

O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO DO ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL NA EMERGÊNCIA

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RADIOLOGICAL DIAGNOSIS OF STROKE IN THE EMERGENCY DEPARTMENT

SAYMON DE OLIVEIRA SANTOS^{1*}, VITÓRIA FERNANDES SERAFIM¹, JOÃO LUIZ FLORIO DE BARROS MONTEIRO¹, LUANA BOUDAKIAN LOPEZ¹, MARIANA CARVALHO BRINCALEPE CAMPO¹, ANGELO CHELOTTI DUARTE³

1. Acadêmico do curso de graduação de Medicina do Centro Universitário São Camilo. 2. Titular em neurorradiologia pela Sociedade Brasileira de Radiologia e pelo Colégio Brasileiro em Radiologia. Radiologista pela Santa Casa de Misericórdia de São Paulo.

*Av. Nazaré, 1501, São Paulo, São Paulo, Brasil. CEP: 04263-200. saymon2001santos@hotmail.com

Recebido em 10/05/2026. Aceito para publicação em 30/05/2026

RESUMO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de morte e incapacidade global, exigindo diagnóstico rápido por imagem para definição terapêutica. A ampliação das janelas para trombólise e trombectomia mecânica aumentou a necessidade de avaliações radiológicas mais complexas, incluindo identificação de oclusão de grandes vasos, estimativa do núcleo isquêmico e da penumbra, além da exclusão de hemorragia intracraniana. Este estudo analisou criticamente o papel da inteligência artificial (IA) no diagnóstico radiológico do AVC na emergência, com foco em aplicações clínicas, desempenho diagnóstico e perspectivas futuras. Foi realizada uma revisão integrativa na base PubMed, incluindo estudos entre 2019 e 2025, resultando em 13 artigos selecionados. Os achados indicam que sistemas de IA apresentam desempenho comparável ao de neurorradiologistas experientes na detecção de AVC isquêmico, oclusões de grandes vasos e na segmentação automatizada de áreas isquêmicas, além de alta acurácia na exclusão de hemorragia. Softwares comerciais já demonstraram reduzir tempos críticos de atendimento. Contudo, persistem desafios como padronização de imagens, validação multicêntrica, transparência dos algoritmos e integração com dados clínicos. Conclui-se que a IA é promissora e já parcialmente consolidada na neurorradiologia de emergência.

PALAVRAS-CHAVE: Acidente Vascular Cerebral; Inteligência Artificial; Diagnóstico por Imagem; Acidente Vascular Cerebral Isquêmico; Trombectomia.

ABSTRACT

Stroke is one of the leading causes of death and disability worldwide, requiring rapid imaging-based diagnosis to guide treatment decisions. The expansion of therapeutic windows for thrombolysis and mechanical thrombectomy has increased the need for more complex radiological assessments, including the identification of large vessel occlusion, estimation of the ischemic core and penumbra, and exclusion of intracranial hemorrhage. This study critically analyzed the role of artificial intelligence (AI) in the radiological diagnosis of stroke in emergency settings, focusing on clinical applications, diagnostic performance, and future perspectives. An

integrative review was conducted using the PubMed database, including studies published between 2019 and 2025, resulting in 13 selected articles. Findings indicate that AI-based systems demonstrate performance comparable to experienced neuroradiologists in detecting ischemic stroke, identifying large vessel occlusions, and performing automated segmentation of ischemic areas, as well as high accuracy in excluding hemorrhage. Commercial software has already shown measurable clinical impact by reducing critical treatment times. However, challenges remain regarding image standardization, multicenter validation, algorithm transparency, and integration with clinical data. In conclusion, AI is a promising and partially consolidated tool in emergency neuroradiology.

KEYWORDS: Stroke; Artificial Intelligence; Diagnostic Imaging; Ischemic Stroke; Thrombectomy.

1. INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral é uma das principais causas de morte e incapacidade no mundo, com um impacto muito grande nos sistemas de saúde e na qualidade de vida das pessoas. Estima-se que cerca de 12 milhões de pessoas sofrem um acidente vascular cerebral por ano, e cerca de 6 milhões delas morrem ou ficam com sequelas graves^{1,3}. A chance de recuperação depende muito de como o diagnóstico é feito rapidamente, do início do tratamento correto e especialmente importante nos casos de acidente vascular cerebral isquêmico agudo^{1,3}.

Historicamente, a janela terapêutica para trombólise intravenosa era limitada a 4,5 horas, e para trombectomia mecânica de até 6 horas do início dos sintomas. Contudo, ensaios clínicos de grande impacto, como DAWN² e DEFUSE-3³, demonstraram o benefício da trombectomia em pacientes selecionados até 16–24 horas após o último momento em que foram vistos assintomáticos, desde que houvesse *mismatch* entre núcleo isquêmico e penumbra viável em exames de imagem avançados^{2,3}. Essa ampliação da janela terapêutica aumentou a complexidade das decisões

radiológicas, tornando imprescindível a avaliação rápida e precisa de parâmetros como volume do núcleo isquêmico, extensão da penumbra e presença de oclusão de grandes vasos^{3,5}.

A tomografia computadorizada (TC), incluindo angiografia por TC (CTA) e perfusão por TC (CTP), assim como a ressonância magnética (RM) com difusão e perfusão, constituem os principais métodos de imagem utilizados na abordagem do AVC agudo^{1,4}. No entanto, a interpretação desses exames requer muita experiência e pode variar de pessoa para pessoa, especialmente nas emergências^{1,5}. A identificação precoce de sinais sutis de isquemia, como hipodensidade cortical inicial, sinal da artéria cerebral média hiperdensa ou alterações precoces em mapas de perfusão, permanece como um grande desafio mesmo para radiologistas experientes.

Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) tem emergido como ferramenta de apoio à decisão clínica^{1,4,13}, com potencial para automatizar tarefas complexas, reduzir o tempo de interpretação e padronizar avaliações. Métodos baseados em *machine learning* (ML) e, mais recentemente, *deep learning* (DL), têm sido aplicados com sucesso na detecção de AVC isquêmico, identificação de oclusões de grandes vasos, segmentação automática do núcleo isquêmico e da penumbra, bem como na exclusão de hemorragia intracraniana em TC sem contraste^{1,4,8}. Softwares comerciais, como RAPID e Viz.ai, já estão sendo aprovados e utilizados em centros de acidente vascular cerebral ao redor do mundo, com impacto nos cuidados médicos e nos tempos de reperfusão^{6,7}.

No entanto, ainda existem questões importantes a serem resolvidas, como a validade dos modelos, a padronização das imagens e a interpretação dos algoritmos¹³ e à integração desses sistemas com dados clínicos e contextuais do paciente. Além disso, ainda existe heterogeneidade metodológica nos estudos publicados, dificultando a generalização dos resultados.

Diante disso, esse estudo tem como objetivo analisar o papel da inteligência artificial no diagnóstico radiológico do AVC na emergência, com ênfase em aplicações clínicas atuais, desempenho diagnóstico, limitações metodológicas e perspectivas futuras. Além disso, o estudo busca oferecer uma visão atualizada e clinicamente relevante que contribua para a compreensão do impacto real da inteligência artificial na neurorradiologia de emergência e orientar futuras pesquisas na área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, conduzida de acordo com recomendações metodológicas para revisões narrativas estruturadas com a seguinte pergunta: “Qual é o impacto da inteligência artificial no diagnóstico radiológico do acidente vascular cerebral na emergência?”

A busca foi realizada na base de dados PubMed/MEDLINE em janeiro de 2025, utilizando os seguintes descritores e operadores booleanos:

“*Stroke*” OR “*Acute Ischemic Stroke*” OR

“*Intracranial Hemorrhage*”) AND (“*Artificial Intelligence*” OR “*Machine Learning*” OR “*Deep Learning*”) AND (“*Imaging*” OR “*Computed Tomography*” OR “*Magnetic Resonance Imaging*” OR “*Perfusion Imaging*”). Não foram aplicados filtros automáticos de tipo de estudo inicialmente, a fim de evitar viés de seleção.

Foram incluídos estudos publicados redigidos em língua inglesa, que abordassem a aplicação da inteligência artificial no diagnóstico radiológico do acidente vascular cerebral isquêmico e/ou hemorrágico na fase aguda. Foram considerados estudos observacionais, retrospectivos, prospectivos e de validação de modelos, além de ensaios clínicos, revisões sistemáticas e metanálises. Também foi exigido que os trabalhos reportassem métricas de desempenho diagnóstico, como sensibilidade, especificidade, área sob a curva (AUC) e acurácia, ou apresentassem avaliação de impacto clínico, incluindo tempo de fluxo assistencial, triagem e desfechos relacionados ao atendimento.

Foram excluídos estudos com foco exclusivo em prognóstico funcional tardio, reabilitação ou complicações pós-AVC sem avaliação diagnóstica por imagem, bem como trabalhos baseados exclusivamente em dados clínicos, laboratoriais ou genômicos sem utilização de métodos de imagem. Também foram excluídos estudos conduzidos em modelos animais ou baseados apenas em simulações computacionais sem validação clínica, além de artigos duplicados ou com texto completo indisponível.

A busca inicial identificou 3.663 registros. Após a remoção de duplicatas, permaneceram 3.579 artigos para análise. A triagem por títulos e resumos resultou na exclusão de 3.465 estudos por não atenderem aos critérios temáticos ou metodológicos previamente estabelecidos. Em seguida, 84 artigos foram avaliados na íntegra, dos quais 73 foram excluídos, principalmente por não abordarem aplicações diagnósticas diretas, por não utilizarem inteligência artificial aplicada à neuroimagem ou por não apresentarem métricas de desempenho diagnóstico consideradas relevantes. Ao final do processo, 13 estudos foram incluídos na análise qualitativa, sendo 2 ensaios clínicos randomizados, 7 revisões sistemáticas ou metanálises e 4 estudos prospectivos multicêntricos ou avaliações de impacto clínico. O processo de seleção encontra-se ilustrado na Figura 1.

Os dados extraídos incluíram: desenho do estudo, população avaliada, modalidade de imagem utilizada, tipo de algoritmo (ML ou DL), objetivo clínico (detecção de AVC, LVO, núcleo/penumbra, hemorragia), métricas de desempenho e principais limitações. A síntese foi realizada de forma narrativa e organizada por domínios clínicos de aplicação. Os autores declaram que utilizaram ferramentas de inteligência artificial apenas para revisão ortográfica e gramatical do manuscrito, não havendo contribuição dessas ferramentas na elaboração do conteúdo científico, análise ou conclusões do estudo.

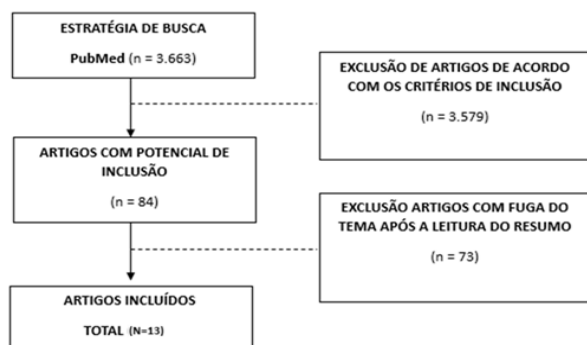


Figura 1. Estratégia de busca para realização da revisão. Elaborada pelos autores 2025.

3. DESENVOLVIMENTO

A revisão foi organizada em quatro domínios principais de aplicação da IA no diagnóstico radiológico do AVC:

1. Detecção de AVC isquêmico agudo em TC e RM;
2. Identificação de oclusão de grandes vasos (LVO);
3. Quantificação automatizada do núcleo isquêmico e da penumbra;
4. Detecção e segmentação de hemorragia intracraniana.

1. Detecção de AVC isquêmico agudo

A identificação precoce de sinais sutis de isquemia em TC sem contraste e RM por difusão é fundamental para a tomada de decisão terapêutica. Entretanto, a sensibilidade desses exames nas fases iniciais pode ser limitada, especialmente em centros sem neurorradiologistas disponíveis em tempo integral.

Estudos baseados em deep learning utilizando redes neurais convolucionais (CNNs) demonstraram desempenho comparável ao de especialistas humanos^{1,4} na detecção de AVC isquêmico em TC sem contraste. Soun *et al.* (2021)¹ relataram que modelos automatizados alcançaram AUC entre 0,88 e 0,94 na detecção de alterações isquêmicas precoces, superando médicos não especialistas e aproximando-se do desempenho de neurorradiologistas experientes. Cui *et al.* (2022)⁴ demonstraram alta concordância entre segmentação automatizada e manual em estudos prospectivos multicêntricos, algoritmos treinados em grandes bancos de dados mostraram sensibilidade superior a 85% para identificação de AVC agudo em até 4,5 horas do início dos sintomas.

Na RM por difusão, modelos baseados em DL também demonstraram elevada acurácia, com sensibilidade e especificidade frequentemente acima de 90%, mesmo em lesões pequenas ou em territórios posteriores, tradicionalmente mais difíceis de detectar. Esses sistemas mostraram especial utilidade em ambientes de emergência com alta demanda assistencial, funcionando como ferramentas de triagem e apoio à decisão clínica.

2. Detecção de oclusão de grandes vasos (Large Vessel Occlusion – LVO)

A identificação rápida de oclusão de grandes vasos é

um dos principais determinantes da elegibilidade para trombectomia mecânica^{2,3}. Nesse contexto, a IA tem desempenhado papel central, especialmente na análise automatizada de angiografia por TC (CTA).

Softwares comerciais baseados em deep learning, como Viz.ai, RAPID LVO e Brainomix e-CTA, foram avaliados em estudos multicêntricos e demonstraram AUC entre 0,88 e 0,95 para detecção de LVO⁵ em artéria carótida interna e segmentos proximais da artéria cerebral média (M1 e M2). Sheth *et al.* (2023)⁶ relataram que o Viz.ai apresentou sensibilidade superior a 90% e especificidade acima de 80% em cortes clínicos reais, com redução significativa do tempo porta-notificação e porta-punção.

Em estudos observacionais, a implementação desses sistemas em redes de AVC foi associada à diminuição de até 30–40 minutos no tempo até a ativação da equipe de trombectomia, além de aumento na taxa de encaminhamento apropriado para centros terciários. Esses achados sugerem que a IA não apenas apresenta desempenho diagnóstico elevado, mas também impacto clínico mensurável em fluxos assistenciais.

Além dos softwares comerciais⁷, modelos acadêmicos baseados em CNNs tridimensionais também demonstraram desempenho robusto, com sensibilidade entre 85% e 94% e especificidade entre 75% e 90% na detecção automatizada de LVO, inclusive em artérias distais e circulação posterior, tradicionalmente mais desafiadoras.

3. Quantificação automatizada do núcleo isquêmico e da penumbra

A estimativa precisa do volume do núcleo isquêmico irreversível e da penumbra potencialmente viável é essencial para a seleção de pacientes em janelas terapêuticas estendidas, conforme demonstrado nos ensaios DAWN² e DEFUSE-3³. Tradicionalmente, essa avaliação é realizada por softwares de perfusão ou por análise manual, ambos sujeitos a variabilidade e dependentes de tempo.

Algoritmos baseados em deep learning, especialmente arquiteturas como U-Net e 3D U-Net, têm sido amplamente utilizados para segmentação automática de mapas de perfusão por TC e RM. Estudos multicêntricos relataram correlação intraclass superior a 0,85 entre segmentações automatizadas e segmentações manuais⁴ realizadas por especialistas, além de AUC entre 0,78 e 0,85 na predição de desfechos funcionais em pacientes submetidos à trombectomia.

Softwares comerciais como RAPID tornaram-se padrão em grandes ensaios clínicos e na prática de centros de AVC avançados, sendo capazes de fornecer rapidamente estimativas de volume do núcleo isquêmico (CBF < 30%) e da penumbra (Tmax > 6 s), facilitando decisões terapêuticas em tempo real. Estudos de validação clínica demonstraram que essas ferramentas apresentam desempenho consistente entre diferentes scanners, protocolos de aquisição e populações, embora ainda exista variabilidade em contextos com menor qualidade de imagem ou em territórios não

supratentoriais.

4. Detecção e segmentação de hemorragia intracraniana

A exclusão de hemorragia intracraniana é etapa fundamental na abordagem inicial do AVC, especialmente para elegibilidade à trombólise. Modelos baseados em deep learning aplicados à TC sem contraste têm demonstrado elevada acurácia na detecção e segmentação automatizada de hemorragias intraparenquimatosas, subaracnoideas, subdurais e intraventriculares⁷.

Meta-análise conduzida por Hu *et al.* (2024)⁸ envolvendo mais de 36 estudos, demonstrou que modelos de DL alcançaram sensibilidade média de 89%, especificidade de 91% e AUC de 0,94⁸ na detecção de hemorragia intracraniana, com desempenho comparável ao de radiologistas experientes⁹. Estudos prospectivos mostraram ainda que esses sistemas podem reduzir o tempo até a identificação de achados críticos, funcionando como ferramentas de alerta precoce^{9,10,11}.

Além da detecção binária, algoritmos de DL também têm sido utilizados para segmentação volumétrica de hematomas, permitindo estimativas automatizadas de volume hemorrágico com correlação superior a 0,90 em relação à segmentação manual, o que pode auxiliar na estratificação prognóstica e no acompanhamento evolutivo dos pacientes.

5. Impacto clínico e integração ao fluxo assistencial

Jamthikar *et al.* (2020)¹² propuseram modelos integrando imagem e dados clínicos. Diversos estudos recentes avaliaram não apenas métricas de desempenho diagnóstico, mas também o impacto real da IA nos fluxos assistenciais. A implementação de softwares de triagem automática em redes de AVC foi associada à redução do tempo porta-agulha, porta-punção e tempo até a notificação de equipes especializadas, além de aumento da taxa de identificação precoce de pacientes elegíveis para terapias de reperfusão.

Feng *et al.* (2023)¹¹ demonstraram AUC entre 0,87–0,92 na predição do tempo de início. Estudos observacionais multicêntricos relataram reduções médias de 20 a 45 minutos nos tempos de encaminhamento para trombectomia após a adoção de sistemas baseados em IA. Além disso, houve melhora na comunicação entre centros primários e terciários, com maior eficiência na transferência inter-hospitalar.

Entretanto, também foram relatadas limitações, como falsos positivos em casos de artefatos de movimento, calcificações vasculares e variações anatômicas, além de desempenho inferior em populações sub-representadas nos conjuntos de treinamento^{11,12}. Esses achados reforçam a necessidade de validação contínua e monitoramento pós-implementação.

4. DISCUSSÃO

Os achados desta revisão demonstram que a

inteligência artificial já exerce papel concreto e crescente na neurorradiologia de emergência, particularmente no diagnóstico do AVC agudo^{1,2,13}. Diferentemente de tecnologias emergentes ainda restritas ao ambiente experimental, diversas aplicações baseadas em IA, como detecção automatizada de oclusão de grandes vasos, segmentação de núcleo e penumbra e exclusão de hemorragia intracraniana, encontram-se atualmente integradas à prática clínica em centros especializados^{1,5,8}, com impacto mensurável sobre desfechos operacionais e, potencialmente, clínicos^{6,7}.

A principal contribuição da IA no contexto do AVC reside na capacidade de automatizar tarefas críticas em tempo sensível, reduzindo atrasos diagnósticos e padronizando avaliações que tradicionalmente apresentam elevada variabilidade interobservador^{1,5}. Em particular, a identificação automatizada de LVO em CTA tem se mostrado uma das aplicações mais maduras, com softwares comerciais como Viz.ai e RAPID LVO demonstrando desempenho comparável ao de neurorradiologistas experientes^{5,6} e contribuindo para a redução do tempo até a trombectomia^{6,7}.

Outro avanço significativo é a segmentação automatizada do núcleo isquêmico e da penumbra em estudos de perfusão, fundamental para seleção de pacientes em janelas terapêuticas estendidas, conforme estabelecido pelos ensaios DAWN² e DEFUSE-3³. A automação desse processo reduz a dependência de interpretação subjetiva, aumenta a reprodutibilidade e permite tomada de decisão rápida em ambientes de alta pressão temporal⁴.

Além disso, modelos baseados em deep learning aplicados à TC sem contraste demonstraram elevada acurácia na detecção precoce de hemorragia intracraniana⁸, com potencial para funcionar como sistemas de alerta precoce em serviços com alta demanda e escassez de especialistas. A segmentação volumétrica automatizada de hematomas também abre perspectivas para monitoramento evolutivo e estratificação prognóstica mais precisa^{8,9}.

Apesar dos avanços, persistem desafios relevantes para a ampla adoção clínica dessas tecnologias¹³. Um dos principais é a generalização dos modelos, uma vez que muitos algoritmos são treinados em conjuntos de dados relativamente homogêneos, provenientes de centros únicos ou regiões específicas¹³, o que pode comprometer seu desempenho em populações diversas, scanners diferentes ou protocolos de aquisição heterogêneos⁷.

Outro desafio refere-se à padronização da aquisição de imagens, especialmente em estudos de perfusão por TC e RM, nos quais variações técnicas podem impactar significativamente os mapas derivados e, consequentemente, o desempenho dos algoritmos^{4,7}. A ausência de protocolos universais dificulta a comparação entre estudos e a implementação consistente em diferentes contextos clínicos.

A interpretabilidade dos modelos, particularmente dos sistemas baseados em deep learning, também

representa obstáculo relevante¹³. A natureza de “caixa-preta” desses algoritmos pode gerar resistência por parte de clínicos e radiologistas, além de dificultar a identificação de falhas sistemáticas ou vieses algorítmicos¹³. Estratégias de explicabilidade, como mapas de ativação e visualização de características relevantes, têm sido propostas, mas ainda carecem de validação clínica ampla¹³.

Adicionalmente, embora muitos estudos relatem métricas robustas de desempenho diagnóstico^{1,5,8}, poucos avaliam desfechos clínicos diretos, como mortalidade, independência funcional ou custo-efetividade em larga escala⁷. Ensaios clínicos randomizados que comparem fluxos assistenciais com e sem suporte de IA ainda são escassos⁷, limitando a compreensão do impacto real dessas ferramentas na prática cotidiana.

Outro ponto crítico é que a maioria dos modelos atuais se baseia predominantemente em dados de imagem, com integração limitada de variáveis clínicas, laboratoriais e contextuais^{12,13}, como idade, comorbidades, tempo desde início dos sintomas e status funcional prévio. Considerando que o AVC é uma condição multifatorial, a incorporação desses dados em modelos multimodais pode aumentar significativamente o valor preditivo e a utilidade clínica das ferramentas baseadas em IA¹².

No futuro, espera-se que sistemas de IA evoluam de ferramentas de triagem e apoio diagnóstico para plataformas integradas de apoio à decisão clínica¹³, capazes de sugerir estratégias terapêuticas individualizadas, estimar prognóstico funcional e auxiliar na alocação de recursos em redes de atendimento ao AVC^{12,13}. O desenvolvimento de bancos de dados multicêntricos, diversificados e padronizados, aliado a estratégias robustas de validação externa e avaliação pós-implementação, será essencial para consolidar essas tecnologias na prática clínica¹³.

Além disso, a formação de profissionais de saúde com competências em interpretação e uso crítico de sistemas baseados em IA será fundamental para garantir que essas ferramentas sejam utilizadas de maneira segura, ética e eficaz, como complemento, e não substituto, ao julgamento clínico humano^{1,3,4,6,8,10}.

5. CONCLUSÃO

A inteligência artificial vem se consolidando como ferramenta relevante na neurorradiologia de emergência, especialmente no diagnóstico do AVC agudo. Evidências recentes demonstram que sistemas baseados em *machine learning* e *deep learning* apresentam desempenho comparável ao de especialistas humanos na detecção de AVC isquêmico, identificação de oclusão de grandes vasos, segmentação automatizada do núcleo isquêmico e da penumbra, além da exclusão de hemorragia intracraniana. Softwares comerciais já incorporados à prática clínica têm mostrado impacto mensurável na redução de tempos assistenciais críticos e na otimização do fluxo de atendimento ao paciente com AVC.

Entretanto, desafios persistem relacionados à generalização dos modelos, padronização de imagens, interpretabilidade algorítmica e integração com dados clínicos. A ausência de ensaios clínicos randomizados robustos e de validação multicêntrica ampla ainda limita a plena incorporação dessas tecnologias em todos os contextos assistenciais.

Assim, o futuro da IA no diagnóstico radiológico do AVC dependerá do desenvolvimento de bases de dados diversificadas, da validação rigorosa em ambientes reais, da integração multimodal de informações clínicas e imagenológicas, e da capacitação dos profissionais de saúde para o uso crítico dessas ferramentas. Nesse cenário, a IA tende a se consolidar como instrumento complementar essencial à prática médica, contribuindo para diagnósticos mais rápidos, precisos e personalizados, com potencial impacto na redução da morbimortalidade associada ao AVC.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Soun JE, Chow DS, Nagamine M, *et al.* Artificial intelligence and acute stroke imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2021; 42(1):2–11.
- [2] Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, *et al.* Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med.* 2018; 378:11–21. (DAWN trial)
- [3] Albers GW, Marks MP, Kemp S, *et al.* Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med.* 2018; 378:708–718. (DEFUSE-3 trial)
- [4] Cui L, Fan Z, Yang Y, *et al.* Deep learning in ischemic stroke imaging analysis: a comprehensive review. *BioMed Res Int.* 2022; 2022:2456550.
- [5] Shlobin NA, Baig AA, Waqas M, *et al.* Artificial intelligence for large-vessel occlusion stroke: a systematic review. *World Neurosurg.* 2022; 159:207–220.
- [6] Sheth SA, Giancardo L, Colasurdo M, *et al.* Machine learning and acute stroke imaging. *J Neurointerv Surg.* 2023; 15(2):195–199.
- [7] Westwood M, Ramaekers B, Grimm S, *et al.* Software with artificial intelligence-derived algorithms for analysing CT brain scans in people with suspected acute stroke: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess.* 2024; 28(11):1–200.
- [8] Hu P, Yan T, Xiao B, *et al.* Deep learning-assisted detection and segmentation of intracranial hemorrhage in noncontrast CT scans of acute stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2024; 110(6):3839–3847.
- [9] Issaiy M, Zarei D, Kolahi S, Liebeskind DS. Machine learning and deep learning algorithms in stroke medicine: a systematic review of hemorrhagic transformation prediction models. *J Neurol.* 2025; 272(1):1–21.
- [10] Deng Q, Yang Y, Bai H, *et al.* Predictive value of machine learning models for cerebral edema risk in stroke patients: a meta-analysis. *Brain Behav.* 2025; 15(1):e70198.
- [11] Feng J, Zhang Q, Wu F, *et al.* The value of applying machine learning in predicting the time of symptom onset in stroke patients: systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res.* 2023; 25:e44895.
- [12] Jamthikar AD, Gupta D, Saba L, *et al.* Artificial intelligence framework for predictive cardiovascular and stroke risk assessment models. *Comput Biol Med.* 2020; 126:104043.

- [13] Rondina J, Nachev P. Artificial intelligence and stroke imaging. *Curr Opin Neurol.* 2025; 38(1):40–46.
- [14] Campbell BCV, Donnan GA, Lees KR, *et al.* Endovascular stent thrombectomy: the new standard of care for large vessel ischaemic stroke. *Lancet Neurology.* 2015; 14(8):846–854.
- [15] Saver JL, Goyal M, Bonafe A, *et al.* Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. *New England Journal of Medicine.* 2015; 372:2285–2295. (SWIFT PRIME)
- [16] Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, *et al.* Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet.* 2016; 387:1723–1731. (HERMES collaboration)
- [17] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, *et al.* Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke. *Stroke.* 2019; 50(12): e344–e418.
- [18] Ma H, Campbell BCV, Parsons MW, *et al.* Thrombolysis guided by perfusion imaging up to 9 hours after onset of stroke. *New England Journal of Medicine.* 2019; 380:1795–1803.
- [19] Amukotuwa SA, Straka M, Smith H, *et al.* Automated CT perfusion imaging for acute stroke decision making status and future directions. *Radiology.* 2019; 290(3):592–603.
- [20] Murray NM, Unberath M, Hager GD, Hui FK. Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel occlusions: a systematic review. *Journal of NeuroInterventional Surgery.* 2020; 12(2):156–164.