

Original

Simulador de bajo coste para el entrenamiento de habilidades laparoscópicas básicas

Antonio Morandeira Rivas, Arancha Cabrera Vilanova, Fátima Sabench Pereferrer, Mercè Hernández González y Daniel del Castillo Déjardin*

Unidad de Cirugía, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Instituto de Investigación Sanitaria Pere Virgili "IISPV", Hospital Universitario de Sant Joan, Universitat "Rovira i Virgili", Reus, Tarragona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 27 de agosto de 2009

Aceptado el 10 de octubre de 2009

On-line el 25 de noviembre de 2009

Palabras clave:

Cirugía laparoscópica

Simulador

Educación en cirugía

RESUMEN

Introducción: La cirugía laparoscópica requiere el conocimiento y tratamiento de un equipo e instrumental diferente al de la cirugía abierta. El objetivo de este estudio es observar si el entrenamiento con un simulador de bajo coste es de utilidad para adquirir habilidades en técnicas laparoscópicas básicas.

Material y métodos: Estudio aleatorizado en el que participaron 48 sujetos (32 estudiantes y 16 cirujanos). Se diseñaron 2 ejercicios, uno de prensión y otro de corte. Los estudiantes se dividieron en 2 grupos (n=8), el primer grupo realizó los ejercicios en quirófano con la cámara de laparoscopia habitual y el segundo en un aula con una microcámara de bajo coste. Ambos grupos realizaron una primera evaluación, varias sesiones de entrenamiento y una segunda evaluación. Se utilizaron 2 grupos control con estudiantes (n=8) que realizaron las 2 evaluaciones sin entrenamiento. Los cirujanos se dividieron en 2 grupos y realizaron una evaluación, un grupo en quirófano y otro en el aula.

Resultados: En los grupos con entrenamiento, la mejoría entre la primera evaluación y la segunda para el primer ejercicio fue significativamente mayor que en los grupos sin entrenamiento (p<0,001). Los cirujanos presentaron una puntuación significativamente mejor que los estudiantes en su primera evaluación (p<0,001).

Conclusiones: El entrenamiento con este simulador de bajo coste ha demostrado ser de utilidad, de forma similar al entrenamiento en el simulador con un sistema de laparoscopia convencional, para adquirir habilidades laparoscópicas básicas. Este sistema de entrenamiento fue capaz de discriminar entre los sujetos con y sin experiencia en cirugía laparoscópica.

© 2009 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Low cost simulator for acquiring basic laparoscopic skills

A B S T R A C T

Keywords:

Laparoscopic surgery

Introduction: Laparoscopic surgery requires a different set of skills than conventional surgery. The aim of this study was to evaluate the usefulness of a low-cost simulator and camera for the acquisition of basic laparoscopic skills.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jddelcastillo@grupsagessa.cat (D. del Castillo Déjardin).

Simulator Surgical training

Material and Methods: This randomised trial involved 48 subjects (32 students and 16 surgeons). Two exercises were used, object transfer and cutting. Students were divided into two groups (n=8). One group performed the exercises in the operating theatre with the conventional laparoscopic camera. The second group performed the exercises in a classroom with a low cost micro-camera. Both groups were evaluated before and after five training sessions. Two groups of students were used as controls (n=8), and were evaluated two times without training. The surgeons were divided in two groups (n=8), one was evaluated in the theatre and the other one in the classroom.

Results: The trained groups showed significant improvements in the first exercise ($P < 0.001$) compared with non-trained groups. There were no differences in scores between the groups with different cameras. The surgeons had better scores than students ($P < 0.001$).

Conclusions: The improvements in laparoscopic skills on this simulator with a low-cost camera were not significantly different from those gained using the simulator with the conventional laparoscopic camera. This simulator was able to differentiate between experienced and inexperienced subjects.

© 2009 AEC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Actualmente, la cirugía mínimamente invasiva está ampliamente aceptada para el diagnóstico y tratamiento de diferentes enfermedades¹. La cirugía laparoscópica requiere el conocimiento y tratamiento de un equipo e instrumental diferente al de la cirugía abierta. Estas diferencias generan una serie de dificultades que encontrará el cirujano que inicia su formación en cirugía laparoscópica:

1. Introducción de un sistema de visión aumentada, pero monocular, que afecta a la percepción de profundidad y visión tridimensional².
2. Utilización de un instrumental largo que disminuye la sensación táctil (*tactil feedback*) y aumenta el temblor³.
3. Disociación mano-ojo (*fulcrum effect*) y disminución de los grados de libertad del instrumental derivado del acceso a través de trocares fijos⁴.

Actualmente existen modelos de entrenamiento en animales de experimentación y diferentes tipos de simuladores, así como programas informáticos que emulan incluso diferentes situaciones complejas en una intervención quirúrgica, los que se muestran eficaces para adquirir habilidades laparoscópicas. Sin embargo, estas posibilidades no están al alcance de todos, tanto por su elevado coste como por dificultades de accesibilidad e infraestructura.

Igual que sucede en otras disciplinas, como la navegación aérea o marítima, la industria automovilística o el ejército, los simuladores simples permiten la adquisición de habilidades técnicas básicas, lo que parece de utilidad para el aprendizaje posterior de técnicas más complejas⁵. En la literatura médica revisada encontramos diferentes simuladores y programas de entrenamiento que permiten un aprendizaje económico y que puede llevarse a cabo fuera de las instalaciones hospitalarias⁶⁻⁸. Estas herramientas de bajo coste podrían suponer una ayuda importante en el aprendizaje en cirugía laparoscópica para la adquisición de determinadas habilidades técnicas.

El objetivo de este estudio es observar si el entrenamiento con un sistema de *videotrainer* con una cámara de bajo coste es de utilidad para el aprendizaje de técnicas laparoscópicas básicas.

Material y métodos

Participantes y diseño del estudio: se trata de un estudio prospectivo aleatorizado en el que participaron 48 sujetos distribuidos en: 32 estudiantes de medicina de segundo ciclo de la Facultad de Medicina de la Universidad "Rovira i Virgili" sin experiencia previa en cirugía laparoscópica y 16 cirujanos con experiencia en cirugía laparoscópica (para este estudio se consideraron cirujanos con experiencia los que hubieran realizado al menos 30 colecistectomías laparoscópicas). Los estudiantes recibieron unos conocimientos iniciales sobre cirugía laparoscópica y posteriormente se dividieron, mediante asignación aleatorizada simple y mediante la utilización de una tabla de números aleatorizados, en 2 grupos. En el primer grupo (n=16) realizaron los ejercicios en el simulador con la cámara de quirófano y en el segundo en el aula con la cámara de bajo coste. En cada grupo se hizo una evaluación inicial de los ejercicios y una evaluación final 5 días después. Ocho estudiantes de cada grupo participaron en 5 sesiones de 30 min de entrenamiento dirigido antes de la segunda evaluación. Los cirujanos también se dividieron aleatoriamente en 2 grupos (quirófano y aula) y realizaron una primera evaluación (fig. 1).

Simulador: el simulador está compuesto por un armazón de 40 × 30 × 18 cm, translúcido (copolímero rígido de 4 mm), que permite trabajar bajo visión directa sin necesidad de fuente de luz. Cuando realizamos los ejercicios con la cámara cubrimos la parte superior del simulador y se impide la visión directa, pero no la entrada de luz desde otros ángulos. Presenta 3 orificios, 2 laterales para el instrumental y uno central para la cámara. En la superficie inferior encontramos una bandeja extraíble para la colocación de los ejercicios (fig. 2).

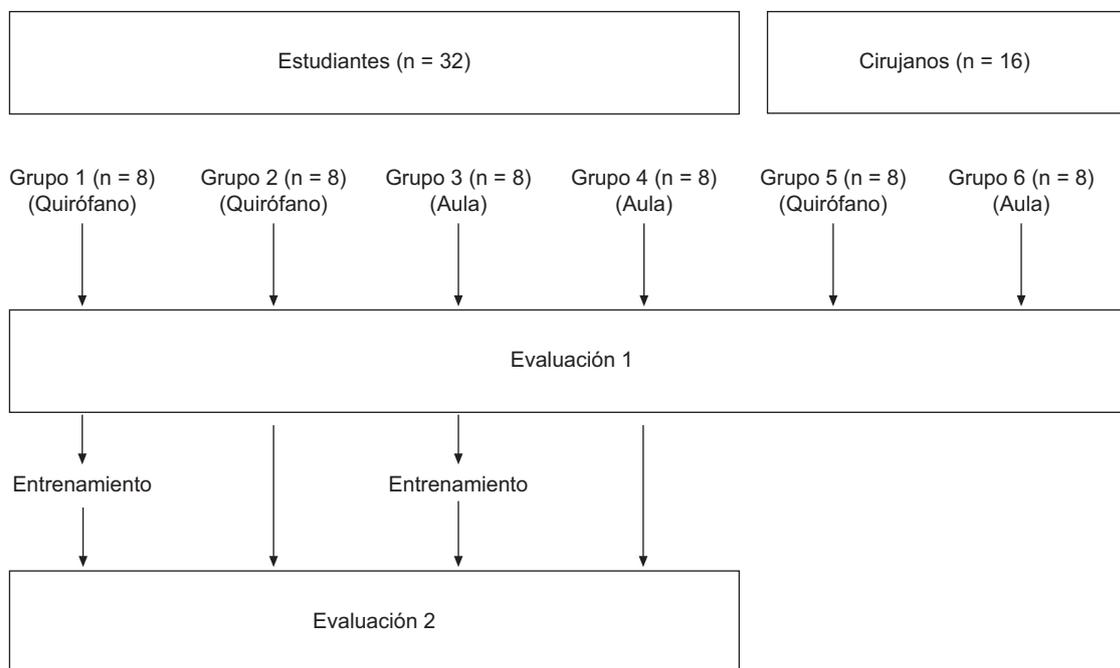


Figura 1 – Diseño general del estudio.



Figura 2 – Simulador de bajo coste.

Cámaras

- Microcámara de bajo coste: utilizamos una microcámara (sensor de imagen CMOS [complementary metal oxide semiconductors], definición 380 líneas color, Ref. LAS3022) acoplada al final de un tubo de 30 cm que simula los movimientos de la óptica en cirugía laparoscópica⁶. La cámara está colocada sobre la estructura tubular con una angulación de 30°, se conecta a un televisor de uso doméstico de 19 pulgadas a través de una conexión tipo RCA y a la red eléctrica a través de un transformador.
- Cámara de quirófono: se utilizó la cámara de laparoscopia Storz[®] (Tricam SL pal) con la fuente de luz Storz[®] (Xenon nova) y una óptica de 30°. La cámara se conectó a un monitor, homologado para electromedicina, de 19 pulgadas Sony Trinitron PVM-ZONGE[®] del equipo de laparoscopia de quirófono.

Instrumental: se utilizaron pinzas de agarre tipo Endo Clinch II[®] (Covidien Autosuture) y tijeras Conmed[®], ambas de 5 mm.

Ejercicios y puntuación: se realizaron 2 ejercicios, uno de prensión y transferencia de objetos y otro de corte. Basándonos en los sistemas de puntuación de diferentes estudios con otros simuladores^{8,9} y en experiencias preliminares con estos ejercicios en este simulador se estableció la siguiente fórmula para puntuar los ejercicios:

- Puntuación=tiempo total en segundos+(20 × número de errores cometidos).
- Ejercicio de prensión y transferencia de objetos (*ejercicio 1*): el participante manipula una prensión con la mano derecha y la cámara con la izquierda. Con el agarre debe coger 8 objetos situados en una plataforma a su derecha y transferirlos a un recipiente situado en el lado izquierdo. Se considera error todo objeto que cae fuera de la plataforma o del recipiente.
- Ejercicio de corte (*ejercicio 2*): el participante utiliza una pinza de agarre con la mano izquierda y una tijera laparoscópica con la derecha. La cámara permanece fija con un soporte. En el simulador se coloca una tela con un recorrido impreso que el participante debe cortar. Se considera error el corte que sobrepasa las líneas que delimitan el recorrido.

Análisis estadístico: se utilizó el test de la t de Student para las variables independientes para comparar las puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes y los cirujanos; las variaciones en la puntuación, antes-después del entrenamiento, se han analizado mediante el test de la t de Student para datos apareados. Los resultados se expresaron en forma de media ± desviación estándar. Las diferencias entre variables se evaluaron mediante la utilización de un límite de significación estadística $p < 0,05$. Se utilizó el programa informático SPSS 15 para el tratamiento estadístico de los datos.

Resultados

De los 32 estudiantes que participaron en el estudio, 25 (78%) cursaban sexto curso de la licenciatura en el momento del estudio, uno cursaba quinto, 3 cursaban cuarto y 3 cursaban tercer curso. Treinta (94%) de los 32 estudiantes eran diestros y 2 eran zurdos. Las características generales de éstos quedan recogidas en la [tabla 1](#).

Los cirujanos presentaron mejor puntuación media que los estudiantes en su primera evaluación para los 2 ejercicios y en los 2 escenarios. En el *ejercicio 1* (prensión y transferencia) los estudiantes presentaron en el aula una puntuación media de $165,5 \pm 32$ vs. $58,2 \pm 14$ de los cirujanos; en quirófano los estudiantes obtuvieron una media de $132,3 \pm 40$ puntos vs. $77,0 \pm 18$ de los cirujanos. En el *ejercicio 2* (corte) los estudiantes presentaron en el aula una puntuación media de $151,1 \pm 33$ vs. $62,6 \pm 20$ de los cirujanos; en quirófano los estudiantes obtuvieron una media de $147,5 \pm 39$ puntos vs. $64,8 \pm 25$ de los cirujanos. En todos los casos las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,001$) ([tabla 2](#)).

Al comparar la diferencia de puntos entre los estudiantes con y sin entrenamiento, la media de mejoría en la puntuación fue significativamente mayor en el grupo con entrenamiento para el primer ejercicio ($87,6 \pm 30$ vs. $33,3 \pm 29$; $p < 0,001$) y para el segundo ejercicio ($65,1 \pm 41$ vs. $33,8 \pm 39$; $p < 0,001$) ([tabla 3](#)).

Al analizar la diferencia en la mejoría entre los grupos con y sin entrenamiento en los 2 escenarios y para los 2 ejercicios, se apreció una mejoría significativamente mayor en los grupos con

entrenamiento, tanto en el aula como en el quirófano para el *ejercicio 1* ($107,6 \pm 14$ vs. $45,2 \pm 39$ en el aula [$p < 0,001$] y $67,6 \pm 38$ vs. $21,3 \pm 38$ en quirófano [$p < 0,001$]). En el *ejercicio 2*, los estudiantes con entrenamiento mejoraron su puntuación significativamente más que los estudiantes sin entrenamiento en quirófano ($85,8 \pm 28$ vs. $15,3 \pm 34$; $p < 0,001$); sin embargo, en el aula no se observaron cambios entre los grupos con y sin entrenamiento ([tabla 3](#)).

Discusión

La utilización de simuladores en cirugía laparoscópica pretende mejorar el entrenamiento de los cirujanos, la eficiencia y la seguridad del paciente, aunque no está del todo claro cuáles son los métodos y el equipo más idóneos para cada fase del entrenamiento. Actualmente, se considera que la formación en cirugía laparoscópica debe ser escalonada y debe pasar por una serie de fases previas a la práctica en quirófano^{10,11}. Sin embargo, así como la ayudantía y las intervenciones tutorizadas son posibles en todos los centros acreditados para la formación de residentes, otras herramientas como los simuladores o las intervenciones en animales o cadáveres son medios más caros, menos accesibles y que, en ocasiones, requieren una infraestructura más compleja. En los últimos años su accesibilidad ha presentado cierta mejoría con la proliferación de centros de cirugía mínimamente invasiva donde se imparten cursos de diferente duración y complejidad^{12,13}. Además, existe una tendencia a la creación de laboratorios de habilidades para este tipo de entrenamiento, donde se combinan simuladores físicos

Tabla 1 – Distribución de los estudiantes en los diferentes grupos y sus principales características

Características	Grupo 1*	Grupo 2**	Grupo 3***	Grupo 4****
Edad media (años)	24	25	24	22
Diestro/zurdo	8/0	7/1	7/1	8/0
Videojuegos, sí/no	5/3	4/4	4/4	2/6
Bricolaje, sí/no	2/6	2/6	2/6	1/7
Hombre/mujer	2/6	3/5	3/5	2/6

* Quirófano con entrenamiento.

** Quirófano sin entrenamiento.

*** Aula con entrenamiento.

**** Aula sin entrenamiento.

Tabla 2 – Resultados de estudiantes vs. cirujanos

	n	Ejercicio 1 (prensión y transferencia) (media \pm DE)	p	Ejercicio 2 (corte) (media \pm DE)	p
Aula					
Estudiantes	16	$165,5 \pm 32,7$	<0,001	$151,1 \pm 33,0$	<0,001
Cirujanos	8	$58,2 \pm 14,5$		$62,6 \pm 20,5$	
Quirófano					
Estudiantes	16	$132,3 \pm 40,1$	<0,001	$147,5 \pm 39,3$	<0,001
Cirujanos	8	$77,0 \pm 18,7$		$64,8 \pm 25,8$	

Tabla 3 – Diferencia media de puntuación de los estudiantes entre la primera y la segunda evaluación

Ejercicio	Grupo	n	Media \pm DE	p	Grupo	n	Media \pm DE	p
Diferencia en puntuación (1. ^a -2. ^a evaluación) Ejercicio 1	Sin entrenamiento	16	33,3 \pm 39	<0,001	Aula sin entrenamiento	8	45,2 \pm 39	<0,001
					Aula con entrenamiento	8	107,6 \pm 14	
	Con entrenamiento	16	87,6 \pm 30		Quirófano sin entrenamiento	8	21,3 \pm 38	
					Quirófano con entrenamiento	8	67,6 \pm 38	
Diferencia en puntuación (1. ^a -2. ^a evaluación) Ejercicio 2	Sin entrenamiento	16	33,8 \pm 39	<0,001	Aula sin entrenamiento	8	52,2 \pm 37	0,706
					Aula con entrenamiento	8	44,3 \pm 44	
	Con entrenamiento	16	65,1 \pm 41		Quirófano sin entrenamiento	8	15,3 \pm 34	
					Quirófano con entrenamiento	8	85,8 \pm /28	

y de realidad virtual de acuerdo con el principio de reemplazamiento.

Varios estudios han demostrado la utilidad del entrenamiento con simuladores físicos, en éstos se aprecia una mejoría en el desarrollo de ejercicios en el simulador y permiten diferenciar entre los cirujanos con y sin experiencia^{9,14}. En nuestro estudio, el grupo de los cirujanos obtuvo una puntuación significativamente mejor que los estudiantes, lo que indica que el simulador discrimina entre los sujetos con y sin experiencia. Respecto a la utilidad del simulador como herramienta docente, observamos que los estudiantes en los grupos de entrenamiento en ambos escenarios presentaban mejor puntuación en el ejercicio de transferencia de objetos que los estudiantes que no entrenaron. Sin embargo, en el ejercicio de corte no encontramos diferencias entre los grupos con y sin entrenamiento, aunque observamos que los estudiantes tuvieron dificultad para orientar correctamente la línea de corte, lo que nos hace plantear que el diseño de este segundo ejercicio no fue correcto y a la luz de los resultados no parece válido para el entrenamiento de esta habilidad quirúrgica. De ahí la importancia de un buen diseño de los ejercicios para practicar.

Los simuladores permiten el entrenamiento de determinadas maniobras y pasos en el transcurso de una intervención quirúrgica y se presentan como una alternativa interesante o un medio complementario que permita disminuir las necesidades de experimentación animal, dados los problemas éticos que esta última puede plantear. En lo referente al tipo de simulador, parece que en el entrenamiento de habilidades básicas en cirujanos noveles, los simuladores de realidad virtual no presentan grandes diferencias respecto a los *videotrainers*¹⁵. Ambos sistemas han demostrado en varios estudios su utilidad al compararse con grupos control sin entrenamiento. En los estudios que comparan el entrenamiento con *videotrainer* frente a realidad virtual, como observamos en una revisión sistemática reciente¹⁶, no parecen existir diferencias en cuanto al tiempo para realizar los ejercicios y el número de errores cometidos, aunque sí se observa una mayor precisión y economía en los

movimientos en los grupos de entrenamiento con simuladores virtuales.

Los simuladores virtuales tienen como ventajas principales el registro de la puntuación, que además permite seguir la progresión del cirujano y la posibilidad de trabajar individualmente, ya que no es necesario trabajar con ayudante y el propio programa actúa como instructor. Sin embargo, además de las diferencias económicas, el sistema de *videotrainer* ofrece la sensación de realidad y tacto de la que carecen muchos simuladores virtuales. Aunque parece que el grado de realismo de los ejercicios y la sensación táctil no disminuyen de forma importante la efectividad del entrenamiento, seguramente el desarrollo de programas cada vez más próximos a la realidad y la utilización de dispositivos con tecnología háptica produzca un mayor uso de estos simuladores virtuales y una mayor satisfacción a los cirujanos que se entrenen con éstos¹⁷. De todas formas, dado que ambos métodos presentan ventajas, parece lógico que su combinación conduzca a un mayor aprendizaje que la utilización de ambos por separado^{18,19}.

Además del entrenamiento inicial de cirujanos noveles, los simuladores se han valorado como herramienta para acelerar la curva de aprendizaje en cirugía laparoscópica. Ofrecen la oportunidad de adquirir una serie de habilidades, como la percepción de profundidad con la visión en 2 dimensiones o la amplificación de los movimientos del instrumental introducido a través de trocares, en un ambiente más relajado, sin el estrés del quirófano y sin poner a los pacientes en riesgo. Varios simuladores se han mostrado útiles para la adquisición de habilidades laparoscópicas básicas, e incluso se ha propuesto su uso para evaluar la competencia quirúrgica, mediante la utilización de la adquisición de estas habilidades como parte de un currículum quirúrgico estandarizado y validado, aunque se trata de una tarea compleja debido a las escasas herramientas aceptadas, objetivas y validadas de las que disponemos^{20,21}.

La validación final de un simulador requiere la comprobación de la transferencia de las habilidades adquiridas en el laboratorio al quirófano²². En nuestro estudio participaron estudiantes de

medicina, con el objetivo de estudiar una población con la misma experiencia previa en cirugía laparoscópica, estudios con este simulador en los que participen residentes o cirujanos sin experiencia laparoscópica podrían resultar de interés para valorar la influencia de la práctica en el simulador sobre la evolución de la habilidad en intervenciones reales.

Los simuladores en cirugía laparoscópica son excelentes herramientas de entrenamiento, aunque el tiempo y los recursos económicos pueden limitar su uso. En nuestro estudio, no encontramos diferencias entre los estudiantes ni entre los cirujanos que realizaron el ejercicio en los diferentes escenarios, lo que hace suponer que este simulador, con la cámara de bajo coste, que además es portátil y de fácil montaje, permitirá el entrenamiento en el momento y el lugar más oportuno (aula, laboratorio de habilidades quirúrgicas, domicilio, etc.). El entrenamiento con este simulador con cámara de bajo coste parece de utilidad, de forma similar al entrenamiento en el simulador con un sistema de laparoscopia convencional, para adquirir habilidades laparoscópicas básicas.

Por último, cabe destacar que el estudio despertó un gran interés por la cirugía endoscópica entre los estudiantes que participaron. La mayoría consideraron el simulador como un instrumento de gran utilidad para comprender las dificultades que entraña la cirugía laparoscópica, ya que a pesar de haber tenido contacto en el quirófano con este tipo de cirugía, únicamente con la asistencia a la cirugía en directo o la proyección de material audiovisual adicional, es difícil comprender cómo se trabaja con un sistema de visión en 2 dimensiones y un material como el utilizado en cirugía laparoscópica. Varios autores han propuesto la aplicación de nuevos modelos de enseñanza en las asignaturas quirúrgicas en los cursos de pregrado, que permitan una mayor comunicación entre estudiantes y cirujanos y fomenten una mayor participación de ambos^{23,24}. La presencia de un "campus virtual" es la infraestructura necesaria para el desarrollo y gestión de estas nuevas necesidades docentes²⁵. El Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de Reus (Universidad Rovira i Virgili) desarrolla un programa de habilidades quirúrgicas como prácticas obligatorias dentro de las cuales se incluye la práctica en este simulador. Parece que la introducción de una breve sesión con el simulador podría ser de utilidad para los estudiantes de la Licenciatura de Medicina, con el objetivo de darles a conocer las particularidades de la cirugía endoscópica, y fomentar y estimular su interés por las especialidades quirúrgicas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A los estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Rovira i Virgili, a los alumnos internos por oposición del Departamento de Cirugía, a los cirujanos y urólogos del Hospital Universitario Sant Joan de Reus y a Fernando Cinto Castillo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Feliu X, Targarona EM, García A, Pey A, Carrillo A, Lacy AM, et al. La cirugía laparoscópica en España. Resultados de la encuesta nacional de la Sección de Cirugía Endoscópica de la Asociación Española de Cirujanos. *Cir Esp.* 2003;74:164-70.
2. Hofmeister J, Frank TG, Cuschieri A, Wade NJ. Perceptual aspects of two-dimensional and stereoscopic display techniques in endoscopic surgery: Review and current problems. *Semin Laparosc Surg.* 2001;8:12-24.
3. Berguer R, Forkey DL, Smith WD. Ergonomic problems associated with laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 1999;13:466-8.
4. Gallagher AG, McClure N, McGuigan J, Ritchie K, Sheehy NP. An ergonomic analysis of the fulcrum effect in the acquisition of endoscopic skills. *Endoscopy.* 1998;30:617-20.
5. Cohen J, Nuckolls L, Mourant RR. Endoscopy simulators: Lessons from the aviation and automobile industries. *Gastrointest Endosc Clin N Am.* 2006;16:407-23.
6. Pokorny MR, McLaren ST. Inexpensive home-made laparoscopic trainer and camera. *Anz J Surg.* 2004;74:691-3.
7. Chung SY, Landsittel D, Chon CH, Ng CS, Fuchs GJ. Laparoscopic skills training using a webcam trainer. *J Urol.* 2005;173:180-3.
8. Keyser EJ, Derossis AM, Antoniuk M, Sigman HH, Fried GM. A simplified simulator for the training and evaluation of laparoscopic skills. *Surg Endosc.* 2000;14:149-53.
9. Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH, Fried GM. The effect of practice on performance in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc.* 1998;12:1117-20.
10. Delgado F, Gómez S, Montalvá E, Torres T, Martí E, Trullenque R, et al. Formación del residente en cirugía laparoscópica: un reto actual. *Cir Esp.* 2003;74:134-8.
11. Gómez-Fleitas M. La necesidad de cambios en la formación y la capacitación quirúrgica: un problema pendiente de resolver en la cirugía endoscópica. *Cir Esp.* 2005;77:3-5.
12. Rodríguez-García JJ, Turienzo-Santos E, Vigal-Brey G, Brea-Pastor A. Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento. *Cir Esp.* 2006;79:342-8.
13. Manuel-Palazuelos JC, Alonso-Martín J, Rodríguez-Sanjuan JC, Fernández-Díaz MJ, Gutiérrez-Cabezas JM, Revuelta-Álvarez S, et al. Programa de formación del residente de cirugía en un laboratorio experimental de cirugía mínimamente invasiva (CENDOS). *Cir Esp.* 2009;85:84-91.
14. Fichera A, Prachand V, Kives S, Levine R, Hasson H. Physical reality simulation for training of laparoscopists in the 21st century. A multispeciality, multi-institutional study. *J Soc Laparoscopic Surg.* 2005;9:125-9.
15. Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers. Is one superior to the other?. *Surg Endosc.* 2004;18:485-94.
16. Gurusamy K, Aggrawal R, Palanivelu L, Davidson BR. Systematic review of randomized controlled trials on the effectiveness of virtual reality training for laparoscopic surgery. *Br J Surg.* 2008;95:1088-97.
17. Lamata P, Gómez EJ, Sánchez-Margallo FM, López O, Monserat C, García V, et al. SINERGIJA laparoscopic virtual reality simulator: Didactic design and technical development. *Comput Methods Programs Biomed.* 2007;85:73-83.
18. Madan AK, Frantzides CT. Prospective randomized controlled trial of laparoscopic trainers for basic laparoscopic skills acquisition. *Surg Endosc.* 2007;21:209-13.
19. Rodríguez-García JJ, Turienzo Santos E, González-González JJ. ¿Mejora la incorporación de un simulador virtual las capacidades en cirugía endoscópica adquiridas con simuladores inanimados?. *Cir Esp.* 2009;86:167-70.

-
20. Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, Fraser SA, Stanbridge D, Ghitulescu G, et al. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg.* 2004;240:518-28.
 21. Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg.* 2004;91:1549-58.
 22. 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.
 23. García-Ureña MA, Marín-Gómez LM, Vega-Ruiz V, Díaz-Godoy A. Aplicación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de la cirugía en la licenciatura de medicina. *Cir Esp.* 2009;85:165-70.
 24. Fernando N, McAdam T, Youngson G, Mckenzie H, Cleland J, Yule S. Undergraduate medical students' perceptions and expectations of theatre-based learning: How can we improve the student learning experience?. *Surgeon.* 2007;5:271-4.
 25. Vázquez G, Ruiz J. Simulación, utilidad en la formación médica y quirúrgica. *Cir Esp.* 2009;86:1-2.