

Simuladores virtuales laparoscópicos para el entrenamiento de cirujanos: una realidad

- Dr. Eduardo Flores Villalba¹
- Dr. José A. Díaz Elizondo²
- Dr. Adolfo Leyva Alvizo³
- Dr. Óscar Villegas Cabello⁴
- Dr. Everardo Fernández Rangel⁵
- Zanndor del Real Romo⁶

Resumen

• Palabras clave

Simulador, virtual, laparoscopia, entrenamiento.

• Introducción

La atención quirúrgica es uno de los sistemas médicos más complejos y los errores cometidos en esta área son causa de importantes repercusiones económicas. La laparoscopia requiere un mayor entrenamiento y una curva de aprendizaje más larga que la requerida para la cirugía abierta. Alternativas para la solución de estos problemas son los simuladores quirúrgicos de realidad virtual.

• Antecedentes

La educación quirúrgica se ha basado en el modelo del aprendiz, introducido en los Estados Unidos por Halsted. Desde 1989, con el apoyo del gobierno de Estados Unidos y de la fuerza militar se produjeron los primeros simuladores virtuales para el entrenamiento de soldados; esta tecnología ha sido aplicada posteriormente para el desarrollo de nuevos avances en el entrenamiento de cirujanos.

• Realidad

Los simuladores de realidad virtual están basados en computadoras y consisten en un marco que sostiene dos instrumentos estándar de laparoscopia y un pedal digital conectados electrónicamente a una computadora personal. En México, la experiencia con simula-

dores virtuales para el entrenamiento de los residentes de cirugía es prácticamente nula y dista mucho de contar con el avance de los países de primer mundo.

• Futuro

Existe evidencia limitada, pero creciente, que la mejora del rendimiento en el entrenamiento mediante simulación virtual se traduce en un mejoramiento de la atención global del paciente.

• Conclusiones

Aparentemente, la formación y evaluación en los simuladores se aplica al conocimiento, la atención al paciente y el aprendizaje basado en la práctica.

Introducción

La atención quirúrgica es uno de los procesos más complejos en la Medicina y su creciente dificultad implica un aumento en la posibilidad de error. Se ha demostrado que la atención quirúrgica es responsable de alrededor de la mitad de los eventos adversos cuando se revisan los errores hospitalarios.^{1,2} Se ha descrito una curva de aprendizaje en cirugía laparoscópica, durante la cual el riesgo de complicaciones aumenta claramente.^{3,4,5} El quirófano ha sido el salón de clases para el entrenamiento quirúrgico a lo largo de la historia; sin embargo, la cirugía laparoscópica posee dificultades específicas, tales como la pérdida de visión tridimensional, la pérdida de retroalimentación táctil y el movimiento de los instrumentos contrario al intuitivo.⁶ La cirugía de mínima invasión es más exigente, requiere mayor concentración que la cirugía convencional y los tiempos quirúrgicos pueden ser más largos, lo que provoca un aumento de la fatiga y el estrés producto de la interfaz remota requerida con el abordaje laparoscópico.⁷

1,3,5 Profesor adjunto de la especialidad de Cirugía General, Programa Multicéntrico de Especialidades del Tecnológico de Monterrey-SSNL.

2 Director de Pregrado del Área de Ciencias Clínicas de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.

Profesor adjunto de la especialidad de Cirugía General, Programa Multicéntrico de Especialidades del Tecnológico de Monterrey-SSNL.

4 Coordinador académico de la especialidad de Cirugía General de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.

6 Estudiante de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.

Antecedentes

La educación quirúrgica se ha basado en el modelo del aprendiz, introducido en los Estados Unidos por Halsted,⁸ “aprender haciendo” no provee, ordinariamente, la adquisición de habilidades en una forma organizada. Este tipo de enseñanza se basa en la oportunidad al azar que tienen los residentes dependiendo del flujo de pacientes que se ven a través del consultorio, sala de emergencias y sala de operaciones. Esto se traduce en una variabilidad significativa de los contenidos educativos proporcionados a los alumnos y ha impedido cualquier plan de estudios organizado.⁹ El modelo del aprendiz es limitado por la disponibilidad de mentores y su capacidad de enseñanza, la diversidad de los procedimientos, la disponibilidad de pacientes para la formación y los importantes aspectos de cómo mantener la seguridad del paciente y la calidad de la atención, mientras se cumplen las necesidades del alumno.⁴

Se ha estimado que un procedimiento quirúrgico requiere de aproximadamente el 75% de habilidad cognitiva y el 25% habilidad técnica.³ La laparoscopia, en particular, requiere una compleja coordinación mano-ojos, habilidades ambidiestras, la comprensión del efecto de palanca y la percepción de profundidad.⁴ Estas habilidades pueden ser difíciles de dominar y requieren una práctica constante y prolongada. El paradigma de “ver uno, hacer uno, enseñar a uno” no se puede aplicar con seguridad a los conocimientos avanzados técnicamente. Se ha demostrado que los cirujanos sin experiencia tienen tasas significativamente más altas de complicaciones postoperatorias al realizar procedimientos laparoscópicos.¹⁰ El cirujano ha de superar o automatizar el movimiento contrario a la intuición de los instrumentos debido al efecto de palanca que se ejerce en la pared abdominal cuando se manejan los instrumentos, esto significa que cuando un cirujano mueve la mano hacia la derecha, el trabajo real del instrumento a la vista en el monitor se mueve a la izquierda y viceversa.¹¹ El cirujano debe reconstruir una imagen mental de tres dimensiones de los órganos internos a partir de una imagen de dos dimensiones proporcionada por la cámara y el monitor.¹² El cirujano tiene que hacer frente a la reducción de grados de libertad del instrumento quirúrgico en comparación con la cirugía abierta.¹³ Asimismo, el efecto de palanca produce un conflicto fundamental visual-propioceptivo que sólo puede ser superado con la práctica extensa.¹⁴

Historia

La simulación es una técnica utilizada en la educación del cuidado de la salud para sustituir o ampliar las experiencias de pacientes reales con escenarios artificiales diseñados para simular verdaderos encuentros clínicos. Estas sesiones de aprendizaje experimental están diseñadas para evocar o reproducir los aspectos sustanciales del mundo real de una manera totalmente interactiva.¹⁵ En 1989, el Departamento de Defensa de Estados Unidos introdujo SIMNET, una red de computadoras que permite el entrenamiento de combate en un entorno virtual; SIMNET fue utilizado para preparar las tropas para la guerra del Golfo, tecnología que después fue aplicada a la producción de simuladores quirúrgicos.¹⁶ La simulación quirúrgica permite a un alumno el experimentar una mayor variedad y un mayor número de procedimientos sin necesidad de esperar a que un paciente con una enfermedad específica se presente para su cuidado.¹⁷ Dawson y Kaufman también señalan otro atractivo uso de la simulación: la capacidad de reproducir complicaciones. Apoyados por el éxito de la simulación de vuelo para la formación de pilotos, el entrenamiento en técnicas de realidad virtual quirúrgica está creciendo en interés y popularidad.

Realidad

Los simuladores de realidad virtual están basados en computadoras y consisten en un marco que sostiene dos instrumentos estándar de laparoscopia y un pedal digital conectados electrónicamente a una computadora personal. El programa construye un entorno virtual proyectado en el monitor que muestra la posición y el movimiento de los instrumentos laparoscópicos en tiempo real. A medida que el participante realiza una tarea, la computadora registra cada movimiento y el error para el análisis posterior.¹⁸ Los simuladores de realidad virtual son una herramienta de evaluación objetiva. Los datos de rendimiento pueden ser analizados por el equipo para evaluar la precisión y errores, el tiempo de realización, la eficacia de la utilización de la mano derecha o izquierda y la economía del movimiento y la diatermia.¹⁹ Los simuladores permiten que el cirujano progrese y disminuya la curva de aprendizaje de nuevas técnicas de forma segura antes de practicar en un paciente vivo. Existe una variedad de procedimientos quirúrgicos que puede ser practicada en un cadáver humano, modelos de animales vivos, simuladores mecánicos (cajas de entrenamiento) y equipos basados en simuladores de realidad virtual.

En México la experiencia con simuladores virtuales para el entrenamiento de los residentes de cirugía es prácticamente nula y dista mucho de contar con el avance de los países de primer mundo. Es por esto, que la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey ha tomado la iniciativa, en conjunto con algunas otras instituciones, para la formación de este conocimiento. Actualmente se cuenta con un simulador tipo SurgicalSIM® que tiene un marco con dos pinzas que simulan instrumentos laparoscópicos, un monitor y un pedal en el que se pueden realizar 15 tareas diferentes, con el fin de mejorar el uso de la cámara, la coordinación ojo-mano, las habilidades ambidiestras y hasta la disección laparoscópica de una vesicular biliar. Este instrumento carece de retroalimentación táctil; sin embargo, como se ha establecido por algunos autores como Meier y colaboradores, el 70% de la información percibida proviene de la visión únicamente. El simulador tiene la capacidad de documentar los errores realizados, la trayectoria de las pinzas, la eficacia de los movimientos con retroalimentación inmediata para el alumno y el tutor, lo que permite ver el desempeño del aprendiz y monitorear su aprendizaje. Se entrenaron 12 residentes de cirugía general durante el 2008 probando la validación constructiva del simulador y demostrando su utilidad al ser capaz de diferenciar entre los residentes con experiencia baja, intermedia y alta, obteniendo resultados estadísticamente significativos para el tiempo, errores y trayectorias con $p < 0.001$, $p < 0.001$ y $p < 0.01$, respectivamente.²⁰

Futuro

Los programas de entrenamiento están buscando herramientas para medir la capacidad técnica de sus residentes.²¹ Existe evidencia limitada, pero creciente, de que la mejora del rendimiento en el entrenamiento mediante simulación virtual se traduce en un mejoramiento de la atención global del paciente.²² La simulación puede ser el puente entre el aula y la atención clínica del paciente que garantice que todos los alumnos están expuestos a los principales problemas clínicos.²³ Los simuladores quirúrgicos pueden ayudar a los cirujanos novatos a dominar habilidades, tales como la manipulación de instrumentos laparoscópicos, compensación para el ángulo de la cámara y el efecto de palanca de los instrumentos, y el desempeño de las tareas ambidiestras.²⁴ Algunos estudios que utilizaron simuladores virtuales sugieren que la curva de aprendizaje se logra después de 10 repeticiones de un ejercicio, y este hallazgo puede

tener un impacto en la construcción de los programas de capacitación.²⁵ Los simuladores de realidad virtual permiten una enseñanza más independiente y objetiva con la obtención de información inmediata a través de una evaluación estandarizada, uniforme, confinable y objetiva.²⁶ El entrenamiento mediante realidad virtual mejora significativamente el desempeño del residente en la sala de operaciones.

Conclusiones

El uso de la simulación médica en programas educativos y de entrenamiento de posgrado está aumentando debido a las limitaciones horarias semanales del trabajo de los residentes, la insatisfacción del paciente en relación a “practicar con él”, un mayor énfasis en la seguridad del paciente y la importancia de la adquisición temprana de habilidades complejas antes de la práctica quirúrgica o procedimiento real.²⁷ Las preguntas clave incluyen si la práctica con el entrenador de la realidad virtual ayuda al alumno a adquirir conocimientos técnicos básicos y si esto mejora el rendimiento en la sala de operaciones.²⁸ Aparentemente, la formación y evaluación en los simuladores se aplica al conocimiento, la atención al paciente y el aprendizaje basado en práctica. El papel de la simulación en la evaluación objetiva de las habilidades cognitivas de un procedimiento quirúrgico se aplica principalmente a la identificación correcta de las estructuras anatómicas, realizar el procedimiento en la secuencia correcta de pasos, la comprensión de lo que es un error, entre otros.³ Es posible identificar a las personas con deficiencias en habilidades psicomotoras laparoscópicas básicas debido a las mediciones que se generan y guardan automáticamente, lo que provee una medición más comprensiva en comparación con las cajas de entrenamiento.¹²

La realidad virtual ha traspasado diferentes áreas, tales como el diagnóstico preoperatorio; la planificación pre, intra y postoperatoria; la telemedicina y la planificación de la infraestructura médica.⁹ Tampoco está claro cómo la destreza de un individuo en una tarea de realidad virtual se relaciona a la ejecución de un procedimiento quirúrgico completo en un mundo real.² En el futuro, un sistema de salud más seguro probablemente siga el ejemplo de la industria aeronáutica, las plantas nucleares de energía y la industria militar, con un riguroso entrenamiento basado en simulación como parte rutinaria de la educación y la práctica.²⁶

Referencias bibliográficas:

1. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldsson MS. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Washington, DC: Institute of Medicine; 1999.
2. Ptaff H. Surgical safety and overwork. *Br J Surg* 2004;91:1533-5.
3. Moore MJ, Bennet CL. The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. *AM J Surg* 1995;170:55-9.
4. Deziel DJ, Millikan KW, Economou SG, et al. Complications of laparoscopic cholecystectomy: a national study of 4,292 hospitals and analysis of 77,604 cases. *Am J Surg*;165:9-14.
5. Joice P, Hanna GB, Cuschieri A. Errors enacted during endoscopic surgery-a human reliability analysis. *Appl Ergon* 1998;29:409-14.
6. Gunnar A, Lars Enochson, et al. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surgery* 2007;193:797-804.
7. Cuschieri A. Wither minimal access surgery: Tribulations and expectations. *Am J Surg* 1995;169:9-19.
8. Halsted W. The training of the surgeon. *Bullet Johns Hopkins Hosp.* 1904;15:267-276.
9. Scott D, Bergen P, Rege R, et al. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J. Am Coll Surg* 2000;191:272-83.
10. Bann S, Kwok KF, Lo CY, et al. Objective assessment of technical skills of surgical trainees in Hong Kong. *Br J Surg* 2003;90:1294-9.
11. Satava RM. Robotic surgery: from past to future-a personal journey. *Surg Clin N Am* 2003;83:1491-1500.
12. Cuschieri A. Visual displays and visual perception in Minimal Access Surgery. *Sem Lap Surg* 1995;2:209-214.
13. Reinhardt-Rutland AH, Gallagher AG. Visual depth perception in minimally invasive surgery. In:Robertson SA, ed. *Contemporary ergonomics*. London: Taylor & Francis; 1996:531-536.
14. Gallagher AG, McClure N, McGuiganJ, et al. An ergonomic analysis of the 'Fulcrum effect' in endoscopic skill acquisition. *Endoscopy* 1998;30:617-620.
15. Gaba DM. The future vision of simulation in healthcare. *Qual Saf Health Care.* 2004; 13(suppl 1):i2-i10.
16. Moshell M. Virtual environments in US military. *Computer* 1993;81.
17. Dawson S, Kaufan J. The imperative for medical simulation. *Proc Inst Electric Electronic Eng* 1998;86:479-83.
18. Kothari S, Kaplan B, DeMaria E, et al. Training in laparoscopic suturing skills using a new computer-based virtual reality simulator (MIST-VR) provides results comparable to those with an established pelvic trainer system. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2002;12:167-73.
19. McCloy R, Stone R. Science, medicine and the future: virtual reality in surgery. *BMJ* 2001;323:912-15.
20. Flores, EA. Validación constructiva de un simulador virtual y desempeño de residentes de cirugía. Director Antonio Díaz Elizondo. Escuela de Graduados del Tecnológico de Monterrey, División Ciencias de la Salud. Diciembre 2009.
21. Sultana CJ. The Objective Structured Assessment of Technical Skills and the ACGME Competencies. 2006;33:259-265.
22. 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; 133:56-61.
23. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, Nowicki T, Okuda Y, Palm K, Pozner CN, Vozenilek J,

- Wang E, Gordon JA. *Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine*. Society for Academic Emergency Medicine. 2008.
24. Madan Ak, Frantzides CT, Shervin N, Tebbit CL. Assessment of individual hand performance in box trainers compared to virtual reality trainers. *Ann Surg* 2003;69:1112-1114.
25. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J. Learning curves and impact of previous operative experience on performance on a virtual reality simulator to test laparoscopic surgical skills. *J Am Srg* 2003;185:146-149.
26. Chou B, Handa VL. Simulators and Virtual Reality in Surgical Education. *Obstet Gynecol Clin N Am* 2006; 33:283-296.
27. Binstadt E, Walls RM, White B, et al. A comprehensive medical simulation education curriculum for emergency medicine residents. *Ann Emerg Med.* 2007; 49:495-504.
28. Darzi A, Munz Y. The impact of minimal invasive surgical techniques. *Annu Rev Med* 2004;55:223-37.

Correspondencia:

Dr. Eduardo Flores Villalba

Email: eduardofloresv@gmail.com