

# CIRURGIA ROBÓTICA: UMA PERSPECTIVA DE UM PROCEDIMENTO CIRÚRGICO MAIS SEGURO E MENOS INVASIVO

*Data de submissão: 06/11/2024*

*Data de aceite: 02/01/2025*

**Iuri Duque De Souza Flor**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

**Jodson Fernandes Rêgo**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

**Matheus da Silva Alvarenga**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

**Gabrielly Blosson Silva Sepulveda Pereira**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

**Maria Eduarda de Miranda Oliveira Lima**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

**João Gabriel Costa Ferreira**

Universidade de Vassouras  
Vassouras - Rio de Janeiro

com sistemas como o PUMA e o Da Vinci, essa tecnologia se expandiu para diversas especialidades, como urologia, ginecologia e cirurgia espinhal. Estudos indicam que a robótica cirúrgica resulta em menores taxas de complicações, recuperação mais rápida e menores tempos de internação para os pacientes. Os benefícios da cirurgia robótica são claros, mas ainda enfrenta desafios como altos custos, necessidade de treinamento especializado e falta de feedback concreto. Além disso, não há estudos que validem conclusivamente o benefício dessa tecnologia sobre as técnicas convencionais. Essa área aponta no futuro para a integração de inteligência artificial e automação, o que pode transformá-la mais e melhorar o acesso global à tecnologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cirurgia robótica, Cirurgia assistida por robô, Robótica cirúrgica.

**RESUMO:** A cirurgia robótica tem se consolidado como uma das inovações mais significativas na medicina moderna, revolucionando a prática cirúrgica ao oferecer maior precisão, controle e segurança. Desde sua introdução nos anos 1980,

### ROBOTIC SURGERY: A PERSPECTIVE OF A SAFER AND LESS INVASIVE SURGICAL PROCEDURE

**ABSTRACT:** Robotic surgery has established itself as one of the most significant innovations in modern medicine,

revolutionizing surgical practice by offering greater precision, control and safety. Since its introduction in the 1980s, with systems such as PUMA and Da Vinci, this technology has expanded to several specialties, such as urology, gynecology and spinal surgery. Studies indicate that surgical robotics results in lower complication rates, faster recovery and shorter hospital stays for patients. The benefits of robotic surgery are clear, but it still faces challenges such as high costs, the need for specialized training and a lack of concrete feedback. Furthermore, there are no studies that conclusively validate the benefit of this technology over conventional techniques. This area points in the future to the integration of artificial intelligence and automation, which can transform it further and improve global access to technology.

**KEYWORDS:** Robotic surgery, Robot-assisted surgery, Surgical robotics.

## 1 | INTRODUÇÃO

A cirurgia robótica vem surgindo como uma das inovações mais significativas na medicina moderna, transformando práticas cirúrgicas e elevando os padrões de precisão e segurança. Desde sua introdução nos anos 1980, com sistemas pioneiros como o PUMA e Robodoc, a robótica cirúrgica evoluiu substancialmente, culminando no popular sistema da Vinci, aprovado em 2000 pelo FDA. Este avanço trouxe novas possibilidades de tratamento, permitindo que os cirurgiões realizem procedimentos complexos com maior controle e precisão, minimizando o trauma ao paciente e melhorando os resultados pós-operatórios. (CHEN et al., 2021; MOLLIQAJ et al., 2020; OHUCHIDA, 2020; VO et al., 2020)

Ao longo das últimas décadas, a cirurgia robótica tem se expandido para diversas especialidades, como urologia, ginecologia, cirurgia espinhal e cardiotorácica. Estudos mostram que a adoção da robótica na prática clínica pode resultar em menores taxas de complicações, menos dor pós-operatória, redução de tempo de internação e um retorno mais rápido às atividades normais dos pacientes. Além disso, o uso de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina no campo da robótica assistida por cirurgia está permitindo que essas tecnologias avancem para a automação de tarefas simples, como o controle de câmeras e a dissecação de tecidos, o que aponta para um futuro em que cirurgias autônomas se tornem uma realidade. (EOH et al., 2021; SARSAM et al., 2022; SONG, 2022; WILLIAMSON)

Contudo, apesar de seus benefícios inegáveis, a cirurgia robótica ainda enfrenta desafios, como os elevados custos de implementação e manutenção, bem como a necessidade de treinamento especializado para os cirurgiões. Além disso, embora a precisão da tecnologia robótica tenha sido amplamente elogiada, alguns estudos indicam que a evidência de sua superioridade sobre os métodos convencionais de cirurgia ainda é limitada e exige maior investigação. (MORRELL et al., 2021; REINISCH et al., 2022; SARSAM et al., 2022; SHUGABA et al., 2022; WANG; AMBANI, 2021)

No contexto de treinamento, o aprendizado de habilidades robóticas requer programas estruturados, que abrangem não apenas o domínio técnico, mas também competências não técnicas, como liderança e comunicação eficiente. Para garantir a segurança e eficácia no

uso dessa tecnologia, é crucial que o treinamento seja contínuo, com simulações regulares e monitoramento constante da curva de aprendizado dos profissionais. (GRASSO et al., 2019; MORRELL et al., 2021; SARSAM et al., 2022; WANG; AMBANI, 2021)

Este artigo visa realizar uma revisão narrativa sobre a evolução e impacto da cirurgia robótica na prática cirúrgica moderna, destacando seus principais avanços, vantagens comparativas em relação a métodos convencionais e desafios persistentes para a adoção ampla dessa tecnologia. Pretende-se examinar os benefícios comprovados da cirurgia robótica, incluindo maior precisão, redução de complicações, tempos de recuperação mais rápidos e menor invasividade, além de abordar as limitações, como custos elevados e a necessidade de treinamento especializado. O estudo também explora desenvolvimentos recentes, como a integração de inteligência artificial e automação, que podem transformar a cirurgia robótica em uma prática mais acessível e eficiente em várias especialidades médicas, ampliando seu potencial impacto nos cuidados de saúde.

## 2 | MÉTODOS

A busca foi conduzida no PubMed, O conjunto final inclui 25 artigos acadêmicos relacionados ao tópico.

## 3 | DESENVOLVIMENTO

### 3.1 História da Cirurgia Robótica

A cirurgia robótica teve seus primeiros passos nos anos 1980, impulsionada pela necessidade de realizar procedimentos em ambientes desafiadores, como no espaço. Em 1985, o sistema **PUMA** foi utilizado para biópsias neurocirúrgicas, marcando o início da integração entre robótica e cirurgia. Poucos anos depois, em 1992, o **Robodoc®** foi introduzido, focado em cirurgias ortopédicas para o posicionamento preciso de próteses, especialmente em procedimentos de substituição de quadril. (EOH et al., 2021; VO et al., 2020)

Nos anos 1990, sistemas como o **AESOP®** e o **ZEUS®** trouxeram novos avanços ao permitir que os cirurgiões controlassem remotamente os braços robóticos, introduzindo o conceito de **telepresença cirúrgica**. O **AESOP®** foi o primeiro robô a ser controlado por voz, enquanto o **ZEUS®** aprimorou o uso da telecirurgia, permitindo cirurgias minimamente invasivas com controle remoto, abrindo caminho para cirurgias em locais onde a presença física do cirurgião era impossível. (EOH et al., 2021; SARSAM et al., 2022; WILLIS et al., 2024; XIE et al., 2024)

Em 1998, a **Intuitive Surgical** desenvolveu o protótipo **Lenny**, que logo evoluiu para o revolucionário sistema **Da Vinci**, aprovado pelo FDA em 2000. Esse sistema trouxe uma

mudança fundamental na forma como as cirurgias minimamente invasivas eram realizadas, fornecendo aos cirurgiões maior precisão, visão tridimensional e controle ergonômico dos instrumentos, permitindo a realização de procedimentos complexos com menos impacto no paciente. (EOH et al., 2021; MOLLIQAJ et al., 2020; MOGLIA et al., 2022; )

O avanço continuou em 2014 com o lançamento do **Da Vinci Xi**, que introduziu maior flexibilidade, mobilidade e tecnologias aprimoradas, como a capacidade de realizar cirurgias em múltiplos quadrantes do corpo sem a necessidade de reposicionar o robô. (EOH et al., 2021)

### 3.1.1 *Novas Tecnologias de 2023*

Em 2023, a cirurgia robótica continuou a evoluir com o surgimento de novas plataformas e tecnologias. Entre elas:

- **Cirurgia de Porta Única (Single-Port Surgery):** A Intuitive Surgical avançou com a tecnologia **Da Vinci SP**, que permite que cirurgiões realizem procedimentos complexos através de uma única incisão. Esse método minimiza ainda mais o trauma cirúrgico e oferece melhor recuperação para os pacientes. (EOH et al., 2021; HANDA; GAIDHANE; CHOUDHARI, 2024; REINISCH et al., 2022)
- **Plataforma Versius®:** A **Cambridge Medical Robotics** desenvolveu o sistema **Versius®**, que foi projetado para ser mais acessível e adaptável a diferentes ambientes hospitalares, oferecendo uma alternativa flexível ao Da Vinci com foco em ergonomia aprimorada e menor curva de aprendizado. (EOH et al., 2021)
- **Inteligência Artificial (IA) e Cirurgia Autônoma:** A integração de **IA e aprendizado de máquina** tem permitido o desenvolvimento de robôs que podem executar tarefas cirúrgicas autônomas ou semi-autônomas, como a dissecação de tecidos e o posicionamento de câmeras, reduzindo a intervenção humana e aumentando a precisão e a segurança. (BRAMHE; PATHAK, 2022;; EOH et al., 2021; SARSAM et al., 2022; WILLIAMSON; SONG, 2022)
- **Realidade Aumentada (RA):** A **realidade aumentada** tem se integrado à cirurgia robótica para fornecer aos cirurgiões uma visão mais detalhada e sobreposta do campo cirúrgico, auxiliando na navegação durante procedimentos complexos e melhorando a precisão em tempo real. (SARSAM et al., 2022; SZABÓ; ÓRSI; CSUKONYI, 2024)
- **Sistemas de Navegação 3D e Feedback Tátil:** As plataformas mais recentes estão começando a incorporar **feedback tátil** e navegação tridimensional aprimorada para compensar a falta de sensibilidade tátil dos sistemas robóticos tradicionais, aumentando a segurança dos procedimentos.

Esses avanços demonstram o contínuo desenvolvimento da cirurgia robótica, trazendo mais precisão, segurança e acessibilidade, com o objetivo de tornar a tecnologia uma parte fundamental da prática cirúrgica global. (BRAMHE; PATHAK, 2022; BRAR et al.,

## 3.2 Benefícios da Cirurgia Robótica

A cirurgia robótica trouxe uma série de vantagens significativas tanto para os pacientes quanto para os cirurgiões. Entre os principais benefícios estão:

- **Maior precisão e controle:** A tecnologia robótica permite aos cirurgiões realizar movimentos com uma precisão inigualável. Os braços robóticos articulados podem girar em mais direções do que a mão humana, proporcionando melhor acesso a áreas anatômicas difíceis. Isso é particularmente útil em procedimentos complexos, como a remoção de tumores ou cirurgias em espaços confinados. (BRAMHE; PATHAK, 2022; BRAR et al., 2024; FARBER et al., 2021; REINISCH et al., 2022; SARSAM et al., 2022; SHUGABA et al., 2022; XIE et al., 2024)
- **Melhoria na visualização:** Os sistemas robóticos oferecem visão tridimensional (3D) de alta definição, aumentando a profundidade e a clareza das imagens do campo cirúrgico. Isso ajuda os cirurgiões a distinguir melhor os tecidos e a realizar dissecações mais precisas, especialmente em cirurgias delicadas, como as de cabeça e pescoço. (VO et al., 2020; XIE et al., 2024)
- **Menos invasividade:** Assim como a laparoscopia, a cirurgia robótica é minimamente invasiva, o que significa que são feitas pequenas incisões no paciente. Isso leva a menos trauma cirúrgico, menor dor pós-operatória, menos perda de sangue e menores taxas de complicações, como infecções. (MA et al., 2020; SARSAM et al., 2022)
- **Recuperação mais rápida:** Devido às pequenas incisões e à precisão dos movimentos robóticos, os pacientes tendem a se recuperar mais rapidamente em comparação com cirurgias tradicionais abertas. Isso resulta em um tempo de internação hospitalar mais curto, retorno mais rápido às atividades normais e menores taxas de readmissão. (BRAR et al., 2024; SARSAM et al., 2022; SZABÓ; ÓRSI; CSUKONYI, 2024; XIE et al., 2024)
- **Menos fadiga para o cirurgião:** A cirurgia robótica melhora a ergonomia para o cirurgião, já que eles operam sentados em um console, em vez de ficarem de pé por longos períodos. Isso reduz a fadiga física e mental, especialmente em procedimentos longos, e pode prolongar a carreira dos cirurgiões. (CEPOLINA; RAZZOLI, 2024; XIE et al., 2024;)
- **Cirurgia à distância (Telecirurgia):** Uma das inovações mais promissoras da cirurgia robótica é a possibilidade de telecirurgia, onde cirurgiões podem operar pacientes em locais remotos utilizando braços robóticos controlados à distância. Isso é especialmente relevante para áreas geograficamente isoladas ou em situações onde especialistas qualificados não estão fisicamente presentes. A telecirurgia já foi utilizada em situações militares e ambientes precários, e a

evolução contínua dessa tecnologia pode revolucionar o acesso a cuidados médicos especializados. Além disso, a combinação de robótica com inteligência artificial e realidade aumentada tem o potencial de expandir ainda mais essa capacidade, permitindo que cirurgiões colaborem em tempo real em diferentes partes do mundo. (SARSAM et al., 2022; WILLIS et al., 2024; XIE et al., 2024)

### 3.3 Desafios da Cirurgia Robótica

Apesar dos avanços impressionantes, a cirurgia robótica enfrenta diversos desafios, que incluem:

- **Altos custos:** A aquisição, manutenção e operação dos sistemas robóticos, como o Da Vinci, são significativamente caros. A introdução de novas plataformas, como o Versius® e o Senhance, busca oferecer alternativas mais acessíveis, mas o alto custo de implementação ainda é uma barreira para muitos hospitais, especialmente em países em desenvolvimento. Esses altos custos também impactam diretamente os pacientes, elevando o preço dos procedimentos cirúrgicos. (BRAMHE; PATHAK, 2022; BRAR et al., 2024; MORRELL et al., 2021; SARSAM et al., 2022; WANG; AMBANI, 2021; XIE et al., 2024)
- **Curva de aprendizado:** O treinamento em cirurgia robótica demanda tempo e dedicação para que os cirurgiões alcancem proficiência. Ferramentas como o GEARS (Avaliação Global de Habilidades Robóticas) e simuladores têm sido essenciais para acelerar o aprendizado, mas a curva inicial permanece íngreme, especialmente para cirurgiões sem experiência em laparoscopia. Mesmo após o treinamento, a eficiência tende a melhorar somente após a realização de várias cirurgias. (MORRELL et al., 2021; WANG; AMBANI, 2021)
- **Ausência de feedback tátil:** Uma limitação técnica importante da cirurgia robótica é a falta de feedback tátil, que impede os cirurgiões de sentir a resistência dos tecidos durante o procedimento. Isso pode ser problemático em cirurgias que requerem um nível elevado de sensibilidade, como as realizadas em áreas delicadas ou próximas de nervos e vasos sanguíneos. (REINISCH et al., 2022; XIE et al., 2024)
- **Limitações tecnológicas:** Embora os robôs cirúrgicos estejam cada vez mais avançados, a integração de tecnologias como inteligência artificial (IA) e realidade aumentada (RA) ainda enfrenta desafios. A latência em cirurgias à distância, por exemplo, é uma preocupação significativa. Apesar de avanços na telecirurgia, como a realização de cirurgias em locais remotos, a latência de transmissão pode comprometer a precisão dos movimentos robóticos. (EOH et al., 2021; SARSAM et al., 2022; SZABÓ; ÓRSI; CSUKONYI, 2024; WILLIAMSON; SONG, 2022)
- **Riscos de falhas técnicas:** Como qualquer sistema tecnológico, os robôs cirúrgicos estão sujeitos a falhas mecânicas e de software. A confiabilidade dos sistemas é essencial para garantir a segurança do paciente, mas interrupções

inesperadas durante os procedimentos podem colocar a vida dos pacientes em risco. Embora os sistemas contem com mecanismos de segurança e redundância, o risco de falhas ainda é uma preocupação considerável. (MORRELL et al., 2021)

- **Treinamento e aceitação:** Além da curva de aprendizado, há desafios relacionados à aceitação da cirurgia robótica por parte dos cirurgiões e dos pacientes. Fatores psicológicos, como a confiança na tecnologia, influenciam significativamente sua aceitação. A falta de compreensão dos benefícios e a percepção de riscos podem gerar desconfiança tanto por parte dos cirurgiões quanto dos pacientes. (CHEN et al., 2024; GRASSO et al., 2019; MORRELL et al., 2021; SARSAM et al., 2022)
- **Integração do aprendizado de máquina (ML) e inteligência artificial (IA):** A cirurgia robótica em urologia tem permitido a coleta de grandes volumes de dados, facilitando a aplicação de ML para melhorar a prática cirúrgica. Isso inclui o treinamento e a avaliação de habilidades, a seleção de candidatos cirúrgicos, cirurgias autônomas e a verificação de margens cirúrgicas em tempo real. No entanto, a plena adoção dessas tecnologias ainda é limitada pela disponibilidade de conjuntos de dados de alta qualidade, além de questões relacionadas à segurança da informação e à integração eficiente dessas ferramentas em operações ao vivo. (BRAMHE; PATHAK, 2022; EOH et al., 2021; SARSAM et al., 2022; WILLIAMSON; SONG, 2022)

### 3.4 Comparação com Outras Técnicas Cirúrgicas

A cirurgia robótica se destaca por suas vantagens em relação a técnicas tradicionais e minimamente invasivas, como a laparoscopia e a cirurgia aberta. Aqui estão as principais comparações:

- **Cirurgia Aberta:** A cirurgia robótica oferece uma alternativa menos invasiva e mais precisa do que a cirurgia aberta tradicional. Além de minimizar a perda sanguínea, reduzir a dor pós-operatória e o tempo de recuperação do paciente, a cirurgia robótica pode diminuir significativamente o risco de complicações operatórias. Contudo, a cirurgia aberta ainda pode ser preferida em casos específicos de alta complexidade, quando o acesso direto e amplo ao campo cirúrgico é fundamental ou em locais onde a tecnologia robótica não está disponível. (BRAMHE; PATHAK, 2022; MA et al., 2020; MOGLIA et al., 2022; REINISCH et al., 2022; SARSAM et al., 2022; SHUGABA et al., 2022)
- **Laparoscopia:** Embora a laparoscopia também seja uma técnica minimamente invasiva e amplamente utilizada, a cirurgia robótica supera algumas limitações dessa técnica. Os sistemas robóticos oferecem uma visão 3D de alta definição, maior amplitude de movimento e precisão cirúrgica superior, principalmente em procedimentos complexos e de longa duração, nos quais a ergonomia e o controle dos instrumentos são essenciais para evitar a fadiga do cirurgião. A

laparoscopia, por outro lado, mantém-se como uma opção mais acessível, com menor custo e disponibilidade mais ampla em locais com menos recursos financeiros. (BRAR et al., 2024; MA et al., 2020; MOGLIA et al., 2022; OHUCHIDA, 2020; WONG; CROWE, 2023)

- **Cirurgia Assistida por Computador:** A cirurgia assistida por computador (CAN) é uma alternativa valiosa, particularmente em procedimentos que exigem precisão, como a colocação de parafusos pediculares em cirurgias da coluna. Contudo, a cirurgia robótica tem demonstrado maior acurácia e menor exposição à radiação, proporcionando maior segurança ao paciente e ao cirurgião durante procedimentos complexos. (WILLIS et al., 2024)
- **Novas Perspectivas e Considerações Finais:** Apesar das vantagens da cirurgia robótica em relação às técnicas tradicionais, os altos custos associados ao equipamento e à manutenção, além da necessidade de treinamento especializado, são desafios que limitam sua adoção em larga escala. O contínuo avanço tecnológico, incluindo o uso de inteligência artificial e realidade aumentada, poderá trazer inovações significativas, como sistemas mais acessíveis e procedimentos cada vez mais autônomos.

Estudos futuros ainda são necessários para validar plenamente a superioridade da cirurgia robótica em termos de desfechos clínicos e econômicos. A implementação de treinamentos padronizados, como a Avaliação Global de Habilidades Robóticas (GEARS), e a adaptação dos sistemas para diferentes especialidades cirúrgicas, são passos fundamentais para a consolidação dessa tecnologia na prática clínica. (EOH et al., 2021; SHEETZ; CLAFLIN; DIMICK, 2020; BRAMHE; PATHAK, 2022; SARSAM et al., 2022; WILLIAMSON; SONG, 2022; MORRELL et al., 2021; WANG; AMBANI, 2021; SZABÓ; ÖRSI; CSUKONYI, 2024)

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cirurgia robótica representa um avanço significativo na medicina, transformando o cenário cirúrgico com melhorias em precisão, segurança e recuperação pós-operatória. Ao longo das últimas décadas, o desenvolvimento dessa tecnologia, desde sistemas pioneiros até os mais modernos, como o Da Vinci Xi, demonstrou benefícios claros tanto para os pacientes quanto para os cirurgiões, com menor trauma cirúrgico, menos complicações e tempos de recuperação mais rápidos. (BRAMHE; PATHAK, 2022; EOH et al., 2021; REINISICH et al., 2022; SARSAM et al., 2022; SHUGABA et al., 2022; SZABÓ; ÖRSI; CSUKONYI, 2024)

Apesar dessas vantagens, a cirurgia robótica ainda enfrenta desafios consideráveis. Os altos custos de aquisição e manutenção dos equipamentos, bem como a curva de aprendizado íngreme para os cirurgiões, limitam sua adoção em larga escala, especialmente em países em desenvolvimento. Além disso, a ausência de feedback tátil e os riscos de

falhas técnicas são preocupações importantes que precisam ser abordadas. Tecnologias emergentes, como a inteligência artificial (IA) e a realidade aumentada (RA), prometem melhorar a eficácia e segurança dos sistemas robóticos, mas ainda há obstáculos a serem superados, como a latência em cirurgias à distância e a necessidade de integração eficiente dessas tecnologias nas práticas cirúrgicas. (BRAMHE; PATHAK, 2022; EOH et al., 2021; MORRELL et al., 2021; REINISICH et al., 2022; SARSAM et al., 2022; SZABÓ; ÓRSI; CSUKONYI, 2024; WANG; AMBANI, 2021; WILLIAMSON; SONG, 2022; WILLIS et al., 2024)

Estudos futuros são essenciais para validar de forma conclusiva a superioridade da cirurgia robótica em comparação às técnicas tradicionais, especialmente em termos de custo-benefício e desfechos clínicos. A expansão do treinamento especializado e a padronização de currículos, como o GEARS, são passos cruciais para a consolidação dessa tecnologia. À medida que os avanços continuam, espera-se que a cirurgia robótica se torne mais acessível, eficiente e autônoma, beneficiando uma parcela maior da população e ampliando as possibilidades de tratamento em diversas especialidades cirúrgicas. (SHEETZ; CLAFLIN; DIMICK, 2020)

## 5 | CONCLUSÃO

A cirurgia robótica tem se consolidado como uma das inovações mais transformadoras da medicina contemporânea, proporcionando avanços significativos na precisão cirúrgica, na segurança dos procedimentos e na recuperação dos pacientes. Desde seus primeiros passos nos anos 1980 até os desenvolvimentos mais recentes, como a integração de inteligência artificial e realidade aumentada, essa tecnologia tem demonstrado um potencial crescente em diversas especialidades cirúrgicas.

Embora as vantagens da cirurgia robótica sejam claras, como a menor invasividade e a maior acurácia, desafios importantes permanecem, incluindo o alto custo de implementação e manutenção, a curva de aprendizado íngreme e as limitações tecnológicas, como a ausência de feedback tátil. Esses fatores limitam a adoção da tecnologia em escala global, especialmente em contextos com restrições orçamentárias.

Para que a cirurgia robótica atinja seu pleno potencial, é crucial que os esforços contínuos de inovação tecnológica sejam acompanhados por investimentos em treinamento especializado e no desenvolvimento de sistemas mais acessíveis. A padronização de currículos de formação, como a Avaliação Global de Habilidades Robóticas (GEARS), e a implementação de novas plataformas tecnológicas, como o aprendizado de máquina e a automação de tarefas, são passos fundamentais para garantir o uso seguro e eficaz dessa tecnologia em larga escala.

No futuro, espera-se que a cirurgia robótica continue a evoluir, com inovações que melhorem a sua eficiência, acessibilidade e integração em diversas especialidades. No

entanto, são necessários mais estudos para validar a superioridade dessa tecnologia sobre métodos convencionais, tanto em termos de resultados clínicos quanto de viabilidade econômica. Somente com esses avanços será possível consolidar a cirurgia robótica como um padrão global de atendimento cirúrgico, melhorando significativamente a qualidade dos cuidados de saúde.

## REFERÊNCIAS

1. BRAMHE, S.; PATHAK, S. S. Robotic Surgery: A Narrative Review. *Cureus*, 15 set. 2022.
2. BRAR, G. et al. Robotic surgery: public perceptions and current misconceptions. *Journal of Robotic Surgery*, v. 18, n. 1, p. 84, 22 fev. 2024.
3. CEPOLINA, F.; RAZZOLI, R. Review of robotic surgery platforms and end effectors. *Journal of Robotic Surgery*, v. 18, n. 1, p. 74, 13 fev. 2024.
4. CHEN, I.-H. A. et al. Evolving robotic surgery training and improving patient safety, with the integration of novel technologies. *World Journal of Urology*, v. 39, n. 8, p. 2883–2893, 6 ago. 2021.
5. CHEN, Z. et al. Towards safer robot-assisted surgery: A markerless augmented reality framework. *Neural Networks*, v. 178, p. 106469, out. 2024.
6. EOH, K. J. et al. Comparative Survival Outcome of Robot-Assisted Staging Surgery Using Three Robotic Arms versus Open Surgery for Endometrial Cancer. *Yonsei Medical Journal*, v. 62, n. 1, p. 68, 2021.
7. FARBER, S. H. et al. Robotics in Spine Surgery: A Technical Overview and Review of Key Concepts. *Frontiers in Surgery*, v. 8, 23 fev. 2021.
8. GRASSO, S. et al. Status of Robotic-Assisted Surgery (RAS) in the Department of Defense (DoD). *Military Medicine*, v. 184, n. 9–10, p. e412–e416, 1 out. 2019.
9. HANDA, A.; GAIDHANE, A.; CHOUDHARI, S. G. Role of Robotic-Assisted Surgery in Public Health: Its Advantages and Challenges. *Cureus*, 23 jun. 2024.
10. MA, R. et al. Machine learning in the optimization of robotics in the operative field. *Current Opinion in Urology*, v. 30, n. 6, p. 808–816, nov. 2020.
11. MOGLIA, A. et al. Ensemble deep learning for the prediction of proficiency at a virtual simulator for robot-assisted surgery. *Surgical Endoscopy*, v. 36, n. 9, p. 6473–6479, 12 set. 2022.
12. MOLLIAQJ, G. et al. Role of Robotics in Improving Surgical Outcome in Spinal Pathologies. *World Neurosurgery*, v. 140, p. 664–673, ago. 2020.
13. MORRELL, A. L. G. et al. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 48, 2021.
14. OHUCHIDA, K. Robotic Surgery in Gastrointestinal Surgery. *Cyborg and Bionic Systems*, v. 2020, 4 jan. 2020.

15. REINISCH, A. et al. Robotic operations in urgent general surgery: a systematic review. *Journal of Robotic Surgery*, v. 17, n. 2, p. 275–290, 21 jun. 2022.
16. SARSAM, M. et al. Robotic development: ‘patients’ safety always comes first’. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, v. 34, n. 6, p. 1052–1053, 1 jun. 2022.
17. SHEETZ, K. H.; CLAFLIN, J.; DIMICK, J. B. Trends in the Adoption of Robotic Surgery for Common Surgical Procedures. *JAMA Network Open*, v. 3, n. 1, p. e1918911, 10 jan. 2020.
18. SHUGABA, A. et al. Should All Minimal Access Surgery Be Robot-Assisted? A Systematic Review into the Musculoskeletal and Cognitive Demands of Laparoscopic and Robot-Assisted Laparoscopic Surgery. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, v. 26, n. 7, p. 1520–1530, jul. 2022.
19. SZABÓ, B.; ÖRSI, B.; CSUKONYI, C. Robots for surgeons? Surgeons for robots? Exploring the acceptance of robotic surgery in the light of attitudes and trust in robots. *BMC Psychology*, v. 12, n. 1, p. 45, 24 jan. 2024.
20. VO, C. D. et al. Robotic Spine Surgery: Current State in Minimally Invasive Surgery. *Global Spine Journal*, v. 10, n. 2\_suppl, p. 34S-40S, 28 abr. 2020.
21. WANG, R. S.; AMBANI, S. N. Robotic Surgery Training. *Urologic Clinics of North America*, v. 48, n. 1, p. 137–146, fev. 2021.
22. WILLIAMSON, T.; SONG, S.-E. Robotic Surgery Techniques to Improve Traditional Laparoscopy. *JLS : Journal of the Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons*, v. 26, n. 2, p. e2022.00002, 2022.
23. WILLIS, M. A. et al. Robot-assisted versus conventional laparoscopic surgery for rectal cancer. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, v. 2024, n. 7, 23 jul. 2024.
24. WONG, S. W.; CROWE, P. Workflow disruptions in robot-assisted surgery. *Journal of Robotic Surgery*, v. 17, n. 6, p. 2663–2669, 10 out. 2023.
25. XIE, S. et al. Robot Assisted Laparoscopic Surgery in Gynaecology: An Evolving Assistive Technology. *Surgical Innovation*, v. 31, n. 3, p. 324–330, 6 jun. 2024.