

REALIDAD VIRTUAL PARA ENTRENAMIENTO EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

CERROLAZA M.*
MIQUILARENA R.**
RODRÍGUEZ O.***
URBINA B.***
PRADO A.****
NAVAS H.*****

La cirugía laparoscópica, o cirugía mínima invasiva (CMI) del abdomen ha mostrado un rápido crecimiento en los últimos años, debido a que el riesgo de complicaciones es reducido y la recuperación del paciente es más rápida, comparada con la cirugía tradicional. En este procedimiento, un laparoscopio es insertado a través de una incisión de (aproximadamente) 10 mm en la pared abdominal. Una cámara acoplada en un laparoscopio transmite la imagen a un monitor. Los cirujanos manejan la cámara y los instrumentos dentro de la cavidad abdominal, basados en la retroalimentación visual que ofrece la imagen desplegada por el monitor.

Existen algunos factores que reducen la percepción del cirujano durante la cirugía, por ejemplo: los instrumentos reducen la destreza, eliminan la sensación táctil y reducen la retroalimentación de fuerza⁽¹⁾. La falta de una imagen estereoscópica, la visión distorsionada y las limitaciones en cuanto a la resolución, contraste y color inherentes a la imagen reproducida por video incrementan la dificultad del procedimiento⁽¹⁾. Además, el cirujano debe desarrollar la capacidad de interpretar imágenes bidimensionales fuera del ambiente real tridimensional, correspondiente a la cavidad abdominal del paciente.

El entrenamiento laparoscópico es usualmente desarrollado en animales, cadáveres o pacientes reales. Sin embargo, los animales no tienen la misma anatomía de un ser humano, en los cadáveres las variables morfofisiológicas están completamente alteradas y el entrenamiento sobre pacientes reales implica un riesgo en la salud del mismo. Por lo tanto, una alternativa es la simulación. Ésta le permite al cirujano adquirir y reforzar las destrezas demandadas a través de la práctica, incrementado su experiencia y la salud del paciente. Los sistemas de simulación pueden ser clasificados

de acuerdo a su tecnología en: simuladores mecánicos⁽²⁾ y simuladores virtuales^(3, 4).

En este artículo presentamos LAPAROS, un sistema de realidad virtual para asistir a los cirujanos en la mejora de sus destrezas laparoscópicas. LAPAROS está formado por un componente de hardware y uno de software. Para el componente de hardware, presentamos nuestro propio simulador mecánico⁽²⁾. Para el componente de software, explotamos la tecnología actual en computación gráfica tridimensional y realidad virtual. Además, hemos incluido un componente educativo que proporciona al usuario un registro de sus sesiones de entrenamiento y una evaluación de sus destrezas.

El Sistema LAPAROS

LAPAROS es un sistema de realidad virtual para entrenamiento en cirugía laparoscópica. El componente de hardware está conformado principalmente por un simulador mecánico y un subsistema de rastreo. El simulador mecánico fue desarrollado en el Centro de Bioingeniería de la UCV. El subsistema de rastreo no está completado. Sin embargo, estamos usando el hardware comercial Isotrack II para obtener las rotaciones y desplazamientos de los instrumentos y enviarlas al computador. El componente de software está conformado por un subsistema de información y un subsistema gráfico tridimensional, el cual ha sido desarrollado en el Laboratorio de Computación Gráfica de la UCV. El sistema está siendo probado en el Instituto de Cirugía Experimental de nuestra universidad.

El Simulador Mecánico

LAPAROS utiliza un simulador mecánico (*figura 1*) que se asemeja en tamaño y forma a un abdomen masculino. SIMULAP V-1⁽²⁾ permite instalar el subsistema de rastreo cuando trabaja como parte del sistema de realidad virtual, o una cámara real cuando trabaja como parte del simulador mecánico. Además, el practicante puede incorporar diferentes instrumentos laparoscópicos.

La superficie puede ser inclinada o removida. Ésta tiene varias aberturas localizadas estratégicamente para simular varios procedimientos quirúrgicos. Los trócares pueden ser insertados a través de los agujeros de la superficie, así como

* Ingeniero. Director del Centro de Bioingeniería (CEBIOS) UCV.

** Cirujano General. Director del Instituto de Cirugía Experimental (ICE) UCV. MASVC

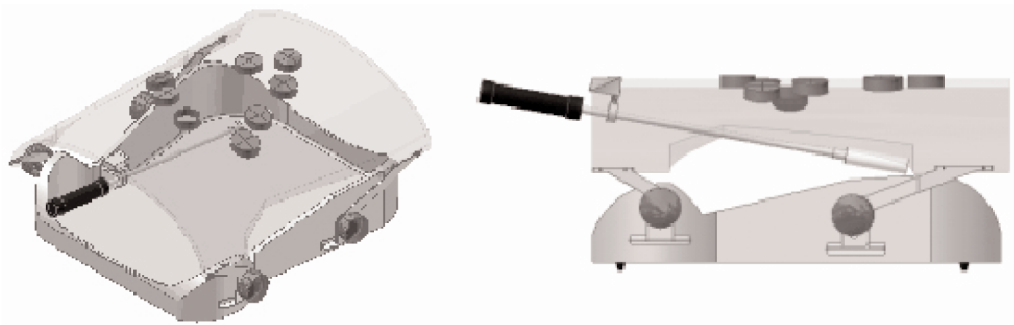
*** Lic en computación. Laboratorio de Computación Gráfica. UCV.

**** Ingeniero. Centro de Bioingeniería. (CEBIOS) UCV

***** Cirujano General. Instructor Instituto Cirugía Experimental (ICE) UCV. MASVC

FIGURA 1

Dos vistas del simulador mecánico SIMULAP V-1, mostrando la superficie, la base, las aberturas y la cámara removible.



los instrumentos laparoscópicos. Las aberturas poseen gomas especiales que simulan la resistencia del tejido del cuerpo a la inserción de los instrumentos. Cuando SIMULAP V-1 es utilizado como un simulador mecánico, una cámara o laparoscopio estándar puede ser fácilmente instalado, al igual que la fuente de luz.

Sesiones de Entrenamiento

Las sesiones de entrenamiento para estudiantes de cirugía laparoscópica, conducidas en el Instituto de Cirugía Experimental (UCV), fueron observadas y analizadas sistemáticamente por nuestro equipo de desarrolladores. Esta experiencia nos permitió diseñar ejercicios correspondientes a tres niveles de entrenamiento: básico, intermedio y avanzado. La *tabla 1* resume las habilidades de cada nivel.

TABLA 1

Resumen de las habilidades asociadas a cada nivel

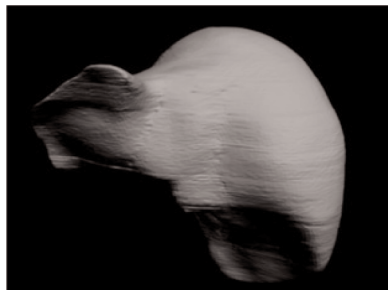
Básico	Intermedio	Avanzado
Percepción y orientación espacial.	Navegación de la cámara	Disección.
Coordinación mano-ojo incluyendo la mano dominante y no dominante.	Manejo de instrumental	Sutura
Coordinación mano-ojo inverso.		

Los ejercicios del nivel avanzado utilizan modelos deformables⁽⁵⁾ para simular la deformación de los tejidos producida por una acción específica. La detección de colisiones es utilizada para proporcionar una retroalimentación visual cuando, por ejemplo, un instrumento toca un órgano virtual. La superficie de los modelos del hígado y la vesícula fue

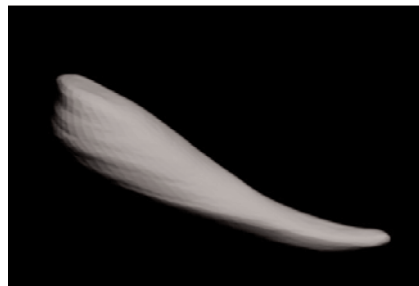
generada por un rápido procedimiento de segmentación⁽⁶⁾ desde la información del humano visible⁽⁷⁾, como lo muestra la *figura 2*. Los ejercicios correspondientes al nivel avanzado están siendo implementados por nuestros desarrolladores.

FIGURA 2

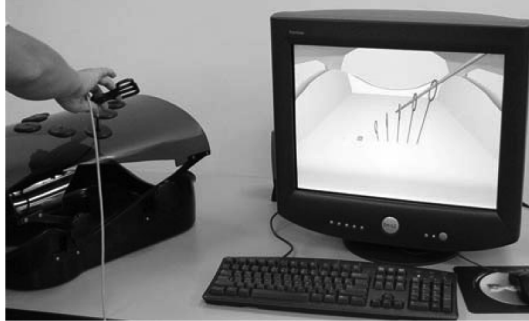
(a) El modelo virtual del hígado



(b) Modelo virtual de la vesícula

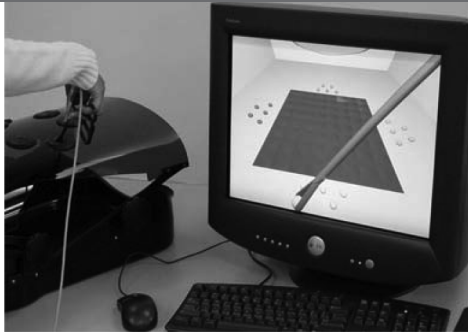


Los ejercicios propuestos en nuestro sistema de realidad virtual tienen su propia métrica y su complejidad puede ser incrementada. La principal métrica utilizada es el tiempo y la precisión. Las figuras 3, 4 y 5 muestran la estación de trabajo LAPAROS desplegando los ejercicios incluidos por el sistema.

FIGURA 3**Ejercicio correspondiente al nivel básico diseñado para incrementar la precisión***A través de los aros*

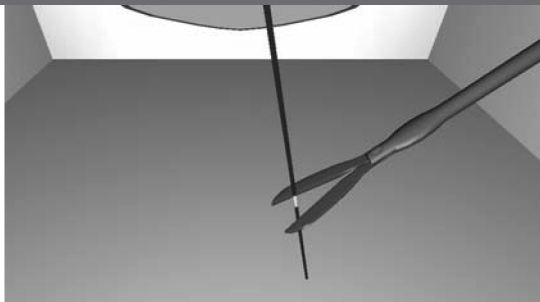
Descripción: El usuario debe pasar a través de los aros sin tocar sus bordes, utilizando la mano dominante y la no dominante.

Evaluación: Iniciando con el máximo puntaje, los puntos son restados cada vez que el usuario toque el borde de un aro. El usuario obtiene un puntaje perfecto sólo cuando ningún borde es tocado.

FIGURA 4**Ejercicio del nivel intermedio diseñado para entrenar la precisión y velocidad y manejo de instrumental***Colocando las figuras*

Descripción: El usuario debe tomar cada figura y colocarla sobre el rectángulo del mismo color en un tiempo predeterminado, utilizando la mano dominante y la no dominante.

Evaluación: El puntaje final depende del número de figuras ubicadas correctamente y las veces que el usuario tocó otros rectángulos o excedió la plataforma.

FIGURA 5**Ejercicio del nivel intermedio, diseñado para entrenar la precisión y velocidad y manejo de instrumental.***Cortando los hilos*

Descripción: El usuario debe cortar la sección coloreada del hilo en un tiempo predeterminado, utilizando la mano dominante y la no dominante.

Evaluación: El puntaje final depende del número de secciones cortadas correctamente y las veces que el usuario tocó o cortó fuera de éste.

REFERENCIAS

1. F. Tendick, S. Bhojru, y L. Way, Comparison of laparoscopic imaging systems and conditions using a knot tying task, *Computer Aided Surgery*, 2(1), 1997.
2. A. Zambrano y A. Piñango, Diseño y Construcción de un Simulador para Cirugía Laparoscópica, Trabajo Especial de Grado, Biblioteca Central, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2003.
3. F. Tendick, M. Downes, M.C. Cavusoglu, W. Gantert, y L.W. Way, Development of Virtual Environments for Training Skills and Reducing Errors in Laparoscopic Surgery, Proc. of the SPIE International Symposium on Biological Optics (BIOS'98), San Jose, CA, pp. 36-44, 1998.
4. S. Payandeh, A.J. Lomax, J. Dill, C.L. Mackenzie y C.G.L. Cao, On Defining Metrics for Assessing Laparoscopic Surgical Skills in a Virtual Training Environment, Proc. of Medicine Meets Virtual Reality X (MMVR'02), Newport Beach, CA, pp. 334-340, 2002.
5. M. Teschner, B. Heidelberger, M. Mueller y M. Gross, A versatile and robust model for geometrically complex deformable solids, Proc. of Computer Graphics International CGI'04, pp. 312-319, Crete, Greece, 2004.
6. E. Coto y O. Rodríguez, T-Snakes and the Delaunay Triangulation for generation of anatomical structure meshes suitable for the Finite Element Method, Proc. of CIMENICS'04, pp. TC 11-18, 2004.
7. M.J. Ackerman, The Visible Human Project, Proc. of the IEEE, 86(3), pp. 504-511, 1998.