



INFLUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA DA CIRURGIA LAPAROSCÓPICA NA DESTREZA DA CIRURGIA ROBÓTICA

Influence of minimally invasive laparoscopic experience skills on robotic surgery dexterity

Marcos **BELOTTO**^{1,3}, Larissa **COUTINHO**², Adhemar M **PACHECO-JR**¹, Anuar I. **MITRE**³, Eduardo Antunes da **FONSECA**³

RESUMO – Racional: É incerto se há transferência natural de habilidades da cirurgia laparoscópica para a robótica. **Objetivo:** Avaliar o desempenho e aprendizado de tarefas em plataforma robótica simulada em indivíduos com diferentes conhecimentos em cirurgia. **Método:** Três grupos de indivíduos foram testados quanto à habilidade robótica: a) especialistas em cirurgia laparoscópica (n=6); b) especialista em cirurgia convencional (n=6); e c) indivíduos não médicos. A idade variou em todo grupo entre 40-50 anos. Cinco repetições de quatro tarefas simuladas foram realizadas: visão espacial, coordenação bimanual, coordenação mão-pé-olho e destreza manual. **Resultados:** Especialistas em cirurgia laparoscópica tiveram desempenho semelhante aos indivíduos não médicos e melhor que os especialistas em cirurgia convencional em três das quatro tarefas. Todos os grupos melhoraram desempenho com repetições. **Conclusão:** Especialistas em cirurgia laparoscópica desempenharam melhor que os outros grupos, mas quase igualmente aos indivíduos não médicos. Especialista em cirurgia convencional apresentaram os piores resultados. Todos os grupos melhoraram com as repetições.

DESCRITORES - Robótica. Laparoscopia. Habilidades motoras. Treinamento de simulação de alta fidelidade.

ABSTRACT - Background: It is unclear if there is a natural transition from laparoscopic to robotic surgery with transfer of abilities. **Aim:** To measure the performance and learning of basic robotic tasks in a simulator of individuals with different surgical background. **Methods:** Three groups were tested for robotic dexterity: a) experts in laparoscopic surgery (n=6); b) experts in open surgery (n=6); and c) non-medical subjects (n=4). All individuals were aged between 40-50 years. Five repetitions of four different simulated tasks were performed: spatial vision, bimanual coordination, hand-foot-eye coordination and motor skill. **Results:** Experts in laparoscopic surgery performed similar to non-medical individuals and better than experts in open surgery in three out of four tasks. All groups improved performance with repetition. **Conclusion:** Experts in laparoscopic surgery performed better than other groups but almost equally to non-medical individuals. Experts in open surgery had worst results. All groups improved performance with repetition.

HEADINGS: Robotic. Laparoscopy. Motor skills. High fidelity simulation training.



Plataforma simuladora robótica

Mensagem central

A cirurgia robótica exige habilidades não transferidas automaticamente da destreza da cirurgia aberta, mas aprendidas em parte pela cirurgia laparoscópica e movimentos naturais.

Perspectiva

O treinamento é uma parte importante do aprendizado cirúrgico. Simuladores são ferramentas valiosas para o aprendizado. Tanto os cirurgiões laparoscópicos, como principalmente os treinados apenas em cirurgia aberta, são incentivados a praticar em simuladores.



Vídeo demonstrando metodologia utilizada



www.facebook.com/abcdrevista



www.instagram.com/abcdrevista



www.twitter.com/abcdrevista

Trabalho realizado no ¹Departamento de Cirurgia, Divisão de Pâncreas, Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil; ²Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil; ³Hospital Sírio-Libanês, São Paulo, Brasil

Como citar esse artigo: Belotto M, Coutinho L, Pacheco-Jr AM, Mitre AI, Da Fonseca EA. Influência da experiência da cirurgia laparoscópica na destreza da cirurgia robótica. ABCD Arq Bras Cir Dig. 2021;34(3):e1604. DOI: /10.1590/0102-672020210001e1604

Correspondência:
Marcos Belotto
E-mail: marcbelotto@hotmail.com

Fonte de financiamento: Parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código 001 001
Conflito de interesse: não há
Recebido para publicação: 19/10/2020
Aceito para publicação: 04/02/2021

INTRODUÇÃO

A cirurgia robótica pode ser considerada por alguns como uma evolução natural da cirurgia laparoscópica; entretanto, há diferenças notórias entre as duas técnicas de cirurgia minimamente invasiva²⁰. Estas diferenças podem levar à crença que não haja transferência da destreza laparoscópica para a plataforma robótica, mas necessidade de abandonar certas habilidades prévias e aprender novas aptidões³³.

Habilidades cirúrgicas podem ser adequadamente treinadas e avaliadas por simuladores realistas¹⁹. Estudos prévios compararam habilidades robóticas em indivíduos com diferentes experiências laparoscópicas e mostraram em sua maioria igualdade de resultados independente do grau de experiência prévia^{26,33}. Esta similaridade de resultados sugere habilidade natural em manipular o robô, i.e., a plataforma robótica pode capturar os movimentos naturais. Estes estudos, entretanto, compararam indivíduos de gerações distintas (geralmente estudantes ou residentes com cirurgiões experientes) trazendo vantagens aos neófitos mais versados à tecnologia e videogames cujas habilidades são transferíveis ao simulador²⁸.

Acreditamos que um protocolo que avalia se há transferência natural da habilidade laparoscópica para robótica ou se há maior capacidade dos robôs cirúrgicos de captar movimentos naturais, deve comparar cirurgiões com diferentes graus de experiência laparoscópica e indivíduos não familiarizados com técnicas cirúrgicas ou simulação cirúrgica, todos de uma mesma geração.

Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho e aprendizado de tarefas em plataforma robótica simulada em indivíduos com diferentes conhecimentos em cirurgia.

MÉTODO

O protocolo foi aprovado pela Comissão de ética local e consentimento informado foi obtido de todos os participantes.

População

Três grupos de indivíduos entre 40-50 anos, sem experiência robótica prévia foram recrutados: A) grupo 1 (n=6, 6/100% masculino), idade 45 (41-47, 40/50) anos: especialistas em cirurgia laparoscópica com mais de cinco anos de experiência laparoscópica e 100 procedimentos complexos, todos gastrocirurgiões; B) grupo 2 (n=6, 5/83% masculino), idade 44 (43-44, 41/48) anos: especialistas em cirurgia convencional com mais de cinco anos de experiência e mais de 100 procedimentos complexos e menos de 10 procedimentos laparoscópicos simples por ano e sem experiência em procedimentos laparoscópicos complexos, todos gastrocirurgiões; C) grupo 3 (n=4, 2/50% masculino), idade 42 (41-45, 40/50) anos, dois advogados, um publicitário, um financista): indivíduos com profissões distintas da saúde e plataformas robóticas.

Simulador

Um simulador realista de robótica foi utilizado para avaliar as habilidades robóticas (Mimic, Intuitive Surgery, Sunnyvale). O simulador possui dois controles manuais e sete pedais. Os praticantes adotam posição semelhante à plataforma real comandando cenários simulados com tarefas básicas pré-instaladas. Performance foi medida usando um escore de 0 a 100 considerando tempo para executar a tarefa, colisão de instrumentos, destreza manual, força aplicada aos instrumentos e economia de movimentos.

Indivíduos foram instruídos a assistir um vídeo educativo presente no sistema e realizar cinco repetições de quatro tarefas básicas: 1) "mirar a câmera": indivíduos foram solicitados a pisar no pedal da câmera pedal e focar nos alvos com os controles manuais para medir visão espacial; 2) "passar o anel": participantes foram solicitados a transferir argolas e um ponto a outro usando ambas mãos para medir destreza bimanual; 3) "troca de energia": indivíduos foram orientados a aplicar diferentes energias fulgurativas

em alvos aleatórios utilizando dois pedais diferentes para medir coordenação mão-pé-olho; e 4) "pegar & colocar": indivíduos foram orientados a dispor objetos de acordo com a cor para medir motor skills (Figure 1).

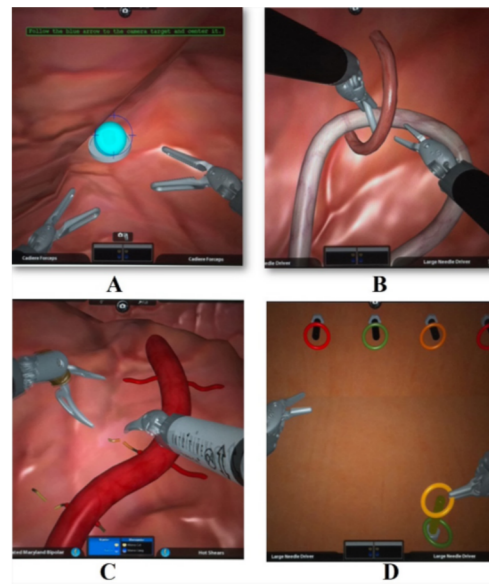


FIGURE 1 – Tarefas simuladas na plataforma robótica: A) mirar a câmera; B) passar o anel; C) troca de energia; D) pegar & colocar

Análise estatística

As variáveis foram representadas como mediana (quartil 25–75) [variação] $p < 0.05$ foi considerado significativo. Os testes de Mann-Whitney e Kruskal-Whallis foram usados para comparar medianas; teste de Fisher foi usado para comparar proporções e o teste de Durbin-Watson para avaliar tendência temporal.

RESULTADOS

Não houve diferença estatística de gênero ($p=0.2$) ou idade ($p=0.9$) entre os grupos. Todos os indivíduos completaram as tarefas.

Os escores para os 3 grupos estão demonstrados na Tabela 1. Especialistas em cirurgia laparoscópica tiveram desempenho similar a não médicos e melhor que os especialistas em cirurgia convencional em 3 das 4 tarefas.

Tendência temporal dos escores de performance estão demonstrados na Figura 2. Todos os grupos melhoraram a performance com as repetições.

TABELA 1 - Escores de performance para as tarefas robóticas simuladas

Tarefa	Grupo 1 (cirurgiões experientes em cirurgia laparoscópica)	Grupo 2 (cirurgiões experientes em cirurgia convencional)	Grupo 3 (não médicos - controle)	Comparação entre grupos
Mirar a câmera	98 (69-100) [53-100]	73 (47-96) [13-100]	97 (72-98) [34-100]	1x2 $p < 0.001$ * 1x3 $p = 0.2$ 2x3 $p = 0.02$ *
Passar o anel	78 (42-88) [19-96]	61 (38-67) [10-95]	85 (74-91) [30-96]	1x2 $p = 0.08$ 1x3 $p = 0.1$ 2x3 $p < 0.001$ *
Troca de energia	69 (47-810) [24-91]	44 (19-56) [0-97]	52 (36-64) [27-84]	1x2 $p < 0.001$ * 1x3 $p = 0.02$ * 2x3 $p = 0.09$
Pegar & colocar	81 (70-90) [48-94]	65 (56-76) [35-93]	83 (74-88) [57-94]	1x2 $p < 0.001$ * 1x3 $p = 0.8$ 2x3 $p < 0.001$ *

Variáveis expressas como mediana (quartil 25–75) [variação]; * Significância estatística

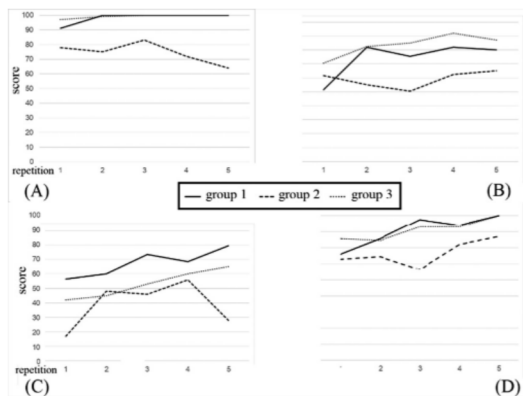


FIGURA 2 – Tendência temporal no desempenho para as tarefas robóticas simuladas: A) mirar a câmera; B) passar o anel; C) troca de energia; D) pegar & colocar

DISCUSSÃO

Diferenças entre aprendizado laparoscópico e robótico

Há vantagens e desvantagens associadas à cirurgia robótica comparada à cirurgia laparoscópica; entretanto, a maioria estão ligadas diretamente ao operador apenas com benefício indireto ao doente. Este estudo considerou que há diferenças técnicas entre estes dois tipos de cirurgia minimamente invasiva, não apenas considerando a performance da operação, como o processo de acoplamento do robô, tão pouco a visão em 3-D ou uso de instrumentos articulados que também são disponíveis para cirurgia laparoscópica¹, mas especialmente a falta de sensação tátil e reprodução de movimentos naturais sem um fulcro.

A cirurgia laparoscópica permite contato físico entre as mãos do cirurgião e as estruturas anatômicas através de instrumentos longos e não flexíveis³⁴. A despeito de sua imperfeição, isto traz certo retorno háptico, mas esta imperfeição traz a necessidade de aprendizado. Cirurgiões experientes mostram maior habilidade em controlar a força nos instrumentos laparoscópicos que novatos²⁹. Opostamente, cirurgiões e pacientes estão distantes na cirurgia robótica. Alguns avanços tecnológicos tentam simular o tato ou substituindo por outros estímulos como sons², mas isto não é disponível na maioria dos sistemas. Interessante, a fala de sensação háptica pode ser compensada com a experiência⁶. O simulador utilizado no estudo gradua o uso excessivo de força aplicada aos instrumentos. Não analisamos matematicamente os números devido ao baixo poder estatístico para subanálise em uma população pequena, mas uso excessivo de força foi comum em quase todos os participantes de todos os grupos.

Diferentes estudos prévios com simuladores mostraram desempenho similar na execução de tarefas básicas para cirurgiões experientes e indivíduos em treinamento (estudantes ou residentes)^{18,21,23}. O mesmo pode ser observado quando especialistas em cirurgia convencional foram comparados com novatos^{5,18}. Nossos resultados, concordantes com estes estudos, mostram alguma transferência de habilidade laparoscópica para a cirurgia robótica, já que laparoscopistas tiveram melhor desempenho que não laparoscopistas mas em igualdade com os controles. Estes fatos sugerem que a plataforma robótica pode interpretar movimentos naturais permitindo os controles a executar as tarefas bem e que algumas habilidades laparoscópicas (como lidar com o movimento invertido do fulcro) impedem os laparoscopistas de desempenhar muito melhor que os controles já que são forçados a esquecer certos movimentos para reaprender os movimentos naturais. Optamos por recrutar indivíduos no grupo controle que não fossem ligados às ciências da saúde e escolhemos tarefas básicas e não clínicas para execução a fim de avaliar apenas habilidades naturais e não previamente aprendidas. Pelo mesmo motivo, limitamos a idade dos participantes para evitar aptidões prévias com videogames ou tecnologia leiga.

Diferenças entre curvas de aprendizado robótica e laparoscópica

A curva de aprendizado para atingir a proficiência parece ser mais longa na cirurgia laparoscópica comparada à robótica (Tabela 2) a despeito de que os estudos podem ser criticados por algumas razões: 1) somente o tempo operatório é considerado na maioria dos artigos, não outros parâmetros como complicações cirúrgicas; 2) foram testados cirurgiões já com experiência prévia no procedimento por via aberta ou laparoscópica; 3) a curva é analisada depois de certo número de casos operados mas não baseados em cálculos matemáticos; 4) vieses de seleção de casos mais fáceis no início da experiência; 5) expertise é avaliada comparando dois períodos de tempo arbitrariamente definidos; 6) casos robóticos são mais recentes que de outras vias; etc. Nosso estudo, contudo, mostra uma forte tendência em todos os grupos a aprender e desempenhar melhor após somente cinco repetições da mesma tarefa. Este fato foi também observado por outros²¹ e pode demonstrar a real característica de fácil aprendizado da cirurgia robótica.

TABELA 2 - Comparação entre curvas de aprendizado para cirurgia laparoscópica vs. robótica

Procedimento	Cirurgia laparoscópica	Cirurgia Robótica	Referências
Esofagectomia	30-40	20-26	13, 15, 32, 37
Gastrectomia	41-46	20-25	14, 17, 38
Derivação em Y-de-Roux	100-500	8-14	3, 4, 8, 9
Pancreatectomia	15-30	10-40	16, 27, 24, 31
Colectomia	50-85	30-44	12, 22, 25, 35

Ética e aprendizado em robótica

Simuladores são uma realidade em diversos programas de residência médica³⁶. Entretanto, há um incontável número de cirurgiões atuantes não familiarizados com cirurgia robótica. Nosso protocolo, avaliou habilidades manuais básicas e coordenação; mas, surpreendentemente, alguns cirurgiões experientes tiveram escores menores que 50% do ideal. Isto mostra que o treinamento em simulador é mandatório antes da prática clínica.

Do ponto de vista ético, um painel de especialistas mostrou que inovações cirúrgicas devem ser testadas antes da disseminação e deve ser providenciado adequado treinamento para se adquirir proficiência¹¹. Mais ainda, treinamento em laboratório foi considerado pré-condição para considerar inovação cirúrgica ética¹⁰.

Interessante, simuladores são utilizados não apenas para o aprendizado. Aquecimento em simuladores traz melhor desempenho⁷. Seguindo princípios de aviação aplicados à cirurgia³⁰, cirurgiões devem manter treinamento periódico em simuladores.

Nosso estudo tem algumas limitações como o pequeno número de participantes. O grau de significância dos achados; entretanto, sugere os resultados não foram prejudicados por isto. Também, as tarefas que selecionamos podem ser criticadas. Tentamos escolher entre diferentes habilidades díspares de significância clínica para evitar vieses com o grupo controle. A seleção rigorosa dos participantes todos da mesma idade é um ponto forte do estudo e provavelmente original.

CONCLUSÃO

Especialistas em cirurgia laparoscópica desempenharam melhor que os outros grupos e quase igualmente que indivíduos não médicos. Especialistas em cirurgia convencional tiveram os piores resultados. Todos os grupos melhoraram com as repetições. Tais achados, sugerem que a cirurgia robótica reproduz movimentos naturais e é propensa a ser mais rapidamente aprendida mesmo que cirurgiões laparoscopistas experientes não tenham ideal desempenhado inicialmente. Cirurgiões inexperientes em cirurgia minimamente invasiva aparentemente necessitam de maior tempo de treinamento.

REFERÊNCIAS

- Abou-Haidar H, Al-Qaoud T, Jednak R, Brzezinski A, El-Sherbiny M, Capolicchio JP. Laparoscopic pyeloplasty: Initial experience with 3D vision laparoscopy and articulating shears. *J Pediatr Urol*. 2016 Dec;12(6):426.e1-426.e5. doi: 10.1016/j.jpuro.2016.08.027. Epub 2016 Oct 24. PMID: 27889223.
- Amirabdollahian F, Livatino S, Vahedi B, Gudipati R, Sheen P, Gawrie-Mohan S, Vasdev N. Prevalence of haptic feedback in robot-mediated surgery: a systematic review of literature. *J Robot Surg*. 2018 Mar;12(1):11-25. doi: 10.1007/s11701-017-0763-4. Epub 2017 Dec 1. PMID: 29196867.
- Ayloo S, Fernandes E, Choudhury N. Learning curve and robot set-up/operative times in singly docked totally robotic Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Endosc*. 2014 May;28(5):1629-33. doi: 10.1007/s00464-013-3362-0. Epub 2014 Jan 3. PMID: 24385247.
- Buchs NC, Pugin F, Bucher P, Hagen ME, Chassot G, Koutny-Fong P, Morel P. Learning curve for robot-assisted Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Endosc*. 2012 Apr;26(4):1116-21. doi: 10.1007/s00464-011-2008-3. Epub 2011 Nov 2. PMID: 22044973.
- Cumpanas AA, Bardan R, Ferician OC, Latcu SC, Duta C, Lazar FO. Does previous open surgical experience have any influence on robotic surgery simulation exercises? *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2017 Dec;12(4):366-371. doi: 10.5114/wiitm.2017.72320. Epub 2017 Dec 29. PMID: 29362651; PMCID: PMC5776487.
- Cundy TP, Gattas NE, Yang GZ, Darzi A, Najmaldin AS. Experience related factors compensate for haptic loss in robot-assisted laparoscopic surgery. *J Endourol*. 2014 May;28(5):532-8. doi: 10.1089/end.2013.0671. Epub 2014 Feb 7. PMID: 24397464.
- da Cruz JAS, Dos Reis ST, Cunha Frati RM, Duarte RJ, Nguyen H, Srougi M, Passerotti CC. Does Warm-Up Training in a Virtual Reality Simulator Improve Surgical Performance? A Prospective Randomized Analysis. *J Surg Educ*. 2016 Nov-Dec;73(6):974-978. doi: 10.1016/j.jsurg.2016.04.020. Epub 2016 May 24. PMID: 27233673.
- de Rooij T, Cipriani F, Rawashdeh M, van Dieren S, Barbaro S, Abuawwad M, van Hilst J, Fontana M, Besselink MG, Abu Hilal M. Single-Surgeon Learning Curve in 111 Laparoscopic Distal Pancreatectomies: Does Operative Time Tell the Whole Story? *J Am Coll Surg*. 2017 May;224(5):826-832.e1. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2017.01.023. Epub 2017 Jan 24. PMID: 28126547.
- El-Kadre L, Tinoco AC, Tinoco RC, Aguiar L, Santos T. Overcoming the learning curve of laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: a 12-year experience. *Surg Obes Relat Dis*. 2013 Nov-Dec;9(6):867-72. doi: 10.1016/j.soard.2013.01.020. Epub 2013 Feb 11. PMID: 23499192.
- Ferreres AR, Patti M. Ethical Issues in the Introduction of New Technologies: From Mis to PoEM. *World J Surg*. 2015 Jul;39(7):1642-8. doi: 10.1007/s00268-015-3067-8. PMID: 25894402.
- Fischella PM, DeMeester SR, Hungness E, Perretta S, Soper NJ, Rosemurgy A, Torquati A, Sachdeva AK, Patti MG. Emerging Techniques in Minimally Invasive Surgery. Pros and Cons. *J Gastrointest Surg*. 2015 Jul;19(7):1355-62. doi: 10.1007/s11605-015-2766-7. Epub 2015 Feb 13. PMID: 25678255.
- Guend H, Widmar M, Patel S, Nash GM, Paty PB, Guillem JG, Temple LK, Garcia-Aguilar J, Weiser MR. Developing a robotic colorectal cancer surgery program: understanding institutional and individual learning curves. *Surg Endosc*. 2017 Jul;31(7):2820-2828. doi: 10.1007/s00464-016-5292-0. Epub 2016 Nov 4. PMID: 27815742; PMCID: PMC5418100.
- Guo W, Zou YB, Ma Z, Niu HJ, Jiang YG, Zhao YP, Gong TQ, Wang RW (2013) One surgeon's learning curve for video-assisted thoracoscopic esophagectomy for esophageal cancer with the patient in lateral position: how many cases are needed to reach competence? *Surg Endosc*. 27(4):1346-52. doi: 10.1007/s00464-012-2614-8.
- Harrison LE, Yiengpruksawan A, Patel J, Itskovich A, Lee B, Korst R. Robotic gastrectomy and esophagogastrectomy: A single center experience of 105 cases. *J Surg Oncol*. 2015 Dec;112(8):888-93. doi: 10.1002/jso.24073. Epub 2015 Oct 21. PMID: 26487124.
- Hernandez JM, Dimou F, Weber J, Almhanna K, Hoffe S, Shridhar R, Karl R, Meredith K. Defining the learning curve for robotic-assisted esophagogastrectomy. *J Gastrointest Surg*. 2013 Aug;17(8):1346-51. doi: 10.1007/s11605-013-2225-2. Epub 2013 May 21. PMID: 23690208.
- Hua Y, Javed AA, Burkhart RA, Makary MA, Weiser MR, Wolfgang CL, He J. Preoperative risk factors for conversion and learning curve of minimally invasive distal pancreatectomy. *Surgery*. 2017 Nov;162(5):1040-1047. doi: 10.1016/j.surg.2017.07.014. Epub 2017 Sep 1. PMID: 28866314.
- Huang KH, Lan YT, Fang WL, Chen JH, Lo SS, Li AF, Chiou SH, Wu CW, Shyr YM. Comparison of the operative outcomes and learning curves between laparoscopic and robotic gastrectomy for gastric cancer. *PLoS One*. 2014 Oct 31;9(10):e111499. doi: 10.1371/journal.pone.0111499. PMID: 25360767; PMCID: PMC4216064.
- Kowalewski KF, Schmidt MW, Proctor T, Pohl M, Wennberg E, Karadza E, Romero P, Kenngott HG, Müller-Stich BP, Nickel F (2018) Skills in minimally invasive and open surgery show limited transferability to robotic surgery: results from a prospective study. *Surg Endosc*. 32(4):1656-1667. doi: 10.1007/s00464-018-6109-0.
- Kumar A, Smith R, Patel VR. Current status of robotic simulators in acquisition of robotic surgical skills. *Curr Opin Urol*. 2015 Mar;25(2):168-74. doi: 10.1097/MOU.000000000000137. PMID: 25574791.
- Leal Ghezzi T, Campos Corleta O. 30 Years of Robotic Surgery. *World J Surg*. 2016 Oct;40(10):2550-7. doi: 10.1007/s00268-016-3543-9. PMID: 27177648.
- Letouzey V, Huberlant S, Faillie JL, Prudhomme M, Mares P, de Tayrac R. Evaluation of a laparoscopic training program with or without robotic assistance. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2014 Oct;181:321-7. doi: 10.1016/j.ejogrb.2014.08.003. Epub 2014 Aug 20. PMID: 25216348.
- Li JC, Lo AW, Hon SS, Ng SS, Lee JF, Leung KL. Institution learning curve of laparoscopic colectomy--a multi-dimensional analysis. *Int J Colorectal Dis*. 2012 Apr;27(4):527-33. doi: 10.1007/s00384-011-1358-6. Epub 2011 Nov 30. PMID: 22124675.
- Moglia A, Ferrari V, Melfi F, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A, Morelli L. Performances on simulator and da Vinci robot on subjects with and without surgical background. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2018 Dec;27(6):309-314. doi: 10.1080/13645706.2017.1365729. Epub 2017 Aug 17. PMID: 28817346.
- Napoli N, Kauffmann EF, Perrone VG, Miccoli M, Brozzetti S, Boggi U. The learning curve in robotic distal pancreatectomy. *Updates Surg*. 2015 Sep;67(3):257-64. doi: 10.1007/s13304-015-0299-y. Epub 2015 May 20. PMID: 25990666.
- Parisi A, Scrucca L, Desiderio J, Gemini A, Guarino S, Ricci F, Cirocchi R, Palazzini G, D'Andrea V, Minelli L, Trastulli S. Robotic right hemicolectomy: Analysis of 108 consecutive procedures and multidimensional assessment of the learning curve. *Surg Oncol*. 2017 Mar;26(1):28-36. doi: 10.1016/j.suronc.2016.12.005. Epub 2016 Dec 19. PMID: 28317582.
- Pimentel M, Cabral RD, Costa MM, Neto BS, Cavazzola LT. Does Previous Laparoscopic Experience Influence Basic Robotic Surgical Skills? *J Surg Educ*. 2018 Jul-Aug;75(4):1075-1081.
- Shakir M, Boone BA, Polanco PM, Zenati MS, Hogg ME, Tsung A, Choudry HA, Moser AJ, Bartlett outcomes of the first 100 consecutive cases at a high-volume pancreatic centre. *HPB (Oxford)*. 2015 Jul;17(7):580-6. doi: 10.1111/hpb.12412. Epub 2015 Apr 23. PMID: 25906690; PMCID: PMC4474504.
- Shane MD, Pettitt BJ, Morgenthal CB, Smith CD. Should surgical novices trade their retractors for joysticks? Videogame experience decreases the time needed to acquire surgical skills. *Surg Endosc*. 2008 May;22(5):1294-7. doi: 10.1007/s00464-007-9614-0. Epub 2007 Oct 31. PMID: 17972136.
- Singapogu RB, Smith DE, Long LO, Burg TC, Pagano CC, Burg KJ. Objective differentiation of force-based laparoscopic skills using a novel haptic simulator. *J Surg Educ*. 2012 Nov-Dec;69(6):766-73. doi: 10.1016/j.jsurg.2012.07.008. Epub 2012 Sep 5. PMID: 23111044.
- Sommer KJ. Pilot training: What can surgeons learn from it? *Arab J Urol*. 2014 Mar;12(1):32-5. doi: 10.1016/j.aju.2013.08.011. Epub 2013 Sep 17. PMID: 26019919; PMCID: PMC4434512.
- Søvik TT, Aasheim ET, Kristinsson J, Schou CF, Diep LM, Nesbakken A, Mala T. Establishing laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: perioperative outcome and characteristics of the learning curve. *Obes Surg*. 2009 Feb;19(2):158-165. doi: 10.1007/s11695-008-9584-x. Epub 2008 Jun 20. PMID: 18566869.
- Tapias LF, Morse CR. Minimally invasive Ivor Lewis esophagectomy: description of a learning curve. *J Am Coll Surg*. 2014 Jun;218(6):1130-40. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.02.014. Epub 2014 Feb 21. PMID: 24698488.
- Tillou X, Collon S, Martin-Francois S, Doerfler A. Robotic Surgery Simulator: Elements to Build a Training Program. *J Surg Educ*. 2016 Sep-Oct;73(5):870-8. doi: 10.1016/j.jsurg.2016.04.008. Epub 2016 May 17. PMID: 27211879.
- TORRES, Alberto et al. DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A NEW LAPAROSCOPIC ENDOTRAINER FOR NEONATAL SURGERY AND REDUCED SPACES. *ABCD, arq. Bras. Cir. Dig.*, 2020, vol.33, no.4. ISSN 0102-6720.
- Tsai KY, Kiu KT, Huang MT, Wu CH, Chang TC. The learning curve for laparoscopic colectomy in colorectal cancer at a new regional hospital. *Asian J Surg*. 2016 Jan;39(1):34-40. doi: 10.1016/j.asjsur.2015.03.008. Epub 2015 May 7. PMID: 25959025.
- Wiener S, Haddock P, Shichman S, Dorin R. Construction of a Urologic Robotic Surgery Training Curriculum: How Many Simulator Sessions Are Required for Residents to Achieve Proficiency? *J Endourol*. 2015 Nov;29(11):1289-93. doi: 10.1089/end.2015.0392. Epub 2015 Aug 25. PMID: 26154108.
- Zhang H, Chen L, Wang Z, Zheng Y, Geng Y, Wang F, Liu D, He A, Ma L, Yuan Y, Wang Y. The Learning Curve for Robotic McKeown Esophagectomy in Patients With Esophageal Cancer. *Ann Thorac Surg*. 2018 Apr;105(4):1024-1030. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.11.058. Epub 2017 Dec 27. PMID: 29288659.
- Zhao LY, Zhang WH, Sun Y, Chen XZ, Yang K, Liu K, Chen XL, Wang YG, Song XH, Xue L, Zhou ZG, Hu JK. Learning curve for gastric cancer patients with laparoscopy-assisted distal gastrectomy: 6-year experience from a single institution in western China. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Sep;95(37):e4875. doi: 10.1097/MD.0000000000004875. PMID: 27631257; PMCID: PMC5402600.