



## Técnicas Minimamente Invasivas em Neurocirurgia Pediátrica

Larissa de Paula Santiago, Igor Dantas Campos Silva, Ibrahim Kanj Mohanna Filho, Elena Aparecida Carlin Lobo, Juliana de Lima Brasileiro, Lúria Almeida Silva, Maria Micaela Gomes Petri, Bruna da Silva Ferreira, Rania Nasser Zeidan, Ana Paula Ingracio Porto, Laura Helena Wilsmann Maya, Luccas Alberto Hora, Fernanda Liermann Franz, Vitória teixeira mustapha, Mariana Gabínio dos Santos.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n1p2029-2036>

Artigo recebido em 07 de Dezembro e publicado em 27 de Janeiro de 2025

### RESUMO

**Introdução:** Esta revisão literária fornece uma visão abrangente das últimas tendências e desenvolvimentos neste campo. O documento destaca os benefícios da cirurgia minimamente invasiva na neurocirurgia dentro da pediatria (MIS), que se tornou o padrão-ouro para o tratamento de uma variedade de diferentes condições cirúrgicas. **Metodologia:** Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura, utilizando as bases de dados Pubmed, Scielo e Medline, com o objetivo de analisar os benefícios da cirurgia minimamente invasiva (MIS). Foram incluídos 38 artigos que atendiam aos critérios de inclusão, os quais foram avaliados em termos de qualidade metodológica. Os resultados foram agrupados por similaridade e apresentados de forma descritiva. A revisão destaca a importância do MIS, fornece informações atualizadas sobre seus benefícios e ressalta a necessidade de mais pesquisas e inovações nessa área, com base na literatura científica disponível. **Discussão:** O uso de incisões menores, tecnologia avançada e ferramentas especializadas levaram à redução da perda de sangue, dor pós-operatória e internações hospitalares mais curtas. No entanto, o artigo também reconhece os desafios enfrentados pelos cirurgiões na realização do MIS, incluindo a necessidade de treinamento especializado, o uso de instrumentos mais longos e a visualização limitada fornecida pelos endoscópios. Além disso, o artigo observa que ainda existem algumas limitações do MIS, como o potencial de aumento das taxas de falsos positivos e o custo mais alto associado à cirurgia assistida por robótica. No entanto, o artigo reconhece o potencial das técnicas avançadas de imagem para beneficiar o MIS e a necessidade de pesquisas contínuas para determinar as vantagens e desvantagens do MIS em comparação com as cirurgias abertas tradicionais. **Conclusão:** conclui-se que o futuro do MIS parece brilhante e o treinamento cirúrgico deve ser revisado para garantir que os cirurgiões estejam equipados com as habilidades e ferramentas necessárias para realizar esses novos procedimentos. Esta discussão fornece informações valiosas sobre o estado atual do MIS e destaca a necessidade de mais pesquisas e inovações neste campo.

**Palavras-chave:** Neurocirurgia, procedimentos, Invasivos, Crianças.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** This literature review provides a comprehensive overview of the latest trends and developments in this field. The paper highlights the benefits of minimally invasive surgery (MIS), which has become the gold standard for treating a 16617maging of 16617maging16617s surgical conditions. **Methodology:** This article 16617maging16617s a systematic review of the literature, using the Pubmed, Scielo, and Medline databases, aiming to analyze the benefits of minimally invasive surgery (MIS). A total of 38 articles that met the inclusion criteria were included and assessed in terms of methodological quality. The results were grouped by similarity and presented descriptively. The review emphasizes the importance of MIS, provides updated information on its benefits, and emphasizes the need for further research and innovations in this field, based on the available scientific literature. **Discussion:** The use of smaller incisions, advanced technology, and specialized tools has led to reduced blood loss, post-operative pain, and shorter hospital stays. However, the article also acknowledges the challenges faced by surgeons in performing MIS, including the need for specialized training, the use of longer instruments, and the limited visualization provided by endoscopes. Additionally, the article notes that there are still some limitations of MIS, such as the potential for increased false-positive rates and the higher cost associated with robotic-assisted surgery. However, the article recognizes the potential of advanced 16617maging techniques to benefit MIS and the need for ongoing research to determine the advantages and disadvantages of MIS compared to traditional open surgeries. **Conclusion:** It can be concluded that the future of MIS appears promising, and surgical training should be reviewed to ensure that surgeons are equipped with the necessary skills and tools to perform these new procedures. This discussion provides valuable insights into the current state of MIS and highlights the need for further research and innovations in this field.

**Keywords:** Neurosurgery, procedures, Invasive, Children

## **1 INTRODUÇÃO**

A neurocirurgia minimamente invasiva revolucionou o campo da cirurgia nas últimas décadas. Essa técnica envolve o uso de pequenas incisões e instrumentos especializados para realizar procedimentos cirúrgicos, em oposição à cirurgia aberta tradicional. A neurocirurgia minimamente invasiva está associada a uma série de vantagens, incluindo redução da dor, internações hospitalares mais curtas e tempos de recuperação mais rápidos para os pacientes. Nos últimos anos, houve avanços significativos nas técnicas e tecnologias utilizadas em cirurgia geral minimamente invasiva, incluindo o uso de robótica e técnicas avançadas de imagem. No entanto, apesar desses avanços, ainda existem desafios que devem ser enfrentados, incluindo a seleção de pacientes e os cuidados pós-operatórios. Este trabalho de pesquisa explora a definição, avanços, desafios, seleção de pacientes e tendências futuras em cirurgia geral minimamente invasiva. Por meio de extensa pesquisa e análise, examinaremos os últimos desenvolvimentos nesse campo e as possíveis implicações para pacientes e profissionais.

## **2 METODOLOGIA**

Foi realizada uma revisão de literatura nas bases de dados Pubmed, Scielo e Medline. Foram selecionados artigos publicados em inglês, espanhol ou português que abordassem os benefícios da cirurgia minimamente invasiva (MIS). A busca bibliográfica foi realizada entre os anos de 2010 a 2022, incluindo artigos publicados em inglês, espanhol ou português. Os descritores utilizados na busca foram: “General Surgery” OR “Minimally Invasive Surgical Procedures” OR “Technological Development”. Foram incluídos estudos de coorte, estudos de caso-controle e revisões sistemáticas que abordassem os aspectos cirúrgicos e fisiológicos sobre a MIS. Foram excluídos estudos com amostras menores que 10 indivíduos, artigos de opinião, relatos de caso e estudos em animais. Foram selecionados inicialmente 686 artigos, dos quais 485 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Após a leitura dos resumos, foram excluídos mais 163 artigos por não apresentarem informações relevantes para a revisão. Finalmente, foram incluídos 38 artigos para a análise.

Os artigos foram avaliados quanto à qualidade metodológica e os dados foram analisados de forma qualitativa, agrupando os resultados por similaridade. A síntese dos dados foi apresentada de forma descritiva, destacando as principais informações sobre os benefícios da cirurgia minimamente invasiva (MIS). Esta revisão sistemática de literatura tem como objetivo fornecer uma visão geral atualizada sobre informações valiosas sobre o estado atual do MIS e destaca a necessidade de mais pesquisas e inovações neste campo disponíveis na literatura científica.

### **3 DISCUSSÃO**

A Cirurgia Minimamente Invasiva (CMI) é uma técnica cirúrgica altamente desenvolvida, pioneira na década de 1980, e desde então se tornou o padrão de tratamento para muitos procedimentos [1]. O MIS envolve o corte de incisões menores do que a cirurgia tradicional e geralmente requer o uso de tecnologia avançada e ferramentas especializadas [2][3]. Foi amplamente adotado, com expansão exponencial nos Estados Unidos [1][4], e gerou debate sobre sua dependência da tecnologia e o potencial impacto na competência processual [1]. Isso levantou questões sobre a adequação do treinamento cirúrgico para técnicas abertas [1]. Para esse fim, o ACGME exige um mínimo de 75 casos laparoscópicos complexos e 100 básicos para a graduação dos estagiários de cirurgia geral, mas não definiu um mínimo de casos abertos necessários [1]. MIS tornou-se cada vez mais popular para muitos procedimentos de cirurgia geral, incluindo intervenções percutâneas, endovasculares e minimamente invasivas, levando a um declínio nas técnicas cirúrgicas abertas [1]. O trauma reduzido associado ao MIS resulta em menos operações que requerem internações prolongadas, e os hospitais devem ser capazes de lidar com o aumento do fluxo de pacientes [2]. Como tal, o treinamento cirúrgico deve ser revisto para garantir que os cirurgiões estejam equipados para realizar os novos procedimentos, e motores e instrumentos em miniatura devem ser projetados para permitir operações que atualmente são impossíveis [2].

A cirurgia geral minimamente invasiva, também conhecida como cirurgia laparoscópica, é uma inovação que se tornou o padrão ouro de tratamento para o tratamento de uma variedade de diferentes condições cirúrgicas [5]. Este procedimento envolve o uso de uma câmera para visualizar o campo cirúrgico e é realizado através de uma pequena incisão. Os cirurgiões devem tornar-se hábeis em trabalhar com uma exposição significativamente menor, usando instrumentos mais longos e frequentemente baionetas [5]. A visualização bidimensional oferecida pelo endoscópio e a ergonomia do uso do microscópio podem representar um desafio para os cirurgiões que tentam aprender a técnica [5]. Além disso, a familiaridade com a anatomia é fundamental para o cirurgião, pois permite realizar o procedimento com segurança, sem expor estruturas que não estão sendo tratadas cirurgicamente [5]. A maioria dos cirurgiões atualmente usa o endoscópio ou um microscópio cirúrgico para procedimentos minimamente invasivos devido à iluminação aprimorada [5]. A colecistectomia laparoscópica, por exemplo, tornou-se o tratamento cirúrgico primário para doença sintomática da vesícula biliar em cirurgia geral e está associada a menor morbidade relacionada à cirurgia, melhores resultados pós-operatórios a longo prazo e custos reduzidos [5]. O ALIF mini-aberto é outro procedimento minimamente invasivo com uma curva de aprendizado mais simples para os cirurgiões de

coluna e acesso, oferecendo muitas vantagens em comparação com a cirurgia aberta tradicional, como redução da perda de sangue, dor pós-operatória e menor tempo de internação [5]. A ALIF transperitoneal laparoscópica é outro procedimento minimamente invasivo que pode ser realizado de forma eficaz e segura [5]. Procedimentos de fusão lombar minimamente invasivos têm sido sugeridos para prometer menor lesão iatrogênica de tecidos moles e morbidade relacionada à abordagem em comparação com a cirurgia aberta convencional [5]. Os resultados preliminares sugerem que os procedimentos de fusão lombar minimamente invasivos podem ser realizados com segurança e eficácia [5]. Em conclusão, apenas estudos prospectivos e de longo prazo podem determinar claramente as vantagens e desvantagens das cirurgias minimamente invasivas em comparação com as cirurgias abertas convencionais [5].

A neurocirurgia minimamente invasiva (MIS) cresceu em popularidade nas últimas décadas [6]. MIS abrange uma ampla gama de procedimentos que são tipicamente menos invasivos do que a cirurgia aberta (OS) [6]. Os procedimentos MIS são favorecidos por seus benefícios a curto prazo, incluindo menor dor pós-operatória, redução do tempo de internação (LOS) e menor risco de complicações [6]. Além disso, o MIS está associado a melhores resultados estéticos, tornando-se uma opção atraente para muitos pacientes [7]. Além disso, o número de procedimentos realizados com técnicas MIS aumentou significativamente ao longo do período de 20 anos de 1998 a 2017 [6]. O MIS foi associado a pontuações mais baixas de Elixhauser para comorbidades, taxas mais baixas de infecção de feridas, sangramento pós-operatório e readmissão, bem como menor mortalidade hospitalar [6]. Além disso, as gastrectomias MIS têm sido associadas a um LOS mais curto, enquanto as hemicolectomias MIS e ressecções retais têm sido associadas a um LOS mais curto de 1-3 dias [6]. No entanto, o texto não fornece nenhuma vantagem específica do uso do MIS [6]. A pesquisa procurou identificar preditores para a abordagem MIS, e casos de MIS e OS foram comparados em termos de resultados de curto prazo [6]. Todos esses fatores indicam que o MIS se tornou uma opção viável para uma ampla variedade de procedimentos e que o MIS marcou um grande passo no tratamento cirúrgico de várias doenças [6].

## AVANÇOS EM TÉCNICAS E TECNOLOGIAS

Progresso ao longo dos anos devido aos avanços nas técnicas, tecnologias e robótica. Por exemplo, cirurgia de ressecção endoluminal, navegação guiada por imagem e robótica controlada remotamente são agora comuns na sala de operações [8]. Além disso, cirurgia assistida por robótica, cirurgia endoscópica transluminal por orifício natural (NOTES) e cirurgia laparoscópica de incisão única (SILS) são alguns dos últimos avanços em cirurgia minimamente invasiva [9]. Exemplos deste tipo de tecnologia incluem Amadeus Composer

e TELELAP Alf-X [10].

A cirurgia robótica, em particular, percorreu um longo caminho desde a primeira versão da sala de cirurgia Zeus [10]. Os modelos mais recentes de robôs cirúrgicos, como Da Vinci, possuem plataformas móveis compactas, múltiplos braços operacionais e console superior do cirurgião equipado com imersivo 3D estereotáxico pilotado pelo cirurgião e alças ergonômicas intuitivas para os movimentos da mão humana, proporcionando maior destreza [10]. Além disso, as plataformas robóticas mais recentes afirmam produzir pequenas plataformas robóticas com melhor capacidade de manobra, mais fáceis de usar em espaços restritos, fornecem feedback de força e recursos de rastreamento ocular [10]. Quando se trata de NOTES, esta técnica é uma progressão gradual da ressecção endoscópica da mucosa [10]. É considerada uma das inovações mais significativas em cirurgia desde que Phillippe Mouret realizou a primeira colecistectomia laparoscópica em 1987, e tem sido realizada com sucesso usando principalmente o estômago, reto e vagina como porta de entrada na cavidade peritoneal [10]. A cirurgia robótica tem sido investigada extensivamente na cavidade peritoneal e provou ser benéfica em operações selecionadas, como cirurgias benignas do trato gastrointestinal superior e cirurgias colorretais e bariátricas [10]. Além disso, plataformas de realidade virtual (VR) e tridimensional (3D) já estão sendo utilizadas em salas cirúrgicas, além de ótica e ciência da computação aprimoradas, que possibilitaram modelos específicos do paciente, permitindo o planejamento e a prática de cirurgias complexas em um Plataforma VR antes da cirurgia propriamente dita [10]. Por fim, espera-se que mecanismos de orientação de procedimentos, como a realidade aumentada, melhorem a segurança e a precisão de operações futuras [11].

A cirurgia minimamente invasiva assistida por robótica (RAMIS) foi desenvolvida para superar as limitações da laparoscopia [12]. RAMIS usa braços robóticos, juntamente com uma câmera 3D, para oferecer visão aprimorada, ergonomia aprimorada e maior precisão [12]. Além disso, permite que os cirurgiões controlem uma lente de câmera que se fixa em um campo de visão específico [12]. Esta tecnologia está sendo utilizada em praticamente todos os órgãos abdominais para procedimentos que requerem reconstruções complexas e visualização superior [12]. Por exemplo, foi sugerido que o uso de cirurgia laparoscópica assistida por robótica para câncer de endométrio tem algumas vantagens em comparação com a cirurgia laparoscópica tradicional [12]. Estudos indicaram que o tempo total gasto na sala de operação é menor no grupo de cirurgia robótica para pacientes com câncer de endométrio [12]. Além disso, as taxas de custo-efetividade incrementais para cirurgia assistida por robótica em cirurgia geral

minimamente invasiva foram de R\$ 4.518 por ano de vida ajustado pela qualidade e R\$ 3.631 por ano de vida ajustado pela qualidade em comparação com as técnicas aberta e laparoscópica, respectivamente [12]. No entanto, a cirurgia assistida por robótica está associada a um custo mais elevado do que as técnicas aberta e laparoscópica [12]. Além disso, requer treinamento especializado e o custo do equipamento é alto [13]. Apesar dessas limitações, o uso de instrumentos robóticos e endoscópicos em cirurgia geral minimamente invasiva levou a melhores resultados e foi sugerido que é mais eficaz do que as técnicas abertas e laparoscópicas [13][12].

### **3.1.1 Quais são os benefícios potenciais do uso de técnicas avançadas de imagem em cirurgia geral minimamente invasiva?**

Técnicas de imagem avançadas estão se tornando cada vez mais importantes para a cirurgia geral minimamente invasiva. Tais técnicas podem auxiliar no planejamento pré-operatório e na orientação intraoperatória de procedimentos minimamente invasivos [14]. Por exemplo, sondas biofotônicas, como a endomicroscopia confocal a laser baseada em sonda (pCLE), a tomografia de coerência óptica (OCT) e a imagem vitalícia de fluorescência (FLIM) podem ser usadas para integrar etapas de diagnóstico, caracterização de tecido e intervenção no fluxo de trabalho cirúrgico existente [14]. Além disso, avanços recentes nas áreas de eletrônica, ótica e bioquímica podem permitir imagens de nível celular no ambiente *in situ*, *in vivo* [14]. Isso é particularmente benéfico na cirurgia de acesso flexível, como procedimentos transluminais e intraluminais, pois permite um diagnóstico mais preciso e detalhado do tecido, bem como o tratamento precoce em nível celular [14]. Os cirurgiões também podem contar com imagens fluoroscópicas ao vivo ou virtuais, ou imagens tridimensionais de um sistema de orientação de imagem para orientação anatômica [5]. O desenvolvimento de ferramentas de precisão articuladas também melhorou a coordenação mão-olho e a precisão manual em escalas de micron, com a capacidade de navegar por caminhos anatômicos complexos [14]. Além disso, o uso de sistemas miniaturizados, como robôs, pode preencher lacunas tecnológicas em cirurgia minimamente invasiva, proporcionando melhor visualização, controle, destreza e estabilidade [14]. Todos esses avanços tecnológicos melhoraram a precisão diagnóstica e o resultado terapêutico, reduzindo o trauma do paciente e encurtando a hospitalização e [14]. Como tal, técnicas avançadas de imagem podem beneficiar potencialmente a cirurgia geral minimamente invasiva [14].

Cirurgiões enfrentam inúmeros desafios quando se trata de realizar cirurgia minimamente invasiva. Por exemplo, a seleção do paciente e a seleção do caso são fatores essenciais que determinam o sucesso ou o fracasso do procedimento [15]. Os cirurgiões também devem usar equipamentos e tecnologias especializadas, o que pode aumentar o custo da cirurgia minimamente invasiva [15]. Além disso, os cirurgiões devem passar por uma curva de aprendizado para adquirir as habilidades necessárias para realizar esses procedimentos [15]. Os executivos do hospital também questionarão o custo da nova tecnologia e seu efeito nos resultados dos pacientes [15]. Além disso, a mudança na dinâmica do mercado pode impedir a expansão de novas técnicas cirúrgicas e pode haver maior ênfase nos padrões de competência para cirurgiões que realizam cirurgia geral minimamente invasiva [15]. O treinamento é o desafio mais importante enfrentado pelos cirurgiões na realização de cirurgia minimamente invasiva [16], seguido pelo tempo limitado da sala de cirurgia e pelo volume limitado de casos avançados [17]. Além disso, a falta de apoio do departamento cirúrgico e a falta de interesse do cirurgião assistente [17] também são desafios enfrentados pelos cirurgiões. Além disso, a cirurgia robótica está ganhando força na cirurgia geral, especialmente no caso da colecistectomia [15]. No entanto, a taxa de adoção da cirurgia robótica em casos de colectomia é de apenas 15%, inferior à da prostatectomia e semelhante à da histerectomia [15]. Em conclusão, os desafios enfrentados pelos cirurgiões na realização de cirurgia minimamente invasiva precisam ser abordados para aumentar a utilização no futuro [16].

Apesar das vantagens da cirurgia minimamente invasiva, ainda existem riscos associados a esse tipo de cirurgia. Esses riscos se devem principalmente à percepção restrita em que o cirurgião deve operar [18]. Essas restrições podem incluir perda de feedback visual tridimensional, coordenação olho-mão perturbada e dificuldade devido ao design ergonômico pobre dos instrumentos cirúrgicos e do espaço de trabalho [18]. Isso significa que as consequências da percepção restrita em cirurgia minimamente invasiva precisam ser levadas em consideração [18]. Durante os estágios iniciais da curva de aprendizado do cirurgião, a taxa de complicações e a duração do procedimento podem ser maiores [5]. Além disso, o uso de instrumentos mais longos e visualização bidimensional pode representar um desafio para os cirurgiões aprenderem técnicas minimamente invasivas [5]. Portanto, é essencial que os

cirurgias se familiarizem com a anatomia tridimensional subjacente para garantir a realização segura de procedimentos minimamente invasivos [5]. Como acontece com qualquer nova habilidade, uma curva de aprendizado está associada ao desenvolvimento de habilidades técnicas proficientes para esses procedimentos [5]. Além disso, existem limitações e desvantagens associadas aos procedimentos minimamente invasivos [5]. Por exemplo, a eficácia a longo prazo das técnicas de fusão minimamente invasivas ainda não foi comprovada [5]. Os instrumentos e equipamentos personalizados usados na fusão lombar minimamente invasiva também podem ser muito caros [5]. Finalmente, aqueles que têm menos experiência no uso de imagens bidimensionais podem achar difícil confiar em imagens fluoroscópicas ao vivo ou virtuais ou imagens tridimensionais para orientação anatômica durante procedimentos minimamente invasivos [5].

### **3.1.2 Como esses desafios podem ser minimizados ou abordados?**

Existem vários desafios no campo da tractografia, como a detecção incorreta de feixes e taxas de falso-positivos [19]. A fim de minimizar esses desafios, métodos como integração de informações não locais e modelagem avançada de microestrutura de difusão podem ser usados para melhorar a especificidade da tractografia [19]. Além disso, a tractografia orientada por aprendizado de máquina mostra grande potencial para melhorar a especificidade dos tractogramas [19]. Técnicas de filtragem aerodinâmica também podem ser empregadas para otimizar o erro de previsão de sinal e reduzir vieses de tractografia [19]. Tem sido sugerido que o aumento da complexidade anatômica do fantoma pode encorajar a pesquisa nessas direções e reduzir as taxas de falso-positivos [19]. No entanto, isso pode resultar em maiores taxas de falsos positivos [19]. Também é necessário considerar questões de autovalidação ao comparar métodos diretos [19]. Portanto, a utilização de métodos independentes, como imagens de luz polarizada, pode ser capaz de obter objetos simuladores de maior complexidade anatômica e ajudar a resolver as limitações identificadas da tractografia [19]. Além disso, aumentar o número de feixes virtuais (VBs) pode ajudar a identificar mais feixes intrínsecos (IBs) e melhorar a especificidade da tractografia [19]. Além disso, a melhoria na precisão dos algoritmos de tractografia pode minimizar os desafios [19]. Além disso, as versões futuras do fantasma devem incluir pacotes e conexões adicionais para torná-lo mais realista [19]. Por fim, condições mais complexas devem ser consideradas para abordar questões importantes que antes permaneciam especulativas [19].

### 3.2 SELEÇÃO DE PACIENTES E CUIDADOS PÓS-OPERATÓRIOS

#### **3.2.1 Quem são os candidatos ideais para cirurgia geral minimamente invasiva?**

A cirurgia geral minimamente invasiva é adequada para uma variedade de condições, e os candidatos ideais para esse tipo de cirurgia são aqueles com pacientes hemodinamicamente não comprometidos [20]. A laparoscopia é uma ferramenta confiável para o diagnóstico de lesões abdominais penetrantes e contusas, podendo ser utilizada para fins terapêuticos em alguns casos [20]. De fato, uma abordagem laparoscópica é agora recomendada para o tratamento de apendicite aguda, colecistite aguda e úlceras pépticas perforadas [20]. Além disso, esta cirurgia pode ser realizada em pacientes com operações intra-abdominais anteriores [21]. Além disso, a ressecção hepática minimamente invasiva é um procedimento seguro e viável para metástase colorretal e é oncológicamente comparável à ressecção hepática aberta [21]. No entanto, é importante ressaltar que o procedimento deve ser realizado por cirurgiões experientes e é recomendado apenas para pacientes selecionados [21]. O procedimento é adequado para ressecções hepáticas menores e maiores [21].

#### **3.2.2 Quais são os critérios utilizados para selecionar pacientes para cirurgia minimamente invasiva?**

Os critérios utilizados para selecionar pacientes para cirurgia geral minimamente invasiva são importantes para garantir o sucesso desse tipo de operação [22]. Geralmente, fatores de seleção de pacientes que indicam a probabilidade de complicações pós-operatórias, como índice de massa corporal, escore da American Society of Anesthesiologists, idade e escore WHO/ECOG, são levados em consideração [22]. Pacientes com maior risco de complicações pós-operatórias geralmente não são selecionados para cirurgia geral minimamente invasiva. Além disso, doenças médicas subjacentes também devem ser levadas em consideração no processo de seleção, mas não devem ser o único critério [23]. Além disso, os critérios de seleção não devem ser estáticos, mas dinâmicos, levando em consideração o procedimento cirúrgico, a experiência e expertise do ambiente perioperatório e o histórico médico do paciente [23]. Os critérios utilizados no presente estudo para selecionar pacientes para cirurgia geral minimamente invasiva incluem pacientes submetidos à anestesia por bloqueio cervical anterior pelo cirurgião, pacientes com sestamibi-SPECT pré-operatório sugerindo um único adenoma e aqueles explorados através de uma incisão de 1 a 4 cm [24]. Os ensaios de hormônio da paratireoide intraoperatórios também são usados antes e depois da ressecção da paratireoide [24]. No entanto, para pacientes com doença multiglandular, pode ser necessária a conversão para anestesia geral para exploração bilateral [24]. Esses critérios visam

prever a ocorrência de eventos adversos perioperatórios tratáveis, mas não pode prever a necessidade de admissão e readmissão imprevistas [23].

### **3.2.3 Quais são as diretrizes de cuidados pós-operatórios para cirurgia minimamente invasiva?**

Para garantir o sucesso de procedimentos minimamente invasivos, os critérios de seleção de pacientes devem ser considerados cuidadosamente [25]. Os fatores para seleção devem incluir a idade do paciente, índice de massa corporal (IMC), anatomia, saúde geral e o tipo de procedimento [26][27]. Um estudo de 193 pacientes submetidos à cirurgia robótica minimamente invasiva descobriu que a taxa de mortalidade pós-operatória total foi de 1,5% [28]. Também é importante considerar as necessidades dietéticas e o estado nutricional do paciente antes e depois do procedimento [29]. Por exemplo, um estudo de 334 pacientes submetidos à cirurgia esofágica mostrou que a taxa de mortalidade pós-operatória foi de 0,9% [22]. O manejo pós-operatório pode necessitar de terapia com betabloqueadores, o que não é suportado pelas diretrizes publicadas [30]. Antes do procedimento, o paciente deve ser informado sobre os potenciais riscos e efeitos colaterais [31]. Em conclusão, os critérios de seleção de pacientes e as diretrizes de cuidados pós-operatórios devem ser seguidos rigorosamente para cirurgia geral minimamente invasiva para alcançar melhores resultados. [32].

## **3.3 FUTURO DA CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA**

### **3.3.1 Quais são as tendências futuras em cirurgia geral minimamente invasiva?**

O futuro da cirurgia geral minimamente invasiva (MIS) parece brilhante. De acordo com o texto, a adoção do MIS está aumentando em residentes de cirurgia geral e a robótica está se tornando uma tecnologia crescente neste campo [15][33]. A laparoscopia também está se tornando uma técnica comum e superando a cirurgia aberta para procedimentos selecionados [15][34]. Além disso, o MIS está sendo adotado para procedimentos cada vez mais complexos, como colectomias oncológicas, lobectomias pulmonares ou gastrectomias [6]. Os benefícios associados ao MIS incluem um retorno mais rápido da função intestinal, menos dor, melhores resultados estéticos, internações hospitalares mais curtas e menos complicações [6]. No entanto, o texto também menciona que a dinâmica do mercado pode dificultar a expansão de novas técnicas cirúrgicas [15]. Os executivos do hospital prestarão muita atenção ao custo da nova tecnologia e seu impacto nos resultados dos pacientes [15]. Além disso, as tendências futuras em cirurgia geral minimamente invasiva indicam uma possível preocupação de que graduados

em cirurgia geral possam não ter experiência adequada na conversão para cirurgia aberta quando necessário [34]. Isso pode levar a uma maior ênfase nos padrões de competência em MIS [15]. Outros fatores que podem influenciar o futuro do MIS incluem turnos de pacientes internados para ambulatoriais, prevalência de doenças, avanços tecnológicos, expansões de cobertura, modelos de pagamento e dados demográficos [15]. O modelo de demanda nacional da Advisory Board Company fornece projeções de taxas de utilização atuais e futuras com base em pesquisas secundárias, entrevistas e revisão da literatura clínica [15].

A cirurgia minimamente invasiva é um campo de pesquisa e desenvolvimento em constante evolução. O uso de procedimentos laparoscópicos e robóticos aumentou na cirurgia geral, e há um aumento no uso e desenvolvimento de dispositivos robóticos e plataformas para cirurgia geral [13]. Uma revisão da literatura foi realizada para explorar tecnologias robóticas cirúrgicas atuais e emergentes [13]. Os dispositivos discutidos na revisão são específicos para cirurgia geral, incluindo laparoscopia, colonoscopia, esofagogastroduodenoscopia e toracoscopia [13]. A pesquisa discute cirurgia endoscópica robótica médica e cirúrgica e tecnologias periféricas atualmente disponíveis ou em desenvolvimento [13]. Além disso, as direções futuras aplicáveis são discutidas. A realidade aumentada em combinação com visão estereoscópica tridimensional também está sendo desenvolvida [35]. Iniciativas de pesquisa e desenvolvimento incluem mini-robôs controlados remotamente e cirurgia robótica de incisão única com microinstrumentos [35]. A cirurgia fetal ex utero in utero artificial é outra área promissora de pesquisa [35]. A cirurgia pediátrica minimamente invasiva também está evoluindo, e tem havido um trabalho pioneiro e inovador no fornecimento de assistência endoscópica para procedimentos cirúrgicos abertos ou laparoscópicos [35]. A cirurgia cooperativa endoscópica laparoscópica (LECS) é uma técnica viável para cirurgia no trato gastrointestinal superior [35]. O conceito de fornecer assistência endoscópica para procedimentos cirúrgicos não é novo [35]. Somente dados concretos de estudos prospectivos randomizados, controlados e duplo-cegos podem validar se essas técnicas e dispositivos realmente melhoram o resultado cirúrgico dos pacientes [35]. A cirurgia pediátrica minimamente invasiva é um campo amplo que vai desde a cirurgia fetal minimamente invasiva sobre a microlaparoscopia em recém-nascidos até a cirurgia robótica em adolescentes [35]. Desenvolvimentos técnicos promissores, como cirurgia endoscópica transluminal por orifício natural (NOTES), incisão única e cirurgia endoscópica, e o útero artificial como backup para

cirurgia em fetos prematuros, são novas técnicas e dispositivos que contribuem para o desenvolvimento de procedimentos menos invasivos para crianças [35]. Para avaliar essas técnicas e desenvolvimentos, os artigos foram traduzidos, se necessário, e uma pesquisa sistemática foi realizada usando palavras-chave e cabeçalhos de assuntos médicos, e a última entrada foi definida para novembro de 2020 [35]. A busca não foi restrita a idiomas específicos e foi realizada uma busca cruzada com referências encontradas na literatura [35]. As técnicas e o desenvolvimento da cirurgia pediátrica minimamente invasiva são relatados de forma descritiva, e possíveis divergências quanto à qualidade dos estudos e inclusões/exclusões foram resolvidas por discussão [35].

### **3.3.2 Quais são as possíveis implicações dos avanços atuais na cirurgia minimamente invasiva?**

Os avanços atuais em cirurgia geral minimamente invasiva têm o potencial de fornecer melhores resultados e maior satisfação do paciente [36]. A cirurgia realizada com a ajuda da cirurgia endoscópica assistida por robótica (RAS) demonstrou ser benéfica em termos de redução da morbidade, menores taxas de infecção, menos dor, recuperação mais rápida e melhor estética [36]. O RAS é uma técnica inovadora que envolve o uso de um robô cirúrgico colocado entre os instrumentos cirúrgicos endoscópicos e as mãos do cirurgião, utilizando o "princípio mestre-escravo" [36]. A importância do feedback tátil durante a fase inicial de aquisição de habilidades psicomotoras no treinamento de RV também é um assunto de debate na literatura [36]. A pesquisa mostrou que o feedback tátil pode ser importante para a aquisição bem-sucedida de habilidades psicomotoras no treinamento de RV, embora os resultados não sejam unânimes [36]. Os benefícios da háptica são menos contestados quando relacionados à cirurgia usando robótica, já que a robótica usada atualmente não possui feedback háptico [36]. Acredita-se que a adição de haptics pode reduzir os erros cirúrgicos associados à sua falta, particularmente na amarração de nós [36]. Técnicas minimamente invasivas evoluíram para permitir que cirurgias de deformidades da coluna alcancem objetivos tradicionais por meio de incisões menores [37]. Demonstrou-se que diminui a perda de sangue, o tempo de internação e o período de recuperação pós-operatória [37]. Além disso, a experiência precoce com procedimentos minimamente invasivos na deformidade da coluna vertebral foi associada à diminuição da perda de sangue perioperatória e à necessidade de transfusões [37]. Essa taxa de transfusão diminuída reduzirá a probabilidade de lesões pulmonares relacionadas à transfusão, que se tornou a causa mais comum de morte após a transfusão de sangue [37]. A perda sanguínea reduzida também pode diminuir a morbidade cardiopulmonar que normalmente

segue a ressuscitação volêmica agressiva [37]. Abordagens cirúrgicas minimamente invasivas podem ser aplicadas na cirurgia de deformidade da coluna vertebral por meio de abordagens posteriores ou anteriores [37]. A instrumentação percutânea pode ser usada para estabilização segmentar adicional após liberações anteriores e fusões intervertebrais [37]. As osteotomias podem ser fechadas com segurança para aumentar a lordose segmentar e permitir a aposição de superfícies ósseas para posterior fusão, graças às mais recentes tecnologias de instrumentação percutânea [37]. Além disso, os avanços na cirurgia geral minimamente invasiva levaram ao desenvolvimento de técnicas laparoscópicas [38]. A combinação de feedback visual, feedback tátil e experiência endoscópica pode levar a um melhor desempenho cirúrgico [36]. No entanto, Tholey et al. descobriram que a presença de apenas um desses fatores não melhorou significativamente o desempenho cirúrgico [36]. O sucesso imediato e esmagador da colecistectomia laparoscópica não se repetiu com outros procedimentos [38]. Técnicas laparoscópicas têm sido aplicadas a outros procedimentos na cavidade abdominal, incluindo reparo de hérnia, cirurgia de refluxo esofágico e cirurgia de cólon [38]. No geral, os avanços atuais em cirurgia geral minimamente invasiva têm o potencial de melhorar o desempenho dos procedimentos cirúrgicos.

#### **4 CONCLUSÃO**

Chega-se à conclusão de que o horizonte do uso de abordagens minimamente invasivas (MIS) na cirurgia é promissor, e é crucial rever o treinamento cirúrgico para garantir que os profissionais estejam adequadamente capacitados com as competências e recursos necessários para realizar esses procedimentos inovadores. Sendo assim, essa discussão oferece perspectivas valiosas sobre o panorama atual do MIS, evidenciando a necessidade de aprofundar as pesquisas e promover inovações nessa área em constante evolução.

## REFERÊNCIAS

1. John, A., Caturegli, I., Kubicki, N. *The Rise of Minimally Invasive Surgery: 16 Year Analysis of the Progressive Replacement of Open Surgery with Laparoscopy*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7810432/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7810432/)
2. Wickham, J. *Minimally Invasive Surgery: Future developments*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.bmj.com/content/308/6922/193.short](http://www.bmj.com/content/308/6922/193.short)
3. Arnold, M., Elhage, S., Schiffern, L., Lauren Paton, B. *Use of minimally invasive surgery in emergency general surgery procedures*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-019-07016-1](http://link.springer.com/article/10.1007/s00464-019-07016-1)
4. Hallowell, P., Dahman, M., Stokes, J., LaPar, D. *Midwest Surgical Association Minimally invasive surgery fellowship does not adversely affect general surgery resident case volume: a decade of experience*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961013000445](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961013000445)
5. Foley, K., Holly, L., Schwender, J. *Minimally Invasive Lumbar Fusion : Spine*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [journals.lww.com](http://journals.lww.com)
6. Schneider, M., Gero, D., Müller, M., Horisberger, K. *Inequalities in access to minimally invasive general surgery: a comprehensive nationwide analysis across 20 years*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-020-08123-0](http://link.springer.com/article/10.1007/s00464-020-08123-0)
7. Henry, J. *Minimally invasive thyroid and parathyroid surgery is not a question of length of the incision*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00423-008-0406-3](http://link.springer.com/article/10.1007/s00423-008-0406-3)
8. Harrell, A., Heniford, B. *www.sciencedirect.com*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961005004587](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961005004587)
9. Park, A., Lee, T. *Evolution of Minimally Invasive Surgery and Its Impact on Surgical Residency Training*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-45021-4\\_2](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-45021-4_2)
10. Tiang, K. *A New Era of Minimally Invasive Surgery: Progress and Development of Major Technical Innovations in General Surgery Over the Last Decade*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.thieme-connect.com](http://www.thieme-connect.com)
11. Siu, I., Li, Z., Ng, C. *Latest technology in minimally invasive thoracic surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6381267/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6381267/)
12. Hanly, E., Talamini, M. *Robotic abdominal surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000296100400371X](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000296100400371X)
13. Peters, B., Armijo, P., Krause, C., Choudhury, S. *Review of emerging surgical robotic technology*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-018-6079-2](http://link.springer.com/article/10.1007/s00464-018-6079-2)
14. Vitiello, V., Lee, S., Cundy, T. *Emerging Robotic Platforms for Minimally Invasive Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6392862/](http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6392862/)

- 
15. Tsui, C., Klein, R., Garabrant, M. *Minimally invasive surgery: national trends in adoption and future directions for hospital strategy*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-013-2973-9](https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-013-2973-9)
  16. Hamed, O., Gusani, N., Kimchi, E. *Minimally Invasive Surgery in Gastrointestinal Cancer: Benefits, Challenges, and Solutions for Underutilization*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4254473/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4254473/)
  17. Chiasson, P., Pace, D., Schlachta, C. *Minimally invasive surgery training in Canada* | *SpringerLink*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-002-8818-6](https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-002-8818-6)
  18. Stassen, H., Dankelman, J., Grimbergen, K. *Man-machine aspects of minimally invasive surgery* ☆. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578801000116](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578801000116)
  19. Yeh, F., Lin, Y., Ji, Q., Reddick, W. *The challenge of mapping the human connectome based on diffusion tractography*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.nature.com/articles/s41467-017-01285-x](https://www.nature.com/articles/s41467-017-01285-x)
  20. Viridis, F., Podda, M., Reccia, I., Gallo, G., Khan, M. *Laparoscopy and Minimally Invasive Surgery Techniques in Acute Care Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73155-7\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73155-7_19)
  21. Nguyen, K., Laurent, A., Dagher, I., Geller, D. *Minimally Invasive Liver Resection for Metastatic Colorectal Cancer: A Multi-Institutional, International Report of Safety, Feasibility, and Early Outcomes* : *Annals of Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [journals.lww.com](https://journals.lww.com)
  22. Schmidt, H., Gisbertz, S., Moons, J., Rouvelas, I. *Defining benchmarks for transthoracic esophagectomy: a multicenter analysis of total minimally invasive esophagectomy in low risk patients*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [journals.lww.com](https://journals.lww.com)
  23. Fuchs-Buder, T., Rosenberg, J. *Medical disease and ambulatory surgery, new insights in patient s...: Ingenta Connect*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.ingentaconnect.com](https://www.ingentaconnect.com)
  24. Chen, H., Sokoll, L., Udelsman, R. *Outpatient minimally invasive parathyroidectomy: A combination of sestamibi-SPECT localization, cervical block anesthesia, and intraoperative parathyroid hormone assay* - *ScienceDirect*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039606099700565](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039606099700565)
  25. Himel, H. *Minimally invasive (laparoscopic) surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-001-8275-7](https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-001-8275-7)
  26. Selim, Y., Di Lena, É., Abu-Omar, N., Baig, Z., Verhoeff, K. *[HTML][HTML] ... postoperative postdischarge care in patients undergoing lung resection during the COVID-19 pandemic11. Initiating Ethiopia's first minimally invasive surgery ....* (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.canjsurg.ca/content/65/6\\_Suppl\\_2/S33.abstract](https://www.canjsurg.ca/content/65/6_Suppl_2/S33.abstract)
  27. Parrish, J., Jenkins, N., Brundage, T. *Outpatient minimally invasive lumbar fusion using multimodal analgesic management in the ambulatory surgery setting*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de <http://www.ijssurgery.com/content/14/6/970.abstract>

- 
28. Giulianotti, P., Coratti, A., Angelini, M., Sbrana, F. *Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/395121](http://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/395121)
  29. Rahimli, M., Perrakis, A., Gumbs, A., Andric, M. *The LiMAx Test as Selection Criteria in Minimally Invasive Liver Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.mdpi.com/2077-0383/11/11/3018](http://www.mdpi.com/2077-0383/11/11/3018)
  30. Stefanidis, D., Goldfarb, M., Kercher, K., Hope, W. *SAGES guidelines for minimally invasive treatment of adrenal pathology*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-013-3169-z](http://link.springer.com/article/10.1007/s00464-013-3169-z)
  31. Gamme, G., Birch, D., Karmali, S. *[HTML][HTML] Minimally invasive splenectomy: an update and review*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3728249/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3728249/)
  32. Lee, J. *[HTML][HTML] Anesthesia for ambulatory surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [synapse.koreamed.org/articles/1156714](http://synapse.koreamed.org/articles/1156714)
  33. Mustafa, S., Handren, E., Farmer, D., Ontiveros, E. *Original Reports Robotic Curriculum Enhances Minimally Invasive General Surgery Residents' Education*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1931720418304598](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1931720418304598)
  34. Unawane, A., Kamyab, A., Patel, M., Flynn, J. *Midwest Surgical Association Changing paradigms in minimally invasive surgery training*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961013000044](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961013000044)
  35. Meinzer, A., Alkatout, I., Krebs, T., Baastrup, J. *JCM | Free Full-Text | Advances and Trends in Pediatric Minimally Invasive Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [www.mdpi.com/919598](http://www.mdpi.com/919598)
  36. Van der Meijden, O., Schijven, M. *The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [link.springer.com/article/10.1007/s00464-008-0298-x](http://link.springer.com/article/10.1007/s00464-008-0298-x)
  37. Hsieh, P., Koski, T., Sciubba, D., Moller, D. *Maximizing the potential of minimally invasive spine surgery in complex spinal disorders in: Neurosurgical Focus Volume 25 Issue 2 (2008) Journals*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [thejns.org](http://thejns.org)
  38. Mack, M. *Minimally Invasive and Robotic Surgery*. (n.d.) Recuperado June 26, 2023, de [jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/193511](http://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/193511)