



Recibido: 07-04-2025
Aceptado: 15-05-2025

Simulación en el manejo de la vía aérea: revisión de su impacto en la formación clínica

Simulation in airway management: a review of its impact on clinical training

Dr. J Sebastián Espino-Núñez,^{*,‡,§} Dr. Delwyn Cordero-Luna,^{*,¶}
Dr. Gamaliel Velazco-González,[‡] Dr. Rodrigo Rubio-Martínez^{*,‡,||}

Citar como: Espino-Núñez JS, Cordero-Luna D, Velazco-González G, Rubio-Martínez R. Simulación en el manejo de la vía aérea: revisión de su impacto en la formación clínica. Rev Mex Anestesiología. 2025; 48 (3): 159-164. <https://dx.doi.org/10.35366/120421>

Palabras clave:

simulación médica, vía aérea, anestesiología, habilidades clínicas, educación médica.

Keywords:

medical simulation, airway management, anesthesiology, clinical skills, medical education.

* The American British Cowdray Medical Center IAP. Ciudad de México. México.
‡ Médico adscrito al Servicio de Anestesiología.
§ Profesor de Ciencias Básicas, Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.
¶ Coordinador del Servicio de Anestesiología, Campus Santa Fe. Coordinador del Taller «Manejo Multimodal de la Vía Aérea Dificil». Colegio Mexicano de Anestesiología.
|| Director del Centro de Desarrollo.

Correspondencia:
Dr. Rodrigo Rubio Martínez
E-mail: rodrigorubio@me.com



RESUMEN. Introducción: el manejo de la vía aérea es una competencia crítica en anestesiología y otras especialidades. La simulación se ha consolidado como una herramienta ética y eficaz para su enseñanza. **Objetivo:** analizar el papel de la simulación en la adquisición de habilidades técnicas y no técnicas para el manejo de la vía aérea. **Desarrollo:** se revisa la evolución histórica de la simulación, los tipos de simuladores disponibles y su aplicación en habilidades específicas como la ventilación manual, laringoscopia, videolaringoscopia, dispositivos supraglóticos, vía quirúrgica y broncoscopia. Se analizan además sus beneficios en la práctica deliberada, la retención de habilidades y el entrenamiento en factores humanos. **Conclusiones:** la simulación es una estrategia educativa clave para la enseñanza segura del manejo de la vía aérea. Su uso debe ir acompañado de metodologías estructuradas y facilitadores capacitados para lograr una transferencia efectiva a la práctica clínica.

ABSTRACT. Introduction: airway management is a critical skill in anesthesiology and other specialties. Simulation has become an ethical and effective tool for its instruction. **Objective:** to analyze the role of simulation in acquiring both technical and non-technical skills for airway management. **Development:** this review explores the historical background of simulation, the types of simulators, and their use in specific airway techniques including manual ventilation, laryngoscopy, video laryngoscopy, supraglottic devices, surgical airways, and bronchoscopy. It also addresses its value in deliberate practice, skill retention, and training in human factors. **Conclusions:** simulation is an essential educational strategy for the safe instruction of airway management. Its implementation must be supported by structured methodology and trained facilitators to ensure effective translation to clinical practice.

INTRODUCCIÓN

En medicina nos guiamos por principios bioéticos y entre ellos está «primum non nocere». El gran dilema de la educación en el entrenamiento de las habilidades necesarias para la formación de los médicos, como el manejo de vía aérea, está en la necesidad de entrenar a nuevos profesionales y a la vez el de cumplir con el imperativo ético⁽¹⁾. Este dilema ha abierto una puerta a la simulación para generar habilidades y experiencia sin poner al paciente en riesgo de daño⁽²⁻⁴⁾. La simulación se define como una herramienta educativa capaz de recrear escenarios reales, la cual ha demostrado efectividad en la transferencia de comportamientos, habilidades y conocimientos a la práctica clínica⁽⁵⁾.

El entrenamiento basado en simulación es utilizado ampliamente en la educación de los profesionales de la salud. En el área de la salud existen diferentes tipos de simuladores, cuyo objetivo principal se centra en reproducir con cierto grado de precisión y fidelidad algún aspecto de la vida real que se quiera simular. El rápido desarrollo de la tecnología ha permitido la formación no sólo de habilidades técnicas más avanzadas, como laparoscopia y endoscopia, sino también el de habilidades no técnicas⁽⁶⁾.

El doctor David Gaba hace énfasis al destacar que la simulación no es una tecnología, sino una técnica⁽⁷⁾. Para el éxito de una actividad de simulación se requiere considerar las dimensiones de la metodología, la cual comprende el propósito



de la simulación, el nivel de educación y experiencia de los participantes, la tecnología requerida, el sitio de la simulación, etcétera. La simulación en la similitud del escenario comparado con la vida real permite observar la habilidad técnica y áreas menos exploradas como el trabajo en equipo, la comunicación y la resolución de problemas, así como el uso efectivo de los recursos con los que se cuentan⁽⁸⁾.

HISTORIA

En la segunda mitad de la década de 1950, el anestesiólogo Peter Safar fue pionero en el desarrollo de simuladores. Su colaboración con el Dr. Bjorn Lind y la alianza con el creador de juguetes Asmund Laerdal trajo al área de educación médica el Resusci-Anne, el cual fue el primer maniquí de reanimación ampliamente comercializado en el mundo^(9,10).

Para 1995 existían solamente dos simuladores humanos en el mercado con un costo de alrededor de 250 mil dólares. El centro de simulación de la Universidad de Pittsburg desarrolló una alternativa a sólo 10% del costo, que fue patentada y adquirida por la compañía Laerdal⁽¹¹⁾. Por su cuenta, el Dr. David Gaba en 1988 publicaba su experiencia con la recreación de escenarios de simulación en un quirófano. En estos escenarios utilizaba monitores e instrumentos usados en la práctica clínica para crear experiencias de práctica y aprendizaje⁽¹²⁾.

PRÁCTICA DELIBERADA

En 2003, Anders Ericsson fue invitado a dirigirse a la Asociación Americana de Colegios de Medicina. Su mensaje inicia con una reflexión importante: «nadie se convierte en profesional destacado sin experiencia, pero una experiencia extensa no dirige invariablemente a que las personas sean expertas»⁽¹³⁾. El mayor determinante de la experiencia no es el tiempo que se le dedica a una profesión o trabajo, sino el tiempo que se le dedica a revisar aspectos específicos del desempeño. La diferencia entre trabajo, juego y entrenamiento, es que el entrenamiento es una actividad estructurada con el objetivo de mejorar la habilidad en algún tema⁽¹⁴⁾.

Es justo esta diferenciación la que hace a la práctica deliberada una técnica ideal para la adquisición de habilidades y su perfeccionamiento en el tiempo⁽¹⁵⁾. La simulación es una gran herramienta para la práctica deliberada. Permite generar escenarios con un objetivo claro que es parte esencial de la práctica deliberada. Por ejemplo: para mejorar la inserción del laringoscopio en la boca se puede usar un maniquí en el que la habilidad es repetida explorando las particularidades de ésta. En este ejemplo hablamos de sólo una porción de una habilidad, la laringoscopia. Sin embargo, la práctica deliberada no es el mero hecho de repetir hasta el cansancio⁽¹⁵⁾.

Se ha planteado que deben existir cuatro principios dentro de la práctica deliberada:

1. Repetición de la habilidad cognitiva o psicomotora.
2. Rigurosa evaluación de la habilidad.
3. Retroalimentación específica e informativa.
4. Mejoría en la realización de la habilidad.

Estos principios concentran la necesidad de crear desenlaces para cada habilidad que deseamos practicar. Por ejemplo: intubación al primer intento, tiempo requerido para intubar o, en simuladores más sofisticados, la fuerza y el ángulo de ésta ejercida en la vía aérea. Una ventaja de la simulación en comparación con la práctica clínica es la posibilidad de estandarizar las mediciones y, por lo tanto, las evaluaciones de una habilidad técnica o cognitiva⁽⁴⁾. En 2014 Kennedy y colaboradores publicaron una revisión sistemática enfocada en evaluar el entrenamiento en vía aérea por simuladores⁽¹⁶⁾. Incluyeron 76 estudios que en conjunto sumaban más de 5,200 participantes evaluados. Los estudios eran muy heterogéneos entre sí. Pero en general, se concluyó que la simulación es superior para la evaluación de desenlaces educativos específicos en el entrenamiento de vía aérea.

SIMULACIÓN Y DESTREZAS DE LA VÍA AÉREA

Diversos estudios describen planes curriculares que utilizan una gran variedad de modalidades de simulación en la que se incluyen los entrenadores de tareas, simulación basada en maniquí, realidad virtual; simulación in situ, entre otras. Por lo tanto, el entrenamiento en el manejo de la vía aérea con el uso de simulación es por excelencia el método que con mayor frecuencia se utiliza en instituciones educativas y algunas instituciones de salud^(17,18).

La generación de habilidades técnicas específicas ha sido el objetivo más buscado en la simulación médica⁽¹⁹⁾. Para tal efecto tenemos a los entrenadores de tareas a través de modelos anatómicos, simuladores hápticos, de realidad virtual, etcétera. Podemos entrenar tareas específicas, un ejemplo es el simulador virtual de broncoscopia.

En general, los resultados apuntan a un buen desempeño del entrenamiento en simuladores para la adquisición de habilidades técnicas a pesar de encontrar una gran heterogeneidad entre los estudios incluidos. Los simuladores para vía aérea disponibles en el mercado son diversos y una característica que comparten es la limitada similitud con la anatomía humana, así lo comprobaron Blackburn y colaboradores al comparar el diseño de éstos con estudios de imagen de una variada muestra de humanos⁽²⁰⁾. Sin embargo, es irrefutable el beneficio de la simulación en cualquiera de sus presentaciones comparado con la ausencia de ella.

Simulación en ventilación manual

La ventilación manual con mascarilla es la habilidad más básica en el manejo de la vía aérea. Sin embargo, el desarrollo de

la habilidad se ha visto que requiere más entrenamiento que, por ejemplo, las mascarillas laríngeas⁽⁴⁾. Lamentablemente, también se ha demostrado que aunque el entrenamiento en simuladores logre una ventilación exitosa, al trasladarlo a los pacientes la tasa de éxito no logra ser replicada⁽²¹⁾.

Las variaciones anatómicas y de materiales entre los simuladores disponibles y el humano pudieran ser la barrera para la transferencia de habilidad del simulador a la práctica clínica⁽⁶⁾. La ventilación manual puede ser más efectiva al realizarse con dos proveedores y así se ha demostrado en estudios en pacientes y con simuladores⁽²²⁻²⁵⁾. Se ha desarrollado un simulador específico para ventilación manual que pueden ajustar sus niveles de dificultad. Sin embargo, no ha sido ampliamente distribuido⁽²⁶⁾. El acompañamiento de la ventilación manual con mascarilla de una cánula orofaríngea o nasofaríngea podría ser el mejor facilitador de la destreza en un paciente real.

La cánula orofaríngea, descrita en 1933 por Ernest Guedel, ha sido una herramienta esencial de quien maneja la vía aérea desde primeros auxilios hasta la terapia intensiva⁽²⁷⁾. La evidencia detrás de su entrenamiento es difícil de traducir de la sala de simulación a la práctica clínica. Esto debido a las mismas limitantes de la transferencia de otras habilidades: la diferencia en los materiales de los maniqués y su respuesta a la manipulación en comparación con el paciente real.

Simulación en laringoscopia directa y videolaringoscopia

Se ha estudiado la curva de aprendizaje de la intubación orotraqueal con laringoscopia directa por muchos años. Una de las publicaciones más recientes en una revisión de los artículos publicados corroboró que en promedio se requieren 50 laringoscopias directas para lograr un éxito mayor al 90% en no más de dos intentos⁽²⁸⁾. Para el anestesiólogo este número es muy fácil de obtener en las etapas iniciales de su entrenamiento. Sin embargo, para otros profesionales de la salud que tienen la intubación como parte de su currículo este número puede no ser tan fácil de obtener. Es en esas circunstancias que la simulación pudiera acercar al profesional de la salud a un nivel de desempeño más apto para la práctica clínica^(29,30). Además, la intubación orotraqueal es como cualquier habilidad susceptible a decaer en su proeza con la falta de práctica. Aquí entonces otra área de oportunidad para el uso de la simulación en la retención de habilidades⁽³¹⁾.

El entrenamiento con simuladores de intubación endotraqueal se ha explorado con simuladores de realidad virtual⁽³²⁾. Para la realización de esta técnica se requiere una interfaz háptica que ayude a retroalimentar en resistencia y calidad de los tejidos al que realiza la intubación.

En una revisión sistemática, Vanderbilt y colaboradores concluyeron que la simulación es útil para la enseñanza de la intubación con videolaringoscopia⁽³³⁾. Dicha técnica se ha

asociado con menores tiempos y mayor éxito al primer intento en comparación con la laringoscopia directa⁽³⁴⁻³⁶⁾. Incluso hay una tendencia de ciertos profesionales a utilizarla de primera línea en la intubación orotraqueal⁽³⁷⁾.

La mejor manera de reconocer la utilidad de la simulación para el desarrollo o la mejora de la habilidad de intubación es realizar estudios con desenlaces en pacientes reales. Esto es el transporte de un escenario ficticio al real y observando el desempeño. Sin embargo, estos estudios son pocos y con metodologías heterogéneas. En seis estudios que evaluaron en pacientes los resultados de la simulación, cuatro reportaron como desenlace solamente el éxito de la intubación⁽³⁸⁾.

Simulación en dispositivos supraglóticos

Los dispositivos supraglóticos (DSG) comprenden una gamma de instrumentos que tienen el objetivo de facilitar la oxigenación y la ventilación.

Debido a que los dispositivos supraglóticos se pueden colocar a ciegas y además generar una conversión segura a la colocación de una vía aérea definitiva se han vuelto parte de los protocolos de reanimación actuales, así como de la práctica anestésica rutinaria^(39,40). Las ventajas incluyen mayor presión de sellado, el evitar la movilización del cuello y, en algunos casos, hasta el drenaje del contenido gástrico.

Existe una variada disponibilidad de dispositivos supraglóticos, así como de maniqués para la práctica de habilidades de vía aérea y se han comparado para determinar su funcionalidad en entrenamiento⁽⁴¹⁾. La mascarilla laríngea es el dispositivo más conocido y utilizado de esta categoría y su inserción es consistentemente efectiva. En un estudio que comparó, entre no expertos, la inserción de un modelo de mascarilla laríngea, tanto en maniqués como en pacientes, el éxito al primer intento fue mayor al 80%⁽⁴²⁾.

Simulación en fibrobroncoscopia

Las oportunidades para realizar una fibrobroncoscopia en sala de operaciones han disminuido en la última década con la introducción de los videolaringoscopios y los DSG. Esto, como consecuencia, ha generado pérdida en el desarrollo y el mantenimiento de las habilidades para llevar a cabo una intubación endotraqueal con esta técnica. El uso de simulación en fibrobroncoscopia existe actualmente en dos tipos: simuladores virtuales de alta fidelidad y simuladores físicos de baja fidelidad⁽⁴³⁾. El costo de estos diferentes tipos de simulador es la mayor diferencia y no se ha evidenciado que uno sea superior al otro⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾.

En 1988, Ovassapian integraba y comparaba la simulación a la educación tradicional en la intubación con fibroscopio⁽⁴⁸⁾. A pesar de la variabilidad en los simuladores disponibles, la ventaja de la simulación en el contexto de una exposición clínica limitada es difícil de refutar⁽⁴⁹⁾.

Baker y colaboradores desarrollaron el simulador de realidad virtual OSRIM, el cual incorpora pacientes virtuales con vía aérea difícil. Este sistema consiste en componentes de hardware y software que interactúan para crear simulaciones de realidad virtual de alta fidelidad. Cuenta con la ventaja de que la inserción puede ser oral o nasal y el programa provee una grabación, retroalimentación y medición de todos los datos clínicos relevantes para cada caso⁽⁵⁰⁾.

La impresión en tercera dimensión también conocida como manufactura aditiva ha traído importantes avances con relación a la práctica médica. Aunque se usa un solo término para conjugar todas las aplicaciones 3D, realmente existen múltiples tipos de impresiones y tecnologías⁽⁵¹⁾. Cada tecnología presenta sus ventajas y desventajas. También pueden representar un amplio rango de costos. La técnica más comúnmente utilizada se llama modelado de deposición fundida y puede ser utilizada con múltiples tipos de plásticos o polímeros⁽⁵²⁾. Bustamante y colaboradores usaron impresión 3D basada en la tomografía de dos pacientes para comparar la fibrobroncoscopia simulada con la realizada en los pacientes. Uno de ellos tenía anatomía traqueobronquial dentro de parámetros normales. El segundo paciente tenía una entrada al lóbulo superior derecho temprana. En las imágenes obtenidas por fibrobroncoscopia el modelo impreso en 3D fue comparable con los hallazgos en los pacientes reales⁽⁵³⁾.

Simulación en vía quirúrgica

La falla para oxigenar un paciente es un evento catastrófico. La situación de no puedo ventilarlo y no puedo intubarlo (CICO, por sus siglas en inglés: *Can't Intubate, Can't Oxygenate*), aunque su incidencia es baja, tiene un efecto significativo en el desenlace del paciente. Por lo anteriormente mencionado es primordial que los anestesiólogos tengan la destreza necesaria para la realización de una vía aérea quirúrgica, la cual debe ser parte del currículum de quienes entrenan en manejo de vía aérea⁽³⁾. En una encuesta publicada en una revista arbitrada, se identificó que de los programas que incluyen la enseñanza de la técnica quirúrgica de la vía aérea el 57% y lo hacían con apoyo de simuladores⁽⁴⁾, los cuales varían en realismo. Existen métodos baratos y sencillos de construir un simulador y, aunque estén limitados en su veracidad anatómica, pueden ser de utilidad para la familiarización con el equipo⁽⁵⁾.

Iverson y colaboradores compararon el éxito de la cricotiroidotomía en cadáveres humanos entre médicos entrenados con dos diferentes estrategias. El primer grupo fue entrenado en modelos animales con cerdos y el segundo con modelos de simulador. El grupo entrenado con simulador tuvo mejores resultados, aunque la diferencia medida no fue estadísticamente significativa debido posiblemente al pequeño número de participantes⁽⁵⁴⁾.

Por el otro lado, Takayesu y asociados compararon el uso de cadáveres contra simuladores para el desarrollo de la

técnica. La mayor desventaja de este estudio es que la métrica que utilizaron fue una encuesta subjetiva y favoreció al empleo de cadáveres entre los participantes para el desarrollo de confianza para la realización del procedimiento⁽⁵⁵⁾.

La utilidad de simuladores de diferente calidad y precio ha sido establecida para adquirir habilidades técnicas sobre vía aérea quirúrgica, pero debido a su baja incidencia no permite la validación con la práctica clínica. En 2018 se publicó la experiencia inicial con el uso de una aplicación en celular para el reporte de casos de vía aérea quirúrgica⁽⁵⁶⁾. En el reporte no se explica la técnica utilizada y éste es un punto importante ya que los resultados obtenidos pueden servir para guiar el futuro entrenamiento en las técnicas y éstas puedan ser llevadas a la práctica clínica.

Por otro lado, la simulación es una herramienta de alto impacto para el entrenamiento de habilidades no técnicas que permitan la identificación, decisión y resolución de la situación clínica en la que la vía aérea quirúrgica debe realizarse^(57,58). Como se demostró en el NAP4 (*4th National Audit Project*), los factores humanos son extremadamente relevantes en el retraso de acciones claramente benéficas como la cricotiroidotomía en una situación de no poder ventilar y no poder intubar como se mencionó anteriormente⁽⁵⁹⁾.

Habilidades no técnicas en vía aérea

La calidad y seguridad en salud depende de complejas interacciones entre la competencia individual y del sistema de salud⁽⁶⁰⁾. Para mediados de los 90, el Dr. David Gaba toma conceptos de la simulación en aviación y posteriormente los de gestión de los recursos en crisis para aplicarlos en la sala de operaciones con la finalidad de mejorar el entrenamiento de médicos anestesiólogos y así conseguir una mayor seguridad del paciente⁽⁶¹⁾. El reporte NAP4 en el Reino Unido nuevamente trajo a la atención de todos que el factor humano juega un rol muy importante en los eventos adversos relacionados con el manejo de la vía aérea⁽⁵⁹⁾. Incluso en un estudio basado en entrevistas a médicos que reportaron casos en el NAP4, se profundizó en el rol de factores como la consciencia situacional, el cansancio, la presión de tiempo y otros factores como agravantes de una complicación en el manejo de la vía aérea⁽⁶²⁾.

Los factores humanos que intervienen en la toma de decisiones en un escenario de cuidado de la salud, como lo es el manejo de la vía aérea, se pueden clasificar en: individuales, del equipo, del entorno y de la organización o institución⁽⁶³⁾. El mayor ejemplo de intervención para disminuir el impacto del error humano en salud es la aplicación de la lista de cotejo de cirugía segura⁽⁶⁴⁾. También se han diseñado esquemas que sirvan de evaluación y marco de entrenamiento para enfatizar en factores humanos y habilidades no técnicas.

Las habilidades no técnicas pueden definirse como las herramientas cognitivas sociales y personales que contribuyen

a la eficiente y segura realización de una tarea. En 1999, Flin y Glavin diseñaron un esquema para clasificar las habilidades no técnicas de la anestesiología. Las dividieron en cuatro categorías: consciencia situacional, toma de decisiones, trabajo en equipo y administración de tareas⁽⁶⁵⁾. Cada categoría tiene elementos que se pueden evaluar en una escala del uno al cuatro. Con este esquema se han diseñado cursos de administración de recursos en crisis en anestesia y se ha utilizado también como evaluación del desempeño en el área de trabajo.

CONCLUSIÓN

Bajo el principio ético: «primero no hacer daño», resulta fundamental la técnica de simulación, ya que disminuye el daño innecesario y aumenta la seguridad en los pacientes.

Para los educadores en el área de la salud resulta sumamente útil la técnica de simulación, ya que, a través de diferentes estudios, se ha comprobado su utilidad en la transferencia del conocimiento de los escenarios simulados a la clínica, obteniendo resultados favorables en la mejora de habilidades técnicas. Sin embargo, la simulación también ha encontrado un lugar favorable en el entrenamiento de habilidades no técnicas, como el trabajo en equipo, liderazgo y comunicación entre otras. Para obtener estos resultados se debe llevar a cabo la metodología con la técnica de simulación. Esto es lo que ha hecho que los resultados sean favorables y para esto se requiere que el personal que realiza el evento esté capacitado.

REFERENCIAS

- McCarthy S, Cooper RM. A primer on the ethics of teaching and learning in airway management. *Anaesthesia*. 2018;73(8):940-945. doi: 10.1111/anae.14313.
- Ziv A, Root Wolpe P, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med*. 2003;78:783-788. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12915366/>
- Weller JM, Bloch M, Young S, et al. Evaluation of high fidelity patient simulator in assessment of performance of anaesthetists. *Br J Anaesth*. 2003;90:43-47. doi: 10.1093/bja/aeg002.
- Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation - a continuum of medical education? *Med Educ*. 2003;37:22-28. doi: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.9.x.
- Rubio MR, Villa PJM, Méndez GE, Hernández AAL. Retos de la simulación médica en el posgrado de la Facultad de Medicina de la UNAM. *Rev la Fac Med UNAM*. 2017;60:64-75. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=77111>
- Moller TP, Ostergaard D, Lippert A. Facts and fiction - Training in centres or in situ. *Trends Anaesth Crit Care*. 2012;2:174-179. doi: 10.1016/j.tacc.2012.03.006.
- Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. 2004;13 Suppl 1:i2-10. doi: 10.1136/qshc.2004.009878.
- Rodríguez-Zepeda JM, Rubio-Martínez R, Méndez-Gutiérrez E, Mahendra V. Simulación clínica en anestesiología pediátrica. *Rev Mex Anesthesiol*. 2018;41:S211-S214.
- Grenvik A, Schaefer J. From resusci-ane to sim-man: the evolution of simulators in medicine. *Crit Care Med*. 2004;32:S56-S57. doi: 10.1097/00003246-200402001-00010.
- Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, et al. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? *Mt Sinai J Med*. 2009;76:330-343. doi: 10.1002/msj.20127.
- Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J*. 2008;84:563-570. doi: 10.1136/qshc.2004.009886.
- Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulator environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology*. 1988;69:387-394.
- Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med*. 2003;79:S70-S81.
- Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Romer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev*. 1993;100:363-406. doi: 10.1037/0033-295x.100.3.363.
- Duvivier RJ, van Dalen J, Muijtjens AM, Moulart VR, van der Vleuten CP, Scherpier AJ. The role of deliberate practice in the acquisition of clinical skills. *BMC Med Educ*. 2011;11:101. doi: 10.1186/1472-6920-11-101.
- Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2014;42:169-178. doi: 10.1097/CCM.0b013e31829a721f.
- Wang EE, Quinones J, Fitch MT, et al. Developing technical expertise in emergency medicine--the role of simulation in procedural skill acquisition. *Acad Emerg Med*. 2008;15:1046-1057. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00218.x.
- Murray DJ. Progress in simulation education: developing an anesthesia curriculum. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2014;27:610-615. doi: 10.1097/ACO.0000000000000125.
- McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Med Educ*. 2010;44:50-63. doi: 10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x.
- Blackburn MB, Wang SC, Ross BE, et al. Anatomic accuracy of airway training manikins compared with humans. *Anaesthesia*. 2021;76:366-372. doi: 10.1111/anae.15238.
- Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heuer JF. Transfer of airway skills from manikin training to patient: Success of ventilation with facemask or LMA-Supreme(TM) by medical students. *Anaesthesia*. 2013;68:1124-1131. doi: 10.1111/anae.12367.
- Hart D, Reardon R, Ward C, Miner J. Face mask ventilation: a comparison of three techniques. *J Emerg Med*. 2013;44:1028-1033. doi: 10.1016/j.jemermed.2012.11.005.
- Althunayyan SM, Alotaibi RN, Aljanoubi MA, Alharthi MZ, Mubarak AM, Al-Otaibi AM. Comparison of the effectiveness and comfort level of two commonly used mask ventilation techniques in a model. *Respir Care*. 2021;66:460-465. doi: 10.4187/respcare.07949.
- Fei M, Blair JL, Rice MJ, et al. Comparison of effectiveness of two commonly used two-handed mask ventilation techniques on unconscious apnoeic obese adults. *Br J Anaesth*. 2017;118:618-624. doi: 10.1093/bja/aex035.
- Joffe AM, Hetzel S, Liew EC. A two-handed jaw-thrust technique is superior to the one-handed "EC-clamp" technique for mask ventilation in the apneic unconscious person. *Anesthesiology*. 2010;113:873-889. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20808210/>
- Sudhir G, Stacey MR, Hampson M, Mecklenburgh J. Evaluation of the basic airway model, a novel mask ventilation training manikin. *Anaesthesia*. 2007;62:944-947. doi: 10.1111/j.1365-2044.2007.05151.x.
- Baskett TF. Arthur Guedel and the oropharyngeal airway. *Resuscitation*. 2004;63:3-5. doi: 10.1016/j.resuscitation.2004.07.004.
- Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ. Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: a systematic review. *Resuscitation*. 2016;99:63-71. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.11.005.

29. Owen H, Plummer JL. Improving learning of a clinical skill: the first year's experience of teaching endotracheal intubation in a clinical simulation facility. *Med Educ*. 2002;36:635-642.
30. Hall RE, Plant JR, Bands CJ, Wall AR, Kang J, Hall CA. Human patient simulation is effective for teaching paramedic students endotracheal intubation. *Acad Emerg Med*. 2005;12:850-855. doi: 10.1197/j.aem.2005.04.007.
31. Offiah G, Ekpotu LP, Murphy S, et al. Evaluation of medical student retention of clinical skills following simulation training. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):263. doi: 10.1186/s12909-019-1663-2.
32. Mayrose J, Kesavadas T, Chugh K, Joshi D, Ellis DG. Utilization of virtual reality for endotracheal intubation training. *Resuscitation*. 2003;59:133-138. doi: 10.1016/S0300-9572(03)00179-5.
33. Vanderbilt AA, Mayglothling J, Pastis NJ, Franzen D. A review of the literature: Direct and video laryngoscopy with simulation as educational intervention. *Adv Med Educ Pract*. 2014;5:15-23. doi: 10.2147/AMEP.S51963.
34. Lascarrou JB, Boissrame-Helms J, Bailly A, et al. Video laryngoscopy vs direct laryngoscopy on successful first-pass orotracheal intubation among ICU patients: a randomized clinical trial. *JAMA - J Am Med Assoc*. 2017;317:483-493. doi: 10.1001/jama.2016.20603.
35. Arulkumaran N, Lowe J, Ions R, Mendoza M, Bennett V, Dunser MW. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for emergency orotracheal intubation outside the operating room: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2018;120:712-724. doi: 10.1016/j.bja.2017.12.041.
36. Jaber S, De Jong A, Pelosi P, Cabrini L, Reignier J, Lascarrou JB. Videolaryngoscopy in critically ill patients. *Crit Care*. 2019;23:221. doi: 10.1186/s13054-019-2487-5.
37. Rothfield KP, Russo SG. Videolaryngoscopy: should it replace direct laryngoscopy? a pro-con debate. *J Clin Anesth*. 2012;24:593-597. doi: 10.1016/j.jclinane.2012.04.005.
38. Sun Y, Pan C, Li T, Gan TJ. Airway management education: Simulation based training versus non-simulation based training-A systematic review and meta-analyses. *BMC Anesthesiol*. 2017;17(1):17. doi: 10.1186/s12871-017-0313-7.
39. Bengier JR, Kirby K, Black S, et al. Effect of a strategy of a supraglottic airway device vs tracheal intubation during out-of-hospital cardiac arrest on functional outcome the AIRWAYS-2 randomized clinical trial. *J Am Med Assoc*. 2018;320:779-791. doi: 10.1001/jama.2018.11597.
40. Kwanten LE, Madhivathanan P. Supraglottic airway devices: current and future uses. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018;79:31-35. doi: 10.12968/hmed.2018.79.1.31.
41. Jackson KM, Cook TM. Evaluation of four airway training manikins as patient simulators for the insertion of eight types of supraglottic airway devices. *Anaesthesia*. 2007;62:388-393. doi: 10.1111/j.1365-2044.2007.04983.x.
42. Wharton NM, Gibbison B, Gabbott DA, Haslam GM, Muchatuta N, Cook TM. I-gel insertion by novices in manikins and patients. *Anaesthesia*. 2008;63:991-995. doi: 10.1111/j.1365-2044.2008.05542.x.
43. Leong TL, Li J. 3D printed airway simulators: adding a dimension to bronchoscopy training. *Respirology*. 2020;25:1126-1128. doi: 10.1111/resp.13933.
44. Chandra DB, Savoldelli GL, Joo HS, Weiss ID, Naik VN. The effect of model fidelity on training for transfer to patient care. *Anesthesiology*. 2008;109:1007-1013. Available in: <http://pubs.asahq.org/anesthesiology/article-pdf/109/6/1007/246007/0000542-200812000-00014.pdf>
45. Norman G, Dore K, Grierson L. The minimal relationship between simulation fidelity and transfer of learning. *Med Educ*. 2012;46:636-647. doi: 10.1111/j.1365-2923.2012.04243.x.
46. Hamstra SJ, Brydges R, Hatala R, Zendejas B, Cook DA. Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Acad Med*. 2014;89:387-392. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24448038/>
47. Jiang B, Ju H, Zhao Y, Yao L, Feng Y. Comparison of the efficacy and efficiency of the use of virtual reality simulation with high-fidelity mannequins for simulation-based training of fiberoptic bronchoscope manipulation. *Simul Healthc*. 2018;13:83-87. doi: 10.1097/SIH.0000000000000299.
48. Ovassapian A, Yelich SJ, M Dykes MH, et al. Learning fibreoptic intubation: use of simulators V. Traditional teaching. 1988;61:217-220. Available in: <https://academic.oup.com/bja/article/61/2/217/287275>
49. Kennedy CC, Maldonado F, Cook DA. Simulation-based bronchoscopy training: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2013;144:183-192. doi: 10.1378/chest.12-1786.
50. Baker PA, Weller JM, Baker MJ, et al. Evaluating the ORSIM® simulator for assessment of anaesthetists' skills in flexible bronchoscopy: aspects of validity and reliability. *Br J Anaesth*. 2016;117:i87-i91. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27130269/>
51. Hartopp A, Ahmed I, Miller G. 3-D printing in anaesthesia: challenges and controversies. *Anaesthesia*. 2017;72:1283-1284. doi: 10.1111/anae.13986.
52. Chao I, Young J, Coles-Black J, Chuen J, Weinberg L, Rachbuch C. The application of three-dimensional printing technology in anaesthesia: a systematic review. *Anaesthesia*. 2017;72:641-650. doi: 10.1111/anae.13812.
53. Bustamante S, Bose S, Bishop P, Klatte R, Norris F. Novel application of rapid prototyping for simulation of bronchoscopic anatomy. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014;28:1122-1125. doi: 10.1053/j.jvca.2013.08.015.
54. Iverson K, Riojas R, Sharon D, Hall AB. Objective comparison of animal training versus artificial simulation for initial cricothyroidotomy training. *Am Surg*. 2015;81:515-518.
55. Takayesu JK, Peak D, Stearns D. Cadaver-based training is superior to simulation training for cricothyrotomy and tube thoracostomy. *Intern Emerg Med*. 2017;12:99-102. doi: 10.1007/s11739-016-1439-1.
56. Duggan L V, Lockhart SL, Cook TM, O'Sullivan EP, Dare T, Baker PA. The Airway App: exploring the role of smartphone technology to capture emergency front-of-neck airway experiences internationally. *Anaesthesia*. 2018;73:703-710. doi: 10.1111/anae.14247.
57. Hubert V, Duwat A, Deransy R, Mahjoub Y, Dupont H. Effect of simulation training on compliance with difficult airway management algorithms, technical ability, and skills retention for emergency cricothyrotomy. *Anesthesiology*. 2014;120:999-1008.
58. Wong DT, Prabhu AJ, Coloma M, Imasogie N, Chung FF. What is the minimum training required for successful cricothyroidotomy? A study in mannequins. *Anesthesiology*. 2003;98(4):349-353. doi: 10.1097/01.sa.0000132001.87115.78.
59. Cook TM, Woodall N, Frerk C, et al. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2011;106:617-631. doi: 10.1093/bja/aer058.
60. Holmboe E, Rizzolo MA, Sachdeva AK, Rosenberg M, Ziv A. Simulation-based assessment and the regulation of healthcare professionals. *Simul Healthc*. 2011;6 Suppl:S58-62. doi: 10.1097/SIH.0b013e3182283bd7.
61. Rubio-Martínez R. Pasado, presente y futuro de la simulación en Anestesiología. *Rev Mex Anest*. 2012;35:186-191. Disponible en: <https://medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=36532>
62. Flin R, Fioratou E, Frerk C, Trotter C, Cook TM. Human factors in the development of complications of airway management: Preliminary evaluation of an interview tool. *Anaesthesia*. 2013;68:817-825. doi: 10.1111/anae.12253.
63. Schnitker R, Marshall S, Horberry T, Young KL. Human factors enablers and barriers for successful airway management – an in-depth interview study. *Anaesthesia*. 2018;73:980-989. doi: 10.1111/anae.14302.
64. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med*. 2009;360:491-499. doi: 10.1056/nejmsa0810119.
65. Flin R, Patey R, Glavin R, Maran N. Anaesthetists' non-technical skills. *Br J Anaesth*. 2010;105:38-44. doi: 10.1093/bja/aeq134.