

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO XII

Capítulo 38

CIRURGIA MINIMAMENTE INVASIVA NO TRATAMENTO DO CÂNCER DE PULMÃO: AVANÇOS E PERSPECTIVAS ATUAIS

BEATRIZ LIMA CARPILOVSKY¹
CAMILA SCHMIDT SILVEIRA¹
CASSIANA CARIONI SOARES¹
GIOVANA LOOS DE SOUZA¹
ISABELA UHLMANN RAMOS¹
JOÃO VITOR LEGAT ALBINO¹
LARA MARING SANSÃO¹
MANUELA PINHA DIAS¹
MARIA LUIZA BORGES¹
MARIA LUIZA ZUCKI¹
MICHELE NAHIRNEI DELLA LIBERA¹
PEDRO HENRIQUE REDIN BORGIO¹
VINICIUS DALCEGIO¹

¹Discente - Universidade Regional de Blumenau (FURB).

Palavras-chave: Câncer de Pulmão; Cirurgia Minimamente Invasiva; Cirurgia Torácica Robótica.

DOI

10.59290/ 6329609200

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As neoplasias pulmonares encontram-se no topo das estatísticas oncológicas globais, sendo uma das principais causas de óbito por malignidade no mundo, segundo Sung *et al.* (2021). A partir dos estudos de Alberg *et al.* (2013), foi possível analisar que esse panorama alarmante decorre principalmente da ausência de manifestações clínicas específicas nas fases iniciais da doença, o que atrasa a busca por assistência médica e resulta em diagnósticos predominantemente avançados. Do ponto de vista demográfico, embora o perfil epidemiológico historicamente aponte para uma maior prevalência no sexo masculino em função do tabagismo, observa-se, na contemporaneidade, um crescimento expressivo da incidência entre homens e mulheres.

No cenário brasileiro, a distribuição epidemiológica revela um volume de internações e uma taxa de mortalidade concentrados predominantemente nas regiões Sul e Sudeste, reflexo direto de assimetrias socioeconômicas e da centralização de polos tecnológicos em saúde (SILVA *et al.*, 2025). Além disso, a emergência de novos hábitos, como o uso de cigarros eletrônicos, surge como um desafio para as tendências futuras da doença (FAZOLO; FILLETTI, 2024).

Diante de um contexto em que a maioria dos diagnósticos ainda ocorre em estágios avançados, a compreensão do perfil epidemiológico é fundamental para otimizar o rastreamento e viabilizar a indicação oportuna do tratamento cirúrgico. Nesse sentido, a cirurgia permanece como uma das principais modalidades no tratamento do câncer de pulmão.

Segundo Delcuratolo *et al.* (2026), a ressecção cirúrgica constitui o tratamento padrão para os casos de câncer de pulmão de não pequenas células (CPNPC), subtipo que representa cerca

de 85% dos diagnósticos. A indicação cirúrgica é estabelecida de acordo com as características da doença, principalmente a extensão tumoral e o estadiamento, podendo ser empregada desde lesões pré-invasivas até casos selecionados de doença localmente avançada. Diante desse cenário, a busca por procedimentos menos invasivos, capazes de manter a eficácia oncológica e reduzir as complicações perioperatórias, impulsionou o desenvolvimento de novas abordagens cirúrgicas.

Nesse contexto, a abordagem minimamente invasiva, que inclui técnicas como a cirurgia toracoscópica videoassistida (VATS) e a cirurgia robótica assistida por vídeo (RATS), surge como uma alternativa à toracotomia clássica e constitui um importante avanço tecnológico ao permitir a ressecção de tumores por meio de pequenas incisões (MONTAGNE *et al.*, 2021). Essas técnicas proporcionam melhor recuperação do paciente, com resultados mais favoráveis a curto prazo e bom prognóstico a longo prazo.

Diante da crescente incorporação dessas tecnologias na prática clínica, torna-se fundamental compreender os avanços recentes das técnicas minimamente invasivas, bem como seus benefícios, limitações e indicações clínicas. Assim, o presente estudo tem como objetivo discutir os princípios da cirurgia minimamente invasiva no tratamento do câncer de pulmão, seus diferentes métodos e suas perspectivas futuras.

MÉTODO

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, com o objetivo de analisar os avanços e as perspectivas atuais da cirurgia minimamente invasiva no tratamento do câncer de pulmão. A busca bibliográfica foi re-

alizada em bases de dados científicas relevantes, incluindo PubMed, Scopus e *Web of Science*, utilizando descritores relacionados a “câncer de pulmão”, “cirurgia minimamente invasiva”, “cirurgia toracoscópica videoassistida (VATS)” e “cirurgia robótica (RATS)”, bem como seus correspondentes em inglês.

Foram incluídos artigos originais, revisões sistemáticas, metanálises e diretrizes clínicas que abordassem aspectos técnicos, indicações, desfechos clínicos, benefícios e limitações das técnicas minimamente invasivas no contexto da oncologia torácica. Não houve restrição rígida quanto ao período de publicação, sendo priorizados estudos recentes e de maior relevância científica, além de trabalhos clássicos considerados fundamentais para a compreensão do tema.

A seleção dos estudos foi realizada com base na pertinência ao objetivo proposto e na qualidade metodológica das publicações. Após a análise, os dados foram organizados de forma descritiva e crítica, permitindo a síntese das principais evidências disponíveis e a discussão das aplicações clínicas atuais e das perspectivas futuras da cirurgia minimamente invasiva no tratamento do câncer de pulmão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Princípios da cirurgia minimamente invasiva

A cirurgia minimamente invasiva representa uma das principais evoluções no tratamento cirúrgico do câncer de pulmão nas últimas décadas. Essa abordagem consiste na realização de procedimentos por meio de pequenas incisões e sistemas de visualização por vídeo ou plataformas robóticas, reduzindo o trauma cirúrgico em comparação à toracotomia convencional (YAN *et al.*, 2009; KHAN *et al.*, 2024). Seu objetivo fundamental é proporcionar resultados oncológicos equivalentes aos da cirurgia

aberta, preservando os benefícios relacionados à menor agressão cirúrgica e à recuperação pós-operatória mais rápida (CAO *et al.*, 2015; KHAN *et al.*, 2024).

Historicamente, a toracotomia aberta foi considerada o padrão para o tratamento cirúrgico do câncer de pulmão. Contudo, essa técnica está associada a maior morbidade perioperatória, maior intensidade de dor pós-operatória e tempo de recuperação prolongado quando comparada às abordagens minimamente invasivas (YAN *et al.*, 2009). O desenvolvimento de novas tecnologias possibilitou o surgimento da cirurgia toracoscópica videoassistida (VATS), inicialmente empregada para procedimentos diagnósticos e posteriormente incorporada ao tratamento de neoplasias pulmonares. Mais recentemente, a cirurgia torácica assistida por robô (RATS) ampliou as possibilidades da abordagem minimamente invasiva, por meio de visualização tridimensional e instrumentos articulados de alta precisão (KHAN *et al.*, 2024; CERFOLIO; BRYANT, 2008).

Os princípios da cirurgia minimamente invasiva baseiam-se na redução do trauma cirúrgico sem comprometer os objetivos oncológicos do tratamento. Independentemente da técnica utilizada, devem ser asseguradas a ressecção completa do tumor (R0), a obtenção de margens cirúrgicas adequadas e a avaliação linfonodal sistemática para correto estadiamento da doença (NCCN, 2025; BRUNELLI *et al.*, 2013). Dessa forma, a principal diferença em relação à cirurgia aberta não reside na extensão da ressecção, mas na via de acesso empregada (KHAN *et al.*, 2024).

A literatura demonstra que a cirurgia minimamente invasiva, incluindo VATS e RATS, apresenta vantagens relevantes quando comparada à toracotomia aberta, tanto em desfechos perioperatórios quanto em sobrevida. No que se

refere à sobrevida pós-operatória, a VATS está associada à redução de 21% no risco de morte em pacientes com câncer de pulmão em estágio inicial, com benefício consistente entre estudos. Além disso, observa-se menor taxa de readmissão hospitalar e redução significativa de eventos adversos no primeiro ano pós-operatório, especialmente infecções e complicações renais (HARRIS *et al.*, 2026).

Em pacientes com doença N2, a cirurgia minimamente invasiva demonstrou maior taxa de ressecção completa (R0) (OR = 1,22), menor mortalidade em 30 dias (OR = 0,67) e maior sobrevida global (HR = 0,61) quando comparada à toracotomia aberta (LIU *et al.*, 2023). Da mesma forma, em pacientes com doença em estágios II e III, a abordagem minimamente invasiva apresentou equivalência oncológica, sem comprometimento da sobrevida global ou da sobrevida livre de recorrência (SHEN *et al.*, 2021).

Do ponto de vista perioperatório, a abordagem minimamente invasiva está associada a menor intensidade de dor, melhor qualidade de vida, menor perda sanguínea intraoperatória e menor incidência de complicações, incluindo complicações pulmonares (8% vs 12%), fibrilação atrial (7% vs 12%) e necessidade de transfusão sanguínea (2% vs 5%) (HOWINGTON *et al.*, 2013; BENDIXEN *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2023). Observa-se ainda redução do tempo de internação hospitalar e recuperação funcional mais rápida, permitindo retorno precoce às atividades habituais (ALBAN *et al.*, 2022). A adequação oncológica dessas técnicas é comparável à cirurgia aberta, com número semelhante de linfonodos ressecados e taxas equivalentes de margens cirúrgicas positivas (SHEN *et al.*, 2021). Diante dessas evidências, o *American College of Chest Physicians* recomenda a abordagem minimamente invasiva como estratégia

preferencial em pacientes adequadamente selecionados, especialmente em estágios iniciais da doença (HOWINGTON *et al.*, 2025).

Inicialmente restritas a tumores em estágios iniciais, as técnicas minimamente invasivas tiveram suas indicações progressivamente ampliadas com o avanço tecnológico e o aumento da experiência cirúrgica, passando a ser aplicáveis a um número crescente de pacientes (KHAN *et al.*, 2024; PAM *et al.*, 2024). A escolha da abordagem deve considerar características tumorais, como tamanho e localização, bem como fatores clínicos individuais, incluindo reserva cardiopulmonar e comorbidades (BRUNELLI *et al.*, 2013).

Atualmente, tanto a VATS quanto a RATS são amplamente utilizadas em ressecções pulmonares anatômicas, como segmentectomias e lobectomias, podendo ser aplicadas também em casos mais complexos, desde que respeitados os princípios oncológicos (KHAN *et al.*, 2024). Quando há possibilidade de ressecção completa com adequada avaliação linfonodal, a cirurgia minimamente invasiva configura-se como alternativa segura e eficaz à toracotomia (NCCN, 2025; BRUNELLI *et al.*, 2013).

Videotoracosopia

A videotoracosopia (VATS) consolidou-se como a abordagem mais utilizada para ressecções pulmonares no câncer de pulmão em estágio inicial, especialmente para lobectomias. O procedimento é realizado por meio de pequenas incisões torácicas, geralmente entre dois e quatro portais, com auxílio de câmera de vídeo e instrumentos especializados, permitindo a ressecção pulmonar com menor agressão à parede torácica. Ao longo das últimas décadas, a técnica evoluiu significativamente, incluindo o desenvolvimento de abordagens ainda menos in-

vasivas, como a VATS uniportal, além de avanços em métodos de localização nodular e estadiamento pré-operatório.

Do ponto de vista clínico, a VATS está indicada principalmente para pacientes com câncer de pulmão de não pequenas células em estágios iniciais, especialmente aqueles com doença cN0 ou cN1, desde que apresentem condições técnicas favoráveis à abordagem minimamente invasiva. Seus benefícios incluem menor dor pós-operatória, menor tempo de internação hospitalar (4 dias *versus* 5 dias) e recuperação funcional mais rápida.

Além dos benefícios perioperatórios, evidências recentes demonstram que a VATS apresenta equivalência oncológica em relação à cirurgia aberta, com rendimento linfonodal semelhante e diferenças mínimas no *upstaging* nodal. Uma meta-análise de dados individuais de ensaios clínicos randomizados demonstrou redução de 21% no risco de morte em comparação à toracotomia, evidenciando benefício em sobrevida global.

Embora se argumente que a cirurgia aberta poderia proporcionar estadiamento linfonodal superior, os dados não sustentam essa hipótese. As diferenças no *upstaging* nodal foram negligenciáveis entre as abordagens, com taxas semelhantes (cN0 para pN1 de 7%, cN0 para pN2 de 8% e cN1 para pN2 de 1%), além de rendimento linfonodal comparável. Dessa forma, a evidência atual consolida a VATS como padrão de cuidado quando tecnicamente viável no câncer de pulmão de não pequenas células em estágio inicial, associando desfechos oncológicos adequados a benefícios perioperatórios superiores.

Cirurgia robótica torácica

A cirurgia torácica robótica, também conhecida como RATS, representa uma importante evolução para superar as limitações da cirurgia

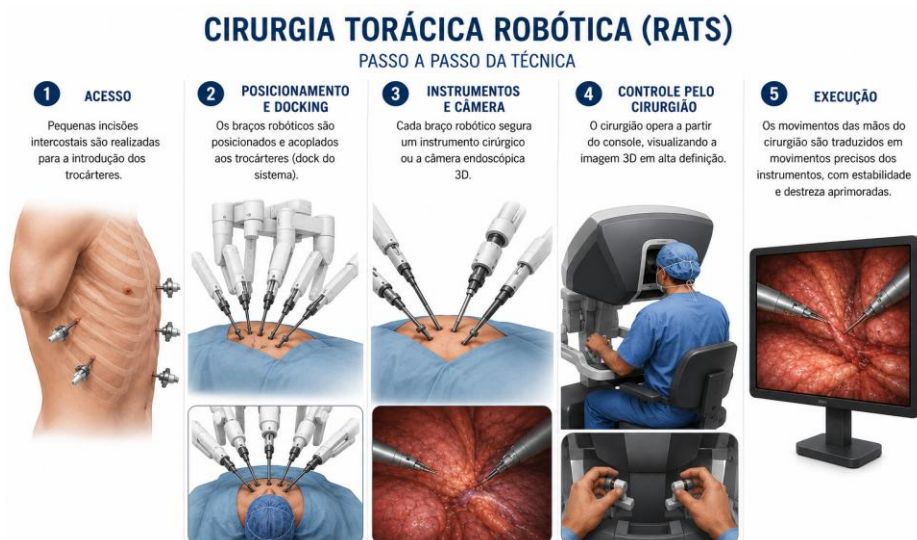
convencional. O sistema robótico oferece instrumentos articulados com movimentos semelhantes ao punho humano, neutralização do tremor, destreza aprimorada e magnificação da imagem, permitindo dissecação mais precisa e delicada de tecidos e vasos. Dessa forma, o cirurgião opera a partir de um console, manipulando diretamente o endoscópio com imagens tridimensionais em alta definição no monitor, utilizando diversas magnificações. Essa visualização 3D compensa a redução da sensação tátil, que representa a principal desvantagem do sistema robótico (KANZAKI *et al.*, 2019).

Do ponto de vista técnico, a RATS é realizada por meio de pequenas incisões intercostais para a introdução de trocárteres, aos quais são acoplados os braços robóticos e a câmera endoscópica. Após o posicionamento e o “*docking*” do sistema (processo de acoplamento dos braços robóticos aos trocárteres do paciente), o cirurgião passa a controlar remotamente os instrumentos a partir do console (**Figura 36.1**).

No contexto do câncer de pulmão, essa abordagem tem sido amplamente aplicada em ressecções anatômicas, como lobectomias e segmentectomias, associadas à linfadenectomia mediastinal sistemática, respeitando os princípios oncológicos de ressecção completa (R0) e adequado estadiamento linfonodal (CERFOLIO *et al.*, 2018; KANZAKI *et al.*, 2019).

A visualização aprimorada do hilo pulmonar e do mediastino, aliada à maior liberdade de movimento dos instrumentos, favorece a identificação e preservação de estruturas nobres, além de possibilitar dissecação linfonodal mais abrangente. Dessa forma, a técnica robótica consolida-se como uma alternativa minimamente invasiva eficaz, combinando elevada precisão cirúrgica com potenciais benefícios perioperatórios, sem comprometer os desfechos oncológicos.

Figura 36.1 Representação esquemática das etapas da cirurgia torácica robótica (RATS), incluindo acesso, posicionamento (*docking*), instrumentação e execução do procedimento



Fonte: Imagem gerada por inteligência artificial para fins ilustrativos.

Comparada à cirurgia toracoscópica videoassistida (VATS), a RATS supera limitações conhecidas da cirurgia endoscópica convencional. Na VATS, a visualização bidimensional reduz a percepção de profundidade e dificulta a avaliação precisa das relações espaciais entre estruturas anatômicas. Em contraste, a RATS oferece visão estereoscópica tridimensional, restaurando a percepção espacial e facilitando manobras cirúrgicas complexas (BERZENJI *et al.*, 2023; KANZAKI *et al.*, 2019). Além disso, enquanto os instrumentos da VATS apresentam mobilidade limitada e funcionam como extensões rígidas das mãos do cirurgião, os instrumentos robóticos possuem sete graus de liberdade e articulação tipo punho, permitindo movimentos mais amplos e precisos, especialmente úteis na dissecação de estruturas vasculares delicadas e em espaços anatômicos restritos (BERZENJI *et al.*, 2023; KANZAKI *et al.*, 2019). A coordenação mão-olho também é otimizada na RATS, uma vez que o console integra visualização e controle de forma intuitiva,

com alinhamento natural dos movimentos, reduzindo a carga cognitiva do cirurgião (BERZENJI *et al.*, 2023).

Do ponto de vista ergonômico, a técnica robótica permite operação em posição sentada, com menor fadiga física em comparação à VATS, na qual o cirurgião permanece em pé em posições frequentemente desconfortáveis (BERZENJI *et al.*, 2023; KANZAKI *et al.*, 2019). Por fim, a curva de aprendizado tende a ser mais favorável na RATS, com necessidade aproximada de 18–22 casos para aquisição de proficiência, em contraste com a VATS, que geralmente demanda maior experiência para desempenho equivalente (KANZAKI *et al.*, 2019).

Metanálises e estudos recentes demonstram que a RATS apresenta vantagens em relação à VATS, incluindo menor taxa de conversão para cirurgia aberta, menor perda sanguínea e melhor qualidade da linfadenectomia, com maior número de linfonodos dissecados (MA *et al.*, 2021; BERZENJI *et al.*, 2023). Além disso, a

técnica está associada a menor tempo de internação hospitalar e menores taxas de complicações, mantendo resultados oncológicos adequados, com ressecções completas e estadiamento linfonodal efetivo (CERFOLIO *et al.*, 2018; KANZAKI *et al.*, 2019).

Por outro lado, a RATS apresenta limitações relevantes, especialmente relacionadas ao custo mais elevado, à necessidade de treinamento específico e ao uso de instrumentos especializados. A ausência de *feedback* tátil também constitui uma desvantagem inerente ao método, embora parcialmente compensada pela visualização tridimensional em alta definição (KANZAKI *et al.*, 2019). Nesse contexto, a escolha da abordagem deve considerar não apenas os potenciais benefícios técnicos, mas também a disponibilidade de recursos e a experiência da equipe cirúrgica.

As aplicações da RATS demonstram avanço significativo e expansão relevante na prática cirúrgica atual, destacando-se em procedimentos como a lobectomia por câncer de pulmão, que consiste na remoção completa de um lobo pulmonar associada à linfadenectomia, sendo considerada a principal indicação da técnica na literatura (MATTIONI *et al.*, 2022). Assim como na lobectomia padrão, a lobectomia em manga também pode ser realizada por via robótica, especialmente por se tratar de um procedimento de maior complexidade, no qual o auxílio robótico proporciona maior precisão e filtragem de movimentos durante a operação (MATTIONI *et al.*, 2022). Nesse contexto, outras aplicações importantes incluem a segmentectomia pulmonar robótica, que consiste na ressecção de um segmento específico do lobo pulmonar. Trata-se de um procedimento tecnicamente desafiador, cuja execução é facilitada pelo uso da plataforma robótica, permitindo maior preservação do parênquima pulmonar e

menor dano tecidual (TERRA *et al.*, 2019). Além disso, outras abordagens, como a pneumonectomia robótica e a ressecção em cunha, também podem ser realizadas por essa via, ampliando o espectro de aplicabilidade da técnica.

Para além das ressecções pulmonares, a RATS abrange uma gama ainda mais ampla de procedimentos cirúrgicos, incluindo a correção de hérnia paraesofágica gigante, esofagectomia, enucleação de tumores esofágicos, ressecção de massas mediastinais, timectomia, reconstrução da parede torácica e ressecção da primeira costela para tratamento da síndrome do desfiladeiro torácico (ODEH *et al.*, 2024).

Comparação com toracotomia aberta e desfechos clínicos

A redução do tempo de internação hospitalar representa um dos benefícios mais consistentemente documentados da cirurgia minimamente invasiva (CMI) em relação à toracotomia aberta, sendo observada tanto em pacientes com doença em estágio inicial quanto naqueles com doença localmente avançada.

Em ensaios clínicos randomizados, Harris *et al.* (2026) conduziram uma meta-análise de dados individuais de pacientes reunindo três estudos, totalizando 1.185 pacientes com câncer de pulmão de não pequenas células (CPNPC) em estágios clínicos I–II. Os autores demonstraram que a VATS esteve associada a menor tempo de internação, menor taxa de reinternação em um ano (29% vs. 36%) e redução significativa de eventos adversos, especialmente infecções e complicações renais, indicando recuperação pós-operatória mais rápida e consistente.

Resultados semelhantes foram observados por Shen *et al.* (2021), em meta-análise com 23 estudos e 3.281 pacientes com CPNPC em estágios II e III, na qual a CMI esteve associada à redução significativa do tempo de internação (DMP = -0,79; IC95% -1,29 a -0,29; $p = 0,002$),

benefício mantido mesmo em tumores mais avançados e em pacientes submetidos à terapia de indução.

No contexto da cirurgia robótica, Kent *et al.* (2023), no estudo multicêntrico PORTAL ($n = 5.721$), demonstraram que a RATS apresentou menor tempo de internação quando comparada tanto à toracotomia (4,2 vs. 6,1 dias; $p < 0,0001$) quanto à VATS (4,1 vs. 5,2 dias; $p < 0,0001$), além de menor frequência de internações prolongadas (> 7 dias).

As diretrizes do *American College of Chest Physicians* (ACCP) reforçam esses achados ao recomendar fortemente a abordagem minimamente invasiva para pacientes com CPNPC em estágio I, destacando benefícios como menor dor, recuperação funcional mais rápida e alta hospitalar precoce, além de recomendação condicional para estágio II com base em equivalência oncológica e melhora da qualidade de vida (HOWINGTON *et al.*, 2025). Além da redução do tempo de internação, a CMI demonstra superioridade no perfil de complicações pós-operatórias. Shen *et al.* (2021) evidenciaram menor taxa de complicações globais (RR = 0,83; IC95% 0,72–0,96; $p = 0,01$), menor sangramento intraoperatório (DMP = -0,68; $p = 0,007$) e menor drenagem pleural (DMP = -0,38; $p = 0,03$), sem diferenças significativas na mortalidade perioperatória ($p = 0,24$) ou no tempo operatório ($p = 0,13$), indicando que a vantagem da CMI se concentra nas complicações relacionadas ao trauma cirúrgico, e não no risco imediato do procedimento em si. Do ponto de vista funcional, a dor pós-operatória também é significativamente reduzida com a CMI ($p < 0,01$), fator relevante por impactar diretamente a ventilação, o risco de complicações pulmonares e a recuperação global do paciente.

A meta-análise de Harris *et al.* (2026) demonstrou ainda que os benefícios da VATS se

estendem ao primeiro ano pós-operatório, com redução significativa de eventos adversos. Esse achado é particularmente relevante, uma vez que reinternações após ressecção pulmonar estão associadas a aumento de até seis vezes na mortalidade em 90 dias e risco 40% maior de mortalidade a longo prazo, sugerindo impacto direto das menores taxas de complicações sobre o prognóstico. É importante destacar que a redução das complicações alcançadas pela CMI não ocorre às custas da integridade oncológica do procedimento. Tanto Shen *et al.* (2021) quanto Harris *et al.* (2026) relataram taxas equivalentes de ressecção R0 entre os grupos, sem diferenças significativas na positividade das margens cirúrgicas, na avaliação linfonodal ou no estadiamento nodal. Por fim, segundo Kent *et al.* (2023) foi observado que RATS e VATS apresentaram taxas de complicações globais equivalentes entre si (27,1% vs. 29,9%; $p = 0,07$), porém ambas significativamente inferiores às da toracotomia aberta.

A menor morbidade associada à CMI é atribuída à redução do trauma cirúrgico, menor resposta inflamatória sistêmica e melhor preservação da mecânica ventilatória, fatores que favorecem recuperação funcional mais rápida e menor impacto fisiológico (KIM *et al.*, 2023; LIU *et al.*, 2023; DI DONATO *et al.*, 2026). Diversos estudos demonstram que procedimentos realizados por VATS e por RATS estão associados a menores taxas de morbidade perioperatória, especialmente no que se refere a complicações respiratórias como pneumonia, atelectasias e insuficiência respiratória, além de redução de eventos cardiovasculares e necessidade de transfusões sanguíneas (KIM *et al.*, 2023; FRANCIS *et al.*, 2024). Esse benefício é atribuído principalmente à redução do trauma cirúrgico, à menor resposta inflamatória sistêmica e

à preservação da mecânica ventilatória no período pós-operatório (LIU *et al.*, 2023). Além disso, a menor manipulação dos tecidos contribui para uma recuperação funcional mais rápida, favorecendo a reabilitação precoce e reduzindo o impacto global do procedimento sobre a condição clínica do paciente (KIM *et al.*, 2023; BERTHOLDI *et al.*, 2025; DI DONATO *et al.*, 2026).

Em relação à mortalidade cirúrgica, as evidências atuais demonstram taxas semelhantes ou inferiores às observadas na cirurgia aberta, especialmente em pacientes submetidos a ressecções em estágios iniciais da doença (KIM *et al.*, 2023; DI DONATO *et al.*, 2026). Embora fatores como idade avançada, comorbidades associadas e extensão da ressecção permaneçam determinantes importantes do risco cirúrgico, a adoção de técnicas minimamente invasivas tem contribuído para ampliar a segurança do tratamento, inclusive em indivíduos considerados de maior risco operatório. Tal benefício decorre principalmente da redução do trauma cirúrgico e da recuperação funcional mais rápida, favorecendo desfechos mais seguros, especialmente no período pós-operatório precoce. Entretanto, é importante ressaltar que os resultados não dependem exclusivamente da técnica empregada. A experiência da equipe cirúrgica, a seleção adequada dos pacientes, o estadiamento preciso da doença e os cuidados perioperatórios especializados exercem influência significativa sobre os desfechos (KIM *et al.*, 2023). Dessa forma, a cirurgia minimamente invasiva deve ser compreendida não apenas como uma inovação tecnológica, mas como parte de uma abordagem multidisciplinar voltada à redução de riscos e à otimização da recuperação pós-operatória.

Além dos benefícios perioperatórios, um dos principais questionamentos refere-se à capacidade da cirurgia minimamente invasiva de

manter resultados oncológicos equivalentes aos da toracotomia convencional, especialmente diante da limitação tátil intraoperatória. Nesse sentido, evidências recentes demonstram que essas técnicas apresentam sobrevida global e sobrevida livre de doença comparáveis às da cirurgia aberta, desde que respeitados os princípios de ressecção completa e adequado estadiamento linfonodal (WEI *et al.*, 2023; DI DONATO *et al.*, 2026). Esses resultados são particularmente consistentes em pacientes com câncer de pulmão de não pequenas células em estágios iniciais, nos quais a VATS e a RATS demonstram excelente controle local e baixas taxas de recorrência. A equivalência oncológica está diretamente relacionada à capacidade dessas técnicas de realizar ressecções anatômicas completas associadas à adequada avaliação linfonodal, mantendo os princípios fundamentais do tratamento cirúrgico oncológico (KIM *et al.*, 2023).

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto indireto da recuperação pós-operatória mais rápida sobre o prognóstico. A redução das complicações e a preservação da capacidade funcional favorecem o início oportuno de terapias adjuvantes, como quimioterapia e imunoterapia, o que pode contribuir para melhores resultados oncológicos, especialmente em pacientes com maior risco de recorrência (DI DONATO *et al.*, 2026). Nesse contexto, embora o prognóstico permaneça diretamente relacionado às características biológicas do tumor, ao estadiamento e à obtenção de margens livres, o desenvolvimento das técnicas minimamente invasivas ampliou as possibilidades terapêuticas ao permitir tratamento eficaz com menor impacto fisiológico. Assim, as evidências atuais reforçam que a escolha da via de acesso cirúrgica deve considerar não apenas a segurança perioperatória, mas também a manutenção dos

resultados oncológicos, aspecto no qual a cirurgia minimamente invasiva demonstra desempenho equivalente ao da abordagem convencional (WEI *et al.*, 2023; DI DONATO *et al.*, 2026; KIM *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

A cirurgia minimamente invasiva consolidou-se como um dos principais avanços no tratamento do câncer de pulmão, transformando de forma consistente e progressiva a abordagem terapêutica dessa neoplasia. Tanto a videotoroscopia (VATS) quanto a cirurgia robótica assistida (RATS) representam alternativas seguras e oncológicamente eficazes à toracotomia convencional, especialmente no contexto do câncer de pulmão de não pequenas células, subtipo responsável por cerca de 85% dos diagnósticos (DELCURATOLO *et al.*, 2026; MONTAGNÉ *et al.*, 2021). Além disso, ambas as abordagens estão associadas à menor morbidade perioperatória, com redução de complicações respiratórias e cardiovasculares, e a uma recuperação funcional mais rápida em comparação à cirurgia aberta. A RATS, por sua vez, supera limitações clássicas da VATS ao oferecer visão estereoscópica tridimensional, instrumentos com sete graus de liberdade, filtragem de tremor e melhor ergonomia, estando associada a menor taxa de conversão para cirurgia aberta e melhor qualidade da linfadenectomia (KANZAKI *et al.*, 2019; BERZENJI *et al.*, 2023; MA *et al.*, 2021).

Observa-se, contudo, que, apesar dos avanços expressivos, as limitações dessas técnicas não devem ser negligenciadas. O custo operacional elevado da RATS, a dependência de infraestrutura especializada e a ausência de feedback tátil, parcialmente compensada pela visualização tridimensional, representam barreiras rele-

vantes à sua difusão, especialmente em sistemas de saúde com recursos limitados. Ademais, os desfechos em ambas as abordagens permanecem condicionados à experiência da equipe cirúrgica, à adequada seleção dos pacientes e à qualidade dos cuidados perioperatórios.

No que tange à aplicabilidade clínica, as técnicas minimamente invasivas estão plenamente estabelecidas como padrão de cuidado em estágios iniciais do câncer de pulmão de não pequenas células, apresentando equivalência nas taxas de sobrevida global e sobrevida livre de doença em relação à toracotomia, desde que respeitados os princípios oncológicos de ressecção completa (R0) e estadiamento linfonodal adequado. A recuperação funcional mais rápida proporcionada por essas abordagens também favorece o início oportuno de terapias adjuvantes, como quimioterapia e imunoterapia, com potencial impacto positivo nos desfechos oncológicos, especialmente em pacientes com maior risco de recorrência (DI DONATO *et al.*, 2026).

As perspectivas futuras da cirurgia minimamente invasiva no câncer de pulmão são promissoras. A consolidação da segmentectomia robótica como alternativa oncológica equivalente à lobectomia em tumores selecionados de estágio inicial representa um dos avanços mais relevantes, com benefícios diretos na preservação do parênquima pulmonar e na qualidade de vida dos pacientes (CERFOLIO *et al.*, 2018; KANZAKI *et al.*, 2019). No campo tecnológico, a integração de inteligência artificial, navegação intraoperatória com reconstrução tridimensional e realidade aumentada aos sistemas robóticos de nova geração tende a ampliar ainda mais a precisão cirúrgica. Paralelamente, o desenvolvimento de plataformas mais acessíveis e a expansão de programas de treinamento deverão contribuir para a disseminação segura dessas tecnologias.

Além disso, a crescente incorporação de terapias sistêmicas neoadjuvantes e adjuvantes, como imunoterapia e terapias-alvo, ao manejo perioperatório amplia o papel estratégico da cirurgia minimamente invasiva no tratamento multimodal do câncer de pulmão, consolidando-a não apenas como uma via de acesso, mas como componente central do processo terapêutico (MONTAGNÉ *et al.*, 2021).

Desse modo, a trajetória da cirurgia minimamente invasiva no tratamento do câncer de pulmão reflete o compromisso da cirurgia torácica contemporânea com a redução do impacto

cirúrgico sem comprometer a eficácia oncológica. VATS e RATS demonstram resultados equivalentes à cirurgia aberta no controle da doença, ao mesmo tempo em que proporcionam menor morbidade e recuperação mais rápida. Assim, a cirurgia minimamente invasiva deve ser compreendida não como uma solução isolada, mas como parte essencial de uma estratégia multidisciplinar voltada à otimização dos desfechos clínicos e à melhoria da qualidade de vida do paciente oncológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBAN, J. *et al.* Surgery for early-stage lung cancer with video-assisted thoracoscopic surgery versus open thoracotomy: a narrative review. *Seminars in Oncology*, v. 49, p. 261, 2022. doi: 10.1053/j.seminoncol.2022.06.012.
- BENDIXEN, M. *et al.* Postoperative pain and quality of life after lobectomy via video-assisted thoracoscopic surgery or anterolateral thoracotomy for early-stage lung cancer: a randomised controlled trial. *The Lancet Oncology*, v. 17, p. 836, 2016. doi: 10.1016/S1470-2045(16)00173-X.
- BERTHOLDI, E.C. *et al.* Impacto da cirurgia torácica minimamente invasiva na qualidade de vida e sobrevida do paciente com câncer de pulmão. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 8, 2025. doi: 10.34119/bjhrv8n4-108.
- BERZENJI, L. *et al.* Robotic lung cancer surgery: technical aspects and review of the literature. *Breathe*, v. 19, p. 230023, 2023.
- BRUNELLI, A. *et al.* Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery. *Chest*, v. 143, e166S, 2013. doi: 10.1378/chest.12-2395.
- CAO, C. *et al.* A systematic review and meta-analysis on pulmonary resection by robotic video-assisted thoracic surgery. *Annals of Cardiothoracic Surgery*, v. 4, p. 3, 2015. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2012.04.03.
- CERFOLIO, R.J.; BRYANT, A.S. The benefits of robotic lobectomy. *Thoracic Surgery Clinics*, v. 18, p. 305, 2008.
- CERFOLIO, R.J. *et al.* Robotic-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer: techniques and outcomes. *Annals of Thoracic Surgery*, 2018.
- DELCURATOLO, M.D. *et al.* Long-term oncological outcomes of minimally invasive surgery in non-small cell lung cancer: an updated review. *Cancers*, v. 18, 2026. doi: 10.3390/cancers18050798.
- HOWINGTON, J.A. *et al.* Management of patients with early-stage non-small cell lung cancer. *Chest*, v. 168, p. 810, 2025. doi: 10.1016/j.chest.2025.06.023.
- HOWINGTON, J.A. *et al.* Treatment of stage I and II non-small cell lung cancer: diagnosis and management of lung cancer. *Chest*, v. 143, e278S, 2013. doi: 10.1378/chest.12-2359.
- KANZAKI, R. *et al.* Current status of robot-assisted thoracoscopic surgery for lung cancer. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 49, p. 795, 2019. doi: 10.1007/s00595-019-01793-x.
- KENT, M.S. *et al.* Pulmonary open, robotic, and thoracoscopic lobectomy (PORTaL) study: an analysis of 5721 cases. *Annals of Surgery*, v. 277, p. 528, 2023. doi: 10.1097/SLA.0000000000005115.
- KHAN, J. *et al.* Recent advancements in minimally invasive surgery for early stage non-small cell lung cancer: a narrative review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, p. 3354, 2024. doi: 10.3390/jcm13113354.
- KIM, D. *et al.* The uncomfortable truth: open thoracotomy versus minimally invasive surgery in lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Cancers*, v. 15, 2023. doi: 10.3390/cancers15092630.
- LIU, S. *et al.* Minimally invasive surgery vs. open thoracotomy for non-small-cell lung cancer with N2 disease: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*, v. 10, p. 1152421, 2023. doi: 10.3389/fmed.2023.1152421.
- LOCICERO, J. *et al.* Shields' general thoracic surgery. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2019.
- MA, J. *et al.* Robot-assisted thoracic surgery versus video-assisted thoracic surgery for lung lobectomy or segmentectomy in patients with non-small cell lung cancer: a meta-analysis. *BMC Cancer*, v. 21, p. 498, 2021. doi: 10.1186/s12885-021-08241-5.
- MATTIONI, G. *et al.* Approaches and outcomes of robotic-assisted thoracic surgery (RATS) for lung cancer: a narrative review. *Journal of Robotic Surgery*, v. 17, 2022. doi: 10.1007/s11701-022-01512-8.
- MONTAGNÉ, F. *et al.* The role of surgery in lung cancer treatment: present indications and future perspectives. *Cancers*, 2021. doi: 10.3390/cancers13153711.
- NATIONAL COMPREHENSIVE CANCER NETWORK - NCCN. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Non-Small Cell Lung Cancer. NCCN, 2025.
- ODEH, A.M. *et al.* Tackling complex thoracic surgical operations with robotic solutions: a narrative review. *Journal of Thoracic Disease*, v. 16, p. 1570, 2024. doi: 10.21037/jtd-23-1570.
- PAM, J.M. *et al.* The surgical renaissance: advancements in VATS and RATS and their impact on patient outcomes. *Cancers*, v. 16, p. 3086, 2024. doi: 10.3390/cancers16173086.
- RODRIGUEZ, G.R. *et al.* Contemporary video-assisted thoracoscopic lobectomy for early-stage lung cancer. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, v. 34, p. 798, 2024. doi: 10.1089/lap.2024.0281.

SHEN, H. *et al.* Minimally invasive surgery versus thoracotomy for resectable stage II and III non-small-cell lung cancers: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, v. 59, p. 940, 2021. doi: 10.1093/ejcts/ezaa437.

TERRA, R.M. *et al.* Segmentectomia pulmonar anatômica robótica: aspectos técnicos e desfechos. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 46, 2019. doi: 10.1590/0100-6991e-20192210.

VANNUCCI, F.; GONZALEZ-RIVAS, D. Is VATS lobectomy standard of care for operable non-small cell lung cancer? *Lung Cancer*, v. 100, p. 114, 2016. doi: 10.1016/j.lungcan.2016.08.004.

WEI, X. *et al.* Comparison of long-term survival of patients with locally advanced lung cancer after video-assisted thoracoscopic surgery versus thoracotomy. *Journal of Thoracic Oncology*, 2023.

YAN, T.D. *et al.* Systematic review and meta-analysis of randomized and nonrandomized trials on safety and efficacy of video-assisted thoracic surgery lobectomy for early-stage non-small-cell lung cancer. *Journal of Clinical Oncology*, v. 27, p. 2553, 2009. doi: 10.1200/JCO.2008.18.2733.