

Integración de la Tecnología de Simulación Quirúrgica en el Programa de Aprendizaje de Cirugía de Mínima Invasión

Francisco M. Sánchez Margallo¹, Enrique J. Gómez Aguilera², José Blas Pagador Carrasco¹, Carlos Monserat Aranda³, Salvador Pascual Sánchez-Gijón⁴, Mariano Alcañiz Raya³, Francisco del Pozo Guerrero², Jesús Usón Gargallo¹

¹Centro de Cirugía de Mínima Invasión, Cáceres

²Grupo de Bioingeniería y Telemedicina –Universidad Politécnica de Madrid

³Medical Image Computing Laboratory –Universidad Politécnica de Valencia

⁴Hospital General Santa María del Puerto, Puerto de Santa María, Cádiz

RESUMEN

En la actualidad la cirugía es un procedimiento multidisciplinario, donde tienen cabida diferentes campos tecnológicos que el cirujano debe conocer y aplicar. Debido a la complejidad de las técnicas y a la abundancia de contenidos, la formación quirúrgica laparoscópica debe precisarse en diferentes niveles de aprendizaje, permitiendo la adaptación del cirujano a la tecnología y la adquisición de una adecuada experiencia quirúrgica, antes de acometer la aplicación clínica de los conocimientos. Presentamos en este artículo nuestra experiencia en formación quirúrgica y las actividades de investigación y desarrollo en nuevas tecnologías de simulación en cirugía de mínima invasión, realizadas en la Red Temática de Investigación Cooperativa (RTIC) SINERGIA. Los objetivos del Proyecto son el diseño, desarrollo y validación clínica de un simulador quirúrgico de tercera generación, que ofrezca el grado de realismo visual y táctil correcto para su utilización clínica, y que no es posible obtener en la actualidad con ningún prototipo o desarrollo comercial existente. El simulador desarrollado se integrará en el programa de aprendizaje laparoscópico con un tutor, familiarizando al cirujano con la técnica laparoscópica e intentando reducir la curva de aprendizaje de cada procedimiento quirúrgico.

1. INTRODUCCIÓN

Las ventajas de la cirugía de mínima invasión, comparada con la cirugía convencional, han sido ampliamente descritas, y también se han discutido las consideraciones económicas y éticas sobre el empleo de pacientes durante la formación de residentes. No obstante, parece incuestionable que la cirugía laparoscópica necesita de un personal altamente cualificado cuya formación incluirá el empleo de simuladores, y el aprendizaje experimental con animales y cadáveres antes de llegar a intervenir a los pacientes. De igual trascendencia es que, durante el periodo de aprendizaje, el cirujano reciba el asesoramiento y la supervisión directa de clínicos expertos, particularmente en los primeros procedimientos quirúrgicos, y que completado su adiestramiento mantenga actualizados sus conoci-

mientos mediante una adecuada formación teórica y práctica⁽¹⁻⁶⁾.

Adquirir la suficiente habilidad y destreza en cirugía laparoscópica requiere tiempo y dedicación, existiendo determinados aspectos como la falta de percepción táctil, la dificultosa coordinación de movimientos y la ausencia de sensación de profundidad que deben corregirse gradualmente durante el periodo de entrenamiento. Definitivamente, el proceso de aprendizaje es un ciclo más o menos extenso, y por regla general no se mantienen unos estándares formativos mínimos y de un adecuado procedimiento de acreditación,⁽⁷⁾ a pesar de que hayan sido establecidas las recomendaciones para el entrenamiento y acreditación de cirujanos con experiencia en cirugía laparoscópica y toracoscópica^(8,9).

Por otra parte, el incremento de aplicaciones basadas en las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el ámbito sanitario (internet, telemedicina, teleenseñanza, telecirugía, etc.) continúan transformando las pautas de la formación quirúrgica,⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ fortaleciendo la etapa de formación quirúrgica. Es en este apartado, donde cada vez con mayor consistencia, tiene una vital importancia el desarrollo, puesta a punto y validación clínica de nuevas tecnologías que permitan rebajar los tiempos y costes del aprendizaje (simuladores, planificadores, robótica, etc.),⁽¹⁵⁻¹⁸⁾ intentando siempre reducir los riesgos tanto para el personal sanitario como para los pacientes.

En resumen, es forzoso disponer de un plan de formación intenso y estructurado que permita el aprendizaje, con un alto nivel de garantías, de los procedimientos laparoscópicos de cada especialidad, con una simulación clínica lo más cercana posible a la realidad, permitiendo así optimizar los resultados de dicho aprendizaje de forma inmediata^(17,19,20).

2. FORMACIÓN EN CIRUGÍA DE MÍNIMA INVASIÓN

La formación en cirugía laparoscópica debe fundamentarse en la asistencia del cirujano a cursos o actividades de formación similares, donde se combinen aspectos didácticos y un entrenamiento experimental.⁽¹⁾ La formación

Especial: Tecnologías de Simulación y Planificación Quirúrgica...

persigue la familiarización del cirujano y de su equipo con el manejo de los equipos e instrumental, específicos de este tipo de cirugía, y el aprendizaje de las diferentes técnicas quirúrgicas, con el fin de que se conviertan en procedimientos efectivos siempre en manos expertas^(8,9). En definitiva, la formación en cirugía laparoscópica debe conjugar aspectos teóricos, prácticos y clínicos^(1-3,21).

Para ello, los componentes esenciales del aprendizaje en cirugía laparoscópica se dividen en diferentes niveles de formación⁽¹⁻³⁾. Comienza con un nivel básico (Nivel 1), caracterizado por el conocimiento de los equipos e instrumental laparoscópico y el manejo primario de este instrumental en simuladores físicos, intentando mejorar la coordinación de los movimientos quirúrgicos (Fig. 1). Además en este nivel se sientan las bases de los principios ergonómicos sobre la posición corporal, visión laparoscópica y manejo apropiado del instrumental laparoscópico⁽²²⁻²⁴⁾.

Posteriormente, y ya en un nivel más avanzado de aprendizaje (Nivel 2), se diseñan diferentes técnicas laparoscópicas de carácter básico en animales de experimentación, hasta llegar a practicar intervenciones laparoscópicas específicas en diferentes sistemas orgánicos, adaptados a la especie de animal de experimentación empleada (Fig. 1).

Las prácticas experimentales en cirugía laparoscópica evitan la posible formación con pacientes humanos, aunque no carecen de inconvenientes que dificultan la formación de los profesionales, como son: objeción de algunas entidades a emplear animales con fines experimentales⁽²⁵⁾, las limitaciones anatómicas que supone el empleo de otra especie diferente a la especie humana y la obtención del suficiente grado de destreza por parte del cirujano.

También los conflictos de carácter ético ligados al empleo de animales con fines experimentales, unidos a la necesidad de un entrenamiento concreto en determinadas patologías, han favorecido un cierto auge y perfeccionamiento de los simuladores quirúrgicos laparoscópicos⁽²⁶⁻²⁹⁾, aunque suelen adolecer de una falta de realismo para



Figura 1. Modelo de enseñanza basado en una estructura piramidal o por niveles de aprendizaje. Este modelo es actualmente empleado en España en la formación en cirugía laparoscópica.



Figura 2. Empleo de Nuevas Tecnologías de la Comunicación e Información durante la formación en cirugía de mínima invasión.

ser aplicados con garantías en el proceso de aprendizaje laparoscópico.

En la actualidad la Teleformación, en su vertiente educativa (Nivel 3), constituye un recurso eficaz para completar algunos aspectos del aprendizaje en cirugía laparoscópica que no son posibles conseguir con el entrenamiento experimental (Fig. 1). Como ejemplo, el CCMI, a través del Proyecto Telesurgex,^(15,16) aprovecha las nuevas tecnologías de las comunicaciones para conectar 34 nodos en un sistema de multivideoconferencia (Fig. 2), posibilitando el intercambio de conocimientos que completarán la formación en cirugía laparoscópica, sin interferir en el aprendizaje experimental.

En una última fase del aprendizaje (Nivel 4) se considera primordial que el alumno en formación aplique los conocimientos adquiridos en la especie humana, guiado siempre por un experto en cirugía laparoscópica⁽³⁰⁾. Antes de llevar a cabo la aplicación clínica de la cirugía laparoscópica, el cirujano asistirá como ayudante u observador a intervenciones in vivo. Las demostraciones prácticas (videconferencias, vídeo, DVD, etc.) permitirán aprender de otras experiencias⁽³¹⁾.

La aplicación hospitalaria de los conocimientos adquiridos por el alumno será supervisada por el equipo de profesores e instructores que participaron en la formación del alumno, facilitándole un periodo de formación clínica que complete el aprendizaje experimental. Así, los diferentes profesores de los Cursos de formación del CCMI ofrecen sus Centros de trabajo para que los alumnos puedan continuar la formación en sus primeros pasos, en pacientes humanos.

Una vez iniciados en la práctica laparoscópica, el cirujano y el resto del equipo no perderán el interés en el aprendizaje de nuevas técnicas, perfeccionamiento de las que practican habitualmente, conocimiento de otras experiencias, etc., por lo que es indispensable la asistencia a otros cursos, seminarios, congresos, etc., y mantener una formación continuada en cirugía laparoscópica^(1-3,21).

3. ENTRENAMIENTO EN SIMULADORES

3.1. Cajas de entrenamiento

Los simuladores laparoscópicos (pelvic trainer) permiten al cirujano adquirir la destreza y habilidades suficientes en el manejo del instrumental⁽³²⁾, antes de aplicar sus conocimientos en la especie animal seleccionada para cada caso, y aprender maniobras de cierta dificultad técnica como la sutura laparoscópica intracorpórea⁽³³⁾.

El cirujano ensaya los procedimientos en el simulador siguiendo las maniobras a través de la cubierta superior transparente o por medio de las imágenes proyectadas en los monitores. Comercialmente existen diferentes modelos de simuladores que pueden emplearse por un único miembro del equipo quirúrgico, fijando la cámara mediante un brazo móvil a la mesa quirúrgica, o bien trabajar de manera conjunta dos o tres miembros del equipo quirúrgico desempeñando diferentes actividades (cámara, cirujano, ayudante) (Fig. 3).



Figura 3. Situación del cirujano y su ayudante para realizar los ejercicios en el simulador.

La efectividad de estos simuladores inanimados en el aprendizaje ha sido descrita^(32,34), habiéndose desarrollado algunos prototipos de simuladores específicos para el aprendizaje de técnicas concretas como la prostatectomía radical laparoscópica⁽³⁾ (Fig. 4). Estos simuladores tratan de representar la cavidad pélvica, abdominal o torácica, y han sido concebidos para adquirir la suficiente habilidad para completar con éxito maniobras de cierta complejidad técnica como la anastomosis uretrovesical en la prostatectomía radical laparoscópica⁽³⁾.

3.2. Simuladores virtuales

La simulación quirúrgica, fundamentada en la realidad virtual, permite la adquisición de habilidades técnicas en cirugía laparoscópica⁽³⁵⁻³⁷⁾, mediante dispositivos de realimentación de fuerza, denominados dispositivos hápticos, que sustituyen a las herramientas quirúrgicas y proporcionan al cirujano una sensación táctil y de manipulación de tejidos similar a la real. Necesitan de un entorno de representación visual que reproduce la misma visión que se obtiene con la

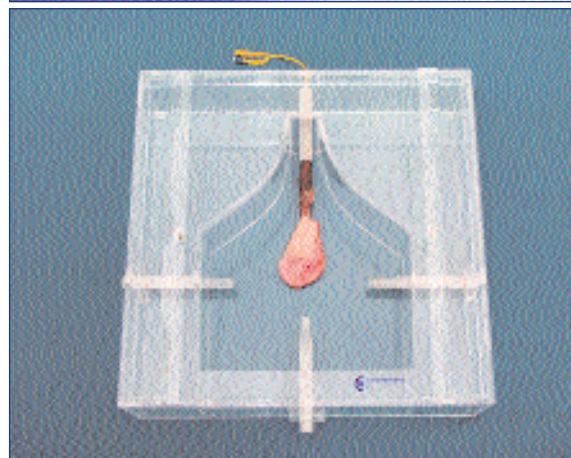
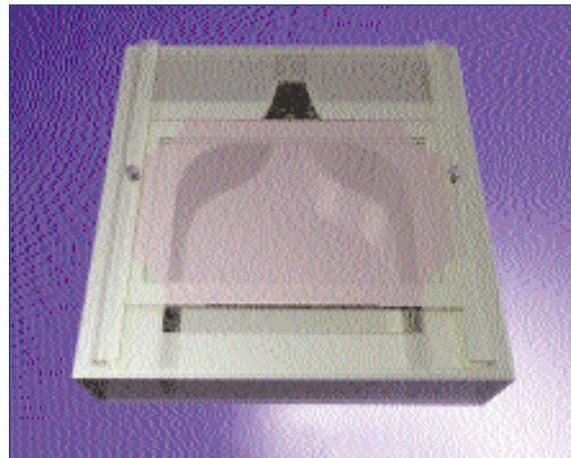


Figura 4. Prototipo de simulador laparoscópico diseñado en el CCMI para el aprendizaje experimental en cirugía laparoscópica.

cámara laparoscópica (Fig. 5). Un aspecto esencial del nuevo proceso de formación, basado en el simulador virtual, es su capacidad de evaluar el grado de destreza del cirujano ante determinados procedimientos o tareas (corte, disección, aprehensión, etc.), y finalmente en el aprendizaje de los diferentes procedimientos quirúrgicos.



Figura 5. Prototipo del simulador desarrollado en la Red Temática de Investigación Cooperativa: SINERGIA. Este simulador virtual será incorporado en el programa de formación en cirugía laparoscópica del CCMI, integrado dentro del Nivel básico de aprendizaje.

Especial: Tecnologías de Simulación y Planificación Quirúrgica...

En los últimos años se ha realizado un serio esfuerzo en la construcción de simuladores virtuales para la formación en CMI. La evolución de dichos simuladores se puede describir en 3 generaciones⁽³⁸⁾:

Primera generación: En esta primera generación se aplican los conceptos de navegación e inmersión tridimensional en entornos médicos. Estas técnicas, basadas en realidad virtual, únicamente consideran la naturaleza geométrica del cuerpo humano. A pesar de la limitada interacción de usuario, estos simuladores encuentran numerosas aplicaciones en el campo de la educación y entrenamiento.

Segunda generación: En esta generación, los simuladores permiten modelar la interacción física con cada estructura anatómica. Para estructuras óseas, esta generación permite relacionar restricciones cinemáticas (movimiento de huesos) con deformación de músculos. Para tejidos blandos, es necesario modelar su deformación bajo la influencia de otras estructuras o instrumentos quirúrgicos.

Tercera generación: En la tercera generación, los simuladores deben considerar la naturaleza funcional de los órganos humanos (anatomía, física o fisiología) y su interacción mutua. Por ejemplo, cortar una vena (fenómeno físico) tiene una influencia en la presión sanguínea y por lo tanto en el funcionamiento de los demás órganos. Por el contrario, el desarrollo de lesiones tumorales (fenómeno fisiológico) modifica localmente las propiedades mecánicas de los tejidos.

En la actualidad no existe ningún prototipo ni desarrollo comercial incluido entre los denominados simuladores quirúrgicos de tercera generación.

4. ARQUITECTURA DEL SIMULADOR

Para simular la interacción quirúrgica el simulador incorporará dos grandes componentes software: el modelo biomecánico de los órganos y la detección y gestión de colisiones. El modelo biomecánico permitirá calcular las deformaciones que van experimentando los órganos, información que será enviada al entorno de representación visual. Además, calculará las fuerzas que han de ser devueltas al

usuario a través de los dispositivos hápticos. Estos cálculos se realizarán a partir de los movimientos que el usuario realiza sobre el instrumental háptico y a partir de la detección y gestión de colisiones (Fig. 6).

Así, se simularán modelos anatómicos con propiedades mecánicas similares a los tejidos reales, con sus texturas, y permitiendo deformaciones, cortes y todo tipo de manipulación de tejidos. El simulador que se propone desarrollar en este proyecto debe verificar las siguientes especificaciones generales para su posterior validación clínica:

- Que el modelo biomecánico con el que se modelen los tejidos presentes en el simulador responda física y fisiológicamente en tiempo real (15 Hz) a la interacción del clínico que está realizando el entrenamiento.
- La realimentación de fuerzas se producirá a una frecuencia de refresco adecuada, que algunos autores sitúan en 1KHz.
- Se generarán entornos 3D adaptados a la práctica quirúrgica para la cual se desea realizar el entrenamiento.
- Utilizar tecnología hardware de bajo/medio coste basada en arquitecturas PC estándar con sistemas operativos de uso común.

5. ESCENARIO QUIRÚRGICO

Un aspecto esencial del nuevo proceso de formación, basado en el simulador, será su capacidad de valorar el grado de destreza del cirujano tras completar determinados procedimientos quirúrgicos, maniobras o tareas. Para evaluar el grado de destreza se plantea desarrollar la técnica de funduplicatura de Nissen laparoscópica en el simulador. En el simulador que planteamos, la elección de esta técnica quirúrgica se fundamenta en los siguientes aspectos:

1. Es una de las técnicas quirúrgicas más solicitadas en cuanto a formación en cirugía laparoscópica. El análisis de los primeros 2000 alumnos del CCMI así lo demuestra y además apreciamos que, junto al aprendizaje de suturas laparoscópicas, es una técnica ampliamente solicitada por los cirujanos para su entrenamiento.
2. Se trata de una técnica princeps de aplicación laparoscópica ya que cumple las ventajas de la cirugía de mínima invasión: disminución del dolor postoperatorio, reducción de estancia hospitalaria, magnificación de la imagen quirúrgica, mejores resultados cosméticos e igual efectividad que la técnica abierta.
3. Necesita que el cirujano sea extremadamente competente en las maniobras de sutura laparoscópica intracorpórea. El manejo de la sutura laparoscópica confiere al cirujano una gran destreza y habilidad quirúrgica y el manejo de ambas manos durante el procedimiento quirúrgico.
4. Representa una técnica idónea para valorar en el simulador el grado de destreza del cirujano ya que combina las maniobras de exposición quirúrgica, disección, corte, aprehensión y sutura dentro del mismo procedimiento laparoscópico. Estos parámetros serán tomados como



Fig. 6. Componentes principales del simulador quirúrgico.

Especial: Tecnologías de Simulación y Planificación Quirúrgica...

variables del desarrollo del simulador, de forma que progresivamente el cirujano debe perfeccionar cada uno de los aspectos quirúrgicos hasta completar las maniobras de anudado laparoscópico intracorpóreo.

6. EVALUACIÓN DEL SIMULADOR

Para que los simuladores, fundamentalmente los que incluyen tecnología de realidad virtual, puedan ganar la aceptación en los programas de aprendizaje, necesitan una evaluación exacta de su eficacia durante el periodo de aprendizaje quirúrgico y determinar con claridad su ayuda en el proceso de formación. Los estudios realizados han mostrado las diferencias existentes en las habilidades de un cirujano novel y cirujanos expertos, las mejoras en la adquisición de destreza con el tiempo, y una correlación entre el trabajo practicado en el simulador y la cirugía aplicada en pacientes^(39,40).

En nuestro caso, la evaluación del simulador quirúrgico pretende demostrar la utilidad del sistema, en condiciones controladas, antes de valorar su posible aplicación clínica, teniendo en cuenta los recursos necesarios para su implantación de forma generalizada en el proceso de formación en cirugía laparoscópica de los facultativos de España y del resto de Europa. El proceso de evaluación que se pretende tiene tres fases:

1. Fase de calidad y usabilidad en el CCMI.
2. Fase de validación experimental del modelo de formación en colaboración con los Hospitales del Sistema Nacional de Salud que participan en este proyecto.
3. Fase de estudio coste-utilidad.

7. CONCLUSIONES

El proyecto SINERGIA propone integrar un simulador quirúrgico laparoscópico en el sistema de formación en cirugía de mínima invasión, intentando perfeccionar el aprendizaje convencional en estas técnicas quirúrgicas. Dicho entorno virtual será el complemento idóneo del periodo de aprendizaje en cirugía laparoscópica, con capacidad para gestionar una base de datos con modelos tridimensionales de estructuras orgánicas que se emplearán para el aprendizaje y las prácticas en el entrenamiento en cirugía laparoscópica. A los algoritmos y al software creado para desarrollar esta simulación se le irán adaptando progresivamente la creación de diferentes patologías orgánicas y los complementos necesarios para poder simular el aprendizaje de diferentes procedimientos quirúrgicos con mayor complejidad técnica.

Un aspecto primordial del nuevo proceso de formación basado en el simulador será su capacidad de evaluar el grado de destreza del cirujano ante unos determinados procedimientos, maniobras quirúrgicas o tareas. En este sentido, y debido esencialmente a la dificultad de estandarizar los métodos de formación en cirugía, el simulador podrá utilizarse para definir las destrezas espaciales y sensorial/motoras necesarias así como los procedimientos crí-

ticos que puedan definir el grado de experiencia del cirujano laparoscópico.

Podemos afirmar que la naturaleza de la red temática de investigación SINERGIA está permitiendo el establecimiento de una red de excelencia para la formación sanitaria española, compartiendo sus conocimientos, en cuanto a los sistemas de desarrollo e investigación en simulación y planificación quirúrgicas. Asimismo esta red pretende contribuir al desarrollo de políticas sanitarias eficientes promoviendo un óptimo aprendizaje y formación del clínico.

La ambición de los objetivos científicos de la Red Temática SINERGIA se fundamenta en la experiencia previa de sus equipos de investigación, instituciones del SNS y grupos de investigación universitarios, y en la generación de un consorcio multidisciplinar y multiinstitucional que aglutine los científicos y medios materiales absolutamente necesarios para abordar con éxito el proyecto propuesto. La red y los resultados esperados del proyecto científico tienen por objetivo la creación de un consorcio español similar a consorcios existentes en otros países europeos, que en la actualidad están trabajando en este campo de investigación y que han surgido en los últimos años como único medio para abordar los retos planteados en este proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Usón J., Pascual S., Sánchez F.M., Hernández F.J. Pautas para el aprendizaje en suturas laparoscópicas. En Usón J., Pascual S. editores. Aprendizaje en suturas laparoscópicas. Zaragoza. Librería General S.A. 1999, p.38-54.
2. Usón J., Pascual S., Sánchez F.M. Aprendizaje y formación en cirugía laparoscópica. En Bilbao E., Pascual S. Cirugía laparoscópica del Reflujo Gastroesofágico. Técnica de Nissen. Cáceres. Centro de Cirugía de Mínima Invasión. 2002, p.37-61.
3. Usón J., Pascual S., Sánchez F.M., Tejonero M.C. Enseñanza de la laparoscopia: Bases prácticas. En Usón J., Sánchez F.M., Roca A., Passas J., Van Velthoven R. Prostatectomía radical laparoscópica. Cáceres. Centro de Cirugía de Mínima Invasión. 2003, p.97-124.
4. Bannenberg J., Meijer D. *Setting up and Running Courses*. En Ballantyne G.H., Leahy P.F., Modlin I.M. editores. Laparoscopic surgery. Section VIII: Postdoctoral training for laparoscopic surgery. Philadelphia. W.B. Saunders Co. 1994, p.677-685.
5. Shalhav A.L., Dabagia M.D., Wagner T.T., Koch M.O., Lingeman J.E. Training postgraduate urologists in laparoscopic surgery: the current challenge. *J Urol*. 2002; 167(5): 2135-7.
6. Whitted RW, Pietro PA, Martin G, Latchaw G, Medina C. A retrospective study evaluating the impact of formal laparoscopic training on patient outcomes in a residency program. *J Am Assoc Gynecol Laparosc* 2003; 10(4): 484-8
7. D'Amico T.A., Schwartz L.B., Eubanks S. Laparoscopic instrumentation and basic techniques. En Pappas T.N., Schwartz L.B., Eubanks S. editores. Atlas of laparoscopic surgery. Philadelphia. Current Medicine. 1996, p.1-10.
8. Guidelines for granting of privileges for laparoscopic and/or thoracoscopic general surgery. Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (SAGES). *Surg Endosc*. 1998; 12(4): 379-80.
9. Dent T.L. Training and privileging for new procedures. *Surg Clin North Am*. 1996; 76(3): 615-21.
10. Rassweiler J., Frede T., Seemann O., Stock C., Sentker L.

Especial: Tecnologías de Simulación y Planificación Quirúrgica...

- Telesurgical laparoscopic radical prostatectomy. Initial experience. *Eur Urol.* 2001; 40(1): 75-83.
11. Link R.E., Schulam P.G., Kavoussi L.R. Telesurgery. Remote monitoring and assistance during laparoscopy. *Urol Clin North Am.* 2001; 28(1): 177-88.
 12. Ballantyne G.H. Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and telementoring. Review of early clinical results. *Surg Endosc.* 2002; 16(10): 1389-402.
 13. Pande R.U., Patel Y., Powers C.J., D'Ancona G., Karamanoukian H.L. The telecommunication revolution in the medical field: present applications and future perspective. *Curr Surg.* 2003; 60(6): 636-40.
 14. Sarle R., Tewari A., Shrivastava A., Peabody J., Menon M. Surgical robotics and laparoscopic training drills. *J Endourol* 2004; 18(1): 63-7.
 15. Masero V., Sánchez F.M., Usón J. An integrated system of telemedicine for minimally invasive surgery. *J Telemed Telecare.* 2000; 6 (Suppl 2): S88-9.
 16. Masero V., Sánchez F.M., Usón J. A telemedicine system for enabling teaching activities. *J Telemed Telecare.* 2000; 6 (Suppl 2): S86-8.
 17. Chitwood W.R., Nifong L.W., Chapman W.H.H., Felger J.E., Bailey B.M., Ballint T. et al. Robotic Surgical Training in an Academic Institution. *Ann Surg.* 2001; 234(4): 475-486.
 18. Laguna M., Pilar A., Hatzinger M., Rassweiler J. Simulators and endourological training. *Curr Opin Urol.* 2002; 12(3): 209-215.
 19. Usón J., Sánchez F.M. El futuro de la cirugía de mínima invasión. *Cirugía Mayor Ambulatoria.* 1998; 3(4): 14-18.
 20. Cheff A.D., Schulam P.G., Docimo S.G., Moore R.G., Kavoussi, L.R. Telesurgical consultation. *J Urol.* 1996; 156: 1391-3.
 21. Delgado F., Gómez-Abril S., Montalvá E., Torres T., Trullenque R., Richart J. et al. Formación del residente en cirugía laparoscópica: un reto actual. *Cir Esp.* 2003; 74(3): 134-8.
 22. Hemal A.K., Srinivas M., Charles A.R. Ergonomic problems associated with laparoscopy. *J Endourol.* 2001; 15(5): 499-503.
 23. Nguyen N.T., Ho H.S., Smith W.D., Philipps C., Lewis C., De Vera R.M., et al. An ergonomic evaluation of surgeons' axial skeletal and upper extremity movements during laparoscopic and open surgery. *Am J Surg.* 2001; 182(6): 720-4.
 24. Emam T.A., Hanna G., Cuschieri A. Ergonomic principles of task alignment, visual display, and direction of execution of laparoscopic bowel suturing. *Surg Endosc.* 2002; 16(2): 267-71.
 25. Byme P., Nduka C.C., Darzi A., Cameron A. Teaching laparoscopic surgery practice on live animal is illegal. *BMJ.* 1994; 308: 1435.
 26. Shah J., Mackay S., Vale J., Darzi A. Simulation in urology—a role for virtual reality?. *BJU Int.* 2001; 88(7): 661-5.
 27. Haluck R.S., Krummel T.M. Computers and virtual reality for surgical education in the 21st century. *Arch Surg.* 2000; 135: 786-792.
 28. Jordan J.A., Gallagher A.G., McGuigan J., McClure K., McClure N. A comparison between randomly alternating imaging, normal laparoscopic imaging, and virtual reality training in laparoscopic psychomotor skill acquisition. *Am J Surg.* 2000; 180: 208-211.
 29. Fried G.M., Derossis A.M., Bothwell J., Sigman H.H. Comparison of laparoscopic performance in vivo with performance measured in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc.* 1999; 13: 1077-82.
 30. Traxer O., Gettman M.T., Napper C.A., Scott D.J., Jones D.B., Roehrbom C.G., et al. The impact of intense laparoscopic skills training on the operative performance of urology residents. *J Urol.* 2001; 166(5): 1658-61.
 31. Scott D.J., Rege R.V., Bergen P.C., Guo W.A., Laycock R., Testay S.T., et al. Measuring operative performance after laparoscopic skills training: edited videotape versus direct observation. *J. Laparoendosc. Adv Surg Tech. A.* 2000; 10: 183-90.
 32. Derossis A.M., Bothwell J., Sigman H.H., Fried G.M. The effect of practice on performance in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc.* 1998; 12(9): 1117-20.
 33. Fried G.M., Derossis A.M., Bothwell J., Sigman H.H. Comparison of laparoscopic performance in vivo with performance measured in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc.* 1999; 13: 1077-82.
 34. Isenberg S.B., McGaghie W.C., Hart I.R., Mayer J.W., Felner J.M., Petrusa E.R., et al. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA.* 1999; 282: 861.
 35. Grantcharov T.P., Kristiansen V.B., Bendix J., Bardram L., Rosenberg J., Funch-Jensen P. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg* 2004; 91(2): 146-50.
 36. Schijven M.P., Jakimowicz J. The learning curve on the Xitac LS 500 laparoscopy simulator: profiles of performance. *Surg Endosc.* 2004; 18(1): 121-7.
 37. Madan A.K., Frantzides C.T., Shervin N., Tebbit C.L. Assessment of individual hand performance in box trainers compared to virtual reality trainers. *Am Surg.* 2003; 69(12): 1112-4.
 38. Delingette H. "Toward realistic soft-tissue modeling in medical simulation," *Proceedings of the IEEE,* 1998; 86(3):512-523.
 39. O'Toole R.V., Playter R.R., Krummel T.M., Blank W.C., Comelius N.H., Roberts W.R., et al. Measuring and developing suturing technique with a virtual reality surgical simulator. *J Am Coll Surg.* 1999; 189: 114-117.
 40. Bloom M.B., Rawn C.L., Salzberg A.D., Krummel T.M. Virtual Reality Applied to Procedural Testing: The Next Era. *Ann Surg.* 2003; 237(3): 442-448.

Single Sign On de Citrix

Citrix® MetaFrame® Password Manager es la solución que Citrix ha puesto en el Mercado para la gestión de contraseñas. Esta solución de Single Sign On funciona en distintas modalidades, o bien almacena el log-on en una base de datos encriptada, se integra con directorio activo o bien con LDAP o bien reside en la máquina en modo local encriptado. El MetaFrame Password Manager también se puede activar a través de carpetas compartidas en la red. La solución esta siendo contemplada por distintos usuarios del sector sanitario.

Cabe recordar que esta solución puede montar con o sin otras soluciones de este fabricante.