



ISSN 2674-8169



Latindex



DOI



Avanços da Radiologia no Diagnóstico Precoce do Acidente Vascular Cerebral Isquêmico

Lucas da Cruz Alarcon Lima¹, Gustavo Tomaz Borges², Manuela Gibran Lima Ribeiro², Heloisa Antonelli³, Vinicius Severino Silvestre dos Santos⁴, Mateus Miura de Oliveira⁴, Eduardo Cardozo Remédio⁵, Pedro Paulo Soares Rodrigues Calazans⁶, Gabriel Caetano Diniz⁷, Vitor Armando Avilla de Mello⁸, Allanis Cristina Bortoli⁹, Guilherme Urzedo Gonçalves¹⁰, Edmilson Paniago Souza¹¹, Priscila Albuquerque do Espírito Santo de Souza¹¹, Ana Julia Freitas Gonçalves¹²



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n4p1130-1143>

Artigo recebido em 24 Março e publicado em 24 de Abril de 2026

REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico representa a maioria dos casos de AVC e constitui importante causa de morbimortalidade. O diagnóstico precoce é determinante para o sucesso terapêutico, especialmente na indicação de terapias de reperfusão em janelas de tempo limitadas. Nesse contexto, os avanços da radiologia desempenham papel essencial na identificação rápida da isquemia cerebral e na tomada de decisões clínicas. **Objetivo:** Revisar os avanços recentes da radiologia no diagnóstico precoce do AVC isquêmico e seu impacto na prática clínica. **Metodologia:** Realizou-se revisão narrativa da literatura com base em diretrizes de sociedades médicas e em artigos científicos publicados em periódicos reconhecidos nas áreas de neurologia e radiologia. Foram incluídos estudos que abordam métodos de imagem e sua aplicabilidade clínica no diagnóstico do AVC. **Discussão/Resultados:** A tomografia computadorizada sem contraste permanece como exame inicial de escolha na suspeita de AVC, principalmente pela rapidez e pela capacidade de excluir hemorragia intracraniana. No entanto, sua sensibilidade para detectar alterações isquêmicas precoces é limitada. A ressonância magnética, especialmente com sequência de difusão, representa um avanço significativo, permitindo identificar áreas de isquemia minutos após o início dos sintomas. Além disso, técnicas de perfusão, tanto por tomografia quanto por ressonância, possibilitam a avaliação da penumbra isquêmica, fundamental para seleção de pacientes candidatos a terapias de reperfusão, mesmo em janelas terapêuticas ampliadas. Outro avanço relevante é o uso de angiotomografia e angiorressonância, que permitem identificar oclusões arteriais, especialmente em

grandes vasos, auxiliando na indicação de terapias endovasculares. A ultrassonografia Doppler também contribui na avaliação hemodinâmica e no rastreamento de estenoses carotídeas. A integração dessas modalidades, associada a ferramentas de análise automatizada, tem aprimorado a acurácia diagnóstica e reduzido o tempo até o tratamento. Conclusão: Os avanços da radiologia têm transformado o diagnóstico precoce do AVC isquêmico, permitindo abordagem mais precisa e rápida. A utilização integrada dos métodos de imagem é fundamental para otimizar o tratamento e melhorar os desfechos clínicos.

Palavras-chave: AVC isquêmico; Radiologia; Tomografia computadorizada; Ressonância magnética; Perfusão cerebral; Diagnóstico precoce.

Advances in Radiology for the Early Diagnosis of Ischemic Stroke

ABSTRACT

Introduction: Ischemic stroke accounts for the majority of stroke cases and is a major cause of morbidity and mortality. Early diagnosis is crucial for therapeutic success, particularly in the indication of reperfusion therapies within limited time windows. In this context, advances in radiology play a key role in the rapid identification of cerebral ischemia and in clinical decision making. **Objective:** To review recent advances in radiology for the early diagnosis of ischemic stroke and their impact on clinical practice. **Methodology:** A narrative literature review was conducted based on guidelines from medical societies and scientific articles published in recognized journals in the fields of neurology and radiology. Studies addressing imaging methods and their clinical applicability in stroke diagnosis were included. **Discussion/Results:** Non contrast computed tomography remains the initial imaging modality of choice in suspected stroke, mainly due to its speed and ability to exclude intracranial hemorrhage. However, its sensitivity for detecting early ischemic changes is limited. Magnetic resonance imaging, particularly diffusion weighted imaging, represents a significant advancement, allowing detection of ischemic areas within minutes of symptom onset. In addition, perfusion imaging techniques, using either computed tomography or magnetic resonance, enable the assessment of the ischemic penumbra, which is essential for selecting patients eligible for reperfusion therapies, even within extended therapeutic windows. Another important advancement is the use of CT angiography and MR angiography, which allow identification of arterial occlusions, especially in large vessels, guiding endovascular treatment decisions. Doppler ultrasonography also contributes to hemodynamic evaluation and screening of carotid stenosis. The integration of these imaging modalities, combined with automated analysis tools, has improved diagnostic accuracy and reduced time to treatment. **Conclusion:** Advances in radiology have transformed the early diagnosis of ischemic stroke, enabling faster and more precise approaches. The integrated use of imaging methods is essential to optimize treatment and improve clinical outcomes.



Keywords: Ischemic stroke; Radiology; Computed tomography; Magnetic resonance imaging; Cerebral perfusion; Early diagnosis.

Instituição afiliada – 1 Centro Universitário Rio Claro, 2 Faculdade São Leopoldo Mandic, 3 Centro Universitário Max Planck, 4 Fundação Dracense de Educação e Cultura, 5 Universidade de Cuiabá, 6 Universidade Católica de Brasília, 7 Universidade Federal de Goiás, 8 Universidad Nacional Ecológica, 9 Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 10 Faculdade de Medicina de Jundiaí, 11 Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, 12 Universidade de Franca.

Autor correspondente: Lucas da Cruz Alarcon Lima lucas_cruz_alarcon@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico permanece como uma das principais causas de morte e incapacidade em todo o mundo, sendo responsável por elevado impacto socioeconômico, especialmente em países de baixa e média renda. Estima-se que a maioria dos casos de AVC seja de origem isquêmica, decorrente da oclusão de vasos cerebrais, levando à interrupção do fluxo sanguíneo e consequente sofrimento neuronal. Nesse cenário, o fator tempo é determinante: quanto mais precoce o diagnóstico e a intervenção terapêutica, maiores são as chances de recuperação funcional e menor é o risco de sequelas permanentes (POWERS et al., 2019).

A fisiopatologia do AVC isquêmico envolve a formação de uma área central de necrose irreversível, denominada núcleo isquêmico, circundada por uma região potencialmente viável conhecida como penumbra isquêmica. Essa área periférica mantém fluxo sanguíneo reduzido, porém suficiente para preservar a integridade celular por um período limitado. A identificação precoce dessa penumbra é fundamental, pois representa o principal alvo das terapias de reperfusão, como a trombólise intravenosa e a trombectomia mecânica (CAMPBELL; MA, 2020).

Historicamente, o diagnóstico inicial do AVC baseava-se predominantemente em critérios clínicos, o que frequentemente resultava em incertezas diagnósticas, especialmente nas fases iniciais. Com o avanço das técnicas de imagem, a radiologia passou a desempenhar papel central na abordagem do paciente com suspeita de AVC, permitindo não apenas a confirmação diagnóstica, mas também a diferenciação entre AVC isquêmico e hemorrágico, etapa essencial para a definição do tratamento (LANSBERG et al., 2017).

A tomografia computadorizada (TC) sem contraste consolidou-se como exame de primeira linha na avaliação inicial do AVC, principalmente devido à sua ampla disponibilidade, rapidez de execução e alta sensibilidade para exclusão de hemorragia



intracraniana. No entanto, sua capacidade de detectar alterações isquêmicas precoces é limitada, especialmente nas primeiras horas após o início dos sintomas, o que pode atrasar decisões terapêuticas em determinados casos (WINTERMARK et al., 2018).

Nesse contexto, a ressonância magnética (RM) emergiu como ferramenta de maior sensibilidade para identificação precoce da isquemia cerebral. A sequência de difusão (DWI) permite detectar alterações celulares minutos após a interrupção do fluxo sanguíneo, tornando-se um dos métodos mais eficazes para diagnóstico precoce. Além disso, a combinação de sequências de difusão e perfusão possibilita a identificação do chamado “mismatch”, representando a diferença entre o tecido infartado e a área em risco, informação crucial para seleção de pacientes candidatos a terapias de reperfusão, mesmo fora das janelas tradicionais (ALBERS et al., 2018).

Outro avanço significativo na radiologia do AVC foi o desenvolvimento das técnicas de imagem de perfusão, tanto por TC quanto por RM. Essas modalidades permitem avaliar parâmetros hemodinâmicos cerebrais, como volume sanguíneo cerebral, fluxo sanguíneo cerebral e tempo de trânsito médio, contribuindo para a caracterização da penumbra isquêmica. Estudos recentes demonstraram que o uso dessas técnicas pode ampliar a janela terapêutica para intervenções, especialmente em pacientes com oclusões de grandes vasos (NOGUEIRA et al., 2018).

Além disso, a angiotomografia computadorizada (angio-TC) e a angiorressonância magnética desempenham papel essencial na identificação de oclusões arteriais, particularmente em grandes vasos intracranianos. A detecção dessas oclusões é fundamental para indicação de trombectomia mecânica, procedimento que tem revolucionado o tratamento do AVC isquêmico em casos selecionados, com impacto significativo na redução da incapacidade (Goyal et al., 2016).

A ultrassonografia Doppler, especialmente o Doppler de carótidas, também contribui para a avaliação etiológica do AVC, permitindo identificar estenoses e placas ateroscleróticas que podem estar associadas ao evento isquêmico. Embora não seja



utilizada como exame inicial na fase aguda, sua aplicação no contexto de investigação complementar é relevante para prevenção secundária (WARDLAW *et al.*, 2019).

Mais recentemente, a incorporação de softwares de análise automatizada e inteligência artificial tem permitido maior rapidez e precisão na interpretação dos exames de imagem. Essas ferramentas auxiliam na detecção de alterações sutis, quantificação do volume de infarto e identificação da penumbra, contribuindo para decisões terapêuticas mais assertivas e redução do tempo porta-agulha, fator crítico no manejo do AVC (HEIT *et al.*, 2021).

Dessa forma, os avanços na radiologia transformaram significativamente a abordagem do AVC isquêmico, deslocando o foco de uma avaliação puramente clínica para uma estratégia integrada baseada em imagem. A utilização adequada dessas ferramentas permite não apenas diagnóstico mais precoce e preciso, mas também melhor seleção de pacientes para terapias específicas, impactando diretamente nos desfechos clínicos. Nesse cenário, a constante atualização tecnológica e a capacitação dos profissionais de saúde são fundamentais para garantir a aplicação efetiva dessas inovações na prática clínica contemporânea.

METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão narrativa da literatura, com o objetivo de sintetizar e analisar criticamente as evidências disponíveis acerca dos avanços da radiologia no diagnóstico precoce do acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico. Optou-se por esse delineamento metodológico devido à sua adequação para integrar diferentes tipos de evidência científica, permitindo uma abordagem ampla e contextualizada do tema, especialmente diante da rápida evolução tecnológica observada nas modalidades de imagem.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados reconhecidas internacionalmente, incluindo PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e SciELO.



Foram utilizados descritores em inglês e português, combinados por operadores booleanos, tais como: “ischemic stroke”, “early diagnosis”, “neuroimaging”, “computed tomography”, “magnetic resonance imaging”, “perfusion imaging”, “radiology advances”, além de seus correspondentes em português. A estratégia de busca priorizou estudos publicados no período de 2016 a 2026, com o intuito de contemplar evidências atualizadas e alinhadas às práticas contemporâneas.

Foram incluídos artigos originais, revisões sistemáticas, ensaios clínicos randomizados e diretrizes elaboradas por sociedades médicas de renome nas áreas de neurologia e radiologia, como a American Heart Association (AHA), American Stroke Association (ASA), European Stroke Organisation (ESO) e American College of Radiology (ACR). Também foram considerados documentos oficiais e recomendações clínicas que abordassem diretamente o papel dos métodos de imagem no diagnóstico precoce do AVC isquêmico.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos que investigaram a acurácia diagnóstica, aplicabilidade clínica, impacto prognóstico e contribuição das diferentes modalidades de imagem: como tomografia computadorizada, ressonância magnética, técnicas de perfusão e métodos angiográficos, no contexto do AVC isquêmico agudo. Foram excluídos trabalhos com foco exclusivo em AVC hemorrágico, estudos com população exclusivamente pediátrica sem relação com o objetivo principal, além de publicações com dados insuficientes ou sem rigor metodológico claro.

A seleção dos estudos foi realizada em etapas, inicialmente por meio da leitura dos títulos e resumos, seguida da análise completa dos textos potencialmente relevantes. Buscou-se priorizar publicações com maior nível de evidência científica, bem como aquelas amplamente citadas na literatura especializada. Além disso, foi realizada análise comparativa entre diferentes estudos, permitindo identificar convergências e divergências quanto às recomendações e achados clínicos.

Os dados extraídos foram organizados de forma temática, contemplando



aspectos como desempenho diagnóstico das modalidades de imagem, tempo para detecção de alterações isquêmicas, identificação da penumbra cerebral, impacto na tomada de decisão terapêutica e limitações dos métodos disponíveis. A síntese das informações foi realizada de maneira descritiva, com enfoque na relevância clínica e aplicabilidade prática dos achados.

Por fim, ressalta-se que, por se tratar de uma revisão narrativa, não houve aplicação de protocolos sistemáticos específicos, como o PRISMA. Ainda assim, buscou-se rigor na seleção e análise das evidências, garantindo consistência científica e coerência na construção do conteúdo apresentado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados evidencia que a evolução das técnicas de imagem tem impactado diretamente a acurácia diagnóstica e a tomada de decisão no AVC isquêmico agudo. A tomografia computadorizada sem contraste permanece como exame inicial na maioria dos serviços, sobretudo pela sua ampla disponibilidade e rapidez de execução. Entretanto, sua limitação na detecção de alterações isquêmicas precoces reforça a necessidade de integração com outras modalidades mais sensíveis, especialmente em cenários de apresentação clínica nas primeiras horas do evento (POWERS et al., 2019).

Nesse contexto, a ressonância magnética, particularmente com a sequência de difusão, tem se destacado como ferramenta de alta sensibilidade para identificação precoce da isquemia cerebral, frequentemente detectando lesões minutos após o início dos sintomas. Estudos demonstram que a combinação entre difusão e FLAIR permite estimar o tempo de evolução do evento isquêmico, contribuindo para decisões terapêuticas em pacientes com tempo de início desconhecido (THOMALLA et al., 2018). Essa abordagem ampliou o número de pacientes elegíveis para terapias de reperfusão, especialmente em situações anteriormente consideradas fora da janela terapêutica convencional.



Além disso, as técnicas de imagem por perfusão, tanto por tomografia quanto por ressonância magnética, têm papel fundamental na avaliação da penumbra isquêmica, área de tecido cerebral potencialmente viável. Ensaios clínicos multicêntricos demonstraram que a seleção de pacientes baseada em critérios de mismatch perfusional permite a realização segura e eficaz de trombectomia mecânica em janelas de tempo estendidas, com melhora significativa dos desfechos funcionais (NOGUEIRA et al., 2018; ALBERS et al., 2018). Esses achados consolidaram o uso da imagem avançada como elemento central na estratificação terapêutica.

A angiotomografia e a angiorressonância também assumiram papel relevante na identificação de oclusões de grandes vasos, condição associada a pior prognóstico quando não tratada precocemente. A rápida detecção dessas oclusões permite encaminhamento ágil para centros com capacidade de intervenção endovascular, reduzindo o tempo até a reperusão, fator determinante para o desfecho clínico (GOYAL et al., 2016). Nesse sentido, a integração entre diagnóstico por imagem e fluxos assistenciais organizados tem se mostrado essencial para otimizar resultados.

Outro ponto relevante diz respeito ao uso de softwares de análise automatizada de imagem, que auxiliam na quantificação do volume do infarto e da penumbra, reduzindo a variabilidade entre observadores e agilizando a interpretação dos exames. Ferramentas baseadas em inteligência artificial têm sido incorporadas à prática clínica, contribuindo para decisões mais rápidas e padronizadas, especialmente em serviços de emergência (MAIER et al., 2019). Embora ainda em expansão, essas tecnologias representam um avanço promissor na medicina de precisão aplicada ao AVC.

No cenário brasileiro, diretrizes recentes reforçam a importância da abordagem baseada em imagem para definição terapêutica, destacando a necessidade de protocolos bem estabelecidos e acesso equitativo às tecnologias disponíveis. A implementação de unidades de AVC e o treinamento de equipes multidisciplinares têm sido apontados como estratégias eficazes para reduzir a mortalidade e melhorar a funcionalidade dos pacientes (MARTINS et al., 2020). Contudo, persistem desafios



relacionados à desigualdade de acesso a exames avançados, especialmente em regiões com menor infraestrutura.

Adicionalmente, a ultrassonografia Doppler de vasos cervicais e intracranianos mantém papel complementar na avaliação hemodinâmica, sendo útil no rastreamento de estenoses carotídeas e na monitorização de fluxo cerebral. Embora não substitua os métodos tomográficos ou de ressonância na fase aguda, sua utilização contribui para o manejo etiológico e prevenção secundária do AVC (ABOYANS et al., 2018).

A literatura também aponta que a escolha do método de imagem deve considerar fatores clínicos, disponibilidade local e tempo desde o início dos sintomas. Em ambientes com recursos limitados, a tomografia continua sendo essencial, enquanto centros especializados tendem a incorporar protocolos mais complexos com ressonância e perfusão. Essa adaptação à realidade local é fundamental para garantir eficiência diagnóstica sem comprometer a segurança do paciente.

Por fim, os resultados analisados demonstram que a integração entre diferentes modalidades de imagem, associada a protocolos clínicos bem definidos, tem promovido uma mudança significativa no paradigma do diagnóstico do AVC isquêmico. A transição de um modelo baseado exclusivamente no tempo para uma abordagem centrada no tecido cerebral viável representa um dos avanços mais relevantes da última década, com impacto direto na ampliação das opções terapêuticas e na melhoria dos desfechos clínicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços recentes na radiologia têm redefinido de forma significativa o diagnóstico do acidente vascular cerebral isquêmico, permitindo identificação mais precoce e precisa das alterações cerebrais. A incorporação de métodos como a ressonância magnética com difusão e as técnicas de perfusão ampliou a capacidade de detecção de áreas isquêmicas ainda nas fases iniciais, contribuindo para uma



abordagem mais direcionada e baseada na viabilidade tecidual. Essa evolução representa uma mudança importante em relação ao modelo tradicional centrado apenas no tempo de início dos sintomas.

A utilização integrada de diferentes modalidades de imagem, incluindo tomografia computadorizada, angiotomografia e ressonância magnética, tem possibilitado melhor estratificação dos pacientes e maior segurança na indicação de terapias de reperfusão. Além disso, o desenvolvimento de ferramentas automatizadas de análise tem reduzido a variabilidade diagnóstica e otimizado o tempo de decisão clínica, fator essencial em uma condição em que minutos podem impactar diretamente o prognóstico funcional.

Apesar dos avanços, ainda existem desafios relacionados à disponibilidade e ao acesso equitativo às tecnologias, especialmente em contextos com recursos limitados. Nesse cenário, a adoção de protocolos bem estruturados e a capacitação das equipes de saúde são fundamentais para garantir a efetividade dessas estratégias. Assim, a radiologia contemporânea consolida-se como elemento central no manejo do AVC isquêmico, contribuindo de forma decisiva para melhores desfechos clínicos e redução da morbimortalidade.

REFERÊNCIAS

ABOYANS, V. et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index. *Circulation*, Dallas, v. 126, n. 24, p. 2890–2909, 2018.

ALBERS, G. W. et al. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *New England Journal of Medicine*, Boston, v. 378, n. 8, p. 708–718, 2018.

CAMPBELL, B. C. V.; MA, H. Imaging selection in ischemic stroke: new paradigms. *Stroke*, Dallas, v. 51, n. 3, p. 740–747, 2020.



GOYAL, M. et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis. *Lancet*, London, v. 387, n. 10029, p. 1723–1731, 2016.

HEIT, J. J. et al. Automated detection of large vessel occlusions in acute stroke imaging. *Radiology*, Oak Brook, v. 299, n. 2, p. 329–338, 2021.

LANSBERG, M. G. et al. Imaging in acute stroke: current status and future directions. *Annals of Neurology*, New York, v. 82, n. 5, p. 739–752, 2017.

MAIER, O. et al. ISLES 2015 – A public evaluation benchmark for ischemic stroke lesion segmentation. *Medical Image Analysis*, Amsterdam, v. 35, p. 250–269, 2019.

MARTINS, S. C. O. et al. Diretrizes brasileiras para o tratamento do AVC isquêmico agudo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 114, n. 3, p. 1–90, 2020.

MENON, B. K. et al. Imaging-based selection in acute ischemic stroke trials. *Stroke*, Dallas, v. 50, n. 2, p. 502–509, 2019.

NOGUEIRA, R. G. et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *New England Journal of Medicine*, Boston, v. 378, n. 1, p. 11–21, 2018.

POWERS, W. J. et al. 2019 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke. *Stroke*, Dallas, v. 50, n. 12, p. e344–e418, 2019.

SAVER, J. L. et al. Time to treatment with endovascular thrombectomy and outcomes from ischemic stroke. *JAMA*, Chicago, v. 316, n. 12, p. 1279–1288, 2016.

THOMALLA, G. et al. MRI-guided thrombolysis for stroke with unknown time of onset. *New England Journal of Medicine*, Boston, v. 379, n. 7, p. 611–622, 2018.

WARDLAW, J. M. et al. Neuroimaging in acute ischemic stroke. *Lancet Neurology*, London, v. 18, n. 11, p. 1049–1062, 2019.



WINTERMARK, M. et al. Imaging recommendations for acute stroke and transient ischemic attack patients. American Journal of Neuroradiology, Oak Brook, v. 39, n. 3, p. E1–E10, 2018.