



El desarrollo de aptitudes médicas mediante simulación en la especialidad de Anestesiología

Rodrigo Rubio-Martínez, Estela Melman-Szteyn,
Ulises Sánchez-Vásquez





El desarrollo de aptitudes médicas mediante simulación en la especialidad de Anestesiología

Rodrigo Rubio-Martínez^{a,b,c,d}, Estela Melman-Szteyn^e, Ulises Sánchez-Vásquez^f

Resumen

La Simulación clínica en México se ha transformado en una herramienta educativa esencial para mejorar la calidad de los servicios médicos. Este trabajo se centra en analizar la utilidad y el impacto de las competencias por simulación en Anestesiología, la cual ha sido pionera en este campo. La Simulación es usada para recrear un componente clínico para el entrenamiento o la evaluación de un individuo o de un equipo, mientras que un simulador es

un objeto o dispositivo usado en la Simulación. Desde la creación de Resusci Anne han surgido diversos simuladores con la tendencia de mejorar su realidad y ser de alta fidelidad para ofrecer escenarios que permitan la adquisición o evaluación de competencias médicas. Se analiza la información disponible en la literatura médica sobre la simulación para el manejo de la vía aérea, en la reanimación cardiopulmonar, en accesos vasculares, en la seguridad del paciente, y cómo la Anestesiología cada día hace más de su empleo para el entrenamiento de médicos residentes.

Palabras clave: Calidad, simulación, competencias médicas, enseñanza, evaluación.

^aAnestesiólogo, Centro Médico ABC. CDMX, México.

^bCoordinador del Centro de Educación por Simuladores. División de Posgrado. Facultad de Medicina. UNAM. CDMX, México.

^cJefe del Centro de Enseñanza por Simulación de Posgrado (CESIP). Facultad de Medicina. UNAM. CDMX, México.

^dCoordinador de Anestesia. Centro de Simulación. Centro Médico ABC. CDMX, México.

^ePresidente del Consejo Nacional de Certificación en Anestesiología, AC. CDMX, México.

^fResidente de Anestesiología, Centro Médico ABC. CDMX, México.

Correspondencia: Rodrigo Rubio Martínez

Correo: rodrigorubio@mac.com

INTRODUCCIÓN

En el marco del Primer Encuentro Internacional de Simulación en el Palacio de la Escuela de Medicina, el pasado 13 de marzo de 2017, se estableció el consenso para utilizar la simulación como una herramienta educativa orientada a mejorar la calidad de la atención del paciente. En dicho acuerdo se establecieron

las aptitudes médicas a desarrollar por simulación, su nivel de importancia y prioridad, así como el número de prácticas o eventos de simulación necesarios para considerar que la destreza se ha conseguido en cada aptitud. En la especialidad de Anestesiología las aptitudes clínico-quirúrgicas se pueden agrupar de la siguiente manera: manejo básico y avanzado de la vía aérea, reanimación cardiopulmonar, accesos vasculares, anestesia regional, manejo de recursos en crisis y seguridad del paciente. Por ende, el objetivo de este trabajo es analizar la utilidad y el impacto en el aprendizaje de estas competencias a través de la simulación clínica.

Cada vez se reconocen más los errores médicos causados por la inexperiencia del profesional de salud, lo que requiere de cambios para ofrecer atención de alta calidad. La formación en entornos clínicos dificulta la exposición controlada y la falta de supervisión puede poner en peligro la calidad de la atención. La capacitación en simulación puede tener un papel importante en unificar el conocimiento teórico con la realidad del cuidado del paciente, sin hacer concesiones hacia su seguridad¹.

Las instituciones de salud de todo el mundo, estimuladas por un movimiento a favor de altos estándares de calidad, están actualmente haciendo un mayor esfuerzo para construir excelentes programas de entrenamiento en las residencias médicas². En México, la introducción de la Simulación al Plan Único de Especialidades Médicas (PUEM) promete aportar ventajas en la capacitación de los Médicos Residentes. Rodríguez-Paz et al¹ defienden la integración de la Simulación a los programas de entrenamiento de residentes. Ellos proponen un modelo de entrenamiento en el cual ciertas competencias deben ser adquiridas antes

de ser aplicadas en un escenario clínico real. Otra aplicación de interés de la Simulación es la evaluación de competencias y habilidades, ya que garantiza la oportunidad de evaluar el rendimiento clínico de los residentes en un escenario programado, estructurado y estandarizado. Esta aplicación ha sido objeto de varios estudios, con resultados favorables para que la Simulación sí se integre a los planes de estudios de las residencias³⁻⁵.

Desde hace 2 décadas, el enfoque del entrenamiento en los programas de residencia ha sido la implementación basada en competencias profesionales⁶. Para los supervisores o profesores titulares es difícil estandarizar la evaluación de varias competencias y calificar a los residentes bajo los mismos criterios². La Simulación permite estandarizar las competencias a evaluar a través de escenarios clínicos controlados y procedimientos guiados, comparar a un residente con sus pares, y ver su progreso. Además, las habilidades pueden practicarse en cualquier momento y repetirse hasta que se dominen, sin poner en peligro la seguridad del paciente⁷.

HISTORIA DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN ANESTESIOLOGÍA

La Anestesiología fue una de las primeras especialidades médicas en usar la simulación que tiene sus orígenes en la aviación, con la finalidad de mejorar la seguridad del paciente y reducir los errores humanos⁸. “Simulador” es un término genérico que se refiere a un objeto físico, dispositivo, situación o entorno por el cual una tarea o una serie de tareas puede representarse en simulación de forma realista y dinámica^{9,10}. El término “Simulación médica o clínica” se refiere a una variedad de modalidades utilizadas para recrear algún componente clínico con el propósito de entrenar o evaluar

Tabla 1. Tipos de tecnologías empleadas en simulación

| Tipos | Descripción |
|---|---|
| Simuladores basados en un maniquí | Usan un sistema sofisticado para ser comandados por una computadora y un sistema neumático, por lo que crean escenarios con pacientes realistas capaces de respirar, responder a fármacos, hablar y con monitoreo de signos vitales |
| Entrenadores de tareas (parcial o compleja) | Proporcionan un enfoque altamente realista pero centrado en el alumno y están diseñados para un procedimiento específico, por ejemplo, colocar una línea central, broncoscopia o el manejo de la vía aérea |
| Software de Simulación en computadora | Programas que se ejecutan en computadoras o en Internet que permiten a los estudiantes trabajar a través de casos utilizando el conocimiento clínico y las habilidades de toma de decisiones críticas |
| Pacientes estandarizados | "Actores" específicamente entrenados para presentar sus historias clínicas, simular síntomas físicos y retratar las emociones específicas para cada caso |
| Realidad virtual (RV) | La RV es un entorno simulado e inmersivo, creado por una combinación de imágenes basadas en computadora y dispositivos de interfaz, por lo que puede incluir estímulos visuales, sonido, movimiento y olor |

personas o equipos. Estas modalidades incluyen entrenadores de tareas, realidad virtual, pacientes estandarizados, pacientes virtuales y simuladores de alta fidelidad¹¹⁻¹⁴ (**tabla1**). La simulación requiere que el estudiante responda a los problemas como lo haría bajo circunstancias reales¹⁰.

La creación de los primeros maniqués facilitó llevar la Simulación a la práctica y su posterior expansión. El primer maniquí como objeto de Simulador fue creado a inicios de los años sesenta por el noruego Asmund Laerdal, un exitoso fabricante de juguetes de plástico¹⁵. Resusci Anne fue diseñado para el entrenamiento en la ventilación boca a boca, ya que su vía aérea podía obstruirse y liberarse con la maniobra de hiperextensión¹⁶. Más tarde, Safar¹⁷ agregó un resorte interno en la pared torácica, lo que permitió la simulación de compresiones cardíacas, y así nació la posibilidad del entrenamiento de la reanimación cardiopulmonar en un simulador. Fue hasta mediados de los años

noventa cuando la compañía Laerdal adquirió Medical Plastics Corporation y desarrolló el primer simulador de alta fidelidad, SimMan¹⁸. A mediados de los años sesenta los doctores Stephen Abrahamson y Judson Denson, de la Universidad del Sur de California, en colaboración con Sierra Engineering and Aerojet General Corporation crearon a Sim One, un simulador controlado por una computadora análoga e híbrida, lo que le confería características de alta fidelidad como movimientos ventilatorios, parpadeo, contracción y dilatación pupilar, apertura y cierre de la mandíbula. Sim One fue construido una sola vez, ya que en aquel momento comercializar la tecnología no era económicamente redituable¹⁹⁻²².

De los entrenadores de tarea, en 1968 la American Heart Association presentó a Harvey, capaz de simular 27 patologías cardíacas en aquel entonces. Fue creado por Michael Gordon de la Universidad de la Escuela de Medicina de Miami en colaboración con el

Center for Research in Medical Education^{23,24}. Harvey muestra varios parámetros físicos como: la presión arterial por auscultación, las formas de onda venosa del pulso yugular bilateral y pulsos arteriales, los impulsos precordiales y fenómenos auscultatorios en los 4 focos de auscultación sincronizados con el pulso y que varían con la respiración¹⁰. La efectividad de Harvey en la enseñanza ha sido probada desde los 80s dando mejores resultados comparado con otros métodos de enseñanza²⁴⁻²⁹. Harvey inspiró la creación de simuladores para cardiología que fueran más pequeños y portables, por ejemplo, Simulador K³⁰.

El desarrollo de modelos matemáticos de la fisiología y farmacología de las drogas usadas en anestesia llevó a la creación de GasMan³¹, un programa para la enseñanza de la administración y distribución de agentes anestésicos. De la misma manera han surgido varios programas para computadoras que permiten el entrenamiento de residentes en una pantalla, tal como SLEEPER³²⁻³⁴, que posteriormente evolucionó a BODY y Anesthesia Simulator Recorder^{35,36}, que permitieron simulaciones de alta fidelidad, con objetivos de aprendizaje y un *debrief* automatizado.

El primer prototipo de un simulador con el fin de investigar el desempeño humano en anestesia fue fabricado por David Gaba y colaboradores y fue numerado CASE 1.2 (Comprehensive Anesthesia Simulation Environment), y evolucionó a CASE 2.0, o el Simulador CAE. CASE 2.0 consistía en un “paciente” cuyos signos vitales podían manipularse para simular eventos críticos. Al estar situado en un quirófano verdadero y rodeado de equipo real marcó el comienzo de la simulación de alta fidelidad^{37,38}. El realismo era suficiente para generar comportamientos realistas³⁹⁻⁴¹ y promovió el

entrenamiento en manejo de recursos en crisis. Otros modelos de alta fidelidad que surgieron son GAS (Gainesville Anesthesia Simulator), METI (Human Patient SimulatorTM o HPS), PeditasimTM (una versión pediátrica) y ECS (un modelo más portable).

MANEJO BÁSICO Y AVANZADO DE LA VÍA AÉREA

El manejo y control de la vía aérea es una tarea central para el anestesiólogo. A pesar de las diferentes técnicas desarrolladas, la incidencia de la morbilidad por lesión directa de la vía aérea o daño hipóxico permanece alta^{42,43}, por lo que el entrenamiento continuo en esta área es esencial para el residente de Anestesiología.

La técnica tradicional de enseñanza es mediante la supervisión clínica por el médico adscrito⁴⁴, sin embargo, la utilidad de dicha técnica en sala de operaciones es limitada debido a las necesidades clínicas del paciente y al riesgo adicional de prolongar cualquier procedimiento. Ya que es difícil encontrar oportunidades para el entrenamiento⁴⁵, esto mismo puede conseguirse a través de simuladores o programas basados en computación⁴⁶.

El uso exitoso de una técnica alternativa para el manejo de la vía aérea en una situación de emergencia depende más de la experiencia adquirida en esa técnica con el uso rutinario, que la propia técnica⁴⁷. La incidencia^{48,49} de intubación difícil (1-4%) o ventilación difícil (hasta el 5%), o ambas (hasta 0.6%) es relativamente baja en casos electivos. Sin embargo, estas situaciones pueden volverse rápidamente emergencias potencialmente mortales, por lo que varios autores recomiendan entrenar estos casos con simulación, para facilitar la aplicación rápida de habilidades resolutivas en la práctica clínica^{44,50}.



Un estudio realizado por el Departamento de Anestesiología de la Universidad de Georg-August tuvo por objetivo evaluar la influencia de un curso para el manejo de la vía aérea con simuladores. Los participantes reportaron que el curso tuvo un impacto significativo en la precisión y en la confianza al momento de evaluar la vía aérea. También se sintieron más capaces en el uso de dispositivos alternativos para el manejo de la vía aérea y mencionaron haber cambiado su práctica profesional en situaciones de vía aérea difícil⁵¹.

En un estudio prospectivo con el simulador de mediana fidelidad SimMan, Kuduvalli et al⁵² examinaron el manejo de la vía aérea difícil no anticipada y el efecto del entrenamiento en Simulación en esta área. Investigaron 2 escenarios: uno donde no se podía intubar, pero

sí ventilar al paciente; y otro donde no se podía intubar ni ventilar al paciente. El entrenamiento se hizo con base en los algoritmos de la Difficult Airway Society (DAS), y se comparó la evaluación inicial con otra evaluación a las 6-8 semanas y, posterior, a los 6-8 meses. Los autores concluyeron que repetir la capacitación con simulación en promedio cada 6 meses mantiene el conocimiento y la aplicación del algoritmo. Otro estudio realizado por Borges et al⁵³ corroboró que la ausencia de la repetición del entrenamiento por simulación llevaba a desviaciones en la aplicación del algoritmo.

ACCESOS VASCULARES

El entrenamiento en Simulación debe ser el *estándar* en la educación médica, ya que ha demostrado que mejora tanto el desempeño de



procedimientos simples como complejos^{54,55}. Por ejemplo, el acceso venoso central es uno de los procedimientos médicos más invasivos⁵⁶, con una tasa de complicación de 15%⁵⁷. Entre las complicaciones, se enfatizan: pneumotórax, hemotórax, quilotórax, hematoma, pseudoaneurisma, punción arterial, fístula arteriovenosa, lesión del nervio frénico e incluso la muerte⁵⁴⁻⁶¹. Los datos indican un mayor número de complicaciones entre los pacientes tratados en instituciones educativas debido a la inexperiencia del residente⁶², por lo que se recomienda entrenamiento con simulación durante el proceso formativo⁶³.

En un estudio multicéntrico⁶⁴ con residentes de primer año se evaluó el impacto del entre-

namiento en simulación en las complicaciones asociadas al acceso a la arteria femoral. El objetivo principal fue evaluar la “competencia de acceso” definida como 5 intentos exitosos de acceso sin ninguna complicación o necesidad de buscar ayuda de un miembro del equipo más experimentado.

La conclusión fue que la incorporación de la simulación en el entrenamiento médico desde el primer año de residencia se asocia a una mejora en esta competencia, y en una reducción clínicamente significativa de las complicaciones vasculares. Más allá de los beneficios clínicos inmediatos, la simulación sirve para reducir los costos relacionados con el cuidado de la salud.

REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR

Los usos frecuentes de la Simulación según Wootten⁶⁵ son 6: el aprendizaje de destrezas, aplicaciones cognitivas, mejora del factor humano, manejo de crisis, evaluación y nuevas tecnologías. La reanimación cardiopulmonar agrupa estos usos más frecuentes de la simulación evidenciados por los esfuerzos de la American Heart Association (AHA).

El entrenamiento del programa de Reanimación Cardiopulmonar (RCP) Avanzada de la AHA fue realizado por primera vez en 1974 y ahora es un programa de entrenamiento común dedicado a enseñar a proveedores de la salud, las herramientas y el conocimiento necesario para responder a emergencias cardiopulmonares críticas⁶⁶. La enseñanza de los algoritmos de la RCP avanzada con simulación permite a los residentes manejar una reanimación cardiopulmonar de principio a fin sin requerir la supervisión por parte de un médico adscrito. Esto logra la mejora de pensamiento crítico y manejo de estrategias. La simulación también ofrece la oportunidad de evaluar habilidades no médicas esenciales para una RCP de alta calidad, como sabe qué priorizar, la comunicación y el manejo del equipo⁶⁷.

A un grupo de médicos residentes de segundo año que estaba aprendiendo las habilidades del RCP avanzado hasta su dominio se le avaluó mediante simulación⁶⁸. A aquellos que no cumplieran con las competencias requeridas se les pidió continuar con la práctica hasta lograrlas; a pesar de que el tiempo empleado a la práctica varió de residente a residente, al final todos adquirieron la competencia. Esto requiere entrenamiento continuo por simulación y tal como la AHA sugiere, una recertificación bianual.

Una ventaja de enseñar RCP con simulación

es que evita las distracciones propias del entorno clínico, con la posibilidad de practicar el número de veces necesarias antes de aplicar las habilidades en un encuentro con un paciente⁶⁹.

Otro estudio evaluó la inclusión de práctica en simuladores en el temario del curso y se observó que esto llevó a una mejora dramática de las habilidades de médicos residentes en cuanto al manejo de situaciones de la RCP avanzada⁷⁰.

MANEJO DE RECURSOS EN CRISIS Y SEGURIDAD DEL PACIENTE

El manejo de recursos en crisis (*crew resource management* [CRM]) es un concepto reciente, definido como entrenamiento enfocado en reducir los errores médicos y mejorar la seguridad del paciente haciendo hincapié en el trabajo en equipo y los factores humanos. El entrenamiento en CRM fue desarrollado en respuesta a la evidencia creciente que los factores interpersonales contribuían en una proporción importante en los accidentes de aviación⁷¹.

El CRM comprende principios de comportamiento individual y de equipo en situaciones ordinarias y de crisis que se centran en la toma de decisiones dinámicas, comportamiento interpersonal y gestión del equipo⁷². La Anestesiología adaptó el concepto de CRM en el campo del cuidado de la salud a través de la simulación. Hoy en día muchas instituciones están estableciendo cursos de CRM o equipos de respuesta rápida capacitados con simuladores de alta fidelidad. Estudios basados en cuestionarios reportan una percepción de mejora por parte de los alumnos y una aplicación exitosa de las habilidades aprendidas inmediatamente después de la capacitación con simulación^{73,74}.

Las guías de la *Difficult Airway Society* (DAS)

Tabla 2. Aptitudes médico-quirúrgicas de la especialidad de anestesiología

| Aptitudes clínicas-quirúrgicas ^a | Nivel ^b | Prioridad ^c | Actividad curricular ^d | Mínimo de experiencias para desarrollar la aptitud ^e |
|---|--------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| Acceso vascular central yugular interno | 1 | 1 | Durante | 10 |
| Acceso vascular central subclavio | 1 | 2 | Durante | 10 |
| Acceso vascular central femoral | 1 | 3 | Durante | 10 |
| Acceso vascular intraóseo | 1 | 3 | Durante | 5 |
| Línea arterial radial y pedia | 2 | 2 | Durante | 10 |
| Colocación de vía periférica | 2 | 3 | Ingreso | 10 |
| Ventilación mascarilla bolsa | 1 | 1 | Ingreso | 5 |
| Intubación orotraqueal adulto | 1 | 1 | Ingreso | 20 |
| Intubación orotraqueal pediatría | 1 | 1 | Durante | 20 por rango de edad |
| Colocación de mascarilla laríngea adulto | 1 | 1 | Ingreso | 5 |
| Colocación de mascarilla laríngea pediatría | 1 | 1 | Durante | 5 por rango de edad |
| Intubación con fibroscopio | 1 | 2 | Durante | 10 |
| Intubación nasotraqueal | 1 | 2 | Durante | 10 |
| Videolaringoscopia | 1 | 2 | Durante | 5 |
| Cricotiroidectomía | 1 | 3 | Durante | 5 |
| Toma de decisiones en vía aérea | 1 | 1 | Durante | 10 escenarios clínicos |
| Intubación bronquial selectiva | 1 | 3 | Durante | 5 |

reconocen^{75,76}. la importancia del Manejo de Recursos en Crisis. Los componentes del CRM en simulación incluyen la conciencia de la situación, la utilización de los recursos, la resolución de los problemas y, lo más importante, la comunicación y el trabajo en equipo. Expresado de otra manera, el entrenamiento de los expertos en vía aérea, no debe incluir simplemente la destreza manual, sino también la destreza verbal, la destreza en equipo y la destreza de liderazgo.

En cualquier escenario típico en Anestesiología los recursos simulados incluyen la toma

de decisiones, dar instrucciones claras y contribuir de manera activa al equipo, además de del manejo del paciente.

Desde finales de ochenta la Anesthesia Patient Safety Foundation promovió la investigación en Simulación para mejorar la *seguridad del paciente* bajo anestesia⁷⁷⁻⁷⁹. La seguridad del paciente se refiere a una situación libre de lesiones prevenibles o de accidentes producidos por el cuidado de la salud⁸⁰. Lo esencial en la seguridad del paciente depende de los proveedores que poseen el conocimiento y las habilidades necesarias para diagnosticar y tra-



| Aptitudes clínicas-quirúrgicas ^a | Nivel ^b | Prioridad ^c | Actividad curricular ^d | Mínimo de experiencias para desarrollar la aptitud ^e |
|---|--------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| RCP avanzando adulto y pediatría | 1 | 1 | Ingreso | Mantener certificado |
| Toma de decisiones en situaciones críticas | 1 | 1 | Durante | 5 escenarios por año |
| Bloqueo peridural y espinal | 1 | 1 | Ingreso | 10 |
| Bloqueo de plexos | | 3 | Durante | 10 por plexo |
| Normas internacionales para la seguridad de los pacientes | 1 | 1 | Ingreso | 10 |
| Ultrasonografía básica | 1 | 2 | Durante | 20 |

^a**Primera columna:** El nombre de la aptitud médica o quirúrgica.

^b**Segunda columna:** Nivel de importancia, se consideró como indispensable (1) aquel en el que se reconoce la necesidad de realizarlo, la puede realizar sin supervisión y forma parte de las aptitudes que definen al especialista. Como necesaria (2), que reconoce la indicación, lo puede realizar bajo supervisión.

^c**Tercera columna:** Prioridad, señala a aquellas aptitudes que debieran ser consideradas en primer lugar para su cumplimiento, incluso entre otras aptitudes de igual importancia. Se sugirió una escala del 1 al 3, donde es la máxima prioridad y debe guardarse relación con el concepto indispensable. Debe considerarse la seguridad del paciente.

^d**Cuarta columna:** Actividad curricular, se señala con el número 1 si debe ser requisito de ingreso o bien ser parte del curso propedéutico a una especialidad; con el número 2 si forma parte de su formación dentro de la residencia.

^e**Quinta columna:** Mínimo de experiencias necesarias para desarrollar la aptitud, se señala el número de prácticas, eventos de simulación necesarias para considerar que se ha conseguido la destreza necesaria en cada aptitud en particular.

tar de una manera segura a los pacientes según su circunstancia médica.

Una revisión sistemática sobre el tema reportó que la capacitación con base en la simulación tiene un impacto significativo en la autoconfianza, conocimiento, habilidades, actitud y comportamiento⁸¹. La simulación tiene un papel importante en garantizar que los proveedores de salud se adhieran a las herramientas establecidas para la seguridad del paciente. La incorporación de la simulación en el desarrollo de nuevos procesos de seguridad del paciente permite la oportunidad de explorar el proceso y revisarlo antes de la implementación clínica. En un estudio sobre el desarrollo

de un nuevo proceso para el manejo de vías aéreas críticas que fue probado en simulación la mortalidad bajó a cero⁸².

CONCLUSIONES

La investigación existente respalda el uso de la simulación en los programas de entrenamiento de médicos residentes para desarrollar y evaluar competencias profesionales sin poner en riesgo la seguridad del paciente. Actualmente existe una corriente a favor de la incorporación de la simulación en todos los aspectos del cuidado médico, desde destrezas manuales hasta la comunicación y el trabajo en equipo. Es de suma importancia para los médicos residentes



quienes actualmente reciben menos horas de capacitación didáctica el continuar asegurando su nivel de competencias y conocimiento mediante simulación, ya que garantiza la repetición de la destreza que se pretende adquirir sin restricciones de tiempo o lugar. El médico residente de Anestesiología se ve beneficiado por la simulación al ser expuesto a escenarios poco comunes en la sala de operaciones, pero con alto riesgo de morbilidad y mortalidad.

En la **tabla 2** se muestran las aptitudes médicas o quirúrgicas prioritarias para ser desarrolladas mediante simulación. ■

REFERENCIAS

1. Rodríguez-Paz JM, Kennedy M, Salas E, Wu AW, Sexton JB, Hunt EA, et al. Beyond "see one, do one, teach one": toward a different training paradigm. *Postgrad Med J*. 2009;85(1003):244-9.
2. Houben KW, Hombergh CL, Stalmeijer RE, Scherpier AJ, Marcus MA. New training strategies for anaesthesia residents. *Current Opinion in Anaesthesiology* 2011;24(6):682-6.
3. Waldrop WB, Murray DJ, Boulet JR, Kras JF. Management of Anesthesia Equipment Failure: A Simulation-Based Resident Skill Assessment. *Anesthesia & Analgesia* 2009;109(2):426-33.
4. Borges BC, Boet S, Siu LW, Bruppacher HR, Naik VN, Riem N, Joo HS. Incomplete adherence to the ASA difficult airway algorithm is unchanged after a high-fidelity simulation session. *Canadian Journal Anaesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 2010; 57(7):644-9.
5. Bould MD, Crabtree NA, Naik VN. Assessment of Procedural Skills in Anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. 2009;103(4):472-83.
6. Durante-Montiel I, Martínez-González A, Morales-López S, Lozano-Sánchez JR, Sánchez-Mendiola M. "Educación por competencias: de estudiante a médico". *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*. 2011;54(6):43-50.
7. Smith CC, Huang GC, Newman LR, Clardy PF, Feller-Kopman D, Cho M, Schwartzstein RM. Simulation Training and Its Effect on Long-Term Resident Performance in Central Venous Catheterization. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*. 2010;5(3):146-51.
8. Tokarczyk AJ, Greenberg SB. Use of Mannequin-Based Simulators in Anesthesiology. *Disease-a-Month*. 2011; 57(11):706-14.
9. Good ML, Gravenstein JS. Anesthesia Simulators and Training Devices. *International Anesthesiology Clinics*. 1989;27(3):161-6.
10. Cooper JB. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Quality and Safety in Health Care*. 2004;Suppl 1: 11-8.
11. Gordon JA, Oriol NE, Cooper JB. Bringing good teaching cases "to life": a simulator-based medical education service. *Academic Medicine*. 2004;79:23-7.
12. Rubio-Martínez, R. Pasado, presente y futuro de la simulación en Anestesiología. *Revista Mexicana de Anestesiología*. 2012;35(3):186-91.
13. LeBlanc VR. Simulation in anesthesia: state of the science and looking forward. *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2011;59(2):193-202.
14. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, Vozenilek J. Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*. 2008;15(11):1117-29.
15. Grenvik A, Schaefer J. From Resusci-Anne to Sim-

- Man: The evolution of simulators in medicine. *Critical Care Medicine*. 2004;32(2),S56-57.
16. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage. *JAMA*. 1960;173:1064-7.
17. Safar P, Brown TC, Holtey WJ, Wilder RJ. Ventilation and Circulation with Closed-Chest Cardiac Massage in Man. *JAMA*. 1961;176(7):574-6.
18. Christensen, C. M. *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press, Boston. 1997.
19. Denson JS, Abrahamson S. A Computer-Controlled Patient Simulator. *JAMA*. 1969;208(3):504.
20. Carter, DF. Man-made man: anesthesiological medical human simulator. *J Assoc Adv Med Instr*. 1969; 80-6.
21. Abrahamson S. Human simulation for training in anesthesiology. *Medical Engineering*. 1974;370-4.
22. Abrahamson S, Denson JS, Wolf RM. Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. *Academic Medicine*. 1969;44(6):515-9.
23. Gordon MS, Ewy GA, DeLeon AC, Waugh RA, Felner JM, Forker AD, Patterson D. "Harvey", the cardiology patient simulator: pilot studies on teaching effectiveness. *The American Journal of Cardiology*. 1980;45(4):791-6.
24. Gordon MS, Forker AD, Gessner I, Mcguire C, Mayer JW, Sajid DPA, Waugh RA. Teaching Bed-side Cardiologic Examination Skills Using "Harvey", the Cardiology Patient Simulator. *Medical Clinics of North America*. 1980;64(2):305-13.
25. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *Academic Medicine*. 1987;62(9):738-43.
26. Woolliscroft JO, Calhoun JG, Tenhaken JD, Judge RD. Harvey: The impact of a cardiovascular teaching simulator on student skill acquisition. *Medical Teacher*. 1987;9(1):53-7.
27. Gordon, MS, Ewy GA, Felner JM, Forker AD, Gessner IH, Juul D, Waugh RA. A cardiology patient simulator for continuing education of family physicians. *The Journal of family practice*. 1981;13(3): 353-6.
28. Karnath B, Thornton W, Frye AW. Teaching and Testing Physical Examination Skills without the Use of Patients. *Academic Medicine*. 2002;77(7):753.
29. Sajid AW, Ewy GA, Felner JM, Gessner I, Gordon MS, Mayer JW, Waugh RA. Cardiology patient simulator and computer-assisted instruction technologies in bedside teaching. *Medical Education*. 1990; 24(6):512-7.
30. Takashina T, Shimizu M, Katayama H. A New Cardiology Patient Simulator. *Cardiology*. 1997;88(5):408-13.
31. Philip JH. Gas Man®—An example of goal oriented computer-assisted teaching which results in learning. *International Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 1986;3(3):165-73.
32. Fukui Y, Smith NT. Interactions among Ventilation, the Circulation and the Uptake and Distribution of Halothane—Use of a Hybrid Computer Multiple Model. *Anesthesiology*. 1981;54(2):107-18.
33. Fukui, Yasuhiro, N. Ty Smith. Interactions among ventilation, the circulation, and the uptake and distribution of halothane—use of a hybrid computer multiple model: II. Spontaneous vs. controlled ventilation, and the effects of CO₂. *Anesthesiology* 54.2. 1981; 119-24.
34. Smith NT, Sebald AV, Wakeland C. Cockpit simulation: will it be used for training in anesthesia. In Rockville MD, *Anesthesia Simulator Curriculum Conference*. 1989.
35. Schwid HA, O'donnell D. The Anesthesia Simulator-Recorder: a device to train and evaluate anesthesiologists' responses to critical incidents. *Anesthesiology*. 1990;72(1):191-7.
36. Schwid HA, O'donnell D. Anesthesiologists' Management of Simulated Critical Incidents. *Anesthesiology*. 1992;76(4):495-501.
37. Gaba DM, DeAnda A. A Comprehensive Anesthesia Simulation Environment: recreating the operating room for research and training. *Anesthesiology*. 1988; 69(3):387-94.
38. Cooper JB, Taqueti V. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgraduate Medical Journal*. 2008;84(997):563-70.
39. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviation, space, and environmental medicine*. 1992; 63(9):763-70.
40. Gaba DM, Fish K, Howard SK. *Crisis management in anesthesiology*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1994.

41. Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM, Philip JH, Small SD, Feinstein D. Anesthesia crisis resource management: real-life simulation training in operating room crises. *Journal of Clinical Anesthesia*. 1995;7(8):675-87.
42. Caplan RA, Posner KL, Ward RJ, Cheney FW. Adverse Respiratory Events in Anesthesia: A Closed Claims Analysis. *Anesthesiology*. 1990;72(5):828-33.
43. Peterson GN, Domino KB, Caplan RA, Posner KL, Lee LA, Cheney FW. Management of the Difficult Airway Closed Claims Analysis. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 2005;103(1):33-9.
44. Mason RA. Education and training in airway management. *British Journal of Anaesthesia*. 1998;81(3):305-7.
45. Stringer KR, Bajenov S, Yentis SM. Training in airway management. *Anaesthesia*. 2002;57(10):967-83.
46. Schaefer JJ. Simulators and difficult airway management skills. *Pediatric Anesthesia*. 2004;14(1):28-37.
47. Heidegger T, Gerig HJ, Keller C. Vergleich von Algorithmen für das Management des schwierigen Atemweges. *Der Anaesthesist*. 2003;52(5):381-92.
48. Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P, Riou B. Prediction of Difficult Mask Ventilation. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 2000;92(5):1229-36.
49. Williamson JA, Webb RK, Szekely S, Gillies ER, Dreosti AV. The Australian Incident Monitoring Study. Difficult intubation: an analysis of 2000 incident reports. *Anaesthesia and Intensive Care*. 1993;21:602-7.
50. Timmermann A, Eich C, Nickel E, Russo S, Barsing J, Heuer JF, Braun U. Simulation and airway management. *Der Anaesthesist*. 2005;54:582-7.
51. Russo SG, Eich C, Barwing J, Nickel EA, Braun U, Graf BM, Timmermann A. Self-reported changes in attitude and behavior after attending a simulation-aided airway management course. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2007;19(7):517-22.
52. Kuduvalli PM, Jervis A, Tighe SQM, Robin NM. Unanticipated difficult airway management in anaesthetised patients: a prospective study of the effect of mannequin training on management strategies and skill retention. *Anaesthesia*. 2008;63(4):364-9.
53. Borges BC, Boet S, Siu LW, Bruppacher HR, Naik VN, Riem N, Joo HS. Incomplete adherence to the ASA difficult airway algorithm is unchanged after a high-fidelity simulation session. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 2010;57(7):644-9.
54. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, Vozenilek J. Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*. 2008;15(11):1117-29.
55. Vozenilek JA, Gordon JA. Future Directions: A Simulation-based Continuing Medical Education Network in Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*. 2008;15(11):978-81.
56. Rupp SM, Apfelbaum JL, Blitt C, Caplan RA, Connis RT, Domino KB, Nickinovich DG. Practice Guidelines for Central Venous Access: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access. *Anesthesiology*. 2012;116(3):539-73.
57. Amato ACM, Freitas SLD, Veloso PM, Correia TCV, Santos RVD, Amato SJD. Gelatin model for training ultrasound-guided puncture. *Journal Vascular Brasileiro*. 2015;14(3):200-4.
58. Kusminsky RE. Complications of Central Venous Catheterization. *Journal of the American College of Surgeons*. 2007;204(4):681-96.
59. Ivani G, Ferrante FM. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee Recommendations for Education and Training in Ultrasound Guided Regional Anesthesia: Why do we need these guidelines? *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2009;34(1):8-9.
60. Ball RD, Scouras NE, Orebaugh S, Wilde J, Sakai T. Randomized, prospective, observational simulation study comparing residents needle-guided vs free-hand ultrasound techniques for central venous catheter access. *British Journal of Anaesthesia*. 2011;108(1):72-9.
61. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Scoppettuolo G. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Medicine*. 2012;38(7):1105-17.

62. Sandhu A, Moscucci M, Dixon S, Wohns DH, Share D, Lalonde T, et al. Differences in the outcome of patients undergoing percutaneous coronary interventions at teaching versus non-teaching hospitals. *American Heart Journal*. 2013;166(3):401-8.
63. Tavakol M, Mohagheghi MA, Dennick R. Assessing the Skills of Surgical Residents Using Simulation. *Journal of Surgical Education*. 2008;65(2):77-83.
64. Gurm HS, Sanz-Guerrero J, Johnson DD, Jensen A, Seth M, Chetcuti SJ, Shih A. Using simulation for teaching femoral arterial access: A multicentric collaboration. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2015;87(3):376-80.
65. Wootten RL, Sorensen G, Burwinkle T. The Role of Simulation in Anesthesia. *Advances in Anesthesia*. 2008;26:213-24.
66. Rodgers DL, Securo S, Pauley RD. The Effect of High-Fidelity Simulation on Educational Outcomes in an Advanced Cardiovascular Life Support Course. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*. 2009;4(4):200-6.
67. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, Vozenilek J. Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*. 2008;15(11):1117-29.
68. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Wade LD, Feinglass J, McGague WC. Mastery learning of advanced cardiac life support skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *Journal of General Internal Medicine*. 2006;21(3):251-6.
69. Hall RE, Plant JR, Bands CJ, Wall AR, Kang J, Hall CA. Human Patient Simulation Is Effective for Teaching Paramedic Students Endotracheal Intubation. *Academic Emergency Medicine*. 2005;12(9):850-5.
70. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Wade LD, Feinglass J, McGague WC. Mastery learning of advanced cardiac life support skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *Journal of General Internal Medicine*. 2006;21(3):251-6.
71. Cooper GE. Resource management on the flight deck. In *Proceedings of a NASA/Industry Workshop*. 1980.
72. Overly FL, Sudikoff SN, Shapiro MJ. High-Fidelity Medical Simulation as an Assessment Tool for Pediatric Residents Airway Management Skills. *Pediatric Emergency Care*. 2007;23(1):11-5.
73. Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, Langford V, Kaylor CJ, Jagminas L, Jay GD. Simulation based teamwork training for emergency department staff: does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Quality and Safety in Health Care*. 2004;13(6):417-21.
74. Rudy SJ, Polomano R, Murray WB, Henry J, Marine R. Team Management Training Using Crisis Resource Management Results in Perceived Benefits by Healthcare Workers. *The Journal of Continuing Education in Nursing*. 2007;38(5):219-26.
75. Marshall SD, Pandit JJ. Radical evolution: the 2015 Difficult Airway Society guidelines for managing unanticipated difficult or failed tracheal intubation. *Anaesthesia*. 2015;71(2):131-7.
76. Helmreich RL, Foushee HC. (1993). Why crew resource management? Empirical and theoretical bases of human factors training in aviation. In E. Wiener, B. Kanki, & R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 3-45). San Diego, CA: Academic Press.
77. Cooper JB, Newbower RS, Long CD, Mcpeek B. Preventable Anesthesia Mishaps: a study of human factors. *Anesthesiology*. 1978;49(6):399-406.
78. Anesthesia Patient Safety Foundation [Internet]. Anesthesia Patient Safety Foundation. [citado 12 julio 2017]. Disponible en: <http://www.apsf.org/>
79. Cooper JB. APSF supports analysis of AIMS data. *Journal of Clinical Monitoring*. 1994;10(6):425-6.
80. Welcome to PSNet! [Internet]. PSNet: Patient Safety Network. [citado 12 julio 2017]. Disponible en: <https://psnet.ahrq.gov/>
81. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-Enhanced Simulation for Health Professions Education: a systematic review and metaanalysis. *Jama*. 2011;306(9):978-88.
82. Johnson K, Geis G, Oehler J, Meinen-Derr J, Bauer J, Myer C, et al. Simulation to Implement a Novel System of Care for Pediatric Critical Airway Obstruction. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2012;138(10):907.