

Diseño de un biosimulador para entrenamiento en procedimientos laparoscópicos avanzados

M. Eduardo Ramírez Solís,¹ Francisco Flores Gama,¹ Florencio De la Concha y Bermejillo,¹ Hortensia Corona Monjarás¹

RESUMEN

Antecedentes: Los biosimuladores, maniquíes de fibra de vidrio en los que se introducen órganos de animales *ex-vivo*, han sido utilizados en cirugía laparoscópica desde hace una década para realizar procedimientos básicos, dejando los procedimientos complejos o avanzados a la experiencia de cirujanos experimentados. **Objetivo:** Determinar la factibilidad de llevar a cabo totalmente procedimientos laparoscópicos avanzados en un biosimulador. **Diseño:** Descriptivo, experimental, prospectivo y transversal. **Material y métodos:** Se diseñaron 4 patologías (lesiones submucosas gástricas, pseudoquiste pancreático, coledocolitiasis y hernia diafragmática) con el empleo de tejidos bovino y porcino. La resección de las lesiones submucosas, así como el drenaje de los pseudoquistes pancreáticos, se efectuó de manera transgástrica por laparoscopia. La coledocolitiasis fue resuelta de manera laparoscópica con el empleo de coledocos-copia transoperatoria. La hernia diafragmática se redujo de manera laparoscópica. A cada sujeto se le instruyó en la técnica a realizar, se videograbó cada procedimiento analizando los errores cometidos y la posibilidad de ser terminado satisfactoriamente. **Resultados.** De marzo a mayo del 2006, seis cirujanos con entrenamiento previo en cirugía laparoscópica, realizaron cada uno de los procedimientos laparoscópicos avanzados con asistencia de los coordinadores del Laboratorio de Innovación e Investigación en Educación Médica (LIEM) del Hospital General Dr. Manuel Gea González. El 100% reportó estar totalmente de acuerdo en la similitud de cada modelo de lesiones con las lesiones presentadas en el humano. La mucosectomía y la reparación de hernia diafragmática tuvieron una tasa de éxito de 83.3%, mientras que el drenaje transgástrico de pseudoquiste pancreático y la revisión de la vía biliar se completaron sin

ABSTRACT

Background: The biosimulators, fiber glass dummy in which animal organs are introduced *ex-vivo*, have been used in laparoscopy for one decade making exclusively basic procedure, leaving the complex or advanced ones to the experienced surgeons. **Objective:** To determinate the feasibility to do advanced laparoscopic procedures in a biosimulator. **Design:** Descriptive, experimental, prospective and transversal. **Methods:** 4 Pathologies were designed (gastric submucous injuries, pancreatic pseudocyst, diaphragmatic hernia and choledocholithiasis) with bovine and pig organs. The submucous gastric injuries were done by transgastric laparoscopy, as well as the pancreatic pseudocyst drainage. The choledocholithiasis was solved by laparoscopic way with a transurgical choledochoscopy. The diaphragmatic hernia reduction was made by laparoscopic way. Each subject was instructed in the technique to make, each procedure was videotaped, analyzing the committed errors and the possibility of being finished satisfactorily. **Results:** From March to May of 2006, 6 surgeons with previous laparoscopic training in finish each one of the laparoscopic advanced procedures with attendance of the coordinators of the Laboratory of Innovation and Investigation in Medical Education (LIEM) of Dr. Manuel Gea González Hospital. The 100% reported to be totally in agreement with the similarity of each model of injuries and those presented in the human. The mucosectomy and the diaphragmatic repair of hernia had a success rate of 83.3%, whereas the transgastric drainage of pancreatic pseudocyst and the biliary revision were completed without incidents in the 100% of the cases. The main problem was the gas flight through the gastrotomies, for which a circular suture around trocar was placed. **Conclusion:** The simulation of complex laparoscopic and endoscopic procedures allows to

¹ Laboratorio de Innovación e Investigación en Educación Médica (LIEM). División de Cirugía Experimental, Hospital General "Dr. Manuel Gea González". Secretaría de Salud.

Correspondencia:

Dr. Francisco Flores Gama.

Calzada de Tlalpan 4800, Colonia Toriello Guerra, Delegación Tlalpan, D.F., 14000, Tel. 56 65 35 11, Ext. 237. Tel./Fax 56 06 66 95.

E-mail: khanscrew@hotmail.com y mersolis@hotmail.com

incidentes en el 100% de los casos. El problema principal fue la fuga de gas a través de las gastrotomías, para lo cual se colocó una jareta alrededor del trócar. **Conclusión:** La simulación de procedimientos laparoscópicos y endoscópicos complejos permite ampliar las destrezas adquiridas durante estos cursos de entrenamiento más allá de las ofrecidas por simuladores virtuales y sin las implicaciones éticas del entrenamiento en pacientes.

Palabras clave: Biosimulador, cirugía endoscópica, laparoscopia avanzada, entrenamiento de habilidades, complicaciones quirúrgicas.

extend the skills acquired during these training courses beyond the offered ones by virtual simulators and without the ethical implications of the training in patients.

Key words: Biosimulator, endoscopic surgery, advanced laparoscopy, abilities training, surgical complications.

INTRODUCCIÓN

Halsted durante el siglo pasado inició el sistema de residencias médicas con una estructura históricamente considerada como un aprendizaje, la cual tenía como objetivo adquirir el conocimiento y las habilidades necesarias para atender de manera segura al paciente que requiriese manejo quirúrgico, llevándose a cabo este aprendizaje, tradicionalmente, en escenarios reales así como en pacientes reales.

Este proceso de aprendizaje requiere, por parte del cirujano, tiempo y atención en la sala de operaciones, tanto al procedimiento quirúrgico como al juicio y la toma de decisiones del cirujano experimentado, de quien es necesaria paciencia y habilidad de resistir la tentación de completar el procedimiento de manera prematura él mismo, todo ello mientras se desafía su resistencia física. Lo anterior muestra que la capacidad de atención del cirujano es excedida rápidamente por la oferta de estímulos educacionales, esto llevado a cabo en un ambiente con situaciones reales e irrepetibles, afecta de manera negativa el proceso de aprendizaje quirúrgico y, fuera de no ser una técnica óptima para entrenar habilidades quirúrgicas, no cumple con las necesidades de la sociedad.¹⁻¹⁶

La mayor preocupación de la sociedad por el desempeño médico, por reducir la exposición del paciente al entrenamiento, así como los requerimientos profesionales de uniformidad, aunado al limitado número de años en entrenamiento que disminuye el contacto del cirujano joven con pacientes y procedimientos quirúrgicos, son la fuerza principal de inclinación hacia el entrenamiento en simuladores.^{17,18}

Existen simuladores basados en muñecos plásticos y otros modelos estáticos que ayudan en la adquisición de habilidades básicas como son el conocimiento y manipulación del equipo, no así las habilidades para

completar un procedimiento *in vivo*; estos simuladores tienen un costo que aumenta conforme a sus características y habilidades que permiten adquirir y va desde los \$225 USD (LapTrainer Skills set 1) hasta \$3,000 USD (Tower Trainer, Simulab).^{19,20} La contraparte de los simuladores plásticos son aquellos que tienen como base animales anestesiados; sus principales limitaciones son los aspectos éticos, las consideraciones sobre los derechos de los animales, los problemas higiénicos y los altos costos del equipamiento y del personal, lo que representa un costo del curso por asistente al entrenamiento de \$1,000 a \$1,400 USD. Además, los procedimientos han de realizarse en laboratorios de animales, que requieren permisos diferentes de los expedidos para experimentos en animales, así como la asistencia de veterinarios y anestesistas. Las ventajas son la sensación de tejido natural, elasticidad y retroalimentación táctil de estructuras orgánicas, similares a las humanas.¹⁹

Los simuladores informáticos tienen su origen en la década de los 80, donde se conectaba una cámara a un ordenador portátil aunando un simulador plástico; han evolucionado rápidamente hasta la innovadora realidad virtual, propuesta por Richard Satava hace más de una década como un método de entrenamiento. Sin embargo, a pesar de la evidencia científica para sustentar el uso de la realidad virtual para el entrenamiento de habilidades, la disponibilidad y el costo (Lap Mentor de Simbionix y Laparoscopy AccuTouch System de Immersion Medical, más de \$100,000 USD), origina que pocos centros alrededor del mundo incluyan en el programa de cirugía la realidad virtual (RV) como método de entrenamiento.²¹⁻²³

Los modelos de biosimulación consisten principalmente en simuladores que usan órganos de animales, *ex-vivo*. Inicialmente, fue utilizado el modelo de biosimulación de Neumann, que consistía en un muñeco

con una forma anatómica, al fondo de la estructura los órganos viscerales del modelo porcino eran utilizados para técnicas quirúrgicas, tanto convencionales como laparoscópicas; actualmente el modelo más avanzado es The Erlangen Active Simulator for Interventional Endoscopy (EASIE) utilizado para el desarrollo de procedimientos endoscópicos y cuyo costo por asistente al Curso oscila alrededor de los \$500 USD, estando disponible en algunos lugares de Europa.¹⁹

El objetivo final de un entrenamiento es mejorar el desempeño, hacer el desempeño constante y reducir los errores.²⁴⁻²⁶

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del modelo. Con asesoría de médicos veterinarios de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, obtuvimos órganos inanimados de las especies porcina y bovina, para lo cual se seleccionaron bloques que incluyeron: esófago, estómago, duodeno, segmentos de intestino grueso y delgado; bloques de tejido hepatobiliar que incluyó hígado, vía biliar con vesícula *in situ*, así como bloques que incluyeron corazón, pulmones y diafragma. Los bloques fueron mantenidos en congelación a -40°C durante 48 horas para su transporte, ya que las lesiones simuladas fueron preparadas 2 días antes de su uso; fueron

descongelados, mediante la inmersión en agua a 45°C durante 2 horas, hasta recuperar su consistencia blanda. Cada bloque fue colocado en un recipiente de plástico y se realizó un lavado exhaustivo de las secreciones internas mediante la irrigación con agua corriente y bicarbonatada (Figura 1).

Preparación de las lesiones. Se efectuó en el Laboratorio de Innovación e Investigación en Educación Médica (LIEM) del Hospital General “Dr. Manuel Gea González” de la Secretaría de Salud.

Tipo de lesiones:

1. Lesiones submucosas en el estómago. Mediante la inyección submucosa de 1, 2 y 5 mL de soluciones oleosas aplicadas tangencialmente desde la serosa del esófago y el estómago, con aguja de 14 gauges, se lograron crear lesiones submucosas de 1 a 3 cm de diámetro, las cuales se distribuyeron en el fondo, cuerpo, antro y en ambas curvaturas gástricas al azar (Figura 2).
2. Pseudoquiste de páncreas. Esta lesión fue creada al llenar con 30 mL de glicerina al 2% un segmento de víscera hueca (colon de cerdo) de 20 cm de longitud, cerrada en sus extremos con sutura seda 00, la cual se colocó en la cara serosa de la pared posterior del estómago, simulando una compresión extrínseca. El espacio entre ambas vísceras se obliteró con puntos de sutura seda 00 no visibles (Figura 3).



Figura 1. Bloque de tejido que incluyó: esófago, estómago, duodeno, segmentos de intestino grueso y delgado; bloque de tejido hepatobiliar que incluyó: hígado, vía biliar con vesícula *in situ*, así como bloque que incluyó: corazón, pulmones y diafragma.

3. Coledocolitiasis y hepatolitiasis. Se utilizó el bloque de órganos de modelo bovino de la región hepatobiliar, incluyendo la región antroduodenal sin separarla de la vía biliar. Se realizó una incisión en el hilio hepático para la colocación de litos (obtenidos de la vesícula biliar extirpada en un procedimiento electivo en humano) dentro de los conductos. La vía biliar extrahepática tuvo un diámetro promedio de 2 cm (*Figura 4*).
4. Hernia diafragmática. Se utilizó un bloque de órganos torácicos y abdominales incluyendo diafragma del modelo bovino. Se realizó una resección circular de 4 cm de diámetro del diafragma izquierdo pasando por ella estómago y epiplón, siendo adherido este último al anillo herniario con adhesivo a base de cianoacrilato (*Figura 5*).

Descripción del maniquí. Cirujanos del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”, en conjunto con un artista plástico, diseñaron un maniquí de fibra de vidrio, radiolúcido, impermeable, no conductor, rígido en su base, con forma humana, que incluye cabeza, tronco y abdomen, siendo la cara anterior de estas dos

cavidades blanda, fabricada con poliuretano, permitiendo desmontarla, intercambiarla y tener acceso para la colocación de los tejidos, así como la instalación de electrodos para el sistema de electrocoagulación convencional (*Figura 6*).

Descripción del equipo de cirugía endoscópica.

Comprende un sistema de imagen integrado por una cámara digital de 3 chips, un laparoscopio de 30°, una fuente de luz fría y un monitor de alta resolución. Los materiales que se emplean son pinzas de disección endoscópica, pinzas de tracción endoscópica, tijera endoscópica, engrapadora endoscópica, bajanudos endoscópico, equipo de aspiración e irrigación, aguja de inyección laparoscópica, trócares de 5 mm con punta de dilatación radial, así como electrodos de disección con extremos o puntas de diferentes formas.

Descripción del equipo de endoscopia. Comprende un colédoco-fibroscoPIO de 5 mm de diámetro externo con canal de trabajo de 2.2 mm y una videocámara integrada al ocular. Un videogastroscoPIO de 11.3 mm de diámetro externo con canal de trabajo de 3.7 mm. Se emplea una canastilla de 4 alambres para extracción de litos.

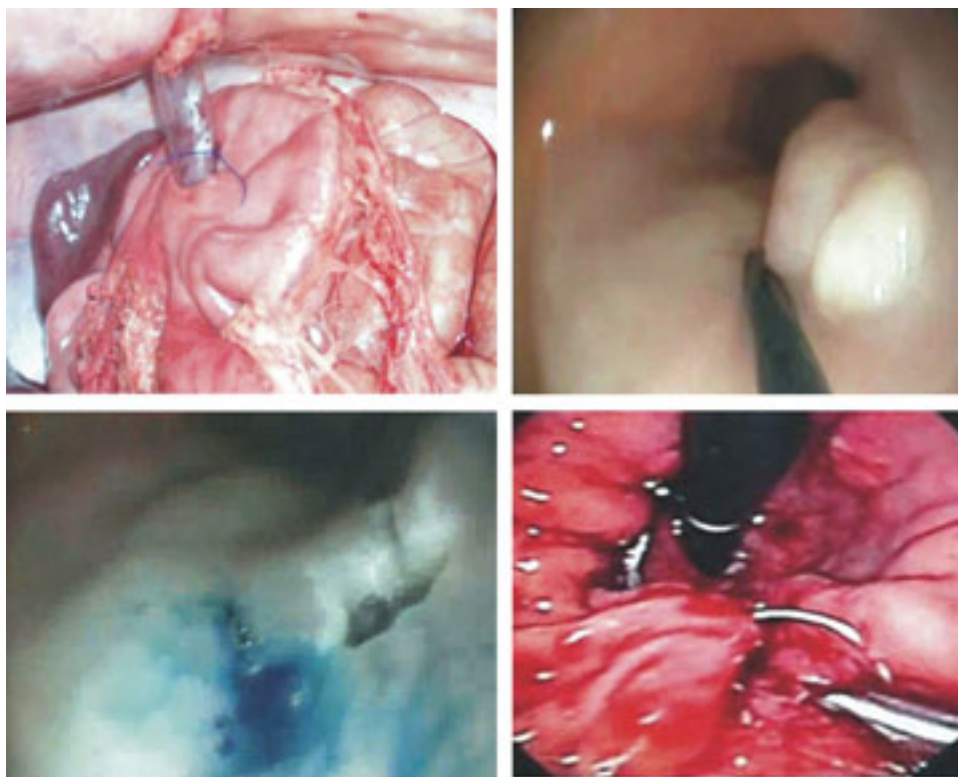


Figura 2. Lesiones submucosas en el estómago.

Descripción del procedimiento quirúrgico

1. Resección de lesiones submucosas en el estómago. Se coloca trócar infraumbilical para cámara y con insuflación del estómago, a través del endoscopio se localiza la lesión a resear para posteriormente elegir el sitio de colocación de trócares, 3 de 5 mm con punta de dilatación radial, para la realización de cirugía intragástrica. En caso de ser necesario se infiltra la submucosa para elevar la lesión y con el empleo de pinza disectora y gancho electrocauterio se reseca la lesión²⁷ (Figura 2).
2. Drenaje de pseudoquiste de páncreas. Se utiliza la misma técnica señalada previamente y se realiza incisión con electrocauterio sobre sitio de lesión de 3 cm hasta obtener el drenaje de pseudoquiste, colocando cuatro puntos en los bordes para mantener la comunicación con el quiste²⁷ (Figura 3).
3. Revisión de la vía biliar. Se coloca trócar infraumbilical para cámara y se localiza la vía biliar para resear vesícula con técnica de 3 puertos, se realiza coledocotomía y se coloca otro puerto de 5 mm

para introducir coledocofibroscopio y observar la coledocolitiasis para utilizar canastilla extractora de 4 alambres y retirar todos los litos, se realiza coledocorrafia con nudos intracorpóreos (Figura 4).

4. Reducción y reparación de hernia diafragmática. Se coloca trócar infraumbilical para cámara, se coloca maniquí en posición de Trendelenburg invertido, se colocan puertos con técnica de 4 puertos (3 de 5 mm y uno de 10 mm). Se realiza disección de órganos adheridos a anillo herniario en diafragma y a estructuras intratorácicas, siendo posible la colocación de puertos transtorácicos, se colocan en abdomen y el defecto herniario se cierra con prolene con nudos extracorpóreos tipo Gea (Figura 5).

RESULTADOS

De marzo a mayo del 2006, seis cirujanos con entrenamiento previo en cirugía laparoscópica llevaron a cabo cada uno de los procedimientos laparoscópicos avan-

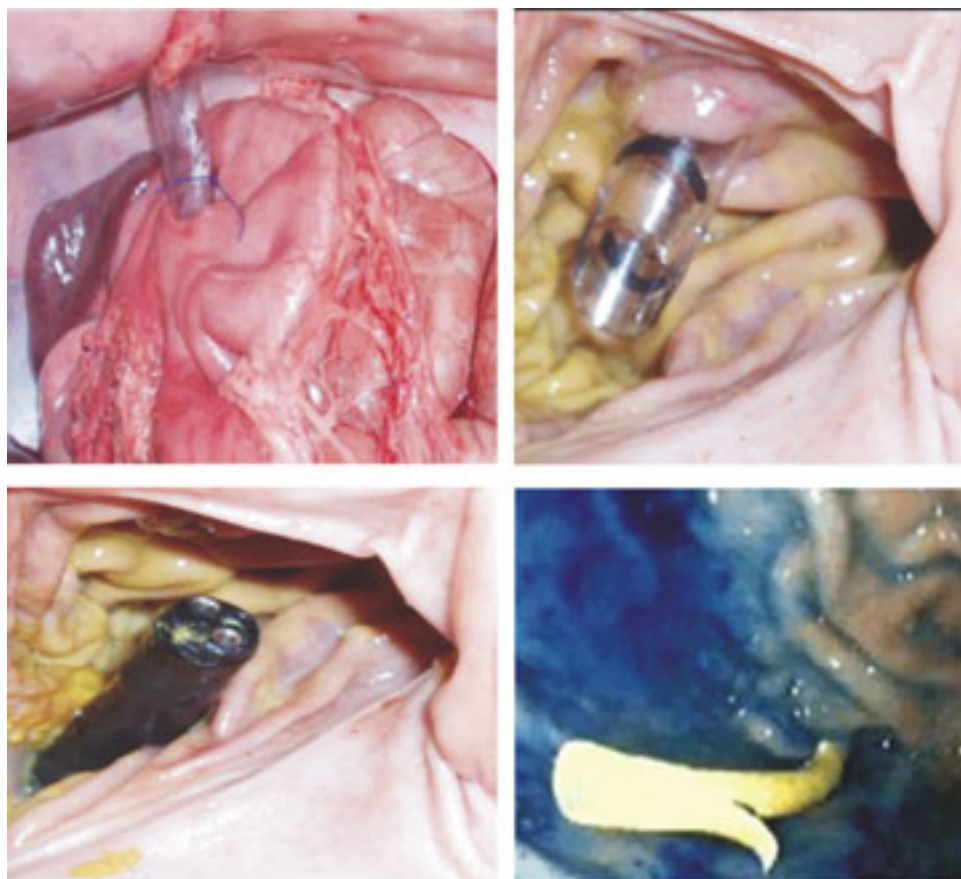


Figura 3. Pseudoquiste de páncreas.

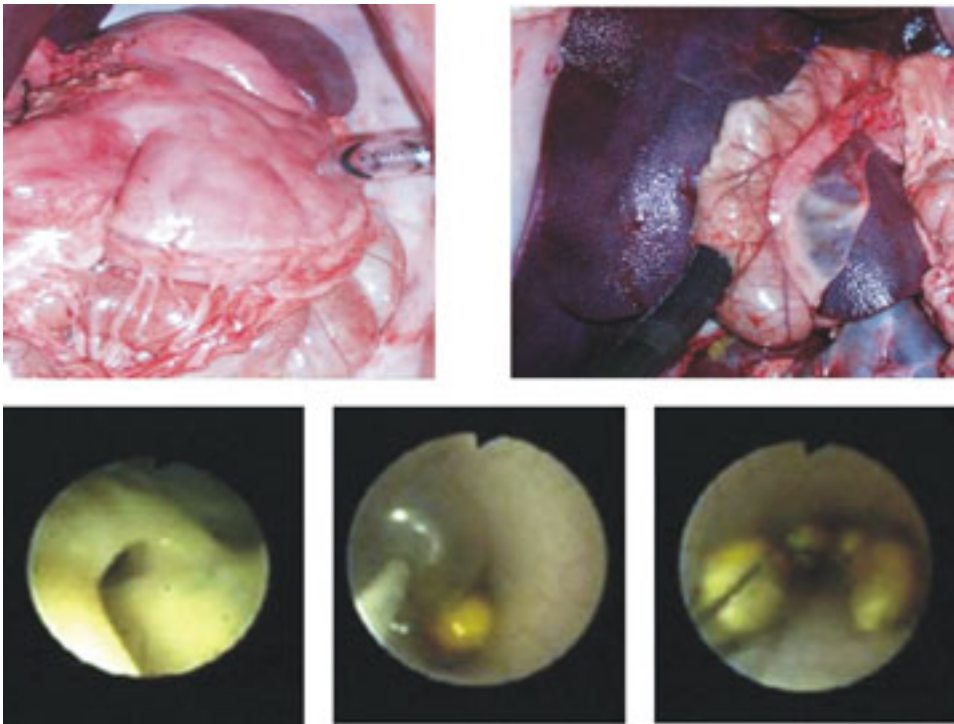


Figura 4. Coledocolitiasis y hepatolitiasis.

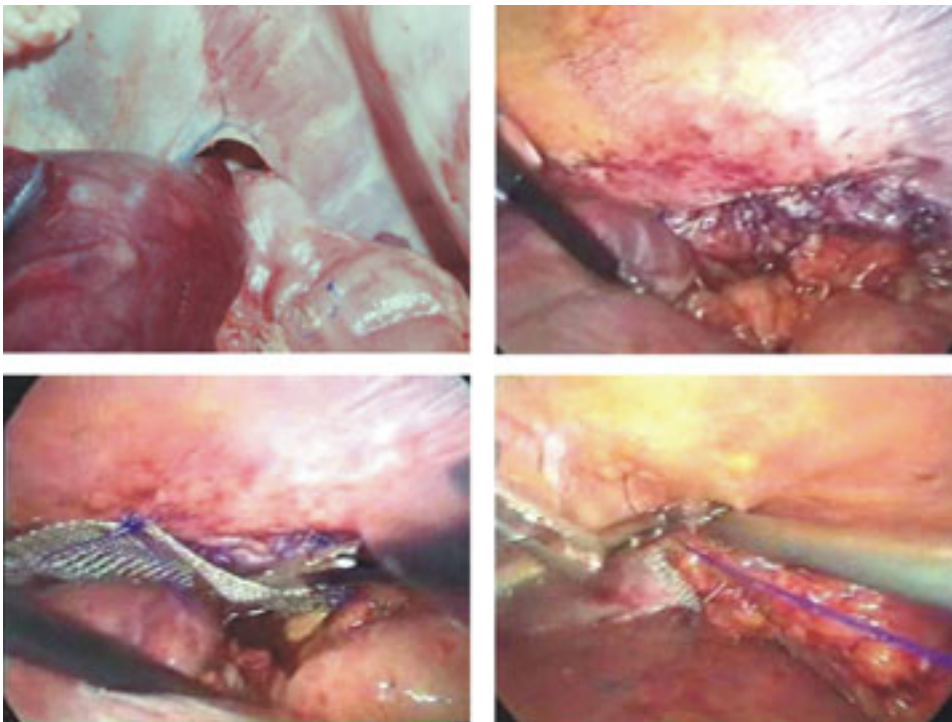


Figura 5. Reducción y reparación de hernia diafragmática.



Figura 6. Descripción del maniquí. Maniquí de fibra de vidrio, radiolúcido, impermeable, no conductor, rígido en su base con forma humana que incluye: cabeza, tronco y abdomen, siendo la cara anterior de estas dos cavidades blanda, fabricada con poliuretano.

zados con asistencia de los coordinadores del LIEM, reportando en el 100% estar totalmente de acuerdo con la similitud de cada modelo de lesiones con las presentadas en el humano.

Para la mucosectomía el tiempo promedio fue de 45 minutos, con una tasa de éxito técnico de 83.3%, ya que en uno de los casos se perforó el estómago, el cual se reparó de manera laparoscópica.

En el caso del drenaje de pseudoquiste pancreático, el tiempo promedio fue de 90 minutos, con una tasa de éxito técnico de 100%, teniendo como incidente la fuga de aire de la cavidad gástrica, colocándose un punto alrededor del trócar, con lo que cedió la fuga.

Para la revisión de la vía biliar, el tiempo promedio fue de 100 minutos, con una tasa de éxito técnico de 100%.

El tiempo de reparación de hernia diafragmática fue de 120 minutos, con una tasa de éxito técnico del 83.3%, ya que en uno de los casos se perforó el estómago adherido al anillo herniario, siendo reparado de manera laparoscópica; en ninguno de los casos se requirió abordaje por toracoscopia.

DISCUSIÓN

El entrenamiento de los cirujanos en laparoscopia ha permanecido relativamente estable durante las últimas décadas, basándose en cirugía *in vivo* y simuladores biológicos de patologías frecuentes, reservando los casos complejos a cirujanos experimentados en el manejo quirúrgico laparoscópico. Sin embargo, la fuerza inexorable de la especialización, el incremen-

to vigoroso en la competencia por cirujanos calificados ha iniciado diversos cambios en el proceso de aprendizaje. Nuestro modelo biológico inanimado para simulación de procedimientos laparoscópicos avanzados cumple con los criterios de validez y confiabilidad para un nuevo modelo en enseñanza y los resultados obtenidos demuestran su utilidad en el entrenamiento de habilidades quirúrgicas. El modelo propuesto tiene como ventajas no necesitar de interfaz háptica, su extremado bajo costo, obtención de resultados similares al entrenamiento *in vivo*, así como la capacidad de ser reproducible tanto en un laboratorio de cirugía experimental como en un aula de clases, expandiendo con ello las posibilidades de transmisión de experiencia.

La simulación de procedimientos laparoscópicos y endoscópicos complejos permite ampliar las destrezas adquiridas durante estos cursos de entrenamiento más allá de las ofrecidas por simuladores virtuales y sin las implicaciones éticas del entrenamiento en pacientes, siendo por ello redituable para las instituciones de salud tomando en consideración que el nivel de experto será obtenido con la repetición y la extrapolación a procedimientos *in vivo*.

El concepto del entrenamiento con simuladores estimula el valor potencial de la formación de expertos basado en principios educacionales contemporáneos y el estado de arte de la tecnología.

REFERENCIAS

1. Gallagher A, Ritter E, Champion H. Virtual Reality Simulation for the Operating Room: Proficiency-Based Training as a Paradigm Shift in Surgical Skills Training. *Ann Surg* 2005;241:364-72.
2. Aggarwal R, Moorthy K. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg* 2004;91:1549-58.
3. Francis N, Hanna G, Cuschieri A. The Performance of Master Surgeons on the Advanced Dundee Endoscopic Psychomotor Tester: Contrast Validity Study. *Arch Surg* 2002;137:841-44.
4. Gallagher AG, Satava RM. Virtual reality as a metric for the assessment of laparoscopic psychomotor skills. Learning curves and reliability measures. *Surg Endosc* 2002;16:1746-52.
5. Smith CD, Farrell TM, McNatt SS. Assessing laparoscopic manipulative skills. *Am J Surg* 2001;181:547-50.
6. Van Rij A, McDonald JR, Pettigrew RA. Cusum as an aid to early assessment of the surgical trainee. *Br J Surg* 1995;82:1500-503.
7. Rosser J, Rosser L, Savalgi R. Skill Acquisition and Assessment for Laparoscopic Surgery. *Arch Surg* 1997;132:200-204.
8. Krummel T. Surgical Simulation and Virtual Reality: The Coming Revolution. *Ann Surg* 1998;228:635-37.
9. Grunwald T, Krummel T. Advanced Technologies in Plastic Surgery: How New Innovations Can Improve Our Training and Practice. *Plastic & Reconstructive Surgery* 2004;114:1556-67.

10. Ko C, Whang E, Karamanoukian R. What Is the Best Method of Surgical Training?: A Report of America's Leading Senior Surgeons. *Arch Surg* 1998;133:900-905.
11. Fried G, Feldman L, Vassiliou M. Proving the Value of Simulation in Laparoscopic Surgery. *Ann Surg* 2004;240:518-28.
12. Pandey V, Liapis C, Bergqvist D. The European Board of Surgery qualification in vascular surgery: factors affecting the technical skill of examination candidates. *Br J Surg* 2004;91:1082.
13. Kohls-Gatzoulis J, Regehr G, Hutchison C. Teaching cognitive skills improves learning in surgical skills courses: a blinded, prospective, randomized study. *Canadian J Surg* 2004;47:277-83.
14. Wong K, Stewart F. Competency-based training of basic surgical trainees using human cadavers. *ANZ J Surg* 2004;74:639-42.
15. Grober E, Hamstra S, Wanzel K. Laboratory based training in urological microsurgery with bench model simulators: A randomized controlled trial evaluating the durability of technical skill. *The Journal of Urology* 2004;172:378-81.
16. Special Section: Surgical Residency Redesign. Residency training in surgery in the 21st century: A new paradigm. *Surgery* 2004;136.
17. Jowell P, Baillie J, Branch S. Quantitative assessment of procedural competence: A prospective study of training in endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Am J Surg* 1996;125:983-89.
18. Hanna G, Frank T, Cuschieri A. Objective assessment of endoscopic knot quality. *Am J Surg* 1997; 174: 410-13.
19. <http://www.eetc.it/>
20. <http://www.simulab.com/LaparoscopicSurgery.html>
21. <http://www.olympus.co.jp/>
22. <http://www.simbionix.com/index.html>
23. <http://www.immersion.com/medical/>
24. Dent T. Training, credentialing, and granting of clinical privileges for laparoscopic general surgery. *Am J Surg* 1991;161:399-403.
25. Issenberg B, McGaghie W, Hart I. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 1999;282:861-66.
26. Baillie J, Ravich W. On endoscopic training and procedural competence. *Ann Intern Med* 1993;118:73-74.
27. Rosen M, Heniford T. Endoluminal Gastric Surgery: the Modern Era of Minimally Invasive Surgery. *Surg Clin N Am* 2005;85: 989-1007.