

Evaluación de competencias quirúrgicas con un simulador híbrido para el cierre de una herida superficial

Carlos Aarón Méndez-Celis^{a*}, Alan Isaac Valderrama-Treviño^b,
Manuel Millán-Hernández^c, Cecilia García-Parra^d, Juan Manuel
Martínez-Quesada^e, Baltazar Barrera Mera^f, Eduardo E. Montalvo-Jave^{b,g}

Facultad de Medicina



Resumen

Introducción: La simulación en la educación médica es un área de oportunidad creciente; está comprobado que su empleo como herramienta para entrenar y evaluar las habilidades médico-quirúrgicas ha sido una buena opción para suplir el limitado sistema tutorial ya que acorta el tiempo de aprendizaje y permite el entrenamiento tantas veces como sea necesario, en un entorno envolvente y seguro para el estudiante.

Objetivo: Demostrar si existe diferencia estadísticamente significativa al usar un simulador híbrido versus modelo tradicional como estrategia docente en la evaluación de

habilidades quirúrgicas.

Método: Estudio experimental, con una muestra de 60 alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM previo al inicio del Internado Médico. Se les evaluó el cierre de una herida superficial en un simulador híbrido, con una lista de cotejo.

Resultados: Estudio tipo transversal, se comparan dos grupos con variable aleatoria numérica, nivel alfa = 5% = .05. Durante el estudio piloto evaluamos 34 ítems para la habilidad "Reparación de una herida superficial mediante puntos de sutura simples". Se agruparon en 4 competencias: A. Pensamiento crítico, juicio clínico, toma de decisiones y

^aDepartamento Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, UNAM, Cd. Mx., México.

^bDepartamento de Cirugía, Facultad de Medicina, UNAM, Cd. Mx., México.

^cDepartamento de Investigación en Educación Médica, Secretaría de Educación Médica, Facultad de Medicina, UNAM, Cd. Mx., México.

^dCentro de Enseñanza por Simulación de Posgrado, UNAM, Cd. Mx., México.

^eFacultad de Medicina, UNAM, Cd. Mx., México.

^fDepartamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM, Cd. Mx., México.

^gServicio de Cirugía General, Hospital General de México, Cd. Mx., México.

Recibido: 29-mayo-2017. Aceptado: 4-septiembre-2017.

*Autor para correspondencia: Dr. Carlos Aarón Méndez Celis. Av. Universidad 3000. Circuito Universitario. Ciudad Universitaria. C.P. 04510, Delegación Coyoacán. Cd. Mx., México. Teléfono: 044 55 25623032

Correo electrónico: aaronmdz_unam@hotmail.com

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2007-5057/© 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

<http://dx.doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2018.28.1743>

manejo de la información B. Dominio y aplicación de la clínica C. Comunicación efectiva y humana y D. Dominio ético y profesional del ejercicio de la medicina. Se encontró diferencia significativa durante la evaluación final en las agrupaciones B y C al utilizar el simulador híbrido en comparación con el bastidor. No se encontró diferencia significativa en la evaluación final en las agrupaciones A y D.

Conclusiones: Existe diferencia significativa en la adquisición de competencias quirúrgicas al utilizar un simulador híbrido en comparación con un modelo tradicional de enseñanza en el dominio y aplicación de la clínica, así como en la comunicación efectiva y humana.

Palabras clave: Docencia; Simulación; Habilidades quirúrgicas; Competencias quirúrgicas; Simulador híbrido.

© 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Evaluation of surgical skills with a hybrid simulator to close a superficial wound

Abstract

Introduction: Simulation in medical education is an area of increasing opportunity; It has been demonstrated that its use as a tool to train and evaluate medical-surgical skills has been a good option to supplement the limited tutorial system, since it shortens the time of learning time and allowing training as many times as necessary in a safe and engaging environment for the student.

Objective: To demonstrate if there is a statistically sig-

nificant difference when using a hybrid simulator versus traditional model as a teaching strategy in the evaluation of surgical skills.

Methods: Experimental study. Participated 60 undergraduate students of the Faculty of Medicine of the UNAM before starting their medical internship. The closure of a superficial wound was evaluated in a hybrid simulator, with a checklist.

Results: A cross-sectional study comparing two groups with a random variable, alpha level = 5% = .05. During the pilot study, we evaluated 34 items for the skill "Repair of a superficial wound". They were grouped into 4 medical competencies: A. Critical thinking, clinical judgment, decision making and information management B. Domain and application of the clinic C. Effective communication D. Ethics and professionalism in medical practice. A significant difference was found during the final evaluation in groups B and C when using the hybrid simulator compared to traditional methods. No significant difference was found in the final evaluation in the A and D competencies.

Conclusions: There is a significant difference in the acquisition of surgical skills using a hybrid simulator compared to a traditional teaching model in the domain and application of clinical and effective human communication.

Keywords: Teaching; Simulation; Surgical skills; Surgical competencies; Hybrid simulator.

© 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La metodología docente diseñada para la adquisición de las habilidades médico-quirúrgicas en los estudiantes de pregrado es una fase que, en líneas generales, ha perseguido desplegar una adecuada técnica mediante la repetición y el ensayo/error; el mapa curricular de la carrera de médico cirujano de la Facultad de Medicina de la UNAM¹ implica el desarrollo de destrezas y habilidades quirúrgicas que van desde realizar una adecuada técnica aséptica,

hasta aquellas como la reparación de una herida superficial por medio de puntos de sutura, infiltración de tejidos, extracción de cuerpos extraños, etc. La reparación de una herida superficial resulta una de las tareas básicas de atención médica primaria, tiene como objetivos principales: un rápido cierre, una cicatriz funcional, satisfactoria y con ello, evitar el desarrollo de un proceso infeccioso o complicaciones. Estos procedimientos, por su carácter invasivo, significan una dificultad en el proceso tradicional de

enseñanza-aprendizaje realizado sobre el paciente, ya que son difíciles de adquirir en la práctica clínica; siempre debe anteponerse la seguridad del paciente a las necesidades de la enseñanza². Estas habilidades se desarrollan fundamentalmente y en el mejor de los escenarios en simuladores que asemejan las condiciones del tejido a reparar, diversos simuladores han evolucionado para adaptarse de una manera creciente a las condiciones de los tejidos reales, desde los modelos biológicos³ hasta el empleo de biomateriales y simuladores virtuales que obtienen una validez aparente y de constructo que se adaptan cada día más a los requerimientos de enseñanza y a la adquisición de competencias del perfil curricular del egresado.

La simulación en la educación médica resulta ser un área de oportunidad creciente, con un gran impacto en la docencia; está comprobado que el empleo de la simulación como una herramienta para entrenar y evaluar las habilidades médico-quirúrgicas ha sido una buena opción para suplir el limitado sistema tutorial, por otra parte, se ha reportado que el uso de los simuladores acorta el tiempo para el aprendizaje de las habilidades, especialmente porque se puede repetir el entrenamiento tantas veces como sea necesario, en un entorno envolvente y seguro para el estudiante^{3,4}. Mediante la simulación médica se ha demostrado facilitar la enseñanza de procedimientos diagnósticos y terapéuticos, así como conceptos médicos, toma de decisiones, aspectos éticos y trabajo en equipo con estudiantes de pregrado, posgrado y médicos que ya cuentan con años de experiencia clínica y quirúrgica⁵, cualidades que están íntimamente relacionadas con los programas educativos basados en competencias profesionales y que le confieren ese valor agregado en comparación con otras estrategias de enseñanza y aprendizaje; con estos antecedentes resulta inherente la integración de programas basados en la simulación médica en la mayoría de las escuelas y facultades de medicina. Los simuladores proporcionan al alumno confianza y pericia, además ahorran tiempo, insumos y recursos, al mismo tiempo que eliminan la utilización de animales vivos, otorgando mayor seguridad al alumno para adquirir la habilidad sin el temor de causar "daño" o generar complicaciones en pacientes reales o modelos biológicos vivos. Con los simuladores se reproducen situaciones clínicas y quirúrgicas

que ayudan de manera relevante al desarrollo de habilidades en los estudiantes^{6,7,8}, por lo tanto, la capacitación, el diseño, validación e investigación sobre los tipos, usos y particularidades de un simulador resulta un elemento fundamental previo al desarrollo de cursos, talleres y evaluaciones basadas en este modelo de enseñanza para poder explotar al máximo sus beneficios.

OBJETIVOS

Construir un simulador híbrido quirúrgico como herramienta de enseñanza y evaluación en pregrado.

Evaluar mediante una prueba piloto con alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM, el cierre primario de una herida superficial por medio de puntos de sutura en un simulador híbrido.

Demostrar si existe diferencia estadísticamente significativa entre el uso de un bastidor y un simulador híbrido como estrategia de enseñanza-aprendizaje en la adquisición de destrezas médico-quirúrgicas en alumnos de pregrado.

MÉTODO

Durante el ciclo escolar 2015-2016 se llevó a cabo una intervención educativa con una muestra de 60 alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM previo al inicio del Internado Médico (alumnos regulares, sin rotaciones previas por clínicas de heridas o curaciones, con formación en técnicas quirúrgicas de pregrado). Se dividieron en dos grupos al azar, Grupo A tendría entrenamiento en un bastidor y Grupo B entrenamiento en un simulador híbrido. Se impartieron 5 sesiones teórico-prácticas con una duración de 3 horas cada una (una hora para los conceptos teóricos y dos horas de práctica, que de acuerdo al grupo al que pertenecían los sujetos de estudio se realizó en un bastidor o simulador híbrido adaptado al antebrazo). La intervención fue dada por el mismo grupo docente, se utilizaron los mismos medios digitales y audiovisuales en clases. Se realizó una evaluación teórica diagnóstica 24 horas previas al desarrollo del taller, vía correo electrónico, conformado por 10 reactivos sobre los fundamentos de la reparación de una herida por medio de una sutura. Concluido el taller se les realizó una segunda evaluación de la habilidad, se usó el mismo cuestionario para evaluar el área declarativa. Durante

Tabla 1. Lista de cotejo

Indicadores		No	Sí	Durante el procedimiento		
C	1. Saluda cortésmente al paciente					
C	2. Se presenta con el/la paciente			B	1. Coloca campos estériles	
A	3. Pregunta al paciente sobre el motivo de envío del médico tratante (médico de base o médico residente) antes de continuar atención médica			B	2. Elimina la memoria de la sutura sin contaminarla	
B	4. Realiza interrogatorio breve y dirigido (mecanismo de lesión, alergias y enfermedades)			B	3. Sujeta correctamente la pinza disección con dientes (pulgar e índice)	
C	5. Explica de manera clara el procedimiento			B	4. Sujeta correctamente el portagujas (falanges distales de 1er y 4to dedos en los anillos, así como 2º y 3º dedo en las ramas del portagujas)	
D	6. Solicita la autorización para realizar el procedimiento			B	5. Realiza el punto en dirección de distal a proximal	
D	7. Realiza el consentimiento informado			B	6. Realiza punto de entrada y salida a 0.5 cm del borde de la piel	
C	8. Solicita material y equipo para realizar procedimiento			B	7. Realiza doble lazada en el primer nudo	
Antes del procedimiento				B	8. Realiza una lazada en los nudos subsecuentes	
Indicadores		No	Sí	B	9. Afronta correctamente los bordes de la herida	
B	1. Organiza el área, material y equipo de trabajo			B	10. Cuadra correctamente los nudos	
B	2. Comprueba la comodidad del paciente			B	11. Dirige el nudo a un lado de la incisión	
B	3. Se coloca barreras de protección (gorro, cubreboca y lentes)			B	12. Corta el hilo aproximadamente a 5mm de longitud	
B	4. Realiza higiene de sus manos			Después del procedimiento		
B	5. Se coloca equipo estéril de trabajo (bata y guantes)			Indicadores		No Sí
B	6. Realiza antisepsia periférica de la herida (técnica circular o en barra)			B	1. Limpia la herida con agua estéril	
B	7. Realiza anestesia local (técnica de rombo)			B	2. Seca la herida	
B	8. Realiza lavado interior de la herida (irrigación de agua a presión)			B	3. Coloca y fija apósito de manera adecuada	
Agrupación de competencias				A	4. Explica la importancia de las medidas de cuidado ambulatorio	
A. Pensamiento crítico, juicio clínico, toma de decisiones y manejo de la información				D	5. Realiza su nota de procedimiento en hoja de atención médica	
B. Dominio y aplicación de la clínica				A	6. Envía al paciente con médico tratante (médico de base o médico residente) para continuar atención médica institucional	
C. Comunicación efectiva y humana						
D. Dominio ético y profesional del ejercicio de la medicina						

la segunda fase práctica en el simulador híbrido y en el bastidor, respectivamente, se evaluó el área procedimental mediante una lista de cotejo la cual estaba conformada por 34 ítems y que se relacionaron con las competencias del plan de estudios de

la Licenciatura de Médico Cirujano de la Facultad de Medicina de la UNAM (A. Pensamiento crítico, juicio clínico, toma de decisiones y manejo de la información. B. Dominio y aplicación de la clínica. C. Comunicación efectiva y humana. D. Dominio ético



Figura 1. Diseño del simulador híbrido con adaptación al antebrazo



Figura 2. Montaje del escenario y alumnos durante la fase practica del estudio



Figura 3. (Prototipo final con adaptación al antebrazo en manga)

y profesional del ejercicio de la medicina.) (tabla 1). El simulador híbrido que se diseñó para este estudio está construido con materiales de fácil disposición y bajo costo: contenedor cilíndrico de aleación de aluminio de bases planas, el cual se seccionó longitudinalmente en dos partes iguales, se retiraron las bases, con esto se obtuvieron dos medios cilindros que se recubrieron con cinta plastificada aislante de vinilo (presentación 19 mm x 20 m), venda elástica 100% algodón con entramado de hilos elásticos de 5cm de ancho, cinta con respaldo de plástico macroperforada traslúcida de 2.5 cm x 9.1 m. Para emular la piel y con base a un estudio previo se utilizaron 8 cartuchos de 300 ml de caucho de silicón de secado al aire de la marca CASEA-2000, base de madera de 15 x 15 cm con superficie lisa libre de porosidades, espátula metálica de 10 cm de ancho, tela tipo nylon 15 x 15 cm y una pistola para cartuchos de silicon^o. Finalmente, un segmento de 15 x 30 cm de tela para mesa de exploración con un orificio céntrico de 4 x 5 cm que semejaba un campo quirúrgico (figuras 1 y 2). Posteriormente, al prototipar el modelo se realizaron adaptaciones para hacerlo más ergonómico y reducir los tiempos de colocación, se diseñó para ello una manga con tela elástica color piel a la cual se le realizaron adaptaciones para poder introducir lateralmente el constructo que emula la piel y la pro-

tección de aluminio, así como una hendidura de 3 x 4 cm en la cara anterior (figura 3). Para el uso del bastidor, se utilizó un segmento de tela (popelina o bondeada) de aproximadamente 30 x 30 cm bastidor con aro de madera de 15 cm de diámetro, todos los alumnos trabajaron con sutura Nylon 3-0 aguja cortante invertida de medio círculo e instrumental de cirugía menor.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

A todos los alumnos se les entregó un consentimiento informado, con libre participación y protección de privacidad. Se les explicó la finalidad del protocolo de investigación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se compararon dos grupos con variable numérica, previa obtención del supuesto de normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia de .000, por lo que se utilizó la prueba de U de Mann Whitney con un nivel alfa = 5% = .05.

RESULTADOS

Se resumen los promedios y el valor de p en la tabla 2. Durante el estudio piloto se evaluaron 34 ítems para la habilidad "Reparación de una herida superficial mediante puntos de sutura simples" que iban desde la adecuada identificación y toma del instrumental, hasta cuadrar de forma adecuada los nudos y dar indicaciones al paciente estandarizado sobre los cuidados de la herida posterior al procedimiento. La media de los alumnos que utilizaron el bastidor en su calificación final para la agrupación "B dominio y aplicación de la clínica", fue de 9.11, mientras que los que utilizaron el simulador híbrido fue de 9.93.

Se obtuvo un valor Z en la agrupación B que fue de -6.507 $p = .000$. La media de los alumnos que utilizaron el bastidor en su calificación final para la agrupación C. Comunicación efectiva y humana, fue de 9.04 mientras que los que utilizaron el simulador híbrido fue de 9.91 el valor Z para esta agrupación fue de -6.752 $p = .000$. Por lo que afirmamos que existe diferencia significativa al usar simulador híbrido en comparación con bastidor, en el dominio y aplicación de la clínica, así como en la comunicación efectiva y humana. No se encontró diferencia significativa en la evaluación final en las agrupaciones

Tabla 2. Resultados y comparación de evaluación final

	Calificación final Grupo A	Calificación final Grupo B	Diferencia p
A. Pensamiento crítico, juicio clínico, toma de decisiones y manejo de la información	9.90	9.93	$p > .05$
B. Dominio y aplicación de la clínica	9.01	9.91	$p < .05$
C. Comunicación efectiva y humana	9.04	9.93	$p < .05$
D. Dominio ético y profesional del ejercicio de la medicina	9.98	10	$p > .05$

A y D (pensamiento crítico, juicio clínico, toma de decisiones y manejo de la información y dominio ético y profesional del ejercicio de la medicina).

DISCUSIÓN

En la historia de la educación médica-quirúrgica se han implementado distintos métodos y/o estrategias para lograr un adecuado aprendizaje, tanto de las áreas declarativas como procedimentales y que representa uno de los objetivos centrales en asignaturas teórico-prácticas como Introducción a la Cirugía; en nuestro grupo hemos investigado previamente la educación quirúrgica basada en competencias quirúrgicas para el médico en formación, además en cirugía laparoscópica¹⁰ donde se evalúan y desarrollan habilidades básicas¹¹, así como el proceso neurofisiológico del aprendizaje¹². Los resultados obtenidos en estudios previos, se traducen en una creciente necesidad por innovar los recursos didácticos y el enfoque docente sobre la simulación médica. La adaptación de un simulador inerte en alguna región anatómica de un paciente estandarizado, como lo es el antebrazo en este caso, lo categoriza como un simulador "híbrido" de esta forma y por la suma de sus componentes es que se le confiere un valor agregado y más apegado a la situación clínica real, al interactuar con un paciente que se mueve, expresa, genera acciones y conductas en el estudiante de medicina.

De este modo, el entrenamiento con simuladores trata de mitigar la brecha señalada entre la formación teórica y el entrenamiento práctico, en este estudio hemos demostrado el impacto de nuestro modelo con diferencia significativa en el dominio y aplicación de la clínica y la comunicación efectiva y humana. Varios modelos híbridos han sido implementados en programas oficiales de formación a nivel de posgrado. J. C. Flores desarrolló una in-

clusión de material óseo cadavérico en material sintético color piel y transparente para entrenamiento en bloqueos bajo visión ecográfica y fluoroscópica combinadas en medicina del dolor que permite realizar los procedimientos más utilizados a nivel de cabeza y cuello, tronco, región lumbosacra y pelvis¹³, otro ejemplo de la aplicación de un simulador híbrido proviene del estudio de Freschi C. et al en el que integraron un modelo físico y una aplicación software con una escena virtual en 3D con su plano de exploración relativa que muestra de manera coherente una representación de las estructuras internas mediante ultrasonido¹⁴. De esta manera, la integración de elementos virtuales, físicos y biológicos como se ha desmarcado en varias investigaciones educativas¹⁵⁻¹⁷, resultan ser herramientas de gran valor al momento de desarrollar competencias en áreas médicas específicas.

CONCLUSIONES

El presente estudio educativo resalta los beneficios y la factibilidad como recurso docente al usar un simulador híbrido, que además de presentar bajo costo en comparación con modelos biológicos vivos no presenta conflictos éticos ni requiere mayor inversión, como alimento y alojamiento adecuado, de esta manera se propone como una alternativa más en la enseñanza de habilidades médico quirúrgicas de la competencia del médico general al favorecer una comunicación efectiva, adecuada relación médico-paciente y aptitudes clínicas. Resaltamos que los recursos tecnológicos son un elemento fundamental en el diseño de diversos recursos didácticos, es tarea de los docentes en el área colaborar en el diseño y adaptación de estos constructos a un programa académico con objetivos y/o competencias demarcadas. Lo simuladores híbridos han demostrado ser

componentes de alto valor académico tanto en el entrenamiento de especialistas como en estudiantes de pregrado. Con el advenimiento de las tecnologías de impresión 3D y biomateriales se proyecta que sus diseños sean más apegados a la situación clínica real, sin embargo, estos métodos de fabricación aún no se han globalizado y no son de fácil acceso en nuestro medio, de ahí que poder diseñar un simulador híbrido con materiales accesibles, de bajo costo con elevada efectividad, en comparación con otras estrategias de enseñanza-aprendizaje mediante este estudio, lo podrían convertir en un elemento con potencial de integración a las prácticas quirúrgicas en alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM y en otras universidades.

CONTRIBUCIÓN INDIVIDUAL

- **CAMC:** Diseño y creación del simulador híbrido, diseño de estudio, análisis estadístico, capacitación de alumnos y escritura manuscrito.
- **AIVT:** Diseño y creación de piel sintética, diseño de estudio, análisis estadístico.
- **MMH** Diseño de estudio, análisis de datos.
- **CGP:** Recolección y análisis de datos, capacitación de alumnos.
- **JMMQ:** Recolección y análisis de datos, traducción.
- **BBM:** Recolección y análisis de datos, traducción.
- **EEMJ:** Diseño de estudio, análisis estadístico, escritura manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

Ninguno.

PRESENTACIONES PREVIAS

Presentación en Congreso Internacional de Cirugía General. 2016 (AMCG).

FINANCIAMIENTO

Ninguno.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno. 🔍

REFERENCIAS

1. Plan de Estudios 2010 y Programas Académicos de la Licenciatura de Médico Cirujano. Facultad de Medicina, UNAM.

- (2009) disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/plan/PEFMUNAM.pdf> (Fecha de consulta 25 de abril 2016).
2. Dávila S, Moreno G, Rivera C, Rojas A. Simulador de pared abdominal para adquisición de habilidades básicas de cirugía. *Cir Endoscop.* 2008;9(2):66-70.
3. Espinosa RA, Tapia J, González A, Reyes A, Jimenez J, Montalvo E. Simulador biológico para manejo de una herida superficial. *Rev Med Hosp Gen Méx.* 2012;75(3):185-9.
4. Tapia J. El laboratorio de cirugía en el pregrado de medicina. *CirCir.* 2011; 79(1):83-90.
5. Qayumi K. Surgical Skills Lab: A HubforCompetency Training. *J Invest Surg.* 2010;23(1):48-56.
6. Schout B, Hendrikx A, Scheele F, Bemelmans B, Scherpbier A. Validation and implementation of surgical simulators: a critical review of present, past, and future. *Sur Endosc.* 2010;24:536-46.
7. Perosky J, Richter R, Rybak O, Gans F. A Low-Cost Simulator for Learning to Manage Postpartum Hemorrhage in Rural Africa. *Simul Healthc.* 2011;6(1):42-47.
8. Bond W, Kuhn G, Binstadt E, Quirk M, Wu T, Tews M, et al. The use of simulation in the development of Individual Cognitive Expertise in Emergency Medicine. *Acad Emer Med.* 2008;15:1037-45.
9. Valderrama AI, Granados JJ, Méndez CA, Chernitzky J, Barrera B., Montalvo EE. Comparación entre 3 modelos para el entrenamiento en el cierre de una herida superficial. *Inv Ed Med.* 2016;1-6.
10. Granados JJ, Valderrama AI, Mendoza GE, Manzanilla R, Tapia J, Méndez CA, et al. Evaluación de competencias básicas en cirugía de mínima invasión en alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM. *Cir Endoscop.* 2014;15(1-4):24-2.
11. Granados JJ, Valderrama AI, Tapia J, Mendoza GE, Méndez CA, Contreras HE, et al. Evaluación de competencias quirúrgicas en estudiantes de segundo año de la carrera de Médico Cirujano en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Cir Gen.* 2015;37(1-2):6-14.
12. Granados JJ, Valderrama AI, Barrera B, Espejel M, Contreras EH, Mendoza GE, et al. Neurophysiology of learning in basic skills of laparoscopic surgery in undergraduate students. *Int J Res Med Sci.* 2016;4(1):198-205.
13. Flores JC. Nuevo simulador híbrido cadavérico/sintético para la enseñanza de técnicas intervencionistas para tratamiento del dolor refractario. *Rev. Soc. Esp. del Dolor,* 2016;23(2):105-14.
14. Freschi C, Parrini S, Dinelli N, Ferrari M, Ferrari V. Hybrid simulation using mixed reality for interventional ultrasound imaging training. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2015;10(7):1109-15.
15. Fang TY, Wang PC et al (2014) Evaluation of a haptics-based virtual reality temporal bone simulator for anatomy and surgery training. *Comput Methods Programs Biomed.* 2014;113(2):674-81
16. Burden C, Preshaw J, White P, Draycot T, Grant S, Fox R. Validation of virtual reality simulation for obstetric ultrasonography: a prospective cross-sectional study. *Simul Healthc.* 2012;7(5):269-73
17. Bartha L, Lasso A, Pinter C, Ungi T, Keri Z, Fichtinger G. Open-source surface mesh-based ultrasound guided spinal intervention simulator. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2013;8:1043-51.