

## Aspectos anatômicos da necrose avascular do osso escafoide: uma revisão de literatura

Anatomical aspects of avascular necrosis of the scaphoid bone: a literature review

Aspectos anatómicos de la necrosis avascular del hueso escafoides: una revisión de la literatura

Carolina de Moraes Franca<sup>1</sup>, Bárbara Azeredo Félix<sup>1</sup>, Bárbara Hernandez Souza Cruz<sup>1</sup>, Bruno Kevin Soares de Lima<sup>1</sup>, Carlla Alessandra Silva Pereira<sup>1</sup>, Ian Nunes Montes Silva<sup>1</sup>, Leonardo Portugal Lima<sup>1</sup>, Marina Corrêa da Silva<sup>1</sup>, Thiago Mendes dos Santos<sup>1</sup>, Emílio Conceição de Siqueira<sup>1</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** Analisar os aspectos anatômicos que contribuem para a necrose avascular do osso escafoide.

**Revisão bibliográfica:** Fraturas do osso escafoide representam 90% das fraturas dos ossos do carpo, seu diagnóstico e tratamento tardio resultam em complicações como a não união e o colapso dos ossos carpais e elevam o risco de Necrose Avascular Pós-traumática (NAV). A necrose avascular caracteriza-se pela falha no processo de consolidação, e pela depleção do substrato ósseo. Foi identificado que intervenções não cirúrgicas, realizadas no início da doença, não tem ação efetiva e a doença sempre progride para a intervenção cirúrgica. Os sintomas são limitação de mobilidade, edema e dor. Enxertos ósseos não vascularizados; enxertos ósseos pediculados vascularizados; retalhos ósseos vascularizados livres e, ainda, enxertos de cartilagem costal são boas medidas no uso do tratamento da osteonecrose. **Considerações finais:** A temática que engloba a necrose avascular do osso escafoide é de muita relevância atualmente porque tem forte impacto nos custos da saúde pública, devido à recuperação lenta e aos grandes recursos destinados, e na qualidade de vida do paciente, impactando demasiadamente em suas atividades. Posto isso, torna-se imprescindível abordar as possíveis causas da necrose avascular e como a anatomia está envolvida nesse processo.

**Palavras-chave:** Fraturas de escafoide, Necrose avascular, Osteonecrose.

### ABSTRACT

**Objective:** To analyze the anatomical aspects that contribute to avascular necrosis of the scaphoid bone.

**Bibliographic review:** Scaphoid bone fractures represent 90% of carpal bone fractures, their diagnosis and late treatment result in complications such as non-union and collapse of carpal bones and increase the risk of post-traumatic avascular necrosis (NAV). Avascular necrosis is characterized by failure in the consolidation process and depletion of the bone substrate. It was identified that non-surgical interventions, even performed at the beginning of the disease, have no effective action and the disease always progresses to surgical intervention. Symptoms are limited mobility, swelling and pain. Non-vascularized bone grafts; vascularized pedicled bone grafts; free vascularized bone flaps and also costal cartilage grafts are good measures to use in the treatment of osteonecrosis. **Final considerations:** The theme that encompasses necrosis to many vascular care, this is because it has a strong impact on public health damage to the extent that its patient recovers a large number of care and the quality of the patient's life becomes too much in their activities. That said, it becomes essential as possible causes of avascular necrosis and how the anatomy is in this process.

**Keywords:** Scaphoid fractures, Avascular necrosis, Osteonecrosis.

<sup>1</sup> Universidade de Vassouras (UV), Vassouras - RJ.

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar los aspectos anatómicos que contribuyen a la necrosis avascular del hueso escafoides.

**Revisión bibliográfica:** Las fracturas del hueso escafoides representan el 90% de las fracturas del hueso del carpo, su diagnóstico y tratamiento tardío resultan en complicaciones como la no unión y colapso de los huesos del carpo y aumentan el riesgo de necrosis avascular postraumática (NAV). La necrosis avascular se caracteriza por falla en el proceso de consolidación y agotamiento del sustrato óseo. Se identificó que las intervenciones no quirúrgicas, realizadas al inicio de la enfermedad, no tienen acción efectiva y la enfermedad siempre progresa para la intervención quirúrgica. Los síntomas son movilidad limitada, hinchazón y dolor. injertos óseos no vascularizados; injertos óseos pediculados vascularizados; Los colgajos óseos vascularizados libres y también los injertos de cartílago costal son buenas medidas a utilizar en el tratamiento de la osteonecrosis. **Consideraciones finales:** El tema que engloba la necrosis avascular del hueso escafoides es de gran relevancia en la actualidad, pues tiene un fuerte impacto en los costos de salud pública ya que su lenta recuperación cuesta mucho cuidado y se deteriora mucho la calidad de vida del paciente, repercutiendo demasiado en sus actividades. Dicho esto, es fundamental abordar las posibles causas de la necrosis avascular y cómo interviene la anatomía en este proceso.

**Palabras clave:** Fracturas de escafoides, Necrosis avascular, Osteonecrosis.

## INTRODUÇÃO

Dentre os oito ossos do carpo, o escafoide é o mais acometido por fraturas, representando sete em cada dez lesões. A maior dificuldade é a distribuição vascular, na medida em que o suprimento sanguíneo é da região distal para proximal, diferente do que é encontrado comumente. Tal impasse anatômico potencializa o risco do aparecimento da Necrose Avascular (NAV), pois a ferida não recebe o suprimento sanguíneo necessário (SGROMOLO NM e RHEE PC, 2019).

Estima-se que 10% das fraturas do escafoide não consolidam, mesmo que a imobilização seja correta. A superfície cartilaginosa e a irrigação são hipóteses levantadas acerca dessa falha. Junto a isso, a posição anatômica do escafoide contribui em demasia para o atraso na recuperação, uma vez que a tendência à flexão pelas forças exercidas no osso promove o encurtamento dos fragmentos ósseos, além da predisposição ao afastamento dos pedaços (BORGES CS, et al., 2020).

A necrose avascular pós trauma do escafoide está diretamente relacionada a lesão no polo proximal, atraso no diagnóstico e tratamento, aumentando os riscos de desenvolver a doença, o que é visto em casos de pseudoartrose. Essa característica é própria do escafoide, visto que a não união da fratura e o tempo relacionado as condutas não parecem interferir no desenvolvimento de necrose avascular em fraturas de fêmur, úmero ou corpo do tálus, por exemplo (LARGE TM, et al., 2019).

A pseudoartrose está, dentre as falhas na consolidação do osso escafoide, junto da necrose avascular e é caracterizada pela ausência de sinais de cicatrização após seis meses do trauma. Ela pode ser identificada antes mesmo desse tempo, desde que em 3-4 meses haja total ausência da tentativa de resolução fisiológica da fratura. Alguns fatores de risco já são elucidados, são eles: localização, desvio, instabilidade, tempo de tratamento, esforço físico e tabagismo (TOMORI Y, et al., 2017).

A necrose avascular caracteriza-se não só pela falha no processo de consolidação, mas como a depleção do substrato óseo. Ela não é bem compreendida, no entanto, acredita-se ser multifatorial, incluindo o tamanho da lesão e a localização segundo a vascularização, fatores já mencionados como base, também, para pseudoartrose. Porém, além desses quesitos, as anastomoses intraósseas entram como fator preditor na consolidação do escafoide (AFSHAR A e TABRIZI A, 2019).

O trauma do escafoide representa 90% das fraturas dos ossos do carpo, seu diagnóstico e tratamento tardio resultam em prognósticos negativos como a não união e colapso dos ossos carpais e elevam o risco de necrose avascular pós-traumática (NAV). O tratamento tem como objetivo prevenir o desenvolvimento de artrose pós-trumática (HERMENA S, et al., 2021; LARGE TM, et al., 2019).

Seguido do osso semilunar (doença de Kineböck), o escafoide é a segunda localização mais frequente quando se trata da patologia avascular dos ossos do carpo. Em contrapartida, no século passado, pouco se fala sobre tal patologia na literatura médica, evidenciando a importância do trabalho para uma melhor elucidação de seu diagnóstico e abordagem (TAMORI Y, et al., 2017).

Diante da enorme prevalência das falhas de consolidação do osso escafoide, seja pela necrose avascular, seja pela pseudoartrose, junto ao grande impacto atribuído aos serviços de saúde e à vida dos afetados, o presente artigo embasa-se no objetivo de caracterizar e elucidar os aspectos anatômicos envolvidos nos aparecimentos dessas patologias.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Necrose avascular

O escafoide está presente no grupo de ossos conhecidos como carpos, localizados nos membros superiores e totalizam oito ossos em cada mão. Além disso, é o segundo local mais relacionado à necrose avascular. Essa patologia, também conhecida como doença de Preiser tem na vascularização única e tênue um dos possíveis motivos para sua ocorrência, já que a fisiopatologia ainda não está bem esclarecida. O desconhecimento dos fatores de risco relacionados a necrose avascular do escafoide, a falta de diretrizes de tratamento e de conhecimento sobre as formas de apresentação corroboram com o pouco esclarecimento dessa patologia (BERGMAN S, et. al., 2021).

Dentre as características desse osso, destaca-se a fragilidade de sua irrigação sanguínea, a qual possui um padrão retrógrado, a partir do ramo carpal dorsal da artéria radial, fraturas podem interromper esse suprimento, resultando em uma necrose avascular do osso escafoide, também conhecida como doença de Preiser. Sua fisiopatologia não está completamente elucidada, embora a vascularização única do escafoide e fatores de risco como traumas prévios, tabagismo, etilismo e uso crônico de corticoide pareçam ser recorrentemente incriminados (DENG AD, et al., 2020).

A localização, como já exposto, remonta a vascularização, uma vez que quanto mais proximal for o traço da fratura, mais distante do suprimento sanguíneo ele estará. Já o desvio implica no quanto os fragmentos fraturários estão distantes entre si, criando uma proporção na qual a recuperação é diretamente proporcional à distância que os segmentos adotaram após a solução de continuidade. O tempo de tratamento envolve o trajeto entre o trauma e a adoção de medidas para resolução, sejam elas cruentas ou incruentas (HEGAZY G, et al., 2021).

Em conjunto aos fatores, o esforço físico repousa na ideia de que a mobilização precoce favorece a formação de calo ósseo, elemento de suma importância na consolidação. Por fim, o tabagismo por fatores já descobertos como a lesão vascular e por outros ainda obscuros, atrasa em muito a recuperação do osso fraturado. Grande parte desses distúrbios estão relacionados à Doença de Preiser, como também é conhecido esse tipo de fratura, e nesta patologia foi identificado que intervenções não cirúrgicas, mesmo sendo realizadas no início da doença não tem ação efetiva e a doença sempre progride, com isso, o tratamento é basicamente cirúrgico (GRANDE TM, et al., 2019).

Seguido do osso semilunar (doença de Kineböck), o escafoide é a segunda localização mais frequente quando se trata da patologia avascular dos ossos do carpo. Em contrapartida, no século passado, pouco se fala sobre tal patologia na literatura médica, evidenciando a importância do trabalho para uma melhor elucidação de seu diagnóstico e abordagem (TAMORI Y, et. al., 2017).

A necrose avascular (NAV) pode ocorrer em qualquer osso do carpo por um distúrbio da circulação intraóssea, porém tem maior incidência no escafoide, juntamente com o capitato e o semilunar devido à sua circulação conjunta. A NAV pode se manifestar em quatro estágios, sendo o primeiro de difícil identificação, porém quando atinge o segundo estágio o aumento da densidade do escafoide facilita a identificação, no terceiro estágio pode ser que as fraturas patológicas já estejam presentes, já no quarto estágio, ocorre colapso do carpo e osteoartrite. Grande parte desses distúrbios estão relacionados a Doença de Preiser e nesta

doença foi identificado que intervenções não cirúrgicas, mesmo sendo realizadas no início da doença não tem ação efetiva e a doença sempre progride, com isso, o tratamento é basicamente cirúrgico (AFSHAR A e TABRIZI A, 2019).

A necrose avascular pós trauma do escafoide está diretamente relacionada a lesão no polo proximal, atraso no diagnóstico e tratamento, aumentando os riscos de desenvolver a doença, o que é visto em casos de pseudoartrose. Essa característica é própria do escafoide, visto que a não união da fratura e o tempo relacionado as condutas não parecem interferir no desenvolvimento de necrose avascular em fraturas de fêmur, úmero ou corpo do tálus, por exemplo (LARGE TM, et al., 2019; HEGAZY G, et al., 2021).

### **Epidemiologia**

A doença de Preiser – nome dado a necrose avascular do osso escafoide – é muito rara e tal fator acarreta na confiabilidade dos dados epidemiológico, uma vez que se acredita que é subnotificada por ser incomum e não recebe a importância devida. O sexo, a idade ou a atividade laboral exercida não é de prevalência esclarecida. Entretanto, dentre os materiais abordados para a construção do presente artigo, foi evidenciado que as mulheres eram as mais afetadas, representando 58% dos casos e homens em 42%. Já a idade ao diagnóstico variou entre os extremos das populações: os mais jovens, englobando escolares e pré-escolares e o outro lado, contanto com inúmeros idosos nos casos estudados, mas sem um pico muito evidente entre os dois extremos. Na localização, o punho predominante foi afetado duas vezes mais que o não dominante, acredita-se que pela preferência de proteção no momento do trauma. Foram encontrados somente 6 casos bilaterais e suas causas não envolviam traumas, mas sim e secundárias a uma condição geral ou medicação (BERGMAN S, et al., 2021).

### **Fatores de risco**

Necrose avascular idiopática do osso escafoide ou semilunar são conhecidas como doença de Preiser e doença de Kienböck, respectivamente e ambos são raros. Existem relatos de necrose avascular envolvendo mais de um osso carpo, mas a necrose idiopática simultânea dos ossos escafoides e semilunar é rara, com apenas cinco casos relatados na literatura inglesa (incluindo os dois aqui e ambos eram fumantes). Embora tenham sido relatados casos de AVN envolvendo mais de 1 osso carpo, quase todos foram atribuídos à terapia esteroide para doença sistêmica, como anemia hemolítica autoimune, Lúpus Eritematoso Sistêmico (LES), e transplante renal, ou envolveram fatores de risco, como tabagismo, uso indevido de álcool ou infecção. Apenas 1 dos 5 pacientes não tinha histórico de uso de esteroides ou tabagismo, e, portanto, é o único caso em que a causa pode ser considerada idiopática. Redes vasculares não desenvolvidas e estresse mecânico, como tensão repetitiva e sobrecarga, podem ser fatores que predis põem (TOMORI Y, et al., 2017).

Permeando os fatores de risco, o uso de corticosteroides, gota, etilismo, quimioterapia, as doenças vasculares do colágeno, como a esclerodermia e LES, mucopolidose III e doença de Gaucher favorecem o aparecimento da necrose avascular. O motivo é claro, tais fatores prejudicam o suprimento vascular já deficiente e formam um local favorável para morte celular (HERMENA S, et al., 2021).

### **Sinais e sintomas**

Os achados clínicos não são específicos para necrose avascular do osso escafoide, os sintomas são de progresso lento e pouco impactantes, levam mais de dois anos para deixarem de ser negligenciados e aparecerem na primeira consulta. Um polo dos pacientes queixa-se de dor localizada na região dorsal e radial do punho, que pode vir acompanhada de edema ou não. Sabe-se que, embora seja um quadro de destruição celular, os sinais fluogísticos são incomuns no exame físico, o que corrobora para o atraso no tratamento (BERGMAN S, et al., 2021).

Tal patologia possui, então, como principais sintomas limitação de mobilidade, edema e dor, principalmente em região radial. Para fins diagnósticos, o exame físico é de suma importância pois, mesmo que não forneça grandes sinais como já mencionados, pode ser encontrada a dor mediante a pressão do escafoide. Além disso, é importante reservar um tempo para o exame de força, já que a fraqueza pode ser um sinal encontrando em parte considerável dos pacientes. Já o raio X de punho com incidências direcionadas

para avaliação deste tipo de fratura se mostra válido para colaborar com investigação, podendo apontar fratura ou se demonstrar inconclusivo. No segundo caso, deve-se complementar a avaliação com uma tomografia computadorizada ou ressonância magnética (PULOS N e SHIN AY, 2017; SCHMITT R, et al., 2019).

### Exames complementares

O efeito da deformidade de Pseudoartrose do osso Escafoide no pulso é incerta devido a falta de imagens confiáveis e ferramentas boas. Técnicas avançadas de imagem baseadas em Tomografia Computadorizada (TC) tridimensional (3-D) podem auxiliar na melhoria da avaliação na deformidade usando uma imagem espelhada do punho intacto contralateral como referência anatômica, mas a implementação de tais técnicas depende da extensão em que a TC convencional é atualmente usada na prática padrão. Existe já uma evidente tendência em realizar Tomografias Computadorizadas (TC) unilaterais antes e depois de cirurgia reconstrutiva de Pseudoartrose de Escafoide (TEN BERG PWL, et al., 2017).

Os exames radiográficos no início do atendimento ao trauma podem não visualizar as fraturas do osso escafoide, a menos que estes sejam as radiografias de alta qualidade, com projeções especiais que complementam o exame e oferecem melhor visualização do traço no escafoide. Na fase de reabsorção óssea, após duas ou três semanas, o foco da fratura já está mais evidente podendo, assim, ser identificado em radiografias comuns, sendo essas as mais utilizadas nos serviços públicos de atendimento e de maior alcance para toda população. No entanto, caso não haja acesso a radiografia de qualidade otimizada, o diagnóstico precoce não é realizado e isso pode levar ao atraso no tratamento, ocasionando complicações proporcionais à intervenção retardada, como a pseudoartrose – mais frequente, que ocorre até quando o tratamento é efetivo – e a necrose avascular, tema abordado no presente artigo (CHOJNOWSKI, et al., 2022).

Técnicas avançadas de imagem baseadas em Tomografia Computadorizada (TC) tridimensional (3-D) podem auxiliar na melhoria da avaliação na deformidade usando uma imagem espelhada do punho intacto contralateral como referência anatômica, mas a implementação de tais técnicas depende da extensão em que a TC convencional é atualmente usada na prática padrão. Existe já uma evidente tendência em realizar Tomografias Computadorizadas (TC) unilaterais antes e depois de cirurgia reconstrutiva de Pseudoartrose de Escafoide (CATALANO LW, et al., 2020).

### Tratamento

Fraturas do polo proximal do escafoide continuam sendo um desafio cirúrgico devido à alta propensão para pseudoartrose, osteonecrose e o provável colapso do carpo. Opções de tratamento incluem: enxertos ósseos não vascularizados; enxertos ósseos pediculados vascularizados; retalhos ósseos vascularizados livres e, ainda, enxertos de cartilagem costal são boas medidas no uso do tratamento da pseudoartrose, osteonecrose e o provável colapso do carpo. O polo proximal do osso hamato também pode servir como artroplastia de substituição nesses cenários (TOMORI Y, et al., 2017; ZHOU KJ, et al., 2021).

Os implantes de enxerto de células-tronco mesenquimais projetados enfrentam grandes desafios de necrose tecidual e apoptose celular em contato com o microambiente hipóxico. O fornecimento de oxigênio suficiente para o local da cirurgia é de extrema importância para a máxima sobrevivência e integração das células transplantadas à ferida. A tecnologia de geração de biomateriais liberadores de oxigênio como enxerto transplantável pode fornecer uma infusão sustentada de oxigênio ao tecido local para acelerar a regeneração tecidual, representando assim uma solução viável para o resgate de células hipóxicas. Existem, no entanto, potenciais limitações para este método. Uma vasculatura comprometida no defeito ósseo que persiste a longo prazo pode limitar a eficácia do biomaterial liberador de oxigênio, uma vez que é transitório (TEH SW, et al., 2021).

Retalhos osteocondrais vascularizados são uma nova técnica descrita para a reconstrução de defeitos articulares desafiadores do carpo. O retalho osteocondral da Tróclea Femoral medial é suprido pela artéria geniculada descendente, e, mostrou-se promissor no tratamento de Pseudoartroses recalcitrantes do polo proximal do Escafoide e necrose avascular avançada do osso Semilunar. Além disso, estudos cadavéricos

descreveram a arcada vascular que suprem esses ossos e junto com um estudo anatômico elucidou as semelhanças entre a curvatura convexa da Tróclea Femoral média e as superficiais convexas proximais dos ossos Escafoide, Semilunar e até mesmo Capitato (HIGGINS JP e GILARDI AM, 2020).

Os retalhos ósseos vascularizados melhoram as taxas de união para as pseudoartroses do escafoide de longa duração ou que resulta em necrose avascular (AVN) do polo proximal do escafoide, assim como para pacientes com doença de Preiser, se comparado aos enxertos não vascularizados. Alguns parâmetros analisados como massa óssea, força, elasticidade e osteócitos corticais foram analisados, demonstrando maior viabilidade e por isso sendo mais indicados nesses casos. O tratamento por retalho ósseo vascularizado na pseudoartrose visa melhorar a clínica do paciente, reduzindo a dor, aumentando a força e função, através da revascularização e alinhamento do escafoide, evitando uma pior progressão para um colapso avançado de pseudoartrose do escafoide. Além disso, para a necrose avascular do escafoide o uso do retalho ósseo vascularizado evitaria a necessidade de uma cirurgia de resgate, por exemplo (ELZINGA K e CHUNG KC, 2019).

Os estudos analisados fomentaram a ideia de que não há diferença significativa para o prognóstico entre o enxerto ósseo vascularizado e o não vascularizado. Isso acontece porque nos pacientes analisados, não obtiveram nenhum impacto significativo nas falhas de consolidação como a necrose avascular e pseudoartrose, entre pacientes que obtiveram os tratamentos. Foi notório que o tipo de fixação e a fonte do enxerto não trouxeram mudanças no percentual de consolidação. Contudo, é válido ressaltar que o viés de seleção individual de casa profissional responsável pela abordagem influencia em muito os resultados e diminui a certeza das afirmações (DUNCUMB JW, et al., 2022).

O retalho osteocondral da tróclea femoral medial é suprido pela artéria geniculada descendente, e em novos estudos, mostrou-se ser uma nova técnica promissora no tratamento de pseudoartroses recalcitrantes do polo proximal do escafoide e necrose avascular avançada do osso semilunar. Além disso, um estudo anatômico elucidou as semelhanças entre a curvatura convexa da tróclea femoral média e as superficiais convexas proximais dos ossos escafoide, semilunar e até mesmo capitato, o que ajuda, ainda mais, a diminuir as dificuldades nesses desafios de reconstruções (GRANDE TM, et al., 2019).

Fraturas do polo proximal do escafoide continuam sendo um desafio cirúrgico devido à alta propensão para Pseudoartrose, Osteonecrose e o provável colapso do Carpo. Opções de tratamento incluem: Enxertos ósseos não vascularizados; Enxertos ósseos pediculados vascularizados; Retalhos ósseos vascularizados livres e ainda Enxertos de cartilagem costal. O polo proximal do osso Hamato também pode servir como artroplastia de substituição nesses cenários (CHAN AHW, et al., 2019).

Existem outros tratamentos cirúrgicos (nivelamento articular ou enxerto ósseo) porém nos casos encontrados na revisão usou-se a osteotomia em cunha radial fechada do rádio distal (CRWO) que busca abordar 2 questões em AVN (necrose avascular): descompressão das articulações radio-semilunar e radio-escafoide, ampliando os espaços entre o raio e o osso semilunar ou escafoide, e induzindo a revascularização dos carpos após a osteotomia. Adicionalmente ou alternativamente, o CRWO pode descomprimir a hipertensão venosa de forma semelhante à osteotomia em AVN da cabeça femoral; a normalização da pressão intraóssea pode resultar na redução da dor e, conseqüentemente, melhorar a amplitude de movimento. CRWO parece ser uma estratégia cirúrgica segura e relativamente simples para a doença de Preiser com a doença concomitante kienböck, com boa recuperação e alívio da dor (TOMORI Y, et al., 2017).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de todas as afirmações relatadas, pode-se constatar que a necrose avascular do escafoide é responsável pelo aumento dos custos da saúde pública na busca pela solução de tal falha na consolidação, assim como afeta diretamente a qualidade de vida do doente. O artigo proposto revela que sua etiologia e fisiopatologia ainda não foram totalmente elucidadas, o que inibe uma diretriz consolidada para melhorar o prognóstico. Contudo, sabe-se que os enxertos ósseos apresentaram resultados articulares satisfatórios diminuindo a dor do paciente e é, hodiernamente, o método cirúrgico mais eficaz. Portanto, apesar de não existirem diretrizes deve-se optar por realizar procedimentos cirúrgicos corroborando assim para a melhor qualidade de vida e restituição do movimento do paciente.

**REFERÊNCIAS**

1. AFSHAR A e TABRIZI A. Avascular Necrosis of the Carpal Bones Other Than Kienböck Disease. *J Hand Surg Am.*, 2020; 45(2): 148-152.
2. BERGMAN S, et al. Preiser's disease or avascular osteonecrosis of the scaphoid: An updated literature review. *Hand Surg Rehabil.*, 2021; 40(4): 359-368.
3. BORGES CS, et al. Scaphoid Reconstruction. *Orthop Clin North Am.*, 2020; 51(1): 65-76
4. CATALANO LW, et al. Evaluation and Management of Carpal Fractures Other Than the Scaphoid. *J Am Acad Orthop Surg.*, 2020; 28(15): e651-e661.
5. CHAN AHW, et al. The Use of the Proximal Hamate as an Autograft for Proximal Pole Scaphoid Fractures: Clinical Outcomes and Biomechanical Implications. *Hand Clin.*, 2019; 35(3): 287-294.
6. CHOJNOWSKI, et al. Avanços recentes na avaliação e tratamento da doença de Kienböck. *J Clin Med.*, 2022; 11(3): 664.
7. DENG AD, et al. Transferências vascularizadas de pequenos ossos para não-união de fraturas e defeitos ósseos. *Clin Plast Surg.*, 2020; 47(4): 501-520.
8. DUNCUMB JW, et al. Enxerto ósseo para cirurgia de não-união escafoide: uma revisão sistemática e meta-análise. *Junta óssea J.*, 2022; 104-B(5): 549-558.
9. ELZINGA K e CHUNG KC. Volar Radius Vascularized Bone Flaps for the Treatment of Scaphoid Nonunion. *Hand Clin.*, 2019; 35(3): 353-363.
10. GRANDE TM, et al. Necrose Avascular pós-traumático após fêmur proximal, úmero proximal, pescoço talar e fraturas escafoides. *O Jornal da Academia Americana de Cirurgias Ortopédicas*, 2019; 27(21): 794–805.
11. HEGAZY G, et al. Structural Versus Nonstructural Bone Grafting for the Treatment of Unstable Scaphoid Waist Nonunion Without Avascular Necrosis: A Randomized Clinical Trial. *J Hand Surg Am.*, 2021; 46(6): 462-470.
12. HERMENA S, et al. Como lidar com fraturas na cintura escafoide? Introdução de vias pragmáticas eficientes e revisão da literatura das evidências recentes. *J Med Imaging Radiat Sci.*, 2021; 52(4): 511-518.
13. HIGGINS JP e GILARDI AM. Enxerto ósseo vascularizado escafoide em 2021: Necrose avascular é o único determinante? *J Hand Surg Am.*, 2021; 46(9): 801-806.
14. LARGE TM, et al. Posttraumatic Avascular Necrosis After Proximal Femur, Proximal Humerus, Talar Neck, and Scaphoid Fractures. *J Am Acad Orthop Surg.*, 2019; 27(21): 794-805.
15. PULOS N e SHIN AY. Radiopaque Element to Evaluate Adequacy of Debridement of Bony Lesions. *Tech Hand Up Extrem Surg.*, 2017; 21(3): 77-80.
16. SCHMITT R, et al. Osteonecrose da extremidade superior: Padrões zonais baseados em ressonância magnética e diagnóstico diferencial. *Rádio Semin Musculoskelet*, 2019; 23(5): 523-533.
17. SGROMOLO NM e RHEE PC. O Papel do Enxerto Ósseo Vascularizado na Não-União Escafoide. *Mão Clin.*, 2019; 35(3): 315-322.
18. TEH SW, et al. Hypoxia in Bone and Oxygen Releasing Biomaterials in Fracture Treatments Using Mesenchymal Stem Cell Therapy: A Review. *Front Cell Dev Biol.*, 2021.
19. TEN BERG PWL, et al. Is there a trend in CT scanning scaphoid nonunions for deformity assessment -A systematic review. *Eur J Radiol.*, 2017; 91: 124-129.
20. TOMORI Y, et al. Resultado a médio prazo da osteotomia de cunha radial fechada do raio distal para doença pré-natal com doença concomitante Kienböck: Dois relatos de casos e uma revisão da literatura. *Medicina (Baltimore)*, 2017; 96(48): e9002.
21. ZHOU KJ, et al. Free Medial Femoral Condyle Flap for Reconstrucion of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review. *J Reconstr Microsurg*, 2021.