

Evidências e atualizações científicas sobre a Laparoscopia assistida por robô

Evidence and scientific updates on robot-assisted Laparoscopy

DOI:10.34119/bjhrv5n4-222

Recebimento dos originais: 14/04/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Anna Carolina Bonucci de Cnop

Acadêmica do Curso de Medicina pela Centro Universitário de Valença (UNIFAA)

Instituição: Centro Universitário de Valença (UNIFAA)

Endereço: Rua Carneiro de Mendonça, 106, Centro, Valença

E-mail: caroldecnop97@gmail.com

Bárbara Carraro Pinto

Acadêmica do Curso de Medicina pelo Centro Universitário de Valença (UNIFAA)

Instituição: Centro Universitário de Valença (UNIFAA)

Endereço: Rua Pedro Bolato, 173, Apto 202, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ,

CEP: 22621170

E-mail: babicarraro@hotmail.com

Fabíola Sozo

Acadêmica do Curso de Medicina pela Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)

Instituição: Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)

Endereço: Rua Gumerindo Couto e Silva, 458, Apto 402, Itapoã, Belo Horizonte - Minas Gerais

E-mail: fabiolasozos@gmail.com

Carla Miranda Marcondes

Acadêmica do Curso de Medicina pela Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)

Instituição: Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)

Endereço: Rua Francisco Augusto Rocha, 101, Apto 1002, B3, Planalto, Belo Horizonte - Minas Gerais

E-mail: ccarlamarcondes@gmail.com

Daniel Zanini Bernardino de Souza

Acadêmico do Curso de Medicina pela Faculdade de Minas (FAMINAS-BH)

Instituição: Faculdade de Minas (FAMINAS-BH)

Endereço: Rua Castro Maia, 126, Apto 302

E-mail: Danzaninib@gmail.com

Helena Bucker do Nascimento Cardoso

Acadêmica do Curso de Medicina pela Universidade Vila Velha (UVV)

Instituição: Universidade Vila Velha (UVV)

Endereço: Rua Góias, 58, Praia de Itapoã - Espírito Santo

E-mail: Helenabucker6@gmail.com

Matheus Baldim Terra

Acadêmico do Curso de Medicina pelo Centro Universitário Faminas (UNIFAMINAS)
Instituição: Centro Universitário Faminas (UNIFAMINAS)
Endereço: Rua Milton Campos, 216, Apto 1102, Cidade Nobre, Ipatinga - Minas Gerais
E-mail: matheusbaldim@hotmail.com

Thayline Triacca

Acadêmica do Curso de Medicina pela Universidade José do Rosário Vellano
(UNIFENAS-BH)
Instituição: Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)
Endereço: Rua Gumerindo Couto e Silva, 458, Apto 502, Itapoã, Belo Horizonte - Minas
Gerais
E-mail: thaylinetriacca2@gmail.com

Ana Beatriz Carvalho Drumond

Acadêmica do Curso de Medicina pela Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais
(FCMMG)
Instituição: Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG)
Endereço: Rua Patagônia, 927, Apto 801, Sion, Belo Horizonte - Minas Gerais
E-mail: aninhac.drumond@hotmail.com

Thainá Maria Pereira Cavalcanti

Acadêmica do curso de Medicina pela Universidade Nove de Julho - Guarulhos
Instituição: Universidade Nove de Julho - Guarulhos
Endereço: Rua Doutor Nilo Peçanha, 68, Apto 12B, Centro, CEP: 07011040, Guarulhos - São
Paulo
E-mail: thaina.m@uni9.edu.br

Rafaela Marra Santana Costa

Acadêmica do Curso de Medicina pela Universidade José do Rosário Vellano
(UNIFENAS-BH)
Instituição: Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS-BH)
Endereço: Rua José Rotheia, 178, Paquetá, Belo Horizonte - Minas Gerais
E-mail: rafaelamarra@hotmail.com.br

Lorena Nogueira da Silva

Acadêmica do Curso de Medicina pela Faculdade de Minas (FAMINAS-BH)
Instituição: Faculdade de Minas (FAMINAS-BH)
Instituição: Rua Francisco Augusto Rocha, 66, Apto 703-4, Planalto, Belo Horizonte - Minas
Gerais
E-mail: lorena_nosilva@hotmail.com

RESUMO

Um robô cirúrgico é um dispositivo controlado por computador que pode ser programado para auxiliar no posicionamento e manipulação de instrumentos cirúrgicos, o objetivo da cirurgia ginecológica robótica é usar uma abordagem minimamente invasiva para realizar procedimentos que geralmente são realizados por laparotomia ou são muito complexos para laparoscopia convencional ou cirurgias iniciantes em cirurgia laparoscópica. As vantagens da laparoscopia robótica em relação à convencional incluem imagens tridimensionais, aprimoramento mecânico, estabilização de instrumentos dentro do campo cirúrgico e

ergonomia aprimorada. A principal vantagem para o paciente é uma permanência hospitalar potencialmente mais curta e uma recuperação pós-operatória mais rápida e retorno à função plena. A laparoscopia convencional levou a melhorias notáveis na cirurgia, no entanto, a ótica e a instrumentação são limitadas e o treinamento cirúrgico avançado é necessário para realizar procedimentos complexos. A laparoscopia assistida por robô possui recursos que superam as dificuldades da laparoscopia convencional e também podem introduzir novas opções cirúrgicas. No entanto, o custo é maior e o tempo operatório é tipicamente mais longo, principalmente quando o cirurgião está aprendendo a técnica, a fadiga do cirurgião é minimizada pelo uso de um console no qual o cirurgião pode sentar-se confortavelmente.

Palavras-chave: cirurgia robótica, Laparoscopia, robô, instrumentos cirúrgicos.

ABSTRACT

A surgical robot is a computer-controlled device that can be programmed to assist in the positioning and manipulation of surgical instruments, the purpose of robotic gynecological surgery is to use a minimally invasive approach to perform procedures that are usually performed by laparotomy or are too complex for laparoscopy. conventional surgery or surgeons novice in laparoscopic surgery. Advantages of robotic laparoscopy over conventional laparoscopy include three-dimensional imaging, mechanical enhancement, instrument stabilization within the surgical field, and improved ergonomics. The main benefit for the patient is a potentially shorter hospital stay and faster postoperative recovery and return to full function. Conventional laparoscopy has led to remarkable improvements in surgery, however optics and instrumentation are limited and advanced surgical training is required to perform complex procedures. Robot-assisted laparoscopy has features that overcome the difficulties of conventional laparoscopy and can also introduce new surgical options. However, the cost is higher and the operative time is typically longer, particularly when the surgeon is learning the technique, surgeon fatigue is minimized by the use of a console on which the surgeon can sit comfortably.

Keywords: robotic surgery, Laparoscopy, robot, cirurgical instruments.

1 INTRODUÇÃO

Um robô cirúrgico é um dispositivo controlado por computador que pode ser programado para auxiliar no posicionamento e manipulação de instrumentos cirúrgicos. A robótica cirúrgica é normalmente usada em laparoscopia em vez de abordagens cirúrgicas abertas, desde a década de 1980, robôs cirúrgicos foram desenvolvidos para lidar com as limitações da laparoscopia, incluindo visualização bidimensional, articulação incompleta de instrumentos e limitações ergonômicas. O objetivo da cirurgia laparoscópica assistida por robô é ajudar os cirurgiões a melhorar o atendimento ao paciente, convertendo procedimentos que seriam realizados por laparotomia em procedimentos minimamente invasivos. A cirurgia laparoscópica assistida por robô tem todas as vantagens da cirurgia minimamente invasiva, incluindo menos dor pós-operatória, incisões menores e possivelmente mais estéticas, menor tempo de internação¹.

Em sua fase inicial, os procedimentos robóticos eram realizados quase exclusivamente por cirurgiões com habilidades laparoscópicas avançadas. No entanto, desde que o robô da Vinci (um tipo de plataforma cirúrgica robótica) foi aprovado pela Food and Drug Administration dos EUA para uso em cirurgia ginecológica, houve rápida adoção de procedimentos laparoscópicos assistidos por robô em ginecologia por cirurgiões de todos os níveis de habilidade. Com base em dados publicados em 2008¹, havia mais de 645 sistemas da Vinci em uso em todo o mundo e, desde então, continuou a haver um aumento exponencial no uso desses sistemas cirúrgicos para 3.477 unidades no final de 2014 e mais de 4200 unidades instaladas em 2017. As barreiras para a adoção da robótica na cirurgia incluem os custos, requisitos de treinamento para médicos e enfermeiros e falta de dados de alta qualidade. Semelhante à laparoscopia convencional, a laparoscopia assistida por robô foi amplamente adotada antes do surgimento de dados que apoiam a eficácia e a segurança.

Os robôs cirúrgicos podem servir a várias funções, o passivo em que os movimentos robóticos são definidos no pré-operatório ou agem para guiar o cirurgião a um alvo cirúrgico. Os tipos de robôs passivos são os que o robô realiza uma sequência de movimentos que são programados no pré-operatório (por exemplo, Probot), e os que o robô serve como auxílio à navegação ou sistema de posicionamento preciso (geralmente usando estudos de imagem pré-operatórios) para direcionar o cirurgião para uma lesão ou outro alvo cirúrgico (por exemplo, Minerva). A ultrassonografia intraoperatória pode ser usada para guiar um cirurgião a um tumor dentro de um órgão como o fígado ou o rim. Como exemplo, os oncologistas ginecológicos usam mapeamento colorimétrico ou fluorométrico do linfonodo sentinela durante a cirurgia robótica para câncer de endométrio².

Os tipos de robô ativo, são aqueles que o cirurgião direciona o robô no intraoperatório para mover os instrumentos cirúrgicos. Os termos usados para descrever robôs ativos incluem o cirurgião está usando o robô como uma ferramenta, mas está profundamente engajado no campo operatório como se estivesse realmente no campo operatório. Isso é possível por imagens de alta qualidade, ampliação do laparoscópio tridimensional (3D) e uso de uma linha direta de visão para posicionar os instrumentos que as mãos do cirurgião estão controlando. A falta de háptica (ou seja, feedback tátil) é uma limitação da cirurgia robótica. O cirurgião não pode realmente sentir a resistência do tecido quando o instrumento encontra ou manipula o tecido, mas acomoda isso usando dicas visuais e conhecimento de anatomia e planos cirúrgicos com base na experiência cirúrgica anterior e no estudo da anatomia^{1,2}.

Teleoperado ou telerobótico, o robô é manipulado por dispositivos de entrada sob o controle do cirurgião remoto da mesa de operação. A cirurgia teleoperada/telerrobótica na qual

o cirurgião está localizado fora da sala de cirurgia (por exemplo, em outra cidade ou país). Telementoring, transmissão de informações de áudio e vídeo de uma configuração robótica para um local remoto, permitindo assim que um cirurgião experiente guie um novato através de um procedimento. Telestração, para uso em telemento, um mentor cirúrgico pode desenhar na tela de vídeo do cirurgião. Sistema de console duplo, uma inovação no treinamento cirúrgico introduzida em 2009 envolvendo dois consoles com a opção de trocar o controle de instrumentos e aumentar a exposição cirúrgica robótica de um cirurgião para dois por procedimento².

A robótica cirúrgica foi usada pela primeira vez em 1985 em neurocirurgia; aplicações logo seguiram em urologia e ortopedia³. A primeira cirurgia robótica (1985), o PUMA 560 foi utilizado para orientar uma agulha para biópsia cerebral sob orientação de tomografia computadorizada³. A cirurgia robótica estendeu-se à urologia (1988, Probot), ortopedia (1992, Robodoc) e ginecologia (1998, Zeus)³. Suporte para câmera laparoscópica robótica introduzido (1994). O Automated Endoscopic System for Optimal Positioning (AESOP) foi o primeiro dispositivo robótico aprovado pela Food and Drug Administration dos EUA para uso em cirurgia intra-abdominal; AESOP viria a ser incluído em um sistema integrado de cirurgia robótica, no entanto, este sistema não está mais disponível (2001, Zeus). Um robô controlado cirurgicamente chamado ViKY foi introduzido. É ativado por voz e é usado para controlar o laparoscópio para procedimentos de porta única. A tecnologia de telepresença robótica tornou-se comercialmente disponível (o cirurgião está em um local remoto, mas tem a sensação de estar na sala de cirurgia) (2000, da Vinci). O sistema foi desenvolvido pelo Stanford Research Institute e National Aeronautics and Space Administration. O protótipo foi originalmente projetado para uso militar para fornecer atendimento cirúrgico imediato no campo de batalha a partir de uma estação cirúrgica remota^{2,3}.

A presente revisão de literatura tem como objetivo descrever as evidências científicas e as atualizações sobre a cirurgia laparoscópica assistida por robô.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo consiste em um artigo de revisão sistemática de literatura com meta-análise, realizado de forma descritiva. Para a análise e seleção dos artigos a serem incluídos na revisão, os títulos dos artigos foram inicialmente avaliados com base na estratégia de busca de bases de dados eletrônicos, com uma avaliação subsequente dos resumos de estudos que contemplaram o assunto. Os artigos considerados pertinentes foram lidos na íntegra, a fim de excluir os artigos fora do tópico ou com algum design fora dos critérios estabelecidos de

inclusão. Após a escolha dos artigos, as seguintes informações foram extraídas de cada artigo: autor, ano de publicação, número de pacientes submetidos à pesquisa, tempo de seguimento, metodologia aplicada e resultados. Os resultados dos estudos foram analisados de forma descritiva. Como critérios de exclusão, os artigos que abordavam sobre estudos experimentais e em teste *in vitro* foram excluídos, artigos como Narrativa, Editorial, Carta ao Editor, Comunicação preliminar ou relato de caso foram excluídos, artigos fora do período de publicação estabelecido e publicações na língua que não inglesa também não foram selecionados. Para realização desse artigo foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, Cochrane e Uptodate, na qual foram utilizadas diversas combinações de termos relacionados ao tema, incluindo derivações que foram conectados pelo descritor booleano AND, utilizando os seguintes descritores pesquisados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeSC): Robotic surgery; Laparoscopy; Robot; Cirurgical instruments. Considerando os critérios de inclusão da pesquisa, foram analisados 14 artigos, sendo estes limitados a publicação entre os anos de 1999 a 2022, publicados originalmente na língua inglesa, os artigos inclusos poderiam ser ensaios clínicos, estudos de coorte, coortes históricas e estudos de caso controle. Esses artigos foram selecionados por analisarem sobre as evidências científicas e as atualizações sobre a cirurgia laparoscópica assistida por robô.

3 DESENVOLVIMENTO

A laparoscopia convencional levou a melhorias notáveis na cirurgia, no entanto, a ótica e a instrumentação são limitadas e o treinamento cirúrgico avançado (especificamente em sutura e amarração laparoscópica, ureterólise e dissecação de e dentro do espaço retroperitoneal) é necessário para realizar procedimentos complexos. Além disso, a má ergonomia pode levar à fadiga ou tensão articular no cirurgião⁴. A laparoscopia assistida por robô possui recursos que superam as dificuldades da laparoscopia convencional e também podem introduzir novas opções cirúrgicas (por exemplo, cirurgia realizada remotamente). No entanto, o custo é maior e o tempo operatório (incluindo o tempo para montagem e desmontagem robótica) é tipicamente mais longo, principalmente quando o cirurgião está aprendendo a técnica. A fadiga do cirurgião é minimizada pelo uso de um console no qual o cirurgião pode sentar-se confortavelmente⁴.

A laparoscopia convencional e robótica compartilham vantagens semelhantes sobre a laparotomia, incluindo diminuição da morbidade, recuperação rápida e melhor estética das incisões. No entanto, ambas as vias minimamente invasivas introduziram lesões do trocarte, problemas relacionados à insuflação e hematomas da parede abdominal no local do trocarte quando comparados com a laparotomia. Assim como na laparoscopia convencional, há um

risco aumentado de lesão vesical e ureteral com laparoscopia assistida por robô em comparação com a cirurgia aberta^{3,4}.

As lesões térmicas tardias também aumentam em comparação com a laparotomia devido ao aumento do uso de instrumentos eletrocirúrgicos em procedimentos de laparoscopia convencional e assistida por robô. O aumento da incidência de deiscência do manguito vaginal também foi relatado com histerectomia laparoscópica convencional e assistida por robô (LH). Isso tem sido atribuído ao uso de energia monopolar para realizar a incisão da colpotomia, sutura contínua em comparação com pontos interrompidos e risco de propagação lateral da energia térmica e posterior fechamento inadequado devido à compra inadequada de tecido durante a sutura do manguito vaginal. Muitos cirurgiões defendem a sutura farpada para facilitar o fechamento do manguito vaginal, enquanto outros defendem o fechamento da vagina por baixo, como na histerectomia vaginal de rotina. As complicações únicas que podem ocorrer com a cirurgia laparoscópica assistida por robô incluem quebra mecânica do equipamento robótico, uso de pressão excessiva em vários tecidos devido à falta de feedback tátil, ativação errônea de um controle, movimento errôneo ou posicionamento de um braço robótico ou perda de uma agulha fora da visão direta enquanto o cirurgião do console está ampliando várias estruturas. Os projetos de sistema mais recentes reduziram ou eliminaram algumas dessas complicações^{2,4}.

As principais vantagens da laparoscopia assistida por robô em relação à convencional é que a laparoscopia convencional fornece imagens bidimensionais (2D) do campo operatório. Um sistema robótico oferece uma visão 3D ao mesmo tempo em que permite zoom e panorâmica rápidos da câmera. Um efeito de fulcro é criado quando instrumentos convencionais rígidos passam pela incisão, levando à inversão do movimento da mão do cirurgião para a extremidade de trabalho do instrumento⁵. Quando um instrumento é introduzido em um trocarte, a parede abdominal é o fulcro, quando a mão de um cirurgião se move em uma direção, o instrumento se move na direção oposta. Se um paciente é obeso, há mais torque aplicado em um instrumento e os instrumentos rígidos de menor calibre, como laparoscópios, podem fraturar. Instrumentos robóticos são menos propensos a quebrar, assim, muitos cirurgiões preferem laparoscopia assistida por robô em pacientes obesos. Isso porque todos os instrumentos robóticos têm 8 mm de largura e são fixados nos braços robóticos, que por sua vez são fixados nas cânulas robóticas (trocar). A força que a parede abdominal exerce sobre cada instrumento é sustentada pelo trocarte e pelo braço robótico mecânico. O laparoscópio robótico tem 8 ou 11 mm de diâmetro e também é introduzido através de um trocarte, que é acoplado ao braço do escopo robótico. Além disso, semelhante ao braço e à mão

humanos, os instrumentos robóticos têm sete graus de liberdade, que permitem movimentos semelhantes ao pulso ou "EndoWrist" que facilitam a sutura, especialmente para estagiários. Os instrumentos laparoscópicos rígidos convencionais têm apenas quatro graus de liberdade. Enquanto instrumentos laparoscópicos flexíveis (por exemplo, Autonomy Laparo-Angle) também podem se mover com sete graus de liberdade, seu uso requer treinamento adicional porque os movimentos não são intuitivos. Na laparoscopia convencional, pequenos movimentos do cirurgião são amplificados (incluindo erros ou tremores nas mãos). A cirurgia assistida por robô minimiza o tremor do cirurgião. O cirurgião pode ser sentado com sistemas telerrobóticos⁵.

As limitações da tecnologia robótica incluem treinamento cirúrgico adicional, aumento de custos e tempo de sala de cirurgia, volume dos dispositivos, custo de instrumentação e usos limitados para instrumentação⁶. Cada instrumento é limitado a 10 usos e o custo por instrumento varia de US\$ 220 a US\$ 320, falta de haptics (feedback tátil), risco de falha mecânica. Os sistemas da Vinci mais antigos não são projetados para cirurgia abdominal envolvendo mais de dois quadrantes (o dispositivo precisa ser reencaixado e reposicionado para operar nos quadrantes que não está voltado). Os sistemas atualizados da Vinci Si e "X" têm 50% mais amplitude de movimento nos braços robóticos, mas ainda podem exigir reencaixe. Os modelos da Vinci Xi mais novos e mais caros não precisam ser reencaixados para operar em quadrantes opostos. Os sistemas cirúrgicos robóticos são projetados com recursos destinados a minimizar os efeitos potenciais de falhas mecânicas nos pacientes⁶. Esses recursos incluem redundância do sistema, a chamada degradação ou falha de desempenho "graciosa", tolerância a falhas, manutenção just-in-time e alerta do sistema. Em termos simplificados, existem várias verificações e equilíbrios mecânicos integrados aos sistemas cirúrgicos robóticos atuais para que o risco de falha mecânica seja minimizado.

Três robôs funcionais ativos estão disponíveis: o suporte da câmera robótica (AESOP) e os sistemas cirúrgicos telerrobóticos imersivos (da Vinci e Senhance). O uso de suportes de câmera autônomos (AESOP) diminuiu na última década, coincidindo com a adoção mais ampla de uma plataforma robótica integrada, como a Vinci. O suporte para câmera robótica (AESOP) segura e controla a câmera laparoscópica. O AESOP foi inicialmente introduzido com pedal operado pelo cirurgião ou controle manual e mais tarde foi modificado para responder a comandos de voz com um vocabulário de 23 palavras. No entanto, o sistema cirúrgico AESOP não é mais comumente usado. AESOP fornece uma plataforma estável para a câmera e elimina a necessidade de um suporte de câmera humano. Assim, o cirurgião tem uma mão livre

adicional para controlar os instrumentos, tornando possível operar sem um assistente e/ou usar um local de porta adicional^{4,6}.

A cirurgia usando este sistema é realizada por um cirurgião sentado em um console remoto do campo operatório. O sistema mais utilizado é o sistema da Vinci. O equipamento para este sistema inclui console do cirurgião (tela de vídeo imersiva 3D, controles manuais e pedais e assento) com sistema de software mestre/escravo pelo qual o cirurgião direciona o movimento dos braços robóticos, carrinho cirúrgico (três ou quatro braços robóticos e instrumentos laparoscópicos de sete graus) e carrinho de equipamentos (câmera [cirurgião visualiza imagens 3D, outros monitores exibem imagens 2D], fonte de luz, dispositivos de energia [por exemplo, eletrocautério]). Além disso, instrumentos cirúrgicos foram desenvolvidos para uso com o sistema da Vinci (VeSPA) ou sozinho (ViKY) para laparoscopia de porta única⁷.

Inicialmente, o paciente é posicionado e preparado de forma semelhante à laparoscopia convencional. Antes de encaixar o robô, pode ser apropriado usar um laparoscópio convencional para explorar todo o abdome. Em algumas circunstâncias, a laparoscopia convencional pode ser usada para liberar aderências ou mobilizar o intestino, para permitir as portas necessárias para o robô. Simplesmente porque um procedimento robótico é planejado, isso não significa que a laparoscopia convencional não possa ser usada inicialmente ou posteriormente. Para procedimentos ginecológicos, as seguintes incisões são normalmente feitas, 12 mm de linha média abdominal superior – porta de laparoscópio; a colocação é pelo menos 20 cm superior à sínfise púbica e pelo menos 8 a 10 cm superior ao fundo uterino, 8 mm abdominal inferior lateral – portas acessórias robóticas; dois portais colocados bilateralmente, inferior e 8 a 12 cm lateral ao portal do laparoscópio (ou seja, linha hemiclavicular, lateral ao músculo reto, formando um ângulo de 15 a 30 graus); se o quarto braço robótico (o terceiro braço operacional) for usado, então esta porta é colocada 8 a 12 cm lateral (no mesmo nível ou cefálica) à porta robótica previamente colocada (no lado direito ou esquerdo, dependendo do necessidades do cirurgião; esta distância entre as portas é necessária para evitar a colisão dos braços robóticos)^{6,7}.

Os braços robóticos são acoplados a essas portas e, após esse ponto, a mesa de operação não é mais movida. Durante a cirurgia, os assistentes ficam ao lado do paciente e trocam os instrumentos. A torre do robô que possui os braços robóticos tem sido tradicionalmente colocada entre as pernas do paciente, ou ancorada centralmente. Alguns modelos de robôs podem ser "side dock", permitindo acesso livre ao quadrante abdominal inferior e estruturas pélvicas (por exemplo, vagina, períneo). O encaixe lateral pode ser realizado com a torre do

robô posicionada a 45 graus do estribo da perna esquerda ou direita do paciente ou paralelamente à cama do paciente. Para a cirurgia ginecológica, foi relatado que o encaixe lateral melhora o acesso à vagina e ao períneo e reduz a fadiga do assistente e o potencial de lesão devido a uma colisão com os braços robóticos. Em nossa prática, realizamos o encaixe lateral paralelo da torre do robô na maioria dos procedimentos devido à maior eficiência e facilidade e maior acesso à vagina e ao períneo⁸. O sistema da Vinci Xi possui uma arquitetura de braço superior que pode fornecer ao cirurgião acesso anatômico de praticamente qualquer posição, simplificando as cirurgias multiquadrantes. Braços menores e mais finos acoplados a hastes de instrumentos mais longas também permitem uma maior amplitude de movimento e mais flexibilidade.

O cirurgião está sentado em um console, visualiza o campo operatório por meio de um dispositivo binocular e coloca as mãos nos controles manuais "mestres", que traduzem os movimentos das mãos do cirurgião em um sinal elétrico que viaja por meio de um fio para o carrinho cirúrgico e aciona os braços robóticos. Esses "mestres" podem ser modificados para ajustar a proporção do movimento da mão do cirurgião para a dos braços robóticos (motion scaling). Como exemplo, uma proporção de 3:1 permite a cada 3 cm de movimento do cirurgião, apenas 1 cm de movimento do braço robótico. Outra modificação "masters" ajusta a velocidade com que os instrumentos se movem. Os controles manuais também filtram os tremores das mãos, resultando em redução de erros e sutura e dissecação mais eficientes. O cirurgião supina e prona as mãos enquanto pisa no pedal da câmera para focar a imagem. Existem botões nos controles manuais para segurar os braços e, portanto, os instrumentos, a fim de melhorar a precisão do instrumento. O sistema de console duplo melhora a capacidade do cirurgião de ensinar um estagiário porque ambos os cirurgiões podem se sentar em um console simultaneamente, visualizar o campo operatório em 3D e trocar o controle de vários instrumentos. Os pedais controlam a câmera, os dispositivos de energia e os "mestres". Os pedais atuam para alternar cada uma dessas funções (ou seja, se você pressionar o pedal da câmera, o movimento dos controles manuais move a câmera na mesma direção; se você pressionar outro pedal [monopolar ou bipolar], você ativar uma fonte de energia). Os braços robóticos, localizados no carrinho cirúrgico, são fixados aos instrumentos cirúrgicos por meio de um adaptador de instrumento robótico. Um telescópio de 11 mm está conectado ao braço robótico central e contém dois telescópios de 5 mm, produzindo visão 3D. Os sistemas mais novos empregam ótica que pode fornecer visão de alta definição (HD) em três dimensões. Cada instrumento passa por uma porta reutilizável de 8 mm específica do

sistema^{3,8}. Algumas portas robóticas possuem válvulas, que permitem a insuflação através do trocarte robótico.

As desvantagens do sistema da Vinci são semelhantes às de outros sistemas robóticos, incluindo a falta de feedback tátil e o volume do equipamento (restringe a colocação de portas acessórias em pacientes pequenos e movimento da equipe da sala de cirurgia), instrumentação limitada e dificuldade em mudar o posição do paciente. O custo continua a ser uma grande desvantagem, que no atual ambiente econômico não pode ser subestimado. Sucessivas atualizações do sistema robótico permitiram que cada versão tivesse trocas de instrumentos cada vez mais intuitivas e eficientes, controle de energia, manipulação de câmeras e melhor ergonomia do cirurgião⁹.

Com o uso de encaixe lateral do robô cirúrgico, o acesso vaginal é semelhante ao acesso para laparoscopia convencional com um assistente sentado entre as pernas da paciente. Existem vários manipuladores uterinos e vaginais disponíveis. A colocação do manipulador uterino é realizada durante a instalação do equipamento laparoscópico. Alguns deles podem ser acoplados a um dispositivo que é colocado entre as pernas da paciente, substituindo assim o papel de um assistente cirúrgico vaginal. Como exemplo, os instrumentos RUMI são acoplados ao Sistema de Posicionamento Uterino. Com este sistema, o dispositivo é mantido no lugar por um ou dois pontos no colo do útero. Os manipuladores VCare e Valchev não requerem suturas de permanência. A escolha do manipulador uterino é uma questão de preferência do cirurgião^{8,9}.

A simulação cirúrgica, telementoring e cirurgia de telepresença são novos benefícios potenciais da tecnologia robótica. A distância física entre um cirurgião especialista em uma configuração de telementoring ou telepresença requer salvaguardas em caso de falha mecânica ou complicação cirúrgica (por exemplo, latência do sinal do mentor ao cirurgião operacional, redundância de linhas de internet), embora isso ainda não tenha sido estabelecido. As estações de trabalho do robô podem transmitir informações de vídeo e áudio para um simulador cirúrgico. A simulação robótica pode permitir o ensaio de procedimentos com potencial de redução das taxas de complicações e curvas de aprendizado, e até mesmo para o desenvolvimento de novas abordagens técnicas. Além de fornecer integração de entrada de imagens registradas com uma plataforma robótica intervencionista, os robôs podem capturar dados sobre como um cirurgião realiza tarefas específicas. Em um estudo, o treinamento de cirurgia robótica baseado em simulação foi tão eficaz quanto o baseado em modelos de animais vivos¹⁰. No entanto, o treinamento baseado em simulação em cirurgia robótica ainda está sob investigação e não é amplamente utilizado devido ao custo. Mais de 2.000 simuladores robóticos foram vendidos.

Telementoring fornece a capacidade de um médico experiente em um local remoto ser capaz de orientar um cirurgião menos experiente em treinamento ou em tempo real. Como exemplo, em um relatório, a transmissão de áudio e vídeo 3D com telestração entre um grupo de cirurgiões nos Estados Unidos e na Itália permitiu a telementoring de procedimentos urológicos. No entanto, essa função foi fornecida apenas pelo sistema Zeus, que não está mais disponível. Quando dois consoles estão disponíveis com o sistema da Vinci Si, o cirurgião pode orientar outro cirurgião mantendo o controle de vários instrumentos e trocando instrumentos. Ainda não há dados publicados para apoiar o uso rotineiro de um sistema de console duplo em comparação com um cirurgião assistente em pé ao lado do leito para auxiliar um cirurgião em treinamento. A cirurgia de telepresença é outra inovação que pode ser possível com a tecnologia robótica. A maior série ($n = 21$) é do Canadá, onde um grupo de cirurgiões de um hospital geral realizou cirurgias a uma distância de 400 km usando o sistema Zeus. Não houve conversões para laparotomia, no entanto, um cirurgião experiente esteve presente no local remoto para gerenciar as complicações e concluir a cirurgia convencionalmente, se necessário. As informações foram transmitidas por meio de linhas de internet disponíveis comercialmente com latência de sinal de 135 a 140 milissegundos, facilmente percebida pelos cirurgiões. A Food and Drug Administration dos EUA exige que todas as operações usando um sistema telerrobótico sejam realizadas na mesma sala que o paciente. A velocidade de transmissão de informações é um elemento chave na cirurgia de telepresença. Os cirurgiões são capazes de completar tarefas com um atraso na sala de cirurgia para a transmissão do sinal do console de até 500 milissegundos¹¹.

Os principais obstáculos para o uso clínico de robôs são o custo, o treinamento de médicos e equipes de enfermagem e a falta de dados de resultados^{6,11}. Não há dúvida de que a tecnologia robótica está cumprindo sua promessa de permitir que generalistas e subespecialistas ganhem competência em procedimentos laparoscópicos complexos. Este é particularmente o caso de cirurgiões que não tiveram treinamento ou experiência em procedimentos laparoscópicos convencionais complexos que envolvem sutura laparoscópica, amarração de nós, ureterólise, dissecação retroperitoneal e histerectomia minimamente invasiva para o útero aumentado.

Os padrões de treinamento e credenciamento ainda não foram estabelecidos para cirurgiões robóticos^{6,10,11}. Os programas de treinamento em robótica tornaram-se parte de muitos programas de residência cirúrgica e bolsas de estudo, mas esse treinamento não é padronizado ou obrigatório. Atualmente, não há diretrizes ou requisitos padrão para treinamento em laparoscopia assistida por robô em residências, embora um comitê tenha sido

criado pela indústria de dispositivos para desenvolver critérios para um currículo de treinamento. Alguns residentes e bolsistas serão treinados como parte deste currículo, e fica a critério do diretor da residência ou da bolsa se o estagiário é competente ou não. A cirurgia intuitiva oferece dois caminhos para a certificação: um laboratório de um dia em uma instalação de treinamento ou uma equivalência de residente/bolsa. A empresa não faz recomendações oficiais em relação ao número de casos, supervisão, etc., pois isso depende dos requisitos de credenciamento de cada hospital. Apesar de existir um instrumento confiável e validado que pode ser utilizado para avaliar as habilidades técnicas na realização de cirurgia robótica (robótica objetiva estruturada avaliação de habilidades técnicas [ROSATS]), ele não tem sido amplamente adotado.

Não há critérios padronizados em hospitais nos Estados Unidos para discernir se um cirurgião que sai do treinamento ou de outra instituição deve receber privilégios robóticos. Nos Estados Unidos, está se aproximando rapidamente o momento em que procedimentos recém-introduzidos no treinamento de um residente ou bolsista podem ser realizados usando laparoscopia convencional ou assistida por robô, em vez de laparotomia¹¹.

Um cirurgião deve configurar três casos robóticos antes do treinamento programado em um laboratório de animais em vários centros de treinamento robótico para que ele implemente imediatamente o treinamento e reforce o que aprendeu no laboratório de animais ou cadáveres. O estagiário também é obrigado a passar por cinco módulos de treinamento on-line para obter um certificado que documenta sua experiência de treinamento. O número de procedimentos de pacientes orientados que levam à prática independente varia de instituição para instituição e provavelmente será individualizado com base na experiência cirúrgica e habilidade técnica. Além disso, muitas instituições estão impondo um certo volume de casos para que os cirurgiões mantenham um nível de habilidade competente, embora diferenças individuais na aquisição de habilidades tornem um número arbitrário de casos concluídos ilógico. Adicionalmente, a realização de um tipo de cirurgia pélvica não significa necessariamente que outro tipo de procedimento pélvico também possa ser realizado com segurança. Os requisitos de credenciamento variam entre as instituições, e muitas instituições estão em processo ou estabeleceram critérios recentemente para credenciar cirurgiões para realizar procedimentos em plataformas robóticas. Finalmente, nos Estados Unidos, não há nenhum requisito de currículo de residência atual estabelecido pelo Comitê de Revisão de Residência para cirurgia assistida por robô^{9,11}.

A cirurgia robótica é cara. No final de 2017, o sistema da Vinci custava aproximadamente US\$ 750.000 a US\$ 1,9 milhão, dependendo do sistema, e cada instrumento

acoplado ao braço robótico custava entre US\$ 2.200 e US\$ 3.200. Esses braços devem ser substituídos após 10 usos. Por exemplo, em nossa prática, para uma colpopexia sacral assistida por robô, usamos um par de tesouras, pinças eletrocirúrgicas e de apreensão intestinal e duas chaves de agulha, cada uma custando de US \$ 220 a US \$ 320 por caso, para um custo total do procedimento de US \$ \$ 1270. No entanto, esse custo poderia ser diminuído se usássemos uma pinça como chave de agulha; no entanto, isso pode diminuir a eficiência da sutura e aumentar o tempo total da sala de cirurgia e, portanto, o custo. Os resultados das análises de custo-efetividade variam de acordo com o procedimento único ou custos robóticos gerais incluídos e pelo volume cirúrgico de um hospital¹². Os custos incorridos pela cirurgia robótica incluem aquisição de capital, instrumentos de uso limitado, despesas de treinamento da equipe, manutenção de equipamentos, reparo de equipamentos e tempo de preparação da sala de cirurgia. Conforme observado acima, os casos assistidos por robô custam aproximadamente US\$ 2.000 a mais por caso do que o mesmo procedimento realizado por laparoscopia convencional. Na era da reforma da saúde, esse custo elevado pode ser o maior prejuízo para a implementação contínua da cirurgia robótica, especialmente porque a concorrência do setor ainda não surgiu para instigar preços mais acessíveis. Mais estudos prospectivos são necessários para analisar os custos gerais (diretos e indiretos) dos procedimentos assistidos por robô para os sistemas de saúde. Mais investigações se justificam¹².

4 DISCUSSÃO

Para doenças ginecológicas benignas, não há evidências de alta qualidade de que a laparoscopia assistida por robô seja superior à laparotomia ou à laparoscopia convencional. A Associação Americana de Laparoscopistas Ginecológicos (AAGL) afirma que a laparoscopia assistida por robô não deve substituir os procedimentos laparoscópicos convencionais ou vaginais para doenças ginecológicas benignas¹³. Uma revisão sistemática não encontrou evidências de melhora na eficácia ou segurança com a cirurgia robótica com base em dois pequenos ensaios randomizados, um dos quais foi publicado como um resumo e não incluiu detalhes da metodologia do estudo. Outra meta-análise que incluiu 22 estudos observacionais, em sua maioria retrospectivos, comparou a cirurgia robótica com outras abordagens. A cirurgia robótica em comparação com a cirurgia aberta foi associada a reduções significativas na perda de sangue e no tempo de internação hospitalar. Em comparação com a laparoscopia convencional, a única diferença significativa para a cirurgia robótica foi uma diminuição na perda de sangue e menos conversões para cirurgia aberta para estadiamento do câncer de endométrio. Uma coorte retrospectiva subsequente de 134 pacientes com acompanhamento

médio de oito anos não relatou diferença nos resultados de sangramento ou fertilidade a longo prazo entre procedimentos de miomectomia abdominal assistida por robô¹³.

Em um estudo observacional, 8 a 12 por cento dos cirurgiões relataram dor e dormência nos braços, pulsos ou ombros após a realização de cirurgia gastrointestinal laparoscópica convencional^{4,13}. Além disso, todos os cirurgiões podem realizar procedimentos assistidos por robô na posição sentada, em vez de ficar na mesa de operação. Evitar ficar em pé por muito tempo durante a cirurgia pode ser particularmente útil para cirurgiões grávidas ou com limitações ortopédicas. Todos os instrumentos eletrocirúrgicos estão disponíveis e são de pulso, exceto o bisturi harmônico, que não é de pulso e o desenvolvimento e inovação de ferramentas inteligentes, incluindo um dispositivo de irrigação por sucção de pulso e dispositivo de endostapling.

Em uma série de casos prospectivos de 50 mulheres submetidas a procedimentos ginecológicos de rotina, tempos operatórios semelhantes foram demonstrados com o uso de AESOP em comparação com um assistente cirúrgico segurando o laparoscópio. AESOP não está mais em uso, mas foi fundamental para alguns cirurgiões em laparoscopia de porta única. O sistema ViKY oferece controle de visão do laparoscópio e assistência motorizada controlada por voz que elimina a necessidade de um assistente cirúrgico para posicionar a câmera ou outras ferramentas endoscópicas. O uso deste sistema tem sido aplicado à manipulação uterina como posicionador motorizado do útero (ViKY UP)^{12,13}.

As curvas de aprendizado cirúrgico dependem de dois aspectos do volume cirúrgico: número total de procedimentos realizados e intervalo de tempo entre os procedimentos¹⁴. A experiência da cirurgia urológica sugere que a aquisição de habilidades robóticas é possível com treinamento intensivo (por exemplo, um curso de cinco dias), mas estudos adicionais são necessários para outras especialidades cirúrgicas. A proficiência em um novo procedimento inclui tanto o procedimento em si quanto a capacidade de gerenciar complicações¹⁴. Além disso, a prática cirúrgica segura também depende do volume cirúrgico continuado após o treinamento, assim como nos procedimentos abertos. Além disso, a maioria dos especialistas concorda que um cirurgião deve ser competente na realização de um procedimento por laparotomia antes de aprender uma abordagem robótica. No entanto, se um procedimento for realizado quase exclusivamente por meio de uma abordagem minimamente invasiva, em vez de aberta, os estagiários podem aprender a realizá-lo com laparoscopia convencional ou assistida por robô como abordagem padrão.

Em estudos de histerectomia laparoscópica assistida por robô (LH), 15 a 70 casos foram necessários para atingir um tempo de operação de aproximadamente duas horas. Da mesma

forma, uma série de casos de 113 procedimentos assistidos por robô realizados por dois cirurgiões com habilidades avançadas de laparoscopia descobriu que o tempo de preparação, o tempo operatório e a perda de sangue melhoraram até aproximadamente 50 casos terem sido realizados e depois estabilizados^{12,14}.

5 CONCLUSÃO

Um robô cirúrgico é um dispositivo controlado por computador que pode ser programado para auxiliar no posicionamento e manipulação de instrumentos cirúrgicos. O objetivo da cirurgia ginecológica robótica é usar uma abordagem minimamente invasiva para realizar procedimentos que geralmente são realizados por laparotomia ou são muito complexos para laparoscopia convencional ou cirurgiões iniciantes em cirurgia laparoscópica. As vantagens da laparoscopia robótica em relação à convencional incluem imagens tridimensionais (3D), aprimoramento mecânico (por exemplo, instrumentos com sete graus de liberdade), estabilização de instrumentos dentro do campo cirúrgico e ergonomia aprimorada. A principal vantagem para o paciente é uma permanência hospitalar potencialmente mais curta e uma recuperação pós-operatória mais rápida e retorno à função plena.

As limitações da tecnologia robótica incluem altos custos e aumento do tempo de sala de cirurgia, falta de feedback tátil, grande tamanho dos dispositivos e risco de falha mecânica. Dois sistemas robóticos estão disponíveis: o suporte da câmera robótica, embora não seja mais amplamente utilizado, e o sistema cirúrgico telerobótico imersivo. A simulação cirúrgica, telementoring (orientação dada ao cirurgião por outro cirurgião que não está na sala de cirurgia) e cirurgia de telepresença (cirurgia realizada por meio de um robô por um cirurgião que não está na sala de cirurgia) são novos benefícios potenciais da tecnologia robótica. Alguns obstáculos para o uso clínico de robôs são o custo, o treinamento do médico e da equipe de enfermagem e a necessidade de mais dados de resultados. Uma avaliação e implementação adicionais determinarão o papel da laparoscopia assistida por robô.

REFERÊNCIAS

- [1] Kim YT, Kim SW, Jung YW. Cirurgia robótica na área ginecológica. *Yonsei Med J* 2008; 49:886.
- [2] Sinno AK, Fader AN, Roche KL, et al. Uma comparação do mapeamento do linfonodo sentinela colorimétrico versus fluorométrico durante a cirurgia robótica para câncer de endométrio. *Gynecol Oncol* 2014; 134:281.
- [3] Dharia SP, Falcone T. Robótica em medicina reprodutiva. *Esteril Fértil* 2005; 84:1.
- [4] Berguer R, Forkey DL, Smith WD. Problemas ergonômicos associados à cirurgia laparoscópica. *Surg Endosc* 1999; 13:466.
- [5] Oppenheimer P, Weghorst S, MacFarlane M, Sinanan M. Interfaces robóticas cirúrgicas imersivas. *Stud Health Technol Informe* 1999; 62:242.
- [6] Herron DM, Marohn M, Grupo de Consenso de Cirurgia Robótica SAGES-MIRA. Um documento de consenso sobre cirurgia robótica. *Surg Endosc* 2008; 22:313.
- [7] Haber GP, White MA, Autorino R, et al. Novos instrumentos robóticos da Vinci para cirurgia laparoendoscópica de sítio único. *Urologia* 2010; 76:1279.
- [8] Einarsson JI, Hibner M, Advincola AP. Side docking: um método alternativo de docking para cirurgia robótica ginecológica. *Rev Obstet Gynecol* 2011; 4:123.
- [9] Sroga J, Patel SD, Falcone T. Robótica em medicina reprodutiva. *Frente Biosci* 2008; 13:1308.
- [10] Whitehurst SV, Lockrow EG, Lendvay TS, et al. Comparison of two simulation systems to support robotic-assisted surgical training: a pilot study (Swine model). *J Minim Invasive Gynecol* 2015; 22:483.
- [11] Anvari M, Broderick T, Stein H, et al. The impact of latency on surgical precision and task completion during robotic-assisted remote telepresence surgery. *Comput Aided Surg* 2005; 10:93.
- [12] Liberman D, Trinh QD, Jeldres C, Zorn KC. Is robotic surgery cost-effective: yes. *Curr Opin Urol* 2012; 22:61.
- [13] AAGL Advancing Minimally Invasive Gynecology Worldwide. AAGL position statement: Robotic-assisted laparoscopic surgery in benign gynecology. *J Minim Invasive Gynecol* 2013; 20:2.
- [14] Whiteside JL. Robotic gynecologic surgery: a brave new world? *Obstet Gynecol* 2008; 112:1198.