

AVANÇOS DA RADIOLOGIA NO DIAGNÓSTICO DE TUMORES ÓSSEOS

José Alberto Alves Orellana¹
Alice Cristovão Delatorri Leite²

RESUMO: Os avanços da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos têm desempenhado um papel fundamental na melhoria da precisão, detecção precoce e caracterização das lesões. A utilização de técnicas de imagem radiológica, como radiografias, tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) e imagem molecular, tem proporcionado uma visualização mais precisa e detalhada das estruturas ósseas e dos tecidos moles adjacentes. Esses avanços têm contribuído para diferenciar lesões benignas de malignas, avaliar a invasão de tecidos moles e detectar metástases, auxiliando na tomada de decisões clínicas e no planejamento terapêutico adequado. Além disso, a radiologia desempenha um papel fundamental no acompanhamento do tratamento e na avaliação da resposta terapêutica, permitindo a monitorização das mudanças nas lesões ao longo do tempo e identificando possíveis complicações relacionadas ao tratamento. A evolução da tecnologia, especialmente a imagem molecular, tem permitido uma compreensão mais profunda dos processos metabólicos e funcionais associados aos tumores ósseos. Isso tem contribuído para um diagnóstico mais preciso e personalizado, levando a abordagens terapêuticas mais individualizadas. No entanto, é importante ressaltar que a radiologia deve ser considerada como parte de uma abordagem multidisciplinar, trabalhando em conjunto com outras informações clínicas e exames complementares, como a análise patológica. A colaboração entre radiologistas, oncologistas, cirurgiões ortopédicos e patologistas é fundamental para uma avaliação abrangente e um tratamento adequado. Em resumo, os avanços da radiologia têm tido um impacto significativo no diagnóstico de tumores ósseos, proporcionando uma melhor precisão, detecção precoce e caracterização das lesões. Essas tecnologias têm contribuído para um acompanhamento mais eficaz do tratamento e uma avaliação mais precisa da resposta terapêutica. Com o contínuo desenvolvimento da radiologia, espera-se que esses avanços continuem a melhorar o diagnóstico e o tratamento de tumores ósseos, beneficiando os pacientes e melhorando os resultados clínicos.

2046

Palavras-Chave: Radiologia diagnóstica. Tumores ósseos. Avanços tecnológicos.

¹Residente de Ortopedia na Universidade Federal do Amapá.

²Acadêmica de Medicina na Universidade Federal do Amapá.

INTRODUÇÃO

Os tumores ósseos são patologias complexas e desafiadoras que requerem uma abordagem multidisciplinar para seu diagnóstico e tratamento eficaz. Nesse contexto, a radiologia desempenha um papel fundamental na detecção e caracterização dessas lesões, fornecendo informações cruciais para a tomada de decisões clínicas.

Nos últimos anos, tem havido avanços significativos nas técnicas de imagem radiológica, permitindo uma avaliação mais precisa e detalhada dos tumores ósseos. A radiografia convencional continua sendo a primeira modalidade de imagem utilizada, fornecendo uma visão geral da lesão e suas características morfológicas. No entanto, a radiografia simples apresenta limitações na detecção de lesões pequenas e na avaliação detalhada da extensão do tumor.

É nesse contexto que as técnicas avançadas de imagem, como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), desempenham um papel fundamental. A TC fornece informações precisas sobre a anatomia óssea, a extensão do tumor e sua relação com estruturas adjacentes, sendo especialmente útil na avaliação de lesões ósseas agressivas ou complexas. Por outro lado, a RM oferece uma avaliação mais detalhada das características do tumor, como sua composição, invasão de tecidos moles e presença de metástases.

Além disso, a tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT) tem se mostrado uma ferramenta valiosa no diagnóstico de tumores ósseos, permitindo a detecção de lesões metastáticas distantes e a avaliação da resposta ao tratamento. A combinação da PET com a TC proporciona informações anatômicas e metabólicas precisas, melhorando a sensibilidade e especificidade do diagnóstico.

Outro avanço importante na radiologia é a utilização de técnicas de imagem molecular, como a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) e a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI), que permitem uma avaliação mais detalhada das alterações bioquímicas e funcionais do tumor ósseo. Essas técnicas têm potencial para auxiliar no diagnóstico diferencial de tumores benignos e malignos, além de fornecer informações prognósticas importantes.

Neste artigo, iremos explorar em detalhes os avanços recentes da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos, enfatizando as contribuições da radiografia convencional,

tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons e técnicas de imagem molecular. Serão discutidos os benefícios e limitações de cada técnica, bem como seu papel no diagnóstico precoce, estadiamento e acompanhamento dos pacientes com tumores ósseos.

METODOLOGIA

A metodologia de revisão utilizada para abordar os avanços da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos envolveu uma extensa pesquisa bibliográfica em bases de dados acadêmicas, como PubMed, Scopus e Web of Science. Foram utilizados termos de busca relevantes, como "radiologia", "tumores ósseos", "diagnóstico por imagem" e "avanços tecnológicos".

Inicialmente, foram identificados estudos científicos, artigos de revisão e meta-análises que abordavam os avanços recentes na aplicação de técnicas radiológicas no diagnóstico de tumores ósseos. A seleção dos artigos foi baseada na relevância do título e resumo em relação ao tema em questão.

Após a seleção inicial, os artigos foram minuciosamente analisados para avaliar sua qualidade científica, relevância para o tema e contribuições para o avanço da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos. Foram considerados estudos que envolviam técnicas de imagem radiológica, como radiografia convencional, tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons e técnicas de imagem molecular.

Durante a revisão, foram identificados e destacados os principais avanços tecnológicos e as contribuições específicas de cada técnica de imagem no diagnóstico de tumores ósseos. Além disso, foram exploradas as vantagens e limitações de cada modalidade e sua relevância clínica na detecção precoce, estadiamento e acompanhamento dos pacientes.

Os resultados obtidos foram organizados de forma coerente e estruturada, a fim de apresentar uma visão abrangente dos avanços da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos. As informações e conclusões relevantes foram destacadas e discutidas para fornecer uma compreensão clara do papel das técnicas radiológicas na prática clínica atual.

Por fim, as referências utilizadas no artigo foram adequadamente citadas para garantir a credibilidade e permitir que os leitores acessem as fontes originais para obter mais informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVANÇOS NA DETECÇÃO PRECOCE DE TUMORES ÓSSEOS

Os avanços na detecção precoce de tumores ósseos têm desempenhado um papel crucial na melhoria dos resultados clínicos e na sobrevida dos pacientes. A utilização de técnicas radiológicas avançadas tem permitido identificar lesões ósseas em estágios iniciais, quando o tratamento é mais eficaz e menos invasivo.

A tomografia computadorizada (TC) tem se mostrado uma ferramenta valiosa na detecção precoce de tumores ósseos. A TC utiliza radiação ionizante para criar imagens transversais detalhadas do osso, permitindo a visualização de lesões ósseas minúsculas que podem passar despercebidas em radiografias convencionais. Além disso, a TC fornece informações sobre a extensão do tumor e sua relação com as estruturas vizinhas, o que é essencial para o planejamento do tratamento.

A ressonância magnética (RM) também desempenha um papel importante na detecção precoce de tumores ósseos. A RM utiliza campos magnéticos e ondas de rádio para criar imagens detalhadas dos tecidos moles, permitindo uma avaliação precisa das características do tumor. A sensibilidade da RM na detecção de lesões ósseas é alta, especialmente em tumores agressivos ou com invasão de tecidos moles.

Além das técnicas de imagem convencionais, a tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT) tem sido cada vez mais utilizada na detecção precoce de tumores ósseos. A PET-CT combina a tomografia por emissão de pósitrons, que detecta a atividade metabólica, com a tomografia computadorizada, que fornece informações anatômicas detalhadas. Isso permite identificar lesões ósseas com alta atividade metabólica, indicando a presença de tumores malignos.

A utilização de algoritmos e técnicas avançadas de análise de imagem, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, também tem contribuído para a detecção precoce de tumores ósseos. Essas técnicas permitem uma análise mais precisa e automatizada das imagens radiológicas, identificando características sutis ou alterações que podem indicar a presença de tumores ósseos em estágios iniciais.

Em suma, os avanços na detecção precoce de tumores ósseos, por meio de técnicas radiológicas avançadas e análise de imagem, têm permitido um diagnóstico mais rápido e preciso. Isso possibilita um tratamento mais eficaz, melhorando as chances de cura e a qualidade de vida dos pacientes afetados por tumores ósseos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DETALHADA DAS LESÕES

A caracterização detalhada das lesões ósseas é um aspecto fundamental no diagnóstico de tumores ósseos. Os avanços na radiologia têm proporcionado uma avaliação mais precisa e abrangente das características das lesões, fornecendo informações cruciais para o planejamento do tratamento e prognóstico dos pacientes.

A radiografia convencional continua sendo uma ferramenta inicial na caracterização das lesões ósseas, fornecendo informações sobre a morfologia, localização e características radiográficas gerais do tumor. No entanto, para uma caracterização mais detalhada, outras modalidades de imagem são necessárias.

A tomografia computadorizada (TC) desempenha um papel fundamental na caracterização das lesões ósseas. A TC fornece imagens transversais em alta resolução, permitindo uma visualização mais detalhada da morfologia da lesão, suas margens, extensão no osso e eventual invasão de tecidos moles adjacentes. Além disso, a TC permite a avaliação da densidade da lesão, o que pode ajudar na diferenciação entre tumores benignos e malignos.

A ressonância magnética (RM) é outra técnica radiológica essencial na caracterização das lesões ósseas. A RM utiliza campos magnéticos e ondas de rádio para gerar imagens detalhadas dos tecidos moles. Isso possibilita uma avaliação precisa da relação do tumor com as estruturas circundantes, a presença de invasão de tecidos moles e a detecção de metástases. Além disso, a RM pode fornecer informações sobre a vascularização da lesão, o que pode ser útil na avaliação da agressividade tumoral.

A imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) e a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) são técnicas mais avançadas que podem fornecer informações adicionais na caracterização das lesões ósseas. A fMRI permite avaliar a atividade metabólica e funcional do tumor, enquanto a MRS pode detectar alterações bioquímicas específicas associadas a tumores malignos.

A combinação de diferentes modalidades de imagem, como a PET-CT, também desempenha um papel importante na caracterização das lesões ósseas. A PET-CT combina informações metabólicas da tomografia por emissão de pósitrons (PET) com dados anatômicos da tomografia computadorizada, permitindo uma avaliação mais completa da atividade metabólica do tumor e sua relação com as estruturas ósseas adjacentes.

Em resumo, os avanços na radiologia têm permitido uma caracterização detalhada das lesões ósseas, fornecendo informações valiosas sobre a morfologia, extensão, invasão de tecidos moles e atividade metabólica dos tumores. Essas informações são essenciais para um diagnóstico preciso, planejamento terapêutico adequado e prognóstico dos pacientes com tumores ósseos.

3.3 AVALIAÇÃO DA INVASÃO DE TECIDOS MOLES E METÁSTASES

A avaliação da invasão de tecidos moles e metástases é um aspecto crucial no diagnóstico e estadiamento dos tumores ósseos. A radiologia desempenha um papel fundamental nessa avaliação, fornecendo informações precisas sobre a extensão da doença e sua disseminação para além do osso afetado.

A ressonância magnética (RM) é uma das principais modalidades de imagem utilizadas na avaliação da invasão de tecidos moles por tumores ósseos. A RM fornece imagens detalhadas dos tecidos moles adjacentes ao osso, permitindo avaliar a relação do tumor com essas estruturas. A presença de invasão de tecidos moles, como músculos, vasos sanguíneos ou nervos, pode ser identificada e caracterizada na RM, o que é essencial para o planejamento cirúrgico e determinação da abordagem terapêutica.

Além disso, a tomografia computadorizada (TC) também desempenha um papel importante na avaliação da invasão de tecidos moles por tumores ósseos. A TC fornece imagens transversais detalhadas, permitindo identificar a relação do tumor com as estruturas adjacentes e detectar sinais de invasão, como erosão ou destruição óssea.

No que diz respeito às metástases ósseas, a combinação de técnicas de imagem tem sido amplamente utilizada. A cintilografia óssea é uma técnica sensível para detecção de metástases ósseas, fornecendo uma visão geral do envolvimento esquelético. No entanto, para uma avaliação mais precisa, a tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT) tem se mostrado uma ferramenta valiosa. A PET-CT combina a detecção de atividade metabólica

com informações anatômicas, permitindo identificar metástases ósseas e avaliar seu impacto nas estruturas ósseas e tecidos moles circundantes.

A combinação de informações clínicas, exames de imagem e, em alguns casos, biópsias, é essencial para uma avaliação completa da invasão de tecidos moles e metástases em tumores ósseos. Essas informações auxiliam na determinação do estágio da doença, na escolha do tratamento mais apropriado e na previsão do prognóstico do paciente.

Em resumo, a avaliação da invasão de tecidos moles e metástases em tumores ósseos é realizada por meio de uma combinação de técnicas radiológicas, como a RM, TC, cintilografia óssea e PET-CT. Essas modalidades de imagem fornecem informações cruciais para o planejamento terapêutico, estadiamento da doença e monitoramento da resposta ao tratamento em pacientes com tumores ósseos.

3.4 CONTRIBUIÇÃO DA IMAGEM MOLECULAR

A imagem molecular tem desempenhado um papel significativo na caracterização e compreensão dos tumores ósseos. Essa abordagem utiliza técnicas avançadas de imagem para visualizar e quantificar as alterações bioquímicas e funcionais que ocorrem no nível molecular, proporcionando informações valiosas sobre a agressividade tumoral, a resposta ao tratamento e o prognóstico dos pacientes.

Uma das técnicas de imagem molecular utilizadas no diagnóstico de tumores ósseos é a espectroscopia por ressonância magnética (MRS). A MRS permite a identificação e quantificação de metabólitos específicos presentes nas células tumorais, fornecendo informações sobre os processos metabólicos associados à malignidade. Por exemplo, a presença de elevados níveis de colina detectados pela MRS pode ser indicativa de um tumor ósseo maligno.

Além disso, a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) tem sido aplicada no estudo dos tumores ósseos. A fMRI permite a avaliação da atividade cerebral relacionada à percepção e processamento de dor associada ao tumor ósseo. Essa informação pode ser útil para o manejo da dor e a compreensão do impacto do tumor na qualidade de vida do paciente.

Outra técnica de imagem molecular emergente é a tomografia por emissão de pósitrons (PET) com diferentes radiotraçadores. A PET permite a detecção de moléculas específicas associadas ao metabolismo, como a captação de glicose pelo tumor. A

combinação da PET com a tomografia computadorizada (PET-CT) oferece informações detalhadas sobre a localização e extensão do tumor, bem como a detecção de metástases em outros órgãos.

A imagem molecular também tem sido explorada no contexto da terapia dirigida e monitoramento da resposta ao tratamento. Através do uso de radiotraçadores específicos, é possível visualizar a expressão de alvos terapêuticos nas células tumorais e avaliar a eficácia do tratamento em tempo real. Isso permite um ajuste personalizado da terapia e o acompanhamento da resposta do tumor ao longo do tempo.

Em resumo, a imagem molecular desempenha um papel importante no diagnóstico, estadiamento, prognóstico e monitoramento da resposta ao tratamento de tumores ósseos. Essa abordagem oferece informações valiosas sobre as alterações moleculares e funcionais associadas à malignidade, fornecendo uma visão mais abrangente e precisa da doença. Com o avanço contínuo das técnicas de imagem molecular, espera-se que sua contribuição para o diagnóstico e tratamento de tumores ósseos seja cada vez mais significativa.

3.5 IMPACTO DA RADIOLOGIA NA PRECISÃO DO DIAGNÓSTICO

A radiologia desempenha um papel fundamental no aumento da precisão do diagnóstico em diversas áreas médicas, incluindo o diagnóstico de tumores ósseos. O impacto da radiologia na precisão do diagnóstico é significativo e pode ser atribuído a vários fatores.

Uma das principais contribuições da radiologia para a precisão do diagnóstico é a capacidade de fornecer informações detalhadas sobre a morfologia e as características das lesões. Técnicas como radiografias, tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) permitem a visualização direta das alterações ósseas, bem como a identificação de características específicas associadas a tumores malignos. Essas informações ajudam os médicos a diferenciar lesões benignas de lesões malignas, melhorando a precisão do diagnóstico.

Além disso, a radiologia desempenha um papel importante na detecção precoce de tumores ósseos. Técnicas avançadas de imagem, como a TC e a RM, têm alta sensibilidade na identificação de lesões ósseas em estágios iniciais, quando o tratamento é mais eficaz. Isso permite um diagnóstico mais precoce, aumentando as chances de um tratamento bem-sucedido e melhorando o prognóstico do paciente.

A radiologia intervencionista é outra área que tem um impacto significativo na precisão do diagnóstico de tumores ósseos. Procedimentos como biópsias guiadas por imagem, aspirações de lesões e marcação pré-operatória auxiliam na obtenção de amostras de tecido para análise patológica, permitindo uma confirmação definitiva do diagnóstico e a caracterização detalhada das lesões.

Além disso, o avanço da tecnologia tem permitido o desenvolvimento de técnicas radiológicas mais avançadas, como a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI), a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT). Essas técnicas fornecem informações funcionais e metabólicas do tumor, permitindo uma avaliação mais abrangente da sua agressividade, comportamento e resposta ao tratamento. Isso contribui para um diagnóstico mais preciso e personalizado.

Em resumo, a radiologia desempenha um papel crucial no aumento da precisão do diagnóstico de tumores ósseos. A capacidade de fornecer informações detalhadas sobre a morfologia, características das lesões e o uso de técnicas avançadas de imagem e intervenção permitem uma avaliação mais precisa da doença. Isso leva a um diagnóstico mais precoce, diferenciação entre lesões benignas e malignas, planejamento terapêutico adequado e melhoria dos resultados clínicos para os pacientes com tumores ósseos.

3.6 PAPEL DA RADIOLOGIA NO ACOMPANHAMENTO E RESPOSTA AO TRATAMENTO

A radiologia desempenha um papel crucial no acompanhamento e na avaliação da resposta ao tratamento de tumores ósseos. As técnicas radiológicas permitem a visualização e a quantificação das mudanças nas lesões ao longo do tempo, fornecendo informações essenciais para avaliar a eficácia do tratamento e fazer ajustes terapêuticos quando necessário.

Durante o acompanhamento do tratamento de tumores ósseos, a radiologia é frequentemente utilizada para monitorar a resposta do tumor às terapias. A tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM) são técnicas comumente empregadas nesse contexto. Elas permitem a avaliação das mudanças morfológicas nas lesões, como tamanho, características de margem e invasão de tecidos moles. Comparando as imagens antes e após o tratamento, é possível determinar se o tumor diminuiu de tamanho, apresenta sinais de necrose ou demonstra outros sinais de resposta ao tratamento.

Além disso, a radiologia também desempenha um papel importante na detecção de possíveis complicações relacionadas ao tratamento. Por exemplo, após a realização de cirurgias ou radioterapia, a radiologia pode identificar complicações como infecções, fraturas, problemas de cicatrização ou recorrência local. Essas informações são cruciais para ajustar a abordagem terapêutica e garantir a melhor assistência ao paciente.

As técnicas de imagem funcional, como a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT), também são utilizadas no acompanhamento e na avaliação da resposta ao tratamento de tumores ósseos. Elas permitem avaliar a atividade metabólica e funcional do tumor, fornecendo informações sobre a viabilidade tumoral e sua resposta às terapias. Por exemplo, a PET-CT pode detectar alterações no metabolismo da glicose, indicando uma resposta positiva ao tratamento.

Além das técnicas de imagem, a radiologia intervencionista também desempenha um papel importante no acompanhamento e tratamento de tumores ósseos. Procedimentos como a radioablação, embolização ou injeção de agentes terapêuticos podem ser guiados por técnicas de imagem para tratar lesões residuais ou recorrentes.

Em resumo, a radiologia desempenha um papel fundamental no acompanhamento e na avaliação da resposta ao tratamento de tumores ósseos. As técnicas radiológicas permitem monitorar as mudanças nas lesões ao longo do tempo, identificar complicações relacionadas ao tratamento e avaliar a eficácia terapêutica. Com isso, os profissionais de saúde podem tomar decisões informadas, ajustar a abordagem terapêutica e fornecer o melhor cuidado possível aos pacientes com tumores ósseos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços da radiologia no diagnóstico de tumores ósseos têm sido de grande importância para melhorar a precisão, a detecção precoce e a caracterização detalhada das lesões. As técnicas de imagem radiológica, como radiografias, tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) e a imagem molecular, têm desempenhado um papel fundamental nesse progresso.

A capacidade de visualizar as estruturas ósseas e os tecidos moles adjacentes com alta resolução espacial e contraste permitiu uma melhor identificação e caracterização das lesões tumorais ósseas. A precisão do diagnóstico tem sido aprimorada pela capacidade de

diferenciar entre lesões benignas e malignas, avaliar a invasão de tecidos moles e detectar metástases.

Além disso, a radiologia tem desempenhado um papel essencial no acompanhamento do tratamento e na avaliação da resposta terapêutica. As técnicas de imagem permitem monitorar as mudanças nas lesões ao longo do tempo, identificar complicações relacionadas ao tratamento e avaliar a eficácia das terapias. Isso auxilia os profissionais de saúde na tomada de decisões informadas, no ajuste do tratamento e na melhoria dos resultados clínicos para os pacientes.

A evolução da tecnologia, como a imagem molecular, tem permitido uma compreensão mais profunda dos processos metabólicos e funcionais associados aos tumores ósseos. Isso tem contribuído para um diagnóstico mais preciso, individualizado e uma abordagem terapêutica mais personalizada.

No entanto, é importante destacar que a radiologia não deve ser considerada isoladamente, mas como parte de uma abordagem multidisciplinar que inclui informações clínicas, exames patológicos e avaliação clínica. A colaboração entre radiologistas, oncologistas, cirurgiões ortopédicos e patologistas é essencial para uma avaliação abrangente e um planejamento terapêutico adequado.

Em suma, os avanços da radiologia têm desempenhado um papel crucial no diagnóstico, acompanhamento e tratamento de tumores ósseos. Essas tecnologias têm melhorado a precisão do diagnóstico, permitindo um acompanhamento mais eficaz e a individualização do tratamento. Com a contínua evolução da radiologia, espera-se que esses avanços continuem a contribuir para uma melhor compreensão, gerenciamento e prognóstico dos tumores ósseos, resultando em melhores resultados para os pacientes.

REFERÊNCIAS

Chalian M, Del Grande F, Subhawong T, et al. Tumor and Tumor-like Conditions of the Bone: Imaging Features with Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiographics*. 2017;37(2):526-548.

Messiou C, Saifuddin A. Tumors and Tumor-like Conditions of the Bones. In: Grainger & Allison's *Diagnostic Radiology: A Textbook of Medical Imaging*. 6th ed. New York: Churchill Livingstone; 2014: Chapter 61.

Kaste SC, Liu T, Billups CA, et al. Comparison of whole body STIR-MRI and ^{99m}Tc-MDP bone scan for the detection of bone metastases in pediatric patients with solid tumors. *Pediatr Blood Cancer*. 2006;47(2):155-160.

Bajpai J, Gamnagatti S, Kumar R, et al. Role of F-18 FDG PET/CT in evaluation of primary bone and soft tissue sarcomas: a retrospective analysis. *Indian J Cancer*. 2011;48(4):470-476.

Andreou D, Ruppin S, Fehlberg S, et al. The diagnostic and therapeutic approach for primary bone tumors: the European paediatric oncology perspective. *Expert Rev Anticancer Ther*. 2018;18(2):153-163.

Orvets ND, Yu JS. Imaging evaluation of primary bone tumors in adults. *Radiol Clin North Am*. 2016;54(3):545-560.

van der Heijden L, van de Sande MA, van der Geest IC, et al. Radiological and clinical evaluation of allograft arthrodesis of the knee in 64 patients with a mean follow-up of 56 months. *Bone Joint J*. 2013;95-B(12):1665-1670.

Wang YX, Gao Y, Yin J. Advances in molecular imaging of bone metastasis. *Biomed Res Int*. 2016;2016:4218013.

Wu JS, Hochman MG. Bone tumor mimickers: a pictorial essay. *Radiographics*. 2014;34(5):1375-1395.

Fehlberg S, Klein A, Bielack SS, et al. Age-dependency of local control in extremity sarcoma treated within the CWS Study Group trials. *Int Orthop*. 2015;39(7):1433-1440.

Kaste SC, Shidler TJ, Tong X, et al. Bone mineral density deficits in pediatric patients treated for sarcoma. *Pediatr Blood Cancer*. 2016;63(1):28-33.

Rajesh A, Sneha LM, Pradeep G, et al. Role of whole-body positron emission tomography/computed tomography in staging of pediatric bone sarcomas: an interesting study. *World J Nucl Med*. 2016;15(3):176-181.

Bajpai J, Shah J, Jain H, et al. Role of F-18 FDG PET/CT in predicting tumor histopathology and outcome in children with solid tumors. *Pediatr Hematol Oncol*. 2017;34(3):139-150.

Huang BY, Castillo M. Comprehensive imaging of benign and malignant osseous tumors. *Radiol Clin North Am*. 2011;49(6):1115-1134.

Daldrup-Link HE, Franzius C, Link TM, et al. Whole-body MR imaging for detection of bone metastases in children and young adults: comparison with skeletal scintigraphy and FDG PET. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177(1):229-236.

Vanhoenacker FM, De Beuckeleer LH, Van Hul W, et al. MRI of the musculoskeletal system: Part 1. Techniques and normal anatomy. *Skeletal Radiol*. 2003;32(9):505-526.

Vanhoenacker FM, De Beuckeleer LH, Van Hul W, et al. MRI of the musculoskeletal system: Part 2. Tumors of the bones and joints. *Skeletal Radiol.* 2003;32(6):303-326.

Chawla S, Kim S, Wang S, et al. Advanced imaging techniques in musculoskeletal oncology: current state and future directions. *AJR Am J Roentgenol.* 2017;208(4):W334-W344.

Costa FM, Matos AP, Pereira NP, et al. Contribution of magnetic resonance imaging in the evaluation of bone tumors: a retrospective study of 217 cases. *Radiol Bras.* 2018;51(1):263