

DESARROLLO DE UN SIMULADOR VIRTUAL PARA EL ENTRENAMIENTO DE CIRUJANOS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

*Alfonso Oltra Pastor**, *Carlos Añena Vicente**,
*Carolina Ávila Carrasco**, *Ignacio Bermejo Bosch**,
*William Alfredo Millán García**,
*Jaime M. Prat Pastor**, *J. Blas Pagador Carrasco***

*Instituto de Biomecánica de Valencia

**Centro de Cirugía Mínimamente Invasiva de Cáceres

EL INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (IBV) HA PARTICIPADO EN EL PROYECTO DE desarrollo de un simulador virtual para el entrenamiento de cirujanos en las maniobras básicas de cirugía laparoscópica. El proyecto se enmarca dentro de las actividades de la red temática SINERGIA formada por un consorcio de centros de investigación, hospitales del Sistema Nacional de Salud y grupos universitarios.

Development of a Virtual Reality Simulator for surgeons' training in laparoscopic surgery

The Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) has participated in the development of a virtual simulator for training surgeons to learn the basic manoeuvres related to laparoscopic surgery. This project is framed within the activities the thematic network SINERGIA formed by a consortium of RTD centers, hospitals from the National Health System an some university groups.

INTRODUCCIÓN

La cirugía laparoscópica, como cirugía mínimamente invasiva ha revolucionado la práctica quirúrgica gracias a sus múltiples ventajas. Sin embargo, para los cirujanos es muy costoso adquirir la suficiente destreza para dominar esta técnica, y es necesario que inviertan gran cantidad de tiempo y dedicación en adaptarse a la falta de percepción táctil, la compleja coordinación de movimientos y la ausencia de sensación de profundidad.

Para reducir el tiempo y el coste asociado a este aprendizaje desde el consorcio SINERGIA (Figura 1) se plantea la posibilidad de utilizar Simuladores de Realidad Virtual que permitan a los cirujanos practicar las maniobras básicas de la cirugía laparoscópica y, a la vez, evaluar de un modo objetivo los avances de aquellos que quieran mejorar su técnica.



Figura 1. Logotipo del proyecto SINERGIA.

22 proyectos

> En este contexto el consorcio SINERGIA ha diseñado, desarrollado y validado un Simulador Quirúrgico de Realidad Virtual que permite el entrenamiento de las siguientes tareas asociadas a la cirugía laparoscópica:

- Coordinación ojo-mano.
- Navegación.
- Prensión.
- Tracción.
- Corte.
- Disección.
- Sutura.

Para cada una de estas actividades se han diseñado distintos ejercicios y distintos escenarios quirúrgicos en los que el aprendiz deberá realizar las tareas indicadas por el simulador. Tras la realización de las pruebas recibirá una puntuación y unas indicaciones que le permitirán comprobar la evolución de su destreza a lo largo del aprendizaje.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Dada la complejidad del objetivo y la diversidad de las tareas a realizar, se hizo necesario estructurar el proyecto en cuatro paquetes de trabajo que abarcasen las cuatro grandes áreas de conocimiento involucradas en el simulador virtual:

El desarrollo del programa de simulación. La arquitectura de este simulador consiste en un programa principal que controla cuatro módulos que se ocupan del modelo biomecánico, la gestión de colisiones, la gestión de las interfaces hápticas y el motor de imagen gráfica.

El desarrollo de la interfaz gráfica y de los escenarios quirúrgicos. Los miembros del proyecto programaron diferentes escenarios quirúrgicos que dotaran de realismo a los distintos ejercicios que los cirujanos tenían que realizar. Para ello programaron tanto los órganos de la cavidad abdominal como sus texturas o los distintos juegos de luces y sombras.

La obtención de parámetros biomecánicos. Para dotar de realismo al simulador fue necesario realizar una evaluación de los parámetros biomecánicos básicos de distintos órganos de la cavidad abdominal y traducir estos parámetros en coeficientes de las ecuaciones de comportamiento mecánico del simulador.

La evaluación del simulador con usuarios. Por último, para evaluar la efectividad del simulador como herramienta de formación se realizó una validación en tres etapas.

- Evaluación de la calidad de los contenidos. A partir de la opinión subjetiva de usuarios expertos en técnicas de cirugía laparoscópica.
- Validación de las métricas de evaluación de la pericia. Correlacionando los resultados y puntuaciones de cirujanos con experiencia contrastada, con aquellos que están en fase de aprendizaje.
- Estudio de cómo las habilidades aprendidas se transfieren al quirófano. Este estudio se realizó a partir de una evaluación cruzada de la pericia en quirófano de cirujanos que incluyeron el simulador virtual en su periodo de aprendizaje y los que no.

El IBV ha basado su dedicación al proyecto a la línea de obtención de parámetros biomecánicos, para lo que dividió su trabajo en tres fases.



Figura 2. Ensayos "in vitro".

La primera etapa consistió en los ensayos "in vitro" de tejido (Figura 2) para obtener sus características de rigidez, deformación máxima y carga de rotura en cuatro órganos de especímenes porcinos (fundus, epiplón, esófago y pilares diafragmáticos). A partir de estos resultados se procedió a su implementación en el modelo biomecánico del simulador, para lo cual se tradujeron los valores de rigidez de los órganos ensayados en los parámetros (α , γ , ω) que gobiernan el modelo biomecánico de masa-muelles (T2-MESH) del simulador (Figura 3).

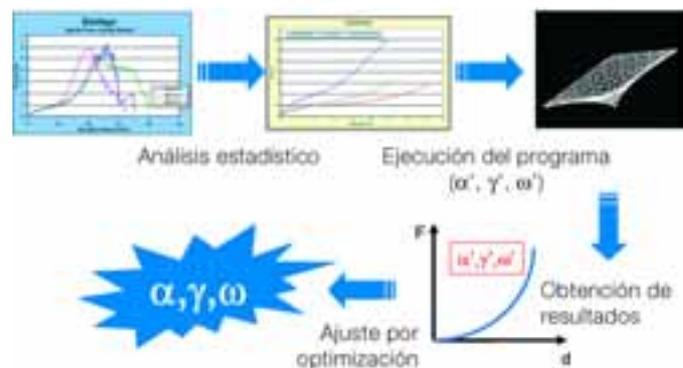


Figura 3. Proceso de obtención de los parámetros (α , γ , ω) a partir de las curvas de ensayo fuerza-deformación.

Como resultado de estas dos primeras etapas se evaluó la forma de obtener un mayor realismo visual al utilizar el simulador, pero fue necesario realizar una tercera etapa en la que se estudió la mejora del realismo táctil de los hápticos. Para ello, se realizaron ensayos "in vivo" con especímenes porcinos en los que se obtuvieron las curvas fuerza-desplazamiento al realizar tracciones sobre los mismos tejidos que previamente se habían ensayado en laboratorio (Figura 4).

CONCLUSIONES

Como resultado del proyecto se ha diseñado un simulador virtual para la práctica y el aprendizaje de maniobras básicas



Figura 4. Ensayos “in vivo”.

de cirugía laparoscópica (Figura 5) que aporta un alto grado de realismo sensorial, tanto a nivel visual como táctil, y que ha sido evaluado y validado por cirujanos expertos en esta técnica quirúrgica.



Figura 5. Etapa de validación del simulador.

Las unidades y ejercicios didácticos presentados por el simulador se muestran en la **tabla 1**, y permiten a los usuarios realizar las diferentes tareas tantas veces como quiera a la vez que un gestor de resultados las evalúa y

puntuúa de forma que el usuario pueda tener un criterio de evolución objetivo.

Tabla 1. Ejercicios didácticos del simulador SINERGIA.

UNIDAD DIDÁCTICA	EJERCICIO DIDÁCTICO	OBJETIVO	TAREA
Coordinación ojo-mano	Coordinación (4 niveles)	Orientarse en el espacio y desplazar con precisión las herramientas	Tocar esferas estáticas o dinámicas que aparecen en escena
	Navegación	Manejar la cámara y orientarse con ella	Localizar y centrar la cámara en una serie de esferas
Navegación	Navegación coordinada	Coordinar el manejo de la cámara y las herramientas	Tocar una esfera a la vez que se centra la cámara en ella
	Presión fina (2 niveles)	Presionar con precisión	Presionar en un punto preciso de un hilo
Presión	Intercambio de objetos	Coordinar la presión para intercambiar un objeto	Presionar un cilindro y cambiarlo de herramienta, depositándolo finalmente dentro de una esfera
	Tracción	Sensibilidad Táctil	Familiarizarse con la existencia de distintas resistencias de los tejidos al ser sometidos a tracción
Tracción coordinada		Adquirir la habilidad motora de la tracción simétrica	Someter a tracción un hilo de manera coordinada y sincronizada en tres direcciones del espacio
Corte	Corte (9 niveles)	Corte desde cualquier ángulo, exponiendo correctamente el tejido y sin dañar las estructuras colindantes	Cortar un lienzo sobre la línea de puntos dibujada sobre el mismo
Disección	Disección roma	Realizarla con una correcta tracción sin dañar estructuras	Con maniobras de disección roma separar las dos caras unidas por capas de tejido conjuntivo
	Disección con ganchito	Realizarla con una correcta tracción y sin dañar estructuras	Disecar con el ganchito una estructura unida por pequeños hilos al fondo
Sutura	Anudado	Aprender a ejercitarse en la técnica de anudado	Realizar un nudo intracorpóreo

AGRADECIMIENTOS

A la Red de trabajo Cooperativo SINERGIA (G03/135) por la financiación de este proyecto de investigación.

Al consorcio de centros, hospitales y grupos universitarios que forma la Red SINERGIA: el Centro de Cirugía Mínimamente Invasiva de Cáceres (CCMI), el Grupo de Bioingeniería y Telemedicina (GBT) de la Universidad Politécnica de Madrid, Medical Image Computing Laboratory (MCLab) de la Universidad Politécnica de Valencia, el Hospital General Santa María el Puerto (HGSMP), el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), el Laboratorio de Procesamiento de Imagen (LPI) de la Universidad de Valladolid, el Centro de Tecnología Médica (CTM) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la Cátedra de Anatomía y Embriología de la Universidad de Extremadura (CAE), el Hospital S. Pedro de Alcántara de Cáceres (HSPAC) y el Hospital Dr. Negrín de las Palmas de Gran Canarias.