ENTRENAMIENTO EN TELE-CIRUGÍA Y CIRUGÍA ROBÓTICA: SEIS AÑOS DE EXPERIENCIA.

Evelio Rodríguez, L. Wiley Nifong y W. Randolph Chitwood.

Centro de Cirugía Robótica y Mínimamente Invasiva.
Brody School of Medicine at East Carolina University. Greenville. North Carolina. USA

Resumen.- En los últimos 20 años todas las especialidades quirúrgicas han tratado de ofrecer procedimientos menos invasivos. El paso más reciente ha sido la adaptación de la cirugía robótica o mejor dicho de técnicas de tele-cirugía. Esta tecnología ha sido incorporada lentamente por varias razones incluyendo: el coste, la curva de aprendizaje, y las limitaciones tecnológicas. Nuestro centro ha sido uno de los pioneros en el uso y entrenamiento de la cirugía robótica. En esta monografía vamos a describir nuestros resultados y experiencia de nuestro programa de entrenamiento.

Palabras clave: Cirugía robótica. Entrenamiento robótico. Programa robótico.

Summary.- Over the last 20 years there has been a move in all surgical specialties towards less invasive surgical procedures. The most recent step is robotic surgery or better described as surgical telemanipulation technology which has slowly been adapted worldwide for many reasons including: cost, learning curve, available technology, and applicability to the different surgical specialties. Nonetheless, its use continues to grow in all surgical fields. Our center has been a pioneer in the use and training of robotic surgical techniques. In this manuscript, we describe the organization and experience of our training program.

Keywords: Robotic surgery. Robotic training. Robotic program.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 20 años hemos observado una evolución en la mayoría de las especialidades quirúrgicas con un movimiento hacia técnicas mínimamente invasivas. La última de estas tecnologías incluye el uso del sistema robótico da Vinci® (Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, CA). En este momento el sistema da Vinci® es utilizado en la mayoría de los campos quirúrgicos incluyendo: cirugía general y ginecológica, urología, cirugía cardíaca y torácica, al igual que en algunas operaciones de otorrinolaringología. Como en el caso de cualquier otra nueva tecnología, al principio, las técnicas robóticas son más

Correspondencia | Evelio Rodríguez
East Carolina University
600 Moye Boulevard. Room 257
Teaching Annex
Greenville. NC USA 27834
rodrigueze@ecu.edu

complicadas pero una vez el cirujano sobrepasa el periodo de aprendizaje las operaciones se pueden hacer sin ninguna dificultad. Sin embargo, hay que tener cuidado y asegurar que los resultados utilizando estas técnicas son similares a los resultados utilizando técnicas convencionales como ha sido advertido por los cirujanos Bonchek, Lytle y Cooley (1-3).

En nuestra institución, utilizamos el sistema da Vinci® desde mayo de 2000, por primera vez en los Estados Unidos, para reparar una válvula mitral. Hasta ahora hemos reparado mas de 300 válvulas mitrales y utilizamos el sistema da Vinci® en un importante número de otras operaciones. Desde el año 2000 propugnamos la importancia del entrenamiento de otros cirujanos en técnicas robóticas, o como han sido llamadas por el profesor Mohr, técnicas de tele-cirugía. Hemos establecido un centro de entrenamiento robótico en el cual hemos entrenado más de 480 cirujanos en los diferentes campos de cirugía: general, vascular, cardiaca, torácica, urológica, y ginecológica.

Nuestro método de entrenamiento se concentra en entrenar a todo el equipo quirúrgico incluyendo a los cirujanos, anesthesiólogos, enfermeras, y a los asistentes en el quirófano. Es crucial que todo el equipo trabaje como una unidad individual con cada miembro del equipo haciendo su tarea específica. En este capítulo vamos a describir nuestra experiencia que se concentra en el entrenamiento de todo el equipo quirúrgico siguiendo unos objetivos bien estructurados (Tabla I). Una vez cada nivel es dominado se pasa al siguiente nivel hasta que el equipo esté listo para volver a su institución y comenzar su programa. (4-8)

MÉTODOS

Instrumentación para la tele-cirugía:

El sistema quirúrgico da Vinci® es el único sistema disponible en estos momentos para procedimientos tele-quirúrgicos o robóticos. Este sistema está compuesto de tres elementos: la consola del cirujano, la consola del paciente, y el sistema de visión.

La consola quirúrgica le permite al cirujano manipular los brazos robóticos con una gran destreza, a la misma vez que puede apreciar el campo quirúrgico en tres dimensiones con una magnificación de 10 a 15X. (Figura 1). El sistema utiliza algoritmos computarizados que eliminan cualquier temblor en las manos del cirujano. Además con el uso del pedal a los pies de la consola uno puede reposicionar los instrumentos y de esta forma puede mantener una posición ergonómica.

La consola del paciente controla el movimiento de los brazos mecánicos. Estos brazos son introducidos a través de pequeños puertos de entrada (8 mm.) y controlan instrumentos con extrema precisión y movilidad en siete posibles posiciones. A pesar de que el sentido del tacto se pierde utilizando este sistema, con un poco de experiencia el cirujano es capaz de apreciar el efecto del movimiento en los tejidos, lo que llamamos visión táctil, que le permite controlar la fuerza de los movimientos. La combinación de los tres componentes "visión-manos-pies" le proveen al cirujano las herramientas necesarias para perfeccionar los movimientos que le permitirán completar diferentes operaciones.

El sistema original da Vinci® permitía el uso de tres brazos que podían controlar la cámara y dos instrumentos en cualquier momento. Más tarde un cuarto brazo fue añadido para poder controlar un instrumento más. En el último año un sistema nuevo, "da Vinci® S", ha sido introducido en el mercado. Este sistema es más compacto, tiene un monitor para facilitar la visualización del asistente del cirujano y también tiene un sistema motorizado para facilitar el transporte. Además los instrumentos robóticos son más largos para facilitar el acceso en las cavidades del corazón y en otras áreas del cuerpo humano.

Desarrollo de un Programa de Tele cirugía y Cirugía Robótica

Al principio de nuestro programa tuvimos muchos momentos excitantes pero también experiencias frustrantes. Lo importante es que aprendimos de cada

FIGURA 1. El cirujano observa el campo quirúrgico al poner su cabeza en la consola que le permite visualización tridimensional. Las puntas de los dedos son introducidas en los dedales de Velcro para controlar los instrumentos al igual que la cámara.

TABLA I. ENTRENAMIENTO EN TELECIROGÍA Y CIRUGÍA ROBÓTICA; DIFERENTES NIVELES POR OBJETIVOS

I. Entrenamiento en el Sistema da Vinci®**A. Experiencia didáctica**

- Comprensión del sistema de visión tridimensional y electrónico
- Comprensión de la instrumentación robótica

B. Experiencia en el laboratorio

El participante debe perfeccionar las siguientes destrezas:

- Preparación de la consola del paciente
- Funcionamiento de la consola del cirujano
- Control de los instrumentos y cámara

C. Laboratorio práctico (Animal)

- Consola del cirujano
 - Técnicas de sutura
 - Manejo de los tejidos
- Consola del paciente
 - Intercambio de instrumentos
 - Limpieza y mantenimiento de la cámara
 - Aplicación de clips
 - Retracción de tejidos
 - Diferentes posiciones de los puertos de entrada

D. Laboratorio práctico (Cadáver)

El participante debe perfeccionar las siguientes destrezas:

- Posicionamiento de los puertos de entrada
- Aplicación de los conceptos aprendidos de anatomía humana
- Adaptación para los diferentes tipos de pacientes (escoliosis, obesidad, pectus)

II. Entrenamiento Específico para Procedimientos Avanzados**A. Observación de una operación (en vivo)**

- Observación de la coordinación necesaria en la sala de operaciones cuando utilizamos esta tecnología.
- Discusión de los objetivos del entrenamiento con el entrenador y el equipo
 - Posicionamiento del paciente
 - Pasos específicos para cada procedimiento
 - Posicionamiento de los trócares torácicos
 - Fallos técnicos

B. Repaso didáctico**C. Modelos no animados para la práctica de las diferentes técnicas**

- Pasos específicos para cada procedimiento
- Práctica de lo aprendido durante todo el curso

D. Laboratorio práctico (cadáver)

- Práctica de lo aprendido durante todo el curso
- Adaptación para los diferentes tipos de pacientes (escoliosis, obesidad, pectus)

una de estas experiencias lo cual nos ayuda a poder enseñar estas técnicas a otros cirujanos. Nuestro programa se ha concentrado en entrenar cirujanos cardíacos, ginecológicos, urológicos y generales. Recientemente, comenzamos a entrenar cirujanos torácicos y vasculares. Algunos de nuestros alumnos han desarrollado programas de entrenamiento con excelentes resultados. Las bases comunes para el éxito son: "dedicación, persistencia y trabajo en equipo". Nosotros les recomendamos seguir un método basado en objetivos definidos que le ayudarán a dominar las técnicas robóticas y de tele manipulación. Sin ninguna duda, la única forma de que su programa tenga éxito es con el trabajo de todo el equipo quirúrgico (anestesiólogos, enfermeras, auxiliares y cirujanos).

Antes de comenzar su entrenamiento, usted se debe familiarizar con la literatura robótica en su especialidad y sólo cuando usted se sienta que estas técnicas le ofrecen ventajas a sus pacientes entonces debe comenzar su entrenamiento. Además el líder del equipo debe comenzar a entrenar a su equipo de quirófano en los beneficios potenciales de estas técnicas mínimamente invasivas. De esta forma todos los miembros del equipo quirúrgico están de acuerdo en comenzar este tipo de programa. Estas ideas deben ser llevadas a los administradores del hospital para que ellos entiendan los beneficios de estas técnicas y las razones por las cuales deben gastar más 1,5 millones de dólares para iniciar este tipo de programa. Los administradores deben entender también que lleva su tiempo poner en marcha con éxito un programa este tipo. Básicamente antes de comenzar su entrenamiento toda la institución debe estar de acuerdo en que van a desarrollar un programa robótico. Creemos que es muy importante que mas de una especialidad quirúrgica este dispuesta a implicarse en estas técnicas para que rápidamente el equipo quirúrgico se familiarice con estas nuevas operaciones y para que el sistema robótico sea utilizado frecuentemente para poder amortizar el coste del equipo en menos tiempo. En resumen, este tipo de programa se debe desarrollar con un enfoque multidisciplinario para

maximizar las oportunidades de colaboración entre los distintos departamentos de la institución.

Método de Entrenamiento

El primer y más importante paso es el entrenamiento de todo el equipo quirúrgico. Al principio del programa robótico cardíaco, "The USA Food and Drug Administration (FDA)", nos envió a organizar un programa de entrenamiento para entrenar a todos los equipos de las instituciones que iban a participar en los ensayos clínicos. Una vez determinamos que estas técnicas eran seguras y efectivas nuestra institución comenzó un programa de entrenamiento en el año 2000. Cada equipo quirúrgico es entrenado siguiendo un protocolo de uno o dos días dependiendo de las necesidades del equipo con varias sesiones prácticas. Algunos de nuestros grupos internacionales pasan cuatro o cinco días en nuestra institución para asistir a varios cursos en un solo viaje. Usualmente los grupos consisten en uno o dos cirujanos, un anestesiólogo, un perfusionista senior, y dos o tres técnicos de quirófano.

Recientemente, hemos dividido nuestro programa en "programa básico" de entrenamiento seguido por el entrenamiento en "procedimientos avanzados". Durante el programa básico los equipos aprenden y demuestran el uso seguro del sistema da Vinci®. Después de completar este programa vuelven a su institución y hacen unas cuantas operaciones sencillas utilizando el sistema da Vinci®. Miembros de nuestro equipo supervisan estos primeros procedimientos. Una vez esta etapa es completada, el equipo vuelve a nuestra institución para el curso de procedimientos avanzados. Durante los dos cursos los objetivos del programa incluyen:

- 1) Demostrar las similitudes y diferencias entre las técnicas robóticas y las técnicas convencionales utilizadas en el pasado por el equipo que se esta entrenando.
- 2) Familiarización y maestría en el uso del sistema robótico incluyendo los sistemas electrónicos y mecánicos.

TABLA II. NÚMERO TOTAL DE EQUIPOS ENTRENADOS.

	Equipos	Cirujanos	Enfermeras	PA ¹ & Otros ²
Todas las Especialidades	228	482	259	146

¹Asistentes Médicos

²Anestesiólogos, Perfusionistas, y Técnicos de Quirófano

- 3) Poder solucionar todos los problemas que aparezcan en relación con el sistema.
- 4) Dominar todos los aspectos del sistema en la aplicación a cada operación específica.
- 5) Asegurarnos que el participante se convierta en un experto en el manejo de la consola quirúrgica y como asistente manejando la consola del paciente.

Los objetivos para el equipo de técnicos de quirófano son similares pero se concentran en las siguientes áreas:

- 1) Colocación inicial del sistema incluyendo las fundas estériles.
- 2) Manejo y cuidado de los instrumentos y
- 3) Mantenimiento del sistema. Estos objetivos se cubren en ambas sesiones didácticas al igual que prácticas.

Una vez el equipo completa su entrenamiento vuelven a su institución y refuerzan lo aprendido durante el curso y comienza a hacer sus operaciones. Hemos descubierto que es muy importante tener algunos casos listos para operar tan pronto vuelvan a su institución para reforzar lo aprendido mientras lo tienen fresco en sus mentes. Después de cada procedimiento el equipo se debe reunir y discutir los eventos del caso y que mejorías pueden hacer para el próximo caso.

RESULTADOS

Nuestro programa de entrenamiento comenzó en agosto de 2000. Hacia finales de 2006 había-

mos entrenado 228 equipos en nuestro centro (Tabla II). En las Tablas III y IV pueden apreciar la distribución de las especialidades entrenadas. Como hemos mencionado anteriormente todos los equipos son entrenados comenzando con operaciones simples siguiendo por operaciones mas complicadas una vez hayan dominado un cierto nivel. Por ejemplo, en el entrenamiento cardiaco, comenzamos con la disección de la arteria mamaria interna y la colocación de terminales en el epicardio del ventrículo izquierdo para resincronizar pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva. Esto es seguido por procedimientos a corazón abierto como son la reparación de la válvula mitral y cierre de defectos del tabique inter-auricular. Específicamente hemos entrenado 51 equipos cardiacos incluyendo 99 cirujanos en el curso básico y 78 equipos y 171 cirujanos en el curso avanzado (Tabla III).

Todos los equipos entrenados han completado procedimientos robóticos en su institución. En estos momentos estamos recopilando la información de cuantos centros entrenados esta realizando procedimientos robóticos y el número de estos. Finalmente, también estamos tratando de crear un sistema para que de forma objetiva podamos cuantificar la destreza y eficiencia del cirujano y del resto del equipo durante el entrenamiento. De esta forma podemos concentrarnos específicamente en áreas que puedan necesitar mas ayuda durante los cursos.

DISCUSIÓN

A mediados de los 80 los trabajos independientes realizados por Mouret, DuBois y Reddick demostraron que era posible hacer operaciones abdominales utilizando técnicas mínimamente invasivas. A pesar de las dudas iniciales, hoy en día el aborda-

TABLA III. NÚMERO TOTAL DE EQUIPOS ENTRENADOS.

	Equipos	Cirujanos	Enfermeras	PA ³ & Otros ⁴
Total Cardiaco	129	270	190	133
Sistema/IMA ¹	51	99	65	8
MV Repair ²	78	171	125	125

¹Entrenamiento en el sistema y la disección de la arteria mamaria interna

²Entrenamiento en la reparación de la válvula mitral

³Asistentes médicos

⁴Anestesiólogos, perfusionistas, y técnicos de quirófano

TABLA III. NÚMERO TOTAL DE EQUIPOS ENTRENADOS.

	Equipos	Cirujanos	Enfermeras	PA ¹ & Otros ²
Cirugía General	32	62	17	1
Ginecología	24	41	14	1
Urología	33	58	28	2
Vascular	4	12	8	4
Otros	6	39	2	5

¹Asistentes Médicos²Anestesiólogos, Perfusionistas, y Técnicos de Quirófano

je laparoscópico en muchas indicaciones es el "gold standard" (10-12).

De manera similar en ginecología y en la mayoría de los procedimientos abdominales las técnicas mínimamente invasivas se han convertido en la técnica de elección. En el campo de la cirugía cardíaca ha llevado más tiempo. Los doctores Mohr, Vanerman, Reichenspurner y Chitwood utilizaron las técnicas mínimamente invasivas con la asistencia de cámaras para reparar válvulas mitrales utilizando pequeñas incisiones en el tórax. Los pioneros de este campo demostraron excelentes resultados (13-16). Las limitaciones de las cámaras que ofrecen una visión en dos dimensiones e instrumentos que no se pueden articular con la destreza de las manos humanas impidieron la expansión de estas técnicas en el campo de la cirugía cardíaca. El sistema da Vinci® supera estas limitaciones y como antes mencionamos le ofrece al cirujano una visión tridimensional al igual que una destreza insuperable. La limitación de este sistema es la falta de sensación táctil. El cirujano se adapta rápidamente a esta limitación y utiliza señales visuales para saber con que fuerza debe manipular los tejidos y las suturas. Recientes publicaciones sugieren que en un futuro cercano tendremos sistemas de entrenamiento que simulan hemorragia, turgencia de la piel al igual que otras condiciones que activan el sentido del tacto (17-21). Ha sido demostrado que las señales visuales son responsables de más del 70% de la entrada sensorial al cuerpo humano. Utilizando estos sistemas podremos entrenar a nuestros cirujanos y probablemente superar esta pequeña limitación de los sistemas robóticos.

El enfoque óptimo para asegurar el éxito de su programa incluye un plan estructurado con metas bien definidas y con un entrenamiento en diferentes niveles involucrando a todo el equipo quirúrgico in-

cluyendo a los administradores del hospital y múltiples especialidades. Los cirujanos con más destreza y experiencia con los procedimientos deben iniciar el proceso pero también se debe incluir cirujanos más jóvenes e inclusive residentes para poder propagar estas técnicas de forma eficiente. Por ejemplo, en cirugía general los residentes comienzan con procedimientos más sencillos como operaciones de la vesícula. (22-24). En cirugía cardíaca, una vez dominada la consola del paciente, nuestros instructores clínicos comienzan a trabajar en la consola del cirujano haciendo pequeñas partes de los procedimientos hasta que hagan los procedimientos completos.

Creemos que con el entrenamiento adecuado, operaciones utilizando técnicas de tele cirugía y robótica se pueden hacer con la misma o mejor calidad que con las técnicas convencionales. Sin ninguna duda el futuro de las especialidades quirúrgicas se dirige hacia los abordajes menos invasivos y por lo tanto las técnicas de tele cirugía y robótica son parte de este futuro. Creemos que en los próximos 5 años en el campo cardíaco estas técnicas van a ser utilizadas de manera rutinaria en centros especializados (25). Recientes avances en el desarrollo de instrumentos mas pequeños y versátiles además de nuevas cámaras telescópicas tridimensionales ayudaran a los cirujanos para ampliar esta apasionante parte de la cirugía.

BIBLIOGRAFÍA y LECTURAS RECOMENDADAS (*lectura de interés y ** lectura fundamental)

1. BONCHEK, L.I.; ULLYOT, D.J.: "Minimally invasive coronary bypass: a dissenting opinion". *Circulation*, 98: 495, 1998.

2. LYTLE, B.W.: "Minimally invasive cardiac surgery [editorial; comment]". *Jour. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 113: 554, 1996.
3. COOLEY, D.A.: "Antagonist's view of minimally invasive heart valve surgery". *Jour. Card. Surg.*, 15: 3, 2000.
4. FELGER, J.; CHITWOOD, W.R. Jr.; NIFONG, L.W. y cols.: "Evolution of mitral valve surgery: toward a totally endoscopic approach". *Ann. Thorac. Surg.*, 72: 1203, 2001.
- *5. FELGER, J.; CHITWOOD, W.R. Jr.; NIFONG, L.W.: "Robotic valvular surgery. Current Opinion". *Cardiology*, 15: 146, 2001.
6. CHITWOOD, W.R. Jr.: "State of the art review: videoscopic minimally invasive mitral valve surgery. Trekking to a totally endoscopic operation". *Heart Surg. Forum*, 1: 13, 1998.
7. CHITWOOD, W.R.: "Video-assisted and robotic mitral valve surgery: toward an endoscopic surgery". *Sem. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 11: 194, 1999.
8. CHITWOOD, W.R.: "Video-assisted mitral valve surgery: Using the Chitwood clamp". *Oper. Tech. Thor. Cardiovasc. Surg.*, 5: 190, 2000.
- **9. CHITWOOD, W.R.; NIFONG, L.W.; CHAPMAN, W.H.H. y cols.: "Robotic Surgical Training in an Academic Institution". *Ann. Thorac. Surg.*, 234: 475, 2001.
10. LITYNSKI, G.S.: "Profiles in laparoscopy: Mouret, Dubois, and Perissat: the laparoscopic breakthrough in Europe (1987-1988)". *JSLs*, 3: 163, 1999.
11. REDDICK, E.J.; OLSEN, D.O.: "Laparoscopic laser cholecystectomy: a comparison with minilap cholecystectomy". *Surg. Endosc.*, 3: 131, 1989.
12. SOPER, N.J.; BRUNT, L.M.; KERBL, K.: "Medical Progress: Laparoscopic general surgery". *NEJM*, 330: 409, 1994.
13. MOHR, F.W.; FALK, V.; DIEGELER, A. y cols.: "Minimally invasive port-access mitral valve surgery". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 115: 567, 1998.
14. REICHENSPURNER, H.; BOEHM, D.H.; WELZ, A. y cols.: "Three-dimensional video and robot-assisted port-access mitral valve surgery". *Ann. Thorac. Surg.*, 69: 1176, 2000.
15. VANERMEN, H.; WELLENS, F.; DE GEEST, R. y cols.: "Video-assisted Port-access mitral valve surgery: From debut to routine surgery. Will trocar-port-access cardiac surgery ultimately lead to robotic cardiac surgery?". *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 11: 223, 1999.
16. CHITWOOD, W.R. Jr.; NIFONG, L.W.: "Minimally Invasive Videoscopic Mitral Valve Surgery: The Current Role of Surgical Robotics". *Journal of Cardiac Surgery*, 15: 61, 2000.
17. MEIR, A.H.; RAWN, C.L.; KRUMMEL, T.M.: "Virtual reality: Surgical application-challenge for the new millennium". *Jour. Am. Coll. Surg.*, 192: 372, 2001.
- *18. MACK, M.J.: "Minimally invasive and robotic surgery". *JAMA*, 285: 568, .
19. GORMAN, P.J.; MEIR, A.H.; KRUMMEL, T.M.: "Simulation and virtual reality in surgical education real or unreal". *Arch. Surg.*, 134: 1203, 1999.
20. GORMAN, P.J.; MEIR, A.H.; KRUMMEL, T.M.: "Computer-assisted training and learning in surgery". *Comput. Aided Sur.*, 5: 120, 2000.
21. HIMPENS, J.; LEMAN, G.; CADIERE, G.B.: "Telesurgical laparoscopic cholecystectomy". *Surg. Endosc.*, 12: 1091, 1998.
- **22. CHANG, L.; SATAVA, R.M.; PELLEGRINI, C.A. y cols.: "Robotic surgery: identifying the learning curve through objective measurement of skill". *Surg. Endosc.*, 17: 1744, 2003.
- *23. KAUL, S.; SHAH, N.L.; MENON, M.: "Learning curve using robotic surgery". *Curr. Urol. Rep.*, 7: 125, 2006.
- **24. RASHID, H.H.; LEUNG, Y.Y.; RASHID, M.J. y cols.: "Robotic surgical education: a systematic approach to training urology residents to perform robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy". *Urology*, 68: 75, 2006.
- **25. RODRIGUEZ, E.; CHITWOOD, W.R.: "Projecting developments in robotic cardiac surgery: The next 5 years". *American Heart Hospital Journal*, 4: 183, 2006.