

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Medicina Ciências Cirúrgicas

**Influência da experiência prévia em laparoscopia avançada nas habilidades básicas em
cirurgia robótica avaliadas pelo simulador virtual de cirurgia dV-Trainer®**

Marcelo Pimentel

Orientador: Prof. Dr. Leandro Totti Cavazzola

Coorientador: Prof. Dr. Brasil Silva Neto

Tese de Doutorado

Porto Alegre, 2017

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Medicina Ciências Cirúrgicas

**Influência da experiência prévia em laparoscopia avançada nas habilidades básicas em
cirurgia robótica avaliadas pelo simulador virtual de cirurgia dV-Trainer®**

Marcelo Pimentel

Orientador: Prof. Dr. Leandro Totti Cavazzola

Coorientador: Prof. Dr. Brasil Silva Neto

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-
Graduação em Medicina Ciências Cirúrgicas,
Faculdade de Medicina, Universidade Federal do
Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 2017

Pimentel, Marcelo

Influência da experiência prévia em laparoscopia avançada nas habilidades básicas em cirurgia robótica avaliadas pelo simulador virtual de cirurgia dV-Trainer® / Marcelo Pimentel. -- 2017.

91 f.

Orientador: Leandro Totti Cavazolla.

Coorientador: Brasil Silva Neto.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos. 2. robótica. 3. laparoscopia. 4. educação. 5. simulação. I. Cavazolla, Leandro Totti, orient. II. Neto, Brasil Silva, coorient. III. Título.

Ao meu amor Sílvia

Pelo amor, incentivo, companheirismo e compreensão.

À minha filha Gabriela

Por cada sorriso e abraço apertado.

Ao meu irmão Maurício

Pelo estímulo e entusiasmo incessantes.

Aos meus pais Luís e Zonilse

Por minha educação, por seus exemplos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ottávio De Cobelli e ao Dr. Deliu-Victor Matei, por terem proporcionado o meu primeiro contato com a cirurgia robótica.

Aos colegas cirurgiões e residentes que foram voluntários neste estudo, pela disponibilidade e entusiasmo na execução dos exercícios.

À senhora Norma da Silva, secretária do Serviço de Urologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, pelo carinho e disponibilidade.

Ao senhor Dienes de Azeredo Bastos, secretário do PPG em Medicina Ciências Cirúrgicas, pela atenção e eficiência.

Ao Prof. Dr. Tiago Rosito e ao Dr. Nelson Batezini, pela amizade e estímulo para a realização do Doutorado.

Ao Dr. Cláudio Morales e ao Dr. Nicolás Leal, pela amizade, apoio e incentivo para a realização do Doutorado e cuidado aos pacientes durante minhas ausências.

Ao Dr. Luciano Paludo Marcelino e ao Dr. Roberto Vanin Pinto, pelo auxílio no convite aos voluntários e apoio na realização das atividades no simulador.

Ao Dr. Renan Desimon Cabral, pela amizade e auxílio no convite aos voluntários, na montagem do banco de dados e na realização das atividades no simulador.

Ao Prof. Dr. Márcio Machado Costa, pela disponibilidade e auxílio na análise estatística e elaboração das tabelas.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Leandro Totti Cavazzola e Prof. Dr. Brasil Silva Neto, pela amizade, confiança, disponibilidade, auxílio e estímulo à realização do Doutorado.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre, por minha formação médica e por terem sido por muito tempo minha segunda casa.

*“O conhecimento torna a alma jovem e
diminui a amargura da velhice. Colhe, pois, a
sabedoria. Armazena suavidade para o
amanhã.”*

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
LISTA DE TABELAS	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	13
REVISÃO DA LITERATURA	15
1 HISTÓRICO.....	15
2 CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS DO USO DA PLATAFORMA ROBÓTICA..	16
3 APLICAÇÕES DA CIRURGIA ROBÓTICA.....	18
4 APRENDIZAGEM DA CIRURGIA ROBÓTICA.....	20
5 EXPERIÊNCIA PRÉVIA EM LAPAROSCOPIA E DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES EM CIRURGIA ROBÓTICA	23
6 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE INSTRUMENTOS E CURRÍCULOS DE TREINAMENTO EM CIRURGIA ROBÓTICA	29
7 PERSPECTIVAS FUTURAS DA CIRURGIA ROBÓTICA.....	33
8 CONCLUSÃO.....	34
JUSTIFICATIVA	36
HIPÓTESE.....	37
OBJETIVOS	38
1 PRINCIPAL	38
2 SECUNDÁRIO	38
REFERÊNCIAS	39
ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS	49
ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
ANEXO.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS

dVSS	Sistema cirúrgico da Vinci®
NASA	National Aeronautics and Space Administration
dV-T	dV-Trainer®
EAU	Associação Europeia de Urologia
QI	Quociente de inteligência
FLS	Fundamentos em Cirurgia Laparoscópica
GOALS	Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills
GEARS	Global Evaluation Assessment of Robotic Surgery
FRS	Fundamentos de Cirurgia Robótica

LISTA DE TABELAS

Artigo em Português

Tabela 1 - Características demográficas dos grupos estudados.....	65
Tabela 2 - Escore geral para cada exercício.	66
Tabela 3 - Resultados agrupados do exercício <i>Peg Board 2</i>	67
Tabela 4 - Resultados agrupados do exercício <i>Ring and Rail 1</i>	68
Tabela 5 - Resultados agrupados do exercício <i>Suture Sponge 1</i>	69

Artigo em Inglês

Table 1 - Demographics of participants.	85
Table 2 - Overall score for each task.	86
Table 3 - Pooled data for Peg Board 2.....	87
Table 4 - Pooled data for Ring and Rail 1.	88
Table 5 - Pooled data for Suture Sponge 1.....	89

RESUMO

Objetivo: O impacto da experiência em laparoscopia nas habilidades de cirurgia robótica ainda não está claramente estabelecido. Nosso estudo tem como objetivo comparar habilidades básicas em cirurgia robótica, usando o simulador de realidade virtual dV-Trainer[®], entre cirurgiões com experiência laparoscópica e residentes de cirurgia do primeiro ano.

Métodos: Vinte cirurgiões com experiência em laparoscopia (grupo 1) e vinte residentes de cirurgia do primeiro ano (grupo 2) foram incluídos no estudo. Cada participante completou quatro tentativas dos exercícios *Peg Board 2*, *Ring and Rail 1* e *Suture Sponge 1* no dV-Trainer[®]. O desempenho foi avaliado utilizando um algoritmo de pontuação computadorizado incorporado ao simulador. As pontuações e as métricas foram comparadas entre os grupos 1 e 2, e entre a primeira tentativa e as demais.

Resultados: Os escores gerais para os exercícios *Peg Board 2* ($738,04 \pm 267,83$ vs $730,39 \pm 225,31$; $p = 0,57$), *Ring and Rail 1* ($919,03 \pm 242,69$ vs $965,84 \pm 222,96$; $p = 0,13$) e *Suture Sponge 1* ($563,62 \pm 185,50$ vs $560,99 \pm 152,71$; $p = 0,67$) não apresentaram diferença significativa entre os grupos 1 e 2. O grupo 1 apresentou melhores resultados na área de trabalho dos controles mestres nos exercícios *Peg Board 2* e *Ring and Rail 1*. O grupo 2 apresentou melhores resultados na economia de movimentos nos exercícios *Peg Board 2* e *Ring and Rail 1* e na força excessiva dos instrumentos no exercício *Ring and Rail 1*. Nos dois grupos os escores gerais na terceira ou quarta tentativas foram significativamente melhores em comparação com a primeira.

Conclusões: Não há diferença significativa nas habilidades básicas da cirurgia robótica entre cirurgiões com experiência laparoscópica e residentes de cirurgia sem experiência em laparoscopia. Algumas diferenças existem quando consideramos métricas específicas, mas essas diferenças não foram capazes de modificar os resultados finais. Podemos considerar que a experiência em laparoscopia pode não se constituir em requisito essencial na aprendizagem da cirurgia robótica.

Palavras-chave: procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos, robótica, laparoscopia, educação, treinamento com simulação.

ABSTRACT

Objective: The actual impact of laparoscopic experience on robotic skills is uncertain. This study aimed to compare basic robotic surgical skills using the virtual reality simulator dV-Trainer[®] between laparoscopically experienced surgeons and first-year surgical residents.

Methods: Twenty laparoscopically experienced surgeons (group 1) and 20 first-year surgical residents (group 2) were included. Each participant completed four trials of the following tasks on the dV-Trainer[®]: Peg Board 2, Ring and Rail 1 and Suture Sponge 1. Performance was recorded using a computerized built-in scoring algorithm. Scores and metrics were compared between groups 1 and 2 and between the 1st and subsequent trials.

Results: The overall scores for Peg Board 2 (738.04 ± 267.83 vs 730.39 ± 225.31 , $p = 0.57$), Ring and Rail 1 (919.03 ± 242.69 vs 965.84 ± 222.96 , $p = 0.13$) and Suture Sponge 1 (563.62 ± 185.50 vs 560.99 ± 152.71 , $p = 0.67$) did not differ significantly between groups 1 and 2. Group 1 had better results for master workspace range in Peg Board 2 and Ring and Rail 1. Group 2 had higher scores for economy of motion in Peg Board 2 and Ring and Rail 1 and for excessive instrument force in Ring and Rail 1. In both groups, the overall scores in the 3rd or 4th trials were significantly higher than those in the 1st trial.

Conclusions: There is no significant difference in basic robotic surgical skills between laparoscopically experienced surgeons and laparoscopically naïve surgical residents. Some slight differences were observed in specific metrics, but these differences were not sufficient to change the final results. We may assume that laparoscopic experience should not be an essential step in the learning curve of robotic surgery.

Keywords: minimally invasive surgical procedures, robotics, laparoscopy, education, simulation training.

INTRODUÇÃO

Inovações na área da cirurgia têm por objetivo melhorar os resultados e também a segurança dos procedimentos realizados, traduzindo-se assim em melhor qualidade de vida para os pacientes. Dentre as mais recentes inovações na área cirúrgica destaca-se a crescente utilização de robôs na realização de procedimentos videolaparoscópicos. Desde a publicação em 2001 por Binder e Kramer (1) da primeira série de prostatectomias radicais laparoscópicas assistidas por robô, temos acompanhado um grande aumento no número de procedimentos de cirurgia robótica em várias especialidades, incluindo urologia, ginecologia, cirurgia do aparelho digestivo e cirurgia torácica (2).

O sistema cirúrgico robótico mais comumente utilizado no mundo é o da Vinci[®] Surgical System (dVSS), produzido pela Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA, EUA), atualmente o único sistema cirúrgico robótico aprovado nos Estados Unidos pelo *Food and Drug Administration*. Em 2016, aproximadamente 3.900 dVSS estavam em uso clínico e cerca de 753.000 procedimentos cirúrgicos assistidos por robô foram realizados no mundo, comparados com aproximadamente 652.000 e 570.000 procedimentos realizados em 2015 e 2014, respectivamente, o que corresponde a um crescimento anual nesse período em torno de 15% (3).

O rápido avanço da cirurgia robótica levou à necessidade de se criar um método de ensino dessa nova tecnologia direcionado para cirurgiões em treinamento e também para cirurgiões já em atividade. Assim como foi desenvolvido o conceito de fundamentos básicos de treinamento em cirurgia laparoscópica (4-6), esforços têm sido realizados com o objetivo de se desenvolver e validar um currículo de treinamento efetivo em cirurgia robótica (7-9).

Entretanto, alguns aspectos a respeito da aquisição de habilidades e treinamento em cirurgia robótica permanecem em aberto. A literatura abordando a influência da experiência prévia do cirurgião em procedimentos cirúrgicos laparoscópicos complexos na aquisição e desenvolvimento de habilidades em cirurgia robótica apresenta resultados conflitantes (10-13). Há dúvida se as habilidades cirúrgicas adquiridas em laparoscopia são transferidas para a cirurgia robótica, ou se haveria a necessidade de se atingir primeiramente um nível de excelência em laparoscopia, realizando procedimentos complexos de sutura e reconstrução, antes de se iniciar o treinamento específico em cirurgia robótica. A resposta a esses questionamentos tem implicações importantes no modo em que cirurgiões em treinamento e cirurgiões já em atividade, com ou sem experiência em cirurgia laparoscópica, devam ser treinados para a cirurgia robótica.

REVISÃO DA LITERATURA

1 HISTÓRICO

O termo robô deriva da palavra tcheca *robotnik*, que significa servo. Foi utilizada pela primeira vez pelo dramaturgo tcheco Karel Capek (1890-1938), em 1921, na peça teatral *Rossumovi Univerzální Roboti*, que retratava a criação de robôs para substituir o homem em tarefas pesadas. A tradução do título da peça para o inglês (*Rossum's Universal Robots*) marca a utilização da palavra *robot* pela primeira vez na língua inglesa. Atualmente podemos definir robô com sendo um dispositivo mecatrônico, isto é, utiliza recursos da mecânica, eletrônica e informática para seu funcionamento. Pode ser programado para realizar tarefas ou sequências de tarefas específicas de maneira automática ou ser controlado por uma interface mecânica ou computadorizada. A utilização de robôs em processos industriais iniciou ainda nos anos 1960, inicialmente com funções simples, como transferências de objetos de um ponto a outro, e atualmente são utilizados em muitos processos de automação industrial, com funções cada vez mais complexas.

O processo de aplicação de robôs na cirurgia iniciou nos anos 1970, como um projeto militar desenvolvido pela agência espacial americana (NASA) e exército americano. O objetivo principal era substituir a presença física do médico nos campos de batalha ou viagens espaciais. Abandonado como um projeto militar, as pesquisas prosseguiram sendo realizadas por indústrias civis. Nos anos 1980 e 1990 surgiram as primeiras gerações de robôs utilizados em procedimentos médicos, direcionados para a realização de procedimentos de precisão guiados por imagem, como biópsias cerebrais (14), ou procedimentos mais complexos, como ressecções prostáticas (15). Entretanto, essas plataformas apresentavam interfaces limitadas e

necessitavam um planejamento pré-procedimento muito complexo, o que acabou por limitar sua utilização.

A segunda geração de robôs surgiu nos anos 1990, agora constituídos de um console principal e de uma torre com braços robóticos. No console principal o cirurgião manipula os controles mestres, cujos movimentos são imediatamente transferidos para os braços robóticos, que executam os movimentos na cavidade do paciente. No final dos anos 1990, duas plataformas robóticas foram desenvolvidas e receberam aprovação nos Estados Unidos pelo *Food and Drug Administration*: o sistema cirúrgico Zeus[®] (Computer Motion, Goleta, CA, EUA) e o sistema cirúrgico da Vinci[®] (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, EUA). Em 2003, a Intuitive Surgical adquiriu a Computer Motion, encerrando o desenvolvimento do sistema Zeus[®] e seguindo com o sistema da Vinci[®], situação que permanece inalterada até hoje. Desde o primeiro modelo em 1999, outras três versões já foram lançadas: da Vinci S[®] (2006), da Vinci Si[®] (2009) e da Vinci Xi[®] (2014).

2 CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS DO USO DA PLATAFORMA ROBÓTICA

O sistema cirúrgico da Vinci[®] (dVSS) é equipado com câmera estereoscópica, permitindo visão em três dimensões no console do cirurgião, magnificação em até dez vezes e produzindo imagens em alta definição. A câmera é controlada diretamente pelo cirurgião, permitindo uma imagem estável, precisa e com redução de tremores. O cirurgião permanece no console principal, sentado e em posição ergonômica. Os quatro braços robóticos são comandados pelo cirurgião através do movimento de duas manoplas, que permitem ampla liberdade e precisão de movimentos. As pinças cirúrgicas apresentam a tecnologia EndoWrist[®], que imita os movimentos do punho humano, permitindo grande liberdade de

movimentos e facilitando a realização de movimentos complexos, como uma sutura intracavitária. Além disso, a movimentação dos braços robóticos e das pinças cirúrgicas é natural e intuitiva, o que significa que o movimento da mão do cirurgião para a direita promove o movimento da ponta da pinça também para a direita.

A cirurgia robótica agrega também as vantagens gerais da laparoscopia em relação à cirurgia aberta, como redução do trauma cirúrgico, redução da dor, redução das complicações relacionadas à incisão, como infecção de ferida operatória e hérnias, menor tempo de internação hospitalar, retorno mais precoce às atividades diárias e melhor resultado estético (16).

Dentre as limitações dessa tecnologia estão a completa ausência de sensibilidade e, principalmente, a ausência de percepção da força que está sendo empregada nas pinças cirúrgicas. Outra dificuldade é a complexidade para o posicionamento da torre com os braços robóticos em cirurgias que envolvem a manipulação de mais de um quadrante abdominal. Para solucionar essa questão de posicionamento, o último modelo, da Vinci Xi[®], apresenta os braços robóticos mais compactos e em posição mais ergonômica, o que permite a manipulação de mais de um quadrante abdominal sem a necessidade de se modificar a posição da torre.

Uma preocupação ao se utilizar equipamento com tantos componentes tecnológicos seria a possibilidade de mau funcionamento da plataforma durante o procedimento cirúrgico, o que poderia provocar riscos para o paciente ou uma piora no resultado final. Rajih et al. (17) avaliaram 1.228 procedimentos cirúrgicos utilizando o da Vinci Si[®] realizados em um centro acadêmico, identificando uma taxa de mau funcionamento do sistema cirúrgico de 4,97%. Nos casos em que ocorreu mau funcionamento, somente em um houve atraso no término da

cirurgia, sendo que não foi verificada nenhuma conversão para cirurgia aberta ou laparoscópica em função do mau funcionamento da plataforma robótica.

Outro aspecto a ser considerado é o alto custo do sistema robótico, representado pelo custo para aquisição do robô, custo para aquisição das pinças cirúrgicas (sendo que cada pinça necessita ser substituída após dez procedimentos) e também o custo mensal de manutenção do equipamento. Novas plataformas robóticas, como a Telelap Alf-X[®] (18, 19) e a AVRA, estão em desenvolvimento, o que no futuro próximo certamente contribuirá para a redução dos custos envolvidos em sua utilização.

3 APLICAÇÕES DA CIRURGIA ROBÓTICA

Desde o seu advento, a cirurgia robótica tem sido aplicada em um número cada vez maior de especialidades cirúrgicas. O potencial para sua utilização é imenso, teoricamente qualquer procedimento realizado por laparoscopia poderia ser realizado com a assistência do robô. Na ginecologia, a utilização da plataforma cirúrgica da Vinci[®] teve início em 2005. Desde então, a histerectomia tem sido o procedimento cirúrgico mais realizado e com maior crescimento. Outros procedimentos recentemente incorporados são a miomectomia, cirurgia da endometriose, reparos de prolapso genitais e procedimentos em neoplasias ginecológicas, como neoplasia de colo uterino, endométrio e ovário (20).

Na cirurgia digestiva, alguns trabalhos têm demonstrado benefícios com sua utilização na realização de miotomia de Heller (21), esofagectomia (22), cirurgia bariátrica (*Bypass gástrico em Y de Roux*) (23), duodenopancreatectomia (24), ressecções hepáticas (25), cirurgias colorretais (26) e correções de hérnias inguinais concomitantes a outros

procedimentos pélvicos (27). A urologia é uma das áreas em que a aplicação da cirurgia robótica está mais consolidada. O procedimento cirúrgico urológico assistido por robô mais realizado é a prostatectomia radical, com a primeira série de casos publicada em 2001 (1). Desde a publicação dessas séries iniciais, sua realização tem crescido de modo exponencial (28). Além da prostatectomia radical, alguns benefícios têm sido demonstrados na realização de prostatectomia simples (29), cistectomia radical (30), nefroureterectomia (31), nefrectomia parcial (32) e pieloplastia (33).

Na cirurgia torácica o primeiro relato de lobectomia assistida por robô para o tratamento de câncer foi publicado em 2002 (34). Estudos posteriores demonstraram que se trata de procedimento seguro e factível (35), entretanto ainda representa uma proporção pequena em relação ao total de lobectomias realizadas (36). Massas mediastinais, como nos tumores de timo, também têm sido abordadas com a assistência da cirurgia robótica, apresentando bons resultados iniciais (37). Em relação à cirurgia cardíaca, nos Estados Unidos o *Food and Drug Administration* aprovou em 2002 o uso do robô para cirurgias da válvula mitral e em 2004 para cirurgias de revascularização miocárdica. Entretanto, atualmente poucos centros no mundo têm adotado essa tecnologia em cirurgias cardíacas (38).

Como descrito acima, a cirurgia laparoscópica assistida por robô tem se mostrado factível e segura em vários procedimentos e em diversas especialidades. Não há dúvida de que seus avanços tecnológicos trazem facilidades para a realização de procedimentos complexos minimamente invasivos. Essas facilidades deveriam ser traduzidas em melhora nos desfechos e redução da taxa de complicações dos procedimentos cirúrgicos. Entretanto, sua avaliação em ensaios clínicos randomizados ainda é limitada, faltando ainda evidências que demonstrem claramente sua superioridade sobre a laparoscopia ou, em alguns casos, sobre a cirurgia aberta. Além disso, alguns fatores não médicos, como interesse econômico e marketing da instituição hospitalar, desejo do cirurgião de utilizar novas tecnologias e

marketing da própria indústria fabricante, podem estar influenciando na sua rápida e crescente utilização.

4 APRENDIZAGEM DA CIRURGIA ROBÓTICA

De acordo com o estudo de Lyons et al. (39), as habilidades essenciais necessárias para os procedimentos cirúrgicos robóticos, e que portanto deveriam ser capacitadas durante o treinamento, são: apreender e posicionar (apreender um objeto e colocá-lo em um local específico), transferência (transferir um objeto de uma mão para a outra no espaço), manipulação de punho (utilizar as vantagens proporcionadas pelos instrumentos com movimentos de punho), controle da câmera (manipular a câmera para obter a melhor visão possível), *clutching* (utilizar a função de *clutching* para otimizar a posição das mãos no console e minimizar o espaço de trabalho), controle do quarto braço (utilizar o quarto braço robótico para manipulação e melhor exposição dos tecidos), sutura (controlar a agulha e suturar de maneira eficiente e acurada) e energia (uso adequado da energia mono e bipolar).

Atualmente são utilizados para treinamento em cirurgia robótica simuladores virtuais, cursos de treinamento em modelos inanimados, animais ou cadavéricos, sistemas robóticos com console principal duplo e treinamento em casos cirúrgicos reais com auxílio de tutor mais experiente.

O treinamento utilizando diretamente o dVSS em objetos inanimados ou em modelos animais apresenta limitações técnicas, financeiras e éticas. Novos modelos de treinamento, utilizando blocos de peças anatômicas de animais com perfusão artificial, têm tentado superar em parte essas limitações (40). Entretanto, a menos que exista disponibilidade de uma unidade

robótica dedicada somente para o treinamento, o uso do dVSS para treinamento será possível somente nos momentos em que o mesmo não estiver sendo utilizado em cirurgias, o que limita muito o número de horas disponíveis para treinamento em centros de grande volume. A utilização de sistemas robóticos com console principal duplo e treinamento cirúrgico em casos reais com auxílio de um cirurgião mais experiente representa uma forma muito importante de treinamento. Entretanto, essa etapa de treinamento exige do aluno uma série de habilidades em cirurgia robótica que devem ser adquiridas previamente e já devem estar bastante consolidadas, visando assim diminuir ao máximo o impacto do treinamento no resultado final para o paciente.

Os simuladores virtuais de cirurgia foram idealizados no intuito de preencher esse espaço entre o treinamento básico e o início de casos cirúrgicos reais (41). O uso de simuladores virtuais para o ensino e treinamento em cirurgia laparoscópica já está bem estabelecido, inclusive com comprovação de transferência de habilidades adquiridas no ambiente virtual para cirurgias reais(42-44). Já no campo da cirurgia robótica, sua utilização tem sido objeto de intensivo estudo nos últimos anos (39, 45-50).

Um dos simuladores de cirurgia robótica disponíveis no mercado é o dV-Trainer[®] (dV-T), desenvolvido pela empresa Mimic Technologies, Seattle, WA, EUA. O dV-T é uma plataforma de realidade virtual compacta que reproduz a experiência do console principal do dVSS. A interface do simulador inclui um console com visor, controles manuais e pedais que funcionam de modo similar aos comandos do console principal do dVSS. O dV-T dispõe de exercícios direcionados para o desenvolvimento de habilidades no manuseio da tecnologia EndoWrist[®], controle da câmera e dos braços robóticos, controle e manuseio de agulhas e uso de energia. Um algoritmo é utilizado pelo dV-T para avaliar a performance do aluno em cada exercício realizado, em categorias como tempo para realização da tarefa, economia de movimentos, amplitude dos movimentos, colisão de instrumentos, força excessiva aplicada

aos instrumentos, instrumentos fora do campo de visão, queda de objetos e tarefas não realizadas (47). Os resultados da análise de desempenho do dV-T foram validados de maneira independente, podendo substituir a análise realizada por um cirurgião experiente em um laboratório de exercícios (51, 52).

Devemos considerar que o aprendizado de uma técnica cirúrgica, especialmente quando associada ao uso de novas tecnologias, é um processo bastante amplo e complexo. Outros fatores, além das habilidades motoras, como inteligência espacial, conhecimento anatômico, experiências cirúrgicas prévias, estresse psicológico, julgamento clínico e capacidade de trabalho em equipe, podem de certa forma influenciar esse aprendizado e, em última instância, os resultados finais de um procedimento cirúrgico para o paciente. Especificamente em relação ao estresse psicológico, está em desenvolvimento um currículo de treinamento de habilidades mentais, tendo como objetivo auxiliar o cirurgião a manejar adequadamente situações de estresse durante o procedimento cirúrgico, melhorando assim seu desempenho e, conseqüentemente, seus resultados cirúrgicos finais (53, 54).

Além disso, vivemos em uma sociedade em que dispositivos de alta tecnologia já fazem parte da vida diária das pessoas. A próxima geração de cirurgiões nasceu, cresceu e se desenvolveu em um período de grandes transformações tecnológicas, pertencendo ao que se chama de geração de nativos digitais. Através de suas correlações com esse meio digital, adquiriram competências e habilidades que lhes permitem desenvolver diferentes atividades a partir desses novos dispositivos tecnológicos. Especialmente na cirurgia robótica talvez essa questão de familiaridade com a tecnologia possa, de alguma forma, facilitar sua aprendizagem. Nesse sentido alguns estudos encontraram associação entre o uso de jogos eletrônicos e a aquisição de habilidades robóticas (55), porém, em outros trabalhos, essa associação não foi encontrada (56, 57).

5 EXPERIÊNCIA PRÉVIA EM LAPAROSCOPIA E DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES EM CIRURGIA ROBÓTICA

A cirurgia laparoscópica e a cirurgia laparoscópica assistida por robô, ou simplesmente cirurgia robótica, apresentam algumas semelhanças. Ambas são técnicas minimamente invasivas, em que a cavidade abdominal, após ser inflada com gás inerte (dióxido de carbono), é acessada através de trocartes, pelos quais são introduzidas as pinças de trabalho, e as imagens produzidas por uma óptica introduzida na cavidade, acoplada a uma câmera de vídeo, guiam o cirurgião em seu trabalho. Outra semelhança entre as duas técnicas reside no fato de se trabalhar em uma cavidade fechada, geralmente com espaço reduzido, devendo o cirurgião habituar-se a trabalhar com suas pinças e instrumentos nesse ambiente limitado. Entretanto, os avanços tecnológicos introduzidos pela plataforma robótica citados anteriormente, como por exemplo a visão em três dimensões, a ampla liberdade de movimentos propiciados pelas pinças, os movimentos dos braços robóticos e das pinças seguindo de modo natural o movimento da mão do cirurgião e a possibilidade de ambidestria (58) fazem com que as habilidades essenciais necessárias para a boa execução de cada técnica sejam, pelo menos em parte, diferentes.

Os dados relatados na literatura abordando a influência da experiência prévia do cirurgião em procedimentos cirúrgicos laparoscópicos complexos na aquisição e desenvolvimento de habilidades em cirurgia robótica apresentam resultados conflitantes. Cirurgiões com experiência em cirurgia aberta iniciaram a realização de procedimentos cirúrgicos robóticos avançados, que exigem suturas e reconstruções complexas, sem experiência ou treinamento prévio em laparoscopia, obtendo resultados semelhantes e em alguns aspectos até melhores em algumas variáveis quando comparados aos seus próprios resultados em cirurgia aberta (10, 11). Do mesmo modo, cirurgiões já com experiência em

cirurgia laparoscópica relataram uma menor curva de aprendizado quando começaram a realizar procedimentos utilizando o sistema robótico (12).

Teishima et al. (59) avaliaram o impacto das habilidades prévias em laparoscopia no aprendizado da cirurgia robótica utilizando o dV-T. Um grupo de dez cirurgiões laparoscópicos (grupo A) foi comparado a um grupo de treze cirurgiões urológicos, sem experiência em laparoscopia (grupo B). Cada cirurgião realizou seis exercícios no dV-T: *Pick and Place*, *Peg Board*, *Rope Walk*, *Thread and Rings*, *Suture Sponge* e *Energy Dissection*, repetindo quatro vezes cada um. Considerando o escore geral da quarta tentativa de cada exercício, não houve diferença significativa entre o grupo A e o grupo B (*Pick and Place* $88,7 \pm 7,9$ vs $91,3 \pm 5,3$; $p = 0,38$), (*Peg Board* $69,4 \pm 16,0$ vs $73,4 \pm 13,5$; $p = 0,61$), (*Rope Walk* $95,8 \pm 4,7$ vs $91,8 \pm 7,6$; $p = 0,13$), (*Thread and Rings* $74,7 \pm 11,9$ vs $71,3 \pm 11,0$; $p = 0,23$), (*Suture Sponge* $59,1 \pm 19,5$ vs $49,1 \pm 7,0$; $p = 0,10$) e (*Energy Dissection* $74,6 \pm 10,4$ vs $74,0 \pm 12,0$; $p = 0,85$). Em apenas um dos exercícios realizados (*Suture Sponge*), houve um melhor desempenho dos cirurgiões laparoscópicos, mas somente na segunda ($53,5 \pm 12,1$ vs $42,3 \pm 11,9$; $p = 0,02$) e terceira repetições ($60,0 \pm 12,0$ vs $45,9 \pm 8,5$; $p = 0,004$). Os autores concluíram que a familiaridade com a cirurgia laparoscópica não está associada a vantagem no aprendizado das técnicas mais fundamentais da cirurgia robótica.

Do mesmo modo, Yoo et al. (60) avaliaram a performance de onze pós-graduandos em cirurgia, já com experiência em laparoscopia, comparada a um grupo de quatorze estudantes de medicina. Cada indivíduo realizou três exercícios diferentes no dV-T (*Pick and Place*, *Peg Board* e *Match Board*). Considerando o escore geral de cada exercício, não houve diferença significativa entre o grupo de pós-graduandos e estudantes (*Pick and Place* $67,55 \pm 17,25$ vs $75,71 \pm 10,41$; $p = 0,33$), (*Peg Board* $51,36 \pm 18,27$ vs $41,56 \pm 16,31$; $p = 0,23$) e (*Match Board* $43,30 \pm 13,34$ vs $42,31 \pm 14,19$; $p = 0,70$). Avaliando cada métrica separadamente, em um dos exercícios (*Peg Board*), o grupo de cirurgiões com experiência em laparoscopia

apresentou melhor resultado em relação ao número de colisões de instrumentos ($1,18 \pm 1,6$ vs $4,11 \pm 2,98$; $p = 0,01$) e número de quedas ($1,00 \pm 1,01$ vs $2,67 \pm 1,80$; $p = 0,02$). A conclusão desse estudo também foi de que a habilidade robótica não é significativamente influenciada pela experiência prévia em laparoscopia.

A realização da sutura intracorpórea é um dos aspectos técnicos mais desafiadores na realização de procedimentos minimamente invasivos. Nesse sentido, Sumi et al. (61) compararam a curva de aprendizado da sutura robótica de um cirurgião com experiência em cirurgia laparoscópica e outro sem essa experiência, durante um período de treinamento de 5 horas. As suturas foram realizadas em animais, utilizando o dVSS, e consistiam em cinco pontos equidistantes em uma incisão transversa. Houve uma diferença significativa no tempo requerido para completar o primeiro ponto entre o cirurgião experiente em laparoscopia e o não experiente ($76,4 \pm 11,93$ segundos vs $123,8 \pm 16,35$ segundos; $p < 0,001$). Os dois cirurgiões foram melhorando progressivamente o seu desempenho e atingiram um *plateau* ao fim de noventa minutos de treinamento, não havendo mais diferença significativa entre os dois a partir desse tempo ($p = 0,22$). No final do experimento o tempo médio para um ponto do cirurgião experiente foi de $37 \pm 4,97$ segundos e para o cirurgião não experiente $45 \pm 3,14$ segundos. Esses achados levaram os autores a concluir que um curto intervalo de treinamento já seria o suficiente para se atingir um nível técnico aceitável na realização de sutura intracorpórea com auxílio do robô, tanto para um cirurgião experiente em laparoscopia como para um sem essa experiência.

Passerotti et al. (62) compararam a curva de aprendizado de habilidades em cirurgia robótica em um grupo de doze cirurgiões experientes em laparoscopia e um grupo de trinta e um iniciantes. Foram realizados três exercícios (*Peg Transfer*, *Precision Cutting* e *Simple Suturing*) em cinco sessões de treinamento em laparoscopia e robótica, sendo que no treinamento em robótica foi utilizado o dVSS. Para o exercício *Peg Transfer* ambos os grupos

atingiram um *plateau* após a terceira sessão de treinamento e apresentaram magnitude semelhante de melhora no desempenho (68% no grupo de cirurgiões experientes vs 67% no grupo de iniciantes). Em todas as sessões desse exercício o grupo experiente necessitou um tempo menor para completar a tarefa (230 segundos vs 260 segundos, $p < 0,01$). No exercício *Precision Cutting*, o grupo com experiência em laparoscopia atingiu um *plateau* após a segunda sessão e o grupo de iniciantes após a quarta sessão, já a magnitude de melhora foi de 36% no grupo experiente e de 66% no grupo de iniciantes. Em todas as sessões o grupo experiente necessitou um tempo menor para completar a tarefa (120 segundos vs 160 segundos, $p < 0,01$). No último exercício realizado, *Simple Suturing*, o grupo com experiência em laparoscopia atingiu um *plateau* após a segunda sessão e o grupo de iniciantes após a quarta sessão. De modo semelhante aos outros exercícios, o grupo experiente completou a tarefa em um tempo menor (150 segundos vs 220 segundos, $p < 0,01$). Apesar de se verificar algumas diferenças entre os dois grupos, especialmente nas primeiras sessões, após o término do treinamento o grupo de iniciantes adquiriu habilidades robóticas de maneira similar ao grupo de cirurgiões experientes, sendo concluído pelos autores que experiência prévia em laparoscopia não seria um requisito absoluto para o aprendizado de robótica.

Por outro lado, Panait et al. (63) estudaram a transferência de habilidades em cirurgia laparoscópica para a cirurgia robótica, avaliando um grupo de quatorze estudantes de medicina e um grupo de quatorze residentes de cirurgia, com graus variados de experiência em laparoscopia e nenhuma experiência em robótica. Três exercícios de laparoscopia foram realizados (*Peg Transfer*, *Circle Cutting* e *Intracorporeal Suturing*), utilizando uma caixa de treinamento em laparoscopia e o dVSS. Analisando os dois grupos em conjunto, nos exercícios *Peg Transfer* e *Circle Cutting* os escores foram semelhantes utilizando a caixa de treinamento em laparoscopia e o dVSS (90 vs 90 e 52 vs 47, $p > 0,05$). Para o exercício envolvendo sutura intracorpórea, novamente considerando o grupo como um todo, os escores

foram melhores quando se utilizou o dVSS para a sua realização (80 vs 53; $p < 0,001$). Em uma análise do subgrupo de cinco residentes com experiência em laparoscopia, os escores para o exercício mais simples (*Peg Transfer*), que envolvia somente pegar e transferir de local um objeto, foram melhores quando utilizada a laparoscopia em comparação ao uso da robótica (105 vs 92, $p < 0,05$). Para os exercícios mais complexos (*Circle Cutting* e *Intracorporeal Suturing*), que envolviam sutura intracorpórea e corte em círculo, os escores foram semelhantes entre as duas modalidades (64 ± 9 vs 69 ± 15 e 95 ± 3 vs 92 ± 10 ; $p > 0,05$). Segundo os autores, esses achados poderiam significar que, nesse pequeno subgrupo, houve uma transferência de habilidades de cirurgia laparoscópica para a robótica.

De modo similar, Kim et al. (64) compararam um grupo de dez estudantes de medicina e um grupo de dez cirurgiões com experiência em laparoscopia. Foram realizados três exercícios (pegar e largar objeto em local específico, colocar um anel em um cone e sutura) em uma caixa de treinamento de laparoscopia e no dVSS, cada um repetido por duas vezes. Quando se utilizou a caixa de treinamento em laparoscopia, o grupo com experiência laparoscópica apresentou melhores resultados nos três exercícios. Quando se utilizou a plataforma robótica, o grupo com experiência em laparoscopia apresentou melhor resultado somente no exercício que envolvia a realização de sutura, tanto na primeira tentativa (193,2 segundos vs 284,1 segundos; $p = 0,01$) como na segunda (133,2 segundos vs 236,3 segundos; $p = 0,03$). Resultados semelhantes foram obtidos no estudo conduzido por Finnerty et al. (56), em que um grupo formado por oito residentes seniores, com maior experiência em laparoscopia, apresentou um escore geral superior no exercício *Suture Sponge*, quando comparado aos grupos de estudantes de medicina e residentes em nível inicial ou intermediário, com menor experiência em laparoscopia (61 vs 43 vs 43 vs 55; $p = 0,039$). Adicionalmente, nesse estudo não se verificou uma associação entre as habilidades em cirurgia robótica e o histórico de uso de jogos eletrônicos, sexo ou idade.

Levando em conta um número maior de variáveis, Hagen et al. (57) avaliaram a influência de elementos do quociente de inteligência (QI), habilidades em jogos eletrônicos e habilidades manuais na performance de três exercícios com o dVSS (colocar um anel em um cone, sutura e passar uma agulha através de um pequeno gancho) em um grupo de dezesseis cirurgiões com treinamento em laparoscopia e um grupo de dezoito estudantes de medicina ou residentes sem experiência em laparoscopia. Cada exercício foi repetido 10 vezes, e o desempenho foi avaliado pelo tempo necessário para completar a tarefa. Das variáveis analisadas, a experiência em laparoscopia foi a única associada a um melhor desempenho. A mediana da soma dos tempos para completar os exercícios no grupo com experiência em laparoscopia foi de 903 minutos (652-1869), comparada a 7247 minutos (1423 - 17566) no grupo sem experiência ($p < 0,05$).

Estudo conduzido por Thomaier et al (65) avaliou a transferência de habilidades laparoscópicas e robóticas em um ambiente de simulação, estudando um grupo de 40 estudantes de medicina sem experiência em simulação laparoscópica ou robótica. Todos os participantes realizaram uma avaliação basal das habilidades laparoscópicas, completando o exercício *Peg Transfer* (Fundamentos de Cirurgia Laparoscópica, Los Angeles, CA, EUA), e robóticas, completando o exercício *Peg Board 1* (dV-Trainer[®]). Após isso foram divididos em dois grupos, um grupo realizou sessão prática de treinamento em simulador de laparoscopia e outro em simulador de robótica, repetindo cada um dos exercícios (*Peg Transfer* e *Peg Board 1*) por 10 vezes. No mesmo dia, ao final do treinamento, foi realizada uma nova sessão de avaliação, com a realização dos mesmos exercícios nos dois simuladores. Após o treinamento, o grupo que realizou o treinamento em laparoscopia concluiu o exercício de laparoscopia em um menor tempo em comparação ao grupo que realizou o treinamento em robótica (100 ± 29 segundos vs 158 ± 66 segundos; $p < 0,003$) e com um melhor escore ($22,5 \pm 3,8$ vs $16,3 \pm 4,1$; $p < 0,001$). De modo semelhante, após o treinamento, o grupo que realizou o treinamento em

robótica concluiu o exercício de robótica em um menor tempo em comparação ao grupo que realizou o treinamento em laparoscopia (71 ± 23 segundos vs 120 ± 42 segundos; $p < 0,001$) e com um melhor escore ($23,5 \pm 6,7$ vs $16,9 \pm 5,4$; $p < 0,006$). O grupo que realizou o treinamento em robótica melhorou também seu desempenho no exercício de laparoscopia, assim como o grupo que realizou o treinamento em laparoscopia também melhorou seu desempenho no exercício de robótica, sendo observado porém que o maior percentual de melhora ocorreu na modalidade para a qual foi realizado o treinamento. Segundo os autores esses achados demonstrariam certa transferência de habilidades entre as duas modalidades cirúrgicas.

6 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE INSTRUMENTOS E CURRÍCULOS DE TREINAMENTO EM CIRURGIA ROBÓTICA

No campo do ensino e treinamento de habilidades cirúrgicas os termos validade, ou validação, apresentam significados amplos, dependendo do contexto em que estão sendo utilizados. As validades analisadas para que determinado instrumento possa ser utilizado para treinar e avaliar as habilidades cirúrgicas do aluno, especialmente no caso de se tratar de simulador de realidade virtual, são: validade de realismo, que avalia o realismo das imagens e movimentos; validade de construção, capacidade do instrumento diferenciar cirurgiões experientes de iniciantes; validade de contexto, examina a capacidade do instrumento ensinar o que é proposto; validade de concordância, avalia se os resultados dos testes se correlacionam com o teste padrão-ouro existente; e validade de predição, avalia a capacidade do instrumento prever a performance do aluno em uma cirurgia real (66).

Além das características acima mencionadas, dois aspectos importantes também devem ser considerados quando se estuda a validade de um instrumento ou currículo de treinamento em cirurgia. Um deles envolve o conceito de curva de aprendizado, inicialmente desenvolvido por Wright (67), no qual o treinamento deve desenvolver habilidades e conseqüentemente melhorar os resultados. Na prática tem sido utilizado como critério para definir a curva de aprendizado em cirurgia o tempo cirúrgico e o número de procedimentos que um cirurgião médio necessita para se tornar capaz de realizar um procedimento com um resultado razoável (68). Outro aspecto importante diz respeito à capacidade de transferência de habilidades, isto é, a possibilidade de que as habilidades treinadas sejam efetivamente transferidas do ambiente de ensino para uma cirurgia real. De uma forma abrangente e completa, para a devida validação de um currículo de treinamento ele deveria contemplar todas as validades descritas acima e também estar associado a uma redução da curva de aprendizado e a uma comprovada transferência de habilidades para a cirurgia real.

A comprovação da validade de predição, da redução da curva de aprendizado e da transferência de habilidades para um cenário de cirurgia real apresenta grandes dificuldades, visto que necessita a realização de procedimentos cirúrgicos reais, o que significaria uma elevação dos custos e dos riscos associados. Para essa avaliação podem ser utilizados instrumentos objetivos de análise do desempenho cirúrgico, como o *Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS)*, que avalia cinco domínios: percepção de profundidade, destreza bimanual, eficiência, manipulação dos tecidos e autonomia (69, 70). De modo similar, na cirurgia robótica pode ser utilizado como instrumento de avaliação o *Global Evaluation Assessment of Robotic Surgery (GEARS)*, que avalia seis domínios: percepção de profundidade, destreza bimanual, eficiência, sensibilidade de força, autonomia e controle robótico (71, 72).

A cirurgia laparoscópica já conta com modelos de treinamento utilizando simuladores estruturados e validados para o desenvolvimento de habilidades fundamentais. Um dos programas mais utilizados é o Fundamentos em Cirurgia Laparoscópica (FLS), desenvolvido pela Sociedade Americana de Cirurgia Gastrointestinal Endoscópica, com a aprovação do Colégio Americano de Cirurgiões (6, 73), e que vem sendo largamente utilizado nos Estados Unidos, inclusive como requisito para a obtenção da licença médica como cirurgião (74). Esse programa visa consolidar conhecimentos teóricos fundamentais, capacidade de julgamento e habilidades técnicas necessárias para a cirurgia laparoscópica. Consiste em um período de aprendizagem cognitiva, treinamento prático das habilidades e um exame supervisionado, que propicia ao cirurgião em treinamento a oportunidade de verificar e documentar suas habilidades (74). Estudo recente demonstrou correlação entre os resultados obtidos no FLS e desfechos cirúrgicos em casos reais avaliados através do GOALS (75).

Seguindo o mesmo princípio da laparoscopia, estudos têm sido realizados com o objetivo de se validar e estabelecer um programa progressivo de treinamento em simuladores de cirurgia robótica. Desde 2008, vários estudos têm avaliado o uso do dV-T em relação à validade de realismo, construção, contexto, concordância e predição (41, 46-48, 76, 77). Especificamente em relação à validade de construção, cirurgiões com experiência em robótica tiveram resultados melhores quando comparados a cirurgiões sem experiência em praticamente todas as variáveis, incluindo escore total, tempo para realização dos exercícios, número de movimentos e número de colisões de instrumentos (46, 48, 52, 77). Em termos de treinamento, tanto o dV-T quanto o dVSS, quando utilizados em um laboratório de treinamento inanimado, foram eficazes em melhorar as habilidades cirúrgicas robóticas quando comparados ao não treinamento (47). Do mesmo modo, o treinamento no dV-T se mostrou equivalente ao treinamento no dVSS em relação ao ganho de habilidades cirúrgicas

robóticas, particularmente em relação ao uso da tecnologia EndoWrist[®] e aos movimentos da câmera e braços robóticos (41)

Tillou et al. (7) desenvolveram um modelo de treinamento em simulador avaliado em um grupo de trinta e dois cirurgiões, demonstrando um rápido progresso na aquisição de habilidades. Do mesmo modo, Hogg et al. (9) avaliaram currículo de treinamento em simulador em um grupo de dezessete cirurgiões, demonstrando também a aquisição de habilidades. Outro aspecto importante é a possibilidade de se estabelecer um objetivo específico a ser alcançado no treinamento em simulador. Estudo conduzido por Raison et al. (78) estabeleceu os escores obtidos no simulador por cirurgiões experientes em robótica, sugerindo esses valores como o nível a ser atingido durante o treinamento.

Uma importante iniciativa em andamento é o desenvolvimento de um currículo de treinamento chamado Fundamentos da Cirurgia Robótica (FRS). Trata-se de uma iniciativa multicêntrica, com base no Hospital Nicholson Center, Flórida, EUA, que vem elaborando uma estratégia de treinamento abrangente, envolvendo quatro módulos: introdução ao sistema cirúrgico robótico, instruções didáticas do sistema cirúrgico robótico, desenvolvimento de habilidades psicomotoras e por fim treinamento de equipe associado a habilidades de comunicação. Atualmente esse currículo de treinamento encontra-se ainda em fase de validação (79).

Estudos também têm tentado definir modelos de treinamentos estruturados, específicos para determinado procedimento cirúrgico, como o currículo de treinamento robótico da Associação Europeia de Urologia (EAU) (80). Esse modelo de treinamento é direcionado para a realização da prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô, realizado em um período de 12 semanas e consistindo em treinamento teórico, treinamento em simulador virtual, treinamento em modelos sintéticos, animais e cadavéricos e por fim realização de

procedimentos cirúrgicos, divididos inicialmente em módulos, orientados por cirurgião experiente. Esse modelo foi validado em um grupo pequeno de cirurgiões em treinamento, obtendo bons resultados iniciais (81), mas necessitando ainda ser avaliado em um grupo maior de cirurgiões e em um cenário multicêntrico. De forma semelhante, estudo piloto conduzido por Hung et al (82) desenvolveu modelo de treinamento dividido em módulos, apresentando bons resultados iniciais quando avaliado em um grupo de 21 cirurgiões.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS DA CIRURGIA ROBÓTICA

Vivemos tempos de grande e rápido desenvolvimento tecnológico e a capacidade humana de inovar não tem limites. Esse desenvolvimento também trará mudanças e aperfeiçoamentos nos equipamentos que hoje utilizamos em procedimentos cirúrgicos e, com as plataformas cirúrgicas robóticas, não seria diferente. Algumas inovações, como a fusão em tempo real de imagens de exames à visão do campo cirúrgico, utilizando o conceito de realidade aumentada, já estão em fase adiantada de desenvolvimento. Assim como o conceito de cirurgia laparoscópica por portal único ou por orifício natural, que já foi adaptado para a cirurgia robótica, com o desenvolvimento de pinças robóticas especiais para a sua realização.

A possibilidade de realização de cirurgias à distância também já é uma realidade, apesar de ainda apresentar algumas limitações técnicas. Talvez nesse sentido a maior questão resida no campo da ética, isto é, o cirurgião principal não estaria ao lado do paciente, mas à distância. Uma possibilidade seria utilizar essa tecnologia como uma extensão da parte final de um programa de treinamento. Um tutor mais experiente estaria à distância, acompanhando o procedimento cirúrgico em tempo real e em condições de realizar intervenções, mas o

cirurgião principal estaria junto ao paciente e já em condições de realizar o procedimento por conta própria.

A maior fronteira seria a possibilidade de automatizar a plataforma cirúrgica para realizar determinados movimentos pré-programados. Desse modo alguns passos do procedimento cirúrgico, como uma anastomose, ou até mesmo todo o procedimento, seriam realizados de forma autônoma pelo robô. Ele seria abastecido previamente com dados anatômicos e patológicos de exames do paciente e ainda poderia contar com parâmetros obtidos em tempo real coletados diretamente do campo cirúrgico. De certa forma esse processo de automatização já foi iniciado, visto que parte dos movimentos de posicionamento dos braços robóticos do modelo da Vinci Xi[®] já pode ser realizado pelo próprio robô. Essa tecnologia de forma alguma poderia substituir o cirurgião, assim como o piloto automático na aviação não substitui o comandante e sua equipe, mas poderia reduzir a fadiga do cirurgião, talvez minimizar a possibilidade de erros e provavelmente reduzir o tempo cirúrgico.

8 CONCLUSÃO

A cirurgia robótica já é uma realidade e o número de procedimentos cirúrgicos utilizando essa tecnologia vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, em várias especialidades. Dentre as vantagens na sua utilização estão a visão em três dimensões, a ampla liberdade de movimentos propiciados pelas pinças e o fato do movimento dos braços robóticos e das pinças seguir de modo natural o movimento da mão do cirurgião.

Esse rápido avanço da cirurgia robótica traz consigo a necessidade de se desenvolver um método de ensino eficaz dessa nova tecnologia. Simuladores virtuais, cursos de

treinamento em modelos inanimados, animais ou cadavéricos, sistemas robóticos com console principal duplo e treinamento em casos cirúrgicos reais com auxílio de tutor mais experiente têm sido estratégias adotadas para esse aprendizado. Entretanto, ainda não dispomos de um currículo de treinamento estabelecido e devidamente validado.

Um dos pontos ainda em debate é a influência da experiência prévia em laparoscopia na aquisição e desenvolvimento de habilidades em cirurgia robótica. Novos estudos são necessários nesse sentido, visto que a resposta a esse questionamento terá implicações importantes na construção do currículo de treinamento em cirurgia robótica.

JUSTIFICATIVA

Até o presente momento não existe um protocolo estabelecido e devidamente validado para o ensino e treinamento de habilidades em cirurgia robótica. A literatura abordando a influência da experiência prévia do cirurgião em procedimentos cirúrgicos laparoscópicos complexos na aquisição e desenvolvimento de habilidades em cirurgia robótica apresenta resultados conflitantes. Há dúvida quanto à necessidade de se atingir um nível de excelência em laparoscopia, realizando procedimentos complexos de sutura e reconstrução, antes de iniciar o treinamento específico em cirurgia robótica. A resposta a esse questionamento tem implicações importantes no modo em que cirurgiões em treinamento e cirurgiões já em atividade, com ou sem experiência em cirurgia laparoscópica, devem ser treinados para a cirurgia robótica.

HIPÓTESE

Não há diferença nas habilidades básicas em cirurgia robótica, avaliadas pelo simulador virtual de cirurgia robótica dV-Trainer[®], entre cirurgiões com experiência em laparoscopia avançada e residentes do primeiro ano de cirurgia geral.

OBJETIVOS

1 PRINCIPAL

Comparar as habilidades básicas em cirurgia robótica entre um grupo de cirurgiões com experiência em laparoscopia avançada e um grupo de residentes do primeiro ano de cirurgia geral, utilizando o simulador virtual de cirurgia robótica dV-Trainer[®].

2 SECUNDÁRIO

Avaliar se a repetição dos exercícios no simulador virtual de cirurgia robótica dV-Trainer[®] é acompanhada de uma melhora nos seus resultados.

REFERÊNCIAS

1. Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int.* 2001;87(4):408-10.
2. Tsui C, Klein R, Garabrant M. Minimally invasive surgery: national trends in adoption and future directions for hospital strategy. *Surg Endosc.* 2013.
3. Intuitive Surgical Annual Report 2016 [acesso em março de 2017]. Disponível em: http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NASDAQ_ISRIG_2016.pdf.
4. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg.* 2013;257(4):586-93.
5. Sweet RM, Beach R, Sainfort F, Gupta P, Reihlsen T, Poniatoski LH, et al. Introduction and validation of the American Urological Association Basic Laparoscopic Urologic Surgery skills curriculum. *J Endourol.* 2012;26(2):190-6.
6. Okrainec A, Soper NJ, Swanstrom LL, Fried GM. Trends and results of the first 5 years of Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) certification testing. *Surg Endosc.* 2011;25(4):1192-8.
7. Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ.* 2016;73(5):870-8.
8. Lovegrove C, Novara G, Mottrie A, Guru KA, Brown M, Challacombe B, et al. Structured and Modular Training Pathway for Robot-assisted Radical Prostatectomy (RARP): Validation of the RARP Assessment Score and Learning Curve Assessment. *Eur Urol.* 2016;69(3):526-35.
9. Hogg ME, Tam V, Zenati M, Novak S, Miller J, Zureikat AH, et al. Mastery-Based Virtual Reality Robotic Simulation Curriculum: The First Step Toward Operative Robotic Proficiency. *J Surg Educ.* 2016.

10. Rocco B, Matei DV, Melegari S, Ospina JC, Mazzoleni F, Errico G, et al. Robotic vs open prostatectomy in a laparoscopically naive centre: a matched-pair analysis. *BJU Int.* 2009;104(7):991-5.
11. Kim IK, Kang J, Park YA, Kim NK, Sohn SK, Lee KY. Is prior laparoscopy experience required for adaptation to robotic rectal surgery?: Feasibility of one-step transition from open to robotic surgery. *Int J Colorectal Dis.* 2014;29(6):693-9.
12. Tobias-Machado M, Mitre AI, Rubinstein M, Costa EF, Hidaka AK. Robotic-assisted radical prostatectomy learning curve for experienced laparoscopic surgeons: does it really exist? *Int Braz J Urol.* 2016;42(1):83-9.
13. Stolzenburg JU, Qazi HA, Holze S, Mende M, Nicolaus M, Franz T, et al. Evaluating the learning curve of experienced laparoscopic surgeons in robot-assisted radical prostatectomy. *J Endourol.* 2013;27(1):80-5.
14. Kwoh YS, Hou J, Jonckheere EA, Hayati S. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1988;35(2):153-60.
15. Harris SJ, Arambula-Cosio F, Mei Q, Hibberd RD, Davies BL, Wickham JE, et al. The Probot--an active robot for prostate resection. *Proc Inst Mech Eng H.* 1997;211(4):317-25.
16. Trinh QD, Sammon J, Sun M, Ravi P, Ghani KR, Bianchi M, et al. Perioperative outcomes of robot-assisted radical prostatectomy compared with open radical prostatectomy: results from the nationwide inpatient sample. *Eur Urol.* 2012;61(4):679-85.
17. Rajih E, Tholomier C, Cormier B, Samouëlian V, Warkus T, Liberman M, et al. Error reporting from the da Vinci surgical system in robotic surgery: A Canadian multispecialty experience at a single academic centre. *Can Urol Assoc J.* 2017;11(5):E197-E202.

18. Falavolti C, Gidaro S, Ruiz E, Altobelli E, Stark M, Ravasio G, et al. Experimental Nephrectomies Using a Novel Telesurgical System: (The Telelap ALF-X)-A Pilot Study. *Surg Technol Int.* 2014;25:37-41.
19. Gidaro S, Altobelli E, Falavolti C, Bove AM, Ruiz EM, Stark M, et al. Vesicourethral anastomosis using a novel telesurgical system with haptic sensation, the Telelap Alf-X: a pilot study. *Surg Technol Int.* 2014;24:35-40.
20. Bouquet de Joliniere J, Librino A, Dubuisson JB, Khomsi F, Ben Ali N, Fadhlaoui A, et al. Robotic Surgery in Gynecology. *Front Surg.* 2016;3:26.
21. Huffmanm LC, Pandalai PK, Boulton BJ, James L, Starnes SL, Reed MF, et al. Robotic Heller myotomy: a safe operation with higher postoperative quality-of-life indices. *Surgery.* 2007;142(4):613-8; discussion 8-20.
22. Clark J, Sodergren MH, Purkayastha S, Mayer EK, James D, Athanasiou T, et al. The role of robotic assisted laparoscopy for oesophagogastric oncological resection; an appraisal of the literature. *Dis Esophagus.* 2011;24(4):240-50.
23. Hagen ME, Pugin F, Chassot G, Huber O, Buchs N, Iranmanesh P, et al. Reducing cost of surgery by avoiding complications: the model of robotic Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg.* 2012;22(1):52-61.
24. Pessaux P, Diana M, Soler L, Piardi T, Mutter D, Marescaux J. Robotic duodenopancreatectomy assisted with augmented reality and real-time fluorescence guidance. *Surg Endosc.* 2014;28(8):2493-8.
25. Lai EC, Tang CN, Li MK. Robot-assisted laparoscopic hemi-hepatectomy: technique and surgical outcomes. *Int J Surg.* 2012;10(1):11-5.
26. Trastulli S, Farinella E, Cirocchi R, Cavaliere D, Avenia N, Sciannameo F, et al. Robotic resection compared with laparoscopic rectal resection for cancer: systematic review and meta-analysis of short-term outcome. *Colorectal Dis.* 2012;14(4):e134-56.

27. Rogers T, Parra-Davila E, Malcher F, Hartmann C, Mastella B, de Araújo G, et al. Robotic radical prostatectomy with concomitant repair of inguinal hernia: is it safe? *J Robot Surg.* 2017.
28. Jeong W, Kumar R, Menon M. Past, present and future of urological robotic surgery. *Investig Clin Urol.* 2016;57(2):75-83.
29. Leslie S, Abreu AL, Chopra S, Ramos P, Park D, Berger AK, et al. Transvesical robotic simple prostatectomy: initial clinical experience. *Eur Urol.* 2014;66(2):321-9.
30. Ahmed K, Khan SA, Hayn MH, Agarwal PK, Badani KK, Balbay MD, et al. Analysis of intracorporeal compared with extracorporeal urinary diversion after robot-assisted radical cystectomy: results from the International Robotic Cystectomy Consortium. *Eur Urol.* 2014;65(2):340-7.
31. Darwiche F, Swain S, Kallingal G, Punnen S, Manoharan M, Parekh DJ, et al. Operative technique and early experience for robotic-assisted laparoscopic nephroureterectomy (RALNU) using da Vinci Xi. *Springerplus.* 2015;4:298.
32. Zhang X, Shen Z, Zhong S, Zhu Z, Wang X, Xu T. Comparison of peri-operative outcomes of robot-assisted vs laparoscopic partial nephrectomy: a meta-analysis. *BJU Int.* 2013;112(8):1133-42.
33. Uberoi J, Disick GI, Munver R. Minimally invasive surgical management of pelvico-ureteric junction obstruction: update on the current status of robotic-assisted pyeloplasty. *BJU Int.* 2009;104(11):1722-9.
34. Melfi FM, Menconi GF, Mariani AM, Angeletti CA. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21(5):864-8.
35. Veronesi G, Galetta D, Maisonneuve P, Melfi F, Schmid RA, Borri A, et al. Four-arm robotic lobectomy for the treatment of early-stage lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(1):19-25.

36. Yamashita S, Yoshida Y, Iwasaki A. Robotic Surgery for Thoracic Disease. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;22(1):1-5.
37. Marulli G, Rea F, Melfi F, Schmid TA, Ismail M, Fanucchi O, et al. Robot-aided thoracoscopic thymectomy for early-stage thymoma: a multicenter European study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;144(5):1125-30.
38. Rodriguez E, Nifong LW, Bonatti J, Casula R, Falk V, Folliguet TA, et al. Pathway for surgeons and programs to establish and maintain a successful robot-assisted adult cardiac surgery program. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152(1):9-13.
39. Lyons C, Goldfarb D, Jones SL, Badhiwala N, Miles B, Link R, et al. Which skills really matter? proving face, content, and construct validity for a commercial robotic simulator. *Surg Endosc.* 2013;27(6):2020-30.
40. Schlottmann F, Patti MG. Novel simulator for robotic surgery. *J Robot Surg.* 2017.
41. Lerner MA, Ayalew M, Peine WJ, Sundaram CP. Does training on a virtual reality robotic simulator improve performance on the da Vinci surgical system? *J Endourol.* 2010;24(3):467-72.
42. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* 2002;236(4):458-63; discussion 63-4.
43. Hyltander A, Liljegren E, Rhodin PH, Lönroth H. The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. *Surg Endosc.* 2002;16(9):1324-8.
44. Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, Hogman C, McClusky DA, et al. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg.* 2007;193(6):797-804.

45. Abboudi H, Khan MS, Aboumarzouk O, Guru KA, Challacombe B, Dasgupta P, et al. Current status of validation for robotic surgery simulators - a systematic review. *BJU Int.* 2013;111(2):194-205.
46. Hung AJ, Jayaratna IS, Teruya K, Desai MM, Gill IS, Goh AC. Comparative assessment of three standardized robotic surgery training methods. *BJU Int.* 2013.
47. Korets R, Mues AC, Graverson JA, Gupta M, Benson MC, Cooper KL, et al. Validating the use of the Mimic dV-trainer for robotic surgery skill acquisition among urology residents. *Urology.* 2011;78(6):1326-30.
48. Lee JY, Mucksavage P, Kerbl DC, Huynh VB, Etafy M, McDougall EM. Validation study of a virtual reality robotic simulator--role as an assessment tool? *J Urol.* 2012;187(3):998-1002.
49. Zhong W, Mancuso P. Utilization and Surgical Skill Transferability of the Simulator Robot to the Clinical Robot for Urology Surgery. *Urol Int.* 2017;98(1):1-6.
50. Lee GI, Lee MR. Can a virtual reality surgical simulation training provide a self-driven and mentor-free skills learning? Investigation of the practical influence of the performance metrics from the virtual reality robotic surgery simulator on the skill learning and associated cognitive workloads. *Surg Endosc.* 2017.
51. Lallas CD, Davis JW. Robotic surgery training with commercially available simulation systems in 2011: a current review and practice pattern survey from the society of urologic robotic surgeons. *J Endourol.* 2012;26(3):283-93.
52. Perrenot C, Perez M, Tran N, Jehl JP, Felblinger J, Bresler L, et al. The virtual reality simulator dV-Trainer((R)) is a valid assessment tool for robotic surgical skills. *Surg Endosc.* 2012;26(9):2587-93.

53. Stefanidis D, Anton NE, Howley LD, Bean E, Yurco A, Pimentel ME, et al. Effectiveness of a comprehensive mental skills curriculum in enhancing surgical performance: Results of a randomized controlled trial. *Am J Surg.* 2017;213(2):318-24.
54. Stefanidis D, Anton NE, McRary G, Howley LD, Pimentel M, Davis C, et al. Implementation results of a novel comprehensive mental skills curriculum during simulator training. *Am J Surg.* 2017;213(2):353-61.
55. Harbin AC, Nadhan KS, Mooney JH, Yu D, Kaplan J, McGinley-Hence N, et al. Prior video game utilization is associated with improved performance on a robotic skills simulator. *J Robot Surg.* 2016.
56. Finnerty BM, Afaneh C, Aronova A, Fahey TJ, Zarnegar R. General surgery training and robotics: Are residents improving their skills? *Surg Endosc.* 2016;30(2):567-73.
57. Hagen ME, Wagner OJ, Inan I, Morel P. Impact of IQ, computer-gaming skills, general dexterity, and laparoscopic experience on performance with the da Vinci surgical system. *Int J Med Robot.* 2009;5(3):327-31.
58. Choussein S, Srouji SS, Farland LV, Wietsma A, Missmer SA, Hollis M, et al. Robotic Assistance Confers Ambidexterity to Laparoscopic Surgeons. *J Minim Invasive Gynecol.* 2017.
59. Teishima J, Hattori M, Inoue S, Ikeda K, Hieda K, Miyamoto K, et al. Impact of laparoscopic experience on the proficiency gain of urologic surgeons in robot-assisted surgery. *J Endourol.* 2012;26(12):1635-8.
60. Yoo BE, Kim J, Cho JS, Shin JW, Lee DW, Kwak JM, et al. Impact of laparoscopic experience on virtual robotic simulator dexterity. *J Minim Access Surg.* 2015;11(1):68-71.
61. Sumi Y, Dhumane PW, Komeda K, Dallemagne B, Kuroda D, Marescaux J. Learning curves in expert and non-expert laparoscopic surgeons for robotic suturing with the da Vinci(®) Surgical System. *J Robot Surg.* 2013;7(1):29-34.

62. Passerotti CC, Franco F, Bissoli JC, Tiseo B, Oliveira CM, Buchalla CA, et al. Comparison of the learning curves and frustration level in performing laparoscopic and robotic training skills by experts and novices. *Int Urol Nephrol*. 2015;47(7):1075-84.
63. Panait L, Shetty S, Shewokis PA, Sanchez JA. Do laparoscopic skills transfer to robotic surgery? *J Surg Res*. 2014;187(1):53-8.
64. Kim HJ, Choi GS, Park JS, Park SY. Comparison of surgical skills in laparoscopic and robotic tasks between experienced surgeons and novices in laparoscopic surgery: an experimental study. *Ann Coloproctol*. 2014;30(2):71-6.
65. Thomaier L, Orlando M, Abernethy M, Paka C, Chen CCG. Laparoscopic and robotic skills are transferable in a simulation setting: a randomized controlled trial. *Surg Endosc*. 2017;31(8):3279-85.
66. Buchs NC, Pugin F, Volonte F, Morel P. Learning Tools and Simulation in Robotic Surgery: State of the Art. *World J Surg*. 2013.
67. Wright T. Factors affecting the cost of airplanes. *J Aeronaut Sci*. 1936;3:122-8.
68. Kumar U, Gill IS. Learning curve in human laparoscopic surgery. *Curr Urol Rep*. 2006;7(2):120-4.
69. Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, Bergman S, Leffondré K, Stanbridge D, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg*. 2005;190(1):107-13.
70. Watanabe Y, Madani A, Ito YM, Bilgic E, McKendy KM, Feldman LS, et al. Psychometric properties of the Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) using item response theory. *Am J Surg*. 2017;213(2):273-6.
71. Aghazadeh MA, Jayaratna IS, Hung AJ, Pan MM, Desai MM, Gill IS, et al. External validation of Global Evaluative Assessment of Robotic Skills (GEARS). *Surg Endosc*. 2015;29(11):3261-6.

72. Dubin AK, Smith R, Julian D, Tanaka A, Mattingly P. A Comparison of Robotic Simulation Performance on Basic Virtual Reality Skills: Simulator Subjective Vs. Objective Assessment Tools. *J Minim Invasive Gynecol.* 2017.
73. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, Soper NJ, Sillin LF, Schirmer B, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. *Surgery.* 2004;135(1):21-7.
74. Zendejas B, Ruparel RK, Cook DA. Validity evidence for the Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) program as an assessment tool: a systematic review. *Surg Endosc.* 2016;30(2):512-20.
75. Zendejas B, Jakub JW, Terando AM, Sarnaik A, Ariyan CE, Faries MB, et al. Laparoscopic skill assessment of practicing surgeons prior to enrollment in a surgical trial of a new laparoscopic procedure. *Surg Endosc.* 2017;31(8):3313-9.
76. Lendvay TS, Casale P, Sweet R, Peters C. VR robotic surgery: randomized blinded study of the dV-Trainer robotic simulator. *Stud Health Technol Inform.* 2008;132:242-4.
77. Kenney PA, Wszolek MF, Gould JJ, Libertino JA, Moinzadeh A. Face, content, and construct validity of dV-trainer, a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *Urology.* 2009;73(6):1288-92.
78. Raison N, Ahmed K, Fossati N, Buffi N, Mottrie A, Dasgupta P, et al. Competency based training in robotic surgery: benchmark scores for virtual reality robotic simulation. *BJU Int.* 2016.
79. Fisher RA, Dasgupta P, Mottrie A, Volpe A, Khan MS, Challacombe B, et al. An over-view of robot assisted surgery curricula and the status of their validation. *Int J Surg.* 2015;13:115-23.

80. Ahmed K, Khan R, Mottrie A, Lovegrove C, Abaza R, Ahlawat R, et al. Development of a standardised training curriculum for robotic surgery: a consensus statement from an international multidisciplinary group of experts. *BJU Int.* 2015;116(1):93-101.
81. Volpe A, Ahmed K, Dasgupta P, Ficarra V, Novara G, van der Poel H, et al. Pilot Validation Study of the European Association of Urology Robotic Training Curriculum. *Eur Urol.* 2015;68(2):292-9.
82. Hung AJ, Bottyan T, Clifford TG, Serang S, Nakhoda ZK, Shah SH, et al. Structured learning for robotic surgery utilizing a proficiency score: a pilot study. *World J Urol.* 2017;35(1):27-34.

ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS**A EXPERIÊNCIA PRÉVIA EM LAPAROSCOPIA
INFLUENCIA NAS HABILIDADES BÁSICAS DE CIRURGIA
ROBÓTICA?**

Marcelo Pimentel^{1,2}, Renan Desimon Cabral³, Márcio Machado Costa², Brasil Silva Neto^{1,3}, Leandro Totti Cavazzola^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Medicina Ciências Cirúrgicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), RS, Brasil.

²Faculdade de Medicina, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, Brasil.

³Serviço de Urologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴Serviço de Cirurgia Geral, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brasil.

Introdução

Desde a publicação em 2001 das primeiras séries de prostatectomias radicais laparoscópicas assistidas por robô por Binder e Kramer (1), tem ocorrido um grande aumento no número de procedimentos cirúrgicos assistidos por robô em várias especialidades, incluindo urologia, ginecologia, cirurgia geral e torácica. O robô mais utilizado no mundo é o sistema cirúrgico da Vinci[®] (dVSS) (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, EUA), o único aprovado pelo *Food and Drug Administration* norte-americano. Em 2016, aproximadamente 3.900 dVSS estavam em uso clínico, e cerca de 753.000 procedimentos cirúrgicos foram realizados ao redor do mundo, comparados com aproximadamente 652.000 e 570.000 procedimentos realizados em 2015 e 2014, respectivamente (2).

Considerando o crescimento exponencial na aplicação da cirurgia robótica, esforços têm sido conduzidos na direção de se criar um modelo específico de treinamento para essa modalidade cirúrgica (3-5). Entretanto, um aspecto importante ainda não resolvido é se as habilidades em laparoscopia são transferidas para a cirurgia robótica. Uma das questões é se o treinamento em laparoscopia deveria ser incorporado nos programas de treinamento em cirurgia robótica ou se os cirurgiões deveriam ser treinados primeiramente em cirurgia laparoscópica, atingindo um nível de excelência, antes de iniciar em cirurgia robótica. Essa resposta tem importantes implicações no desenvolvimento de modelos de treinamento em cirurgia robótica.

Os estudos avaliando o impacto da experiência prévia em laparoscopia nas habilidades robóticas apresentam resultados conflitantes. Cirurgiões com experiência em procedimentos abertos, mas sem familiaridade com laparoscopia, relataram bons resultados em suas séries iniciais de procedimentos cirúrgicos laparoscópicos assistidos por robô (6, 7). Por outro lado,

algumas séries demonstraram que cirurgiões laparoscópicos experientes têm resultados iniciais similares aos de cirurgiões com maior experiência em cirurgia robótica (8, 9). Sendo assim, ainda há debate se a experiência prévia em laparoscopia influencia ou não o aprendizado da cirurgia robótica.

Nosso estudo tem por objetivo comparar as habilidades básicas em cirurgia robótica utilizando o simulador de realidade virtual dV-Trainer[®] (Mimic Technologies, Seattle, WA, EUA) em um grupo de cirurgiões com experiência em laparoscopia e um grupo de residentes do primeiro ano de cirurgia geral.

Métodos

Participantes

Vinte cirurgiões com experiência em laparoscopia (grupo 1) e vinte residentes do primeiro ano de cirurgia geral (grupo 2) foram convidados a participar do estudo. Foram considerados como experientes em laparoscopia cirurgiões que têm incorporado em sua prática procedimentos laparoscópicos avançados, que incluam reconstruções e anastomoses. Nenhum dos participantes tinha utilizado previamente simuladores virtuais de cirurgia robótica ou apresentava experiência prévia em cirurgia robótica. O tamanho da amostra foi definido de acordo com estudos prévios utilizando simuladores virtuais de cirurgia robótica.

Simulador e exercícios

O simulador virtual de cirurgia robótica utilizado foi o dV-Trainer[®], especialmente desenhado para treinamento de cirurgia robótica com o sistema cirúrgico da Vinci[®] (dVSS).

Esse simulador consiste em um sistema háptico para as duas mãos, com alças que simulam os comandos mestres no console do cirurgião no dVSS. Em conjunto com um conjunto de pedais e uma exibição estereoscópica de alta definição, ele simula o console do dVSS. O dispositivo háptico é conectado em rede com um computador, que executa o software de simulação dV-Trainer[®].

Antes dos testes, os participantes foram instruídos através de explicações verbais padronizadas sobre o uso do dV-Trainer[®]. Depois disso, para familiarizar-se com os vários comandos do simulador, cada participante completou três tentativas dos seguintes exercícios: *Command Overviews*, *Pick and Place* e *Basic Camera Targeting*. Em seguida, cada participante foi instruído a completar quatro tentativas em sequência dos exercícios: *Peg Board 2*, *Ring and Rail 1* e *Suture Sponge 1*. Um vídeo com instruções, criado pelo fabricante do simulador, era apresentado antes de cada exercício. *Peg Board 2* consiste em apreender anéis em um suporte vertical com a mão direita e esquerda, passá-los para a mão oposta e colocá-los em uma cavilha. *Ring and Rail 1* consiste em conduzir um anel até o fim de um trilho tortuoso. *Suture Sponge 1* consiste em passar uma agulha através de um local determinado em uma esponja, com a mão direita e esquerda, de cima para baixo e posteriormente de baixo para cima.

O desempenho foi gravado usando um algoritmo de pontuação computadorizado criado pelo fabricante, considerando as seguintes métricas: número de quedas (número de vezes que um objeto ou objetos são descartados ou caem em uma região inadequada da cena), economia de movimentos (distância total, medida em centímetros, percorridos por todos os instrumentos), força excessiva do instrumento (tempo total, medido em segundos, em que uma força excessiva é aplicada no instrumento), colisões de instrumentos (número total de colisões de instrumento sobre instrumento que excedem um limite de força mínimo), instrumentos fora de visão (distância total, medida em centímetros, percorrida por

instrumentos fora do campo de visão do usuário), área de trabalho dos controles mestres (diâmetro, medido em centímetros, do volume da área de trabalho dos controles mestres), alvos perdidos (número de alvos perdidos) e tempo para completar o exercício (tempo total, medido em segundos, que o usuário gasta no exercício). Uma pontuação geral foi calculada considerando a média ponderada das pontuações de cada métrica. Índices mais altos indicam desempenho superior.

Análise estatística

As pontuações e valores para cada exercício e métrica foram comparados entre os grupos 1 e 2, e a primeira tentativa com as demais. Estes foram avaliados pelos testes de Mann-Whitney e Friedman. Um valor de p menor que 0,05 foi considerado estatisticamente significativo. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SPSS versão 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Considerações éticas

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil, registro número 04950070, e o consentimento informado foi obtido de cada participante antes de iniciar o estudo.

Resultados

Todos os 40 participantes completaram o estudo. Os dados demográficos dos cirurgiões com experiência em laparoscopia (grupo 1) e dos residentes do primeiro ano de cirurgia geral (grupo 2) são apresentados na **Tabela 1**. Os participantes do grupo 1 foram de três diferentes especialidades: cirurgia geral, urologia e proctologia.

Os escores gerais para cada exercício, e em cada uma das tentativas, estão listados na **Tabela 2**. Não houve diferença significativa no escore geral de cada exercício entre o grupo 1 e o grupo 2. Considerando o escore geral para cada tentativa de cada exercício separadamente, ainda assim não encontramos diferença significativa entre os grupos, à exceção da quarta tentativa do exercício *Ring and Rail 1*, onde o escore do grupo 2 foi significativamente melhor do que o do grupo 1 ($1.056,07 \pm 162,10$ vs $878,46 \pm 272,76$; $p = 0,02$). Nos dois grupos, o escore geral da terceira ou quarta tentativa foi significativamente melhor em comparação ao da primeira.

Adicionalmente, avaliamos os dados de cada exercício separadamente, comparando as diferentes métricas entre os grupos 1 e 2. Os resultados para o exercício *Peg Board 2* são apresentados na **Tabela 3**. Nesse exercício a economia de movimentos no grupo 2 foi significativamente melhor em comparação ao grupo 1 ($301,61 \pm 63,38$ vs $364,67 \pm 102,09$; $p < 0,01$). Inversamente, a área de trabalho dos controles mestres foi significativamente melhor no grupo 1 ($9,58 \pm 1,90$ vs $10,19 \pm 1,56$; $p = 0,02$).

Os resultados para o exercício *Ring and Rail 1* são apresentados na **Tabela 4**. A economia de movimentos e a força excessiva do instrumento foram significativamente melhores no grupo 2 ($65,11 \pm 13,29$ vs $79,16 \pm 22,27$; $p < 0,01$) e ($0,31 \pm 1,19$ vs $0,59 \pm 1,82$; $p = 0,02$). Considerando a área de trabalho dos controles mestres, o grupo 1 apresentou melhores resultados ($7,09 \pm 1,10$ vs $7,46 \pm 1,07$; $p = 0,03$). A **Tabela 5** traz os resultados para o exercício *Suture Sponge 1*. Houve uma tendência a melhores resultados para a economia de

movimentos e alvos perdidos no grupo 2, mas sem atingir significância estatística ($481,57 \pm 155,38$ vs $511,70 \pm 142,43$; $p = 0,09$) e ($26,83 \pm 16,64$ vs $30,61 \pm 16,37$; $p = 0,08$).

Discussão

Nosso estudo sugere que não há diferença significativa nas habilidades básicas de cirurgia robótica entre cirurgiões com experiência em laparoscopia (grupo 1) e residentes de cirurgia geral do primeiro ano (grupo 2). A pontuação geral para cada exercício foi muito similar em ambos os grupos. Levando em consideração cada exercício e cada métrica separadamente, houve uma tendência para um melhor desempenho no dV-Trainer[®] para o grupo 2 em economia de movimentos e para o grupo 1 na área de trabalho dos controles mestres.

Os simuladores cirúrgicos são dispositivos que recriam situações cirúrgicas, permitindo que os cirurgiões em treinamento melhorem suas habilidades e obtenham conhecimentos em uma determinada técnica antes dos primeiros casos reais na sala de cirurgia (10). O uso de simuladores melhora o desempenho cirúrgico, reduzindo o tempo e a taxa de erro, propiciando assim melhores resultados (11-13). O simulador de realidade virtual dV-Trainer[®] (Mimic Technologies, Seattle, WA, EUA) se tornou disponível comercialmente em 2007, sendo a primeira plataforma computadorizada de simulação do sistema cirúrgico da Vinci[®], e desde então tem sido testado em vários cenários. Em nosso estudo, a característica mais importante do dV-Trainer[®] foi sua validade de construção, isto é, a capacidade de diferenciar o desempenho entre especialistas e novatos em cirurgia robótica, aspecto já demonstrado em vários estudos (14-16). Lyons et al. (10) desconstruíram a cirurgia robótica em seus elementos essenciais, definindo quais seriam as habilidades críticas para sua

realização. Considerando isso, nós escolhemos três exercícios (*Peg Board 2*, *Ring and Rail 1* e *Suture Sponge 1*) que, em conjunto, abrangem o maior número de habilidades críticas: apreender e posicionar, transferência de objeto de uma mão para a outra, manipulação de punho, controle da câmera, *clutching* e sutura. Adicionalmente, em estudo prévio, o exercício *Suture Sponge* foi o mais importante para demonstrar a diferença entre novatos e especialistas em cirurgia robótica (10). Ao invés de considerar apenas o tempo para concluir o exercício ou o número de erros, avaliamos diferentes métricas em cada exercício, tornando nossos resultados mais abrangentes.

Teishima et al. (17) avaliaram o impacto da experiência em laparoscopia no ganho de proficiência na cirurgia assistida por robô. Um grupo de dez cirurgiões laparoscópicos foi comparado com um grupo de treze cirurgiões sem experiência em laparoscopia, utilizando o dV-Trainer[®]. Eles concluíram que a experiência anterior na cirurgia laparoscópica não estava associada a nenhuma vantagem no aprendizado das habilidades básicas de cirurgia robótica. Do mesmo modo, Yoo et al. (18), comparando um grupo de onze pós-graduandos em cirurgia com experiência em laparoscopia e quatorze estudantes de medicina, utilizando o dV-Trainer[®], concluíram que a destreza em robótica não foi significativamente afetada pela experiência em laparoscopia. Sumi et al. (19) avaliaram as curvas de aprendizado da sutura robotizada em cirurgião especializado e não especializado em laparoscopia, demonstrando que, apesar de alguma vantagem para o cirurgião laparoscópico no início dos exercícios, ambos alcançaram os mesmos resultados após apenas noventa minutos de treinamento. De modo similar, Passerotti et al. (20) avaliaram as curvas de aprendizado de três exercícios de cirurgia robótica em um grupo de doze cirurgiões experientes e trinta e um novatos em laparoscopia, demonstrando que os novatos foram capazes de adquirir habilidades robóticas de modo similar aos cirurgiões experientes.

Por outro lado, Panait et al. (21) avaliaram a transferência de habilidades laparoscópicas para a cirurgia robótica em um grupo de quatorze estudantes de medicina e quatorze residentes de cirurgia geral. Eles encontraram alguma transferência de habilidades em exercício de maior dificuldade (sutura intracorpórea). Entretanto, nesse estudo apenas cinco residentes tinham uma experiência consistente em laparoscopia, o que de algum modo pode limitar as conclusões para essa população específica. Hagen et al. (22) avaliaram o impacto de elementos do quociente de inteligência (QI), habilidades em jogos eletrônicos, destreza geral e experiência laparoscópica no desempenho em três exercícios no sistema cirúrgico da Vinci[®] em um grupo de dezoito estudantes de medicina e residentes sem treinamento em laparoscopia e um grupo de dezesseis cirurgiões treinados em laparoscopia. Eles encontraram uma relação entre a experiência em laparoscopia e o tempo necessário para completar os exercícios. Do mesmo modo, Kim et al. (23) estudaram um grupo de dez novatos em laparoscopia e dez cirurgiões já experientes, realizando três exercícios de laparoscopia e três exercícios de robótica. Considerando somente os exercícios de robótica, os cirurgiões experientes em laparoscopia apresentaram um melhor desempenho, representado por um tempo menor para execução, no exercício de sutura e nós. De modo semelhante, no estudo conduzido por Finnerty et al. (24), oito residentes seniores, com maior experiência em laparoscopia, apresentaram melhor desempenho no exercício *Suture Sponge*, em comparação com estudantes de medicina e residentes de nível inicial e médio.

Levando em consideração um cenário clínico, Kim et al. (7) avaliaram o impacto da experiência em cirurgia colorretal laparoscópica na curva de aprendizado da cirurgia robótica do câncer retal, concluindo que uma transição da cirurgia aberta para a robotizada pode ser alcançada sem uma extensa experiência laparoscópica prévia. Como mencionado previamente, Rocco et al. (6) compararam os resultados perioperatórios, oncológicos iniciais e funcionais da prostatectomia radical assistida por robô versus a prostatectomia radical

retropúbica aberta, em um centro sem experiência prévia em laparoscopia, alcançando resultados equivalentes, inclusive com alguma vantagem para a abordagem robótica. Eddib et al. (25) compararam a segurança e os resultados perioperatórios de cirurgiões recentemente treinados em cirurgia robótica, em um grupo com experiência prévia em histerectomia laparoscópica e em outro sem essa experiência, evidenciando que a experiência prévia em laparoscopia impactou no tempo de duração do procedimento, mas não nas outras variáveis estudadas. Por outro lado, as séries de prostatectomias radicais laparoscópicas assistidas por robô publicadas por Stolzenburg et al. (9) e Tobias-Machado et al. (8) demonstraram que cirurgiões laparoscópicos experientes podem atingir bons resultados perioperatórios e funcionais mesmo em sua curva de aprendizado inicial da cirurgia robótica.

Nossos resultados da pontuação geral suportam o conceito de que a técnica fundamental da cirurgia assistida por robô não é influenciada pela experiência prévia do cirurgião em cirurgia laparoscópica. Isso pode ser explicado pelo fato de que as habilidades básicas necessárias para a cirurgia robótica são diferentes das adquiridas na cirurgia laparoscópica. As tecnologias adotadas na plataforma robótica, como a visão tridimensional e os instrumentos EndoWrist[®] (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, EUA), permitem uma maior liberdade de movimentos e movimentos mais naturais. Com isso o movimento da mão do cirurgião para a direita significa um movimento da ponta do instrumento para a direita. Ao contrário, durante a laparoscopia convencional, a ponta do instrumento se move na direção oposta ao da mão do cirurgião. Essas diferenças contribuem para superar algumas das limitações técnicas da laparoscopia e podem justificar essa diferença nas habilidades necessárias para cada modalidade cirúrgica.

No entanto, quando avaliamos cada métrica separadamente, algumas sutis diferenças aparecem. Na economia de movimentos, cirurgiões sem experiência em laparoscopia apresentaram melhores resultados. Uma possível explicação é que, pelo menos no início de

sua experiência em robótica, os cirurgiões laparoscópicos podem não tirar proveito de todas as potencialidades dos instrumentos, limitando seus movimentos ao que costumam fazer na laparoscopia. Isso pode refletir em mais movimentos necessários para completar uma determinada tarefa. Como mencionado por Tillou et al. (26), os cirurgiões laparoscópicos teriam que "desaprender" aquisições anteriores em laparoscopia para assimilar as diferenças da cirurgia robótica. Ao contrário, os cirurgiões menos experientes não precisam modificar ou ajustar as aquisições anteriores, atuando de forma mais intuitiva, por isso seriam mais propensos a explorar as potencialidades dos instrumentos robóticos desde o início de sua experiência. Por outro lado, em dois exercícios, os resultados da área de trabalho dos controles mestres foram melhores no grupo de cirurgiões laparoscópicos. Essa métrica mede o diâmetro do volume da área de trabalho dos controles mestres, refletindo o espaço virtual utilizado pelos controles principais durante a realização do exercício. Em nossa opinião, esse achado poderia ser esperado, considerando que os cirurgiões laparoscópicos já estão familiarizados a trabalhar em um espaço limitado. Além disso, ao contrário das outras métricas, a área de trabalho dos controles mestres não é influenciada ou facilitada pela tecnologia robótica, contribuindo para essa diferença.

Outro achado interessante foi que ambos os grupos melhoraram seus resultados durante o estudo. Isso confirma a utilidade dos simuladores de realidade virtual como instrumentos válidos para o treinamento robótico e está de acordo com estudos anteriores que abordaram esse aspecto (27). Adicionalmente, a melhora observada foi semelhante em ambos os grupos, os residentes de cirurgia conseguiram adquirir habilidades básicas de cirurgia robótica da mesma forma que os cirurgiões experientes, sugerindo novamente que a experiência prévia em laparoscópica não é um requisito absoluto para a aprendizagem de robótica. Alguns estudos que avaliaram exercícios complexos, como a sutura robótica (19), demonstraram diferenças nas habilidades técnicas entre experientes e novatos em

laparoscopia, mas essa diferença desapareceu rapidamente após apenas algumas sessões de treinamento. Isso poderia indicar que a tecnologia robótica pode eliminar, ou pelo menos reduzir, a curva de aprendizado inicial para novatos na realização de tarefas laparoscópicas complexas, proporcionando um efeito precoce e persistente, conforme mencionado por Chandra et al. (28).

Nosso estudo apresenta potenciais limitações. O tamanho da amostra é relativamente pequeno, mas se considerarmos estudos anteriores que avaliaram a validade de construção do dV-Trainer[®], o número médio de participantes foi de trinta e dois (intervalo 15-75) (29). Assim, nossa amostra está de acordo com a literatura. Houve diferenças na idade e sexo entre os grupos, mas como demonstrado por Finnerty et al. (24), nenhuma dessas características foi preditiva do desempenho das habilidades em cirurgia robótica. Outro ponto de discussão é a falta de um método padronizado de avaliação da experiência em cirurgia laparoscópica. Nós incluímos no grupo 1 cirurgiões que realizam procedimentos laparoscópicos avançados em sua prática clínica, o que, em nossa opinião, atesta sua familiaridade com esse método cirúrgico. É importante destacar que em nosso estudo avaliamos habilidades básicas em cirurgia robótica em um ambiente virtual. Obviamente, em um cenário de cirurgia real, existem muitos outros fatores importantes que podem afetar os resultados finais, incluindo fatores mentais, inteligência espacial, conhecimento anatômico, estresse psicológico, julgamento clínico, trabalho em equipe, entre outros (30), condições que não podem ser avaliadas ou medidas em nosso estudo.

Conclusões

Os resultados do nosso estudo sugerem que, considerando os resultados de forma global, não há diferença significativa nas habilidades básicas de cirurgia robótica entre cirurgiões com experiência laparoscópica e residentes de cirurgia sem experiência em laparoscopia. Algumas diferenças existem quando consideramos métricas específicas, mas essas diferenças não foram capazes de modificar os resultados finais. Ambos os grupos melhoraram suas habilidades básicas com a repetição dos exercícios. Os resultados encontrados indicam que a experiência em laparoscopia pode não ser um passo essencial na aprendizagem da cirurgia robótica. Considerando que estamos em uma época de crescente realização de procedimentos cirúrgicos assistidos por robô e redução do tempo disponível para treinamento, esses achados são importantes na construção de um currículo de treinamento eficiente para cirurgia robótica.

Financiamento

Essa pesquisa não recebeu nenhum recurso específico de agências de financiamento dos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

Referências

1. Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int.* 2001; 87(4): 408-10.
2. Intuitive Surgical Annual Report 2016. [acesso em 2017 mar 8]. Disponível em: http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NASDAQ_ISRIG_2016.pdf.
3. Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ.* 2016.

4. Lovegrove C, Novara G, Mottrie A, Guru KA, Brown M, Challacombe B, et al. Structured and Modular Training Pathway for Robot-assisted Radical Prostatectomy (RARP): Validation of the RARP Assessment Score and Learning Curve Assessment. *Eur Urol.* 2016; 69(3): 526-35.
5. Hogg ME, Tam V, Zenati M, Novak S, Miller J, Zureikat AH, et al. Mastery-Based Virtual Reality Robotic Simulation Curriculum: The First Step Toward Operative Robotic Proficiency. *J Surg Educ.* 2016.
6. Rocco B, Matei DV, Melegari S, Ospina JC, Mazzoleni F, Errico G, et al. Robotic vs open prostatectomy in a laparoscopically naive centre: a matched-pair analysis. *BJU Int.* 2009; 104(7): 991-5.
7. Kim IK, Kang J, Park YA, Kim NK, Sohn SK, Lee KY. Is prior laparoscopy experience required for adaptation to robotic rectal surgery?: Feasibility of one-step transition from open to robotic surgery. *Int J Colorectal Dis.* 2014; 29(6): 693-9.
8. Tobias-Machado M, Mitre AI, Rubinstein M, Costa EF, Hidaka AK. Robotic-assisted radical prostatectomy learning curve for experienced laparoscopic surgeons: does it really exist? *Int Braz J Urol.* 2016; 42(1): 83-9.
9. Stolzenburg JU, Qazi HA, Holze S, Mende M, Nicolaus M, Franz T, et al. Evaluating the learning curve of experienced laparoscopic surgeons in robot-assisted radical prostatectomy. *J Endourol.* 2013; 27(1): 80-5.
10. Lyons C, Goldfarb D, Jones SL, Badhiwala N, Miles B, Link R, et al. Which skills really matter? proving face, content, and construct validity for a commercial robotic simulator. *Surg Endosc.* 2013; 27(6): 2020-30.
11. Zevin B, Aggarwal R, Grantcharov TP. Surgical simulation in 2013: why is it still not the standard in surgical training? *J Am Coll Surg.* 2014; 218(2): 294-301.

12. Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, Davidson BR. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009(1): CD006575.
13. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P, Hewett PJ, Maddern GJ. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg.* 2008; 248(2): 166-79.
14. Kenney PA, Wszolek MF, Gould JJ, Libertino JA, Moinzadeh A. Face, content, and construct validity of dV-trainer, a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *Urology.* 2009; 73(6): 1288-92.
15. Hung AJ, Zehnder P, Patil MB, Cai J, Ng CK, Aron M, et al. Face, content and construct validity of a novel robotic surgery simulator. *J Urol.* 2011; 186(3): 1019-24.
16. Raison N, Ahmed K, Fossati N, Buffi N, Mottrie A, Dasgupta P, et al. Competency based training in robotic surgery: benchmark scores for virtual reality robotic simulation. *BJU Int.* 2016.
17. Teishima J, Hattori M, Inoue S, Ikeda K, Hieda K, Miyamoto K, et al. Impact of laparoscopic experience on the proficiency gain of urologic surgeons in robot-assisted surgery. *J Endourol.* 2012; 26(12): 1635-8.
18. Yoo BE, Kim J, Cho JS, Shin JW, Lee DW, Kwak JM, et al. Impact of laparoscopic experience on virtual robotic simulator dexterity. *J Minim Access Surg.* 2015; 11(1): 68-71.
19. Sumi Y, Dhumane PW, Komeda K, Dallemagne B, Kuroda D, Marescaux J. Learning curves in expert and non-expert laparoscopic surgeons for robotic suturing with the da Vinci(®) Surgical System. *J Robot Surg.* 2013; 7(1): 29-34.
20. Passerotti CC, Franco F, Bissoli JC, Tiseo B, Oliveira CM, Buchalla CA, et al. Comparison of the learning curves and frustration level in performing laparoscopic and robotic training skills by experts and novices. *Int Urol Nephrol.* 2015; 47(7): 1075-84.
21. Panait L, Shetty S, Shewokis PA, Sanchez JA. Do laparoscopic skills transfer to robotic surgery? *J Surg Res.* 2014; 187(1): 53-8.

22. Hagen ME, Wagner OJ, Inan I, Morel P. Impact of IQ, computer-gaming skills, general dexterity, and laparoscopic experience on performance with the da Vinci surgical system. *Int J Med Robot.* 2009; 5(3): 327-31.
23. Kim HJ, Choi GS, Park JS, Park SY. Comparison of surgical skills in laparoscopic and robotic tasks between experienced surgeons and novices in laparoscopic surgery: an experimental study. *Ann Coloproctol.* 2014; 30(2): 71-6.
24. Finnerty BM, Afaneh C, Aronova A, Fahey TJ, Zarnegar R. General surgery training and robotics: Are residents improving their skills? *Surg Endosc.* 2016; 30(2): 567-73.
25. Eddib A, Jain N, Aalto M, Hughes S, Eswar A, Erk M, et al. An analysis of the impact of previous laparoscopic hysterectomy experience on the learning curve for robotic hysterectomy. *J Robot Surg.* 2013; 7(3): 295-9.
26. Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ.* 2016; 73(5): 870-8.
27. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. *Ann Transl Med.* 2016; 4(23): 453.
28. Chandra V, Nehra D, Parent R, Woo R, Reyes R, Hernandez-Boussard T, et al. A comparison of laparoscopic and robotic assisted suturing performance by experts and novices. *Surgery.* 2010; 147(6): 830-9.
29. Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. *Eur Urol.* 2016; 69(6): 1065-80.
30. Stefanidis D, Anton NE, Howley LD, Bean E, Yurco A, Pimentel ME, et al. Effectiveness of a comprehensive mental skills curriculum in enhancing surgical performance: Results of a randomized controlled trial. *Am J Surg.* 2017; 213(2): 318-24.

Tabela 1 - Características demográficas dos grupos estudados.

	Grupo 1 (n = 20)	Grupo 2 (n = 20)	Valor de p (Grupo 1 vs 2)
Idade mediana (mín-máx)	36 (32–56)	26 (23–33)	< 0,01
Sexo (masc/fem)	20/0	13/7	< 0,01
Mediana dos anos de prática (mín-máx)	12 (8–32)	1	---

Tabela 2 - Escore geral para cada exercício.

	Grupo 1 (n = 20)	Grupo 2 (n = 20)	Valor de p (Grupo 1 vs 2)
<i>Peg Board 2</i>	738,04 ± 267,83	730,39 ± 225,31	0,57
1 ^a tentativa	615,63 ± 244,20	599,47 ± 143,92	0,33
2 ^a tentativa	723,54 ± 283,46	662,85 ± 195,94	0,83
3 ^a tentativa	762,49 ± 261,51	849,74 ± 224,20 ^a	0,23
4 ^a tentativa	850,50 ± 244,86 ^a	809,53 ± 239,32 ^a	0,57
<i>Ring and Rail 1</i>	919,03 ± 242,69	965,84 ± 222,96	0,13
1 ^a tentativa	829,66 ± 256,70	897,51 ± 235,21	0,35
2 ^a tentativa	976,46 ± 212,56 ^a	957,35 ± 220,18	0,89
3 ^a tentativa	991,53 ± 200,65 ^a	952,41 ± 250,74	0,89
4 ^a tentativa	878,46 ± 272,76	1.056,07 ± 162,10 ^a	0,02
<i>Suture Sponge 1</i>	563,62 ± 185,50	560,99 ± 152,71	0,67
1 ^a tentativa	444,67 ± 127,73	480,07 ± 151,44	0,43
2 ^a tentativa	519,31 ± 136,35	548,81 ± 158,92	0,85
3 ^a tentativa	613,02 ± 168,71 ^a	606,74 ± 150,98 ^a	0,96
4 ^a tentativa	677,48 ± 215,68 ^a	608,31 ± 119,87 ^a	0,84

^aP < 0,05 (1^a tentativa vs 2^a, 3^a e 4^a tentativa)

Tabela 3 - Resultados agrupados do exercício *Peg Board 2*.

	Grupo 1 (n = 20)	Grupo 2 (n = 20)	Valor de p (Grupo 1 vs 2)
Quedas	0,58 ± 1,17	0,41 ± 0,59	0,71
Economia de movimentos (centímetros)	364,67 ± 102,09	301,61 ± 63,38	< 0,01
Força excessiva dos instrumentos (segundos)	0,64 ± 2,91	0,21 ± 0,77	0,83
Colisões de instrumentos	2,16 ± 3,03	1,38 ± 2,22	0,17
Instrumentos fora de visão (centímetros)	0,10 ± 0,45	0,40 ± 1,32	0,21
Área de trabalho dos controles mestres (centímetros)	9,58 ± 1,90	10,19 ± 1,56	0,02
Tempo para completar o exercício (segundos)	172,03 ± 62,63	182,17 ± 64,06	0,26

Tabela 4 - Resultados agrupados do exercício *Ring and Rail* 1.

	Grupo 1 (n = 20)	Grupo 2 (n = 20)	Valor de p (Grupo 1 vs 2)
Quedas	0,03 ± 0,16	0,03 ± 0,16	1,00
Economia de movimentos (centímetros)	79,16 ± 22,27	65,11 ± 13,29	< 0,01
Força excessiva dos instrumentos (segundos)	0,59 ± 1,82	0,31 ± 1,19	0,02
Colisões de instrumentos	0,83 ± 1,22	0,71 ± 1,36	0,24
Instrumentos fora de visão (centímetros)	0,24 ± 1,11	0,09 ± 0,52	0,05
Área de trabalho dos controles mestres (centímetros)	7,09 ± 1,10	7,46 ± 1,07	0,03
Tempo para completar o exercício (segundos)	62,90 ± 22,07	63,59 ± 20,41	0,65

Tabela 5 - Resultados agrupados do exercício *Suture Sponge* 1.

	Grupo 1 (n = 20)	Grupo 2 (n = 20)	Valor de p (Grupo 1 vs 2)
Quedas	0,58 ± 1,04	0,34 ± 0,67	0,22
Economia de movimentos (centímetros)	511,70 ± 142,43	481,57 ± 155,38	0,09
Força excessiva dos instrumentos (segundos)	5,31 ± 7,70	4,24 ± 6,04	0,31
Colisões de instrumentos	20,18 ± 12,91	23,23 ± 15,85	0,24
Instrumentos fora de visão (centímetros)	3,55 ± 5,53	3,15 ± 5,42	0,53
Área de trabalho dos controles mestres (centímetros)	5,17 ± 1,18	5,03 ± 1,20	0,40
Alvos perdidos	30,61 ± 16,37	26,83 ± 16,64	0,08
Tempo para completar o exercício (segundos)	478,32 ± 130,98	516,22 ± 163,61	0,20

ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS**DOES PREVIOUS LAPAROSCOPIC EXPERIENCE
INFLUENCE BASIC ROBOTIC SURGICAL SKILLS?**

Marcelo Pimentel^{1,2}, Renan Desimon Cabral³, Márcio Machado Costa², Brasil Silva Neto^{1,3}, Leandro Totti Cavazzola^{1,4}

¹Postgraduate Program in Surgical Sciences, Medical School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), RS, Brazil.

²Medical School, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, Brazil.

³Service of Urology, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brazil.

⁴Service of General Surgery, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brazil.

Introduction

Since publication in 2001 of the first series of robot-assisted laparoscopic prostatectomies by Binder and Kramer (1), there has been a steady increase in the number of robot-assisted surgical procedures in various specialties, including urological, gynecological, general and thoracic surgery. The da Vinci[®] Surgical System (dVSS) (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, USA) is the robotic platform most commonly used worldwide. It is the only robotic surgical assistance system approved by the US Food and Drug Administration for use in the United States. In 2016, approximately 3,900 dVSS were in clinical use and approximately 753,000 surgical procedures were performed worldwide, compared with approximately 652,000 and 570,000 procedures performed in 2015 and 2014, respectively (2).

Considering the exponential increase in the use of robotic surgery, efforts have been made toward developing a curriculum for this surgical modality (3-5). However, an important unresolved issue is whether laparoscopic skills transfer to robotic surgery. Also, an unanswered question is whether conventional laparoscopic training should be incorporated into robotic training programs or surgeons should be trained in laparoscopic surgery to achieve mastery before moving on to robotic surgery. The answer to this question will have important implications for the development of robotic surgery training methods and curriculum.

Studies addressing the impact of previous laparoscopic experience on robotic skills have produced conflicting results. Good outcomes have been reported for surgeons experienced in open procedures, but with no laparoscopic experience, in an initial series of advanced robot-assisted laparoscopic procedures (6, 7). Conversely, some series have shown that experienced laparoscopic surgeons have initial results similar to those of surgeons more

experienced in robot-assisted laparoscopic procedures (8, 9). Therefore, there is still debate as to whether previous laparoscopic experience influences or not the learning curve of robotic surgery.

The present study aimed to compare basic robotic surgical skills using the virtual reality simulator dV-Trainer[®] (Mimic Technologies, Seattle, WA, USA) between a group of laparoscopically experienced surgeons and a group of first-year surgical residents.

Methods

Participants

Twenty laparoscopically experienced surgeons (group 1) and 20 first-year surgical residents (group 2) were invited to participate in the study. Laparoscopically experienced surgeons were defined as those who had incorporated advanced laparoscopic procedures into their practice, including reconstruction and anastomosis. All participants in both groups had never used virtual reality simulators for robot-assisted surgery and had no robot-assisted surgical experience. Sample size was defined according to previous studies of virtual reality surgical simulation (10).

Simulator and tasks

The dV-Trainer[®] is a virtual reality simulator specifically designed for robot-assisted surgical training with the dVSS. This simulator consists of a two-handed haptic system with

grips that emulate the master grips on the surgeon's console. Together with pedals and a high definition stereoscopic display, it simulates the console of the dVSS. The haptic device is networked with a computer that runs the dV-Trainer[®] simulation software.

Before testing, participants were instructed on how to use the dV-Trainer[®] with a standardized verbal explanation. After this, each participant completed three trials of the Overview of Controls, Pick and Place and Basic Camera Targeting tasks to become familiar with the various dV-Trainer[®] commands. Each participant was then instructed to complete four trials, in sequence, of the following tasks: Peg Board 2, Ring and Rail 1, and Suture Sponge 1. Before each task, an instructional video produced by the manufacturer was delivered. Peg Board 2 consists in grasping rings on a vertical stand with one hand and then passing them to the opposite hand before placing them on a peg. Ring and Rail 1 consists in moving a ring up to the end of a twisted rail. Suture Sponge 1 consists in driving a needle through a predetermined target on a sponge, with both right- and left-hand and up and down movements.

Performance was recorded using a computerized built-in scoring algorithm developed by the manufacturer, considering the following metrics: drops (number of times an object or objects are dropped in an inappropriate region of the scene), economy of motion (total distance, measured in centimeters, traveled by all instruments), excessive instrument force (total time, measured in seconds, applied instrument force exceeded given threshold), instrument collisions (total number of instrument-on-instrument collisions exceeding a minimum force threshold), instruments out of view (total distance, measured in centimeters, traveled by instruments outside the user's field of view), master workspace range (diameter, measured in centimeters, of user's working volume on master grips), missed targets (number of missed targets), and time to complete task (total time, measured in seconds, the user spends

on the exercise). An overall score was calculated based on the weighted average of metric scores. Higher scores indicate superior performance.

Statistical analysis

Scores and values for each task and metric were compared between groups 1 and 2 and between the 1st and subsequent trials. These data were analyzed by Mann-Whitney and Friedman tests. A p-value less than 0.05 was considered statistically significant. All statistical analyses were performed using SPSS, version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Ethical considerations

The study was approved by the Institutional Review Board at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil, registered as number 04950070, and written informed consent was obtained from all participants prior to beginning the study.

Results

All 40 participants completed the study. Demographics of laparoscopically experienced surgeons (group 1) and first-year surgical residents (group 2) are summarized in **Table 1**. Participants in group 1 were of three surgical specialties: general surgery, urology, and colorectal surgery.

The overall scores for each task in each trial are listed in **Table 2**. For each task, the overall score did not differ significantly between groups 1 and 2. Considering the overall scores for each trial in each task separately, there was still no significant difference between the groups, except for the 4th trial of Ring and Rail 1, in which group 2 had significantly higher scores than group 1 (1056.07 ± 162.10 vs 878.46 ± 272.76 ; $p = 0.02$). In both groups, the overall scores in the 3rd or 4th trials were significantly higher than those in the 1st trial.

Additionally, we assessed the pooled data for each task separately, comparing different metrics between groups 1 and 2. The results for Peg Board 2 are shown in **Table 3**. In this task, group 2 performed significantly better in economy of motion than did group 1 (301.61 ± 63.38 vs 364.67 ± 102.09 ; $p < 0.01$). Master workspace range, however, was significantly better in group 1 (9.58 ± 1.90 vs 10.19 ± 1.56 ; $p = 0.02$).

The results for Ring and Rail 1 are shown in **Table 4**. Group 2 had higher scores for economy of motion (65.11 ± 13.29 vs 79.16 ± 22.27 ; $p < 0.01$) and excessive instrument force (0.31 ± 1.19 vs 0.59 ± 1.82 ; $p = 0.02$). As for master workspace range, group 1 had better results (7.09 ± 1.10 vs 7.46 ± 1.07 ; $p = 0.03$).

Table 5 shows the results for Suture Sponge 1. There was a trend toward better results in group 2 for economy of motion (481.57 ± 155.38 vs 511.70 ± 142.43 ; $p = 0.09$) and missed targets (26.83 ± 16.64 vs 30.61 ± 16.37 ; $p = 0.08$), but without achieving statistical significance.

Discussion

Our results suggest that there is no significant difference in basic robotic surgical skills between laparoscopically experienced surgeons (group 1) and first-year surgical residents (group 2). Overall scores for each task were similar in the two groups. Both groups showed better performance on the third or fourth trials than on the first trial. Considering each task and metric separately, there was a trend toward better performance on the dV-Trainer[®] in group 2 for economy of motion and in group 1 for master workspace range.

Surgical simulators are devices that recreate surgical conditions, allowing trainees to improve their skills and gain expertise in a given technique before handling real cases in the operating room (11). Use of surgical simulators can improve surgical performance, reduce operating time, reduce the error rate and improve outcomes (12-14). The virtual reality simulator dV-Trainer[®] became commercially available in 2007 as the first computer simulation platform for the dVSS, and, since then, it has been tested in a variety of settings. In the present study, the most important aspect of the dV-Trainer[®] was its construct validity, that is, the ability to differentiate performance between experts and novices on robotic surgery, as demonstrated in previous studies (15-17). Lyons et al. (11) deconstructed robotic surgery into its essential elements and defined which were the critical skills. Based on that, we chose three tasks (Peg Board 2, Ring and Rail 1, and Suture Sponge 1) that brought together the largest number of critical skills: pick and place, two-handed transfer, wrist manipulation, camera control, clutching, and suturing. Additionally, Suture Sponge is the task that yields the highest statistical differences between novices and experts in robotics (11). Instead of considering only time to complete the task and number of errors, we examined different metrics in each task, making our results more comprehensive.

Teishima et al. (18) evaluated the impact of laparoscopic experience on proficiency gain in robot-assisted surgery using the dV-Trainer[®]. A group of 10 laparoscopic surgeons was compared with a group of 13 surgeons not experienced in laparoscopy. They concluded

that previous experience in laparoscopic surgery is not associated with any advantage in learning basic robot-assisted surgical skills. Likewise, Yoo et al. (19), comparing a group of 11 surgical fellows with laparoscopic experience and 14 medical students using the dV-Trainer[®], concluded that robotic dexterity was not significantly affected by laparoscopic experience. Sumi et al. (20) evaluated learning curves for robotic suturing in expert and non-expert laparoscopic surgeons and demonstrated that, despite some advantage to experienced laparoscopic surgeon at the beginning of the exercises, both reached the same results after only 90 minutes of training. Similarly, Passerotti et al. (21) evaluated learning curves for three robotic tasks in a group of 12 experts and 31 novices in laparoscopy and showed that novice surgeons were able to acquire robotic skills in a similar manner to the experienced surgeons.

Conversely, Panait et al. (22) evaluated transfer of laparoscopic skills to robotic surgery in a group of 14 medical students and 14 general surgery residents and found some transfer of skills in difficult tasks (intracorporeal suturing). However, only five individuals had consistent previous laparoscopic experience, which somewhat limited their conclusions for this specific population. Hagen et al. (23) evaluated the impact of intelligence quotient (IQ) elements, computer-gaming skills, general dexterity and laparoscopic experience on performance on three tasks with the dVSS in a group of 18 medical students or residents and 16 laparoscopically trained surgeons. They found a correlation between laparoscopic experience and time required to complete the tasks. Likewise, Kim et al. (24) investigated a group of 10 laparoscopic novices and 10 laparoscopically experienced surgeons by performing three laparoscopic and robotic training-box-based tasks. Considering only the robotic tasks, laparoscopically experienced surgeons showed better performance, represented by less time to complete the suturing and tying task. Similarly, in the study conducted by Finnerty et al. (25), eight senior residents, highly experienced in laparoscopy, performed better in the Suture Sponge task than did medical students, junior and mid-level residents.

In a clinical setting, Kim et al. (7) evaluated the impact of laparoscopic colorectal surgery experience on the learning curve of robotic rectal cancer surgery and concluded that a transition from open to robotic surgery can be achieved without extensive prior laparoscopic experience. Rocco et al. (6) compared early oncological, perioperative and functional outcomes of robot-assisted radical prostatectomy vs open retropubic radical prostatectomy in a laparoscopically naïve center and obtained similar results, with some advantage to the robotic approach. Similarly, Eddib et al. (26) compared safety and perioperative outcomes between newly trained robotic surgeons with previous laparoscopic hysterectomy experience and those without this experience and reported that previous laparoscopic skills had an impact on the length of the procedure, but not on other variables. Conversely, Stolzenburg et al. (9) and Tobias-Machado et al. (8), in two series of robot-assisted radical prostatectomy, showed that experienced laparoscopic surgeons can achieve good perioperative and functional outcomes in their initial learning curve.

Our findings, based on overall scores, support the concept that the fundamental techniques of robot-assisted surgery are not influenced by the surgeon's experience in laparoscopic surgery. This may be explained by the fact that the skills required for robotic surgery are different from those acquired in laparoscopic surgery. Technologies used in robotic platforms, such as three-dimensional vision and EndoWrist[®] (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, USA) instruments, allow more freedom of movement and more natural movements. This means that, when the surgeon moves the hand to the right, the tip of the instrument moves to the right as well. During traditional laparoscopy, however, the instrument tip moves in the opposite direction of the surgeon's hand. These differences contribute to overcome some laparoscopic technical drawbacks and may explain the difference in the skills required for robotic surgery.

When metrics were analyzed separately, some slight differences were observed. In economy of motion, less experienced surgeons showed better results. One possible explanation is that, at least in the beginning of their experience in robotics, laparoscopic surgeons may not take advantage of all potentialities of the instruments, limiting their movements to those commonly used in traditional laparoscopy. This may be reflected in the need for more movements to complete a given task. According to Tillou et al. (27), laparoscopic surgeons have to “unlearn” previous acquisitions to assimilate robotic laparoscopic differences. In contrast, less experienced surgeons do not have to modify or adapt previous acquisitions and act more intuitively; therefore, they are more likely to explore the potentialities of the robotic instruments from the very beginning of their experience.

In two tasks, however, master workspace range results were superior for laparoscopic surgeons. This metric measures the diameter of user’s working volume on master grips, reflecting the virtual space used by instruments during task execution. This finding was expected, since laparoscopic surgeons are already familiar with working in a limited space. In addition, unlike other metrics, master workspace range is not influenced or facilitated by robotic technology, further contributing to explain this difference.

Another interesting finding was that both groups improved their scores during the study. This confirms the usefulness of virtual reality simulators as valid instruments for robotic training and is consistent with previous studies focusing on this issue (28). Additionally, improvement was similar in the two groups, since novice surgeons were able to acquire basic robotic skills in the same way as experienced surgeons, also suggesting that prior laparoscopic experience is not an absolute requirement for robotic learning. Studies evaluating complex skills, such as robotic suturing (20), have shown differences in technical skills between expert and novice in laparoscopy, but these differences rapidly disappear after only a few training sessions. This may indicate that robotic technology can eliminate, or at

least reduce, the early learning curve for novice surgeons when performing complex laparoscopic tasks, providing an early and persistent enabling effect (29).

Possible limitations of this study include the small sample size. However, when considering previous studies that evaluated the construct validity of the dV-Trainer[®], the median number of participants was 32 (range, 15-75) (10); therefore, our sample size is in agreement with the literature. There were differences in age and sex between the groups; however, as demonstrated by Finnerty et al. (25), none of these variables were predictive of robotic task performance. Another point of discussion is the lack of a standardized method of grading experience in laparoscopic surgery. We included in group 1 surgeons who had incorporated advanced laparoscopic procedures into their clinical practice, what, in our opinion, would confirm their familiarity with this surgical method. It is important to highlight that, in the present study, we evaluated basic robotic surgical skills on a virtual environment. Obviously, in a real-life surgical setting, there are many other important factors that can affect outcomes, including mental skills, spatial intelligence, anatomical knowledge, psychological stress, clinical judgment, and teamwork, among others (30), conditions that could not be measured in our study.

Conclusions

Taken together, the present findings suggest that there is no significant difference in basic robotic surgical skills between laparoscopically experienced surgeons and laparoscopically naïve surgical residents. Some slight differences were observed in specific metrics, but these differences were not sufficient to change the final results. Both groups

improved their basic skills after repeated trials. We may assume that laparoscopic experience should not be considered an essential step in the learning curve of robotic surgery. In view of the current widespread use of robot-assisted surgical procedures and limited time available for training, these findings are important for the development of an effective training curriculum for robotic surgery.

Funding

This research did not receive any specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

1. Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int.* 2001; 87(4): 408-10.
2. Intuitive Surgical Annual Report 2016. [access by 2017 Mar]. Available at: http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NASDAQ_ISRIG_2016.pdf.
3. Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ.* 2016.
4. Lovegrove C, Novara G, Mottrie A, Guru KA, Brown M, Challacombe B, et al. Structured and Modular Training Pathway for Robot-assisted Radical Prostatectomy (RARP): Validation of the RARP Assessment Score and Learning Curve Assessment. *Eur Urol.* 2016; 69(3): 526-35.
5. Hogg ME, Tam V, Zenati M, Novak S, Miller J, Zureikat AH, et al. Mastery-Based Virtual Reality Robotic Simulation Curriculum: The First Step Toward Operative Robotic Proficiency. *J Surg Educ.* 2016.

6. Rocco B, Matei DV, Melegari S, Ospina JC, Mazzoleni F, Errico G, et al. Robotic vs open prostatectomy in a laparoscopically naive centre: a matched-pair analysis. *BJU Int.* 2009; 104(7): 991-5.
7. Kim IK, Kang J, Park YA, Kim NK, Sohn SK, Lee KY. Is prior laparoscopy experience required for adaptation to robotic rectal surgery?: Feasibility of one-step transition from open to robotic surgery. *Int J Colorectal Dis.* 2014; 29(6): 693-9.
8. Tobias-Machado M, Mitre AI, Rubinstein M, Costa EF, Hidaka AK. Robotic-assisted radical prostatectomy learning curve for experienced laparoscopic surgeons: does it really exist? *Int Braz J Urol.* 2016; 42(1): 83-9.
9. Stolzenburg JU, Qazi HA, Holze S, Mende M, Nicolaus M, Franz T, et al. Evaluating the learning curve of experienced laparoscopic surgeons in robot-assisted radical prostatectomy. *J Endourol.* 2013; 27(1): 80-5.
10. Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. *Eur Urol.* 2016; 69(6): 1065-80.
11. Lyons C, Goldfarb D, Jones SL, Badhiwala N, Miles B, Link R, et al. Which skills really matter? proving face, content, and construct validity for a commercial robotic simulator. *Surg Endosc.* 2013; 27(6): 2020-30.
12. Zevin B, Aggarwal R, Grantcharov TP. Surgical simulation in 2013: why is it still not the standard in surgical training? *J Am Coll Surg.* 2014; 218(2): 294-301.
13. Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, Davidson BR. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009(1): CD006575.
14. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P, Hewett PJ, Maddern GJ. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg.* 2008; 248(2): 166-79.

15. Kenney PA, Wszolek MF, Gould JJ, Libertino JA, Moinzadeh A. Face, content, and construct validity of dV-trainer, a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *Urology*. 2009; 73(6): 1288-92.
16. Hung AJ, Zehnder P, Patil MB, Cai J, Ng CK, Aron M, et al. Face, content and construct validity of a novel robotic surgery simulator. *J Urol*. 2011; 186(3): 1019-24.
17. Raison N, Ahmed K, Fossati N, Buffi N, Mottrie A, Dasgupta P, et al. Competency based training in robotic surgery: benchmark scores for virtual reality robotic simulation. *BJU Int*. 2016.
18. Teishima J, Hattori M, Inoue S, Ikeda K, Hieda K, Miyamoto K, et al. Impact of laparoscopic experience on the proficiency gain of urologic surgeons in robot-assisted surgery. *J Endourol*. 2012; 26(12): 1635-8.
19. Yoo BE, Kim J, Cho JS, Shin JW, Lee DW, Kwak JM, et al. Impact of laparoscopic experience on virtual robotic simulator dexterity. *J Minim Access Surg*. 2015; 11(1): 68-71.
20. Sumi Y, Dhumane PW, Komeda K, Dallemagne B, Kuroda D, Marescaux J. Learning curves in expert and non-expert laparoscopic surgeons for robotic suturing with the da Vinci(®) Surgical System. *J Robot Surg*. 2013; 7(1): 29-34.
21. Passerotti CC, Franco F, Bissoli JC, Tiseo B, Oliveira CM, Buchalla CA, et al. Comparison of the learning curves and frustration level in performing laparoscopic and robotic training skills by experts and novices. *Int Urol Nephrol*. 2015; 47(7): 1075-84.
22. Panait L, Shetty S, Shewokis PA, Sanchez JA. Do laparoscopic skills transfer to robotic surgery? *J Surg Res*. 2014; 187(1): 53-8.
23. Hagen ME, Wagner OJ, Inan I, Morel P. Impact of IQ, computer-gaming skills, general dexterity, and laparoscopic experience on performance with the da Vinci surgical system. *Int J Med Robot*. 2009; 5(3): 327-31.

24. Kim HJ, Choi GS, Park JS, Park SY. Comparison of surgical skills in laparoscopic and robotic tasks between experienced surgeons and novices in laparoscopic surgery: an experimental study. *Ann Coloproctol.* 2014; 30(2): 71-6.
25. Finnerty BM, Afaneh C, Aronova A, Fahey TJ, Zarnegar R. General surgery training and robotics: Are residents improving their skills? *Surg Endosc.* 2016; 30(2): 567-73.
26. Eddib A, Jain N, Aalto M, Hughes S, Eswar A, Erk M, et al. An analysis of the impact of previous laparoscopic hysterectomy experience on the learning curve for robotic hysterectomy. *J Robot Surg.* 2013; 7(3): 295-9.
27. Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ.* 2016; 73(5): 870-8.
28. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. *Ann Transl Med.* 2016; 4(23): 453.
29. Chandra V, Nehra D, Parent R, Woo R, Reyes R, Hernandez-Boussard T, et al. A comparison of laparoscopic and robotic assisted suturing performance by experts and novices. *Surgery.* 2010; 147(6): 830-9.
30. Stefanidis D, Anton NE, Howley LD, Bean E, Yurco A, Pimentel ME, et al. Effectiveness of a comprehensive mental skills curriculum in enhancing surgical performance: Results of a randomized controlled trial. *Am J Surg.* 2017; 213(2): 318-24.

Table 1 - Demographics of participants.

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)	P-value (Group 1 vs 2)
Median age (min-max)	36 (32–56)	26 (23–33)	< 0.01
Sex (male/female)	20/0	13/7	< 0.01
Median years of practice (min-max)	12 (8–32)	1	---

Table 2 - Overall score for each task.

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)	P-value (Group 1 vs 2)
Peg Board 2	738.04 ± 267.83	730.39 ± 225.31	0.57
1st trial	615.63 ± 244.20	599.47 ± 143.92	0.33
2nd trial	723.54 ± 283.46	662.85 ± 195.94	0.83
3rd trial	762.49 ± 261.51	849.74 ± 224.20 ^a	0.23
4th trial	850.50 ± 244.86 ^a	809.53 ± 239.32 ^a	0.57
Ring and Rail 1	919.03 ± 242.69	965.84 ± 222.96	0.13
1st trial	829.66 ± 256.70	897.51 ± 235.21	0.35
2nd trial	976.46 ± 212.56 ^a	957.35 ± 220.18	0.89
3rd trial	991.53 ± 200.65 ^a	952.41 ± 250.74	0.89
4th trial	878.46 ± 272.76	1056.07 ± 162.10 ^a	0.02
Suture Sponge 1	563.62 ± 185.50	560.99 ± 152.71	0.67
1st trial	444.67 ± 127.73	480.07 ± 151.44	0.43
2nd trial	519.31 ± 136.35	548.81 ± 158.92	0.85
3rd trial	613.02 ± 168.71 ^a	606.74 ± 150.98 ^a	0.96
4th trial	677.48 ± 215.68 ^a	608.31 ± 119.87 ^a	0.84

^aP < 0.05 (1st trial vs 2nd, 3rd and 4th trials)

Table 3 - Pooled data for Peg Board 2.

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)	P-value (Group 1 vs 2)
Drops	0.58 ± 1.17	0.41 ± 0.59	0.71
Economy of motion (centimeters)	364.67 ± 102.09	301.61 ± 63.38	< 0.01
Excessive instrument force (seconds)	0.64 ± 2.91	0.21 ± 0.77	0.83
Instrument collisions	2.16 ± 3.03	1.38 ± 2.22	0.17
Instruments out of view (centimeters)	0.10 ± 0.45	0.40 ± 1.32	0.21
Master workspace range (centimeters)	9.58 ± 1.90	10.19 ± 1.56	0.02
Time to complete task (seconds)	172.03 ± 62.63	182.17 ± 64.06	0.26

Table 4 - Pooled data for Ring and Rail 1.

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)	P-value (Group 1 vs 2)
Drops	0.03 ± 0.16	0.03 ± 0.16	1.00
Economy of motion (centimeters)	79.16 ± 22.27	65.11 ± 13.29	< 0.01
Excessive instrument force (seconds)	0.59 ± 1.82	0.31 ± 1.19	0.02
Instrument collisions	0.83 ± 1.22	0.71 ± 1.36	0.24
Instruments out of view (centimeters)	0.24 ± 1.11	0.09 ± 0.52	0.05
Master workspace range (centimeters)	7.09 ± 1.10	7.46 ± 1.07	0.03
Time to complete task (seconds)	62.90 ± 22.07	63.59 ± 20.41	0.65

Table 5 - Pooled data for Suture Sponge 1.

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)	P-value (Group 1 vs 2)
Drops	0.58 ± 1.04	0.34 ± 0.67	0.22
Economy of motion (centimeters)	511.70 ± 142.43	481.57 ± 155.38	0.09
Excessive instrument force (seconds)	5.31 ± 7.70	4.24 ± 6.04	0.31
Instrument collisions	20.18 ± 12.91	23.23 ± 15.85	0.24
Instruments out of view (centimeters)	3.55 ± 5.53	3.15 ± 5.42	0.53
Master workspace range (centimeters)	5.17 ± 1.18	5.03 ± 1.20	0.40
Missed targets	30.61 ± 16.37	26.83 ± 16.64	0.08
Time to complete task (seconds)	478.32 ± 130.98	516.22 ± 163.61	0.20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de plataformas robóticas para a realização de procedimentos cirúrgicos tem se expandido de maneira considerável ao redor do mundo e já se tornou uma realidade em nosso meio. Esse é um caminho sem retorno, e portanto se torna essencial desenvolver e aperfeiçoar estratégias de treinamento dessa nova tecnologia, tanto para cirurgiões ainda em treinamento como para cirurgiões já em atividade.

Os resultados do nosso estudo sugerem que não há diferença significativa nas habilidades básicas de cirurgia robótica entre cirurgiões com experiência laparoscópica e residentes de cirurgia sem essa experiência. Desse modo, a experiência em laparoscopia não seria um passo essencial na aprendizagem da cirurgia robótica, isto é, não haveria necessidade de se atingir um nível de excelência em laparoscopia antes de iniciar o treinamento específico em cirurgia robótica.

Essas informações abrem caminho para um passo seguinte, seguindo essa linha de pesquisa, que será a elaboração e posterior validação de um currículo de treinamento específico para cirurgia robótica. Abre-se também a possibilidade de estudarmos outros grupos, com características diferentes, com o objetivo de tentarmos identificar outros fatores que poderiam influenciar nas habilidades robóticas.

ANEXO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: **Influência da experiência prévia em laparoscopia avançada nas habilidades básicas em cirurgia robótica avaliadas pelo simulador virtual de cirurgia dV-Trainer®.**

JUSTIFICATIVA DO ESTUDO: Até o presente momento não existe um protocolo organizado e validado para o ensino e treinamento de habilidades cirúrgicas básicas em cirurgia robótica. A literatura abordando a influência da experiência prévia do cirurgião em procedimentos cirúrgicos laparoscópicos complexos na aquisição e desenvolvimento de habilidades em cirurgia robótica apresenta resultados conflitantes. Há dúvida quanto a necessidade de se atingir um nível de excelência em laparoscopia, realizando procedimentos complexos de sutura e reconstrução, antes de iniciar o treinamento específico em cirurgia robótica. A resposta a esse questionamento tem implicações importantes no modo em que cirurgiões em treinamento e cirurgiões já em atividade, com ou sem experiência em cirurgia laparoscópica, devem ser treinados para a cirurgia robótica.

OBJETIVOS DO ESTUDO: O objetivo da pesquisa é comparar as habilidades básicas em cirurgia robótica entre um grupo de cirurgiões com experiência em laparoscopia avançada e um grupo de residentes do primeiro ano de cirurgia geral, utilizando o simulador virtual de cirurgia robótica dV-Trainer®.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: Os cirurgiões incluídos no estudo receberão inicialmente orientação teórica sobre o funcionamento do simulador virtual de cirurgia robótica dV-Trainer® (dV-T) (Mimic Technologies, Seattle, WA, EUA). Em seguida realizarão quatro modalidades de exercícios no dV-T, simulando habilidades em cirurgia robótica. As atividades serão realizadas no Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

DURAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO: A orientação teórica e a realização dos exercícios serão realizadas em um único dia, individualmente para cada participante, com duração estimada de três horas.

BENEFÍCIOS, RISCOS E/OU DESCONFORTOS ASSOCIADOS À PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO: Não são conhecidos riscos associados ao uso do simulador virtual de cirurgia robótica. Não haverá contato com pacientes ou qualquer tipo de material biológico. Como benefício na participação no estudo você terá a oportunidade de

entrar em contato e realizar exercícios em um simulador virtual de cirurgia robótica de última geração.

VOLUNTARIEDADE: A participação no estudo é totalmente voluntária e a não participação ou desistência após ingressar no estudo não implicará nenhum tipo de prejuízo. A participação neste estudo não está associada a nenhum tipo de avaliação profissional ou de desempenho.

RESSARCIMENTO: Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela participação no estudo e você não terá nenhum custo referente aos procedimentos envolvidos.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS: Os pesquisadores se comprometem em manter a confidencialidade dos dados de identificação pessoal dos participantes. Os resultados serão divulgados de maneira agrupada, sem a identificação dos indivíduos que participaram do estudo.

ESCLARECIMENTOS E CONTATOS: Todas as dúvidas poderão ser esclarecidas antes e durante o curso da pesquisa, por meio do contato com os pesquisadores Dr. Marcelo Pimentel, telefone 54-33172220 ou 54-99123444; Dr. Brasil Silva Neto, telefone 51-33598286; Dr. Leandro Totti Cavazzola, telefone 51-33598286. Além disso, o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre poderá ser contatado para esclarecimento de dúvidas, por meio do telefone 51-33597640, das 8h às 17h.

Este documento será elaborado em duas vias, sendo uma entregue a você e outra mantida pelo grupo de pesquisadores.

Nome do participante _____ Assinatura _____

Nome do pesquisador _____ Assinatura _____

(que conduziu o processo de consentimento)

Local e data _____