

Entrenamiento en un biosimulador y su impacto sobre la destreza en colecistectomía laparoscópica

Francisco Flores-Gama, Eduardo Ramírez-Solís, Josué Lara-Ontiveros, Jacqueline Aragón-Inclán, Erika Carmona-Moreno, Beatriz Soto-Sánchez

Resumen

Objetivo: determinar el impacto educacional del entrenamiento en un biosimulador inanimado en términos de efectividad, tiempo y complicaciones, respecto a la colecistectomía laparoscópica.

Material y métodos: estudio comparativo, experimental de una cohorte, prospectivo y longitudinal. Tres médicos residentes de primer año de cirugía y un interno de pregrado, fueron entrenados y evaluados en habilidades laparoscópicas elementales mediante el empleo de un biosimulador (maniquí de fibra de vidrio en el que se introducen órganos de animales *ex vivo*). Los sujetos fueron su propio control: realizaron un procedimiento inicial en el que se determinó tiempo quirúrgico, complicaciones y efectividad. Posteriormente observaron un corto video que mostraba el desarrollo idóneo de la colecistectomía, y en el que se identificaban las desviaciones específicas del desempeño adecuado. Posteriormente cada sujeto realizó 10 procedimientos.

Resultados: no existieron diferencias en la evaluación inicial de habilidades elementales. Los individuos completaron todos los procedimientos propuestos. Las disecciones de las estructuras císticas y de la vesícula biliar fueron 61 % más rápidas al finalizar el estudio ($p < 0.001$); la tasa de complicación fue de 0.67 % ($p < 0.009$).

Conclusión: el entrenamiento de habilidades en cirugía endoscópica por medio de un biosimulador inanimado es mejor que el entrenamiento tradicional, ya que disminuye el tiempo quirúrgico y las complicaciones en la sala de operaciones.

Palabras clave: biosimulador, cirugía endoscópica, colecistectomía, entrenamiento de habilidades, tiempo quirúrgico.

Summary

Objective: We undertook this study to determinate the educational impact of training in an inanimate biosimulator in terms of effectivity, time and complications in performing laparoscopic cholecystectomy.

Methods: We used a comparative, experimental cohort, prospective and longitudinal. Three first-postgraduate-year residents and one pre-grade internship physician were trained and assessed in basic laparoscopic skills using a biosimulator (fiber-glass "dummy" where animal organs are introduced *ex-vivo*). The participants acted as their own control, performing a procedure to determine surgical time, complications and effectivity. Later they observed a short video demonstrating the suitable development of laparoscopic cholecystectomy. The video defined the specific deviations from the ideal cholecystectomy, which were considered as errors. Every procedure was videotaped, beginning with the careful dissection of cystic structures and clipping them, continuing with the dissection of the gallbladder from the liver with the standardized method. Each participant performed ten procedures.

Results: There were no differences in baseline assessment of basic skills. All participants completed all proposed procedures. Surgical time was 61% faster at the end of the study ($p < 0.001$), as well as demonstrating a lower rate of complications of 0.67% ($p < 0.009$).

Conclusions: Skills training in endoscopic surgery by means of an inanimate biosimulator is superior to traditional training because it decreases surgical time and surgical complications without ethical considerations and the effect of a learning curve in the operating room.

Key words: biosimulator, endoscopic surgery, cholecystectomy, abilities training, surgical time.

Departamento de Cirugía General, Hospital General "Dr. Manuel Gea González", Secretaría de Salud.

Solicitud de sobretiros:

Francisco Flores-Gama,
Calz. Tlalpan 4800, Col. Toriello Guerra, Deleg. Tlalpan,
14000 México, D. F.
Tel.: 5665 3511, extensión 237.
Tel./fax: 5606 6695.
E mail: khanscrew@hotmail.com

Recibido para publicación: 05-09-2005

Aceptado para publicación: 13-01-2006

Introducción

Desde sus orígenes, la adquisición de destrezas quirúrgicas se ha basado en la supervisión del alumno por un maestro experimentado, lo que se ha denominado "aprendizaje de habilidades". Por parte del alumno, este proceso requiere tiempo y atención en la sala de operaciones, tanto al procedimiento quirúrgico como al juicio y toma de decisiones del maestro, mientras éste necesita paciencia para resistir la tentación de completar él mismo la cirugía de manera prematura, todo ello mientras desafía la resistencia física del alumno. En este pro-

ceso, la capacidad de atención del cirujano en ciernes es excedida rápidamente por la oferta de estímulos educacionales. En un ambiente con situaciones reales e irrepetibles, el entrenamiento de habilidades quirúrgicas se ve afectado negativamente y no cumple con las necesidades de la sociedad.

El objetivo de cualquier programa actual de entrenamiento quirúrgico debería ser ayudar al cirujano inexperto a automatizar las habilidades psicomotoras básicas antes de operar a un paciente.¹⁻¹⁶

Desde el informe de Mouret en Francia en 1987, la colecistectomía laparoscópica se ha establecido como una opción factible a la colecistectomía abierta, lo que aunado al entusiasmo y al creciente mercado de la salud, ha llevado a un gran número de cirujanos a intentarla; sin embargo, han surgido dudas relacionadas con la seguridad y calidad de quienes efectúan el procedimiento, lo que ha alertado a la comunidad quirúrgica a reconsiderar la estrategia de entrenamiento en cirugía laparoscópica.¹⁷⁻¹⁹

Hasta ahora, los programas de entrenamiento coinciden en que el número de procedimientos realizados por un aprendiz es el mejor predictor de su desempeño quirúrgico, con lo cual se ha limitado el número de centros y cirujanos de referencia en el campo de la laparoscopia a aquellos que tengan en su bitácora un mínimo de procedimientos que en el seguimiento no hayan presentado complicaciones.

Debido a su increíble consistencia, la colecistectomía es el procedimiento más evaluado y tomado como base en el desarrollo de habilidades laparoscópicas. Estudios previos mencionan una tasa de 0.7 % de complicaciones, sin embargo, al considerar el número de éstas por cirujano se observa una curva de aprendizaje predecible que muestra una tasa de complicación de 0.48 % en los primeros 10 casos realizados por un aprendiz, que disminuye a 0.17 % después de 50 casos, cifra similar a la reportada para la colecistectomía abierta (0.1 % a 0.2 %). El tiempo quirúrgico es otro indicador para evaluar las habilidades en este procedimiento: desde menos de 45 minutos hasta más de dos horas, sin que exista un consenso en cuanto al estándar.

Algunas instituciones como el Departamento de Salud de Nueva York recomiendan que el cirujano debe participar en cinco a 10 casos como observador, y realizar 10 a 15 con supervisión; la *Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons* recomienda en sus guías que estos procedimientos los realicen cirujanos calificados en procedimientos abiertos, con conocimiento y habilidades en laparoscopia.²⁰⁻²⁴

La mayor preocupación por el desempeño médico, por reducir la exposición del paciente al entrenamiento, así como por los requerimientos profesionales de uniformidad, aunada al limitado número de años en entrenamiento —que disminuye el contacto del cirujano joven con pacientes y procedimientos quirúrgicos—, son las principales fuerzas de inclinación hacia el entrenamiento en simuladores.^{25,26}

Los programas de entrenamiento de habilidades basados en la simulación tienen como objetivo el desarrollo de un “novato pre-entrenado”. Diversos estudios han mostrado que los individuos entrenados con simuladores tienen una mejora medible en el quirófano en relación con la eficiencia, velocidad y número de errores cuando son comparados con los entrenados de forma tradicional (modelo centrado en pacientes). Aunque estos sistemas debieran ser incluidos para su uso en los programas de residencia quirúrgica, los currículos actuales no permiten la incorporación sistemática y eficiente de los simuladores.^{27,28}

Entre los simuladores se encuentran los muñecos plásticos, que ayudan a la adquisición de habilidades básicas; los que emplean animales anestesiados, que permiten la sensación de tejido natural, pero con limitaciones éticas, higiénicas y económicas; y los modelos informáticos: un sencillo ordenador portátil conectado a una cámara y un simulador plástico, o un simulador de realidad virtual, cuya escasa disponibilidad y alto costo (*Lap Mentor de Simbionix* y *Laparoscopy AccuTouch System de Immersion Medical*, con costo superior a \$100 000 USD) dificultan que los centros académicos y asistenciales los incluyan como método de entrenamiento, a pesar de la evidencia científica para sustentar su uso.²⁹⁻³³

Los modelos de biosimulación consisten principalmente en simuladores que usan órganos de animales *ex vivo*. Inicialmente fue utilizado el modelo de biosimulación de Neumann: un muñeco con forma anatómica que en el interior alojaba órganos viscerales porcinos, que eran utilizados para técnicas quirúrgicas convencionales o laparoscópicas. Actualmente el modelo más avanzado para el desarrollo de procedimientos endoscópicos es *The Erlangen Active Simulator for Interventional Endoscopy*, cuyo costo por asistente al curso es aproximadamente de \$500 USD, disponible en algunos lugares de Europa.³⁰

¿Cómo evaluar el desempeño? Casi todos los simuladores se basan en el tiempo para la evaluación, sin bien éste no tiene correlación con la destreza adquirida. Dado que en diversos estudios es evidente que los cirujanos expertos tienen una trayectoria de los instrumentos más suave en comparación con los cirujanos menos expertos, se ha llegado a la conclusión que la mejor medida de evaluación es el error. El objetivo final de un entrenamiento es mejorar el desempeño, hacer el desempeño constante y reducir los errores.^{34,35}

¿Cuánto tiempo debe un aprendiz entrenar en un simulador o cuántas veces debe completar determinada labor? La respuesta depende del individuo, quien inicia con diferentes niveles de aptitud fundamental, habilidades y motivación.^{36,37}

Cuando la simulación es integrada a un currículo bien estructurado y es aplicada adecuadamente, tiene el potencial de ser una poderosa herramienta de entrenamiento y evaluación. La aplicación inapropiada de la simulación guiará al usuario a la creencia errónea de que la simulación no funciona.^{38,39}



Figura 1. Maniquí antropomorfo de fibra de vidrio, rígido, radiolúcido, impermeable y no conductor, que incluye tronco y abdomen.

El concepto del entrenamiento con simuladores estimula el valor potencial de la formación de expertos basada en principios educativos contemporáneos y el estado de arte de la tecnología.⁴⁰

Material y métodos

El tamaño de la muestra se determinó por medio del programa *Primer of Biostatistics* (versión 3.01, McGraw Hill) para t-test pareado, con una diferencia de 40, alfa de 1, poder de 0.99 y desviación de 10, siendo necesarios cuatro sujetos para realizar el estudio. Participaron exclusivamente médicos sin entrenamiento previo en habilidades laparoscópicas, con el fin de eliminar el sesgo de selección, para lo cual se incluyeron todos los residentes de primer año de Cirugía General adscritos al Hospital General “Dr. Manuel Gea González” en el Distrito Federal (cuatro mujeres y dos hombres), y los internos de pregrado adscritos a un hospital general rural de segundo nivel en el estado de Puebla (tres hombres).

Definición de variables

Independientes: uso de biosimulador, tipo de procedimiento, observación de video.

Dependientes: duración del procedimiento, efectividad, complicaciones (errores).

Pruebas estadísticas

Los datos fueron expresados de acuerdo con el tipo de variable: las tasas constituyeron la medida de resumen para las variables cualitativas-nominales; para las variables cuantitativas se utilizó el promedio. La comparación estadística fue realizada con t de Student para estudios de tipo pareado con distribución de dos colas, con significancia estadística tomada como un nivel de $p < 0.5$.

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con el *Reglamento de la Ley general de salud en materia de investigación para la salud*, título segundo, capítulo I, artículo 17, sección I; título segundo, capítulo V, artículos 57 y 58 (sección I, II, III); título séptimo, artículos 121 a 126.

Descripción del maniquí

Un grupo de médicos cirujanos del Hospital General “Dr. Manuel Gea González” utilizó un maniquí antropomorfo de fibra de vidrio, rígido, que incluía tronco y abdomen con cavidades anatómicas para alojar los órganos (esófago, estómago, duodeno y segmento hepatobiliar), compuerta para el cambio de tejidos, y acceso para cables de electrodos para el sistema de electrocoagulación convencional. El maniquí tiene las características de ser radiolúcido, impermeable y no conductor (figura 1).

Descripción del modelo

Con asesoría de médicos veterinarios de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, obtuvimos órganos inanimados del tracto digestivo de la especie porcina. Aislamos bloques de tejido hepatobiliar que incluyeron hígado y vía biliar con vesícula *in situ*. Los tejidos fueron mantenidos en refrigeración cuando su uso estaba programado a las 24 horas de ser obtenidos, o en congelación cuando fue a las 72 horas, siendo necesaria la descongelación a temperatura ambiente 30 minutos antes del procedimiento, sin que se modificara la consistencia del tejido.

Descripción del equipo de cirugía endoscópica

Comprende un sistema de imagen integrado por una videocámara marca Sony con capacidad de enfoque de 48x, un proyector con entrada para imagen por video, un cable de audiovideo, una pantalla blanca para proyección y una fuente de luz fría (figura 2).

Se emplearon pinzas de disección endoscópica, pinzas de tracción endoscópica, tijera endoscópica y engrapadora endoscópica con grapas.

Procedimiento quirúrgico

Todos los participantes desarrollaron colecistectomía laparoscópica con uno de los cirujanos-investigadores. Con el fin de homogeneizar el nivel inicial de destreza y eliminar el efecto de confusión, todos los participantes llevaron a cabo un entrenamiento validado en habilidades laparoscópicas elementales y basado en la sutura intracorpórea. Los participantes constituyeron su propio control, por lo que realizaron un procedimiento para determinar el tiempo quirúrgico, complicaciones y efectividad. Posteriormente observaron un corto video que mostraba el desarrollo idóneo de la colecistectomía mediante el uso de un instrumento electroquirúrgico monopolar en forma de gancho y tijera. Este video definió las desviaciones específicas del desempeño idóneo, que fueron consideradas errores; después de observar el video, se evaluó en todos los participantes la capacidad para reconocer los errores. La cirugía fue videograbada, iniciando con la división cuidadosa de las estructuras císticas y la ligadura de las mismas mediante grapas intracorpóreas, continuando con la disección del lecho vesicular mediante técnica estandarizada a dos manos. Cada participante efectuó 10 procedimientos.

Cuadro I. Errores intraoperatorios en colecistectomía laparoscópica

1. Falta de progreso: ausencia de progreso por más de un minuto durante la escisión de la vesícula.
2. Lesión vesicular: perforación de la vesícula con o sin salida de material biliar, con cualquier mano.
3. Lesión hepática: penetración de la cápsula o parénquima hepático, o desgarro de la cápsula hepática con o sin sangrado.
4. Plano de disección incorrecto: la disección se lleva a cabo fuera del plano reconocido entre la vesícula y el hígado.
5. Lesión de estructuras no deseadas: cualquier aplicación de alguno de los instrumentos en otro objetivo que no sea el de disección, con excepción del fondo de la vesícula al final de la disección.
6. Desgarro de estructuras: desgarro incontrolado de tejidos con el instrumento disector o retractor.
7. Retiro del procedimiento: cuando el supervisor quita alguno de los instrumentos, ya sea disector o retractor, de las manos del residente y desarrolla el procedimiento después de dos errores del mismo tipo definidos previamente (2, 3, 4, 5, 6, 7) o bien por falta de progreso (1).
8. Instrumento fuera de campo de visión: cuando los instrumentos de disección se encuentran fuera del campo de visión del telescopio y las puntas no son visibles, pudiendo estar en contacto con algún otro tejido. No se define como error cuando lo anterior se debe a movimiento súbito del telescopio.



Figura 2. Modelo biológico inanimado para entrenamiento en cirugía endoscópica.

Medición del tiempo

El inicio del procedimiento se definió como el momento del primer contacto de un instrumento con el tejido, y el término cuando el último segmento de la vesícula fue separado de su lecho en el hígado.

Proceso de evaluación

Cada procedimiento videograbado fue revisado por dos investigadores expertos en procedimientos laparoscópicos, quienes desconocían la identidad del equipo quirúrgico. Para la evaluación se consideraron los ocho tipos de error intraoperatorio presentados a los participantes (cuadro I). El minuto se definió como unidad de tiempo para el error.

Resultados

Del 2 junio al 31 de julio de 2005 se incluyeron en el protocolo seis médicos residentes de primer grado y tres alumnos internos de pregrado, ambos grupos sin entrenamiento previo en cirugía laparoscópica; todos alcanzaron satisfactoriamente el nivel de desempeño requerido en el entrenamiento inicial en una sesión. Fueron excluidos dos médicos internos quienes al sufrir un accidente automovilístico presentaron discapacidad que les impedía realizar los procedimientos. Se eliminaron tres residentes (dos hombres y una mujer) que no concluyeron todos los procedimientos debido a labores académicas y asistenciales que les impidieron asistir a las sesiones de entrenamiento. Únicamente cuatro médicos, tres residentes y un interno de pregrado concluyeron los 10 procedimientos previstos en el protocolo.

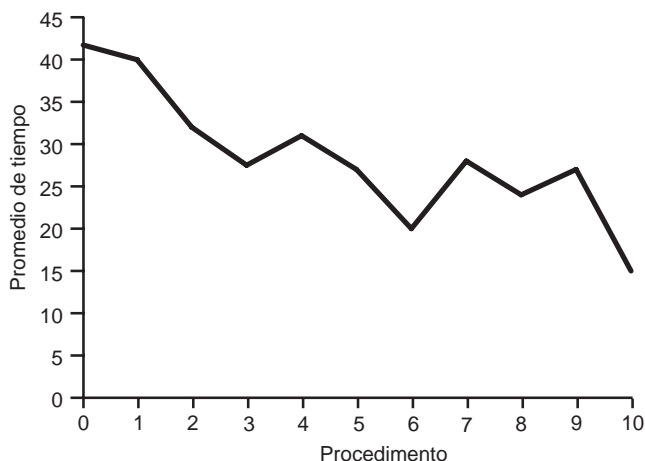


Figura 3. Curva del promedio de duración de cada procedimiento quirúrgico.

Los participantes que finalizaron el protocolo completaron la disección de la vesícula de su lecho en el hígado en todos los casos. La duración promedio de la disección en el procedimiento control fue de 40.75 minutos, mientras que en el décimo procedimiento fue de 16 minutos, 61 % menor al control; la diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.001$, t de Student) (figura 3). El error más frecuente fue la disección del lecho vesicular en un plano incorrecto (50 %), seguido por la lesión vesicular (18.3 %); únicamente en cuatro ocasiones se retiró del procedimiento a los médicos (6.6 %) (figura 4). Hubo disminución de 100 % de complicaciones para el décimo procedimiento en comparación con el control ($p < 0.009$, t de Student) (figura 5). El 70 % de los errores fue cometido durante los primeros cinco procedimientos. La tasa de complicación global fue de 0.67 %, mientras que la tasa de complicación en el décimo procedimiento fue de 0 %.

Discusión

Nuestro modelo biológico inanimado en médicos sin adiestramiento previo en cirugía laparoscópica cumple con los criterios de validez y confiabilidad para un nuevo modelo en enseñanza; su utilidad es demostrada por los resultados obtenidos en el entrenamiento de habilidades quirúrgicas.

Si bien la velocidad para realizar un procedimiento no puede ser considerada un parámetro único de evaluación de desempeño, estimulamos a los médicos participantes para que realizaran los procedimientos en el menor tiempo posible pero con el menor número de errores, para cumplir con los dos aspectos que evalúan las curvas de aprendizaje: el tiempo y las complicaciones. Al finalizar el protocolo, los médicos entrenados realizaron satisfactoriamente todos los procedimientos, en forma significativamente más rápida que durante la

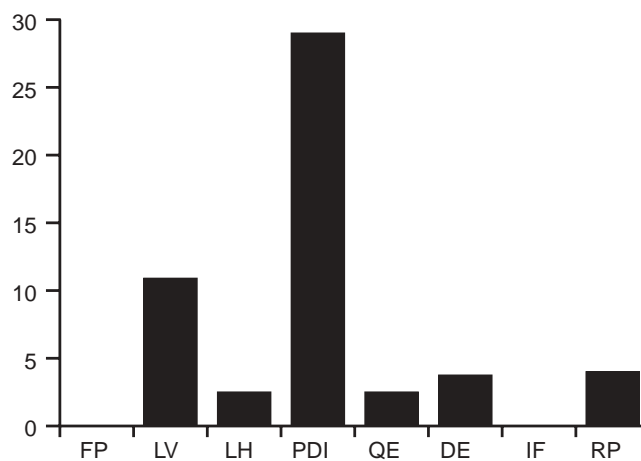


Figura 4. Número total de errores de acuerdo con cada tipo de error. FP = falta de progreso, LV = lesión vesicular, LH = lesión hepática, PDI = plano de disección incorrecto, QE = quemadura de estructuras, DE = desgarramiento de estructuras, IF = instrumento fuera del campo de visión, RP = retiro del procedimiento.

medición control y presentaron menor cantidad de errores. Los 16 minutos de duración del décimo procedimiento es equiparable a los resultados obtenidos en estudios de entrenamiento en realidad virtual, y la tasa de complicación de 0.67 % es similar a 0.7 % reportado para una colecistectomía laparoscópica.

El modelo propuesto tiene diversas ventajas sobre el más revolucionario sistema de realidad virtual: no requiere interfaz háptica, es de bajo costo, se obtienen resultados similares a otros simuladores y aun al entrenamiento *in vivo*, además, es reproducible tanto en un laboratorio de cirugía experimental como en un aula de clases, con lo que se multiplican las posibilidades de transmisión de experiencia. La desventaja princi-

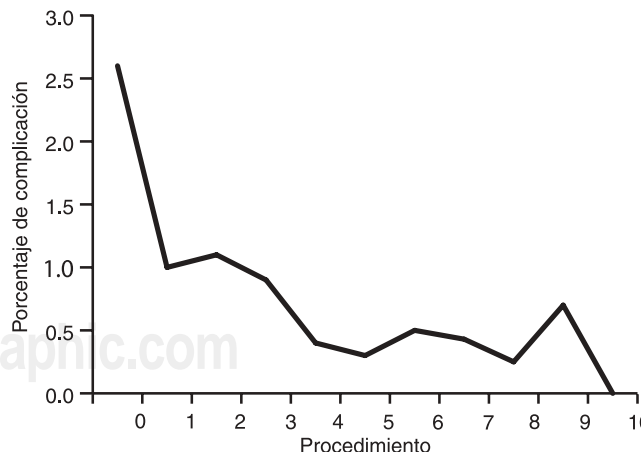


Figura 5. Curva del porcentaje de complicación de cada procedimiento quirúrgico.

pal es la necesidad de un maestro que enseñe y evalúe el procedimiento, aunque pudiese ser una ventaja sobre la evaluación y dirección de un equipo de realidad virtual.

Al finalizar este estudio sobrepasamos al menos la fase inicial de la curva de aprendizaje para la colecistectomía laparoscópica en pacientes vivos, que se caracteriza por gran cantidad de complicaciones y costo para las instituciones y los pacientes. Por lo anterior, la introducción de simuladores con las características del nuestro en los programas de entrenamiento de habilidades laparoscópicas, es factible y redituable para las instituciones de salud con cursos de especialización en cirugía general y laparoscópica, tomando en consideración que el nivel de experto sólo será obtenido con la repetición y la extrapolación a procedimientos *in vivo*.

El siguiente paso será el entrenamiento de procedimientos más complejos, la evaluación en la toma de decisiones en casos difíciles, el entrenamiento de procedimientos mixtos como la endoscopia diagnóstica y terapéutica transoperatoria, y el desarrollo de nuevas técnicas menos invasivas para el tratamiento de enfermedades.

Agradecimientos

A la doctora María del Pilar Mata y al técnico Luis Domínguez.

Referencias

- 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;241:364-372.
- Aggarwal R, Moorthy K. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg* 2004;91:1549-1558.
- Francis N, Hanna G, Cuschieri A. The performance of master surgeons on the Advanced Dundee Endoscopic Psychomotor Tester: contrast validity study. *Arch Surg* 2002;137:841-844.
- Gallagher AG, Satava RM. Virtual reality as a metric for the assessment of laparoscopic psychomotor skills. Learning curves and reliability measures. *Surg Endosc* 2002;16:1746-1752.
- Smith CD, Farrell TM, McNatt SS. Assessing laparoscopic manipulative skills. *Am J Surg* 2001;181:547-550.
- Van Rij A, McDonald JR, Pettigrew RA. Cusum as an aid to early assessment of the surgical trainee. *Br J Surg* 1995;82:1500-1503.
- Rosser J, Rosser L, Savalgi R. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Arch Surg* 1997;132:200-204.
- Krummel T. Surgical simulation and virtual reality: the coming revolution. *Ann Surg* 1998;228:635-637.
- Grunwald T, Krummel T. Advanced technologies in plastic surgery: how new innovations can improve our training and practice. *Plastic Reconstruct Surg* 2004;114:1556-1567.
- 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.
- Fried G, Feldman L, Vassiliou M. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2004;240:518-528.
- 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.
- Kohls-Gatzoulis J, Regehr G, Hutchison C. Teaching cognitive skills improves learning in surgical skills courses: a blinded, prospective, randomized study. *Can J Surg* 2004;47:277-283.
- Wong K, Stewart F. Competency-based training of basic surgical trainees using human cadavers. *ANZ J Surg* 2004;74:639-642.
- 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. *J Urol* 2004;172:378-381.
- Special Section: Surgical Residency Redesign. Residency training in surgery in the 21st century: a new paradigm. *Surgery* 2004;136.
- Mackay S, Datta V, Chang A. Multiple Objective Measures of Skill (MOMS): a new approach to the assessment of technical ability in surgical trainees. *Ann Surg* 2003;238:291-300.
- Pandey V, Moorthy K, Munz Y. Procedural rating scales increase objectivity in surgical assessment. *Br J Surg* 2003;90:14-15.
- Neal S, Gallagher A, Sanziana R. Virtual reality training improves operating room performance. *Ann Surg* 2002;236:458-464.
- Moore M, Bennett C. The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 1995;170:55-59.
- <http://www.asge.org>
- Hinojosa A, Salinas E, Piza R. Entrenamiento tutelar intensivo en colecistectomía laparoscópica en pacientes. *Cir Gen* 2000;22:334-336.
- Veja G, Preciado C, Becerril R. Colecistectomía laparoscópica con tres puertos. Una modificación al abordaje. *Asoc Mex Cir Endosc* 2003;4:134-140.
- Nachón F, Díaz J, Martín G. Colecistectomía laparoscópica. Experiencia de cinco años en el Centro de Especialidades de Veracruz. *Cir Ciruj* 2001;69:22-25.
- Jowell P, Baillie J, Branch S. Quantitative assessment of procedural competence: a prospective study of training in endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Am J Surg* 1996;125:983-989.
- Hanna G, Frank T, Cuschieri A. Objective assessment of endoscopic knot quality. *Am J Surg* 1997;174:410-413.
- Darzi A, Smith S, Taffinder N. Assessing operative skill. *BMJ* 1999;318:887-888.
- Ragunath K, Thomas L, Cheung W. Objective evaluation of ERCP procedures: a simple grading scale for evaluating technical difficulty. *Postgrad Med J* 2003;79:467-470.
- <http://www.simulab.com/LaparoscopicSurgery.html>
- <http://www.eetc.it/>
- <http://www.olympus.co.jp/>
- <http://www.simbionix.com/index.html>
- <http://www.immersion.com/medical/>
- Dent T. Training, credentialing, and granting of clinical privileges for laparoscopic general surgery. *Am J Surg* 1991;161:399-403.
- Issenberg B, McGaghie W, Hart I. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 1999;282:861-866.
- Grober E, Hamstra S, Wanzel K. The educational impact of bench model fidelity on acquisition of technical skill. *Ann Surg* 2004;240:374-381.
- Figert P, Park A, Witzke D. Transfer of training in acquiring laparoscopic skill. *J Am Coll Surg* 2001;193:533-537.
- Wington R. Measuring procedural skills. *Ann Intern Med* 1996;125:1003-1004.
- Cass O, Freeman M, Peine C. Objective evaluation of endoscopy skills during training. *Ann Intern Med* 1993;118:40-44.
- Baillie J, Ravich W. On endoscopic training and procedural competence. *Ann Intern Med* 1993;118:73-74.