

ARTÍCULO ORIGINAL

Desarrollo de modelos biológicos inanimados en urología

Márquez Heine J.C.,¹ Vázquez Ortega L.,¹ Ramírez Solís E.,² Morales Montor G.,¹
Pacheco Gahbler C.,¹ Calderón Ferro F.¹

RESUMEN

Antecedentes: El método de ensayo y error ha sido el modelo clásico de enseñanza; sin embargo, y por desgracia, al menos en Estados Unidos de América, alrededor de 98 mil muertes, y en nuestro país alrededor del 15% de las complicaciones son atribuibles a un error médico por este tipo de enseñanza.

Objetivo: Lograr un método de enseñanza que permita desarrollar destrezas quirúrgicas que sean de bajo costo, fácilmente reproducibles e imiten lo más fehacientemente posible las características humanas.

Material y método: Para simular de manera adecuada los procedimientos se utilizó un maniquí hueco fabricado en fibra de vidrio. Se colocó una cubierta de poliuretano de alta densidad y se le adaptaron placas luminosas en total de 60 leads, y se complementó con una lente de laparoscopio Simulap® de 0 grados.

Resultados: Se logró simular la anatomía humana, con características técnicas y quirúrgicas para poder realizar el desarrollo de habilidades necesarias para la adecuada práctica y proceso

SUMMARY

Background: The heuristic teaching method has been the classical training program. Unfortunately in the United States at least 98 thousand deaths and in our country 15% of the complications can be attached to this training program.

Objective: To develop a low cost, reproducible human-like teaching program that can help to develop urological surgical abilities.

Materials and methods: A hollow torso made of fiberglass was covered with high density polyurethane. Under this cover 60 light leads, using a Simulap® 0 degree laparoscopic lens.

Results: The technical and surgical characteristics were simulated for the appropriate development of the surgical abilities.

Conclusions: The combined use of plastic simulators with biological models gives the medical student the ability to diminish the learning curve developed in human beings.

Key words: teaching models, biological simulators, learning curve, laparoscopy, endourology, educational economic costs.

1 Laboratorio de Innovación en Investigación Médica, Hospital General "Dr. Manuel Gea González", México, D.F. 2 División de Urología, Hospital General "Dr. Manuel Gea González", México, D.F.

Correspondencia: Dr. Juan Carlos Márquez. Calzada de Tlalpan 4800, Col. Toriello Guerra, CP 1400, Tlalpan, D.F. Tel.: 5665-3511 ext. 173. Correo electrónico: jcmhz@yahoo.com.

médico invasivo tanto para laparoscopia como para procedimientos endourológicos.

Conclusiones: El uso combinado de simuladores plásticos con modelos biológicos *ex mortem*, permite el desarrollo de destrezas básicas y favorece

reducir la curva de aprendizaje desarrollada en seres humanos.

Palabras clave: modelos de enseñanza, simuladores biológicos, curva de aprendizaje, laparoscopia, endourología, costos económicos de la enseñanza.

ANTECEDENTES

La práctica médica siempre ha estado apoyada por la ética profesional que supone, en primer término, el beneficio al paciente y la premisa de no dañar. Esto formula un problema respecto al desarrollo de destrezas quirúrgicas ya que, como toda labor manual, requiere habilidad adquirirlas conforme se van realizando ensayos y por supuesto, cometiendo errores. Esta condición plantea la necesidad de encontrar un modelo altamente representativo y que simule realizar procedimientos o habilidades quirúrgicas específicas.

El método de ensayo y error ha sido el clásico de enseñanza; sin embargo, por desgracia, cuando menos en Estados Unidos de América, alrededor de 98 mil muertes, y en nuestro país 15% de las complicaciones, son atribuibles a dicha falla médica.^{1,2}

El ámbito quirúrgico-invasivo es el que principalmente se ve afectado por este modelo educativo, ya que las destrezas dependen de las habilidades propias del médico en formación y de las características del medio en el que se desarrollan estas destrezas.^{3,4}

Pese a contar con importantes modelos y simuladores electrónicos (Simbionix®), estos no se encuentran al alcance de la enseñanza en nuestro país por su alto costo, además de que han demostrado varias desventajas al no permitir la sensación física y tridimensional de un modelo anatómico real.^{5,6}

Las habilidades o destrezas quirúrgicas son difíciles de evaluar aunque existen intentos de estandarizar con escalas análogas.^{7,8} Hasta donde se han podido investigar los estudios que se han llevado a cabo para estandarizar la competencia técnica en urología, estos no se han validado de manera óptima,^{9,10} lo cual enfatiza la necesidad de contar con un número determinado de procedimientos para demostrar la progresión de la capacidad resolutiva y destreza en un alto grado de

seguridad para avalar la competencia del futuro cirujano en el ámbito médico y legal.⁸⁻¹⁰

El adecuado entrenamiento de los residentes, subespecialistas y estudiantes depende de condiciones específicas como la organización local de cada programa de entrenamiento, de los principios éticos y riesgos legales del aprendizaje en pacientes, así como de la posibilidad de una instrucción básica y un supervisor en caso de que se presenten dudas o dificultades.¹¹⁻¹⁶

Es fundamental innovar y tener un modelo de entrenamiento que nos permita reproducir la anatomía normal, la anatomopatológica y los procedimientos adecuados para corregirla para disminuir la curva de aprendizaje en humanos.¹⁷⁻²⁰

OBJETIVO GENERAL

Demostrar la utilidad de un modelo biológico inanimado (MBI) desarrollado en nuestra institución, para el entrenamiento endourológico básico y avanzado, que reproduzca de manera óptima las características anatómicas humanas^{5-7,14} y permita que los médicos en formación puedan desarrollar las destrezas y habilidades indispensables para realizar procedimientos específicos, y de esta manera logren la curva de aprendizaje ideal sin interponer al ser humano en su preparación; además, se busca que este modelo sea accesible, reproducible y que se pueda realizar sin la coordinación con otros servicios ni la necesidad de personal auxiliar a un bajo costo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reproducir anatomía quirúrgica tanto para procedimientos laparoscópicos como endourológicos (ureteroscopia, cistoscopia, etcétera).

- Comparar costos con los modelos biológicos y simuladores ya existentes.
- Disminuir la necesidad de procedimientos de entrenamiento en humanos.
- Determinar la utilidad real en el entrenamiento para residentes de urología.

MATERIAL Y MÉTODO

Se buscó un modelo que pudiera imitar las características anatómicas del humano (Dumitru-Mazilu, *et al.*) y que su manejo fuera sencillo, por lo que bajo esa premisa se decidió fabricar el siguiente modelo:

En un maniquí hueco hecho de fibra de vidrio (47 x 38 x 49 cm), con un peso aproximado de 7 kg y recubrimiento plástico, se colocó una base de poliuretano de baja densidad. La cavidad útil para la colocación de los órganos quedó dividida en dos: la parte superior para la colocación de las vísceras provenientes de la cavidad torácica de aproximadamente 10 cm de alto por 45 cm de ancho y 20 cm de profundidad, separada de la cavidad abdominal por un diafragma de fibra de vidrio rígida; la zona inferior para la cavidad abdominal midió 30 cm de alto x 45 cm de ancho y 20 cm de profundidad. La tapa se realizó con las siguientes medidas: 45 cm de ancho, 40 cm de alto y 5 cm de espesor, hecha de poliuretano de alta densidad (por su semejanza a la piel, tejido celular subcutáneo y músculo). A esta cubierta por la cara inferior se le colocaron placas compuestas de 6 focos luminosos de luz blanca de 5 v para formar 30 de cada lado y un total de 60; además se utilizó una lente de laparoscopio Simulap® de 0 grados. El costo total de este modelo fue de 21 mil pesos, que fueron aportados por el laboratorio de investigación e innovación médica.

Las vísceras se obtuvieron de animales destinados a consumo humano provenientes del rastro, haciendo énfasis en las siguientes características: animales porcinos aptos para el consumo humano menores de un año de edad, cuyas vísceras fueran obtenidas de manera legal y recubiertos casi en su totalidad por el peritoneo. Vísceras que no tuvieran más de cinco horas en refrigeración y que se encontraran completas e íntegras. El costo total aproximado de este material fue de 100 pesos por modelo obtenido. Una vez obtenidas, éstas fueron colocadas en la cavidad. El recubrimiento

peritoneal fue fijado con hilo de cáñamo a las paredes de poliuretano y estas a su vez fueron fijadas a la cara externa del maniquí. Una vez armado el modelo biológico inanimado (MBI), se colocó la tapa de poliuretano de alta densidad y se fijó la misma al resto del maniquí.

Se conectó el laparoscopio a un proyector de pared y se dio inicio al procedimiento quirúrgico planeado (**Figura 1**). Se introdujo un trocar Johnson® de 10 mm en el sitio de la cicatriz umbilical y dos más (uno de 10 mm y otro de 5 mm) en la zona de la línea alba a 3 cm por arriba de la cicatriz umbilical. Los trocares fueron introducidos de la manera habitual, observándose una similitud importante con las características normales de un paciente adulto endomórfico (**Figura 2**).

Se realizaron diez nefrectomías laparoscópicas, con un tiempo promedio de 60 minutos (45-90 min) por lado; diez nefroureterectomías con rodete vesical, con un tiempo promedio de 75 minutos (60 a 120 min); y diez ligaduras laparoscópicas de venas gonadales. Cabe mencionar que se observaron las mismas dificultades técnicas que las identificadas en pacientes humanos; sin embargo, no fue necesario el uso de algún tipo de medicamentos y el tiempo quirúrgico no se alteró por recursos económicos. Cada tipo de procedimiento ocasionó un gasto aproximado de 1000 pesos y un total de inversión de aproximadamente 32 mil pesos. Una vez realizados los diez procedimientos de estas características, se decidió continuar con entrenamiento endourológico, por lo que al diseñador del maniquí se le solicitó realizar un hueco en la región de los genitales (**Figura 3**).

Por cuestiones de logística se decidió iniciar con modelos que separen a la anatomía femenina. Se solicitó que las vísceras fueran de porcinos hembras mayores de cinco meses para tener acceso a la vejiga y uréteres, los cuales son ampliamente similares a los del ser humano. La vagina del cerdo se anastomosó a la región genital del maniquí con hilo de cáñamo, intentando la mayor aproximación a la uretra plástica de una mujer. Se introdujo el cistoscopio Olympus® de 12 grados con una camisa 21 fr, logrando realizar de manera óptima una cistoscopia.

Se observó la totalidad de la vagina que imita a la uretra femenina, así como el meato, y se decide canalizar con guía metálica Boston Scientific®. Se verifica de manera directa la presencia de la guía

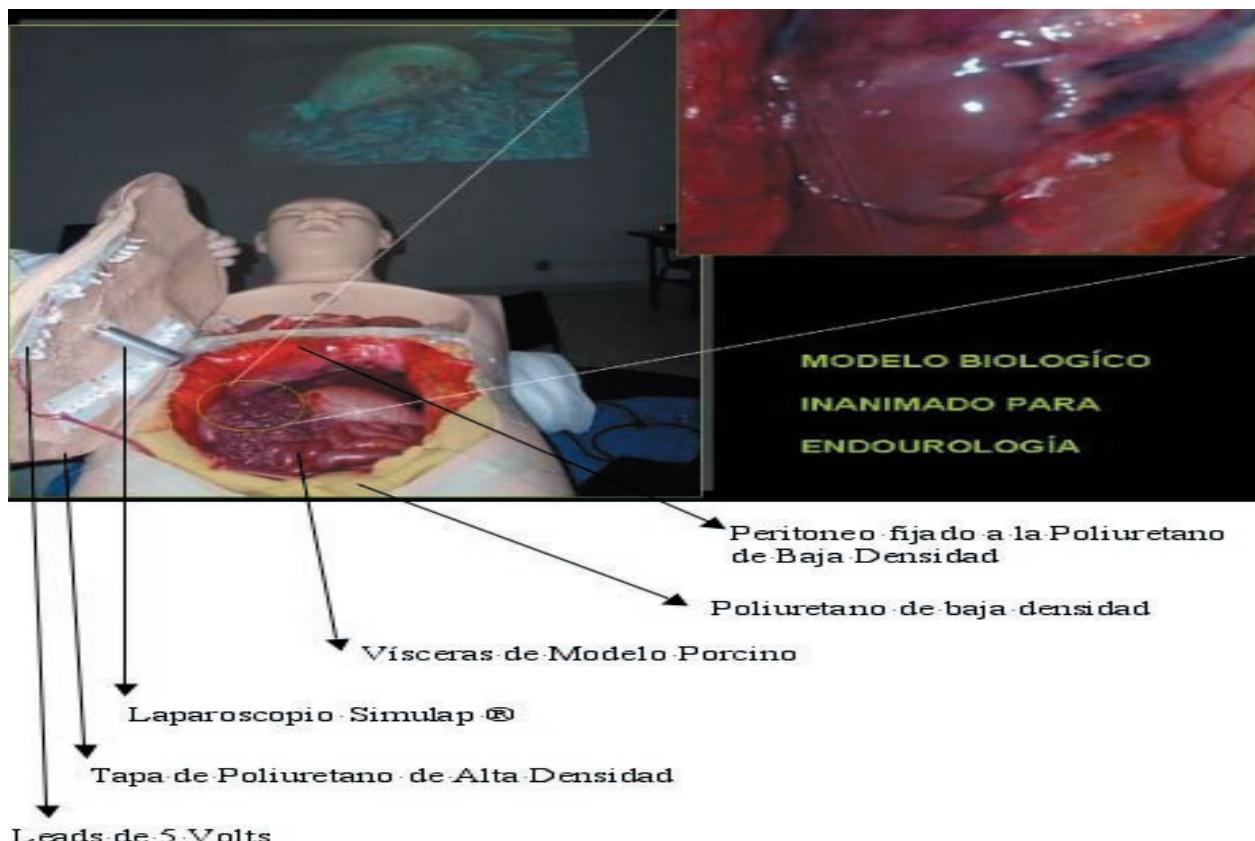


Figura 1.

en el uréter destapando el maniquí y se procede a colocar el ureteroscopio semirígido ACMI® 6.9 fr logrando realizar una ureteroscopia derecha hasta pelvis renal y posteriormente una contralateral con un tiempo promedio de 22 minutos, con una mínima de 16 minutos y una máxima de 30 minutos. No se identificaron lesiones incidentales.

El total de procedimientos realizados hasta la elaboración de este artículo han sido numerosos. El costo final fue de 1000 pesos por procedimiento y un total de 10 mil pesos por todos ellos. El gasto adicional del nuevo maniquí fue de 32 mil pesos, por lo que el costo final fue de 42 mil pesos. Los costos fueron absorbidos por el Laboratorio de Innovación en Investigación Médica.

RESULTADOS

Los resultados se muestran a través de los siguientes cuadros respecto a los costos comparativos por

tipo de procedimiento, tiempo de solicitud de tiempo quirúrgico, número de procedimiento por evento y el comparativo de tiempo quirúrgico por tipo de procedimiento.

CONCLUSIONES

El uso de nuevas técnicas de enseñanza a menor costo es fundamental tanto para el desarrollo de material humano como para el desarrollo de destrezas quirúrgicas y es de vital importancia para disminuir la curva de aprendizaje en pacientes y con la consecuente disminución de errores médicos. Esto deriva en un aumento en la calidad de atención y habilidad en el tratamiento de los pacientes.

En la actualidad, una de las principales causas de falta de destreza en el médico es asimismo la falta de oportunidades para ejecutarlas. Aunado al alto costo que significa el uso de simuladores o técnicas

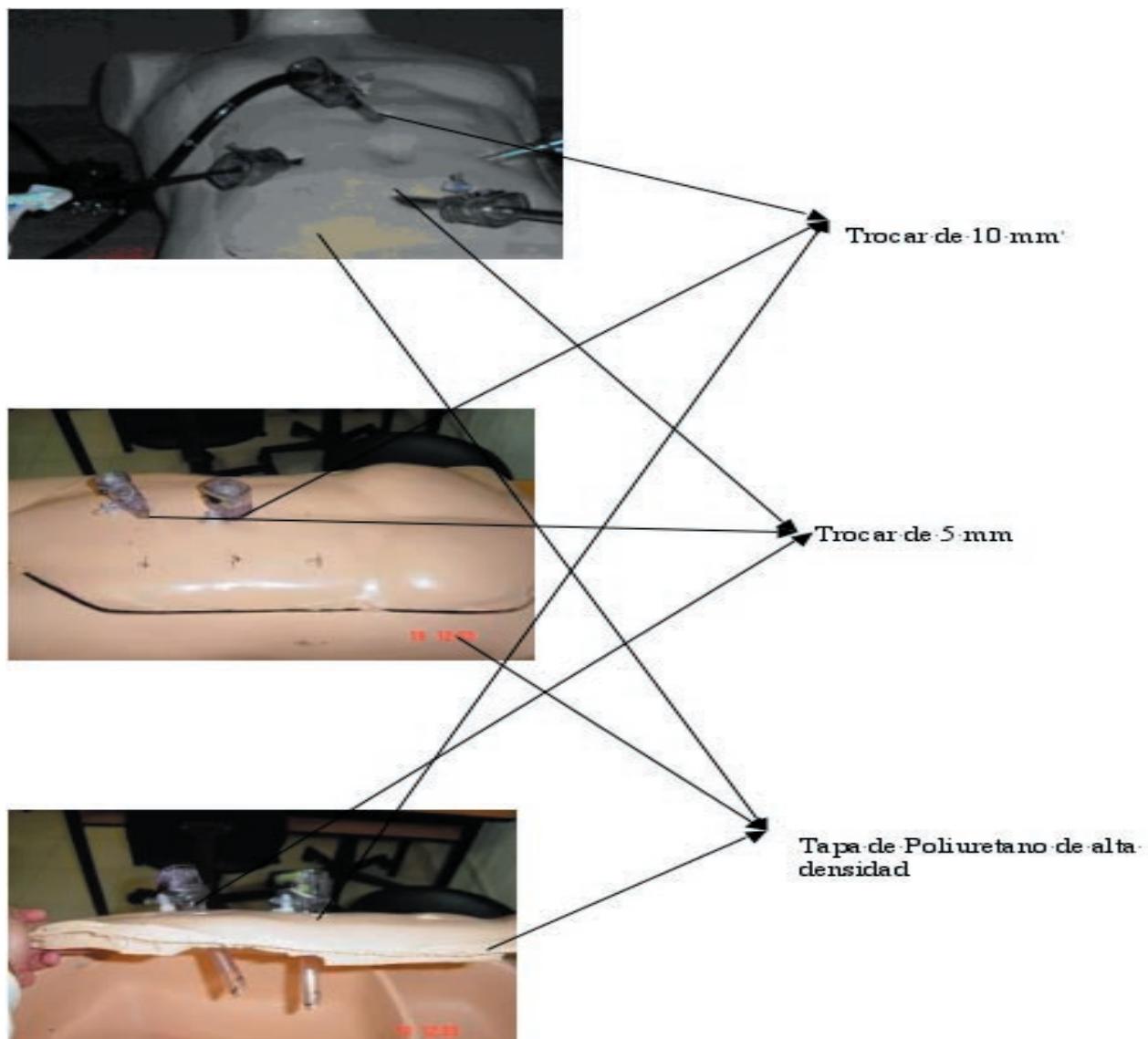


Figura 2.

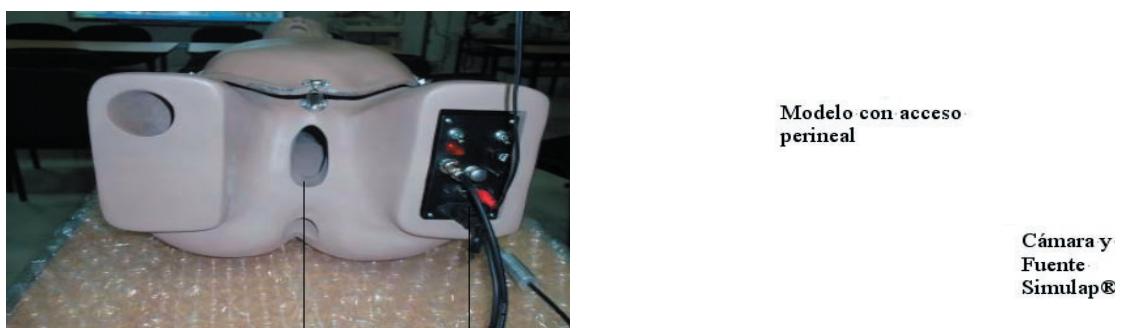


Figura 3.

Cuadro 1. Costos comparativos por tipo de procedimiento.

Costos	Modelo Biológico Inanimado	Modelo Biológico Vivo	Simulador
Inversión inicial (dólares)	3500 1200*	50 1200* 25000** 2000*** 2000****	150 000
Costo por procedimiento	10	100	ND

*Costo de trocares y pinzas laparoscópicas; **costo del equipo de laparoscopia; ***costo del equipo anestésico; ****costo de sitio de almacenaje; ND: no disponible (Datos del Hospital General "Dr. Manuel Gea González").

Cuadro 2. Tipos de procedimientos, tiempo de solicitud de tiempo quirúrgico y número de procedimiento por evento.

Acceso procedimiento quirúrgico	Modelo Biológico Inanimado	Modelo biológico	Simulador
Disponibilidad	Un día de anticipación	Una semana de anticipación	ND
Días de disponibilidad	5/7	1/7	ND
Número de procedimientos por modelo	Hasta 4*	2*	ND

*Nefrectomía laparoscópica bilateral, neovejiga, ureteroscopia y cistoscopia, nefroureterectomía con rodete vesical.

Cuadro 3. Comparativo de tiempo quirúrgico por tipo de procedimiento.

Tiempos	Modelo Biológico Inanimado	Modelo biológico	simulador
Preparacion del procedimiento	30 min +/- 12 min	60 min +/- 22 min	nd
Cirugía laparoscópica	45 min +/- 20 min	45 min +/- 20 min	nd
Cistoscopia y ureteroscopia	20 min +/- 10 min	35 min +/- 10 min	nd

de estimulo de destrezas, esto ha ocasionado que día a día sea menor la práctica de enseñanza en los hospitales escuela, lo cual se transforma en un incremento en el número de iatropatogenias cometidas. Las bondades que este método ofrece son alternativas para el desarrollo de habilidades con un mínimo costo, similitudes anatómicas absolutas y permite que los modelos biológicos sean utilizados para procedimientos de la más alta especialidad.

Ventajas del Modelo Biológico Inanimado:

1. Anatomía y localización idéntica.
2. Costo menor del procedimiento.
3. Uso mínimo de equipo adicional.
4. Uso sin límite de tiempo anestésico.
5. Reutilización del maniquí.

Desventajas del Modelo Biológico Inanimado:

1. Menor calidad en la visión laparoscópica, el cual es corregible con nueva lente.
2. Falta de sangrado activo, el cual se corrige con la aplicación de una bomba de infusión.

Características en favor del Modelo Biológico:

1. Modelos anatómicos similares.
2. Complicaciones y manejo de las mismas en tiempo real.

Características en contra del modelo biológico:

1. Costo de los modelos biológicos.
2. Necesidad de veterinarios.
3. Necesidad de espacio físico de contención.
4. Alimento del modelo biológico.
5. Equipo requerido para el procedimiento laparoscópico.
6. Equipo anestésico.
7. Manejo posterior del modelo biológico.
8. Cuestionamiento ético.

La principal desventaja del simulador fue su costo y la falta de accesibilidad a este.

BIBLIOGRAFÍA

1. Grober ED, Hamstra SJ, Wanzel KR, et al. The educational impact of Bench model fidelity on the acquisition of technical Skill: the use of clinically relevant outcome measures. *Ann Surg.* 2004;240(2):374-81.
2. Adamsen S. Simulators and gastrointestinal endoscopy training. *Endoscopy.* 2000;32(11):895-7.
3. Bar-Meir S. A New endoscopic simulator. *Endoscopy.* 2000;32(11):898-900.
4. Williams CB, Saunders BP, Bladen JS. Development of colonoscopy teaching simulation. *Endoscopy.* 2000;32(11):901-5.
5. Neumann M, Mayer G, Ell C, Felzmann T, et al. The Erlangen endo-trainer: Life-like simulation for diagnostic and interventional endoscopic retrograde cholangiography. *Endoscopy.* 2000;32(11):906-10.
6. Aabakken L, et al. Performance of a colonoscopic simulator: experience from a hands-on endoscopy course. *Endoscopy.* 2000;32(11):911-913.
7. Conio M, Sorbi D, Batts KP, Gostout CJ. Endoscopic circumferential esophageal mucosectomy in a porcine model : An Assessment of a technical feasibility, safety and outcome. *Endoscopy.* 2000;32(11):966-970.
8. Teague R H. Can we teach colonoscopic skills? *Gastrointest Endosc.* 2000;51:112-114.
9. Cass OW, Freeman ML, Peine CJ, et al. Objective evaluation of endoscopy skills during training. *Ann Intern Med.* 1993;118:40-4.
10. Bowles CJ, et al. Intercollegiate British Society of Gastroenterology national colonoscopy (ISBN) audit: are colonoscopies supervised during their initial training? *Gastrointest Endosc.* 2000;51:AB-73.
11. British Society of Gastroenterology. Recommendations for training in Gastrointestinal Endoscopy. <http://www.Bsg.org.uk/training/jag99.html>, 1999.
12. Laguna, M. Pilar A, Hatzinger, Martin B, Rassweiler, Jens B. Simulators and endourological training. Urological surgery, surgical techniques, technology. *Current Opinion in Urology.* 2002;12(3):209-215.
13. Abstracts from Engineering and Urology Society. San Antonio, Texas. *Journal of Endourology.* 2005; 19(7):899-921.
14. Dumitru M, Alexandru P, Lucian G. Synthetic Torso for Training in and Evaluation of Urologic Laparoscopic Skills. *Journal of Endourology.* 2006;20(5):340-345.
15. Dauster B, Steinberg AP, Vassiliou BC, Bergman S, et al. Validity of the MISTELS Simulator for Laparoscopy Training in Urology. *J Endourol.* 2005;19(5):541-5.
16. Clark JA, Volchok JA, Hazey JW, Sadighi PJ, Fanelli Ranelli RD. Initial experience using an endoscopic simulator to train surgical residents in flexible endoscopy in a community medical center residency program. *Curr Surg.* 2005;62(1):59-63.
17. Watterson JD, Beiko DT, Kuan JK, Denstedt JD. Randomized prospective blinded study validating acquisition of ureteroscopy skills using computer based virtual reality endourological simulator. *J Urol.* 2002;168(5):1928-32.
18. Knoll T, Trojan L, Haecker A, Alken P, Michel MS. Validation of computer-based training in ureterorenoscopy. *BJU Int.* 2005;95(9):1276-9.
19. Wilhelm DM, Ogan K, Roehrborn CG, Cadeddu JA, Pearle MS. Assessment of basic endoscopic performance using a virtual reality simulator. *J Am Coll Surg.* 2002;195(5):675-81.
20. Lehmann KS, Ritz JP, Maass H, Cakmak HK, Kuehnappel UG, Germer CT. A prospective randomized study to test the transfer of basic psychomotor skills from virtual reality to physical reality in a comparable training setting. *Ann Surg.* 2005;241(3):442.