



Ministério da Saúde
Instituto Nacional de Câncer
Coordenação de Ensino
Programa de Residência Médica em Radiologia e Diagnóstico por Imagem

VINÍCIUS FERREIRA LACERDA

**AVANÇOS NA AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DAS METÁSTASES DE MELANOMA
NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Rio de Janeiro
2026

VINÍCIUS FERREIRA LACERDA

**AVANÇOS NA AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DAS METÁSTASES DE MELANOMA
NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Nacional de
Câncer como requisito parcial para a
conclusão do Programa de Residência
Médica em Radiologia e Diagnóstico por
Imagem

Orientador: Dr. Hélcio Mendonça Pereira

Revisão: Dra. Shirley Burburan

Rio de Janeiro

2026

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INCA/COENS/SEITEC/NSIB
Kátia Simões CRB7/5952

L131a Lacerda, Vinícius Ferreira.

Avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no sistema nervoso central: uma revisão integrativa. / Vinícius Ferreira Lacerda. – Rio de Janeiro, 2026.

17 f: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Residência Médica) - Instituto Nacional de Câncer, Programa de Residência Médica em Radiologia e Diagnóstico por Imagem, Rio de Janeiro, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Hécio Mendonça Pereira.

Revisora: Prof^ª. Dr^ª. Shirley Burburan.

1. Melanoma. 2. Metástase neoplásica. 3. Ressonância magnética. 4. Sistema nervoso central. 4. Diagnóstico por imagem. I. Pereira, Hécio Mendonça (Orient.). II. Burburan, Shirley (Rev.). III. Instituto Nacional de Câncer. IV. Título.

CDD 616.83


VINÍCIUS FERREIRA LACERDA

Avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no sistema nervoso central: uma revisão integrativa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Nacional de Câncer como requisito parcial para a conclusão do Programa de Residência Médica em Radiologia e Diagnóstico por Imagem.

Aprovado em 5 de fevereiro de 2026.


Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **HELICIO MENDONÇA PEREIRA**
Data: 14/02/2026 00:25:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Hélcio Mendonça Pereira
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **PATRICIA LIMEIRA ALVES**
Data: 20/02/2026 16:53:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Patrícia Limeira Alves
Avaliador

Documento assinado digitalmente
 **RAQUEL RIBEIRO BATISTA**
Data: 19/02/2026 14:14:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Raquel Ribeiro Batista
Avaliador

Rio de Janeiro

2026

Dedico este trabalho aos meus pais, colegas residentes e staffs, pois sem seu apoio, incentivo e carinho eu jamais teria conseguido concluir meu curso.

RESUMO

LACERDA, Vinícius Ferreira. **Avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no sistema nervoso central:** uma revisão integrativa. Trabalho de Conclusão de Curso (Residência Médica em Radiologia e Diagnóstico por Imagem) — Instituto Nacional de Câncer (INCA), Rio de Janeiro, 2026.

As metástases de melanoma no sistema nervoso central (SNC) representam um desafio clínico significativo devido à sua alta agressividade e impacto prognóstico. Este estudo objetivou analisar os avanços na avaliação radiológica dessas metástases. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com pesquisa nas bases de dados PubMed, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde, abrangendo artigos publicados entre 2015 e 2024. A seleção dos estudos foi orientada pela estratégia PICO. Os 11 artigos selecionados destacaram avanços relevantes nas técnicas de imagem, especialmente na ressonância magnética (RM). A RM ponderada em T1 com contraste foi apontada como a técnica mais sensível para detecção precoce de metástases cerebrais, superando outras sequências, como T2-FLAIR e RM ponderada por suscetibilidade magnética (SWI). A SWI, apesar de ser útil em certos contextos, tem limitações no diagnóstico das metástases melanóticas. Técnicas avançadas como perfusão e difusão mostraram benefícios complementares na diferenciação de tipos de metástases, mas com restrições em distinguir as diferentes origens. A análise também revelou que a presença de micrometástases leptomeníngeas e múltiplas lesões está associada a pior prognóstico, ressaltando a importância de uma abordagem prognóstica mais detalhada. Esses achados reforçam o papel crítico da RM na avaliação radiológica, desde detecção precoce até monitoramento dinâmico de pacientes com melanoma metastático no SNC. Conclui-se que a combinação de técnicas de imagem avançadas é essencial para uma avaliação abrangente, proporcionando informações valiosas para a gestão clínica e terapêutica, ao mesmo tempo que enfatiza a necessidade de abordagens multidimensionais para melhorar o diagnóstico e o tratamento dessas metástases.

Palavras-chave: melanoma; metástase neoplásica; sistema nervoso central; diagnóstico por imagem.

ABSTRACT

LACERDA, Vinícius Ferreira. **Advances in the radiological evaluation of melanoma metastases in the central nervous system: an integrative review.** Final paper (Medical Residency in Radiology and Diagnostic Imaging) — Brazilian National Cancer Institute (INCA), Rio de Janeiro, 2026.

Melanoma metastases in the central nervous system (CNS) represent a significant clinical challenge due to their high aggressiveness and prognostic impact. This study aimed to analyze advances in the radiological evaluation of these metastases. It is an integrative literature review, with research conducted in the PubMed, SciELO, and Virtual Health Library databases, covering articles published between 2015 and 2024. The study selection was guided by the PICO strategy. The 11 selected articles highlighted relevant advancements in imaging techniques, particularly in magnetic resonance imaging (MRI). Contrast-enhanced T1-weighted MRI was identified as the most sensitive technique for the early detection of brain metastases, surpassing other sequences such as T2-FLAIR and magnetic susceptibility-weighted imaging (SWI). Although SWI is useful in certain contexts, it has limitations in diagnosing melanotic metastases. Advanced techniques like perfusion and diffusion showed complementary benefits in differentiating types of metastases but with limitations in distinguishing different origins. The analysis also revealed that the presence of leptomeningeal micrometastases and multiple lesions is associated with poorer prognosis, emphasizing the importance of a more detailed prognostic approach. These findings reinforce the critical role of MRI in radiological evaluation, from early detection to dynamic monitoring of patients with metastatic melanoma in the CNS. In conclusion, the combination of advanced imaging techniques is essential for a comprehensive assessment, providing valuable insights for clinical and therapeutic management while underscoring the need for multidimensional approaches to improve the diagnosis and treatment of these metastases.

Keywords: melanoma; neoplastic metastasis; central nervous system; diagnostic Imaging.

Avanços na Avaliação Radiológica das Metástases de Melanoma no Sistema Nervoso Central: Uma Revisão Integrativa

Advances in the Radiological Assessment of Melanoma Metastases in the Central Nervous System: An Integrative Review

Avances en la Evaluación Radiológica de las Metástasis de Melanoma en el Sistema Nervioso Central: Una Revisión Integrativa

Avaliação radiológica das metástases de melanoma no SNC

Vinícius Ferreira Lacerda¹; Hélcio Mendonça Pereira²

¹ Médico, especializando em Radiologia e Diagnóstico por Imagem pelo Instituto Nacional de Câncer. viniciuslacerda65@gmail.com; Orcid: 0000-0002-4494-8018, Endereço: Rua Senador Vergueiro, 266, apto 1105, Flamengo, RJ. (21) 99741-4741

² Coordenador do centro de imagem do Instituto Nacional de Câncer e médico radiologista do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia. helcioradio@hotmail.com. Orcid: 0000-0001-5902-9703.

Resumo

Introdução: Metástases de melanoma no sistema nervoso central (SNC) representam desafio clínico significativo pela alta agressividade e impacto prognóstico. Nesse contexto, a evolução das técnicas de imagem tem ampliado a capacidade de detecção, caracterização e diferenciação dessas metástases. **Objetivo:** Analisar avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no SNC. **Método:** Revisão integrativa da literatura, utilizando as bases PubMed, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde, abrangendo artigos entre 2015-2025, utilizando a estratégia PICO. **Resultados:** Onze artigos destacaram avanços relevantes nas técnicas de imagem, especialmente na ressonância magnética (RM). A RM ponderada em T1 com contraste foi apontada como a técnica mais sensível para detecção precoce de metástases cerebrais, superando sequências como T2-FLAIR e RM ponderada por suscetibilidade magnética (SWI). A SWI, apesar de útil em certos contextos, tem limitações no diagnóstico das metástases melanóticas. Técnicas avançadas como perfusão e difusão mostraram benefícios

complementares na diferenciação de tipos de metástases, mas com restrições em distinguir diferentes origens. A presença de micrometástases leptomenígeas e múltiplas lesões está associada a pior prognóstico, ressaltando a importância de uma abordagem prognóstica mais detalhada. Esses achados reforçam o papel crítico da RM na avaliação radiológica, desde detecção precoce até monitoramento dinâmico de pacientes com melanoma metastático no SNC. **Conclusão:** A combinação de técnicas de imagem avançadas é essencial para uma avaliação abrangente, proporcionando informações valiosas para a gestão clínica e terapêutica, ao mesmo tempo que enfatiza a necessidade de abordagens multidimensionais para melhorar diagnóstico e tratamento dessas metástases.

Palavras-chave: Melanoma; Metástase Neoplásica; Sistema Nervoso Central; Diagnóstico por Imagem.

Abstract

Introduction: Melanoma metastases in the central nervous system (CNS) represent a significant clinical challenge due to their high aggressiveness and prognostic impact. In this context, advances in imaging techniques have expanded the ability to detect, characterize, and differentiate these metastases. **Aim:** To analyze advances in the radiological assessment of melanoma metastases in the CNS. **Methods:** An integrative literature review was conducted using the PubMed, SciELO, and Virtual Health Library databases, including articles published between 2015-2025, following the PICO strategy. **Results:** Eleven studies highlighted relevant advances in imaging techniques, particularly magnetic resonance imaging (MRI). Contrast-enhanced T1-weighted MRI was identified as the most sensitive technique for early detection of brain metastases, outperforming sequences such as T2-FLAIR and susceptibility-weighted imaging (SWI). Although SWI is useful in specific contexts, it has limitations in the diagnosis of melanotic metastases. Advanced techniques such as perfusion and diffusion provided complementary benefits in differentiating types of metastases but showed limitations in distinguishing their primary origins. The presence of leptomeningeal micrometastases and multiple lesions was associated with poorer prognosis, emphasizing the importance of a more detailed prognostic assessment. These findings reinforce the critical role of MRI in radiological evaluation, from early detection to dynamic monitoring of patients

with CNS metastatic melanoma. **Conclusion:** The combination of advanced imaging techniques is essential for a comprehensive assessment, providing valuable information for clinical and therapeutic management while emphasizing the need for multidimensional approaches to improve the diagnosis and treatment of these metastases.

Keywords: Melanoma; Neoplastic Metastasis; Central Nervous System; Diagnostic Imaging.

Resumen

Introducción: Metástasis de melanoma en el sistema nervioso central (SNC) representan un desafío clínico debido a alta agresividad y impacto pronóstico. La evolución de las técnicas de imagen ha ampliado la capacidad de detección, caracterización y diferenciación de estas metástasis. **Objetivo:** Analizar los avances en la evaluación radiológica de las metástasis de melanoma en el SNC. **Método:** Revisión integradora de la literatura utilizando las bases PubMed, SciELO y la Biblioteca Virtual en Salud, incluyendo artículos publicados entre 2015-2025, siguiendo la estrategia PICO. **Resultados:** Once estudios destacaron avances en las técnicas de imagen. La resonancia magnética ponderada en T1 con contraste fue identificada como la técnica más sensible para la detección precoz de metástasis cerebrales, superando secuencias como T2-FLAIR y la imagen ponderada por susceptibilidad magnética (SWI). Aunque la SWI es útil en contextos específicos, presenta limitaciones en el diagnóstico de metástasis melanóticas. Técnicas como la perfusión y la difusión mostraron beneficios complementarios en la diferenciación de metástasis, pero con limitaciones para distinguir sus orígenes. Micrometástasis leptomenígeas y lesiones múltiples se asociaron con peor pronóstico, resaltando la importancia de una evaluación pronóstica detallada. Estos hallazgos refuerzan el papel de la RM en la evaluación radiológica, desde la detección temprana hasta el seguimiento de pacientes con melanoma metastásico en el SNC. **Conclusión:** La combinación de técnicas avanzadas de imagen es esencial para una evaluación integral, proporcionando información valiosa para la gestión clínica y terapéutica, y enfatizando la necesidad de enfoques multidimensionales para mejorar el diagnóstico y tratamiento de estas metástasis.

Palabras clave: Melanoma; Metástasis Neoplásica; Sistema Nervioso Central; Diagnóstico por Imagen.

Introdução

O câncer representa o principal problema de saúde pública global, sendo uma das principais causas de mortalidade e uma significativa barreira para o aumento da expectativa de vida. Em muitos países, é a primeira ou segunda causa de morte prematura, ocorrendo antes dos 70 anos. O impacto da incidência e mortalidade por câncer está crescendo rapidamente em todo o mundo. Estima-se a ocorrência de 704 mil novos casos de câncer por ano no Brasil durante o triênio 2023-2025, com destaque para as regiões Sul e Sudeste, que respondem por aproximadamente 70% da incidência¹.

O câncer de pele é o tipo mais comum de câncer, originando-se de diferentes células da derme e da epiderme. Os principais tipos são o carcinoma basocelular e o carcinoma de células escamosas, que são os mais frequentes, conhecidos como câncer de pele não melanoma, e o melanoma, menos comum, mas mais agressivo. Estimam-se 8.980 novos casos de melanoma no Brasil anualmente, com maior incidência na Região Sul para ambos os sexos, correspondendo a um risco de 4,13 por 100 mil habitantes. É mais prevalente em pessoas de pele clara acima dos 40 anos, embora a incidência em jovens esteja aumentando devido à alta exposição solar. A radiação ultravioleta (UV) é o principal fator de risco para todos os tipos de câncer de pele, pois provoca danos cumulativos ao DNA. No caso do câncer de pele melanoma, destacam-se também os riscos associados à radiação UV artificial, como a emitida por lâmpadas e camas de bronzeamento, além da exposição a bifenilos policlorados¹.

As metástases são uma das complicações mais comuns em diversos tipos de câncer, especialmente as do sistema nervoso central (SNC). As metástases cerebrais são complicações graves em pacientes com câncer, acometendo até 40% dos pacientes com tumores sólidos. Segundo a avaliação prognóstica graduada específica do diagnóstico (DS-GPA), o número de metástases cerebrais exerce um impacto prognóstico significativo em diversos tipos de câncer. Além disso, a quantidade de metástases cerebrais é um fator importante na escolha entre o tratamento local e a radiação cerebral total².

O melanoma é uma forma agressiva de câncer de pele, originado dos melanócitos da epiderme, podendo metastatizar a partir de um tumor primário pequeno, sendo responsável pelo maior número de mortes por câncer de pele. Sua alta taxa de metástases, especialmente para o cérebro e o líquido, é atribuída à sua capacidade de escapar das defesas do hospedeiro, variabilidade genética e semelhança com células da vasculatura. Durante seu desenvolvimento, o melanoma acumula mutações que facilitam sua disseminação para as leptomeninges, incluindo moléculas de adesão celular que permitem que as células metastáticas resistam ao fluxo sanguíneo, extravasem dos vasos e adiram a outros órgãos^{3,4}.

O melanoma é a terceira origem mais comum de metástases cerebrais, ficando atrás apenas do câncer de pulmão e mama, sendo também o tumor sólido com maior tendência de se espalhar para o cérebro. Historicamente, a expectativa de vida de pacientes com melanoma que afeta o sistema nervoso central é curta, com uma sobrevida média inferior a seis meses. No entanto, tem sido identificada uma melhora na sobrevida global mediana de 14 meses para 23 meses para melanoma metastático desde a introdução de terapias direcionadas e inibidores de checkpoint imunológico, sendo importante o diagnóstico precoce e diferenciação de outros tumores do SNC⁵⁻⁷. Apesar dos avanços terapêuticos, pacientes com melanoma e metástases do SNC continuam apresentando resultados de sobrevida ruins⁸.

Em casos de tumores no SNC, o glioblastoma e as metástases de tumores primários são os mais comuns em adultos. No entanto, os exames de imagem frequentemente não conseguem diferenciar esses tumores, devido às semelhanças nas características de imagem e no padrão de realce entre essas entidades, especialmente em lesões solitárias em pacientes sem histórico conhecido de malignidade. Em lesões com realce periférico em anel, a diferenciação entre glioblastoma e metástase é frequentemente impossível apenas com base nas imagens morfológicas. Contudo, a distinção entre lesões cerebrais primárias e metastáticas é essencial para um tratamento inicial adequado, devido às diferenças nas abordagens terapêuticas⁹.

Justifica-se o interesse em pesquisar esse tema, pois as metástases de melanoma no SNC representam uma complicação frequente e desafiadora, com impacto direto na morbidade e mortalidade dos pacientes. A avaliação radiológica, seja por tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM), ainda que, por vezes,

desafiadora, desempenha um papel essencial no diagnóstico precoce, planejamento terapêutico e monitoramento da resposta ao tratamento dessas lesões.

Nos últimos anos, avanços nas técnicas de imagem têm contribuído para uma caracterização mais detalhada das metástases, permitindo diferenciar lesões malignas de outras condições neurológicas, como abscessos e gliomas. Contudo, ainda há lacunas na consolidação do conhecimento sobre a eficácia e limitações dessas ferramentas radiológicas no contexto das metástases de melanoma no SNC.

Este estudo mostra-se relevante pela necessidade de reunir, analisar e sintetizar os achados recentes da literatura, contribuindo para o aprimoramento do diagnóstico radiológico e para a implementação de abordagens mais precisas e eficazes no manejo clínico desses pacientes. Além disso, a integração de informações sobre os avanços tecnológicos em imagem pode oferecer subsídios importantes para decisões clínicas e futuras pesquisas.

Assim sendo, o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar os avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no SNC. Os objetivos específicos do estudo foram os de identificar os principais padrões radiológicos das metástases de melanoma no SNC, avaliar o papel de técnicas avançadas de imagem no diagnóstico e monitoramento dessas metástases, além de comparar a eficácia e limitações dessas técnicas no diagnóstico e acompanhamento de pacientes com melanoma metastático no SNC.

Método

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura sobre os avanços na avaliação radiológica das metástases de melanoma no SNC. A pesquisa foi conduzida nas bases de dados PubMed, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), abrangendo artigos publicados entre 2015 e 2025. Para a busca, utilizou-se a seguinte combinação de descritores em inglês, associada ao operador booleano AND: *Melanoma metastasis AND central nervous system AND imaging diagnosis*.

Os critérios de seleção dos estudos foram definidos com base na estratégia PICO, que auxilia na formulação de questões de pesquisa e na identificação dos estudos mais relevantes para responder ao problema proposto. A sigla PICO refere-se aos seguintes elementos:

- P (População): Pacientes diagnosticados com metástases de melanoma no SNC.
- I (Intervenção): Técnicas de imagem.
- C (Comparação): Imagens de metástases de melanoma comparadas a outras neoplasias do sistema nervoso central, buscando identificar diferenças ou semelhanças nos padrões radiológicos.
- O (*Outcome/Desfecho*): Identificação dos padrões radiológicos das metástases de melanoma e avaliação das técnicas de imagem utilizadas.

A estratégia PICO envolve a elaboração de uma questão-problema, sendo definida a seguinte: Quais os avanços nas técnicas de diagnóstico por imagem na avaliação das metástases de melanoma no SNC, conforme evidenciado na literatura científica recente?

Para responder a esse questionamento, foram selecionados artigos originais (ensaios clínicos, estudos de coorte, observacionais ou relatos de casos), disponíveis nas bases mencionadas, que abordassem o uso de diagnóstico por imagem na avaliação de metástases de melanoma no SNC, conforme definido pelas diretrizes da estratégia PICO pré-definidas. Excluíram-se estudos com populações não específicas para metástases de melanoma no SNC, estudos de revisão, artigos indisponíveis na íntegra e publicações duplicadas.

Os artigos selecionados foram analisados qualitativamente, com foco nos avanços das técnicas radiológicas e nos padrões de imagem descritos. As informações de interesse foram organizadas em uma Tabela, permitindo a comparação dos resultados dos estudos.

Resultados

A pesquisa resultou em 75 artigos no PubMed, 50 na BVS e 1 no SciELO. Houve 48 duplicadas entre os resultados das bases de dados, portanto a pesquisa apresentou para a análise um total de 78 artigos. Após análise dos critérios de inclusão e exclusão, a seleção dos artigos culminou na inclusão de 11 artigos nesse estudo (Figura 1).

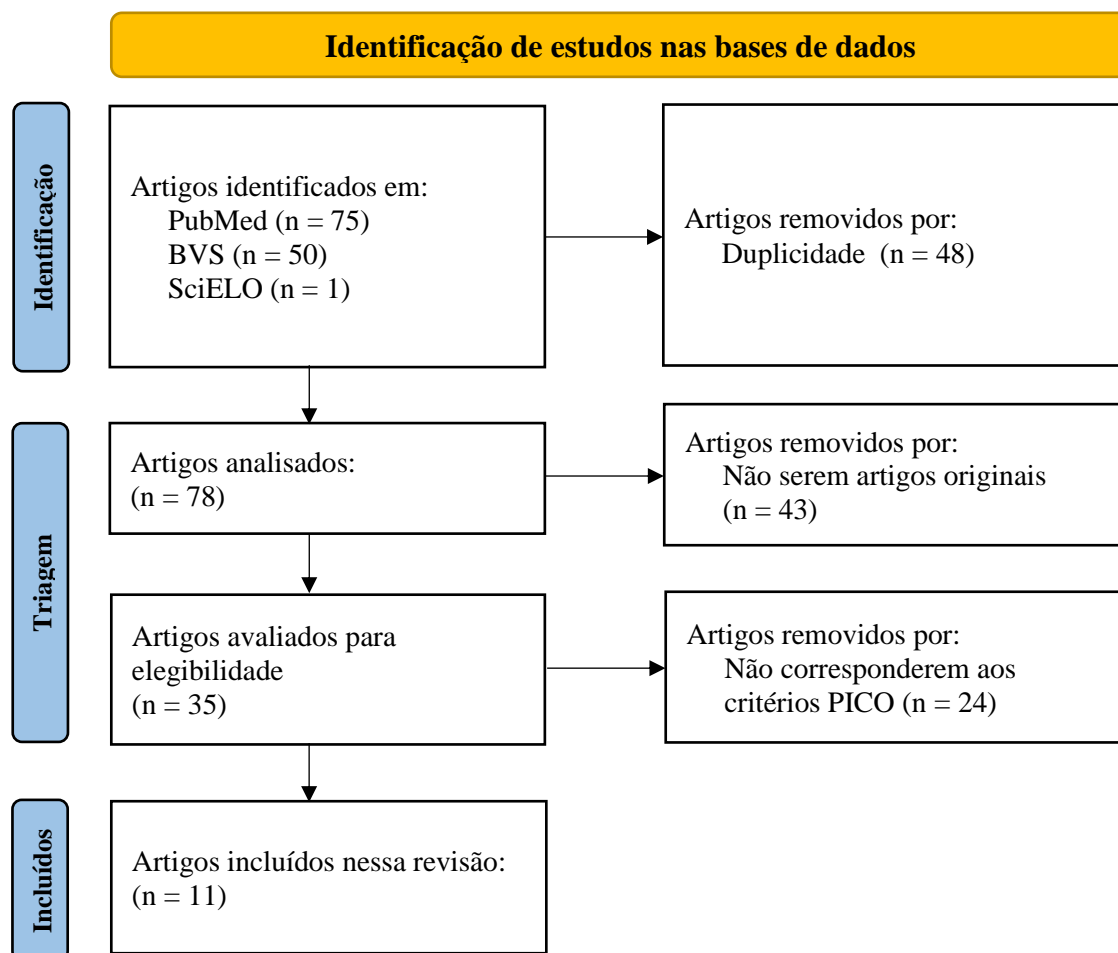


Figura 1: Diagrama de fluxo PRISMA de buscas de artigos em bancos de dados.

Fonte: Elaborada com base no diagrama de fluxo PRIMA¹⁰.

Os 11 artigos selecionados para compor o presente estudo podem ser analisados quanto ao seu conteúdo na Tabela 1 a seguir, segundo dados como ano de publicação, autores, método de pesquisa, objetivo do estudo e principais resultados.

Tabela 1: Resultado da análise de conteúdo dos 11 artigos incluídos nessa revisão integrativa.

Ano de publicação, Autores e Método	Objetivo	Resultados
2015 Reiter et al. ¹¹ Relato de caso	Relatar o caso de uma paciente portadora de melanoma maligno com piora aguda progressiva dos sintomas neurológicos até a perda de consciência. A RM	A RM não mostrou evidência de de tumor cerebral. Uma segunda RM, 5 dias após, realizada devido ao agravamento agudo inexplicável dos sintomas neurológicos, revelou o aparecimento de inúmeras lesões

	demonstrou um novo início de disseminação miliar de metástases do SNC de um melanoma maligno em 4 dias.	miliares com realce de contraste, especialmente na substância cinzenta, que foram comprovadas como metástases de melanoma maligno na histopatologia.
2016 Jung et al. ¹² Estudo observacional retrospectivo	Comparar glioblastoma e metástases cerebrais usando a técnica de perfusão de RM ponderada em T1 com contraste dinâmico.	A RM ponderada em T1 com contraste dinâmico demonstrou potencial para diferenciar glioblastomas, metástases de melanoma e tumores cerebrais hipovasculares. A inclinação logarítmica da fase de <i>washout</i> (período após a administração de um agente de contraste em que o contraste começa a ser eliminado do tecido) e a área sob a curva (AUC) da curva de intensidade do sinal ao longo do tempo foram os melhores parâmetros para discriminar entre neoplasias hipervasculares e hipovasculares.
2016 Sarbu; Pujol; Oleaga ¹³ Relato de casos	Relatar três casos mostrando edema perilesional hiperintenso em T1 de massas cerebrais, que é um achado radiológico incomum, sendo um representando malformação cavernosa hemorrágica cerebral (CCM, cavernoma) e os outros dois, metástases de melanoma.	A associação entre este sinal (edema perilesional hiperintenso) e o cavernoma foi recentemente reconhecida. Por outro lado, nas lesões melanóticas, a relação com o edema perilesional hiperintenso em T1 ainda não foi descrita. Embora seja um sinal raro, pode ajudar significativamente no diagnóstico diferencial, conferindo-lhe um alto valor clínico. Além disso, devido à alta prevalência das condições que apresentam essa característica de imagem, ela pode ser observada ocasionalmente.
2017 Nabavizadeh et al. ¹⁴ Estudo observacional retrospectivo	Investigar a frequência de hiperintensidade perilesional em T1 em pacientes com massas cerebrais hemorrágicas e não hemorrágicas intra-axiais.	Todas as lesões com hiperintensidade perilesional apresentaram hemorragia aguda ou subaguda. A hiperintensidade perilesional nas imagens ponderadas em T1 demonstrou alta especificidade nos grupos de metástase e malformação cavernosa (94%). Embora a hiperintensidade perilesional em T1 seja característica das malformações cavernosas, ela também é frequentemente observada em melanoma e outras metástases hemorrágicas no cérebro. Porém, não foi observada em gliomas de alto grau, linfomas primários do sistema nervoso central ou abscessos cerebrais.
2018 Deike-Hofmann et al. ¹⁵ Estudo observacional retrospectivo	Investigar a sensibilidade de 6 sequências clínicas de RM na detecção precoce de metástases cerebrais de melanoma: RM ponderada em T1 sem contraste (T1w), RM ponderada em T1 com contraste (ceT1w), RM ponderada em T2 (T2w), RM ponderada em T2 com supressão de fluido (T2w-FLAIR), RM ponderada por suscetibilidade magnética (SWI) e RM ponderada por difusão (DWI).	A ponderação T1 com contraste é mais sensível do que todas as outras sequências para detecção de metástases cerebrais de melanoma. A ruptura da barreira hematoencefálica é consistentemente o sinal mais precoce nas metástases cerebrais de melanoma do que o edema perifocal, a perda de sinal em SWI ou a restrição à difusão.
2019 Askaner et al. ⁹	Investigar se a RM ponderada em perfusão é capaz de	O volume sanguíneo cerebral relativo (VCBR) no edema peritumoral é

Estudo observacional prospectivo	diferenciar glioblastoma de metástase e se era possível, neste último grupo, prever o sítio primário da neoplasia.	significativamente maior nos glioblastomas (média de 3,2) do que nas metástases (média de 0,9). No entanto, não há diferenças significativas no VCBR entre as metástases de diferentes origens ou nas áreas tumorais sólidas e adjacentes ao edema. Assim, o VCBR no edema peritumoral pode diferenciar glioblastomas de metástases, mas não entre metástases de diferentes tumores primários (pulmão, mama, melanoma ou gastrointestinal).
2019 Berk et al. ² Estudo observacional retrospectivo	Avaliar uma possível associação negativa de lesões vasculares da substância branca e fatores de risco vascular (vasRF) com metástases cerebrais em pacientes com melanoma, através de análise de RM cerebral tridimensional.	O estudo comparou lesões hiperintensas em T2-FLAIR na substância branca entre pacientes com e sem metástases cerebrais, classificadas pelo escore de Fazekas (graus I-III). Os pacientes sem metástases apresentaram lesões mais pronunciadas. Além disso, as metástases cerebrais foram mais prováveis em pacientes sem fatores de risco vascular. Conclui-se que as lesões na substância branca e os fatores de risco vascular podem reduzir o risco de metástases cerebrais e sua presença pode influenciar a escolha do tratamento.
2019 Schwarz et al. ¹⁶ Estudo observacional retrospectivo	Analisar sistematicamente o espectro de achados intracerebrais em metástases cerebrais de melanoma maligno em SWI e determinar o valor diagnóstico de imagem ponderada por suscetibilidade magnética (SWI) cerebral.	Metástases melanóticas e amelanóticas não apresentaram diferenças significativas em artefatos de <i>blooming</i> por SWI. A SWI oferece pouco benefício diagnóstico adicional em relação à imagem ponderada em T1, pois o conteúdo de melanina isoladamente não causa <i>blooming</i> relevante. A transição de sinal pode indicar fenômenos secundários, como micro-hemorragias ou captação de metal. Artefatos isolados de SWI não representam tecido tumoral vital, mas sim micro-hemorragias inespecíficas, mudanças parenquimatosas pós-radioterapia ou restos de lesões metastáticas tratadas.
2020 Lasocki et al. ¹⁷ Estudo observacional retrospectivo	Investigar sistematicamente o desenvolvimento de pequenas metástases de melanoma intracraniano utilizando cortes finos em RM moderna.	A maioria das metástases intracranianas de melanoma, com diâmetro entre 2 e 9 mm, são nódulos corticomeníngeos – sugerindo possível origem leptomeníngea. Esses dados sugerem que a invasão mais profunda do parênquima pelas metástases de melanoma intracraniano ocorre de forma secundária. Se as leptomeninges realmente oferecem um local preferencial para o estabelecimento dessas metástases, uma investigação mais aprofundada da biologia subjacente a esse fenômeno pode abrir novas possibilidades para estratégias terapêuticas direcionadas a esses pacientes.
2024 Ostojic et al. ¹⁸ Ensaio clínico	Apresentar a ocorrência de um pico proeminente em aproximadamente 2,0 ppm, mimetizando o aminoácido N-acetilaspártato, encontrado exclusivamente no SNC e em	A identificação de um pico proeminente a 2,0 ppm pode ser um marcador diagnóstico valioso para distinguir lesões com realce de anel único, potencialmente associadas a metástases que expressam mucina, oferecendo um novo caminho para a

	altas concentrações nos neurônios, em lesões cerebrais metastáticas sólidas comprovadas histologicamente.	especificidade diagnóstica em casos desafiadores. Entre eles: metástases cerebrais de carcinoma mucinoso de mama, adenocarcinoma mucinoso de pulmão não pequenas células, melanomas metastáticos e câncer de pulmão não-pequenas-células metastático.
2024 Serra et al. ⁶ Estudo de coorte	Identificar pacientes com maior risco de desenvolver metástases de melanoma no SNC e avaliar fatores prognósticos associados.	Entre as descobertas, constatou-se que acometimento do SNC com múltiplas metástases e envolvimento leptomeníngeo estão correlacionados com pior sobrevida.

Legenda: RM= Ressonância Magnética; SNC= Sistema Nervoso Central.

A análise dos resultados desses 11 artigos selecionados revela avanços significativos na avaliação radiológica das metástases de melanoma no SNC. A seguir, são discutidos os principais achados dos estudos, comparando os resultados e destacando as contribuições de cada um para a literatura científica recente.

Discussão

Os estudos analisados demonstraram que a RM é uma ferramenta fundamental na detecção de metástases de melanoma no SNC, com várias sequências mostrando diferentes sensibilidades e especificidades. De acordo com Deike-Hofmann et al.¹⁵, a RM ponderada em T1 com contraste foi a mais sensível para detecção precoce de metástases cerebrais de melanoma, superando outras sequências como T2 com supressão de fluido (T2w-FLAIR) e RM ponderada por suscetibilidade magnética (SWI). Isso reforça os achados do estudo de Reiter et al.¹¹, que relataram uma disseminação miliar de metástases em uma paciente com melanoma, evidenciada por RM em um curto intervalo de tempo, ressaltando a importância da RM no monitoramento dinâmico de pacientes com melanoma metastático.

Nesse contexto, merece destaque o papel do FLAIR pós-contraste, especialmente quando adquirido de forma tardia, na avaliação de comprometimento leptomeníngeo. O estudo de Ibrahim, Rahman e Elnekeidy¹⁹ demonstrou que a sequência FLAIR pós-contraste tardia apresentou sensibilidade superior à T1 ponderada com contraste convencional para a detecção de lesões metastáticas cerebrais, com maior conspicuidade das lesões e melhor diferenciação entre realce leptomeníngeo patológico e vasos corticais realçados, frequentemente responsáveis por falsos positivos na T1 pós-contraste. Os autores relataram sensibilidade de 98,98% e especificidade de 100% para

o FLAIR pós-contraste tardio, reforçando seu potencial na identificação de acometimento superficial e leptomeníngeo.

Embora esse estudo não tenha avaliado especificamente metástases cerebrais de melanoma — motivo pelo qual não foi incluído na tabela de resultados desta revisão — seus achados foram incorporados à discussão por agregarem evidências relevantes sobre o valor incremental do FLAIR pós-contraste na detecção de disseminação leptomeníngea, aspecto particularmente pertinente no melanoma, dada sua reconhecida propensão ao envolvimento leptomeníngeo e impacto prognóstico desfavorável.

A pesquisa de Schwarz et al.¹⁶ mostrou que, embora a RM-SWI seja útil para detectar artefatos de *blooming* (expansão do sinal), sua utilidade diagnóstica adicional é limitada, especialmente em metástases melanóticas, nas quais o conteúdo de melanina não provoca *blooming* relevante. Essa descoberta reflete uma limitação importante da SWI, que, embora útil para observar fenômenos secundários como micro-hemorragias e mudanças parenquimatosas pós-radioterapia, não é determinante para a identificação de metástases viáveis.

Em relação a perfusão e difusão na RM, o estudo de Jung et al.¹² destacou o uso de perfusão em RM ponderada em T1 com contraste dinâmico, que demonstrou ser eficaz para distinguir metástases de melanoma de glioblastomas e outros tumores cerebrais, com base na análise da dinâmica do contraste. Esse achado complementa o estudo de Askaner et al.⁹, que investigou a perfusão em RM e a capacidade de diferenciar glioblastomas de metástases cerebrais. Embora o volume sanguíneo cerebral relativo (VCBR) tenha sido útil para distinguir glioblastomas, não foi capaz de diferenciar metástases de diferentes origens, incluindo o melanoma. Isso sugere que a perfusão pode ser uma técnica complementar, mas não decisiva, para a diferenciação de tipos de metástases cerebrais.

Além das sequências convencionais e das técnicas funcionais de RM, métodos metabólicos avançados também têm demonstrado potencial para aumentar a especificidade diagnóstica das metástases cerebrais. Nesse contexto, Ostojic et al.¹⁸ relataram a presença de um pico proeminente em aproximadamente 2,0 ppm na espectroscopia por ressonância magnética (ERM), mimetizando o aminoácido N-acetilaspártato (NAA), em lesões cerebrais metastáticas sólidas confirmadas histologicamente. Embora o NAA seja classicamente considerado um marcador

neuronal, encontrado exclusivamente no SNC e em altas concentrações nos neurônios, os autores demonstraram que esse pico pode estar presente em metástases que expressam mucina, incluindo melanomas metastáticos, carcinomas mucinosos de mama, adenocarcinomas mucinosos de pulmão não pequenas células e câncer de pulmão não-pequenas-células metastático.

Esse achado sugere que a identificação de um pico semelhante ao NAA em lesões com realce em anel único pode representar um marcador metabólico relevante para o diagnóstico diferencial, especialmente em casos desafiadores nos quais as características morfológicas convencionais são inespecíficas. Assim, a ERM pode oferecer um valor incremental na diferenciação entre lesões primárias e secundárias do SNC, ampliando a especificidade diagnóstica quando integrada às sequências estruturais da RM.

Já os estudos de Sarbu, Pujol e Oleaga¹³ e Nabavizadeh et al.¹⁴ exploraram a hiperintensidade perilesional em T1, um sinal característico das metástases de melanoma, mas também observado em outras condições, como malformações cavernosas. A pesquisa de Nabavizadeh et al.¹⁴ demonstrou que a hiperintensidade perilesional nas imagens ponderadas em T1 tem alta especificidade para metástases e malformações cavernosas, sendo um indicador útil para o diagnóstico diferencial. Este resultado foi corroborado por Sarbu, Pujol e Oleaga¹³, que observaram essa característica em metástases de melanoma, apesar de sua raridade.

A pesquisa de Lasocki et al.¹⁷ revelou que muitas metástases intracranianas de melanoma de pequeno tamanho (entre 2 e 9 mm) têm origem nas leptomeninges, sugerindo uma possível via preferencial para a disseminação do melanoma no SNC. Essas descobertas abrem novas perspectivas para estratégias terapêuticas direcionadas, já que o envolvimento leptomeníngeo pode ter implicações prognósticas e terapêuticas importantes.

Por sua vez, o estudo de Serra et al.⁶ identificou que a presença de múltiplas metástases e envolvimento leptomeníngeo está associada a uma pior sobrevida em pacientes com melanoma metastático no SNC. Esse resultado é importante para a avaliação prognóstica, pois pode orientar as decisões terapêuticas, ajudando a identificar pacientes com risco elevado de evolução negativa. Além disso, Berk et al.² apontaram que lesões na substância branca, muitas vezes associadas a fatores de risco vascular,

podem interferir no risco de metástases cerebrais, sugerindo que esses fatores devem ser considerados ao planejar o tratamento.

Conclusão

Os avanços nas técnicas de imagem, especialmente na RM, têm contribuído significativamente para a avaliação das metástases de melanoma no SNC. A RM ponderada em T1 com contraste continua sendo a técnica de escolha para a detecção precoce de metástases cerebrais, enquanto a SWI, apesar de ser útil em certos contextos, tem limitações no diagnóstico das metástases melanóticas.

O uso de técnicas avançadas, como perfusão e difusão, oferece benefícios complementares, mas também apresenta desafios em termos de distinção entre diferentes tipos de metástases. Além disso, a identificação de micrometástases leptomeníngeas e a consideração de fatores prognósticos são essenciais para a gestão clínica e terapêutica dos pacientes com melanoma metastático no SNC.

Esses resultados enfatizam a importância da combinação de técnicas de imagem, incluindo sequências avançadas, como o FLAIR pós-contraste tardio em contextos específicos, para fornecer uma avaliação abrangente das metástases de melanoma no SNC, além de destacarem a necessidade de abordagens multidimensionais para a detecção precoce, monitoramento e diferenciação de tipos de metástases.

Contribuições dos autores

Ambos contribuíram em todas as etapas igualmente.

Fontes de financiamento

Não houve.

Declaração de conflito de interesse

Nada a declarar.

Referências

1. Instituto Nacional De Câncer. Estimativa 2023 – Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2022.

2. Berk BA, Hering K, Kortmann RD, Hoffmann KT, Ziemer M, Seidel C. Vascular white matter lesions negatively correlate with brain metastases in malignant melanoma-Results from a retrospective comparative analysis. *Clin Neurol Neurosurg*. 2019 May;180:117-121. doi: 10.1016/j.clineuro.2019.03.016.
3. Nguyen A, Nguyen A, Dada OT, Desai PD, Ricci JC, Godbole NB, et al. Leptomeningeal metastasis: A review of the pathophysiology, diagnostic methodology, and therapeutic landscape. *Curr Oncol*. 2023 Jun 19;30(6):5906-5931. doi: 10.3390/curroncol30060442.
4. Steininger J, Gellrich FF, Engelland K, Meinhardt M, Westphal D, Beissert S, et al. Leptomeningeal metastases in melanoma patients: An update on and future perspectives for diagnosis and treatment. *Int J Mol Sci*. 2023 Jul 14;24(14):11443. doi: 10.3390/ijms241411443.
5. Karz A, Dimitrova M, Kleffman K, Alvarez-Breckenridge C, Atkins MB, Boire A, et al. Melanoma central nervous system metastases: An update to approaches, challenges, and opportunities. *Pigment Cell Melanoma Res*. 2022 Nov;35(6):554-572. doi: 10.1111/pcmr.13059.
6. Serra E, Abarzua-Araya Á, Arance A, Martin-Huertas R, Aya F, Olondo ML, et al. Predictive and Prognostic Factors in Melanoma Central Nervous System Metastases-A Cohort Study. *Cancers*. 2024 Jun 19;16(12):2272. doi: 10.3390/cancers16122272.
7. Vega-Moreno DA, Kuramitsu S, Kaoru E, Yasukazu K, García-González U, Ibarra-de la Torre A, et al. Demographics aspects of brain and spine metastatic melanoma. Retrospective analysis in a single third-level center. *World Neurosurg X*. 2024 Feb 25;22:100306. doi: 10.1016/j.wnsx.2024.100306.
8. Tawbi H, To TM, Bartley K, Sadetsky N, Burton E, Haydu L, et al. Treatment patterns and clinical outcomes for patients with melanoma and central nervous system metastases: A real-world study. *Cancer Med*. 2022 Jan;11(1):139-150. doi: 10.1002/cam4.4438.
9. Askaner K, Rydelius A, Engelholm S, Knutsson L, Lätt J, Abul-Kasim K, et al. Differentiation between glioblastomas and brain metastases and regarding their primary site of malignancy using dynamic susceptibility contrast MRI at 3T. *J Neuroradiol*. 2019 Nov;46(6):367-372. doi: 10.1016/j.neurad.2018.09.006.

10. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med.* 2018 Oct 2;169(7):467-473. doi: 10.7326/M18-0850.
11. Reiter FP, Giessen-Jung C, Dorostkar MM, Ertl-Wagner B, Denk GU, Heck S, et al. Miliary pattern of brain metastases - a case report of a hyperacute onset in a patient with malignant melanoma documented by magnetic resonance imaging. *Radiat Oncol.* 2015 Jul 19;10:148. doi: 10.1186/s13014-015-0459-8.
12. Jung BC, Arevalo-Perez J, Lyo JK, Holodny AI, Karimi S, Young RJ, et al. Comparison of glioblastomas and brain metastases using dynamic contrast-enhanced perfusion MRI. *J Neuroimaging.* 2016 Mar-Apr;26(2):240-6. doi: 10.1111/jon.12281.
13. Sarbu N, Pujol T, Oleaga L. Hyperintense perilesional edema in the brain on T1-weighted images: Cavernous malformation or metastatic melanoma? Three case reports and literature review. *Neuroradiol J.* 2016 Feb;29(1):52-6. doi: 10.1177/1971400915626430.
14. Nabavizadeh SA, Pechersky D, Schmitt JE, Nasrallah M, Wolf R, Loevner L, et al. Perilesional hyperintensity on T1-weighted images in intra-axial brain masses other than cavernous malformations. *J Neuroimaging.* 2017 Sep;27(5):531-538. doi: 10.1111/jon.12424.
15. Deike-Hofmann K, Thünemann D, Breckwoldt MO, Schwarz D, Radbruch A, Enk A, et al. Sensitivity of different MRI sequences in the early detection of melanoma brain metastases. *PLoS One.* 2018 Mar 29;13(3):e0193946. doi: 10.1371/journal.pone.0193946.
16. Schwarz D, Niederle T, Münch P, Hielscher T, Hassel JC, Schlemmer HP, et al. Susceptibility-weighted imaging in malignant melanoma brain metastasis. *J Magn Reson Imaging.* 2019 Oct;50(4):1251-1259. doi: 10.1002/jmri.26692.
17. Lasocki A, Khoo C, Lau PKH, Kok DL, McArthur GA. High-resolution MRI demonstrates that more than 90% of small intracranial melanoma metastases develop in close relationship to the leptomeninges. *Neuro Oncol.* 2020 Mar 5;22(3):423-432. doi: 10.1093/neuonc/noz171.
18. Ostojic J, Kozic D, Panjkovic M, Georgievski-Brkic B, Dragicevic D, Lovrenski A, Boban J. Peak Resembling N-acetylaspartate (NAA) on magnetic resonance

spectroscopy of brain metastases. *Medicina*. 2024 Apr 19;60(4):662. doi: 10.3390/medicina60040662.

19. Ibrahim RM, Rahman SAA, Elnekeidy AEAM. Added value of delayed post-contrast FLAIR in diagnosis of metastatic brain lesions. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2022;53(205):1-12. doi: 10.1186/s43055-022-00844-7.