

ANESTESIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ONDE ESTAMOS E PARA ONDE VAMOS?

ANESTHESIA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: WHERE ARE WE AND WHERE ARE WE GOING?

SÂNZIO PASCOALLE ANDRADE DOS ANJOS¹; DÁRIO HUMBERTO DE PAIVA¹; GIULLIANO GARDENGHI^{1,2}

1 - Clínica de Anestesia de Goiânia GO (CLIANEST)

2 - Hospital ENCORE - Goiânia GO

RESUMO

A tecnologia baseada em Inteligência Artificial e seus subcampos como Machine Learning e Deep Learning aplicados à área da saúde encontram-se em rápida evolução. Na especialidade da anestesiologia as suas aplicações podem ser observadas nas áreas de avaliação pré-operatória, monitorização da profundidade anestésica e administração automatizada de fármacos, anestesia regional guiada por ultrassom e gestão de salas cirúrgicas com resultados promissores.

Objetivo: O objetivo desta revisão narrativa de literatura é conhecer em qual cenário tecnológico a anestesiologia se encontra e quais as perspectivas futuras, compreender os resultados, as barreiras e os desafios.

Metodologia: Esse estudo consiste em uma revisão de literatura, com pesquisas por meio de análises de artigos na plataforma PubMed, entre os anos 2010 a 2023, aplicando-se os termos: Anesthesiology, Artificial Intelligence, Machine Learning e Deep Learning.

Resultados: Foram identificados 65 artigos relacionados aos termos pesquisados, dos quais, 25 artigos foram selecionados. Após a exclusão de 03 artigos por fuga do tema, 22 artigos eram elegíveis e 15 artigos foram selecionados para o presente estudo.

Conclusão: A Inteligência Artificial e seus subcampos estão em progressiva expansão de desenvolvimento. Com a capacidade de criar algoritmos que executam tarefas e solucionam problemas de forma semelhante à inteligência humana estão presentes em diversas áreas da anestesiologia. Auxiliam os especialistas a entregarem qualidade, segurança e eficiência dos cuidados prestados, no entanto, barreiras éticas, morais e sociais devem ser superadas. Apesar de apresentar resultados promissores, estudos futuros quanto às suas aplicabilidades devem ser realizados e a presença do médico anestesiológico ainda é indispensável na prática clínica.

Palavras-chave: Anestesia; Inteligência Artificial; Aprendizado de Máquina; Aprendizado Profundo.

ABSTRACT

Technology based on Artificial Intelligence (AI) and its subfields such as Machine Learning and Deep Learning applied to the healthcare sector is undergoing rapid evolution. In the field of anesthesiology, its applications can be observed in the areas of preoperative assessment, monitoring of anesthetic depth, automated drug administration, ultrasound-guided regional anesthesia, and surgical room management with promising results.

Objective: The objective of this narrative literature review is to understand the technological landscape in which anesthesiology currently exists and explore future perspectives. It aims to comprehend the results, barriers, and challenges within this field.

Methodology: This study consists of a literature review, conducted through the analysis of articles on the PubMed platform from the years 2010 to 2023, using the terms: Anesthesiology, Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning.

Results: 65 articles related to the searched terms were identified, of which 25 articles were selected. After excluding 3 articles unrelated to the theme, 22 articles were deemed eligible, and 15 articles were chosen for the present study.

Conclusion: Artificial Intelligence and its subfields are undergoing progressive development and expansion. The ability to create algorithms that perform tasks and solve problems similarly to human intelligence is present in various areas of anesthesiology. They assist experts in delivering quality, safety, and efficiency in care; however, ethical, moral, and social barriers must be overcome. Despite showing promising results, future studies regarding their applicability should be conducted, and the presence of the anesthesiologist is still indispensable in clinical practice.

Keywords: Anesthesiology, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning.

INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) representa uma área dinâmica da ciência da computação que busca capacitar máquinas para realizarem tarefas que são executadas a partir da ação e da inteligência humana. No cerne da IA está a idéia de desenvolver algoritmos e sistemas capazes de aprender, raciocinar e tomar decisões de forma autônoma, podendo imitar, superando ou não a atuação de especialistas em diversas áreas¹⁻⁴.

Machine Learning (ML) é um subcampo da IA capaz de criar algoritmos que capacitam os computadores a tomarem decisões e resolverem problemas, melhorando as ações futuras sem programação explícita. Os algoritmos são formados a partir da análise de dados que podem incluir números, textos, imagens, sons e fala²⁻⁴.

Deep Learning (DL) é uma subárea de ML que se baseia em arquiteturas computacionais complexas denominadas de redes neurais artificiais (RNA) que mimetizam o cérebro humano. Visa criar modelos capazes de aprender e a realizar tarefas complexas sem programação prévia a partir da análise de dados e permite alcançar a melhor resposta ou resultado para uma determinada tarefa⁴.

No campo da anesthesiologia, a IA apresenta tendências positivas, estando presente em diversos setores da área, tendo atualmente suas principais aplicações clínicas em: 1- Avaliação pré-operatória; 2- Monitorização da profundidade anestésica e administração automatizada de drogas; 3- Anestesia regional guiada por ultrassom (USG); 4- Gestão e logística de salas operatórias¹⁻⁴.

O presente estudo objetiva discorrer sobre as formas existentes de IA que atualmente auxiliam na prática do anesthesiologista, investigar os potenciais avanços na área e relacionar os benefícios alcançados no desfecho do cuidado com o paciente.

METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, realizado através da análise de artigos pesquisados na plataforma PubMed, entre os anos 2010 a 2023, aplicando em suas seleções as palavras chaves: Anesthesiology, Artificial Intelligence (IA), Machine Learning, Deep Learning.

Estabeleceram-se como critério de inclusão os artigos que apresentavam estudos prévios relacionados às áreas da anesthesiologia e algoritmos de IA atualmente validados na prática clínica.

Artigos com os termos ML e DL relacionados ao desenvolvimento de algoritmos aplicados à anestesiologia também foram incluídos, porém os detalhes dos seus desenvolvimentos pela área da Ciência da Computação não tiveram aqui maiores descrições.

RESULTADOS

A figura 01 apresenta o fluxograma para seleção dos estudos incluídos nessa revisão. A busca resultou em 65 artigos. Após leitura crítica, 25 foram selecionados por abordar a relação do tema com a anestesiologia. Foram excluídos 03 artigos por fuga do tema. Do total, 22 foram avaliados para elegibilidade sendo que 10 artigos continham descrições similares com redundância da forma de descrever o tema em seu contexto. Sendo assim, 16 artigos foram incluídos para o presente estudo. Na tabela 01 estão descritos os autores dos diversos estudos, objetivos e conclusões que discutem a temática analisada. apresentados de maneira resumida.

A IA está presente em diversos campos da anestesiologia, tendo aplicabilidade validada atualmente nas áreas de avaliação pré-operatória, monitorização da PA e administração automatizada de drogas, anestesia regional guiada por USG e gestão de salas cirúrgicas. 0

Figura 1. Fluxograma para seleção e inclusão dos artigos no presente estudo

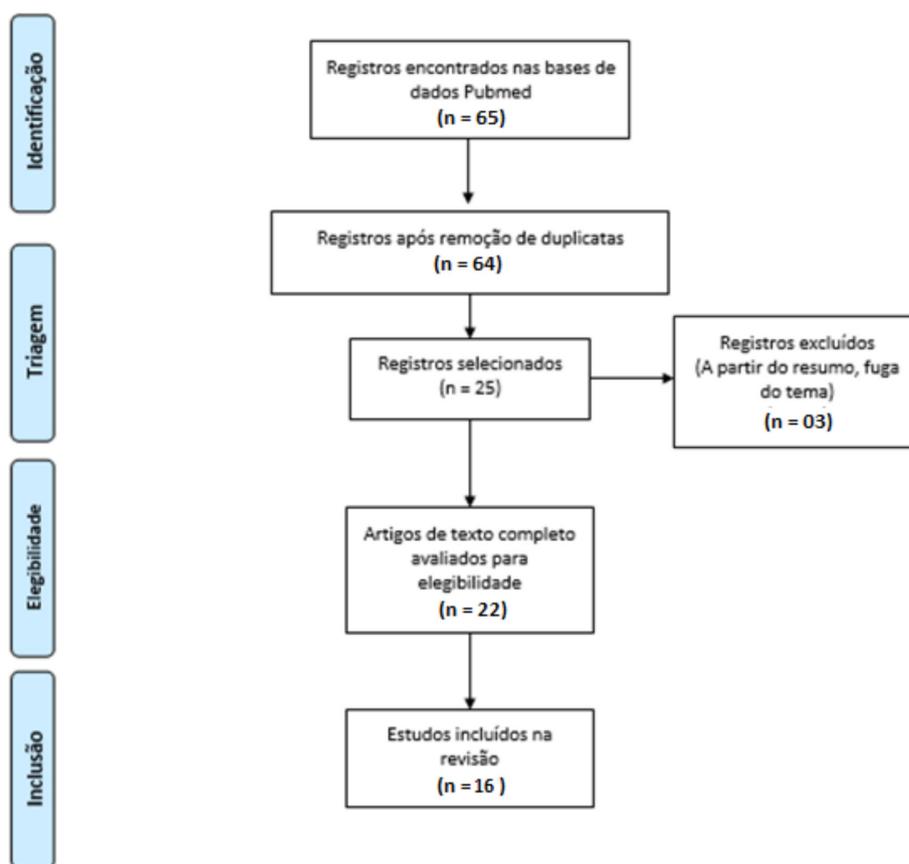


Tabela 1 – Resultados obtidos na busca de artigos, apresentados de maneira resumida, com os artigos, autores, objetivos e conclusões.

ARTIGO	AUTOR	OBJETIVO	CONCLUSÃO
1- Necessity and Importance of Developing AI in Anesthesia from the Perspective of Clinical Safety and Information Security	<i>Song .B. et al</i>	Esclarecer a situação atual e os desafios da aplicação de IA em anestesiologia, fornecendo referências clínicas e orientando o desenvolvimento futuro da IA na área.	Os algoritmos de IA são ferramentas clínicas que analisam com rapidez e precisão grandes quantidades de dados, descobrindo correlações e padrões imperceptíveis para a cognição humana. Anestesiologistas auxiliam a identificar possibilidade de novas tecnologias e fornecer <i>insights</i> que garantem suas aplicabilidades na área.
2- A Comprehensive Analysis and Review of Artificial Intelligence in Anaesthesia.	<i>Singal M. et al</i>	Explorar o uso, os desafios e as aplicações prospectivas de IA na anestesiologia.	IA pode melhorar os cuidados de saúde, aprimorar produtividade e treinar futuros anestesiologistas. Tem aplicações na monitorização de sinais vitais, previsão de eventos adversos e administração automatizada de drogas. Apresenta como desafios a qualidade e quantidade dos dados analisados, limitações técnicas e problemas éticos e morais.
3- Artificial Intelligence in Anesthesiology: Current Techniques, Clinical Applications, and Limitations	<i>Hashimoto D. et al</i>	Revisar sobre a implicação da IA na anestesia, discutir sobre suas limitações e sobre o papel dos médicos no desenvolvimento de novas tecnologias.	IA pode impactar a prática anestésica dando suporte perioperatório, nos cuidados críticos e no manejo da dor ambulatorial. Com o avanço tecnológico é de grande importância que os anestesiologistas forneçam <i>insights</i> baseados na prática clínica para verificar a aplicabilidades de futuras tecnologias de IA.
4- Anesthesia Monitoring using Artificial Intelligence Techniques	<i>Grath H. et al</i>	Demonstrar as evoluções tecnológicas que atuam na área da anestesiologia.	O avanço da tecnologia permitiu criar robôs com sistemas farmacológicos capazes de titular as doses e manter o estado de analgesia, hipnose e relaxamento neuromuscular. Em anestesia demonstram a vantagem de eliminar a parte repetitiva de "workload" permitindo aos anestesiologistas focarem mais no cuidado do paciente.
5- Artificial intelligence and telemedicine in anesthesia: potential and problems	<i>Bellini V. et al</i>	Discutir sobre a atual aplicação de telemedicina na anestesia e cuidados perioperatórios.	IA tem benefícios nas fases do cuidado perioperatório, previsão de riscos e organização das salas operatórias. Reduz custos e melhora os resultados da assistência. Telemedicina tem sucesso na avaliação pré-operatória, monitoramento dos cuidados e acompanhamento pós cirúrgico.
6- Preadmission Anesthesia Consultation Using Telemedicine Technology: A Pilot Study	<i>Wong D. et al</i>	Relatar sobre os aspectos e implementação da telemedicina em consultas anestésicas.	Telemedicina pode reduzir os custos com deslocamento dos pacientes e melhorar a acessibilidade do cuidado à saúde.
7- Patient preferences on telemedicine for preanesthesia evaluation	<i>Fishman M. et al</i>	Investigar a preferência dos pacientes quanto ao uso da telemedicina para avaliação pré anestésica	Telemedicina permite realizar consultas e avaliações pré-anestésicas, alcançando satisfação do examinador e do paciente.
8- McSleepy, da Vinci, Kepler Intubation System et al	<i>Shah S.</i>	Pontuar sobre Mc Sleepy e Kepler Intubation System (KIS).	IA pode auxiliar na prática anestésica com segurança e precisão.

<p>9- Recent advances in the technology of anesthesia</p>	<p><i>Seger C. et al</i></p>	<p>Dicorrer sobre a presença da tecnologia na prática anestésica.</p>	<p>A tecnologia de monitorização e entrega de medicamentos permitiu segurança e eficiência dos anestésicos. A telemedicina permite avaliações perioperatórias e a geração de dados de saúde. Automação é iminente no futuro da anesthesiologia. As inovações precisarão considerar os fatores humanos, garantir a privacidade, segurança, e validade dos dados gerados.</p>
<p>10- Artificial intelligence, nano-technology and genomic medicine: The future of anaesthesia</p>	<p><i>Naaz S. et al</i></p>	<p>Concentrar nas associações e oportunidades de IA criadas com anestesia.</p>	<p>IA poderia ser usada para desenvolver ferramentas avançadas de apoio à decisão clínica aumentando a precisão e eficiência da prática anestésica. A anestesia é uma especialidade complexa sendo irrealista a hipótese de substituição por IA.</p>
<p>11- Monitoring the depth of anesthesia using entropy features and an artificial neural network</p>	<p><i>Shalhaf R. et al</i></p>	<p>Propor um novo modelo automatizado de avaliação de profundidade anestésica.</p>	<p>Um novo modelo de sistema de monitorização de EEC poderia auxiliar anestesistas a estimar a profundidade anestésica com rapidez e precisão.</p>
<p>12- Artificial intelligence in ultrasound-guided regional anesthesia: A scoping review</p>	<p><i>Viderman D. et al</i></p>	<p>Revisar as aplicações de IA no uso de USG em anestesia regional.</p>	<p>IA pode ser útil para identificar estruturas anatômicas durante anestesia guiada por USG reduzindo ou evitando complicações.</p>
<p>13- The Advances and Utility of Artificial Intelligence and Robotics in Regional Anesthesia: An Overview of Recent Developments</p>	<p><i>Karmakar A. et al</i></p>	<p>Explorar o cenário e aplicações de IA e robótica na anestesia regional, delineando benefícios, desafios e considerações éticas.</p>	<p>IA e a robótica têm o potencial de remodelar a prática da anestesia regional, melhorando o atendimento ao paciente e o manejo da dor.</p>
<p>14- Machine learning approach to needle insertion site identification for spinal anesthesia in obese patients</p>	<p><i>Chan J. et al</i></p>	<p>Dicorrer sobre o uso de USG em anestesia de neuroeixo.</p>	<p>O uso de USG em anestesia de neuroeixo identifica o local de punção em pacientes obesos reduzindo o desconforto e complicações.</p>
<p>15- Ultrasound Images Guided under Deep Learning in the Anesthesia Effect of the Regional Nerve Block on Scapular Fracture Surgery</p>	<p><i>Liu Y. et al</i></p>	<p>Avaliar os desfechos de bloqueios guiados por USG em fratura escapular.</p>	<p>O USG apresenta precisão para identificar estruturas resultando em efeitos anestésicos adequados com baixas complicações. Modelos de DL podem melhorar efetivamente a conduta em pacientes com fratura de escápula.</p>
<p>16- Artificial Intelligence: A New Tool in Operating Room Management</p>	<p><i>Bellini V. et al</i></p>	<p>Entender o papel das novas tecnologias no período perioperatório, com foco particular em manejo e gestão de salas operatórias.</p>	<p>ML é capaz de dar suporte a modelos que coordenam múltiplos espaços simultaneamente como SRPA e salas cirúrgicas. Podem limitar problemas organizacionais com importante repercussão econômica. Tem potencial na gestão de centros cirúrgicos, capacidade de melhorar os serviços hospitalar, avaliar os riscos perioperatórios e atentar às necessidades da recuperação de cada paciente.</p>

Abaixo, ainda como resultados, desenvolvemos quatro subtemas de acordo com o escopo do estudo. Aplicação da inteligência artificial na medicina pré-operatória; aplicação da inteligência artificial na monitorização da profundidade anestésica e administração automatizada de drogas; aplicação da inteligência artificial em anestesia regional e ainda aplicação da inteligência artificial na gestão de salas operatórias aplicação da inteligência artificial na medicina pré-operatória.

A avaliação perioperatória permite ao anestesiológista examinar o paciente e a Identificar fatores de riscos, permitindo uma programação anestésica e operatória adequada, reduzindo intercorrências, complicações e mortalidade ⁵.

Definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a prestação de serviço à saúde através de tecnologias de comunicação, a telemedicina permite que anestesiológistas realizem consultas, avaliação pré-anestésica e acompanhamento de pacientes em regiões onde a distância é um fator limitante ⁵⁻⁷.

Wong (2004) demonstrou o sucesso da telemedicina durante a avaliação pré-anestésica, sendo possível alcançar satisfação dos pacientes e a identificar condições clínicas que postergassem o procedimento cirúrgico ⁶.

Avaliação computadorizada de fotografias e análise facial ajudam a identificar indicadores preditivos de via aérea difícil (VAD), e algoritmos que utilizam medidas como índice de massa corpórea (IMC) e distância mento-tireoidiana permitem aos anestesistas decidirem qual a melhora estratégia para intubação orotraqueal (IOT) ⁷.

Modelos de ML identificam pacientes de alto risco a partir da análise de dados como sinais vitais, classificação do estado físico ASA e comorbidades. Esses dados são correlacionados e os algoritmos são programados para prever os possíveis resultados pós-operatórios como dor operatória grave e a necessidade de internação em UTI auxiliando na administração adequada de leitos, abreviando o tempo de internação e reduzindo custos ⁵⁻⁷.

De acordo com Fishman (2014) e Song (2022), a IA apresenta resultados positivos. Tecnologia avançada como câmeras de vias aéreas e estetoscópios eletrônicos auxiliam na avaliação pré-anestésica, no entanto, a relação médico paciente e a intuição do especialista na tomada de decisão devem ser preservadas.

APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MONITORIZAÇÃO DA PROFUNDIDADE ANESTÉSICA E ADMINISTRAÇÃO AUTOMATIZADA DE DROGAS

Profundidade anestésica (PA) corresponde à resposta do sistema nervoso central entre o período do efeito das drogas anestésicas e a percepção nociceptiva dos estímulos cirúrgicos.

O uso excessivo de hipnóticos correlaciona com aumento da mortalidade pós-operatória, e superficialidade anestésica esta relacionada com traumas emocionais e alterações fisiológicas que podem comprometer o procedimento cirúrgico e o desfecho pós-operatório. O monitoramento adequado da PA permite um procedimento cirúrgico seguro, economia das doses de hipnóticos e recuperação pós-anestésica favorável. Atualmente o índice bispectral (BIS) é o monitor mais utilizado, porém a interferência na captação dos sinais eletroencefalográficos e a pobre relação de nocicepção predispõe à avaliações subjetivas de PA ⁹⁻¹¹.

O eletroencefalograma (EEG) registra a atividade elétrica cerebral e fornece informações sobre os diferentes estados fisiológicos do cérebro. Modelos baseados em RNA identificam as diferentes características das ondas captadas e correlacionam com a profundidade anestésica ¹¹.

Modelos matemáticos construídos a partir de análise de dados e Deep Learning determinam a relação dose-efeito de um anestésico com base em suas características farmacocinéticas e farmacodinâmicas. A partir de dados de monitorização como frequência cardíaca, pressão arterial e BIS, os algoritmos previnem oscilações da PA controlando e ajustando a dose alvo de hipnóticos¹⁰⁻¹¹.

Automação é a capacidade de uma máquina alterar sua função sem intervenção humana, mas em busca de um objetivo por ele definido. A interdependência desses fatores define os sistemas de administração de anestesia em circuito fechado (SAACF)¹¹.

O McSleepy, desenvolvido pela McGill University Health, é um exemplo de automação na administração de anestesia. Projetado para monitorar e manter a profundidade anestésica, utiliza parâmetros como PA, dor e relaxamento muscular para calcular a dose adequada de anestésicos. Atua como um anestesiológico humanoíde capaz de analisar as informações e adaptar o próprio comportamento, monitorizando e reconhecendo o mau funcionamento⁸.

Outro exemplo em que a IA esteve presente na anesthesiologia foi em abril de 2011 onde o Kepler Intubation System (KIS), um sistema de intubação robótica desenvolvido pelo Dr. Thomas M. Hemmerling, realizou a primeira intubação remota em um paciente no Montreal General Hospital. O KIS foi desenvolvido com o objetivo de facilitar o procedimento de intubação, reduzindo complicações associadas ao manejo das vias aéreas⁸.

A monitorização da PA através de modelos de ML que analisam as características das ondas de EEG permitiu avaliar com maior precisão o estado anestésico em comparação ao BIS¹¹.

A integração entre IA e monitorização de PA contribui para anestésias mais seguras, personalizadas e eficazes. Atividade elétrica cerebral, frequência cardíaca, pressão arterial e saturação de oxigênio compõem os dados analisados pelo algoritmo e permitem avaliação da PA em tempo real reduzindo complicações e otimizando as doses de hipnóticos utilizados.

APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ANESTESIA REGIONAL

A Computação Visual é um subcampo da IA em que a máquina reconhece imagens, vídeos e outros dados visuais como tomografias e raio-x. Tem grande aplicabilidade na anesthesiologia com a análise automatizada de imagens de USG que auxiliam a identificação de estruturas durante bloqueios periféricos sonoguiados¹²⁻¹³.

O USG é comumente utilizado em anesthesiologia para realizar bloqueios regionais. Capaz de identificar estruturas como vasos sanguíneos, músculos ossos e nervos, permite acompanhar a inserção da agulha e dispersão do anestésico local em tempo real, minimizando ou evitando acidentes de punção. Especialistas em curva de aprendizado, pacientes sobrepeso e sobreposição de imagens com ecogenidade semelhante são desafios que aumentam o risco de complicações como injeções intravasculares, injúria de nervos e punção de pleura ou peritônio¹².

Hashimoto (2020) e Viderman (2022) demonstraram a aplicabilidade de redes neurais artificiais para identificar estruturas anatômicas a partir de imagens de USG, auxiliando com sucesso as práticas anestésicas^{3,12}.

O uso de USG com detecção de alvos automáticos auxilia anestesistas a identificar estruturas anatômicas específicas e certificar o correto posicionamento da agulha e administração de anestésico local reduzindo complicações e aumentando o sucesso da técnica anestésica^{12,14}.

Chan et. al (2021), apresentaram após avaliação de 48 pacientes, que algoritmos de ML e processa-

mento de imagens ajudam a identificar o melhor local e ângulo de inserção da agulha nos bloqueios de neuroeixo em paciente obesos com índice de massa corpórea (IMC) $> 30 \text{ Kg/m}^2$, reduzindo o desconforto e complicações de múltiplas punções ¹⁴.

Liu (2021) concluíram que o uso de DL em imagens de USG auxiliam no bloqueio regional de pacientes submetidos à cirurgia de fratura escapular, reduzindo complicações e o tempo de execução do bloqueio ¹⁵.

Apesar de ser uma técnica promissora, a aplicabilidade de IA em anestesia regional apresenta riscos e limitações. Falha na identificação de nervos com densidades similares às estruturas próximas ou falha para reconhecer estruturas com alterações anatômicas predispõe à traumas de punção ou toxicidade sistêmica por administração de anestésico local intravascular. A identificação de estruturas ricamente vascularizadas também é um desafio ¹³⁻¹⁴.

APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO DE SALAS OPERATÓRIAS

Centros cirúrgicos podem ser considerados o “centro financeiro” das unidades hospitalares, representando cerca de 30 a 45% do faturamento. Apresentam um espaço complexo onde a alta expectativa do paciente é confrontada com a interação de diversos profissionais e agendas cirúrgicas imprevisíveis ⁴.

Com a capacidade de gerar inúmeros dados como o tipo de cirurgia, equipe cirúrgica e histórico médico do paciente assim como o tipo de anestesia e experiência da equipe cirúrgica, algoritmos de ML e redes neurais artificiais são alimentados criando sistemas de gestão de centros cirúrgicos ^{4,16}.

Dessa forma a IA pode otimizar custos e reduzir gastos prevendo o tempo de ocupação das salas operatórias e a permanência em SRPA, aumentando a eficiência e segurança do serviço ¹⁶.

DISCUSSÃO

A IA tem a capacidade de analisar com rapidez e precisão grandes armazenamentos de dados e identificar padrões que são imperceptíveis para a cognição humana tornando-se uma ferramenta de grande auxílio, mas que deve ser implantada na situação certa para responder a uma pergunta apropriada ou resolver um problema aplicável.

Com diversas aplicabilidades no campo da anesthesiologia, apresenta resultados promissores principalmente nas áreas de avaliação pré-operatória, monitorização da profundidade anestésica, administração automatizada de drogas, anestesia regional e gestão de salas cirúrgicas.

Na avaliação pré-operatória, o advento da telemedicina possibilitou consultas anestésicas à distância. Com auxílio de algoritmos de reconhecimento facial e de análise de dados como sinais vitais, comorbidades, IMC e estado físico ASA permitiu avaliar e acompanhar pacientes em áreas remotas. Dessa forma, a IA proporcionou o sucesso das avaliações, estratificando riscos cirúrgicos, VAD e minimizando possíveis complicações. No entanto, devido aspectos culturais, o contato médico-paciente ainda é necessário para alcançar a satisfação integral dos pacientes.

Modelos de RNA identificam os diferentes padrões de ondas de EEG e os correlaciona com os dados obtidos através dos monitores de pressão arterial, frequência cardíaca e relaxamento muscular, determinando o estado fisiológico cerebral e prevendo o nível da PA. Juntamente como modelos matemáticos construídos a partir das características farmacocinéticas e farmacodinâmicas das drogas, determinam a relação dose-efeito dos anestésicos prevenindo PA excessiva ou superficialidade da consciência, garantindo segurança durante o procedimento cirúrgico, melhor recuperação anestésica e redução de custos.

No entanto, devido o ser humano ter a capacidade de extrapolar o conhecido e lidar com situações inesperadas e emergenciais, a visão clínica do anestesiologista é imprescindível durante o cuidado do paciente. O especialista é indispensável para avaliar a utilidade e validade dos dados coletados para o treinamento de algoritmos e garantir que a tecnologia desenvolvida seja clinicamente aplicável³.

Computação visual reconhece padrões de estruturas anatômicas que em associação com algoritmos baseados em ML compõe softwares que atualmente são utilizados em dispositivos de USG auxiliando os anestesiologistas durante bloqueios regionais e de neuroeixo sonoguiados. Com esse auxílio da IA os riscos de lesão nervosa, falha da técnica, punção de estruturas próximas e intoxicação de anestésicos locais administrados no espaço intravascular são reduzidos significativamente. Apesar de bem-sucedida, essa tecnologia necessita ampliar a qualidade e quantidade das imagens analisadas em seu banco de dados, uma vez que estruturas com densidades semelhantes e alterações anatômicas podem comprometer a confiabilidade do seu uso.

Centros cirúrgicos têm grande representatividade econômica dentro das instituições hospitalares. A ocupação de salas operatórias, tempo de permanência em SRPA, inconsistência de agendas cirúrgicas, complexidade de procedimentos e experiência da equipe são dados diretamente relacionados à produtividade e eficiência. Essas informações alimentam os algoritmos de IA que permitem prever o tempo de ocupação das salas cirúrgicas e SRPA aumentando a eficiência e reduzindo os custos dessas unidades.

Sendo a IA uma tecnologia promissora para o sistema de saúde, não a isenta de desafios a serem superados como questões éticas e morais, qualidade e quantidade dos dados registrados e limitações técnicas. Pesquisas qualitativas futuras serão necessárias para compreender melhor qual a implicação ética, social e cultural da integração entre IA e assistência clínica.

Apesar de ser eficaz em demonstrar correlações e identificar padrões, agora a IA ainda não é capaz de determinar relações causais necessário para sua implementação clínica sem a participação do anestesiologista. Dessa forma especialistas na área devem avaliar criticamente as novas descobertas antes de suas utilizações.

CONCLUSÃO

Ao término dessa revisão concluí-se que no cenário atual a IA pode auxiliar os anestesistas em consultas pré-operatórias, permitindo a avaliação e acompanhamento dos pacientes de forma remota. Na administração automatizada de drogas e monitorização da profundidade anestésica, avaliando o estado de consciência com precisão através da correlação entre as ondas de EEG, sinais vitais e nível de relaxamento muscular. Em anestesia regional, os softwares desenvolvidos com dados de computação visual integram os novos aparelhos de USG facilitando a identificar as estruturas anatômicas e reduzindo as complicações da técnica. Os centros cirúrgicos aumentam a produtividade e eficiência quando algoritmos de AI auxiliam na gestão dessas unidades. A interação entre IA e anestesiologia permite garantir qualidade e segurança dos cuidados prestados, e eficiência às unidades hospitalares. Os dados gerados nas unidades alimentam os algoritmos e permitem a progressão da IA, no entanto, a qualidade e quantidade dos dados existentes é uma barreira para tal, assim como os desafios éticos e socioculturais. Apesar de constante evolução e grande aplicabilidade na área, a IA ainda não é capaz de lidar com intercorrências e situações emergenciais, sendo indispensável a presença do especialista na entrega do cuidado.

Vinculação acadêmica

Artigo desenvolvido para conclusão do programa de Especialização em Anestesiologia da Clínica de Anestesia de Goiânia – CLIANEST.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse relacionados com a presente publicação.

Fontes de Financiamento

O presente trabalho não contou com financiamento.

REFERÊNCIAS

- 1- Song B, Zhou M, Zhu J. Necessity and importance of developing AI in anesthesia from the perspective of clinical safety and information security. *Med Sci Monit.* 2023; 29:e938835. Available from: <https://medscimonit.com/abstract/full/idArt/938835> doi: 10.12659/MSM.938835
- 2- Singhal M, Gupta L, Hirani K (September 11, 2023). A comprehensive analysis and review of artificial intelligence in anesthesia. *Cureus.* 2023 Sep 11;15(9):e45038. Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.45038> doi: 10.7759/cureus.45038
- 3- Hashimoto DA, Witkowski E, Gao L, Meireles O, Rosman G. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology.* 2020 Feb;132(2):379–94. Available from: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002960> doi: 10.1097/ALN.0000000000002960
- 4- Grath MH, Flanagan C, Zeng L, Lei Y. Anaesthesia monitoring using artificial intelligence techniques. *Int J Anesth.* 2019;6(4):098. <https://doi.org/10.23937/2377-4630/1410098> doi: 10.23937/2377-4630/1410098
- 5- Bellini V, Valente M, Gaddi AV, Pelosi P, Bignami E. Artificial intelligence and telemedicine in anesthesia: potential and problems. *Minerva Anestesiol.* 2022 Sep;88(9):729–34. Available from: <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.21.16241-8> doi: 10.23736/S0375-9393.21.16241-8
- 6- Wong DT, Kamming D, Salenieks ME, Go K, Kohm C, Chung F. Preadmission anesthesia consultation using telemedicine technology: a pilot study. *Anesthesiology.* 2004 Jun; 100(6):1605–7. Available from: <https://doi.org/10.1097/00000542-200406000-00038> doi: 10.1097/00000542-200406000-00038
- 7- Fishman M, Mirante B, Dai F, Kurup V. Patient preferences on telemedicine for preanesthesia evaluation. *Can J Anesth.* 2015;62:433–4. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12630-014-0280-0> doi: 10.1007/s12630-014-0280-0
- 8- Sha SB, McSleepy, da Vinci, Kepler Intubation System et al. *Indian J Anaesth.* 2013 Jan-Feb;57(1):101–2. Available from: <https://doi.org/10.4103/0019-5049.108597> doi: 10.4103/0019-5049.108597
- 9- Seger C, Cannesson M. Recent advances in the technology of anesthesia. 2020 May 18, 9:1–7. [version 1; peer review: 2 approved] Available from: <https://doi.org/10.12688/f1000research.24059.1> doi: 10.12688/f1000research.24059.1
- 10- Naaz S, Asghar A. Artificial intelligence, nano-technology and genomic medicine: the future of anaesthesia. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2022 Jan 28;38(1):11–7. Available from: https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_139_20 doi: 10.4103/joacp.JOACP_139_20
- 11- Shalbfaf R, Behnam H, Sleigh JW, Steyn-Ross A, Voss LJ. Monitoring the depth of anesthesia using entropy features and an artificial neural network. *J Neurosci Methods.* 2013 Aug 15;218(1):17–24. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.03.008> doi: 10.1016/j.jneumeth.2013.03.008
- 12- Viderman D, Dossov M, Seitenov S, Lee M-H. Artificial intelligence in ultrasound-guided regional anesthesia: a scoping review. *Front Med.* 2022 Oct 25; 9:994805. Available from: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.994805> doi: 10.3389/fmed.2022.994805
- 13- Karmakar A, Khan MJ, Abdul-Rahman M, Shahid U. The advances and utility of artificial intelligence and robotics in regional anesthesia: an overview of recent developments. *Cureus.* 2023 Aug 29;15(8): e44306. Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.44306> doi: 10.7759/cureus.44306

14- Chan JJI, Ma J, Leng Y, Tan KK, Tan CW, Sultana R, et al. Machine learning approach to needle insertion site identification for spinal anesthesia in obese patients. *BMC Anesthesiol.* 2021 Oct 18;21(246):1-8. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01466-8> doi: 10.1186/s12871-021-01466-8

15- Liu Y, Cheng L. Ultrasound images guided under deep learning in the anesthesia effect of the regional nerve block on scapular fracture surgery. *J Healthc Eng.* 2021 Oct 07;2021: 6231116. Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/6231116> doi: 10.1155/2021/6231116

16- Belline V, Guzzon M, Bigliardi B, Mordonini M, Filippelli S, Bignami E. Artificial intelligence: a new tool in operating room management. role of machine learning models in operating room optimization. *J Med Syst.* 2019 Dec 10;44(20). Available from: <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1512-1> doi: 10.1007/s10916-019-1512-1

SÂNZIO PASCOALLE ANDRADE DOS ANJOS - <http://lattes.cnpq.br/7308712230612035> - <https://orcid.org/0000-0002-7608-3864>

DÁRIO HUMBERTO DE PAIVA - <http://lattes.cnpq.br/6700383284849103> - <https://orcid.org/0009-0007-8088-9039>

GIULLIANO GARDENGHI - <http://lattes.cnpq.br/1292197954351954> - <https://orcid.org/0000-0002-8763-561X>

ENDEREÇO

GIULLIANO GARDENGHI

CET - CLIANEST, R. T-32, 279 - St. Bueno, Goiânia - GO, Brasil, CEP: 74210-210

E-mail: coordenacao.cientifica@ceafi.edu.br

Revisão Bibliotecária - Romulo Arantes

Revisão Ortográfica: Dario Alvares

Recebido: 24/01/24. Aceito: : 02/04/24. Publicado em: 26/04/24.