

Sistema de medición y registro de trayectoria del herramienta laparoscópico en 3D

NISHIYAMA-GÓMEZ, Diana*†, ORTIZ-SIMON, José, AGUILERA-HERNANDEZ, Martha y CRUZ-HERNANDEZ, Nicolás

Recibido Febrero 10, 2016; Aceptado Septiembre 15, 2016

Resumen

Los métodos para determinar si un médico residente, o recién egresado de la escuela de medicina es competente para realizar cirugías laparoscópicas en vivo no son totalmente objetivos. El objetivo de este artículo es describir el diseño y construcción de un sistema de registro para evaluación objetiva que acredite a un cirujano para la práctica en vivo; esto incrementará la confianza del médico practicante y la calidad de la intervención será beneficiada de manera importante. Los sistemas de entrenamiento capaces de monitorear y calificar de manera objetiva son los del tipo virtual, de no tan fácil acceso a hospitales públicos. Es por ello que aprovechando mecanismos de medición de movimientos adaptado a los sistemas de entrenamiento de laparoscopia, se desarrolló un sistema de registro de la trayectoria del herramienta laparoscópico durante una tarea específica. Los datos capturados, registrados y procesados mediante algún algoritmo inteligente proporcionan información adicional a los criterios de evaluación de escuelas y programas de capacitación en los centros hospitalarios para la determinación de competencias.

Laparoscopia, registro de trayectorias, entrenamiento laparoscópico

Abstract

The methodology for determining whether a medical resident, or recently medical graduated is competent to perform live laparoscopic surgery are not totally objective. The aim of this article is to describe the design and construction of a registration system for objective assessment attesting to a surgeon to live practice; it will increase confidence of medical practicing and the quality of the intervention will benefit significantly. Training systems able to monitor and objectively qualify are those of the virtual kind, not so easy access for public hospitals. That is why, using mechanisms for measuring movements adapted to the training systems of laparoscopy, it was developed a registration system for laparoscopic tooling during a specific task. The captured, processed and recorded data by some intelligent algorithm provide additional evaluation criteria of schools and training programs in hospitals for determining competency information.

Laparoscopy, track record, laparoscopic training

Citación: NISHIYAMA-GÓMEZ, Diana, ORTIZ-SIMON, José, AGUILERA-HERNANDEZ, Martha y CRUZ-HERNANDEZ, Nicolás. Sistema de medición y registro de trayectoria del herramienta laparoscópico en 3D. Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-8: 62-67.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nishiyama94@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el medio de la medicina quirúrgica, la técnica de cirugía laparoscópica ha revolucionado las técnicas de intervención haciendo a un lado la cirugía convencional. El poder realizar intervenciones a través de pequeñas incisiones en la pared abdominal con instrumental largo y delgado y retroalimentado visualmente mediante una pantalla de video ha hecho de la cirugía laparoscópica un procedimiento de rutina en una gran variedad de especialidades quirúrgicas.

El hecho de no tener una visión directa sobre el objetivo quirúrgico, aunado a que la pantalla de video es bidimensional, los instrumentos de intervención son largos que amplifican el temblor de las manos y la disminución de la sensación táctil demandan al cirujano nuevas habilidades psicomotrices además de un alto grado de destreza en ambas manos.

En la mayoría de los hospitales es tradicional el modelo de aprendizaje de la práctica directa bajo la supervisión de un cirujano experto y aunque a veces es efectivo no siempre es eficiente, además de ser en ocasiones frustrante debido a las pocas oportunidades de realizar procedimientos quirúrgicos. Las complicaciones son comunes en las cirugías y podría comprometerse la seguridad de un paciente si no se tiene la competencia necesaria. Se fuerza entonces a que el método de enseñanza más seguro y eficiente sea mediante el entrenamiento utilizando simuladores y entrenadores laparoscópicos en la formación de médicos cirujanos.

Nuestro proyecto consiste en un instrumento confiable que ayudan a la mejora continua de las habilidades y destrezas psicomotoras que se verán reflejadas en el quirófano, determinar y reforzar competencias y habilidades en médicos y practicantes.

El sistema de medición desarrollado es capaz de monitorear y registrar los movimientos de herramienta laparoscópica durante tareas de entrenamiento. Es un sistema de registro tridimensional de movimientos manuales que por su tipo de manufactura y elementos utilizados, se convierte en una tecnología de fácil acceso para hospitales públicos.

El desarrollo del proyecto se divide en diferentes áreas: mecanismo, medición, procesamiento y representación gráfica. Mecanismo, que consiste en el desarrollo mecánico y diseño del sistema físico. Sistema de medición, es el conjunto de elementos que reciben las señales generadas por el movimiento del herramienta laparoscópica.

El procesamiento de datos es la parte interna del sistema, consiste en el algoritmo de lectura y análisis de las señales recibidas por el sistema físico, este algoritmo realiza la interfaz entre una tarjeta de adquisición de datos y la computadora, así también calcula y registra la posición del herramienta con respecto al sistema físico, para posteriormente realizar la representación gráfica en 3D del recorrido realizado por éste.

Metodología desarrollada

Diseño del mecanismo

Diseñamos un sistema mecánico que permite la lectura del desplazamiento axial y radial de las herramientas simulando una tarea de práctica laparoscópica real.

El desarrollo de este sistema se inspiró en el funcionamiento de una palanca de mando (Figura 1), utilizada comúnmente en video juegos y simuladores computacionales.

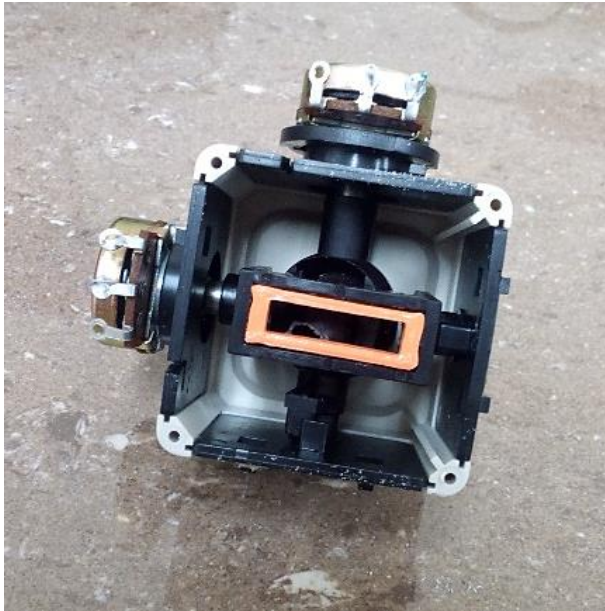


Figura 1 Mecanismo de palanca de mando

El diseño del mecanismo y las piezas de acople para los dispositivos de medición se realizaron en SolidWorks 2014 (Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. Waltham, Massachusetts, USA). El sistema mecánico se manufacturó por medio de impresión 3D, utilizando PLA (del inglés Polylactic acid).

La lectura de la magnitud del movimiento del instrumental en el eje X y eje Y se realiza por medio de potenciómetros lineales de alta resistividad, estos potenciómetros se fijaron al sistema mecánico para detectar movimiento angular de herramientas laparoscópicas intercambiables.

Para la lectura de la dimensión de movimiento en el eje Z se utilizó un codificador de cuadratura 704 (Figura 2), comúnmente encontrados en ratones de computadora de manufactura genérica; este codificador es movido cuando el instrumental laparoscópico roza con una almohadilla fija al codificador.



Figura 2 Colocación de codificador de cuadratura para lectura de eje Z

Estos dispositivos generan dos señales en respuesta al movimiento. Con este codificador y un algoritmo de programación en Matlab 2014 (MathWorks, 3 Apple Hill Drive, Natick, Massachusetts 01760 USA) se determina la magnitud y dirección del movimiento angular de la almohadilla, que es traducido a un movimiento lineal del instrumental.

Diseño de sistema de medición

El algoritmo de interfaz con el sistema, requiere de dos entradas analógicas y dos entradas digitales por cada sistema mecánico y/o herramienta a monitorear. Las entradas analógicas reciben los datos correspondientes al eje X y eje Y, ejes de movimiento angulares dados por los potenciómetros; mientras que las dos entradas digitales dan la lectura de los pulsos generados por el codificador correspondiente al eje Z. La lectura de los potenciómetros requiere leer voltaje y asociarlo por medio de una regla de 3 simple con el ángulo correspondiente (relacionado experimentalmente) en el que se encuentra ubicado el instrumental.

En el caso del codificador de cuadratura, el algoritmo que utilizamos permite obtener la lectura de los pulsos actuales y retener la última lectura, con lo cual determinamos el sentido del movimiento que repercute en el incremento o decremento de la magnitud del movimiento.

La lectura que se obtiene corresponde a la cantidad de pulsos obtenidos y es convertida a una distancia recorrida, expresada en milímetros.

Procesamiento de los datos

Considerando el sistema como un conjunto articular, se realizó su modelo y obtuvo su cinemática directa. Por medio de la cinemática directa del sistema se obtiene la posición tridimensional del efector final de la herramienta o pinza laparoscópica. En la ecuación 1 es representado matemáticamente.

$$\vec{P} = H \cdot \vec{q} \quad (1)$$

Donde el vector de posición del efector final de la pinza laparoscópica se obtiene a partir de las ecuaciones de transformación homogénea (cinemática directa) en función al vector \vec{q} , vector que representa las variables articulares del sistema mecánico.

Registro de movimientos y representación gráfica en 3D

En la representación gráfica de los puntos obtenidos podemos observar digitalmente la trayectoria realizada por el usuario.

Los resultados de los movimientos en las pinzas de ambas manos son expresados por separado para su análisis individual. (Gráfico 1 y Gráfico 2)

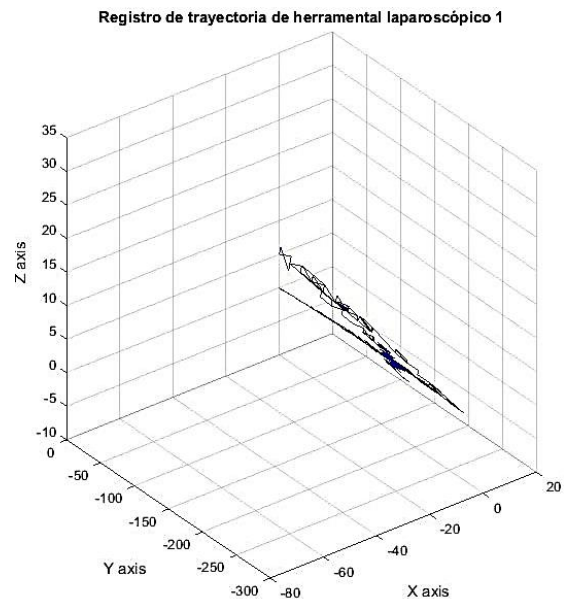


Gráfico 1 Registro de trayectoria de herramienta laparoscópica en mano izquierda

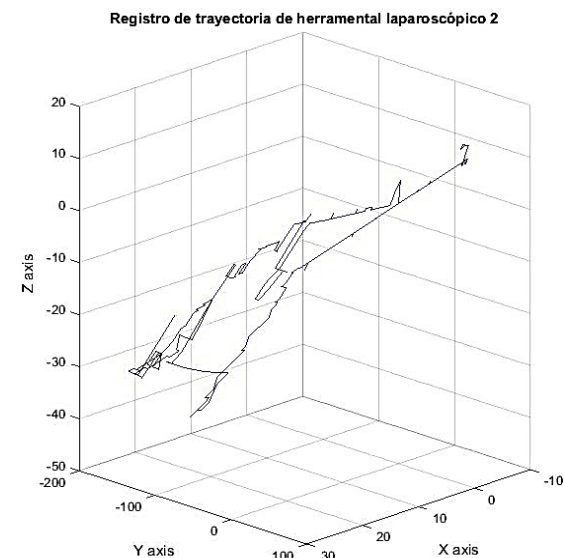


Gráfico 2 Registro de trayectoria de herramienta laparoscópica en mano derecha

El registro de todos los parámetros del sistema, generados por el algoritmo, se contienen en el espacio de trabajo de Matlab, estos datos son guardados en extensión *.mat files*, para realizar comparaciones, análisis y calificar el desempeño del usuario en la tarea realizada.

Resultados

Para comprobar el funcionamiento del sistema y finalizar esta etapa del proyecto se realizaron pruebas por medio de experimentación con tareas laparoscópicas de entrenamiento (Figura 3), obteniendo el registro de la trayectoria realizada por el efector final de la pinza laparoscópica.



Figura 3 Prueba realizada al sistema de medición y registro en entrenador laparoscópico

Estas pruebas realizadas consisten en el registro de mediciones dadas por las variables articulares del sistema. Las tareas laparoscópicas para estas pruebas se realizaron en un maniquí entrenador previamente desarrollado por el equipo de trabajo. Dicho maniquí cuenta con un sistema de iluminación led, video en tiempo real y con una estructura corporal pneumoperitoneo, semejante a la de una persona preparada medicamente para la realización de una operación laparoscópica; todo esto con el fin de acercar al usuario a la experiencia real de una operación.

En las gráficas se reflejan pequeñas perturbaciones o movimientos erráticos en la trayectoria del instrumental y son precisamente estos datos los cuales nos sirven para realizar análisis y comparaciones entre el error medio de un cirujano experimentado y un estudiante, determinar matemáticamente y revisar periódicamente el nivel de desempeño de un médico activo en operaciones laparoscópicas.

Agradecimiento

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México por dar las facilidades y apoyo económico para la continuidad de este proyecto.

Conclusiones

El algoritmo utilizado calcula las métricas que son representativas de la destreza y habilidad quirúrgica mediante el procesamiento de los datos capturados durante una tarea laparoscópica de acuerdo al protocolo MISTELS.

El sistema que diseñamos no contempla las lecturas de rotación del instrumental laparoscópico ya que no se consideró necesario para el análisis a realizar, sin embargo podría ser de ayuda para completar o realizar otro tipo de análisis. Este es otro posible aspecto a mejorar: adecuar el sistema para realizar lectura y registro de las rotaciones realizadas en el instrumental.

El siguiente paso es experimentar mediante la práctica repetitiva de un grupo de cirujanos residentes, y un grupo de cirujanos expertos, con el propósito de comparar los resultados mediante análisis de varianza y verificar diferencias significativas en la práctica de ambos grupos.

En futuras mejoras y modificaciones al proyecto se debe implementar un algoritmo para la comparación de datos y generar estadísticas. Tenemos la confianza de que el proyecto en desarrollo será de gran utilidad en el evaluación y certificación de médicos cirujanos, logrando una estandarización y calidad en la preparación de los médicos que practican operaciones laparoscópicas.

Referencias

Clayman, R. V., L. R. Kavoussi and K. R. Anderson (1993). "Laparoscopic urology: past, present, and future." *World J Surg* 17(1): 57-62.

Smith, C. D., T. M. Farrell, S. S. McNatt and R. E. Metreveli (2001). "Assessing laparoscopic manipulative skills." *Am J Surg* 181(6): 547-550.9
Aggarwal, Moorthy et al. 2004,

Yamaguchi, S., D. Yoshida, H. Kenmotsu, T. Yasunaga, K. Konishi, S. Ieiri, H. Nakashima, K. Tanoue and M. Hashizume (2011). "Objective assessment of laparoscopic suturing skills using a motion-tracking system." *Surg Endosc* 25(3): 771-775.