

ASISTENTE LAPAROSCOPICO ROBOTICO

Lorias E. D., A. Minor M.

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Departamento de Eléctricas Sección Bioelectrónica
d_lorias@yahoo.com.mx, aminor@cinvestav.mx

ABSTRACT

Background Durante un procedimiento quirúrgico laparoscópico se requiere de una asistencia precisa del laparoscopio, además de un espacio adecuado de trabajo para el buen desempeño de la cirugía. En este artículo se presenta un asistente laparoscópico activo, que permite al cirujano un mayor espacio de trabajo sobre la mesa quirúrgica.

Materiales y métodos se diseñó un asistente laparoscópico llamado Tonatiuh. El control en base a microcontrolador modula la cinemática a través de 4 articulaciones activas y una pasiva, esta configuración mantiene invariante el punto de inserción. La posición y la velocidad de posicionamiento del laparoscopio son determinadas mediante un joystick.

Resultados Se obtuvo un asistente laparoscópico de manejo intuitivo que ha asistido más de 40 cirugías, cuyo peso de 15 Kg. le permite ser fácilmente transportado e instalado en 5 minutos.

Conclusiones el robot Tonatiuh ha demostrado su funcionalidad operativa dentro de quirófano demostrando su aplicación para diferentes patologías.

Keywords: laparoscopia, robótica, asistentes laparoscópicos

1. INTRODUCCIÓN

Los asistentes robóticos como herramienta dentro del quirófano han demostrado su valor inobjetable al superar en precisión y calidad la posición de la óptica respecto a los asistentes humanos. [1,2] Ventajas adicionales de utilizar esta tecnología, es el mayor espacio de trabajo sobre la mesa quirúrgica y la posibilidad de hacer la cirugía en solitario. Los robots con la mayor cantidad de procedimientos reportados son el AESOP y el ENDOASSIST, sin embargo otras configuraciones robóticas como el LARS, HISAR, kaLAR, no alcanzaron esa posibilidad funcional dentro del quirófano, pero permitieron establecer nuevos criterios de diseño como el TISKA y FLIPS [3].

En la actualidad es imprescindible que cada vez más cirujanos tengan acceso a este tipo de herramientas tecnológicas para poder afrontar de forma satisfactoria los retos que el mismo procedimiento quirúrgico demanda [4,5,6]. Por esta razón diseñamos un asistente laparoscópico con una arquitectura original que permite una cinemática funcional para diferentes patologías. El presente proyecto fue apoyado por el consejo de ciencia y tecnología para establecer una tecnología de auto-entrenamiento en cirugía laparoscópica, y gracias al apoyo de Instituciones como el Instituto Mexicano de Seguro social, el Hospital infantil Federico Gómez y la Escuela Superior de Medicina del IPN se pudo concretar con éxito.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los criterios de diseño del asistente laparoscópico se basaron en los requerimientos funcionales que demanda el procedimiento quirúrgico dentro de quirófano para las diferentes patologías.

2.1. Sistema electrónico

Se compone de tres etapas: tarjeta de control, fuente y elemento de comando. Y la tarjeta de control se divide en cuatro bloques, Fig. 1. Se cuenta con dos interfases (A1, A2) las que funcionan independientes una de otra, pero tiene mayor jerarquía la del control del joystick (A1), con el fin si existe una emergencia se tome el control del robot en forma manual. La comunicación de la interfaz con el microcontrolador es en base a la medición del ancho de pulso, empleando el temporizador NE558. Los pulsos llegan al AVR a través del buffer U274245 el cual es habilitado mediante el bit de permisivo. El AVR indica en la interfaz la velocidad actual mediante cuatro led.

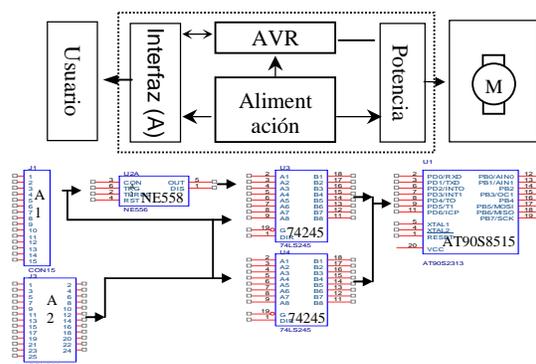


Figura 1. Bloques que comprenden la tarjeta de control.

2.2. Control

El control se realizó en base al AVR AT90S8515 el cual se programó en forma estructurada y modular mediante el programa de alto nivel ICCAVR.

La comunicación entre el usuario y el robot se realiza mediante un joystick a través de una etapa de buffers. Como factor de seguridad en la activación se utilizó una configuración a doble bit en alto con el fin de condicionar el movimiento si no se tiene el bit permisivo activado. El AVR en base a las entradas modula una salida la cual controla una etapa de potencia compuesta por puentes H controlando estos mediante tres bits: Dirección, PWM, y Brake tabla 1 de control de dirección, velocidad y configuración de bits en el bus de datos. Los límites del alcance del robot se registran mediante el bit de corriente del LMD18201, al activarse este bit el AVR activa el paro y genera una retroalimentación auditiva.

2.3. Materiales

En la estructura principal se utilizó aluminio alta pureza y en los efectores finales teflón grado médico, el cual se desmonta para su esterilización empleando cualquier medio deseado.

2.4. Cinemática

El robot Tonatiuh consta de 4 articulaciones más un efector lineal fig. 2. El grado de libertad rotatorio ubicado en la base (1) es para ubicación del manipulador sobre el puerto de inserción del laparoscopio y los tres restantes son para

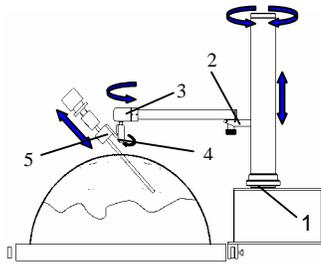


Figura 2. Robot Tonatihu con sus grados de libertad el cual fue modelado con las ecuaciones de Denavit, y Hartenberg.



Figura 3. Robot Tonatihu utilizándose en modelo animal como entrenamiento y durante una cholecystectomy en humano.

Bits	Estado del motor	Bits	velocidad
00	Giro derecha	00	Vel. 1
10	Giro izquierda	01	Vel. 2
X1	Stop	10	Vel. 3
		11	Vel. 4

b

Motor D		Motor C		Motor D		Motor A	
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
Brake	Dir	Brake	Dir	Brake	Dir	Brake	Dir

a

Tabla 1. Donde se muestra el a) bus de datos para el b) control de posicionamiento y c) velocidad de los motores.

IPN	Escuela superior de medicina 2001	Perro: 1 left Hemicolecctomy, 1 laparoscopy, 1 Thorascopy, 1 Trasnthoracic Vagotomy	4
ABC Hospital	Centro de investigación capacitación quirúrgica Brimex II 2003	Rata: 2 Uterine Anasthosis 1 funduplication 360° Cerdo: 1 Intestine suture 1 Cholecystectomies 1 gastroyeyuno-anastomosis	6
Total			10

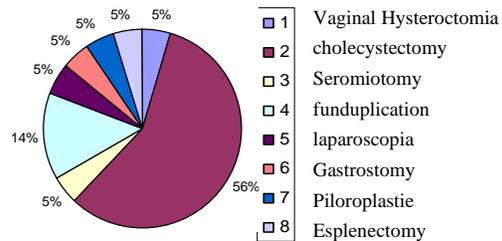
Tabla 2 cirugía en animales de experimentación

navegación. De estas tres articulaciones, dos son activas (2,3) y la tercera es pasiva (4). El grado de libertad pasivo (4) trabaja en conjunto con la articulación lineal (2), cuando esta articulación sube o baja, el grado de libertad pasivo (4) permite que el laparoscopio bascule, tomando como punto de apoyo la intersección trocar-piel, la cual no se ve afectada, ya que la tensión que genera el pneumoperitoneo en el abdomen le confiere soporte a este punto de apoyo. Este desplazamiento corresponde al movimiento arriba-abajo del laparoscopio, que corresponde al cambio de longitud de un cilindro virtual como espacio de trabajo como se aprecia en la fig. . La articulación (3) permite rotar la posición del laparoscopio sobre el punto de inserción, de esta manera se genera la pared del cilindro virtual

como espacio de trabajo, finalmente el efector lineal (5) permite ingresar o sacar el laparoscopio en forma lineal en la dirección que apunte el laparoscopio, este grado de libertad permite el cambio de radio del cilindro virtual como espacio de trabajo.

3. RESULTADOS

El robot se probó en entrenadores físico y en modelos animal perro, rata y puerco observándose que se mantiene invariante la parte media del trocar en el puerto de inserción. En la colecistectomía realizada al puerco se verificó que el espacio de trabajo generado por el robot fuera la adecuada. Durante las pruebas se verificó que no se pierde la esterilización del robot. En la tabla 2 y fig. 3 se muestra algunos de los procedimientos de entrenamiento realizados en animal. En la actualidad se han realizado en humanos aproximadamente 40 cirugías empleando el robot y respetando el tratado de Helsinki, grafica 1.



Grafica 1 cirugías realizadas en humanos

4. CONCLUSIONES

Tonatihu se instala en solo 5 minutos, es de manejo intuitivo y ha demostrado su funcionalidad operativa dentro de quirófano aparte de ofrecer los beneficios de la robótica.

5. REFERENCIAS

- [1] Proske JM, Dagher I, Franco D. "Comparative study of human and robotic camera control in laparoscopic biliary and colon surgery" *Journal Of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques-Part A* 14 (6): 345-348 DEC 2004.
- [2] Quayle S, S.Collyer, Vanlangendonck, L.Jaime "Comparison of a Novel Endoscope Holder and Traditional Camera Assistant for Laparoscopic Simple Nephrectomy in a Porcine Model" *Journal of Endourology* Vol. 19, No. 2 : 218 - 220, Mar 2005.
- [3] Satodate, Hitoshi Inoue, Haruhiro, "Proper Arrangement of the Lines and Cables in the Setup of the Laparoscopic Surgery: Development of New Device Line-Hanger". *Surgical Laparoscopy & Percutaneous Techniques*. 14(5):260-262, October 2004.
- [4] Nio D, Bemelman W, Balm R, Legemate D "Laparoscopic vascular anastomoses: does robotic (Zeus-Aesop) assistance help to overcome the learning curve?" *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques* vol. 19, pp. 1071-1076 15 JUL 2005.
- [5] Sharpe, MacHaidze, Ogan ."Randomized comparison of standard laparoscopic trainer to novel, at-home, low-cost, camera-less laparoscopic trainer." *Urology* . 50-4 Jul 2005.
- [6] Harry S. Miller, M.D., Jorge R. Garibaldi, M.D., Alberto Reyes, M.D., Jonathan M. Sackier, M.D., Jose T. Hernandez, M.D. Hector Orduna, M.D. "Robotic Surgery In Mexico. Our Experience Since 1996. *Surg Endos*. 16:s324.2002.