

Artigo

## Cirurgia Torácica Robótica – Presente ou futuro? Robotic Thoracic Surgery – Present or future?

*Ricardo Sales dos Santos<sup>1</sup>*

### Resumo

A cirurgia robótica do tórax encontra-se ao final da sua primeira década de existência; apesar disso, os seus resultados iniciais são compatíveis com as técnicas videoassistidas praticadas nos grandes centros acadêmicos nos últimos 20 anos.

A evolução tecnológica constante dos instrumentos de imagem, miniaturização dos sistemas robóticos e consequente aprimoramento da relação homem-máquina com dispositivos interativos mais precisos apontam um caminho promissor para a robótica em cirurgia.

Neste artigo, revisamos alguns dos principais elementos da cirurgia robótica, as suas atuais vantagens e desvantagens comparadas a outras técnicas minimamente invasivas, trazendo perspectivas sobre o seu presente e futuro.

Descritores: Cirurgia robótica, tórax, videotoracoscopia

### Abstract

Robotic surgery of the chest is at the end of its first decade of existence, despite this, their initial results are compatible with video-assisted techniques practiced in large academic centers in the past 20 years.

The constant technological evolution of imaging instruments, miniaturization of robotic systems and the consequent improvement of man-machine interface with more accurate interactive devices show a promising path for robotics in surgery.

Here we review some of the key elements of robotic surgery, their current advantages and disadvantages compared to other minimally invasive techniques, bringing perspectives about their present and future.

Key words: Robotic surgery, chest, videothoracoscopy

---

1 - Coordenador Médico, Centro de Cirurgia Torácica Minimamente Invasiva, Robótica e Broncoscopia do Hospital Israelita Albert Einstein, SP  
**Endereço para correspondência:** Hospital Israelita Albert Einstein - Avenida Albert Einstein, 627, Bloco A1 cons.122C. CEP 05652-000, São Paulo, SP.  
**Email:** ricardo.santos@einstein.br

## Introdução

O conceito de cirurgia ao longo da história é ligado ao trabalho médico manual, no qual ciência e arte se confundem. O progresso tecnológico, entretanto, vem trazendo às mãos dos cirurgiões um conjunto de recursos que visam menor agressão com solução eficaz para problemas de saúde.

Atualmente, as terapias não cirúrgicas já avançaram enormemente e doenças que antes eram somente abordadas com a cirurgia, podem ser segura e eficazmente tratadas de forma medicamentosa, como a tuberculose, a doença dis péptica com conseqüente úlcera gástrica. Na área oncológica, por sua vez, o tratamento local da neoplasia progrediu enormemente com o uso de radioterapia localizada e terapias ablativas, sejam por energia térmica ou ionizante, o que representa avanço substitutivo da cirurgia em situações de maior risco cirúrgico individual.

Sendo assim, o avanço da cirurgia em tempos modernos está intimamente ligado à oferta de técnicas minimamente invasivas, que possam alcançar a resolução de problemas de forma eficaz e com pouca morbidade. Neste artigo, discutiremos a situação atual da cirurgia robótica do tórax, seu presente e perspectivas futuras sob a ótica da oferta de terapia cirúrgica eficaz, comprovada com o uso secular das técnicas convencionais, porém com potencial redução da sua morbidade por meio de processos menos invasivos.

## Cirurgia Vídeoassistida e Robótica

A cirurgia vídeoassistida do tórax, conhecida como VATS, do acrônimo em inglês *video assisted thoracic surgery*<sup>1</sup>, é parte do instrumental cirúrgico em nosso meio nos últimos 20 anos<sup>2</sup>. A ressecção pulmonar por vídeo, incluindo as lobectomias ou pneumonectomias, vem sendo praticada desde a década de 90, contudo a sua popularização em grandes centros acadêmicos é mais recente, principalmente após a virada do século XXI.

Seguindo a evolução tecnológica, com a obtenção de imagens melhores e utilização de braços robóticos, surgiu a primeira versão de sistema robótico cirúrgico, que embora limitado a uma câmera controlada pelo cirurgião, permitia o seu posicionamento estável. Este sistema foi denominado AESOP® (Computer Motion, Goleta, CA) e foi utilizado em poucos centros acadêmicos.

O sistema robótico cirúrgico evoluiu com a incorporação de braços robóticos tele-manipulados. Tal sistema, conhecido pela denominação "Zeus" (Figura 1), foi utilizado até o surgimento do sistema "Da Vinci" *Intuitive Surgical* (Mountain View, CA), sendo este até o momento o único sistema comercialmente disponível no mundo.



Figura 1. "Zeus", primeiro sistema robótico com braços telemanipulados clinicamente (Foto cortesia UPMC – Universidade de Pittsburgh)

Desde o seu surgimento, o sistema "Da Vinci" evoluiu de plataforma de único console ("Da Vinci" S) para plataforma de duplo console, a qual também permite o treinamento com simulador (Figura 2).



Figura 2. Evolução do sistema robótico "Da Vinci": a sua versão mais recente possui duplo console para treinamento e simulação realística.

A cirurgia vídeoassistida do tórax praticada com o auxílio do sistema robótico vem sendo denominada *Robotic Video Assisted Thoracic Surgery* (RVATS).

A formação atual dos cirurgiões para atuação em cirurgia robótica inclui amplo uso da VATS como recurso prévio, sendo aconselhável, ao nosso entender, a aquisição de habilidades em vídeo-cirurgia em antecedência ao uso do sistema robótico. Por outro lado, a presença de cirurgião treinado em tais habilidades ao lado do paciente no momento das cirurgias robóticas é fundamental para a execução da cirurgia robótica do tórax com segurança adequada para o paciente.

## Sistema "Da Vinci"

O sistema robótico "Da Vinci" é constituído por três componentes distintos: 1) os braços robóticos, que além dos instrumentais permitem a acoplagem do sistema integrado de vídeo-câmera; 2) a torre de integração,

que permite a comunicação dos braços com o console do cirurgião; e 3) o console de comando (de onde partem “as ordens” para os braços). A maioria dos instrumentos robóticos possui vários graus de rotação e são referidos como *endowrist*, pois simulam os movimentos do punho humano (Figura 3). Esta característica particular distingue o sistema robótico dos equipamentos convencionais de cirurgia toracoscópica, pois com esses não é possível a livre rotação. Adicionalmente, o sistema oferece imagem tridimensional, que permite maior percepção de profundidade e consequente aumento de segurança e precisão

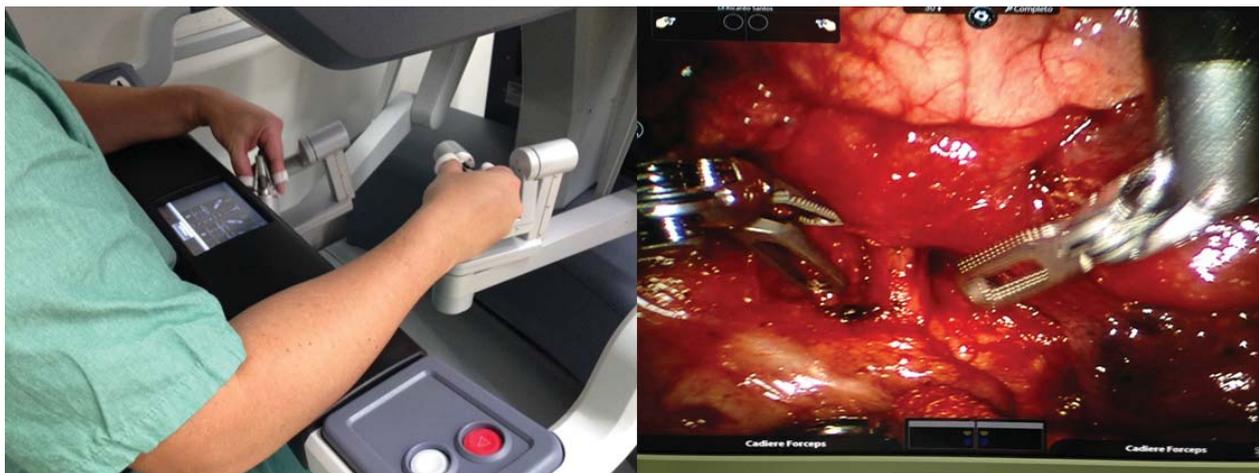


Figura 3. Instrumental “endowrist”: pontas ativas com movimentos amplos que simulam o punho humano.

Diante dos elementos supracitados e em comparação com a VATS, a RVATS oferece algumas vantagens relativas à tecnologia, como:

**Melhor visualização:** o sistema dispõe de dupla ótica que transmite para o cirurgião principal a visão da cavidade em três dimensões (3D) e alta definição. Sendo assim, a percepção de profundidade e detalhes anatômicos é maior.

**Graus de movimentação:** os instrumentos robóticos (Figura 3) oferecem ampla movimentação circular, imitando os movimentos dos punhos humanos. Tais punhos endoscópicos, em especial na cirurgia torácica, têm grande importância para a execução dos ângulos de ressecção ao redor dos vasos, hilo pulmonar e dissecação em locais próximos à parede posterior ou ápice pulmonar. Portanto, em locais de difícil acesso, seja pelo espaço restrito ou pelo ângulo necessário para contornar as estruturas, a RVATS oferece ao cirurgião a sensação de maior conforto e segurança durante a dissecação.

**Uso de simuladores:** a RVATS permite o treinamento prévio às execuções dos procedimentos de forma realística e com possibilidade de melhora na *performance*, principalmente durante a curva de aprendizado<sup>3</sup>. Obviamente a VATS também pode ser treinada com o uso de modelos em “caixa-preta” ou animais; contudo, os simuladores em cirurgia robótica surgem com potencial maior e recentes avanços na aquisição de imagens por tomogra-

em procedimentos complexos, como dissecação de vasos e nervos.

O sistema robótico é capaz de oferecer ao cirurgião:

- Transmissão imediata dos movimentos das mãos para a ponta dos braços robóticos;
- Ampliação da imagem da cavidade torácica e órgãos intratorácicos;
- Filtração dos tremores fisiológicos;
- Maior grau de liberdade de movimentos;

fia e devem trazer para o cenário da simulação robótica a possibilidade de treinamento específico caso a caso, com o uso de variantes anatômicas. Esse campo de estudo da RVATS é promissor e extremamente empolgante para os jovens cirurgiões, praticantes da telemanipulação desde a infância.

Contudo, a RVATS também apresenta claras desvantagens quando comparada a VATS:

**Ausência de tato:** apesar da melhor visualização em comparação com a VATS, não existe nenhum *feedback* tátil na RVATS. O cirurgião inicialmente treinado com a técnica convencional “aberta” é acostumado a “sentir” as estruturas por entre os dedos. De forma progressiva essa sensação deixa de ser possível com a VATS, e enxergar o alvo tecidual é ponto fundamental. Ainda assim, durante a dissecação de vasos e brônquios, a VATS traz uma percepção mínima de tato transmitida através dos instrumentos longos, cuja parte ativa encontra-se nas suas extremidades. Essa limitação da RVATS deve ser vista como parcial, visto que a mais elevada percepção visual permite ao cirurgião trabalhar com segurança, mesmo sem tatear os tecidos. Pesquisa atual em engenharia eletrônica, com testes *in vivo* em execução<sup>4</sup>, focada na tradução de imagens em sensação de tato, deverá reduzir essa deficiência do sistema robótico.

**Custos:** a plataforma atual do sistema robótico é ainda cara para aquisição em hospitais de pequeno ou

médio porte. Além disso, o uso do instrumental, limitado à repetição durante 10 a 20 procedimentos, é um problema de custo para o sistema de saúde. Tratando-se de alto investimento para a instituição, os programas de cirurgia robótica devem ser preferencialmente de múltiplas especialidades, concentrando esforços para que as especialidades de maior volume; tais como urologia e ginecologia estejam engajadas no programa com diversos cirurgiões habilitados a utilizar o sistema robótico em todos os dias da semana. Aqui vale ressaltar que nenhuma área do conhecimento pode avançar quando o principal enfoque da discussão é o seu custo; contudo, todos os cirurgiões devem estar envolvidos na construção de protocolos de “mínimo uso”, permitindo a previsibilidade de custos para os pacientes e operadoras de seguros de saúde.

## Novas tecnologias do sistema robótico (em teste ou fase de implantação)

### *Cirurgia com único acesso*

Também chamada de *single port*, a cirurgia realizada por um único acesso tem grande apelo cosmético, principalmente quando realizada por incisão próxima ao umbigo, pois em pós-operatório tardio dificilmente a incisão é visualizada. Com o mesmo conceito de “cirurgia sem incisões”, diversos equipamentos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de realizar cirurgias através dos orifícios naturais (NOTES – *Natural orifice transluminal endoscopic surgery*). Em cirurgia torácica, alguns cirurgiões europeus<sup>5</sup> descreveram a técnica videoassistida de única incisão para a abordagem da doença pleural, ressecção pulmonar e de lesões do mediastino.

Recentemente, com estudos iniciados por cirurgiões urológicos<sup>6</sup>, foram desenvolvidas modificações no sistema robótico “Da Vinci”, que permitem o seu uso através de único acesso, entretanto, a plataforma atual ainda necessita modificações para uso amplo dessa maneira. Não existe até o presente momento descrição dessa técnica em procedimentos robóticos do tórax, contudo é coerente acreditar que a inovação na cirurgia torácica estará relacionada à técnica de porte único associada à tecnologia robótica<sup>7</sup>.

### *Imunofluorescência tecidual*

Através do uso de injeção venosa de substância imunofluorescente, é possível identificar no console cirúrgico regiões mais vascularizadas em meio à gordura. Essa técnica está sendo mais atualmente utilizada pelos urologistas durante as nefrectomias; porém, o seu uso potencial poderá incluir novos tipos de marcadores teciduais (ex. timo), facilitando a remoção específica de órgãos afetados pela doença<sup>8</sup>.

## *Grampeadores mecânicos e seladores teciduais*

A ausência de grampeadores endoscópicos é fator limitante para a realização da cirurgia “completamente” robótica. Por esse motivo, no momento da aplicação dos atuais grampeadores é necessária a remoção de um dos braços robóticos para a inserção do grampeador de forma manual pelo cirurgião auxiliar, como preconizado na VATS<sup>9</sup>. Alguns cirurgiões têm utilizado o bisturi harmônico do sistema robótico na realização da dissecação linfonodal e ligadura de pequenos vasos; entretanto, a transmissão de calor é intensa.

Alguns grampeadores mecânicos já vêm sendo testados para uso robótico e estarão disponíveis no mercado muito brevemente. O uso de seladores vasculares com energia térmica em cirurgia torácica é realidade<sup>10</sup> e seu uso na cirurgia robótica também vem sendo investigado.

## *Resultados atuais e futuro da cirurgia robótica*

A cirurgia robótica do tórax encontra-se em seus primórdios. Os resultados obtidos em outras especialidades como a urologia e ginecologia demonstram nítidas vantagens em comparação com a técnica aberta, contudo, resultados de custo efetividade ainda não são frequentes ou vantajosos quando a comparação é feita com a técnica videoassistida (não robótica)<sup>11</sup>.

Em cirurgia torácica, as vantagens da VATS sobre a cirurgia aberta em quesitos como a dor, recuperação hospitalar e ocorrência de complicações vem sendo publicadas nos últimos 20 anos<sup>12</sup>. Tratando-se de técnica videoassistida, a robótica apresenta resultados similares a VATS em termos de morbi-mortalidade, porém, em análises recentes, feitas por grupos americanos, os custos hospitalares no pós-operatório foram maiores com a robótica quando comparados a VATS<sup>13</sup>.

Em estudo recente<sup>14</sup> foram demonstrados resultados oncológicos da lobectomia pulmonar robótica para o câncer de pulmão. A técnica utilizada em múltiplos centros europeus e americanos, a mesma utilizada em nossa instituição, teve resultados consistentes com os relatados previamente com o uso da VATS.

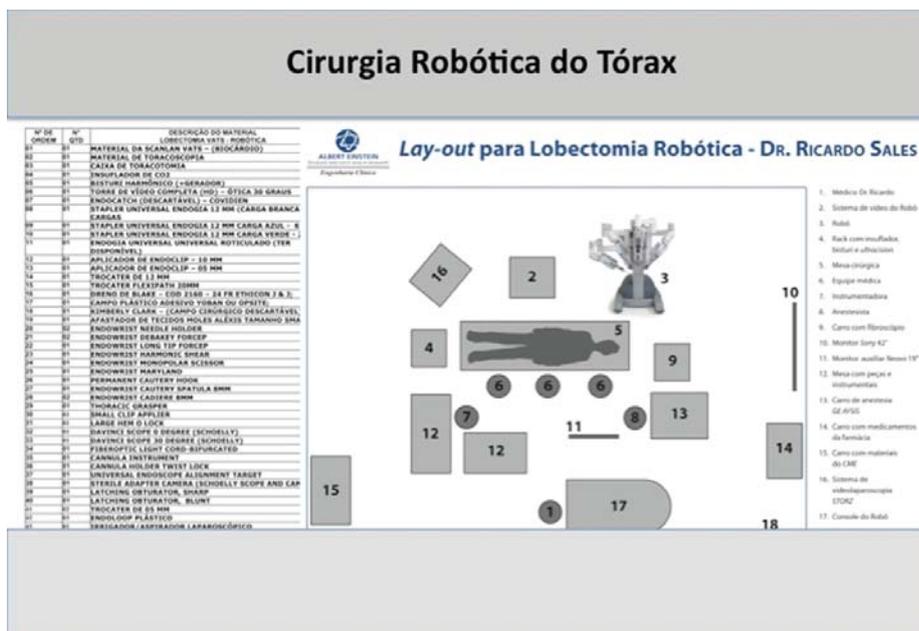
## **Experiência institucional**

O processo de implantação da cirurgia robótica de alta complexidade não é simples. Inicialmente, seguindo protocolos adotados nas demais especialidades desde 2008, a direção do Hospital Israelita Albert Einstein

(HIAE) designou um time de cirurgiões previamente treinados em técnicas videoassistidas e robótica (em centros do exterior) para estabelecer o treinamento, protocolo e capacitação de equipe multidisciplinar, constituída por médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem e engenharia clínica. Detalhes relacionados ao instrumental cirúrgico, incluindo caixa específica para videocirurgia e mapa de sala, foram criados e distribuídos para todo o time multidisciplinar (Figura 4).

realizados 50 procedimentos robóticos em cirurgia cardiotorácica (25 em cirurgia torácica e 25 em cirurgia cardíaca), incluindo-se as primeiras ressecções de tumores do mediastino anterior<sup>15</sup> e posterior, lobectomia, bilobectomia pulmonar e cirurgias cardíacas variadas (válvula mitral, tumor atrial e revascularização do miocárdio) em nosso meio. Os resultados iniciais apresentados em congresso recente da ISMICS<sup>16</sup> (*International Society for Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery*), demonstraram alta hospitalar precoce, sendo 80% em menos de uma semana, nenhuma mortalidade e tempo operatório compatível com a curva de aprendizado demonstrada em outros centros.

hospitalar precoce, sendo 80% em menos de uma semana, nenhuma mortalidade e tempo operatório compatível com a curva de aprendizado demonstrada em outros centros.



Instrumental e mapa de sala para lobectomia pulmonar com auxílio robótico

Figura 4. Mapa de sala (engenharia clínica Einstein), utilizado na realização de lobectomia pulmonar robótica

Os primeiros procedimentos em cada especialidade foram realizados em parceria com equipes de outros serviços com vasta experiência na técnica. No caso específico da cirurgia torácica, os quatro casos iniciais (duas lobectomias e duas timectomias) foram realizadas com a presença do Dr. Bernard Park, renomado cirurgião do Memorial Hospital, de Nova Iorque. Os casos subsequentes, realizados por equipes cirúrgicas distintas, foram acompanhados e executados na presença do cirurgião “proctor” designado pela instituição. Este protocolo de segurança vem sendo praticado em todas as especialidades no início da casuística de cada equipe cirúrgica.

Entre os anos de 2011 e 2013, no HIAE foram re-

fator contribuinte para que a cirurgia robótica represente caminho sem volta aos novos cirurgiões, e representa um desafio atual para os cirurgiões treinados inicialmente em técnicas abertas convencionais ou videoassistidas.

Vale ressaltar que a inovação tecnológica que surge com resultados comparáveis a técnicas já estabelecidas tende a superar a tecnologia prévia com o passar dos anos, com a aquisição de maior experiência. Portanto, o cirurgião da era moderna deve procurar compreender e desvendar as novas tecnologias tanto quanto os nossos antepassados procuraram entender e desbravar a anatomia humana.

### Considerações finais

Diante dos resultados descritos ao redor do mundo, a cirurgia robótica do tórax não deve mais ser considerada procedimento experimental. A evolução tecnológica, relacionada a novas técnicas de aquisição e fusão de imagens, minituarização e barateamento de equipamentos deve ser

## Referências

1. RJ Landreneau, R Santos, J Lamb. Video-Assisted Thoracic Surgery: Basic Concepts The SAGES Manual, 756-764
2. Rodrigues OR, Losso LC, Ghefter MC, Imaeda CJ, Biscegli Jatene F, et al. Thoracoscopic surgery in Brazil. An overview. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1996; 37(6 Suppl 1):147-53.
3. Cho JS, Hahn KY, Kwak JM, Kim J, Baek SJ, et al. Virtual reality training improves da vinci performance: a prospective trial. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2013;23(12):992-8.
4. Bark K, McMahan W, Remington A, Gewirtz J, Wedmid A, et al. In vivo validation of a system for haptic feedback of tool vibrations in robotic surgery. *Surg Endosc.* 2013;27(2):656-64.
5. Rocco G, Martucci N, La Manna C, Jones DR, De Luca G, et al. Ten-year experience on 644 patients undergoing single-port (uniportal) video-assisted thoracoscopic surgery. *Ann Thorac Surg.* 2013;96(2):434-8
6. Autorino R, Kaouk JH, Stolzenburg JU, Gill IS, Mottrie A, et al. Current status and future directions of robotic single-site surgery: a systematic review. *Eur Urol.* 2013; 63(2):266-80
7. Gonzalez-Rivas D. Evolving thoracic surgery: from open surgery to single port thoracoscopic surgery and future robotic. *Chin J Cancer Res.* 2013;25(1):4-6
8. Cerfolio RJ, Bryant AS. Perspectives on robotic pulmonary resection: It's current and future status. *Ann Cardiothorac Surg* 2012;1(1):59-60
9. Szwerc MF, Landreneau RJ, Santos RS, Keenan RJ, Murray GF. Minithoracotomy combined with mechanically stapled bronchial and vascular ligation for anatomical lung resection. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(6):1904-9; discussion 1909-10
10. Schuchert MJ, Abbas G, Pettiford BL, Luketich JD, Landreneau RJ. Preliminary results of anatomic lung resection using energy-based tissue and vessel coagulative fusion technology. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(5):1168-73
11. Anderson JE, Chang DC, Parsons JK, Talamini MA. The first national examination of outcomes and trends in robotic surgery in the United States. *J Am Coll Surg.* 2012; 215(1):107-14; discussion 114-6
12. Landreneau RJ, Hazelrigg SR, Mack MJ, Dowling RD, Burke D, et al. Postoperative pain-related morbidity: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 1993;56(6):1285-9
13. Park BJ, Flores RM. Cost comparison of robotic, video-assisted thoracic surgery and thoracotomy approaches to pulmonary lobectomy. *Thorac Surg Clin.* 2008;18(3):297-300
14. Park BJ. Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC): Multi-center registry study of long-term oncologic results. *Ann Cardiothorac Surg.* 2012;1(1):24-6.
15. [https://www.researchgate.net/publication/254258010\\_RSBC\\_-ANO\\_XIII\\_-N\\_o\\_45\\_-1\\_o\\_Robotic\\_assisted\\_thoracic\\_surgery\\_for\\_anterior\\_mediastinal\\_tumors\\_first\\_report\\_on\\_a\\_new\\_technique\\_in\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/254258010_RSBC_-ANO_XIII_-N_o_45_-1_o_Robotic_assisted_thoracic_surgery_for_anterior_mediastinal_tumors_first_report_on_a_new_technique_in_Brazil)
16. <http://meetings.ismics.org/abstracts/2012/P83.cgi>