

AVANÇOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CIRURGIA: IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES NA PRÁTICA CIRÚRGICA CONTEMPORÂNEA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.1561325160413>

Data de aceite: 09/05/2025

João Pedro Miranda Bertolo

Discente do curso de Medicina da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória (EMESCAM), Vitória, ES, Brasil

Magno Elídio Navarro Guarçoni Neto

Residente de Cirurgia Geral pela Santa Casa de Porto Alegre, RS, Brasil

Manuella dos Santos Cardinal

Discente do curso de Medicina da Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, Brasil

Pedro Rodrigues Nahssen

Discente do curso de Medicina da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória (EMESCAM), Vitória, ES, Brasil

RESUMO: Introdução: A IA se consolidou como uma tecnologia fundamental nos procedimentos cirúrgicos, proporcionando maior precisão e segurança aos pacientes. O impacto da IA abrange todas as fases do processo cirúrgico, desde o pré-operatório até o pós-operatório. **Objetivo:** Identificar as principais modalidades de participação da inteligência artificial na especialidade de cirurgia. **Método:** Trata-se de uma revisão narrativa da literatura.

A busca por artigos foi realizada nas bases de dados PubMed e Scielo. Foram escolhidos 25 artigos, entre 2010 e 2025.

Resultados: A aplicação da IA tem se mostrado altamente eficaz, superando, em algumas especialidades, os métodos tradicionais. No âmbito da gastrocirurgia, tem sido utilizada para patologias com o intuito de avaliar e determinar prognóstico com maior precisão do que os exames tradicionais. Na cirurgia cardíaca, ganha força na análise anatômica e funcional do coração e dos principais vasos de objetivo cirúrgico. Na cirurgia de cabeça e pescoço, também tem se mostrado altamente promissora nas etapas de diagnóstico, planejamento cirúrgico e tomada de decisão. No contexto intraoperatório, auxilia cirurgiões na identificação precisa de estruturas anatômicas complexas, como nas disseções de cadeias linfonodais durante cirurgias para câncer gástrico.

Conclusão: A inteligência artificial tem se destacado como uma ferramenta valiosa em múltiplas especialidades cirúrgicas, promovendo avanços significativos no diagnóstico, planejamento terapêutico e desfechos clínicos.

PALAVRAS-CHAVE: Cirurgia Geral; Inteligência Artificial; Cirurgia; Robótica; Resultado do Tratamento; Cirurgia Minimamente Invasiva.

INTRODUÇÃO

A ideia de inteligência artificial (IA) foi concebida no século passado por John McCarthy, com o objetivo de criar máquinas capazes de emular habilidades humanas (GOMES D, 2010). Hoje, a IA se consolidou como uma tecnologia fundamental nos procedimentos cirúrgicos, proporcionando maior precisão e segurança aos pacientes. Essa inovação tem um potencial revolucionário na área da cirurgia, melhorando, por exemplo, a precisão das previsões sobre a duração das cirurgias em até 34% (CHILDERS C. P. MAGGARD-GIBBONS M, 2018). O impacto da IA abrange todas as fases do processo cirúrgico, desde o pré-operatório até o pós-operatório (BENEVIDES G. P. et al., 2024).

Durante o planejamento cirúrgico, a IA é utilizada para analisar imagens médicas com alta precisão, criando modelos tridimensionais detalhados das estruturas anatômicas, o que permite aos cirurgiões planejar as intervenções com maior exatidão e antecipar possíveis complicações. Além disso, a IA é capaz de simular o cenário da cirurgia de forma individualizada, adaptando-se a cada paciente, possibilitando um treinamento prévio das intervenções que os médicos irão realizar (ZHANG W. et al., 2021). No intraoperatório, a IA oferece suporte contínuo e imediato, monitorando os sinais vitais do paciente e fornecendo alertas sobre alterações que possam indicar complicações, garantindo uma resposta rápida e eficaz a situações imprevistas. Ademais, a IA pode ser utilizada para guiar robôs cirúrgicos em procedimentos minimamente invasivos, aumentando a precisão dos movimentos e reduzindo erros humanos (BENEVIDES G. P. et al., 2024).

O uso da inteligência artificial (IA) em diversas especialidades cirúrgicas apresenta benefícios potenciais notáveis. Em casos como o de pacientes com Carcinoma Hepatocelular (CHC), a IA se destaca como uma ferramenta excelente na análise prognóstica (LAI Q. et al., 2020). Em cirurgias cardíacas congênitas, a tecnologia já é aplicada com alta precisão na avaliação da desnutrição e na previsão da sobrevida a um ano (MOHAMMADI I. et al., 2024). Além disso, a IA tem se mostrado eficaz na previsão de bons resultados em intervenções cirúrgicas, como nos shunts realizados em pacientes com hidrocefalia de pressão normal, uma das principais causas reversíveis de demência (FERNANDES R. T. et al., 2024). No entanto, apesar de seu vasto potencial, a implementação da IA exige uma estruturação adequada, investimentos consideráveis e especialização humana para seu manejo eficaz, o que pode tornar sua aplicação inviável em alguns procedimentos (ALABI R. O. et al., 2024).

Visto que a cirurgia está em constante evolução, ora no desenvolvimento de técnicas, ora nos instrumentais utilizados, a IA insere-se como aliada fundamental do cirurgião em todos os estágios de uma cirurgia moderna. Seu uso nas diversas modalidades como pré-operatório, otimizando o status em que o paciente chega para o procedimento, no intra-operatório, aperfeiçoando a exatidão e precisão da cirurgia e no pós-operatório com avaliação de resultados e complicações tendendo a excelência, fazem com que o uso da IA durante o perioperatório seja imperativo (HUANG S. et al., 2020)

Essa revisão narrativa da literatura tem como objetivo identificar as principais modalidades de participação da inteligência artificial na especialidade de cirurgia.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, que tem como objetivo identificar as principais modalidades de participação da inteligência artificial na especialidade de cirurgia. A busca por artigos foi realizada nas bases de dados “PubMed” e “Scielo”. Foram utilizados os descritores, conforme os Descritores em Ciências da Saúde (DECS) e Medical Subject Headings (MESH): “Surgery”, Artificial Intelligence, Robotics, Treatment “Outcome”, “Minimally Invasive Sugery”, “Pediatric Surgery” e “Urological Cancer”, com suas versões em português e inglês. Foram selecionados 25 artigos, nos idiomas português e inglês, entre 2010 e 2025, que apresentassem dados relevantes sobre a aplicação da inteligência artificial na área cirúrgica. Após a escolha dos artigos, os dados foram agrupados em eixos definidos a partir das especialidades cirúrgicas, sendo dividido nos seguintes tópicos: Gastrocirurgia, Cirurgia Cardíaca, Cirurgia de Cabeça e Pescoço, Cirurgia Oncológica, Cirurgia Vascular, Cirurgia Pediátrica e Neurocirurgia.

RESULTADOS

Nos últimos anos, é notório o crescente interesse pela inteligência artificial, que vem se consolidando como um importante objeto de estudo e pesquisa entre diversos entusiastas e especialistas da área. No campo da cirurgia, a aplicação da IA tem se mostrado não apenas viável, mas também altamente eficaz, superando, em algumas especialidades, os métodos tradicionais (KHAN M. M. et al., 2025; SULAIMAN R. et al., 2025). Procedimentos como exames diagnósticos, desenvolvimento de fármacos e até mesmo técnicas cirúrgicas consagradas vêm sendo constantemente atualizados, e tais inovações, de modo geral, encontram baixa resistência por parte da comunidade cirúrgica após certo período de adoção. A facilidade de uso e a melhoria na qualidade do trabalho proporcionadas pela IA contribuem para uma compreensão mais acessível e uma aceitação quase unânime por parte dos profissionais da área (BHUSHAN R, GROVER V, 2024).

Gastrocirurgia

No âmbito da gastrocirurgia, a IA tem sido utilizada para diversas patologias com o intuito de avaliar e determinar prognóstico com maior precisão do que os exames e avaliações clínicas tradicionais. Um setor de grande destaque é na hepatologia com o carcinoma hepatocelular (CHC), onde, atualmente, se tem uma avaliação ainda incerta da expectativa de vida e morbidade dos pacientes que recebem o tratamento direcionado. O grande percalço é o fato de se ter inúmeras variáveis e uma incapacidade de avaliar e correlacionar todas elas para se chegar a um número mais preciso. Diante desse cenário desafiador, o uso da inteligência artificial por meio de redes neurais artificiais (ANNs) tem

proporcionado resultados expressivos em estudos relevantes no contexto do carcinoma hepatocelular (CHC). Um exemplo notável é a aplicação de um modelo de ANN para prever a sobrevida livre de doença em um período de cinco anos, no qual a IA demonstrou desempenho superior em precisão quando comparada a outros métodos preditivos (LAI Q. et al., 2020).

No campo das cirurgias esofágicas, a IA já vem sendo empregada como ferramenta auxiliar na tomada de decisão clínica, ajudando na escolha entre esofagectomia, quimioterapia neoadjuvante ou a combinação de ambas as estratégias. Nesses casos, observou-se um aumento de 7% na sobrevida média em dez anos quando a decisão foi baseada em modelos de IA, em comparação com os métodos tradicionais de avaliação (RICE T.W. et al., 2019).

Em neoplasias gástricas, área amplamente estudada com foco na técnica cirúrgica, a inteligência artificial tem demonstrado capacidade de otimizar condutas terapêuticas. Estudos indicam que essa tecnologia contribuiu para a redução do tratamento excessivo em gastrectomias associadas à linfadenectomia, diminuindo em 3% os casos de dissecação em nível 1 (D1) e em 15% os de dissecação em nível 2 (D2) (LIU C, et al., 2019).

No contexto das colecistectomias — uma das cirurgias mais realizadas globalmente a cada ano — a IA vem sendo investigada para aplicação intraoperatória com o objetivo de aprimorar a visualização da “visão crítica de segurança” e prevenir lesões iatrogênicas da via biliar. Os resultados demonstram que, em procedimentos de maior complexidade, a IA alcança acurácia significativamente superior quando comparada à avaliação de cirurgiões experientes. No entanto, em cirurgias consideradas de menor complexidade, sua precisão pode ser reduzida em até 56% (BEKTAŞ M. et al., 2025).

Cirurgia Cardíaca

Na cirurgia cardíaca, a IA ganha força principalmente na análise anatômica e funcional do coração e dos principais vasos de objetivo cirúrgico. Estudos apontam até mesmo uma necessidade imperativa de se usar a IA devido a sua alta capacidade de previsão e diagnóstico. O uso em estimar anormalidades de paredes cardíacas como a discinesia, a capacidade de quantificar graus de estenose coronariana e a comparação entre intervenções transcateter vs cirúrgicas chamam atenção. Inclusive, a IA tem auxiliado nas cirurgias oncológicas do tórax, ora na definição mais precisa de margens cirúrgicas, ora na definição de critérios de ressecabilidade (BHUSHAN R, GROVER V, 2024).

Cirurgia de Cabeça e Pescoço

Na cirurgia de cabeça e pescoço, a inteligência artificial também tem se mostrado altamente promissora, especialmente nas etapas de diagnóstico, planejamento cirúrgico e tomada de decisão intraoperatória. No contexto da endoscopia laríngea, destaca-se pela elevada acurácia na detecção e classificação de lesões, favorecendo diagnósticos precoces e mais precisos — especialmente em casos de neoplasias, como os carcinomas de células escamosas — o que contribui para a redução de intervenções desnecessárias (DIAMANT I. et al., 2022). Além disso, a IA tem impulsionado avanços significativos na cirurgia robótica assistida, com potencial para aumentar a precisão em procedimentos minimamente invasivos realizados em regiões anatômicas complexas, como a orofaringe e a laringe. Essa tecnologia também tem se mostrado útil no prognóstico pós-operatório, por meio de algoritmos capazes de prever complicações ou recidivas, oferecendo suporte adicional à condução do tratamento (WU Y. et al., 2022).

Cirurgia Oncológica

A inteligência artificial tem se consolidado como uma ferramenta estratégica em diversas etapas do cuidado cirúrgico, desde o planejamento pré-operatório até a avaliação pós-operatória. No contexto intraoperatório, essa tecnologia auxilia os cirurgiões na identificação precisa de estruturas anatômicas complexas, como nas disseções de cadeias linfonodais durante cirurgias para câncer gástrico ou em casos de carcinoma oral avançado. Esse suporte contribui para a redução de complicações, otimização dos desfechos clínicos e melhora da qualidade de vida dos pacientes (HASHIMOTO D. A. et al., 2020; DEVINE J. C. et al., 2021). Na uro-oncologia, a IA tem desempenhado papel relevante na estratificação de risco e no planejamento terapêutico individualizado, impactando positivamente a definição de condutas (BANDINI M. et al., 2024). Além disso, sua aplicação em modelos voltados para rastreamento e diagnóstico têm demonstrado elevados índices de sensibilidade e especificidade, viabilizando intervenções precoces e mais eficazes (WU Z. et al., 2021).

Cirurgia Vascular

A IA tem sido aplicada com crescente relevância, especialmente no diagnóstico e manejo de aneurismas da aorta abdominal. Dentre as suas aplicações, possibilita a segmentação automatizada da aorta em exames de imagem, a análise precisa do aneurisma e até mesmo a previsão de risco de ruptura com base em algoritmos. A tecnologia vem sendo explorada no desenvolvimento de ferramentas para guiar intervenções endovasculares com maior acurácia, reduzindo tempo operatório e melhorando desfecho (DOYLE M. F. et al., 2020).

Cirurgia Pediátrica

Tratando-se da cirurgia pediátrica, a IA tem desempenhado um papel importante tanto no diagnóstico quanto no planejamento cirúrgico, com destaque para sua capacidade de interpretar grandes volumes de dados clínicos e radiológicos com elevada acurácia. Essa tecnologia tem sido aplicada, por exemplo, na detecção de anomalias congênitas, contribuindo para o monitoramento pós-operatório, possibilitando a identificação precoce de complicações. Assim, promove uma abordagem mais segura e personalizada para o cuidado em populações pediátricas (GOLDMAN J. et al., 2024).

Neurocirurgia

No contexto da neurocirurgia, a IA tem sido integrada a sistemas de navegação assistida e plataformas robóticas com o objetivo de aumentar a precisão e a segurança dos procedimentos. Esses recursos auxiliam na delimitação de margens tumorais e na preservação de estruturas neurológicas, como, por exemplo, em cirurgias para remoção de gliomas ou de lesões profundas do sistema nervoso central. Além disso, algoritmos baseados em IA estão sendo aplicados para estimar riscos operatórios e prever desfechos pós-cirúrgicos, permitindo uma abordagem mais personalizada e estratégica para cada paciente (JIAO Z. et al., 2024; FAN Y. et al., 2024).

Observa-se que a aplicação da inteligência artificial tem sido incorporada de maneira progressiva em distintas áreas da cirurgia, com resultados expressivos em termos de acurácia diagnóstica, suporte à decisão clínica e aprimoramento de condutas terapêuticas. Embora a magnitude dos benefícios varie entre as especialidades e contextos clínicos analisados, os dados apontam para um uso crescente e tecnicamente viável da IA, com desempenho relevante nos cenários apresentados.

CONCLUSÃO

A inteligência artificial tem se destacado como uma ferramenta valiosa em múltiplas especialidades cirúrgicas, promovendo avanços significativos no diagnóstico, planejamento terapêutico e desfechos clínicos. Na gastrocirurgia, redes neurais artificiais têm aprimorado a acurácia prognóstica em casos de carcinoma hepatocelular (CHC), superando métodos tradicionais. Em cirurgias esofágicas e gástricas, a IA tem auxiliado na escolha de abordagens mais eficazes e na redução de tratamentos excessivos, respectivamente. Nas colecistectomias, melhora a visualização intraoperatória, aumentando a precisão cirúrgica. Na cirurgia cardíaca, contribui para a análise de anomalias e definição da melhor intervenção, enquanto, em cirurgias de cabeça e pescoço, favorece a detecção precoce de lesões e a execução de procedimentos robóticos com maior exatidão.

Na cirurgia oncológica, é capaz de aumentar a precisão em disseções e reduzir complicações, especialmente em neoplasias gástricas e orais. Na uro-oncologia, otimiza a estratificação de risco e o planejamento terapêutico, tornando as decisões mais individualizadas. Em cirurgia vascular, tem papel fundamental na análise e predição do risco de ruptura de aneurismas da aorta abdominal, além de guiar intervenções endovasculares com maior segurança. Já na neurocirurgia, aumenta a precisão em procedimentos complexos e, na cirurgia pediátrica, contribui para o diagnóstico precoce de anomalias congênitas e o monitoramento pós-operatório. Esses avanços evidenciam o papel crescente da IA como aliada estratégica na evolução da medicina cirúrgica de precisão, promovendo intervenções mais seguras, personalizadas e eficazes.

Apesar do grande potencial da inteligência artificial, ela não substitui o julgamento clínico humano. O papel do cirurgião permanece fundamental na interpretação dos dados gerados pelas tecnologias, considerando as particularidades de cada paciente. A integração entre IA e expertise médica é, portanto, essencial para otimizar os resultados cirúrgicos. Contudo, embora os avanços sejam promissores, ainda são necessários estudos robustos que comprovem sua eficácia e segurança em contextos clínicos reais. A validação contínua dessas ferramentas é indispensável para sua aplicação responsável, com potencial de transformar a prática cirúrgica e ampliar a segurança dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. GOMES, D. *Inteligência artificial: conceitos e aplicações*. Revista Olhar Científico, v. 1, n. 2, p. 234–245, 2010.
2. CHILDERS, C. P.; MAGGARD-GIBBONS, M. *Understanding costs of care in the operating room*. JAMA Surgery, v. 153, n. 4, p. e176233, abr. 2018.
3. BENEVIDES, G. P. et al. *O impacto da inteligência artificial na cirurgia geral*. Cadernos de Educação e Desenvolvimento, v. 16, n. 8, p. 1–12, 2024.
4. ZHANG, W. et al. *The impact of machine learning on 2D/3D registration for image-guided interventions: a systematic review and perspective*. arXiv, 5 ago. 2021.
5. LAI, Q. et al. *Prognostic role of artificial intelligence among patients with hepatocellular cancer: a systematic review*. World Journal of Gastroenterology, v. 26, n. 42, p. 6679–6688, 14 nov. 2020. DOI: 10.3748/wjg.v26.i42.6679.
6. MOHAMMADI, I. et al. *Using artificial intelligence to predict post-operative outcomes in congenital heart surgeries: a systematic review*. BMC Cardiovascular Disorders, v. 24, p. 718, 20 dez. 2024. DOI: 10.1186/s12872-024-04336-6.
7. FERNANDES, R. T. et al. *Artificial intelligence for prediction of shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review*. World Neurosurgery, v. 192, p. e281–e291, dez. 2024. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.09.087.
8. ALABI, R. O. et al. *Artificial intelligence-driven radiomics in head and neck cancer: current status and future prospects*. International Journal of Medical Informatics, v. 188, p. 105464, ago. 2024. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105464.

9. HUANG, S. et al. *Artificial intelligence in cancer diagnosis and prognosis: opportunities and challenges*. Cancer Letters, v. 471, p. 61–71, 28 fev. 2020. DOI: 10.1016/j.canlet.2019.12.007.
10. KHAN, M. M. et al. *Ethical concerns of AI in neurosurgery: a systematic review*. Brain and Behavior, v. 15, n. 2, p. e70333, 11 fev. 2025. DOI: 10.1002/brb3.70333.
11. SULAIMAN, R. et al. *Machine learning for predicting outcomes of transcatheter aortic valve implantation: a systematic review*. International Journal of Medical Informatics, v. 197, p. 105840, maio 2025. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2025.105840.
12. BHUSHAN, R.; GROVER, V. *The advent of artificial intelligence into cardiac surgery: a systematic review of our understanding*. Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery, v. 39, n. 5, p. e20230308, 15 dez. 2024. DOI: 10.21470/1678-9741-2023-0308.
13. RICE, T. W. et al. *Precision surgical therapy for adenocarcinoma of the esophagus and esophagogastric junction*. Journal of Thoracic Oncology, v. 14, n. 11, p. 2164–2175, nov. 2019. DOI: 10.1016/j.jtho.2019.08.004.
14. LIU, C. et al. *Performance of a machine learning-based decision model to help clinicians decide the extent of lymphadenectomy (D1 vs. D2) in gastric cancer before surgical resection*. Abdominal Radiology (New York), v. 44, n. 9, p. 3019–3029, set. 2019. DOI: 10.1007/s00261-019-02098-w.
15. BEKTAŞ, M. et al. *Artificial intelligence-powered clinical decision making within gastrointestinal surgery: a systematic review*. European Journal of Surgical Oncology, v. 51, n. 1, p. 108385, jan. 2025.
16. DIAMANT, I. et al. *Artificial intelligence in otolaryngology: applications and future directions*. Laryngoscope Investigative Otolaryngology, v. 7, n. 3, p. 839–848, 2022. DOI: 10.1002/lio2.803.
17. WU, Y. et al. *Artificial intelligence in head and neck cancer: applications and challenges*. JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery, v. 148, n. 6, p. 471–479, 2022. DOI: 10.1001/jamaoto.2022.0467.
18. HASHIMOTO, D. A. et al. *Artificial intelligence in surgery: promises and perils*. Annals of Surgery, v. 272, n. 1, p. 70–76, 2020. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003951.
19. DEVINE, J. C. et al. *Role of artificial intelligence in oral oncology: a narrative review*. Frontiers in Oral Health, v. 2, p. 681497, 2021. DOI: 10.3389/froh.2021.681497.
20. BANDINI, M. et al. *Artificial intelligence for uro-oncology: state of the art and future perspectives*. Current Opinion in Urology, v. 34, n. 2, p. 126–134, 2024. DOI: 10.1097/MOU.0000000000001194.
21. WU, Z. et al. *Artificial intelligence in cancer diagnostics: a comprehensive review*. Biomedicine & Pharmacotherapy, v. 139, p. 111633, 2021. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111633.
22. DOYLE, M. F. et al. *Artificial intelligence in vascular surgery: current status and future perspectives*. Journal of Vascular Surgery, v. 72, n. 4, p. 1600–1606, 2020. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.12.052.
23. GOLDMAN, J. et al. *Artificial intelligence and machine learning in pediatric surgery: current applications and future directions*. Journal of Pediatric Surgery, 2024. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2024.02.013.
24. JIAO, Z. et al. *The role of artificial intelligence in modern neurosurgery: current applications and future directions*. World Neurosurgery, v. 185, p. e1373–e1381, 2024. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.03.107.
25. FAN, Y. et al. *Artificial intelligence in neurosurgery: a scoping review of current applications and future perspectives*. Frontiers in Surgery, v. 11, p. 11814476, 2024. DOI: 10.3389/fsurg.2023.11814476.