

¿Es útil un robot en cirugía? A propósito del uso del soporte de la cámara de videoendoscopia en la colecistectomía

Enric Laporte^a, Antoni M. Arner^a, Neus García-Monforte^a, Natalia Bejarano^a, Alícia Casals^b y Josep Amat^b

^aServicio de Cirugía. Hospital de Sabadell. Corporació Parc Taulí. Sabadell. Barcelona. España.

^bDepartamento de ESAIL. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España.

Resumen

Objetivo. El diseño de un brazo motorizado para llevar la cámara de videoendoscopia de forma inteligente nos ha llevado a determinar sus funciones y su aplicabilidad. En este contexto, hemos llevado a cabo un estudio en pacientes sometidos a colecistectomía en el que hemos comparado la utilidad de un soporte mecánico fijo con la manera tradicional de llevar la videocámara manualmente por un ayudante.

Pacientes y método. Estudio unicéntrico aleatorizado, abierto y controlado, realizado en paralelo en 2 grupos de pacientes sometidos a una colecistectomía laparoscópica. Se ha incluido a 95 pacientes adultos ASA I-III, de ambos sexos, afectados de colelitiasis sintomática. Durante la intervención quirúrgica, en el grupo A un ayudante conducía la cámara manualmente y en el grupo B se empleó un brazo mecánico no motorizado. En cada intervención se valoraron la duración total y de la colecistectomía propiamente dicha, el número de encuadres del campo quirúrgico, y las veces que fue necesario limpiar la óptica por haberse ensuciado accidentalmente.

Resultados. El tiempo operatorio de la colecistectomía fue menor en el grupo B, lo que repercutió de manera significativa en el tiempo operatorio total. El número de veces que hubo que limpiar la óptica, así como la media de cambios de encuadre, fue significativamente menor al utilizar el soporte mecánico.

Conclusiones. Sustituir a un ayudante por un soporte mecanizado acorta el tiempo de intervención y no conlleva inconvenientes sustanciales. La reducción del número de maniobras de encuadre y de lavado de la óptica durante la operación parece que haría de éste un elemento facilitador en operaciones de larga duración que, además, supondría un ahorro económico en personal. Ante estos resultados, hoy día no parece justificado incorporar otro aparato más complejo que un soporte mecanizado en el quirófano, con la única finalidad de aguantar la cámara de videoendoscopia.

tificado incorporar otro aparato más complejo que un soporte mecanizado en el quirófano, con la única finalidad de aguantar la cámara de videoendoscopia.

Palabras clave: Cirugía laparoscópica. Robótica. Brazo mecanizado. Colecistectomía.

ARE ROBOTS USEFUL IN SURGERY? APROPOS OF THE USE OF A ROBOTIC VIDEOENDOSCOPY CAMERA HOLDER IN CHOLECYSTECTOMY. A RANDOMIZED TRIAL

Objective. The design of a motorized arm to intelligently support the videoendoscopy camera led us to determine its functions and applicability. In this context we compared the utility of a fixed mechanical support with the traditional form of manual support of the videocamera by an assistant in patients undergoing cholecystectomy.

Patients and method. We performed a single-center, open, controlled, randomized trial of two groups of patients who underwent laparoscopic cholecystectomy, studied in parallel. Ninety-five adult patients ASA I-III, of both sexes, with symptomatic cholelithiasis were included. During the surgical intervention, an assistant guided the camera manually in group A and a non-motorized mechanical arm was used in group B.

In each intervention we evaluated the total duration and that of the cholecystectomy itself, the number of frames of the surgical field, and the number of times that the optics required cleaning due to accidental soiling.

Results. The operating time for cholecystectomy was shorter in group B, which had a significant effect on total operating time. The number of times that the optics required cleaning as well as the mean number of frame changes was significantly lower when mechanical support was used.

Conclusions. Replacing an assistant by a mechanized support reduces operating time and does not entail substantial disadvantages. The reduction in the

Correspondencia: Dr. E. Laporte.
Director del Programa de NT en Cirugía. Hospital de Sabadell.
Parc Taulí, s/n. 08208 Sabadell. España.

Manuscrito recibido el 30-08-2003 y aceptado el 25-09-2003.

number of frame maneuvers and washing of the optics during the intervention seem to be useful in long operations and to reduce personnel costs. In view of these results, nowadays it does not seem advantageous to incorporate another, more complex apparatus than a mechanized support into the operating room, with the sole purpose of holding the videoendoscopy camera.

Key words: *Laparoscopic surgery. Robotics. Mechanized arm. Cholecystectomy.*

Introducción

Desde que nos iniciamos en la cirugía laparoscópica hemos utilizado distintos soportes existentes en el mercado para aguantar la cámara encuadrando el campo quirúrgico. La aparición de brazos motorizados telecomandados para tal efecto en el mercado nos indujo a contactar con el Departamento de ESaII de la Universitat Politècnica de Catalunya para diseñar uno, de bajo coste, gobernado por un programa de seguimiento de visión (Beca de la CICYT: TAP 1999-1163-C02-02). Aparte de la mejora técnica y el abaratamiento del aparato, se trataba de demostrar la verdadera aplicabilidad y necesidad de los soportes mecanizados en el entorno quirúrgico actual y de comparar de forma rigurosa su eficiencia con la de una persona que sostiene la cámara. Dado que la laparoscopia ha mostrado su utilidad principalmente en la cirugía de campos pequeños –colecistectomía, funduplicatura gastroesofágica, adrenalectomía, esplenectomía, cirugía pélvica–, hemos considerado que valorar el número de encuadres durante la operación podría ayudarnos a determinar la utilidad de los brazos motorizados.

En definitiva, el objetivo de este estudio es establecer el papel de un soporte mecánico de la cámara de videoendoscopia en la colecistectomía, en comparación con la forma tradicional de conducirla manualmente por un ayudante, en términos de eficacia y de eficiencia.

Pacientes y método

Se trata de un estudio unicéntrico aleatorizado, abierto y controlado, realizado en paralelo en 95 pacientes a los que se practicó una colecistectomía por colelitiasis sintomática, incluidos en dos grupos siguiendo los criterios de la tabla 1. Uno de los pacientes incluido inicialmente fue descartado por presentar una colecistitis complicada con coledocolitiasis no sospechada con anterioridad. La aleatorización de los pacientes se llevó a cabo justo cuando ya se encontraban en el quirófano. Para facilitar la similitud de los procedimientos llevados a cabo en los pacientes de uno y otro grupo,

TABLA 1. Criterios de inclusión

1. Paciente mayor de 18 años
2. Riesgo anestésico ASA tipo I-III
3. Con colelitiasis sintomática programados para intervención quirúrgica
4. Con consentimiento informado por escrito firmado
5. Sin antecedentes de cirugía abdominal del espacio supramesocólico o peritonitis, ni obesidad mórbida ni sospecha preoperatoria de coledocolitiasis, ni alteración o enfermedad renal o hepática

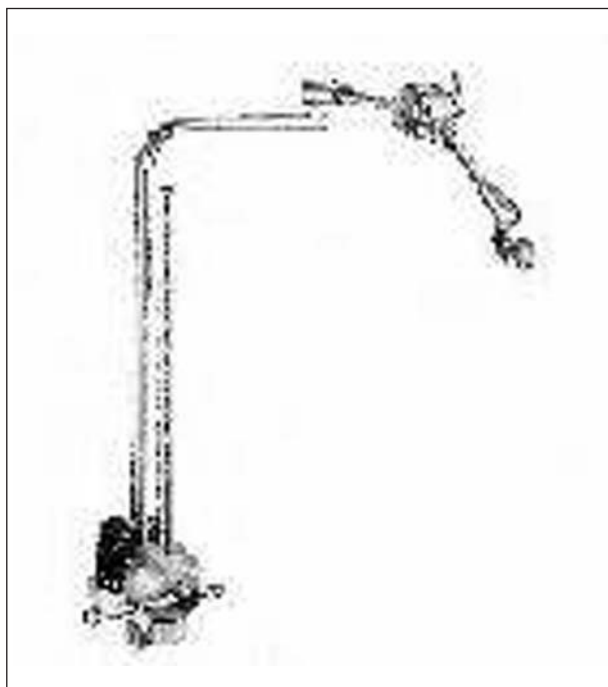


Fig. 1. Brazo soporte de Martin.

se consideró por igual la existencia de antecedentes quirúrgicos abdominales, de adherencias perivesiculares y la tasa de perforaciones accidentales de la vesícula biliar durante su disección. La operación se llevó a cabo con 4 o 5 vías según se considerara necesario, y en 29 casos (13 + 16) se empleó la suspensión de pared. En ninguno de los pacientes se llevó a cabo una colangiografía peroperatoria, que efectuamos de manera selectiva, ni otra operación suplementaria. Han participado 4 cirujanos con experiencia suficientemente contrastada (3 cirujanos de plantilla y 1 MIR de quinto año). Durante la intervención quirúrgica, en un grupo de pacientes la cámara fue conducida manualmente por un ayudante, y en el otro, se fijó a un brazo mecánico no motorizado esterilizado al autoclave (K Storz, Tutlingen). Como se aprecia en la figura 1, se trata de un soporte constituido por 3 tubos de acero de 12 mm de diámetro y una mordaza que fija con una llave la vaina del trocar. Estos elementos están unidos por 2 rótulas en las articulaciones distales y 1 tornillo en la medial, cuya actuación fija las rótulas mediante la tracción de sendos cables contenidos en el interior de los tubos, en la posición deseada. Este soporte va fijado al raíl lateral de la mesa operatoria, en el punto deseado, que suele ser en el ombligo del paciente, ya colocado en posición encima de la mesa operatoria. Después de pintar el campo operatorio con una solución de povidona yodada, y mientras uno de los cirujanos va colocando las tallas, el ayudante sostiene el brazo del soporte y un celador o la enfermera circulante lo fijan a la mesa. Esta maniobra, que en sí misma no requiere más de un minuto, se efectúa simultáneamente a las demás acciones que se van desarrollando en la preparación de la operación y no se le ha asignado un tiempo adicional. Esto es debido a que este mínimo tiempo de colocación resulta despreciable en el contexto de toda la preparación, en la cual influyen muchas otras variables; asimismo, se ha considerado preferible valorar el efecto de la utilización del propio brazo.

Así pues, se valoraron la duración de la intervención desde que el utillaje estaba en posición hasta la liberación completa de la vesícula biliar (tiempo de colecistectomía) y, también, hasta la retirada de la óptica después de exteriorizar la pieza operatoria (tiempo operatorio total), así como el número de veces que la cámara cambiaba el encuadre y que fue necesario limpiarla por suciedad o empañamiento accidental. Para la comparación de las variables cualitativas se ha utilizado la prueba de la χ^2 y para las cuantitativas la prueba de la t de Student.

Resultados

Los 2 grupos de pacientes incluidos en el estudio no presentaban diferencias de edad, de sexo, ni en los aspectos relacionados con la dificultad de la operación, como los antecedentes de cirugía abdominal, la existencia de adherencias perivesiculares o los casos en que se perforó la vesícula biliar accidentalmente durante la colecistectomía (tabla 2). La diferencia en el tiempo operatorio total ha sido significativa ($p = 0,012$) a expensas del estrictamente dedicado a la colecistectomía ($p = 0,007$). Asimismo, se ha constatado que se ha movido menos la cámara con el uso del soporte si atendemos el número de veces que hubo que lavar la óptica ($p = 0,008$) y los cambios de encuadre del campo quirúrgico ($p = 0,000$; tabla 3).

Discusión

Desde finales de la década pasada, en que se introdujo la laparoscopia para llevar a cabo muchos de los procedimientos quirúrgicos que hasta entonces se hacían a cielo abierto¹, la demanda de nuevos instrumentos y nuevos aparatos ha sido continua.

Por otra parte, la introducción de la robótica en el entorno quirúrgico es un hecho aceptado en nuestra sociedad, principalmente cuando nos referimos a procesos que la mano del hombre no puede llevar a cabo de manera directa. Éste es el caso de la cirugía refractiva, en que el haz de láser lleva a cabo un rebanamiento corneal de micras de grosor con total exactitud, siguiendo un programa informático diseñado para que el cirujano pueda planificar la operación expresamente para cada paciente. Aun tras demostrar la posibilidad de su uso, más controvertida resulta la utilidad, en términos de eficiencia, de los robots en los quirófanos de las demás especialidades, especialmente en cirugía laparoscópica²⁻⁴. De hecho, estamos en un primer estadio en el desarrollo de modelos inteligentes

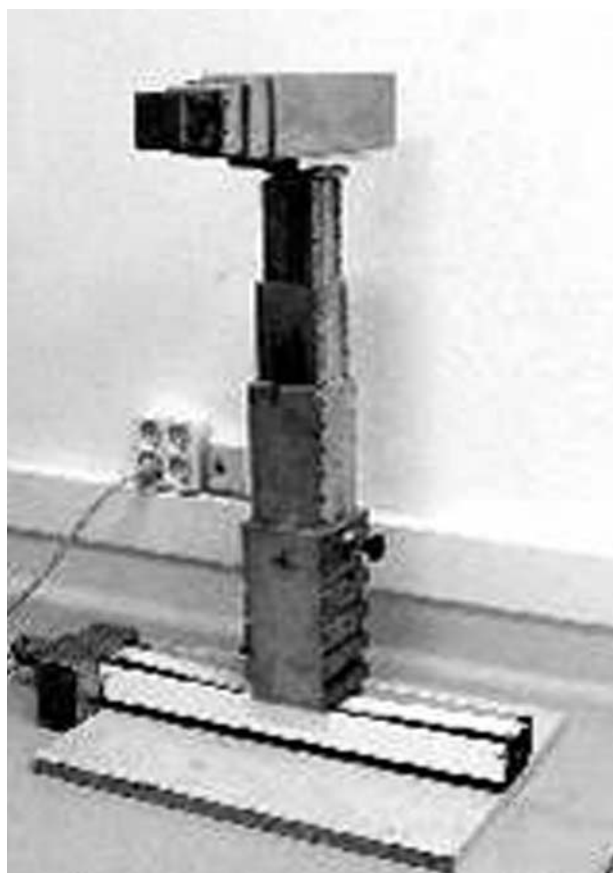


Fig. 2. Brazo robot de acceso lateral.

TABLA 2. Datos poblacionales

	Conducción manual	Soporte mecánico	P
Varón	15	20	
Mujer	32	28	
Edad, media (rango)	58,1 (26-82)	55,4 (20-87)	
Antecedentes quirúrgicos abdominales	1	4	0,3
Adherencias perivesiculares	31	31	0,1
Perforación accidental vesícula biliar	21	18	0,5

TABLA 3. Resultados

	Conducción manual	Soporte mecánico	p
Tiempo total cirugía (min)	46,8 ± 26	34,6 ± 20	0,012
Tiempo colecistectomía	34,0 ± 22	23,1 ± 16	0,007
Cambios encuadre/cirugía	8,6 ± 5,3	2,8 ± 3,0	0,000
N.º de lavados	0,6 ± 1,0	0,15 ± 0,4	0,008

en este campo. La gran movilidad del contenido intestinal y la variabilidad de las estructuras de una misma persona en distintas condiciones hacen difícil el desarrollo de modelos virtuales en los cuales se pueda llevar a cabo una intervención reproducible en la realidad. Tienen utilidad en el aprendizaje y desarrollo de habilidades de cirujanos en formación, al igual que los brazos mecanizados guiados por programas de telepresencia^{5,6}.

En general, se admite que la robótica aporta numerosas ventajas con respecto al acto realizado por el hombre: los robots son más precisos en el movimiento que realizan, son más rápidos en la ejecución del trabajo asignado, son más resistentes a la fatiga, están mejor adaptados a una labor específica y mantienen mejor la atención durante el procedimiento. Además, tienen una salud de hierro y no están sometidos a la legislación laboral.

Por ahora, el objetivo principal a corto plazo del uso de brazos mecanizados en cirugía abdominal es la cirugía en solitario⁷, es decir, la sustitución de los ayudantes quirúrgicos por brazos mecanizados que responden a órdenes manuales o incluso verbales⁸⁻⁹, o guiados por programas informáticos diseñados para llevar a cabo tareas específicas¹⁰. El hecho de facilitar la exposición del campo quirúrgico sujetando retractores o pinzas que tensan las estructuras anatómicas vecinas, o la conducción de la cámara de videolaparoscopia, son tareas monótonas que, generalmente, requieren más inmovilidad que acción por parte del ayudante. Asimismo, su atención puede disminuir a medi-

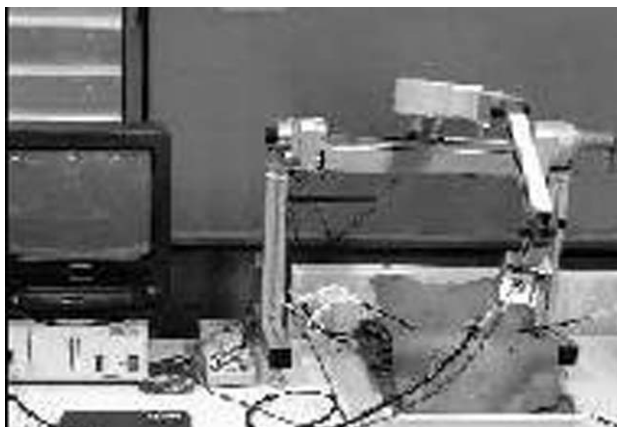


Fig. 3. Brazo robot en pórtico.

da que pasa el tiempo, lo que puede llegar a ser un problema cuando se alarga el acto quirúrgico. Aunque haya quien siga considerando que es un buen ejercicio para desarrollar las habilidades quirúrgicas de los médicos residentes, lo único que se logra es mantener su atención sobre el procedimiento operatorio. Las habilidades deben aprenderse en el laboratorio mediante el uso de un soporte para la sujeción de la cámara de videoendoscopia.

El resultado de la investigación llevada a cabo con los ingenieros del Departamento de ESAll ha sido un prototipo de robot que ofrece mejoras respecto a los brazos motorizados ya existentes en el mercado.

En la figura 2 se muestra el primer prototipo, en el que se utiliza una estructura articulada retráctil para minimizar el espacio ocupado, y de acceso lateral. A partir de este diseño, se estudió la posibilidad de utilizar una estructura más ergonómica, en pórtico (fig. 3), para que pudiera situarse sobre la mesa de operaciones, junto a otros elementos necesarios para el cirujano, sin que ocupara espacio adicional del entorno del paciente. Esto es especialmente útil por cuanto el ayudante y el instrumentista pueden colaborar más cómodamente en la operación, el propio cirujano no ve limitados sus movimientos por la presencia del brazo, y en caso de ser necesaria una intervención rápida sobre el paciente, no hay obstáculos que dificulten el acceso inmediato. De hecho, últimamente utilizamos con agrado otro modelo de soporte mecánico más ligero que fijamos en el arco fuerte colocado por encima del tórax del paciente para la suspensión de pared¹¹: no se requiere ayuda externa para su fijación y la maniobra alrededor del campo quirúrgico es más cómoda para todos.

Hasta validar finalmente la última versión, nos planteamos distintos objetivos que se fueron cumpliendo de manera progresiva:

- Del seguimiento de instrumentos marcados con un código de barras se pasó a seguir directamente su punta original.
- Se estableció la relación adecuada entre los movimientos del brazo y los del instrumento, de modo que un seguimiento demasiado apurado no comportara un constante e inútil cambio de imagen en pantalla.

- De un brazo con varias articulaciones se pasó a un brazo telescópico sobre raíles, con 3 grados de libertad.
- En lugar de fijar el soporte en el rail lateral de la mesa, en sustitución del ayudante, se diseñó un modelo en forma de arco o pórtico, sujetado a la mesa operatoria en la zona del tórax o de la pelvis del paciente, con el brazo emergiendo por delante del cirujano.
- El soporte es suficientemente versátil como para adaptarlo a distintas tareas y a campos quirúrgicos de diferentes especialidades.
- Se añadió un sensor de fuerza que, además de medida de seguridad, nos permite la manipulación manual para fijar las condiciones iniciales con el mínimo esfuerzo.

A raíz de los resultados de nuestro estudio podemos considerar que la utilización de brazos mecanizados no responde a una necesidad real en nuestro quirófano, pero estamos convencidos de que los avances en el control más inteligente de robots contribuirán a mejorar las condiciones de trabajo en cirugía. El robot constituirá una herramienta de ayuda al cirujano en ciertas intervenciones, y en otras realizará la intervención automáticamente gracias a una planificación previa realizada por el propio cirujano, tal como ocurre en cirugía oftalmológica.

Sin cuestionar la utilidad de los brazos teledirigidos o robotizados en programas de telepresencia¹²⁻¹⁶ que se deben seguir desarrollando en un futuro, creemos que valorar la eficacia de un soporte mecánico articulado fijo frente a la conducción manual de la cámara es un primer paso para hacer las consideraciones necesarias en el diseño de sistemas automáticos. Los estudios con soportes mecanizados¹⁷⁻¹⁹ deberían demostrar su ventaja, no sólo en cuanto a la conducción manual sino también respecto al soporte mecanizado.

Como conclusiones podemos decir que la utilización de un soporte mecánico fijo no parece afectar al tiempo de intervención en la colecistectomía por laparoscopia, ni presentar inconvenientes sustanciales en el desarrollo de ésta. Al contrario, que la imagen en la pantalla no se mueva, como suele suceder cuando un ayudante sostiene la cámara, sobre todo si no es muy experto, hace más distendida la actuación del cirujano. Asimismo, el encuadre del campo operatorio responde a sus propias necesidades visuales y la manipulación es extremadamente sencilla por cuanto se efectúa aflojando ligeramente el tornillo y volviéndolo a apretar una vez lograda la posición deseada. También el hecho de disminuir el número de encuadres que se llevan a cabo y ahorrar la presencia de un ayudante más puede hacernos pensar que se trata de un elemento facilitador en intervenciones de larga duración, al tiempo que representa un ahorro económico en personal.

Por contra, el uso de aparatos motorizados más sofisticados y complejos de manejar no parece necesario en intervenciones cortas como la colecistectomía, la apendicectomía o la funduplicatura gastroesofágica. La actuación de estos brazos es tan limitada en estas operaciones que, hoy por hoy, no hace ninguna falta añadir otro aparato en el quirófano para sostener la cámara:

- Por el engorro de su instalación y puesta en marcha, aun simplificando al máximo todo el proceso.

– Porque supone una inversión importante, aunque su coste sea razonable.

– Porque no es menester tanta sofisticación para aguantar la cámara de videolaparoscopia durante una colecistectomía en la que se suelen llevar a cabo una media de 3 encuadres por operación.

Bibliografía

1. The EAES Consensus Development Conferences on laparoscopic cholecystectomy, appendectomy, and hernia repair. *Surg Endosc* 1995;9:550-63.
2. Ballantyne GH. Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and telementoring. *Surg Endosc* 2002;16:1389-402.
3. Birkett DH. Robotics. *Surg Endosc* 2002;16:1257-8.
4. Hashizume M, Shimada M, Tomikawa M, Ikeda Y, Takahashi I, Abe R, et al. Early experiences of endoscopic procedures in general surgery assisted by a computer-enhanced surgical system. *Surg Endosc* 2002;16:1187-91.
5. Hubens G, Coveliers H, Balliu L, Ruppert M, Waneerdeweg W. A performance study comparing manual and robotically assisted laparoscopic surgery using the da Vinci system. *Surg Endosc* 2003;17:1595-9.
6. Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, Laycock R, Tesfay ST, Valentine RJ, et al. Laparoscopic training on bench models: better an more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 2000;191:272-83.
7. Schurr MO, Neisius B, Voges U, Haage R, Kunert W, Buess G. The Minos Systems Operating Room for Solo-Surgery: components and their evaluation. *Minimally Invasive Therapy Allied Technologies* 1996;5(Supp1): 50.
8. Geis P, Kim C, Zern JT, McAfee PC. Surgeon voice control of the laparoscopic visual field using the robotic arm. *Minimally Invasive Therapy Allied Technologies*, 1996;5(Supp 1):48.
9. Yavuz Y, Ystgaard B, Skogvoll E, Marvik R. A comparative experimental study evaluating the performance of surgical robots Aesop and Endosista. *Surg Laparosc Endoscopy Percutaneous Tech* 2000;10:163-7.
10. Casals A, Amat J, Laporte E. Robotic aids for laparoscopic surgery. *The Seventh International Symposium on Robotics Research*. München: Springer, 1995.
11. Laporte E, García Monforte N, Artigau E. Neumoperitoneo. En: Targarona EM, editor. *Cirugía endoscópica. Guías Clínicas de la Asociación Española de Cirujanos*. Madrid: Aran Ediciones S.L., 2003; p. 97-104.
12. Voges U, Holler E, Rinisland H, Buess G. Artemis: motivation and requirements for the MIS manipulator system. *Minimally Invasive Therapy Allied Technologies* 1996;5(Supp1):47.
13. Cadiere GB, Himpens J, Vertruyen M, Bruyns J, Gernay O, Leman G, et al. Evaluation of telesurgical (robotic) NISSEN fundoplication. *Surg Endosc* 2001;15:918-23.
14. Marescaux J, Smith MK, Folscher D, Jamali F, Malassagne B, Leroy J. Telerobotic laparoscopic cholecystectomy: initial clinical experience with 25 patients. *Ann Surg* 2001;234:1-7.
15. Ballantyne GH, Hourmont K, Wasielewski A. Telerobotic laparoscopic repair of incisional ventral hernias using intraperitoneal prosthetic mesh. *JLS* 2003;7:7-14.
16. Gagner M, Begin E, Hurteau R, Pomp A. Robotic interactive laparoscopic cholecystectomy. *Lancet* 1994;343:596-7.
17. Aiono S, Gilbert JM, Soin B, Finlay PA, Gordan A. Controlled trial of the introduction of a robotic camera assistant (EndoAssist) for laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 2002;16:1267-70.
18. Merola S, Weber P, Wasielewski A, Ballantyne GH. Comparison of laparoscopic colectomy with and without the aid of a robotic camera holder. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12:46-51.
19. Luketich JD, Fernando HC, Buenaventura PO, Christie NA, Grondin SC, Schaner PR. Results of a randomized trial of HERMES-assisted vs non-HERMES-assisted laparoscopic antireflux surgery. *Surg Endosc* 2002;16:1264-6.