

Un nuevo simulador de laparoscopia

Jaime M. Justo-Janeiro,* Alejandro Pedroza-Meléndez,** Eduardo Prado,***
Gustavo Theurel-Vincent,*** Luis G. Vázquez-de Lara[‡]

Resumen

Introducción: la laparoscopia requiere habilidades y destrezas específicas; los simuladores son muy eficaces para desarrollarlas. El objetivo del presente informe es probar la utilidad de un simulador que permite adquirir coordinación ojo-mano y orientación espacial en dos dimensiones sin necesidad de equipo de laparoscopia.

Material y métodos: a cirujanos con experiencia en cirugía laparoscópica avanzada se les aplicó una encuesta sobre la utilidad de un simulador que consiste en un cajón con iluminación interna y un dispositivo *Charged Couple Device* de video a color conectado a un televisor. Fue utilizado por cirujanos sin experiencia en cirugía laparoscópica avanzada y por residentes de cirugía general: practicaron siete ejercicios después de recibir el curso teórico de ejercicios y nudos en laparoscopia, se tomó tiempo al inicio de la práctica y después de seis sesiones de 30 minutos cada una.

Resultados: 10 cirujanos calificaron al simulador con 42 puntos en promedio (40 a 44 de 44 posibles), comparándolo con el laparoscopio. Dieciocho residentes y 12 cirujanos realizaron prácticas, donde hubo disminución significativa en los tiempos finales. La prueba t pareada fue significativa en todas las medidas. El tiempo promedio disminuyó 31.8 % (de 1108 ± 96 segundos a 755 ± 107 segundos) con un intervalo de confianza a 95 % de 15.1 a 48.5 %.

Conclusiones: el simulador ayuda a desarrollar habilidades y destrezas a bajo costo y sin necesidad de un laparoscopio. Es un concepto altamente novedoso.

Palabras clave: simulador de laparoscopia, laparoscopia, enseñanza en laparoscopia.

Summary

Background: Simulators are effective devices for the development of certain skills needed in laparoscopic surgery. Bench models with laparoscopy equipment, virtual reality and mirror boxes have been used; however, they have limitations such as the need for laparoscopy equipment, high cost or a considerable mismatch with reality.

Methods: We undertook this study to test a simulator as a training device that allows the acquisition of eye-hand coordination and two-dimensional spatial orientation without the need of laparoscopic equipment. The simulator consists of a box with an internal light and a color video CCD connected to a television set. Quality of vision, illumination and adequacy as training equipment was assessed by experienced laparoscopic surgeons. Thereafter, 12 general surgeons without experience in laparoscopic surgery and 18 surgery trainees performed seven different drills after a short course on basic skills and knot-tying laparoscopic techniques. The time to completion of each task was recorded at the beginning and after 10 practices of 30-min each.

Results: Ten experienced surgeons qualified with the simulator with a mean of 42 points (40-44 from a 44 total). There were significant reductions in the final times of all participants. Paired t-test was significant in all the measurements. The mean time decreased 31.8% (from 1108 ± 96 to 755 ± 107 sec) with a 95% confidence interval of 15.1-48.5%.

Conclusions: The simulator tested in this study helps to develop laparoscopic surgical skills economically and without the need for laparoscopic equipment. This laparoscopy training equipment is novel and original in its design.

Key words: laparoscopic simulator, laparoscopic skills, laparoscopy teaching.

* Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Servicio de Cirugía, Hospital General de Puebla "Eduardo Vázquez Navarro".

** Posgrado en Ingeniería Biomédica, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

*** Servicio de Cirugía, Hospital General de Puebla "Eduardo Vázquez Navarro".

‡ Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Trabajo presentado en el XXIX Congreso Nacional de Cirugía, Mérida, Yucatán, llevado a cabo del 1 al 4 de noviembre de 2005.

Solicitud de sobretiros:

Jaime M. Justo-Janeiro, Reforma Sur 3101, Col. La Paz, 72160 Puebla, Puebla, México
Tel. y fax: (222) 266 8010. E-mail: jjustoj@puebla.megared.net.mx

Recibido para publicación: 16-02-2006

Aceptado para publicación: 13-07-2006

Introducción

A partir de 1990, con la introducción de la laparoscopia como un procedimiento operatorio ampliamente difundido, los cirujanos se encontraron ante el reto de adquirir nuevas destrezas y habilidades para la práctica quirúrgica.^{1,2}

El cambio a una visión en dos dimensiones, una nueva coordinación óculo-manual, un campo operatorio pequeño, acción de pivote de los instrumentos en la pared de los pacientes, instrumentos largos con amplificación de movimientos finos, fueron algunos de los problemas por enfrentar.³

Entre las estrategias para resolver estos problemas se encuentra el empleo de simuladores para cirugía laparoscópica.⁴

Existen varios tipos de simuladores. El más común consiste en una caja cerrada con un laparoscopio estándar para iluminar el interior y adquirir la imagen; también hay cajas de espejos que reflejan los objetos de su interior para simular una visión en dos dimensiones, así como un programa de computación que simula con bastante fidelidad el interior de la cavidad abdominal y se pueden realizar intervenciones quirúrgicas virtuales.⁵ Por último están los simuladores físicos, que pueden tener forma anatómica y en los que no se utiliza el laparoscopio,⁶ sino que la imagen y la iluminación se adquieren con un sistema propio.

En nuestro medio, el uso de simuladores para el desarrollo de habilidad en cirugía laparoscópica es limitado.^{7,8} Los principales problemas son los altos costos y la poca disponibilidad de los equipos, por lo que sería deseable contar con un simulador de fácil disposición y costo accesible.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la eficacia de un simulador físico de costo accesible, que no requiere un equipo estándar de laparoscopia, para la adquisición de habilidades y destrezas en cirugía laparoscópica.

Material y métodos

Se diseñó un equipo que simula completamente al laparoscopio. Se trata de un maniquí anatómico con la forma de un torso humano desde el cuello hasta por debajo de la cicatriz umbilical, fabricado con fibra de vidrio y con tres orificios en la pared anterior (2 puertos para instrumentos y uno para la unidad de video). El interior se ilumina con tres focos de neón de 4 watts, uno en el extremo distal a la entrada de video y dos laterales; la imagen se adquiere mediante un dispositivo *Charged Couple Device* de ¼", a color, con 420 líneas de resolución horizontal y que se transmite a cualquier sistema de televisión mediante un cable RCA estándar. El interior es hueco y se puede colocar cualquier objeto que se desee para realizar ejercicios (figura 1) con la ayuda de cualquier tipo de instrumental endoscópico, como pinzas, portaguja, tijeras, bajanudos, etc.

El simulador (Simulap®, Tecnología Médica de Puebla, S. A. de C. V., Puebla, Pue., México) fue probado por 10 cirujanos con

experiencia en cirugía endoscópica avanzada y quienes han sido profesores de cursos donde se utilizan simuladores de caja. Se les aplicó un cuestionario de 11 preguntas encaminado a definir la calidad de visión (resolución, color y enfoque) y la suficiencia del simulador como un auxiliar para la enseñanza. Se contestó en una escala de 0 a 4 por cada pregunta. Posteriormente se impartió un curso teórico de nudos y suturas en cirugía endoscópica a 18 residentes de cirugía general que frecuentemente participan como ayudantes en cirugía endoscópica y a 12 cirujanos sin experiencia en este tipo de cirugía. Se diseñaron siete ejercicios:

- Ejercicio 1: en cinco tazas de color diferente cada una, se debía introducir tres botones (a su vez colocados en un plato) del mismo color de la taza.
- Ejercicio 2: clavar tres tachuelas (colocadas en un plato) en cada uno de los cinco círculos de color diferente que se encontraban en un placa de espuma de unicel; el color de las tachuelas y de los círculos debía corresponder.
- Ejercicio 3: pasar un hilo de sutura de seda 2/0 por cada una de las cinco armellas instaladas a diferentes alturas en un trozo de madera.
- Ejercicio 4: realizar un nudo extracorpóreo.
- Ejercicio 5: hacer una endoasa con el nudo Gea (diseñado y probado por el doctor Mucio Moreno del Hospital General

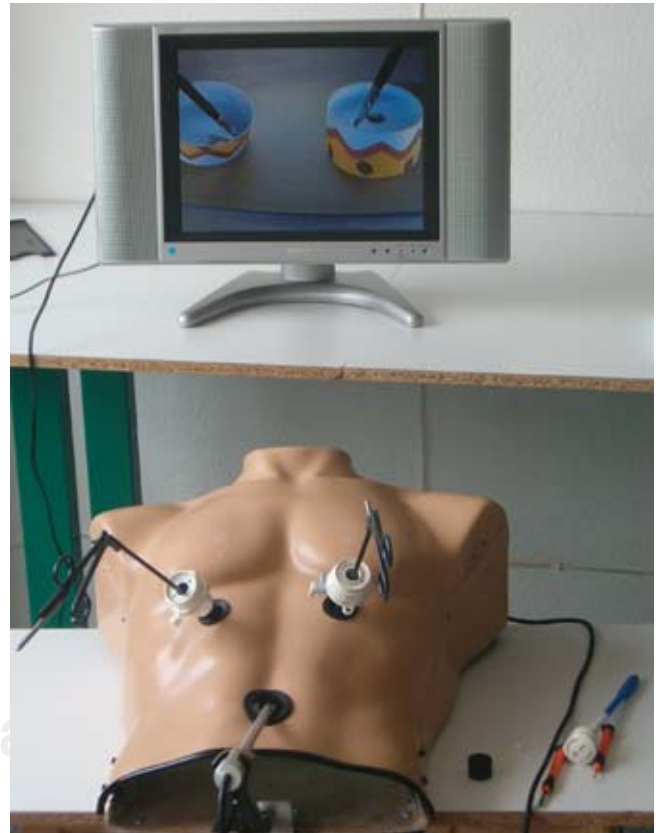


Figura 1. Simulador antropomorfo de laparoscopia.

“Dr. Manuel Gea González”), y colocarla en un trozo de caucho unido a un trozo de madera.

- Ejercicio 6: realizar un nudo intracorpóreo de cirujano con tres lazadas.
- Ejercicio 7: pasar un tubo de caucho (que habitualmente se usa como torniquete) dentro de un tubo de caucho de mayor diámetro (de succión) unido a un trozo de madera.

Se les pidió realizar seis sesiones de prácticas de 30 minutos. En los ejercicios inicial y final, un observador midió con un cronómetro el tiempo en segundos, desde la introducción de los instrumentos al simulador hasta el término del ejercicio.

Para la estimación de parámetros poblacionales, se emplearon intervalos de confianza a 95 %; para demostrar las diferencias antes y después del uso del simulador, la prueba t pareada.

Resultados

Evaluación de los expertos

La calificación global de los 10 cirujanos fue en promedio de 42 puntos de un máximo de 44. Las calificaciones oscilaron entre 3 y 4 en cada pregunta del cuestionario. En ningún caso hubo calificaciones menores de 3 puntos. En relación con la calidad de la visión, 60 % consideró que la iluminación fue suficiente, mientras que 90 % consideró que la imagen del monitor era fiel. En cuanto a la potencial utilidad del simulador como auxiliar de enseñanza, todos coincidieron en que sería conveniente tenerlo disponible en los cursos de adiestramiento (cuadro I).

Adquisición de destreza

Las mediciones reportadas se expresan en segundos (promedio \pm DE); todos los participantes finalizaron su agenda de prácticas.

Los médicos incluidos en el estudio disminuyeron sustancialmente el tiempo de realización de los ejercicios (cuadro II), donde la prueba t pareada fue altamente significativa en todos los casos. La práctica que tuvo en promedio menor cambio fue la movilización de botones, con disminución en el tiempo de ejecución de 27 ± 15 %; mientras que la realización de un asa preanudada fue la que tuvo un cambio mayor (36.6 ± 19.7 %). De los sujetos analizados, sólo en dos hubo aumento en el tiempo de ejecución posterior al entrenamiento y en dos ejercicios (argollas y asa preanudada).

El promedio global de duración de la sesión inicial fue de 1108 ± 96 segundos. En la sesión final, el tiempo promedio disminuyó 31.8 % (de 1108 ± 96 a 755 ± 107 segundos) con un intervalo de confianza a 95 % de 15.1 a 48.5 %.

Discusión

La necesidad de adquirir habilidades especiales para quien desea practicar cirugía laparoscópica ha sido plenamente demostrada.¹⁻⁴ Para lograrlo se han empleado diversas estrategias, como cursos y talleres que tratan de ser teórico-prácticos donde la mayoría de los ejercicios se realizan con animales vivos.⁹ Otra estrategia utilizada inicialmente en estos cursos fue usar “simuladores” rudimentarios, cajas cerradas donde se introducían diferentes materiales, algunas veces sintéticos y otras biológicos como frutas y trozos de animales (pollos)⁷ y con ellos se desarrollaban habilidades bimanuales.^{10,11} En ambos casos se requiere un equipo estándar de laparoscopia, que generalmente se solicita en préstamo a algún proveedor y que no es fácil tener disponible debido a la agenda de los diferentes eventos y al elevado costo del equipo.

Estos cursos cumplen una función importante pero no han logrado hacerse populares y accesibles para que se entrenen en

Cuadro I. Evaluación de los expertos

Pregunta	Puntuación		
	4	3	< 3
1. ¿El simulador sustituye a un equipo de laparoscopia en las prácticas?	70%	30%	0%
2. ¿La iluminación es suficiente?	60%	40%	0%
3. ¿La visión en el monitor es fiel?	90%	10%	0%
4. ¿Ayuda a entrenar al operador de la cámara?	90%	10%	0%
5. ¿Se conecta y desconecta fácilmente?	100%	0%	0%
6. ¿Existe coordinación ojo-mano?	70%	30%	0%
7. ¿Las dimensiones del simulador son las necesarias?	80%	20%	0%
8. ¿Lo considera útil para las prácticas de habilidades y destrezas en laparoscopia?	90%	10%	0%
9. ¿Sería conveniente tenerlo disponible para prácticas constantes?	100%	0%	0%
10. ¿Lo usaría como un equipo habitual en los cursos de nudos y suturas en laparoscopia?	80%	20%	0%
11. ¿Permite realizar adecuadamente los ejercicios diseñados?	70%	30%	0%

Puntuación: 0 = Absolutamente no, 1 = No, pero podría ayudar, 2 = Medianamente, 3 = Sí pero con deficiencias, 4 = Sí definitivamente.

Cuadro II. Adquisición de destreza: Cambio en los tiempos de ejecución de los ejercicios (segundos) antes y después del entrenamiento con el simulador

Ejercicio	Tiempo inicial Media ± DE (min.-máx.)	Tiempo final Media ± DE (min.-máx.)	Diferencia promedio Media ± DE (min.-máx.)	% de cambio Media ± DE (min.-máx.)	p
1. Botones	217.1 ± 29.8 (152-270)	157.8 ± 34.8 (93-211)	59.3 ± 37.1 (3-151)	27 ± 15 (1-60)	< 0.001*
2. Tachuelas	205 ± 35.2 (146-339)	134.7 ± 35.1 (80-206)	70.4 ± 39.7 (14-163)	33.6 ± 16 (7.3-66)	< 0.001*
3. Argollas	139.6 ± 25.7 (98-182)	100.4 ± 26.6 (80-206)	39.2 ± 24.5 (-15-97)	27.6 ± 14.9 (10-61)	< 0.001*
4. Nudo extracorpóreo	130.1 ± 27.2 (86-216)	89.2 ± 23.8 (37-126)	40.8 ± 24 (4-99)	30.9 ± 16.2 (3.3-56.9)	< 0.001*
5. Asa preanudada	151.6 ± 15.8 (117-192)	96.2 ± 31.1 (45-176)	55.4 ± 31.1 (-22-11)	36.6 ± 19.7 (14.2-68)	< 0.001*
6. Nudo intracorpóreo	198.1 ± 39.2 (135-292)	130.2 ± 39.5 (74-198)	67.9 ± 30.9 (8-132)	34.4 ± 14.9 (5.5-58.7)	< 0.001*
7. Canulación de tubo	66.6 ± 14.5 (36-39)	46.2 ± 11.3 (28-72)	20.3 ± 10.1 (8-57)	30 ± 10.5 (15.2-62.6)	< 0.001*

*Prueba t pareada. Nivel de significancia $p < 0.05$.

ellos quienes así lo requieran. Quizá el problema más importante consiste en que la mayoría de las veces los ejercicios sólo se realizan en el curso y nunca más hasta el momento de operar a un paciente.¹²

La enseñanza de la cirugía también sufrió una gran transformación. Inicialmente se propuso que no debería realizar cirugía laparoscópica quien no tuviera suficiente experiencia en cirugía abierta, pero esto fue cada vez más difícil de lograr al popularizarse la cirugía endoscópica.¹³ En la actualidad, el cirujano en entrenamiento además de adquirir experiencia en cirugía abierta, paralelamente debe desarrollar las destrezas para efectuar cirugía laparoscópica.¹⁴ Por ello, es deseable que se cuente con un método de entrenamiento disponible en cualquier unidad donde se realice o enseñe cirugía endoscópica.¹⁵ La incapacidad para efectuar un nudo o sutura, o colocar un asa preanudada (no comercial), hace que con frecuencia se tenga que convertir una cirugía laparoscópica en abierta, o que a la fecha se considere un riesgo realizarla si se tienen que colocar puntos y se prefiere hacer abierta. Por ello, la habilidad específica de realizar nudos y suturas es indispensable para quien desea practicar cirugía endoscópica.¹⁶

Los simuladores para cirugía endoscópica como herramientas de aprendizaje tienen las siguientes ventajas:

- La adquisición de habilidades específicas.
- La posibilidad de prácticas repetidas y de bajo costo para evaluar el desempeño.

c) Entrenamiento sin riesgos y en un ambiente relajado, practicando a solas o con el operador del laparoscopio habitual, sin tener que estar en un lugar especialmente diseñado para ello.¹

En general, estos recursos didácticos permiten modificar el viejo modelo de la enseñanza “tipo aprendices” hacia el aprendizaje de las habilidades de una manera lógica y sistemática, haciendo más que observando.¹⁷

Se ha demostrado que sin importar el tipo de simulador, el usuario siempre mejora las habilidades entrenadas;¹⁸ sin embargo, en opinión de los autores, cada uno tiene ventajas y desventajas.

Las cajas de espejos son los simuladores más económicos, sus desventajas son:

- Poca facilidad para que se observen las prácticas.
- No se puede acercar al objetivo.
- No se pueden registrar las prácticas en video.

En las cajas cerradas (también mal llamadas cajas negras) se introduce un equipo estándar de laparoscopia (lente, cámara, fuente de luz y cable de fibra óptica) y se usa un monitor para adquirir la imagen. Por su facilidad de construcción son las que se han utilizado con más frecuencia, pero la principal desventaja es que se requiere un equipo completo de laparoscopia.

Los equipos de realidad virtual son programas de computación que tratan de reproducir, de manera fiel, los órganos de la cavidad abdominal; en ellos se pueden entrenar técnicas quirúrgicas específicas, sin embargo, su costo es muy elevado para

tenerlos disponibles en nuestro medio y algunos aún tienen deficiencias técnicas importantes en el adiestramiento laparoscópico, como la falta de transmisión háptica.

Existen cajas con luz interior que adquieren la imagen con algún tipo de cámara, desde cámaras caseras de video hasta dispositivos *Charged Couple Device* de cuello de ganso para adaptarse a una posición fija; tienen las desventajas de no entrenar al operador de la cámara y no poder acercarse adecuadamente al objeto del ejercicio.

El equipo Simulap[®] entra dentro de la categoría de simuladores físicos con sistemas propios de iluminación y adquisición de imagen. En este trabajo, el análisis de la opinión de 10 expertos nos permite concluir que la calidad de imagen es adecuada para el fin que se persigue: el entrenamiento de cirujanos en formación. En cuanto a la adquisición de destrezas, después de seis sesiones de 30 minutos, el tiempo de ejecución global de los ejercicios disminuyó más de 30 %, lo que indica su utilidad como instrumento para el aprendizaje. Además, el equipo presenta ventajas sobre otros simuladores físicos: se puede transportar fácilmente, se conecta a cualquier equipo de televisión, su costo total y de mantenimiento son muy bajos; permite entrenar al operador de la cámara, pueden registrarse las prácticas en video y en su interior se puede colocar cualquier objeto como botones, piezas anatómicas de material sintético o piezas biológicas. De ninguna manera simula la realidad quirúrgica, sin embargo, su objetivo es adiestrar en habilidades específicas al cirujano en entrenamiento.

En nuestro país, al igual que en muchos otros, no tenemos un laboratorio de cirugía experimental disponible para el personal del área de cirugía y mucho menos para los cirujanos en formación; el alto costo de los equipos es uno de los motivos, por lo que un equipo de bajo costo puede cumplir con la tarea de auxiliar en el entrenamiento de quien desea realizar cirugía endoscópica.

Conclusiones

Es innegable la necesidad de equipos que simulen al laparoscopia y que puedan ser utilizados ampliamente por el personal quirúrgico que quiere efectuar cirugía endoscópica. El simulador Simulap[®] es un equipo de bajo costo con adecuada calidad de imagen, que ayuda a disminuir el tiempo de realización de ejercicios para adquirir habilidad en cirugía endoscópica. Desde luego deberán llevarse a cabo más estudios para comprobar estas conclusiones.

Referencias

1. 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;18:485-494.
2. Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, Frawley WH, Rege RV, Jones DB. Laparoscopic skills training. *Am J Surg* 2001;182:137-142.
3. Rogers DA, Elstein AS, Bordage G. Improving continuing medical education for surgical techniques: applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery. *Ann Surg* 2001;233:159-166.
4. 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;191:272-283.
5. Hyltander A, Liljegren E, Rhodin PH, Lonroth H. The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. *Surg Endosc* 2002;16:1324-1328.
6. Swanstrom LL, Fried GM, Hoffman KI, Soper NJ. Beta test results of a new system assessing competence in laparoscopic surgery. *J Am Coll Surg* 2006;202:62-69.
7. Soto GM. Simulador para el dominio de procedimientos básicos en cirugía laparoscópica. *Cir Endosc* 2002;3:25-27.
8. Sereno-Trabaldo S, Fregoso-Ambriz JM, Gaxiola-Robles R, Zermeño-Hernández J, García-Íñiguez JA, González-Ojeda A. Measurement of the development of psychomotor abilities in surgical endoscopy training with the use of a simulator and biological pieces. *Cir Ciruj* 2005;73:113-119.
9. Torkington J, Smith SG, Rees B, Darzi A. The role of the basic surgical skills course in the acquisition and retention of laparoscopic skill. *Surg Endosc* 2001;15:1071-1075.
10. Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH, Fried GM. The effect of practice on performance in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc* 1998;12:1117-1120.
11. Adrales GL, Chu UB, Witzke DB, Donnelly MB, Hoskins D, Mastrangelo MJ Jr, et al. Evaluating minimally invasive surgery training using low-cost mechanical simulations. *Surg Endosc* 2003;17:580-585.
12. Hance J, Aggarwal R, Moorthy K, Munz Y, Undre S, Darzi A. Assessment of psychomotor skills acquisition during laparoscopic cholecystectomy courses. *Am J Surg* 2005;190:507-511.
13. Satava RM, Gallagher AG, Pellegrini CA. Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy, and metrics. *J Am Coll Surg* 2003;196:933-937.
14. Hinojosa PA. Entrenamiento tutelar intensivo en colecistectomía laparoscópica en pacientes. *Cir Gen* 2000;22:334-336.
15. Stefanidis D, Korndorffer JR Jr, Sierra R, Touchard C, Dunne JB, Scott DJ. Skill retention following proficiency-based laparoscopic simulator training. *Surgery* 2005;138:165-170.
16. Korndorffer JR Jr, Stefanidis D, Scott DJ. Laparoscopic skills laboratories: current assessment and a call for resident training standards. *Am J Surg* 2006;191:17-22.
17. Uchal M, Raftopoulos Y, Tjugum J, Bergamaschi R. Validation of a six-task simulation model in minimally invasive surgery. *Surg Endosc* 2005;19:109-116.
18. Youngblood PL, Srivastava S, Curet M, Heinrichs WL, Dev P, Wren SM. Comparison of training on two laparoscopic simulators and assessment of skills transfer to surgical performance. *J Am Coll Surg* 2005;200:546-551.

