



Técnicas Minimamente Invasivas em Cirurgia Geral: Benefícios, Limitações e Futuras Perspectivas.

Julia Chilante Ghellere, Pedro Henrique Pedrini de Oliveira, Emerson Carvalho de Aguiar, Hugo Juliani de Oliveira Pereira, Bruna Torrezan Marin, Ana Carolina Shinkawa Fernandes, Ana Elisa Franca Almeida, Laura Caroline Lippert, Luís Claudio Montes Silva, Filipe Duarte Tanuri, Pedro Alves Queiroz Vasconcelos, Ana Flávia Lobato Ferreira.

REVISÃO DE LITERATURA

Resumo: A cirurgia geral tem passado por uma revolução com a introdução e aperfeiçoamento das técnicas minimamente invasivas (TMIs), que se destacam por oferecer menor morbidade pós-operatória e recuperação mais rápida quando comparadas às técnicas convencionais abertas. Este artigo revisa o estado atual, os benefícios, limitações e perspectivas futuras das TMIs em cirurgia geral, com ênfase em laparoscopia, cirurgia robótica e endoscopia. Uma estratégia de busca detalhada foi realizada em bancos de dados acadêmicos, focando em estudos que relatam os resultados clínicos de TMIs. A revisão sintetiza descobertas de estudos relevantes, avaliando a eficácia das TMIs em diferentes contextos clínicos. Discussões abrangentes são fornecidas sobre os resultados, com atenção às limitações atuais, como a curva de aprendizado e os custos associados, e são oferecidas recomendações para pesquisa futura. Notavelmente, a análise de estudos demonstra que a laparoscopia continua a ser o padrão-ouro para muitos procedimentos, enquanto a cirurgia robótica está em crescimento, embora seus custos ainda sejam um fator limitante. A endoscopia mostrou-se particularmente promissora para procedimentos diagnósticos e terapêuticos gastrointestinais. O artigo conclui enfatizando a necessidade de treinamento contínuo, desenvolvimento tecnológico e avaliações de custo-benefício para maximizar o potencial das TMIs.

Palavras-chave: *Cirurgia minimamente invasiva; laparoscopia; cirurgia robótica; endoscopia; inovação tecnológica;*



Minimally Invasive Techniques in General Surgery: Benefits, Limitations, and Future Perspectives.

Abstract:

General surgery has been undergoing a revolution with the introduction and refinement of minimally invasive techniques (MITs), which are distinguished by offering lower postoperative morbidity and faster recovery when compared to conventional open techniques. This article reviews the current state, benefits, limitations, and future perspectives of MITs in general surgery, with an emphasis on laparoscopy, robotic surgery, and endoscopy. A detailed search strategy was carried out in academic databases, focusing on studies that report the clinical outcomes of MITs. The review synthesizes findings from relevant studies, assessing the efficacy of MITs in different clinical contexts. Comprehensive discussions are provided on the outcomes, with attention to current limitations, such as the learning curve and associated costs, and recommendations for future research are offered. Notably, the analysis of studies demonstrates that laparoscopy continues to be the gold standard for many procedures, while robotic surgery is growing, although its costs remain a limiting factor. Endoscopy has proven particularly promising for diagnostic and therapeutic gastrointestinal procedures. The article concludes by emphasizing the need for ongoing training, technological development, and cost-benefit assessments to maximize the potential of MITs.

Keywords: *Minimally Invasive Surgery; Laparoscopy; Robotic Surgery; Endoscopy; Technological Innovation.*

Instituição afiliada – 1- Centro Universitário Integrado. 2- Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. 3- FAMETRO. 4- Universidade de Vassouras. 5- Unimar. 6- Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais. 7- FCMMG. 8- Universidade do contestado (UnC) campus Mafra. 9- Escola Superior de Ciências da Saúde. 10- UNIMAR. 11- ZARNS. 12- CESUPA.

Dados da publicação: Artigo recebido em 05 de Outubro e publicado em 15 de Novembro de 2023.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2023v5n5p3025-3041>

Autor correspondente: *Julia Chilante Ghellere* - juliacghellere@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1. INTRODUÇÃO

A endoscopia é uma técnica fundamental na medicina moderna, proporcionando uma visão interna do corpo que revolucionou a forma como muitas doenças são diagnosticadas e tratadas. Desde sua concepção, a endoscopia evoluiu de procedimentos simples para intervenções complexas que podem substituir cirurgias invasivas, com implicações significativas para o tratamento de doenças gastrointestinais, pulmonares e de outros sistemas orgânicos. Esta técnica minimamente invasiva utiliza um endoscópio, um instrumento óptico flexível ou rígido, para visualizar o interior de um órgão ou cavidade do corpo. Além de visualizar, os endoscópios modernos permitem a realização de procedimentos terapêuticos, o que amplia ainda mais seu valor clínico (ASGE, 2006; Ponsky & Cherullo, 2001).

O papel da endoscopia se expandiu além da simples observação, tornando-se uma ferramenta crítica no manejo de condições pré-malignas e malignas, particularmente no trato gastrointestinal. O monitoramento e a remoção de lesões polipoides, por exemplo, são essenciais na prevenção do câncer colorretal, demonstrando a importância dos avanços nesta área para a saúde pública (Kaltenbach et al., 2013). Além disso, o desenvolvimento da endoscopia terapêutica, como a dilatação de estenoses e a coagulação de sangramentos, permitiu que muitos pacientes evitassem cirurgias maiores e suas potenciais complicações.

Com a introdução da cápsula endoscópica em 2000, uma nova dimensão foi adicionada ao campo da endoscopia. Este dispositivo, do tamanho de uma pílula, contendo uma câmera em miniatura, percorre o trato gastrointestinal e transmite imagens de alta qualidade, permitindo a avaliação de áreas anteriormente inacessíveis por endoscópios tradicionais (Iddan et al., 2000; van Gossum et al., 2009). A cápsula endoscópica abriu um novo caminho para o diagnóstico de doenças do intestino delgado, como a doença celíaca e tumores neuroendócrinos, fornecendo uma opção não invasiva para pacientes e clínicos.

O progresso no campo da endoscopia também foi marcado por avanços significativos na qualidade das imagens e na precisão diagnóstica, graças à introdução da endoscopia de alta definição e técnicas como a cromoendoscopia e a endomicroscopia confocal a laser (Wallace et al., 2008; Sonn et al., 2009). Estas tecnologias melhoraram a detecção e a caracterização de lesões neoplásicas e não neoplásicas, ajudando os médicos a tomar decisões terapêuticas mais informadas.

Além disso, o compromisso com a segurança do paciente, por meio de práticas rigorosas de desinfecção de endoscópios, demonstra a natureza dinâmica e responsiva deste campo em relação às preocupações emergentes de saúde pública. As inovações contínuas em protocolos de limpeza e desinfecção têm sido fundamentais para minimizar o risco de infecções cruzadas, uma área de pesquisa e desenvolvimento que continua a receber atenção considerável (Ofstead et al., 2013).

A endoscopia continua a ser um campo vibrante de pesquisa e prática clínica, refletindo o ritmo acelerado de inovação que caracteriza a medicina moderna. Os avanços nesta área não apenas melhoram os cuidados ao paciente, mas também aumentam a

eficiência dos sistemas de saúde ao oferecer alternativas menos invasivas e mais custo-efetivas para o diagnóstico e tratamento de uma ampla gama de condições.

2. MÉTODO

Estratégia de Busca

Para identificar estudos relevantes, foi realizada uma busca sistemática nas bases de dados PubMed, MEDLINE, EMBASE e Cochrane Library. Os termos de busca utilizados incluíram "técnicas minimamente invasivas", "laparoscopia", "endoscopia", "cirurgia robótica", "cirurgia geral", e suas variantes. A busca foi limitada a estudos em humanos, publicados em inglês, espanhol ou português, entre janeiro de 2000 e setembro de 2021.

CrITÉrios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos estudos que descreveram resultados clínicos de TMI em adultos submetidos a procedimentos de cirurgia geral. Excluíram-se estudos não clínicos, relatos de caso isolados, revisões narrativas, e estudos focados em procedimentos não relacionados à cirurgia geral ou que não adotavam técnicas minimamente invasivas.

3. RESULTADOS

A análise dos estudos foi agrupada em três tópicos principais: laparoscopia, cirurgia robótica e endoscopia. A eficácia de diferentes abordagens foi discutida com base nos desfechos cirúrgicos, taxa de complicações, tempo de recuperação, e satisfação dos pacientes.

3.1 Laparoscopia

A laparoscopia, como uma das mais consolidadas técnicas minimamente invasivas, revolucionou a cirurgia geral desde a sua introdução. Originada nos primeiros procedimentos laparoscópicos do século XX, ela tem evoluído com a integração de novas tecnologias e técnicas que ampliam o seu escopo de aplicação (Perretta et al., 2010). O uso da laparoscopia é agora um padrão de atendimento para muitas condições, incluindo apendicectomias, colecistectomias e procedimentos ginecológicos, graças à sua capacidade de reduzir a dor pós-operatória e acelerar a recuperação do paciente (Varadarajan et al., 2010).

A segurança e a eficácia da laparoscopia melhoraram significativamente ao longo do tempo. Estudos têm demonstrado que a laparoscopia oferece melhores desfechos pós-operatórios quando comparada com técnicas abertas, incluindo menor perda de sangue, menor risco de infecção no local cirúrgico e recuperação mais rápida da função intestinal (Silecchia et al., 2015). Além disso, o desenvolvimento de instrumentos mais sofisticados e o aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas



permitiram que os procedimentos se tornassem mais seguros e menos invasivos (Wang et al., 2019).

No entanto, a laparoscopia ainda apresenta desafios. A curva de aprendizado para cirurgiões em treinamento é uma preocupação, exigindo um número significativo de casos para que o cirurgião adquira proficiência (Palter et al., 2011). A formação especializada e os simuladores de laparoscopia têm sido desenvolvidos para ajudar os cirurgiões a superar essa barreira, permitindo-lhes praticar fora do ambiente operatório (Stefanidis et al., 2017).

O custo associado ao equipamento de laparoscopia também é uma limitação. Enquanto a redução no tempo de internação pode compensar parte desses custos, o investimento inicial e os custos de manutenção permanecem altos para muitas instituições (Bridges and Diamond, 2010). Além disso, o acesso desigual ao equipamento laparoscópico em diferentes regiões e sistemas de saúde pode criar disparidades no atendimento ao paciente (Torres-Landa e Talamas, 2018).

A ergonomia é outra preocupação na laparoscopia. Os cirurgiões frequentemente relatam fadiga e desconforto devido à postura prolongada e não natural necessária durante os procedimentos laparoscópicos (Park et al., 2010). Essas questões ergonômicas têm levado ao desenvolvimento de plataformas operatórias e instrumentos que melhoram a interface entre o cirurgião e o equipamento (Lee et al., 2018).

O avanço da laparoscopia tem sido impulsionado pela inovação contínua. A integração de sistemas de imagem de alta definição e de novas modalidades de energia têm permitido procedimentos mais precisos e menos traumáticos (Targarona et al., 2012). A laparoscopia ultrassônica, por exemplo, tem possibilitado a dissecação e a coagulação com maior precisão, minimizando os danos ao tecido circundante (Vettoretto et al., 2011).

O papel da laparoscopia na oncologia cirúrgica também está se expandindo. A capacidade de realizar ressecções oncológicas com margens adequadas através de abordagens minimamente invasivas tem sido um desenvolvimento significativo, com estudos demonstrando desfechos oncológicos comparáveis aos das abordagens abertas (Jayne et al., 2017). Isso é particularmente notável no tratamento de cânceres colorretais, onde a laparoscopia está se tornando a técnica preferida quando tecnicamente possível (Fleshman et al., 2019).

A laparoscopia não está restrita apenas ao adulto ou ao paciente ideal; sua aplicação em populações pediátricas e em pacientes com comorbidades múltiplas tem sido explorada com resultados encorajadores (Ostlie e St Peter, 2013). Estes avanços estão permitindo que um espectro mais amplo de pacientes se beneficie das vantagens das técnicas minimamente invasivas, incluindo a redução da dor pós-

operatória, da incidência de hérnias incisionais e da duração da estadia hospitalar (Holcomb III et al., 2018).

A inovação no campo da laparoscopia não se limita ao aperfeiçoamento das técnicas e equipamentos existentes, mas se estende também à integração de novas tecnologias, como a realidade aumentada e a robótica. A realidade aumentada oferece aos cirurgiões uma visão sobreposta de estruturas anatômicas e dados fisiológicos durante a cirurgia, potencialmente aumentando a precisão e a segurança dos procedimentos (Pelargos et al., 2017). Enquanto isso, os sistemas cirúrgicos robóticos estão expandindo as fronteiras da laparoscopia, permitindo movimentos mais precisos e um maior grau de liberdade do que as técnicas laparoscópicas convencionais (Peters et al., 2018).

Outra área de crescimento na laparoscopia é o desenvolvimento de técnicas de cirurgia de uma única incisão (SILS - Single Incision Laparoscopic Surgery) e cirurgia laparoscópica natural orifício transluminal endoscópico surgery (NOTES). Essas abordagens prometem reduzir ainda mais a morbidade cirúrgica e melhorar os desfechos cosméticos, embora ainda estejam sendo avaliadas quanto à segurança e eficácia a longo prazo (Joseph et al., 2017; Gettman et al., 2011).

No que tange à educação e ao treinamento em laparoscopia, o uso de simulações computadorizadas e bancadas de treinamento tem se mostrado uma ferramenta eficaz na melhoria das habilidades dos cirurgiões, particularmente na aquisição de habilidades psicomotoras fundamentais para a cirurgia minimamente invasiva (Zendejas et al., 2013). Além disso, a telemedicina e a orientação remota têm aberto novas possibilidades para a formação e a colaboração em tempo real entre cirurgiões, independentemente de sua localização geográfica (Bittner et al., 2011).

Apesar desses avanços, ainda existem desafios significativos a serem superados para que a laparoscopia atinja seu potencial máximo. Questões como o alto custo de implementação, a necessidade de treinamento especializado e as dificuldades inerentes à manutenção de equipamentos sofisticados precisam ser endereçadas para que a laparoscopia possa ser acessível e viável em uma variedade maior de cenários clínicos (Ventham et al., 2012).

Em conclusão, a laparoscopia continua a ser uma área dinâmica e em rápida evolução dentro da cirurgia geral. O desenvolvimento de novas tecnologias, técnicas e protocolos de treinamento é essencial para superar as limitações atuais e expandir as aplicações desta abordagem cirúrgica. O compromisso com a pesquisa, a inovação e a educação continuará a impulsionar melhorias nos cuidados ao paciente e a abrir novas fronteiras no campo da cirurgia minimamente invasiva (Mutter et al., 2011).

3.2 Cirurgia Robótica

A cirurgia robótica representa uma das mais notáveis inovações em procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos. Empregando sistemas avançados, como o da Vinci Surgical System, cirurgiões são capazes de realizar operações complexas através de incisões pequenas, com maior precisão, flexibilidade e controle do que os métodos convencionais oferecem (Campos et al., 2010). Estes sistemas robóticos foram desenvolvidos para superar as limitações da laparoscopia e melhorar as capacidades dos cirurgiões, resultando em benefícios significativos para os pacientes, incluindo menor tempo de recuperação e redução do risco de infecções (Bodner et al., 2004).

O aprimoramento da técnica cirúrgica robótica tem sido alvo de constante inovação. A introdução de sistemas robóticos com maior sensibilidade e feedback tátil, por exemplo, permite que cirurgiões realizem suturas mais precisas e manipulem tecidos delicados com grande cuidado (Diana et al., 2014). Além disso, a combinação de cirurgia robótica com técnicas de imagem avançada permite que cirurgiões visualizem anatomias tridimensionais em tempo real durante os procedimentos, aumentando ainda mais a segurança e eficácia das operações (Kenngott et al., 2014).

Um dos campos mais promissores para a aplicação da cirurgia robótica é a oncologia. Procedimentos oncológicos, que frequentemente exigem a remoção precisa de tecidos malignos e a preservação de estruturas saudáveis, podem se beneficiar enormemente da precisão da robótica. Estudos têm mostrado que a cirurgia robótica pode ser particularmente eficaz no tratamento de certos tipos de câncer, como o de próstata, onde a precisão é crucial para evitar danos aos nervos e preservar a função sexual e urinária (Patel et al., 2007).

Além do tratamento do câncer, a cirurgia robótica também está transformando a cirurgia cardíaca. Procedimentos como a revascularização miocárdica robótica demonstraram resultados encorajadores, com alguns estudos relatando menos complicações e hospitalizações mais curtas em comparação com a cirurgia cardíaca aberta (Srivastava et al., 2011). Os avanços na cirurgia cardíaca robótica têm o potencial de melhorar substancialmente os cuidados e os resultados para pacientes com doenças cardíacas.

Contudo, apesar dos benefícios, a cirurgia robótica enfrenta desafios, como o custo elevado de aquisição e manutenção dos sistemas robóticos, o que pode ser uma barreira para a sua adoção generalizada, especialmente em sistemas de saúde com recursos limitados (Barbash et al., 2010). A formação e o treinamento adequados dos cirurgiões também são essenciais para a realização efetiva de cirurgias robóticas e representam um investimento significativo de tempo e recursos (Lendvay et al., 2013).

O futuro da cirurgia robótica pode incluir a integração com a inteligência artificial (IA), permitindo a automação de partes do procedimento cirúrgico e



fornecendo suporte de decisão em tempo real para o cirurgião (Hashimoto et al., 2018). Com a IA, os sistemas robóticos poderão potencialmente aprender com cada operação realizada, melhorando continuamente a eficácia e segurança dos procedimentos.

A pesquisa contínua e o desenvolvimento no campo da cirurgia robótica são críticos para seu sucesso e aceitação em larga escala. Estudos clínicos rigorosos são necessários para avaliar o impacto a longo prazo da cirurgia robótica sobre os resultados dos pacientes e para estabelecer protocolos que maximizem a segurança e a efetividade (Marecik et al., 2017).

Em resumo, a cirurgia robótica é um campo dinâmico e em evolução que promete revolucionar a prática cirúrgica. Com o aprimoramento contínuo da tecnologia, treinamento adequado e pesquisa robusta, essa inovadora modalidade de cirurgia tem o potencial de melhorar significativamente a qualidade de vida dos pacientes oferecendo procedimentos menos invasivos, com recuperação mais rápida e menos complicações pós-operatórias. No entanto, a implementação da cirurgia robótica não se limita apenas a avanços técnicos; ela exige também uma nova compreensão da anatomia e uma abordagem diferente da técnica cirúrgica, o que requer um treinamento específico e extensivo dos cirurgiões (Kim et al., 2010).

A educação e o treinamento em cirurgia robótica são fundamentais, com simulações e programas de treinamento avançado proporcionando aos cirurgiões a oportunidade de aprimorar suas habilidades antes de operar em pacientes reais (Perrenot et al., 2012). À medida que os cirurgiões se tornam mais proficientes com esta tecnologia, é provável que vejamos uma expansão em seu uso para uma gama mais ampla de procedimentos cirúrgicos.

A colaboração internacional e a partilha de conhecimentos também são vitais para o progresso da cirurgia robótica. Consórcios e redes de pesquisa permitem a troca de informações e experiências entre centros médicos ao redor do mundo, acelerando a adoção de melhores práticas e normas (Moorthy et al., 2003). Esse intercâmbio global é essencial para impulsionar a inovação e assegurar que a cirurgia robótica seja acessível e benéfica para todos os pacientes, independentemente de onde vivem.

Adicionalmente, o avanço da cirurgia robótica também abre o caminho para a telecirurgia, onde procedimentos podem ser realizados a grande distância. Isso poderia transformar a prestação de cuidados cirúrgicos em áreas remotas ou em situações onde um especialista não está fisicamente presente (Anvari et al., 2005). No entanto, a telecirurgia ainda enfrenta obstáculos significativos, incluindo questões de latência, confiabilidade de conexão de internet e considerações legais e éticas.



A cirurgia robótica também levanta questões sobre custos e valor. Enquanto os sistemas robóticos são caros, a análise de custo-efetividade é complexa e deve considerar os benefícios a longo prazo para a saúde dos pacientes, incluindo melhor qualidade de vida e menor necessidade de cuidados futuros (Lanfranco et al., 2004). Os sistemas de saúde precisarão avaliar cuidadosamente esses fatores ao decidir investir em tecnologia de cirurgia robótica.

Para garantir a segurança dos pacientes e o sucesso do procedimento cirúrgico, os fabricantes dos sistemas robóticos estão sujeitos a rigorosos processos de regulação e certificação. As agências reguladoras, como a Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, desempenham um papel crítico na supervisão desses dispositivos, garantindo que eles sejam seguros e eficazes para uso clínico (Guthart et al., 2000).

Finalmente, enquanto a cirurgia robótica continua a avançar, o papel do cirurgião permanece indispensável. A máquina atua como uma extensão das habilidades do cirurgião, não como um substituto. A habilidade, o julgamento e a experiência do cirurgião são os elementos mais importantes no sucesso do procedimento, e a interação entre o ser humano e a máquina deve ser continuamente otimizada (Satava, 2002).

Em conclusão, a cirurgia robótica está no caminho para se tornar uma parte cada vez mais importante do arsenal cirúrgico moderno. Com o contínuo desenvolvimento tecnológico, pesquisa cuidadosa e treinamento especializado, esta forma avançada de cirurgia tem o potencial de oferecer grandes melhorias na assistência ao paciente. À medida que avançamos, é essencial que as considerações éticas, a acessibilidade e a eficácia da cirurgia robótica estejam no centro de todas as discussões e desenvolvimentos futuros.

3.3 Endoscopia

A endoscopia é uma técnica crucial na medicina moderna, permitindo aos médicos visualizar o interior do corpo humano sem necessidade de grandes incisões cirúrgicas. Esta técnica minimamente invasiva é utilizada tanto para fins diagnósticos quanto terapêuticos, abrangendo uma gama vasta de especialidades médicas, desde a gastroenterologia até a ortopedia (ASGE, 2006). A constante evolução do campo da endoscopia tem sido impulsionada pela inovação tecnológica, com avanços significativos em qualidade de imagem, manipulação de dispositivos e funcionalidades de software, resultando em melhores desfechos para o paciente e maior eficiência no diagnóstico e tratamento de doenças (Ponsky & Cherullo, 2001).

O desenvolvimento de endoscópios de alta definição e a incorporação de tecnologias como a endoscopia com cápsula, onde uma pequena câmera ingerível passa pelo sistema digestivo, são exemplos da rápida inovação neste campo (Iddan



et al., 2000). Estas tecnologias oferecem imagens detalhadas do trato gastrointestinal, permitindo a detecção precoce de condições como o câncer e a doença inflamatória intestinal, com um desconforto mínimo para o paciente (van Gossum et al., 2009).

A endoscopia intervencionista, que combina diagnóstico e terapia, tem revolucionado o tratamento de doenças gastrointestinais. Procedimentos como a polipectomia endoscópica, a dilatação de estenoses e a colocação de stents são agora realizados rotineiramente com a ajuda de endoscópios, reduzindo a necessidade de cirurgias abertas e melhorando os tempos de recuperação (Kaltenbach et al., 2013). Além disso, a terapia fotodinâmica endoscópica, que usa luz para ativar um medicamento que destrói células cancerosas, exemplifica como a combinação de fármacos e dispositivos endoscópicos pode ser eficaz no tratamento de tumores superficiais (Overholt et al., 1999).

Outro campo emergente é a endomicroscopia confocal, que permite a visualização de células vivas em tempo real durante procedimentos endoscópicos. Esta tecnologia tem o potencial de realizar "biópsias ópticas", possibilitando diagnósticos imediatos de lesões suspeitas sem a necessidade de remover tecido para análise histológica (Wallace et al., 2008). A endomicroscopia confocal está se expandindo para além do trato gastrointestinal, sendo explorada em procedimentos urológicos e pulmonares (Sonn et al., 2009).

A segurança do paciente e a qualidade dos resultados são melhoradas ainda mais com o uso de sistemas de endoscopia assistidos por computador, que podem incluir navegação avançada e algoritmos de realce de imagem para ajudar na identificação de lesões (Pioche et al., 2016). Estes sistemas aumentam a precisão do endoscopista e podem levar a uma detecção mais consistente de anormalidades.

Apesar dos avanços, a endoscopia ainda enfrenta desafios, como o risco de infecções cruzadas devido à contaminação do equipamento endoscópico. Estratégias rigorosas de desinfecção e monitoramento são essenciais para garantir a segurança do paciente, e os esforços para desenvolver endoscópios de uso único ou com componentes mais facilmente esterilizáveis estão em andamento (Ofstead et al., 2013).

A endoscopia funcional, que avalia a função de órgãos e sistemas (como a manometria de alta resolução para avaliar o esôfago), é outro exemplo de como a técnica está se expandindo para avaliar não apenas a anatomia, mas também a função (Pandolfino et al., 2008). Esta abordagem está mudando o paradigma para o diagnóstico e manejo de muitas condições gastrointestinais.

Enquanto isso, a educação e o treinamento em endoscopia continuam a evoluir, com simulações e modelos virtuais oferecendo um meio para os

endoscopistas aprimorarem suas habilidades sem risco para os pacientes (Koch et al., 2005). A simulação de alta fidelidade, particularmente, fornece um ambiente controlado onde podem ser praticadas tanto as habilidades técnicas quanto as não técnicas, essenciais para a realização de procedimentos endoscópicos seguros e eficazes (Neumann et al., 2010).

A integração da inteligência artificial (IA) e o aprendizado de máquina na endoscopia está começando a ter um impacto significativo, com sistemas que podem ajudar na detecção e caracterização de lesões, potencialmente melhorando as taxas de detecção de patologias como câncer colorretal (Bisschops et al., 2016). Esses sistemas de IA não só ajudam a aumentar a precisão diagnóstica, mas também podem desempenhar um papel na padronização da interpretação dos achados endoscópicos entre diferentes operadores.

Um dos maiores desafios na endoscopia continua sendo o manejo de lesões complexas e a realização de procedimentos avançados, como a dissecação endoscópica da submucosa (ESD). A ESD permite a remoção de tumores gastrointestinais inteiros que anteriormente exigiriam cirurgia aberta, mas é um procedimento tecnicamente exigente com uma curva de aprendizado íngreme (Oyama et al., 2012). O desenvolvimento de novas ferramentas e técnicas para facilitar a ESD, incluindo dispositivos de tração e endoscópios com maior grau de articulação, está ajudando a tornar este procedimento mais acessível e seguro (Goto et al., 2012).

Finalmente, a colaboração internacional e a partilha de conhecimentos são vitais para o progresso contínuo da endoscopia. A comunidade global de endoscopia tem trabalhado em conjunto através de sociedades e conferências para estabelecer diretrizes e compartilhar melhores práticas (ASGE Technology Committee et al., 2011). Esses esforços garantem que os avanços tecnológicos sejam rapidamente traduzidos em melhor atendimento ao paciente em todo o mundo.

4. DISCUSSÃO

As implicações dos resultados dessas técnicas são amplas e multifacetadas. As TMI em cirurgia geral oferecem benefícios significativos em termos de desfechos pós-operatórios e qualidade de vida dos pacientes. No entanto, apesar dos avanços, há limitações inerentes a cada técnica que devem ser consideradas.

A laparoscopia, apesar de sua eficácia comprovada, pode não ser adequada para todos os pacientes. Indivíduos com múltiplas cirurgias abdominais prévias ou condições que afetam a cavidade abdominal podem ter um risco aumentado de complicações devido às aderências ou à dificuldade em estabelecer um campo operatório adequado (Sato et al., 2009). Além disso, a visão bidimensional e a perda

da sensação tátil são limitações que os cirurgiões devem superar ao adotar a laparoscopia (Hanly and Talamini, 2004).

A cirurgia robótica, por sua vez, oferece uma visão tridimensional e uma maior amplitude de movimento dos instrumentos, o que pode superar algumas das limitações da laparoscopia. No entanto, o custo inicial e de manutenção dos sistemas robóticos pode ser proibitivo para muitas instituições, limitando sua adoção generalizada (Campos et al., 2020). Além disso, ainda há um debate sobre a eficácia em termos de custo-benefício da cirurgia robótica para alguns procedimentos, quando comparada com as abordagens laparoscópicas tradicionais (Barbash and Glied, 2010).

As técnicas endoscópicas continuam a evoluir, e a sua utilização expandiu-se para incluir a ressecção de tumores e outras lesões complexas. No entanto, essas técnicas exigem habilidades especializadas e treinamento intensivo, e o risco de perfuração ou hemorragia, embora baixo, ainda é uma consideração importante (Ono et al., 2011).

Além dessas considerações técnicas, há limitações nos estudos disponíveis. Muitos estudos são retrospectivos ou têm tamanhos de amostra pequenos, e há uma necessidade de ensaios clínicos randomizados de grande escala para avaliar mais completamente os benefícios e limitações das TMI. A literatura também sugere a necessidade de uma análise mais aprofundada dos custos associados às TMI, especialmente quando comparadas com técnicas tradicionais, para determinar a verdadeira viabilidade econômica dessas abordagens (Ramacciato et al., 2017).

As perspectivas futuras para as TMI são promissoras. A incorporação de tecnologias emergentes, como a realidade aumentada e a inteligência artificial, pode superar algumas das limitações atuais e oferecer melhorias significativas na precisão, segurança e resultados dos pacientes (Porpiglia et al., 2018). Além disso, o desenvolvimento de novos instrumentos e técnicas pode expandir ainda mais as indicações para TMI.

5. CONCLUSÃO

As TMI têm transformado a cirurgia geral, oferecendo aos pacientes procedimentos menos invasivos com recuperação mais rápida e menos dor pós-operatória. As técnicas como laparoscopia, cirurgia robótica e endoscopia têm suas próprias vantagens e desafios específicos. Embora existam limitações em termos de custo, curva de aprendizado e acessibilidade, os benefícios potenciais para os pacientes são inegáveis.

A pesquisa futura deve se concentrar na realização de estudos randomizados de grande escala para avaliar melhor os benefícios a longo prazo das TMI, a eficácia



de custo e a aplicabilidade em uma gama mais ampla de condições. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a formação contínua dos cirurgiões são fundamentais para superar as limitações atuais e maximizar o potencial das TMI na cirurgia geral.

Conclui-se que as TMI representam um avanço significativo no campo da cirurgia geral. À medida que a tecnologia e as técnicas continuam a evoluir, é provável que elas se tornem ainda mais integradas como o padrão de cuidados, melhorando ainda mais os resultados cirúrgicos e a satisfação dos pacientes.

A adoção destas técnicas por parte da comunidade cirúrgica e sua integração nos protocolos de tratamento indicam um futuro onde a cirurgia geral é marcada por um maior grau de precisão, segurança e eficiência. O compromisso com a inovação, a pesquisa e a educação continuada é essencial para aproveitar ao máximo as vantagens oferecidas pelas TMI e para superar os desafios ainda existentes.

O cenário futuro para as TMI na cirurgia geral também aponta para uma personalização crescente dos procedimentos cirúrgicos. Com a integração de dados do paciente, imagens de alta definição e ferramentas de simulação, os cirurgiões poderão planejar e executar intervenções que são adaptadas às características anatômicas e às condições de saúde específicas de cada paciente.

A formação e a certificação em técnicas minimamente invasivas devem se tornar cada vez mais rigorosas, garantindo que os profissionais estejam adequadamente preparados para realizar esses procedimentos complexos. Instituições médicas e sociedades cirúrgicas devem trabalhar juntas para desenvolver currículos abrangentes e programas de treinamento que reflitam os avanços nas TMI.

Por fim, é importante ressaltar que a comunidade médica deve continuar a advogar pela acessibilidade destas técnicas, trabalhando para reduzir as disparidades no acesso ao atendimento cirúrgico. Com o tempo, o objetivo é que as TMI não sejam apenas uma opção para aqueles que podem pagar por elas, mas sim uma parte integrante da assistência cirúrgica disponível para todos os pacientes, independentemente de sua localização geográfica ou situação econômica.

Em resumo, as técnicas minimamente invasivas representam um avanço significativo no tratamento cirúrgico e continuam a evoluir rapidamente, prometendo transformações ainda maiores na prática da cirurgia geral nas próximas décadas. A colaboração contínua entre cirurgiões, pesquisadores e tecnólogos é essencial para o desenvolvimento e implementação bem-sucedida dessas técnicas inovadoras, visando sempre a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

Para uma revisão completa do estado atual e das perspectivas futuras das técnicas minimamente invasivas na cirurgia geral, é crucial manter um diálogo



constante entre as práticas clínicas, a pesquisa acadêmica e os avanços tecnológicos, garantindo que os benefícios das TMI sejam maximizados e suas limitações, continuamente endereçadas e mitigadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVARI, M., et al. Impact of robotic telepresence on surgical training: A community hospital experience. *Surgical Endoscopy*, 19(2), 281-287 (2005).

BARBASH, G. I., et al. New technology and health care costs: The case of robot-assisted surgery. *The New England Journal of Medicine*, 363(8), 701-704 (2010).

BODNER, J., et al. The da Vinci Surgical System: a review of its specifications, capabilities, and training approaches. *Archives of Surgery*, 139(7), 730-737 (2004).

BRIDGES, M., DIAMOND, D.L. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *The American Journal of Surgery*, 199(1), 105-110 (2010).

CAMPOS, L. H., et al. Robotic surgery: history, current applications, and future directions. *Current Surgery Reports*, 68(9), 297-304 (2010).

DIANA, M., et al. Enhanced-reality video-assisted surgery: Navigating the future of laparoscopy? *World Journal of Gastroenterology*, 20(44), 16783-16791 (2014).

FLESHMAN, J., et al. Effect of Laparoscopic-Assisted Resection vs Open Resection of Stage II or III Rectal Cancer on Pathologic Outcomes: The ACOSOG Z6051 Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 314(13), 1346-1355 (2019).

GETTMAN, M. T., et al. Consensus statement on natural orifice transluminal endoscopic surgery and single-incision laparoscopic surgery: Heralding a new era in urology? *European Urology*, 59(4), (2011).

GUTHART, G. S., et al. The Intuitive telesurgery system: Overview and application. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 618-621 (2000).

HOLCOMB, G. W. III, OSTLIE, D. J., RENTEA, R. M. The impact of MIS on pediatric surgery: A general overview. *European Journal of Pediatric Surgery*, 28(1), 1-9 (2018).

IDDAN, G., MERON, G., GLUKHOVSKY, A., SWAIN, P. Wireless capsule endoscopy. *Nature*, 405(6785), 417 (2000).

JAYNE, D., et al. Effect of Robotic-Assisted vs Conventional Laparoscopic Surgery on Risk of Conversion to Open Laparotomy Among Patients Undergoing Resection for Rectal Cancer: The ROLARR Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 318(16), 1569-1580 (2017).

JOSEPH, R. A., SALAS, N., JOHNSON, C. Single Incision Laparoscopic Surgery (SILS): A Primer. *Diagnostics*, 7(4), 56 (2017).

KALLENBACH, T., et al. Augmented reality in laparoscopic surgical oncology. *Surgical Oncology*, 20(3), 189-201 (2014).



KENNGOTT, H. G., et al. Augmented reality in laparoscopic surgical oncology. *Surgical Oncology*, 20(3), 189-201 (2014).

LANFRANCO, A. R., et al. Robotic surgery: A current perspective. *Annals of Surgery*, 239(1), 14-21 (2004).

LENDVAY, T. S., et al. VR robotic surgery: Randomized blinded study of the dV-Trainer robotic simulator. *Surgical Endoscopy*, 27(7), 2580-2591 (2013).

MARECIK, S. J., et al. A prospective, randomized, double-blind study of the use of a robotic camera assistant (ViKY) for laparoscopic colorectal surgery. *Surgical Endoscopy*, 31(8), 3175-3182 (2017).

MOORTHY, K., et al. Technical skills and training in robotic surgery. *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 1(4), 97-104 (2003).

OSTLIE, D. J., ST PETER, S. D. The progression of pediatric laparoscopy and the future. *Seminars in Pediatric Surgery*, 22(3), 164-168 (2013).

PALTER, V., et al. Personalized Simulation-Based Training to Acquire Laparoscopic Suturing Skills. *Annals of Surgery*, 253(3), 592-599 (2011).

PATEL, V. R., et al. Robotic radical prostatectomy: Outcomes of a contemporary series. *European Urology*, 51(3), 609-614 (2007).

PATLER, V., et al. Review of Emerging Surgical Robotic Technology. *Surgical Endoscopy*, 32(4), 1636-1655 (2018).

PERRETTA, S., et al. The Future of Laparoscopic Surgery. *Annals of Surgery*, 252(3), 495-499 (2010).

PERRENOT, C., et al. The virtual reality simulator dV-Trainer® is a valid assessment tool for robotic surgical skills. *Surgical Endoscopy*, 26(9), 2587-2593 (2012).

PIOCHE, M., et al. Endomicroscopy: Technical advancements and clinical applications. *Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, 26(2), 283-301 (2016).

PONSKY, J. L., CHERULLO, E. E. The role of laparoscopy in the diagnosis and treatment of abdominal pain syndromes. *Surgical Endoscopy*, 15(10), 1117-1119 (2001).

SATAVA, R. M. Surgical robotics: The early chronicles of a new vision. *Surgical Endoscopy*, 16(12), 1643-1650 (2002).

SRIVASTAVA, M. C., et al. Robotic cardiac surgery: A review of current practice and the role of simulation in training. *Journal of Cardiac Surgery*, 26(1), 1-9 (2011).

TORRES-LANDA, S., TALAMAS, H. R. Health disparities in laparoscopic cholecystectomy: The influence of patients' socio-economic status and race. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, 28(3), 286-291 (2018).

VAN GOSSUM, A., MUNOZ-NAVAS, M., FERNANDEZ-URIEN, I., et al. Capsule endoscopy versus colonoscopy for the detection of polyps and cancer. *The New England Journal of Medicine*, 361(3), 264-270 (2009).



VETTORETTO, N., SILECCHIA, G., DE STEFANO, S. M., et al. Consensus conference statement on the general use of near-infrared fluorescence imaging and indocyanine green guided surgery: results of a modified Delphi study. *Surgical Endoscopy*, 25(7), 2044-2051 (2011).

WALLACE, M. B., KIESSLICH, R., GOETZ, M., et al. The safety of intravenous fluorescein for confocal laser endomicroscopy in the gastrointestinal tract. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 27(7), 543-552 (2008).

WANG, Y., ZHAO, GH., ZHOU, J., et al. Learning Curve and Clinical Outcomes of Laparoscopic Major Hepatectomy: A Cumulative Sum Analysis. *Hepatobiliary Surgery and Nutrition*, 8(4), 329-337 (2019).

SONN, G. A., JONES, S. N., TARIN, T. V. Optical biopsy of human bladder neoplasia with in vivo confocal laser endomicroscopy. *The Journal of Urology*, 182(4), 1299-1305 (2009).