



DOCUMENTOS

Simulación, ¿una necesidad en el entrenamiento para la cirugía laparoscópica colorrectal?



Nicolas Kerrigan*

Departamento de Cirugía, Hospital Clínico Universidad de Chile, Santiago, Chile

Recibido el 24 de marzo de 2017; aceptado el 13 de junio de 2017

Disponible en Internet el 8 de julio de 2017

PALABRAS CLAVE

Entrenamiento quirúrgico por simulación;
Cirugía colorrectal;
Laparoscopia

Resumen La cirugía laparoscópica colorrectal (CLCR) se realiza desde hace más de dos décadas y a pesar de la amplia evidencia que apoya sus beneficios para los pacientes, su difusión y utilización han sido lentas. Su curva de aprendizaje prolongada es uno de los principales factores restrictivos para su más amplia utilización en la práctica clínica en nuestro país.

La realización de esta técnica mínimamente invasiva requiere de habilidades avanzadas y específicas que no necesariamente se adquieren con el aprendizaje de la cirugía tradicional o abierta.

El objetivo de este documento es resumir las diferentes estrategias de simulación actualmente disponibles para el entrenamiento en CLCR y la evidencia que avala su implementación en los programas de cirugía colorrectal.

© 2017 Sociedad de Cirujanos de Chile. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Surgery simulation training;
Colorectal surgery;
Laparoscopy

Simulation, a need in training for colorectal laparoscopic surgery?

Abstract Laparoscopic colorectal surgery (LCRS) is performed more than two decades ago and despite the wide evidence supporting its benefits for patients, its diffusion and utilization has been slow. Its prolonged learning curve is one of the main restrictive factors for its wider use in clinical practice in our country.

The realization of this minimally invasive technique requires advanced and specific skills that are not necessarily acquired with the learning of traditional or open surgery.

The objective of this paper is to summarize the different simulation strategies currently available for LCRS training and the evidence supporting its implementation in colorectal surgery programs.

© 2017 Sociedad de Cirujanos de Chile. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: nicokerrigan@gmail.com, nkerrigan@clnicasantamaria.cl

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rchic.2017.06.004>

0379-3893/© 2017 Sociedad de Cirujanos de Chile. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La cirugía laparoscópica colorrectal (CLCR) ha incrementado su utilización basándose en los múltiples beneficios bien establecidos por sobre la cirugía convencional o abierta, entre los que se incluyen menor dolor postoperatorio, recuperación de la función intestinal más precoz y menor estadía hospitalaria¹.

A pesar de la evidencia actualmente disponible de los beneficios de la CLCR y de su seguridad oncológica^{2,3}, la difusión de esta técnica ha sido lenta y renuente, siendo una extensa curva de aprendizaje una de sus mayores restricciones para su más amplia utilización⁴.

En nuestro país en particular, es una técnica que lleva casi dos décadas de utilización, con buenos resultados globales⁵ y que hoy en día es considerada el *gold standard* de abordaje en las resecciones de colon⁶. Sin embargo, su realización se restringe a pocos centros quirúrgicos, principalmente centros universitarios y docentes, clínicas privadas y algunos hospitales de la red nacional de atención pública de salud de nuestra capital⁵.

El alto nivel de complejidad técnica asociado con procedimientos como colectomías laparoscópicas fue una de sus principales causas de bajo nivel de utilización al compararse con otros procedimientos laparoscópicos en cirugía digestiva o general^{7,8}. La curva de aprendizaje ha sido estimada entre 30 y 60 casos para colectomías laparoscópicas^{9,10}, además de la necesidad de adquirir habilidades específicas diferentes a las utilizadas en la cirugía convencional¹¹. En nuestro país, una encuesta que se realizó a diferentes grupos de cirugía colorrectal señaló que el número para completar una curva de aprendizaje adecuada se sitúa entre 50 y 100 casos por cirujano⁵.

La CLCR incluye procedimientos de alta exigencia técnica que requieren de habilidades quirúrgicas avanzadas específicas⁸. Dichas habilidades, habitualmente se aprenden como un acto autodidacta por parte de cirujanos experimentados¹², a pesar de que existe evidencia que el entrenamiento inapropiado de estos procedimientos puede comprometer la seguridad de los pacientes¹³.

Actualmente, los cirujanos en formación requieren incorporar y aprender más técnicas quirúrgicas en un menor tiempo¹⁴. Sin embargo, hay estudios que han demostrado que existe una deficiencia en lograr un número adecuado de procedimientos laparoscópicos colorrectales exitosos por parte de quienes se entrenan^{15,16}. Asociado a esto, la proporción de cirugías realizadas por cirujanos en formación se ha reducido durante la última década¹⁷, en la medida en que los programas de entrenamiento destinan menos tiempo en la sala de operaciones y más tiempo cubriendo turnos/guardias o ingresos de pacientes de urgencia^{18,19}.

Esta brecha, entre el nivel de práctica exigida y la realidad²⁰, es lo que ha llevado a promover el uso de programas de entrenamiento avanzado en CLCR, con el objetivo de aumentar las oportunidades de práctica de los cirujanos en formación.

Nuevos desafíos para el entrenamiento quirúrgico

Tradicionalmente, la enseñanza de destrezas quirúrgicas se ha basado en el modelo de mentor-alumno, reflejado en el

Tabla 1 Características y dificultades que presenta la cirugía laparoscópica

Características	Dificultades
Visión en 2 dimensiones	Percepción de profundidad reducida
Eje ojo-mano-objetivo perturbado	Disminuye ergonometría y destreza
Instrumentos largos y rígidos	Temblor manual natural aumentado y disminución del rango de movimientos
Puertos de entrada abdominales fijos	Efecto <i>fulcrum</i>
Inestabilidad de la cámara	Aumento de la fatiga
Capacidad táctil limitada	Menor destreza manual fina

Fuente: Heemskerk et al.²².

principio clásico de «ve uno, haz uno, enseña uno»²¹, donde el alumno en entrenamiento aprende a realizar una cirugía bajo la supervisión de un cirujano experimentado.

La realización de procedimientos quirúrgicos laparoscópicos requiere de habilidades quirúrgicas especiales que permitan vencer ciertas dificultades específicas de esta técnica (tabla 1), entre las cuales se encuentran la visión en 2 dimensiones con pérdida de la percepción de profundidad de campo, menor rango de movimiento de los instrumentos comparado con la cirugía abierta, pérdida de la sensación táctil y la disparidad entre la percepción visual y la retroalimentación propioceptiva o efecto *fulcrum*^{23,24}. La cirugía laparoscópica es difícil de aprender solo por observación, imitación o práctica en solitario²⁵, y su dominio exige entrenamiento y una enseñanza supervisada²⁶.

Otro desafío con respecto a la cirugía laparoscópica es el mayor número de casos de complicaciones quirúrgicas al comienzo de la curva de aprendizaje²⁷, lo cual plantea cuestionamientos éticos y enfatiza la necesidad de mecanismos que disminuyan las tasas de complicaciones o conversiones innecesarias durante las etapas precoces de práctica independiente. Actualmente no es aceptable que los cirujanos adquieran experiencia a costo de la seguridad de los pacientes, quienes no deben ser expuestos a un riesgo de daño al realizar entrenamientos de adquisición de habilidades de una nueva técnica²⁸.

Ha sido demostrado que el pabellón quirúrgico puede ser un lugar no adecuado para la práctica inicial del entrenamiento quirúrgico laparoscópico, dado los altos niveles de estrés que pueden perjudicar la *performance* y el desempeño²⁹. Por otra parte, el costo adicional de realizar prácticas en el pabellón se ha estimado en cerca de \$48.000 dólares anuales por cada sujeto en entrenamiento³⁰.

El entrenamiento de la cirugía laparoscópica ha requerido cambiar el modelo de enseñanza quirúrgica de más de un siglo de historia³¹, y a su vez ha permitido el desarrollo y la aplicación de nuevas técnicas de simulación, permitiendo una enseñanza tutorizada que corrija errores, optimice destrezas y desarrolle habilidades del sujeto entrenado, sin el

riesgo de someter a los pacientes a errores quirúrgicos y su potencial daño, como en el modelo de enseñanza clásico³².

Estas consideraciones en relación con la seguridad de pacientes, costo y restricción horaria de pabellones han llevado a innovar y desafiar el paradigma de la enseñanza en cirugía clásica, debiendo para esto desarrollar nuevos métodos de entrenamiento quirúrgico^{33,34} y haciendo evidente que los tiempos de la curva de aprendizaje deben reducirse mediante la práctica fuera del pabellón quirúrgico³⁵.

La práctica guiada y regulada en simuladores se correlaciona con una reducción de los tiempos quirúrgicos y una mayor eficiencia de movimientos para la colecistectomía laparoscópica. Es así como Seymour et al.³⁶ demostraron un mejor desempeño en el pabellón de operaciones a través de una reducción cercana al 30% del tiempo quirúrgico y hasta 9 veces menos errores intraoperatorios (lesión inadvertida o quemadura de un órgano intraabdominal, disección en el plano incorrecto, desgarro de tejidos, falta de progresión en el procedimiento), al comparar sujetos entrenados previamente en simuladores con aquellos que no fueron entrenados. Estos resultados sugieren que la curva de aprendizaje para la CLCR también puede ser optimizada de esta misma manera³⁷. Sin embargo, las resecciones colónicas o rectales realizadas por vía laparoscópica tienen un grado de dificultad superior a una colecistectomía, ya que suponen desafíos mayores como tener que realizar el procedimiento en distintos cuadrantes de la cavidad abdominal, realizar una disección en planos fusionados u obliterados y la movilización del intestino desde espacios confinados sin dañarlo.

La CLCR es un tipo de cirugía avanzada que requiere un entrenamiento específico para lograr las habilidades que requieren su adecuada realización. El entrenamiento en cajas de simulación con maniobras básicas no es suficiente para cumplir este objetivo. Esto es debido a la necesidad de trabajar en múltiples cuadrantes, movilizar y extraer piezas quirúrgicas voluminosas, realizar el control vascular de pedículos y linfadenectomías regionales de los mismos, identificar y preservar estructuras anatómicas específicas (por ejemplo, uréteres, vasos gonadales, plexos nerviosos retroperitoneales, etc.) y la necesidad de realizar anastomosis intestinales.

Métodos de simulación en cirugía laparoscópica colorrectal

Se han establecido nuevos métodos de simulación para el entrenamiento de cirugía avanzada como la CLCR (tabla 2). Entre estos se incluyen una combinación de simuladores de realidad virtual, cajas de entrenamiento de laparoscopia, tejido animal o humano *ex vivo* y materiales sintéticos³⁸⁻⁴¹.

Tradicionalmente, los modelos cadavéricos animales y humanos han sido utilizados para mejorar la comprensión de la anatomía quirúrgica, siendo de gran utilidad para practicar disecciones, manejo de tejidos y técnicas quirúrgicas complejas. Pero, por otra parte, requieren de un escenario de entrenamiento complejo y altamente desarrollado, de alto costo económico y muchas veces poco accesible, además de permitir solo un número limitado de usos^{42,43}.

Las cajas de simulación laparoscópica o *endotrainers* consisten en una caja plástica con puertos de entrada para instrumental laparoscópico y una cámara de video que se

Tabla 2 Características de los diferentes tipos de modelos de simulación

Tipo de simulador	Características principales
Cajas laparoscópicas o <i>endotrainers</i>	Bajo costo, portátiles, usos ilimitados. Habilidades básicas y avanzadas Retroalimentación sensorial adecuada Requiere supervisión de entrenador
Simuladores de realidad virtual	Registro y evaluación de variables métricas Registro del desempeño y logro de objetivos Alto costo inicial Menor retroalimentación sensorial
Modelos de simulación híbridos	Muy bajo costo Baja representatividad de la realidad Valor discutible como método de aprendizaje
Modelos cadavéricos humanos y animales (<i>ex vivo</i>)	Óptima representatividad de la realidad Cuestionamiento ético Disponibilidad limitada Alto costo Requiere centro especializado, personal entrenado para su preparación y manejo

conecta a un monitor. Permiten realizar ejercicios de entrenamiento básico y avanzado en laparoscopia a un relativo bajo costo económico, a pesar de que se requiere una renovación de materiales en forma periódica y de la supervisión y tutoría de un entrenador para obtener su máxima utilidad.

Los simuladores de realidad virtual permiten a los sujetos en entrenamiento interactuar con un ambiente simulado por computador que reproduce partes específicas o un procedimiento quirúrgico completo. Los simuladores modernos utilizan software y hardware de alto costo y complejidad, logrando representar escenarios quirúrgicos con un nivel muy cercano a la realidad. Además del entrenamiento, también son una herramienta de evaluación de habilidades quirúrgicas. Entregan indicaciones y tutoriales previos al entrenamiento, así como retroalimentación postentrenamiento de variables como el tiempo del ejercicio, la eficiencia de movimientos, el respeto por los tejidos, la integridad de suturas, etc. Otras características que permiten son la monitorización del entrenamiento en forma remota, representar múltiples escenarios clínicos de diversa complejidad y la repetición de un mismo escenario una infinidad de veces sin aumentar el costo por uso de materiales.

Varios estudios han demostrado que el entrenamiento mediante simulación laparoscópica mejora las capacidades y permite desarrollar destrezas en los sujetos que realizan el entrenamiento durante e, incluso, posteriormente al periodo de entrenamiento^{44,45}, y esto también es efectivo para procedimientos de CLCR⁴⁶.

Conclusión

El entrenamiento en CLCR requiere habilidades psicomotoras específicas de quienes se entrenan. Es por esto que la simulación quirúrgica permite un entrenamiento seguro, efectivo y costo-eficiente para desarrollar aquellas habilidades y el conocimiento del cómo realizar un determinado procedimiento en base a un progreso por etapas de dificultad creciente. También se ha demostrado que las destrezas adquiridas en un programa de entrenamiento de simulación laparoscópica son transferidas a la práctica en el pabellón quirúrgico con pacientes reales. Es por estos motivos que la simulación laparoscópica debe ser una herramienta esencial y preceptiva en la formación de cirujanos generales como de subespecialidades quirúrgicas como la coloproctología.

Conflicto de intereses

No hay conflicto de intereses.

Bibliografía

- Guillou PJ, Quirke P, Thorpe H, Walker J, Jayne DG, Smith AM, et al. Short-term endpoints of conventional versus laparoscopic-assisted surgery in patients with colorectal cancer (MRC CLASICC trial): Multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*. 2005;365:1718–26, [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)66545-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(05)66545-2). PMID: 15894098.
- Faiz O, Warusavitarne J, Bottle A, Tekkis PP, Darzi AW, Kennedy RH. Laparoscopically assisted vs. open elective colonic and rectal resection: A comparison of outcomes in English National Health Service Trusts between 1996 and 2006. *Dis Colon Rectum*. 2009;52:1695–704, <http://dx.doi.org/10.1007/dcr.0b013e3181b55254>. PMID: 19966600.
- Hewett PJ, Allardyce RA, Bagshaw PF, Frampton CM, Fizzle FA, Rieger NA, et al. Short-term outcomes of the Australasian randomized clinical study comparing laparoscopic and conventional open surgical treatments for colon cancer: The ALCCaS trial. *Ann Surg*. 2008;248:728–38, <http://dx.doi.org/10.1097/sla.0b013e3181b55254>. PMID: 18948799.
- Miskovic D, Ni M, Wyles SM, Tekkis P, Hanna GB. Learning curve and case selection in laparoscopic colorectal surgery: Systematic review and international multicenter analysis of 4852 cases. *Dis Colon Rectum*. 2012;55:1300–10, <http://dx.doi.org/10.1097/dcr.0b013e3181b55254>. PMID: 23135590.
- López F, Suazo C, Heine C, Abedrappo M, Avendaño R, Germain F, et al. Cirugía laparoscópica colorrectal en Chile. *Rev Chil Cir*. 2011;63:479–84.
- Lee SW. Laparoscopic procedures for colon and rectal cancer surgery. *Clin Colon Rectal Surg*. 2009;22:218–24, <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-4611242>.
- Bardakcioglu O, Khan A, Aldridge C, Chen J. Growth of laparoscopic colectomy in the United States: Analysis of regional and socioeconomic factors over time. *Ann Surg*. 2013;258:270–4, <http://dx.doi.org/10.1097/sla.0b013e3181b55254>. PMID: 23598378.
- Kemp JA, Finlayson SR. Nationwide trends in laparoscopic colectomy from 2000 to 2004. *Surg Endosc*. 2008;22:1181–7, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-007-9732-8>. PMID: 18246394.
- Tekkis PP, Senagore AJ, Delaney CP, Fazio VW. Evaluation of the learning curve in laparoscopic colorectal surgery: Comparison of right-sided and left-sided resections. *Ann Surg*. 2005;242:83–91, <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000167857.14690.68>. PMID: 15973105.
- Choi DH, Jeong WK, Lim SW, Chung TS, Park JI, Lim SB, et al. Learning curves for laparoscopic sigmoidectomy used to manage curable sigmoid colon cancer: Single-institute, three-surgeon experience. *Surg Endosc*. 2009;23:622–8, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-008-9753-y>. PMID: 18270771.
- Kim J, Edwards E, Bowne W, Castro A, Moon V, Gadangi P, et al. Medial-to-lateral laparoscopic colon resection: A view beyond the learning curve. *Surg Endosc*. 2007;21:1503–7, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-006-9085-8>. PMID: 17641928.
- Miskovic D, Wyles SM, Ni M, Darzi AW, Hanna GB. Systematic review on mentoring and simulation in laparoscopic colorectal surgery. *Ann Surg*. 2010;252:943–51, <http://dx.doi.org/10.1097/sla.0b013e3181f662e5>. PMID: 21107103.
- The Southern Surgeons Club Meyers W, Branum G, Farouk M, Grant J, Helms M, Murray E, et al. A prospective analysis of 1518 laparoscopic cholecystectomies. The Southern Surgeons Club. *N Engl J Med*. 1991;324:1073–8, <http://dx.doi.org/10.1056/nejm199104183241601>. PMID: 1826143.
- Stein S, Stulberg J, Champagne B. Learning laparoscopic colectomy during colorectal residency: What does it take and how are we doing? *Surg Endosc*. 2012;26:488–92, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-011-1906-8>. PMID: 21938581.
- Bass BL. Matching training to practice: The next step. *Ann Surg*. 2006;243:436–8, <http://dx.doi.org/10.1097/01.Sla.0000205222.95167.a4>. PMID: 16552192.
- Pugh CM, Darosa DA, Bell RH. Residents' self-reported learning needs for intraoperative knowledge: Are we missing the bar? *Am J Surg*. 2010;199:562–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.11.003>. PMID: 20359575.
- Blencowe NS, Parsons BA, Hollowood AD. Effects of changing work patterns on general surgical training over the last decade. *Postgrad Med J*. 2011;87:795–9, <http://dx.doi.org/10.1136/postgradmedj-2011-130297>. PMID: 21984742.
- Varley I, Keir J, Fagg P. Changes in caseload and the potential impact on surgical training: A retrospective review of one hospital's experience. *BMC Med Educ*. 2006;6, <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-6-6>. PMID: 16420692.
- Taylor IA, Alexander F. Preface to the ISCP report. ISCP Evaluation Task Group, 2006 [consultado 1 Dic 2016]. Disponible en: <http://www.mee.nhs.uk/pdf/FinalReportISCP-MichaelEraut.pdf>
- Bell RH, Biester TW, Tabuenca A, Rhodes RS, Cofer JB, Britt LD, et al. Operative experience of residents in US general surgery programs: A gap between expectation and experience. *Ann Surg*. 2009;249:719–24, <http://dx.doi.org/10.1097/sla.0b013e3181a38e59>. PMID: 19387334.
- Kerr B, O'Leary JP. The training of the surgeon: Dr. Halsted's greatest legacy. *Am Surg*. 1999;65:1101–2. PMID: 10551765.
- Heemskerk J, Zandbergen R, Maessen JG, Greve JW, Bouvy ND. Advantages of advanced laparoscopic systems. *Surg Endosc*. 2006;20:730–3, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-005-0456-3>. PMID: 16528462.

23. Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, Frawley WH, Rege RV, Jones DB. Laparoscopic skills training. *Am J Surg.* 2001;182:137–42, [http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610\(01\)00669-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610(01)00669-9). PMID: 11574084.
24. Smith CD, Farrell TM, McNatt SS, Metreveli RE. Assessing laparoscopic manipulative skills. *Am J Surg.* 2001;181:547–50. PMID: 11513783.
25. Dutta S, Gaba D, Krummel TM. To simulate or not to simulate: What is the question? *Ann Surg.* 2006;243:301–3, <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000200853.69108.6d>. PMID: 16495691.
26. Celentano V, Finch D, Forster L, Robinson JM, Griffith JP. Safety of supervised trainee-performed laparoscopic surgery for inflammatory bowel disease. *Int J Colorectal Dis.* 2015;30:639–44, <http://dx.doi.org/10.1007/s00384-015-2147-4>. PMID: 25669758.
27. Schlachta CM1, Mamazza J, Seshadri PA, Cadeddu M, Gregoire R, Poulin EC. Defining a learning curve for laparoscopic colorectal resections. *Dis Colon Rectum.* 2001;44:217–22.
28. Akhtar K, Sugand K, Wijendra A, Standfield NJ, Cobb JP, Gupta CM. Training safer surgeons: How do patients view the role of simulation in orthopaedic training? *Patient Saf Surg.* 2015;9:11, <http://dx.doi.org/10.1186/s13037-015-0058-5>.
29. Park J, MacRae H, Musselman LJ, Rossos P, Hamstra SJ, Wolman S, et al. Randomized controlled trial of virtual reality simulator training: Transfer to live patients. *Am J Surg.* 2007;194:205–11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.11.032>. PMID: 17618805.
30. Bridges M, Diamond DL. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg.* 1999;177:28–32, [http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610\(98\)00289-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610(98)00289-x). PMID: 10037304.
31. Halsted WS. The training of the surgeon. *Bull Johns Hopkins Hosp.* 1904;15:267–76.
32. Moore MJ, Bennett CL. The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. The Southern Surgeons Club. *Am J Surg.* 1995;170:55–9, [http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610\(99\)80252-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9610(99)80252-9). PMID: 7793496.
33. Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, Davidson BR. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;21:CD006575, <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.cd006575>. PMID: 19160288.
34. Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, Laycock R, Tesfay ST, Valentine RJ, et al. Laparoscopic training on bench models: Better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg.* 2000;191:272–83, [http://dx.doi.org/10.1016/s1072-7515\(00\)00339-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1072-7515(00)00339-2). PMID: 10989902.
35. Samia H, Khan S, Lawrence J, Delaney CP. Simulation and its role in training. *Clin Colon Rectal Surg.* 2013;26:47–55, <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1333661>. PMID: 24436648.
36. Seymour N, Gallagher A, Roman S, O'Brien M, Bansal V, Andersen D, et al. Virtual reality training improves operating room performance: Results of a randomized double-blinded study. *Ann Surg.* 2002;236:458–64.
37. Aggarwal R, Ward J, Balasundaram I, Sains P, Athanasiou T, Darzi A. Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Ann Surg.* 2007;246:771–9, <http://dx.doi.org/10.1097/sla.0b013e-f61b093180>. PMID: 17968168.
38. Bashankaev B, Baido S, Wexner SD. Review of available methods of simulation training to facilitate surgical education. *Surg Endosc.* 2011;25:28–35, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-010-x1123>. PMID: 20552373.
39. Roberts KE, Bell RL, Duffy AJ. Evolution of surgical skills training. *World J Gastroenterol.* 2006;12:3219–24. PMID: 16718842.
40. Waseda M, Inaki N, Mailaender L, Buess GF. An innovative trainer for surgical procedures using animal organs. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2005;14:262–6, <http://dx.doi.org/10.1080/11364570050027384>. PMID: 16754173.
41. Ramshaw BJ, Young D, Garcha I, Shuler F, Wilson R, White JG, et al. The role of multimedia interactive programs in training for laparoscopic procedures. *Surg Endosc.* 2001;15:21–7, <http://dx.doi.org/10.1007/s004640000319>. PMID: 11178755.
42. Ross HM, Simmang CL, Fleshman JW, Marcello PW. Adoption of laparoscopic colectomy: Results and implications of ASCRS hands-on course participation. *Surg Innov.* 2008;15:179–83, <http://dx.doi.org/10.1177/1553350608322100>. PMID: 18757376.
43. Katz R, Hoznek A, Antiphon P, van Velthoven R, Delmas V, Abbou CC. Cadaveric versus porcine models in urological laparoscopic training. *Urol Int.* 2003;71:310–5, <http://dx.doi.org/10.1159/000072684>. PMID: 14512654.
44. Grantcharov TP, Kristiansen VB, Bendix J, Bardram L, Rosenberg J, Funch-Jensen P. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg.* 2004;91:146–50, <http://dx.doi.org/10.1002/bjs.4407>. PMID: 14760660.
45. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, et al. Virtual reality simulation for the operating room: Proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg.* 2005;241:364–72, <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000151982.85062.80>. PMID: 15650649.
46. 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;16:1324–8. PMID: 11988802.