

Cirugía y Cirujanos

Volumen 73
Volume

Número 2
Number

Marzo-Abril 2005
March-April

Artículo:

Método de medición del desarrollo de habilidades psicomotoras en la enseñanza de la cirugía endoscópica, con el uso de simulador y piezas biológicas

Derechos reservados, Copyright © 2005:
Academia Mexicana de Cirugía

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Medigraphic.com

Método de medición del desarrollo de habilidades psicomotoras en la enseñanza de la cirugía endoscópica, con el uso de simulador y piezas biológicas

Dr. Stefano Sereno-Trabaldo,* Dr. José María Fregoso-Ambriz,**

Dr. Ramón Gaxiola-Robles,*** Dr. Javier Zermeño-Hernández,*

Dr. José Antonio García-Íñiguez&, Acad. Dr. Alejandro González-Ojeda&

Resumen

Introducción: el aprendizaje de la cirugía endoscópica en simulador forma parte de los programas de adiestramiento quirúrgico modernos. En este trabajo se investiga un método de evaluación objetiva del desarrollo de habilidades psicomotrices durante un curso, con el uso de simuladores y piezas biológicas.

Material y métodos: en un período de dos meses, 15 alumnos de un taller de cirugía endoscópica fueron evaluados mediante un tablero (simulador), examinando cuatro tareas específicas: movilización de objetos, patrón de corte, sutura y nudos intracorpóreos. Se realizaron ocho prácticas en piezas biológicas, antes y después de los ejercicios en el simulador. Se midió el tiempo y la precisión con la que se hicieron cuatro tareas.

Resultados: los alumnos mejoraron significativamente el tiempo de movilización de objetos ($p=0.02$), la precisión en patrón de corte ($p<0.01$) y sutura ($p=0.02$), y el tiempo y precisión para realizar nudos intracorpóreos ($p<0.01$).

Conclusiones: este método permite evaluar de manera objetiva el grado de desarrollo de destrezas quirúrgicas en simulador. Por su fácil aplicación y bajo costo es reproducible en otras instituciones.

Palabras clave: tablero simulador, educación médica, cirugía endoscópica, habilidades psicomotoras.

Summary

Introduction: Learning laparoscopic surgery skills using a simulator board is one of the new acquired teaching methods. This work seeks an evaluation method to assess, by objective means, the development of psychometric skills during a simulated workshop with biological pieces.

Material and methods: During a 2-month period, 15 students from an endoscopic surgery seminar were evaluated using a simulator board with the objective to assess four specific skills: object mobilization, cutting pattern, sutures and intracorporeal knots. Eight practice procedures with biological pieces were performed in the simulator. Time and precision were measured in the four assignments.

Results: Students improved significantly in object mobilization ($p = 0.02$), precision in cutting pattern ($p < 0.01$) and suture ($p = 0.02$), and time and precision to realize intracorporeal knots ($p < 0.01$).

Conclusions: This method allows the objective evaluation of the degree of development of surgical skills using a simulator board. It is inexpensive and easy to perform, which makes it useful for other institutions.

Key words: simulator board, medical education, endoscopic surgery, psychometric skills.

* Departamento de Cirugía General, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS.

** Profesor titular del Curso-Taller de Cirugía Endoscópica, Servicio de Cirugía General, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS.

*** Residente de Epidemiología, Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS.

& Sección Cirugía de la Unidad de Investigación Médica en Epidemiología Clínica, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS.

Solicitud de sobretiros:

Acad. Dr. Alejandro González-Ojeda,
José Enrique Rodo 2558, Col. Prados Providencia,
44670 Guadalajara, Jalisco.

Tel.: (01 33) 3641 8873.

E-mail: avygail@infosel.net.mx

Recibido para publicación: 16-08-2004

Aceptado para publicación: 13-10-2004

Introducción

En la cirugía moderna, los abordajes mediante laparoscopia son cada vez más frecuentes y se han convertido en los métodos de elección para varios procedimientos del quehacer del cirujano. Para los pioneros y actualmente para los novatos de la cirugía endoscópica su aprendizaje ha implicado el desarrollo de habilidades psicomotoras especiales, llevar la tercera dimensión a la bidimensionalidad de un monitor y la modificación de la percepción táctil directa de los tejidos a la que se hace mediante el instrumental laparoscópico.¹

En los últimos diez años se han desarrollado modelos y simuladores que tienen la finalidad de llevar a cabo el aprendizaje de las habilidades laparoscópicas en un ambiente seguro y que se pueda medir de manera objetiva.^{2,3}

Desde el año 2000 se realiza en el Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente del Instituto Mexicano del Seguro Social en Guadalajara, México, un curso-taller con duración de seis meses dirigido a residentes y especialistas quirúrgicos. En el primer módulo que dura dos meses, mediante un simulador y utilizando piezas biológicas, los alumnos realizan ocho prácticas: sutura y nudos intracorpóreos, colecistectomía, disección de testículo de toro, canulación de cístico, apendicectomía, anastomosis intestinales, funduplicatura y, finalmente, salpingoplastia, embarazo ectópico y endometriosis. Hasta el cuarto curso-taller, la evaluación de los alumnos se hacía de manera subjetiva por los instructores, quienes en base a la simple observación del desempeño en el simulador, emitían un juicio para determinar si los participantes estaban o no capacitados para realizar las tareas básicas necesarias para la cirugía laparoscópica. El problema identificado fue el de no tener un instrumento que permitiera evaluar de manera objetiva el desempeño de los alumnos.

Es en este contexto en que nace el interés por diseñar un método sencillo y económico, que adaptado a nuestro medio permita medir objetivamente el comportamiento de los alumnos antes y después de una intervención educativa en simulador. Se diseñó un instrumento llamado *tablero evaluador*, y el objetivo de este trabajo es evaluar si es capaz de medir el desarrollo de habilidades psicomotrices en la enseñanza de cirugía endoscópica durante un curso-taller con el uso de simulador y practicando en piezas biológicas.

Material y métodos

El estudio se realizó durante el Quinto Curso-Taller de Cirugía Endoscópica organizado en el Servicio de Cirugía General del Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS, de junio a noviembre del 2003.

Dieciocho alumnos participaron en el curso-taller pero tres fueron excluidos porque no pudieron realizar la evaluación final junto con el resto del grupo. Los 15 participantes se caracterizaron por ser dos residentes de cirugía general, uno de ginecología, tres de urología; así como siete cirujanos generales y dos urólogos. Todos se consideraron inexpertos por tener menos de 10 procedimientos laparoscópicos realizados previos al estudio.

Para la realización del trabajo se utilizó un simulador que es una caja de madera de $60 \times 30 \times 20$ cm en cuya tapa hay una ventana de 20×20 cm de caucho por donde se introducen los trócares. En su interior tiene un socket con un foco (Tecno Lite™ HEL/9W/65 de 127V) que se prende mediante un interruptor manual por fuera de la caja y que se conecta con un cable a la corriente eléctrica. Por una de sus caras menores el simulador tiene una extensión de madera de 15×5 cm en donde se coloca una cámara de video (Handycam™ CCD-

TR818 video Hi8 con zoom digital de 460x Sony™). La cámara de video se conecta a una televisión a color (Samsung™ o Sony™ de 19 pulgadas).

Dentro del simulador se colocó un tablero evaluador diseñado para este estudio, que consiste en una tabla de madera de 14×14 cm y 1 cm de espesor, en la que se le clavan hacia una de sus caras, denominada cara A, seis clavos de 2 pulgadas, dos clavos de 2.5 pulgadas y dos clavos de 1.5 pulgadas. Por la otra cara, denominada cara B, se clavan cuatro clavos de 2.5 pulgadas. La distribución se hace de acuerdo con la figura 1. En los sitios de salida de los clavos en la cara A del tablero evaluador, se pintan de blanco círculos de aproximadamente 1 cm de radio y que van numerados en orden.

Un instructor aplicó una preevaluación el primer día del curso y una postevaluación (después de las prácticas en piezas biológicas), tras haber mostrado a cada uno de los alumnos cómo realizar cada una de las tareas de destreza laparoscópica en el simulador, que se describen a continuación:

- *Movilización de objetos*: se colocan empaques de hule negro de 1 cm de diámetro en cinco de los clavos de la cara A. El alumno debe transportar los empaques de acuerdo al patrón numérico, en orden y del 1 al 5. Utiliza en su mano derecha un grasper no móvil, y en la otra, una pinza con movimiento (figura 2A).
- *Patrón de corte*: en los clavos con los números 4 y 5 se inserta un segmento de tela tipo crepé blanca, de 14×10 cm, que tenga dibujada en el centro un círculo rojo de 2.5 cm de diámetro y 3 mm de grosor. Dicha tela se clava a tensión y con su eje mayor en sentido horizontal. Una vez colocada en el “evaluador”, se realiza un corte desde el borde inferior de la tela hasta el círculo rojo, sin incluirlo. El alumno debe cortar el círculo por la línea roja usando una tijera en su mano dominante, y una pinza de grasper en su otra mano (figura 2B).
- *Sutura*: por el lado B del evaluador se coloca la palma de un guante de hule desechable, de manera que del lado derecho la tensión dada al momento de clavarlo, le forme un pliegue al hule. Por fuera del pliegue se dibuja una línea de 5 cm de largo y 4 mm de ancho. A 1 cm de dicha línea, hacia el centro, se dibujan 4 puntos rojos de 0.5 cm de diámetro, paralelos a la línea y con 0.6 cm de distancia entre ellos. El alumno debe colocar dos puntos de sutura, cada uno entrando por la línea roja, y saliendo por alguno de los puntos, sin repetirlos, y hasta que la aguja quede al menos a 3 cm por fuera del hule. Utiliza una pinza de grasper en cada mano. La sutura se elabora con una aguja hipodérmica de número 21 a la que se le corta el cono de plástico; por su interior se pasa una seda 3-0 que se fija oprimiendo la parte no punzante de la aguja con una pinza de electricista. Finalmente la aguja se curva ligeramente en 5 grados en los sitios de unión de sus tres tercios de longitud (figura 2C).

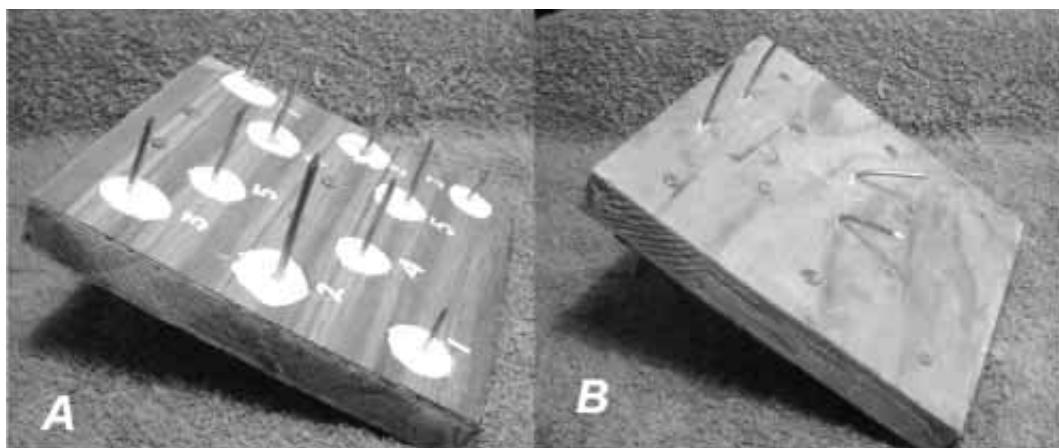


Figura 1. Tablero evaluador. A) Cara A para movilización y corte. B) Cara B para sutura y nudos.

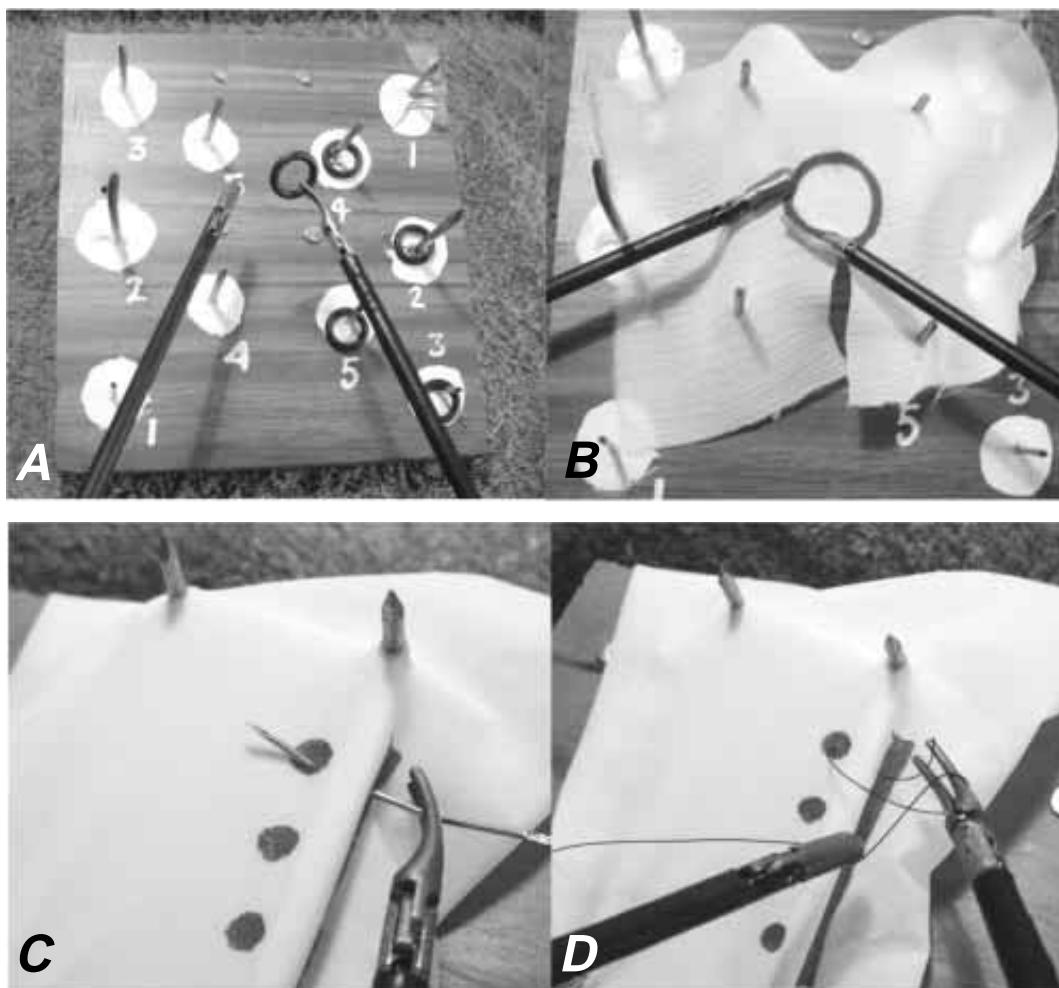


Figura 2. Tareas en simulador. A) Movilización de objetos. B) Patrón de corte. C) Sutura. D) Nudos intracorpóreos.

- *Nudos intracorpóreos*: al término de las suturas, el alumno retira una de ellas. La sutura que aún está en el hule del guante del “evaluador” se avanza hasta que el extremo de la sutura mida 2.5 cm. Con su mano izquierda sostiene una pinza tipo grasper con la punta de su curva dirigida hacia la esquina inferior derecha del tablero evaluador que toma el cabo izquierdo de la sutura. Con la mano derecha, utilizando otra pinza de grasper, debe realizar cuatro nudos intracorpóreos que queden cruzados (figura 2D).

Los tiempos siempre fueron tomados por la misma persona y con el mismo cronómetro (Casio mod. No. HS-3). El tiempo límite para la movilización de objetos fue de 130 segundos; para el patrón de corte y realización de sutura de 240 segundos, y para los nudos intracorpóreos de 300 segundos. Al momento en que algún alumno llegara a dicho tiempo límite, se interrumpía la práctica y se anotaban los resultados en precisión hasta ese momento.

La precisión se midió de la siguiente manera:

- *Movilización de objetos*: cada alumno recibía 10 puntos al iniciar la práctica; conforme avanzara la práctica, se disminuía un punto cada vez que no se pudiera retirar uno de los empaques de su clavo de origen, y se restó otro punto por cada empaque que no fuera colocado en su clavo de destino.
- *Patrón de corte*: cada alumno recibía diez puntos al inicio, y cada vez que el corte se realizara por fuera de la línea roja marcada, el instructor restaba un punto.
- *Sutura*: cada vez que la aguja pasara por la línea roja el alumno lograba 2.5 puntos, y cada vez que saliera la aguja por uno de los puntos rojos recibía otros 2.5 puntos. Esto se repetía una vez para permitir obtener un máximo de 10 puntos.
- *Nudos*: cada vez que el alumno cuadrara un nudo se le otorgaban 2.5 puntos a su calificación.

Tanto los tiempos como las precisiones para cada una de las cuatro tareas se registraron por los instructores del curso en formatos predeterminados y se cuidó que todas las condiciones fueran similares para cada alumno en la preevaluación y en la postevaluación.

Las prácticas realizadas en simulador durante ocho semanas entre la pre y la postevaluación fueron:

1. Nudos intracorpóreos.
2. Colecistectomía en una vesícula e hígado de cerdo.
3. Disección de testículo de toro.
4. Canulación de cístico y cierre del lecho hepático en vesícula e hígado de cerdo.
5. Apendicectomía con una trompa de cerdita.
6. Anastomosis intestinales con intestino delgado de res.
7. Funduplicatura con intestino delgado y un bistec de res.
8. Embarazo extrauterino y recanalización de trompas, con intestino delgado e hígado de res.

Los alumnos practicaron 1 hora en cada práctica.

Debido a las características de las variables cualitativas discretas y un tamaño muestral pequeño, se decidió utilizar estadística no paramétrica con comparación de promedios usando la U de Mann-Whitney y considerando valores estadísticamente significativos de $p=0.05$. En algunos casos se realizó la descripción individual ya que fue importante tanto el desempeño colectivo como el de cada alumno. La información se analizó por medio del paquete estadístico SPSS 10.1.

El protocolo fue aprobado por el Comité de Investigación del Hospital de Especialidades y todos los participantes otorgaron su consentimiento para participar en el estudio.

Resultados

Después de realizar durante dos meses ocho diferentes prácticas en piezas biológicas en el simulador, los alumnos pudieron realizar la movilización de objetos con una disminución porcentual de los tiempos promedios de 23%, estadísticamente significativo ($p=0.02$) pero sin mejoría en la precisión ($p=0.70$). El corte de un patrón predeterminado lo hicieron en casi el mismo tiempo ($p=0.56$) pero mejoraron considerablemente su precisión al hacerlo con 21.5% más exactitud ($p<0.01$).

La sutura la hicieron en 19.2% menos tiempo que al inicio ($p=0.15$); al final se hizo con 51% mejor precisión ($p=0.02$).

Los nudos intracorpóreos se hicieron más rápido y con más precisión al final, con mejoría de 57 y 68%, respectivamente, y con valores estadísticamente significativos ($p<0.01$) para ambas mediciones (cuadro I).

Al movilizar objetos un alumno tuvo una precisión de 10, tanto al inicio como al final del estudio, pero lo hizo 14% más despacio. Otro alumno tuvo una precisión inicial de 2 y final de 10, mientras que sus tiempos aumentaron 36%. Por otra parte un alumno mejoró sus tiempos para movilizar objetos en 30% pero disminuyó en precisión en 20%; otro participante mejoró sus tiempos en 9% pero disminuyó su precisión 40%.

Al realizar corte de un patrón, hubo cuatro alumnos que mejoraron o hicieron la tarea con la misma precisión, pero aumentaron sus tiempos de 28 a 84%. Sólo un participante disminuyó su precisión en 10% y empeoró su tiempo 70%.

Uno de los participantes mejoró 33% su precisión para suturar pero invirtió hasta 79% más de tiempo. Tres de los alumnos no fueron capaces de suturar al inicio pero lograron una precisión de 5, 7.5 y 10 al final. Uno más de los alumnos empeoró en su precisión 25% pero mejoró su tiempo en 16%.

En cuanto a nudos, casi todos los alumnos realizaron esta tarea en menor tiempo y con mayor precisión; uno sólo mejoró 45% el tiempo y disminuyó 15% la precisión.

Cuadro I. Mediciones promedio de tiempos y precisión antes y después de la intervención educativa en simulador y con piezas biológicas

Habilidad	Inicial	Final	Cambio en %	Valor de p*
Movilización				
Tiempo**	75.4	58	-23.07	0.02
Precisión***	9.33	9.53	2.14	0.7
Corte				
Tiempo	159.6	155	-2.88	0.56
Precisión	7.73	9.4	21.55	<0.01
Sutura				
Tiempo	210.53	170.07	-19.22	0.15
Precisión	5.17	7.83	51.61	0.02
Nudos				
Tiempo	214.33	90.67	-57.7	<0.01
Precisión	5.57	9.37	68.26	<0.01

* Significancia estadística calculada mediante U Mann-Whitney

** Tiempo en segundos

*** Precisión en puntos (máximo 10)

Discusión

La creación de instrumentos de evaluación objetiva para el desarrollo de habilidades laparoscópicas en simulador han sido motivo de numerosos trabajos durante los últimos 10 años: Derossis y colaboradores desarrollaron siete prácticas que permiten medir objetivamente las habilidades laparoscópicas y definieron predictores de desempeño.¹ Despues Fraser describió el *pass/fail score* para el sistema MISTELS y su simplificación a cinco tareas.⁴ Adrales y colaboradores crearon un modelo de simulador que permite valorar el desempeño de cuatro procedimientos laparoscópicos.³ Chung y colaboradores exploraron un método, concluyendo que podían medir cuantitativamente la mejoría en la realización de seis tareas en el entrenamiento laparoscópico.²

La gran variedad de modos de evaluación objetiva de las habilidades laparoscópicas y su desarrollo implica que cada centro hospitalario tiene diferentes ideas y no se ha llegado a consenso.

En este trabajo, después de la intervención educativa de realización de ocho prácticas en simuladores y utilizando piezas biológicas, el tablero evaluador permitió identificar de manera objetiva que los alumnos mejoraron de manera significativa en cinco de las ocho tareas asignadas: tiempo en movilización de objetos, precisión en patrón de corte y sutura, así como tiempo y precisión en elaboración de nudos intracorpóreos.

Confirmamos que la repetición de una tarea laparoscópica en simulador permite desarrollar destrezas quirúrgicas,⁵⁻⁷ sin embargo, a diferencia de otros estudios,⁸⁻¹¹ esta repetición se

realizó utilizando piezas biológicas con el enorme beneficio de tener un aprendizaje en tejidos naturales, con texturas similares a los tejidos a los que se expone un cirujano en un paciente real y sin los elevados costos y difícil acceso de la realidad virtual y animales vivos.

La precisión en movilización de objetos fue muy alta en la evaluación inicial y fue difícilmente superada al final del curso. Esta mejoría no pudo tener una significancia estadística porque no hay mucho rango hacia dónde mejorar.

El tiempo para patrón de corte y realización de sutura no fue mejorado significativamente por el grupo después de las prácticas con piezas biológicas. Sin embargo, sí disminuyó para el primero en 4 segundos y en 40 segundos para el último.

En cuanto a movilización de objetos, se observa que hay algunos alumnos que al mejorar su tiempo para realizar dicha tarea, disminuyen su precisión, o que mejoran su precisión pero lo hacen en más tiempo. Casi una tercera parte de los alumnos mejoró su precisión para realizar un patrón de corte pero aumentó considerablemente el tiempo en el que lo hizo. Uno sólo de ellos empeoró tanto en tiempo como en precisión. Al suturar, hubo cuatro alumnos que al inicio no fueron capaces de realizar la tarea al terminarse el límite de tiempo. Tres de ellos pudieron mejorar su precisión. Casi todos los alumnos mejoraron en tiempo y precisión para realizar nudos intracorpóreos.

Estas observaciones hacen ver que cada uno los residentes o cirujanos tienen habilidades quirúrgicas diferentes y hay quienes al aprender una nueva destreza llegan a hacerla muy bien pero invirtiendo más tiempo. Hay otros que tal vez bajo la presión de una prueba le dan más importancia al acabar

la tarea pronto. Esto explica en parte el porqué dentro del grupo evaluado hubo algunos elementos que no siguieron la tendencia de mejorar en los dos parámetros evaluados. Otro factor que hay que tomar en cuenta es que no todas las personas se desenvuelven de la misma manera bajo presión, es decir, que probablemente el desempeño de un cirujano en sala de operaciones sea diferente al que tendría en un simulador y contra reloj.

Cuando el investigador se aventura a medir objetivamente una habilidad se expone a la multitud de matices relacionados con el ser humano que intervienen en su quehacer. El tablero evaluador no es capaz de medir la influencia del estado de ánimo, el estado de salud, el grado de estrés, incluso la habilidad nata de un alumno en el momento de realizar una destreza. No obstante esta realidad, el tablero evaluador fue capaz de medir objetivamente el grado de cambio en tiempo y en precisión después de una intervención educativa.

Los retos de familiarizarse con el instrumental laparoscópico y aprender a ver a través de una imagen bidimensional en un monitor,¹ fueron también logrados mediante este método aunque no fueron objeto del estudio. Además, los alumnos realizaron todas sus prácticas en tejidos biológicos, lo cual hace que la simulación se acerque más a la percepción táctil real en una situación quirúrgica real.

Los materiales con que están construidos el simulador y el tablero evaluador, el uso de equipo electrónico y laparoscópico convencional, y la utilización de piezas biológicas de animal, lo convierten en un método de evaluación de bajo costo,^{3,12} y, por lo tanto, fácilmente reproducible en otros centros de entrenamiento.

No obstante, los aprendices de la cirugía endoscópica deben considerar que el aprendizaje en simuladores constituye una etapa temprana en el desarrollo de sus habilidades, sin duda, el complemento indispensable para éste será el ejercicio que otorga el manejo de pacientes, no sin antes asumir la responsabilidad de entrenarse en cursos básicos y avanzados para continuar el proceso educativo en el tratamiento de patologías de complejidad progresiva, siempre en los primeros casos en presencia de un experto que le indique los pasos elementales para concluir exitosamente un procedimiento quirúrgico, adquirir experiencia, reconocer sus resultados y divulgarlos para finalmente constituirse en un educador para futuros alumnos de tan innovadoras técnicas quirúrgicas.

Conclusiones

Con este trabajo se comprueba que el tablero evaluador es un instrumento que permite medir de manera objetiva el desarrollo

de destrezas quirúrgicas endoscópicas después de una intervención caracterizada por práctica en simulador y utilizando piezas biológicas.

La práctica en simulador y con piezas biológicas provee las condiciones adecuadas para que los participantes en cirugía endoscópica puedan desarrollar habilidades psicomotoras necesarias para realizar este tipo de actos quirúrgicos.

Con este método los aprendices de cirugía endoscópica muestran una mejoría estadísticamente significativa en el tiempo para movilización de objetos, en la precisión para realizar un patrón de corte y sutura, y en el tiempo y precisión para realizar nudos intracorpóreos.

Agradecimientos

A los instructores y coordinadores del V Curso-Taller de Cirugía Endoscópica.

Referencias

- 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;175:482-487.
- Chung JY, Sackier JM. A method of objectively evaluating improvements in laparoscopic skills. Surg Endosc 1998;12:1111-1116.
- Adrales GL, Chu UB, Witzke DB, Donnelly MB, Hoskins K, Mastrangelo MJ Jr, et al. Evaluating minimally invasive surgery training using low-cost mechanical simulations. Surg Endosc 2003; 17:580-585.
- Fraser SA, Klassen LS, Feldman LS, Ghitulescu D, Stanbridge D, Fried GM. Evaluating laparoscopic skills. Setting the pass/fail score for the MISTELS system. Surg Endosc 2003;17:964-967.
- Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH, Fried GM. The effect of practice on performance in a laparoscopic simulator. Surg Endosc 1998;12:1117-1120.
- Derossis A, Antoniuk M, Friend G. Evaluation of laparoscopic skills. A 2-year follow-up during residency training. Can J Surg 1999; 42: 293-296.
- Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, Frawley WH, Rege RV, Jones DB. Laparoscopic skills training. Am J Surg 2001;182:137-142.
- Grantcharov TP, Rosenberg J, Pahle E, Funch-Jensen P. Virtual reality computer simulation. An objective method for the evaluation of laparoscopic surgical skills. Surg Endosc 2001;15:242-244.
- Moorthy K, Munz Y, Sarker SK, Darzi A. Objective assessment of technical skills in surgery. BMJ 2003;327:1032-1037.
- Gallagher AG, Richie K, McClure N, McGuigan J. Objective psychomotor skills assessment of experienced, junior, and novice laparoscopists with virtual reality. World J Surg 2001;25:1478-1483.
- 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.
- Mughal M. A cheap laparoscopic surgery trainer. Ann R Coll Surg Engl 1992;74:256-257.