

# Evaluación de un simulador quirúrgico en función de su desempeño al ser utilizado por residentes con diferentes grados de experiencia

Eduardo Flores-Villalba,\* José Antonio Díaz-Elizondo,\* Adolfo Leyva-Alvizo,\* Everardo Fernández-Rangel,\* Oscar Villegas-Cabello,\*\* Zandor del Real-Romo\*\*\*

## Resumen

**Introducción:** históricamente, el quirófano ha sido el salón de clases para la formación de cirujanos y para la educación quirúrgica. Una alternativa la representan, hoy en día, los simuladores quirúrgicos. De la misma manera que un espejo mal construido no puede reflejar fidedignamente las imágenes (distorsión) un simulador mal construido, programado o calibrado, no será capaz de reflejar el grado de capacitación del operario en turno. Nuestro objetivo es evaluar, de manera indirecta, el simulador Surgical SIM®.

**Material y métodos:** 12 residentes de cirugía, que se dividieron en novatos, intermedios y expertos, realizaron 15 tareas con tres dimensiones de evaluación para cada una en el simulador Surgical SIM®. Se utilizó la r de Pearson para establecer correlaciones.

**Resultados:** los resultados, en general, de las tres dimensiones evaluadas tuvieron diferencias estadísticamente significativas para el tiempo ( $p = 0.001$ ), para la trayectoria ( $p = 0.01$ ) y para los errores ( $p = 0.001$ ).

**Conclusión:** se demostró, de manera indirecta, la eficiencia del simulador Surgical SIM®.

**Palabras clave:** simulador, laparoscopia virtual, evaluación, entrenamiento.

## Abstract

**Background:** Historically, the operating room has been the training setting for both surgeons and students. Nowadays, an alternative is represented by surgical simulators. In the same way a not-very-well-built mirror cannot reflect trustworthy images (distortion), a not well-built, calibrated or programmed simulator will be unable to reflect the training level of the operator. Our aim is to indirectly evaluate the Surgical SIM® simulator.

**Methods:** Twelve surgical residents were classified according to novices, intermediates and experts, and 15 tasks were applied with three dimensions of evaluation in each using the Surgical SIM® simulator. Pearson's correlation test was used to establish validity.

**Results.** In general, from the three dimensions evaluated, results showed a statistically significant difference for time ( $p = 0.001$ ), trajectory ( $p = 0.01$ ) and errors ( $p = 0.001$ ).

**Conclusions:** Effectiveness of Surgical SIM® was indirectly demonstrated.

**Key words:** Simulator, virtual laparoscopy, validation, training.

\* Centro de Habilidades de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, ITESM, Campus Monterrey.

\*\* Departamento de Cirugía General del Hospital San José del Tecnológico de Monterrey.

\*\*\* Residente de Cirugía General del Programa Multicéntrico de Especialidades Médicas del Tecnológico de Monterrey.

### Correspondencia:

Eduardo Flores Villalba  
Departamento de Ciencias Clínicas  
Dirección Médica Hospital San José, Tec de Monterrey  
Ave. Ignacio Morones Prieto No. 3000 pte. Col. Doctores  
64710 Monterrey, NL., México  
Tel.: (81) 83471010 Ext 6168  
Correo electrónico: eduardofloresv@gmail.com

Recibido para publicación: 06-06-2011

Aceptado para publicación: 20-09-2011

## Introducción

Históricamente, el quirófano ha sido el salón de clases para la formación de cirujanos y la educación quirúrgica se ha basado en el modelo de aprendizaje que introdujo Halsted en Estados Unidos.<sup>1</sup> El modelo cognitivo de aprendizaje en el que los residentes aprenden trabajando, al lado de cirujanos experimentados en un escenario de la vida real, es el principal método con el que se imparten las habilidades quirúrgicas. El modelo del aprendiz se ve limitado por la disponibilidad de mentores, por la capacidad de enseñanza de estos, por la variabilidad de los procedimientos efectuados y hasta por el número de pacientes disponibles para la formación.<sup>2,3</sup>

La laparoscopia, en particular, requiere de una difícil coordinación sensorial y mecánica, manejo ambidiestro, comprensión del efecto de palanca y percepción de la profundidad. Estas habilidades pueden ser difíciles de dominar y, a menudo, requieren de mucha práctica. Se ha demostrado que los cirujanos sin experiencia tienen tasas considerablemente más elevadas de complicaciones al realizar los procedimientos por vía laparoscópica y se ha descrito una clara curva de aprendizaje.<sup>4-6</sup>

Por otra parte, los programas de residencia siempre están en la búsqueda de herramientas para medir los conocimientos técnicos de sus alumnos y más aún desde la introducción del programa de reducción de horas de trabajo para los residentes. La simulación virtual puede cubrir la brecha existente entre el aula y la atención de los pacientes y garantizar que todos los alumnos estén expuestos a problemas clínicos básicos; además, permite a un residente experimentar una mayor variedad y un mayor número de procedimientos sin necesidad de esperar a que un paciente, con una enfermedad específica se presente.<sup>7-10</sup> Por otro lado, se estima que un procedimiento quirúrgico consiste en aproximadamente 75% de habilidad cognitiva y sólo 25% de habilidad quirúrgica; no obstante, se justifica plenamente el uso de nuevas herramientas para mejorar las habilidades de los cirujanos.<sup>11</sup>

En la educación quirúrgica los entrenadores mecánicos y los de realidad virtual se han utilizado para entrenar competencias psicomotoras específicas y evaluar el desempeño de los cirujanos. El logro de estos objetivos depende de tres principios esenciales: 1) validez, 2) confiabilidad, y 3) de viabilidad.<sup>12,13</sup> La validez se refiere a que tan bien está construido, programado o calibrado el entrenador. Esto puede ser verificado indirectamente por la exactitud con que refleje el grado de capacitación del operario en turno.<sup>14-18</sup>

El objetivo de este trabajo fue evaluar, de una manera indirecta, el simulador Surgical SIM® (METI, Sarasota, FL).

## Material y métodos

La evaluación se realizó en el Centro de Habilidades de la Escuela de Medicina del Tec de Monterrey en Monterrey, México. Se utilizó para ello el simulador virtual de cirugía laparoscópica Surgical SIM® (METI, Sarasota, FL).

Doce residentes, con diferentes grados de experiencia, fueron distribuidos de la siguiente manera: 4 residentes novatos (primer año), 4 residentes con experiencia intermedia (segundo año) y 4 residentes de experiencia avanzada (tercero y cuarto años). Se consideraron novatos los residentes con menos de 30 vesículas operadas, de nivel intermedio aquellos que habían operado entre 30 y 50 y expertos los

que tenían más de 50 vesículas operadas durante su entrenamiento.<sup>12,18</sup>

A cada residente se le solicitó realizar un ejercicio único de cada una de 15 tareas del simulador (cuadro I) y se registraron el tiempo, la trayectoria y la cantidad y tipo de errores cometidos durante la realización, mismos que se almacenaron en la memoria interna del simulador para su análisis posterior. Las primeras cuatro tareas correspondieron a ejercicios para la orientación y manejo de la cámara, las siguientes ocho tuvieron como objetivo instruir en el manejo de tejidos y los últimas tres correspondieron a la realización de nudos intracorpóreos.

Se establecieron las correlaciones entre el grado de experiencia de los residentes y las tareas realizadas mediante un análisis de Pearson utilizando el paquete estadístico SPSS (Chicago IL, versión 16.). La evaluación del simulador se determinó con base en su capacidad para reflejar diferencias significativas entre los grados de capacitación de los grupos de residentes. Una  $p < 0.05$  fue considerada como estadísticamente significativa.

**Cuadro I.** Tareas realizadas utilizando del simulador virtual Surgical SIM®

Tarea
<i>Ejercicios con cámara</i>
Lente 0 grados
Lente 30 grados
Identificar y tomar blanco con lente de 0°
Identificar y tomar blanco con lente de 30°
<i>Manipulación de tejido</i>
Separar objeto
Separar y disecar tejido con cauterio
Manipulación de objeto tubular
Manipulación de objeto flecha
Aplicar clips en el conducto cístico
Disección de la vesícula del lecho hepático
<i>Sutura</i>
Nudo cuadrado
Nudo en apariencia real
Sutura continua
Sutura interrumpida
Sutura interrumpida en apariencia real

## Resultados

Tres parámetros fueron evaluados: el tiempo total en el que se realizó cada ejercicio (cuadro II), la distancia recorrida por el instrumento hasta completar una cierta tarea (cuadro III) y los errores cometidos durante el procedimiento (cuadro IV).

El promedio de tiempo empleado en todas las tareas fue de 376 minutos para los novatos, de 250 minutos para los de experiencia intermedia y de 175 minutos para los expertos ( $p < 0.001$ ) con una correlación de -0.842. El promedio total para las trayectorias fue de 677 cm para los novatos, de 608 cm para los de experiencia intermedia y de 364 para los expertos, con una correlación de -0.697 ( $p < 0.01$ ). Los errores evaluados por el simulador fueron 32 para los novatos, 18 para los residentes de experiencia intermedia y sólo 10 para los considerados expertos ( $p < 0.001$ ).

Cinco de los 13 ejercicios medidos tuvieron una correlación significativa para el tiempo de realización; sin embargo, los ocho restantes, a pesar de no alcanzar una  $p < 0.05$  mostraron en todo momento una tendencia en favor de los residentes con mayor grado.

En cuanto a la trayectoria se encontró, para todos los resultados, una correlación negativa; esto es: a mayor “expertise” menor trayectoria recorrida. Asimismo, dos de los ejercicios realizados mostraron correlaciones estadísticamente significativas; sin embargo, aunque los ejercicios 2, 6, 7, 8, 12 y 13 mostraron una correlación fuerte ésta no fue estadísticamente significativa.

El total de errores mostró una correlación negativa entre el grado de experiencia y la cantidad de errores, mostrando un mayor efecto para las tareas 7, 11, 13, 14 y 15, éstas últimas referidas a procedimientos de gran dificultad técnica. Además, en cuanto a la variable “errores” todos los resultados tuvieron una correlación negativa, lo que apoya la hipótesis inicial.

## Discusión

Este estudio es el primero en México en evaluar, por medio de tareas realizadas con diferentes grados de aptitud quirúrgica, un simulador quirúrgico. En general, todos los resultados demostraron una clara distinción entre los dife-

**Cuadro II.** Rangos, promedios y correlaciones de tiempo (segundos) por tarea, grado de experiencia y totales

Tarea	Rango (promedio)			r	p
	Novatos	Intermedios	Expertos		
Lente 0 grados	60-90 (75)	52-82 (67.5)	43-68 (53.5)	-0.574	0.05
Lente 30 grados	325-876 (618)	194-739 (341)	100-336 (259)	-0.528	0.07
Identificar y tomar blanco lente de 0°	49-87 (72)	26-172 (80)	45-52 (47)	-0.276	0.38
Identificar y tomar blanco lente de 30°	298-615 (409)	63-756 (408)	218-346 (282)	-0.332	0.29
Separar objeto	61-144 (96)	57-69 (63)	43-55 (51)	-0.685	<b>0.01</b>
Separar y disecar tejido con cauterio	111-197 (149)	104-137 (120)	94-119 (109)	-0.555	0.06
Manipulación de objeto tubular	59-188 (143)	51-97 (79)	60-102 (77)	-0.585	<b>0.04</b>
Manipulación de objeto flecha	128-254 (178)	107-295 (167)	86-159 (113)	-0.465	0.12
Aplicar clips en el conducto cístico	39-65 (54)	40-56 (48)	36-60 (49)	-0.249	0.43
Disecación de la vesícula	156-246 (202)	176-239 (201)	150-312 (207)	-0.065	0.84
Nudo cuadrado	134-245 (197)	71-327 (173)	36-97 (72)	-0.626	<b>0.03</b>
Nudo en apariencia real	89-276 (173)	63-118 (99)	57-170 (94)	-0.454	0.13
Sutura continua	629->1200 (960)	170->1200 (639)	197-524 (273)	-0.697	<b>0.01</b>
Sutura interrumpida	876-1167 (1006)	393-974 (745)	252-757 (472)	-0.82	<b>0.001</b>
Sutura interrumpida en apariencia real	973->1800 (1380)	233-762 (522)	198-719 (467)	-0.755	<b>0.005</b>
Total	39->1800 (376)	26->1200 (250)	36-757 (175)	-0.842	<b>0.001</b>

r = correlación de Pearson.  $p < 0.05$  = estadísticamente significativa.

**Cuadro III.** Rangos, promedios y correlaciones de la trayectoria (cm) por tarea, grado de experiencia y totales

Tarea	Rango (promedio)			r	p
	Novatos	Intermedios	Expertos		
Lente 0 grados	125-915 (335)	133-190 (153)	49-151 (120)	-0.369	0.23
Lente 30 grados	816-2074 (1391)	472-2319 (1034)	168-858 (454)	-0.503	0.11
Identificar y tomar blanco lente de 0°	201-292 (240)	144-585 (309)	172-214 (191)	-0.191	0.55
Identificar y tomar blanco lente de 30°	605-1014 (737)	245-1663 (1001)	456-585 (550)	-0.246	0.44
Separar objeto	170-274 (233)	148-240 (195)	109-121 (165)	-0.597	<b>0.04</b>
Separar y disecar tejido con cauterio	240-372 (315)	224-381 (288)	215-288 (245)	-0.527	0.07
Manipulación de objeto tubular	159-453 (348)	141-284 (216)	162-290 (215)	-0.554	0.06
Manipulación de objeto flecha	378-715 (577)	339-933 (537)	278-529 (383)	-0.48	0.11
Aplicar <i>clips</i> en el conducto cístico	83-122 (104)	65-125 (97)	67-135 (99)	-0.216	0.5
Disección de la vesícula	218-458 (324)	211-628 (359)	185-433 (269)	-0.242	0.44
Nudo cuadrado	470-780 (677)	321-1098 (602)	149-305 (222)	-0.673	<b>0.01</b>
Nudo en apariencia real	298-825 (507)	228-527 (349)	188-479 (294)	-0.467	0.12
Sutura continua	462-1222 (879)	129-462 (237)	302-538 (376)	-0.568	0.08
Sutura interrumpida	916-2473 (1616)	1398-3269 (2442)	521-936 (707)	-0.446	0.14
Sutura interrumpida en apariencia real	1187-2863 (1871)	566-1728 (1299)	524-2683 (1171)	-0.41	0.21
Total	125-2863 (677)	65-3269 (608)	49-2683 (364)	-0.697	<b>0.01</b>

r = correlación de Pearson.  $p < 0.05$  = estadísticamente significativa.

**Cuadro IV.** Rangos, promedios y correlaciones de errores por tarea, grado de experiencia y totales

Tarea	Rango (promedio)			r	p
	Novatos	Intermedios	Expertos		
Lente 0 grados	1-2 (1.25)	1-2 (1.5)	0-2 (0.5)	-0.47	0.123
Lente 30 grados	25-82 (25.5)	12-32 (38.5)	3-29 (18.75)	-0.493	0.1
Identificar y tomar blanco lente de 0°	0-7 (4)	1-14 (5.25)	1-2 (1)	-0.298	0.356
Identificar y tomar blanco lente de 30°	36-61 (44.5)	5-151 (60)	14-39 (28.75)	-0.232	0.468
Separar objeto	2-6 (3)	0-2 (0.75)	0-1 (0.5)	-0.636	0.06
Separar y disecar tejido con cauterio	8-24 (16.25)	5-14 (7.75)	4-17 (9.25)	-0.482	0.11
Manipulación de objeto tubular	3-14 (7.75)	0-4 (2.25)	0-6 (1.75)	-0.599	<b>0.04</b>
Manipulación de objeto flecha	5-15 (10.75)	0-18 (7)	2-6 (3.5)	-0.516	0.08
Aplicar <i>clips</i> en el conducto cístico	1-4 (2)	0-2 (0.75)	0-3 (1.25)	-0.304	0.33
Disección de la vesícula	15-21 (17.5)	7-36 (17.5)	10-13 (12)	-0.297	0.348
Nudo cuadrado	1-10 (4.75)	1-7 (3)	0-1 (0.5)	-0.58	<b>0.048</b>
Nudo en apariencia real	0-5 (1.75)	0-3 (1.5)	0-1 (0.25)	-0.412	0.183
Sutura continua	104-13 (124.7)	13-112 (56.66)	7-39 (18.75)	-0.822	<b>0.007</b>
Sutura interrumpida	109-166 (127)	10-43 (32.5)	5-61 (27)	-0.8	<b>0.002</b>
Sutura interrumpida en apariencia real	52-78 (64.33)	14-55 (37.5)	19-41 (29.75)	-0.733	<b>0.01</b>
Total	0-166 (32.15)	0-112 (18.161)	0-61 (10.233)	-0.842	<b>0.001</b>

r = correlación de Pearson.  $p < 0.05$  = estadísticamente significativa.

rentes grados de capacitación de los residentes a los que fue expuesto el simulador. Y aunque no en todos los rubros las diferencias fueron estadísticamente significativas el resultado general, en cada una de las evaluaciones del simulador (tiempo, trayectoria y errores), demostró la eficiencia operativa del simulador.

La cantidad de errores y la medición del tiempo fueron los resultados que más correlaciones significativas arrojaron, 7 y 5 respectivamente, por lo que probablemente representen los mejores indicadores de desempeño. Sin embargo, a partir de este estudio no se puede hacer una conclusión definitiva consideramos necesaria una validación concurrente y predictiva para demostrar las correctas construcción y operación del simulador.

Curiosamente, no existió correlación entre el tiempo y la habilidad necesaria para una disección virtual de la vesicular biliar. Esto es notable debido a que justamente esa cirugía sirvió como parámetro para la división de los residentes en grupos con mayor o menor experiencia. La explicación de este resultado rebasa los propósitos del presente estudio y es por ello que se deben de realizar otro tipo de evaluaciones para mostrar si es un efecto propio del simulador. Tampoco está perfectamente definido cómo el rendimiento de una tarea realizada en el simulador virtual se relaciona con la ejecución del mismo procedimiento quirúrgico en la vida real;<sup>18</sup> sin embargo, mientras más estudios se realicen y mayor sea la validez aparente de los simuladores estas preguntas quedarán resueltas.

Los vertiginosos avances de la Medicina obligan a los cirujanos a mantenerse actualizados y a tener una mejor preparación y conocimiento de la tecnología; además de estar preparados para realizar todos los procedimientos que la especialidad requiere y actualizarse en el manejo de los nuevos instrumentos y técnicas. Por otro lado, sabemos que en la formación de los cirujanos existe un déficit de conocimientos y de adquisición de habilidades de diferente tipo. Se ha afirmado que entre 5 y 10% de los cirujanos nunca adquiere un nivel suficiente de habilidades para llevar a cabo la cirugía de mínima invasión.<sup>19</sup> Es por ello que la evaluación de los instrumentos didácticos es tan importante como la creación de nuevo conocimiento; la colaboración de todos es indispensable para la consecución de estos fines.

## Conclusión

Se puede concluir que el simulador Surgical SIM<sup>®</sup>, en general, refleja fidedignamente los diferentes grados de aptitud de los cirujanos al realizar diversos procedimientos en función del tiempo empleado, las trayectorias recorridas y el número de errores registrados. Esto permite presuponer

una correcta fabricación, programación y calibración del instrumento didáctico.

## Referencias

1. Halsted WS. The Training of the Surgeon. Bull Johns Hopkins Hosp 1904;15:267-275.
2. Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, Hogman C, McClusky DA, et al. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. Am J Surg 2007;193(6):797-804.
3. Sultana CJ. The objective structured assessment of technical skills and the ACGME competencies. Obstet Gynecol Clin. North Am 2006;33(2):259-265.
4. Moore MJ, Bennett CL. The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. The Southern Surgeons Club. Am J Surg 1995;170(1):55-59.
5. Deziel DJ, Millikan KW, Economou SG, Doolas A, Ko ST, Airan MC. Complications of laparoscopic cholecystectomy: a national survey of 4,292 hospitals and an analysis of 77,604 cases. Am J Surg 1993;165(1):9-14.
6. Joice P, Hanna GB, Cuschieri A. Errors enacted during endoscopic surgery-a human reliability analysis. Appl Ergon 1998;29(6):409-414.
7. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. Qual Saf Health Care 2004;13(Suppl 1):2-10.
8. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, et al. Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine. Acad Emerg Med 2008;15(11):1117-1129.
9. Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, Fudala MJ, Barsuk JH, McGaghie WC. Simulation-Based Education Improves Quality of Care During Cardiac Arrest Team Responses at an Academic Teaching Hospital. A Case-Control Study. Chest 2008;133(1):56-61.
10. Haluck RS, Marshall RL, Krummel TM, Melkonian MG. Are surgery training programs ready for virtual reality? a survey of program directors in general surgery. J Am Coll Surg 2001;193(6):660-665.
11. Satava RM, Gallagher AG, Pellegrini CA. Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy, and metrics. J Am Coll Surg 2003;196(6):933-937.
12. McDougall EM, Corica FA, Boker JR, Sala LG, Stoliar G, Borin JF, et al. Construct validity testing of a laparoscopic surgical simulator. J Am Coll Surg 2006;202(5):779-787.
13. Reznick RK. Teaching and testing technical skills. Am J Surg 1993;165(3):358-361.
14. Taffinder N, Sutton C, Fishwick RJ, McManus IC, Darzi A. Validation of virtual reality to teach and assess psychomotor skills in laparoscopic surgery: results from randomised controlled studies using the MIST VR laparoscopic simulator. Stud. Health Technol. Inform 1998;50:124-130.
15. Smith CD, Farrell TM, McNatt SS, Metreveli RE. Assessing laparoscopic manipulative skills. Am J Surg 2001;181(6):547-550.
16. Grantcharov TP, Bardram L, Jensen PM, Rosenberg J. Virtual reality-computer simulation as a tool for training and evaluating skills in laparoscopic surgery. Ugeskr Laeger 2001;163:3651-3653.
17. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J. Assessment of technical surgical skills. Eur J Surg 2002;168(3):139-144.
18. Gallagher AG, Smith CD, Bowers SP, Seymour NE, Pearson A, McNatt S, et al. Psychomotor skills assessment in practicing surgeons experienced in performing advanced laparoscopic procedures. J Am Coll Surg 2003;197(3):479-488.
19. Cuschieri A. Whither minimal access surgery: tribulations and expectations. Am J Surg 1995;169(1):9-19.