

DIAGNÓSTICO PRECOCE DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL ISQUÊMICO: A CONTRIBUIÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMOGRAFIA

Simone Almeida Celestino¹
Jakeline Marques Becheli²
Ayk Helena Barbosa Martins³
Laura Machado de Araújo Santana⁴
Nicole Rodrigues Oliveira⁵

RESUMO: **Introdução:** O uso crescente de exames de imagem, devido a maior disponibilidade, aumentou significativamente a demanda para radiologistas, aumentando o tempo de resposta na análise dos exames reduzindo a acurácia dos diagnósticos. A IA otimiza esse fluxo, agilizando a análise de imagens e identificando os exames alterados para avaliação prioritária do radiologista, gerando relatórios automatizados, o que facilita a tomada de decisões. Na neurologia, a tomografia computadorizada é essencial para diagnóstico de AVC devido à sua acessibilidade e sensibilidade. O AVC isquêmico é prevalente e impactante no Brasil, com alta taxa de mortalidade e incapacidade. Tratamentos como trombólise e trombectomia mecânica, aplicados dentro de uma janela terapêutica, têm mostrado maior eficácia, destacando a importância de diagnósticos rápidos e precisos. **Objetivo:** Investigar e analisar os benefícios da IA na detecção precoce de AVCi e os benefícios do tratamento imediato com trombólise e trombectomia. **Materiais e Métodos:** Realizou-se uma busca nas bases de dados PubMed e Portal Regional da BVS no período de 2019 a 2024, na língua inglesa. A seleção foi conduzida pelos descritores “Artificial Intelligence”; “stroke”; “tomography” e “detection”. Dos 111 artigos levantados, ao aplicar o Qualis CAPES (A1, A2, A3, A4, B1 e B2) e excluídos os duplicados, 49 foram selecionados e 28 foram coerentes com os critérios de inclusão. **Resultados:** A maioria dos estudos destaca a IA como ferramenta eficaz na detecção automatizada de infartos cerebrais isquêmicos, com potencial de acelerar o diagnóstico precoce de AVC e melhorar o manejo clínico. A IA, especialmente com deep learning, reduz a variabilidade interpessoal e os erros de interpretação, além de oferecer vantagens na precisão de diagnósticos, incluindo tomografias sem contraste. No entanto, a adoção clínica ampla enfrenta desafios, como a necessidade de protocolos padronizados e a limitação de alguns métodos na identificação de oclusões em vasos menores. **Conclusão:** Diante do grande potencial diagnóstico precoce do AVC isquêmico com o uso da inteligência artificial, foi evidente um ganho na otimização do manejo clínico. Entretanto, os desafios fazem com que surja a necessidade de implementação de diretrizes mais claras, para que a demanda da análise dos algoritmos existentes ocorra com a evolução da IA, junto com padronização do método a ser utilizado antes do seu efetivo uso clínico. Apesar disso, com o avanço pormenorizado da tecnologia, a IA tem o potencial de transformar positivamente o tratamento. Dessa maneira, essa ferramenta muda de forma amplamente positiva o cenário social, o que diminui a incapacidade dos pacientes acometidos pelo AVCi e melhora os índices morbimortalidade da moléstia.

2321

Palavras-chaves: Termos de pesquisa. *Artificial Intelligence. Stroke e Tomography.*

¹Graduanda em medicina, Universidade Nove de Julho.

²Graduanda em medicina, Universidade Nove de Julho.

³Graduando em medicina, Universidade Nove de Julho.

⁴Graduanda em medicina, Universidade Nove de Julho.

⁵Graduanda em medicina, Universidade Nove de Julho.

INTRODUÇÃO

Os exames de imagem estão cada vez mais sendo usados como ferramenta diagnóstica pelos médicos, devido à maior disponibilidade nos médios e grandes centros [1]. Dessa forma, houve um aumento da demanda de laudos para os radiologistas, os quais interpretam aproximadamente uma imagem a cada quatro segundos, o que impactou em uma diminuição da acurácia dos resultados [1].

Nesse contexto, essa alta demanda foi o principal impulsionador para evolução da Inteligência Artificial (IA) na radiologia, o que tornou possível otimizar o fluxo de laudos, minimizar os erros e melhorar a eficiência dos diagnósticos [2]. Além disso, é importante ressaltar que a IA foi desenvolvida para compreender de forma sistemática os dados, juntando informações e assim simular a inteligência humana para facilitar as decisões [1,2].

As contribuições da IA para os especialistas são diversas e impactantes [1]. Primeiramente, a melhoria das imagens permite uma análise mais precisa na identificação de padrões e anomalias [3]. A avaliação de respostas é outro aspecto crucial, pois a IA pode processar grandes volumes de dados em tempo real, oferecendo feedback instantâneo e orientações mais eficazes [2]. Por fim, a geração de relatórios automatizados não apenas economiza tempo, mas também garante que as informações sejam apresentadas de forma clara e estruturada, permitindo uma tomada de decisão mais estratégica [1]. Assim, a IA se torna uma aliada poderosa, aprimorando a eficiência e a qualidade do trabalho dos especialistas em diversas áreas [1,3].

2322

A tomografia computadorizada (TC) adquire sua imagem em cortes axiais da anatomia utilizando o raios X, essa radiação ionizante emitida por uma fonte é captada de forma diferente de acordo com a densidade dos tecidos [3]. No momento do exame a unidade detetora rotaciona captando a radiação [3,4]. Os detectores recebem os raios atenuados, transformando-os em dados que serão convertidos em imagens nas escalas de cinzas da unidade Hounsfield (HU) [4].

Atualmente a tomografia é uma das tecnologias de imagens médicas mais comumente utilizadas, auxiliando no diagnóstico de acometimento neurológico em complemento à clínica apresentada pelo paciente [5,6]. Essa modalidade diagnóstica se consagrou como primeira escolha nos casos neurológicos agudos, uma vez que, está amplamente disponível com menor

custo e alta sensibilidade na diferenciação dos eventos hemorrágicos, isquêmicos ou efeito de massa [3,5,6].

O Acidente Vascular Cerebral (AVC), pode ocorrer por fenômenos isquêmicos (AVCi) ou hemorrágicos (AVCh) e trata-se de um de um agravo mundialmente impactante [7,8]. Em 2023, no Brasil, aproximadamente 15 milhões de pessoas sofreram AVC, das quais, 5 milhões evoluíram para óbito e 5 milhões ficaram permanentemente incapacitadas [7]. Dentre os tipos de AVC, o isquêmico representa até 85% dos casos [7,8]. Segundo dados divulgados pelo Ministério da Saúde (MS), no Brasil, somente no ano de 2020, o AVCi foi responsável por 22.100 internações, sendo que 3.388 faleceram em decorrência do AVC isquêmico [8].

As sequelas do AVC geram um grande impacto social ao paciente, pois pioram a qualidade de vida [7]. São frequentes os casos que evoluem com incapacidade laboral e dano psíquico, além de demandar altos custos financeiros para saúde e necessitar de suporte para reabilitação [8].

A mortalidade está intimamente ligada a alguns fatores, incluindo às comorbidades previamente apresentadas, a extensão da lesão e o tipo de tratamento recebido [8,9]. Esses elementos interagem de maneira complexa e influenciam no prognóstico dos pacientes [9].

As três principais etiologias relacionadas ao AVC isquêmico são: doença arterioesclerótica de grandes artérias, doenças de pequenos vasos e eventos cardioembólicos [8]. Em casos de AVC hemorrágico a tomografia computadorizada sem contraste é padrão ouro para o diagnóstico [7]. Em contrapartida, esse método apresenta limitações em casos de neoplasia e AVC isquêmico [6].

Nesse contexto, é importante destacar que o AVC isquêmico é o mais prevalente na população mundial [4]. Na fase hiperaguda (< seis horas de sintomas), os achados tomográficos podem ser muito difíceis de se observar, com uma sutil hipoatenuação do parênquima, perda da diferenciação entre substância branca e cinzenta e leve apagamento dos sulcos e fissuras [4,9]. Ademais, uma redução nas alterações de imagem é observada quando o tempo de sintomas é menor, devido ao impacto estrutural reduzido no cérebro [4].

Hoje em dia os tratamentos por trombectomia mecânica ou trombólise farmacológica do AVC isquêmico apresentam uma maior eficácia pois reduzem a mortalidade e as sequelas [7]. Esses tratamentos são limitados por janela terapêutica, ou seja, devem ser aplicados de acordo com o tempo do início do sintoma [3]. A trombólise farmacológica é realizada em uma janela de até quatro horas e meia, já a trombectomia mecânica em uma janela de seis até vinte quatro

horas [5,9]. Estudos comprovam que os tratamentos mecânico ou químico mostraram resultados superiores em comparação ao tratamento clínico isolado [3,5,9], o que corrobora para a importância na sistematização e agilidade diagnóstica [9].

Justificativa

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é a segunda principal causa de morte no Brasil e no mundo [1,2]. Além da alta taxa de mortalidade, o AVC é considerado um dos principais fatores de morbidade, pois seu desfecho possui alta incidência de sequelas graves e incapacitantes [3].

O AVC tipo isquêmico (AVCi) compreende entre 75-85% dos casos registrados de AVC [3]. A taxa de mortalidade após o AVCi é de aproximadamente 10% nos primeiros 30 dias e 40% no primeiro ano e a sobrevida depende do tratamento precoce [3,4]. O intervalo de tempo entre o aparecimento dos sintomas e a procura por assistência em um serviço de saúde apropriado influencia o desfecho clínico do AVCi, pois as terapias de reperfusão são tempo-dependentes [5].

Frente ao exposto, o fato da IA em sinergia com a tomografia apresentar uma maior agilidade nos resultados rápidos e eficazes no diagnóstico precoce de AVCi, possibilita uma maior gama de tratamento, com melhores prognósticos, o que justifica a relevância desse estudo. 2324

Objetivos

O objetivo principal da presente revisão literária é, avaliar a relevância da IA integrada à TC na detecção precoce de lesões cerebrais isquêmicas agudas/hiperagudas e os potenciais benefícios na implementação do tratamento precoce com trombólise intravenosa e trombectomia mecânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão integrativa de literatura conduzida por busca nas bases de dados PubMed e Portal Regional da BVS.

Para a estratégia de seleção inicial, foram utilizados os descritores “Artificial Intelligence”; “Stroke”; “Tomography” e “Detection”, o que resultou em 111 artigos. Na

Na triagem seguinte, restringiu-se a seleção para artigos publicados entre 2019 e 2024, na língua inglesa e publicações correspondentes a texto completo. Mantiveram-se 109 artigos, dos quais 36 duplicados foram excluídos.

Ao aplicar o Qualis CAPES (A1, A2, A3 e A4), 49 mantiveram-se coerentes com os critérios de inclusão supracitados, sendo estes submetidos à leitura completa do artigo. Após a leitura, 21 artigos foram excluídos por conflito de interesse ou não abordarem apenas AVC isquêmico. Finalizando-se então a seleção com 28 artigos utilizados para a elaboração do presente estudo.

RESULTADOS

Quadro 1 – Distribuição dos artigos localizados nas bases de dados consultadas, nos últimos 5 anos, sobre diagnóstico precoce de AVCi em imagens de TC por IA.

Título	Autores	Ano	Palavras chaves	Principais resultados	Conclusão do trabalho
Novel artificial intelligence-based hypodensity detection tool improves clinician identification of hypodensity on non-contrast computed tomography in stroke patients	Angela Dos Santos, Milanka Visser, Longting Lin, Andrew Bivard, Leonid Churilov, Mark William Parsons	2020	Ferramentas automatizadas de detecção de hipodensidade, Inteligência artificial, Aprendizado de máquina, Acidente vascular cerebral isquêmico agudo, tratamento	Os resultados do estudo mostraram que a ferramenta de detecção de hipodensidade baseada em inteligência artificial (IA) melhorou significativamente a capacidade dos clínicos de identificar hipodensidade em tomografias computadorizadas sem contraste (NCCT) em pacientes com AVC isquêmico. A precisão dos clínicos, medida pela pontuação DICE, aumentou de 0,33 para 0,40 após o uso da ferramenta de IA, com um aumento médio de 0,07. A ferramenta foi especialmente útil na detecção de lesões pequenas e teve um impacto mais pronunciado em estagiários de neurologia, cujas pontuações DICE aumentaram de 0,26 para 0,37. Esses resultados sugerem que a ferramenta pode melhorar a detecção precoce de lesões isquêmicas e beneficiar	A conclusão do estudo afirma que a ferramenta de detecção de hipodensidade baseada em inteligência artificial (IA) melhorou a precisão dos clínicos na identificação de hipodensidade em tomografias computadorizadas sem contraste (NCCT) em pacientes com AVC isquêmico. A ferramenta foi particularmente eficaz para clínicos menos experientes e na detecção de lesões menores. Embora a IA não substitua o julgamento clínico, ela oferece um suporte valioso, especialmente em ambientes onde especialistas não estão prontamente disponíveis. A pesquisa sugere que a

				regiões com menos especialistas disponíveis.	ferramenta tem grande potencial para melhorar o diagnóstico e o tratamento de AVC, especialmente em áreas com menos recursos.
Automated Large Vessel Occlusion Detection Software and Thrombectomy Treatment Times: A Cluster Randomized Clinical Trial	Juan Carlos Martinez-Gutierrez, Youngran Kim, Sergio Salazar-Marioni, Muhammad Bilal Tariq, Rania Abdelkhaleq, Arash Niktabe, Anjan N. Ballekere, Ananya S. Iyyangar, Mai Le, Hussain Azeem, Charles C. Miller, Jon E. Tyson, Sandi Shaw, Peri Smith, Mallory Cowan, Isabel Gonzales, Louise D. McCullough, Andrew D. Barreto, Luca Giancardo, Sunil A. Sheth.	2023	Não listada no artigo.	Os resultados do estudo mostram que o uso de técnicas automatizadas para detectar a oclusão de grandes vasos (LVO) em angiografias por tomografia computadorizada (CTA) teve um bom desempenho. Diferentes abordagens de redes neurais convolucionais (CNNs) foram testadas, e o modelo DenseNet-121 se destacou, obtendo os melhores resultados de generalização, principalmente em precisão e especificidade. Isso sugere que técnicas avançadas de CNN podem ser eficazes na detecção de LVO, mas ainda há necessidade de mais estudos para validar esses métodos em diferentes cenários clínicos e conjuntos de dados maiores para uma maior robustez dos resultados.	A conclusão do trabalho destaca que os modelos de redes neurais convolucionais (CNNs) têm grande potencial para a detecção automatizada de oclusão de grandes vasos (LVO) em tomografias computadorizadas. Entre as abordagens testadas, o DenseNet-121 foi o modelo mais eficaz, demonstrando melhor generalização e desempenho em termos de precisão e especificidade. No entanto, os autores ressaltam que, apesar dos resultados promissores, ainda são necessários mais estudos para validar essas técnicas em diferentes ambientes clínicos e em conjuntos de dados maiores, garantindo a robustez e aplicabilidade dos modelos em prática real.
Advances in computed tomography-based prognostic methods for intracerebral hemorrhage	Xiaoyu Huang, Dan Wang, Shenglin Lii, Qing Zhoui, Junlin Zhoui	2022	Hemorragia intracerebral, Tomografia computadorizada, Edema perihematomal, Inteligência artificial	O estudo conclui que a tomografia computadorizada (TC) é crucial para prever a expansão de hematomas e o prognóstico em hemorragias intracerebrais (HIC). Marcadores como o "sinal de ponto" ajudam na previsão de resultados, e a inteligência artificial (IA)	A conclusão do trabalho enfatiza que, embora a tomografia computadorizada (TC) e a inteligência artificial (IA) tenham avançado na previsão e avaliação de hemorragias intracerebrais

				<p>tem avançado na detecção e segmentação automáticas de hematomas, melhorando a precisão e rapidez dos diagnósticos. No entanto, desafios permanecem, como a padronização de técnicas e a necessidade de mais estudos com amostras maiores.</p> <p>(HIC), ainda há desafios significativos. A TC é essencial para prever a expansão de hematomas e o prognóstico, mas os marcadores atuais e os métodos baseados em IA precisam de maior padronização e validação em estudos mais amplos. A integração futura de IA com dados clínicos e imagens pode melhorar o tratamento personalizado e os resultados dos pacientes com HIC.</p>
Comparison of convolutional neural networks for detecting large vessel occlusion on computed tomography angiography	Lucas W. Remedios, Sneha Lingam, Samuel W. Remedios, Riqiang Gao, Stephen W. Clark, Larry T. Davis, Bennett A. Landman	2022	Oclusão de Grandes Vasos, Rede Neural Convolucional, Aprendizado Profundo, Angiografia por Tomografia Computadorizada (CTA), Classificação de Imagens	<p>O estudo mostrou que o modelo DenseNet-121 teve o melhor desempenho na detecção de oclusão de grandes vasos (LVO) em tomografias computadorizadas, superando outras redes neurais convolucionais (CNNs) após testes em dados externos. Embora modelos menores tenham se saído bem em validação cruzada, o DenseNet-121 se destacou pela sua capacidade de generalização, atribuída ao uso de conexões residuais que melhoraram o fluxo de informações. A calibração das previsões confirmou a superioridade do DenseNet-121, exceto no recall.</p> <p>A conclusão do trabalho destaca que, apesar de modelos menores terem melhor desempenho na validação cruzada, o DenseNet-121 foi o mais eficaz na generalização ao ser testado em dados externos. Seu uso de conexões residuais, que ajudam no fluxo de gradiente e na regularização, foi fundamental para seu sucesso. O estudo sugere que essas características arquitetônicas tornam o DenseNet-121 a melhor escolha para detecção de oclusão de grandes vasos (LVO) em pequenos conjuntos de dados, mas ressalta a importância de considerar cuidadosamente o tipo de arquitetura ao escolher CNNs para diferentes aplicações clínicas.</p>

Image level detection of large vessel occlusion on 4D-CTA perfusion data using deep learning in acute stroke.	Girish Bathla, Dhruba Durjoy, Sarv Priya, Edgar Samaniego, Colin P. Derdeyn	2022 22 22 22 Angiografia por TC, Perfusion por TC, 4D-CTA	Inteligência artificial, Aprendizagem profunda, AVC agudo,	<p>O estudo mostrou que a combinação de dois modelos de redes neurais para detectar oclusão de grandes vasos (LVO) em dados 4D-CTA foi eficaz. A combinação dos modelos alcançou uma sensibilidade de 86,5%, especificidade de 89,5% e precisão de 87,5%, demonstrando que a detecção de LVO em 4D-CTA é viável e comparável a outros modelos de aprendizado profundo. O primeiro modelo serviu como triagem inicial, melhorando a especificidade geral.</p>	<p>A conclusão do trabalho afirma que a detecção de oclusão de grandes vasos (LVO) usando dados de perfusão 4D-CTA e redes neurais é viável e oferece resultados precisos. A combinação de dois modelos sucessivos permitiu melhorar a precisão e a especificidade, tornando o método promissor para uso em cenários clínicos, especialmente em pacientes com AVC em janela tardia. O estudo sugere que essa abordagem pode ser uma ferramenta útil para triagem automatizada, embora mais validações sejam necessárias devido ao número limitado de dados no estudo.</p>
AI-support for the detection of intracranial large vessel occlusions: One-year prospective evaluation	K.G. van Leeuwen, M.J. Becks a, D. Grob, F. de Lange, J.H.E. Rutten, S. Schalekamp, M.J.C.M. Rutten, B. van Ginneken, M. de Rooij, F.J.A. Meijer.	2023 23 3	AVC, inteligência artificial, oclusão cerebrovascular, estudo de avaliação, angiotomografia computadorizada	<p>A ferramenta de IA para detecção e localização de oclusão de grandes vasos demonstrou uma precisão geral de 87%, com sensibilidade e especificidade de 69% e 91%, respectivamente. Apresenta capacidade de detecção para a maioria das oclusões M₁, enquanto as oclusões M₂ e ICA apresentam taxas de detecção mais baixas.</p>	<p>A ferramenta foi considerada fácil de usar, e a confiança diagnóstica dos usuários na detecção de oclusão de grandes vasos se manteve estável ao longo do ano. Observou-se potencial de valor agregado da IA, porém necessário aprimoramento na detecção de oclusões M₂ e detecção de oclusões de vasos em a circulação posterior..</p>

End-to-end artificial intelligence platform for the management of large vessel occlusions: A preliminary study	Shujuan Meng, Thi My Linh Tran, Mingzhe Hu, PanPan Wang, Thomas Yi, Zhusi Zhong, Luoyun Wang, Braden Vogt, Zhicheng Jiao, Arko Barman, Ugur Cetintemel, Ken Chang, Dat-Thah Nguyen, Ferdinand K. Hui, Ian Pan, Bo Xiao, Li Yang, Hao Zhou, Harrison X. Bai	2022	AVC, LVO, inteligência artificial, CTA, trombectomia mecânica, mRS	Dois modelos de inteligência artificial com redes neurais diferentes foram usados, sendo Inception-V1 3D para detecção e avaliação de oclusão de grandes vasos (LVO) mRS para previsão de resultados. Para o modelo de detecção de LVO, a área sob a curva (AUC) validada cruzadamente para distinguir LVO de não-LVO foi de 0,74. Para o modelo de classificação mRS. O algoritmo alcançou uma AUC de teste de 0,82, sensibilidade de 89% e especificidade de 66%.	A plataforma de IA ponta a ponta é eficaz na seleção de oclusões de grandes vasos (LVO) e na previsão do prognóstico a curto prazo da trombectomia mecânica, proporcionando previsões imediatas e otimizando o fluxo de trabalho clínico. Estudos prospectivos e dados de exames anteriores dos pacientes permitirão resultados ainda mais satisfatórios
Automated Cerebral Infarct Detection on Computed Tomography Images Based on Deep Learning	Syu-Jyun Peng, Yu-Wei Chen, Jing-Yu Yang, Kuo-Wei Wang, Jang-Zen Tsai	2022	Tomografia computadorizada, detecção de infarto cerebral, acidente vascular isquêmico agudo, inteligência artificial, aprendizado profundo	Desenvolvimento de método totalmente automatizado para detecção de infarto cerebral a partir de imagens de tomografia computadorizada. Estrutura de rede neural de convolução (CNN) para capacitar a inteligência artificial na classificação de acidente vascular central resultando em 94% de precisão na detecção de infarto cerebral no conjunto de testes.	O método de detecção proposto, que utiliza CNN, possui potencial suporte diagnóstico inicial de infartos cerebrais com tomografias computadorizadas, um recurso de baixo custo e amplamente disponível.
Ischemic infarct detection, localization, and segmentation in noncontrast CT human brain scans: review of automated methods	Wieslaw L. Nowinski, Jerzy Walecki, Gabriela Póltorak-Szymczak, Katarzyna Sklinda, Bartosz Mruk	2022	Acidente vascular cerebral isquêmico, cérebro humano, detecção, localização, segmentação, Tc não contratada, atlas cerebral, processamento de imagem, análise de imagem, inteligência artificial, revisão.	As varreduras de AVC isquêmico em TC não contrastado diferem de fáceis de processar a difíceis; o tipo de AVC, a extensão, e classificação quanto ao tempo do evento. As Redes Neurais Convolucionais (CNNs) exigem uma quantidade significativa de dados de treinamento para evitar sobre ajustes. Vários métodos de processamento	A combinação de métodos globais com alta amostragem tanto em espaço quanto densidade, apresenta-se como um potencial para tornar as ferramentas atuais de IA mais eficientes e precisas. Ponto crítico para comparação equivalente é a seleção de um conjunto de dados para teste. Demanda estudos futuros para aprimoramento.

				de imagem utilizam classificadores, parte da análise de imagens e IA, enquanto alguns métodos de IA empregam técnicas de processamento de imagem para pré e pós-processamento.	
Automatic Neuroimage Processing and Analysis in Stroke-A Systematic Review	Roger M Sarmento, Francisco F Ximenes Vasconcelos, Pedro P Reboucas Filho, Wanqing Wu, Victor Hugo C de Albuquerque	2022	Inteligência artificial, sistema CAD, classificação, detecção, neuroimagem, segmentação de acidente vascular cerebral	Testes demonstraram resultado positivo para TC na detecção automatizada de infarto cerebral, com potencial de mais de 93%, apresenta-se como uma boa opção para tratamento em linha de frente de atendimento. Baixo custo	Atualmente, possui benefícios quando empregado para auxílio diagnóstico dos radiologistas e médicos. Apresenta grande potencial considerando o avanço tecnológico. Esforços envolvidos no pré-processamento dos diferentes contrastes de tecido podem ter contribuído com a alta taxa de precisão. A eliminação do Líquido Cefalorraquidiano, foi fator importante para evitar que intensidades de contraste próximas do infarto pudessem gerar falso-positivo
Impact of an automated large vessel occlusion detection tool on clinical workflow and patient outcomes	Jennifer E. Soun, Ana Zolyan, Joel Mc Louth, Sébastien Elstrott, Masaki Nagamine, Conan Liang, Farideh H. Dehkordi-Vakil, Eleanor Chu, David Florioli, Eduardo Kuoy, João José, Nadine Abi-Jaoudeh, Peter D. Chang,	2023	Inteligência artificial, acidente vascular cerebral, aprendizado de máquina, angiografia por TC	A IA deste estudo teve uma sensibilidade de 96% e especificidade de 85%, foi possível perceber uma melhora no relatório da radiologia após IA, porém na aplicação real não houve melhora significativa no tempo de aplicar o tratamento.	A IA com uma alta sensibilidade se mostrou eficaz na triagem para as terapias agudas, porém colocar esse desempenho no mundo real ainda tem grandes dificuldades.

	Wengui Daniel S. Chow.				
A Deep Learning Approach for Detecting Stroke from Brain CT Images Using OzNet	Oznur Ozaltin, Orhan Coskun, Ozgur Yeniyay e Abdulhamit Subasi	2022	Acidente Vascular Cerebral, Classificação, Redes neurais de convolução, tomografia computadorizada, extração de características, mRMR, Oznet	Foi criada uma nova arquitetura CNN, denominada de oz net, criada para classificar os tipos de AVC e tomografia normal. A criação deste algoritmo híbrido se demonstrou confiável com uma precisão de 98,42%.	O diagnóstico rápido de avc é crucial, a criação deste novo algoritmo se mostrou promissora precisando de mais avanços e novos algoritmos visando aumentar a confiabilidade.
Brain stroke classification and segmentation using encoder-decoder based deep convolutional neural networks	Sercan Yalçın, Casa Vural	2022	Detecção de acidente vascular cerebral, Redes Neurais convolucionais, Isquemia e hemorragia, acidente vascular cerebral, classificação e segmentação	O método de classificação e segmentação que foi estudado é de aprendizado profundo é um codificador e decodificador aprimorado. Primeiro foi treinado para diferenciar tomografia normal e tomografia com AVC, depois o treinamento foi feito para diferenciar os tipos de AVC, isquêmico ou hemorrágico. O modelo proposto por este trabalho apresentou taxas altas de precisão tanto para avc isquêmico(98,9%) quanto para os hemorrágicos(98,5%).	O modelo criado futuramente pode ser útil, porém ainda são obtidos resultados imprecisos e a tecnologia se mostrou com desempenho melhor para identificação de acidente vascular cerebral do que segmentação cerebral, sendo necessário aprofundar mais o estudo para melhorar os diagnósticos obtidos.
Automated Large Artery Occlusion Detection in Stroke: A Single-Center Validation Study of an Artificial Intelligence Algorithm	Gabriel Rodrigues, Alhamza Al-Bayati, Michael R. Frankel, Clara M. Barreira, Leonardo Pisani, Raul G. Nogueira, Mehdi Bouslama, Bernardo Liberato, Diogo C. Haussen, Nirav Bhatt.	2021	Acidente Vascular cerebral, acidente vascular isquêmico agudo, Inteligência artificial, Angiografia por tomografia computadorizada, oclusão de grandes vasos	O modelo estudado, Viz-Lvo, apresentou uma sensibilidade de 80,3% e especificidade de 88,5%, com um tempo médio de 2,70+/-0,5 minutos. O Viz-Lvo obteve resultados promissores para a detecção de oclusão de grandes vasos envolvendo a circulação anterior intracranial proximal, oclusões envolvendo ramos da M2 ou até mais distais o desempenho não foi satisfatório.	A IA permite uma rápida identificação o que proporciona tomadas de decisões mais rápidas para as terapias de reperfusão ou até transferências para os grandes centros. O objetivo da criação da IA não é substituir os radiologistas e sim auxiliar agilizando o processo, então uma vez que a IA falhe o seguimento padrão deve estar preservado.

<p>Systematic review protocol to assess artificial intelligence diagnostic accuracy performance in detecting acute ischaemic stroke and large-vessel occlusions on CT and MR medical imaging</p>	<p>Srinivasa Rao Kundeti Bharat Shivashankar, Índia Sankar Prasad Gorthi, Manikanda Krishnan Vaidyanathan</p>	<p>2022</p> <p>Inteligência artificial (IA), Aprendizado de máquina, Aprendizado profundo, Acidente vascular cerebral isquêmico agudo (AVC), Oclusões de grandes vasos (OGVs), Tomografia computadorizada (TC), Ressonância magnética (RM) Diagnóstico médico, Meta-análise, Desempenho diagnóstico.</p>	<p>Um protocolo de revisão sistemática com o objetivo de avaliar o desempenho da inteligência artificial (IA) na detecção de acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico agudo e oclusões de grandes vasos (OGVs) usando imagens de tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM). Os resultados esperados são fornecer estimativas da sensibilidade e especificidade agrupadas da IA na detecção de AVC e OGVs, buscando suprir lacunas na literatura ao analisar o desempenho de modelos de IA na prática clínica, para as tomada de decisões para o tratamento de pacientes com AVC.</p>	<p>A conclusão do estudo aponta que o uso da inteligência artificial (IA) tem potencial para melhorar o diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico agudo e a detecção de oclusões de grandes vasos (OGVs), com o objetivo de proporcionar resultados mais rápidos e precisos. No entanto, a revisão também destaca as limitações dos modelos de IA existentes, como a falta de validação externa adequada, a variabilidade nos padrões de avaliação e a qualidade dos dados utilizados, o que pode afetar a generalização dos resultados. A revisão sistemática ajudará a fornecer uma avaliação crítica do desempenho da IA em comparação com diagnósticos clínicos tradicionais, e os resultados poderão ter um impacto significativo no futuro do tratamento de AVC</p>
<p>Diagnostic accuracy of automated occlusion detection in CT angiography using e-CTA.</p>	<p>Fatih Seker, Johannes Alex Rolf Pfaffl, Yahia Mokli, Ana Berberich, Rafael Namias, Steven Gerry, Simon Nagel, Martin Bendszus e Christian Herweh</p>	<p>2022</p> <p>Inteligência Artificial, Infarto cerebral Silencioso, Doença da substância Branca, leucoaraiose, imagem</p>	<p>O modelo estudado foi o e-CTA e obteve uma sensibilidade de 84% e a especificidade de 96% para detecção de oclusão de grandes vasos.</p>	<p>O modelo mostrou-se mais eficiente que médicos menos experientes e desempenho igual aos médicos experientes. Sendo útil como ferramenta de auxílio para médicos menos experientes. Os algoritmos conseguem distinguir</p>

					moderadamente os acidentes vasculares silenciosos e a doença da substância Branca. A conclusão destaca que, embora a e-CTA possa ser útil para acelerar o diagnóstico de AVC, especialmente em redes de telerradiologia e hospitais sem neuroradiologistas, seu uso como ferramenta de diagnóstico autônoma não é recomendado. A ferramenta deve ser utilizada como um suporte ao diagnóstico, complementando a interpretação de especialistas.
Agreement between neuroimages and reports for natural language processing-based detection of silent brain infarcts and white matter disease.	Lester Y. Leung, Sunyang Fu, Patrick H. Luetmer, David F. Kallmes, Neel Madan, Gene Weinstein, Vance T. Lehman, Charlotte H. Rydberg, Jason Nelson, Hongfang Liu e David M. Kent	2022	Inteligência artificial, angiotomografia, tomografia computadorizada, acidente vascular isquêmico, oclusão de grandes vasos, radiologia.	Este estudo avaliou a concordância entre relatórios de neuroimagem e a revisão direta das imagens na detecção de infartos cerebrais silenciosos (SBIs) e doenças da substância branca (WMD), utilizando um algoritmo de processamento de linguagem natural (PLN) para identificar esses achados em relatórios de neuroimagem de rotina. A pesquisa mostrou que os relatórios de neuroimagem capturaram de forma confiável a presença de SBIs e WMD, e o algoritmo de PLN obteve uma concordância substancial com a revisão direta das neuroimagens por neuroradiologistas. A concordância foi mais alta para a presença de SBIs e moderada para a detecção de WMD. Isso sugere que o PLN pode ser uma ferramenta eficaz para	A conclusão deste estudo indica que os relatórios de neuroimagem capturam de maneira confiável a presença de infartos cerebrais silenciosos (SBIs) e doenças da substância branca (WMD). O algoritmo de processamento de linguagem natural (PLN) utilizado demonstrou uma boa concordância com a revisão direta das imagens por neuroradiologistas. Isso sugere que o PLN pode ser uma ferramenta útil para identificar pacientes com essas condições a partir de relatórios médicos de rotina, facilitando a inclusão em estudos clínicos. O uso dessa tecnologia pode

				identificar pacientes com essas condições a partir de relatórios médicos, facilitando a formação de coortes para estudos clínicos futuros. O uso dessa tecnologia pode ajudar a superar barreiras existentes na detecção e tratamento dessas doenças cerebrovasculares silenciosas, contribuindo para a prevenção de acidentes vasculares cerebrais e demência.	melhorar a detecção precoce de SBIs e WMD, contribuindo para a prevenção de AVCs e demência em pacientes.
Use of Artificial Intelligence Software to Detect Intracranial Aneurysms : A Comprehensive Stroke Center Experience	Otavio F. De Toledo, Salvador F. Gutiérrez-Aguirre, Montserrat Lara-Velazquez, Adnan I. Qureshi, Acampamento Wendy, Fernanda Erazu, Victor HC Benalia, Amin Aghaebrahim, Éric Sauvageau, Ricardo A. Hanel.	2024	Aneurisma; Inteligência artificial; Acidente vascular cerebral	A IA apresentou alta especificidade (97,6%) e um valor preditivo negativo (VPN) de 96,2%, mas sua sensibilidade foi baixa (36%) e o valor preditivo positivo (VPP) foi de 48%. O coeficiente k de Cohen indicou uma concordância razoável (0,3854) entre a IA e os radiologistas. Para aneurismas ≥ 4 mm, a sensibilidade e o VPP atingiram 100%, embora o tamanho da amostra tenha sido pequeno e aneurismas complexos tenham sido excluídos da análise.	O software de IA mostrou alta eficácia na identificação de pacientes sem aneurisma, podendo evitar exames de imagem invasivos. No entanto, uma análise de concordância revelou inconsistências entre os resultados da IA e os relatórios de radiologia. Embora a IA possa aumentar a eficiência no diagnóstico de UIAs e servir como uma boa ferramenta de triagem, há riscos de viés e limitações em sua aplicabilidade, devendo ser usada como complemento ao diagnóstico padrão.
Cost-effectiveness of artificial intelligence aided vessel occlusion detection in acute stroke: an early health technology assessment	Kicky G. van Leeuwen, Frederick JA Meijer, Steven Schalekamp, Matthieu JCM Rutten, Ewoud J. van Dijk, Bram van Ginneken, Tim M. Govers e Maarten de Rooij	2021	Acidente vascular cerebral, Inteligência artificial, Análise de custo-benefício, Angiografia por tomografia computadorizada, Procedimentos endovasculares	A aplicação das premissas do caso base, que considerou 6% de diagnósticos perdidos de LVOs e um custo de US\$ 40 por análise de IA, resultou em uma economia de custos e QALYs incrementais ao longo da vida útil projetada: redução de US\$ 156 e 0,23% em custos, além de um ganho de 0,01 QALYs (0,07%). Para cada coorte anual de pacientes no Reino Unido, isso representa uma	Ferramentas de IA para detecção de LVO em atendimento de emergência têm o potencial de melhorar os resultados de assistência médica e economizar custos. Demonstramos como a HTA precoce pode ser aplicada para a avaliação de software de IA clinicamente

				economia total de US\$ 11 milhões.	aplicado para radiologia
Diagnostic test accuracy study of a commercial deep learning algorithm for ischemic lesion detection on brain MRIs in suspected stroke patients from a non-comprehensive stroke center	Christian H. Krag, Felix C. Müller, Karen L. Gandrup, Henriette Raaschou, Michael B. Andersen, Mathias W. Brejnebøl, Malini V. Sagar, Jonas A. Bojsen, Benjamin S. Rasmussen, Ole Graumann Mads Nielsen, Christina Kruuse, Mikael Boesen	2023	Imagen por ressonância magnética, Inteligência artificial, Neuroradiologia, Acidente vascular cerebral isquêmico, Imagem ponderada por difusão, Precisão diagnóstica	Uma análise baseada em casos para detectar lesões isquêmicas agudas mostrou uma sensibilidade de 89% (IC de 95%: 85%-91%) e especificidade de 90% (IC de 95%: 87%-92%). Não encontramos nenhuma diferença significativa na sensibilidade ou especificidade com base no sexo, idade ou comorbidades.	A ferramenta de IA exibe alta sensibilidade e especificidade na detecção de lesões isquêmicas agudas em RNM em comparação a um neuroradiologista experiente. Enquanto a sensibilidade depende das características das lesões isquêmicas, a especificidade depende da qualidade da imagem
Duration and accuracy of automated stroke CT workflow with AI-supported intracranial large vessel occlusion detection.	Sander E Temmen, Marinus J Becks, Steven Schalekamp, Kicky G de Leeuwen, Frederick JA Meijer	2023	Não há	O algoritmo de inteligência artificial (AP) para detectar LVO apresentou uma sensibilidade de 77% para oclusões distais de ACI e M ₁ , e 52% para oclusões de M ₂ , com uma especificidade de 99%. Em contraste, os radiologistas tiveram uma sensibilidade média de 87% (variando de 78% a 91%) e uma especificidade média de 98%. Portanto, o desempenho do AP na detecção de LVO foi significativamente inferior ao dos radiologistas.	O AP mostrou menor tempo de processamento de CTA e CTP em comparação com radiologistas, o que ilustra o potencial do AP para acelerar o trabalho diagnóstico. No entanto, seu desempenho para detecção de LVO foi menor em comparação com radiologistas, especialmente para oclusões de vasos M ₂ .
Ultrafast MRI using deep learning echoplanar imaging for a comprehensive assessment	Sébastien Verclytte, Robin Gnanih, Stéphane Verdun, Thorsten	2023	Inteligência artificial; Acidente vascular cerebral isquêmico; Ressonância magnética.	Houve uma concordância quase perfeita entre os protocolos UF e de referência em relação à detecção, distribuição, número de AIS em DWI ($\kappa = 0,98, 0,98$ e $0,87$ respectivamente), a presença de hiperintensidades	Nosso protocolo de ressonância magnética ultrarrápida aprimorado por IA permitiu uma detecção e caracterização eficazes de AIS e diagnósticos

of acute ischemic stroke	Feiweier , Bryan Clifford , Khalid Ambarki , Marta Pasquini , Julieta Ding			vasculares e a presença de uma hiperintensidade parenquimatosa na região AIS em FLAIR ($\kappa = 0,93$ e $0,89$ respectivamente). A concordância foi substancial em T_2^*/SWI para detecção de trombo e razoável para detecção de transformação hemorrágica ($\kappa = 0,64$ e $0,38$ respectivamente).	diferenciais em menos de 2 minutos.
Large vessel occlusion detection by non-contrast CT using artificial intelligence	Emrah Aytac, Murat Gönen, Sinan Tatli, Ferhat Balgetir, Sengul Dogan, Turker Tuncer	2024	Oclusão de vasos cerebrais, visão computacional, aprendizado de máquina	As tecnologias usadas hoje são eficientes para detecção de oclusão de grandes vasos. O algoritmo desenvolvido, aperfeiçoando técnicas já existentes atingiu excelente precisão e acurácia na distinção de oclusão de pequenos e grandes vasos.	Apesar dos avanços da IA em radiologia, os algoritmos em uso ainda não conseguem distinguir as oclusões de grandes e pequenos vasos, contudo neste estudo o algoritmo desenvolvido conseguiu atingir um desempenho de 100% para diferenciação. Novas perspectivas no futuro próximo de diagnóstico e otimização de tratamento trarão benefícios rápidos aos doentes e a sociedade.
Contemporary Methods for Detection and Intervention of Distal Medium and Small Vessel Occlusions	Anthony Piscopo, Mario Zanaty e Kathleen Dlouhy	2023	trombectomia, mecânica, AVC, endovascular, imagem, detecção, intervenção	O estudo aborda métodos contemporâneos para a detecção e intervenção de oclusões em vasos médios e pequenos, utilizando a IA na leitura de imagens com o propósito de tratamento minimamente invasivos. O principal objetivo é aprimorar o diagnóstico e tratamento das oclusões, com foco em melhorar o prognóstico de pacientes com doenças cardiovasculares, como acidentes vasculares cerebrais (AVC). O trabalho destaca os benefícios do uso das técnicas menos invasivas, que oferecem maior precisão e eficácia, resultando em melhorias	Essas inovações resultam em melhores prognósticos para pacientes, especialmente nos casos de AVCi, proporcionando intervenções mais eficazes e seguras. O estudo reforça a importância de continuar investindo em novas tecnologias para otimizar ainda mais esses procedimentos.

				significativas nos tratamentos clínicos.	
The diagnostic performance of artificial intelligence algorithms for identifying M ₂ segment middle cerebral artery occlusions: A systematic review and meta-analysis	Xerife Ghozyum, Ahmed Y. Azzamc, Kevin M. Kallmesc,d, Stavros Matsoukase, Johanna T Fifie,f,g, Sven PR Luijtenh, Aad van der Lugth, Gautam Adusumillieu, Jeremy J Heitj, Ramanathan Kadirvelum ,k, David F Kallmesum	2023	Não há	Os algoritmos demonstraram uma sensibilidade 64% e 97% de especificidade para detecção de oclusão de M ₂ (pequenos vasos), o que hoje ainda é um grande desafio.	Ao contrário das oclusões de M ₁ que são de fácil detecção, as oclusões de M ₂ são anatomicamente difíceis de localizar tanto pela IA quanto pelos médicos experientes. Pela sensibilidade diminuída da IA para detecção de oclusão de M ₂ , se mostrou arriscado pois geraria grandes falsos negativos e a falsa segurança dos médicos, podendo piorar as taxas de erros.
Artificial intelligence for localization of the acute ischemic stroke by non-contrast computed tomography	Natsuda Kaothantho, Kamin Atsavasiriler, Soawapot Sarampakhu, Pantid Chantangph, Dittapong Songsaeng, Stanislav Makhanov.	2022	Não há	O trabalho demonstrou que a inteligência artificial aplicada à tomografia computadorizada sem contraste pode melhorar a detecção de AVC isquêmico agudo, alcançando alta precisão comparável à de especialistas. A IA avaliada reduziu significativamente os falsos negativos, tornando o diagnóstico mais seguro, e acelerou o tempo de resposta, essencial em emergências. Além disso, forneceu apoio confiável a médicos menos experientes e apresentou bom desempenho mesmo em casos complexos, como oclusões menores.	A conclusão do documento aborda a eficácia do uso de inteligência artificial (IA) para detectar o acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico agudo por tomografia computadorizada sem contraste. A IA se mostrou promissora na identificação rápida e precisa de áreas afetadas, o que pode acelerar o tratamento com impacto positivo na recuperação dos pacientes. Contudo, alguns desafios permanecem, como a necessidade de validação adicional em diferentes populações e a melhoria da precisão para reduzir falsos negativos, que são especialmente críticos em

					ambientes de emergência
Hyperdens e Artery Sign in Patients With Acute Ischemic Stroke- Automated Detection With Artificial Intelligence -Driven Software	Charlotte Sabine Weyland, Panagiotis Papanagiotou, Nicolas Schmitt, Oliver Joly, Pau Bellot, Yahia Mokli, Peter Arthur Ringleb, A. Kastrup, Markus A. Möhlenbrück, Martin Bendszus, Simon Nagel, Christian Herweh.	2022	AVCI agudo, tomografia, IA, sinal de artéria hiperdensa, oclusão de grandes vasos	O resultado do trabalho sobre o "Sinal de Artéria Hiperdensa" evidencia a importância desse sinal na tomografia computadorizada como um indicativo direto de trombos arteriais no AVC isquêmico. A detecção precoce do sinal é crucial, pois permite a identificação rápida de oclusões arteriais, o que pode orientar tratamentos emergenciais, como a trombólise. Embora o sinal seja altamente relevante, não é infalível, e sua ausência não exclui a presença de um trombo. Por isso, é recomendado que o diagnóstico seja combinado com outras ferramentas clínicas e exames para melhorar a precisão e eficácia no tratamento	Uso uso da IA tem como benefício a detecção precoce de sinais evidentes de oclusão em tomografias, permitindo intervenções rápidas como a administração de terapias para reverter ou mitigar os danos cerebrais. O artigo conclui que, embora a visualização de artéria hiperdensa não seja um sinal infalível, é uma ferramenta valiosa para apoiar decisões clínicas em emergências.
Automated Detection of Ischemic Stroke and Subsequent Patient Triage in Routinely Acquired Head CT	Tom Finck, David Schinz, Lioba Grundl, Rami, Esawy, Mehmet Yigitsoy, Júlia Moosbauer, Claus Zimmer, Franz Pfister, Benedikt Wiestler.	2022	aprendizado de máquina, avc, IA, imagens de emergência e tomografia computadorizada	A ferramenta desenvolvida foi criada para classificar as alterações cerebrais como patológicas ou não, demonstrando uma alta sensibilidade, porém uma específica de baixa, na detecção de alterações isquêmicas.	A IA que foi usada neste estudo é uma boa ferramenta para detecção de AVC, porém com pouca eficiência na exclusão do mesmo, podendo gerar falsos positivos. A detecção de alteração patológica do parênquima cerebral foi detectada em mais de $\frac{2}{3}$ dos pacientes. Ainda necessita de aperfeiçoamento, porém sinaliza bons resultados futuros no aprimoramento da ferramenta de aprendizagem (IA).

DISCUSSÃO

A grande maioria dos estudos analisados compartilham um consenso importante: a inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma ferramenta valiosa na detecção automatizada de infartos cerebrais isquêmicos. Todos os artigos ressaltam o impacto positivo que o avanço dessas tecnologias podem ter no diagnóstico precoce de AVC, uma condição em que o tempo de resposta é crucial. A IA se destaca pela sua capacidade de processar grandes volumes de dados de forma rápida e precisa, algo que pode acelerar a identificação de lesões cerebrais e otimizar o manejo clínico dos pacientes.

Devido ao grande avanço da tecnologia no século atual e a necessidade de suprir a alta demanda do sistema de saúde, Kicky et al.³² (2021) destaca que existem hoje mais de cem produtos de softwares de IA certificados no mercado. Apesar de muitos estudos já demonstrarem um alto potencial do uso da IA na radiologia, ainda faltam evidências sobre seu verdadeiro impacto na assistência médica. A avaliação precoce de tecnologias em saúde (HTA) é um método utilizado para analisar o potencial de uma inovação ainda em seus estágios iniciais de desenvolvimento, como por exemplo, na análise da relação custo-eficácia do software de IA da detecção de oclusões de grandes vasos intracranianos (LVO) em AVC quando comparado ao método de diagnóstico padrão feito pelos radiologistas.

2339

Schaffter et al. (2023), Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022) e Emrah Aytac, et al.¹⁰ (2024) enfatizam que as plataformas de IA reduziram significativamente o tempo para identificar oclusões de grandes vasos, possibilitando intervenções mais rápidas. Apesar da pesquisa de Anthony Piscopo et al.²⁵ (2023) e Oznur Ozaltin et al.²⁴ (2022) ressaltar que a IA mostrou ser eficiente em detecções rápidas de oclusão de vasos médios e pequenos, outros trabalhos, como por exemplo de Emrah Aytac et al.¹⁰ (2024), Gabriel Rodrigues et al.²⁷ (2021) e Sander E Temmen et al.³¹ (2023) demonstraram uma limitação e ressalvas das identificações pela IA. Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022), por sua vez, apontam que o desenvolvimento de uma plataforma de cadeia de ponta a ponta permite a integração de múltiplos processos, desde a detecção da oclusão, até o planejamento terapêutico, tudo isso com mínima intervenção humana o que acelera a tomada de decisão em ambientes de emergência. Dos Santos at al.²⁸ (2024) e Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022), acrescentam que na detecção de hipodensidade em tomografias computadorizadas (TC) sem contraste (NCCT) em pacientes com AVC isquêmico, a utilização da IA melhorou a precisão dos clínicos, além de ser eficaz

para os profissionais menos experientes e na detecção de lesões menores. Ademais, segundo Charlotte Sabine Weyland, et al.³⁴ (2022) o software de IA foi capaz de detectar com precisão o sinal de artéria hiperdensa em pacientes com AVC isquêmico agudo.

Zhou et al.¹⁶ (2022) e Kumar et al. (2021) enfatizam o uso de aprendizagem profunda (deep learning) para segmentação e detecção automatizada de infartos cerebrais em tomografias reduzem a variabilidade interpessoal e os erros de interpretação que podem ocorrer em análises manuais. A revisão sistemática de Miller et al.²² (2023) e o estudo desenvolvido pelo Fatih Seker et al.¹³ (2021) corrobora essas descobertas, relatando que a IA tem demonstrado melhorias consistentes em termos de sensibilidade e especificidade na detecção de lesões isquêmicas, especialmente em tomografias sem contraste, onde os diagnósticos costumam ser mais desafiadores. Bhatla et al.¹¹ (2022) afirma que a combinação de dois algoritmos sucessivamente, permite melhorar a precisão e a especificidade, tornando o método promissor para uso em cenários clínicos. Embora alguns estudos estejam focados em plataformas específicas de detecção, outros, como a revisão de Kumar et al. (2021) e Miller et al.²² (2023), apontam para um futuro em que as ferramentas de IA sejam amplamente integradas em práticas clínicas diárias, auxiliando tanto médicos generalistas quanto especialistas na tomada de decisões críticas. Por fim, Tom Finck et al.¹⁴ (2021) destacou como a triagem automatizada com IA, após a detecção de AVC isquêmico. 2340

Enquanto os artigos de Schaffter et al. (2023) e Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022) focam na detecção automatizada de oclusões de grandes vasos, os estudos de Zhou et al.¹⁶ (2022) e Kumar et al. (2021) ampliam o foco para a segmentação e localização de infartos isquêmicos em tomografias, incluindo tomografias sem contraste. Essa diferença reflete a variedade de abordagens na aplicação da IA, desde a detecção específica de grandes vasos até o mapeamento mais abrangente de lesões isquêmicas no cérebro. A plataforma ponta-a-ponta descrita por Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022), por exemplo, busca cobrir todo o processo diagnóstico, enquanto os demais estudos focam em etapas mais isoladas, como a identificação e segmentação de áreas infartadas. Outro ponto de divergência é no método de IA empregado. Zhou et al.¹⁶ (2022) utilizam redes de deep learning para automatizar a detecção de infartos cerebrais, enquanto Kumar et al. (2021) revisam uma gama de métodos automatizados, incluindo abordagens que não se limitam ao deep learning, como o uso de algoritmos tradicionais de aprendizado de máquina e técnicas híbridas. Já o estudo de Miller et al.²² (2023), ao realizar uma revisão sistemática, explora um panorama ainda mais amplo de tecnologias aplicadas à

neuroimagem, sugerindo que o campo está em constante evolução com diferentes técnicas competindo em precisão e aplicabilidade. Além disso, outros contrastes são às implicações clínicas das soluções propostas. Os estudos de Schaffter et al. (2023), Charlotte Sabine Weyland et al.³⁴ (2022), Soun et al.³⁰ (2023) oferecem uma perspectiva mais prática, avaliando o impacto clínico direto das plataformas de IA na detecção e no manejo de oclusões de grandes vasos. Por outro lado, Schaffter et al. (2023) destaca os benefícios da IA no cenário clínico real, como por exemplo, a redução no tempo de diagnóstico. Em contraste, os artigos de Zhou et al.¹⁶ (2022), Kumar et al. (2021) e Miller et al.²² (2021) focam mais no desenvolvimento e na avaliação técnica dos algoritmos, discutindo pouco sobre sua implementação prática em contextos clínicos. Esse contraste entre estudos mais focados na prática clínica e estudos predominantemente técnicos evidencia uma lacuna que ainda precisa ser superada para que as tecnologias de IA possam ser amplamente adotadas nos cuidados com o AVC. Assim, uma revisão sistemática feita por Srinivasa Rao et al.¹⁹ (2021) demonstrou a necessidade de se criar protocolos para padronizar a aplicação na prática, as ferramentas utilizadas e os parâmetros.

Essas divergências metodológicas e aplicacionais revelam que, embora os avanços sejam promissores, a adoção clínica plena das soluções de IA ainda enfrenta desafios. Como exemplo Ghozy et al.¹⁵ (2023), Rodrigues et al.²⁷ (2021) e Sander et al.³¹ (2023), citam a limitação do uso dessa tecnologia na identificação de oclusões no segmento M2 (ramo da artéria cerebral), gerando muitos falsos negativos o que pode ser piorado pois a IA dá uma sensação equívocada de segurança aumentando, assim, as taxas de erros.

2341

CONCLUSÃO

A aplicação da inteligência artificial no diagnóstico de Acidente Vascular Cerebral isquêmico (AVCi) tem mostrado grande potencial, especialmente na detecção precoce de oclusões de grandes vasos. O uso dessas tecnologias automatizadas oferece uma vantagem crucial em termos de redução do tempo de diagnóstico, fator essencial para otimizar o manejo clínico em situações de emergência.

No entanto, apesar dos avanços significativos, ainda existem desafios importantes a serem superados para que a IA seja amplamente integrada na prática clínica. A falta de padronização nos protocolos de aplicação e as limitações na detecção de oclusões menores demonstram a necessidade de um refinamento contínuo dessas ferramentas. Além disso, é fundamental que o desenvolvimento tecnológico seja acompanhado por avaliações rigorosas de

sua eficácia prática, garantindo que a IA possa ser utilizada de forma segura e eficaz pelos profissionais de saúde. É importante ressaltar que o desfecho do AVCi traz um grande impacto social, uma vez que os pacientes cursam com sequelas motoras e cognitivas temporárias ou, em muitos casos, definitiva. Esse quadro pode levar à uma perda de funcionalidade e a necessidade de fazer reabilitação. Vários desses pacientes, ainda em idade ativa, são beneficiados com avanço gerado pelas novas tecnologias de diagnóstico, pois a efetividade do tratamento está associada com a rapidez do diagnóstico, o que muda de forma positiva esse cenário.

Embora exista uma concordância entre os artigos a respeito do impacto positivo do uso da IA na detecção automatizada de oclusões de grandes vasos, há divergências significativas nos métodos de aplicação, no escopo dos estudos e nas implicações clínicas dessas tecnologias. Com o aprimoramento das plataformas de IA e a implementação de diretrizes mais claras, espera-se que essa tecnologia continue a evoluir, promovendo diagnósticos mais rápidos e precisos. Portanto, a inteligência artificial tem o potencial de transformar de maneira positiva o tratamento do AVCi, o que melhora os desfechos clínicos e, consequentemente, a qualidade de vida dos pacientes afetados por essa condição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2342

1. HOSNY A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500-10.
2. MUELLER J, Massaron L. Inteligencia Artificial para Leigos. 1a ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc; 2020.
3. PENG SJ, Chen YW, Yang JY, Wang KW, Tsai JZ. Automated Cerebral Infarct Detection on Computed Tomography Images Based on Deep Learning. *Biomedicines.* 2022;10(1):122. doi: 10.3390/biomedicines10010122
4. MOREIRA FA, Galvão A. Guia de Diagnóstico por Imagem. 1a ed. Elsevier Brasil; 2017.
5. NOWINSKI WL, Walecki J, Półtorak-Szymczak G, Sklinda K, Mruk B. Ischemic infarct detection, localization, and segmentation in noncontrast CT human brain scans: review of automated methods. *PeerJ.* 2020;8:e10444. doi: 10.7717/peerj.10444
6. OSBORN AG, Digre KB. Neurologia em Imagem. 1a ed. Elsevier Brasil; 2018.
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Acidente vascular cerebral isquêmico agudo [Internet]. [citado 2024 set 24]. Disponível em: <https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/protocolos/resumidos/pcdt-resumido-avc.pdf>

8. BRASIL. Ministério da Saúde. Relatório para Sociedade informações sobre recomendações de incorporação de medicamentos e outras tecnologias para acidente vascular cerebral isquêmico agudo [Internet]. Conitec; 2021 [citado 2024 set 19]. Disponível em: https://www.gov.br/conitec/pt-br/mídias/consultas/relatórios/2021/Sociedade/20220107_resoc295_trombectomia_avc_final.pdf
9. BERTOLUCCI PHF, Schor N, et al. Guia de neurologia. 1a ed. Barueri: Manole; 2011.
10. AYTAÇ E, Gönen M, Tatlı S, Bal Getir F, Dogan S, Tuncer T. Large vessel occlusion detection by non-contrast CT using artificial intelligence. *Neurol Sci.* 2024. doi: 10.1007/s10072-024-07522-8
11. BATHLA G, Durjoy D, Priya S, Samaniego E, Derdeyn CP. Image level detection of large vessel occlusion on 4D-CTA perfusion data using deep learning in acute stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2022;31(11):106757. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106757
12. DE Toledo F, Gutierrez-Aguirre SF, Lara-Velazquez M, Qureshi AI, Camp W, Erazu F, et al. Use of Artificial Intelligence Software to Detect Intracranial Aneurysms: A Comprehensive Stroke Center Experience. *World Neurosurg.* 2024;188:e59–63. doi: 10.1016/j.wneu.2024.05.015
13. ŞEKER F, Pfaff J, Mokli Y, Berberich A, Namías R, Gerry S, et al. Diagnostic accuracy of automated occlusion detection in CT angiography using e-CTA. *Int J Stroke.* 2021;17(1):77–82.
14. FINCK T, Schinz D, Grundl L, Eisawy R, Yiğitsoy M, Moosbauer J, et al. Automated Detection of Ischemic Stroke and Subsequent Patient Triage in Routinely Acquired Head CT. *Clin Neuroradiol.* 2021;32(2):419–26. doi: 10.1007/s00062-021-01081-7
15. GHOZY S, Azzam AY, Kallmes KM, Matsoukas S, Fifi JT, Luijten SPR, et al. The diagnostic performance of artificial intelligence algorithms for identifying M₂ segment middle cerebral artery occlusions: A systematic review and meta-analysis. *J Neuroradiol.* 2023;50(4):449–54. doi: 10.1016/j.neurad.2023.02.001
16. HUANG X, Wang D, Li S, Zhou Q, Zhou J. Advances in computed tomography-based prognostic methods for intracerebral hemorrhage. *Neurosurg Rev.* 2022;45(3):2041–50. doi: 10.1007/s10143-022-01760-0
17. KAOTHANTHONG N, Atsavasirilert K, Sarampakhul S, Chantangphol P, Songsang D, Makhanov S. Artificial intelligence for localization of the acute ischemic stroke by non-contrast computed tomography. *PLoS One.* 2022;17(12):e0277573. doi: 10.1371/journal.pone.0277573
18. KRAG CH, Müller FC, Gandrup KL, Raaschou H, Andersen MB, Brejnebøl MW, et al. Diagnostic test accuracy study of a commercially available deep learning algorithm for ischemic lesion detection on brain MRIs in suspected stroke patients from a non-comprehensive stroke center. *Eur J Radiol.* 2023;168:111126. doi: 10.1016/j.ejrad.2023.111126

19. KUNDETI SR, Vaidyanathan MK, Shivashankar B, Gorthi SP. Systematic review protocol to assess artificial intelligence diagnostic accuracy performance in detecting acute ischaemic stroke and large-vessel occlusions on CT and MR medical imaging. *BMJ Open*. 2021;11(3):e043665. doi: [10.1136/bmjopen-2020-043665](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043665)
20. VAN Leeuwen KGV, Becks MJ, Grob D, de Lange F, Rutten JH, Schalekamp S, et al. AI-support for the detection of intracranial large vessel occlusions: One-year prospective evaluation. *Heliyon*. 2023;9(8):e19065. doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e19065](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19065)
21. LEUNG LY, Fu S, Luetmer PH, Kallmes DF, Madan N, Weinstein G, et al. Agreement between neuroimages and reports for natural language processing-based detection of silent brain infarcts and white matter disease. *BMC Neurol*. 2021;21(1). doi: [10.1186/s12883-021-02127-1](https://doi.org/10.1186/s12883-021-02127-1)
22. MARTÍNEZ-Gutiérrez JC, Kim Y, Salazar-Marioni S, Tariq M, Abdelkhaleq R, Niktabe A, et al. Automated Large Vessel Occlusion Detection Software and Thrombectomy Treatment Times. *JAMA Neurol*. 2023;80(11):1182-2. doi: [10.1001/jamaneurol.2023.3206](https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2023.3206)
23. MENG S, My T, Hu M, Wang P, Yi T, Zhong Z, et al. End-to-end artificial intelligence platform for the management of large vessel occlusions: A preliminary study. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2022;31(11):106753. doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106753](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106753)
24. OZALTIN O, Coskun O, Yeniyay O, Subasi A. A Deep Learning Approach for Detecting Stroke from Brain CT Images Using OzNet. *Bioengineering*. 2022;9(12):783. doi: [10.3390/bioengineering9120783](https://doi.org/10.3390/bioengineering9120783)
25. PISCOPO A, Zanaty M, Dlouhy K. Contemporary Methods for Detection and Intervention of Distal Medium and Small Vessel Occlusions. *J Clin Med*. 2023;12(18):6071. doi: [10.3390/jcm12186071](https://doi.org/10.3390/jcm12186071) 2344
26. REMEDIOS LW, Lingam S, Remedios SW, Gao R, Clark SW, Davis LT, et al. Comparison of convolutional neural networks for detecting large vessel occlusion on computed tomography angiography. *Med Phys*. 2021;48(10):6060-8. doi: [10.1002/mp.15122](https://doi.org/10.1002/mp.15122)
27. RODRIGUES G, Barreira CM, Bouslama M, Haussen DC, Al-Bayati A, Pisani L, et al. Automated Large Artery Occlusion Detection in Stroke: A Single-Center Validation Study of an Artificial Intelligence Algorithm. *Cerebrovasc Dis*. 2021;51(2):259-64. doi: [10.1159/000519125](https://doi.org/10.1159/000519125)
28. SANTOS AD, Visser M, Lin L, Bivard A, Churilov L, Parsons MW. Novel artificial intelligence-based hypodensity detection tool improves clinician identification of hypodensity on non-contrast computed tomography in stroke patients. *Front Neurol*. 2024;15:1359775. doi: [10.3389/fneur.2024.1359775](https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1359775)
29. SARMENTO RM, et al. Automatic Neuroimage Processing and Analysis in Stroke—a Systematic Review. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2020;13:130-55. doi: [10.1109/rbme.2019.2934500](https://doi.org/10.1109/rbme.2019.2934500)
30. SOUN JE, Zolyan A, McLouth J, Elstrott S, Nagamine M, Liang C, et al. Impact of an automated large vessel occlusion detection tool on clinical workflow and patient outcomes. *Front Neurol*. 2023;14. doi: [10.3389/fneur.2023.1179250](https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1179250)

31. TEMMEN SE, Becks MJ, Schalekamp S, van Leeuwen KG, Meijer FJA. Duration and accuracy of automated stroke CT workflow with AI-supported intracranial large vessel occlusion detection. *Sci Rep.* 2023;13(1):12551. doi: [10.1038/s41598-023-39831-x](https://doi.org/10.1038/s41598-023-39831-x)
32. VAN Leeuwen KG, Meijer FJA, Schalekamp S, Rutten MJ, van Dijk EJ, van Ginneken B, et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence aided vessel occlusion detection in acute stroke: an early health technology assessment. *Insights Imaging.* 2021;12(1). doi: [10.1186/s13244-021-01077-4](https://doi.org/10.1186/s13244-021-01077-4)
33. VERCLYTTE S, Gnanih R, Verdun S, Feiweier T, Clifford B, Ambarki K, et al. Ultrafast MRI using deep learning echoplanar imaging for a comprehensive assessment of acute ischemic stroke. *Eur Radiol.* 2023;33(5):3715–25. doi: [10.1007/s00330-022-08706-2](https://doi.org/10.1007/s00330-022-08706-2)
34. WEYLAND CS, Papanagiotou P, Schmitt N, Joly O, Bellot P, Mokli Y, et al. Hyperdense Artery Sign in Patients With Acute Ischemic Stroke—Automated Detection With Artificial Intelligence-Driven Software. *Front Neurol.* 2022;13. doi: [10.3389/fneur.2022.807145](https://doi.org/10.3389/fneur.2022.807145)
35. YALÇIN S, Vural H. Brain stroke classification and segmentation using encoder-decoder based deep convolutional neural networks. *Comput Biol Med.* 2022;149:105941. doi: [10.1016/j.combiomed.2022.105941](https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105941)