

AVANÇOS EM CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA: IMPACTOS NA RECUPERAÇÃO PÓS- OPERATÓRIA E NA SEGURANÇA DO PACIENTE

ADVANCES IN MINIMALLY INVASIVE SURGERY: IMPACTS ON
POSTOPERATIVE RECOVERY AND PATIENT SAFETY

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 27/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/784912789](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/784912789)

Cheyly Manuela Lora Rodríguez¹

Jesús Andrés Montaña Saavedra²

Valery Camila Lozano Navarro³

RESUMO

A cirurgia minimamente invasiva representa uma das transformações mais relevantes da prática cirúrgica contemporânea, ao substituir, em múltiplas especialidades, grandes incisões e ampla exposição anatômica por abordagens realizadas por pequenas incisões, acesso endoscópico, laparoscopia, toracoscopia, artroscopia, cirurgia robótica e técnicas vídeo-assistidas. O presente artigo analisa os avanços em cirurgia minimamente invasiva e seus impactos na recuperação pós-operatória e na segurança do paciente. A pesquisa adota abordagem qualitativa, bibliográfica e narrativa, fundamentada em literatura científica sobre cirurgia laparoscópica, cirurgia robótica, protocolos ERAS, controle de dor, tempo de internação, complicações, curva de aprendizagem, eventos adversos e segurança perioperatória. Os resultados demonstram que, quando adequadamente indicada e executada por equipes treinadas, a cirurgia minimamente invasiva pode reduzir trauma cirúrgico, dor pós-operatória, perda sanguínea, resposta inflamatória, tempo de hospitalização e retorno funcional, além de favorecer reabilitação precoce. Entretanto, a incorporação tecnológica não elimina riscos. A segurança do paciente depende de seleção criteriosa, domínio técnico, treinamento estruturado, protocolos anestésicos e cirúrgicos, prevenção de lesões inadvertidas, controle de infecção, vigilância pós-operatória, comunicação efetiva da equipe e uso sistemático de ferramentas como o checklist de cirurgia segura. A cirurgia robótica amplia precisão, ergonomia e visualização tridimensional, mas impõe desafios relacionados a custo, curva de aprendizagem, manutenção tecnológica, tempo operatório, falhas de equipamento e equidade de acesso. Conclui-se que os avanços em cirurgia minimamente invasiva produzem impacto positivo na recuperação pós-operatória e na segurança do paciente quando integrados a protocolos de

cuidado centrados em evidência, treinamento multiprofissional, cultura de segurança e avaliação contínua de resultados.

Palavras-chave: cirurgia minimamente invasiva; cirurgia robótica; recuperação pós-operatória; segurança do paciente; laparoscopia; ERAS; complicações cirúrgicas.

ABSTRACT

Minimally invasive surgery represents one of the most relevant transformations in contemporary surgical practice by replacing, in multiple specialties, large incisions and extensive anatomical exposure with approaches performed through small incisions, endoscopic access, laparoscopy, thoracoscopy, arthroscopy, robotic surgery and video-assisted techniques. This article analyzes advances in minimally invasive surgery and their impacts on postoperative recovery and patient safety. The research adopts a qualitative, bibliographic and narrative approach, based on scientific literature on laparoscopic surgery, robotic surgery, Enhanced Recovery After Surgery protocols, pain control, length of hospital stay, complications, learning curve, adverse events and perioperative safety. The results demonstrate that, when properly indicated and performed by trained teams, minimally invasive surgery can reduce surgical trauma, postoperative pain, blood loss, inflammatory response, hospital length of stay and time to functional recovery, while promoting early rehabilitation. However, technological incorporation does not eliminate risks. Patient safety depends on careful selection, technical expertise, structured training, anesthetic and surgical protocols, prevention of inadvertent injuries, infection control, postoperative surveillance, effective team communication and systematic use of tools such as the surgical safety checklist. Robotic surgery expands precision, ergonomics and three-dimensional visualization, but imposes challenges related to cost,

learning curve, technological maintenance, operative time, equipment failure and equity of access. The article concludes that advances in minimally invasive surgery have a positive impact on postoperative recovery and patient safety when integrated with evidence-based care protocols, multiprofessional training, safety culture and continuous outcome evaluation.

Keywords: minimally invasive surgery; robotic surgery; postoperative recovery; patient safety; laparoscopy; ERAS; surgical complications.

1. INTRODUÇÃO

A cirurgia minimamente invasiva consolidou-se como um dos principais marcos da evolução cirúrgica moderna. Ao reduzir o tamanho das incisões, limitar a agressão aos tecidos, ampliar a visualização por vídeo e permitir abordagens anatômicas mais precisas, essa modalidade modificou profundamente a forma de tratar doenças abdominais, torácicas, urológicas, ginecológicas, ortopédicas, oncológicas, bariátricas, vasculares e digestivas. A laparoscopia, a endoscopia terapêutica, a artroscopia, a toracoscopia, a cirurgia robótica e as técnicas vídeo-assistidas constituem expressões desse movimento de transformação.

O conceito de cirurgia minimamente invasiva não se limita à pequena incisão. Ele envolve uma filosofia cirúrgica orientada à redução do trauma operatório, preservação funcional, menor manipulação tecidual, menor resposta inflamatória, menor dor, recuperação acelerada e retorno mais precoce às atividades habituais. Essa lógica dialoga diretamente com a medicina perioperatória contemporânea, que busca não apenas realizar o procedimento com sucesso técnico, mas reduzir complicações, proteger a funcionalidade e aumentar a segurança do paciente.

A literatura médica descreve a cirurgia minimamente invasiva como abordagem associada, em muitos procedimentos e quando adequadamente indicada, a menor dor pós-operatória, menor morbidade e recuperação mais rápida em comparação com abordagens abertas tradicionais. Esses benefícios, entretanto, não são automáticos nem universais. Eles dependem da doença tratada, do estágio clínico, das condições anatômicas, da experiência da equipe, da tecnologia disponível e da existência de protocolos perioperatórios adequados.

A recuperação pós-operatória tornou-se um dos principais indicadores de qualidade cirúrgica. O sucesso de uma operação não pode ser avaliado apenas pela remoção da doença ou correção anatômica. É necessário considerar dor, complicações, infecção, tempo de internação, retorno da função intestinal, mobilização precoce, necessidade de opioides, readmissão hospitalar, retorno ao trabalho, qualidade de vida e satisfação do paciente.

Nesse contexto, os protocolos ERAS — *Enhanced Recovery After Surgery* — passaram a desempenhar papel relevante. Tais protocolos integram medidas pré-operatórias, intraoperatórias e pós-operatórias baseadas em evidências, com objetivo de reduzir estresse cirúrgico, acelerar recuperação, padronizar cuidados, evitar práticas obsoletas e melhorar desfechos. Estudos indicam que programas ERAS atuam de forma sinérgica com técnicas minimamente invasivas em diversas áreas cirúrgicas.

A segurança do paciente também assumiu centralidade na cirurgia moderna. A incorporação de novas tecnologias não elimina riscos tradicionais, como sangramento, infecção, lesão de órgãos, tromboembolismo, complicações anestésicas e erro de

identificação. Além disso, introduz riscos próprios, como falhas de equipamento, perda de orientação anatômica em campo vídeo-assistido, curva de aprendizagem, dependência tecnológica e necessidade de comunicação precisa entre cirurgião, anestesista, enfermagem e equipe técnica.

O checklist de cirurgia segura da Organização Mundial da Saúde tornou-se instrumento fundamental para reduzir eventos adversos evitáveis. Revisões apontam que sua aplicação está associada à redução de complicações, melhora da comunicação da equipe e fortalecimento da cultura de segurança no centro cirúrgico.

A cirurgia robótica representa uma das frentes mais avançadas da cirurgia minimamente invasiva. Ela oferece visualização tridimensional, instrumentos articulados, filtragem de tremor, ergonomia superior e maior precisão em espaços anatômicos complexos. Entretanto, também exige alto investimento, treinamento específico, manutenção contínua, domínio da curva de aprendizagem e protocolos para lidar com falhas técnicas. Revisão sistemática sobre curvas de aprendizagem em cirurgia robótica demonstra que a proficiência varia conforme procedimento, especialidade, volume de casos e experiência prévia do cirurgião.

Diante desse cenário, o presente artigo parte do seguinte problema de pesquisa: **de que forma os avanços em cirurgia minimamente invasiva impactam a recuperação pós-operatória e a segurança do paciente na prática cirúrgica contemporânea?**

O objetivo geral é analisar os avanços em cirurgia minimamente invasiva e seus efeitos sobre recuperação pós-operatória e segurança do paciente. Como objetivos específicos, busca-se: discutir a

evolução das técnicas minimamente invasivas; examinar seus benefícios clínicos; avaliar o papel dos protocolos ERAS; analisar riscos e limitações; discutir cirurgia robótica e curva de aprendizagem; e propor diretrizes para incorporação segura dessas tecnologias.

A hipótese central é que a cirurgia minimamente invasiva melhora desfechos pós-operatórios quando associada à indicação correta, treinamento técnico, protocolos perioperatórios, cultura de segurança, comunicação multiprofissional e avaliação contínua de resultados. A tecnologia, isoladamente, não garante segurança; ela precisa estar integrada a sistemas de cuidado bem estruturados.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como revisão bibliográfica narrativa, de abordagem qualitativa, descritiva e analítico-interpretativa. A escolha metodológica justifica-se pela amplitude do tema, que envolve cirurgia geral, cirurgia robótica, laparoscopia, anestesiologia, enfermagem perioperatória, segurança do paciente, reabilitação pós-operatória e gestão da qualidade hospitalar.

Foram considerados artigos científicos, revisões, documentos institucionais e estudos sobre cirurgia minimamente invasiva, recuperação pós-operatória, protocolos ERAS, checklist cirúrgico, eventos adversos, curva de aprendizagem, cirurgia robótica, complicações intraoperatórias e segurança perioperatória. A análise priorizou literatura revisada por pares e fontes institucionais reconhecidas.

A revisão foi organizada em eixos temáticos: evolução histórica da cirurgia minimamente invasiva; fundamentos técnicos; impactos na

recuperação pós-operatória; dor, trauma e resposta inflamatória; tempo de internação e retorno funcional; segurança do paciente; checklist cirúrgico; cirurgia robótica; curva de aprendizagem; riscos tecnológicos; equidade de acesso; resultados; discussão; diretrizes de segurança; e considerações finais.

Por se tratar de revisão narrativa, não foi realizada metanálise nem avaliação quantitativa de risco de viés. O objetivo é apresentar síntese crítica e fundamentada, adequada à compreensão dos principais avanços e desafios da cirurgia minimamente invasiva na perspectiva da recuperação pós-operatória e da segurança do paciente.

3. EVOLUÇÃO DA CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA

A evolução da cirurgia minimamente invasiva representa uma das maiores rupturas técnicas, científicas e culturais da história da cirurgia moderna. Durante séculos, o ato cirúrgico esteve associado à necessidade de grandes incisões, ampla exposição anatômica, manipulação direta dos órgãos e acesso visual obtido pela abertura extensa dos tecidos. A lógica predominante era simples: quanto maior e mais complexo o procedimento, maior deveria ser o acesso cirúrgico. Essa concepção começou a ser progressivamente modificada com o desenvolvimento de instrumentos ópticos, sistemas de iluminação, anestesia segura, controle de infecção, imagem médica, fibras ópticas, câmeras de vídeo, monitores de alta definição, insufladores, pinças longas, dispositivos de energia e, mais recentemente, plataformas robóticas e sistemas digitais de navegação.

A cirurgia minimamente invasiva não surgiu de modo repentino. Ela é resultado de uma longa trajetória de aperfeiçoamento tecnológico e mudança de paradigma. Inicialmente, a endoscopia tinha finalidade predominantemente diagnóstica. O objetivo era visualizar cavidades internas sem necessidade de grandes incisões. Com o avanço das lentes, da iluminação e da transmissão de imagens, tornou-se possível não apenas observar, mas também intervir. Esse deslocamento da endoscopia diagnóstica para a endoscopia terapêutica foi decisivo para o nascimento da cirurgia minimamente invasiva contemporânea.

A laparoscopia ocupa papel central nessa evolução. No início, seu uso era mais restrito à ginecologia e à avaliação diagnóstica da cavidade abdominal. Com o aprimoramento das câmeras e instrumentos, a laparoscopia passou a ser utilizada para procedimentos terapêuticos cada vez mais complexos. A colecistectomia laparoscópica, difundida a partir do final da década de 1980 e início da década de 1990, é frequentemente apontada como marco histórico da consolidação da cirurgia minimamente invasiva. A retirada da vesícula biliar, antes realizada por incisão abdominal ampla, passou a ser feita por pequenas incisões, com menor dor pós-operatória, menor tempo de internação, retorno funcional mais rápido e melhor resultado estético. Esse procedimento demonstrou que era possível realizar cirurgia abdominal de forma segura, eficaz e menos traumática.

A aceitação da colecistectomia laparoscópica provocou profunda transformação na cirurgia geral. Procedimentos como apendicectomia, correção de hérnias, cirurgia antirrefluxo, esplenectomia, adrenalectomia, colectomias, gastrectomias, cirurgia bariátrica e cirurgias hepatobiliopancreáticas passaram

gradualmente a incorporar técnicas laparoscópicas. Em cada uma dessas áreas, o desenvolvimento foi acompanhado de debates sobre segurança, curva de aprendizagem, custo, tempo operatório, risco de complicações específicas e equivalência oncológica nos casos de câncer. Com o acúmulo de experiência e evidências, a laparoscopia deixou de ser uma técnica experimental e passou a integrar o arsenal terapêutico regular de inúmeras especialidades.

Paralelamente, outras áreas cirúrgicas desenvolveram suas próprias modalidades minimamente invasivas. Na ortopedia, a artroscopia revolucionou o tratamento de lesões intra-articulares, especialmente no joelho, ombro, tornozelo, quadril, punho e cotovelo. Por meio de pequenas incisões e câmeras introduzidas na articulação, tornou-se possível diagnosticar e tratar lesões meniscais, ligamentares, condrais, sinoviais e tendíneas com menor agressão tecidual. A artroscopia modificou profundamente a medicina esportiva e permitiu reabilitação mais precoce em diversos procedimentos.

Na cirurgia torácica, a toracoscopia e a cirurgia torácica vídeo-assistida reduziram a necessidade de toracotomias amplas em diversas indicações. Procedimentos pulmonares, pleurais, mediastinais e esofágicos passaram a ser realizados por pequenos acessos, diminuindo dor torácica, complicações respiratórias e tempo de recuperação em casos selecionados. Esse avanço foi especialmente importante porque a toracotomia convencional está associada a dor intensa, limitação ventilatória e recuperação prolongada.

Na urologia, a cirurgia minimamente invasiva também ganhou destaque. Procedimentos laparoscópicos e, posteriormente, robóticos passaram a ser utilizados em prostatectomias,

nefrectomias, pieloplastias, cistectomias e cirurgias reconstrutivas. A pelve, por ser espaço anatômico profundo e estreito, tornou-se campo particularmente favorável ao uso da cirurgia robótica, que oferece visão tridimensional, instrumentos articulados e maior precisão em dissecções delicadas. A prostatectomia radical robótica tornou-se um dos exemplos mais conhecidos da expansão da cirurgia robótica no mundo.

Na ginecologia, a laparoscopia e a histeroscopia permitiram tratar endometriose, miomas, cistos ovarianos, gravidez ectópica, aderências pélvicas, histerectomias e outras condições com menor agressão cirúrgica. A cirurgia minimamente invasiva ginecológica ampliou a possibilidade de preservar função reprodutiva, reduzir dor pós-operatória e acelerar retorno às atividades cotidianas. Em casos de endometriose profunda e cirurgias pélvicas complexas, a tecnologia robótica também passou a ser utilizada em centros especializados.

A cirurgia endovascular é outro capítulo essencial dessa evolução. Doenças vasculares antes tratadas por grandes incisões e reconstruções abertas passaram, em muitos casos, a ser abordadas por cateteres, stents, endopróteses, balões e técnicas guiadas por imagem. A correção endovascular de aneurismas, angioplastias, tratamento de obstruções arteriais e intervenções venosas transformaram a cirurgia vascular. Esse modelo ampliou a ideia de mínima invasão para além da câmera: a intervenção passou a ocorrer por dentro dos vasos, com acesso percutâneo e controle por imagem.

A cirurgia endoscópica digestiva também avançou de forma expressiva. Procedimentos como polipectomia, mucosectomia,

dissecção endoscópica submucosa, tratamento de sangramentos, dilatações, colocação de próteses e terapias endoscópicas biliares passaram a evitar cirurgias abertas em muitos pacientes. A fronteira entre endoscopia terapêutica e cirurgia tornou-se progressivamente mais fluida. Em alguns cenários, o tratamento de lesões precoces do trato gastrointestinal pode ser realizado por via endoscópica, preservando órgãos e reduzindo morbidade.

Outro ponto importante na evolução da cirurgia minimamente invasiva foi o desenvolvimento dos sistemas de energia. O uso de eletrocirurgia, ultrassom, radiofrequência, seladores vasculares e dispositivos avançados de coagulação permitiu dissecções mais precisas, melhor controle hemostático e redução de sangramento. Esses instrumentos ampliaram a segurança de procedimentos complexos, mas também introduziram riscos específicos, como lesões térmicas inadvertidas. Por isso, a evolução tecnológica exigiu simultaneamente evolução no treinamento e na cultura de segurança.

A imagem cirúrgica também passou por transformação decisiva. Câmeras de alta definição, visão tridimensional, fluorescência com verde de indocianina, navegação por imagem, reconstruções anatômicas e realidade aumentada passaram a auxiliar a identificação de estruturas vasculares, linfáticas, biliares, tumorais e anatômicas. A fluorescência, por exemplo, pode ajudar na avaliação de perfusão tecidual, identificação de vias biliares e mapeamento linfático em determinados procedimentos. Esses recursos não substituem o conhecimento anatômico, mas oferecem apoio adicional à tomada de decisão intraoperatória.

A cirurgia robótica representa etapa posterior da evolução minimamente invasiva. Diferentemente da laparoscopia convencional, em que o cirurgião manipula instrumentos longos diretamente, na robótica o operador controla braços articulados a partir de um console. A plataforma oferece visão tridimensional ampliada, instrumentos com maior liberdade de movimento, filtragem de tremor e ergonomia superior. Isso facilitou suturas intracorpóreas, dissecções finas e procedimentos em espaços anatômicos profundos. Contudo, a robótica não elimina a necessidade de julgamento cirúrgico, domínio anatômico e treinamento rigoroso. Ela amplia capacidades técnicas, mas também cria dependência tecnológica, custos elevados e nova curva de aprendizagem.

A evolução da cirurgia minimamente invasiva também modificou a formação médica. O cirurgião tradicional era treinado principalmente em cirurgia aberta, com visão direta e contato manual com os tecidos. A cirurgia laparoscópica exigiu novas habilidades: coordenação mão-olho, interpretação de imagem bidimensional, manipulação de instrumentos longos, triangulação, trabalho com perda parcial de sensação tátil e orientação espacial indireta. A cirurgia robótica, por sua vez, acrescentou domínio de console, coordenação com equipe distante do operador principal e familiaridade com interfaces digitais. Assim, a formação cirúrgica passou a depender cada vez mais de simuladores, laboratórios de treinamento, mentoria, avaliação objetiva de competências e certificação progressiva.

Essa mudança também impactou a organização hospitalar. A cirurgia minimamente invasiva exige torres de vídeo, óticas, insufladores, monitores, fontes de luz, sistemas de energia,

instrumentais delicados, esterilização adequada, equipe treinada e manutenção tecnológica constante. Na cirurgia robótica, esses requisitos são ainda maiores, incluindo plataforma robótica, instrumentos específicos, equipe técnica, contratos de manutenção e protocolos de segurança para falhas operacionais. Portanto, a evolução minimamente invasiva não depende apenas do cirurgião, mas de todo o sistema institucional.

A incorporação dessas técnicas também alterou a relação entre cirurgia e recuperação pós-operatória. Antes, a recuperação era frequentemente limitada pelo tamanho da incisão, pela dor intensa, pela imobilidade e pelo tempo prolongado de hospitalização. Com abordagens menos agressivas, tornou-se possível reduzir internações, estimular alimentação precoce, mobilização rápida e retorno funcional em menor tempo. Essa mudança dialoga com os protocolos ERAS, que consolidaram a ideia de recuperação acelerada baseada em evidências. A técnica minimamente invasiva passou a ser uma peça de um cuidado perioperatório mais amplo, que inclui preparo pré-operatório, analgesia multimodal, controle de náuseas, fisioterapia, nutrição e alta segura.

Entretanto, a evolução da cirurgia minimamente invasiva não deve ser interpretada de forma acrítica. Nem todo procedimento minimamente invasivo é superior à cirurgia aberta em todos os pacientes. Há situações em que a cirurgia aberta permanece mais segura, mais rápida ou mais adequada, especialmente diante de tumores avançados, instabilidade hemodinâmica, aderências extensas, trauma grave, anatomia complexa ou ausência de equipe experiente. A boa prática cirúrgica exige escolher a via de acesso mais segura para o paciente concreto, e não a técnica mais moderna por si só.

Outro aspecto relevante é a curva de aprendizagem. A introdução de novas técnicas pode inicialmente aumentar tempo operatório e risco de complicações se não houver treinamento adequado. A história da cirurgia minimamente invasiva mostra que a inovação precisa ser acompanhada por protocolos, supervisão, seleção progressiva de casos e avaliação de resultados. A adoção precipitada de uma técnica apenas por pressão de mercado ou expectativa estética pode comprometer a segurança do paciente.

A evolução minimamente invasiva também levantou questões éticas e econômicas. Tecnologias avançadas, especialmente robóticas, têm alto custo e podem ampliar desigualdades de acesso. Em sistemas de saúde com recursos limitados, é necessário avaliar custo-efetividade, volume de procedimentos, impacto real nos desfechos e prioridades assistenciais. A inovação cirúrgica deve ser submetida à mesma exigência ética de qualquer intervenção médica: produzir benefício clínico proporcional, com risco aceitável e uso responsável de recursos.

Atualmente, a cirurgia minimamente invasiva caminha para uma fase digital e integrada. Inteligência artificial, análise de vídeo cirúrgico, realidade aumentada, navegação intraoperatória, robôs colaborativos, telecirurgia, simulação avançada e plataformas de dados prometem transformar ainda mais o campo cirúrgico. Algoritmos poderão auxiliar no reconhecimento de estruturas anatômicas, na identificação de etapas críticas, no treinamento de residentes e na análise objetiva da performance cirúrgica. Contudo, essas tecnologias exigirão validação, regulação, proteção de dados e supervisão humana.

Portanto, a evolução da cirurgia minimamente invasiva deve ser compreendida como processo histórico de redução do trauma cirúrgico, ampliação da precisão técnica e reorganização do cuidado perioperatório. Seu maior mérito não está apenas em diminuir incisões, mas em transformar a cirurgia em prática mais funcional, segura, tecnológica e centrada na recuperação do paciente. Ainda assim, seu uso responsável exige prudência, evidência científica, treinamento, infraestrutura e cultura de segurança. A cirurgia minimamente invasiva não substitui os princípios clássicos da boa cirurgia; ela os atualiza por meio de novas ferramentas, mantendo como finalidade central a cura, a segurança e a preservação da dignidade do paciente.

4. FUNDAMENTOS TÉCNICOS E BIOLÓGICOS DA MENOR AGRESSÃO CIRÚRGICA

A vantagem central da cirurgia minimamente invasiva está na redução do trauma de acesso. Em vez de incisões amplas, afastamento prolongado de tecidos e exposição extensa, utilizam-se pequenas incisões, portais, trocárteres, óticas, câmeras, pinças e instrumentos específicos. Essa redução da agressão à parede abdominal, torácica ou articular diminui dor, sangramento local, resposta inflamatória e limitação funcional.

A menor manipulação tecidual pode reduzir edema, lesão muscular e resposta neuroendócrina ao trauma cirúrgico. O organismo responde à cirurgia com liberação de catecolaminas, cortisol, citocinas, mediadores inflamatórios e alterações metabólicas. Procedimentos menos agressivos tendem a diminuir a magnitude dessa resposta, favorecendo recuperação mais rápida, embora o grau de benefício varie conforme operação e paciente.

Na laparoscopia, o pneumoperitônio cria espaço de trabalho dentro da cavidade abdominal. A câmera amplia estruturas anatômicas e permite visualização detalhada. A ampliação visual pode favorecer dissecação precisa, mas também exige domínio técnico, pois a perda de feedback tátil e a visão em tela podem dificultar percepção espacial para cirurgias em treinamento.

Na cirurgia robótica, a plataforma oferece visão tridimensional, instrumentos articulados e filtragem de tremor. Esses elementos podem ser vantajosos em cirurgias pélvicas, urológicas, ginecológicas e procedimentos em espaços profundos. Contudo, a ausência de sensação tátil direta e a dependência de tecnologia exigem treinamento e protocolos de segurança.

O menor trauma de acesso também favorece mobilização precoce. Pacientes com menos dor respiram melhor, movimentam-se mais cedo, apresentam menor risco de atelectasia, trombose venosa, perda muscular e complicações relacionadas à imobilidade. A recuperação funcional passa a ser mais rápida quando a técnica minimamente invasiva é associada a analgesia adequada e reabilitação precoce.

Apesar disso, a cirurgia minimamente invasiva não é isenta de agressão. O procedimento interno pode ser complexo, prolongado ou envolver disseções extensas. Em alguns casos, uma cirurgia minimamente invasiva mal indicada ou realizada por equipe sem experiência pode ser mais arriscada que uma cirurgia aberta bem executada. O acesso reduzido deve servir à segurança, e não ao fetichismo tecnológico.

5. IMPACTOS NA DOR PÓS-OPERATÓRIA E NO USO DE ANALGÉSICOS

A dor pós-operatória é um dos principais determinantes da recuperação cirúrgica. Dor intensa limita respiração profunda, tosse eficaz, mobilização, alimentação, sono e participação em fisioterapia. A cirurgia minimamente invasiva, ao reduzir trauma de parede e manipulação tecidual, tende a diminuir dor pós-operatória em muitos procedimentos.

A menor dor contribui para redução do uso de opioides. Esse aspecto é relevante porque opioides podem causar náuseas, vômitos, constipação, sedação, retenção urinária, depressão respiratória e risco de uso prolongado em determinados pacientes. Estratégias multimodais de analgesia, associadas à abordagem minimamente invasiva, permitem controlar dor com menor dependência de opioides.

Os protocolos ERAS reforçam a analgesia multimodal, combinando analgésicos não opioides, bloqueios regionais, anestesia local, anti-inflamatórios quando indicados, paracetamol, técnicas anestésicas adequadas e mobilização precoce. A cirurgia minimamente invasiva potencializa esses protocolos porque reduz a fonte mecânica de dor.

A dor também possui dimensão psicológica. Procedimentos menos invasivos podem reduzir ansiedade relacionada ao tamanho da incisão e à percepção de gravidade, mas isso depende de orientação adequada. Pacientes devem ser informados de que pequenas incisões não significam ausência de riscos, nem dispensam cuidados pós-operatórios.

A avaliação da dor deve ser sistemática. Escalas de dor, monitoramento de efeitos adversos, orientação sobre analgesia domiciliar e identificação de dor desproporcional são componentes de segurança. Dor intensa após cirurgia minimamente invasiva pode indicar complicação, como sangramento, lesão visceral, infecção, trombose ou problema específico do procedimento.

Portanto, a redução da dor é um dos benefícios mais consistentes da cirurgia minimamente invasiva, mas deve ser acompanhada de protocolos analgésicos, vigilância clínica e educação do paciente.

6. TEMPO DE INTERNAÇÃO, RETORNO FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA

A redução do tempo de internação é um dos impactos mais relevantes da cirurgia minimamente invasiva. Pacientes submetidos a procedimentos menos agressivos frequentemente apresentam deambulação precoce, menor necessidade de analgesia venosa, retorno mais rápido da função intestinal e maior possibilidade de alta segura. Essa tendência é observada em várias áreas cirúrgicas, especialmente quando associada a protocolos de recuperação acelerada.

A alta hospitalar precoce, entretanto, não deve ser confundida com alta precipitada. A segurança exige critérios objetivos: controle adequado da dor, estabilidade hemodinâmica, capacidade de alimentação ou hidratação conforme procedimento, mobilidade mínima, ausência de sinais de complicação, orientação clara ao paciente e acesso a retorno ou contato em caso de alerta.

O retorno funcional também é favorecido. Menor agressão à parede abdominal ou torácica permite retomada mais rápida de atividades

leves, autocuidado, marcha e trabalho, dependendo da cirurgia. Em cirurgias ortopédicas, artroscopia e técnicas percutâneas podem reduzir tempo de imobilização e facilitar reabilitação. Em procedimentos oncológicos, retorno funcional precoce pode permitir continuidade mais rápida de terapias adjuvantes em casos selecionados.

A qualidade de vida pós-operatória deve ser avaliada para além da alta hospitalar. Cicatrizes menores, menor dor e menor tempo de internação podem melhorar satisfação, mas complicações tardias, hérnias incisionais, dor persistente, disfunção sexual, alterações digestivas ou urinárias e readmissões precisam ser consideradas.

A recuperação pós-operatória é influenciada por fatores individuais: idade, fragilidade, nutrição, anemia, obesidade, diabetes, tabagismo, doença cardiovascular, função pulmonar, apoio familiar e saúde mental. A abordagem minimamente invasiva não anula esses fatores. Por isso, a preparação pré-operatória e a avaliação de risco continuam essenciais.

A cirurgia minimamente invasiva tem maior impacto quando integrada a uma linha de cuidado perioperatória completa. Técnica cirúrgica, anestesia, enfermagem, fisioterapia, nutrição e acompanhamento pós-alta precisam atuar de forma coordenada.

7. PROTOCOLOS ERAS E RECUPERAÇÃO ACELERADA

Os protocolos ERAS surgiram para transformar o cuidado perioperatório em processo padronizado e baseado em evidências. Eles incluem medidas como educação pré-operatória, otimização nutricional, redução de jejum prolongado, controle de fluidos, analgesia multimodal, prevenção de náuseas, mobilização precoce,

retirada oportuna de sondas e drenos, estímulo à alimentação precoce e planejamento de alta.

A cirurgia minimamente invasiva e os protocolos ERAS são complementares. A técnica reduz trauma, enquanto o protocolo reduz práticas perioperatórias que atrasam recuperação. Quando combinados, podem acelerar alta, reduzir complicações e melhorar experiência do paciente. Revisões recentes apontam que os protocolos ERAS melhoram desfechos em procedimentos minimamente invasivos em áreas como cirurgia ginecológica e colorectal.

A educação pré-operatória é um componente essencial. O paciente precisa compreender o procedimento, a expectativa de dor, a importância da mobilização precoce, os sinais de alerta, a alimentação, o uso de medicamentos e o plano de retorno. Pacientes bem orientados tendem a participar melhor da recuperação.

A otimização pré-operatória inclui controle de anemia, diabetes, tabagismo, desnutrição, obesidade, hipertensão, doenças pulmonares e uso de medicamentos. A cirurgia minimamente invasiva não compensa completamente um paciente mal preparado clinicamente.

A mobilização precoce reduz risco de tromboembolismo, atelectasia, perda muscular e declínio funcional. A menor dor da cirurgia minimamente invasiva facilita esse processo, mas a equipe precisa estimular e monitorar a mobilização.

O manejo de fluidos é outro ponto relevante. Excesso de fluidos pode favorecer edema, íleo e complicações; restrição excessiva pode

causar hipoperfusão. Protocolos anestésicos modernos buscam equilíbrio individualizado.

A implementação do ERAS exige cultura institucional. Não basta escrever protocolo; é necessário treinamento, auditoria, adesão multiprofissional e avaliação de resultados. Sem adesão real, o protocolo torna-se documento formal sem impacto clínico.

8. SEGURANÇA DO PACIENTE EM CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA

A segurança do paciente em cirurgia minimamente invasiva envolve prevenção de eventos adversos antes, durante e depois do procedimento. Embora a técnica reduza determinadas complicações, pode introduzir riscos específicos relacionados a acesso, visibilidade, equipamentos, energia, pneumoperitônio, curva de aprendizagem e comunicação da equipe.

Complicações de acesso incluem lesões vasculares, intestinais, urinárias ou de órgãos sólidos durante inserção de agulha, trocárteres ou portais. Embora incomuns, podem ser graves. A prevenção depende de técnica adequada, conhecimento anatômico, seleção do ponto de entrada e atenção a cirurgias prévias ou aderências.

Lesões térmicas são preocupação em laparoscopia e cirurgia robótica. Sistemas de energia podem causar dano direto ou indireto a tecidos adjacentes. Algumas lesões podem não ser reconhecidas imediatamente, manifestando-se no pós-operatório. Treinamento no uso seguro de energia é componente essencial da segurança.

A perda de orientação anatômica é outro risco. A visão ampliada pode melhorar detalhes, mas também pode reduzir percepção global. Sangramento, inflamação, obesidade, aderências, anatomia variante ou câncer avançado aumentam complexidade. A conversão para cirurgia aberta não deve ser vista como fracasso, mas como decisão de segurança quando a abordagem minimamente invasiva deixa de ser adequada.

O pneumoperitônio pode produzir alterações hemodinâmicas e respiratórias. Aumento da pressão intra-abdominal, absorção de dióxido de carbono e posição do paciente podem afetar ventilação, retorno venoso e pressão intracraniana em pacientes selecionados. A anestesia precisa estar integrada ao planejamento cirúrgico.

A comunicação da equipe é fundamental. Em cirurgia minimamente invasiva, o cirurgião pode estar operando em console, distante do paciente, ou concentrado em tela. Instrumentadores, circulantes, anestesistas e auxiliares precisam antecipar necessidades, reconhecer sinais de alerta e comunicar problemas rapidamente.

A segurança depende também de manutenção de equipamentos. Câmeras, cabos, insufladores, torres de vídeo, instrumentos robóticos, sistemas de energia e monitores devem ser verificados antes do procedimento. Falhas tecnológicas podem interromper cirurgia, prolongar anestesia ou exigir conversão.

Portanto, cirurgia minimamente invasiva segura exige preparo técnico e sistêmico. A pequena incisão não reduz a necessidade de vigilância; ao contrário, exige equipe altamente treinada e processos bem estruturados.

9. CHECKLIST CIRÚRGICO, CULTURA DE SEGURANÇA E COMUNICAÇÃO DA EQUIPE

O checklist cirúrgico da OMS é uma das ferramentas mais importantes de segurança perioperatória. Ele organiza verificações em momentos críticos: antes da anestesia, antes da incisão e antes da saída do paciente da sala. Seu objetivo é prevenir erros de identificação, procedimento incorreto, sítio cirúrgico incorreto, falhas de antibiótico profilático, problemas anestésicos, ausência de equipamentos essenciais e falhas de comunicação.

A literatura sobre o checklist demonstra benefícios relacionados à redução de complicações, melhora da comunicação e fortalecimento da cultura de segurança. Revisões indicam que sua implementação pode reduzir complicações e tempo de internação, embora o impacto dependa da qualidade da adesão e não apenas da existência formal da lista.

Na cirurgia minimamente invasiva, o checklist deve incluir itens específicos: disponibilidade de equipamentos de vídeo, funcionamento de insuflador, fontes de energia, instrumentos laparoscópicos ou robóticos, plano de conversão, posicionamento do paciente, proteção de pontos de pressão, estratégia diante de falha tecnológica e confirmação de materiais especiais.

A cultura de segurança é mais importante que o formulário. Quando o checklist é realizado de forma automática, sem atenção real, perde eficácia. O momento de pausa cirúrgica deve permitir que qualquer membro da equipe manifeste preocupações. Hierarquias rígidas e comunicação deficiente aumentam risco de erro.

O briefing pré-operatório e o debriefing pós-operatório também são relevantes. Antes da cirurgia, a equipe deve discutir plano, dificuldades previstas, riscos anatômicos, necessidade de sangue, equipamentos e estratégia de conversão. Depois, deve revisar eventos, materiais, amostras, complicações e cuidados pós-operatórios.

A cirurgia robótica exige comunicação ainda mais estruturada. O cirurgião no console depende da equipe junto ao paciente para troca de instrumentos, aspiração, exposição, solução de problemas e resposta a emergências. A equipe precisa conhecer protocolos de desacoplamento rápido do robô em caso de parada cardiorrespiratória ou necessidade de conversão urgente.

A segurança cirúrgica é resultado de sistema. Bons cirurgiões podem cometer erros em sistemas ruins. Protocolos, checklists, treinamento, simulação e comunicação protegem pacientes e profissionais.

10. CIRURGIA ROBÓTICA: PRECISÃO, ERGONOMIA E NOVOS RISCOS

A cirurgia robótica representa avanço tecnológico importante dentro da cirurgia minimamente invasiva. Seu principal diferencial é permitir que o cirurgião controle braços robóticos a partir de console, com visão tridimensional ampliada, instrumentos articulados, redução de tremor e ergonomia superior. Essas características podem facilitar disseções delicadas, suturas intracorpóreas e procedimentos em espaços anatômicos estreitos.

Na urologia, ginecologia, cirurgia colorretal, cirurgia torácica e outras áreas, a robótica ampliou possibilidades de abordagem

minimamente invasiva. Procedimentos que antes eram tecnicamente difíceis por laparoscopia convencional tornaram-se mais acessíveis a alguns cirurgiões com auxílio robótico. Entretanto, os benefícios variam conforme procedimento e comparação utilizada.

A ergonomia é vantagem relevante. Cirurgias laparoscópicas longas podem gerar fadiga física, postura inadequada e desconforto musculoesquelético no cirurgião. O console robótico melhora postura e controle fino, podendo reduzir fadiga em procedimentos prolongados. A segurança do paciente também depende da condição do cirurgião, pois fadiga pode comprometer desempenho.

A curva de aprendizagem é elemento central. O domínio da plataforma robótica não é automático para cirurgiões experientes em cirurgia aberta ou laparoscópica. Revisão sistemática sobre curvas de aprendizagem em cirurgia robótica mostra que a aquisição de proficiência depende de procedimento, volume, métricas avaliadas e treinamento estruturado.

Os riscos da cirurgia robótica incluem falha de equipamento, colisão de braços, tempo de acoplamento, dificuldade de acesso rápido ao paciente, perda de feedback tátil, lesões térmicas, prolongamento do tempo cirúrgico em fases iniciais e dependência de equipe treinada. Dados de eventos adversos associados a sistemas robóticos mostram que malfuncionamentos e interrupções podem impactar procedimentos, embora a interpretação desses bancos de dados exija cautela por depender de notificações.

A cirurgia robótica também impõe discussão ética e econômica. Alto custo de aquisição, manutenção, instrumentos descartáveis ou

semidescartáveis e treinamento pode limitar acesso. Hospitais precisam avaliar custo-efetividade, volume de procedimentos, resultados reais e impacto sobre equidade. Tecnologia sofisticada sem benefício clínico proporcional pode ampliar desigualdades.

Portanto, a cirurgia robótica é avanço relevante, mas não deve ser tratada como sinônimo automático de melhor cirurgia. Seu valor depende de indicação, experiência, resultados auditados, segurança operacional e benefício real ao paciente.

11. CURVA DE APRENDIZAGEM E TREINAMENTO CIRÚRGICO

A curva de aprendizagem é um dos fatores mais importantes na segurança da cirurgia minimamente invasiva. Toda nova técnica exige aquisição progressiva de habilidades. Durante a fase inicial, podem ocorrer maior tempo operatório, maior risco de conversão, maior demanda da equipe e potencial aumento de complicações, dependendo do procedimento e do treinamento disponível.

O treinamento tradicional baseado apenas em observação e prática direta em pacientes é insuficiente para tecnologias complexas. Simuladores, laboratórios, realidade virtual, treinamento em modelos, mentoria, proctoring, certificação, avaliação objetiva de habilidades e análise de vídeos são instrumentos cada vez mais relevantes.

Na laparoscopia, habilidades como triangulação, profundidade visual, sutura intracorpórea, manipulação de tecidos e uso seguro de energia precisam ser treinadas. Na robótica, acrescentam-se domínio de console, câmera, braços robóticos, controle de energia, coordenação com equipe à beira do leito e resposta a falhas.

A segurança exige seleção progressiva de casos. Cirurgiões em fase inicial devem começar por procedimentos menos complexos, com supervisão adequada, antes de avançar para casos de alta dificuldade. O volume cirúrgico também influencia proficiência. Hospitais que oferecem tecnologia precisam garantir casuística suficiente para manutenção de habilidades.

A análise de resultados é parte do treinamento. Taxas de conversão, complicações, sangramento, tempo operatório, readmissão, infecção, margens oncológicas, reoperação e satisfação do paciente devem ser acompanhadas. Sem auditoria, a curva de aprendizagem fica invisível.

O treinamento multiprofissional é igualmente essencial. A equipe de enfermagem, anestesia, instrumentação e engenharia clínica precisa conhecer equipamentos, posicionamento, riscos e protocolos de emergência. A cirurgia minimamente invasiva não depende apenas do cirurgião.

Portanto, treinamento estruturado é condição ética para incorporação de técnicas minimamente invasivas. A inovação não deve ser transferida ao paciente como risco não controlado.

12. COMPLICAÇÕES, CONVERSÃO E TOMADA DE DECISÃO INTRAOPERATÓRIA

A cirurgia minimamente invasiva pode reduzir complicações em muitos contextos, mas não elimina a possibilidade de eventos adversos. Sangramento, lesão de órgãos, perfuração intestinal, lesão biliar, lesão ureteral, infecção, trombose, embolia, complicações anestésicas e necessidade de reoperação continuam possíveis.

A conversão para cirurgia aberta é decisão de segurança. Ela pode ser necessária diante de sangramento, anatomia obscura, aderências intensas, inflamação grave, tumor avançado, falha de equipamento ou risco de lesão. A cultura cirúrgica deve abandonar a ideia de que conversão representa fracasso. O fracasso verdadeiro é persistir em abordagem insegura por pressão estética, estatística ou ego técnico.

A tomada de decisão intraoperatória requer julgamento. O cirurgião deve reconhecer limites da técnica, da equipe e do ambiente. Em centros sem suporte adequado para determinado procedimento complexo, a escolha minimamente invasiva pode aumentar risco. A indicação deve considerar capacidade institucional.

O consentimento informado deve incluir possibilidade de conversão, riscos específicos da técnica, alternativas terapêuticas e limites da tecnologia. Pacientes muitas vezes associam cirurgia minimamente invasiva a ausência de risco; cabe à equipe corrigir essa percepção.

A vigilância pós-operatória é decisiva. Como pequenas incisões podem mascarar a gravidade interna do procedimento, complicações intra-abdominais ou torácicas podem ser subestimadas. Dor progressiva, febre, taquicardia, hipotensão, distensão, vômitos persistentes, dispneia, sangramento ou alteração laboratorial devem ser avaliados com seriedade.

A segurança depende de resposta rápida. Protocolos de reconhecimento precoce de deterioração clínica, acesso a imagem, laboratório, reoperação e equipe experiente reduzem danos quando complicações ocorrem.

13. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, IMAGEM CIRÚRGICA E FUTURO DA CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA

A próxima fase da cirurgia minimamente invasiva será marcada pela integração entre imagem, inteligência artificial, navegação, realidade aumentada, robótica, análise de vídeo e suporte à decisão. Sistemas computacionais podem auxiliar identificação de estruturas anatômicas, rastreamento de instrumentos, segmentação de tecidos, alerta de zonas de risco e avaliação de performance cirúrgica.

Revisões sobre aprendizado de máquina aplicado à visão cirúrgica minimamente invasiva destacam potencial de algoritmos para análise de vídeos cirúrgicos, reconhecimento de instrumentos, segmentação anatômica, reconstrução tridimensional e suporte intraoperatório. Essas tecnologias ainda enfrentam desafios como necessidade de bases anotadas, generalização entre hospitais, variações anatômicas, artefatos visuais e validação clínica.

A inteligência artificial pode contribuir para segurança ao oferecer alertas em tempo real, registrar etapas críticas, identificar desvio de protocolo e apoiar treinamento. Entretanto, também introduz riscos: dependência excessiva, erro algorítmico, vieses, falhas de validação, responsabilidade jurídica e proteção de dados.

A realidade aumentada pode projetar informações anatômicas sobre o campo cirúrgico, integrando exames pré-operatórios com imagem intraoperatória. Em cirurgias hepáticas, urológicas, ortopédicas e neurológicas, essa integração pode auxiliar navegação. Contudo, a precisão depende de registro adequado e compensação de movimentos dos tecidos.

A telecirurgia e assistência remota também são possibilidades, mas exigem conectividade segura, latência mínima, protocolos de contingência e regulação. A promessa de ampliar acesso em regiões remotas deve ser equilibrada com segurança operacional.

O futuro da cirurgia minimamente invasiva será cada vez mais digital. Entretanto, a segurança continuará dependente de princípios clássicos: indicação correta, anatomia, técnica, treinamento, comunicação, prudência e responsabilidade.

14. RESULTADOS DA REVISÃO

A análise desenvolvida permite identificar doze resultados principais.

O primeiro resultado é que a cirurgia minimamente invasiva representa mudança estrutural na prática cirúrgica, ao reduzir trauma de acesso e ampliar precisão visual em múltiplas especialidades.

O segundo resultado é que, em muitos procedimentos, a abordagem minimamente invasiva está associada a menor dor, menor morbidade e recuperação mais rápida quando comparada à cirurgia aberta, desde que adequadamente indicada e executada.

O terceiro resultado é que a recuperação pós-operatória melhora de forma mais consistente quando a técnica minimamente invasiva é combinada com protocolos ERAS, analgesia multimodal, mobilização precoce e educação do paciente.

O quarto resultado é que a segurança do paciente depende de processos sistemáticos, incluindo checklist cirúrgico, comunicação

efetiva, prevenção de eventos adversos, manutenção de equipamentos e cultura institucional de segurança.

O quinto resultado é que a cirurgia robótica amplia precisão, visão tridimensional e ergonomia, mas exige treinamento específico, volume cirúrgico, manutenção tecnológica e avaliação crítica de custo-efetividade.

O sexto resultado é que a curva de aprendizagem é fator determinante para segurança, especialmente em cirurgia robótica e laparoscopia avançada.

O sétimo resultado é que a conversão para cirurgia aberta deve ser compreendida como decisão de segurança, e não como falha técnica.

O oitavo resultado é que complicações específicas da cirurgia minimamente invasiva incluem lesões de acesso, lesões térmicas, falhas de equipamento, perda de orientação anatômica e riscos associados ao pneumoperitônio.

O nono resultado é que a alta precoce deve ser baseada em critérios objetivos, e não apenas no tamanho da incisão ou no desejo de reduzir tempo hospitalar.

O décimo resultado é que a incorporação de inteligência artificial e análise de vídeo cirúrgico pode ampliar segurança e treinamento, mas ainda exige validação clínica, regulação e proteção de dados.

O décimo primeiro resultado é que a tecnologia minimamente invasiva pode ampliar desigualdades se seu acesso ficar restrito a centros de alta renda sem avaliação de prioridade sanitária.

O décimo segundo resultado é que o melhor desfecho ocorre quando inovação tecnológica é integrada a treinamento, protocolos, auditoria, humanização e cultura de segurança.

15. DISCUSSÃO

A discussão central deste artigo é que a cirurgia minimamente invasiva deve ser compreendida como avanço técnico e sistêmico, não apenas como mudança de acesso cirúrgico. A pequena incisão é apenas o aspecto visível de uma transformação maior, que envolve câmera, energia, ergonomia, anestesia, recuperação acelerada, segurança do paciente e organização hospitalar.

O primeiro ponto crítico é que a cirurgia minimamente invasiva melhora a recuperação principalmente porque reduz trauma de acesso. Menos agressão tecidual significa menos dor, mobilização mais precoce e menor tempo de internação em muitos contextos. Entretanto, o procedimento interno pode continuar complexo. Assim, não se deve confundir menor incisão com menor gravidade clínica.

O segundo ponto é que os protocolos ERAS potencializam os benefícios da técnica. Uma laparoscopia realizada dentro de cuidado perioperatório tradicional, com jejum prolongado, excesso de opioides, demora para mobilização e ausência de educação, perde parte de seu potencial. A recuperação acelerada depende da combinação entre técnica e processo de cuidado.

O terceiro ponto envolve segurança. A cirurgia minimamente invasiva não elimina erro humano, falhas de comunicação ou eventos adversos. Pelo contrário, a dependência de equipamentos e

telas exige novas competências. Segurança não é produto da tecnologia, mas do sistema que a utiliza.

O quarto ponto é a cirurgia robótica. Ela representa avanço real em determinadas situações, especialmente pela ergonomia e precisão. Contudo, sua adoção deve ser guiada por benefício comprovável, não por marketing hospitalar. A plataforma robótica deve servir ao paciente, e não à imagem institucional.

O quinto ponto é a curva de aprendizagem. A inovação cirúrgica tem custo técnico inicial. Instituições devem proteger pacientes por meio de treinamento, supervisão, simulação, seleção de casos e monitoramento de resultados. Não é ético transformar pacientes em etapa informal de treinamento sem estrutura de segurança.

O sexto ponto é a equidade. Sistemas de saúde precisam equilibrar investimento em alta tecnologia com necessidades básicas. Em alguns cenários, investir em checklist, esterilização, antibiótico profilático, treinamento de equipe e recuperação pós-operatória pode salvar mais vidas que adquirir tecnologia robótica sem casuística suficiente.

O sétimo ponto é a importância da conversão. A maturidade cirúrgica inclui reconhecer quando a via minimamente invasiva deixou de ser a opção mais segura. A cultura de segurança deve valorizar decisões prudentes.

O oitavo ponto é o futuro digital. Inteligência artificial, realidade aumentada e análise de vídeo podem melhorar treinamento e prevenção de erros. No entanto, a validação clínica deve preceder adoção ampla. Em cirurgia, erro tecnológico pode ter consequência imediata.

O nono ponto é que o paciente deve ser participante informado. Ele precisa compreender benefícios, riscos, alternativas, possibilidade de conversão e cuidados pós-operatórios. A segurança começa antes da sala cirúrgica.

O décimo ponto é que a cirurgia minimamente invasiva deve ser avaliada por resultados reais: complicações, dor, tempo de internação, readmissão, reoperação, custo, qualidade de vida e segurança. A inovação deve ser auditável.

Portanto, o avanço minimamente invasivo é positivo, mas exige responsabilidade. A melhor cirurgia não é necessariamente a mais tecnológica; é a mais segura, adequada e efetiva para aquele paciente.

16. DIRETRIZES PARA INCORPORAÇÃO SEGURA DA CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA

A partir da análise realizada, propõem-se diretrizes para ampliar os benefícios da cirurgia minimamente invasiva e reduzir riscos.

Primeiro, indicar a abordagem minimamente invasiva com base em evidência, condição clínica, anatomia, doença, experiência da equipe e infraestrutura disponível.

Segundo, garantir consentimento informado claro, incluindo benefícios, riscos, alternativas, possibilidade de conversão e limitações da técnica.

Terceiro, implementar checklist cirúrgico de forma real, participativa e adaptada às especificidades da laparoscopia, robótica, endoscopia ou artroscopia.

Quarto, associar técnicas minimamente invasivas a protocolos ERAS sempre que aplicável, com educação pré-operatória, analgesia multimodal, mobilização precoce e critérios objetivos de alta.

Quinto, estruturar treinamento formal em simulação, mentoria, supervisão e avaliação objetiva de competências antes da realização autônoma de procedimentos complexos.

Sexto, monitorar curva de aprendizagem por indicadores como tempo operatório, conversão, complicações, readmissão, reoperação e desfechos funcionais.

Sétimo, assegurar manutenção preventiva de equipamentos, checagem pré-operatória e disponibilidade de plano de contingência em caso de falha tecnológica.

Oitavo, tratar conversão para cirurgia aberta como decisão de segurança, registrando-a de forma técnica e não punitiva.

Nono, fortalecer comunicação entre cirurgião, anestesia, enfermagem, instrumentação, engenharia clínica e recuperação pós-anestésica.

Décimo, avaliar custo-efetividade de tecnologias robóticas e avançadas, considerando volume, desfechos, treinamento e equidade de acesso.

Décimo primeiro, utilizar inteligência artificial e análise de vídeo apenas com validação, transparência, proteção de dados e supervisão humana.

Décimo segundo, manter vigilância pós-operatória rigorosa, pois pequenas incisões não excluem complicações internas graves.

Décimo terceiro, incorporar indicadores de experiência do paciente, dor, qualidade de vida e retorno funcional na avaliação de resultados.

Décimo quarto, promover cultura institucional de segurança, na qual qualquer membro da equipe possa interromper o processo diante de risco.

Décimo quinto, compreender a cirurgia minimamente invasiva como parte de uma linha de cuidado, e não como ato técnico isolado.

17. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cirurgia minimamente invasiva transformou a prática cirúrgica contemporânea ao reduzir trauma de acesso, dor pós-operatória, tempo de internação e período de recuperação em muitos procedimentos. Laparoscopia, endoscopia, artroscopia, toracoscopia, cirurgia robótica e técnicas vídeo-assistidas ampliaram as possibilidades terapêuticas e modificaram a expectativa de pacientes e profissionais.

O artigo demonstrou que os benefícios da cirurgia minimamente invasiva são mais consistentes quando associados a protocolos perioperatórios bem estruturados, especialmente programas ERAS, analgesia multimodal, mobilização precoce, educação do paciente e critérios seguros de alta. A técnica, isoladamente, não garante recuperação ideal.

A segurança do paciente permanece eixo central. Novas tecnologias reduzem alguns riscos, mas introduzem outros. Lesões de acesso, lesões térmicas, falhas de equipamento, curva de aprendizagem, comunicação deficiente e dependência tecnológica exigem protocolos específicos e cultura de segurança robusta.

A cirurgia robótica representa avanço relevante em precisão, ergonomia e visualização, mas deve ser incorporada com prudência. Seu uso deve considerar custo, treinamento, volume, manutenção, resultados auditados e benefício real ao paciente. Tecnologia sem governança pode aumentar riscos e desigualdades.

Conclui-se que os avanços em cirurgia minimamente invasiva impactam positivamente a recuperação pós-operatória e a segurança do paciente quando inseridos em modelo de cuidado baseado em evidência, treinamento multiprofissional, checklist cirúrgico, protocolos ERAS, auditoria de resultados e tomada de decisão centrada no paciente. A cirurgia do futuro será cada vez mais tecnológica, mas sua qualidade continuará dependendo de prudência clínica, competência técnica e compromisso ético com a segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABI, O.; VERCAUTEREN, T.; SHI, M. Multitask learning in minimally invasive surgical vision: a review. **arXiv**, 2024.

ALEMZADEH, H.; IYER, R. K.; KALBARCZYK, Z.; LEVESON, N.; RAMAN, J. Adverse events in robotic surgery: a retrospective study of 14 years of FDA data. **arXiv**, 2015.

ALI, M.; PEÑA, R. M. G.; OCHOA RUIZ, G.; ALI, S. A comprehensive survey on recent deep learning-based methods applied to surgical data. **arXiv**, 2022.

ALSADOUN, L. et al. Evaluating the impact of the World Health Organization's surgical safety checklist. **Cureus**, 2024.

BIRKMeyer, J. D.; Finks, J. F.; O'Reilly, A.; et al. Surgical skill and complication rates after bariatric surgery. **New England Journal of Medicine**, v. 369, p. 1434-1442, 2013.

BRATZLER, D. W.; DELLINGER, E. P.; OLSEN, K. M.; et al. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 70, n. 3, p. 195-283, 2013.

CARLI, F.; SCHEEDE-BERGDAHL, C. Prehabilitation to enhance perioperative care. **Anesthesiology Clinics**, v. 33, n. 1, p. 17-33, 2015.

FEARON, K. C. H.; LJUNGQVIST, O.; VON MEYENFELDT, M.; et al. Enhanced recovery after surgery: a consensus review of clinical care for patients undergoing colonic resection. **Clinical Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 466-477, 2005.

FUDICKAR, A.; HÖRLE, K.; WILTZEK, D.; BEIN, B. The effect of the WHO surgical safety checklist on complication rate and communication. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 109, n. 42, p. 695-701, 2012.

GAN, T. J.; DIEMUNSCH, P.; HABIB, A. S.; et al. Consensus guidelines for the management of postoperative nausea and vomiting. **Anesthesia & Analgesia**, v. 118, n. 1, p. 85-113, 2014.

HAYNES, A. B.; WEISER, T. G.; BERRY, W. R.; et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. **New England Journal of Medicine**, v. 360, n. 5, p. 491-499, 2009.

JEGANATHAN, J. R. et al. Minimally invasive surgery: a historical and legal perspective. **Journal of Robotic Surgery**, 2025.

Kehlet, H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. **British Journal of Anaesthesia**, v. 78, n. 5, p. 606-617, 1997.

KEHLET, H.; WILMORE, D. W. Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. **Annals of Surgery**, v. 248, n. 2, p. 189-198, 2008.

LJUNGQVIST, O.; SCOTT, M.; FEARON, K. C. Enhanced recovery after surgery: a review. **JAMA Surgery**, v. 152, n. 3, p. 292-298, 2017.

MAKARY, M. A.; DANIEL, M. Medical error: the third leading cause of death in the US. **BMJ**, v. 353, i2139, 2016.

MISKOVIC, D.; NI, M.; WYLETHY, L.; et al. Learning curve and case selection in laparoscopic colorectal surgery. **Annals of Surgery**, v. 268, n. 5, p. 808-815, 2018.

SOOMRO, N. A.; HASHIMOTO, D. A.; PORPIGLIA, F.; et al. Systematic review of learning curves in robot-assisted surgery. **BJS Open**, v. 4, n. 1, p. 27-44, 2020.

VAZQUEZ, E. F. O. et al. Minimally invasive gynecologic surgery and enhanced recovery after surgery. **Cureus**, 2025.

WEISER, T. G.; HAYNES, A. B. Ten years of the surgical safety checklist. **British Journal of Surgery**, v. 105, n. 8, p. 927-929, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Implementation manual: WHO surgical safety checklist**. Geneva: World Health Organization, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for safe surgery 2009: safe surgery saves lives**. Geneva: World Health Organization, 2009.

¹ Graduada em Medicina pela Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestre em Ciências em Administração de Saúde (Master of Science in Healthcare Administration) pela Pontificia Universidad Javeriana, Colômbia, e Médico. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Graduada em Medicina pela Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)