



Original

Validación preliminar del simulador físico Simulap[®] y de su sistema de evaluación para cirugía laparoscópica

Silvia Enciso Sanz^{a,*}, Francisco Miguel Sánchez Margallo^b,
Idoia Díaz-Güemes Martín-Portugués^c y Jesús Usón Gargallo^d

^a Unidad de Laparoscopia, Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España

^b Dirección Científica, Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España

^c Coordinación Unidad de Laparoscopia, Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España

^d Dirección de la Fundación del Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 5 de mayo de 2011

Aceptado el 18 de julio de 2011

On-line el 9 de noviembre de 2011

Palabras clave:

Simulación

Cirugía laparoscópica

Validez aparente

Validez de contenidos

Validez constructiva

RESUMEN

Introducción: Nuestro objetivo es evaluar la validez aparente y de contenidos del simulador físico Simulap[®] y la validez constructiva de su sistema de evaluación.

Material y métodos: Cinco cirujanos noveles (G1) y 5 cirujanos expertos (G2) realizaron siete ejercicios básicos y uno de sutura en Simulap[®], los cuales fueron evaluados en base a los errores y al tiempo. Las validaciones aparente y de contenidos fueron realizadas por los cirujanos noveles y los expertos, respectivamente. Ambas consistieron en un cuestionario sobre Simulap[®] y sus ejercicios con una escala del 0 al 5. La validez constructiva del sistema de evaluación se determinó comparando las puntuaciones de ambos grupos.

Resultados: La valoración por parte de los cirujanos del simulador Simulap[®] y su programa de entrenamiento fue positiva, obteniendo una puntuación media de $4 \pm 1,1$ para el G1 y de $4,9 \pm 0,6$ para el G2. El G2 consideró muy útil el entrenamiento con Simulap[®] para la formación de residentes y cirujanos, obteniendo una puntuación máxima de 5. El G2 superó al G1 en todas las puntuaciones de los ejercicios, observándose diferencias estadísticamente significativas en los ejercicios de coordinación ojo-mano (G1: $52,2 \pm 6,7$ frente a G2: $39,6 \pm 6,5$; $p = 0,027$), disección (G1: $301,8 \pm 100,2$ frente a G2: $150,8 \pm 66,7$; $p = 0,028$) y sutura (G1: $258,5 \pm 87,0$ frente a G2: $108,4 \pm 20,2$; $p = 0,009$).

Conclusiones: El sistema de evaluación para Simulap[®] es capaz de distinguir diferentes grados de experiencia en cirugía laparoscópica. Además este simulador mostró una gran aceptación por parte de los cirujanos para el aprendizaje de habilidades básicas.

© 2011 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Preliminary validation of the Simulap[®] physical simulator and its assessment system for laparoscopic surgery

ABSTRACT

Introduction: Our aim is to assess the face and content validities of the physical simulator Simulap[®], as well as the construct validity of its assessment method.

Keywords:

Simulation

Laparoscopy

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: senciso@ccmijesususon.com (S. Enciso Sanz).

0009-739X/\$ - see front matter © 2011 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

doi:10.1016/j.ciresp.2011.07.013

Face validity
Content validity
Construct validity

Material and methods: Five novice surgeons (G1) and five experts (G2) performed seven basic tasks and one suturing exercise on Simulap[®], which were assessed through an exam based on mistakes and performance time. Face and content validations were carried out by novice surgeons and expert surgeons, respectively. Both validations consisted of a questionnaire graded on a five-point scale about the Simulap[®] and its tasks. Construct validity of the assessment system was determined by comparing the scores of both groups.

Results: Surgeons rated the Simulap[®] simulator and its training program positively, obtaining an average score of 4 ± 1.1 for G1 and of 4.9 ± 0.6 for G2. G2 considered training on Simulap[®] very useful for the training of residents and surgeons, obtaining a maximum score of 5. G2 outperformed G1 in all task scores, with statistically significant differences in the eye-hand coordination (G1: 52.2 ± 6.7 vs. G2: 39.6 ± 6.5 ; $P=.027$), dissection (G1: 301.8 ± 100.2 vs. G2: 150.8 ± 66.7 ; $P=.028$) and suturing exercises (G1: 258.5 ± 87.0 vs. G2: 108.4 ± 20.2 ; $P=.009$).

Conclusions: The assessment method for Simulap[®] is able to distinguish different levels of experience in laparoscopic surgery. Furthermore, this simulator showed a great acceptance by surgeons for the learning of basic skills.

© 2011 AEC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Después del auge de la cirugía laparoscópica en los años 90, esta se ha ido imponiendo a la cirugía convencional hasta llegar a ser considerada, en la actualidad, como la técnica de elección en numerosos procedimientos quirúrgicos^{1,2}.

Sin embargo, este abordaje mínimamente invasivo ha necesitado el desarrollo de nuevas habilidades técnicas por los cirujanos implicando un proceso de aprendizaje^{3,4}. En este sentido, el campo de la simulación está alcanzando un gran desarrollo, con el fin de conseguir un adecuado nivel de destreza fuera del quirófano, acortando las curvas de aprendizaje, y disminuyendo los errores y complicaciones intraoperatorias^{4,5}. Numerosos estudios de investigación han demostrado que los cirujanos pueden mejorar sus habilidades mediante el empleo de simuladores^{6,7}.

La división principal de los simuladores de cirugía laparoscópica podría realizarse entre virtuales o físicos. Por un lado, los simuladores virtuales proporcionan una evaluación objetiva de la práctica del cirujano, pero presentan un alto coste y ciertas deficiencias en la sensación háptica. A pesar de las mejoras tecnológicas que han sufrido, existe escasa bibliografía que demuestre el valor adicional que suponen estos simuladores frente a las alternativas tradicionales⁸. Por otro lado, los simuladores físicos presentan un coste menor y una sensación táctil más real. Sin embargo, la evaluación de los ejercicios realizados por el alumno debe llevarla a cabo un cirujano experto, sin estar esta evaluación exenta de cierta subjetividad^{3,9}.

Con el fin de establecer un sistema objetivo, se han descrito varios métodos de evaluación, basados en el cumplimiento de tareas específicas asociadas a cada procedimiento quirúrgico, la valoración de aspectos técnicos de la cirugía o el análisis del número de errores y el tiempo de intervención⁹⁻¹¹.

A pesar de que los simuladores proporcionan un medio para mejorar y mantener las habilidades, así como para evaluar y certificar la competencia quirúrgica¹²; para que su uso sea fiable, debe realizarse una evaluación rigurosa y objetiva que determine su validez.

El objetivo del trabajo es determinar la validez aparente y de contenidos del simulador físico Simulap[®], así como establecer la validez constructiva del sistema de evaluación.

Material y métodos

Grupos de estudio

Participaron en el estudio un total de 10 cirujanos divididos en dos grupos:

- Grupo 1 (G1): 5 cirujanos noveles (cirujanos que han realizado menos de 50 intervenciones en cirugía laparoscópica).
- Grupo 2 (G2): 5 cirujanos expertos (cirujanos que han realizado 50 o más intervenciones en cirugía laparoscópica).

Simulador laparoscópico (Simulap[®])

Se trata de un simulador físico diseñado y desarrollado en nuestro centro para el entrenamiento en cirugía laparoscópica (fig. 1). Este simulador integra una cámara móvil con zoom y un sistema de luz fría de intensidad regulable. Consta de una caja de material plástico, cuya forma corresponde a un molde de la cavidad abdominal de un paciente, y de una cubierta que permite la introducción de trocares en distintas posiciones. Dispone de sistemas para la sujeción de órganos y de un accesorio limitador del espacio pelviano. Este simulador permite practicar diferentes ejercicios (corte, disección o sutura) mediante la incorporación de dispositivos de entrenamiento inorgánicos (tablero de coordinación, láminas de corte, tejidos artificiales, etc.) y materiales orgánicos.

Ejercicios de cirugía laparoscópica

Se practicaron ocho ejercicios, correspondientes al programa de entrenamiento diseñado para Simulap[®] (tabla 1): navegación con cámara 0°, coordinación ojo-mano, prensión, coordinación mano-mano (fig. 1), corte, coagulación, disección



Figura 1 – Ejercicio de coordinación mano-mano empleando el tablero de ejercicios en el simulador físico Simulap®.

y sutura. Para la realización del ejercicio de navegación con cámara 0°, se empleó una torre de laparoscopia y para el resto de los ejercicios, únicamente se conectó el simulador a un monitor.

Validación aparente, de contenidos y constructiva

La validación aparente se realizó mediante la evaluación de un cuestionario con una escala del 1 (malo o muy poco) al 5 (muy bueno o mucho) (tabla 2), por el G1.

Para la obtención de la validez de contenidos se valoró un cuestionario con una escala del 1 (malo o muy poco) al 5 (muy bueno o mucho) que fue entregado al G2 (tabla 2).

La validación constructiva se obtuvo comparando las puntuaciones de los ejercicios del G1 con las del G2.

Los ejercicios fueron evaluados por dos expertos en cirugía laparoscópica. El modo de puntuación se basó en el tiempo invertido en completar las tareas y en los errores cometidos en cada ejercicio. A cada error se le asignó una penalización de 1 segundo y el tiempo total de penalización se sumó al tiempo total de realización del ejercicio, como se muestra en la tabla 3, para el ejercicio de coordinación mano-mano. De este modo, una menor puntuación se corresponde con una mejor realización de los ejercicios.

Estudio estadístico

Se utilizó el programa informático *Statistical Package for the Social Sciences* versión 15.0 (SPSS, Chicago, IL). De acuerdo con la naturaleza de los datos, se utilizaron pruebas no paramétricas para el análisis estadístico de los mismos, empleando el test U de Mann Whitney para comparar las puntuaciones entre G1 y G2. Un valor de $p < 0,05$ fue considerado significativo.

Resultados

Validez aparente

La puntuación media obtenida por el G1 en la encuesta de validación aparente fue de $4 \pm 1,1$. La mayor puntuación fue otorgada a la pregunta «¿Consideras necesaria la realización

Tabla 1 – Programa de entrenamiento en Simulap®

EJERCICIO	DESCRIPCIÓN	REPETICIONES
Navegación cámara 0°	Enfocar los distintos puntos indicados en el tablero de coordinación, empleando la óptica laparoscópica de 0° con la mano dominante	N° puntos a enfocar: 10
Coordinación ojo-mano	Tocar los números indicados con la punta del disector en el tablero de coordinación, empleando primero la mano derecha, a continuación la izquierda y finalmente, ambas a la vez	N° puntos a tocar: 10
Prensión	Prensión de objetos rugosos y lisos para depositarlos en la localización indicada	N° objetos: 12
Coordinación mano-mano	Transferencia en el aire de objetos rugosos y lisos, de mano derecha a mano izquierda y viceversa, para terminar depositándolos en la localización indicada	N° objetos: 12
Corte	Corte de trazados rectos, curvos y sigmoideos con ambas manos, en dos láminas de látex de dificultad creciente	N° trazados: 6
Coagulación	Aplicación de puntos de coagulación para trazar una línea recta entre dos puntos marcados, sobre tejido orgánico y con la mano dominante	N° líneas: 4
Disección	Disección de la capa serosa del estómago de cerdo a partir de las líneas ya seccionadas y hasta alcanzar la línea marcada	N° disecciones: 4
Sutura	Realización de puntos simples con un anudado doble y dos anudados simples, alternando el sentido, en una incisión horizontal y otra vertical en estómago de cerdo. Los puntos de entrada y salida de la aguja estaban señalizados	N° puntos: 8

Tabla 2 – Cuestionarios de validación aparente y de contenidos

	VALORACIÓN (1 muy negativo y 5 muy positivo)	1	2	3	4	5	
ENCUESTA DE VALIDACIÓN APARENTE	Calidad de la imagen						
	Calidad y rango de zoom						
ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDOS	Intensidad de luz						
	Simulación de la cavidad abdominal						
	Utilidad para el aprendizaje de habilidades básicas						
	Gama de ejercicios						
	¿Consideras necesaria la realización de este programa de entrenamiento antes de practicar laparoscopia en el quirófano?						
	Apropiado para la evaluación de ejercicios						
	¿Preferes este simulador frente a un simulador virtual?						
	Sugerencias y comentarios:						
		VALORACIÓN (1 muy negativo y 5 muy positivo)	1	2	3	4	5
	Utilidad para la formación de estudiantes de medicina						
Utilidad para la formación de residentes							
Utilidad para la formación de cirujanos							
Utilidad de la gama de ejercicios para el aprendizaje de habilidades básicas en cirugía laparoscópica							
Gama de ejercicios							
Efectivo para la mejora de habilidades en el quirófano							
¿Consideras interesante la inclusión de los ejercicios en Simulap® en el programa de formación previo a la práctica en quirófano?							
Apropiado para la evaluación durante la formación							
¿Crees que mediante la práctica de estos ejercicios se puede contribuir a disminuir los errores en quirófano?							
¿Qué opinión te merece este simulador en comparación con la simulación virtual?							
Sugerencias y comentarios:							

de este programa de entrenamiento antes de practicar laparoscopia en el quirófano?», valorada por todos los cirujanos noveles con un 5 (*mucho*). Las puntuaciones más bajas se obtuvieron en las preguntas «Calidad de la imagen» y «Rango y calidad del zoom», habiendo sido otorgado en ambas un 3 por tres cirujanos (*aceptable*) y un 2 por dos cirujanos (*algo malo*). En «Intensidad de luz» y «Simulación de la cavidad abdominal» se obtuvo una puntuación media de $3,6 \pm 0,6$. El G1 valoró con $4,8 \pm 0,5$ las preguntas: «Utilidad para el aprendizaje de habilidades básicas» y «Apropiado para la evaluación de ejercicios». La gama de ejercicios fue valorada con una puntuación media de $4 \pm 0,7$ y la preferencia por este simulador frente a uno de realidad virtual, con $4,6 \pm 0,6$.

Validez de contenidos

El G2 valoró al simulador Simulap® con una puntuación media de $4,9 \pm 0,6$. Todos los cirujanos expertos otorgaron un 5 (*mucho/muy bueno*) a las cuestiones: «Utilidad para la formación de estudiantes de medicina», «Utilidad para la formación de residentes», «Utilidad de la gama de ejercicios para el aprendizaje de habilidades básicas» y «Efectivo para la mejora de habilidades en el quirófano». La menor puntuación fue concedida a la pregunta «¿Consideras necesaria la realización de este programa de entrenamiento antes de practicar laparoscopia en el quirófano?», valorándola tres de ellos con 5 (*muy bueno/mucho*) y dos de ellos con 4 (*bueno/bastante*).

Tabla 3 – Evaluación del ejercicio de coordinación mano-mano

Ejercicio	Errores	Nº	Tiempo penalización
Coordinación mano-mano	Penalización acumulada por error: +1 segundo		
	Tocar con el instrumental zonas no marcadas		
	Tocar el objeto con el instrumental contrario asignado		
	Mala orientación de la punta del instrumental		
	Presión inadecuada con el consiguiente deslizamiento de la pieza		
	Caída del un objeto cuando se transfiere en el aire de un instrumental a otro		
	Caída de un objeto al cogerlo en la segunda pinza		
	Coger el objeto con la mano contraria a la señalada en el ejercicio		
	No colocar el objeto en el lugar indicado		
Tiempo total de penalización			
Tiempo total de realización ejercicios			
PUNTUACIÓN = tiempo total de realización del ejercicio + tiempo total de penalización			

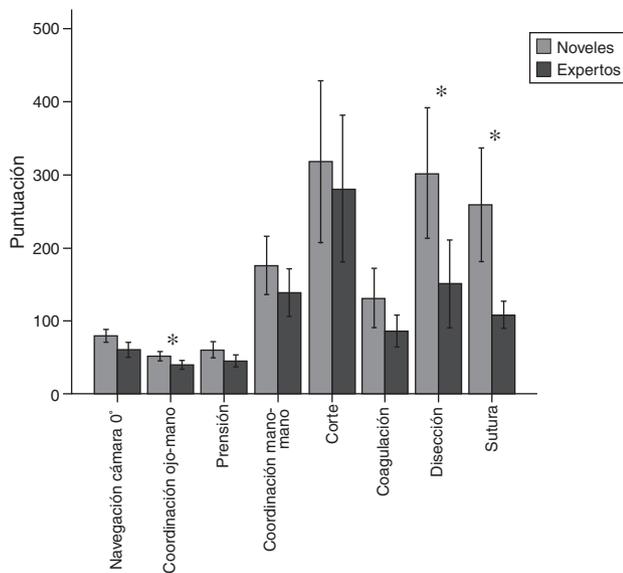


Figura 2 – Comparación de las puntuaciones obtenidas en los ejercicios de Simulap® entre el grupo de expertos y el grupo de noveles. *p < 0,05.

El resto de preguntas fueron puntuadas con $4,8 \pm 0,5$ de media: «Utilidad para la formación de cirujanos», «Gama de ejercicios», «Apropiado para la evaluación durante la formación», «¿Crees que mediante la práctica de estos ejercicios se puede contribuir a disminuir los errores en quirófano?» y «¿Qué opinión te merece este simulador en comparación con la simulación virtual?».

Validez constructiva

El G2 obtuvo puntuaciones inferiores, con respecto al G1, en los 8 ejercicios realizados, siendo estas estadísticamente significativas en los ejercicios de coordinación ojo-mano (G1: $52,2 \pm 6,7$ frente G2: $39,6 \pm 6,5$; $p = 0,027$), disección (G1: $301,8 \pm 100,2$ frente G2: $150,8 \pm 66,7$; $p = 0,028$) y sutura (G1: $258,4 \pm 87,0$ frente G2: $108,4 \pm 20,2$; $p = 0,009$). En los ejercicios de navegación con cámara 0°, prensión, corte y coagulación no se observaron diferencias estadísticamente significativas (fig. 2).

Discusión

En cirugía laparoscópica es evidente la necesidad de un programa formativo previo a su aplicación en la práctica clínica, de modo que los cirujanos aprendan las habilidades básicas necesarias y adquieran destreza quirúrgica en cirugía laparoscópica³. Este aprendizaje es fundamental para evitar o, cuando menos disminuir, la tasa de errores y accidentes intraoperatorios, así como para reducir el tiempo de formación en cirugía laparoscópica. En este marco los simuladores físicos juegan un papel muy importante en la optimización de la formación de los cirujanos laparoscopistas, proporcionando un medio económico para el aprendizaje y la evaluación de habilidades. Sin embargo, para determinar la utilidad de un simulador se deben analizar varios aspectos y comprobar el

grado de cumplimiento de los objetivos para los cuales fue diseñado, mediante diferentes estudios de validación (aparente, de contenidos, constructiva, predictiva, etc.)¹²⁻¹⁴.

La validación aparente se refiere al realismo del simulador para la práctica de cirugía laparoscópica¹²⁻¹⁴. En nuestro caso, las puntuaciones más bajas otorgadas por los cirujanos noveles han sido las referentes a la calidad de la imagen y del zoom. Debido a que nuestro propósito fue construir un simulador práctico y económico, la cámara no posee las mismas características que una cámara laparoscópica. Sin embargo, consideramos que este hecho no es significativo, cuando las puntuaciones obtenidas en la pregunta «Utilidad para el aprendizaje de habilidades básicas» han sido altas (4,8 sobre 5).

La validación de contenidos se refiere a la idoneidad del simulador para la enseñanza y debe ser realizada por personas con gran experiencia en ese ámbito¹²⁻¹⁴. En este estudio el grupo de expertos ha concedido puntuaciones altas (4,8 sobre 5 de media) al simulador, por lo que consideramos que se cumple el objetivo formativo del mismo siendo de gran utilidad para el desarrollo de las habilidades perseguidas en cirugía laparoscópica.

Tanto los cirujanos noveles como los expertos han mostrado en los cuestionarios una mayor preferencia por la simulación física que por la virtual. Esta valoración puede deberse a la dificultad de uso, al mayor coste y a las deficiencias en la sensación háptica que poseen los simuladores virtuales, la cual se traduce en la falta de una sensación real al manipular los objetos y tejidos¹⁵.

Aunque en la pregunta «¿Consideras necesaria la realización de este programa de entrenamiento antes de practicar laparoscopia en el quirófano?», han coincidido la menor puntuación por parte de los cirujanos expertos y la mayor puntuación por parte de los cirujanos noveles, no se ha considerado un hecho relevante, ya que la puntuación de los expertos sigue siendo alta (4,6 sobre 5).

Se han observado mejores resultados por parte de los expertos en todos los ejercicios realizados en Simulap®, en comparación a los noveles, por lo que el examen de habilidades quirúrgicas empleado, basado en el tiempo y los errores, es un sistema apto para diferenciar entre cirujanos noveles y cirujanos con amplia experiencia en cirugía laparoscópica. Este tipo de examen ha sido empleado para la evaluación de habilidades en cirugía laparoscópica en varios estudios y es el empleado en el programa *Fundamentals of Laparoscopic Surgery* (FLS) para evaluar a los cirujanos que deseen ejercer como cirujano laparoscopista en Estados Unidos^{10,11,16-19}.

La diferencia entre las puntuaciones medias de los cirujanos noveles y expertos se corresponde con el grado de dificultad de los ejercicios, obteniéndose menores diferencias en los ejercicios iniciales (navegación con cámara 0°, coordinación ojo-mano y prensión) y mayores en los ejercicios más avanzados (disección y sutura). Por tanto, las diferencias entre cirujanos noveles y cirujanos expertos son más evidentes cuando se realizan ejercicios que implican un mayor grado de destreza quirúrgica y un alto grado de aprendizaje²⁰, como es el caso de la sutura intracorpórea.

En los estudios de Paisley et al.²¹ y Avgerinos et al.¹⁹ se demuestra una mayor sensibilidad en la detección de diferentes grados de experiencia, por parte del modelo físico

que por un simulador virtual. En contraposición, han sido descritos varios estudios recientes que evidencian una similitud entre los resultados obtenidos en un simulador físico y un simulador virtual, en cuanto a validez constructiva^{17,18,22}. Sin embargo, en uno de ellos únicamente se considera el tiempo como medida de diferenciación entre distintos niveles de experiencia, lo cual no refleja la calidad de realización de los ejercicios²⁰. Así pues, consideramos que el tiempo no debe tenerse en cuenta como un parámetro aislado, sino en conjunto con otros que indiquen aspectos de la destreza con que se realizan los ejercicios o maniobras.

Una de las ventajas más significativas de los simuladores virtuales es que proporcionan una evaluación objetiva, midiendo distintos parámetros durante la ejecución del ejercicio y en tiempo real; no requiriendo la valoración posterior del ejercicio por parte de un cirujano experto²³. Sin embargo, aparte del elevado coste de adquisición y mantenimiento que suponen, se requeriría que una persona con experiencia analizase todas las medidas en conjunto y realizase un seguimiento de la actividad del alumno, para interpretar el progreso del aprendizaje y la mejora de las habilidades quirúrgicas del cirujano.

Finalmente, algo que queda aún por establecer son los requisitos o «marcas» que un cirujano debe lograr para considerar que está preparado para llevar a cabo procedimientos laparoscópicos con mínimos riesgos para el paciente. Es evidente que es una situación difícil de determinar, aunque al menos se podría establecer un nivel mínimo de destreza necesaria para cualquier cirujano antes de iniciar su aplicación clínica, de un modo similar al método establecido con el programa FLS para poder ejercer como cirujano laparoscopista en Estados Unidos^{24,25}.

Podemos concluir que el sistema de entrenamiento desarrollado para Simulap[®] mostró una gran aceptación para el aprendizaje de habilidades básicas en cirugía laparoscópica y su sistema de evaluación demostró poseer validez constructiva, por lo que proporciona un medio útil y económico para el entrenamiento y la evaluación de habilidades en esta disciplina.

En trabajos futuros plantearemos una validación más amplia del simulador físico Simulap[®], que incluya un mayor número de cirujanos, así como un estudio que determine si la evaluación de la destreza obtenida mediante un examen objetivo de los ejercicios se corresponde con la destreza quirúrgica en el paciente real. De este modo, se podrá establecer la validez predictiva mediante el empleo de simuladores; determinando así en qué momento el cirujano está preparado para asumir la práctica quirúrgica con riesgos mínimos para el paciente.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los participantes y al personal del Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón su colaboración en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yamaguchi S, Konishi K, Yasunaga T, Yoshida D, Kinjo N, Kobayashi K, et al. Construct validity for eye-hand coordination skill on a virtual reality laparoscopic surgical simulator. *Surg Endosc.* 2007;21:2253-7.
2. Imkamp F, Herrmann TR, Rassweiler J, Sulser T, Stolzenburg JU, Rabenalt R, et al. Laparoscopy in German urology: changing acceptance among urologists. *Eur Urol.* 2009;56:1074-80.
3. Usón J, Sánchez FM, Sánchez MA, Pérez FJ, Hashizume M. Principios Básicos. En: Usón J, Pascual S, Climent S, editores. Formación en Cirugía Laparoscópica Paso a Paso. Cáceres: Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón; 2010. p. 25-90.
4. Rodríguez JI, Turienzo E, Vigal G, Brea A. Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento. *Cir Esp.* 2006;79:342-8.
5. Kahol K, Vankipuram M, Smith ML. Cognitive simulators for medical education and training. *J Biomed Inform.* 2009;42:593-604.
6. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P, Hewett PJ, Maddern GJ. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg.* 2008;248:166-79.
7. Stelzer MK, Abdel MP, Sloan MP, Gould JC. Dry lab practice leads to improved laparoscopic performance in the operating room. *J Surg Res.* 2009;154:163-6.
8. Lamata P, Gómez EJ, Sánchez-Margallo FM, López O, Monserrat C, García V, et al. SINERGIA laparoscopic virtual reality simulator: didactic design and technical development. *Comput Methods Programs Biomed.* 2007;85:273-83.
9. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997;84:273-8.
10. Van Hove PD, Tuijthof GJ, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Dankelman J. Objective assessment of technical surgical skills. *Br J Surg.* 2010;97:972-87.
11. Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, Sigman HH, Barkun JS, Meakins JL. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg.* 1998;175:482-7.
12. Laguna MP, de Reijke TM, de la Rosette JJ. How far will simulators be involved into training? *Curr Urol Rep.* 2009;10:97-105.
13. McDougall EM. Validation of surgical simulators. *J Endourol.* 2007;21:244-7.
14. Dunkin B, Adrales GL, Apelgren K, Mellinger JD. Surgical simulation: a current review. *Surg Endosc.* 2007;21:357-66.
15. Ström P, Hedman L, Särnå L, Kjellin A, Wredmark T, Felländer-Tsai L. Early exposure to haptic feedback enhances performance in surgical simulator training: a prospective randomized crossover study in surgical residents. *Surg Endosc.* 2006;20:1383-8.
16. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* 2002;236:458-64.
17. Stefanidis D, Haluck R, Pham T, Dunne JB, Reinke T, Markley S, et al. Construct and face validity and task workload for laparoscopic camera navigation: virtual reality versus videotrainer systems at the SAGES Learning Center. *Surg Endosc.* 2007;21:1158-64.
18. Newmark J, Dandolu V, Milner R, Grewal H, Harbison S, Hernandez E. Correlating virtual reality and box trainer

- tasks in the assessment of laparoscopic surgical skills. *Am J Obstet Gynecol.* 2007;97:e1-4.
19. Avgerinos DV, Goodell KH, Waxberg S, Cao CG, Schwaitzberg SD. Comparison of the sensitivity of physical and virtual laparoscopic surgical training simulators to the user's level of experience. *Surg Endosc.* 2005;19:1211-5.
 20. Allen B, Nistor V, Dutson E, Carman G, Lewis C, Faloutsos P. Support vector machines improve the accuracy of evaluation for the performance of laparoscopic training tasks. *Surg Endosc.* 2010;24:170-8.
 21. Paisley AM, Baldwin PJ, Paterson-Brown S. Validity of surgical simulation for the assessment of operative skill. *Br J Surg.* 2001;88:1525-32.
 22. Lehmann KS, Ritz JP, Maass H, Cakmak HK, Kuehnappel UG, Germer CT, et al. A prospective randomized study to test the transfer of basic psychomotor skills from virtual reality to physical reality in a comparable training setting. *Ann Surg.* 2005;241:442-9.
 23. Sánchez-Peralta LF, Sánchez-Margallo FM, Moyano-Cuevas JL, Pagador JB, Enciso-Sanz S, Sánchez-González P, et al. Construct and face validity of SINERGIA laparoscopic virtual reality simulator. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2010;5:307-15.
 24. Tsuda S, Scott D, Doyle J, Jones DB. Surgical Skills Training and Simulation. *Curr Probl Surg.* 2009;46:271-370.
 25. Sachdeva AK, Pellegrini CA, Johnson KA. Support for simulation-based surgical education through American College of Surgeons-accredited education institutes. *World J Surg.* 2008;32:196-207.