



A importância da segurança e confiabilidade na cirurgia robótica

The importance of safety and reliability in robotic surgery

La importancia de la seguridad y la confiabilidad en la cirugía robótica

Ana Karolinne Ferreira Frota¹, Lígia Sabrina Monteiro Martins¹, Karla Vieira da Costa Freitas¹, Carla Martins Santiago Sombra², Beatriz Cruz de Aquino², Elizabeth Cristina Moura de Almeida², Maria Gabriela Santana Portela², Rima de Souza Raad³.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a importância da segurança e confiabilidade na cirurgia robótica, identificando os desafios, avanços e melhores práticas que contribuem para a excelência nos procedimentos cirúrgicos assistidos por robôs. **Métodos:** Revisão qualitativa sistemática. Foram consultadas as bases de dados Scientific Electronic Library Online (Scielo), PubMed Central (PMC) e Springer, aplicando critérios específicos para selecionar os estudos relevantes. **Resultados:** Foi identificado um total de 29 artigos que abordam a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica. A maioria dos estudos analisados destaca a importância da adoção e treinamento nessa tecnologia, bem como suas aplicações e benefícios para a saúde pública. No entanto, também são mencionados desafios como o custo, a formação de cirurgiões e a equidade no acesso a essas tecnologias. **Considerações finais:** A cirurgia robótica está em constante evolução, e sua integração com a inteligência artificial (IA) promete melhorar a precisão e os resultados clínicos. No entanto, é fundamental abordar os desafios relacionados à qualidade dos dados, ética e aceitação dessas tecnologias na prática médica. A colaboração e a inovação são essenciais para maximizar os benefícios da cirurgia robótica e garantir resultados positivos para os pacientes e o sistema de saúde.

Palavras-chave: Confiabilidade, Segurança, Tecnologia, Medicina, Inteligência artificial.

ABSTRACT

Objective: Assess the importance of safety and reliability in robotic surgery, identifying the challenges, advances and best practices that contribute to excellence in robotic-assisted surgical procedures. **Methods:** Systematic qualitative review. The Scientific Electronic Library Online (Scielo), PubMed Central (PMC) and Springer databases were consulted, applying specific criteria to select relevant studies. **Results:** A total of 29 articles were identified that address safety and reliability in robotic surgery. Most of the studies analyzed highlight the importance of adopting and training this technology, as well as its applications and benefits for public health. However, challenges such as cost, surgeon training and equity in access to these technologies are also mentioned. **Final considerations:** Robotic surgery is constantly evolving, and its integration with artificial intelligence (AI) promises to improve precision and clinical outcomes. However, it is essential to address challenges related to data quality, ethics and acceptance of these technologies in medical practice. Collaboration and innovation are essential to maximizing the benefits of robotic surgery and ensuring positive outcomes for patients and the healthcare system.

Keywords: Reliability, Security, Technology, Medicine, Artificial intelligence.

¹ Universidade Nilton Lins (UNINILTON LINS), Manaus - AM.

² Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULM/ ULBRA), Manaus - AM.

³ Fundação de Medicina Tropical Doutor Heitor Vieira Dourado (FMT-HVD), Manaus - AM.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la importancia de la seguridad y confiabilidad en la cirugía robótica, identificando los desafíos, avances y mejores prácticas que contribuyen a la excelencia en los procedimientos quirúrgicos asistidos por robot. **Métodos:** Revisión cualitativa sistemática. Se consultaron las bases de datos Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed Central (PMC) y Springer, aplicando criterios específicos para seleccionar estudios relevantes. **Resultados:** Se identificaron un total de 29 artículos que abordan la seguridad y confiabilidad en cirugía robótica. La mayoría de los estudios analizados destacan la importancia de adoptar y capacitar esta tecnología, así como sus aplicaciones y beneficios para la salud pública. Sin embargo, también se mencionan desafíos como el costo, la capacitación de los cirujanos y la equidad en el acceso a estas tecnologías. **Consideraciones finales:** La cirugía robótica está en constante evolución y su integración con la inteligencia artificial (IA) promete mejorar la precisión y los resultados clínicos. Sin embargo, es esencial abordar los desafíos relacionados con la calidad de los datos, la ética y la aceptación de estas tecnologías en la práctica médica. La colaboración y la innovación son esenciales para maximizar los beneficios de la cirugía robótica y garantizar resultados positivos para los pacientes y el sistema sanitario.

Palabras clave: Fiabilidad, Seguridad, Tecnología, Medicina, Inteligencia artificial.

INTRODUÇÃO

A cirurgia robótica é descrita como um campo inovador que elimina as mãos do cirurgião e introduz sistemas robóticos capazes de realizar procedimentos cirúrgicos com alto grau de autonomia (RIVERO-MORENO Y, et al., 2024), representando uma evolução significativa da cirurgia minimamente invasiva. Esta técnica sofisticada, também conhecida como cirurgia assistida por robô, utiliza plataformas robóticas especializadas para melhorar a precisão dos movimentos dos cirurgiões em procedimentos complexos e pequenos espaços anatômicos, resultando em menos complicações cirúrgicas, menor dor, menos perda de sangue, redução da internação hospitalar, recuperação mais rápida e cicatrizes menores e menos perceptíveis (RIVERO-MORENO Y, et al., 2023).

As raízes da cirurgia robótica remontam a meados do século XX com a ideia inicial de usar máquinas para auxiliar na cirurgia. No entanto, foi no final do século XX que um progresso significativo foi feito. Em 1985, o PUMA 560, um sistema robótico pioneiro, realizou biópsias neurocirúrgicas, marcando o início da cirurgia robótica como a conhecemos hoje (REDDY K, et al., 2023). Este avanço foi precedido pelos esforços da Agência de Pesquisa e Projetos Avançados de Defesa dos Estados Unidos e da NASA na década de 1970, que tentaram criar um sistema para permitir cirurgias controladas remotamente (FAIRAG M, et al., 2024).

Desde então, a cirurgia robótica tem se consolidado como um campo da medicina em rápido crescimento, transformando o cenário cirúrgico e sendo amplamente utilizada em quase todos os ramos da cirurgia, como neurocirurgia, cirurgia da coluna, cirurgia endócrina, oncocirurgia, cirurgia ortopédica, oftalmologia, ginecologia, cirurgia plástica, cirurgia pediátrica, cirurgia torácica e odontologia. Apesar dos grandes avanços tecnológicos e das aplicações desses sistemas e dispositivos, a cirurgia robótica ainda enfrenta vários problemas e dilemas novos que precisam ser resolvidos conclusivamente. Hoje, a cirurgia robótica está em uma encruzilhada, e a direção que ela tomar será um fator significativo para determinar o que a cirurgia e a área médica poderão realizar no futuro (GOEL A, et al., 2023).

Diante desse contexto, a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica emergem como aspectos cruciais para garantir a excelência e a eficiência dos procedimentos cirúrgicos assistidos por robôs. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a importância da segurança e confiabilidade na cirurgia robótica, identificando os principais desafios, avanços e melhores práticas que contribuem para a excelência e segurança dos procedimentos cirúrgicos assistidos por robôs.

MÉTODOS

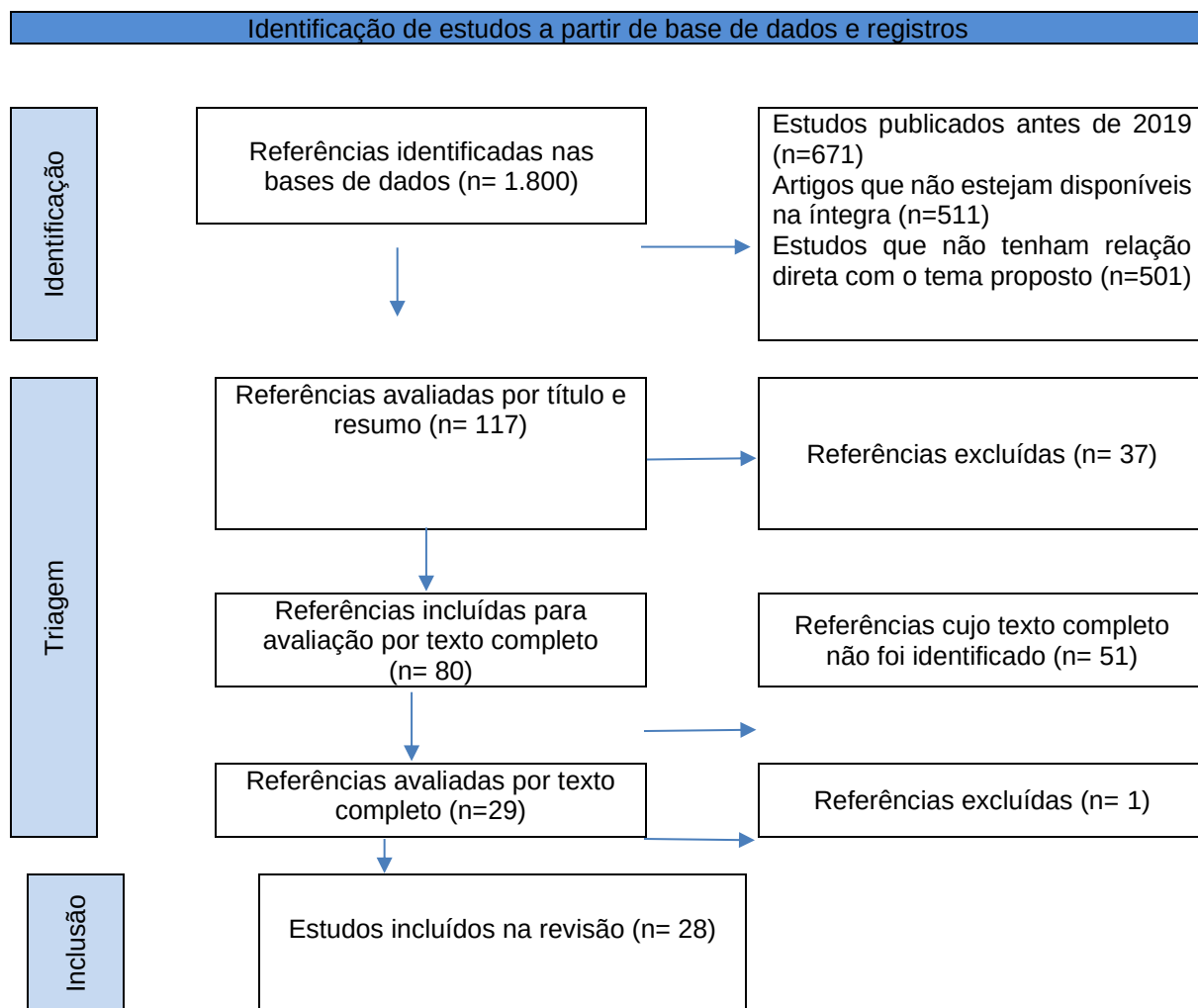
Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. A construção foi realizada em seis etapas, como segue: identificação do problema ou questionamento, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de artigos, definição das informações a serem extraídas dos artigos selecionados, análise das informações, interpretação dos resultados e apresentação da revisão.

As buscas dos dados foram realizadas nas seguintes bases: Scientific Electronic Library Online (Scielo), PubMed Central (PMC) e Springer, através das palavras-chave: cirurgia segura, robótica e segurança do paciente. Para as buscas foi estipulado os seguintes critérios de inclusão: estudos disponíveis na íntegra e gratuitamente; artigos que abordem diretamente a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica; estudos publicados em revistas indexadas e com revisão por pares; estudos realizados em humanos e de revisão; estudos publicados entre 2019 e 2024; e estudos publicados em inglês, português e espanhol. E os critérios de exclusão foram: estudos publicados antes de 2019; artigos que não estejam disponíveis na íntegra; estudos que não tenham relação direta com o tema proposto; estudos de meta-análises e estudos de caso único.

Após a seleção dos estudos, as informações relevantes foram extraídas e analisadas criticamente. A análise incluiu a avaliação da qualidade metodológica dos estudos, a síntese dos dados e a interpretação dos resultados.

O fluxograma apresentado na **Figura 1** descreve detalhadamente o processo de identificação, seleção e análise dos estudos relevantes a partir das bases de dados e registros na plataforma pesquisada. Este fluxograma é uma ferramenta essencial para garantir a transparência e a replicabilidade do processo de revisão sistemática. Ele fornece uma visão clara das etapas seguidas para identificar e selecionar os estudos que foram incluídos na análise final.

Figura 1 – Fluxograma de seleção dos artigos.



Fonte: Frota AKF, et al., 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A base de dados PubMed Central (PMC) foi a mais prolífica, com 11 artigos, seguida pela Scientific Electronic Library Online (SciELO) com 10 artigos e pela SPRINGER com 7 artigos. Esses resultados indicam uma ampla cobertura da literatura científica disponível sobre o tema, garantindo uma revisão abrangente e diversificada. A distribuição equilibrada dos artigos entre as bases de dados sugere que a pesquisa foi conduzida de maneira sistemática e inclusiva, considerando múltiplas fontes para obter uma visão completa dos avanços e desafios na integração dessas tecnologias na prática médica.

O **Quadro 1** apresenta uma série de estudos recentes sobre cirurgia robótica e inteligência artificial no contexto brasileiro e internacional. Cada estudo foi analisado para extrair seu principal resultado, destacando avanços, desafios e perspectivas na integração dessas tecnologias na prática médica.

Quadro 1 – Síntese dos estudos sobre cirurgia robótica.

N	Autor	Ano	Revista	Principais resultados
1	ARAÚJO RLC, et al.	2020	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Revelam diferenças significativas entre cirurgiões com e sem certificação robótica, destacando a importância de um treinamento rigoroso e de uma supervisão efetiva para garantir a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica.
2	BARROS F, et al.	2021	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Apresentam os resultados da experiência inicial do programa de treinamento em cirurgia robótica proposto pelo Colégio Brasileiro de Cirurgiões, utilizando o sistema robótico da Vinci SI. Concluem que o novo modelo de treinamento foi bem aceito pelos cirurgiões treinados e se mostrou seguro na amostra inicial.
3	DE ALMEIDA G, et al.	2024	Revista Foco	Destacam a revolução da cirurgia robótica na medicina, oferecendo visão tridimensional e instrumentos flexíveis, resultando em procedimentos mais precisos e menos invasivos. Enfatizam os desafios como alto custo, certificação e especialização de profissionais, e questões éticas como acesso desigual à tecnologia.
4	ECKHOFF JA e MEIRELES O	2023	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Discutem a potencialidade da Inteligência Artificial em guiar as mãos dos cirurgiões, destacando as novas tecnologias baseadas em ciência de dados cirúrgicos. Enfatizam que a IA promete aumentar a precisão cirúrgica, melhorar os resultados dos pacientes e mitigar erros humanos.
5	FERRERES AR	2024	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Aborda os aspectos éticos da IA na prática cirúrgica geral, destacando que a IA representa uma grande inovação e que o cumprimento rigoroso dos princípios éticos e das boas práticas é imprescindível. Enfatiza a necessidade de aumentar a confiança e a transparência no uso da IA de forma responsável.
6	FONSECA AS	2022	Brazilian Journal of Otorhinolaryngology	Explora a cirurgia robótica transoral em otorrinolaringologia, destacando que a cirurgia robótica oferece acesso a sítios cirúrgicos com visualização limitada, potencializada por uma visão tridimensional e instrumentos que permitem trabalhar em áreas onde habitualmente os movimentos seriam restritos.
7	LIMA DL, et al.	2021	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Abordam os desafios e oportunidades de uma plataforma online para educação cirúrgica, destacando a importância da internet como ferramenta essencial para a educação médica.

N	Autor	Ano	Revista	Principais resultados
				Descrevem a Hernia U, uma plataforma online gratuita dedicada à educação cirúrgica em cirurgia da parede abdominal.
8	LOBO LC	2019	Revista Brasileira de Educação Médica	Discute a inteligência artificial como o futuro da medicina e da educação médica, destacando que a IA é capaz de reconhecer problemas, analisar dados e tomar decisões, simulando a capacidade humana. Enfatiza a redefinição da prática médica e mudanças na formação do médico.
9	NACUL MP, et al.	2020	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Apresentam um parecer da Comissão de Cirurgia Minimamente Invasiva e Robótica sobre o ensino e treinamento em cirurgia robótica, destacando a importância da certificação, treinamento e supervisão rigorosos para garantir a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica.
10	SILVA JB, et al.	2022	Revista Brasileira de Ortopedia	Discutem se há espaço para a microcirurgia na cirurgia robótica, destacando os benefícios e desafios dessa integração.
11	ALVES MARTINS BA, et al.	2023	Medicina	Apresentam um panorama da adoção e treinamento em cirurgia colorretal robótica no Brasil, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.
12	FAIRAG M, et al.	2024	Cureus	Discutem diversas aplicações de cirurgia robótica em especialidades e perspectivas futuras, destacando os avanços e inovações nessa área.
13	HANDA A, et al.	2024	Cureus	Analisa o papel da cirurgia robótica assistida em saúde pública, destacando as vantagens e desafios dessa tecnologia.
14	MORRELL ALG, et al.	2021	Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões	Apresentam a história da cirurgia robótica e sua evolução, destacando como a ilusão se tornou realidade.
15	PAI SN, et al.	2023	Cureus	Discutem as considerações médico-legais da cirurgia robótica, destacando os aspectos relevantes para a prática médica.
16	REDDY K, et al.	2023	Cureus	Apresentam uma visão abrangente dos avanços na cirurgia robótica, destacando as utilizações atuais e fronteiras futuras.
17	RIVERO-MORENO Y, et al.	2023	Cureus	Oferecem uma revisão abrangente da literatura sobre cirurgia robótica, destacando as tendências atuais e perspectivas futuras.
18	GOEL A, et al.	2023	Cureus	Discutem a cirurgia robótica assistida no tratamento de carcinomas e malignidades ginecológicas, destacando a introdução ao sistema de cirurgia robótica da Vinci.
19	RIVERO-MORENO Y, et al.	2024	Cureus	Analisa se a cirurgia robótica autônoma já é uma realidade, destacando os avanços e desafios nessa área.
20	VALLADÃO V, et al.	2024	Revista Brasileira de Revisão de Saúde	Apresentam a aplicação da cirurgia robótica em procedimentos oncológicos, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.
21	CHATTERJEE S, et al.	2024	Journal of Robotic Surgery	Discutem inovações, desafios e perspectivas futuras na cirurgia robótica, destacando os avanços tecnológicos e clínicos.
22	FOSCH-VILLARONGA E, et al.	2023	International Journal of Social Robotics	Exploram o papel dos humanos na automação cirúrgica, destacando a influência da automação na

N	Autor	Ano	Revista	Principais resultados
				interação humano-robô e responsabilidade na inovação cirúrgica.
23	HALABI M, et al.	2023	Journal of Robotic Surgery	Focam nos resultados da implementação da cirurgia robótica em Dubai, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.
24	KNUDSEN JE, et al.	2024	Journal of Robotic Surgery	Apresentam as aplicações clínicas da inteligência artificial na cirurgia robótica, destacando os benefícios e desafios dessa integração.
25	NAWRAT Z e KRAWCZYK D	2023	Mobile Robot: Motion Control and Path Planning	Discutem a medicina baseada em robôs, destacando os desafios e possibilidades dessa abordagem.
26	MATTIONI G, et al.	2023	Journal of Robotic Surgery	Apresentam abordagens e resultados da Cirurgia Torácica Assistida por Robô (RATS) para câncer de pulmão, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.
27	O'BRIEN LP, et al.	2023	Journal of Robotic Surgery	Oferecem uma revisão narrativa sobre a cirurgia robótica pediátrica, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.
28	REINISCH A, et al.	2023	Journal of robotic surgery	Revisão sistemática sobre operações robóticas em cirurgia geral urgente, destacando os benefícios e desafios dessa tecnologia.

Fonte: Frota AKF, et al., 2025.

O termo "robô" foi concebido no início do século passado e a tecnologia de computação associada à robótica, baseada no conceito de telepresença e realidade virtual, tem sido aplicada aos procedimentos cirúrgicos há aproximadamente 35 anos. A cirurgia robótica experimentou um crescimento significativo nas últimas duas décadas, impulsionada pelo advento de novas tecnologias e seus resultados. Os autores concluem que a cirurgia robótica já demonstrou benefícios com visualização aprimorada, destreza superior e maior precisão durante procedimentos minimamente invasivos, e que suas perspectivas futuras são promissoras (MORRELL ALG, et al., 2021).

Pai SN, et al. (2023) abordam as implicações médico-legais da cirurgia robótica, destacando que, apesar dos inúmeros benefícios, a adoção da cirurgia robótica enfrenta desafios significativo, como a falta de treinamento e credenciamento padronizados para cirurgia robótica, que representa riscos potenciais à segurança do paciente e à competência do cirurgião; os processos de consentimento informado, que exigem considerações adicionais para garantir que os pacientes estejam totalmente cientes das capacidades e riscos potenciais da tecnologia; e a questão da responsabilidade legal, que se torna complexa devido ao envolvimento de várias partes interessadas no funcionamento dos sistemas robóticos.

Morrell ALG, et al. (2021), Pai SN, et al. (2023) e Reddy K, et al. (2023) enfatizam a importância da história e evolução da cirurgia robótica, bem como suas implicações médico-legais e avanços recentes. Eles destacam os benefícios significativos dessa tecnologia, mas também os desafios que precisam ser enfrentados para garantir sua segurança, eficiência e aceitação generalizada.

Araujo RCL, et al. (2020) revelam que, embora haja uma aceitação geral dos princípios da declaração da AMB sobre a certificação em cirurgia robótica, existem diferenças significativas entre cirurgiões com e sem certificação robótica, especialmente no que diz respeito à idade, experiência e local de atuação. Além disso, os cirurgiões não robóticos demonstram uma expectativa maior de corresponsabilidade e intervenção do preceptor durante os procedimentos, o que destaca a importância de um treinamento rigoroso e de uma supervisão efetiva para garantir a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica.

Chatterjee S, et al. (2024) destacam que o uso de robôs revolucionou a assistência médica, aprimorando a precisão e exatidão das cirurgias. Os sistemas robóticos modernos são equipados com braços altamente hábeis e instrumentos miniaturizados que reduzem tremores e permitem manobras delicadas. O uso de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (ML) auxilia na tomada de decisões cirúrgicas, melhorando

o reconhecimento de estruturas anatômicas complexas. Todos esses avanços levaram a uma recuperação mais rápida e menos complicações nos pacientes. No entanto, o custo substancial dos sistemas robóticos, sua manutenção, o tamanho dos sistemas e o treinamento adequado dos cirurgiões representam grandes desafios.

Barros F, et al. (2021) apresentam os resultados da experiência inicial do programa de treinamento em cirurgia robótica proposto pelo Colégio Brasileiro de Cirurgiões (CBC), utilizando o sistema robótico Da Vinci SI. O estudo avaliou retrospectivamente o desempenho de 39 cirurgiões durante as fases pré-clínica e clínica do treinamento, incluindo o tempo de conclusão de cada etapa, o número de horas no simulador, as operações realizadas e os resultados cirúrgicos. Dos 39 cirurgiões entrevistados, 20 (51,3%) avançaram para a fase clínica. A média de idade dos cirurgiões foi de 47,9 anos (variando de 38 a 62 anos), e o tempo médio entre a primeira entrevista e a entrega do certificado online foi de 64 dias (variando de 15 a 133 dias). Os cirurgiões dedicaram uma média de 51 horas e 36 minutos à simulação robótica (variando de 40 a 83 minutos), e o número total de casos em que os cirurgiões em treinamento participaram como primeiro assistente foi de 418, com uma média de 20,9 por cirurgião. O tempo de treinamento pré-clínico teve uma média de 116 dias (variando de 48 a 205 dias). A conclusão do estudo é que o novo modelo de treinamento proposto pelo CBC foi bem aceito pelos cirurgiões treinados e se mostrou seguro na amostra inicial.

De Almeida Gomes IB, et al. (2024) destacam a revolução da cirurgia robótica na medicina, pois o método oferecendo visão tridimensional e instrumentos flexíveis, resultando em procedimentos mais precisos e menos invasivos. No entanto, desafios como alto custo, certificação e especialização de profissionais, e questões éticas como acesso desigual à tecnologia persistem. A diretriz da Associação Médica Brasileira (AMB) garante segurança e eficiência, exigindo treinamento supervisionado e avaliação contínua dos profissionais. No entanto, os desafios como capacitação e custos elevados dificultam sua implementação, especialmente em áreas de baixa renda e cidades do interior no Brasil.

Eckhoff JA e Meireles O (2023) discutem a potencialidade da IA em guiar as mãos dos cirurgiões, destacando as novas tecnologias baseadas em ciência de dados cirúrgicos, como realidade aumentada, simulação, robótica e análise de dados operacionais de vídeo e imagem. No entanto, o principal desafio é a necessidade de grandes quantidades de dados de alta qualidade, selecionados de acordo com as regulamentações de privacidade e rotulados com características-alvo clinicamente relevantes. O desenvolvimento de algoritmos robustos, diversos e generalizáveis requer dados que reflitam a diversidade presente na população do mundo real.

Ferreres AR (2024) aborda os aspectos éticos da IA na prática cirúrgica geral, destacando que a IA representa uma grande inovação e que o cumprimento rigoroso dos princípios éticos e das boas práticas é imprescindível. Enfatiza que a IA tem um papel definitivo na avaliação, análise, comparação e priorização do "big data" e que o aprendizado de máquina (ML) aplica algoritmos para encontrar padrões, modelar relacionamentos e gerar previsões em conjuntos de dados complexos. Ainda, enfatiza a necessidade de aumentar a confiança e a transparência no uso da IA de forma responsável, avaliando criticamente a quantidade e a qualidade dos dados usados para gerar modelos e atenuar vieses nos algoritmos. A qualidade dos dados influenciará a qualidade dos modelos e, por fim, seus resultados (KNUDSEN JE, et al., 2024; NAWRAT Z e KRAWCZYK D, 2023; MATTIONI G, et al., 2023; O'BRIEN LP, et al., 2023; REINISCH A, et al., 2023).

A cirurgia robótica transoral em otorrinolaringologia é explorada por Fonseca AS (2022), destacando que a cirurgia robótica oferece acesso a sítios cirúrgicos com visualização limitada, potencializada por uma visão tridimensional e instrumentos que permitem trabalhar em áreas onde habitualmente os movimentos seriam restritos. O mesmo autor ainda observa que, diferentemente de outras especialidades cirúrgicas, os otorrinolaringologistas ainda não incorporaram a robótica como procedimento cirúrgico padrão. No entanto, a técnica resultou em grandes vantagens para pacientes e cirurgiões, desenvolvendo procedimentos mais padronizados que facilitam tanto a reprodutibilidade quanto o ensino.

A Sociedade Brasileira de Coloproctologia estabeleceu recentemente regras claras para o programa de treinamento e certificação de cirurgiões colorretais em cirurgia robótica, mas embora os parâmetros de treinamento estejam bem estabelecidos, nenhum programa de residência em cirurgia colorretal no Brasil ainda integrou o ensino e o treinamento de cirurgia robótica em seu currículo (ALVES MARTINS BA, et al., 2023).

Quanto aos desafios e oportunidades de uma plataforma online para educação cirúrgica, Lima DL, et al. (2021) abordam a importância da internet como ferramenta essencial para a educação médica. Eles descrevem a Hernia U, uma plataforma online gratuita dedicada à educação cirúrgica em cirurgia da parede abdominal, acessível a estudantes, residentes e cirurgiões. A plataforma visa atualizar os conhecimentos em uma área específica, seguindo protocolos éticos de privacidade e consentimento. A discussão sobre a divulgação de casos cirúrgicos online e operações transmitidas ao vivo é relevante, com ênfase na necessidade de preservar a identificação do paciente e seguir os protocolos HIPAA. A Sociedade Americana de Cirurgias de Endoscopia (SAGES) endossa o uso profissional de mídias sociais para educação médica e cirúrgica, reconhecendo o potencial de acesso a especialistas internacionais.

Para Lobo LC (2019) a IA é o futuro da medicina e da educação médica, pois é capaz de reconhecer problemas, analisar dados e tomar decisões, simulando a capacidade humana. Sistemas computadorizados de apoio à decisão já existem há décadas, mas o aumento da velocidade de processamento e armazenamento de informações permitiu analisar grandes volumes de dados em nanossegundos, propondo soluções e orientando decisões. A redefinição da prática médica resultará em mudanças na formação do médico, com um consórcio de escolas discutindo mudanças curriculares para ajustar a formação profissional à era das tecnologias e IA.

De acordo com Silva JB, et al. (2022) a aplicabilidade da cirurgia robótica na microcirurgia oferece uma configuração potencialmente ideal para realização das manipulações delicadas exigidas na microcirurgia. Os autores concluem que existe grande espaço para a cirurgia robótica na microcirurgia, como em procedimentos primários de infertilidade masculina, microcirurgia neurológica, cirurgias oculares e otológicas, cirurgia transoral, hepatobiliar, microvascular, e cirurgia plástica e reconstrutiva.

Deve-se lembrar da importância da certificação, treinamento e supervisão rigorosos para garantir a segurança e confiabilidade na cirurgia robótica (NACUL MP, et al., 2020), pois os estudos destacam os benefícios dessa tecnologia, mas também os desafios, como a necessidade de especialização e a adesão a protocolos de segurança. A formação contínua e a adesão a padrões éticos e regulatórios são essenciais para maximizar os benefícios da cirurgia robótica e garantir resultados positivos para os pacientes (ARAÚJO RLC, et al., 2020; Silva JB, et al., 2022; ALVES MARTINS BA, et al., 2023; HANDA A, et al., 2024).

Na cirurgia geral, a robótica facilitou procedimentos complexos, levando à redução da morbidade e a estadias hospitalares mais curtas. Na urologia, a plataforma robótica revolucionou as prostatectomias e outras intervenções complexas, demonstrando resultados superiores em comparação às abordagens tradicionais. A cirurgia ortopédica adotou a robótica para substituições precisas de articulações e procedimentos espinhais. Na cirurgia pediátrica, a aplicação da robótica permitiu cirurgias complexas com invasividade reduzida e tempos de recuperação mais rápidos (FAIRAG M, et al., 2024).

Com relação a cirurgia robótica assistida (RAS) na saúde pública, destaca-se suas vantagens e desafios, pois os sistemas robóticos são usados para dar suporte e melhorar a precisão e agilidade dos cirurgiões humanos durante procedimentos médicos. A RAS oferece maior precisão cirúrgica, menos desconforto após a cirurgia, estadias hospitalares mais curtas e tempo de recuperação mais rápido, tudo isso melhora os resultados do paciente e diminui a pressão sobre os recursos de saúde (HANDA A, et al., 2024).

A cirurgia robótica autônoma representa um campo pioneiro dedicado à integração de sistemas robóticos com vários graus de autonomia para a execução de procedimentos cirúrgicos. Essa mudança de paradigma é possível pela integração progressiva da IA e do ML no reino das intervenções cirúrgicas. Enquanto a maioria dos sistemas robóticos autônomos permanece na fase experimental, um subconjunto notável fez a transição com sucesso para aplicações clínicas. Procedimentos notáveis, como punção venosa, implantes capilares,

anastomose intestinal, substituição total do joelho, implante coclear, radiocirurgia e amarração de nós, entre outros, exemplificam as capacidades atuais dos sistemas cirúrgicos autônomos (RIVERO-MORENO Y, et al., 2024).

Valladão V, et al. (2024) investigam os impactos da aplicação da cirurgia robótica em procedimentos oncológicos, e os resultados retratam que, além da precisão, a cirurgia robótica também pode oferecer benefícios em termos de recuperação pós-operatória. Os procedimentos realizados com o auxílio de robôs frequentemente resultam em incisões menores, menos trauma nos tecidos circundantes e menor perda de sangue durante a cirurgia.

A rápida aceitação da cirurgia robótica na cirurgia de vesícula biliar, hérnia inguinal e ventral levou ao crescimento de programas de cirurgia robótica em todo o mundo (HALABI M, et al., 2023). Para confirmar a segurança do programa, todas as operações de colecistectomia e hérnia laparoscópicas e robóticas foram acompanhadas, e os dados perioperatórios foram analisados em um hospital no Oriente Médio. Dos 304 pacientes incluídos, 157 foram realizados usando a abordagem robótica. No grupo de colecistectomia ($n = 103$), a abordagem de local único ofereceu tempos operatórios mais curtos. Tanto a abordagem robótica de local único quanto a abordagem assistida por robótica resultaram em menos dor. No grupo de hérnia inguinal ($n = 146$), a abordagem laparoscópica ofereceu tempos operatórios mais curtos, mas a abordagem robótica foi associada a menos dor. No grupo de hérnia ventral ($n = 55$), a abordagem aberta ofereceu os melhores tempos operatórios, mas a abordagem robótica foi associada à menor quantidade de dor.

No que diz respeito ao papel dos humanos na automação cirúrgica, Fosch-Villaronga E, et al. (2023) exploram destacando que a inovação na área da saúde promete um potencial inigualável na otimização da produção, distribuição e uso da força de trabalho e infraestrutura da saúde. As RAS causam menos danos ao corpo do paciente, menos dor e desconforto, internações hospitalares mais curtas, tempos de recuperação mais rápidos, cicatrizes menores e menos risco de complicações. No entanto, introduzir um robô em cirurgias tradicionais não é simples e traz novos riscos.

Os autores acima concluem que os benefícios completos que o uso de inovações e soluções robóticas em cirurgia pode trazer aos provedores e receptores de assistência médica não podem ser percebidos até que haja mais clareza na divisão de responsabilidades, canalizando a autonomia do robô e o desempenho humano, suporte e supervisão; uma transformação na educação e treinamento da equipe médica e uma melhoria na complexa interação entre fabricantes, provedores de assistência médica e pacientes.

Chatterjee et al. (2024), Fosch-Villaronga E, et al. (2023) e Halabi M, et al. (2023) enfatizam a importância dos avanços na cirurgia robótica, o papel dos humanos na automação cirúrgica e a implementação de programas de cirurgia robótica. Eles destacam os benefícios significativos dessa tecnologia, como maior precisão, menor invasividade e melhores resultados para os pacientes. No entanto, também apontam desafios como o custo, a manutenção, o tamanho dos sistemas e o treinamento adequado dos cirurgiões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos estudos apresentados revela que a cirurgia robótica e a inteligência artificial estão transformando a prática médica, oferecendo benefícios significativos como maior precisão, menor invasividade e melhor visualização. No entanto, esses avanços tecnológicos também apresentam desafios, como o alto custo, a necessidade de especialização e certificação dos profissionais, e questões éticas relacionadas ao acesso desigual à tecnologia. A formação contínua e a adesão a padrões éticos e regulatórios são essenciais para maximizar os benefícios dessas tecnologias e garantir resultados positivos para os pacientes. A integração da inteligência artificial na cirurgia promete aumentar ainda mais a precisão e eficiência. A segurança e confiabilidade na cirurgia robótica são aspectos fundamentais para garantir a excelência e a eficácia dos procedimentos cirúrgicos assistidos por robôs.

REFERÊNCIAS

1. ARAUJO RLC, et al. Visão geral e perspectivas sobre o processo de certificação em cirurgia robótica no Brasil: o novo regimento e uma pesquisa nacional online. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2020; 47: e20202714.
2. ALVES MARTINS BA, et al. An overview of robotic colorectal surgery adoption and training in Brazil. *Medicina*, 2023, 59 (9):1675.
3. BARROS F, et al. Treinamento em cirurgia robótica: experiência inicial pelo modelo do Colégio Brasileiro de Cirurgiões. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2021, 48: e20202969.
4. CHATTERJEE S, et al. Advancements in robotic surgery: innovations, challenges and future prospects. *Journal of Robotic Surgery*, 2024, 18(1): 28.
5. DE ALMEIDA GOMES IB, et al. Revolução robótica na medicina: o papel da cirurgia robótica na inovação médica e no contexto brasileiro. *Revista foco*, 2024, 17(7): e5558-e5558.
6. ECKHOFF JA, MEIRELES O. A Inteligência Artificial poderia guiar as mãos dos cirurgiões?. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2023, 50: e20233696EDIT01.
7. FAIRAG M, et al. Revolução robótica em cirurgia: diversas aplicações em especialidades e perspectivas futuras artigo de revisão. *Cureus*, 2024;16(1).
8. FERRERES AR. Aspectos éticos da inteligência artificial na prática cirúrgica geral. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2024; 51: e20243762EDIT01.
9. FOSCH-VILLARONGA E, et al. The role of humans in surgery automation: Exploring the influence of automation on human–robot interaction and responsibility in surgery innovation. *International Journal of Social Robotics*, 2023; 15(3): 563-580.
10. FONSECA AS. Cirurgia robótica transoral em otorrinolaringologia: uma nova fronteira a ser conquistada. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 2022; 88: 821-822.
11. GOEL A, et al. Robot-Assisted Surgery in the Treatment of Gynecological Carcinoma and Malignancies: Introduction to the da Vinci Robotic Surgery System. *Cureus*, 2023: 15(8).
12. HANDA A, et al. Role of Robotic-Assisted Surgery in Public Health: Its Advantages and Challenges. *Cureus*, 2024; 16(6).
13. HALABI M, et al. Implementation of robotic surgery in Dubai: a focus on outcomes. *Journal of Robotic Surgery*, 2023; 17(1): 169-176, 2023.
14. KNUDSEN JE, et al. Clinical applications of artificial intelligence in robotic surgery. *Journal of Robotic Surgery*, 2024, 18 (1): 102.
15. LIMA DL, et al. Hérnia U: desafios e oportunidades de uma plataforma online para educação cirúrgica. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2021, 48: e20202873.
16. LOBO LC. Inteligência artificial, o futuro da medicina ea educação médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 2019; 42(3): 3-8.
17. MORRELL ALG, et al. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2021,48: e20202798.
18. MATTIONI G, et al. Approaches and outcomes of Robotic-Assisted Thoracic Surgery (RATS) for lung cancer: a narrative review. *Journal of Robotic Surgery*, 2023, 17(3): 797-809.
19. NACUL MP, et al. Nota educacional: ensino e treinamento em cirurgia robótica. Um parecer da Comissão de Cirurgia Minimamente Invasiva e Robótica. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2020, 47: e20202681.
20. NAWRAT Z, KRAWCZYK D. Robot-Based Medicine. Robots in medicine: mobile robots versus mobile decision, necessity versus possibility and future challenges. *Mobile Robot: Motion Control and Path Planning*, 2023, 127-162.
21. O'BRIEN LP, et al. Paediatric robotic surgery: a narrative review. *Journal of Robotic Surgery*, 2023, 17(4): 1171-1179.
22. PAI SN, et al. In the hands of a robot, from the operating room to the courtroom: the medicolegal considerations of robotic surgery. *Cureus*, 2023, 15(8).
23. REDDY K, et al. Advancements in robotic surgery: a comprehensive overview of current utilizations and upcoming frontiers. *Cureus*, 2023, 15(12).
24. REINISCH A, et al. Robotic operations in urgent general surgery: a systematic review. *Journal of robotic surgery*, 2023, 17(2): 275-290.
25. RIVERO-MORENO Y, et al. Autonomous Robotic Surgery: Has the Future Arrived?. *Cureus*, 2024, 16(1).
26. RIVERO-MORENO Y, et al. Robotic surgery: a comprehensive review of the literature and current trends. *Cureus*, 2023,15(7).
27. SILVA JB, et al. Existe espaço para a microcirurgia na cirurgia robótica?. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 2022, 57: 709-717.
28. VALLADÃO V, et al. Aplicação da cirurgia robótica em procedimentos oncológicos. *Revista Brasileira de Revisão de Saúde*, 2024, 3: e69491.