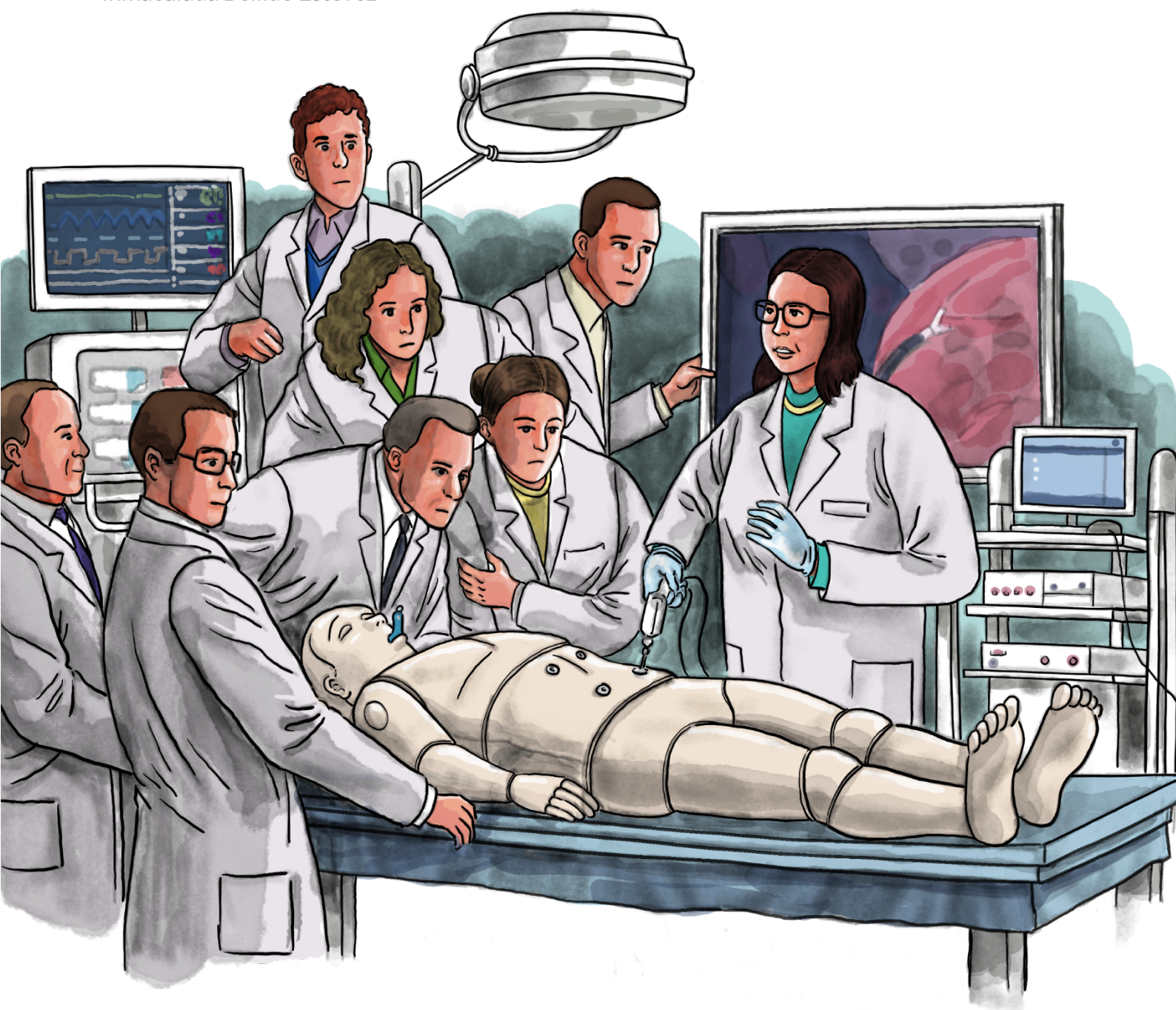


# Manual de Simulación Clínica en Especialidades Médicas

1a Edición

Alejandro Barroso González  
Iván M. Herrera Pérez

Co-edita:  
Inmaculada Bellido Estevez





# Manual de Simulación Clínica en Especialidades Médicas.

1ª Edición

Editores:

**Alejandro Barroso González**

Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapia del Dolor.  
Hospital Regional Universitario de Málaga.

**Iván M. Herrera Pérez**

Centro de Simulación Clínica Avanzada de Granada. IAVANTE. Fundación Progreso y Salud

Coeditora:

**Inmaculada Bellido Estevez**

Departamento de Farmacología y Pediatría. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga.

ISBN-13 978-84-09-35476-4



Cátedra  
de Terapias Avanzadas  
en Patología Cardiovascular



 **quirónsalud**  
Cátedra Investigación Biomédica



## Prólogo

La enseñanza y formación en medicina presuponen el uso de la simulación. Aunque se hayan encontrado evidencias de su uso desde hace cientos de años, sin embargo, han sido en los últimos años que su utilización se ha incrementado y diseminado.

Validada científicamente en múltiples contextos médicos y de otras áreas profesionales de la salud, considerada relevante como proceso de entrenamiento y de mejora de las competencias, incluso en lo que toca a la seguridad del paciente.

Hoy en día, para muchas técnicas y situaciones es inaceptable llegar junto a los pacientes sin un dominio adquirido en simulación.

La simulación puede ocurrir sin el uso de recursos adicionales, solo las personas, o utilizando pocos o muchos recursos de baja hasta alta tecnología. Se adapta así a los recursos disponibles, puede abarcar las áreas de conocimiento, de las competencias técnicas o de las actitudes, solo o en conjunto.

El uso racional y basado en evidencia de la simulación es de la mayor importancia por la necesidad de una mayor efectividad y eficiencia en la transformación de los profesionales de salud para que puedan mejorar el impacto en las personas y en la población, aunque, por cuestiones de una más fácil medida, en general, se tengan que medir los indicadores de proceso y de resultado.

Los coordinadores del Manual de Simulación clínica en especialidades médicas, son expertos en simulación, con una experiencia de largos años, incluyendo proyectos de investigación y desarrollo.

La organización de una obra sobre el uso de la simulación centrada en las especialidades médicas es una idea excelente, pues hace falta para quien busque un manual práctico y conciso.

Es un excelente punto de partida para la preparación de cursos o de centros de simulación.

Miguel Castelo-Branco Sousa,  
Professor Catedrático de Medicina,  
Médico Especialista de Medicina Interna e de Medicina Intensiva,  
Diretor de curso de Medicina da Universidade da Beira Interior e do seu laboratório de simulação,  
Fundador da Sociedade Portuguesa de Simulação Aplicada as Ciências da Saúde.  
Membro da SESAM



## Índice

Introducción Iván M. Herrera y Alejandro Barroso	9
Capítulo 1. Modelos y Metodología de Simulación Iván M. Herrera y Alejandro Barroso	13
Capítulo 2. Simulación Clínica en Medicina Familiar y Comunitaria: Introducción Iván M. Herrera	21
Capítulo 3. Simulación Clínica en Medicina Familiar y Comunitaria Iván M. Herrera y Alejandro Barroso	23
Capítulo 4. Uso de Paciente Simulado y Estandarizado en la formación en Atención Primaria María Luisa Prados Jiménez, Pilar Quesada Carrasco, José Antonio Prados Castillejo, Fermín Quesada Jiménez	31
Capítulo 5. Simulación Clínica en el Servicio de Urgencias y Emergencias J. Miguel Maestro, Iván M. Herrera, M. Carmen Martínez	47
Capítulo 6. Simulación Clínica en Cuidados Intensivos Elena Trujillo, M. Carmen Martínez y Alejandro Barroso	55
Capítulo 7. Simulación Clínica en Anestesiología Alejandro Barroso, Carmen Martínez y J. Manuel Sánchez-Carrión	65
Capítulo 8. Simulación Clínica y Medicina del Dolor Alejandro Barroso, Luis Miguel Torres, M. Carmen Martínez	81
Capítulo 9. Simulación Clínica en Cirugía General Paula Domínguez, Carolina González, Yoelimar Guzmán, F. Borja de Lacy	87
Capítulo 10. Simulación Clínica en Neurocirugía Fidel Jiménez, Majed J. Katati, Elena Trujillo y Alejandro Barroso	95
Capítulo 11. Simulación Clínica en Urología Néstor M. Sánchez y María Díaz	105
Capítulo 12. Simulación en Obstetricia y Ginecología Manuel Gómez, Lorena Sabonet y Andrea Y. Pedraza	115
Capítulo 13. Simulación Clínica en Cirugía Plástica José Martín Losilla, Cristóbal Díaz, Oriol Cases y José Miguel Labrador	121
Capítulo 14. Simulación en Cirugía Ortopédica y Traumatología Jesús López Morcillo	129

Capítulo 15. Simulación Clínica en Cirugía de Tórax Florencio Quero, Inmaculada Piedra y Francisco Hernández	135
Capítulo 16. Simulación Clínica en Cirugía Pediátrica María Díaz y Néstor M. Sánchez	143
Capítulo 17. Simulación Clínica en Otorrinolaringología Ignacio Santaella	151
Capítulo 18. Simulación Clínica en Oftalmología José Díaz, Ignacio García, José Mora, Antonio Moreno	157
Capítulo 19. Simulación Clínica en Medicina Digestiva: Aprendizaje de la Endoscopia Digestiva con Simulación Eduardo Redondo Cerezo y Manuel Valenzuela Barranco	163
Capítulo 20. Simulación Clínica en Cardiología Jordi Bañeras	173
Capítulo 21. Simulación Clínica en Neumología Belén Gómez, Lorena Piñel, Eva B. Cabrera	183
Capítulo 22. Simulación Clínica en Neurología Lina Carazo, Virginia Delgado e Ignacio García	191
Capítulo 23. Simulación Clínica en Nefrología Esther Ortega, Elvira Esquivias y Eva Plaza	197
Capítulo 24. Simulación Clínica en Salud Mental Eduardo Velázquez y Ana Beatriz Blánquez	205
Capítulo 25. Simulación Clínica en Odontología: Enfoque global de los métodos de entrenamiento en odontología quirúrgica Celia Vázquez, Pedro Alomar, M. Ángeles Serrera, Thais Cristina P, Iván Herrera y Daniel Torres	215
Capítulo 26. Aprendizaje Basado en Simulación en Fisioterapia Juan D. Ruiz y Juan J. Rodríguez	229
Capítulo 27. Simulación en Farmacología Inmaculada Bellido Estevez, Encarnación Blanco Reina y Aurelio Gómez Luque	239
Capítulo 28. Simulación en Enfermería Roberto Ariza y Ginés Martínez	257

## Introducción

El sistema de aprendizaje basado en la enseñanza maestro-aprendiz ha sido la piedra angular de la docencia sanitaria durante siglos, especialmente en lo referente a las habilidades técnicas. Este método, sin embargo, tiene ciertas carencias que se han hecho más tangibles en un entorno como el actual, donde se han incrementado las presiones de diferente índole sobre el sanitario y su labor asistencial. Exigencias para la obtención de un buen resultado clínico, responsabilidades éticas, obligaciones morales y de seguridad del paciente, o necesidades referentes a la gestión económica hospitalaria, dificultan la labor docente de los especialistas, así como la exposición a situaciones clínicas reales de los estudiantes o especialistas en formación. En este contexto, la simulación clínica emerge como una alternativa factible, prometedora e innovadora como herramienta docente en el ámbito sanitario<sup>1-3</sup>.

La simulación como técnica docente lleva vigentes cientos de años, pero el concepto de simulación como herramienta docente de alta capacidad tal y como hoy lo conocemos se desarrolló en gran manera a partir de los avances surgidos en el área en la industria aeronáutica, la cual requería que sus pilotos comerciales fueran exhaustivamente preparados para volar en simuladores de vuelo previamente a ser capacitados para llevar pasajeros<sup>4</sup>. A partir de estos avances, la simulación médica aflora con la certeza de que las técnicas de simulación podrán ser aplicadas en el campo de la medicina, acelerando la adquisición de conocimientos y ayudando al desarrollo de habilidades tanto técnicas como no técnicas<sup>4</sup>. La simulación clínica, por consiguiente, queda definida como “una técnica, no una tecnología, para sustituir o ampliar las experiencias reales a través de experiencias guiadas, que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real, de una forma totalmente interactiva”<sup>5,6</sup>.

La simulación no solo ayuda a quien la practica a ganar confianza, sino también experiencia ya que posibilita la aplicación de la teoría, y a cometer errores, en un ambiente seguro, sin poner en peligro la integridad del paciente ni la suya propia. Esto es realmente importante en las primeras fases de aprendizaje, aunque también de gran peso en la docencia de personal sanitario más experimentado, sobre todo cuando atañe al aprendizaje de nuevas técnicas o instrumentos<sup>7</sup>. Después de todo, de los sanitarios se espera que se mantengan al día en conocimientos y habilidades en su área de especialidad en un mundo que se mueve muy deprisa.

La práctica de situaciones predeterminadas y previamente estudiadas por los docentes permite una práctica clínica controlada en un ambiente seguro, eliminando aquellos factores de arbitrariedad que puedan generar un descenso de la calidad de la enseñanza. Adicionalmente, la fase de debriefing completa la formación, añadiendo un valor extra a esta herramienta docente con respecto a otras como se ha comprobado a lo largo de estos años. El debriefing elaborado por expertos y de manera estructurada permite al alumno

asentar las competencias adquiridas, ser consciente de los errores cometidos y asentar las bases sobre las que poder crecer como profesionales<sup>8,9</sup>. Este sistema presenta, por tanto, el potencial de unificar conocimientos y habilidades de manera transversal a diferentes profesionales y especialidades al presentar la misma de manera estructurada y uniforme.

Otro importante beneficio de la simulación es la eliminación de las trabas que estudiantes y especialistas en formación pueden encontrar al ver limitada su formación en competencias clínicas a sus horas laborales, ya que es en éstas en las que es posible trabajar con pacientes y poner en práctica las diferentes habilidades. La simulación posibilita el aprendizaje fuera de estos horarios, acortando así la curva de aprendizaje, y posibilitando la formación sin que el paciente esté necesariamente presente. Las características mencionadas, junto con la buena relación tiempo-eficiencia que presenta el entrenamiento con simulación, guían a la labor asistencial de quien la practica a una menor tasa de error y una mejor labor asistencial en general, reflejado a la larga en una mejor productividad tanto personal como del sistema sanitario<sup>10,11</sup>.

En un mundo rápidamente cambiante es necesario adoptar nuevos paradigmas y estudiar nuevas fórmulas docentes. Métodos que permitan a la sociedad médica adaptarse a un entorno donde cada vez es más notable la subespecialización y en el que las exigencias para los sanitarios se incrementan día a día. La simulación aporta su granito de arena a este cambio. Con sus pros y contras, esta herramienta se ha convertido en un modelo útil capaz de sortear dificultades propias del esquema de aprendizaje tradicional. Con el fin de dotar a aquellos sanitarios de un manual de introducción a la simulación clínica presentamos este texto.

Un trabajo en el que especialistas de todas las áreas de la medicina puedan apoyarse cuando comiencen su andadura en el mundo de la simulación clínica. Los autores colaboradores, facultativos especialistas clínicos muy relacionados con la docencia y la simulación en la mayoría de los casos, han tenido libertad para trasladar sus conocimientos y visión sobre el aprendizaje basado en simulación, por lo que no es de esperar un manual homogéneo o monocromo. Son estas diferencias las que más enriquecen esta aproximación multidisciplinar, y que en ningún caso hemos considerado suprimir.

Alejandro Barroso González e Iván M. Herrera Pérez

## Bibliografía

1. Chikwe J, Souza AC de, Pepper JR. No time to train the surgeons. *BMJ*. 2004;328(7437):418.
2. Nishisaki A, Keren R, Nadkarni V. Does Simulation Improve Patient Safety?: Self-Efficacy, Competence, Operational Performance, and Patient Safety. *Anesthesiol Clin*. 2007;25(2):225-36.
3. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The Utility of Simulation in Medical Education: What Is the Evidence? *Mt Sinai J Medicine J Transl Personalized Medicine*. 2009;76(4):330-43.
4. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care*. 2008;23(2):157-66.
5. Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology*. September 1988;69(3):387-94.
6. Gaba DM. The Future Vision of Simulation in Healthcare. *Simulation in Healthcare*. July 1, 2007;2(2):126.
7. Oak SN. Medical simulation: a virtual world at your doorstep. *J Postgrad Med*. 2014;60(2):171-4.
8. Andreae MH, Dudak A, Cherian V, Dhar P, Dalal PG, Po W, et al. Data and debriefing observations on healthcare simulation to prepare for the COVID-19 pandemic. *Data in brief*. August 2020;31:106028.
9. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More Than One Way to Debrief. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(3):209-17.
10. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, Hananel D, Heydenburg M, Issenberg B, et al. Training and simulation for patient safety. *Qual Saf Heal Care*. 2010;19(Suppl 2):i34.
11. Zendejas B, Wang AT, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. Cost: The missing outcome in simulation-based medical education research: A systematic review. *Surgery*. 2013;153(2):160-76.



## Modelos y Metodología de Simulación

Iván M. Herrera<sup>1</sup> y Alejandro Barroso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Simulación Clínica Avanzada de Granada. IAVANTE. Fundación Progreso y Salud

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación, y Terapia del Dolor.

Es posible encontrar a lo largo de la literatura diferentes clasificaciones en relación a los diversos modelos y metodologías en la simulación médica. Las más habituales se basan en gran medida en el modelo y complejidad del simulador, dejando al margen otros aspectos básicos en la simulación clínica y que se deberían considerar, al menos, con el mismo nivel de importancia<sup>1</sup>.

Esta focalización en los simuladores como instrumentos en lugar de en la metodología de simulación puede evidenciarse, simplemente, al realizar una búsqueda sobre los inicios de la simulación médica. Con toda seguridad se encontrarán referencias al primer simulador utilizado en anestesiología, el *SimOne*, seguido del *Stanford CASE*. Será también habitual encontrar información sobre la aportación de la industria aeronáutica al desarrollo de estos modelos de simulación y en su implantación de forma reglada en el campo de la salud<sup>2</sup>.

Si bien todos estos datos son ciertos, y sin pretensión alguna de restar la importancia que han tenido en el desarrollo de este campo, es fácil relegar la simulación médica a un modelo parcial, basado únicamente en desarrollos tecnológicos y considerando éstos como eje vertebrador del entorno simulado. El aprendizaje basado en la simulación es un concepto con un marco mucho más amplio que la tecnología utilizada para ello, se basa en principios de adquisición de conocimientos y habilidades preservando la seguridad de profesionales y pacientes, en un entorno realista y considerando factores ambientales, emocionales, técnicos y relacionales, entre otros.

Cuando se comienza a implantar la simulación en centros sanitarios, bien con centros de simulación o con los más habituales laboratorios de habilidades, más pronto que tarde, llega la pregunta: “Entonces, ¿cuál es el mejor simulador? ¿Qué simulador compro?”.

Con el máximo deseo de hacer de ésta una guía práctica, especialmente dividida en cada una de las diferentes especialidades que puedan beneficiarse de este modelo metodológico, es necesario comenzar planteando una serie de preguntas que sirvan como reflexión ligera sobre los modelos de simulación:

- ¿Se puede considerar simulación cuando, en el S. III a. C. el médico indio Súsruta, utilizaba piezas de fruta para enseñar a realizar incisiones a sus estudiantes?<sup>3</sup>

- ¿Se consideraría así el trabajo quirúrgico sobre modelos animales y cadáveres, desarrollado desde la antigüedad, como medio para el conocimiento anatómico? ¿Es eso simulación?
- ¿El paciente estandarizado, ha evolucionado de la misma forma que el resto de modelos de simulación? Y, si es así, ¿cuál fue su comienzo? ¿simulación o realidad?

Sin duda alguna, estas preguntas deben indicar la importancia de no focalizar la simulación clínica en un único modelo, diferenciándolo tan sólo por la complejidad o la capacidad de recreación de aspectos anatómicos o patológicos. Si bien éste es útil para ciertas especialidades, no lo son menos otros, como los modelos de entrenamiento quirúrgico, el paciente estandarizado o la realidad virtual, tal y como veremos a lo largo de este capítulo.

Desde aquí, nos gustaría realizar una nueva propuesta de clasificación, una aproximación mixta de los diferentes modelos de simulación clínica, basados tanto en el escenario a desarrollar, como en los recursos necesarios y las características de estos recursos.

A lo largo de esta guía, se desarrollarán diferentes modelos de simulación en cada una de las diferentes especialidades sanitarias. Este capítulo, debe servir como marco de referencia, como andamiaje, para comprender aquellos modelos que pueden utilizarse de forma específica en alguna de las diferentes especialidades.

### **Paciente estandarizado**

Sin duda, el paciente estandarizado es uno de los recursos que se han utilizado de forma más habitual, especialmente durante la formación de grado e incluso en los programas de residencia en los principales hospitales.

Podría definirse como un paciente real o simulado, que ha recibido formación para la estandarización de sus respuestas e interacción con el alumnado en un escenario diseñado con un objetivo formativo y/o evaluativo. Esta capacidad para estandarizar sus respuestas frente a diferentes situaciones, provocadas por diferentes alumnos es uno de los aspectos que se deberán considerar con mayor cuidado para el trabajo con el paciente estandarizado.

Su principal ventaja se basa en la capacidad de proporcionar interacción con un ser humano real, pudiendo trabajar de forma especialmente realista las habilidades que la requieran (habilidades de comunicación, anamnesis o relativas al área de salud mental, por ejemplo), aunque también en habilidades técnicas o exploratorias como el examen físico<sup>4</sup>. Es de especial utilidad su capacidad para servir como transición hacia un paciente real<sup>5</sup>.

Como contrapartida a este potencial, el paciente estandarizado no puede utilizarse para la realización de técnicas invasivas, o que puedan generar algún tipo de agresión o perjuicio para el sujeto. Esto llevará, en muchos casos, a trabajar en modelos de simulación híbrida,

integrando diferentes aproximaciones metodológicas y herramientas que deberán alternarse en función de aquellas *competencias* a entrenar en el alumnado.

Se debe considerar, durante la utilización de paciente estandarizado, algunas reglas mínimas que permitirán el uso de esta metodología con el máximo rendimiento:

- Realismo. Si el objetivo es el entrenamiento en la anamnesis de una persona de edad avanzada, con características específicas, no tiene sentido realizar la “simulación” utilizando como paciente estandarizado a uno de los otros alumnos, con un pañuelo en la cabeza, dentro del aula, rodeado del resto de estudiantes y profesores, mientras finge ser una mujer de 85 años en su casa en un ambiente rural. Se hace necesaria una cuidada selección del *paciente estandarizado* en relación a: sexo, edad o características físicas que sean compatibles con el escenario recreado, así como un entrenamiento específico para adecuar las respuestas ante diferentes alumnos.

Si bien es cierto que es especialmente difícil la recreación de algunos escenarios, es preciso realizar una aproximación lo más fidedigna posible con el objeto de facilitar la transferencia de la formación, esto es, la puesta en práctica de los conocimientos y habilidades entrenados en el entorno habitual de trabajo<sup>6</sup>. Cuanta mayor similitud exista entre el entorno simulado y el hábitat de trabajo más sencilla será la realización de esta transferencia al facilitar los mecanismos de automatización y recuerdo<sup>7</sup>. Esto se hace especialmente patente durante los entrenamientos en situaciones de emergencias. Siendo en los entrenamientos de estos casos especialmente necesario controlar no solo el entorno, sino también la fidedigna caracterización del paciente simulado, la relación del mismo con el equipo que le atienda, e incluso tener la capacidad suficiente para controlar el estado emocional del alumnado cuando se enfrentan al escenario planteado. Teniendo en cuenta estos aspectos, parece evidente que la generación en el alumnado de condiciones fisiológicas y emocionales lo más parecidas posibles al entorno real, disminuye las diferencias percibidas durante la transferencia de las competencias adquiridas y permite su mejor aplicación.

- Entrenamiento para estandarización. El segundo de los ítems a considerar está basado en el concepto de “Paciente *Estandarizado*”. La estandarización de la conducta del paciente, tanto en entornos formativos como evaluativos, sólo puede conseguirse con un entrenamiento específico que desarrolle los recursos necesarios para enfrentar cualquier posible situación que pueda ocurrir durante la simulación (una pregunta no prevista, por ejemplo) así como presentar, dentro de lo posible, las mismas conductas y respuestas frente a diferentes alumnos. Para esto, se debe facilitar con tiempo suficiente el encuentro entre el equipo docente y el paciente estandarizado, con el objetivo de preparar la simulación con el mayor nivel de detalle posible<sup>8</sup>.

Aunque no es el objetivo de este manual su descripción detallada, es preciso destacar que se hace necesario en el uso de este modelo prever una serie de recursos que serán necesarios para el desarrollo de esta metodología, como

cámaras de grabación para el debriefing, sistemas de comunicación discretos con el equipo de pacientes simulados o atrezzo que pueda ser solicitado en algún momento de la simulación.

- Observación: tanto en el caso de utilizar este modelo con fines formativos como - y especialmente - con fines evaluativos, la observación se convierte en un aspecto fundamental que debe estar definida con anterioridad a la ejecución de la simulación<sup>9</sup>. *¿Qué deben evaluar los observadores? ¿Van a ver el resto de alumnos la simulación en tiempo real?* La definición de estos factores nos proporcionará un listado de aspectos observables a evaluar, incluso definiendo en qué casos se consideran superados y con criterios específicos. El objetivo final, especialmente en el caso de escenarios evaluativos -ECOÉ- es que dos observadores diferentes, con el mismo listado de chequeo, y observando la misma situación, entreguen un documento exactamente igual, reduciendo al máximo cualquier diferencia de percepción subjetiva que pueda presentarse, especialmente, cuando se trata de evaluar interacción interpersonal<sup>10</sup>.

Aunque se detallará en capítulos posteriores, dentro del modelo de simulación escénica, es posible trabajar con paciente estandarizado, rol-playing, simulación co-constructiva o pacientes virtuales, entre otros. Cada uno de estos modelos, presentan características propias que deben tenerse en cuenta para la mejor toma de decisión en el proceso formativo.

### **Simuladores parciales de baja complejidad**

Los simuladores parciales de baja complejidad están desarrollados para el aprendizaje anatómico básico, así como para la realización de algunas técnicas sencillas en diferentes campos. Su construcción suele estar realizada en plástico o materiales similares a la silicona a los que pueden añadirse accesorios para hacer la simulación más completa.

Existen numerosos simuladores que cumplen estas funciones, aunque los más habituales son los que entrenan vía aérea, vías venosas o abordajes parciales. Si bien el tacto es muy diferente al de un paciente, son una solución de bajo coste especialmente efectiva para el desarrollo de algunas habilidades debido a su resistencia y fácil sustitución en caso de rotura o desgaste<sup>11</sup>.

### **Simuladores parciales de alta complejidad**

Dentro de los simuladores parciales, es posible encontrar otros que, de manera virtual y utilizando un software específico, son capaces de recrear con un alto nivel de realismo técnicas invasivas específicas<sup>12</sup>. Estos simuladores suelen estar constituidos por una CPU, una pantalla y, al menos, dos periféricos que deben recrear, tanto la zona anatómica del paciente a intervenir -con mayor o menor similitud estética- como el instrumental a utilizar para ello.

Los ejemplos más claros para estos modelos son los simuladores de laparoscopia o los simuladores de técnicas endoscópicas específicas (gastroscopia, colonoscopia,

broncoscopia o uroscopia). Estos simuladores están dotados de software específico que permite el desarrollo formativo a todos los niveles, desde aproximaciones iniciales básicas con los movimientos necesarios para el acceso al paciente a abordajes terapéuticos finalistas de elevada complejidad. Además, proporcionan una información especialmente útil tras la realización de la simulación, al tratarse de ítems objetivos que pueden utilizarse también de forma evaluativa evitando cualquier subjetividad por parte de un observador externo.

### **Simuladores robóticos completos de alta complejidad**

Sin duda, pueden considerarse como el buque insignia de la simulación clínica. Se trata de simuladores que recrean el cuerpo completo de un paciente, con un importante aspecto inmersivo debido a la similitud estética con el paciente real, bajo el que se integran diferentes sistemas de hardware que permiten abordajes específicos o integrales.

El control de los mismos se realiza por personal especializado a través de un equipo con una interfaz capaz de controlar tanto los parámetros fisiopatológicos del simulador como la respuesta proporcionada frente a las interacciones con el alumnado.

Existen numerosos modelos en el mercado que son capaces de proveer soluciones de mayor o menor complejidad, adaptándose a las necesidades formativas del alumnado. Bajo el mismo simulador puede integrarse un número mayor o menor de sistemas - evidentemente a un precio diferente -, así como diferentes condiciones de resistencia, transportabilidad, conexión, o capacidad para presentar respuestas físicas: movimiento ventilatorio, parpadeo, reflejo fotomotor, sudoración, rigidez cervical, cianosis, ECG, reconocimiento automático de fármacos o capacidad para convulsionar, entre otros.

La correcta elección del simulador debe ser basada en una adecuada detección de las necesidades formativas, y es un aspecto fundamental para garantizar el éxito de esta inversión. Además, no debe olvidarse en ningún caso, la necesidad de mantener una escenografía adecuada que permita la inmersión del alumnado en el entorno simulado y facilite la transferencia, tal y como se ha detallado anteriormente.

### **Simulación Quirúrgica**

A pesar de que diversos autores integren la simulación quirúrgica dentro de otros apartados<sup>13</sup>, en esta clasificación se ha considerado que debido a su creciente importancia era preciso hacer mención específica a sus características más importantes.

Para el abordaje de las disciplinas quirúrgicas, si bien existen simuladores que pueden cubrir una parte importante de las competencias a entrenar (antes hemos citado los simuladores de laparoscopia, por ejemplo), aún existen demasiadas diferencias entre el feedback recibido por los simuladores y el de un paciente real. Estas diferencias, relativas a sensación háptica, control de sangrado y hemostasia, o realismo en los órganos y estructuras abordados, no pueden ser suplidas mediante los simuladores. Es en este caso, donde se hace necesaria la utilización de los modelos basados en biorreactivos.

Dentro de este apartado podemos destacar los dos modelos más habituales de entrenamiento: el entrenamiento con modelo cadáver y el entrenamiento con modelos animales.

#### *Entrenamiento con modelo cadáver:*

El entrenamiento con modelo cadáver es especialmente útil cuando se da prioridad a la similitud anatómica entre el modelo y el paciente. Es posible realizar este entrenamiento o adquisición de conocimientos y habilidades utilizando diferentes medios de preservación del cadáver que van desde la conservación mediante químicos hasta la simple criopreservación. Siendo, además, preciso realizar la preparación del cadáver de forma adecuada a las competencias a adquirir.

En función del modelo de preservación utilizado, se deberán considerar también diferentes aspectos relativos a la seguridad del alumnado, así como a las técnicas compatibles con el mismo, que, si bien no son objeto de esta guía, deberán tenerse en cuenta para la preparación de la simulación.

#### *Entrenamiento con modelo animal:*

En entrenamiento con modelo animal sólo debe considerarse cuando no sea posible adquirir las competencias por ningún otro método, utilizando para ello el menor número de animales posibles y garantizando el cumplimiento de la legislación vigente en materia de protección animal para evitar cualquier sufrimiento<sup>14</sup>.

La utilización de estos modelos se restringe a aquellos entrenamientos en los que para la adquisición de las habilidades a entrenar se hacen precisas una serie de características como: la capacidad de sangrado, u otras características incompatibles con modelos artificiales.

La legislación para la utilización de estos modelos es la misma que para la investigación con modelos animales, por lo que se trata de un modelo especialmente complejo de implantar y que se utiliza sólo en entrenamiento de alta especificidad.

### **Simulación con realidad virtual**

Por último, es preciso hacer una breve mención a nuevos modelos que se están desarrollando y que comienzan a abrirse un lugar entre las metodologías de simulación clínica: los modelos de realidad virtual<sup>15,16</sup>.

Con o sin sensación háptica, estos modelos permiten una experiencia inmersiva en el entorno formativo, facilitando la transferencia de la actividad a posteriori. Las técnicas de realidad virtual son especialmente útiles en la adquisición de conocimientos anatómicos, por sus características inmersivas, así como en la aproximación a habilidades específicas de especialidad como pueden ser en la adquisición de competencias de intubación con fibrobroncoscopio en anestesiología o cirugía laparoscópica abdominal<sup>17</sup>.

En este aspecto, cabe destacar la integración de la inteligencia artificial, tanto en los modelos de entrenamiento como en el quirófano. Según el Dr. de Lacy, la cirugía 4.0, permitirá la integración de los equipos quirúrgicos con los sistemas de realidad aumentada, mejorando la seguridad de los pacientes sometidos a dichas intervenciones. Estos sistemas, serán capaces de proporcionar un atlas anatómico superpuesto al paciente, evaluación del desarrollo de la intervención o incluso sugerencias sobre la aproximación quirúrgica. El aprendizaje para el control de la atención dividida, en este caso, se hace imprescindible para obtener los mejores resultados por parte del equipo quirúrgico<sup>18,19</sup>. De la misma forma, los avances en los modelos de realidad virtual, permiten universalizar el acceso al entrenamiento quirúrgico, sin necesidad de utilizar modelos animales, humanos o que precisen amplios sistemas quirúrgicos para la adquisición de las competencias de habilidad. Además, el feedback proporcionado por estos modelos, en el que se incluye sugerencias de nuevos entrenamientos, puntos débiles en la intervención o aspectos concretos a mejorar, permitirán la creación de programas formativos personalizados con un uso óptimo del tiempo de entrenamiento<sup>20,21</sup>.

El desarrollo tecnológico de estos modelos, la cada vez mayor sencillez para la creación de entornos virtuales de aprendizaje, o la facilidad para el acceso a los recursos necesarios para su utilización, les permitirá integrarse en un número cada vez mayor de disciplinas, universalizando el acceso a su tecnología y a los beneficios que supone para los profesionales y para los pacientes.

Antes de finalizar, es preciso especificar que, si bien seleccionar la metodología de simulación adecuada para la consecución de los objetivos de aprendizaje propuestos es imprescindible para abordarlos con éxito, el aprendizaje basado en simulación precisa un entorno académico mucho mayor. Haciendo énfasis en este punto para que la realización de briefing y debriefing, la familiarización con el entorno simulado de forma previa al desarrollo del caso, la utilización de modelos pedagógicos sólidos, consideraciones sobre el aprendizaje adulto o dificultad del alumnado con los aspectos tecnológicos deben ser adecuadamente evaluados para afrontar la simulación con garantías de éxito.

En conclusión, cada una de las diferentes metodologías y modelos de simulación presentan unas características propias, ventajas e inconvenientes. No es posible determinar qué modelo es mejor, sino que deben evaluarse las competencias a adquirir, y seleccionar el más adecuado en función de las mismas, nuestra capacidad de escenificación, el equipo docente, el alumnado a quien va dirigido, y cualquier otra variable que pueda afectar al resultado final del proceso de formación. La selección de una metodología y modelo de simulación, no sólo generará un mejor Retorno de la Inversión, sino que colaborará en la optimización de los recursos destinados a la formación, a la satisfacción del alumnado y a la mejor adquisición de competencias en una curva de aprendizaje adaptada a nuestro diseño formativo.

## Bibliografía

- 1.- Corvetto, Marcia Et Al. Simulación en educación médica: una sinopsis. Rev. Méd. Chile [online]. 2013, vol.141, n.1, pp.70-79.
- 2.- Palés Argullós, J.L. Y Gomar Sancho, C. (2010): el uso de las simulaciones en educación médica, en juanes méndez, j. A. (coord.) Avances tecnológicos digitales en metodologías de innovación docente en el campo de las ciencias de la salud en españa. Revista teoría de la educación: educación y cultura en la sociedad de la información. Vol. 11, nº 2. Universidad de Salamanca, pp. 147-169
- 3.- Carrasco R., García C. y, Carrasco R. Utilización de simuladores en la educación quirúrgica. Cirujano General. 2013;35:s62-s65.
- 4.- Palacios, Silvia. Uso de pacientes estandarizados en educación médica. Rev Educ Cienc Salud, 2007, vol. 4, no 2, p. 102-105.
- 5.- Solís, I. Bozzo, S., y Kunakov, N. Pacientes estandarizados en la formación de habilidades clínicas, en educación médica de pregrado. Revista Médica de Chile, 2013, vol. 141, no 9, p. 1216-1217.
- 6.- Cifuentes-Gaitán, María José, et al. Transferencia del aprendizaje de emergencias y cuidado crítico desde la simulación de alta fidelidad a la práctica clínica. Acta Colombiana de Cuidado Intensivo, 2020.
- 7.- Nolla-Domenjó, M. La evaluación en educación médica: principios básicos. Educación Médica, 2009, vol. 12, no 4, p. 223-229
- 8.- Ruiz-Moral, Roger; Caballero-Martínez, Fernando. Programa para seleccionar y entrenar pacientes estandarizados en el contexto de un currículo universitario de simulación clínica. Fem: Revista de la Fundación Educación Médica, 2014, vol. 17, no 4, p. 199-204.
- 9.- Valera-Bermejo, José Manuel, Et Al. El realismo en simulación clínica, arte y ciencia. Gaudeamus, 2015, no 1, p. 37-54
- 10.- Sloan, David A., et al. The use of the objective structured clinical examination (OSCE) for evaluation and instruction in graduate medical education. Journal of Surgical Research, 1996, vol. 63, no 1, p. 225-230.
- 11.- Corvetto, Marcia, Et al. Simulación en educación médica: una sinopsis. Revista Médica de Chile, 2013, vol. 141, no 1, p. 70-79.
- 12.- Gelves, Gloria Amparo Contreras; Moreno, Patricia Carreño. Simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza. Ingenium Revista de la Facultad de Ingeniería, 2012, vol. 13, no 25, p. 107-119.
- 13.- Palés Argullós, Jorge L., et al. El uso de las simulaciones en educación médica. 2010.
- 14.- Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.
- 15.- Vázquez-Mata, G. Realidad virtual y simulación en el entrenamiento de los estudiantes de medicina. Educación Médica, 2008, vol. 11, p. 29-31.
- 16.- González Izard, Santiago, Et Al. Plan de investigación: entornos virtuales de simulación para formación médica. 2017.
- 17.- Dávila-cervantes, Andrea. Simulación en educación médica. Investigación en Educación Médica, 2014, vol. 3, no 10, p. 100-105.
18. DeLacy, F. B., Nehme, J., Lacy, A. M. & Chand, M. Educational technology: revolutionizing surgical education. Brit J Hosp Med 78, 426–427 (2017).
19. Lacy, A. M. *et al.* The present and future of surgical education – a video vignette. Colorectal Dis 19, 303–304 (2017).
20. Martin-Perez, B., Bennis, H. & Lacy, A. M. Virtual reality simulation for surgery: from video games to transanal total mesorectal excision. Tech Coloproctol 22, 5–6 (2018).
21. Lacy, A. M. *et al.* 5G-assisted telementored surgery. Brit J Surg 106, 1576–1579 (2019).

## Simulación Clínica en Medicina Familiar y Comunitaria. Introducción.

Iván M. Herrera

Centro de Simulación Clínica Avanzada de Granada. IAVANTE. Fundación Progreso y Salud

Desde hace más de 25 años, la AP y la medicina de Urgencias se encuentran caminando juntas. Incluso en el decreto de creación de la especialidad de Medicina de Familia se especifica, en su artículo 3, que, entre otras, <<tendrá la consideración de “asistencia primaria” la que se presta en los [...] servicios de urgencia de la Seguridad Social>><sup>1</sup>

Sin embargo, no es difícil percibir que las diferencias en la atención del paciente en los diferentes escenarios (planificación programada del paciente, asistencia urgente en centro sanitario o asistencia urgente extrahospitalaria) precisan una formación diferenciada que permita afrontar los retos que se presenten con las mayores garantías de calidad y seguridad, haciendo uso de los recursos disponibles en cada uno de ellos.

Diferenciaremos este bloque en tres capítulos para abarcar uno de los principales y más complejos pilares del entrenamiento basado en simulación:

- a. Simulación Clínica en Atención Primaria: Que comprende el uso de simuladores de alta y baja fidelidad, completos y parciales para el entrenamiento en las principales habilidades clínicas de los profesionales, con especial hincapié en la adquisición de las competencias necesarias para la utilización del instrumental diagnóstico que tienen a su disposición en los diferentes CS.
- b. Paciente Simulado y Estandarizado en Atención Primaria: Debido a la especial utilidad de esta metodología de simulación, se ha considerado relevante dedicar un capítulo específico, con el objetivo de exponer las características especiales de entrenamiento, preparación de escenario o aplicaciones potenciales que puede ofrecernos para la adquisición de multitud de competencias.
- c. Simulación Clínica en Servicio de Urgencias y Emergencias: Que describe las características del servicio de urgencias y emergencias (incluyendo extrahospitalarias) y sus necesidades de entrenamiento específico y diferente de la atención programada al paciente.

### Bibliografía

<sup>1</sup> Oliver, Antonio Caballero, et al. Medicina de familia y medicina de urgencias: seguimos juntos. Atención Primaria, 2006, vol. 38, no 5, p. 247.



## Simulación Clínica en Medicina Familiar y Comunitaria

Iván M. Herrera<sup>1</sup> y Alejandro Barroso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Simulación Clínica Avanzada de Granada. IAVANTE. Fundación Progreso y Salud

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación, y Terapia del Dolor.

La Atención Primaria (AP) se considera la puerta de acceso del paciente al Sistema Público de Salud<sup>1</sup>. Si bien la cartera de servicios que ofrece puede diferir en cada área geográfica, es cierto que se encuentra siempre como la primera demanda sanitaria para la población, lo que marca la variabilidad y amplitud de competencias que se requiere a los profesionales que la ejercen. El profesional de AP dispone de pocos minutos para cada paciente<sup>2</sup> y, considerando que los españoles son los europeos que más acuden a AP, estos deben ser suficientes para prestar la atención sanitaria de calidad, decidir los criterios de derivación a atención especializada y cumplir la cobertura asistencial encomendada. Incluyendo actividades diagnósticas, terapéuticas y de seguimiento de procesos agudos o crónicos, además de promoción, educación y prevención en materia de salud. También el médico de AP debe atender urgencias en horario de consulta por motivos no demorables, así como realizar la intervención diagnóstica o terapéutica que demanda el paciente<sup>3</sup>.

La formación en Urgencias y Emergencias del profesional de AP se detalla en el capítulo dedicado a esta temática en este mismo manual, por lo que emplazamos a su consulta en el capítulo original (*Simulación Clínica en la Urgencias y Emergencias Sanitarias*). Adicionalmente, en un capítulo también dedicado al bloque de AP se describirá con detalle el uso de paciente estandarizado para la formación en atención sociosanitaria, salud mental o realización de anamnesis, como una de las principales herramientas del profesional para el diagnóstico de los pacientes que acuden al servicio (*Utilización del Modelo de Simulación del Paciente Simulado en Atención Primaria*). Sin embargo, hemos querido comenzar este bloque con un capítulo que detalle algunas de las técnicas que, actualmente, se están entrenando mediante metodologías de simulación en AP y que tienen su principal valor en su capacidad para la adquisición de competencias de habilidad de manera eficaz, con una curva de aprendizaje corta y, generalmente, con un rol de especial interés en la población general.

Los modelos que se citan a lo largo del capítulo, son ejemplos de diversas casas comerciales. En el mercado, pueden encontrarse múltiples opciones con diferentes características, emplazando al lector al análisis completo de sus características particulares para la mejor elección en base a las competencias que se desee entrenar.

- Exploración cardiológica y respiratoria

La adquisición de estas habilidades puede realizarse con diferentes metodologías de simulación, desde simuladores parciales de baja complejidad, a robóticos complejos de alta fidelidad, pasando por simulación híbrida en la que es el propio instrumental el que permite la modificación de la información y puede utilizarse con paciente estandarizado<sup>4,5</sup>.



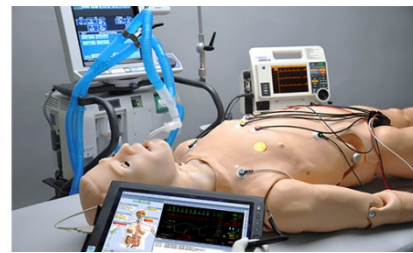
Entrenador de Auscultación D300



Simulador SimScope Híbrido D330



Sistema CAE HPS



Sistema HAL

Al igual que para el resto de competencias que se van a destacar, la elección del modelo de simulación debe hacerse siguiendo criterios de utilidad y eficiencia, definiendo en primer lugar los objetivos pedagógicos de aprendizaje y, posteriormente, aquel modelo de simulación que, a menor coste, pueda cubrirlos con un modelo más realista<sup>6,7</sup>.

- Exploración Otoscópica

La otalgia es uno de los síntomas más frecuentes en AP. La realización de un correcto diagnóstico diferencial es imprescindible para la correcta atención del paciente<sup>8</sup>.

Para la formación, existen simuladores parciales de baja complejidad, o virtuales que pueden utilizarse en un modelo de simulación híbrida. Los simuladores parciales, suelen contener un número de patologías más limitado, si bien es cierto que permiten el entrenamiento en habilidades específicas como la extracción de cuerpos extraños o la inserción de tubos de drenaje. Por su parte, los simuladores virtuales presentan una biblioteca de casos mucho más completa, aunque no siempre permiten el entrenamiento de habilidades más allá de las diagnósticas<sup>9</sup>.



Simulador D2502



Sistema EarSi

### ○ Exploración Abdominal

El dolor abdominal crónico es otra de las consultas más habituales tanto en AP como en Urgencias. Es imprescindible, en su diagnóstico, diferenciar un origen orgánico o funcional del mismo, junto a una correcta anamnesis del paciente. Para esto, son especialmente útiles los simuladores parciales de exploración física, con bajo coste y que permiten una amplia variabilidad diagnóstica<sup>10,11</sup>.



Sistema ABSim

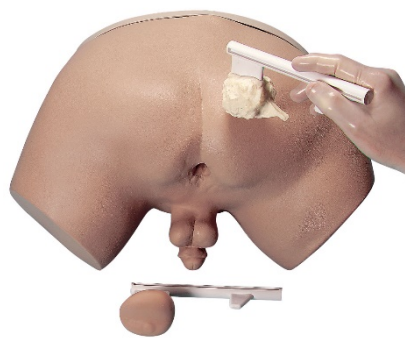
### ○ Examen de mamas y tacto rectal

Existen una serie de pruebas que deben realizarse en AP por la necesidad de celeridad en la detección de patologías que pueden agravarse en un corto periodo de tiempo. Este es el caso del tacto rectal y la diferenciación de la Neoplasia Benigna de Próstata<sup>12</sup> o la exploración mamaria<sup>13</sup>.

Para su entrenamiento, se han diseñado simuladores parciales que permiten la exploración física de estas áreas, pudiendo detectar diferentes características fisiológicas que, junto con una adecuada anamnesis y resultados analíticos, permiten el entrenamiento en la detección temprana de estas patologías<sup>14-16</sup>.



Sistema S230 de exploración mamaria



Simulador Reconocimiento de próstata

○ Ecografía

El uso de ecografía en atención primaria puede parecer un concepto novedoso, pero hace casi 30 años ya se realizaron experiencias de formación al respecto<sup>17</sup>. Aunque los escenarios específicos de uso de la ecografía se encuentran en continuo cambio, los escenarios susceptibles de ser abordados por el médico de familia pasan ya por otros muchos campos entre los que destacan la ecografía hepática y biliar, de grandes vasos, ginecobstetricia, ecocardiografía o musculoesquelética<sup>18-20</sup>.

Los simuladores de ecografía de alta fidelidad nos permiten el desarrollo de habilidades psicomotoras, pudiendo operar en diferentes zonas anatómicas, como ecocardiografía, ecografía abdominal, obstetricia y ginecología.

Además, estos simuladores pueden integrarse con simuladores robóticos completos de alta fidelidad para la creación de escenarios de mayor complejidad, incluso a través de simulación híbrida con paciente estandarizado<sup>21-23</sup>.



Simulador SonoSim



CAE Vimedix

Sin embargo, no sólo son susceptibles de entrenamiento las técnicas diagnósticas. Existen otras intervenciones terapéuticas de cuyo entrenamiento puede beneficiarse ampliamente la Atención Primaria. A continuación, proponemos dos ejemplos, la cirugía menor, y las infiltraciones intra y periarticulares.

- Cirugía Menor

La cirugía menor se encuentra dentro de la cartera de servicios de Atención Primaria en muchos Centros de Salud como una herramienta más a disposición del usuario<sup>24</sup>.

Al tratarse de procedimientos quirúrgicos sencillos y superficiales, no suelen presentar complicaciones importantes, y presentan unos altos índices de satisfacción entre la población<sup>24</sup>. Para la formación, existe un amplio abanico de soluciones. Desde la utilización de recursos low-cost o material biológico como piel y carne de pollo, hasta kits avanzados para suturas o simuladores parciales específicos<sup>25-27</sup>.



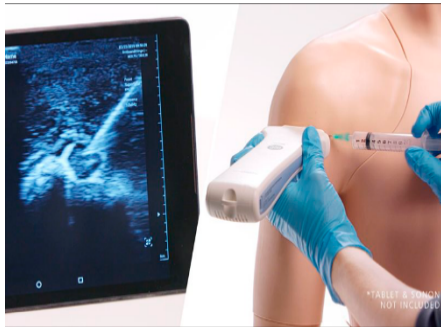
Simulador Sutura

- Infiltraciones intra y periarticulares

Los síndromes de articulaciones dolorosas son motivos de consulta habitual en AP, llevando a situaciones dolorosas que pueden generar una situación de incapacidad laboral temporal, con diferentes implicaciones sociosanitarias y económicas<sup>28,29</sup>.

Ante el fracaso terapéutico de los AINE y reposo, la infiltración articular es el tratamiento de segunda elección, disminuyendo la inflamación y el dolor, recuperando capacidad funcional y con escasos efectos secundarios<sup>30</sup>. Sin embargo, la adquisición de las competencias necesarias para una infiltración exitosa en el paciente, requiere un modelo de entrenamiento específico, con diferentes modelos de simulación, y que incluye la utilización de simuladores de baja fidelidad, de alta fidelidad y que pueden incluir el uso de cadáveres y pacientes reales<sup>31</sup>.

Para el entrenamiento en ecografía, para la punción ecoguiada, es posible utilizar algunos de los simuladores vistos anteriormente en el apartado “ecografía”. Sin embargo, también es preciso realizar un entrenamiento específico en punción ciega, para lo que podemos servirnos de simuladores parciales específicos para ese fin.



Medical Simulator Simulador Ecoguiado



Simulador Punción Ciega

Además, y considerando que la exploración ecográfica es una prueba no invasiva, y que permite la utilización de paciente real, debe considerarse que no existe simulación que pueda recrear las estructuras anatómicas al mismo nivel que un ser humano. De esta forma, es posible explorar estructuras incluso con movimiento del paciente, siempre que no se apliquen técnicas terapéuticas ni invasivas. Para el entrenamiento realista en punción, también es posible utilizar cadáver criopreservado, si bien es cierto que es necesario evaluar la oportunidad coste-beneficio que ofrece, frente a otros modelos de simulación<sup>32</sup>.

## Bibliografía

1. Elorza ME, Lago FP. Delimitación conceptual de la atención primaria de salud. *Revista Cubana de Salud Pública*. 2017;3(43).
2. Romero JM, Saameño JÁB. Algunas claves en la gestión de la demanda en Atención Primaria. In: Familia. M de, editor. SEMERGEN [Internet]. 2004
3. Prado-Galbarro FJ, Sánchez-Piedra C, Cruz-Cruz C, Gamiño-Arroyo AE, Sarría-Santamera A. [Factors associated with the use of Emergency Services by the Spanish population in 2017.]. *Rev Esp Salud Public*. 2021;95.
4. Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurihara M, Suzuki T, Kitahara Y, et al. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Medical Educ*. 2020;11:107–10.
5. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The Utility of Simulation in Medical Education: What Is the Evidence? *Mt Sinai J Medicine J Transl Personalized Medicine*. 2009;76(4):330–43.
6. Lapkin S, Levett-Jones T. A cost–utility analysis of medium vs. high-fidelity human patient simulation manikins in nursing education. *J Clin Nurs*. 2011;20(23-24):3543–52.
7. Zendejas B, Wang AT, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. Cost: The missing outcome in simulation-based medical education research: A systematic review. *Surgery*. 2013;153(2):160–76.
8. Simone MC de. Otagia en el adulto: diagnóstico diferencial en atención primaria de salud. *Revista Medica Sinergia*. 2021;5(6):e671.
9. Malekzadeh S. Simulation in Otolaryngology. *Otolaryng Clin N Am*. 2017;50(5):xvii–xviii.
10. Murray H, Savage T, Rang L, Messenger D. Teaching diagnostic reasoning: using simulation and mixed practice to build competence. *CJEM*. 2018;20(1):142–5.
11. Williams DM, Bruggen JT, Manthey DE, Korczyk SS, Jackson JM. The GI Simulated Clinic: A Clinical Reasoning Exercise Supporting Medical Students' Basic and Clinical Science Integration. *Mededportal J Teach Learn Resour*. 2020;16(1):10926.

12. Castillejos-Molina RA, Gabilondo-Navarro FB. Prostate cancer. *Salud Pública De México*. 2016;58(2):279–84.
13. Bohon C. Cancer Recognition and Screening for Common Breast Disorders and Malignancy. *Obstet Gyn Clin N Am*. 2017;44(2):257–70.
14. Rodríguez-Díez MC, Díez N, Merino I, Velis JM, Tienza A, Robles-García JE. La simulación mejora la confianza de los estudiantes para adquirir competencias en urología. *Actas Urológicas Españolas*. 2014;38(6):367–72.
15. Angarita FA, Price B, Castelo M, Tawil M, Ayala JC, Torregrossa L. Improving the competency of medical students in clinical breast examination through a standardized simulation and multimedia-based curriculum. *Breast Cancer Res Tr*. 2019;173(2):439–45.
16. Bryan T, Snyder E. The Clinical Breast Exam: A Skill that Should Not Be Abandoned. *J Gen Intern Med*. 2013;28(5):719–22.
17. Hahn RG, Roi LD, Ornstein SM, Rodney WM, Garr DR, Davies TC, et al. Obstetric ultrasound training for family physicians. Results from a multi-site study. *J Fam Pract*. 1988;26(5):553–8.
18. Andersen CA, Holden S, Vela J, Rathleff MS, Jensen MB. Point-of-Care Ultrasound in General Practice: A Systematic Review. *Ann Fam Medicine*. 2019;17(1):61–9.
19. Henrard G, Froidcoeur X, Schoffeniels C, Gensburger M, Joly L, Dumont V. [Echography at the point of care : stethoscope of the future for the General Practitioner ?]. *Revue Medicale De Liege*. 2017;72(4):181–6.
20. Barranco IMS. Ecografía y Atención primaria. *Atención Primaria*. 2017;49(7):378–80.
21. Ramphul M. “Strategies to increase the accuracy and safety of OVD”(Clinical assessment skills and role of ultrasound, simulation training and new technologies to enhance instrument application). *Best Pract Res Cl Ob*. 2019;56:35–46.
22. Sheehan FH, McConnaughey S, Freeman R, Zierler RE. Formative Assessment of Performance in Diagnostic Ultrasound Using Simulation and Quantitative and Objective Metrics. *Mil Med*. 2019;184(Supplement\_1):386–91.
23. Sheehan FH, Zierler RE. Simulation for competency assessment in vascular and cardiac ultrasound. *Vasc Med*. 2018;23(2):172–80.
24. Arriola MGR, Mohamed NH, Vivás-Pérez JJA, Alcaráz JJB, Torrecillas JMG, Huber E. Descripción de la concordancia clinicopatológica y satisfacción del paciente en la cirugía menor en un centro de atención primaria. *Atención Primaria*. 2017;49(2):86–92.
25. Powell AR, Srinivasan S, Green G, Kim J, Zopf DA. Computer-Aided Design, 3-D-Printed Manufacturing, and Expert Validation of a High-fidelity Facial Flap Surgical Simulator. *Jama Facial Plast Su*. 2019;21(4):327–31.
26. Tissier J, Rink E. Evaluation of minor surgery courses for general practitioners. *Med Educ*. 1996;30(5):333–8.
27. Thompson AM, Park KG, Kelly DR, MacNamara I, Munro A. Training for minor surgery in general practice: is it adequate? *J Roy Coll Surg Edin*. 1997;42(2):89–91.
28. Kozma CM, Provenzano DA, Slaton TL, Patel AA, Benson CJ. Complexity of pain management among patients with nociceptive or neuropathic neck, back, or osteoarthritis diagnoses. *Journal of managed care & specialty pharmacy*. May 2014;20(5):455–66b.
29. Mease PJ, Hanna S, Frakes EP, Altman RD. Pain mechanisms in osteoarthritis: understanding the role of central pain and current approaches to its treatment. *The Journal of rheumatology*. August 2011;38(8):1546–51.
30. Juan AG, Molina PJA, López JMB, González MJ, Ferreiro MVB, Aranda IC. Evaluación de las infiltraciones locales con corticoides en un centro de salud. *Atención Primaria*. 2000;25(5):331–4.
31. Seifert MK, Holt CT, Haskins A, Dexter W. Improving Internal Medicine Resident Comfort With Shoulder and Knee Joint Injections Using an Injection Workshop. *Mededportal J Teach Learn Resour*. 2020;16(1):10979.
32. Jibri ZA, Hibbert RM, Rakhra KS. Cadaveric Simulation Training Improves Residents’ Knowledge and Confidence in Performing Fluoroscopic Guided Joint Injections. *Acad Radiol*. 2021;28(6):877–82.



## Uso de Paciente Simulado y Estandarizado en la formación en Atención Primaria

María Luisa Prados Jiménez<sup>1</sup>, Pilar Quesada Carrasco<sup>2</sup>, José Antonio Prados Castillejo<sup>3</sup>, Fermín Quesada Jiménez<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Especialista en MFyC. Centro de Salud Astilleros. Madrid.

<sup>2</sup> Especialista en MFyC. Centro de Salud Chauchina. Distrito Metropolitano Granada.

<sup>3</sup> Especialista en MFyC. UGC Lucano. Córdoba.

<sup>4</sup> Especialista en MFyC. Centro de Salud Realejo. Distrito Sanitario Granada.

Todos sabemos que “ser un buen médico” es mucho más que tener conocimientos de medicina, es el mantenimiento de un equilibrio entre conocimientos teóricos, capacidad para aplicarlos y actitudes. Además, la medicina es una ciencia en cambio constante, y donde el entorno es cada vez más exigente y más globalizado con una enorme cascada de nuevos elementos que debemos incorporar a nuestra práctica, con unos sistemas de salud más complejos y con unos ciudadanos muy informados y que exigen unas prestaciones acordes al esfuerzo tributario que realizan.

La competencia profesional es la capacidad del médico de utilizar los conocimientos, habilidades y actitudes para resolver los problemas que se presentan en el ejercicio de su profesión.

En Atención Primaria, al igual que en otras especialidades, se pueden utilizar, y a menudo se usan, diferentes tipos de simulaciones en función de las competencias que se busque adquirir. Desde simulaciones sencillas, como un sistema para valorar y evaluar el grado de retinopatía diabética, o de detección de lesiones prostáticas mediante tacto rectal, hasta más complejas, como maniqués de RCP o simuladores de alta fidelidad para simulaciones urgentes. Sin embargo, éstas difieren poco de otras especialidades, y a lo largo del capítulo se ha optado por centrarse, especialmente, en el uso de pacientes simulados. Su capacidad para medir varias competencias al mismo tiempo especialmente relevantes para el médico de familia, su versatilidad en procesos más complejos, y su capacidad para poder combinarse con otras pruebas y otros simuladores dentro de las estaciones ECOE, los hacen especialmente útiles para la formación y evaluación<sup>6,19,20</sup> de competencias en Atención Primaria.

El desarrollo de los métodos de aprendizaje y en especial de los métodos de evaluación han hecho que en los últimos años se utilicen cada vez más las simulaciones y los pacientes simulados. Desde que Barrow, neurólogo, empieza a utilizarlos, las metodologías se han ido perfilando cada vez más, aclarando dónde y cómo hacerlos más útiles. Su similitud con la realidad, la aceptación de los profesionales y su alta valoración desde el punto de vista de la investigación hace de esta metodología le confiere un papel relevante en la actualidad y para el futuro de la evaluación y el aprendizaje en medicina y en especial en AP.

Originalmente el propio Barrows (1987) los definía como: “El paciente Simulado/Estandarizado (PS/PE) es una persona que ha sido cuidadosamente entrenada para simular a un paciente real de forma tan precisa que no pueda ser descubierto por un clínico avezado. Al realizar la simulación los PS presentan la globalidad del paciente al que simulan; no solo su historial, sino también su lenguaje corporal, los signos físicos y sus rasgos emocionales y de personalidad”.

La evidencia ha demostrado que los PE constituyen un método de enseñanza y la evaluación proporciona a los estudiantes una experiencia de aprendizaje auténtica en una determinada materia y en contextos educativos y prácticos concretos. En líneas generales al PE se le entrena<sup>2,8,10</sup> y capacita para representar ciertos roles con determinadas características del lenguaje corporal y para que responda a las preguntas que le hacen los entrevistadores de forma adecuada. La autenticidad y el feedback son las dos variables principales que determinan la calidad de la actuación y el entrenamiento de un PE. El entrenamiento que se le da al PE es la mejor forma de garantizar la autenticidad y reproducibilidad de un encuentro con un PE.<sup>1</sup>

Hoy día, los PS son utilizados no sólo para entrenar y evaluar médicos sino también en las escuelas de enfermería, fisioterapia, odontología, dietética, psicología y farmacia. El contacto de los estudiantes con los pacientes es esencial para el aprendizaje de la medicina. La mayoría de las Facultades de medicina recomienda un contacto precoz del estudiante con pacientes (Inmersión clínica precoz) y cada vez son más las actividades docentes en las que participan los pacientes.

- El PS en la Evaluación de la Competencia

Inherente a la enseñanza y aprendizaje de la medicina está la evaluación de la competencia de los estudiantes<sup>27,28</sup>.

Como puede verse en la figura 1, la competencia no se puede evaluar exclusivamente con pruebas escritas del tipo de preguntas de elección múltiple. De hecho, la calidad de la enseñanza que ofrece una facultad está en relación con el esfuerzo que hace por evaluar de manera adecuada esta competencia<sup>35</sup>.

Se trata de establecer un entorno que simule, con la mayor aproximación posible, la práctica real de los médicos de atención primaria, pero con la posibilidad de realizar mediciones objetivas, para lo que se combinarán distintas técnicas de evaluación.

Habitualmente, en estos formatos evaluativos se tiende a utilizar de manera amplia a actores especialmente entrenados para simular una situación clínica estandarizada (PE)<sup>2,8,10</sup>.

- Instrumentos Evaluativos:

Miller estructuró los principales niveles en que se dividía la evaluación de la práctica profesional, en forma de pirámide:



Figura 1

Existen diversos métodos evaluativos, a los que llamamos INSTRUMENTOS, todos ellos son más o menos útiles, aunque con limitaciones, ya que miden la competencia a diferente nivel:

- En la base de la pirámide se sitúan los conocimientos (knowledge, knows), es decir, todo aquello que el clínico sabe: "aquello que conoce porque es capaz de recordar". Hasta la actualidad, la mayor parte de métodos evaluativos se situaban a este nivel: exámenes tipo test, exámenes de respuesta corta, exámenes orales... Este tipo de instrumentos evaluativos son incompletos, ya que la práctica de la medicina es algo más que estar bien informado.
- El segundo nivel corresponde a la competencia (competence, know how), es decir, saber cómo utilizar e integrar conocimientos, aptitudes, actitudes y buen juicio para elaborar un plan de acción y desempeñar de forma eficaz su práctica clínica. A este nivel se situarían los exámenes orales estructurados, exámenes de casos clínicos...
- El tercer escalón corresponde a la actuación (performance, shows how) analiza lo que el clínico demuestra cuando se encuentra cara a cara con el paciente en situaciones parecidas a la realidad. A este nivel correspondería la observación con pacientes simulados, maniqués, simulaciones por ordenadores, rol playings, ECOEs...
- El vértice corresponde a la práctica (practice, does) evaluando lo que el clínico realiza con sus propios pacientes y en situaciones del todo reales. Esta sería la forma ideal de evaluar la competencia clínica pero también es la más difícil. Los métodos que evalúan este nivel son: videograbaciones, indicadores de la práctica real, portafolio, assessment

○ Definiciones Mas Importantes

Llamamos **paciente simulado** a aquel actor (profesional o no) que es capaz de reproducir en situación de laboratorio o en la práctica real, a un paciente y una situación clínica predeterminada de tal manera que no sea detectado por un profesional correctamente entrenado.

Entendemos por **paciente estandarizado** aquel paciente simulado cuya interpretación (actitud, semiología, comunicación, hallazgos exploratorios, decisiones, reacciones...) está estrictamente predeterminada para hacerlos reproducibles y comparables, con unos objetivos docentes o evaluativos. Suelen utilizarse en procesos evaluativos (sumativa o formativa) y conlleva un proceso de selección, entrenamiento y evaluación muy rigurosos.

Un subtipo de PS y PE es el **paciente real simulado o estandarizado**, que es aquel paciente real, con hallazgos clínicos reales (p.e. hepatomegalia, soplo sistólico...) que se le entrena para formación o evaluación mediante metodología de paciente simulado o estandarizado<sup>4</sup>.

Cuando un paciente simulado o estandarizado se utilizan en la práctica real, sin que puedan ser distinguidos del resto de pacientes, se les llama **paciente camuflado o infiltrado**. Y cuando se utilizan en docencia, siendo incluso el propio paciente el que enseña técnicas o habilidades para las que ha sido entrenado, especialmente en algunos contextos universitarios, se llama **paciente monitor**.

Las ventajas son evidentes con respecto al uso en aprendizaje y evaluación de pacientes reales no entrenados:

- Puede utilizarse el mismo paciente en cualquier momento o lugar
- Puede presentar el mismo problema para diferentes estudiantes o profesionales.
- Puede presentar distintos estadios evolutivos de una misma enfermedad en el mismo momento, o presentar efectos secundarios, complicaciones...
- No hay riesgo si ocurren errores diagnósticos o terapéuticos
- Puede servir de entrenamiento o pasos intermedios para un estudiante antes de pasar a un paciente real.
- Puede servir para que estudiantes o profesionales entrenen sin riesgo casos graves o emergencias.
- Igualmente puede ser utilizados para entrenar casos raros o muy infrecuentes.
- Pueden ser alterados sobre la marcha o adaptados con objetivos docentes.
- Puede repetirse tantas veces como sea necesario para adquirir una determinada habilidad.
- Permite el feedback directo durante la misma interacción o realizarlo a posteriori sin riesgo para el paciente, incluso incorporar diferentes aproximaciones para ver el resultado final.
- Además, permite la videograbación, lo que favorece un análisis más profundo y repetido.

Todas estas ventajas los hacen muy útiles en los procesos de aprendizaje o evaluación dentro del tercer escalón de Miller (“Demuestra como” excepto el paciente camuflado que es 4 escalón de Miller), siendo muy aceptados por estudiantes y profesionales. Eso sí, requieren procesos rigurosos y complejos de selección y entrenamiento, tienen un coste variable, y no permiten el uso de técnicas exploratorias cruentas especialmente íntimas. Por otro lado, cuando se comparan los resultados, aunque se correlacionan con la práctica real (4 escalón de Miller), hay cierta tendencia a sobreestimar la competencia, especialmente en algunos componentes competenciales como la comunicación profesional-paciente (p.e. se saluda mejor si uno sabe que el que está delante es un paciente simulado o estandarizado en una ECOE que si estás delante de tus propios pacientes en situación real).

Partiendo del mapa de competencias en AP (Tabla 1), los componentes competenciales en los que pueden ser más utilizados tanto a nivel formativo como evaluativo son los siguientes:

Tabla 1.- Componentes competenciales utilizados en AP

Atención a la familia y al individuo	Habilidades Clínicas básicas	Anamnesis
		Exploración física
		Informes clínicos
	Comunicación	Habilidades comunicativas básicas
		Educación sanitaria (Consejo)
		Aspectos éticos de la práctica
	Habilidades técnicas psicomotoras	Habilidades diagnósticas
		Habilidades terapéuticas
	Manejo	Plan diagnóstico
		Plan terapéutico
		Plan de seguimiento
	Atención a la Familia	
	Actividades preventivas	
<b>Atención a la comunidad</b>	Diagnóstico de salud de la comunidad	
<b>Docencia</b>		
<b>Investigación</b>		
<b>Aspectos Organizativos</b>		
<b>Otros no incluidos en ocasiones en anteriores epígrafes</b>	Relaciones interprofesionales	
	Conocimientos biomédicos	

\* Modificado de "Documentos Semfyc: Documento nº 18.- Evaluación de la competencia. Reto o necesidad" y Grupo de Evaluación de la Competencia del Instituto de Estudios de la Salud. Barcelona

Dentro de las habilidades clínicas<sup>37</sup>, los PS o PE son más útiles en:

- Anamnesis, la metodología UBI está especialmente diseñada para adaptarse al proceso de anamnesis, y permite su evaluación (o feedback formativo) de una manera muy precisa.

- Exploración clínica. Los pacientes simulados son especialmente entrenados para reproducir hallazgos clínicos, mayores de lo que se podría imaginar (Tabla 2). Como puede verse en la clásica Tabla de Barrow, un paciente puede simular desde la mayoría de signos neurológicos<sup>3</sup>, hasta una abolición del murmullo vesicular en la auscultación respiratoria simulando una neumonía. Y esto sin utilizar medios como el calor que calienta una articulación antes de una exploración para simular una artritis, cremas y spray para simular las gotas perladas del paciente chocado, gotas para simular una anisocoria (siempre que se demuestre previamente que no hay riesgo), etc.

Si además utilizamos pacientes reales con hallazgos reales (escoliosis, gangliones, megalias, auscultaciones patológicas, intervenciones previas...) a los que seleccionamos y entrenamos como pacientes simulados o estandarizados, las posibilidades son múltiples.

- Comunicación profesional-paciente<sup>21,22,23,24,25,41</sup>, donde los PS y PE fueron utilizados en primer lugar en nuestro entorno, siendo muy útiles tanto para las habilidades comunicacionales básicas<sup>34</sup> (escucha, información, empatía, ...), avanzadas (proceso de toma de decisiones y negociación, malas noticias<sup>42</sup>, pacientes agresivos, ...), o educación sanitaria, valorando aspectos como el consejo, la entrevista motivacional<sup>9</sup>...
- Ética. Los PS o PE pueden simular todo tipo de situaciones que impliquen decisiones y actitudes éticas en el profesional<sup>40</sup>.
- Manejo diagnóstico y terapéutico, no solo mediante análisis o feedback del proceso comunicacional de toma de decisiones, sino también mediante el análisis o feedback de las propuestas en el proceso diagnóstico o las propuestas terapéuticas finales.
- Actividades preventivas, cuando éstas se realizan a nivel individual.
- Relación interprofesional, aunque con poca experiencia en este campo, se puede utilizar esta metodología con facilidad (profesional simulado o estandarizado).

Tabla 2.- Hallazgos exploratorios que pueden ser simulados en esta metodología (Modificado de Barrow 1993)

Abdomen agudo (abdomen en tabla)	Estenosis arteria renal	Pérdida visual central o periférica
Afasia	Fotosensibilidad	Perspiración
Asterixis	Hematemesis	Prueba de Tinel
Blumberg	Hemiparesia	Prueba de Pahlen
Calor articular	Hiperreflexia	Ptosis palpebral
Cataratas	Hipertensión	Respiración de Cheyne-stokes
Coma	Hipotensión	Respiración de Kussmaul
Confusión	Hipoacusia	Rigidez
Corea	Hipomanía	Rigidez de nuca
Coxartrosis	Incoordinación	Shock anafiláctico
Debilidad muscular	Limitación o dolor articular	Sibilancias
Desorientación tempero-espacial	Mareos, vértigo	Signo "ojos de muñeca"
Distensión abdominal	Midriasis	Signo de Babinski
Disartria	Náuseas, Vómitos	Signo de Beevor
Disminución o abolición del murmullo vesicular	Neumotórax	Signo de Brudzinski
Enrojecimiento articular	Obstrucción vía aérea	Signo de Kernig
EPOC	Parálisis facial	Signos de descerebración
Espasmos musculares	Parkinsonismo	Taquicardia
Espasticidad	Pérdida de sensibilidad	Tremor / Ataxia

○ Usos de pacientes simulados en AP

Si analizamos los componentes competenciales en los que puede ser útil la metodología de PS o PE se puede concluir claramente su utilidad en el contexto de la AP, un contexto en el que la tecnología pierde espacio y las habilidades más clásicas siguen teniendo mucha

relevancia. La importancia de la anamnesis, exploración clínica, la comunicación, toma de decisiones... siguen siendo muy importantes dentro de las competencias de la medicina de familia o la enfermería en AP.

Existen numerosas experiencias en Unidades Docentes de MFYC y a nivel de investigación en AP.

- *Examen clínico objetivo y estructurado (ECO E)*

Existe una limitación individual de cada uno de los instrumentos o métodos indirectos que hemos comentado hasta ahora. Éste es el concepto en el que se basa una prueba ECOE tipo "multiestación" donde se combinan a la vez varios instrumentos evaluativos. Ronald Harden fue el pionero en la utilización de este tipo de pruebas, y su formato básico consiste en que los candidatos rotan por un circuito de estaciones secuenciales en los que se les pide la realización de diferentes actividades.

Inicialmente requiere todo un complejo proceso previo de diseño técnico para elaborar la tabla de especificaciones, verdadero armazón de la prueba. Para su construcción se tiene en cuenta la ponderación consensuada por los miembros del Comité de prueba (médicos en ejercicio escogidos por su prestigio profesional) de las competencias del profesional que se va a evaluar, se priorizan aquellas situaciones clínicas más representativas de la AP que deben componer la prueba, se definen los instrumentos más adecuados para evaluar cada una de ellas y finalmente, se diseña el caso clínico a utilizar (de forma amplia y detallada con sus listados evaluativos, los criterios de corrección<sup>5</sup>, en qué ámbito va a desarrollarse, las necesidades temporales requeridas y toda la información clínica pormenorizada que va a ser necesaria para el desarrollo del encuentro).

Cada uno de estos encuentros clínicos tiene lugar en "una estación". Cada participante empieza por una estación diferente, antes de entrar puede leer en la puerta la situación de partida y qué tareas se le pide exactamente que realice en esa consulta. Todos los participantes entran simultáneamente en su estación correspondiente y han de actuar como si se tratara de una situación real: realizar una anamnesis detallada, exploración física, diagnóstico diferencial, establecer un plan de acción o terapéutico, actividades preventivas, comunicar información a un paciente o su familiar.. Cuando finaliza el tiempo asignado salen de dicha estación, para luego entrar en otra, y así sucesivamente. Sólo serán evaluadas las competencias enumeradas en la situación de partida.

En la mayoría de las estaciones los candidatos encontrarán la presencia de un observador. Se trata de un clínico que ha sido entrenado para desarrollar la misión de evaluador de una forma imparcial y justa. Su presencia en la consulta no ha de interferir de modo alguno en el desarrollo de la entrevista.

Los principales inconvenientes de este tipo de pruebas son: el desconocimiento del formato por parte de los participantes, que conduce a una baja aceptabilidad inicial, elevado coste en recursos técnicos y humanos, y larga duración<sup>32</sup>. Sus ventajas radican en que evalúan el cómo se hace y permite un feedback valioso para el candidato que le orienta

sobre sus deficiencias, hecho que debe ir seguido de información sobre cómo y dónde mejorarlas (plan personalizado de formación continuada)<sup>26,29</sup>.

- Consejos útiles para la selección de pacientes simulados

Realizar una buena selección de los PE requiere ser muy riguroso en el proceso, generando una buena difusión y un casting serio. Los actores profesionales son una fuente importante pero no única. A veces familiares, estudiantes, profesores retirados, jugadores de ajedrez... pueden ser una fuente importante.

En este proceso de selección es necesario tener el rango de edad, características físicas y personales<sup>36</sup>.

En relación al casting es muy útil realizar una anamnesis y una exploración física completa (p.e. podemos encontrarnos un paciente simulado que simule una apendicitis y tenga una cicatriz de apendicectomía o un soplo no conocido).

Se recomienda el siguiente esquema:

- Datos de filiación y contacto (foto incluida). Características físicas de interés (anisocoria previa). Aficiones
- Formación y actividades. Idiomas. Experiencia previa
- Disponibilidad horaria
- Perfil psicológico (Memoria inmediata, memoria reciente, capacidad de descripción, asociaciones ideativas, imaginación, flexibilidad, nivel de atención, expresión oral, asertividad, cordialidad, discreción, rasgos ansiosos, depresivos<sup>18</sup>, maníacos o histriónicos, madurez, adaptabilidad, objetividad).
- La valoración global debe evaluar la capacidad del PS para evaluar (paciente completo), incluso aportar docencia (paciente monitor) o que requiere observador/evaluador para la evaluación (p.e. un paciente mayor con menos capacidad para evaluar objetivamente).

- Entrenamiento de PE

El entrenamiento de un paciente estandarizado varía en función del tipo de rol y escenario asignado. Normalmente consta de varias sesiones

## ENTRENAMIENTO BASICO PACIENTES ESTANDARIZADOS DE IAVANTE

PRIMERA SESION	
<b>TIEMPO: 90 MINUTOS</b>	
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Poner en marcha el trabajo en equipo.</li><li>▪ Presentación del caso.</li><li>▪ Conocer las UBIs y practicar con ellas.</li></ul>	<b>CONTENIDOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Revisión del caso, comentado e interpretado por el actor.</li><li>▪ Identificación de las UBIs.</li><li>▪ Repaso de las UBIs memorizadas.</li><li>▪ Primera interpretación del rol.</li><li>▪ <u>Tarea:</u> Estudiar las UBIs.</li></ul>

SEGUNDA SESION	
<b>TIEMPO: 90 MINUTOS</b>	
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Interpretación de las entrevistas.</li><li>▪ Abrir un diálogo sobre el entrenamiento básico</li><li>▪ Valorar y aplicar diferentes enfoques a las entrevistas</li></ul>	<b>CONTENIDOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Dedicar PARTE de la sesión a interpretar casos. (Médicos muy directivos, poco directivos, con baja reactividad, alta reactividad, asertivos, inseguros, amables, antipáticos...)</li><li>▪ Introducir los RETOS.</li><li>▪ Videograbación de las dos últimas entrevistas, con comentarios posteriores.</li><li>▪ Intercambio de opiniones sobre el entrenamiento básico</li><li>▪ Introducir “trampas” (infringir normas para provocar al PS).</li><li>▪ Revisar con el actor las entrevistas videograbadas.</li></ul>

TERCERA SESION	
<b>TIEMPO: 90 MINUTOS</b>	
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Perfeccionar definitivamente la interpretación de las entrevistas.</li></ul> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Aprender a controlar las situaciones inesperadas.</li><li>2. Recomendaciones finales.</li></ol>	<b>CONTENIDOS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Videograbación de las entrevistas.</li><li>▪ Dar a conocer el material médico que se utilizará y necesidades de maquillaje y vestuario.</li><li>▪ Repaso de posibles situaciones imprevistas.</li><li>▪ Recomendaciones finales.</li></ul>

- Bases para la simulación:

1.- SIEMPRE CON LA MISMA ACTITUD.

El PS siempre ha de interpretar el papel de la misma manera y con el mismo tono, independientemente del médico que le atienda. No es lo mismo un médico pausado que otro impetuoso, pero las actitudes frente a ellos han de ser siempre iguales<sup>1</sup>.

2.- MANTENER LA CONCENTRACIÓN.

Ha de actuar representando el mismo papel varias veces por sesión, más de un día cada semana, siempre de la misma manera, con una concentración permanente para que se puedan hacer las evaluaciones de manera correcta.

3.- INTENTAR SER MUY NATURAL (ABSOLUTO CONTROL INTERPRETATIVO).

Aprenderse muy bien el papel para poder simular el caso sin ningún tipo de dificultad (como si en realidad fuera el paciente).

Tengamos siempre presente que la forma de interpretar un papel en la metodología de la evaluación de la competencia clínica es completamente diferente, por ejemplo, al mundo del teatro. Las actuaciones en nuestro caso deben ser absolutamente realistas, sin ningún rasgo histriónico o "sobre interpretativo".

Cuando el papel le salga de forma fácil, el PS podrá concentrarse en memorizar los aspectos a evaluar.

4.- DAR SIEMPRE LA MISMA INFORMACIÓN.

Dará siempre, de forma exacta, la misma información incluida en el listado evaluativo, frente a las preguntas correspondientes del médico, desde el primero hasta el último examinado.

El PS siempre dará, de forma exacta, la misma información incluida en el rol, frente a las preguntas correspondientes del médico, desde el primero hasta el último examinado. Y esto debe ser así independientemente de que el profesional sea hombre o mujer<sup>11,13,15,33</sup>, atractivo/a o no, simpático o antipático, ...

Frente una pregunta o acción por parte del médico, si el paciente da más o menos información de la que tocaría dar, está cambiando la evaluación de la persona que se examina.

5.- CONOCER EL DISEÑO DEL CASO.

Cada PS interpretará un papel y cada papel ha estado diseñado con todos los aspectos relevantes bien especificados. Así, los PE recibirán información concreta escrita sobre el rol.

Así, deberá memorizar algunos detalles concretos de la historia y el resto de las características del personaje serán las suyas propias.

- Decálogo de Interpretación de las UBIs (Unidades Básicas de Información)

Denominamos UBIs a la cantidad de información que puede y debe dar el actor ante cada pregunta del profesional.

Habitualmente hay una o dos frases que deben darse textuales y completas:

- 1.- La interpretación ha de ser realista, discreta, nunca exagerada.
- 2.- Se ha de memorizar y comprender el guion, especialmente las UBIs.
- 3.- Solamente se dará la UBI cuando el médico ha preguntado específicamente por ella.
- 4.- Siempre se dará la UBI completa, excepto que sea interrumpido por parte del profesional. En este momento, no hace falta que acabe de dar toda la información. Si más tarde el médico vuelve a preguntar y el PS no es interrumpido, puede entonces darla completa.
- 5.- Cuando un médico hace diversas preguntas en una (por ejemplo: ¿Ha tenido fiebre, dolor abdominal o vómitos?), la respuesta solo hará referencia al último componente de la pregunta y después se preguntará por las restantes (p.e.: no, no he tenido vómitos.... qué más me preguntaba?).
- 6.- Cuando un médico hace un uso excesivo de preguntas abiertas o generales, no se ha de responder, sino pedir una explicación, de forma que el médico se vea obligado a hacer más concreto el contenido de la pregunta (p.e.: Cuénteme: ... respuesta: ¿Qué quiere que le cuente, doctor?).
- 7.- Si una pregunta hecha no ha sido prevista en el entrenamiento y no está incluida en el documento del caso clínico, se ha de dar una respuesta neutra (por ejemplo: "No lo sé", "como siempre", "no sabría qué decirle", ...).
- 8.- Cuando se pregunta por una UBI que sí está incluida en el listado evaluativo, siempre se han de evitar respuestas cortas del tipo SI/NO. Es mejor contestar con la frase entera que consta en el listado de UBIs
- 9.- Durante la prueba, el actor se ha de comportar permanentemente como un paciente, y nunca ha de salirse de su personaje, aunque el médico se comporte de forma extraña. La única excepción a este hecho es cuando se ha acabado el tiempo del examinado, entonces, el PS ha de interrumpir el encuentro y simplemente decir: "su tiempo se ha acabado"
- 10.- El PE ha de dominar la interpretación del rol de tal manera que, a ser posible, ha de actuar de forma automática.

Las funciones del Actor Paciente Estandarizado son básicamente dos:

- a) Simular que es una persona enferma.
- b) Evaluar al médico que ha asumido la atención de ese paciente.

En nuestro caso concreto, el PE sólo realizará la primera de ellas, ya que la evaluación se realizará por parte de evaluadores de IAVANTE.

- Sugerencias de estudio y memorización del Caso

Los aspectos más importantes que hacen referencia a la memorización del caso son:

- Memorizar los contenidos exactos de todas las Unidades Básicas de información (UBIs) del caso.
- Conocimiento del Perfil del Paciente
- Recordar siempre los contenidos de la exploración física incluidos en el caso.
- Tener presente aquellos aspectos más relevantes diseñados en cada caso

Con todo, la mejor forma de aprender a realizar una buena interpretación y evaluación, es repetir y repetir diversas situaciones en las sesiones prácticas que se realizaran entre PS y su entrenador

○ Metodología de trabajo

Se suele utilizar la metodología de ECOE estandarizada en relación a los siguientes aspectos:

- Diseño Bases Estratégicas
- Diseño Tabla de Especificaciones
- Diseño de Casos<sup>7</sup>
- Diseño de listados evaluativos
- Selección de pacientes estandarizados
- Entrenamiento para pacientes estandarizados
- Selección de observadores
- Entrenamiento observadores
- Planificación y logística

La base del proyecto es la constitución del **Comité de prueba** es el núcleo del diseño de un proyecto.

Formado por 8 a 12 profesionales

6-9 Sociedad-Institución evaluadora

2-3 Técnicos en evaluación de competencias (miembros de la institución asesora)

Miembros de la Sociedad-Institución evaluadora

Vinculadas directamente al ámbito que se evalúa y preferentemente que ejerzan en el mismo (asistencial)

Representativos de las diferentes realidades evaluada

Reconocido prestigio y experiencia

Sin implicación moral o ética con los evaluados

Tiempo y dedicación al proyecto

Confidencialidad

Difusión y representatividad de la prueba

Funciones del Comité de Prueba:

Asumir la responsabilidad de la prueba

Definir bases estratégicas del proyecto

Construir tabla de especificaciones

Desarrollo de casos y estaciones

Coordinación logística

No puede existir ECOE, si no existe un comité de prueba, que realice una tabla de especificaciones basada en componentes competenciales.

## Bibliografía

1. Aaraas I, Lundevall S, Njolstad L, Melbye H: Stuck with the patient - What would my colleague have done? A videorecorded consultation experiment with an actor simulating as the same patient for different doctors. *J Fam Pract* 1993; 10: 43-45
2. Ainsworth Ma, Rogers Lp, Markus Jf, Dorsey Nk, Blackwell Ta, Petrusa Er: Standardized Patient encounters: A Method for teaching and evaluation. *JAMA* 1991; 266: 1390-1396
3. Barrows Hs, Bennet K: The diagnostic skill of the neurologist. *Arch Neurol* 1972; 26: 273-277
4. Barrows Hs: An overview of the used of Standardized patients for teaching and evaluating clinical skills. *Acad Med* 1993; 68: 443-453
5. Blackwell Ta, Ainsworth Ma, Dorsey Nk, Callaway Mr, Rogers Lp, Collins Ke: A comparison of short-answer and extended-matching question scores in an Objective Structured Clinical Exam. *Acad Med* 1991; 66 supl: s40-s42
6. Blay C: Evaluación de la competencia profesional: ¿Están cambiando los tiempos? *Atención Primaria* 1995; 16: 2-4
7. Borrell F, Blay C, Cebria J, Martinez Jm: Guía para el desarrollo y diseño de casos clínicos. Documento mimeografiado. Barcelona, junio 1994
8. Borrell F Y Grupo Para El Estudio De Las Competencias Clínicas: Documento de metodología de Entrenamiento de pacientes Estandarizados. Documento mimeografiado, IES (Instituto de Estudios de la Salud) Barcelona, 1995
9. Borrell F, Bosch Jm, Cebria J: Avances en Entrevista Clínica. Libro del Año de la SEMFYC (Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria) 1995
10. Borrell F Y Grupo Para El Estudio De Las Competencias Clínicas: Protocolo de Estandarización de Pacientes. Documento mimeografiado, IES (Instituto de Estudios de la Salud) Barcelona, 1995
11. Colliver Ja, Marcy Ml, Travis Ta, Robbs Rs: The interaction of student gender and standardizedpatient gender on a performance-based examination of clinical competence. *Acad med* 1991; 66 supl: s31-s33
12. Colliver Ja, Williams Rg: Technical issues: test application. *Academic Medicine* 1993; 68: 454-460
13. Colliver Ja, Viet Vu N, Marcy Ml, Travis Ta, Robbs Rs: Effects of examinee gender, standardized-patient gender, and their interaction on standardized patients' ratings of examinees' interpersonal and communication skills. *Acad Med* 1993; 68: 153-157
14. Committee On Examinations - Family Medicine Of The College Of Family Physicians Of Canada: Manual of Standard operating procedures. Documento Mimeografiado. London, Ontario, Canadá, septiembre 1992
15. Furman G, Colliver Ja, Galofre A: Effects of student gender and standardized-patient gender in a single case using a male and a female standardized patient. *Acad Med* 1993; 68: 301-303
16. Katharine Lawrence, Kathleen Hanley, Jennifer Adams, Daniel J Sartori, Richard Greene, And Sondra Zabar: Building Telemedicine Capacity for Trainees, During the Novel Coronavirus Outbreak: A Case Study and Lessons Learned. *J Gen Intern Med* 35(9):2675-9. 2020.
17. Lloyd Js, Willians Rg, Simonton Dk, Sherman D: Order effects of standardized patient examination. *Acad Med* 1990; 65 supl: s51-s52
18. Martinez Pablo, Rojas Graciela, Martinez Vania, Marin Rigoberto, Cornejo Juan P. And Gomez V: Medición de las habilidades de los médicos de atención primaria para el manejo de la depresión. *Frontiers in psychiatry*:10 August 2019.
19. Miller G: The assesmento of clinical skills/competence/performance. *Acad Med* 1990; 65: S63-S67
20. Pedregal Gonzalez M., Molina Fernandez E., Prados Castillejo J.A., Quesada Jimenez F., Bonal Pitz P., Iglesias Arrabal, C: Evaluación de la competencia clínica de tutores de residentes de medicina familiar y comunitaria. *Atención Primaria* 2004; 34 (2): 68-74

21. Prados Ja: Distorsión en las Técnicas comunicacionales (Entrevista Clínica) en las consultas de demanda de Atención Primaria. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Facultad de Medicina. Córdoba 1996.
22. Prados Ja. Metodología para Valoración de la Comunicación. Curso Educación para la Salud. Entrevista motivacional. EASP (Escuela Andaluza de Salud Pública) Granada 1995
23. Prados Ja, Borrell F, Bosch Jm, Alonso S, Perez Jj, Cebria J (Grupo de Trabajo para valoración de la comunicación asistencial del Grupo Comunicación y Salud GCYS): Instrumento de valoración de la Comunicación asistencial: Cuestionario por ejes GATHA. VI Taller Nacional de Entrevista Clínica del GCYS. Santa Cruz de Tenerife Abril, 1995
24. Prados Ja, Borrell F, Bosch Jm, Alonso S, Perez Jj, Cebria J (Grupo de Trabajo para valoración de la comunicación asistencial del Grupo Comunicación y Salud GCYS): Instrumento de valoración de la Comunicación asistencial: Cuestionario por ejes GATHA. VII Taller Nacional de Entrevista Clínica del GCYS. Santander, mayo 1996 (Registro de la Propiedad Intelectual)
25. Prados Ja, Ruiz R, Bellon Ja, Cabrera R, Alba M, Perula L: Validación de un Cuestionario para análisis de la Comunicación desarrollada por residentes de MFYC: Cuestionario GATHA para Residentes. VII Taller Nacional de Entrevista Clínica del GCYS. Santander, mayo 1996 (Registro de la Propiedad Intelectual)
26. Prieto A: Mantenimiento de la competencia profesional del Médico de Familia: recertificación y acreditación. Atención Primaria 1993; 12: 437-438
27. Quesada Jimenez, F; Prados Castillejo, J.A.: Evaluación de la competencia clínica con pacientes simulados. El médico. Profesión y humanidades 10-16 Septiembre 2005 nº 956 pags 9-13
28. Quesada Jimenez, F; Prados Castillejo, J.A.: Evaluación de la competencia clínica con pacientes simulados. El Médico interactivo. Diario electrónico de sanidad 8 Diciembre 2005. Numero 1542 | 08/09 Diciembre 2005
29. Rethans Jj, Sturmans F, Drop R, Van Der Vleuten C, Hobus P: Does competence of general practitioners predict their performance? Comparison between examination setting and actual practice. Brit Med J 1991; 303: 1377-1380
30. Rethans Jj, Martin E, Metsemakers J: To what extent do clinical notes by general practitioners reflect actual medical performance? A study using simulated patients. BJ Gen Pract 1994; 44: 153-156
31. Russell Nk, Boekeloo Bo, Rafi Iz, Rabin Dl: Using unannounced simulated patients to evaluate sexual risk assessment and risk reduction skills of practicing physicians. Acad Med 1991; 66 supl: s37-s39
32. Rutala Pj, Witzke Db, Leko Eo, Fulginiyi Jv, Taylor Pj: Student fatigue as a variable affecting performance in an objective structures clinical examination. Acad Med 1990; 65 supl: s53-s54
33. Rutala Pj, Witzke Db, Leko Eo, Fulginiyi Jv: The influences of student and standardized patient genders on scoring in an objective strucutred clinical examination. Acad Med 1991; 66 supl: s28-s30
34. Schnabl Gk, Hassard Th, Kopelow Ml: The assessment of interpersonal skills using standardized patients. Acad Med 1991; 66 supl: s34-s36
35. Suñol R: Correlación entre los procesos y los resultados de la Entrevista Clínica: su aplicación a los programas de calidad en Atención Primaria. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, 1992
36. Tamblyn Rm, Klass Dk, Schanbl Gk, Kopelow Ml: Factors associated with the accuracy of standardized patient presentation. Acad Med 1990; 65 supl: s55-s56
37. Van Der Vleuten Cpm, Swanson Db: Assesment of clinical skills with Standardized Patients: state of the art, Teach Learn in Med, 1990, Vol 2 (2): 58-76.
38. Proyecto Comcord, primer gran proyecto que utiliza los pacientes estandarizados para evaluar el impacto de un programa formativo en comunicación para residentes de MFYC. (Ruiz Moral R., Rodríguez Salvador Jj, Perula de Torres L., Prados Castillejo JA, COMCORD Research Group. Effectiveness of a clinical interviewing training program for Family Practice Residents: a

- randomized controlled trial. *Family Medicine* 2003; 35 (7): 489-495) (Ruiz R., Rodríguez J.J., Pérula L.A., Prados J.A. por el grupo de investigación COMCORD. Evolución del perfil comunicacional de los médicos residentes de medicina de familia. *Atención Primaria* 2002 Vol 29, Nº 3: 132-141)
39. Proyecto explora, proyecto de investigación que explora las competencias en exploración de médicos de Atención Primaria utilizando pacientes reales estandarizados y camuflados en las consultas de AP con hepatomegalias confirmadas. (Francesc Borrell i Carrio, Benilde Fontoba Poveda, Elena Muñoz Seco, José Antonio Prados Castillejo, Miguel Pedregal González, Eva Peguero Rodríguez. Family Physicians' ability to detect a physical sign (Hepatomegaly) from an announced standardized patient (incognito SP). *European Journal of General Practice*, 2011, Early online, 1-8)
  40. Cross Wf, West Jc, Pisani Ar, Crean Hf, Nielsen JI, Kay Ah, Caine Ed.: A randomized controlled trial of suicide prevention training for primary care providers: a study protocol. *BMC Med Educ*. 2019 Feb 14;19(1):58. Doi: 10.1186/s12909-019-1482-5..
  41. Al-sheikhly D, Ostlundh L, Arayssy T: Remediation of learners struggling with communication skills: a systematic review. *BMC Med Educ*. 2020 Jul 9;20(1):215. Doi: 10.1186/s12909-020-02074-9. PMID: 32646405;
  42. Amiel, Ge; Ungar, L; Alperin, M.: Using an OSCE to assess primary care physicians' competence in breaking bad news. *Acad Med*. 2000 May;75(5):560-1. Doi: 10.1097/00001888-200005000-00095. PMID: 10824847.
  43. Roger. Los pacientes simulados en la evaluación de competencias. Doctutor semfyc. Publicado 12 abril 2017 y actualizado 3 enero 2019.

## Simulación Clínica en el Servicio de Urgencias y Emergencias

J. Miguel Maestro<sup>1</sup>, Iván M. Herrera<sup>2</sup>, M. Carmen Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Empresa Pública de Emergencias Sanitarias, 061

<sup>2</sup>Centro de Simulación Clínica Avanzada de Granada. IAVANTE. Fundación Progreso y Salud

<sup>3</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Medicina Intensiva y Cuidados Críticos

La medicina de urgencias y emergencias ha sido una de las mayores beneficiarias del aprendizaje basado en la simulación. Para este fin se han implementado técnicas y tecnología de diversa índole como simuladores robóticos de mayor o menor complejidad, simuladores parciales o creación de escenarios donde los pacientes estandarizados -de forma individual o colectiva- han permitido el aprendizaje, puesta en práctica y evaluación de las principales competencias de habilidad necesarias para la atención sanitaria urgente<sup>1</sup>. Sin embargo, no podemos entender los avances en éste área, sin relacionarlos con el avance general en el entrenamiento basado en la simulación en medicina. El entorno de las urgencias y emergencias, de una forma especialmente compleja debido a la unión del estrés de lo no demorable, del compromiso vital para el paciente y de sus especiales características en el trabajo en equipo.

No es ninguna novedad que el entrenamiento basado en la simulación nos permite progresar más rápido, reducir la curva de aprendizaje y, en definitiva, ser más eficaces, aportando automatismos, seguridad y velocidad en técnicas y situaciones que, de otro modo, sería necesario practicar con pacientes reales en condiciones emergentes. En dichas situaciones la falta de seguridad o la duda, conllevan inexorablemente un agravamiento de la patología que, en muchos casos, se torna irreversible<sup>2</sup>.

Esta necesidad de generar un entorno de entrenamiento seguro, pero, al mismo tiempo suficientemente rápido, se hereda del concepto de trabajo creado para adiestrar militares en la Segunda Guerra Mundial. En ese contexto histórico, fue necesario formar a pilotos de aviación en poco tiempo para acelerar su incorporación, y manejar máquinas de gran valor económico, difíciles de reemplazar en poco tiempo<sup>3</sup>. En la actualidad es necesario formar a equipos multidisciplinares para actuar con alta eficacia y seguridad en entornos realistas que permitan la transferencia de las competencias entrenadas y con un rápido impacto en la salud de la población<sup>4,5</sup>.

En la formación en medicina de urgencias y emergencias, la puesta en práctica de los supuestos clínicos estudiados durante la planificación del programa docente en su etapa de formación es altamente azarosa y dependiente de múltiples factores no controlables en el entorno hospitalario. Un médico en formación puede pasar toda su etapa formativa sin asistir a un aneurisma disecante de aorta, por ejemplo, ya que tan sólo el azar es el que va

a determinar que a lo largo de sus turnos de urgencias tenga la oportunidad de atender a este tipo de paciente. Es crucial, por tanto, en opinión de multitud de autores que, en esta fase de la formación profesional, con la correcta definición del currículum formativo y la utilización del aprendizaje basado en simulación, garantizar que ningún profesional pueda enfrentarse a un caso real, sin haber pasado por un entrenamiento previo<sup>5</sup>. La adquisición de competencias adecuadas en un entorno seguro y reglado, supone la principal diferencia en la evolución del paciente<sup>6,7</sup>.

Lejos queda la correlación estática entre medicina de urgencias y soporte vital avanzado. Y aunque, no haya perdido un ápice de sentido el entrenamiento del mismo, el ámbito de las urgencias ha ido aumentando hacia numerosas patologías donde el aprendizaje basado en simulación puede marcar la diferencia<sup>8</sup>. Tradicionalmente la formación se basaba en el modelo de Miller donde se ponderaba de manera muy significativa el “cajón” del saber, del conocimiento, entendido como una compilación de datos aglutinados en grandes tratados y culminaba, para algunos profesionales, en el saber “hacer” o poner en práctica lo aprendido<sup>9</sup>. El ejemplo más evidente, son las pruebas de acceso teóricas para diferentes puestos sanitarios que, más allá de los conocimientos teóricos, no proporcionan ninguna garantía sobre el desempeño del profesional en una situación real. Pero si para la adquisición de conocimientos es evidente el modelo a seguir, no lo es tanto para la adquisición de habilidades. Es posible encontrar “formación basada en la simulación” en la que erróneamente el docente “simula” una intervención mientras el alumnado presta atención y toma notas. Más recientemente y de manera creciente se observan numerosos estudios de “simulación inmersiva”, en los que ocurre exactamente esto mismo, utilizando novedosas tecnologías de realidad virtual, pero restringiendo cualquier actividad interactiva con el caso clínico. El entrenamiento basado en simulación implica, inexorablemente, el trabajo directo sobre un caso, poniendo en práctica mediante procesos de habilidad de los conocimientos adquiridos, y realizando un debriefing final que permita corregir los errores detectados e impedir que ocurran en el futuro. Esta es la base de la verdadera simulación<sup>10-12</sup>.

- Aplicando la Simulación a las Urgencias y Emergencias Sanitarias

La detección de necesidades competenciales es un proceso especialmente complejo en el ámbito de las urgencias, debido a que, si bien pueden establecerse patologías prevalentes en el entorno intra y extrahospitalario, no es posible prever la próxima atención sanitaria ni prepararse para la misma, por lo que la elaboración de un currículum formativo, como se ha reflejado anteriormente, se hace especialmente difícil.

Sin embargo, la detección de los gaps competenciales, especialmente en habilidades, suelen arrojar resultados similares cuando se pregunta a los profesionales. A modo de ejemplo, podemos utilizar los resultados de Webhi et al.<sup>13</sup>, donde se preguntó a los propios profesionales por sus necesidades de formación y en qué aspectos consideraban que necesitaban, de forma más urgente, un proceso formativo. Entre los resultados cabe destacar la necesidad de formación en: afecciones cardiopulmonares, control de la diabetes, incidentes con víctimas en masa, salud materna y parto, evaluación de pacientes, atención pediátrica, emergencias relacionadas con el uso de sustancias, y atención de

emergencias respiratorias. Respecto a las habilidades no clínicas, se destacaron las habilidades para la gestión de crisis y el trabajo en equipo eficaz.

El entrenamiento basado en simulación en el entorno de las urgencias y emergencias se ha mostrado especialmente efectivo para la adquisición de múltiples competencias entre las que podemos destacar las aptitudes necesarias en la resolución de crisis, abordaje del paciente en parada cardiorrespiratoria, patologías pediátricas o abordaje del paciente traumatizado, entre otros <sup>14-19</sup>. No obstante, la elección de la metodología de simulación más adecuada al objetivo formativo constituye uno de los pasos más importantes en el diseño de la actividad, pudiendo generar una formación con una alta transferencia e impacto o, por el contrario, una amalgama de conocimientos difícilmente utilizable en una situación real en la que se precisa la automatización de las habilidades entrenadas previamente.

Los modelos de simulación más utilizados para el entrenamiento de habilidades en el entorno de las urgencias y emergencias sanitarias son: la robótica de alta y baja fidelidad, los simuladores parciales, el entrenamiento con paciente estandarizado y la simulación in-situ. Independientemente del modelo tecnológico usado la literatura muestra como en medicina de urgencias la simulación ofrece incrementos significativos en conocimiento y habilidades, así como, moderados beneficios en los objetivos clínicos medidos en los pacientes<sup>20</sup>. Entre las entidades más favorecidas podemos destacar la sensación de confianza y experiencia individual, la coordinación y resultados del trabajo en equipo, la comunicación y, el perfeccionamiento de habilidades técnicas y quirúrgicas<sup>21</sup>. Cuando se comparan diferentes modelos de simulación, los modelos de alta fidelidad muestran moderados beneficios frente a los modelos de baja fidelidad en tiempo para adquirir conocimiento o en la facilidad del proceso; resultados coherentes con los estudios que en otras especialidades sanitarias<sup>22,23</sup>. No obstante, estos resultados deben ser interpretados con cautela, ya que las comparaciones entre modelos de diferente fidelidad suelen carecer de significancia<sup>24</sup>. Entre los modelos de alta fidelidad, destacamos la simulación robótica, ya que en la actualidad son muchos los programas formativos que los han adoptado, permitiendo la recreación e interacción con pacientes en diferentes condiciones fisiopatológicas que no podrían ser recreados de ningún otro modo<sup>25,26</sup>.

En el caso de la medicina de urgencias y emergencias, la utilización de pacientes estandarizados y rol-playing no solo contribuyen a la interacción médico-paciente con los mismos, sino que son capaces de generar y modificar un escenario de crisis tiempo-dependiente, obligando al alumnado a la toma rápida de decisiones, generando un entorno de ansiedad incompatible con el pensamiento pausado pero, al mismo tiempo, facilitando la transferencia de las habilidades entrenadas al generar un entorno similar al de trabajo real de los equipos. Bajo estos preceptos evolucionaron los cursos de ATLS (Advance Trauma Life Support), cuyo propósito original era entrenar a médicos que no atendían a pacientes politraumatizados de forma continua, pero después se ha demostrado que es un método efectivo de evaluación y tratamiento inicial de estos pacientes, tanto en hospitales rurales o comarcales, como en los centros de traumatología más modernos y sofisticados<sup>27,28</sup>. La premisa de esta formación, que pronto se adaptó para incluir no solo al paciente estandarizado sino para hacer uso de simulación tecnológica, es establecer como la atención con un cuidado sistematizado y en tiempo adecuado puede significar un mejor

pronóstico del paciente politraumatizado. Estos cursos se alejan del concepto clásico de la medicina en el que para estudiar una enfermedad es imprescindible una buena historia clínica con antecedentes personales y familiares, una extensa exploración y una serie de pruebas complementarias que nos ayuden a realizar un diagnóstico exacto de la enfermedad e instaurar su tratamiento. En ATLS el concepto es más simple, se trata primero la lesión que pone en peligro la vida del paciente, obviando el hecho de que no tener un diagnóstico definitivo no debe impedir aplicar un tratamiento adecuado<sup>29</sup>.

El abordaje del paciente politraumatizado, tanto con los cursos ATLS como con otras sistemáticas docentes más actuales son de gran importancia en la enseñanza de la medicina de urgencias. El objetivo de todas ellas es mejorar la supervivencia de estos pacientes y para ello es fundamental tener un enfoque multidisciplinar basado en un excelente trabajo en equipo cuyas piedras angulares son el liderazgo eficaz, las habilidades técnicas y no técnicas, la comunicación asertiva y la evaluación sistemática de los resultados. Este trabajo en equipo debe basarse en protocolos multidisciplinarios adaptados al contexto de cada centro de trabajo. Como hemos mencionado el aprendizaje basado en simulación, en particular con la modalidad de simulación híbrida o mixta, ha venido a reforzar el manejo del politrauma de una manera más integrada y con retroalimentación inmediata, permitiendo reforzar aspectos cruciales en la medicina de urgencias <sup>19,30</sup>. Sin embargo, la literatura actual aun no muestra con claridad como esta metodología y entrenamiento disminuye de manera significativa la morbilidad y mortalidad en los centros donde se aplica.

En este punto cabe mencionar como los mejores modelos adoptados para realizar simulación in-situ, que se basa en realizar el entrenamiento en el entorno y con el equipo y material habitual de trabajo, facilita de la transferencia de las habilidades y el impacto sobre la seguridad del paciente. El escenario (helicóptero, ambulancia, box), los equipos, y el equipamiento real, permiten una inmersión más rápida en el entorno simulado y una respuesta más “natural” ante los diferentes escenarios en cualquier contexto, pero más si cabe en el paciente politraumatizado<sup>31,32</sup>.

Otro de los aspectos fundamentales en las emergencias sanitarias es el abordaje a la vía aérea. Las diferentes técnicas para el control de la vía aérea deben ser habilidades básicas para un médico en urgencias. El entrenamiento de estas puede realizarse con modelos sencillos de simulación parcial o de baja fidelidad, Sin embargo, el alto grado de dificultad anatómica o el entrenamiento de habilidades asociadas al abordaje de cuerpo extraño en orofaringe o fracturas maxilofaciales, precisa de modelos de simulación más complejos<sup>1,33</sup>.

Procesos en el tórax, como neumotórax a tensión, taponamientos cardiacos o hemotórax masivos, también deben ser entrenados mediante modelos simulados de forma repetida hasta conseguir la suficiente habilidad para poder enfrentarlos con seguridad en un paciente real. Si bien, hace años se utilizaban para este entrenamiento modelos animales (cerdo mayormente), la ética en el uso animal, la legislación relativa y el desarrollo de simuladores cada vez más complejos permite realizar la mayoría de las técnicas en simuladores robóticos de mayor o menor complejidad, evitando los anteriormente mencionados problemas éticos, legales y de dificultad en la preparación del escenario para los modelos animales<sup>34</sup>.

- Soporte Vital Avanzado (SVA)

Finalmente, es preciso destacar el entrenamiento de Soporte Vital Avanzado como tal, cuyo concepto implica la realización de diversas técnicas, de diferente complejidad, que, mediante un algoritmo adecuado, permiten la correcta atención del paciente y la capacidad para preservar su vida. Sin duda, se trata de una situación que genera elevado nivel de stress -en ocasiones incapacitante- y que no permite la más mínima vacilación o pérdida de tiempo.

El éxito de la misma depende de la velocidad y precisión en la actuación, y ésta sólo puede conseguirse mediante la automatización del profesional, con capacidad y competencia suficiente, para la puesta en práctica de todos los pasos necesarios del algoritmo SVA<sup>35</sup>.

La simulación integral o mixta, que sea capaz de combinar escenarios de alta complejidad, pacientes estandarizados, simuladores parciales para técnicas como vía aérea o tratamiento de hemorragias y simuladores robóticos complejos para la aplicación de protocolo SVA incluyendo farmacología, se destaca como el modelo más útil para este entrenamiento<sup>29,36,37</sup>.

Además, considerando la idiosincrasia de los equipos de trabajo en urgencias, especialmente extrahospitalarias, cobra especial relevancia el entrenamiento en habilidades no técnicas. El liderazgo, trabajo en equipo, distribución de tareas o trabajo multidisciplinar, son tan necesarias como las habilidades puramente técnicas.

Este entrenamiento puede realizarse de manera integral con el entrenamiento técnico, o de forma específica mediante rol-playing o actores entrenados para desempeñar diferentes perfiles profesionales que provoquen la puesta en práctica de estas competencias por parte del alumnado, pudiendo realizar un debriefing posterior para la sustitución de los patrones de trabajo inadecuados por otros compatibles con la filosofía de trabajo en equipo multidisciplinar<sup>30,38</sup>.

o Conclusión

El aprendizaje basado en simulación es la única metodología que permite la adquisición de competencias de habilidad, básicas para la medicina de urgencias y emergencias, en un entorno seguro para el profesional y para el paciente. La especial idiosincrasia de esta rama de la medicina, requiere respuestas rápidas, multidisciplinarias, bajo una situación de estrés y ansiedad y con una importante variable tiempo-dependiente.

La inclusión de un aprendizaje reglado mediante simulación, obligatorio y previo al trabajo con el paciente real en urgencias y emergencias, garantizaría una mejora de los resultados, una disminución de la iatrogenia, errores de diagnóstico y consecuencias de la falta de seguridad o problemas relacionados con un incorrecto trabajo en equipo.

Si bien la incorporación de este modelo de formación transversal y reglado, en los procesos formativos tiene un coste superior a la formación tradicional, el beneficio social supera, con creces, cualquier reticencia que pueda encontrarse entre los profesionales o los gestores de formación.

## **Bibliografía**

1. Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Critical care medicine*. January 2014;42(1):169–78.
2. Vázquez-Mata G, Guillamet-Lloveras A. Simulation-based training as an indispensable innovation in medical training. *Educ Médica*. 2009;12(3):149–55.
3. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care*. 2008;23(2):157–66.
4. Kurup V, Matei V, Ray J. Role of in-situ simulation for training in healthcare. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2017;30(6):755–60.
5. Keller JM, Steinbach TC, Adamson R, Carlbom DJ, Johnson NJ, Clark J, et al. ICU Emergencies Simulation Curriculum for Critical Care Fellows: Neurologic Emergencies. *Mededportal J Teach Learn Resour*. 2019;15(1):10813.
6. Hardman JG, Moppett IK. To err is human. *Bja Br J Anaesth*. 2010;105(1):1–3.
7. Higham H, Baxendale B. To err is human: use of simulation to enhance training and patient safety in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. November 14, 2017;119(Supplement 1):i106–14.
8. Weeks KW, Coben D, O'Neill D, Jones A, Weeks A, Brown M, et al. Developing and integrating nursing competence through authentic technology-enhanced clinical simulation education: Pedagogies for reconceptualising the theory-practice gap. *Nurse Educ Pract*. 2019;37:29–38.
9. Miller MD. Simulations in Medical Education: A review. *Med Teach*. 2009;9(1):35–41.
10. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The Utility of Simulation in Medical Education: What Is the Evidence? *Mt Sinai J Medicine J Transl Personalized Medicine*. 2009;76(4):330–43.
11. Gaba DM. Crisis Management in Anesthesiology. September 6, 2014;1–398.
12. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More Than One Way to Debrief. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(3):209–17.
13. Wehbi NK, Wani R, Yang Y, Wilson F, Medcalf S, Monaghan B, et al. A needs assessment for simulation-based training of emergency medical providers in Nebraska, USA. *Adv Simul*. 2018;3(1):22.
14. Parsons JR, Crichlow A, Ponnuru S, Shewokis PA, Goswami V, Griswold S. Filling the Gap: Simulation-based Crisis Resource Management Training for Emergency Medicine Residents. *West J Emerg Medicine Integrating Emerg Care Popul Heal*. 2018;19(1):205–10.
15. Addison R, Skinner T, Zhou F, Parsons M. Diabetic Ketoacidosis: An Emergency Medicine Simulation Scenario. *Cureus*. 2017;9(5):e1286.
16. Whitmore SP, Gunnerson KJ, Haft JW, Lynch WR, VanDyck T, Hebert C, et al. Simulation training enables emergency medicine providers to rapidly and safely initiate extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) in a simulated cardiac arrest scenario. *Resuscitation*. 2019;138:68–73.
17. Yager PH, Lok J, Klig JE. Advances in simulation for pediatric critical care and emergency medicine. *Curr Opin Pediatr*. 2011;23(3):293–7.
18. McBride ME, Beke DM, Fortenberry JD, Imprescia A, Callow L, Justice L, et al. Education and Training in Pediatric Cardiac Critical Care. *World J Pediatric Congenit Hear Surg*. 2017;8(6):707–14.

19. Murphy M, Curtis K, Lam MK, Palmer CS, Hsu J, McCloughen A. Simulation-based multidisciplinary team training decreases time to critical operations for trauma patients. *Inj*. 2018;49(5):953–8.
20. Ilgen JS, Sherbino J, Cook DA. Technology-enhanced Simulation in Emergency Medicine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acad Emerg Med*. 2013;20(2):117–27.
21. Griswold S, Fralliccardi A, Boulet J, Moadel T, Franzen D, Auerbach M, et al. Simulation-based Education to Ensure Provider Competency Within the Health Care System. *Acad Emerg Med*. 2018;25(2):168–76.
22. 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 meta-analysis. *JAMA: the journal of the American Medical Association*. September 7, 2011;306(9):978–88.
23. Cook DA, Levinson AJ, Garside S, Dupras DM, Erwin PJ, Montori VM. Internet-Based Learning in the Health Professions: A Meta-analysis. *Jama*. 2008;300(10):1181–96.
24. Norman G, Dore K, Grierson L. The minimal relationship between simulation fidelity and transfer of learning. *Med Educ*. 2012;46(7):636–47.
25. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Heal Care*. 2004;13(suppl 1):i11.
26. Dunnington RM. The nature of reality represented in high fidelity human patient simulation: philosophical perspectives and implications for nursing education. *Nurs Philos*. 2014;15(1):14–22.
27. McLaughlin C, Barry W, Barin E, Kysh L, Auerbach MA, Upperman JS, et al. Multidisciplinary Simulation-Based Team Training for Trauma Resuscitation: A Scoping Review. *J Surg Educ*. 2019;76(6):1669–80.
28. Navarro S, Montmany S, Rebaso P, Colilles C, Pallisera A. Impact of ATLS Training on Preventable and Potentially Preventable Deaths. *World J Surg*. 2014;38(9):2273–8.
29. Galvagno SM, Nahmias JT, Young DA. Advanced Trauma Life Support® Update 2019 Management and Applications for Adults and Special Populations. *Anesthesiol Clin*. 2018;37(1)
30. Ford K, Menchine M, Burner E, Arora S, Inaba K, Demetriades D, et al. Leadership and Teamwork in Trauma and Resuscitation. *West J Emerg Medicine*. 2016;17(5):549–56.
31. Brazil V. Translational simulation: not ‘where?’ but ‘why?’ A functional view of in situ simulation. *Adv Simul*. 2017;2(1):20.
32. Goldshtein D, Krensky C, Doshi S, Perelman VS. In situ simulation and its effects on patient outcomes: a systematic review. *Bmj Simul Technology Enhanc Learn*. 2020;6(1):3.
33. L’Her E, Geeraerts T, Desclefs J-P, Benhamou D, Blanié A, Cerf C, et al. Simulation-based teaching in critical care, anaesthesia and emergency medicine. The Author(s); 2020.
34. Rowse PG, Dearani JA. Deliberate Practice and the Emerging Roles of Simulation in Thoracic Surgery. *Thorac Surg Clin*. 2019;29(3):303–9.
35. Perkins GD. Simulation in resuscitation training. *Resuscitation*. 2007;73(2):202–11.
36. Bowers K M, Smith J, Robinson M, et al. The Impact of Advanced Cardiac Life Support Simulation Training on Medical Student Self-reported Outcomes. *Cureus*. 2020;12(3):e7190.
37. Komazawa N, Ohashi T, Take A, Doi Y, Kadoyama K, Terasaki F, et al. Hybrid simulation training utilizing augmented reality and simulator for interprofessional advanced life support training. *J Clin Anesth*. 2019;57:106–7.
38. Andreae MH, Dudak A, Cherian V, Dhar P, Dalal PG, Po W, et al. Data and debriefing observations on healthcare simulation to prepare for the COVID-19 pandemic. *Data in brief*. August 2020;31:106028.



## Simulación Clínica en Cuidados Intensivos

Elena Trujillo<sup>1</sup>, M. Carmen Martínez<sup>1</sup> y Alejandro Barroso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Unidad de Medicina Intensiva y Cuidados Críticos.

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación y Terapia del Dolor.

En un sistema sanitario cada vez más complejo e innovador es obligatorio no solo ofrecer la mejor asistencia posible, sino asegurar la seguridad del paciente<sup>1</sup>. En ambos puntos la simulación clínica tiene importantes objetivos, tanto como herramienta de entrenamiento docente con capacidad de reproducir contextos reales y minimizar iatrogenias, como para formar a los equipos profesionales en competencias específicas y transversales.

La simulación cumple con el objetivo de formar a través de la experiencia, la práctica y la reflexión protegiendo al paciente. Junto con el debriefing, el entrenamiento con simulación facilita el desarrollo profesional, competencial y amortiguan los cambios en los procesos y procedimientos que la cultura organizacional resistente puede dificultar afectando a una prestación de calidad y segura en la atención del paciente crítico<sup>2</sup>.

En el caso de la Medicina Intensiva la simulación permite garantizar el proceso asistencial del paciente crítico, facilitando el abordaje diagnóstico y terapéutico. Se reducirán las complicaciones potencialmente previsibles y el manejo de aquéllas no previsibles mediante el uso de las distintas herramientas de simulación clínica, abarcando modelos como biorreactivos, robótica simple y avanzada, pacientes estandarizados, simulación virtual, etc<sup>3,4</sup>. El objetivo de la simulación aplicado a los cuidados críticos pasa por la capacidad de replicar un escenario de la forma más real posible, aplicando los conocimientos ya adquiridos y, posteriormente, recibir feedback con asesoramiento sobre los aciertos y errores que se cometieron durante el ejercicio de simulación por personal experimentado<sup>5</sup>. En términos prácticos en Medicina Intensiva podemos decir que busca desarrollar habilidades en procedimientos rutinarios, manejar situaciones de emergencia, fomentar el liderazgo y trabajo en equipo, e incrementar la capacidad para anticiparse a eventos críticos poco frecuentes sin comprometer la seguridad del paciente<sup>6</sup>.

La relación entre los cuidados críticos y la simulación ha evolucionado enormemente desde que Gaba y su equipo diseñaron un completo simulador de alta fidelidad con el fin de estudiar la respuesta del anestesiólogo en situaciones críticas tanto en quirófano como fuera de él<sup>5,7</sup>. Este modelo abrió la puerta a muchos otros modelos de simulación que permitieron evolucionar esta herramienta en los cuidados críticos, consiguiendo que la simulación posea un importante reconocimiento como técnica docente en la actualidad. Tanto en cuidados intensivos como en el resto de las especialidades no existe un modelo

de simulación ideal, siendo la aplicación del modelo adecuado determinado por los objetivos que se deseen conseguir <sup>8,9</sup>.

Durante la realización de un procedimiento en un paciente crítico, o tras la toma de decisiones de gran trascendencia en una situación de compromiso vital, pueden surgir multitud de complicaciones, generalmente poco frecuentes, por lo que es complicado el entrenamiento real en estos supuestos, y en consecuencia estar óptimamente preparado con los modelos docentes tradicionales. La simulación permite identificar situaciones de riesgo, desarrollar las habilidades necesarias para afrontarlas y analizar las actuaciones sin riesgo alguno para el paciente. Se ha comprobado que la repetición y experiencia en situaciones críticas simuladas fomenta la adquisición y retención de conocimientos/habilidades reales potencialmente aplicables. Afrontar una situación nueva con información teórica ya aprendida aporta utilidad al aprendizaje, es un estímulo para continuar formándose, genera y resuelve dudas sobre circunstancias concretas y aporta seguridad a la hora de afrontar la situación real<sup>10-12</sup>.

La simulación presenta pocas limitaciones docentes dentro del área de la medicina intensiva. No sustituye al estudio teórico de una materia, ya que el alumno precisa de conocimientos suficientes para que la simulación pueda ser efectiva, aportándole seguridad a su práctica clínica. Es, por tanto, una herramienta más a disposición de los sanitarios para la adquisición de conocimientos y habilidades. Además, para que en entrenamiento con simulación sea realmente productivo este debe realizarse en un ambiente adecuado (importancia de la inmersión en la situación clínica), con material altamente específico y por un personal docente entrenado en estas situaciones que favorezca la participación y el feedback<sup>7,10</sup>.

- Aplicación de la simulación en Cuidados Críticos.

En el transcurso del proceso asistencial de Medicina Intensiva son varias y diversas las complicaciones que pueden ocurrir, pudiendo llegar a ser fatales. La potencial gravedad de esta situación hace que el clínico deba estar entrenado ante diferentes situaciones emergentes para que sea capaz de poner en práctica diferentes esquemas de pensamiento que desemboquen en una actuación rápida, concisa y eficaz. Esta situación se vuelve algo más estresante y “dramática” cuando el clínico es el responsable de un equipo sanitario (enfermeros, técnicos, auxiliares, especialistas en formación, etc.) al que debe dirigir de forma ordenada y eficaz de acuerdo con los algoritmos específicos para cada situación<sup>13,14</sup>.

Atendiendo a esta necesidad la simulación clínica, en especial la simulación robótica avanzada, nos ha permitido avanzar en el entrenamiento de diferentes situaciones clínicas transversales en la especialidad:

- Manejo de la vía aérea difícil: La permeabilidad de la vía aérea es una prioridad en cualquier situación emergente. Habiendo demostrado el entrenamiento con simulación ya sea en modelos de baja fidelidad como de alta fidelidad una mejora significativa tanto en la realización de la técnica como en el conocimiento y manejo de guías de actuación clínica<sup>15,16</sup>.

- Inestabilidad hemodinámica/parada cardiorrespiratoria: Al enfrentarse a un escenario de estas características será especialmente importante seguir los algoritmos de soporte vital avanzado (SVA) para asegurar el éxito de la reanimación. La literatura actual respalda el uso de la simulación clínica como herramienta docente efectiva para la obtención de conocimientos y puesta en práctica de los diferentes protocolos de actuación en SVA<sup>17</sup>.
- Actuación frente pacientes críticos: La resucitación inicial en situación de shock, el paciente politraumatizado, el inicio de tratamiento antibiótico precoz, la búsqueda/drenaje del foco en shock séptico o el mantenimiento de órganos para donación son situaciones importantes que se requiere entrenar ocasionalmente con el fin de dotar al clínico de un manejo eficaz y seguro. Estas situaciones entre otras se han demostrado potencialmente mejorables con entrenamiento con simulación, siendo especialmente efectiva la simulación con modelos de alta fidelidad<sup>3,18,19</sup>.

A continuación, detallaremos brevemente algunas de las áreas donde la simulación clínica ha demostrado mayores beneficios como herramienta docente:

- *Soporte Vital Avanzado*

Los beneficios de la simulación en la docencia del SVA son múltiples como queda plasmado en la literatura actual<sup>6,20</sup>. Los avances se han demostrado desde el óptimo conocimiento de las guías de actuación, hasta la correcta técnica en la realización del masaje cardiaco, pasando por un mejor manejo de la vía aérea o utilización de fármacos durante la situación de crisis. Cabe destacar que no todos los aspectos a mejorar son técnicos, y que aptitudes no técnicas como el establecimiento de roles o la capacidad comunicativa es fundamental en estas situaciones<sup>21</sup>. En el año 2010 las guías de la AMA (American Heart Association) enfatizaban el entrenamiento del liderazgo en los cursos de soporte vital avanzado. Estudios posteriores intentaban determinar la importancia del liderazgo en la reanimación cardiopulmonar (RCP) y si su entrenamiento mediante simulación era efectivo. Estudios como el de Hunziker et al. certificaban la eficacia de esta simulación apoyándose en que la grabación y reproducción de las situaciones simuladas permitía un examen riguroso de la relación y coordinación de un equipo, particularmente en situaciones tan vulnerables como la RCP<sup>22</sup>. En el estudio de 2018 de este mismo grupo, se compara el liderazgo individual/espontáneo durante una parada cardiorrespiratoria contra el liderazgo de un equipo de RCP entrenado mediante simulación, observándose que aquel equipo entrenado organizativamente presentaba unos tiempos más cortos hasta desfibrilación y valoración del ritmo, pero peor calidad de RCP<sup>23</sup>.

- *Cuidados Postoperatorios de Cirugía Cardíaca*

La aplicación de la simulación en el manejo del postoperatorio de cirugía cardíaca y de sus complicaciones es relativamente nueva, pero la evidencia acumulada soporta su uso<sup>24-26</sup>. La simulación ofrece oportunidades de entrenamiento en cuatro áreas importantes: trabajo en equipo, habilidades técnicas, comunicación y mejora de la calidad asistencial.

Respecto al entrenamiento de equipo la simulación puede ayudar a resolver múltiples problemas que se generan en situaciones de estrés. Permite conocer un entorno de trabajo similar, anticipar y coordinar un plan de actuación, prevenir errores y establecer prioridades, realizar en doble chequeo de confirmación, distribuir el trabajo y ejercer el liderazgo, considerar otras opciones y opiniones, así como movilizar los recursos disponibles<sup>21,22</sup>.

En relación a las habilidades técnicas, la simulación permite la realización de múltiples procedimientos (inserción de catéter centrales y de arteria pulmonar, inserción y colocación de marcapasos endovenosos, realización de ecocardiografía transtorácica y transesofágica, inserción de un balón de contrapulsación intraaórtica, canulación para técnicas extracorpóreas, pericardiocentesis, inserción de tubos pleurales, esternotomía) con seguridad para adquirir confianza y prevenir errores<sup>27</sup>.

En el año 2006 Anderson *et al.*<sup>28</sup>, publicaron, por primera vez sobre la simulación en el aprendizaje y manejo de la ECMO (extracorporeal membrane oxygenation). Este grupo observó una disminución significativa de los errores y complicaciones en el personal que había sido entrenado mediante simulación. El entrenamiento permitió mejorar la inserción de las cánulas (venoarterial y venovenosa) y la mejora significativa en una amplia variedad de situaciones gracias al entrenamiento en escenarios con elevada transferencia<sup>29</sup>.

El diagnóstico de gran parte de las complicaciones que acontecen en el postoperatorio de cirugía cardíaca se puede realizar mediante ecocardiografía, siendo la precisión del diagnóstico altamente dependiente de la habilidad del examinador. La adquisición de habilidad ecográfica mediante simulación permite adquirir un conocimiento, entrenamiento, certificación y adquisición de competencias estandarizadas. Además, permite la homogeneización del entrenamiento en ecografía y evita las complicaciones derivadas de la realización de este entrenamiento en pacientes reales. Se han desarrollado simuladores de alta fidelidad con aplicaciones para ecocardiografía y ecografía vascular con doppler que permite mediciones de velocidad, análisis de la morfología de la onda e identificación de anomalías<sup>30</sup>.

- *Neurocríticos*

En el campo de los neurocríticos, educadores, profesiones y sociedades reconocidas no consideraron adecuados y reproducibles los conocimientos potencialmente adquiribles mediante simulación hasta comienzos de los años 2000. Sin embargo, tras observar el éxito de los programas formativos en SVA o ATLS, la simulación en esta subespecialidad ha comenzado a tomar un papel más relevante. La formación con simulación de los profesionales en diversas patologías neurológicas, emergencias neurológicas y, dentro de la UCI, en los cuidados neurocríticos, se ve actualmente respaldada por múltiples estudios con el objetivo de realizar un abordaje multidisciplinar, integral y seguro<sup>18</sup>.

Los cuidados críticos presentan, desde hace años, un incremento de la subespecialización. Los cuidados neurocríticos son un ejemplo de ésta, y están enfocados en la neuroprotección cerebral y manejo de las patologías urgentes con daño neurológico<sup>31</sup>. Un

ejemplo del potencial beneficio que presenta el entrenamiento con simulación es presentado por Keller et al.<sup>4</sup>. En el curso 2016/17 se evaluó a los profesionales de cuidados críticos de la Universidad de Washington sobre su actuación en diferentes escenarios simulados de emergencias neurológicas como parte de su formación. Observándose al finalizar la formación, un incremento de la confianza y seguridad en el manejo de estos pacientes, así como una mejoría en la adquisición de habilidades frente a aquellos que no habían recibido este entrenamiento en años precederos.

- *Politraumatizado*

En la asistencia clínica al paciente crítico y politraumatizado la valoración y tratamiento inicial debe ser llevada cabo por un equipo multidisciplinar idealmente<sup>32</sup>. El entrenamiento con simulación clínica ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad no solo en la capacitación de habilidades y técnicas, sino en el ejercicio del liderazgo, la comunicación entre miembros del equipo, así como en el análisis y valoración del trabajo realizado por todo el equipo<sup>19</sup>.

La simulación en el contexto del politrauma permite gran variedad de posibilidades debido a la presencia habitual de múltiples alteraciones fisiopatológicas, lo que le convierte en un modelo muy útil para simulación. Posibilita el entrenamiento de habilidades tanto individuales como colectivas, siendo la asistencia multidisciplinar imprescindible en este tipo de situaciones, así como la existencia de un coordinador que dirija el equipo asistencial.

La asistencia al paciente crítico politraumatizado es compleja, considerándose el tiempo en la toma de decisiones de gran importancia. La rapidez en la deliberación no solo afecta al resultado clínico final, sino que genera un importante grado de estrés en el médico responsable, favorece la comunicación con otros especialistas o miembros del equipo, y disminuye la aparición de complicaciones derivadas de la situación per se o de aquellas surgidas de las decisiones clínicas<sup>21,32</sup>. La simulación clínica ha demostrado mejorar la premura en la toma de decisiones, así como la asertividad en la comunicación con el equipo y determinadas actitudes de liderazgo <sup>21,33,34</sup>.

Desde hace más de dos décadas el Comité de Trauma del Colegio Americano de Cirujanos, a través de sus cursos Advanced Trauma Life Support (ATLS), emplea diversas metodologías de simulación con protocolos altamente reconocidos para enseñar la valoración y atención inicial al politraumatizado. Estos cursos utilizan fundamentalmente modelos con paciente simulado, siendo su principal limitación la imposibilidad de simular alteraciones fisiopatológicas graves o determinadas exploraciones físicas, lo que puede obstaculizar la inmersión en la situación clínica.

Se han analizado de forma sistemática los resultados de la formación del ATLS, encontrándose un elevado grado de aceptación y reconocimiento entre los alumnos, pero sin diferencias significativas en mortalidad en aquellos hospitales en los que se aplicó<sup>35</sup>. En los últimos años los cursos ATLS, al igual que otros muchos donde se pone especial foco en el paciente politraumatizado, han implementado su formación con sistemas de simulación robótica. Estos modelos robóticos de alta fidelidad integran modelos matemáticos y

mecánicos que permiten determinar variables fisiológicas, permitiendo observar cambios hemodinámicos, respiratorios y/o neurológicos tan frecuentes en estos pacientes. Además, permiten analizar la situación clínica y la respuesta a los tratamientos administrados, así como interactuar y modificar la situación de acuerdo a las decisiones tomadas por el alumno<sup>36,37</sup>.

Todo ello en seguimiento por el coordinador o instructor del caso que puede adaptarlo de forma continúa al nivel de competencias del alumno, permitiendo ser parte del escenario si procede o estar fuera de él para una mejor inmersión clínica. Es complicado valorar la efectividad o los resultados de la formación dada la variabilidad de situaciones clínicas que engloba el paciente politraumatizado, pero en general, se han observado mejores tiempos de respuesta y toma de decisiones en profesionales instruidos mediante simulación robótica<sup>35,38</sup>.

- Evaluación de competencias docentes en Medicina Intensiva.

La evaluación constituye un aspecto esencial de cualquier proceso educativo siendo especialmente relevante en el caso de la formación mediante técnicas de simulación por su papel doble: formativo y aditivo. Mediante el primero permitimos al alumno aprender de los errores cometidos, mientras que, a través del papel aditivo de la evaluación permitimos al discente incorporar nuevas formas de comportamiento mediante la reflexión crítica. Estas características son tan esenciales en la formación médica con simulación como la capacidad de evaluación rigurosa con eficaces criterios de validez y reproducibilidad<sup>39</sup>.

El CoBaTrICE (*Competency Based Training in Intensive Care Medicine in Europe* [www.cobatrice.org](http://www.cobatrice.org)) establece los conocimientos, habilidades y actitudes que se deben adquirir para la formación del especialista en cuidados intensivos/intensivista, con el fin de unificar la formación de los cuidados intensivos a nivel mundial. Este programa se apoya en gran parte en la simulación clínica para la evaluación de competencias debido a los altos estándares que ha demostrado la simulación para la evaluación docente en diversas especialidades médicas<sup>38,40,41</sup>. Asimismo, actualmente se está llevando a cabo el proyecto de investigación “Cobalidation”.

Un proyecto que surge de la necesidad de la evaluación del aprendizaje por competencias y cuyo objetivo fundamental es determinar si CoBaTrICE (formación basada en competencias) proporciona una formación de mayor calidad que el modelo de residencia (MIR) tradicional, basado en la mera exposición temporal del especialista en formación a diversas experiencias clínicas vividas en las rotaciones realizadas por diversos servicios hospitalarios (*ClinicalTrials.gov* NCT042778976).

En esta misma línea y con el objetivo de validar la formación en Medicina Intensiva y Cuidados Críticos, la ESICM (Sociedad Europea de Medicina Intensiva) ha desarrollado Diploma Europeo de Medicina Intensiva (EDIC) que hereda del programa de acreditación CoBaTrICE los contenidos y competencias que deberían ser comunes entre los médicos intensivistas europeos y los traslada a un examen del que también forma parte la simulación clínica como herramienta de evaluación.

De esta manera podemos afirmar que la formación en medicina intensiva es muy heterogénea y área-dependiente, pues depende no sólo de cada país, sino también de cada región e incluso de cada hospital. Propuestas capaces de unificar criterios y homogeneizar la formación, como el título EDIC, parecen necesarias para determinar la adecuada formación de los especialistas europeos en medicina intensiva.

Así mismo es importante recalcar el papel creciente que tiene la simulación clínica no solo en la formación de especialistas en medicina intensiva sino en la evaluación de conocimientos, en especial en un momento donde la evaluación por competencias parece ser la tónica predominante<sup>42</sup>.

- Conclusiones

La simulación clínica ha evolucionado en las últimas décadas como una herramienta trascendental en la docencia sanitaria. En Medicina Intensiva ha demostrado tener una alta eficacia en la implementación de habilidades técnicas, comunicación, trabajo en equipo y evaluación competencial. Pudiendo esto ser aplicado de un modo transversal a diversas áreas clínicas de los cuidados críticos. Es por ello que la simulación se ha convertido en una herramienta básica en el currículum de intensivistas, permitiendo a los especialistas en formación cumplir un completo proceso de aprendizaje previo a la puesta en práctica en el escenario real.

## **Bibliografía.**

1. Higham H, Baxendale B. To err is human: use of simulation to enhance training and patient safety in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. November 14, 2017;119(Supplement 1):i106–14.
2. Gaba DM, Howard SK, Fish KJ, Smith BE, Sowb YA. Simulation-Based Training in Anesthesia Crisis Resource Management (ACRM): A Decade of Experience: *Simulation & Gaming*. August 18, 2016;32(2):175–93.
3. Seam N, Lee AJ, Vennero M, Emler L. Simulation Training in the ICU. *Chest*. 2019;156(6):1223–33.
4. Keller JM, Steinbach TC, Adamson R, Carlbom DJ, Johnson NJ, Clark J, et al. ICU Emergencies Simulation Curriculum for Critical Care Fellows: Neurologic Emergencies. *Mededportal J Teach Learn Resour*. 2019;15(1):10813.
5. Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology*. September 1988;69(3):387–94.
6. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The Utility of Simulation in Medical Education: What Is the Evidence? *Mt Sinai J Medicine J Transl Personalized Medicine*. 2009;76(4):330–43.
7. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Medicine*. 1992;63(9):763–70.
8. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More Than One Way to Debrief. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(3):209–17.
9. Nishisaki A, Keren R, Nadkarni V. Does Simulation Improve Patient Safety?: Self-Efficacy, Competence, Operational Performance, and Patient Safety. *Anesthesiol Clin*. 2007;25(2):225–36.

10. Bryan RL, Kreuter MW, Brownson RC. Integrating Adult Learning Principles Into Training for Public Health Practice. *Heal Promot Pract.* 2009;10(4):557–63.
11. LeBlanc VR. Review article: Simulation in anesthesia: state of the science and looking forward. *Can J Anesthesia J Can D'anesthésie.* February 2012;59(2):193–202.
12. Everett TC, Ng E, Power D, Marsh C, Tolchard S, Shadrina A, et al. The Managing Emergencies in Paediatric Anaesthesia global rating scale is a reliable tool for simulation-based assessment in pediatric anesthesia crisis management. *Pediatr Anesth.* 2013;23(12):1117–23.
13. L'Her E, Geeraerts T, Desclefs J-P, Benhamou D, Blandin A, Cerf C, et al. Simulation-based teaching in critical care, anaesthesia and emergency medicine. *The Author(s);* 2020.
14. Lighthall GK, Vazquez-Guillamet C. Understanding Decision Making in Critical Care. *Clin Medicine Res.* 2015;13(3–4):156–68.
15. Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Critical care medicine.* January 2014;42(1):169–78.
16. Rochlen LR, Housey M, Gannon I, Mitchell S, Rooney DM, Tait AR, et al. Assessing anesthesiology residents' out-of-the-operating-room (OOR) emergent airway management. *BMC anesthesiology.* July 15, 2017;17(1):96–8.
17. Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, Fudala MJ, Barsuk JH, McGaghie WC. Simulation-Based Education Improves Quality of Care During Cardiac Arrest Team Responses at an Academic Teaching Hospital A Case-Control Study. *Chest.* 2008;133(1):56–61.
18. Morris NA, Czeisler BM, Sarwal A. Simulation in Neurocritical Care: Past, Present, and Future. *Neurocrit Care.* 2019;30(3):522–33.
19. Hammond J. Simulation in critical care and trauma education and training. *Curr Opin Crit Care.* 2004;10(5):325–9.
20. Perkins GD. Simulation in resuscitation training. *Resuscitation.* 2007;73(2):202–11.
21. Ford K, Menchine M, Burner E, Arora S, Inaba K, Demetriades D, et al. Leadership and Teamwork in Trauma and Resuscitation. *West J Emerg Medicine.* 2016;17(5):549–56.
22. Hunziker S, Tschan F, Semmer N, Marsch S. Importance of leadership in cardiac arrest situations: from simulation to real life and back. *Swiss Med Wkly.* 2013;143(1516):w13774.
23. Hunziker S, O'Connell KJ, Ranniger C, Su L, Hochstrasser S, Becker C, et al. Effects of designated leadership and team-size on cardiopulmonary resuscitation: The Basel-Washington SIMulation (BaWaSim) trial. *J Crit Care.* 2018;48:72–7.
24. Tacconi F, Mineo TC, Ambrogi V. Team Training for Nonintubated Thoracic Surgery. *Thorac Surg Clin.* 2020;30(1):111–20.
25. McBride ME, Beke DM, Fortenberry JD, Imprescia A, Callow L, Justice L, et al. Education and Training in Pediatric Cardiac Critical Care. *World J Pediatric Congenit Hear Surg.* 2017;8(6):707–14.
26. Bruppacher HR, Alam SK, Leblanc VR, Latter D, Naik VN, Savoldelli GL, et al. Simulation-based training improves physicians' performance in patient care in high-stakes clinical setting of cardiac surgery. *Anesthesiology.* April 2010;112(4):985–92.
27. Brunette V, Thibodeau-Jarry N. Simulation as a Tool to Ensure Competency and Quality of Care in the Cardiac Critical Care Unit. *Can J Cardiol.* 2017;33(1):119–27.
28. Anderson JM, Boyle KB, Murphy AA, Yaeger KA, LeFlore J, Halamek LP. Simulating Extracorporeal Membrane Oxygenation Emergencies to Improve Human Performance. Part I&colon; Methodologic and Technologic Innovations. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc.* 2006;1(4):220–7.
29. Kapoor PM, Irpachi K. Simulation in cardiac critical care: New times and new solutions. *Ann Cardiac Anaesth.* 2016;19(3):385–8.
30. Sheehan FH, Zierler RE. Simulation for competency assessment in vascular and cardiac ultrasound. *Vasc Med.* 2018;23(2):172–80.
31. Kuroda Y. Neurocritical care update. *J Intensive Care.* 2016;4(1):36.

32. Galvagno SM, Nahmias JT, Young DA. Advanced Trauma Life Support® Update 2019 Management and Applications for Adults and Special Populations. *Anesthesiol Clin*. 2018;37(1):13–32.
33. Omura M, Maguire J, Levett-Jones T, Stone TE. The effectiveness of assertiveness communication training programs for healthcare professionals and students: A systematic review. *Int J Nurs Stud*. 2017;76:120–8.
34. Flin R, Maran N. Identifying and training non-technical skills for teams in acute medicine. *BMJ Quality & Safety*. October 1, 2004;13(suppl 1):i80–4.
35. Navarro S, Montmany S, Rebas P, Colilles C, Pallisera A. Impact of ATLS Training on Preventable and Potentially Preventable Deaths. *World J Surg*. 2014;38(9):2273–8.
36. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Heal Care*. 2004;13(suppl 1):i11.
37. Issenberg SB, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*. July 3, 2009;27(1):10–28.
38. Holcomb JB, Dumire RD, Crommett JW, Stamateris CE, Fagert MA, Cleveland JA, et al. Evaluation of Trauma Team Performance Using an Advanced Human Patient Simulator for Resuscitation Training. *J Trauma Inj Infect Critical Care*. 2002;52(6):1078–86.
39. Gaba DM. The Future Vision of Simulation in Healthcare. *Simulation in Healthcare*. July 1, 2007;2(2):126.
40. Ilgen JS, Ma IWY, Hatala R, Cook DA. A systematic review of validity evidence for checklists versus global rating scales in simulation-based assessment. *Med Educ*. 2015;49(2):161–73.
41. Rothkrug A, Mahboobi SK. Simulation Training and Skill Assessment in Anesthesiology. January 2020;
42. Castellanos-Ortega Á, Rothen HU, Franco N, Rayo LA, Martín-Loeches I, Ramírez P, et al. Formación en Medicina Intensiva. Un reto a nuestro alcance. *Med Intensiva*. 2014;38(5):305–10.



## Simulación Clínica en Anestesiología

Alejandro Barroso<sup>1</sup>, M. Carmen Martínez<sup>2</sup> y J. Manuel Sánchez-Carrión<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor.

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Medicina Intensiva y Cuidados Críticos.

<sup>3</sup>Hospital Comarcal Santa Ana, Motril. Jefe de Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor

La simulación aplicada a las ciencias de la salud ha sido definida como “una técnica, no como una tecnología, capaz de replazar o amplificar experiencias reales a través de situaciones guiadas que evoquen o repliquen importantes aspectos de la vida real de un modo completamente interactivo”<sup>1</sup>. La anestesiología como profesión reconoció precozmente el potencial beneficio y avance que podría significar adoptar la simulación como herramienta educativa en su especialidad. Hoy día, tras años de estudio pormenorizado y múltiples revisiones académicas se señala a la simulación como una importante y exitosa estrategia de aprendizaje, enfatizando la importancia del diseño educativo de alta calidad y su integración al currículo de la especialidad para fortalecer los resultados<sup>2</sup>.

○ El binomio Anestesia – Simulación.

Los anestesiólogos han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la simulación clínica, contribuyendo de manera crucial al desarrollo de programas pedagógicos y de entrenamiento, así como a la investigación en este campo<sup>3</sup>. Esta íntima relación parece comenzar en los años 50 cuando el Dr. Safar fue capaz de demostrar con fines pedagógicos la ventilación boca-a-boca en un sujeto previamente relajado neuromuscularmente<sup>4</sup>. El primer maniquí de simulación fue ideado por el anestesiólogo S. Denson y el estudiante J. S. Abrahamson en los años 60, el *SimOne*. Una novedosa herramienta diseñada y manufacturada con la ayuda de los ingenieros de la Aerojet-General Corporation con fondos procedentes de la Society of Technology of Anesthesia en respuesta a la necesidad de replicar la máquina de anestesia del momento, que a su vez generó de la necesidad de probarla con maniqués capaces de ser intubados y sometidos a inducciones anestésicas y ventilación mecánica<sup>5</sup>. Sin embargo, debido a lo aparatoso y caro del dispositivo no fructificó su utilización con fines académicos. Tras este intento otros modelos fueron desarrollándose hasta que en la década de los 80 de la mano del Dr. Gaba se desarrollaron verdaderos modelos de simulación de alta fidelidad <sup>5,6</sup>. Estos modelos, capaces de integrarse con los monitores de quirófano y a su vez de ser controlados remotamente permitían al operador trabajar a distancia y simular respuestas equivalentes a aquellas que podían aparecer en una situación real. Este hecho aumentó la cantidad de habilidades potencialmente entrenables, y consecuentemente objetivos docentes<sup>7</sup>. Es también en este periodo cuando emerge en la docencia de los anestesiólogos el entrenamiento del manejo de recursos en momentos críticos (*Anesthesia Crisis Resource Management (ACRM)*),

convirtiéndose en un pilar de la enseñanza para residentes en anestesiología en décadas posteriores<sup>8</sup>.

A partir de estos años se incrementó el uso tanto de la simulación como herramienta de enseñanza como la utilización de simuladores de alta fidelidad en la docencia de anesestiólogos y estudiantes de medicina<sup>9,10</sup>. Los residentes de anestesiología entrenados con técnicas de simulación comenzaban a recoger los frutos, siendo estos más rápidos y mejores en sus respuestas y actuaciones que aquellos que habían seguido la preparación convencional<sup>11</sup>. La ejecución técnica y los comportamientos en simulación podían ser grabados y posteriormente evaluados, lo que resultaba también muy útil para la valoración de las competencias clínicas en el posterior debriefing, herramienta aún poco desarrollada para la época<sup>12</sup>. Es en esta etapa, mediados de la década de los 90, cuando aparece el simulador HPS de Medical Education Technologies Inc. (METI), una herramienta realmente efectiva para la docencia en el manejo de la vía aérea, cuidados ventilatorios y manejo hemodinámico del paciente crítico<sup>5</sup>. El crecimiento de la especialidad posterior a la aparición de estos modelos ha llevado a que la creciente literatura actual muestre como el entrenamiento con simulación sea capaz de generar beneficios significativos en residentes de anestesiología en capacidad para la integración de conocimientos aplicados, análisis de su actuación, capacidad de repetición de la acción satisfactoriamente o detección de variaciones clínicas de la situación expuesta<sup>13,14</sup>. Estos datos se correlacionan con los datos de Cook *et al.* donde se nos muestra que el entrenamiento con simuladores tecnológicos en profesionales de la salud está consistentemente asociados a mejorías significativas en conocimiento, habilidades y comportamientos<sup>15</sup>. Es por tanto lógico hipotetizar que estas mejorías se trasladen a mejores resultados clínicos reales. Sin embargo, a pesar del gran interés que estos hechos tienen para los profesionales son pocos los estudios que han sido capaces de mostrar la mejora que la simulación supone para los pacientes <sup>16,17</sup>. En esta línea, el meta-análisis y revisión sistemática realizada por Lorello *et al.*<sup>18</sup> muestra como en todos los parámetros medidos la simulación fue más efectiva que la carencia de intervención (52 estudios) y no inferior que el entrenamiento realizado sin simulación (11 estudios), exceptuando aquellos parámetros que median resultados en los pacientes. Nuevos datos apuntan en esta dirección<sup>9 19</sup>, por lo que más esfuerzo debe ser puesto en la traslación de los buenos resultados en formación a la práctica clínica. Futuras investigaciones deben ser dirigidas a establecer una relación definitiva entre la simulación y la mejoría de los resultados clínicos en nuestros pacientes. Además, cabe reseñar que el efecto atribuido a la simulación parece disminuir con el tiempo, tal y como muestran varios estudios tanto de habilidades técnicas como no técnicas. <sup>9,20</sup> Por tanto, es importante destacar en este punto que las habilidades potenciadas con simulación deben de ser mantenidas a través de practica ya sea real o en simulación, apoyadas por un feedback y evaluación constructiva.

El hábitat de trabajo en la práctica clínica para los anesestiólogos ha cambiado drásticamente en las últimas décadas. Avances en tecnología y dispositivos médicos utilizados para el cuidado de pacientes, individuos con mayor cantidad y gravedad de comorbilidades, nuevos métodos quirúrgicos, mayor capacidad de realizar técnicas invasivas, y cambios en los patrones de trabajo hospitalario; emparejado a la incesante y creciente carga asistencial hacen de la labor del anestesista hoy día un trabajo muy complejo. Es en estas circunstancias tan dinámicas y con múltiples interdependencias,

asociadas a la permanente necesidad de tomar decisiones rápidas en un entorno altamente cambiante como es el área quirúrgica, donde el anestesiólogo debe estar preparado para actuar con determinación y destreza. Pero los anestesiólogos en formación lejos de mejorar su educación se encuentran con una tendencia a la reducción del entrenamiento tanto en número de horas como en exposición clínica real<sup>9,21</sup>. Esto ha llevado a plantear a algunos autores si hay suficiente tiempo durante los programas académicos y residencias actuales para aprender y desarrollar habilidades satisfactoriamente<sup>22</sup>. Multitud de estas habilidades mejoran con la simulación como ya hemos citado anteriormente, sin embargo, el uso óptimo de la simulación durante los programas de formación es todavía una incógnita. En países como Reino Unido, Japón o Estados Unidos la certificación en anestesia pasa por realizar parte de la formación o determinadas pruebas de nivel con programas de simulación<sup>9,10</sup>, mientras que otros países como España esto aún solo se ha planteado como una mera hipótesis dentro del nuevo plan formativo para la especialidad<sup>22</sup>. Debido al déficit de certezas en cuanto a sus resultados en la aplicabilidad clínica, varios problemas se plantea la sociedad anestésica previa a su inclusión de lleno en los programas de formación. Estos son fundamentalmente además de la ya citada imprecisa mejoría de los resultados clínicos, la determinación del mejor tipo de simulador, ya que son varios los autores que han mostrado poca o ninguna mejoría entre la realización de simulación con simuladores de baja o alta fidelidad<sup>23,24</sup>, y la escasez de especialistas en simulación capaces de conseguir las metas que la simulación se propone<sup>25</sup>.

Es importante hacer hincapié en que muchas de las citadas habilidades requeridas en anestesiología deben ser adquiridas a través de ejercitarlas y de la experiencia, en lugar de a través de los modelos tradicionales de docencia. Por ello diversos métodos educativos como los exámenes de competencias objetivo y estructurado (ECOE), el aprendizaje orientado al problema o los exámenes de competencias clínicas han ganado mucho terreno en las últimas décadas. Siendo la simulación una herramienta clave en el avance de estas técnicas docentes ya que encaja muy bien en el modelo docente de triple fase de cognición, integración y automatización abiertamente aceptado para la adquisición y desarrollo de habilidades clínicas.

De entre los modelos utilizados para el desarrollo de habilidades técnicas se han empleados habitualmente tanto animales como piezas anatómicas de cadáveres. Estos siguen siendo útiles para determinadas actividades a pesar de que pueden generar diversos problemas en la actualidad. Sin embargo, los simuladores de alta fidelidad permitieron dar un salto de calidad en la simulación ya que pueden emular mejor las características clínicas de un procedimiento anestésico real, siendo esto indispensable para el manejo rápido y eficaz en la actuación en situaciones críticas<sup>26</sup>. No obstante, es importante remarcar que la simulación como herramienta pedagógica es una materia amplia y compleja donde los simuladores de alta fidelidad aportan gran valor, pero no son indispensables ni suficientes<sup>8</sup>. La simulación híbrida, una combinación de un paciente estándar que implica la necesidad de ejecutar habilidades de comunicación y un maniquí simulador que evalúa habilidades técnicas, es también de mucha utilidad en el entrenamiento de habilidades anestésicas<sup>27</sup>. En la creación de programas formativos el mayor acercamiento a la realidad a través de un modelo de simulación adecuado

proporcionará una herramienta educativa más compleja y de mayor calidad tanto para el desarrollo de habilidades técnicas como no técnicas<sup>28</sup>.

En los últimos años se ha extendido el uso nuevas herramientas como la simulación en línea o telesimulación, mejorando de manera crucial la accesibilidad a programas de simulación en aquellos lugares con escasos recursos a pesar de que la mayoría de los estudios sugieran su menor efectividad en comparación con la simulación en vivo<sup>29,30</sup>. La telesimulación es una modalidad educativa emergente que combina la utilidad de la simulación con los recientes avances de la enseñanza virtual<sup>31</sup>. Entre los objetivos de las iniciativas que promueven esta modalidad de simulación destaca la mejora en accesibilidad a contenidos educativos de calidad para todos los profesionales, pero sobre todo en aquellos lugares con recursos restringidos, así como la facilitación de colaboración y democratización de la educación médica<sup>32,33</sup>. De este modo con relativa poca inversión en infraestructura la telesimulación permite mejorar cualidades tanto técnicas como no técnicas, conectando a docentes con estudiantes a pesar de la distancia y de los recursos disponibles<sup>32,34</sup>. En nuestra especialidad comienzan a aparecer datos que demuestran el potencial de mejora en habilidades psicomotoras y cognitivas, por ejemplo, en anestesia regional guiada por ecografía o en el manejo de pacientes críticos en situaciones de emergencia<sup>32,35</sup>. Derivado de la telesimulación aparecen nuevas herramientas de simulación en línea que nos permiten la simulación on-line con aplicaciones novedosas e incluso la posibilidad de hacer simulaciones de manera off-line (SimSTAT o AnestCRITIC)<sup>36</sup>. Aunque aún incipientes, estas herramientas pueden complementar adecuadamente la formación de los anestesiólogos en el futuro próximo, facilitando mucho la creciente necesidad de educación asincrónica y ayudando aún más a optimizar la educación anestésica en aquellos lugares con déficit de recursos. Otra oportunidad importante que subyace de la aparición de la utilización de la telesimulación es la expansión del telebriefing, potenciando así uno de los puntos claves del proceso educativo en simulación y a su vez uno de sus principales hándicaps para su utilización que como hemos visto es el déficit de profesionales preparados para optimizar esta parte del proceso<sup>28,37,38</sup>.

Es importante incidir en la importancia de la simulación clínica en anestesiología para la adquisición e instrucción de habilidades y competencias no técnicas. La simulación nos brinda la oportunidad de evaluar la actuación clínica en un entorno programado, estructurado y orientado a nuestras necesidades. Esto junto la capacidad de realizar un debriefing posterior para analizar la actividad realizada nos emplaza a poseer una herramienta con unas capacidades enormes en docencia para la adquisición de estas habilidades, definidas como capacidades cognitivas, sociales y personales que contribuyen a una actuación eficiente y segura<sup>39</sup>. Datos sobre efectos adversos derivados de la actividad anestésica muestran que las habilidades no técnicas no solo son importantes para la actuación terapéutica, sino que juegan un importante papel en la seguridad del paciente<sup>9,40</sup>.

Anestesiólogos y psicólogos diseñaron el sistema de habilidades anestésicas no técnicas (ANTS) utilizando un análisis de objetivos similar al sistema ya existente para pilotos, y que posteriormente ha sido adoptado también para el entrenamiento en cirugía. El sistema ANTS es una herramienta de aprendizaje que se compone de 4 categorías, cada

una compuesta a su vez de entre 3 y 5 elementos<sup>41</sup>. Estas 4 categorías principales son la capacidad para administrar la tarea, el trabajo en equipo, manejo del ambiente o contexto y toma de decisión. Dichas habilidades se han demostrado críticas para nuestra especialidad en la práctica clínica, siendo potencialmente mejorables con ejercicios de simulación y debiendo ser evaluadas con marcadores de conducta a reforzar. Esto nos permitirá llevar el entrenamiento de las ANTS tanto a salas de simulación como a quirófano, pudiendo así identificar las competencias del sujeto, proveer de un feedback organizado y orientar futuros objetivos de entrenamiento.

La simulación ha evolucionado en los últimos años como ya hemos visto como una instancia de aprendizaje que más que desventajas, tiene limitaciones, pocas, pero importantes. La transferencia de habilidades desde el simulador hacia la vida real es una de ellas, ya que ni el más complejo simulador está capacitado para duplicar totalmente la imprevisibilidad, complejidad y sensibilidades que la vida real posee<sup>5</sup>. Mientras que un fallo en un simulador es una experiencia de aprendizaje, un error similar durante un procedimiento invasivo puede ser catastrófico para el paciente. La consecuente carga emocional que la práctica clínica tiene es imposible de reproducirse con un simulador. De igual modo, la profundidad de una reflexión que una complicación real desencadena en un residente es una enseñanza difícil de borrar que un simulador no podrá lograr.

Asimismo, se ha resaltado que existe un riesgo que la simulación podría conceder una sensación de falsa autoconfianza a alumnos que no necesariamente hayan alcanzado las competencias necesarias para una tarea<sup>14</sup>, lo que podría conllevar un riesgo para los pacientes. Otro hándicap que se puede encontrar es que la simulación también puede ser considerablemente costosa, especialmente si incluye modelos animales vivos o cadavéricos. Aparte de los simuladores, habitualmente su implementación requiere un costo asociado de instalación y entrenamiento de personal para operarlos, lo cual puede dificultar su masificación en facultades o programas de postgrado que no cuenten con los recursos<sup>42</sup>

Además, es importante destacar otras limitaciones como que la realidad de la simulación esté dada por un ambiente adecuado para el contexto a simular, que los facilitadores (docentes encargados del feedback final) deben estar capacitados para desarrollar su papel y que la participación de los alumnos sea lo más natural posible. Actualmente, al igual que ocurría con el tiempo dedicado durante la preparación de anestesistas con simulación, el tiempo que se les da a profesorado en el grado de medicina, así como a los tutores y docentes de residentes para poder especializarse y practicar la simulación es muy escaso, por lo que son pocos los que están realmente preparados para realizar reflexión y feedback final de manera adecuada<sup>43,44</sup>.

El futuro de la simulación en anestesiología pasa por mejorar la evidencia científica disponible para su utilización y desarrollo. Como ya hemos citado, a pesar de que la literatura ha ido creciendo de manera exponencial estos últimos años, todavía faltan investigaciones sólidas que fundamenten la simulación como estrategia educativa efectiva. Así mismo, existe escasa información en la literatura médica que permita corroborar mejores resultados en el cuidado de los pacientes asociados al uso de la simulación en la formación de individuos y equipos. Con la aparición de modelos cada vez más asequibles

económicamente, se espera que progresivamente más centros educativos incluyan esta práctica en sus programas docentes y, consecuentemente, aparezca más evidencia sólida acerca de su utilidad en el proceso de aprendizaje efectivo. Además, los importantes avances en educación asincrónica, a distancia y en línea deben permitir que la telesimulación, y sus herramientas derivadas, continúen desarrollándose como elementos capaces de conectar a docentes y discentes de todo el mundo, abrazando la colaboración internacional, y facilitando la educación basada en simulación a pesar de presentar baja capacidad de recursos materiales.

- *Simulación aplicada en Anestesia*

A continuación, mostraremos los principales campos dentro de la anestesiología donde el entrenamiento en simulación se ha demostrado de gran utilidad para la adquisición de conocimientos y habilidades, así como aquellos donde puede ser potencialmente más valioso.

#### *Vía Aérea.*

El manejo de la vía aérea es una de las principales habilidades que debe tener un anestesista y como tal una de las primeras competencias con las que se debe familiarizar el residente de anestesia. La simulación ha permitido el progreso de importantes aspectos en el manejo de la vía aérea tales como la disminución de la morbimortalidad asociada a su manipulación, consecuencia directa de la mejoría en el manejo de la vía aérea con simuladores específicos para este fin, o de modo indirecto, a través del apoyo en el desarrollo de guías y protocolos de manejo de la vía aérea<sup>45,46 9,47</sup>. El progresivo desarrollo de esta subespecialidad ha permitido que los discentes tengan un amplio repertorio de modelos para su entrenamiento, donde podemos encontrar desde maniqués hasta modelos de simulación de ecografía con cabezas animales que les permitan a los residentes mejorar rápidamente su conocimiento de la anatomía de la vía aérea, además de aprender a identificar la correcta colocación del tubo endotraqueal<sup>48</sup>. La simulación por tanto permite que estos conocimientos se adquieran de una manera más segura y confortable para los alumnos como indican revisiones sistemáticas y metaanálisis<sup>49</sup>. Además de la literatura también se pueden destacar otras importantes virtudes que mejoran la práctica clínica del anesthesiólogo y que aparecen tras el entrenamiento con simulación, como una mejor capacidad de análisis de contexto en situaciones de vía aérea difícil, y una mejor adhesión a los protocolos ya establecidos tanto en el quirófano como en situaciones fuera de quirófano donde se nos requiere como expertos en el manejo de la vía aérea<sup>25</sup>.

Otro aspecto importante en nuestra especialidad es la intubación con fibrobroncoscopio, una habilidad crucial para el manejo de la vía aérea difícil. A pesar de que es una tarea compleja tanto técnica como en el aspecto psicomotor, las oportunidades para residentes y adjuntos de realizarla en pacientes reales son realmente escasas. La simulación ayuda a solventar este problema de una manera efectiva y segura, como indican varios estudios<sup>49-51</sup>. Diversos simuladores han sido desarrollados en los últimos años, incluyendo simuladores de realidad virtual, permitiendo así que la dificultad y seguridad psicológica de avanzar en la curva de aprendizaje de esta técnica en escenario y paciente real sea más asequible. La docencia del manejo de fibrobroncoscopio fuera de quirófano permite por

tanto reducir la presión temporal a la que están sometidos y consecuentemente disminuir el tiempo de intubación en la situación real<sup>24,52</sup>.

El manejo de la vía aérea difícil es uno de los principales factores de morbilidad asociado a anestesia y un verdadero desafío para la mayoría de los anestesiólogos. A pesar de ello, numerosos autores piensan que los anestesiólogos en formación no se exponen lo suficiente a estos casos como para manejar con maestría la situación para cuando llegan a adjuntos<sup>53</sup>. Más notable es esto cuanto más avanzamos en el algoritmo de vía aérea difícil, siendo la vía aérea quirúrgica emergente como la cricotiroidectomía una de las técnicas menos ensayadas en la práctica real y con alto potencial de ser entrenada en simulación. Esto no es solo útil para residentes, sino que como demostraron Boet *et al.*, el entrenamiento de la cricotiroidectomía en el contexto de vía aérea difícil con simuladores de alta fidelidad y con tráqueas animales ayudaba a mantener y mejorar las capacidades para la realización de esta técnica de anestesiólogos ya experimentados<sup>54</sup>.

#### *Anestesia Obstétrica.*

Esta subespecialidad de la anestesia es un campo dinámico donde las emergencias con peligro vital pueden ocurrir en cualquier momento. Las emergencias en obstetricia son por tanto un objetivo ideal en el entrenamiento de simulación, elevado grado de exigencia e importancia y baja capacidad para adquirir experiencia. Además, estas situaciones suponen un manejo multidisciplinar de la paciente y por tanto la necesidad para el anestesiólogo de poseer habilidades no técnicas cruciales como la capacidad para comunicar y de liderazgo en situaciones de alto estrés. Esto último hace responsable a los factores humanos de la mayor parte de los efectos adversos en obstetricia<sup>55</sup>.

Revisiones recientes como la de Schornack *et al.*<sup>19,56</sup> muestran como la simulación en anestesia obstétrica mejora las actuaciones tanto individuales como en equipo, así como incrementa la confianza de los anestesiólogos que se habían sometidos a estos entrenamientos con simulación en situaciones críticas. Estas habilidades no técnicas deben de ser practicadas y desarrolladas durante los escenarios de simulación, siendo una tarea compleja de evaluar durante la prueba. Sin embargo, el grupo de Bracco<sup>57</sup> desarrollo un set de ítems de comportamiento observables e interrelacionado con elementos fundamentales del manejo de situaciones críticas en el área de paritorio que permite evaluar las habilidades no técnicas fundamentales en el área de anestesia obstétrica. Esta herramienta se aplicó en un curso de hemorragia obstétrica donde la simulación formaba parte importante del mismo. Durante este curso se valoró su utilidad por su facilidad de uso, mejoría en el aporte de feedback entre compañeros y su validez para la autoevaluación de las propias habilidades no técnicas. Los resultados fueron satisfactorios, por lo que los autores indican que este instrumento observacional de habilidades no técnicas puede ser de gran ayuda para mejorar el debriefing, y en consecuencia el aprendizaje<sup>57</sup>.

Nuevas herramientas que mejoraban la seguridad de la paciente obstétrica fueron apareciendo, destacando entre otras un completo y detallado checklist para los nacimientos por cesáreas en escenarios de simulación de alta fidelidad, siendo posteriormente llevado a la vida hospitalaria real. Este checklist puso en evidencia la

actuación clínica de varios centros donde se implantó, a la vez que permitió mejorar la adherencia de sus actividades a las guías de buena práctica clínica. Se demostró así el potencial de la eficacia de la simulación en la mejora de la seguridad del paciente<sup>58</sup>. Al igual que este caso, la simulación ha permitido encontrar vacíos de conocimiento o situaciones de mala praxis institucional en diversos ambientes, tanto más cuanto peores son los recursos con los que se disponen. Es por esto que podemos destacar a la simulación como una herramienta muy fiable para identificar fallos de sistema, tanto institucional como clínico, y no solo en el campo de la anestesia obstétrica.

### *Anestesia Locorregional.*

La introducción de la ecografía en anestesia regional ha brindado la posibilidad de visualizar la anatomía típica y atípica de cada paciente, facilitando la realización de bloqueos periféricos y neuroaxiales con considerables tasas de éxito. Existe actualmente una gran variedad de simuladores y herramientas educativas para la adquisición de habilidades en anestesia regional.

El desempeño de estas técnicas de una manera segura requiere conocimiento teórico y habilidad técnica, las cuales deben ser logradas mediante el entrenamiento. La curva de aprendizaje de estas técnicas no es rápida, sin embargo, la simulación nos brinda la posibilidad de progresar en su aprendizaje en un entorno seguro, demostrando que se puede llegar al punto óptimo de la curva de aprendizaje de manera rápida y aportando seguridad tanto para el alumno como para el paciente, previo a la realización de bloqueos nerviosos en el entorno clínico real<sup>59</sup>.

Se han desarrollado múltiples modelos de simulación, los cuales han demostrado el requerimiento de buena calidad práctica para lograr ciertas competencias. Al comparar estrategias de aprendizaje basadas en la simulación frente a la no realización de simulación, destaca la mayor efectividad a la realización de bloqueos periféricos en salas de cirugía en aquellos grupos que habían recibido al menos una hora de simulación para lograr coordinación mano-ojo<sup>60</sup>. Asimismo, estudiantes con 2 horas de entrenamiento en punciones ecoguiadas eran capaces de realizar técnicas de forma más rápida y con menor cantidad de errores que aquellos con una hora de entrenamiento. Actualmente la evidencia es limitada respecto al número de simulaciones necesarias para la realización de bloqueos regionales ecoguiados con éxito<sup>61</sup>. Dicha limitación se debe en buena parte a la variabilidad interindividual en los procesos de aprendizaje. Para el correcto diagnóstico y cuantificación de este problema se han desarrollado herramientas capaces de valorar aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso de aprendizaje, mostradas en revisiones como la del Dr. Chuan<sup>59</sup> y proporcionando así información acerca de cómo el alumno progresa en su formación. Datos extraídos de estas herramientas nos emplazan a que los programas de formación en ecografía para anestesia regional deben priorizar el aprendizaje basado en competencias, lo cual permite la intervención precoz en caso de fallos repetidos y ajustar la formación de acuerdo a las necesidades de cada individuo<sup>59,62</sup>.

De los múltiples modelos de simulación descritos es imposible actualmente escoger uno que reúna todas las características necesarias para hacerlo un modelo ideal, sin embargo, es posible seleccionar la mejor opción para cada caso dependiendo del requerimiento de

visualización y nivel de aprendizaje. No todos han demostrado tener el mismo comportamiento ecogénico a la visualización de la aguja en diferentes ángulos. Entre los datos a tener en cuenta para la mayoría de los modelos disponibles podemos decir que todas las agujas son fácilmente visibles a ángulos de inserción poco profundos independiente del medio, por lo cual se considera que los bloqueos regionales superficiales con ángulos de inserción pequeños son más fáciles de realizar<sup>63</sup>. Sin embargo, modelos diferentes como la utilización de cadáveres o piezas animales, nos darán ventajas o desventajas diferentes a la utilización de modelos como los phantoms o con modelos de gelatina<sup>63,64</sup>.

Características relacionadas con la dificultad de los diferentes procedimientos anestésicos, y en consecuencia el aprendizaje de las habilidades necesarias para realizar cada uno de ellos suele ser diferente, modificando así el tiempo requerido de simulación y práctica, aún no estipulados en la literatura. Entre estas características se encuentran: profundidad del bloqueo, potencial para causar lesiones serias (neumotórax o inyección neuroaxial no intencionada), bloqueos que involucran nervios pequeños difíciles de visualizar, bloqueos que involucran nervios con características ultrasonográficas inespecíficas difíciles de distinguir de los tejidos circundantes y factores relacionados con el paciente (obesidad).

Recientes publicaciones también muestran el beneficio de la simulación en el aprendizaje de la realización de técnicas de anestesia espinal, básicas en nuestra especialidad<sup>65</sup>. La ecografía espinal es muy útil para la valoración de la columna en casos de obesidad, embarazo o anomalías anatómicas. Esto, junto al desarrollo de novedosos modelos de tanto de alta como de baja fidelidad que simulan las características dorsales han permitido demostrar como el entrenamiento con simulación es eficaz y muy seguro a la hora de aprender estas técnicas durante la residencia<sup>66,67</sup>.

El entrenamiento del manejo de la ecografía con simuladores tiene también gran potencial en el campo de la anestesia pediátrica tal como muestran varios estudios donde se observa mejoría en anestesistas pediátricos en el manejo de la ecografía en su especialidad tanto en aspectos cognitivos como técnicos<sup>68,69</sup>.

#### *Anestesia en cirugía cardiovascular y torácica.*

Estas subespecialidades suponen un importante desafío para aquellos anestesistas que se quieran especializar en la materia. Habitualmente se trata de pacientes con importantes comorbilidades que se intervienen de condiciones que son potencialmente mortales. Es por ello que los anesthesiólogos tendrán que estar perfectamente familiarizados con la patología cardiorácica, así como con múltiples y complejas técnicas que requieren de ser utilizadas, como por ejemplo la inserción de catéteres centrales venosos y arteriales o el manejo de la ecografía transesofágica (ETE). Además de estas habilidades y conocimientos, la comunicación y coordinación con los otros miembros del equipo quirúrgico es clave. La simulación puede ser una herramienta muy útil para el desarrollo de este complejo entramado de habilidades, como muestran los varios instrumentos que han sido ya utilizados con este fin. Estudios como el de *Diederich et al.*<sup>70</sup> nos muestran como en anestesistas el manejo en la inserción de catéteres centrales más efectivo, rápido y seguro cuando el entrenamiento se realiza con modelos de simulación de alta fidelidad

frente a modelos de baja fidelidad o no hacer entrenamiento alguno. Además, la formación con modelos avanzados de simulación mejora sustancialmente en aquellos especialistas en anestesia para cirugía cardiovascular el trato y resultados del paciente durante y a la salida del *by pass cardiopulmonar*<sup>71 72</sup>.

La ecografía transesofágica se ha convertido en indispensable en esta subespecialidad anestésica. Abundante literatura muestra los beneficios de la formación con simulación en ETE. Esta formación es muy beneficiosa no solo para enseñar las bases de la ETE, sino para desarrollar y fortalecer habilidades en profesionales experimentados en ecografía<sup>73,74</sup>. Por ejemplo, en cuidados críticos se ha demostrado como tras la formación con simulación en ETE los profesionales noveles en esta técnica, estos eran capaces de realizar un manejo adecuado de ella y enfocado a este tipo de paciente, suponiendo una mejora sustancial en el cuidado del paciente<sup>38</sup>.

#### *Otras subespecialidades o técnicas*

También se han favorecido del desarrollo de la formación con simuladores como pueden ser los procesos de sedación o las evaluaciones de emergencias en pediatría por parte de los anestesiistas<sup>68,75-77</sup>. Cabe destacar del mismo modo como en la anestesia para el trasplante hepático, la cual requiere de una preparación importante y gran capacidad para reconocer y reaccionar a condiciones cambiantes, el equipo de Aggarwal<sup>78</sup> mostró como la introducción de un curso que combinaba partes teóricas con partes prácticas utilizando simulación robótica con maniquí mejoraba en los discentes su confianza, sensación de preparación, anticipación, y entendimiento de la importancia de las habilidades de comunicación y coordinación con el resto del equipo en el trasplante hepático. En el campo de la neuroanestesia, la introducción de modelos de simulación capaces de simular los potenciales evocados somatosensoriales supuso un gran avance para la docencia, como indican varios estudios<sup>79,80</sup>.

Finalmente, cabe destacar el beneficio clínico que ha supuesto la introducción y desarrollo de la ecografía en urgencias en el diagnóstico rápido perioperatorio o en la atención temprana al paciente politraumatizado, E-FAST (Extended Focused Assesment with Sonography in Trauma). Diversos autores advocan por la inclusión de la formación con simulación de esta técnica como parte del currículo de residentes de anestesiología y cuidados críticos, ya que ha mostrado claramente mejorar a aquellos profesionales que realizaban cursos con simulación en dicha técnica<sup>81,82</sup>. Entre las cualidades que se han encontrado mejoría destacan la confianza y conocimiento del alumno, obviamente sus habilidades técnicas con el manejo del ecógrafo y, lo que es más importante, mejores resultados clínicos en algunos casos<sup>83</sup>.

#### ○ Conclusiones

La simulación llegó para quedarse como una herramienta complementaria a la experiencia clínica. De ninguna manera reemplaza al paciente real, pero la consideramos como un puente entre la teoría y la clínica. No se debe ver a la simulación como algo dicotómico (alta-baja fidelidad), sino como un continuo en el aprendizaje. Abriéndonos las puertas de un nuevo paradigma docente en anestesia frente a la metodología tradicional de

formación. Estas nuevas herramientas nos permiten la enseñanza de habilidades tanto técnicas como no técnicas de un modo estandarizado y capaz de ser organizado e incluido en los programas formativos de nuestra especialidad. Dichos avances deberían verse reflejados como una mejora del conocimiento y aumento de capacidades de nuestros profesionales, siendo el fin último la mejor calidad y mayor seguridad en la atención al paciente.

## **Bibliografía**

1. Gaba DM. The Future Vision of Simulation in Healthcare. *Simulation in Healthcare*. July 1, 2007;2(2):126.
2. Khamis NN, Satava RM, Alnassar SA, Kern DE. A stepwise model for simulation-based curriculum development for clinical skills, a modification of the six-step approach. *Surgical endoscopy*. 2016, vol. 30, pp 279-87.
3. Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology*. September 1988;69(3):387-94.
4. Sinz EH. Anesthesiology National CME Program and ASA Activities in Simulation. *Anesthesiol Clin*. 2007;25(2):209-23.
5. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Heal Care*. 2004;13(suppl 1):i11.
6. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Medicine*. 1992;63(9):763-70.
7. Schwid HA. Anesthesia simulators--technology and applications. *Israel Medical Assoc J Imaj*. 2000;2(12):949-53.
8. Gaba DM, Howard SK, Fish KJ, Smith BE, Sowb YA. Simulation-Based Training in Anesthesia Crisis Resource Management (ACRM): A Decade of Experience: *Simulation & Gaming*. August 18, 2016;32(2):175-93.
9. Higham H, Baxendale B. To err is human: use of simulation to enhance training and patient safety in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. November 14, 2017;119(Supplement 1):i106-14.
10. Yunoki K, Sakai T. The role of simulation training in anesthesiology resident education. *Journal of anesthesia*. March 9, 2018;32(3):425-33.
11. Chopra V, Gesink BJ, Jong J de, Bovill JG, Spierdijk J, Brand R. Does training on an anaesthesia simulator lead to improvement in performance? *British Journal of Anaesthesia*. September 1994;73(3):293-7.
12. Boulet JR, Murray DJ. Simulation-based assessment in anesthesiology: requirements for practical implementation. *Anesthesiology*. April 2010;112(4):1041-52.
13. Issenberg SB, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*. July 3, 2009;27(1):10-28.
14. Barnsley L, Lyon PM, Ralston SJ, Hibbert EJ, Cunningham I, Gordon FC, et al. Clinical skills in junior medical officers: a comparison of self-reported confidence and observed competence. *Med Educ*. 2004;38(4):358-67.
15. 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 meta-analysis. *JAMA: the journal of the American Medical Association*. September 7, 2011;306(9):978-88.
16. Nishisaki A, Keren R, Nadkarni V. Does Simulation Improve Patient Safety?: Self-Efficacy, Competence, Operational Performance, and Patient Safety. *Anesthesiol Clin*. 2007;25(2):225-36.
17. Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA. Patient Outcomes in Simulation-Based Medical Education: A Systematic Review. *J Gen Intern Med*. 2013;28(8):1078-89.

18. Lorello GR, Cook DA, Johnson RL, Brydges R. Simulation-based training in anaesthesiology: a systematic review and meta-analysis. *Bja Br J Anaesth*. 2014;112(2):231–45.
19. Marynen F, Gerven EV, Velde MV de. Simulation in obstetric anesthesia: an update. *Current opinion in anaesthesiology*. June 2020;33(3):272–6.
20. LeBlanc VR. Review article: Simulation in anesthesia: state of the science and looking forward. *Can J Anesthesia J Can D'anesthésie*. February 2012;59(2):193–202.
21. Rothkrug A, Mahboobi SK. Simulation Training and Skill Assessment in Anesthesiology. January 2020;
22. Vadell RV, Castro TC, Antón JG, Llevot JMR, Pérez CAS, Gómez ET, et al. Nuevo Programa Formativo de Anestesiología y Reanimación. Actualización para los retos de la anestesiología del siglo XXI. *Revista Española De Anestesiología Y Reanimación*. 2020;68(1):5–9.
23. Friedman Z, Siddiqui N, Katznelson R, Devito I, Bould MD, Naik V. Clinical Impact of Epidural Anesthesia Simulation on Short- and Long-term Learning Curve. *Region Anesth Pain M*. 2009;34(3):229–32.
24. Chandra DB, Savoldelli GL, Joo HS, Weiss ID, Naik VN. Fiberoptic oral intubation: the effect of model fidelity on training for transfer to patient care. *Anesthesiology*. December 2008;109(6):1007–13.
25. Rochlen LR, Housey M, Gannon I, Mitchell S, Rooney DM, Tait AR, et al. Assessing anesthesiology residents' out-of-the-operating-room (OOOR) emergent airway management. *BMC anesthesiology*. July 15, 2017;17(1):96–8.
26. Vadodaria BS, Gandhi SD, McIndoe AK. Comparison of four different emergency airway access equipment sets on a human patient simulator. *Anaesthesia*. January 2004;59(1):73–9.
27. Hoelzer BC, Moeschler SM, Seamans DP. Using Simulation and Standardized Patients to Teach Vital Skills to Pain Medicine Fellows. *Pain Med*. 2015;16(4):680–91.
28. Martinelli SM, Isaak RS, Schell RM, Mitchell JD, McEvoy MD, Chen F. Learners and Luddites in the Twenty-first Century. *Anesthesiology*. 2019;131(4):908–28.
29. Nyssen A-S, Larbuisson R, Janssens M, Pendeville P, Mayné A. A Comparison of the Training Value of Two Types of Anesthesia Simulators: Computer Screen-Based and Mannequin-Based Simulators. *Anesthesia Analgesia*. 2002;94(6):1560.
30. Spadaro S, Karbing DS, Fogagnolo A, Ragazzi R, Mojoli F, Astolfi L, et al. Simulation Training for Residents Focused on Mechanical Ventilation. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2017; Publish Ahead of Print(NA);:NA;
31. McCoy CE, Sayegh J, Alrabah R, Yarris LM. Telesimulation: An Innovative Tool for Health Professions Education. *Aem Educ Train*. 2017;1(2):132–6.
32. Burckett-St-Laurent DA, Cunningham MS, Abbas S, Chan VW, Okrainec A, Niazi AU. Teaching ultrasound-guided regional anesthesia remotely: a feasibility study. *Acta Anaesth Scand*. 2016;60(7):995–1002.
33. Okrainec A, Henao O, Azzie G. Telesimulation: an effective method for teaching the fundamentals of laparoscopic surgery in resource-restricted countries. *Surg Endosc*. 2010;24(2):417–22.
34. Mikrogianakis A, Kam A, Silver S, Bakanisi B, Henao O, Okrainec A, et al. Telesimulation: An Innovative and Effective Tool for Teaching Novel Intraosseous Insertion Techniques in Developing Countries. *Acad Emerg Med*. 2011;18(4):420–7.
35. McCoy CE, Sayegh J, Rahman A, Landgorf M, Anderson C, Lotfipour S. Prospective Randomized Crossover Study of Telesimulation Versus Standard Simulation for Teaching Medical Students the Management of Critically Ill Patients. *Aem Educ Train*. 2017;1(4):287–92.
36. Swerdlow B, Soelberg J, Osborne-Smith L. Distance Education in Anesthesia Using Screen-Based Simulation – A Brief Integrative Review. *Adv Medical Educ Pract*. 2020; 11:563–7.
37. Nelsen BR, Chen Y-YK, Lasic M, Bader AM, Arriaga AF. Advances in anesthesia education: increasing access and collaboration in medical education, from E-learning to telesimulation. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2020;33(6):800–7.

38. Ferrero NA, Bortsov AV, Arora H, Martinelli SM, Kolarczyk LM, Teeter EC, et al. Simulator training enhances resident performance in transesophageal echocardiography. *Anesthesiology*. January 2014;120(1):149–59.
39. Flin R, Maran N. Identifying and training non-technical skills for teams in acute medicine. *BMJ Quality & Safety*. October 1, 2004;13(suppl 1): i80–4.
40. Hardman JG, Moppett IK. To err is human. *Bja Br J Anaesth*. 2010;105(1):1–3.
41. Henriksen K, Battles JB, Marks ES, Lewin DI, Patey R, Flin R, et al. Developing a Taxonomy of Anesthetists' Nontechnical Skills (ANTS). February 2005;
42. Zendejas B, Wang AT, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. Cost: The missing outcome in simulation-based medical education research: A systematic review. *Surgery*. 2013;153(2):160–76.
43. Grant VJ, Robinson T, Catena H, Eppich W, Cheng A. Difficult debriefing situations: A toolbox for simulation educators. *Med Teach*. 2018;40(7):1–10.
44. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More Than One Way to Debrief. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(3):209–17.
45. Mushambi MC, Jaladi S. Airway management and training in obstetric anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016;29(3):261–7.
46. Apfelbaum JL, Caplan RA, Connis RT, Nickinovich DG, Hagberg CA, Benumof JL, et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *The American Society of Anesthesiologists*; 2013.
47. Longrois D. Riesgo anestésico y seguridad de pacientes en anestesia. *Emc - Tratado De Medicina*. 2017;21(2):1–9.
48. Boncyk CS, Schroeder KM, Anderson B, Galgon RE. Two methods for teaching basic upper airway sonography. *Journal of clinical anesthesia*. June 2016;31:166–72.
49. Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Critical care medicine*. January 2014;42(1):169–78.
50. Blum MG, Powers TW, Sundaresan S. Bronchoscopy simulator effectively prepares junior residents to competently perform basic clinical bronchoscopy. *The Annals of thoracic surgery*. July 1, 2004;78(1):287–91.
51. Faruki A, Nguyen T, Proeschel S, Levy N, Yu J, Ip V, et al. Virtual reality as an adjunct to anesthesia in the operating room. *Trials*. December 27, 2019;20(1):782–7.
52. Huang VW, Jones CB, Gomez ED. State of the art of virtual reality simulation in anesthesia. *International anesthesiology clinics*. August 18, 2020; Publish Ahead of Print.
53. Borovcanin Z, Shapiro JR. Design and implementation of an educational program in advanced airway management for anesthesiology residents. *Anesthesiology research and practice*. 2012;2012(1):737151–7.
54. Boet S, Borges BCR, Naik VN, Siu LW, Riem N, Chandra D, et al. Complex Procedural Skills are Retained for a Minimum of 1 Yr After a Single High-Fidelity Simulation Training Session. *Survey of Anesthesiology*. 2013;57(1):14–5.
55. Birnbach DJ, Bateman BT. Obstetric Anesthesia Leading the Way in Patient Safety. *Obstet Gyn Clin N Am*. 2019;46(2):329–37.
56. Schornack LA, Baysinger CL, Pian-Smith MCM. Recent advances of simulation in obstetric anesthesia. *Current opinion in anaesthesiology*. December 2017;30(6):723–9.
57. Bracco F, Tonetti GD, Masini M, Passarelli M, Geretto F, Celleno D. Crisis Resource Management in the Delivery Room: Development of Behavioral Markers for Team Performance in Emergency Simulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. March 1, 2018;15(3):439.
58. Alexander LA, Newton MW, McEvoy KG, Newton MJ, Mungai M, DiMiceli-Zsigmond M, et al. Development and Pilot Testing of a Context-Relevant Safe Anesthesia Checklist for Cesarean Delivery in East Africa. *Anesthesia and analgesia*. May 1, 2019;128(5):993–8.

59. Chuan A. Education and training in ultrasound-guided regional anaesthesia and pain medicine. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2020;33(5):674–84.
60. Niazi AU, Haldipur N, Prasad AG, Chan VW. Ultrasound-Guided Regional Anesthesia Performance in the Early Learning Period. *Region Anesth Pain M*. 2012;37(1):51–4.
61. Chen XX, Trivedi V, AlSaflan AA, Todd SC, Tricco AC, McCartney CJL, et al. Ultrasound-Guided Regional Anesthesia Simulation Training. *Regional anesthesia and pain medicine* [Internet]. 2017;42(6):741–50
62. VanderWielen BA, Harris R, Galgon RE, VanderWielen LM, Schroeder KM. Teaching sonoanatomy to anesthesia faculty and residents: utility of hands-on gel phantom and instructional video training models. *Journal of clinical anesthesia*. May 2015;27(3):188–94.
63. Ramlogan RR, Chuan A, Mariano ER. Contemporary training methods in regional anaesthesia: fundamentals and innovations. *Anaesthesia*. 2021;76(S1):53–64.
64. Niazi AU, Peng PW, Ho M, Tiwari A, Chan VW. The future of regional anesthesia education: lessons learned from the surgical specialty. *Can J Anesthesia J Can D'anesthésie*. 2016;63(8):966–72.
65. Udani AD, Macario A, Nandagopal K, Tanaka MA, Tanaka PP. Simulation-based mastery learning with deliberate practice improves clinical performance in spinal anesthesia. *Anesthesiology research and practice*. 2014;2014(10):659160–10.
66. Kulcsár ZM, Lövquist E, Fitzgerald AP, Aboulafla A, Shorten GD. Testing haptic sensations for spinal anesthesia. *Regional anesthesia and pain medicine*. January 2011;36(1):12–6.
67. Magill JC, Byl MF, Hinds MF, Agassounon W, Pratt SD, Hess PE. A novel actuator for simulation of epidural anesthesia and other needle insertion procedures. *Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare*. June 2010;5(3):179–84.
68. Ambardekar AP, Newell A, Blassius K, Waldrop WB, Young DA. Medical simulation utilization among pediatric anesthesiology fellowship programs. *Pediatric Anesthesia*. July 2020;30(7):823–32.
69. Ballard HA, Tsao M, Robles A, Phillips M, Hajduk J, Feinglass J, et al. Use of a Simulation-based Mastery Learning Curriculum to Improve Ultrasound-guided Vascular Access Skills of Pediatric Anesthesiologists. *Pediatric Anesthesia*. June 27, 2020;pan.13953.
70. Diederich E, Mahnken JD, Rigler SK, Williamson TL, Tarver S, Sharpe MR. The Effect of Model Fidelity on Learning Outcomes of a Simulation-Based Education Program for Central Venous Catheter Insertion. *Simulation in Healthcare*. December 1, 2015;10(6):360–7.
71. Bruppacher HR, Alam SK, Leblanc VR, Latter D, Naik VN, Savoldelli GL, et al. Simulation-based training improves physicians' performance in patient care in high-stakes clinical setting of cardiac surgery. *Anesthesiology*. April 2010;112(4):985–92.
72. Morais RJ, Ashokka B, Siau C, Ti LK. Simulation of cardiopulmonary bypass management: an approach to resident training. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. October 2014;28(5):1387–92.
73. Arntfield R, Pace J, McLeod S, Granton J, Hegazy A, Lingard L. Focused transesophageal echocardiography for emergency physicians—description and results from simulation training of a structured four-view examination. *Critical Ultrasound J*. 2015;7(1):10.
74. Shields JA, Gentry R. Effect of Simulation Training on Cognitive Performance Using Transesophageal Echocardiography. *Aana J*. 2020;88(1):59–65.
75. Everett TC, Ng E, Power D, Marsh C, Tolchard S, Shadrina A, et al. The Managing Emergencies in Paediatric Anaesthesia global rating scale is a reliable tool for simulation-based assessment in pediatric anesthesia crisis management. *Pediatr Anesth*. 2013;23(12):1117–23.
76. Fehr JJ, Honkanen A, Murray DJ. Simulation in pediatric anesthesiology. *Pediatr Anesth*. 2012;22(10):988–94.
77. Hunyady A, Polaner D. Pediatric airway management education and training. *Pediatr Anesth*. 2020;30(3):362–70.
78. Aggarwal S, Bane BC, Boucek CD, Planinsic RM, Lutz JW, Metro DG. Simulation: a teaching tool for liver transplantation anesthesiology. *Clinical transplantation*. July 2012;26(4):564–70.

79. Rebel A, Hatton KW, Sloan PA, Hayes CT, Sardam SC, Dority J, et al. Neurophysiological Monitoring Simulation Using Flash Animation for Anesthesia Resident Training. *Simulation in Healthcare*. February 1, 2011;6(1):48–54.
80. Rajan S, Khanna A, Argaliou M, Kimatian SJ, Mascha EJ, Makarova N, et al. Comparison of 2 resident learning tools-interactive screen-based simulated case scenarios versus problem-based learning discussions: a prospective quasi-crossover cohort study. *Journal of clinical anesthesia*. February 2016;28:4–11.
81. Meineri M, Bryson GL, Arellano R, Skubas N. Core point-of-care ultrasound curriculum: What does every anesthesiologist need to know? *Can J Anesthesia J Can D'anesthésie*. 2018;65(4):417–26.
82. Li L, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. Perioperative Point of Care Ultrasound (POCUS) for Anesthesiologists: an Overview. *Curr Pain Headache R*. 2020;24(5):20.
83. Ramsingh D, Rinehart J, Kain Z, Strom S, Canales C, Alexander B, et al. Impact Assessment of Perioperative Point-of-Care Ultrasound Training on Anesthesiology Residents. *Anesthesiology*. September 1, 2015;123(3):670–82.



## Simulación Clínica y Medicina del Dolor

Alejandro Barroso<sup>1</sup>, Luis Miguel Torres<sup>2,3</sup>, M. Carmen Martínez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación y Terapia del Dolor

<sup>2</sup>Universidad de Cádiz. Departamento de Cirugía

<sup>3</sup>Hospital Puerta del Mar, Cádiz. Jefe de Servicio de Anestesia-Reanimación y Terapia del Dolor

<sup>4</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Unidad de Cuidados Críticos y Medicina Intensiva

El dolor es un síntoma que está presente en un importante número de patologías y situaciones clínicas, tanto agudas como crónicas. Es uno de los elementos más incapacitantes para las personas que lo sufren, no solo por su repercusión física y mental sino porque en muchas ocasiones condiciona el óptimo manejo terapéutico de otras patologías. El abordaje del dolor, en especial del dolor crónico, a menudo requiere un tratamiento complejo y, en la mayoría de las ocasiones, resulta necesaria una aproximación multidisciplinar que incluye sanitarios de diferentes especialidades, enfermería, fisioterapeutas y psicólogos<sup>1</sup>. La medicina del dolor por consiguiente nace como una subespecialidad donde se reúnen profesionales con diferente formación, experiencia y perspectiva del dolor. Esta heterogeneidad debe entenderse como la piedra angular del tratamiento integral del dolor, donde cada una de las especialidades aporten el conocimiento necesario para lograr el manejo adecuado del paciente con dolor<sup>2</sup>.

La simulación, como queda bien reflejado en la literatura actual, ha supuesto un importante avance para los profesionales sanitarios en la adquisición de conocimientos, habilidades clínicas y seguridad del paciente. Al ser considerada la medicina del dolor una especialidad multidisciplinar y poder acceder a su práctica desde diferentes vías de formación, la práctica de la misma supone un gran reto profesional para aquellos que la practican, ya que el abanico de habilidades y conocimientos que debe manejar un buen clínico dedicado a esta rama es muy amplio. Estos conocimientos y habilidades van desde el manejo de la farmacología más compleja hasta la práctica de procedimientos intervencionistas, pasando por una buena habilidad de comunicación médico-paciente o la capacidad para el uso de la terapia manual en el diagnóstico y tratamiento de patologías dolorosas. Los especialistas que la practican son fundamentalmente anestesistas en nuestro medio, sin embargo, son cada vez más los que se aproximan al tratamiento del dolor desde otras especialidades. Este hecho conlleva que diferentes especialistas en el tratamiento del dolor posean diferentes habilidades dependiendo del bagaje formativo que presenten. Así, algunos de ellos podrán ser más hábiles con las técnicas intervencionistas como anestesistas o neurocirujanos, más capaces de realizar técnicas manuales de diagnóstico y tratamiento como, rehabilitadores, fisioterapeutas o reumatólogos, o estar entrenados para realizar un mejor abordaje psicológico de situaciones complejas como psicólogos o médico de familia. Ante la necesidad de homogenizar el conocimiento entre profesionales, capacitar con un mejor armamento

terapéutico y, finalmente, aportar un mejor abordaje, más segura e independiente, la simulación se presenta como una importante herramienta en la formación sanitaria.

La educación basada en simulación encaja muy bien con la compleja y alta variedad de habilidades requeridas para la terapia del dolor. Además, presenta ciertas ventajas con respecto a la docencia tradicional y los actuales modelos de residencia (MIR) en nuestro medio. Estas incluyen la posibilidad practicar intencionadamente situaciones específicas previo al trato con el paciente real, trabajar sobre situaciones o casos previos que hayan supuesto un problema para el discente, revisión de la actuación en el caso simulado de manera individual o grupal durante las sesiones de *debriefing*, o mejorar las habilidades tanto técnicas como no técnicas gracias al entrenamiento y repetición de ellas en un ambiente donde el error no suponga un riesgo para la integridad del paciente. Los educadores son capaces de evaluar y documentar logros y progresos mientras ofrecen su experiencia y conocimiento durante las sesiones de simulación. Se oferta así la posibilidad de aprender y mejorar en situaciones clínicamente relevantes para el alumno y con elevado nivel de fidelidad. La simulación permite controlar las diversas experiencias clínicas experimentadas por los alumnos y asegura que aquellas habilidades deseadas, por raras que sean, son aprendidas, entrenadas y/o evaluadas. La simulación es particularmente útil en la adquisición de aquellas habilidades difícilmente evaluables durante los modelos de aprendizaje tradicionales como el manejo del tiempo, la aplicación de conocimientos, procesamiento de información, razonamiento, óptima secuenciación de acciones y establecimiento de límites<sup>3</sup>.

La literatura actual que relaciona el uso de la simulación con la medicina del dolor es escasa. Son aún menos numerosos los estudios realizados con modelos de simulación en profesionales del tratamiento del dolor, siendo la mayor parte de los estudios dedicados a la docencia de esta rama previa a la especialización. Sin embargo, a pesar de esta escasez, podemos ver como Hoelzer *et al.*<sup>4</sup> pusieron la primera piedra en la creación de un *currículum* basado en simulación en medicina del dolor. Este se sustentaría fundamentalmente en el *input* del alumno, ensalzando especialmente la relación médico-paciente y un algoritmo para la resolución de emergencias potencialmente presentes en la unidad del dolor. Brenner *et al.*<sup>5</sup> también presentaron una serie de casos simulados relacionados con aquellos puntos clave en la educación de la terapia del dolor con pretensión de que fueran añadidos en un posible *currículum* docente en esta especialidad. Sin embargo, ambos hicieron hincapié en la resolución de emergencias y situaciones difíciles. Vital a la hora de resolver importantes problemas en nuestra labor clínica pero muy alejado de todo el potencial que la simulación puede aportar a la docencia en la terapia del dolor. Los citados trabajos, junto a escasas revisiones<sup>6</sup>, hacen de la literatura de simulación en la docencia del dolor un bien insuficiente con necesidad de ser ampliado.

De entre las capacidades o técnicas potencialmente entrenables con diversos modelos de simulación en medicina del dolor se pueden destacar las habilidades a adquirir para una buena comunicación, tanto médico-paciente como interprofesional. Los errores en comunicación tienen un impacto muy negativo en la seguridad del paciente. Es por tanto esencial que los profesionales del dolor tengan capacidades y confianza suficiente para hablar de manera asertiva sobre una patología tan incapacitante como es el dolor. La literatura actual refuerza la importancia de la comunicación como medida terapéutica y

muestra como la simulación es una herramienta muy útil a la hora de mejorar la comunicación<sup>7-9</sup>.

En consonancia con una buena relación médico-paciente sustentada en la buena comunicación está ligada la adhesión al tratamiento. Una adhesión que será más probable si la prescripción de este tratamiento es adecuada<sup>10</sup>. En las unidades del dolor el grupo de fármacos más prescrito son los opioides, lo cual ha ido acompañado en muchos lugares como los Estados Unidos de una gran problemática, hablándose incluso de epidemia sanitaria relacionada con la sobreutilización de opioides<sup>11</sup>. Varios son los estudios en medicina del dolor que relacionan tanto en estudiantes de medicina como en médicos la dificultad a la hora de prescribir opioides de manera óptima con la falta de habilidades y conocimientos adquiridos durante la carrera, durante la residencia e incluso en médicos especialistas<sup>12,13</sup>. La simulación se ha postulado como una herramienta docente efectiva a la hora de conseguir mejorar aspectos como estos dentro de la especialidad del dolor, ayudando a las organizaciones profesionales responsables desde la docencia a promover el manejo seguro de los opioides, fomentando el estudio de las guías clínicas, el uso de herramientas de evaluación de riesgo y grado de alivio o los protocolos para la rotación de opioides en pacientes con dolor crónico. Además, también se ha demostrado efectiva mejorando la comunicación activa sobre el uso de fármacos en pacientes complejos y el mejor uso de tratamientos compasivos<sup>14</sup>, dos aspectos claves en el tratamiento del dolor crónico.

Otra de las técnicas que también se benefician claramente del entrenamiento con simulación es el uso de la anestesia regional ecoguiada (ARE). Un procedimiento relativamente reciente, pero que se ha convertido claramente en un standard de calidad en la medicina del dolor. Revisiones basadas en evidencia muestran como los bloqueos analgésicos ecoguiados mejoran las tasas de éxito, promueven una analgesia precoz, producen menos cantidad de efectos adversos y facilitan la logística dentro de las unidades del dolor al no necesitar de un quirófano para proceder con esta técnica<sup>15,16</sup>. El óptimo manejo de las habilidades y conocimientos requeridos para manejar la ARE de manera segura y eficaz se debe adquirir con la práctica y estudio de las diferentes técnicas. La simulación se ha abierto camino dentro de este campo como una estrategia muy efectiva para adquirir estos conocimientos de manera segura debido a los modelos de alta fidelidad aparecidos en los últimos años<sup>17-19</sup>. Tal es la importancia que se le otorga que varios estudios muestran como en el *currículum* durante la especialidad que incorpora la docencia en ARE basada en simulación acarrea múltiples ventajas tanto en habilidades técnicas como no técnicas frente a métodos didácticos tradicionales<sup>20,21</sup>. Se puede concluir por tanto afirmando que la simulación aplicada la ARE es una herramienta muy productiva y con elevado potencial para mejorar uno de los puntos clave en el abordaje del dolor tanto agudo como crónico en la actualidad<sup>22</sup>. Si continuamos ascendiendo en el ascensor terapéutico de la terapia del dolor encontramos procedimientos intervencionistas tales como la neuromodulación medular o periférica, la implantación de bombas de perfusión, la radiofrecuencia o la epiduroscopia. Todas ellas, técnicas complejas de realizar que necesitan de un buen aprendizaje y numerosas horas de entrenamiento para su correcto uso<sup>23-25</sup>. La educación basada en simulación aparece en los últimos años como una herramienta que permite ayudar a los profesionales de las clínicas del dolor a mejorar la adquisición del conocimiento y habilidades necesarias para realizar estas terapias sin

necesidad de poner en riesgo la seguridad del paciente y acelerando su curva de aprendizaje. Sin embargo, los modelos cadavéricos y animales, los más usados hasta la fecha exhiben importantes problemas de disponibilidad, éticos, económicos y de tiempo. Por lo que los simuladores robóticos de alta fidelidad se presentan como un apoyo fundamental, aportando grandes prestaciones a la docencia de estas técnicas<sup>26,27</sup>. Hasta la fecha son escasos los modelos de simulación robótica indicados para estos procedimientos, sin embargo, los pocos que hay arrojan resultados muy prometedores. Entre ellos caben destacar los que tienen un recorrido más largo entre los neurocirujanos, capaces de simular modelos de neuromodulación nerviosa y de mejorar notablemente los resultados y eficacia obtenida en la práctica posterior<sup>26,28,29</sup>. Así mismo, también destacan en los últimos años modelos de simulación virtual como la simulación para epiduroscopia, que han demostrado ayudar a aquellos participantes en los estudios a mejorar su conocimiento de la estructura anatómica y el procedimiento de epiduroscopia *per se*<sup>30,31</sup>.

Finalmente, parece importante aludir al papel que están cobrando las nuevas tecnologías no solo en la docencia de especialistas en el tratamiento del dolor, sino para el tratamiento del dolor en si mismo<sup>32-34</sup>. El uso de las nuevas tecnologías, ya no tan nuevas, en el manejo del dolor es una realidad que habrá que considerar en los pacientes con dolor crónico especialmente como parte de su abordaje multidisciplinar. Y es por esto es por lo que la formación de los profesionales para el uso de estas nuevas técnicas dentro del armamento terapéutico cobra mayor importancia en la actualidad, siendo imperiosa la formación continuada por el bien y seguridad de nuestros pacientes. De entre todas las herramientas disponibles en la actualidad se puede destacar la realidad virtual, un ambiente generado por ordenador que introduce al usuario en un mundo artificial e interactivo. Esta capacidad de distanciar de la realidad al individuo fue rápidamente identificada y evaluada por su potencial para modular la sensación dolorosa. Como herramienta tecnológica rápidamente maduró, y fue incorporada al estudio y uso por especialistas en tratamiento del dolor en su afán de aumentar nuestro arsenal terapéutico. Diversos estudios se han realizado encontrando reducción del dolor agudo a nivel intraoperatorio<sup>35</sup>, en proceso de parto<sup>36</sup>, como en patologías que cursan con dolor crónico<sup>37,38</sup>. Sin embargo, a pesar de los prometedores resultados la evidencia hasta la fecha es aún poco robusta, contando con unos 18 estudios heterogéneos en su metodología, población y patología basal estudiada. Es por tanto la realidad virtual una excitante oportunidad no solo como método docente sino como herramienta terapéutica donde futuros estudios deben ayudar a definir su aplicabilidad y efectividad como método coadyuvante en un manejo del dolor multimodal<sup>39,40</sup>.

Para concluir es cardinal reseñar el papel esencial de la formación en los actuales y futuros especialistas en el tratamiento del dolor, independientemente de su bagaje médico, para que posean las habilidades necesarias para tratar a los pacientes con dolor de un modo seguro, eficaz e integral. La simulación es una herramienta docente capaz de mejorar e incrementar los conocimientos de todos aquellos profesionales que en una especialidad tan extensa necesitan de formación continua de calidad, aportando soluciones para cubrir aquellas áreas más desconocidas o con mayor margen de mejora. En la actualidad aún se desconoce como de significativa puede llegar a ser la practica con simulación en correlación a parámetros clínicos medidos en el paciente con dolor<sup>34</sup>. Sin embargo, estudios de alto rigor científico nos demuestran que la docencia basada en simulación

mejora significativamente diversos objetivos técnicos y clínicos comparados con la ausencia de simulación en otras especialidades tan cercanas como la anestesiología <sup>41</sup>.

## **Bibliografía**

1. Dale R, Stacey B. Multimodal Treatment of Chronic Pain. *Med Clin N Am*. 2016;100(1):55–64.
2. Torres L.M. El cambio necesario. En el tratamiento del dolor toso somos importantes. MPJ [Internet]. February 5, 2021;
3. Gaba DM. Crisis Management in Anesthesiology. September 6, 2014;1–398.
4. Hoelzer BC, Moeschler SM, Seamans DP. Using Simulation and Standardized Patients to Teach Vital Skills to Pain Medicine Fellows. *Pain Med*. 2015;16(4):680–91.
5. Brenner GJ, Newmark JL, Nemark JL, Raemer D. Curriculum and Cases for Pain Medicine Crisis Resource Management Education. *Anesthesia Analgesia*. 2013;116(1):107–10.
6. Singh N, Nielsen AA, Copenhaver DJ, Sheth SJ, Li C-S, Fishman SM. Advancing Simulation-Based Education in Pain Medicine. *Pain medicine (Malden, Mass)* [Internet]. February 27, 2018;19(9):1725–36
7. Pinto RZ, Ferreira ML, Oliveira VC, Franco MR, Adams R, Maher CG, et al. Patient-centred communication is associated with positive therapeutic alliance: a systematic review. *J Physiother*. 2012;58(2):77–87.
8. Brouwers M, Rasenberg E, Weel C, Laan R, Weel-Baumgarten E. Assessing patient-centred communication in teaching: a systematic review of instruments. *Med Educ*. 2017;51(11):1103–17.
9. Omura M, Maguire J, Levett-Jones T, Stone TE. The effectiveness of assertiveness communication training programs for healthcare professionals and students: A systematic review. *Int J Nurs Stud*. 2017;76:120–8.
10. Koller G, Schwarzer A, Halfter K, Soyka M. Pain management in opioid maintenance treatment. *Expert Opin Pharmac*. 2019;20(16):1993–2005.
11. Lyden J, Binswanger IA. The United States Opioid Epidemic. *Semin Perinatol*. 2019;43(3):123.
12. Watt-Watson J, Murinson BB. Current challenges in pain education. *Pain Management*. 2013;3(5):351–7.
13. Mezei L, Murinson BB, Team JHPCD. Pain Education in North American Medical Schools. *J Pain*. 2011;12(12):1199–208.
14. Heirich MS, Sinjary LS, Ziadni MS, Sacks S, Buchanan AS, Mackey SC, et al. Use of Immersive Learning and Simulation Techniques to Teach and Research Opioid Prescribing Practices. *Pain Med*. 2018;20(3):456–63.
15. Andreae MH, Andreae DA. Local anaesthetics and regional anaesthesia for preventing chronic pain after surgery. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. 2012;10:CD007105.
16. Liu SS. Evidence Basis for Ultrasound-Guided Block Characteristics Onset, Quality, and Duration. *Region Anesth Pain M*. 2016;41(2):205–20.
17. Chen XX, Trivedi V, AlSaflan AA, Todd SC, Tricco AC, McCartney CJL, et al. Ultrasound-Guided Regional Anesthesia Simulation Training. *Regional anesthesia and pain medicine* [Internet]. 2017;42(6):741–50.
18. Niazi AU, Peng PW, Ho M, Tiwari A, Chan VW. The future of regional anesthesia education: lessons learned from the surgical specialty. *Can J Anesthesia J Can D'anesthésie*. 2016;63(8):966.
19. Burckett-St-Laurent DA, Cunningham MS, Abbas S, Chan VW, Okrainec A, Niazi AU. Teaching ultrasound-guided regional anesthesia remotely: a feasibility study. *Acta Anaesth Scand*. 2016;60(7):995–1002.
20. Kim TE, Tsui BCH. Simulation-based ultrasound-guided regional anesthesia curriculum for anesthesiology residents. *Korean J Anesthesiol*. 2019;72(1):13–23.

21. Ilgen JS, Ma IWY, Hatala R, Cook DA. A systematic review of validity evidence for checklists versus global rating scales in simulation-based assessment. *Med Educ.* 2015;49(2):161–73.
22. Tornero CT, Rodríguez LEF, Valls JO. Analgesia multimodal y anestesia regional. *Revista Española De Anestesiología Y Reanimación.* 2017;64(7):401–5.
23. Moisset X, Lanteri-Minet M, Fontaine D. Neurostimulation methods in the treatment of chronic pain. *J Neural Transm.* 2020;127(4):673–86.
24. Bruel BM, Burton AW. Intrathecal Therapy for Cancer-Related Pain. *Pain Med.* 2016;17(12):2404–21.
25. Geudeke MW, Krediet AC, Bilecen S, Huygen FJPM, Rijdsdijk M. Effectiveness of Epiduroscopy for Patients with Failed Back Surgery Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Pract.* 2021;21(4):468–81.
26. Luca A, Giorgino R, Gesualdo L, Peretti GM, Belkhou A, Banfi G, et al. Innovative Educational Pathways in Spine Surgery: Advanced Virtual Reality-Based Training. *World Neurosurg.* 2020;140:674–80.
27. Pfandler M, Lazarovici M, Stefan P, Wucherer P, Weigl M. Virtual reality-based simulators for spine surgery: a systematic review. *Spine J.* 2017;17(9):1352–63.
28. Cobb MI-PH, Taekman JM, Zomorodi AR, Gonzalez LF, Turner DA. Simulation in Neurosurgery—A Brief Review and Commentary. *World Neurosurg.* 2016;89:583–6.
29. Oliveira LM, Figueiredo EG. Simulation training methods in neurological surgery. *Asian J Neurosurg.* 2019;14(2):364.
30. Lee JJ, Ko J, Yun Y, Jang S-W, Ha Y, Kim YS, et al. Feasibility of the Epiduroscopy Simulator as a Training Tool: A Pilot Study. *Pain Res Management.* 2020;2020:1–6.
31. Ko J, Lee JJ, Jang S-W, Yun Y, Kang S, Shin DA, et al. An Epiduroscopy Simulator Based on a Serious Game for Spatial Cognitive Training (EpiduroSIM): User-Centered Design Approach. *Jmir Serious Games.* 2019;7(3):e12678.
32. Venuturupalli RS, Sufka P, Bhana S. Digital Medicine in Rheumatology Challenges and Opportunities. *Rheum Dis Clin N Am.* 2019;45(1):113–26.
33. Ahmadpour N, Randall H, Choksi H, Gao A, Vaughan C, Poronnik P. Virtual Reality interventions for acute and chronic pain management. *Int J Biochem Cell Biology.* 2019;114:105568.
34. Moman RN, Dvorkin J, Pollard EM, Wanderman R, Murad MH, Warner DO, et al. A Systematic Review and Meta-analysis of Unguided Electronic and Mobile Health Technologies for Chronic Pain—Is It Time to Start Prescribing Electronic Health Applications? *Pain Med.* 2019;20(11):2238.
35. Walker MR, Kallingal GJS, Musser JE, Folen R, Stetz MC, Clark JY. Treatment Efficacy of Virtual Reality Distraction in the Reduction of Pain and Anxiety During Cystoscopy. *Mil Med.* 2014;179(8):891–6.
36. Frey DP, Bauer, ME, Bell CL, Low LK, Hassett, AL, Cassidy RB, et al. Virtual Reality Analgesia in Labor. *Anesthesia Analgesia.* 2018;Publish Ahead of Print(NA):NA;
37. Mohammad EB, Ahmad M. Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: A randomized control trial. *Palliat Supportive Care.* 2019;17(1):29–34.
38. Jones T, Moore T, Choo J. The Impact of Virtual Reality on Chronic Pain. *Plos One.* 2016;11(12):e0167523.
39. Mallari B, Spaeth EK, Goh H, Boyd BS. Virtual reality as an analgesic for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *J Pain Res.* 2019;12:2053–85.
40. Chuan A, Zhou JJ, Hou RM, Stevens CJ, Bogdanovych A. Virtual reality for acute and chronic pain management in adult patients: a narrative review. *Anaesthesia.* 2021;76(5):695–704.
41. Lorello GR, Cook DA, Johnson RL, Brydges R. Simulation-based training in anaesthesiology: a systematic review and meta-analysis. *Bja Br J Anaesth.* 2014;112(2):231–45.

## Simulación Clínica en Cirugía General

Paula Domínguez<sup>1</sup>, Carolina González<sup>1</sup>, Yoelimar Guzmán<sup>1</sup>, F. Borja de Lacy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hospital Clinic de Barcelona. Cirugía General y Digestiva.

La simulación es la recreación total o parcial de un evento o situación comparable a la realidad. En el ámbito educacional, permite crear un ambiente ideal para el aprendizaje bajo el diseño de actividades predecibles, estandarizadas, seguras y reproducibles<sup>1</sup>. Durante las últimas dos décadas, la adopción de la simulación en medicina ha incrementado de manera exponencial debido a un mayor enfoque en la seguridad del paciente, encuentros limitados con los mismos y mayor demanda de horas de capacitación. Todo ello conduce a un nuevo paradigma de educación en atención sanitaria, que involucra cada vez más tecnología innovadora dentro un plan de estudios estandarizado para la adquisición de competencias<sup>2</sup>.

En ese sentido, el modelo de educación en cirugía está también siendo transformado. Los programas de residencia antiguos no consideraban el ritmo de aprendizaje ni las necesidades particulares de cada residente quirúrgico<sup>3</sup>. Consecuentemente, el nuevo modelo contempla una mayor implicación de los educadores a la hora de fomentar la práctica y el perfeccionamiento de habilidades en un entorno controlado.

### ○ Incorporación de la simulación a la cirugía

William Halsted impulsó el cambio en la formación quirúrgica, pasando de un sistema desorganizado donde el alumno aprendía a través de la observación y la asistencia, a un nuevo programa donde éste trabajaba directamente en un hospital bajo supervisión<sup>4</sup>. El modelo Halstediano de más de 100 años continúa siendo el fundamento básico de la mayoría de los programas de estudio quirúrgicos actuales.

Previo a la era digital, los modelos biológicos basados en cadáveres humanos y animales constituían las principales herramientas disponibles para simular procedimientos quirúrgicos<sup>5</sup>. Aunque por su fiabilidad anatómica siguen aplicándose en algunos ámbitos, su elevado coste, difícil disponibilidad, diferencias respecto el tejido vivo y restricciones éticas en algunos países limitan cada vez más su utilización<sup>6</sup>.

En 1988, la revolución de la cirugía laparoscópica y evidencia de sus ventajas respecto el abordaje abierto en términos de tasa de complicaciones y duración de la estancia hospitalaria, derivó en la búsqueda de métodos de entrenamiento alternativos a los utilizados hasta entonces en cirugía<sup>7</sup>. Especialistas formados requerían dominar este nuevo abordaje quirúrgico, que exigía habilidades técnicas muy diferentes a las conocidas en cirugía abierta, siendo el estímulo para desarrollar simuladores que permitieran mejorar la adquisición de las competencias.

La colecistectomía laparoscópica fue el primer procedimiento quirúrgico para el que se construyó un simulador tipo “caja”<sup>8</sup>. Consistía en un marco cuadrado y una bandeja de acero inoxidable que presentaba unas aberturas para la introducción de instrumentos laparoscópicos y una cámara de video conectada al monitor para su proyección. Aunque los modelos actuales se han modernizado notoriamente respecto a la primera caja de simulación laparoscópica, este dispositivo constituye la herramienta de aprendizaje simulado más extendida en el ámbito quirúrgico.

Posteriormente, el desarrollo de tecnologías digitales permitió la incorporación de la animación tridimensional en la simulación quirúrgica. El primer trabajo en discutir un “Simulador quirúrgico de realidad virtual” fue presentado en 1993 por Satava<sup>9</sup>. El aumento de la capacidad de procesamiento de los ordenadores ha dado lugar a una animación fluida que responde a tiempo real a las acciones realizadas por el operador. Actualmente, la realidad virtual en simulación se beneficia de los continuos avances tecnológicos, ofreciendo no solo modelos más fieles sino métodos de capacitación y evaluación sofisticados<sup>10</sup>.

- Formación quirúrgica basada en simulación

Los nuevos modelos de educación sanitaria se basan no solo en completar un periodo de tiempo formativo sino en la valoración de la adquisición progresiva de competencia básicas<sup>5-11</sup>. Actualmente, numerosos programas formativos emplean el concepto de *actividades profesionales confiables* (APC), procedimientos que deben ejecutar los profesionales de forma independiente, para evaluar el aprendizaje del residente<sup>12</sup>. Dado que no todos los estudiantes son capaces de dominar estas habilidades técnicas al mismo ritmo, este sistema permite garantizar la adquisición de las competencias necesarias<sup>13</sup>.

Otro de los pilares fundamentales en el cambio de sistema formativo implica una actualización del “*feedback*”. A diferencia del modelo educacional clásico, que dependía de la valoración subjetiva del mentor y tendía a tener un carácter desestructurado y variable, actualmente se aboga por una retroalimentación regular, oportuna, centrada en tareas específicas o partes de la intervención quirúrgica y basada en la observación directa<sup>14,15</sup>. Para ello, contar con una herramienta de evaluación objetiva que recoja el rendimiento y los avances realizados resulta fundamental. La aplicación de escalas prácticas de evaluación de habilidades tales como la Observación Directa de Habilidades Procedimentales (DOPS)<sup>16</sup> y la Evaluación Estructurada Objetiva de Habilidades Técnicas (OSATS)<sup>17</sup> se considera esencial en la valoración de la destreza manual. La medición de los múltiples atributos técnicos del estudiante proporciona una mejor idea de su destreza quirúrgica y en qué etapa del proceso de aprendizaje se encuentra.

El laboratorio de simulación ofrece el lugar ideal para introducir a los residentes en estas técnicas y permitirles practicar en un ambiente relajado y nutritivo<sup>18-20</sup>. La formación de principiantes en simuladores sintéticos ha demostrado facilitar la adquisición de las habilidades quirúrgicas necesarias y transmisión de esas competencias a los quirófanos<sup>21,22</sup>. Los modelos ficticios permiten a los aprendices centrarse en el componente cognitivo de un procedimiento más que su componente psicomotor y ofrecen un entorno seguro para la práctica de estas habilidades técnicas<sup>23</sup>. Además, facilita a los

docentes evaluar el rendimiento y medir el progreso de los alumnos de manera objetiva utilizando un instrumento validado como la OSATS<sup>24</sup>.

- Endotrainers y pelvitainers: fundamentos en simulación laparoscópica

La cirugía laparoscópica es hoy en día un abordaje fundamental que debe incluirse en las competencias de cualquier cirujano general<sup>25,26</sup>. Sin embargo, debido a su mayor curva de aprendizaje y menor número de intervenciones laparoscópicas en algunos centros, los residentes pueden verse expuestos a insuficientes procedimientos durante su etapa formativa, siendo obligados a completar el entrenamiento de esta técnica como especialistas. Además, el avance tecnológico y aparición de nuevas indicaciones para el abordaje laparoscópico exige a los cirujanos buscar métodos de formación continuada sin poner en peligro la seguridad de los pacientes.

Por este motivo, la simulación desempeña un papel clave en la formación laparoscópica tanto para residentes como especialistas que quieran aprender nuevas técnicas mínimamente invasivas, como la laparoscopia de un solo puerto (SILS), cirugía endoscópica transluminal a través de orificios naturales (NOTES) o incorporación de nuevos dispositivos o instrumental laparoscópico. Entrenar habilidades quirúrgicas específicas previa a la realización de procedimientos completos en quirófano ha demostrado un aprendizaje más eficaz<sup>27,28</sup>.

Los “endotrainers” o “pelvitainers” constituyen el modelo de simulación más sencillo y distribuido para el aprendizaje laparoscópico. Permiten entrenar una amplia variedad de ejercicios, desde movimientos sencillos como coger y soltar objetos, practicar patrones de corte o nudos, hasta procedimientos complejos como la realización de una anastomosis sobre objetos inertes (caucho o esponja) o tejidos ex-vivo (intestino animal)<sup>29</sup>. Pese a la simplicidad de este simulador, los programas formales de capacitación en laparoscopia básica, como el curso Fundamentos de la Cirugía Laparoscópica, y algunos programas de capacitación en laparoscopia avanzada han demostrado la transferencia de las habilidades adquiridas al quirófano<sup>30</sup>.

- Realidad virtual: simulación quirúrgica contemporánea

Desde los años 90, paralelamente al crecimiento exponencial e inversión económica en la industria de los videojuegos, la sofisticación de los programas informáticos y gráficos digitales ha permitido el desarrollo de simuladores basados en realidad virtual y realidad aumentada en el ámbito quirúrgico. Estas recreaciones digitales permiten no solo generar múltiples sesiones didácticas, sino también incorporar diferentes escenarios clínicos que aportan realismo a la experiencia formativa<sup>3</sup>.

Existen distintos modelos de simulación virtual en el mercado según los objetivos del entrenamiento. Mientras los simuladores de “baja fidelidad o realismo” se centran en el desarrollo de habilidades básicas psicomotoras y entrenamiento de pasos concretos, aquellos de “alta fidelidad” permiten incluso la realización de procedimientos quirúrgicos completos<sup>10</sup>. Minimally Invasive Surgery Trainer-Virtual Reality (Mentice, Gothenburg, Sweden; 1997) consiste en una interfaz laparoscópica sencilla que permite la realización de tareas psicomotoras abstractas<sup>31</sup>. LapSim (Surgical Science, Gothenburg, Sweden; 2000), incorpora en el programa tareas relevantes como clipaje, sección y sutura,

destacando por una simulación más realista que ilustra el sangrado del tejido al manipularlo<sup>32</sup>. LAP Mentor surgery simulator (Symbionix, Chicago, USA; 2002) incluye desde módulos de tareas psicomotoras abstractas hasta procedimientos laparoscópicos completos, tanto básicos como avanzados<sup>33,34</sup>. ProMIS VR (Haptica, Dublín, Irlanda; 2002) destaca por el rastreo de los movimientos durante el ejercicio, permitiendo analizar el rendimiento de habilidades laparoscópicas mediante métricas validadas como los tiempos, longitud de ruta, economía de movimiento, dominio manual y errores específicos de la tarea, y emitiendo un informe de retroalimentación al finalizar el entrenamiento<sup>35,36</sup>. La capacidad del programa para evaluar el rendimiento del alumno y dar un *feedback* inmediato, permite corregir errores comunes y reduce la necesidad de un tutor presente<sup>37</sup>.

- Simulación en cirugía robótica

La incorporación de la cirugía laparoscópica asistida por robot (RAS) es cada vez más frecuente en los hospitales. Desde su nacimiento en 1999, el robot da Vinci fue dotado de un simulador de realidad virtual intrínseco: da Vinci Skills Simulator. Actualmente, existen otros 3 simuladores (SEP-Robot, RoSS y dV-Trainer) que emplean una infraestructura independiente imitando el robot<sup>38</sup>.

Dado se consideran de baja fidelidad, sólo permiten la práctica de tareas quirúrgicas individuales<sup>39</sup>. Incorporan en su sistema una evaluación de la actividad basada en el tiempo de finalización, los fallos y el análisis de movimiento<sup>38</sup>. Por su facilidad de uso y métricas disponibles, estos simuladores ofrecen una excelente herramienta de entrenamiento para residentes y especialistas que se inician en RAS. Sus estudios de validez no solo han demostrado acelerar la adaptación inicial a la consola, sino que sugieren que el simulador da Vinci Skills podría emplearse para la evaluación de las habilidades quirúrgicas en RAS<sup>38</sup> y credencialización de los cirujanos para esta técnica<sup>40</sup>.

- Perspectivas futuras: prototipos personalizados y cirugía 5g

Las innovaciones en el ámbito de la simulación quirúrgica encaminan sus esfuerzos al desarrollo de modelos con alto nivel de fidelidad y facilitar la colaboración entre profesionales. Más allá de los objetivos formativos, los avances tecnológicos buscan replicar de forma precisa las variaciones anatómicas y patologías específicas de forma individual en los pacientes, permitiendo al equipo quirúrgico planificar y practicar cirugías complejas<sup>41</sup>.

Las impresoras 3D, capaces de emplear múltiples materiales, constituyen un nicho de desarrollo para la producción de prototipos con diferentes tejidos que repliquen las estructuras anatómicas. Los estudios preliminares han demostrado que estos modelos son fáciles de utilizar y superiores al uso de imágenes tradicionales por sí solas<sup>41,42</sup>.

Por otra parte, basada en las técnicas diagnósticas de imagen, la realidad virtual ofrece una alternativa para generar representaciones precisas y rápidas, construyendo en solo 2,5h simuladores para hepatectomía y pancreatectomía<sup>43</sup>. Aunque todavía son necesarios estudios de validación, esta tecnología ofrecería como ventajas añadidas su capacidad de reutilización y la ausencia de consumo de recursos.

Finalmente, la realidad aumentada combinada con la tecnología inalámbrica está erigiendo la telecirugía como una excelente herramienta para la asistencia remota de los expertos a los más noveles en intervenciones quirúrgicas complejas. Mediante la presencia virtual interactiva con realidad aumentada (VIPAR), el campo visual del cirujano se convierte en una simulación que se proyecta a otro compañero en otro emplazamiento, permitiendo la cooperación a tiempo real<sup>44</sup>. La incorporación del 5G a esta tecnología permite reducir la latencia hasta ser imperceptible, acercando cada vez más la telementorización al presente<sup>45</sup>.

#### ○ Conclusiones

La simulación en cirugía se está convirtiendo en una necesidad para el correcto aprendizaje de las habilidades técnicas. Los avances tecnológicos, referidos tanto al continuo flujo de nuevos dispositivos específicos en el mercado como a la aparición de procedimientos altamente especializados, deberán enseñarse y entrenarse en un entorno seguro en el que se puedan mitigar los riesgos para el paciente. Las herramientas de simulación, cada vez más sofisticadas y validadas, no solo ofrecen el soporte para practicar un determinado procedimiento antes de aplicarlo, sino que permiten realizar un análisis objetivo del proceso de aprendizaje y un obtener un *feedback* en base a los resultados. Con ese objetivo, es necesaria la realización de futuros estudios sobre los beneficios de la simulación en cirugía y la estructura formativa recomendada que facilite la creación de planes de estudios, basados en la evidencia, adaptados a las necesidades formativas de cada cirujano.

#### **Bibliografía**

1. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, Jacobson L, Quinones J, Shen B, Levine AI. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? Mt Sinai J Med. 2009 Aug;76(4):330-43. doi: 10.1002/msj.20127.
2. Nasca TJ, Philibert I, Brigham T, Flynn TC. The next GME accreditation system--rationale and benefits. N Engl J Med. 2012 Mar 15;366(11):1051-6. doi: 10.1056/NEJMr1200117. Lu J, Cuff RF, Mansour MA. Simulation in surgical education. Am J Surg. 2021 Mar;221(3):509-514. doi: 10.1016/j.amjsurg.2020.12.016. Osborne MP. William Stewart Halsted: his life and contributions to surgery. Lancet Oncol. 2007 Mar;8(3):256-65. doi: 10.1016/S1470-2045(07)70076-1. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. Ann Transl Med. 2016 Dec;4(23):453. doi: 10.21037/atm.2016.12.24. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills--changes in the wind. N Engl J Med. 2006 Dec 21;355(25):2664-9. doi: 10.1056/NEJMra054785.
3. Rock JA, Warshaw JR. The history and future of operative laparoscopy. Am J Obstet Gynecol. 1994 Jan;170(1 Pt 1):7-11. doi: 10.1016/s0002-9378(94)70374-4.
4. Majeed AW, Reed MW, Johnson AG. Simulated laparoscopic cholecystectomy. Ann R Coll Surg Engl. 1992 Jan;74(1):70-1.
5. Satava RM. Virtual reality surgical simulator. The first steps. Surg Endosc. 1993 May-Jun;7(3):203-5. doi: 10.1007/BF00594110. Lewis TM, Aggarwal R, Rajaretnam N, Grantcharov TP, Darzi A. Training in surgical oncology - the role of VR simulation. Surg Oncol. 2011 Sep;20(3):134-9. doi: 10.1016/j.suronc.2011.04.005. Batalden P, Leach D, Swing S, Dreyfus H, Dreyfus S. General competencies and accreditation in graduate medical education. Health Aff (Millwood). 2002 Sep-Oct;21(5):103-11. doi: 10.1377/hlthaff.21.5.103. Brasel KJ,

- Klingensmith ME, Englander R, Grambau M, Buyske J, Sarosi G, Minter R. Entrustable Professional Activities in General Surgery: Development and Implementation. *J Surg Educ.* 2019 Sep-Oct;76(5):1174-1186. doi: 10.1016/j.surg.2019.04.003. Lindeman B, Sarosi GA. Competency-based resident education: The United States perspective. *Surgery.* 2020 May;167(5):777-781. doi: 10.1016/j.surg.2019.05.059. Jug R, Jiang XS, Bean SM. Giving and Receiving Effective Feedback: A Review Article and How-To Guide. *Arch Pathol Lab Med.* 2019 Feb;143(2):244-250. doi: 10.5858/arpa.2018-0058-RA. León Ferruffino F, Varas Cohen J, Buckel Schaffner E, Crovari Eulufi F, Pimentel Müller F, Martínez Castillo J, Jarufe Cassis N, Boza Wilson C. Simulation in laparoscopic surgery. *Cir Esp.* 2015 Jan;93(1):4-11. English, Spanish. doi: 10.1016/j.ciresp.2014.02.011. Wilkinson JR, Crossley JG, Wragg A, Mills P, Cowan G, Wade W. Implementing workplace-based assessment across the medical specialties in the United Kingdom. *Med Educ.* 2008 Apr;42(4):364-73. doi: 10.1111/j.1365-2923.2008.03010.x.
6. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, Brown M. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997 Feb;84(2):273-8. doi: 10.1046/j.1365-2168.1997.02502.x. Carraccio CL, Benson BJ, Nixon LJ, Derstine PL. From the educational bench to the clinical bedside: translating the Dreyfus developmental model to the learning of clinical skills. *Acad Med.* 2008 Aug;83(8):761-7. doi: 10.1097/ACM.0b013e31817eb632.
  7. Paige JT, Garbee DD, Kozmenko V, Yu Q, Kozmenko L, Yang T, Bonanno L, Swartz W. Getting a head start: high-fidelity, simulation-based operating room team training of interprofessional students. *J Am Coll Surg.* 2014 Jan;218(1):140-9. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2013.09.006. Ryu WHA, Dharampal N, Mostafa AE, Sharlin E, Kopp G, Jacobs WB, Hurlbert RJ, Chan S, Sutherland GR. Systematic Review of Patient-Specific Surgical Simulation: Toward Advancing Medical Education. *J Surg Educ.* 2017 Nov-Dec;74(6):1028-1038. doi: 10.1016/j.j Surg.2017.05.018.
  8. Hamilton EC, Scott DJ, Kapoor A, Nwariaku F, Bergen PC, Rege RV, Tesfay ST, Jones DB. Improving operative performance using a laparoscopic hernia simulator. *Am J Surg.* 2001 Dec;182(6):725-8. doi: 10.1016/s0002-9610(01)00800-5. Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, Laycock R, Tesfay ST, Valentine RJ, Euhus DM, Jeyarajah DR, Thompson WM, Jones DB. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg.* 2000 Sep;191(3):272-83. doi: 10.1016/s1072-7515(00)00339-2. Vergis A, Hardy K. Cognitive and Technical Skill Assessment in Surgical Education: a Changing Horizon. *Indian J Surg.* 2017 Apr;79(2):153-157. doi: 10.1007/s12262-017-1603-5. Fried GM, Feldman LS. Objective assessment of technical performance. *World J Surg.* 2008 Feb;32(2):156-60. doi: 10.1007/s00268-007-9143-y. Grantcharov TP, Funch-Jensen P. Can everyone achieve proficiency with the laparoscopic technique? Learning curve patterns in technical skills acquisition. *Am J Surg.* 2009 Apr;197(4):447-9. doi: 10.1016/j.amjsurg.2008.01.024. Jaffer A, Bednarz B, Challacombe B, Sriprasad S. The assessment of surgical competency in the UK. *Int J Surg.* 2009 Feb;7(1):12-5. doi: 10.1016/j.ijsu.2008.10.006. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, Smith CD, Satava RM. Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg.* 2005 Feb;241(2):364-72. doi: 10.1097/01.sla.0000151982.85062.80. Van Sickle KR, Ritter EM, Smith CD. The pretrained novice: using simulation-based training to improve learning in the operating room. *Surg Innov.* 2006 Sep;13(3):198-204. doi: 10.1177/1553350606293370.
  9. Varas J, Mejía R, Riquelme A, Maluenda F, Buckel E, Salinas J, Martínez J, Aggarwal R, Jarufe N, Boza C. Significant transfer of surgical skills obtained with an advanced laparoscopic training program to a laparoscopic jejunostomy in a live porcine model: feasibility of learning advanced laparoscopy in a general surgery residency. *Surg Endosc.* 2012 Dec;26(12):3486-94. doi: 10.1007/s00464-012-2391-4.
  10. Orzech N, Palter VN, Reznick RK, Aggarwal R, Grantcharov TP. A comparison of 2 ex vivo training curricula for advanced laparoscopic skills: a randomized controlled trial. *Ann Surg.* 2012 May;255(5):833-9. doi: 10.1097/SLA.0b013e31824aca09.

11. Wilson MS, Middlebrook A, Sutton C, Stone R, McCloy RF. MIST VR: a virtual reality trainer for laparoscopic surgery assesses performance. *Ann R Coll Surg Engl.* 1997 Nov;79(6):403-4. Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg.* 2004 Dec;91(12):1549-58. doi: 10.1002/bjs.4816.
12. Aggarwal R, Grantcharov TP, Eriksen JR, Blirup D, Kristiansen VB, Funch-Jensen P, Darzi A. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. *Ann Surg.* 2006 Aug;244(2):310-4. doi: 10.1097/01.sla.0000218094.92650.44. Andreatta PB, Woodrum DT, Birkmeyer JD, Yellamanchilli RK, Doherty GM, Gauger PG, Minter RM. Laparoscopic skills are improved with LapMentor training: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* 2006 Jun;243(6):854-60; discussion 860-3. doi: 10.1097/01.sla.0000219641.79092.e5. Van Sickel KR, McClusky DA 3rd, Gallagher AG, Smith CD. Construct validation of the ProMIS simulator using a novel laparoscopic suturing task. *Surg Endosc.* 2005 Sep;19(9):1227-31. doi: 10.1007/s00464-004-8274-6.
13. Carter FJ, Schijven MP, Aggarwal R, Grantcharov T, Francis NK, Hanna GB, Jakimowicz JJ; Work Group for Evaluation and Implementation of Simulators and Skills Training Programmes. Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surg Endosc.* 2005 Dec;19(12):1523-32. doi: 10.1007/s00464-005-0384-2. Ikonen TS, Antikainen T, Silvennoinen M, Isojärvi J, Mäkinen E, Scheinin TM. Virtual reality simulator training of laparoscopic cholecystectomies - a systematic review. *Scand J Surg.* 2012;101(1):5-12. doi: 10.1177/145749691210100102. Liu M, Curet M. A review of training research and virtual reality simulators for the da Vinci surgical system. *Teach Learn Med.* 2015;27(1):12-26.
14. Abboudi H, Khan MS, Aboumarzouk O, Guru KA, Challacombe B, Dasgupta P, Ahmed K. Current status of validation for robotic surgery simulators - a systematic review. *BJU Int.* 2013 Feb;111(2):194-205. doi: 10.1111/j.1464-410X.2012.11270.x. Lyons C, Goldfarb D, Jones SL, Badhiwala N, Miles B, Link R, Dunkin BJ. Which skills really matter? proving face, content, and construct validity for a commercial robotic simulator. *Surg Endosc.* 2013 Jun;27(6):2020-30. doi: 10.1007/s00464-012-2704-7. Vakharia VN, Vakharia NN, Hill CS. Review of 3-Dimensional Printing on Cranial Neurosurgery Simulation Training. *World Neurosurg.* 2016 Apr;88:188-198. doi: 10.1016/j.wneu.2015.12.031. Khan IS, Kelly PD, Singer RJ. Prototyping of cerebral vasculature physical models. *Surg Neurol Int.* 2014 Jan 27;5:11. doi: 10.4103/2152-7806.125858. Endo K, Sata N, Ishiguro Y, Miki A, Sasanuma H, Sakuma Y, Shimizu A, Hyodo M, Lefor A, Yasuda Y. A patient-specific surgical simulator using preoperative imaging data: an interactive simulator using a three-dimensional tactile mouse. *J Comput Surg* 2014;1:1-8. doi: 10.1186/s40244-014-0010-5
15. Shenai MB, Dillavou M, Shum C, Ross D, Tubbs RS, Shih A, Guthrie BL. Virtual interactive presence and augmented reality (VIPAR) for remote surgical assistance. *Neurosurgery.* 2011 Mar;68(1 Suppl Operative):200-7; discussion 207. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182077efd. Lacy AM, Bravo R, Otero-Piñero AM, Pena R, De Lacy FB, Menchaca R, Balibrea JM. 5G-assisted telementored surgery. *Br J Surg.* 2019 Nov;106(12):1576-1579. doi: 10.1002/bjs.11364.



## Simulación Clínica en Neurocirugía

Fidel Jiménez<sup>1</sup>, Majed J. Katati<sup>2,3</sup>, Elena Trujillo<sup>4</sup> y Alejandro Barroso<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada. Neurocirugía.

<sup>2</sup>Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada. Jefe de Servicio de Neurocirugía.

<sup>3</sup>Departamento de Cirugía y sus Especialidades. Facultad de Medicina. Universidad de Granada.

<sup>4</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Unidad de Cuidados Críticos y Medicina Intensiva.

<sup>5</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor.

La simulación ha evolucionado rápidamente en las últimas décadas como herramienta docente, permitiendo su aplicabilidad creciente a las ciencias de la salud. Esta ha fomentado sólidamente una mayor rapidez en la adquisición de habilidades y el desarrollo de otras capacidades técnicas y no técnicas que hace tiempo se asumían solo mejorables con la experiencia clínica<sup>1</sup>. En un contexto de creciente innovación en modelos de simulación la neurocirugía se postula como un área particularmente difícil, donde la variedad y dificultad de sus procedimientos continúa aumentando al mismo tiempo que el margen de error es menor, pudiendo estos fallos costar la vida o tener importantes repercusiones funcionales para el paciente<sup>2</sup>. Por consiguiente, cualquier esfuerzo para mejorar la labor del neurocirujano sin poner en peligro la vida del paciente es más que válido.

La simulación en neurocirugía juega en la actualidad importante papel en la formación tanto de estudiantes, como de médicos residentes y especialistas debido a la alta complejidad que posee la adquisición de habilidades de manera que puedan ser puestas en práctica sin peligro para el paciente. El hecho de tener a disposición distintas herramientas que puedan recrear tanto la neuroanatomía como el acto quirúrgico es de gran utilidad para los especialistas en formación, que han visto reducido el tiempo desde que comienzan a practicar desde cero hasta que la pueden poner en práctica en la realidad<sup>3</sup>. Esto es gracias a que las habilidades y conocimientos que potencialmente se incrementan con el entrenamiento en simulación presentan connotaciones eminentemente prácticas y tangibles en su labor diaria. Ofreciendo por consiguiente al paciente una asistencia de calidad y de las mayores garantías tanto terapéuticas como de seguridad.

A pesar de esto, en neurocirugía la evolución de la simulación ha sido más lenta que en otras áreas. Esto es en parte explicado por el escepticismo institucional y profesional de gran parte del sector a cambiar de modelo docente. Sin embargo, en los últimos 20-25 años multitud de nuevos modelos de simulación han sido desarrollados, generando un cambio necesario en la docencia neuroquirúrgica.

Los distintos tipos de simuladores utilizados en la neurocirugía van desde modelos físicos hasta novedosos modelos de simulación virtual. En los modelos físicos destaca la utilización de animales, piezas de cadáveres y modelos sintéticos, habiendo sido los más utilizados a lo largo de la historia aun poseyendo grandes limitaciones éticas, en bioseguridad, preservación y disponibilidad. La realidad virtual como modelo de simulación está desarrollada gracias a los grandes avances en estudios de imagen como tomografía axial computarizada (TAC) y resonancia magnética (RMN), que permiten por medio de diferentes programas informáticos las reconstrucciones 3D de estructuras anatómicas con una gran validez práctica, pero con la limitante de no desarrollarse por completo el componente táctil de la estructura en cuestión. Por último, cabe mencionar los simuladores híbridos, que mezclan una experiencia física y virtual donde el entrenamiento goza de una coexistencia de ambos componentes para una mejora considerable en fidelidad<sup>4,5</sup>. Para cualquier rama de la medicina en donde se intente utilizar algún modelo de simulación, dicho modelo tiene que ser sometido a una evaluación que se determine la validez ( semejanza con la realidad) y la fiabilidad (capacidad de reproducir el resultado obtenido bajo las mismas condiciones en ensayos repetidos)<sup>6</sup>. Es en estos elementos es donde recae la dificultad y a su vez la excelencia de los distintos modelos utilizados en neurocirugía.

- Aplicación de la Simulación Clínica en Neurocirugía

Para ordenar y entender cómo está compuesta la neurocirugía podemos dividirla en 9 subgrupos, cada uno de los cuales es susceptible de aplicar técnicas de simulación para su aprendizaje o mejora. Cada uno de estos grupos serán especificados a continuación, así como los modelos de simulación aplicados a cada una de estas áreas.

- *Procedimientos neuroquirúrgicos generales*

Estos procedimientos hacen referencia a aquellos conocimientos y habilidades que debe poseer un neurocirujano para actuar de manera eficaz, salvaguardando ante todo la seguridad del paciente. El manejo médico/quirúrgico de los pacientes neurocríticos es una base fundamental para estudiantes y/o especialista en formación tanto de neurocirugía como de otras especialidades tales como medicina intensiva o neurología<sup>7</sup>. Para ello se han desarrollado simuladores de alta fidelidad que pueden recrear situaciones como shock espinal, traumatismos craneoencefálicos cerrados o vasoespasmos cerebrales, entre otros. Diferentes modelos docentes de diversas especialidades basados en simulación se han implementado en los últimos años, sobre todo partir del año 2010 gracias al programa de formación de cuidados intensivos diseñado por Musacchio y colaboradores<sup>8</sup>, transversal a varias áreas médicas.

En relación a habilidades técnicas más concretas, diversas técnicas quirúrgicas básicas como la hemostasia de tejidos pueden ser ya entrenadas gracias tanto a simuladores de baja fidelidad como de realidad virtual<sup>9,10</sup>. No solo habilidades técnicas como la coordinación “ojo-mano-profundidad de la estructura sangrante”, sino habilidades no técnicas también han permitido ser implementadas tales como comunicación, capacidad de liderazgo o gestión de los tiempos quirúrgicos. Para otras técnicas quirúrgicas de emergencia como la trepanación para evacuación de hematomas, o la implantación de

drenajes ventriculares existen modelos físicos que han demostrado su eficacia como modelo docente. Modelos tales como los diseñados en la Universidad de Bethesda para residentes y cirujanos militares.<sup>11</sup> Los drenajes ventriculares o espinales también son procedimientos básicos en neurocirugía que deben ser entrenados ya que pueden ser técnicas terapéuticas de elevado potencial en pacientes con trastornos en la circulación de líquido cefalorraquídeo (LCR), distintos modelos físicos e híbridos se han patentado y se encuentran actualmente en el mercado permitiendo un aprendizaje práctico para la implantación de estos sistemas<sup>12,13</sup>.

- *Patología vascular*

En este subgrupo podemos encuadrar el tratamiento de malformaciones arteriovenosas y aneurismas, así como los distintos tipos de técnicas de revascularización. El tratamiento de estas anomalías vasculares ha sufrido un cambio sustancial en los últimos 30 años por la llegada y desarrollo de técnicas endovasculares<sup>14</sup>. El entrenamiento constante de estas técnicas quirúrgicas es de gran importancia para profesionales en formación y sobre todo para los especialistas en la materia. Desde principios de la década de los 2000 se pueden realizar distintos tipos de entrenamientos en modelos físicos cadavéricos con fluidos artificiales bajo presión pulsátil simulando una cirugía real. Diversas alternativas han aparecido desde entonces como la utilización de placenta humana para técnicas de clipaje y tratamiento endovascular<sup>14,15</sup>.

Para las técnicas de revascularización (también conocido con términos como bypass o anastomosis vasculares), existen desde modelos físicos en animales vivos hasta realidad virtual. Es bien conocido el entrenamiento en ratas utilizando disecciones cervicales y abdominales para la manipulación de vasos arteriales como carótida y aorta abdominal respectivamente<sup>16</sup>. Uno de los países más desarrollados y con uso habitual de este entrenamiento es Japón, como por ejemplo las técnicas implementadas en el servicio de neurocirugía de la Universidad de Sapporo de la mano de Takeshi Mikami y colaboradores, donde afirman que la utilización de modelos vivos como entrenamiento en técnicas de anastomosis vasculares mejora significativamente habilidades técnicas como no técnica del cirujano en situaciones donde el tiempo apremia, como en el control de hemostasia o resistencia psicológica, condiciones necesarias para este tipo de cirugías superando a otros modelos de realidad virtual<sup>17</sup>.

El avance en estudios tipo AngioTAC con reconstrucción 3D y angiografía con sustracción digital permiten la creación de simuladores complejos de aneurismas y otras malformaciones vasculares que a su vez permiten el desarrollo de modelos 3D sintéticos<sup>18</sup>. Este hecho facilita la planificación del abordaje quirúrgico bajo una visión estereoscópica (visión conseguida con la utilización del microscopio neuroquirúrgico).

Por consiguiente, podemos concluir que el entrenamiento en modelos vivos es clave para el desarrollo de las habilidades quirúrgicas en este subtipo de patologías. Siendo los modelos virtuales de simulación excelentes herramientas para un mejor conocimiento anatómico de la lesión y permitiendo una mejor planificación quirúrgica.

#### - *Neurocirugía mínimamente invasiva*

La realización de abordajes quirúrgicos menos invasivos junto a la utilización de portales neuroendoscópicos a través de orificios de trepanación han demostrado igualar o mejorar los resultados clínicos y reducir considerablemente los efectos secundarios propios de la cirugía<sup>19</sup>. Nuevas técnicas y herramientas en cirugía implican nuevos procedimientos, y en consecuencia más formación especializada para la realización de estos con garantías de seguridad y eficacia.

Distintos tipos de simuladores de alta fidelidad, entre los que destacan los simuladores de realidad virtual han aparecido en el mercado con el fin de desarrollar procedimientos neuroendoscópicos con elevada fidelidad<sup>3,18</sup>. Simuladores con mejoras importantes en tecnología háptica, han aparecido recientemente para el entrenamiento de técnicas como ventriculostomía endoscópica del tercer ventrículo y para abordajes endoscópicos transesfenoidales. De entre los modelos que en la actualidad podemos encontrar en el mercado destacamos productos como: ROBO-SIM, VIVENDI, Neuro Touch Endo, The Medtronic StealthStation, 3D hydrocephalus model, Rowena model for EVD placement o ImmersiveTouch, SickKids simulator<sup>19,20</sup>

#### - *Patología tumoral*

La patología tumoral es sin duda un procedimiento por desgracia cada vez más habitual en la práctica clínica del neurocirujano. La planificación del abordaje y el conocimiento de las estructuras anatómicas relacionadas con la técnica quirúrgica y el área afecta son la base para este tipo de intervenciones. Distintos modelos de realidad virtual se han desarrollado con el fin de implementar la preparación del especialista en el acto quirúrgico. Entre ellos podemos nombrar:

- The Dextroscope, una herramienta capaz de ofrecer con gran fidelidad múltiples situaciones clínicas potencialmente entrenables, como anomalías vasculares, casos de descompresión de pares craneales, resecciones tumorales o procedimientos en la epilepsia<sup>21,22</sup>.
- VIVIAN: un sistema de navegación 3D que su innovación radica en patología de base de cráneo.
- NeuroTouch Cranio: un simulador con tecnología háptica para resección tumoral<sup>23</sup>.
- S.I.M.O.N.T. simulator: como modelo físico para patología neuroncológica entre otros<sup>24</sup>.

#### - *Neurocirugía pediátrica*

Las craneosinóstosis y los defectos del cierre del tubo neural son las patologías más características de la edad pediátrica. Para el entrenamiento de las mismas se han desarrollado modelos de simulación que mejoran las capacidades técnicas de los discentes, ofreciendo un mejor pronóstico del acto quirúrgico<sup>25</sup>. En el año 2007, Rodt y col. desarrollaron diversos modelos de simulación, entre los que se encontraban modelos de realidad virtual para el progreso en el tratamiento de pacientes pediátricos con

trigonocefalias, los resultados al realizar este tipo de entrenamiento aún no han mostrado repercusión clínica objetivable, pero si han demostrado mejoras en la preparación de los especialistas para este tipo de patología<sup>26</sup>.

Otros modelos de simulación han sido desarrollados en los últimos años como el de Coelho y colaboradores, un modelo sintético para craneosinóstosis (especialmente para la escafocefalia) diseñado para mejorar de modo específico este tipo de reconstrucción quirúrgica<sup>25,27</sup> Asimismo, Mattei y colaboradores, junto con el departamento de ingeniería de la Universidad de Illinois, han materializado un modelo que recrea distintos tipos de patologías asociadas al cierre del tubo neural como el mielomeningocele y el síndrome de médula anclada<sup>28</sup>.

#### - *Radiocirugía*

La radiocirugía estereotáxica es una herramienta fundamental en la neurocirugía actual que se ofrece como una alternativa menos invasiva a la cirugía. En la última década ha avanzado como tratamiento de lesiones de pequeño tamaño y/o localización compleja. Siendo principalmente utilizada en la patología vascular, tumoral y dolor neuropático, y no estando ausente de complicaciones secundarias potencialmente graves, como la radionecrosis<sup>29,30</sup> Distintos tipos de modelos de simulación, entre los que destacan novedosos sistemas de realidad virtual se han diseñado para perfeccionar las habilidades técnicas en este procedimiento. Diseños como Montecarlo Simulation, con herramientas 3D para dosimetría, sistemas de radiocirugía robótica, o la introducción de la tractografía, junto a los múltiples modelos de realidad virtual que hay en el mercado son algunos de las herramientas aparecidas recientemente con el fin de implementar la técnica y ofrecer a los neurocirujanos un instrumento más en su armamento terapéutico<sup>30,31</sup>.

#### - *Base de cráneo*

Posiblemente el subgrupo de patología más compleja en cuanto a habilidades quirúrgicas y conocimiento anatómico. Hace años este tipo de intervenciones eran realmente cruentas por la necesidad de desmontar el macizo facial para acceder a estructuras que hoy en día se pueden abordar de manera endoscópica. Los nuevos accesos endoscópicos han permitido no solo mejorar la eficacia del acto quirúrgico, sino disminuir considerablemente la aparición de complicaciones secundarias a la cirugía y aumentar la esperanza de vida de nuestros pacientes<sup>32,33</sup>.

Los modelos de simulación en tejido humano siguen siendo una alternativa óptima para el aprendizaje de los distintos abordajes utilizados actualmente en la patología de base de cráneo (transesfenoidal, presigmoideo, etc.). El componente óseo de estas piezas es uno de los escollos más importantes que los cirujanos tienen que salvar para hacer un buen abordaje quirúrgico, siendo estos modelos idóneos para adquirir conocimiento y habilidad sin poner en riesgo la seguridad del paciente<sup>34</sup>. Sin embargo otras alternativas como modelos de realidad virtual en 3D y modelos híbridos han evolucionado en los últimos años como opciones a los modelos cadavéricos. Algunos ejemplos de estos pueden ser el diseño volumétrico del hueso temporal de Voxel-Man Group, un prototipo híbrido en el cual simulan circulación cerebral y tumores en piezas de cadáveres con la infusión de

polímeros o el NeuroTouch endoscopic endonasal module con tecnología háptica. Estas nuevas opciones permiten a los especialistas en formación salvar algunos de los hándicaps de la simulación en cadáveres, aunque su efectividad aún no ha quedado demostrada en la práctica clínica<sup>32,33,35-37</sup>.

#### - *Columna*

Sin lugar a duda corresponde a la patología quirúrgica más frecuente en la neurocirugía<sup>38</sup>. Las nuevas técnicas de instrumentación quirúrgica han generado la necesidad en los últimos años de progresar en el entrenamiento de las mismas por medio de modelos físicos y de realidad virtual. El objetivo fundamental que persiguen estos diseños son la identificación de referencias anatómicas para la entrada y dirección de material quirúrgico de osteosíntesis, una correcta interpretación radiográfica de la anatomía espinal y, por último, incrementar los conocimientos asociados a los sistemas de navegación<sup>39</sup>. En el mercado podemos encontrar simuladores de gran fidelidad que permiten a los especialistas en formación incrementar su confianza en la realización de estas herramientas quirúrgicas en la realidad a la par que mejoran sus conocimientos y habilidades en la cirugía de columna. Por citar algunos de estos modelos podemos tener simuladores mixtos para procedimientos en columna cervical como el creado por Bova y col.<sup>40</sup> o diseños de entrenamientos virtuales para procedimientos percutáneos como los de Luciano y col.<sup>41</sup>

#### - *Neurocirugía funcional*

Este subgrupo de creciente importancia en neurocirugía engloba técnicas como la estimulación cerebral profunda (ECP), que pivotado por los principios de estereotaxia son utilizadas en el tratamiento de patologías como el Parkinson, el temblor esencial, la epilepsia o la descompresión microvascular. La similitud que tiene estos procedimientos en cuanto a abordaje quirúrgico y a su mínima necesidad invasiva con la técnica de implantación de sistemas de drenaje ventricular permite que hayan sido basados en la misma. Algunos ejemplos de modelos de entrenamiento con simulación de neurocirugía funcional serían los diseñados por Nowinski y colaboradores con una plataforma de simulación en 3D para la ECP<sup>42</sup> o los múltiples softwares diseñados con el fin de implementar la planificación prequirúrgica de implantación de electrodos en la epilepsia<sup>43</sup>. Al igual que ocurre con otras muchos modelos de entrenamiento recientes la relevancia clínica aún no ha sido demostrada en la literatura actual, por lo que más estudios son necesarios para implementar el uso de la simulación en este subgrupo de la neurocirugía.

##### ○ Dirección de la simulación neuroquirúrgica en el futuro

La posición de la neurocirugía respecto a la formación con estas novedosas herramientas de aprendizaje se debe basar en búsqueda constante de reducir al máximo las diferencias con la realidad del acto quirúrgico. Para ello los esfuerzos que se están realizando en el desarrollo y perfeccionamiento de diferentes modelos de simulación deben seguir avanzando, persiguiendo más y mejores estudios de calidad que deben aportar certezas sobre la efectividad del uso de la simulación como herramienta docente efectiva en neurocirugía. Avances como las impresoras 3D para confeccionar modelos anatómicos con

materiales equiparables a los de un ser vivo, o modelos de alta fidelidad donde se mejore la calidad háptica serían de gran utilidad en todas las patologías tratadas en la neurocirugía.

- Conclusiones

La neurocirugía es una de las áreas médicas más complejas y demandantes, requiriendo una elevada habilidad técnica para su práctica ya que el más mínimo error puede acarrear consecuencias infaustas. Con presiones o restricciones de tiempo, éticas y médico-legales cada vez mayores en la práctica clínica, a la vez que menores oportunidades de operar en el modelo docente tradicional, es de crucial importancia encontrar alternativas docentes para los especialistas en formación. A pesar de que nada puede reemplazar perfectamente la experiencia de estar en una cirugía real con un paciente real, la simulación permite a los discentes mejorar en su confianza, conocimientos y habilidades. Además, permite a los expertos practicar nuevas aproximaciones quirúrgicas para mejorar su calidad técnica, los resultados clínicos y la seguridad del paciente.

Hasta el momento presente, los modelos físicos de simulación, encabezados por los modelos cadavéricos, representan el “gold estándar” en la simulación neuroquirúrgica a pesar de sus ya conocidas limitaciones. A pesar de esto, la situación en los últimos años ha evolucionado rápidamente y nuevos modelos de simulación avanzada se postulan como mejores modelos de simulación para determinadas cirugías. Los rápidos avances en innovación e investigación tecnológica han permitido a la realidad virtual posicionarse como modelo preferido para determinados procedimientos. Los costes permanecen como el inconveniente principal para los modelos de simulación avanzada, ya que la adquisición de los modelos disponibles es aún muy costosa y los estudios que avalen su efectividad son aun casi inexistentes. La diversidad y número de procedimientos neuroquirúrgicos, así como la diversidad y número de tejidos reproducibles, son también un importante inconveniente.

En general, la simulación ha adquirido un papel elemental en la educación médica, y neurocirugía no es una excepción. Sin embargo, a pesar de los grandes avances que ha habido en el campo del entrenamiento con simulación en neurocirugía en los últimos años, estudios de calidad que muestren su efectividad son carentes, por lo que estos deben fomentarse para que estas herramientas descansen sobre unos cimientos científicos claros donde poder crecer y avanzar junto con las crecientes necesidades del tratamiento quirúrgico en neurocirugía.

## **Bibliografía**

1. Issenberg SB, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*. July 3, 2009;27(1):10–28.
2. Chan S, Conti F, Salisbury K, Blevins NH. Virtual Reality Simulation in Neurosurgery: Technologies and Evolution. *Neurosurgery*. 2013;72(suppl\_1):A154–64.
3. Gasco J, Holbrook TJ, Patel A, Smith A, Paulson D, Muns A, et al. Neurosurgery Simulation in Residency Training: Feasibility, Cost, and Educational Benefit. *Neurosurgery* 2013; 73(suppl\_1):S39

4. Robison RA, Liu CY, Apuzzo MLJ. Man, Mind, and Machine: The Past and Future of Virtual Reality Simulation in Neurologic Surgery. *World Neurosurg.* 2011;76(5):419–30.
5. Alaraj A, Lemole M, Finkle J, Yudkowsky R, Wallace A, Luciano C, et al. Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications. *Surg Neurology Int.* 2011;2(1):52.
6. Akhtar KSN, Chen A, Standfield NJ, Gupte CM. The role of simulation in developing surgical skills. *Curr Rev Musculoskelet Medicine.* 2014;7(2):155–60.
7. Kuroda Y. Neurocritical care update. *J Intensive Care.* 2016;4(1):36.
8. Musacchio MJ, Smith AP, McNeal CA, Munoz L, Rothenberg DM, Roenn KA von, et al. Neuro-Critical Care Skills Training Using a Human Patient Simulator. *Neurocrit Care.* 2010;13(2):169–75.
9. Gasco J, Patel A, Luciano C, Holbrook T, Ortega-Barnett J, Kuo Y-F, et al. A Novel Virtual Reality Simulation for Hemostasis in a Brain Surgical Cavity: Perceived Utility for Visuomotor Skills in Current and Aspiring Neurosurgery Residents. *World Neurosurg.* 2013;80(6):732–7.
10. Gasco J, Patel A, Ortega-Barnett J, Branch D, Desai S, Kuo YF, et al. Virtual reality spine surgery simulation: an empirical study of its usefulness. *Neurol Res.* 2014;36(11):968–73.
11. Lobel DA, Elder JB, Schirmer CM, Bowyer MW, Rezai AR. A Novel Craniotomy Simulator Provides a Validated Method to Enhance Education in the Management of Traumatic Brain Injury. *Neurosurgery.* 2013;73(suppl\_1):S57–65.
12. Clifton W, Dove C, Damon A, Freeman WD, Brown B. 3D Simulation Videography for the Instructional Placement of Bedside External Ventricular Drains. *World Neurosurg.* 2019;131:242.
13. Yudkowsky R, Luciano C, Banerjee P, Schwartz A, Alaraj A, Lemole GM, et al. Practice on an Augmented Reality&sol;Haptic Simulator and Library of Virtual Brains Improves Residents' Ability to Perform a Ventriculostomy. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc.* 2013;8(1):25–31.
14. Heros RC. Advances and Innovations in Vascular Neurosurgery: Foreword: Part I. *Neurosurgery.* 2014;74(suppl\_1):S1–2.
15. Berenstein A. Advances and Innovations in Vascular Neurosurgery: Foreword: Part II. *Neurosurgery.* 2014;74(suppl\_1):S3–4.
16. Kao J-Y, Chen Y-R, Chang S-S. A simple and novel technique for training in microvascular suturing in a rat model. *Asian J Surg.* 2019;42(1):409–13.
17. Mikami T, Suzuki H, Ukai R, Komatsu K, Kimura Y, Akiyama Y, et al. Surgical Anatomy of Rats for the Training of Microvascular Anastomosis. *World Neurosurg.* 2018;120:e1310–8.
18. McGuire LS, Fuentes A, Alaraj A. 3D Modeling in Training, Simulation, and Surgical Planning in Open Vascular and Endovascular Neurosurgery: A Systematic Review of the Literature. *World Neurosurg.* 2021;
19. Labib MA, Abou-Al-Shaar H, Cavallo C. Minimally invasive cranial neurosurgery in the 21st century. *J Neurosurg Sci.* 2018;62(6).
20. Ahmed SI, Javed G, Mubeen B, Bareeqa SB, Rasheed H, Rehman A, et al. Robotics in neurosurgery: A literature review. *Jpma J Pak Medical Assoc.* 2018;68(2):258–63.
21. Ferroli P, Tringali G, Acerbi F, Schiariti M, Broggi M, Aquino D, et al. Advanced 3-Dimensional Planning in Neurosurgery. *Neurosurgery.* 2013;72(suppl\_1):A54–62.
22. Low D, Lee CK, Dip LLT, Ng WH, Ang BT, Ng I. Augmented reality neurosurgical planning and navigation for surgical excision of parasagittal, falcine and convexity meningiomas. *Brit J Neurosurg.* 2010;24(1):69–74.
23. Delorme S, Laroche D, DiRaddo R, Maestro RFD. NeuroTouchA Physics-Based Virtual Simulator for Cranial Microneurosurgery Training. *Oper Neurosurg.* 2012;71(suppl\_1):ons32–42.
24. Filho FVG, Coelho G, Cavalheiro S, Lyra M, Zymberg ST. Quality assessment of a new surgical simulator for neuroendoscopic training. *Neurosurg Focus.* 2011;30(4):E17.
25. Coelho G, Rabelo NN, Adani LB, Cecilio-Fernandes D, Carvalho FRS, Pinto FG, et al. The Craniostomosis Puzzle: New Simulation Model for Neurosurgical Training. *World Neurosurg.* 2020;138:e299–304.
26. Rodt T, Köppen G, Lorenz M, Majdani O, Leinung M, Bartling S, et al. Placement of Intraventricular Catheters Using Flexible Electromagnetic Navigation and a Dynamic Reference Frame: A New Technique. *Stereot Funct Neuros.* 2007;85(5):243–8.

27. Coelho G, Rabelo NN, Vieira E, Mendes K, Zagatto G, Oliveira RS de, et al. Augmented reality and physical hybrid model simulation for preoperative planning of metopic craniosynostosis surgery. *Neurosurg Focus*. 2020;48(3):E19.
28. Mattei TA, Frank C, Bailey J, Lesle E, Macuk A, Lesniak M, et al. Design of a synthetic simulator for pediatric lumbar spine pathologies: Laboratory investigation. *J Neurosurg Pediatrics*. 2013;12(2):192–201.
29. Koga T, Shin M, Saito N. Role of Gamma Knife Radiosurgery in Neurosurgery: Past and Future Perspectives. *Neurol Med-chir*. 2010;50(9):737–48.
30. Knisely JPS, Apuzzo MLJ. Historical Aspects of Stereotactic Radiosurgery: Concepts, People, and Devices. *World Neurosurg*. 2019;130:593–607.
31. Buatti JM, Meeks SL, Friedman WA, Bova FJ. Stereotactic radiosurgery: techniques and clinical applications. *Surg Oncol Clin N Am*. 2000;9(3):469–87, viii.
32. Wang EW, Zanation AM, Gardner PA, Schwartz TH, Eloy JA, Adappa ND, et al. ICAR: endoscopic skull-base surgery. *Int Forum Allergy Rh*. 2019;9(S3):S145–365.
33. Locatelli D, Pozzi F, Turri-Zanoni M, Battaglia P, Santi L, Dallan I, et al. Transorbital endoscopic approaches to the skull base: current concepts and future perspectives. *J Neurosurg Sci*. 2016;60(4):514–25.
34. Rehder R, Abd-El-Barr M, Hooten K, Weinstock P, Madsen JR, Cohen AR. The role of simulation in neurosurgery. *Child's Nerv Syst*. 2016;32(1):43–54.
35. Mizutani K, Akiyama T, Yoshida K, Toda M. Skull Base Venous Anatomy Associated with Endoscopic Skull Base Neurosurgery: A Literature Review. *World Neurosurg*. 2018;120:405–14.
36. Campbell RG. Robotic surgery of the anterior skull base. *Int Forum Allergy Rh*. 2019;9(12):1508–14.
37. Apra C, Peyre M, Kalamarides M. Current treatment options for meningioma. *Expert Rev Neurother*. 2018;18(3):241–9.
38. Walker CT, Kakarla UK, Chang SW, Sonntag VKH. History and advances in spinal neurosurgery: JNSPG 75th Anniversary Invited Review Article. *J Neurosurg Spine*. 2019;31(6):775–85.
39. Kochanski RB, Lombardi JM, Laratta JL, Lehman RA, O'Toole JE. Image-Guided Navigation and Robotics in Spine Surgery. *Neurosurgery*. 2019;84(6):1179–89.
40. Bova FJ, Rajon DA, Friedman WA, Murad GJ, Hoh DJ, Jacob RP, et al. Mixed-Reality Simulation for Neurosurgical Procedures. *Neurosurgery*. 2013;73(suppl\_1):S138–45.
41. Luciano CJ, Banerjee PP, Sorenson JM, Foley KT, Ansari SA, Rizzi S, et al. Percutaneous Spinal Fixation Simulation With Virtual Reality and Haptics. *Neurosurgery*. 2013;72(suppl\_1):A89–96.
42. Nowinski WL, Chua BC, Volkau I, Puspitasari F, Marchenko Y, Runge VM, et al. Simulation and assessment of cerebrovascular damage in deep brain stimulation using a stereotactic atlas of vasculature and structure derived from multiple 3- and 7-tesla scans: Technical note. *J Neurosurg*. 2010;113(6):1234–41.
43. Garcia-Garcia S, Kakaizada S, Oleaga L, Benet A, Rincon-Toroella J, González-Sánchez JJ. Presurgical simulation for neuroendoscopic procedures: Virtual study of the integrity of neurological pathways using diffusion tensor imaging tractography. *Neurol India*. 2019;67(3):763–9.



## Simulación Clínica en Urología

Néstor M. Sánchez<sup>1</sup> y María Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Urología

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Cirugía Pediátrica

La amplia gama de procedimientos instrumentales en urología ha convertido esta especialidad en un campo idóneo para el desarrollo de técnicas de simulación.

El avance en la mejora de los dispositivos y programas de simulación en urología, como en otros campos, nace de la necesidad de preparar las habilidades técnicas de manera progresiva, donde el objetivo final de este entrenamiento secuencial sea realizar los procedimientos con la mayor garantía y seguridad para el paciente y el menor estrés para el cirujano.

Bien es conocido que es en las primeras fases de las curvas de aprendizaje, cuando se desarrollan la mayor parte de las complicaciones<sup>1</sup>. Por ello la simulación en estas técnicas trata de reproducir y preparar al cirujano para su traslación a una situación real con los suficientes recursos para minimizar las complicaciones asociadas a esa curva de aprendizaje.

Actualmente la mayoría de programas de formación de residentes a nivel europeo incluyen cursos específicos de entrenamiento/evaluación en simulación.<sup>2-4</sup> Si bien no existe una estandarización de esta formación, existe la tendencia más que justificada, que el modelo clásico de aprendizaje en el paciente debe ser sustituido por una formación controlada y piramidal, siendo la base de la pirámide la iniciación en pelvitainers físicos o virtuales, progresando en segundo lugar al desarrollo de la técnica en modelo animal, tras la cual se avanza a la fase hospitalaria donde se visualiza la técnica en el paciente, progresivamente se realizan ayudantías y finalmente se realiza el procedimiento con supervisión<sup>5-6</sup>.

Este modelo de adquisición supervisada y estandarizada de las habilidades, es el que ha demostrado obtener mejores resultados, siempre asociado a un mantenimiento en la práctica de las habilidades ganadas<sup>7</sup>.

Hasta la fecha, el handicap negativo del que adolecen los estudios que evalúan la formación en simulación en el campo de la urología, es una, la falta de un alto nivel de evidencia que respalde su uso<sup>8,9</sup>.

En este capítulo trataremos de describir los procedimientos de simulación que se realizan a día de hoy de manera más frecuente en las distintas técnicas urológicas.

- Simuladores en exploración:

-Desde hace más de una década, existen modelos de simulación de tactos rectales prostáticos. No por ser simuladores muy básicos son menos útiles, permitiendo al iniciado en la exploración recibir conceptos básicos de la consistencia que puede palpar y del tamaño prostático a evaluar. Estos modelos han sido utilizados en facultades de medicina para adquirir y evaluar competencias sobre este tipo de exploración, evitando la variabilidad de una evaluación sobre distintos pacientes.



Simulador de examen rectal Mk2

- Simuladores en técnicas no quirúrgicas:

En el ámbito de los procedimientos instrumentales no quirúrgicos, existen modelos de simulación para el aprendizaje de sondajes uretrales. Estos modelos permiten conocer los pasos básicos de esta técnica, como la asepsia, colocación del campo, lubricación uretral, paso de la sonda e inflado del globo.

Los escasos estudios que reflejan su uso dentro de una formación más amplia<sup>10</sup>, coinciden en que mejoran la confianza de los alumnos a la hora de realizar sondajes<sup>11</sup>, pero los modelos han de ser mejorados para reflejar las distintas resistencias que podemos encontrar entre pacientes, o en las distintas zonas de la uretra masculina.



Simulador de sondaje vesical Medical simulator Ref. D1650

- Simulación en técnicas quirúrgicas:

- *Laparoscopia:*

Dentro del campo de la simulación quirúrgica, la vía laparoscópica es con diferencia la que ha desarrollado un abanico más amplio de procedimientos de simulación y por ello es en la que más nos vamos a extender. Esto es debido a que es una técnica que requiere de un desarrollo de habilidades escalonado de manera natural.

Ante esta vía y al igual que en la vía endoscópica, la primera traba que suelen encontrar los iniciados en la materia es la pérdida de coordinación mano-ojo. Dado que en nuestra actividad diaria y quizás con la salvedad del uso de teclados en ordenadores, prácticamente el 100% de nuestras acciones suponen centrar la visión en la zona de trabajo de nuestras manos. El trabajo en un campo que queda fuera de nuestra área intuitiva de visión, centrándonos en una pantalla, a unos 90º de donde estamos realizando las acciones manuales, se convierte en un escollo que requiere de un primer entrenamiento para trabajar la coordinación mano-ojo. Si además añadimos que en la mayoría de ocasiones vamos a trabajar en una pantalla en 2D, la situación se complica aún más, al perder la profundidad del campo.

Para el desarrollo de estas habilidades iniciales se han concebido los distintos tipos de pelvitainer que existen en el mercado. Desde los dispositivos físicos a los virtuales.

- *Pelvitainer físicos:*

Se trata de elementos cuboideos, con una cámara fija o móvil, que permite la colocación de trócares que quedan fijos para trabajar en un área delimitada del pelvitainer.

Existen modelos de distintos grados de complejidad, que permiten trabajar solo o con la ayuda de un compañero que lleve la cámara, de manera que se entrene la coordinación en el trabajo laparoscópico. No por ser quizás el elemento más elemental del entrenamiento laparoscópico se trata de una herramienta menos importante. Por contra, el trabajo en el pelvitainer es la base para afianzar unas correctas destrezas manuales que permitan progresar al trabajo en modelo animal. De hecho, la parte habitualmente más compleja de cualquier cirugía, suele ser la parte reconstructiva; esto es especialmente cierto en la laparoscopia, donde el cargado de la aguja y el anudado intracorpóreo son de especial dificultad y requieren más horas de entrenamiento. Es por ello, que los procedimientos que suponían realizar suturas intracorpóreas han sido las cirugías con una implantación más tardía dentro del campo de la laparoscopia. El uso de pelvitainer para practicar estas habilidades ha permitido a los cirujanos sentirse más cómodos en el campo quirúrgico y poder ampliar los procedimientos con partes reconstructivas que se realizaban previamente.

La ventaja de los pelvitainer físicos, es que, dado su sencillo diseño, se han divulgado modos para incluso realizarlos de manera artesanal y así aumentar la disponibilidad de estos dispositivos<sup>12</sup>.

Existe la posibilidad de realizar procedimientos con tejido y órganos cadavéricos (vejigas porcinas, estómago, corazón...) en este tipo de pelvitainers, lo que mejora el realismo de los ejercicios de disección y sutura.

También pueden usarse pelvitainers con forma de maniqués, que simulan el trabajo en el abdomen de un paciente, permitiendo el trabajo en parejas. Éstos modelos se conocen coloquialmente como phantomas.



Simulación en modelo phantomas

- *Pelvitainer virtuales:*

Siguiendo el mismo principio de los pelvitainer físicos, disponen de un software que entrena los pasos básicos de la laparoscopia: la coordinación mano-ojo, profundidad de las pinzas, fuerza de agarre, ambidiestralidad en campo...

Existen modelos con distinto grado de sofisticación permitiendo tener algunos de ellos una retroalimentación háptica que nos informa del grado de presión que ejercemos con las pinzas. Así mismo tienen la ventaja de medir de manera objetiva el número de movimientos realizados, la idoneidad de los mismos, el daño generado, porcentaje de movimientos con cada mano...

Dentro de este tipo de pelvitainer se dispone de ejercicios con una complejidad progresiva, que permiten entrenar la disección de tejidos, corte, cargado de aguja, anudado...

E incluso realizar procedimientos completos como una colecistectomía o una apendicectomía.

- *Modelos animales:*

El modelo animal es sin duda el modelo de mayor complejidad dentro de la simulación quirúrgica, ya que requiere a su vez de un manejo anestésico. Es un modelo idóneo para desarrollar los procedimientos que deseamos reproducir en el paciente y debe garantizarse que su uso se realiza cuando se dispone de las habilidades técnicas básicas, adquiridas previamente con el trabajo en modelos pelvitrainer.

El uso de modelo animal nos acerca a un escenario mucho más real, donde cada movimiento tiene consecuencias en los tejidos, debiendo controlar de manera mucho más precisa la disección, cauterio, coordinación con el ayudante...

Este tipo de entrenamiento está mucho más limitado en su disponibilidad y sometido a una estrecha legislación, que garantiza el correcto trato de los animales que se ponen a nuestra disposición para mejorar unas habilidades que deben redundar en el beneficio de nuestros pacientes. Es por esto y debemos insistir que no se trata de un modelo de entrenamiento básico, sino que se trata de la cúspide de la simulación y el paso previo al trabajo en humanos.

El modelo animal permite reproducir casi todas las técnicas quirúrgicas que se realizan en la persona. Además, es un modelo ampliamente estudiado y que ha demostrado la mejora de las habilidades entrenadas en multitud de estudios<sup>13,14</sup>.

Dependiendo del procedimiento que deseamos entrenar es importante hacer una buena selección del biorreactivo que usemos. Los modelos más frecuentemente usados son el porcino y el ovino.

- *Modelo porcino:*

En urología el modelo porcino permite reproducir de manera bastante fiel nefrectomías, tanto radicales como parciales, pieloplastias, cistorrafias, prostatectomías... es el modelo sin duda más versátil con una anatomía bastante similar a la humana. Las diferencias que suelen encontrarse respecto al procedimiento en humanos dependen del área a abordar. En concreto en las nefrectomías, las principales diferencias podrían resumirse en:

- Una menor cantidad de grasa perirrenal y retroperitoneal.
- Una mayor frecuencia de anomalías vasculares, con mayor número de vasos renales.
- Una coagulación por lo general mucho más efectiva que la humana, que hace que el sangrado suela ser más limitado.

El abordaje en pelvis se diferencia del humano en:

- Dificultad para el sondaje a la hora de realizar procedimientos pélvicos debido a particularidades anatómicas de la uretra tanto de la hembra como del macho.
- Vejiga completamente intraperitoneal, a diferencia de la humana, donde sólo la cúpula es intraperitoneal.

-Próstata de menor tamaño, con una anatomía sustancialmente distinta, donde la vascularización viene en su mayor parte de unas arterias bien definidas dependientes de la pudenda; no existiendo un complejo venoso de Santorini de la entidad del humano para su disección, ni unos pedículos lateroprostáticos como tal.

-Útero de menor tamaño, con unas trompas muy largas que remedan un segmento ileal cuando se está trabajando en pelvis. No es el modelo que solamos usar por defecto si el objetivo es el entrenamiento en anatomía pelviana femenina.

A pesar de las diferencias que hemos descrito, el modelo porcino es la base en la mayor parte de los centros de entrenamiento de laparoscopia. Si atendemos a la estructura piramidal de formación que comentábamos al principio del capítulo, este modelo permite realizar los primeros procedimientos in vivo, generalmente centrados en la nefrectomía radical, donde se trabaja la disección y el corte. Una vez que se dominan las competencias básicas en nefrectomía, también nos permite trabajar renal avanzada (nefrectomías parciales y pieloplastias), así como suturas intracorpóreas en pelvis: cistorrafias, reimplantes, prostatectomías... Cada modelo debe ser aprovechado al máximo y realizar todos los procedimientos posibles antes de sacrificar al animal.

En el caso concreto de querer trabajar en la realización de pieloplastias, aconsejamos comenzar con la disección distal del uréter y proceder a su ligadura, para permitir una dilatación de la pelvis renal a lo largo del procedimiento, que nos facilite el corte y sutura de la misma, dado que no existe una estenosis de la unión previa.

- *Modelo ovino:*

La gran ventaja del modelo ovino es que la anatomía pelviana de la hembra es más parecida a la humana que en el porcino. La principal diferencia estriba en una vagina más larga y una pelvis más estrecha que nos puede dificultar dar los puntos en pelvis menor. Este modelo está especialmente indicado para el entrenamiento de la colposacropexia.

- Endoscopia

Los modelos de entrenamiento más extendidos en cirugía endoscópica o percutánea en urología son virtuales. Del mismo modo que vimos con el laparomentor, el uromentor está enfocado a realizar abordajes de cistoscopias y ureterorenoscopias simulando los pasos de estos procedimientos: el acceso a través de uretra, exploración de vejiga, localizar meatos ureterales, cateterización con guía, ascenso y tratamiento de litiasis o tumores. Permiten medir tiempos, daños en tejidos, efectividad del uso de la fibra láser... Su semejanza con el procedimiento real es más que aceptable y permite al alumno desarrollar los principios básicos de uso del material, habiendo demostrado el traslado de estas habilidades al procedimiento real.

Este dispositivo dispone también de un modelo de simulación de acceso percutáneo para entrenar las nefrolitotomías (VR PERC Mentor (Symbionix, Lod, Israel)).

Es precisamente el uromentor el que recibe un nivel de recomendación 1 de todos los modelos descritos en este capítulo para la revisión realizada por Aydin y colaboradores<sup>8</sup>.

Si bien menos usados por lo habitual, los modelos cadavéricos<sup>15</sup> y animal constituyen métodos complementarios de simulación con distintas ventajas respecto al modelo virtual. Estudios como los de Chou<sup>16</sup> y Ogan<sup>17</sup> centraban la primera línea de simulación en modelos virtuales para, posteriormente, evaluar las mejoras que se producían al realizar el procedimiento en modelos animal (porcino) y cadavérico respectivamente.

En el estudio de Jagtap<sup>18</sup> se evaluaron conceptos como la utilidad del modelo virtual vs modelo porcino para el entrenamiento de la nefrolitotomía percutánea. En sus resultados describen un mayor realismo del modelo porcino evaluado por los participantes (4.44/5 vs 2.75) y lo consideraron una herramienta de aprendizaje superior a la virtual (4.68/5 vs 2.75), siendo la principal ventaja del modelo virtual la posibilidad del uso repetido y la facilidad de uso disposición del mismo.

- Microcirugía

En estas simulaciones es frecuente usar ratas para trabajar con microscopio o con gafas de aumento y acostumbrarse a usar material de microcirugía.

El entrenamiento en modelo animal para microcirugía no es el más habitual en urología, si bien tiene cabida y algunos programas de formación lo contemplan, para desarrollar las habilidades requeridas para realizar una vaso-vasostomía e incluso la cirugía de banco del trasplante renal.

- Simuladores de Robótica

En el campo de la cirugía robótica existen modelos de simulación físicos y virtuales (DV-Trainer©), que permiten ante todo desarrollar un primer contacto con la movilización de los brazos del robot, el uso de la óptica y familiarizarse con el cambio del brazo asistente con el brazo principal. En ejercicios más avanzados se entrena el cargado de la aguja y la sutura, lo cual es de especial importancia en la cirugía robótica mediante el sistema Da Vinci ©, debido que no existe una retroalimentación háptica en el uso de las pinzas, lo cual lleva a que la presión ejercida con los manipuladores y su traslación al campo de trabajo sea uno de los procedimientos que más deben practicarse antes de realizarlos en condiciones de trabajo en humano. No se han visto diferencias en la formación con los modelos virtuales respecto a los modelos físicos<sup>19</sup>.

La ventaja del modelo virtual es la mayor disponibilidad y la posibilidad de múltiples usos, asociado a un mayor número de ejercicios. Si por contra usamos los simuladores físicos estaremos más limitados a la hora de su uso por el menor número de ejercicios que podemos realizar, y si queremos practicar ejercicios en modelo animal existen pocos centros a nivel mundial que nos permiten esta opción.



Simulación en modelo porcino en CMAT IAVANTE

○ Conclusiones

La simulación ha ganado por derecho propio un espacio predominante en la urología. La formación en simulación, a falta de una estandarización en los modelos formativos europeos, se vértebra de modo casi espontáneo por niveles de complejidad. Para casi todas las técnicas existen modelos físicos o virtuales que son la base de la formación y entre los cuales no se han encontrado diferencias en generar mejoras en el aprendizaje<sup>20</sup>. Tras ello en algunos casos en los que no es preciso la capacidad de sangrado del tejido, se usa la simulación cadavérica, que hoy por hoy es la menos extendida en la urología y se finaliza con la simulación en modelo animal como paso previo al desarrollo de competencias en el ámbito asistencial.

Los estudios en esta área deben ir enfocados a diseñar la estrategia óptima de formación, analizando el número de horas mínimo necesario en simulación antes del paso a la situación clínica, así como a mejorar el nivel de la evidencia de esta información.

**Bibliografía.**

- 1.- Maruthappu, M; Duclos, A; Lipsitz, S; Orgill, D; Carty, M. Surgical learning curves and operative efficiency: a cross-specialty obserVational study. *BMJ Open*. 2015;5(3):e006679
- 2.- Young, M; Kailavasan, M; Taylor, J. The success and evolution of a urological “boot camp” for newly appointed UK urology registrars: incorporating simulation, nontechnical skills and assessment. *J Surg Educ*. 2019;76(5):1425–1432.
- 3.- Somani, B; Van Cleynenbreugel, B; Gozen, A. Outcomes of European Basic Laparoscopic Urological Skills (EBLUS) Examinations: results from European School of Urology (ESU) and EAU Section of Uro-Technology (ESUT) over 6 years (2013-- 2018). *Eur Urol Focus*. 2019
- 4.- Forster, JA; Browning, AJ; Paul, AB; Biyani, CS. Surgical simulators in urological training – views of UK training programme directors. *BJU International*. 2012; 110: 776-78
- 5.- García Galisteo, E; Del Rosal Samaniego, JM; Baena González, V; Santos García Baquero, Aprendizaje de la cirugía laparoscópica en Pelvitainer y en simuladores virtuales. *Actas Urol Esp* 2006; 30 (5): 451-456.

- 6.- Usón-Gargallo, J; Pérez Merino, EM; Usón Casaús, JM; Sánchez Fernández, J; Sánchez Margallo, FM. Modelo de formación piramidal para la enseñanza de cirugía laparoscópica. *Cir Cir.* 2013; 81: 420-430.
- 7.- Gaghie, WC; Issenberg, SB; Petrusa, ER; Scalese, R. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. *Med Educ.* 2010; 44(1):50–63.
- 8.- Abdullatif, Aydin; Ahmed, M.A; Shafi, M; Shamim, Khan; Prokar, D; , Kamran, A. Current Status of Simulation and Training Models in Urological Surgery: A Systematic Review. *J Urol.* 2016; Aug; 196 (2): 312-320.
- 9.-Al-Jabir, A; Aydin, A; Al-Jabir, H. Current status of wet lab and cadaveric simulation in urological training: A systematic review. *Can Urol Assoc J* 2020;14(11): 594-600.
- 10.- Nic An Ríogh, AU; O'Connell, C; Lonergan, PE; Davis, NF. Designing and assessing a urethral catheter skills workshop for intern doctors in a university teaching hospital. *Ir J Med Sci.* 2020 Nov;189(4):1501-1506.
- 11.- Anna, J; Anders, S; Lola, A; Göran, P; Gunilla, N. Feasibility of a computerized male urethral catheterization simulator. *Nurse Educ Pract.* 2010 Mar;10(2):70-75.
- 12.- Lopes Salazar, A; Ramírez, M; Ruiz Cerdá, JL. Modelos artesanales de simulación para el aprendizaje laparoscópico. *Actas Urol Esp* 2006; 30 (5): 457-460.
- 13.- Molinas, CR. The rabbit nephrectomy model for training in laparoscopic surgery. *Hum Reprod* 2004;19:185- 190.
- 14.- Cruz, JA; Passerotti, CC; Frati; RM. Surgical performance during laparoscopic radical nephrectomy is improved with training in a porcine model. *J Endourol* 2012; 26: 278-82.
- 15.- Bowling, CB; Greer, WJ; Bryant, SA; et al. Testing and validation of a low-cost cystoscopy teaching model: A randomized controlled trial. *Obstet Gynecol* 2010;116: 85-91.
- 16.- Chou, DS; Abdelshehid, C; Clayman, RV; et al. Comparison of results of virtual-reality simulator and training model for basic ureteroscopy training. *J Endourol* 2006;20: 266-271.
- 17.- Ogan, K; Jacomides, L; Shulman, MJ; et al. Virtual ureteroscopy predicts ureteroscopic proficiency of medical students on a cadaver. *J Urol* 2004;172: 667-671.
- 18.- Jagtap, J. Surgical skills lab for percutaneous renal access training: Content validation comparison between live porcine and VR simulation model. *J Urol* 2010; 183:e515.
- 19.- Brown, K; Mosley, N; Tierney, J. Battle of the bots: a comparison of the standard da Vinci and the da Vinci Surgical Skills Simulator in surgical skills acquisition. *Robot Surg.* 2017 Jun;11(2):159.
- 20.- Shabnam, U; Ara, D. Laparoscopy simulators. *J Endourol*, 2007, 21 (3): 274-279.



## Simulación en Obstetricia y Ginecología

Manuel Gómez<sup>1</sup>, Lorena Sabonet<sup>1</sup> y Andrea Y. Pedraza<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Servicio de Ginecología y Obstetricia.

Las emergencias obstétricas son impredecibles y evolucionan rápidamente. Para resolver exitosamente las emergencias obstétricas se precisa de una respuesta coordinada de un equipo multidisciplinar *ad hoc*, compuesto por individuos con diferentes grados de experiencia clínica. Diferentes estudios han señalado la falta de coordinación y entrenamiento dentro del equipo obstétrico, como responsables de resultados no satisfactorios en el manejo de estas situaciones.<sup>1</sup> La simulación, proporciona capacitación en urgencias obstétricas dentro de un entorno seguro y focalizado en el problema a resolver, con el objetivo de mejorar los resultados clínicos y la capacitación del discente. La simulación en obstetricia es una herramienta ampliamente aceptada y valiosa que beneficia a todos los niveles, desde estudiantes de medicina, hasta subespecialistas de medicina materno-fetal<sup>2</sup>. Lo que comenzó como un complemento a la educación médica, ahora tiene un papel en rápida expansión en la adquisición de procedimientos nuevos e innovadores, capacitación en equipo y unidad, e iniciativas de seguridad y calidad.<sup>3</sup>

### ○ *Simulación en Ginecología.*

Si bien hay cada vez más opciones quirúrgicas para las mujeres, ha habido una disminución en la cirugía ginecológica general en los últimos 30 años. Este problema, combinado con cambios en la educación de residencia, ha llevado a un aumento en la dificultad de formación y adquisición de habilidades en el desarrollo de la cirugía ginecológica para los residentes de obstetricia y ginecología. Afortunadamente, la formación en simulación está disponible para complementar la educación quirúrgica y para abordar las complejas necesidades de los programas de capacitación.

Aunque el Dr. Halsted fue fundamental para sacar la educación de los residentes del salón de clases y entrar en el quirófano, la tendencia actual de disminución del volumen quirúrgico requiere un cambio en el aprendizaje de nuevo al aula. Además, la rápida innovación quirúrgica en procedimientos, dispositivos y técnicas quirúrgicas mínimamente invasivos ha complicado el panorama del aprendizaje. Los cirujanos ginecológicos están inundados de nuevos productos, por lo que debemos proporcionar a nuestros residentes un sólido conocimiento y una base quirúrgica para evaluar nuevas técnicas y tecnología, similar a criticar un artículo de la revista<sup>4</sup>. La simulación quirúrgica permite a los aprendices practicar y desarrollar habilidades quirúrgicas, solucionar problemas y probar equipos, y comparar dispositivos de la competencia. La capacitación de los residentes debe preparar a los nuevos médicos para ofrecer la cirugía más segura, eficiente y rentable disponible.

- Modelos y metodología de simulación en Obstetricia.

El uso de la simulación en el entrenamiento obstétrico tiene siglos de antigüedad. Modelos de entrenamiento de partería hechos de madera, cuero o tela se exhiben en museos de Sudamérica y Europa y se cree que datan del siglo XVI. La formación en simulación en obstetricia va desde simuladores muy simples como una pelvis ósea con un bebé hasta simuladores sofisticados complejos como los modelos SimMom™ o NOELLE. Los entrenadores de tareas parciales se pueden utilizar solos para enseñar tareas específicas como la entrega instrumental o las maniobras de distocia del hombro o en combinación con un paciente simulado en forma de simulación híbrida. Además, existen modelos de simulación de realidad virtual basados en computadoras que incorporan capacidades hápticas, proporcionando retroalimentación cinética a los alumnos, además de retroalimentación visual. La formación en simulación se puede proporcionar en instalaciones de simulación construidas específicamente o como simulación in situ en unidades locales utilizando áreas clínicas como salas de pabellones de trabajo. Los estudios vinculan la simulación con una reducción de la lesión del plexo braquial neonatal, el trauma materno relacionado con el parto de fórceps, la respuesta a la hemorragia posparto, la eficiencia en la realización del parto por cesárea emergente y la mortalidad neonatal. Los usos de la formación de simulación pueden incluir la enseñanza de habilidades técnicas, la promoción del trabajo en equipo eficaz y la identificación de cuestiones de seguridad del paciente como la colocación de recursos específicos, incluyendo medicamentos, equipos y personal.

En obstetricia, hay una serie de situaciones en las que la metodología de la simulación y el entrenamiento han demostrado su utilidad de manera destacada.

- *Distocia del hombro*<sup>5</sup>. La mejor evidencia para la simulación en obstetricia es en la implementación de entrenamiento de simulación para resolución de la distocia del hombro, lo que conduce a una reducción en las lesiones del plexo braquial en recién nacidos. En 2008, Draycott *et al* compararon el manejo y la lesión neonatal asociada con la distocia del hombro antes y después del entrenamiento con simulación, siendo claramente significativa la mejoría en todos los parámetros medidos. Este estudio retrospectivo y observacional comparó el manejo y el resultado neonatal de los nacimientos complicados por la distocia del hombro antes y después de la introducción del entrenamiento anual de distocia del hombro. Todos los entrenamientos se realizaron en una hemipelvis maniquí. La capacitación cubrió factores de riesgo, reconocimiento y demostración de maniobras en el simulador. El entrenamiento consistió en un enfoque escalonado para manejar el momento de pedir ayuda, posición de McRoberts, presión suprapúbica y maniobras internas (entrega del brazo posterior o rotación de los hombros fetales). Usando un maniquí con la piel hacia atrás y un hombro anterior impactado en una pelvis ósea. Se instruye sobre la necesidad de no realizar tracciones forzadas y hacia abajo que se han demostrado muy lesivas. Así mismo se entrenan la maniobra de McRoberts, la presión suprapúbica y maniobras de un nivel y complejidad superior como la maniobra de Rubin, Wood Screw, Jacquemier o de Barnum, así como la de Gaskin. También es factible el entrenamiento de las maniobras de tercer nivel o de Rescate, como la de Zavaneli.<sup>6</sup>

Además, se mostró como la realización de estos escenarios con paciente simulado tienen un interesante resultado en cuanto a la coordinación del equipo con vistas a un escenario real.

- *Parto de fórceps.* Otro ejemplo de entrenamiento de simulación que influye en los resultados clínicos es el entrenamiento de simulación para el parto vaginal asistido por fórceps y la reducción del trauma materno perineal. El grupo de Northwestern University diseñó un plan de estudios para capacitar a los residentes en el uso del fórceps de Simpson. El entrenamiento de simulación se realizó en un maniquí de parto. Con este tipo de entrenamiento se consigue una reducción del 26% en las laceraciones de tercer y cuarto grado, al tiempo que aumentaba la confianza de los residentes en el uso del fórceps.<sup>7,8</sup>
- *Cesárea de emergencia.* Es habitual en obstetricia la indicación de una cesárea de emergencia. En estos casos, el tiempo de reacción es fundamental pues los minutos cuentan. La coordinación del equipo para optimizar el tiempo de respuesta y poder extraer al feto en el menor tiempo posible con seguridad es un campo en el que la simulación juega también un papel importante. El Departamento de Defensa evaluó el efecto de la capacitación en equipo sobre los resultados adversos materno-neonatales en 15 hospitales. Aunque no había diferencias estadísticamente significativas entre grupos en resultados maternos y neonatales individuales, existía una reducción importante en el tiempo desde la decisión de realizar la incisión, de 33 a 21 minutos.

Como ocurre en la distocia de hombro, la realización de role play y recreación de escenarios ayuda a tener una mejor coordinación ante situaciones reales.

- *Hemorragia posparto*<sup>9</sup>. Especial interés tiene la simulación para la prevención y tratamiento de la hemorragia postparto.

Tanto la evaluación de las pérdidas hemáticas, a menudo infravaloradas, como el manejo médico y farmacológico de la hemorragia masiva, así como las conductas y recomendaciones para prevenir que esto ocurra como es el alumbramiento dirigido, ofrecen una oportunidad para el adiestramiento de residentes y especialistas. Así mismo, también se realizan talleres prácticos para el correcto uso del balón de Bakri tiene una demostrada utilidad hoy día para el tratamiento de la hemorragia postparto.

Creo de especial utilidad la práctica por parte de los residentes de las distintas técnicas de sutura capitonaje para el tratamiento de la hemorragia postparto. Destacan las técnicas de B-Lynch, Hayman y Cho que son fáciles de practicar sobre modelos uterinos en goma espuma u otros materiales que simulen la morfología y consistencia uterina<sup>10</sup>.

- *Eclampsia.* La eclampsia es una situación poco frecuente pero extremadamente grave en obstetricia y la simulación puede aportar una habilidad en su manejo que de otra forma serían muy difíciles de adquirir. Usando simuladores y maniquís ad hoc, podemos entrenarnos en el manejo del sulfato de magnesio, secuencia de fármacos a administrar, manejo de vía aérea y manejo combinado del binomio madre-feto.

- *Prolapso de cordón*<sup>11</sup>. La salida del cordón a través del cérvix tras la amniorrhexis, es una situación grave que compromete la vida del feto. El manejo adecuado de esta situación requiere el uso de maniobras como la elevación de la cabeza fetal vía vaginal, posición de Trendelenburg forzada, así como un manejo particular de la cesárea. Podemos practicar estas maniobras y recrear esta situación usando maniquís y escenarios simulados con objeto de mejorar nuestros tiempos de respuesta y resultados en estas situaciones que son relativamente frecuentes.
- *Reanimación neonatal*. Aunque quizás pertenezca más al área de la pediatría, es interesante para el obstetra y la matrona un entrenamiento básico en la reanimación neonatal. Usando maniquís que representen a recién nacidos podemos entrenar los pasos a seguir en una teórica reanimación neonatal (manejo de medicación, maniobras de resucitación, evaluación de signos vitales, acceso a la vía aérea ...etc.)

Por lo tanto, existe un enorme número de informes que describen y estudian la simulación en obstetricia. Aunque pocos abordan los efectos reales de la simulación en los resultados clínicos, la simulación ha tenido una influencia positiva en lesiones del plexo braquial resultantes de la distensión del hombro, traumatismo materno con fórceps, manejo de hemorragia posparto, rapidez en el parto por cesárea emergente y reanimación neonatal. Sobre la base del creciente número de informes de simulación, el efecto positivo de la simulación en estos resultados la implementación de la simulación parece inevitable.

#### ○ Modelos y metodología de simulación en Ginecología

En cirugía laparoscópica la simulación ha adquirido un rol fundamental en el entrenamiento quirúrgico, tanto para residentes en formación como para cirujanos que deseen entrenarse en nuevas técnicas mínimamente invasivas de manera previa a su implementación en pacientes, como la laparoscopia por puerto único, la cirugía *natural orifice transluminal endoscopic surgery* (NOTES), o en la incorporación de nuevas tecnologías e instrumental laparoscópico. La simulación laparoscópica incluso puede ser utilizada para el entrenamiento básico durante la carrera de medicina<sup>12</sup>. La prolongada curva de aprendizaje de esta técnica, junto a los elevados riesgos y costos de aprender técnicas complejas como sutura intracorpórea en pacientes, han llevado al desarrollo de centros de simulación especializados, permitiendo a los cirujanos aprender en forma segura y eficiente. El entrenamiento de las destrezas quirúrgicas previo a la operación ha demostrado un aprendizaje más eficiente en el quirófano, permitiendo al aprendiz enfocar la atención en los detalles técnicos del procedimiento, sin la necesidad de aprender la totalidad de estos por primera vez en un paciente<sup>8</sup>. Respecto a las limitaciones del entrenamiento simulado, este tipo de programas requieren laboratorios especializados, con tutores acreditados y entrenados en esta nueva metodología de aprendizaje. Lo anterior demanda altos costos de implementación y mantenimiento, los cuales no están al alcance de todos los centros. Por otra parte, los simuladores actuales no son lo suficientemente fidedignos, debido a la escasa retroalimentación táctil (*sensación táctil que simula el contacto con los objetos, también conocida como fuerza háptica*) de los simuladores virtuales y a lo limitado de los procedimientos simulados en los modelos en

caja. Por último, en el entrenamiento simulado el alumno habitualmente entrena una tarea en condiciones «ideales» en forma repetitiva, pudiendo crear una falsa seguridad en el cirujano en el momento de estar en el quirófano, al pensar que el procedimiento es más sencillo de lo que realmente es. Por todo lo anterior, el entrenamiento simulado es recomendado como complemento del entrenamiento tradicional y en ningún caso como una alternativa excluyente de este<sup>13</sup>.

○ Simuladores:

1. *Modelos inanimados*

- *Cajas de simulación laparoscópica (del inglés: endotrainers, pelvitainers o bench models):* estos modelos de entrenamiento sirven para una gran variedad de ejercicios, desde los más simples como «tomar y soltar objetos» hasta procedimientos más complejos como diversas anastomosis. Estos modelos pueden ser diseñados utilizando *objetos inertes* (trozos de goma o esponja, cuerdas pequeñas, etc.) o *tejidos ex-vivo* como intestino animal u otros. Las ventajas de estos modelos son su bajo costo, rápida implementación y la capacidad de entrenar en forma eficiente los pasos más complejos de un procedimiento completo, de forma reiterada, en poco tiempo (por ejemplo, una anastomosis intestinal).
- *Modelos cadavéricos:* estos pueden ser de origen animal o humano, dependiendo del procedimiento a entrenar. Presentan fidelidad aceptable y la ventaja de poder simular la totalidad de la cirugía, sin embargo, su alto costo y disponibilidad limitada, así como sus diferencias con el tejido vivo y restricciones éticas en algunos países han limitado su utilización en forma más extendida.
- *Simuladores virtuales:* estos modelos poseen la capacidad de realizar procedimientos completos en una estación, a diferencia de las «cajas de simulación» (donde no se puede realizar, por ejemplo, una histerectomía). Además, poseen retroalimentación inmediata a medida que se logran etapas, lo que permite corregir los errores más comunes durante el entrenamiento. En el caso de programas específicos de entrenamiento (por ejemplo, cirugía para el manejo de las formaciones anexiales), la simulación virtual ha permitido disminuir los tiempos de entrenamiento y la necesidad de un tutor en forma constante. Los estudios en realidad virtual han demostrado la transferencia al pabellón quirúrgico de la mayoría de las habilidades laparoscópicas básicas, no así para cirugía laparoscópica avanzada.

2. *Histeroscopia*

La histeroscopia operativa implica una coordinación mano-ojo significativa, la utilización de fuentes de energía, imágenes de vídeo y el control seguro de los medios de desfiguración. Existen varios modelos para el entrenamiento histeroscópico que van desde úteros de vaca y vejigas hasta modelos de realidad virtual.

○ Conclusión

La simulación obstétrica y ginecología tiene un papel en la certificación de los médicos, y los cursos prácticos de simulación se pueden utilizar para cumplir con los requisitos de mantenimiento de la certificación. A medida que se validan las plataformas de simulación, es probable que se incorporen al proceso de certificación como medio para evaluar las habilidades técnicas y de comunicación. Las organizaciones de acreditación, certificación, profesional, calidad y seguridad han invertido en comités de simulación, grupos de interés, planes de estudio y cursos de educación médica continua. Se necesita apoyo a la investigación, incluidos los grandes ensayos multicéntricos, para informar sobre la implementación posterior. La investigación y el desarrollo deben conducir a menores costos y simuladores mejorados. A medida que el público, el gobierno, las instituciones de concesión de licencias y credenciales exploran los medios para mejorar la seguridad de los pacientes, la expansión de la simulación en obstetricia es inevitable

### **Bibliografía**

1. Bates D, Larizgoitia I, Prasopa-Plaizier N, Jha A. Global priorities for patient safety research. *BMJ* 2009; 338: b1775.
2. Deering SH, Hodor JG, Wylen M, et al. Additional training with an obstetric simulator improves medical student comfort with basic procedures. *Simul Healthc*. 2006;1:32–34.
3. PROMPT: Practical obstetric multi-professional training (Internet). Melbourne: The Royal Australian and New Zealand College of Obstetricians and Gynaecologists, c2011. [updated 2013 April 15; cited 2 Dec 2012.
4. Magrina JF. Isn't it time to separate the O from the G? *J Minim Invasive Gynecol* 2014;21: 501-3.
5. ACOG. Practice bulletin no 40 shoulder dystocia. *Obstet Gynecol* 2002; 100: 1045–1050
6. Moreau R, Pham MT, Brun X, Redarce T, Dupuis O. Assessment of forceps use in obstetrics during a simulated childbirth. *Int J Med Robot* 2008;4:373–80.
7. Gossett DR, Gilchrist-Scott D, Wayne DB, Gerber SE. Simulation training for forceps-assisted vaginal delivery and rates of maternal perineal Trauma. *Obstet Gynecol* 2016;128:429–35.
8. Deering SH, Hodor JG, Wylen M, et al. Additional training with an obstetric simulator improves medical student comfort with basic procedures. *Simul Healthc*. 2006;1:32–34.
9. Sorensen BL, Rasch V, Massawe S et al. Advanced Life Support in Obstetrics (ALSO) and postpartum hemorrhage: a prospective intervention study in Tanzania. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2011; 90: 609–614
10. Andrighetti TP, Knestruck JM, Marowitz A et al. Shoulder dystocia and postpartum hemorrhage simulations: student confidence in managing these complications. *J Midwifery Womens Health* 2012; 57: 55–60.
11. Siassakos D, Hasafa Z, Sibanda T et al. Retrospective cohort study of diagnosis–delivery interval with umbilical cord prolapse: the effect of team training. *BJOG* 2009; 116: 1089– 1096.
12. The Partnership for Maternal, Newborn & Child Health. A Global Review of the Key Interventions Related to Reproductive, Maternal, Newborn and Child Health. Geneva, Switzerland: PMNCH, 2011.
13. Guntupalli SR, Doo DW, Guy M, et al. Preparedness of obstetrics and gynecology residents for fellowship training. *Obstet Gynecol* 2015;126:559-68.

## Simulación Clínica en Cirugía Plástica

José Martín Losilla<sup>1</sup>, Cristóbal Díaz<sup>1</sup>, Oriol Cases<sup>1</sup> y José Miguel Labrador<sup>1</sup>.

Hospital Virgen de las Nieves. Granada. Servicio de Cirugía Plástica

La especialidad de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora se define como una especialidad médica que se ocupa de la corrección quirúrgica de todo proceso congénito, adquirido, tumoral o involutivo, que requiere reparación o reposición de estructuras que afectan a la forma y función corporal y que en su faceta estética trata alteraciones que sin constituir en sí mismas un proceso patológico, provocan un deterioro de la salud en la medida que interfieren en el bienestar físico y psíquico de las personas<sup>1</sup>.

Un *modelo* es una representación física, lógica o matemática de un sistema, entidad, fenómeno o proceso (en medicina podría ser una representación tridimensional de un pulmón, un modelo matemático de la deformación de un tejido por la presión de un instrumento quirúrgico, etc.).

Una *simulación* es un modelo implementado sobre el tiempo, desde nanosegundos a siglos, representado tanto en “tiempo real”, como más rápido o más lento, por ejemplo, una simulación climática puede representar los cambios de un glaciar sobre 100 años, o los de una tormenta de varios días en 20 segundos. Las simulaciones ilustran dinámicamente un sistema o aparato bajo diversas circunstancias. Un *simulador* es un dispositivo que utiliza la simulación para reemplazar un sistema o aparato del mundo real, permitiendo a sus usuarios obtener experiencia y observar e interactuar con la simulación a través de señales realistas de tipo visual, auditivo o táctil<sup>2</sup>.

La simulación ha sido consustancial con la cirugía plástica desde la antigüedad en un intento de adquirir habilidades sin poner en riesgo a los pacientes, así los primeros simuladores quirúrgicos fueron modelos de hojas y arcilla utilizados en India el año 600 antes de Cristo, cuando la reconstrucción nasal con el colgajo frontal fue la primera operación registrada<sup>3</sup>. Desde hace mucho tiempo se ha utilizado la simulación como medio de obtener habilidades en operaciones o técnicas de alta complejidad habituales en cirugía plástica, a sabiendas de que la competencia en una habilidad técnica se consigue en tres fases: percepción, integración y automatización<sup>4</sup> y el simulador permite repetir la intervención sin daño para el paciente, así se consigue la habilidad sin iatrogenia y esto es lo que justifica la simulación<sup>5-7</sup>. Por lo referido, la educación médica basada en la simulación ha revolucionado el aprendizaje y entrenamiento de los futuros cirujanos plásticos<sup>8</sup>.

- Metodologías de simulación susceptibles de aplicar.

Rosen publicó en 2009 una lista de procedimientos y habilidades disponibles en simulación para ser aplicados en la formación de residentes de cirugía plástica de 1º y 2º años, basado en las directrices del American College of Surgeons Surgical Training<sup>2</sup>, en esta publicación se incluyeron 9 habilidades: Manejo avanzado de tejidos: colgajos e injertos de piel, anastomosis vascular, asepsia e identificación del instrumental, atar nudos, principios de fijación ósea y ferulizaciones, biopsia quirúrgica, suturas, manipulación tisular, disección, cierre de heridas y su manejo, tratamiento de heridas. Para cubrir las necesidades fueron utilizados modelos de banco (esponja), animal (primates, cerdos, ratas), cadáver, maniqués (para anestesia) y simuladores informáticos (realidad virtual). Otros autores han reportado la utilización de pacientes normalizados (actores) en cirugía plástica en simulación de pacientes quemados y politraumatizados incluyendo “debriefing” y cuestionario de validación<sup>9</sup>.

Una decena de años después, se ha ampliado la simulación en la educación médica en cirugía plástica, como lo han demostrado Tejos et al.<sup>10</sup> que en un amplio trabajo de revisión sistemática de modelos reportados para simulación en cirugía plástica, tomaron como guía la lista de competencias que el Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) de Estados Unidos, considera necesarias para la formación en cirugía plástica, identificando 81 competencias, de las cuales, tras un completo estudio, determinaron que existen un total de 34 dominios aptos para aplicarles el aprendizaje mediante simulación. De las 34 competencias del ACGME susceptibles de entrenamiento mediante simulación en cirugía plástica, 19 son para cirugía reparadora y 15 están enfocadas a la cirugía estética. Pues bien, existen modelos de entrenamiento mediante simulación en 16 de las 19 competencias de cirugía reparadora susceptibles de ser entrenadas mediante simulación y en 5 de 15 competencias para cirugía estética susceptibles de entrenamiento simulado.

Los materiales empleados para simulación en cirugía plástica abarcan: modelos sintéticos, animal ex vivo, animal vivo, virtual, cadáver humano y actores.

Si nos atenemos a las competencias susceptibles de ser entrenadas mediante simulación, disponemos de 16 sobre un total de 19 posibles, en cirugía reparadora:

1. Reparación de labio leporino y paladar hendido: modelos sintéticos y modelos virtuales<sup>11</sup>.
2. Colgajos locales en reconstrucción de cabeza y cuello: modelos sintéticos, animal ex vivo, cadáver humano<sup>12-14</sup>.
3. Reconstrucción mamaria autóloga con colgajos pediculados: modelo cadáver humano<sup>14</sup>.
4. Reconstrucción mamaria con colgajos libres: modelo sintético, modelo animal vivo, modelo cadáver humano, modelo animal ex vivo<sup>15-17,20</sup>.
5. Reconstrucción del complejo areola-pezones: Modelo cadáver humano<sup>18</sup>.
6. Colgajos para reconstrucción de la pared torácica: Modelo animal vivo<sup>19</sup> y cadáver humano<sup>15</sup>.

7. Colgajos locales para reconstrucción del miembro superior: Modelo cadáver humano<sup>14,21</sup>
8. Reparación de tendones flexores y extensores: Modelo sintético, modelo animal ex vivo, modelo cadáver humano<sup>21-23</sup>.
9. Reparación de nervios con y sin injertos nerviosos: Modelo sintético, animal ex vivo, animal vivo y modelo cadáver humano<sup>21,24-26</sup>.
10. Reparación de miembros amputados: Modelo animal vivo<sup>27</sup>.
11. Colgajos locales en reconstrucción del miembro inferior: Modelo cadáver humano<sup>14,15</sup>.
12. Colgajos libres en reconstrucción del miembro inferior: Modelo cadáver humano<sup>14,15</sup>.
13. Anastomosis microquirúrgicas: Modelo sintético, Modelo animal ex vivo, Modelo animal vivo, Modelo cadáver humano<sup>14,28-30</sup>.
14. Técnicas de injertos de piel: Modelo sintético, Modelo animal ex vivo, Modelo cadáver humano<sup>31-34</sup>.
15. Escarotomías en quemados: Modelo sintético<sup>35</sup>.
16. Colgajos locales simples: Modelo sintético, Modelo animal ex vivo, Modelo cadáver humano<sup>18,34,36,37</sup>.

En cuanto a las competencias susceptibles de ser entrenadas mediante simulación en cirugía estética, disponemos de 5 sobre un total de 15 posibles dominios:

- Lifting facial: Modelo cadáver humano<sup>15</sup>.
- Rinoplastia: Modelo animal ex vivo y modelo cadáver humano<sup>15,38</sup>.
- Otoplastia: Modelo sintético<sup>39-40</sup>
- Mamoplastia de aumento: Modelo sintético<sup>41-43</sup>
- Mamoplastia de reducción: Modelo sintético y modelo cadáver humano<sup>18,44</sup>.

Competencias sin modelo definido actual de entrenamiento mediante simulación en cirugía reparadora de entre las susceptibles de serlo:

- Expansión tisular.
- Reconstrucción mamaria mediante implantes.
- Reparación de nariz leporina.

Competencias sin modelo definido actual de entrenamiento mediante simulación en cirugía estética de entre las susceptibles de serlo:

- Blefaroplastia.
- Liposucción cervicofacial
- Inyección de toxina botulínica.
- Abdominoplastia.
- Mastopexia.
- Braquioplastia.
- Lifting de muslos.
- Lifting de tronco.
- Liposucción de tronco.
- Transferencia de grasa.

- Aplicando la simulación

Como hemos comprobado, el avance en entrenamiento simulado en cirugía plástica abarca una parte de la formación del especialista de esta disciplina, donde podemos reconocer e identificar las facetas que más interés suscitan dentro de la especialidad, ya sea por su dificultad técnica (microcirugía y colgajos libres) o por su baja frecuencia en países desarrollados (patología congénita).

Los cirujanos en formación pueden adquirir y refinar sus habilidades quirúrgicas en modelos sintéticos, virtuales, animales vivos y modelos ex vivo. Idealmente, un simulador quirúrgico debería imitar el tamaño, color, textura, retroceso y entorno del quirófano<sup>45</sup>, pero la tecnología de la simulación no ha conseguido aún replicar con precisión los atributos físicos de la anatomía humana.

Lo más parecido al paciente real han sido los caros modelos cadáver humano con sistemas de perfusión, aunque los modelos publicados son heterogéneos y sólo dos de ellos cumplen 5 de 6 criterios de realismo, a saber: pulsatilidad, uso de ventilación, producto coloreado que simule sangre, perfusión del tronco, cadáver a temperatura ambiente y buena presión arterial, que fueron incluidos en un estudio sistemático al respecto<sup>46-48</sup>. Independientemente de estos defectos, se reconoce ampliamente el valor del entrenamiento basado en la simulación, con mejoras en la competencia y en la actuación de los médicos residentes en el quirófano, tanto en las fases iniciales como en las fases finales de su formación como especialistas<sup>45,49</sup>.

A pesar del gran potencial existente en la posible utilización de la simulación para la formación en cirugía plástica, su aplicación a día de hoy es limitada, así en un estudio sistemático en Estados Unidos publicado en 2016<sup>30</sup>, se reportó que en una competencia tan importante y que necesita entrenamiento fuera de quirófano como la microcirugía en cirugía plástica, de 89 programas de microcirugía, la observación clínica fue el más común método de entrenamiento, implementada con una tasa del 72%, comparada con modelos en pequeños animales del 67%, cursos de entrenamiento o vídeos en el 33%, cadáveres en 28% y microcirugía en simuladores de alta fidelidad en el 2%.

La era digital, a través del avance tecnológico ha expandido enormemente el potencial para enriquecer los programas de entrenamiento quirúrgico, pero la mayoría de las técnicas disponibles para la enseñanza y el entrenamiento de habilidades quirúrgicas y la simulación de experiencias quirúrgicas están desarrollados para especialidades distintas de la cirugía plástica.

La escasez de herramientas de simulación en cirugía plástica puede ser debida a la dificultad para crear modelos de tejidos blandos con color, consistencia y textura parecidos al modelo real porque la replicación de la experiencia táctil quirúrgica es uno de los mayores obstáculos en entrenamiento con simuladores y aún no se dispone de un modelo que lo haya resuelto<sup>25</sup>.

Los modelos sintéticos son rentables, si se comparan con el gasto de un quirófano, y son útiles para mejorar las habilidades quirúrgicas y remedar fielmente la anatomía quirúrgica más relevante. Mientras muchos modelos se han centrado en habilidades quirúrgicas concretas como la realización de suturas, los modelos sintéticos a gran escala, pueden ser desarrollados para evaluar procedimientos, lo cual daría a los especialistas en formación la oportunidad de aprender procedimientos más complejos en un ambiente controlado fuera del quirófano.

Se están desarrollando modelos sintéticos a escala real para procedimientos como la reconstrucción mamaria con colgajos libres de origen abdominal<sup>51</sup>.

En el futuro, para asegurar la adquisición de habilidades fundamentales previas a la aplicación clínica, se podría empezar con exámenes que evaluaran el conocimiento de la anatomía, de planos tisulares, procedimientos clave, indicaciones, contraindicaciones, y complicaciones habituales. Seguidamente y dependiendo del nivel demostrado por los médicos en formación, esto deberían continuar con simuladores que incluyeran un amplio rango de materiales, como modelos sintéticos en las fases iniciales de formación para aprender y refinar el manejo del instrumental quirúrgico.

En años posteriores, los residentes podrían entrar en la fase de animal ex vivo, seguido de la utilización de animal vivo para adquisición de habilidades más complejas, finalmente, se emplearía modelo cadáver humano para simulación de procedimientos completos. Se deberían emplear parámetros de evaluación claramente diseñados y definidos y monitorizados por instructores acreditados. Adicionalmente los residentes mayores podrían tener asignada la tarea de enseñar y evaluar a los residentes menores sobre hitos formativos ya alcanzados por ellos.

Los residentes solo avanzarían mediante la superación de determinados hitos previamente definidos. Sería muy beneficioso realizar debriefing inmediatamente después de interactuar con los simuladores. Además de lo referido, podrían realizarse exámenes teóricos de evaluación del progreso de los residentes y cada hito formativo debería culminar con evaluaciones de la actuación del médico en formación en intervenciones quirúrgicas reales. Este sistema de enseñanza que deliberadamente implementa el entrenamiento simulado que culmina en un entorno quirúrgico real, mejoraría la eficacia de la obtención de competencias basadas en el entrenamiento en cirugía plástica<sup>51</sup>.

La teoría enunciada antes se topa con ciertos obstáculos, así, el entrenamiento mediante simulación aún está en su fase de desarrollo, en lo referente a los modelos sintéticos, aunque esperanzadores, siguen siendo caros, y no proporcionan correctamente el feedback táctil de los tejidos blandos, y no existe la evidencia de que mejoren la transferencia de conocimientos de una forma rentable.

También es muy importante saber que la puesta en marcha de un currículum apoyado en el entrenamiento basado en la simulación exige un gran gasto de tiempo para los participantes en él, tanto de los residentes como de los docentes, que ya tienen una agenda repleta de trabajo y deberes asistenciales.

## ○ Conclusiones

Para justificar esta propuesta de futuro en la que la formación de los especialistas en cirugía plástica se base en el entrenamiento mediante simulación, seguido de evaluación de dichas habilidades primero en la teoría, después en la práctica simulada y finalmente en la vida real, es necesario tener una fuerte evidencia que demuestre la utilidad de la tecnología de simulación en el desempeño del currículum en cirugía plástica y en este momento aún no disponemos de esta evidencia. Sin embargo, parece claro que la simulación puede ser fundamental en la obtención de determinadas habilidades fundamentales para la correcta formación del cirujano plástico en un entorno seguro.

## **Bibliografía**

1. Disposición 7855 Orden SAS/1257/2010, de 7 de mayo, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora, publicada en el Boletín Oficial del Estado Núm. 119 de 15 de mayo de 2010. Sec. III Pág. 42858
2. Rosen MR, et al. Simulation in Plastic Surgery Training and Education: The Path Forward. *Plast Reconstr Surg.* 2009; 123, 2: 729-738. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181958ec4
3. Limberg AA. *The Planning of Local Plastic Operations on the Body Surface: Theory and Practice.* Lexington, Mass.: DC Heath and Company; 1984 <https://doi.org/10.1002/bjs.1800711149>
4. Reznick RK. Teaching and testing technical skills. *Am J Surg.* 1993; 165: 358-361.
5. Konia M, Yao A. Simulation – a new educational paradigm? *J Biomed Res.* 2013; 2: 75-80.
6. Aggarwal R, Darzi A. Technical-skills training in the 21st century. *N Engl J Med.* 2006; 355: 2695-2696
7. Berner JE, Ewertz E. Bases teóricas del uso de simulación para el entrenamiento en cirugía. *Rev Chil Cir.* 2018 70:382-388.
8. Kazan R, Cyr S, Hemmerling TM et al. The evolution of surgical simulation: the current state and future avenues for plastic surgery education. *Plast Reconstr Surg.* 2017; 139:533e-543e
9. Roy I, Sheikh ZA. Evaluation and assessment of high fidelity burns simulation as part of a Plastic Surgery training day. *Burns Open.* 2019; 3: 31-35.
10. Tejos, R, Berner J E, Imigo F et al. Mind the gap: a competency-based scoping review of aesthetic and reconstructive reported simulation training models. *Aesth Plast Surg.* 2021; 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00266-020-02089-z>.
11. Raveendran M. Simulation-based training model for Cleft Palate repair: A systematic review. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 2020; Vol. 57(4) 506-511.
12. Davis CR, Fell M, Khan U. Facial reconstruction using a skull and foam training model. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2014; 67:126-127.
13. Hassan Z, Hogg F, Graham K. A 3-dimensional model for teaching local flaps using porcine skin. *Ann Plast Surg;* 2014: 73:362-363.
14. Carey JN, Rommer E, Shekter C et al. Simulation of plastic surgery and microvascular procedures using perfused fresh human cadavers. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2014; 67:e42-e48
15. Shekter CC, Kane JT, Minneti M et al. Incorporation of fresh tissue surgical simulation into plastic surgery education: maximizing extraclinical surgical experience. *J Surg Educ* 2013; 70:466-474.

16. Nykiel M, Wong R, Lee G (2014) An economical training model to teach and practice deep inferior epigastric artery perforator dissection. *Ann Plast Surg* 2014; 72(Suppl 1):S66-70
17. Bodin F, Diana M, Koutsomanis A et al. Porcine model for free-flap breast reconstruction training. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2015; 68:1402–1409
18. Iqbal A, Ellabban MG. The breast reduction and nipple reconstruction training models: real tissue training models. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117:332–333
19. Kayano S, Nakagawa M, Nagamatsu S et al. Why not perforator flap training models in rats? *J Plastic Reconstr Aesthetic Surg.* 2010; 63:e134–e135
20. Pafitanis G, Veljanoski D, Ghanen, A et al. Pork Belly: A simulation training model for intramuscular perforator dissection. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2018;6:e1674
21. Cooper L. Course review: cadaveric hand trauma course. 2017; *Ann Plast Surg* 78:611–612.
22. Ingraham JM, Weber RA 3rd, Weber RA (2010) How we teach tendon repairs outside the operating room. *Plast Reconstr Surg* 125:266e–e267
23. Bari AS, Woon CY, Pridgen B, Chang J (2012) Overcoming the learning curve: a curriculum-based model for teaching zone II flexor tendon repairs. *Plast Reconstr Surg.* 2012; 130:381–388.
24. Kamath J, Jayasheelan N, Sujir P. A simulator for nerve repair. *J Hand Surg Eur.* 2017; 42:960–961
25. Beth Grossman L, Komatsu DE, Badalamente MA et al. Microsurgical simulation exercise for surgical training. *J Surg Educ.* 2016; 73:116–120
26. Krähenbühl SM, Cvancara P, Stieglitz T et al. Return of the cadaver: Key role of anatomic dissection for plastic surgery resident training. 2017; *Medicine* 96:e7528.
27. Willis RE, Wiersch J, Adams AJ et al. Development and evaluation of a simulation model for microvascular anastomosis training. *J Reconstr Microsurg.* 2017; 33:493–501
28. Rodriguez JR, Yañez R, Cifuentes I et al. Microsurgery workout: a novel simulation training curriculum based on non-living models. *Plast Reconstr Surg.* 2016; 138:739e–e747
29. Evgeniou E, Tsironi M, Riley D. Improving fellowship training in microsurgery: a threshold concepts perspective on the curricula of fellowship programs. *J Reconstr Microsurg* 2015; 31:579–89.
30. Al-Bustani S, Halvorson E G. Status of microsurgical simulation training in plastic surgery. A survey of United States Program Directors. *Ann Plast Surg.* 2016; 76: 713–716.
31. Kennedy A-M, Carroll S, Traynor O, Gallagher AG. Assessing surgical skill using bench station models. *Plast Reconstr Surg.* 2008; 121:1869–1870
32. Cubison TCS, Clare T. Lasagne: a simple model to assess the practical skills of split-skin graft harvesting and meshing. *Br J Plast Surg.* 2002; 55:703–704
33. Whallett EJ, McGregor JC. An alternative model for teaching basic principles and surgical skills in plastic surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2011; 64:272–274
34. Esteban D, Fraga MF, Shimba LG et al. Basic plastic surgery training using human skin. *Plast Reconstr Surg.* 2009; 123:90e–92e
35. Ur R, Holmes JH, Johnson JE et al. Development of a burn escharotomy assessment tool. *J Burn Care Res.* 2016; 37:e140–e144.
36. Denadai R, Kiryloko L. Teaching basic plastic surgical skills on an alternative synthetic Bench model. *Aesthetic Surg J.* 2013; 33:458–461
37. Hassan Z, Hogg F, Graham K. A 3-dimensional model for teaching local flaps using porcine skin. *Ann Plast Surg.* 2014; 73:362–363
38. Dini PDGM, Dini GM, Gonella HA et al. Training rhinoseptoplasty, sinusectomy, and turbinectomy in an animal model. *Plast Reconstr Surg.* 2012; 130:224e–226e
39. Murabit A, Anzarut A, Kasrai L et al. Teaching ear reconstruction using an alloplastic carving model. *J Craniofac Surg.* 2010; 21:1719–1721
40. Bos EJ, Scholten T, Song Y et al. Developing a parametric ear model for auricular reconstruction: a new step towards patient-specific implants. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015 43:390–395
41. Kazan R, Courteau B, Cyr S et al. A novel mammoplasty part-task trainer for simulation of breast augmentation: description and evaluation. *Simul Healthc.* 2016; 11:60–64

42. Zucca-Matthes G, Lebovic G, Lyra M (2017) Mastotrainer new version: realistic simulator for training in breast surgery. *Breast* 31:82–84
43. Wang C, Chen L, Mu D et al. A low-cost simulator for training in endoscopic-assisted transaxillary dual-plane breast augmentation. *Ann Plast Surg* 2017; 79:525–528
44. Ji C, Li R, Liang W et al. Plasticine model: an useful surgical training in plastic surgery. *Aesthetic Plast Surg*. 2016; 40:174–181
45. Agha RA, Fowler AJ. The role and validity of surgical simulation. *Int Surg*; 2015; 100:350-357.
46. Aboud ET, Krisht AF, O’Keeffe T, et al. Novel simulation for training trauma surgeons. *J Trauma*. 2011 71:1484–1490
47. Delpech PO, Danion J, Oriot D, et al. SimLife a new model of simulation using a pulsated revascularized and reventilated cadaver for surgical education. *J Visc Surg* . 2017; 154:15–20
48. Bellier A, Chanet A, Belingheri P, et al. *Surg Radiol Anat SRA*. 2018; 40:439–448 <https://doi.org/10.1007/s00276-018-1997-1>
49. Liebert CA, Mazer L, Berekyei Merrell S, et al. Student perceptions of a simulation-based flipped classroom for the surgery clerkship: a mixed-methods study. *Surgery*. 2016; 160:591-598.
50. Linke R, Leichtle A, Sheikh F, et al. Assessment of skills using a virtual reality temporal bone surgery simulator. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2013; 33:273-81
51. Thomson JE, Poudrier G, Stranix JT, et al. *Arch Plast Surg*. 2018; 45:395-402. <https://doi.org/10.5999/aps.2017.01585>
52. Gosman A, Mann K, Reid CM, et al. Implementing assessment methods in plastic surgery. *Plast Reconstr Surg* 2016; 137:617e-623e.
53. Singh M, Ziolkowski N, Ramachandran S, et al. Development of a five-day basic microsurgery simulation training course: a cost analysis. *Arch Plast Surg* 2014;41:213-7.

## Simulación en Cirugía Ortopédica y Traumatología

Jesús López Morcillo

Hospital Universitario Virgen de las Nieves. Granada.  
Jefe de Servicio Cirugía Ortopédica y Traumatología.

En su libro titulado “Fundamentals of Surgical Simulation”, Gallagher and O’Sullivan<sup>1</sup> definen simulación como la imitación de una cosa real, el estado de alguna cosa o un proceso y describen una serie de características que son comunes a los modelos de simulación desde los usados en aviación a la medicina.

La adquisición de habilidades quirúrgicas es uno de los principales retos no solo en la formación de nuestra especialidad, también lo es al presentarse nuevas técnicas, así como el aumento de la complejidad de estas.

La formación se ha fundamentado, hasta la fecha, en la acumulación de horas de quirófano en casos reales, primero como ayudante y después como cirujano principal, bajo la supervisión del cirujano responsable de su formación<sup>2</sup>. Desde el punto de vista del paciente y de la ética ¿Cómo disminuir el riesgo inherente?, ¿cómo facilitar el aprendizaje y reducir el tiempo requerido para la adquisición de habilidades?<sup>3</sup>. Cada vez se está dando más importancia a la simulación, tanto en el entrenamiento quirúrgico como en la evaluación de la adquisición de competencias para una adecuada toma de decisiones<sup>4</sup> encaminada a conseguir una mejora en nuestra eficiencia y una disminución del número de errores en nuestra práctica.

Nuestra especialidad, con sus dos ramas bien diferenciadas, ha tenido un enorme progreso debido a la aparición de nuevos materiales, así como nuevas técnicas quirúrgicas que requieren de la simulación para la disminución del tiempo de aprendizaje, así como la mejora del rendimiento de estas. Además, la simulación añade calidad, seguridad y valor ya que mejora la eficiencia y disminuye las complicaciones<sup>5</sup>.

No obstante, la simulación es ideal para la formación especializada siendo necesario la integración de esta en la formación de los futuros especialistas como señala Gustafsson e identificando hasta 33 procedimientos que deberían ser integrados en el currículo de formación <sup>(6)</sup>.

La primera técnica de simulación en nuestra especialidad fueron las disecciones en cadáveres que nos permitió diseccionar planos, vías de abordaje, etc. Los modelos animales (ovino y canino) se iniciaron con los trabajos de la Asociación para la Osteosíntesis (AO) en la década de los años 50-60 del siglo pasado cuando se estudió la consolidación de las fracturas. Los primeros simuladores mecánicos, lo fueron en el campo de la Traumatología

cuando se inició el estudio de la estructura ósea y su resistencia. Igualmente se recrearon en el laboratorio distintos patrones de fracturas mediante la aplicación de distintas cargas, así como la dirección de las mismas en aras de la comprensión del mecanismo de producción de las lesiones, lo que posteriormente conllevó la generación de dispositivos que permitían la simulación de la reducción de estas<sup>7</sup>. Nada que ver con la cirugía robotizada de uso reciente para la implantación de prótesis de cadera y rodilla y que ha sido posible con el cambio en la tecnología de adquisición de imágenes en 3D.

Cuando en los años 60 el profesor Watanabe redescubre de la mano de su nuevo artroscopio la cirugía artroscopia de la rodilla, se inicia una de las ramas de la cirugía de nuestra especialidad más importante en la actualidad tanto por el volumen de técnicas quirúrgicas así como su aplicación a prácticamente todas las articulaciones sinoviales de nuestro cuerpo, evitando la apertura de las mismas lo que disminuye abrumadoramente el número de complicaciones y uno de los campos más amplios en la simulación médica de nuestra especialidad.

Actualmente existen múltiples opciones para la simulación en ortopedia, desde los modelos de cadáver, modelos protésicos, simuladores artroscópicos, Realidad virtual y herramientas de software en 3D.<sup>8</sup>

## 2. Aplicación de la Simulación en Ortopedia y Traumatología.

*2.1. Simulación en Toma de Decisiones.* En este tipo de simulación se trabajan fundamentalmente habilidades y competencias en entrevista clínica, en comunicación, de cuidados, prácticas basadas en evidencias, etc.

Utilizan modelos de paciente estandarizado o bien de profesional estandarizado como los programas OSCE (Examen Clínico Estructurado)<sup>9</sup> y que consiste entre 5 y 12 escenarios habituales en la práctica de nuestra especialidad y por los que debe pasar el entrevistado e interactuar con pacientes o cirujanos.

*2.2. Simuladores de Bajo costo o Complejidad<sup>10</sup>.* Desarrollados para adquirir habilidades psicomotrices básicas evitando el coste que suponen algunos de los simuladores avanzados. Dentro de estos podemos destacar:

- Modelos en silicona/plástico para entrenamiento en sutura y cuidados de heridas. Igualmente pueden utilizarse para el inicio de los conocimientos de la exploración ecográfica.
- Fantomas articulares dotados de sensores eléctricos y que permiten adquirir habilidades en la punción de estructuras anatómicas y que no pueden realizarse en pacientes.
- Simuladores Artroscópicos como el de Colaco<sup>11</sup> y López<sup>12</sup>
- Simuladores de Reducción de Fracturas con modelos de hueso artificial o sawbone (Mayne<sup>13</sup> y Egan<sup>14</sup>) y que han sido utilizados en toda la segunda mitad del siglo XX por su bajo coste, facilidad de almacenamiento y la ausencia de conflicto ético en su uso,

en contrapartida no tienen reproducen las capacidades hápticas del hueso y tejidos blandos perióseos.

*2.3. Cursos de Entrenamiento en habilidades quirúrgicas* con el objeto de familiarizarse con nuevos procedimientos, herramientas o nuevos materiales como los de Sonnadara<sup>15</sup> y Karam<sup>16</sup> y en los que se complementan el uso de cadáver y sawbone.

Los modelos más utilizados es el entrenamiento de la inserción de tornillos pediculares en la columna sobre modelo cadáver (Bergeson<sup>17</sup>) o los modelos de osteosíntesis con placa y tornillos a compresión en modelo animal (porcino y ovino), enclavado intramedular, etc<sup>18</sup>.

Dentro de este apartado existen modelos de simulación mixta, modelo cadáver y fantasmas en formato e-learning como el del CMAT/IAVANTE<sup>19</sup> dedicado a la infiltración tanto ciega como ecoguiada de estructuras articulares y periarticulares.

*2.4. Simulación en Artroscopia.* La artroscopia es uno de los procedimientos más utilizados en ortopedia con un aumento progresivo tanto de las indicaciones como de las técnicas utilizadas. Los beneficios de la técnica artroscópica están bien documentados, pero a cambio se precisa un tiempo largo de entrenamiento para adquirir las habilidades necesarias para su implementación<sup>20</sup>.

Además, este entrenamiento es particular ya que se requiere el entrenamiento propioceptivo y visual de una estructura tridimensional en una imagen en dos dimensiones para poder conseguir la deseada capacidad de “triangulación”.

La simulación en artroscopia tradicionalmente se ha realizado en modelo cadáver al que se han ido incorporando modelos sin capacidades hápticas como con capacidades hápticas y basados en realidad virtual (Insight Arthro VR, Symbionics USA)<sup>21</sup>.

*2.5. Simulación mediante Realidad Virtual.* Los avances tecnológicos fundamentalmente en la captura y procesamiento de imágenes en 3D, han permitido el uso de la simulación mediante realidad virtual desde la planificación preoperatoria hasta la asistencia dentro del tiempo quirúrgico<sup>22</sup>.

Aunque los simuladores no permiten un grado de realismo adecuado es de esperar que puedan incorporarse capacidades hápticas en un futuro muy cercano con los avances tecnológicos venideros.

Se ha criticado respecto al uso de simuladores sobre la capacidad de aprendizaje de las personas que lo usan y la aplicación de los conocimientos y habilidades adquiridas a la cirugía in vivo, pero datos recientes avalan su uso así como las habilidades adquiridas por las personas que los han usado (Agyeman)<sup>10</sup>.

En la tabla adjunta tomada de este autor se resumen los principales simuladores usados en Ortopedia y sus características.

Procedimiento	Fecha	Simulador	Intervención	Capacidades Hápticas
Artroscopia Tobillo	Martin 2015	Baja Complejidad	Habilidades en la realización	Si
Artroscopia Rodilla	Dwyer 2015	Sawbones y L. Cruzado Anterior	Reconstrucción lig. cruzado	Si
Artroscopia Hombro	Angelo 2015	Sawbones	Sutura manguito rotador	Si
Artroscopia Cadera	Philips 2017	Sawbones	Sutura Labrum	Si
	Khanduja 2017	Simbionix Arthro Mentor	Visualización cadera mediante Realidad Virtual	Si
Fractura Cadera	Blyth 2008	Bonedoc realidad Virtual	Osteosíntesis fractura cadera	No
	Sugand 2015	TraumaVision (SimBones AB)	Osteosíntesis fractura cadera con DHS	Si
	Rambani 2013	Sistema de navegación basado en intensificador de imágenes	Osteosíntesis fractura cadera con DHS.	No
	Nousiainen 2014	Navegador Brain Lab en modelo sawbones	Osteosíntesis Fractura cadera con diversos sistemas de fijación	No
	Froelich 2011	TraumaVision + Fluoroscopia computerizada	Osteosíntesis fractura cadera con DHS.	Si
Osteosíntesis Fracturas	Leblanc 2013	Simulador realidad Virtual	Osteosíntesis Fractura Cúbito	Si
Enclavado Intramedular Fémur	Sugand 2015	Software Realidad Virtual	Enclavado femoral	No
Inserción Tornillos pediculares	Xiang 2015	Softwar en 3D	Inserción tornillo en pedículo columna lumbar	No

2.6. *Simulación Cognitiva.* De nueva incorporación en la simulación quirúrgica en nuestra especialidad se define como el proceso mental de ensayar acciones sin movimiento físico y dónde se postula la mejoría y adquisición de habilidades quirúrgicas a través de la incorporación de habilidades cognitivas preoperatorias tal y como se usa en actividades deportivas de élite<sup>8</sup>. Aunque la evidencia de su efectividad aún es limitada, los resultados preliminares parecen prometedores.

A modo de conclusión y en una especialidad eminentemente quirúrgica como la nuestra, la simulación es imprescindible en una doble vertiente, la primera es el aprendizaje, haciendo éste más seguro y rápido ante el descenso de horas disponibles de trabajo, los costes derivados del aprendizaje, la necesidad de salvaguardar la seguridad del paciente así como el aumento de número de técnicas mínimamente invasivas y que redundará en profesionales mejor formados y con una mayor seguridad en su ámbito de trabajo.

La segunda vertiente y derivado del carácter instrumental de nuestra especialidad, la simulación nos es útil para la elección del implante y la adecuada colocación de estos ya que de ello depende en gran medida el resultado a largo plazo y la supervivencia de los mismos.

La simulación en ortopedia irá ganando espacio conforme los avances técnicos lo permitan y queda un gran campo de investigación sobre el diseño de herramientas que permitan medir la adquisición de las habilidades quirúrgicas.

El futuro posiblemente no será la simulación sino el uso de tecnología que irá, no solo enseñándonos, sino incluso sustituyéndonos como empiezan a hacer distintos modelos de robots.

#### Bibliografía

1. Gallagher AG, O'Sullivan GC. *Fundamentals of Surgical Simulation: Principles and Practice*. London: Springer-Verlag; 2012.
2. Engels PT, de Gara C: Learning styles of medical students, general surgery residents, and general surgeons: Implications for surgical education. *BMC Med Educ* 2010;10:5
3. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. *To Err Is Human: Building a Safer Health System*. Washington, DC: National Academy Press; 2000:196–197.
4. Issenberg SB, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*. July 3, 2009;27(1):10–28.
5. Donald S. Bae, MD. Simulation in Pediatric Orthopaedic Surgery. *J Pediatr Orthop* 2015;35:S26–S29.
6. Amandus Gustafsson, MD, Bjarke Viberg, MD, PhD, Charlotte Paltved, MD, Henrik Palm, MD, DMSc., Lars Konge, MD, PhD, and Leizl Joy Nayahangan, RN, MHCM. Identifying Technical Procedures in Orthopaedic Surgery and Traumatology that should be integrated in a Simulation-Based Curriculum. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101:e108(1-10)
7. The AO Foundation [<https://www.aofoundation.org/Structure/the-aofoundation/Pages/the-foundation.aspx>]
8. Stirling et al. Surgical skills simulation in trauma and orthopaedic training. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* (2014) 9:126 DOI 10.1186/s13018-014-0126-z
9. Donna Phillips, MD, Joseph D. Zuckerman, MD, Eric J. Strauss, MD, Kenneth A. Egol, MD. Structured Clinical Examinations: A Guide to Development and Implementation in Orthopaedic Residency. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21:592-600 <http://dx.doi.org/10.5435/JAAOS-21-10-592>
10. Agyeman KD y cols. Innovation in Orthopaedic Surgery Education: Novel Tools for Modern Times. *J Am Acad Orthop Surg* 2020;28: e782-e792 DOI: 10.5435/JAAOS-D-19-00411

11. Colaco HB, Hughes K, Pearse E, Arnander M, Tennent D: Construct validity, assessment of the learning curve, and experience of using a low-cost arthroscopic surgical simulator. *J Surg Educ* 2017;74:47-54.
12. Lopez G, Wright R, Martin D, Jung J, Bracey D, Gupta R: A cost-effective junior resident training and assessment simulator for orthopaedic surgical skills via fundamentals of orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97:659-666.
13. Mayne IP, Brydges R, Moktar J, Murnaghan ML: Development and assessment of a distal radial fracture model as a clinical teaching tool. *J Bone Joint Surg Am* 2016;98:410-416.
14. Egan C, Egan R, Curran P, Bryan K, Fleming P: Development of a model for teaching manipulation of a distal radial fracture. *J Bone Joint Surgery Am* 2013;95: 433-438.
15. Sonnadara RR, Van Vliet A, Safir O, et al: Orthopedic boot camp: Examining the effectiveness of an intensive surgical skills course. *Surgery* 2011;149(6):745-749.
16. Karam MD, Westerlind B, Anderson DD, Marsh JL; UI Orthopaedic Surgical Skills Training Committee: Development of an orthopaedic surgical skills curriculum for post-graduate year one resident learners the University of Iowa experience. *Iowa Orthop J* 2013;33:178-184.
17. Bergeson RK, Schwend RM, DeLucia T, Silva SR, Smith JE, Avilucea FR: How accurately do novice surgeons place thoracic pedicle screws with the free hand technique? *Spine (Phila Pa 1976)* 2008, 33(15):E501-E507
18. Leong JJ, Leff DR, Das A, et al: Validation of orthopaedic bench models for trauma surgery. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90(7):958-965.
19. López Morcillo J., Garcia Montes I, Plan Andaluz del Dolor, módulo de infiltraciones articulares y periarticulares. CMAT/IAVANTE. Consejería de Salud 2016.
20. Tay C, Khajuria A, Gupte C: Simulation training: a systematic review of simulation in arthroscopy and proposal of a new competency-based training framework. *Int J Surg* 2014, 12(6):626-633.
21. Atesok K, Mabrey JD, Jazrawi LM, Egol KA: Surgical simulation in orthopaedic skills training. *J Am Acad Orthop Surg* 2012, 20(7):410-422.
22. Atesok K, Satava RM, Marsh JL, Hurwitz SR: Measuring surgical skills in simulation based training. *J Am Acad Orthop Surg* 2017;25:665-672.

## Simulación Clínica en Cirugía de Tórax

Florencio Quero<sup>1</sup>, Inmaculada Piedra<sup>1</sup> y Francisco Hernández<sup>1</sup>.

Hospital Universitario Virgen de las Nieves de Granada. Servicio de Cirugía Torácica.

Ya en 2017, tanto la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular como la Comisión Nacional de la Especialidad de Cirugía Cardiovascular determinaron explícitamente la necesidad de la formación mediante metodologías de simulación en la cirugía torácica en un artículo-editorial titulado *“Entrenamiento basado en la simulación: un cambio necesario en la formación de nuestra especialidad”*<sup>1</sup>.

Los grandes beneficios de la aplicación de los modelos de simulación, en general, son de sobra conocidos por los profesionales sanitarios. Sin duda, se trata de una revolución que ha permitido adquirir competencias y habilidades en entornos seguros sin riesgo para los pacientes sometidos a dichas técnicas. En referencia a la simulación quirúrgica, en opinión de Centella y Hornero los principales objetivos de la incorporación de la simulación en el entorno quirúrgico, son<sup>1</sup>:

1. Facilitar la exposición del profesional a procedimientos reales, entrenándole en la toma de decisiones desde el punto de vista cognitivo y de trabajo y colaboración en equipo.
2. Implementar la adquisición de habilidades y destrezas técnicas disminuyendo así el tiempo de la curva de aprendizaje y mejorando el resultado técnico final.
3. Complementar el aprendizaje en enfermedades de baja prevalencia, en las cuales resultaría casi imposible adquirir las competencias necesarias para su manejo y dominio con garantías.
4. La adaptación personal en el entrenamiento progresivo, pudiendo ajustar las fases de dicho entrenamiento y emplear el tiempo necesario en cada caso para la adquisición de cada competencia.
5. La posibilidad de realizar exámenes clínicos objetivos y estructurados como parte importante de la evaluación de los residentes o en la acreditación de la formación continuada de los profesionales.
6. Disminuir los errores en la práctica sanitaria, las complicaciones y los eventos derivados de la práctica asistencial de una medicina cada vez más compleja.

En el campo de la Cirugía Torácica, los modelos de simulación pueden ayudar a un desarrollo más rápido en el aprendizaje de las técnicas quirúrgicas. El aprendizaje mediante simulación se realiza a partir de diferentes modelos quirúrgicos que permiten, por un lado, adquirir un nivel de competencia necesarios y por otro garantizar la seguridad del paciente, evitando los errores inherentes al proceso de aprendizaje<sup>2,3</sup>.

Además, permiten diseñar itinerarios formativos adaptados, aceleran y estimulan el proceso de aprendizaje, permiten estandarizar el mismo y aportan mayor eficiencia a los servicios clínicos<sup>2-4</sup>.

- Metodologías de Simulación

La clasificación de los modelos de simulación no difiere de la empleada en otras especialidades, pudiendo agruparse por el grado de exactitud en la reproducción de la realidad (baja fidelidad, fidelidad intermedia o alta fidelidad)<sup>5</sup>, o por el tipo de modelos utilizados (simuladores parciales, virtuales, o completos)<sup>6,7</sup>.

En los últimos años se han desarrollado numerosos simuladores para intervenciones quirúrgicas abiertas, VATS o robóticas con especial desarrollo de éstas últimas<sup>4,5</sup>. Aunque debido a las características anatómicas de trabajo en la especialidad, son los modelos animales los más utilizados por la fidelidad y la capacidad de trabajo vascular y hemostático, a continuación, vamos a referirnos a todos aquellos que puedan ser de utilidad, en diferentes momentos del entrenamiento en cirugía torácica.

### *1. Aprendizaje del cirujano torácico con modelo biológico*

Es el método de simulación más utilizado en Cirugía Torácica hasta el momento. Este modelo, ha demostrado una gran fidelidad y validez a lo largo de diferentes estudios<sup>4</sup>. Los modelos anatómicos más utilizados para el entrenamiento, con evidentes diferencias anatómicas entre ellos son el porcino, el bovino y el modelo cadáver humano.

Los modelos animales, permiten practicar todos los pasos quirúrgicos como en una intervención estándar. Además, el control hemostático, así como los movimientos respiratorios y cardíacos recrean un entorno quirúrgico completamente realista, que requiere las mismas medidas de control -y posibilita los mismos errores- que en una cirugía real en humano.

El modelo porcino, se ha postulado como especialmente útil en técnicas toracoscópicas, diagnósticas y terapéuticas, como la neumonectomía o timectomía totales con precisión y seguridad. Además, considerando las diferencias anatómicas entre el cerdo y el ser humano, también permite la disección aórtica con arteriotomía, pericardiectomía, clampaje de vasos coronarios, ligadura del conducto arterioso, neumonectomía, disección esofágica y esofagectomía, biopsia de ganglios linfáticos torácicos, ligadura del conducto torácico, discectomía total, creación de hernias diafragmáticas y herniorrafia y la toma de biopsias de diversos órganos, como el pulmón o el timo<sup>8,9</sup>.

Si bien el modelo óvido es de elección por la facilidad de manejo de los animales al tratarse de individuos muy pacíficos, las características anatómicas, sobre todo por la rumia, pueden generar dificultades añadidas durante la inducción anestésica<sup>10</sup>.

El cadáver, preferentemente con preservación “*Thiel Soft Fix*” mediante la cual se logra una preservación prolongada del cadáver sin los efectos tóxicos del formaldehído y conservando casi en su totalidad la textura de los tejidos in vivo, es otro de los modelos de

elección. Si bien, evidentemente, carece de movimiento cardíaco y respiratorio, y no permite, per se, la gestión hemostática, es posible incorporarles relleno vascular mediante la canalización de los vasos pulmonares<sup>11,12</sup>.

Sin embargo, a pesar que se trata de los modelos de mayor fidelidad, también presentan inconvenientes que dificultan el trabajo con ellos, como los elevados costos y una disponibilidad limitada<sup>4,12</sup>. En relación al trabajo con cadáveres, hay pocos centros que permitan el mismo en condiciones de calidad suficiente para un trabajo que se nutre de hitos anatómicos que deben encontrarse en la mejor de las condiciones.

El trabajo con modelos animales, es aún más complejo. Además de las condiciones legales bioéticas que rodean el trabajo con animal de experimentación, es preciso añadir la necesidad de mantenimiento anestésico y analgésico del animal, evitando cualquier tipo de sufrimiento. Además, el mantenimiento del mismo debe garantizar que el animal se encuentre con vida durante la intervención, que puede llegar a ser especialmente agresiva en algún entrenamiento y provocar el fallecimiento del mismo. Por este motivo, es especialmente importante contar con un equipo experimentado y un diseño formativo adaptado a las técnicas a realizar y que permita continuar la formación, en cualquier caso.

Existen varios centros de simulación en España con capacidad para ofertar formación específica con estos modelos, siendo los más reconocidos el Centro de Simulación Clínica Avanzada de Iavante en Granada o el Centro Jesús Usón en Cáceres.



Figura 1. Modelo biológico ovino para lobectomía VATS. Iavante Granada

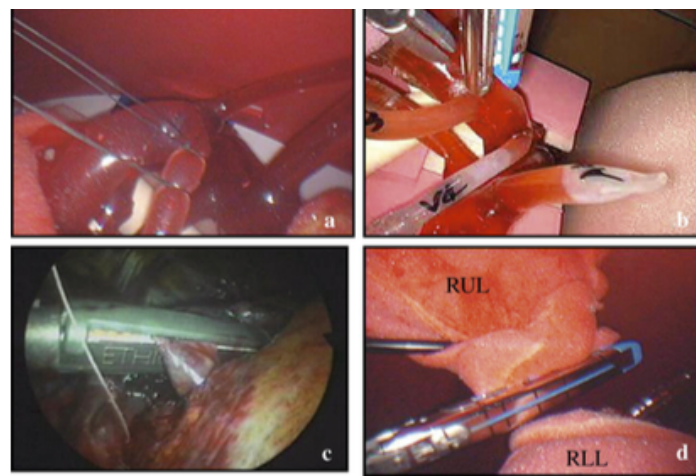
## *2.- Modelos de banco simples*

Existen varios modelos que, con baja o intermedia fidelidad, pueden aplicarse de forma específica en Cirugía Torácica. Si bien algunos de ellos se encuentran aún en fase de validación y desarrollo, es posible encontrar desde modelos muy básicos para el entrenamiento en la resección de bullas a otros más interesantes para el aprendizaje de la lobectomía pulmonar mediante abordaje abierto o videotoracoscópico<sup>2,4</sup>.

Este tipo de simuladores son de gran utilidad en las primeras fases del aprendizaje, ya que poseen una disponibilidad permanente y son muy económicos frente a otros modelos más

complejos. Sin embargo, presentan una baja validez aparente, menor parecido a la realidad y los pasos realizados no son iguales a los realizados en procedimiento real<sup>4,14</sup>. Es decir, su utilidad se restringe a las primeras fases del entrenamiento o a la adquisición de habilidades simples.

Estos modelos son diseñados con un propósito de habilidad específico, en lugar de hacerse de forma generalista. Por ejemplo, uno de los modelos más conocidos fue realizado por Iwasaki et al.<sup>15</sup>, quien diseñó un modelo de banco que consta de vasos pulmonares pulsátiles reemplazables y parénquima pulmonar de poliuretano dentro de un tórax. Sato et al.<sup>16</sup>, por su parte, describió un modelo que contiene pulmones de hidrogel polivinílico en una caja torácica artificial.



**Iwasaki A et al. Interact CardioVasc Thorac Surg  
2003;2:697-701**

Figura 2. Modelo de banco para lobectomía de Iwasaki A. et al.  
- *La impresión 3D en la formación quirúrgica*

Este tipo de formación consiste en la creación, mediante impresoras 3D, de diferentes estructuras anatómicas a las que se les anexa estructuras de otros materiales, e incluso orgánicas, permitiendo abordajes de baja complejidad de una forma relativamente sencilla.

Este modelo, ya ha sido utilizado por la Sociedad Española de Cirugía Torácica (SECT) para el entrenamiento de especialistas de toda España en la realización de procedimientos quirúrgicos, especialmente en broncoplastias y angioplastias.

Estos modelos de impresiones tridimensionales son una importante herramienta de práctica y de entrenamiento, ya que permite trabajar sobre una caja torácica o sus órganos reproduciendo diferentes técnicas de resección y reconstrucción. El parecido presenta un nivel elevado y el coste es bajo<sup>17</sup>.



Figura 3. Modelo de caja torácica para formación de la SECT

No obstante, y a pesar de todas las mejoras tecnológicas (como los sistemas que simulan el latido cardíaco o la circulación sanguínea), no hay un modelo que simule a la perfección un tejido vivo, ni una intervención quirúrgica en un paciente real, lo que hace que los modelos con parte física tengan una limitación de base evidente y que no sea posible entrenar técnicas complejas, o que requieran control sanguíneo y hemostasia, en los mismos.

### *3. Simuladores virtuales*

Este tipo de simuladores son los que más interés están suscitando en el campo de la Cirugía Torácica<sup>2,3,18-20</sup>. Se han desarrollado varios modelos con diferente fidelidad y complejidad, incluyendo el simulador integrado en los nuevos modelos del Sistema “Da Vinci”.

Los modelos más conocidos son los de Solomon et al. que describieron un modelo de realidad virtual para la práctica de una lobectomía superior derecha mediante VATS<sup>18</sup>. Jensen et al. basándose en un *software* de laparoscopia, desarrollaron un modelo de lobectomía VATS<sup>20</sup>. Whittaker G et al. han desarrollado un simulador de lobectomía robótica con gran sensación de realidad<sup>19</sup>.

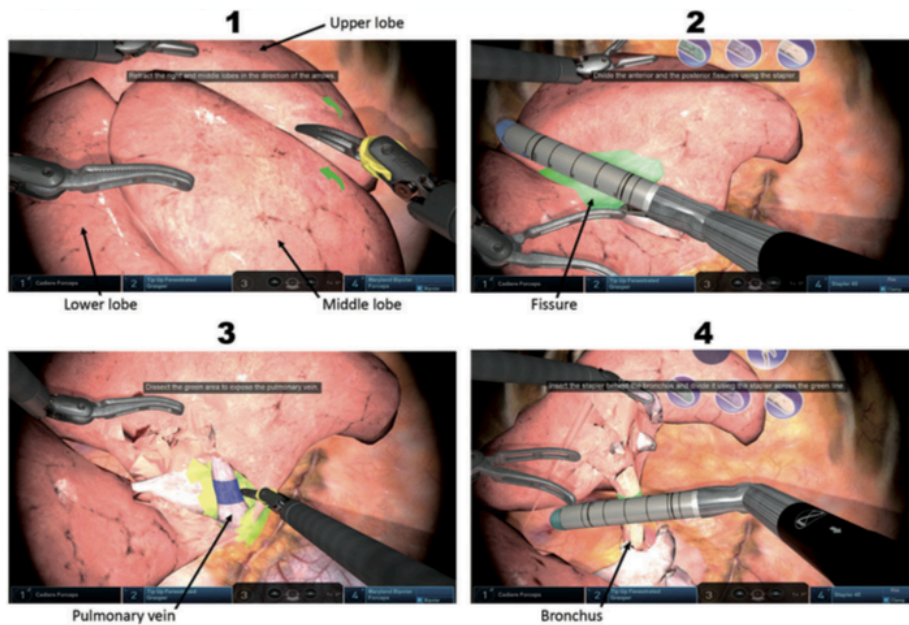


Figura 4. Simulador virtual para lobectomía robótica de Whittaker G, et al.

La validez de contenido en estos simuladores es especialmente útil para evaluar la exactitud con los pasos en una intervención real. Por este motivo, su utilidad real dependerá de su similitud con la intervención quirúrgica real y su capacidad de generar un entorno simulado envolvente. Sin embargo, son escasos por el momento los estudios existentes para demostrar su confiabilidad y validez a fin de garantizar su utilidad real<sup>4,17,21</sup>.

El modelo de simulación ideal para cirugía torácica deberá recoger los diferentes métodos de enseñanza que disponemos aunando las ventajas de cada uno de ellos, sin descartar la asociación de diferentes modelos dependiendo la fase de aprendizaje.



Figura 5. Aprendizaje en sistema Da Vinci xi

Simuladores en cirugía torácica	Tipo	Ventajas	Desventajas
Modelo Biológico	Modelo anatómico animal o cadáver	Gran realidad. Fidelidad y validez	Costo elevado Escasa disponibilidad
Modelo de banco simple	Modelo físico simple. Tareas concretas.	Bajo coste Maniobras sencillas	Poca fidelidad. Solo aprendizaje inicial
Realidad Virtual	Basado en un entorno totalmente virtual	Permite variación de situaciones y complejas. Fácilmente reproducible Entrenamiento individual o en equipo	Alto coste inicial Debe mejorar la sensación de realidad

○ Conclusiones

Los simuladores quirúrgicos son una herramienta esencial para la formación, desarrollo y práctica de nuevas técnicas quirúrgicas en un ambiente de seguridad.

Existen numerosos dispositivos para la simulación quirúrgica en cirugía torácica, incluyendo tanto modelos biológicos como virtuales que facilitan la adquisición y desarrollo de competencias de habilidad quirúrgica en cirugía torácica.

## Bibliografía

1. Centella, T., & Hornero, F. (2017). Entrenamiento basado en la simulación: un cambio necesario en la formación de nuestra especialidad. *Cir Cardiovasc*, 187-189.
2. Gato P, Corral JM, Vicente SI et al. Simuladores en Cirugía Torácica: actualización *Rev Patol Respir*. 2016;19: 96-100
3. Piedra-Fernández J.A., Ojeda-Castelo, J.J., Quero-Valenzuela F. et al. Virtual environment for the training of the hands in minimally invasive thoracic surgery. *IEEE Xplore* 2016.
4. Nashaat A, Sidhu HS, Yatham S, Al-Azzawi M, Preece R. Simulation training for lobectomy: a review of current literature and future directions. *Eur J Cardiothorac Surg* 2019;55:386-94.
5. Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high- fidelity simulation-a continuum of medical education? *Med Educ*. 2003;37 Suppl 1:22-8.
6. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: An ethical imperative. *Acad Med*. 2003;78:783-8.
7. Corveto M, Pía Bravo M, Montaña R, Utili F, Escudero E, Boza C, et al. Simulación en educación médica: una sinopsis. *Rev Med Chile*. 2013;141:70-9
8. Soto, A. M. S. (2005). El cerdo como modelo animal en toracoscopia: aplicaciones en cirugía veterinaria (Doctoral dissertation, Universidad de León).
9. García Borda, F. J., Hernández García-Gallardo, D., Ferrero Herrero, E., Vivas López, A., Rodríguez Cuéllar, E., & Labalde Martínez, M. (2019). Toracoscopia en el cerdo: referencias en el tórax: creación del neumotórax. *Toracoscopia en el cerdo: referencias en el tórax: creación del neumotórax*, 55-58.
10. Escribano, J. G. (2007). Los animales de experimentación y las técnicas endovasculares. *Sanidad militar: revista de sanidad de las Fuerzas Armadas de España*, 63(3), 200-204.
11. Stevens LM, Cooper JB, Raemer DB, et al. Educational program in crisis management for cardiac surgery teams including high realism simulation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012; 144: 17-24.
12. Thiel W. Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach W. Thiel [Supplement to the conservation of an entire cadaver according to W. Thiel]. *Ann Anat*. 2002;184(3):267-9.
13. Dell'Amore A, Schiavon M, Boscolo-Berto R, Pangoni A, De Caro R, Rea F. Video-assisted thoracic surgery lobectomy simulation and training with a new human cadaver model. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2020 Jul 6;2020.
14. Carter YM, Marshall MB. Open lobectomy simulator is an effective tool for teaching thoracic surgical skills. *Ann Thorac Surg*. 2009; 87: 1546-50; discussion 51.
15. Iwasaki A, Moriyama S, Shirakusa T. New trainer for video- assisted thoracic surgery lobectomy. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2008; 56: 32-6.
16. Sato T, Morikawa T. Video-assisted thoracoscopic surgery training with a polyvinyl-alcohol hydrogel model mimicking real tissue. *J Vis Surg*. 2017 May 4;3:65.
17. Akiba T, Morikawa T, Ohki T. Simulation of thoracoscopic surgery using 3-dimensional tailor-made virtual lung. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012; 143: 1232-4.
18. Solomon B, Bizekis C, Dellis SL, et al. Simulating video-assisted thoracoscopic lobectomy: a virtual reality cognitive task simulation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011; 141: 249-55.
19. Whittaker G, Aydin A, Raveendran S, Dar F, Dasgupta P, Ahmed K. Validity assessment of a simulation module for robot-assisted thoracic lobectomy. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2019 ;27(1):23-29.
20. Jensen K, Bjerrum F, Hansen HJ, et al. New possibility in thoracoscopic virtual reality simulation training: development and testing of a novel virtual reality simulator for video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy. *Interact Cardiovasc Thoracic Surg*. 2015; 21: 420-6.
21. Tesche LJ, Feins RH, Dedmon MM, et al. Simulation experience enhances medical students interest in cardiothoracic surgery. *Ann Thorac Surg*. 2010; 90: 1967-73; discussion 73-4.
- 22.

## Simulación Clínica en Cirugía Pediátrica

María Díaz<sup>1</sup> y Néstor M. Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Cirugía Pediátrica

<sup>2</sup>Hospital Regional Universitario de Málaga. Urología

- Historia de la simulación en cirugía pediátrica y necesidades actuales

*Oigo y me olvido, veo y recuerdo, hago y entiendo. Confucio*

Desde que en el año 2000 se publicó *To err is human*<sup>1</sup>, informe en el que se describe como en Estados Unidos hasta 98000 pacientes fallecían al año por errores en hospitales (más que por accidentes de coche, cáncer de mama o SIDA), se puso en evidencia la importancia de la formación de los profesionales de la salud para mejorar la seguridad del paciente, poniendo el foco en la autocrítica (aprender de nuestros errores) y presuponiendo que el problema no es que haya malos profesionales, si no buenos profesionales trabajando en un sistema mal organizado.

Si bien hay reportes a lo largo de la historia sobre simulación aplicada a la ciencia de la salud, es en 1931 cuando Edward Albert Link desarrolla la patente de su primer simulador de vuelo, del que posteriormente será utilizado en masa para la formación de pilotos en la Segunda Guerra Mundial<sup>2</sup>, desde entonces se afianzó la simulación como un modelo de enseñanza quirúrgico<sup>3</sup>.

La cirugía pediátrica se desarrolló en sus inicios ligada a la cirugía general, de manera que históricamente las técnicas de simulación aplicadas a la cirugía general son extrapolables a la cirugía pediátrica<sup>4</sup>, sin embargo, debemos tener en cuenta varios aspectos como son:  
-El amplio campo de acción de la cirugía pediátrica: nuestra especialidad abarca la vía aérea y el tórax, el abdomen, la urología y la cirugía plástica de los pacientes recién nacidos hasta los 14 años.

La variabilidad de los pacientes: los pacientes pediátricos tienen necesidades anestésicas y quirúrgicas distintas de las del paciente adulto, y muy particularmente el paciente neonatal precisa un manejo exquisito a nivel intrahospitalario.

En lo que respecta a la laparoscopia pediátrica<sup>5</sup>, se considera a Gans como precursor en 1969. Más tarde se hace una revisión extensa de los avances de endoscopia en el niño, detallada por Gans y Berci en 1971, que comunican sobre los distintos avances de la técnica en este grupo de edad. En 1974 Cognat reporta sobre 60 casos de peritoneoscopia pélvica, con exploraciones en los pacientes más jóvenes, hasta los 6 meses de edad. Desde

entonces, la evolución de la laparoscopia fue ganando popularidad hasta la explosión ocurrida a principios de los años 90 con un desarrollo global de la cirugía laparoscópica.

En España, los hospitales “El Niño Jesús” (Madrid, L. De Mingo), “La Paz” (Madrid, P. Olivares), “Valle de Hebron” (Barcelona, J. Broto, C. Marhuenda), “12 de Octubre” (Madrid, F.J. Berchi), y otros cirujanos como Obiol (Sabadell) o Ribó (Badalona) se suman a este gran avance mundial de la cirugía mínimamente invasiva. Así pues, en 1994 se organiza el Grupo Español de Endocirugía Pediátrica (GEEP) fundado en Barcelona y cuyos pioneros fueron los Dres. Broto, Berchi, Marhuenda, Mingo, Obiols, Blanco, Olivares y Ribó.

Desde entonces la cirugía mínima invasiva está en continua expansión, y esto nos lleva incluir un programa estructurado en la formación del residente como existe en otros países<sup>6</sup>, en el que se estructura una formación técnica con perfil eminentemente laparoscópico y un perfil no técnico, en el que se forma al residente en la prevención de errores en quirófano sin olvidar la formación continuada para el especialista.

Al ser una especialidad tan amplia es necesario manejar principios quirúrgicos básicos extrapolables a todas las patologías prevalentes, algunas de las cuales será necesario manejar desde residente, mientras que otras precisan perfeccionamiento con los años. Es por esto necesario que existan métodos de evaluación que midan el impacto que puede tener un sistema organizado de simulación <sup>7</sup> para objetivar el perfeccionamiento durante la residencia en técnicas como:

- Apendicectomía laparoscópica
- Resolución torsión ovario
- Tratamiento del mal descenso testicular con testes intraabdominales
- Tratamiento varicocele
- Toracoscopia básica

Mientras que como adjunto debe haber un perfeccionamiento y total manejo de:

- Antirreflujo laparoscópico, cirugía bariátrica
- Resolución de procesos hepáticos: Colectomía, hepatectomías, portoenteroanastomosis
- Heminefrectomías, enterocistoplastia
- Toracoscopia avanzada
- Tratamiento de atresias intestinales, quistes de duplicación, divertículo de Meckel

La incorporación de programas de simulación y experimentación con animales vivos en el programa formativo del residente permite mejoría de la formación técnica, una disminución de la curva de aprendizaje y un aumento en la competencia en la toma de decisiones, de forma que se consigue mejorar la seguridad de los pacientes <sup>8</sup>.

- Metodologías de simulación susceptibles de aplicar

La práctica de la cirugía de mínima invasión necesita que el aprendizaje sea estructurado y progresivo <sup>9</sup>:

-En el primer nivel se adquieren habilidades básicas en simulador comenzando por un *pelvic trainer* con ejercicios básicos para el aprendizaje de la coordinación mano-vista, técnicas de anudado, coagulación, corte y disección para después iniciar entrenamiento en técnicas de sutura, de forma que la repetición de los ejercicios consolide las habilidades <sup>10</sup>. Una vez iniciada esta etapa del aprendizaje se puede avanzar a un simulador digital para el perfeccionamiento. El progreso de la realidad virtual permite que aumente la competencia en la toma de decisiones anticipando eventuales complicaciones.

-En el siguiente nivel se desarrollan técnicas quirúrgicas específicas en modelos animales, siempre cumpliendo con la normativa vigente <sup>11</sup>.

-En el último nivel el alumno asentará conocimientos en contacto con su tutor, mediante telemedicina y telementorización, antes de aplicar lo aprendido en el paciente, siempre con supervisión experimentada.

### *¿Qué modelo animal se pueden usar en experimentación en cirugía pediátrica?*

El uso de modelo animal en la simulación en cirugía pediátrica debe seguir el uso de las 3R <sup>11</sup>: Principio de reemplazo, reducción y refinamiento de manera que:

1. Se utilizarán siempre que sea posible, en lugar de un procedimiento, métodos o estrategias de ensayo científicamente satisfactorios que no conlleven la utilización de animales vivos.
2. El número de animales utilizados se reducirá al mínimo siempre que ello no comprometa los objetivos del proyecto.
3. Las actividades relacionadas con la cría, el alojamiento y los cuidados, así como los métodos utilizados en procedimientos, se refinarán tanto como sea posible para eliminar o reducir al mínimo cualquier posible dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero a los animales.

Ratas: se pueden realizar disecciones y microanastomosis permitiendo familiarizarse con el empleo de gafas de aumento y material de microsutura, cuyo manejo será muy útil en el pediatría<sup>12</sup>.

Cerdo: es un animal accesible y de gran semejanza anatómica con el ser humano<sup>13</sup>. Aquellos con peso de unos 15 kg son ideales para simular las técnicas a realizar en cirugía pediátrica. Además, es un animal domesticable, de crecimiento rápido y reproducción numerosa, lo que lo hace fácilmente disponible para su adquisición. Permite el entrenamiento en múltiples técnicas, digestivas, urológicas, ginecológicas, así como simulación de traumatismos o colocación de accesos venosos y arteriales.

Conejo: constituye un animal de fácil crianza y mantenimiento, de bajo costo y de alta disponibilidad en nuestro medio que, por su tamaño, puede simular las mismas condiciones que encontraría el cirujano pediátrico. Si bien no es el modelo ideal para realizar colecistectomías o antirreflujos, se puede practicar adecuadamente apendicectomías, ooforectomías o anastomosis intestinales <sup>14</sup>.

- Aplicando la simulación

Si bien la cirugía laparoscópica es el campo que precisa más formación en nuestra especialidad, no es el único en el que la simulación puede jugar un papel importante, puesto que el especialista en formación de cirugía pediátrica precisará también entrenamiento con microscopio para aprendizaje de microcirugía, así como formación para la realización de endoscopias y fibrobronoscopias sin olvidar la formación avanzada en reanimación cardio pulmonar o en atención inicial al paciente politraumatizado.

- Laparoscopia

El desarrollo global de la cirugía mínimamente invasiva permite que exista consenso y amplia experiencia en procesos que afectan nuestras subespecialidades:

- *Cirugía Torácica*: realización de toracoscopias para empiemas, resecciones pulmonares, simpatectomías, tratamiento de bullas o de malformaciones de la vía aérea pulmonar (MVAP) así como de herniorrafias diafragmáticas en caso de hernia diafragmática o anastomosis esofágica en pacientes con atresia de esófago.
- *Cirugía Digestiva*: apendicectomías, antirreflujo laparoscópico, o cirugía bariátrica, resección intestinal y anastomosis en procesos como quistes de duplicación, divertículo de Meckel, atresias intestinales. Procesos sobre el hígado como portoenteroanastomosis de Kasai, coledocoyeyunostomías, o hepatectomias.
- *Cirugía Urológica*: heminefrectomías y nefrectomías laparoscópicas, tratamiento del varicocele y orquidopexia, reimplante ureteral, procesos endourológicos (dilatación ureteral, colocación de catéter doble J), enterocistoplastia
- Vía Digestiva: entrenamiento en realización de endoscopias digestivas altas para extracción de cuerpos extraños esofágicos y gástricos, colocación de gastrostomía endoscópica percutánea o sondas gastroyeyunales, realización de colonoscopias para procesos diagnósticos y terapéuticos.
- Vía Aérea: fibrobroncoscopia diagnóstica y terapéutica.
- Atención inicial al trauma pediátrico y reanimación cardiopulmonar. El cirujano pediátrico se debe entrenar en situaciones de simulación especiales como son los pacientes politraumatizados o en parada, para realizar una coordinación óptima del manejo inicial. Para esto es fundamental el entrenamiento en la colocación de accesos vasculares periféricos y centrales <sup>15</sup>.

*Perspectivas futuras.* Podemos decir que el futuro está ya aquí; el desarrollo de tecnología 4k, modelos robóticos, realidad aumentada y virtual está permitiendo una democratización de la cirugía mínimamente invasiva. Dada la variabilidad de patología y de pacientes que abarca nuestra especialidad es necesario individualizar cada caso, pues si bien el uso del robot Da Vinci está en expansión por sus grandes ventajas (menor curva de aprendizaje, visión 3 D...) no es aplicable en algunos casos por su tamaño y limitación de

tamaño y movimientos <sup>16</sup>. Por el contrario, la laparoscopia se ve cada vez más reforzada por la comercialización progresiva de material de 3mm adaptado a los pacientes más pequeños y la posibilidad de visión en tres dimensiones.

Especial mención merece el verde de indocianina (indocyanine Green-ICG) que es un tinte fluorescente desarrollado por Kodak para uso fotográfico. En 1959 fue aprobado por la FDA (Food and Drugs Administration) y desde entonces se han reportado efectos adversos menores al 0,01%, por lo que su seguridad está más que demostrada. Presenta una absorción pico espectral en torno a los 800 nm, por lo tanto se puede ver con luz cercana a infrarrojo en la ventana entre 700 y 900 nm (NIR (near infrared) window)<sup>17</sup>. Es un anión orgánico de excreción exclusivamente hepática sin presentar biotransformación ni recirculación hepática. Es transportado en el hígado por las proteínas OATP y NTCP <sup>18</sup>, y en los vasos se une a las lipoproteínas plasmáticas. Existen diferentes preparados y en general va unido a sales de sodio acompañado de un 5% de sales yodadas. Tiene una penetrancia en los tejidos de unos 5-10 mm<sup>19</sup> por lo que su uso en lesiones más profundas puede dar lugar a falsos negativos. Es accesible y fácil de administrar, siendo múltiples sus usos en cirugía pediátrica y por tanto aplicable a simulación en modelo animal:

- Cirugía Digestiva
- *Vía biliar:* en la colecistectomía laparoscópica durante la disección en el triángulo de calot se ha descrito lesión del conducto colédoco (0,3-0,7%)<sup>20</sup>. La inyección de ICG permite una correcta identificación de la anatomía, así como de eventuales variantes anatómicas y sustituye al uso de colangiografía, disminuyendo por tanto la radiación. En la atresia de vía biliar permite valorar en tiempo real la efectividad de la intervención. La dosis propuesta por la Universidad de California para este uso es de 0,25mg/kg vía iv 45 minutos antes de la intervención, permitiendo la visualización hasta 5 horas después.

Limitaciones: imposibilidad de visualizar conductos biliares cuando hay 5-10 mm grasa, tejido neoplásico, inflamatorio o parénquima. Tampoco se puede usar para la vía biliar intrahepática.

- *Otros usos intestinales:* permite comprobar perfusión en anastomosis e identificar tumores digestivos o linfomas al presentar acumulación pasiva de ICG por el aumento de la perfusión y el daño de los vasos linfáticos. En nuestro caso también está descrito su uso para identificación de bolsones esofágicos en las atresias de esófago.

- Cirugía Oncológica

Uso ampliamente reconocido en la cirugía del hepatoblastoma y del carcinoma hepatocelular, identificando también las metástasis asociadas. La dosis recomendada es de 0,5mg/ unas 48 horas antes. Se han descrito un 40% de falsos positivos de manera que se recomienda en caso de hallazgo de lesiones no descritas previamente en pruebas de imagen realizar ecografía intraoperatoria o palpar las mismas.

Los tumores retienen el tinte al aumentar la permeabilidad de los tejidos, de forma que su uso también está descrito para identificación del ganglio centinela.

En caso de lesiones pulmonares su uso está limitado por la profundidad (no se puede usar en lesiones más profundas de 1cm por el riesgo de falsos negativos) y por la interferencia del aire en la intensidad de la señal, por lo que se precisa intubación selectiva para el colapso pulmonar total. En caso de lesiones pulmonares profundas se puede inyectar alrededor de la lesión. Inyectado en un nódulo linfático nos permite ver el conducto torácico.

- **Cirugía Urológica**

-*Varicocele*: Patología asociada al varón adolescente que puede provocar hipotrofia testicular en un 15-20%. Para evitarlo se procede a la sección de los vasos espermáticos (intervención de Palomo). Sin embargo, este proceso asocia una incidencia postquirúrgica de hidrocele del 20-30% por lesión de los vasos linfáticos. Esposito et al<sup>21</sup> proponen la inyección intratesticular intraoperatoria de 2 ml de ICG (5 mg diluido en 10 ml de agua estéril) con abbocath de 23G para la correcta visualización de los vasos linfáticos.

-*Nefrectomía*: Si bien no se ha demostrado beneficios del uso de ICG en nefrectomías totales, sí está ampliamente descrito su uso en heminefrectomías<sup>22</sup>. Inyectando 0,5mg/kg en vena periférica intraoperatoria, se mejora la visión de la anatomía del hilio hepático, así como el plano de disección entre el riñón no funcionante, permitiendo ver la perfusión del riñón funcionante. Su uso también está descrito en la exéresis de los quistes renales.

- **Otros Usos**

-*Angiografía intraoperatoria*: permite la visualización de los vasos durante la disección, identificando posibles variantes anatómicas. Dado que tiene una vida media corta y una baja toxicidad se puede administrar en bolos.

-*Intradermal, subcutáneo o intersticial*: gracias al aclaramiento linfático permite valorar la perfusión de injertos y colgajos.

- **Conclusiones**

Asumiendo la extrema complejidad el paciente pediátrico y la baja frecuencia de algunas patologías, determinadas intervenciones pueden suponer todo un reto para el cirujano pediátrico. Poder practicar previamente en modelo virtual o animal aumenta la confianza del cirujano que puede ejercitar repeticiones y aprender de los errores, favoreciendo mejores resultados in vivo y por tanto aumentando la seguridad del paciente<sup>23</sup>. Es por tanto necesario ofrecer al especialista en formación un programa de aprendizaje estructurado para que adquiera progresivamente las habilidades necesarias, manteniendo la opción de la formación continuada para los especialistas.

## Bibliografía

1. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. To Err is Human: Building a Safer Health System. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. PMID: 25077248.
2. Neri-Vela R. El origen del uso de simuladores en Medicina. *Rev Fac Med UNAM*. 2017;60(Suppl: 1):21-27
3. Morales-García D, Alcazar-Montero JA, Sanz-Sanchez M, Miguelena-Bobadilla JM. Simulation as a surgical teaching model. *Cir Esp (Engl Ed)*. 2018 May;96(5):313-314. English, Spanish. doi: 10.1016/j.ciresp.2018.02.013. Epub 2018 Mar 27. PMID: 29602516.
4. Skertich NJ, Schimpke SW, Lee T, Wiegmann AL, Pillai S, Rossini C, Madonna MB, Shah AN. Pediatric Surgery Simulation-Based Training for the General Surgery Resident. *J Surg Res*. 2021 Feb;258:339-344. doi: 10.1016/j.jss.2020.05.038. Epub 2020 Jun 16. PMID: 32561030.
5. Berchi, F. J.: Estado actual de la Endocirugía pediátrica. *Seclaendosurgery.com* (en línea) 2005, nº 13. ISSN: 1698-4412 <http://www.seclaendosurgery.com/seclan13/articulos/art01.htm>
6. Breaud J, Talon I, Fourcade L, Podevin G, Rod J, Audry G, Dohin B, Lecompte JF, Bensaid R, Rampal V, Azzie G. The National Pediatric Surgery Simulation Program in France: A tool to develop resident training in pediatric surgery. *J Pediatr Surg*. 2019 Mar;54(3):582-586. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.09.003. Epub 2018 Sep 21. PMID: 30318311.
7. Yokoyama S, Mizunuma K, Kurashima Y, Watanabe Y, Mizota T, Poudel S, Kikuchi T, Kawai F, Shichinohe T, Hirano S. Evaluation methods and impact of simulation-based training in pediatric surgery: a systematic review. *Pediatr Surg Int*. 2019 Oct;35(10):1085-1094. doi: 10.1007/s00383-019-04539-5. Epub 2019 Aug 8. PMID: 31396735.
8. Garcia Gonzalez M et al. La cirugía experimental es un paso firma en el sistema de formación de médicos residentes. *Sociedad iberoamericana de información científica* (en línea). 2018.
9. Usón-Gargallo, Jesús, Pérez-Merino, Eva María, Usón-Casaús, Jesús María, Sánchez- Fernández, Javier, Sánchez-Margallo, Francisco Miguel Modelo de formación piramidal para la enseñanza de cirugía laparoscópica. *Cirugía y Cirujanos* [en línea]. 2013, 81(5), 420-430
10. M García González, J Caramés Bouzán, J R Gómez Veiras, M García Palacios, E Molina Vázquez, I Somoza Argibay, T Dargallo Carbonell, E Pais Piñeiro, M Gómez Tellado, D Vela Nieto. Is experimental surgery necessary or essential in the training program of a pediatric surgeon? *Cir ped* 2011; 24: 221-223
11. BOE» núm. 34, de 08 de febrero de 2013 Referencia: BOE-A-2013-1337
12. Galeano M, Zarabini AG. The usefulness of a fresh chicken leg as an experimental model during the intermediate states of a microsurgical training. *Ann Plast Surg* 47:96-97, 2001
13. Sáenz Medina J, Asuero de Lis MS, Correa Gorospe C, y col. Modelos experimentales para la investigación y el entrenamiento en el trasplante renal. *Actas Urol Esp* 32(1):83-90, 2008.
14. Hernández Rivero Alejandro José, Ilaraza Pérez Carolina Isabel, Chaparro Madriz Argenis Ismael, Castellano Sáez Edickson Enrique, Imery Patiño Gustavo Adolfo, Cantele Prieto Héctor Eduardo et al . El conejo como modelo experimental de entrenamiento en cirugía laparoscópica pediátrica. *Arch Venez Puer Ped* [Internet]. 2012 Mar [citado 2021 Mayo 20]; 75( 1 ): 6-10.
15. Morillo, N; Bravo, N; Prudencio, C; Vassallo, J C; Ponce, M; Santos, S; Gouguenheim, B; Rodríguez, S. Simulador de bajo costo para el entrenamiento en la colocación de accesos vasculares periféricos (AVP) en pediatría. *Med. infant* ; 23(3): 213-216, Sept.2016.
16. C. Marhuenda, C. Giné, M. Asensio, G. Guillén, V. Martínez Ibáñez. Cirugía robótica: primera serie pediátrica en España. *Cir Pediatr* 2011; 24: 90-92
17. G. Guillén, S. López-Fernández, J.A. Molino, J. Bueno, M. López. Experiencia piloto con navegación mediante fluorescencia con verde de indocianina en cirugía. *Cir Pediatr*. 2019; 32: 121-127
18. Yohei Yamada et al. Fluorescence-Guided Surgery for Hepatoblastoma. *Cancers* 2019, 11, 1215; doi:10.3390/cancers11081215

19. S.D. Goldstein, T.E. Heaton, A. Bondoc, et al., Evolving applications of fluorescence guided surgery in pediatric surgical oncology: a practical guide for surgeons, *Journal of Pediatric Surgery* (2020),
20. Kristen A. Calabro, MD, MBS,1,2 Carroll M. Harmon, MD, PhD,1,2 and Kaveh Vali, MD1,2. Fluorescent Cholangiography in Laparoscopic Cholecystectomy and the Use in Pediatric Patients. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques* volume 30, number 5, 2020
21. Esposito C et al., Indocyanine Green Fluorescence Lymphography: A New Technique to Perform Lymphatic Sparing Laparoscopic Palomo Varicocelelectomy in Children. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques*. Volume 00, number 00, 2019
22. Esposito C et al., Near-Infrared fluorescence imaging using indocyanine green (ICG): Emerging applications in pediatric urology, *Journal of Pediatric Urology*,
23. J.M. González Gómez. J. Chaves Vinagre. E. Ocete Hita. C. Calvo Macías. Nuevas metodologías en el entrenamiento de emergencias pediátricas: simulación médica aplicada a pediatría. *Anales de Pediatría* vol.68, issue 6 (2008) pp: 612-120

## Simulación Clínica en Otorrinolaringología

Ignacio Santaella

Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada. Subdirección Médica y Otorrinolaringología.

La simulación aplicada a las ciencias de la salud ha sido definida como “una técnica, no como una tecnología, capaz de reemplazar o amplificar experiencias reales a través de situaciones guiadas que evoquen o repliquen importantes aspectos de la vida real de un modo completamente interactivo”<sup>1</sup>.

La simulación en la Educación Médica ha presentado un desarrollo importante a nivel mundial, convirtiéndose en una herramienta que favorece la adquisición de habilidades clínicas previo al contacto real con el paciente y fomenta la seguridad para éste, mediante la realización de destrezas que disminuyen la posibilidad de errores o complicaciones en la realización de procedimientos.

Los avances en la tecnología de la simulación han creado un cambio en el paradigma de la educación y se ha dirigido la atención en la adquisición de competencias y habilidades necesarias para la práctica médica. Las aplicaciones de la simulación son múltiples y cuentan con un potencial ilimitado, la mayoría de las experiencias involucran el entrenamiento de habilidades y la adquisición del conocimiento cognitivo.

En Otorrinolaringología, especialidad médico-quirúrgica, como en otras disciplinas médicas, es creciente el interés en desarrollar métodos de simulación que permitan la adquisición de destrezas y habilidades, dando más seguridad a los pacientes y mayor confianza a los profesionales en formación. Según esto, la simulación permite:

- Cometer errores sin poner en riesgo al paciente.
- Medir el rendimiento de forma objetiva y estandarizar los procesos de aprendizaje.
- Crear las condiciones que den al proceso de simulación la máxima realidad posible<sup>2,3</sup>.

Los métodos de simulación que se desarrollan en la mayoría de las especialidades pueden ser en modelos de fantoma, paciente-maniquí, modelos animales y cadáveres, simulador computacional o modelos híbridos que combinan la forma física con un interfaz computacional.

A continuación, vamos a presentar los modelos que se están desarrollando en nuestra especialidad, incluyendo algunos de los avances actuales en las distintas áreas de la Otorrinolaringología.

- Otología.

- a) *Otoscopia.* - Es uno de los modelos que más interés suscitan como método de aprendizaje en formación continua para estudiantes de medicina y médicos en formación de distintas especialidades.

Existen diversos modelos de otoscopia validados para adquirir las habilidades necesarias en esta técnica. Tal es el caso de un modelo japonés EAR Examination Simulator que permite el aprendizaje otoscópico en diversas situaciones patológicas, como es el caso de conductos sinuosos, colesteatomas, perforaciones timpánicas....

Otro modelo de aprendizaje de otoscopia es el Otosim, validado para alumnos de Medicina, permite ilustrar imágenes normales y patológicas del oído. A partir de estos modelos se crearon modelos comerciales como el Life/form Diagnostic an Procedural Era Trainer que permite enseñar y evaluar habilidades diagnósticas en patología otológica, extraer cuerpos extraños del CAE, realizar otoscopia neumática e incluso realizar procedimientos de miringotomía con diversos Kits que se incorporan al básico. Este modelo ha sido validado en alumnos de medicina<sup>4</sup>.

- b) *Cirugía de Hueso Temporal.* - Tradicionalmente la especialidad ha desarrollado métodos de simulación desde hace muchos años con prácticas de disección en cadáver, utilizando huesos temporales para el aprendizaje de la cirugía otológica. Desde hace algunos años, se están incorporando modelos virtuales de simulación para complementar el aprendizaje de esta cirugía, buscando ambientes quirúrgicos en 3D validados y utilizando TC de cadáveres o imágenes. Básicamente todos estos modelos se basan en un software asociado a unos dispositivos manuales con control de fuerza que permiten desarrollar un ambiente lo más real posible. Algunos de los más conocidos son VOXEL-MAN ENT, el simulador de la Universidad de Stanford, el simulador OSU y el Mediseus entre otros.

- Rinología

- a) *Taponamiento Nasal.* - La epistaxis es una de las Urgencias ORL más frecuentes y precisan de un aprendizaje en un marco de seguridad y garantía de adquisición de habilidades que han permitido el desarrollo de múltiples modelos de simulación.

Estos modelos van desde los de bajo coste y fácil elaboración hasta los más complejos. Todos ellos pretenden que el alumno adquiera las destrezas y habilidades necesarias para controlar epistaxis anteriores y posteriores, incluyendo procedimientos de taponamiento nasal anterior y posterior y cauterización de puntos sangrantes<sup>5</sup>. Alguno de ellos es el modelo de List et al.<sup>6</sup>, útil en el aprendizaje de taponamientos anteriores y que precisa sólo de un globo, papel y cartón. Y el de Soso-Noso<sup>7</sup> que se utiliza tanto para taponamientos anteriores y posteriores, cauterización y extracción de cuerpos extraños.

- b) *Cirugía Endoscópica Nasosinusal.* - El abordaje quirúrgico a los senos paranasales es un procedimiento habitual en otorrinolaringología que precisa de un aprendizaje

estandarizado dado el riesgo que suponen algunas de las complicaciones determinada por la vecindad con estructuras como la órbita, base de cráneo y cerebro. Por todo ello, ha sido habitual desde el desarrollo de la cirugía endoscópica nasosinusal el aprendizaje mediante cadáver. Actualmente se están desarrollando modelos de simulación para el aprendizaje de estas técnicas.

El primero en desarrollarse fue el ES3 que cuenta con una gráfica computarizada y una plataforma manual que permite crear un ambiente quirúrgico, además de que permite el uso de distintos instrumentales quirúrgicos durante la simulación.

El simulador VOXEL-MAN ENT ya comentado anteriormente, cuenta con un módulo de uso en Cirugía nasosinusal. Asimismo, se ha desarrollado un modelo real de disección endoscópica llamado sinus model otorhino-neuro trainer (SIMONT) de Nogueira et al. basado en estructuras anatómicas reales y vídeos de disección en cadáver, ha sido un modelo validado y ha mostrado su eficacia y ventajas en el uso de instrumental muy similar a la cirugía real. Este modelo permite además el aprendizaje de técnicas en base de cráneo y sinuplastias con balón<sup>9</sup>.

En base a estos modelos desarrollados, se ha comenzado a utilizar sistemas que mejoran la planificación de los procedimientos quirúrgicos endoscopios nasales utilizando Osirix<sup>®</sup> como visor y gestor de imágenes DICOM en 3 dimensiones, este modelo está siendo implantado de forma sistemática en algunos servicios de Otorrinolaringología para todo tipo de cirugías endonasales con mejora significativa en la confianza y seguridad del procedimiento.<sup>10</sup>

Encontramos también un nuevo método de cirugía virtual que se ha desarrollado a partir de un software basado en dinámica de flujos que permite simular resultados quirúrgicos y viajar por el interior virtual de la fosa nasal, estos otros softwares son el MeComLand, NoseLand y DigBody.<sup>11</sup>

- Laringología

- a) Cricotiroidotomía y Traqueostomía. - Los primeros modelos en laringología fueron desarrollados concretamente en esta área, con el fin de mejorar y garantizar la seguridad de estas técnicas. Hay diversos modelos en fantoma/maniquí y simuladores virtuales.
- b) Cirugía de Laringe. - Son varios los modelos desarrollados y validados para tal fin, estos modelos permiten utilizar el instrumental para el desarrollo de cirugía laríngea incluido el microscopio utilizando cuerdas sintéticas como laringe.

Estos modelos son los de Contag et al. y el ORIMS (Operating Room Immersing Microlaryngoscopy Simulator), ambos permiten la disección y toma de biopsias de estructuras laríngeas.

También existen programas virtuales que simulan movimientos de cuerdas vocales y glotis, útiles en fonocirugía.

- Simulación Con Animales.

Estos modelos son una alternativa como método de aprendizaje y son múltiples las especies utilizadas.

Son habituales los modelos ovinos y caprinos para aprendizaje de cirugía cervical, glandular mayor y traqueostomía y cricotiroidotomía. Otros modelos como conejos, cobayas y cerdos en miniatura se han usado para la práctica de implantes de oído medio, implantes cocleares y trasplante de células madre en hipoacusias neurosensoriales<sup>12-16</sup>.

Un novedoso modelo descrito recientemente es el del uso de cabeza de cerdo para la extracción de litiasis en las glándulas salivares llamado “Omepralith”<sup>17</sup>.

- Ventajas y Desventajas de los Distintos Modelos de Simulación.

La principal limitación del modelo fantoma o maniquí es que no permite la visualización completa y real del paciente, además de que al ser inanimados no permiten establecer una retroalimentación o evaluación de resultados. Por su parte, la ventaja principal se encuentra en la facilidad para aprendizaje de procedimientos sencillos y permite estandarizar habilidades.

Los modelos animales cuentan con la ventaja del bajo costo en comparación con el cadáver y permite una manipulación realista en comparación con modelos inertes, permitiendo desarrollar habilidades como la destreza manual, uso de instrumentos y el conocimiento de la profundidad. Como contrapartida se encuentran las limitaciones en similitud anatómica con el cadáver, el coste del mantenimiento de los animales y las cuestiones éticas y legales que pueden generar su uso.

La realidad virtual cuenta con un futuro prometedor en la especialidad de otorrinolaringología, permite la interacción con el desarrollo de habilidades en un plano tridimensional y además permite reconstrucciones precisas en un entorno virtual de forma preoperatoria, aumentando la seguridad del paciente (caso del modelo Osirix comentado anteriormente).

- Conclusiones.

Como se ha visto a lo largo del capítulo, son múltiples los modelos virtuales en desarrollo y cada vez con nuevas perspectivas y mejoras para obtener un aprendizaje y un desarrollo de habilidades lo más similar a la actividad clínica.

Es importante seguir fomentando el desarrollo de nuevos modelos que sustituyan a los animales dadas las desventajas que éstos presentan.

Pese a que la simulación nunca podrá sustituir a la práctica clínica, este modelo permitirá desarrollar habilidades en un contexto replicable y seguro. Es un gran soporte para el aprendizaje y un complemento al trabajo clínico.

## **Bibliografía**

1. Gaba DM. The future Vision of Simulation in Healthcare. 2007 Jul 1;2(2):126.
2. Wiet G, Stredney D, Wan D. Training and simulation in Otolaryngology. *Otolaryngol ClinNorth Am.* 2011;44:1333-50.
3. Johnson E. Surgical simulators and simulated surgeons: Reconstituting medical practice and practitioners in simulations. *Soc Stud Sci.* 2007;37:585-608.
4. Morris E, Kesser BW, Peirce-Cottler S, Keeley M. Development and validation of a novel ear simulator to teach pneumatic otoscopy. *Simul Healthc.* 2012;7:22-6.
5. Hoffman M, Krey M, Iwanicki M, Cooper J, Jones S, Ochoa P, et al. Innovative simulation training models. *Dis Mon.* 2011;57:807-26.
6. List R, Biggs T, Postans L. Anterior nasal packing simulators. *Clin Otolaryngol.* 2011;36:593-4.
7. Sefein M, Naing DKS, Mariappan M. Training on management of ENT emergencies using low-fidelity nasal simulator. *Int Res J Medical Sci.* 2013;1:1-6.
8. Abou-Elhamd K, Al-Sultan A, Rashad U. Simulation in ENT medical education. *J Laryngol Otol.* 2010;124:237-41.
9. Nogueira JF J, Cruz DN. Real models and virtual simulators in otolaryngology: Review of literature. *Braz J Otorhinolayngol.* 2010;76:129-35.
10. Serafín Sánchez-Gómez, Tomás F. Herrero-Salado, et al. Mejora de la planificación de las cirugías endoscópicas nasosinusales a partir de imágenes en 3 dimensiones con Osirix y estereolitografía. *Acta Otorrinolaringológica Esp.* 2015;66(6):317-325.
11. Manuel A. Burgos, Maria Agustina Sevilla García, et al. Cirugía virtual para pacientes con obstrucción nasal: empleo de un software basado en dinámica de fluidos (MeComLand, Digbody & Noseland) para documentar parámetros objetivos de flujo y optimizar resultados quirúrgicos. *Acta Otorrinolaringol Eso.* 2018;69(3):125-133
12. Paladino L, DuCanto J, Manoach S. Development of a rapid, safe, fiber-optic guided, single-incision cricothyrotomy using a large ovine model: A pilot study. *Resuscitation.* 2009;80:1066-9.
13. Arch E, Collado M, Verduzco A. Producción y uso de modelos animales en el campo de la audiología. *Cir Ciruj.* 2004;72:427-33.
14. Yi HJ, Guo W, Wu N, Li JN, Liu HZ, Ren LL, et al. The temporal bone microdissection of miniature pigs as a useful large animal model for otologic research. *Acta Otolaryngol.* 2014;134:26-33.
15. Miller FR, Guay ME, Bauer T, Tucker HM. Long-term flap tracheostomy in a pediatric animal model. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995;121:743-8.
16. Prado HM, Pombo A, Calderón O, García MA, García R, de la Concha F. Primer modelo porcino in vivo de adiestramiento para reconstrucción laringotraqueal. *An Orl Mex.* 2012;57:216-9.
17. C. Saga-Gutierrez, C.M. Chiesa-Estomba, E. Larruscain et al., «Omepralith»: un modelo de simulación novedoso para el entrenamiento en sialoendoscopia, *Acta Otorrinolaringológica Española*, <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2020.11.005>
18. Natalie Thone, Matías Winter, Raimundo J. García-Matte y Claudia González. Simulación en Otorrinolaringología: una herramienta de enseñanza y entrenamiento. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2017;68(2):115-120



## Simulación Clínica en Oftalmología

Jose Díaz<sup>1</sup>, Ignacio García<sup>1</sup>, José Mora<sup>1</sup>, Antonio Moreno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario Virgen de la Victoria, Málaga

<sup>2</sup>Clínica Oftalmológica Antonio Moreno

El aprendizaje en oftalmología, como en otras especialidades, se basa en el modelo Halstediano desde 1889<sup>1</sup>. Los residentes se considera que están formados cuando finalizan un determinado número de cirugías completas. Sin embargo, cambios recientes tanto en el entorno clínico como a nivel de la especialidad, los avances tecnológicos, así como las crecientes presiones en el entorno clínico han provocado una revisión de este enfoque<sup>1</sup>. Esas presiones incluyen una semana laboral más corta para los residentes y un mayor énfasis en la eficiencia del quirófano, los cuales disminuyen los tiempos de docencia. Además, los pacientes actualmente son tratados de problemas de mayor complejidad que en el pasado. Esta mayor complejidad ligada a una subespecialización cada vez mayor y el énfasis creciente en disminuir errores médicos limita la capacidad de enseñar a residentes en formación.

Asimismo, hay que tener en cuenta que existe una serie de desventajas asociadas al modelo de aprendizaje tradicional. En este sentido destaca la inconsistencia en niveles de conocimiento y habilidades quirúrgicas alcanzadas debido a las variaciones en la exposición clínica y a las oportunidades formativas que dependen del flujo variable de pacientes<sup>2</sup>. Actualmente esto queda reflejado durante la pandemia de COVID, durante la cual se ha suspendido la actividad quirúrgica y docente de residentes en formación<sup>3</sup>. Por otra parte, emplear el número total de procedimientos realizados como garante de habilidad tiene el problema de que cantidad no equivale a calidad, por lo que la competencia no puede ser deducida de esta forma<sup>3</sup>.

Por otro lado, hay que tener presentes los aspectos éticos sobre el uso de pacientes para propósitos de formación, sobretodo en fases iniciales de la curva de aprendizaje<sup>4</sup>. Se han realizado estudios que demuestran la estrecha correlación existente entre el grado de experiencia y complicaciones quirúrgicas<sup>5,6</sup>. La simulación permite al residente tener un ambiente menos estresante para mejorar sus habilidades quirúrgicas<sup>3</sup>. Además, hay que tener en cuenta aspectos como las variaciones anatómicas y los costes económicos y humanos derivados de este tipo de aprendizaje.

Por todo ello, el interés en planes de estudio específicamente diseñados para enseñar habilidades quirúrgicas mediante simulación ha aumentado de forma exponencial. En este nuevo marco el objetivo es preparar a los residentes para su llegada al quirófano, llegando con mayores habilidades a la hora de intervenir al paciente que antes de que la simulación estuviese disponible<sup>7</sup>.

Dentro de la especialidad de oftalmología, la cirugía de cataratas tiene un papel clave ya que constituye uno de los procedimientos más realizados en el mundo, además de ser la cirugía intraocular más frecuente<sup>8</sup>. Se estima que la ratio de complicaciones de esta cirugía cuando es desempeñada por residentes oscila entre el 2 y el 14%, disminuyendo este porcentaje a medida que aumenta la experiencia<sup>6</sup>.

Para mejorar la seguridad de pacientes intervenidos por cirujanos noveles se emplean diferentes herramientas de simulación. Por un lado, destacan los “wet lab” empleando modelos animales antes de entrar a quirófano con pacientes reales. Por otro lado, en las últimas décadas cabe destacar el papel creciente la realidad virtual cada vez más sofisticada en la simulación de cirugía oftalmológica<sup>9-11</sup>.

- Metodología de simulaciones susceptibles a aplicar.

La teoría del aprendizaje motor en tres etapas de Fitts and Posner está ampliamente aceptada en la literatura. Esta teoría incluye tres fases. En la primera fase o cognitiva el sujeto intelectualiza y realiza la actividad de forma errática en diferentes pasos. En la segunda fase o de integración el sujeto realiza la actividad de forma más fluida, pero tiene que ir pensando en los diferentes pasos. En la tercera fase finalmente el sujeto no tiene que pensar en los pasos y se puede concentrar en otros aspectos del procedimiento, ya es capaz de ejecutar la maniobra con velocidad, eficiencia y precisión. En este sentido, la simulación permite a los cirujanos adquirir habilidades para realizar nuevos procedimientos o bien realizar un procedimiento ya establecido con un nuevo dispositivo. Esta última aplicación es útil en formación continuada

- Aplicando la simulación en oftalmología

Los modelos en oftalmología basados en “dry labs” son limitados comparados con otras especialidades quirúrgicas, sin existir evidencia que sugiera ningún modelo particularmente efectivo<sup>12</sup>. Hasta ahora el método de simulación más extendido era mediante el empleo de ojos porcinos, que son anatómicamente muy similares a la anatomía humana y también los ojos de cabra. La desventaja principal de los wet-lab que emplean ojos de cerdo es que, a pesar de ser anatómicamente similares, no son idénticos al ojo humano. De hecho, la cápsula anterior es mucho más elástica, siendo más difícil de realizar la capsulorraxis en la cirugía de cataratas que en ojos humanos (sobre todo en las primeras fases de aprendizaje), la córnea es mucho menos transparente post mortem y el núcleo es poco denso. Todo ello hace que la simulación sea menos real, además de acarrear aspectos éticos relacionados con el uso de tejido animal y del reto técnico que supone recrear un wet lab<sup>3</sup>.

El sector sanitario y sus recientes avances han permitido el desarrollo de nuevos modelos de simulación, aunque el papel actual de ellos es limitado por la falta de estandarización e integración curricular de estos programas. La simulación en cirugía oftalmológica comenzó en 1992 con un simulador de inyecciones retrobulbares y continuó en 1993 con el primer simulador quirúrgico oftalmológico<sup>9</sup>. Recientemente se han incorporado nuevos simuladores de realidad virtual para el desarrollo de cirugía oftalmológica concretamente

para inyección de anestesia retrobular, capsulorexis, facoemulsificación, fotocoagulación retiniana y cirugía vitreoretiniana<sup>10</sup>.

Revisiones sistemáticas recientes sobre simulación muestran como los simuladores de realidad virtual son los más extendidos y evaluados, concretamente Eyesi Surgical simulator<sup>11</sup>. Actualmente el dispositivo más empleado para simulación de procedimientos quirúrgicos oftalmológicos es el Eyesi<sup>9</sup>, siendo el único sobre el que se han realizado estudios sólidos<sup>11</sup>. Este simulador se emplea para la formación en cirugía de cataratas y cirugía de retina y vítreo. En cambio, la evaluación de simuladores en otras cirugías oftalmológicas es mucho más limitada<sup>11</sup>. El dispositivo consiste en un modelo de ojo acoplado a una cabeza de maniquí conectada a un microscopio mediante una cámara y una interfaz computacional. Tiene sensores internos para monitorizar los movimientos y la posición de los instrumentos quirúrgicos, lo que produce una imagen virtual que se observa a través del microscopio y en la pantalla situada al lado (figura 1). Genera puntuaciones y retroalimentación permitiendo perfeccionar la técnica. Estudios recientes muestran como incrementan las habilidades quirúrgicas y disminuye el número de complicaciones, concretamente en cirugía de cataratas<sup>9</sup>. Además, es posible realizar procedimientos difíciles de manera repetida, ya que permite hacer frente a complicaciones derivadas de la propia cirugía<sup>9</sup>. El Eyesi ha demostrado mejorar habilidades quirúrgicas tanto en “wet-labs” como en realidad virtual. De hecho, muestra una mejor realización de capsulorexis en “wet-labs” de residentes que previamente han entrenado con el Eyesi system<sup>10</sup>.

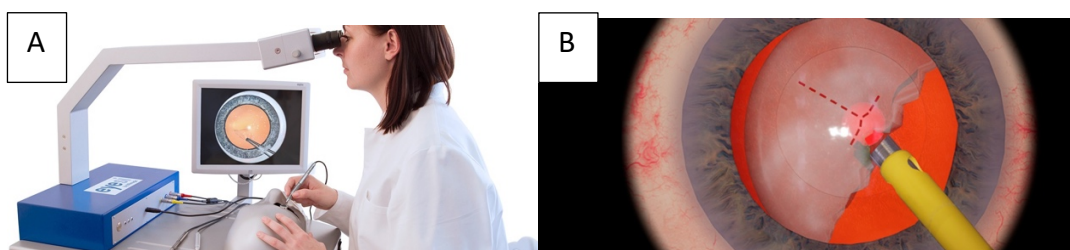


Figura 1: Simulador Eyesi. A) Disposición del simulador. B) Imagen virtual a través de microscopio y en pantalla del simulador.

Es por ello que el gold estándar en estudios de simulación lo constituyen los simuladores de realidad virtual. Sin embargo, la simulación con realidad virtual en oftalmología actualmente no constituye una alternativa asequible, aunque progresivamente será más abordable. Trabajos recientes muestran como el coste de incorporar el modelo Eyesi a un hospital con residentes en formación tarda entre 10 y 34 años en ser amortizado<sup>13</sup>. Sin embargo, este plazo puede ser menor si se tienen en cuenta los costes derivados de las complicaciones evitables (hasta 1,5% menos de complicaciones) si se usara este modelo de forma reglada para el aprendizaje<sup>11</sup>.

La simulación a nivel de subespecialidad en oftalmología también ha experimentado un marcado aumento. El uso de ojos de cerdo para determinar parámetros de nuevos procedimientos con láser constituye un método seguro y efectivo para su optimización<sup>14</sup>.

A continuación, se muestra ejemplo real de simulación de diseño de túneles intracorneales en ojo porcino mediante láser de femtosegundo para el implante de anillos corneales intraestromales en el tratamiento de queratocono

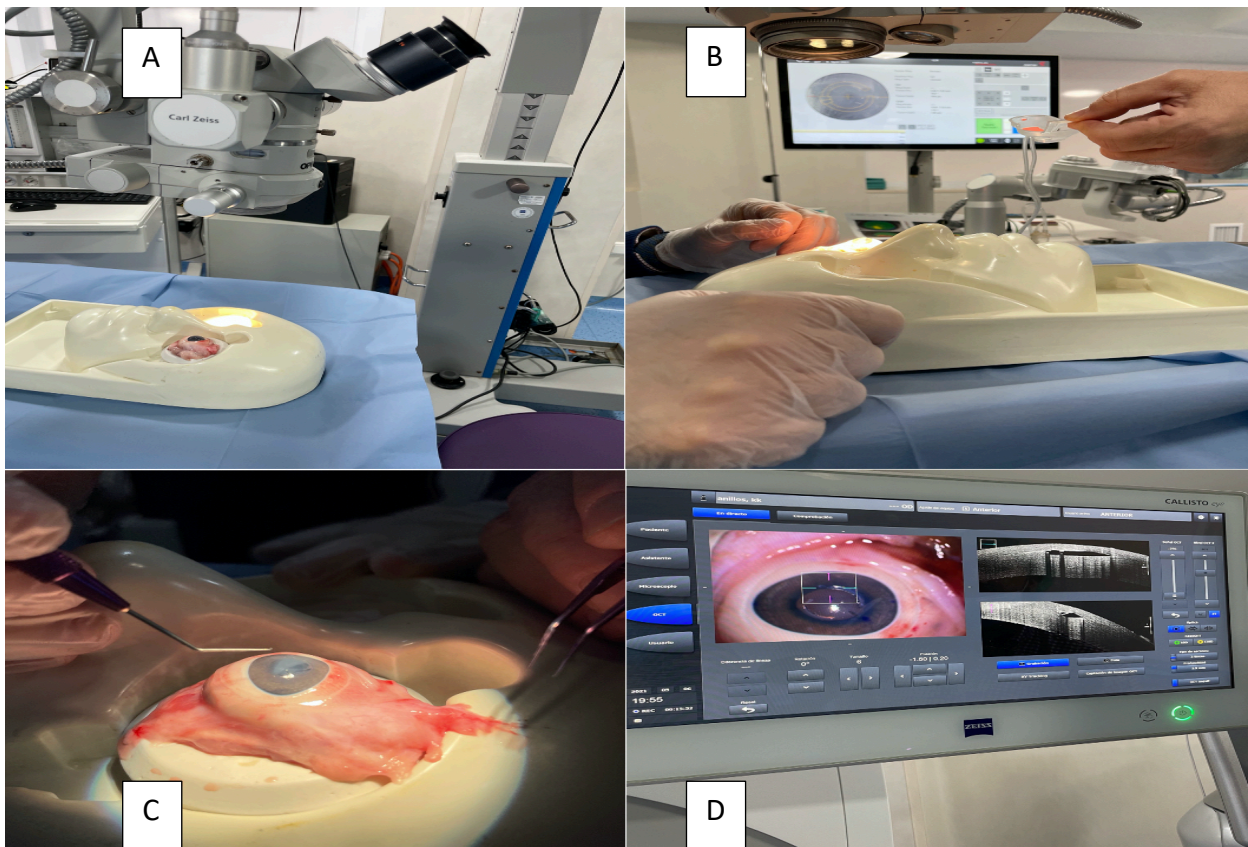


Figura 2 A-D: A) Wet lab con ojo porcino. B) Colocación de la sonda de láser femtosegundo para diseño de túnel intraestromal C) implante del anillo en túnel previamente diseñado. D) Imagen de OCT intraoperatoria donde se muestra anillo intraestromal colocado en ojo porcino. Cortesía Dres Antonio Moreno y José Mora.

○ Conclusiones

La importancia creciente de la simulación en oftalmología se refleja en el número y variedad de modelos descritos en la literatura. Eyesi Surgical sigue siendo el único modelo que se ha sometido a pruebas exhaustivas y sobre el cual existe evidencia necesaria que respalde su uso. La tendencia será por tanto integrar de forma sistemática la formación con realidad virtual en un programa cuidadosamente construido que objetivamente evalúe las habilidades quirúrgicas en la experiencia de aprendizaje.

Por todo ello las plataformas de simulación pueden llegar a ofrecer una forma de mejorar a los residentes sus habilidades clínicas y quirúrgicas enmarcado en un programa unificado en competencias sin necesidad de poner pacientes en riesgo.

Situaciones sanitarias como la vivida recientemente por la pandemia actual hacen necesario un nuevo enfoque respecto al modelo de aprendizaje actual.

Se necesitan más estudios en el futuro para asegurar que el aprendizaje basado en la simulación se incorpore de forma correcta en los programas de formación de oftalmología, sobre todo a nivel de acreditación y de evaluación.

## **Bibliografía**

1. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills changes in the wind. *N Engl J Med.* 2006;355(25):2664-9.
2. Zhou AW, Noble J, Lam WC. Canadian ophthalmology residency training: an evaluation of resident satisfaction and comparison with international standards. *Can J Ophthalmol.* 2009;44(5):540-7.
3. Mishra D, Bhatia K, Verma L. Essentials of setting up a wet lab for ophthalmic surgical training in COVID-19 pandemic. *Indian J Ophthalmol.* 2021; 69(2):410-6.
4. Gallagher AG, Traynor O. Simulation in surgery: opportunity or threat? *Ir J Med Sci.* 2008;177(4):283-7.
5. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olson RJ. Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg.* 1995;21(6):661-5.
6. Rutar T, Porco TC, Naseri A. Risk factors for intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery. *Ophthalmology.* 2009;116(3):431-6.
7. McCannel CA. Simulation surgical teaching in ophthalmology. *Ophthalmology.* 2015;122(12):2371-2.
8. Randleman J, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK. The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol.* 2007;125(9):1215-9.
9. Khalifa YM, Bogorad D, Gibson V, Peifer J, Nussbaum J. Virtual reality in ophthalmology training. *Surv Ophthalmol.* 2006;51(3):259-73.
10. Feudner EM, Engel C, Neuhann IM, Petermeier K, Bartz-Schmidt K-U, Szurman P. Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2009;247(7):955-63.
11. Lee R, Raison N, Lau WY, Aydin A, Dasgupta P, Ahmed K, et al. A systematic review of simulation-based training tools for technical and non-technical skills in ophthalmology. *Eye (Lond).* 2020;34(10):1737-59.
12. Cook DA, Brydges R, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R. Technology-enhanced simulation to assess health professionals: a systematic review of validity evidence, research methods, and reporting quality. *Acad Med.* 2013;88(6):872-83.
13. Lowry EA, Porco TC, Naseri A. Cost analysis of virtual-reality phacoemulsification simulation in ophthalmology training programs. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(10):1616-7.
14. Stoddard JE, Marneris AG, Borr MJ, Keil ML. Optimization of femtosecond lasers using porcine and human donor corneas before in vivo use. *J Cataract Refract Surg.* 2018;44(8):1018-22.



## Simulación Clínica en Medicina Digestiva: Aprendizaje de la Endoscopia Digestiva con Simulación

Eduardo Redondo Cerezo<sup>1</sup> y Manuel Valenzuela Barranco<sup>2</sup>

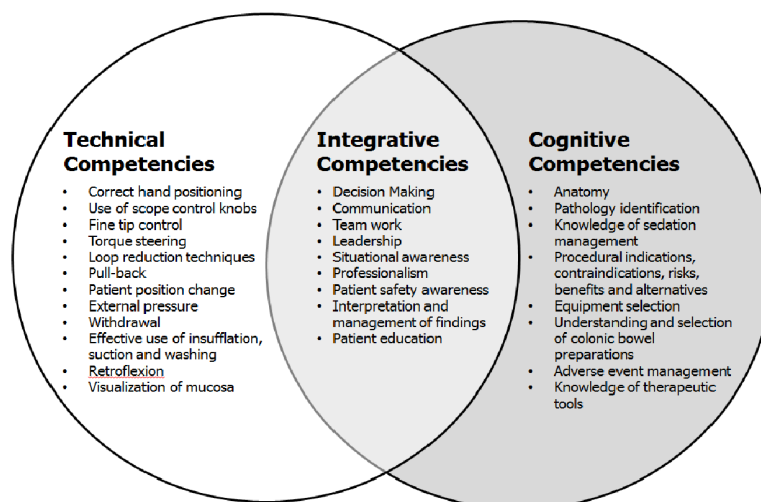
<sup>1</sup> Jefe de Servicio de Aparato Digestivo. Hospital Universitario Virgen de las Nieves. Granada.

<sup>2</sup> Catedra de Medicina Digestiva. Universidad de Granada.

### ○ Simulación y Endoscopia Digestiva

Hacer una endoscopia, entendida como el gesto manual de poner un endoscopio en ciego o en segunda porción duodenal no es excepcionalmente complejo. De hecho, una persona con habilidades de psicomotricidad normal puede aprenderlo. Con esto quedaría zanjada la polémica de qué profesionales deben realizar endoscopia, que es la misma de la de los profesionales que podrían hacer hemodinámica, o intervenir en una cirugía torácica. La endoscopia digestiva debe realizarse por tanto tras una formación reglada en el contexto de los programas de formación específica en Gastroenterología.

No cabe duda de que toda habilidad manual, la artesanía, se aprende sin necesidad de muchos conocimientos previos, sin que esto no configure o defina a un endoscopista. Sin embargo, otras habilidades cognitivas y rasgos de actitud son esenciales para el endoscopista, y así ha sido reconocido en la inmensa mayoría de las guías publicadas por sociedades científicas, y consensos de expertos<sup>1</sup>.



Como expresa bien el gráfico que aparece reiteradamente en la literatura, un endoscopista integra competencias técnicas concretas en relación con el acto endoscópico, competencias integrativas, características muchas de ellas exclusivamente del

gastroenterólogo y también competencias cognitivas, que recogen los pre-requisitos que hay que conocer para realizar una endoscopia correctamente.

Basta mirar con detenimiento lo que la comunidad endoscópica mundial considera que debe ser un endoscopista para comprender rápidamente que debe ser un médico situado dentro de un programa de formación en Gastroenterología, de Aparato Digestivo.

El modo de alcanzar una práctica endoscópica independiente y solvente se realiza mediante un entrenamiento continuo, con monitorización del progreso, un *feedback* dirigido, motivación y planificación instrumental<sup>2</sup>. Para ello, la simulación es un elemento crucial, que permite iniciarse en procedimientos invasivos con un riesgo intrínseco incuestionable en un entorno seguro y muy eficiente para la formación de especialistas. El problema con la simulación es que, en muchos casos, carece de una validación eficiente y falta estandarización de este entrenamiento, aunque ya se han desarrollado algunos currículos serios para la estructuración de esta formación en endoscopia básica<sup>3</sup>.

En endoscopia digestiva, los primeros simuladores surgen en 1969, simples maniqués diseñados para el aprendizaje de la sigmoidoscopia<sup>4</sup>. La evolución en estos dispositivos ha sido muy rápida, con una experiencia cada vez más aproximada a la realidad endoscópica que ha hecho que las principales sociedades consideren necesaria la formación con ellos.

Los problemas fundamentales del aprendizaje sin ellos son que el alumno se inicia directamente en pacientes, con las molestias y posibles complicaciones que pueden derivarse de esto<sup>5</sup>. Los simuladores confieren un entorno sin riesgos para adquirir competencias técnicas globales al ritmo del aprendiz, sin incidencia alguna en los procedimientos endoscópicos con pacientes tanto desde el punto de vista de la seguridad, como la duración de los mismos, que lastra la primera y también la eficiencia de unas agendas considerablemente ocupadas.

Además, la simulación permite ofrecer una métrica objetiva de la evolución y desempeño del alumno. Su introducción puede garantizar las competencias mínimas del que aprende antes de iniciarse con pacientes reales. La simulación endoscópica puede no solo constatar las habilidades mínimas de los aprendices, sino servir para demostrar el mantenimiento de estas habilidades a lo largo de la carrera profesional y garantizar un desempeño adecuado<sup>6</sup>.

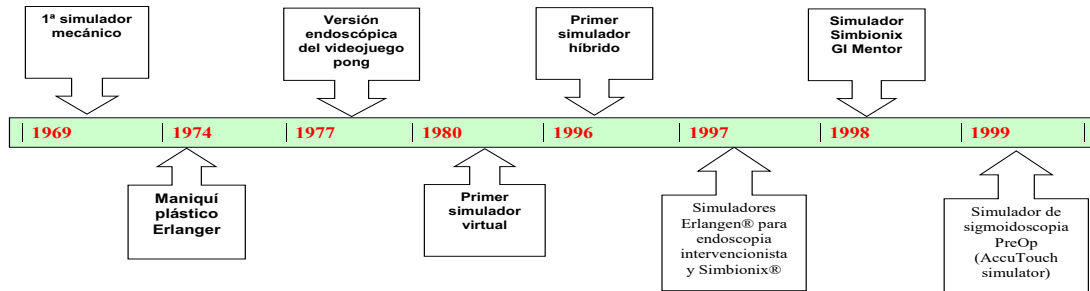
Se ha tratado reiteradamente de cuantificar el mínimo de procedimientos necesarios para adquirir la competencia endoscópica. Estos valores oscilan entre 100-300 para la colonoscopia<sup>7</sup> y unos 200 para la gastroscopia<sup>8</sup>. La simulación puede reducir el número de exploraciones necesarias para alcanzar este umbral.

- Metodología de simulación en endoscopia.

Actualmente hay varias plataformas disponibles para la simulación en endoscopia. Pueden considerarse como las más importantes tres categorías:

- Simuladores mecánicos
- Simuladores computarizados.
- Modelos animales in-vivo y ex-vivo.

Estos métodos cubren tanto tracto superior como inferior, incluyendo colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE)<sup>9</sup>, ultrasonografía endoscópica (USE)<sup>10</sup> y disección endoscópica submucosa (DSE)<sup>11</sup>.



### 1. Simuladores mecánicos:

Reproducen órganos anatómicos empleando una combinación de material sólido y más blando (siliconas). Las cavidades en el interior de los modelos permiten la inserción del endoscopio, simulando un procedimiento endoscópico real. Cada plataforma ofrece un elenco limitado de procedimientos, porque cada escenario clínico ha de ser adecuadamente reproducido, motivo por el que, en general, son adecuados para fases iniciales del entrenamiento<sup>12</sup>. Los modelos son variados, y existen algunos desarrollados a tal efecto, aunque también se han publicado experiencias de bajo coste que permiten un entrenamiento endoscópico de similar calidad<sup>13</sup>.



Fig 2. Modelo *low-cost* de entrenamiento en endoscopia propuesto por Koo et al.<sup>13</sup>.

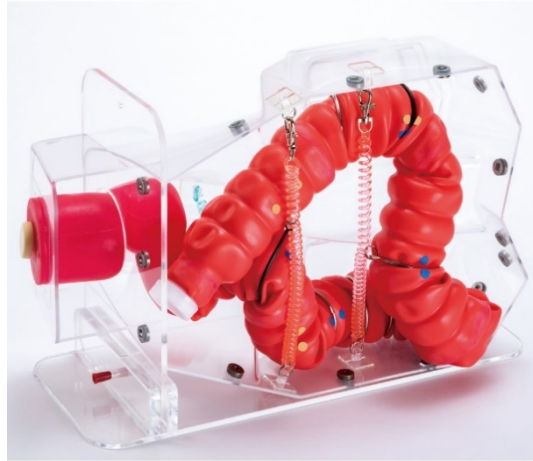


Fig 3: Simulador para entrenamiento de colonoscopias MW24 NKS de Kyoto Kagay Co.

## 2. Simuladores computarizados para endoscopia digestiva.

Son sistemas robóticos que combinan el manejo manual del endoscopio con escenarios intraluminares virtuales, que pueden ser por su naturaleza virtual muy versátiles. Los primeros, en los años 80, procedían de adaptaciones de los videojuegos, apareciendo posteriormente el GI Mentor (3D Systems, Littleton, Colorado, US) y el CAE EndoVR Simulator (CAE Healthcare, Montreal, Quebec, Canadá).



Fig 4. Plataforma GI Mentor y GI Mentor Express de Symbionix®

Fig 5. CAE EndoVR Simulator



Hoy en día, los dispositivos de realidad virtual para procedimientos intraluminares combinan componentes de hardware y software, buscando simular los escenarios más realistas posibles.

Todas las plataformas ofrecen medidas objetivas del desempeño del endoscopista, dolor provocado al paciente, porcentaje de mucosa explorada, tiempo de exploración y cantidad de aire insuflado.

### 3. *Modelo animal.*

Los modelos animales han sido una constante en el entrenamiento médico. La primera CPRE en un modelo canino vivo se realizó en 1974<sup>14</sup>. Las limitaciones fundamentales del entrenamiento in-vivo son éticas, por dedicar los animales, cuyo sufrimiento debe siempre tenerse en cuenta, a labores de entrenamiento, además de logísticas, por ser compleja la cría específica, estabulación y preparación del animal, que incrementan significativamente el coste del entrenamiento. Los modelos ex vivo presentan otras dificultades, derivadas de la conservación y preparación de los especímenes. Estas limitaciones han hecho que el entrenamiento con modelos animales se haya limitado a técnicas como la ecoendoscopia<sup>10</sup>, DSE<sup>11</sup>, hemostasia<sup>15</sup> o CPRE<sup>9</sup>.

En este sentido, el aprendizaje en modelo animal debe estar correctamente regulado, refiriéndose al Organización Mundial para la Salud Animal a tres elementos que son esenciales<sup>16</sup>: La existencia de un proyecto formativo o propósito desarrollado con una aproximación basada en el riesgo, identificación de procedimientos de inspección transparentes de las instalaciones para asegurar su adecuación para el proyecto y una evaluación ética de todos los procedimientos en los que se vean envueltos animales (metodología, origen de los animales, competencia del staff, transporte...). Los entrenamientos in vivo deben ser por tanto correctamente planificados, justificados y organizados a la luz de la legislación y condiciones estrictas de trabajo.

Los modelos ex vivo son mucho más sencillos de organizar con menos problemas éticos. Las muestras pueden proceder de la industria cárnica. Modelos de simuladores como el Erlanger Endo Trainer® presenta una estructura plástica que reproduce un torso humano en la que se incluyen las muestras de tracto digestivo superior. Cuenta incluso con un sistema de perfusión para simular hemorragias, controlado con una bomba eléctrica.

Estos modelos ex vivo ofrecen una experiencia visual y táctil de mayor calidad, comparada con los mecánicos, moderando costes. No obstante, requieren una preparación significativa, con cierta limitación de las situaciones clínicas que pueden entrenarse. No existe tampoco la posibilidad de disponer de métricas automatizadas para realizar un feedback de la formación.

#### 4. Simuladores en desarrollo

En la actualidad hay diversas plataformas que se desarrollan en varios sentidos. Por una parte, se han desarrollado simuladores mediante materiales sencillos de la vida diaria que permiten responder a un entrenamiento básico de los endoscopistas. Otra tendencia es la creación de modelos con impresoras 3D con software libre tipo 3D Slicer® o Autodesk Meshmixer®. Recientemente se ha desarrollado otra plataforma híbrida, conocida como Mikoto®, que es una plataforma avanzada que permite cambios de posición, compresiones abdominales, medición de distensibilidad (que se correlacionan con el dolor del paciente), que permiten una trazabilidad online del desarrollo del aprendizaje de endoscopia<sup>17</sup>.

En el caso de los simuladores virtuales, actualmente se busca incrementar su realismo y reducir sus costes. Existe actualmente un modelo prometedor en desarrollo por la Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) para la colonoscopia.

En este sistema el endoscopio se inserta en una pequeña caja, fácilmente conectada a un portátil que monitoriza el aprendizaje. La experiencia visual está muy mejorada y el tacto está optimizado para el entrenamiento, siendo las dimensiones del dispositivo modestas<sup>18</sup>.

- Aplicaciones de la simulación en endoscopia digestiva

Los simuladores no deben emplearse a libre disposición del aprendiz de endoscopia, sin supervisión o un programa concreto, pues de este modo se han demostrado ineficaces. Realmente, la adquisición de habilidades en cualquier técnica se rige por el principio de la práctica deliberada<sup>19</sup>, entendida esta como la adquisición de horas de entrenamiento en una habilidad compleja con objetivos concretos marcados, hitos determinados que se deben alcanzar en cada fase, un *feedback* adecuado y una instrucción reglada y adaptada al alumno. Los elementos esenciales para organizar un entrenamiento en simulación de calidad son:

a) *Formación de instructores:*

El correcto desempeño de una habilidad concreta no faculta para su enseñanza, extendiéndose esto desde el simple leer y escribir a habilidades más complejas. En UK y Canadá se establecieron cursos tipo 'train the trainer', en los que se forma a los instructores de endoscopia. En estos cursos, se entrenan competencias técnicas y no técnicas, desde la preparación de la sala de endoscopia, manejo del endoscopio, inserción y retirada etc. Su ventaja fundamental es que suponen un entrenamiento formal, con un currículo ordenado y con aprendizaje de métodos de feedback y evaluaciones eficaces. Para ser formador en endoscopia debe garantizarse y acreditarse inicialmente un excelente desempeño de la técnica que se va a enseñar. Si es preciso, el instructor debe someterse a cursos de actualización.

En segundo lugar, se establecen cursos, en programas de dos días con 3-6 participantes, siguiendo el modelo de aprendizaje de Peyton<sup>20</sup> (Fig. 6) que debe aplicarse luego también a la formación con residentes. En ellas se dedica el primer día a una formación más teórica, dedicada a la formación en conceptos clave en el proceso formativo como son la evaluación, el alineamiento de las expectativas del residente de endoscopia con el instructor, objetivos de aprendizaje, feedback etc. La primera jornada se sigue de una práctica, que permite emular un marco en el que desarrollar la formación en endoscopia en un hospital<sup>21</sup>.

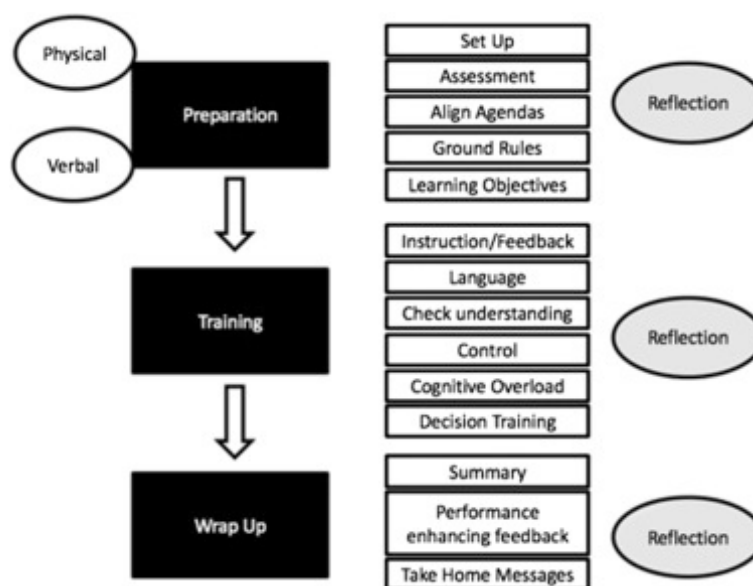


Figura 6: Modelo de Peyton (20).

b) *Formación en endoscopia básica:*

Actualmente es absolutamente razonable es programar una actividad previa con simuladores, que no tienen por qué ser los más avanzados, para que comprenda los

rudimentos del funcionamiento de un endoscopio en un entorno seguro, y sin un estrés añadido<sup>22</sup>.

Como señalábamos previamente, el aprendizaje debe estructurarse con el modelo de Peyton, con un contrato formativo en el que se especifiquen normas y roles durante todo el aprendizaje, instruyendo desde la ergonomía a los componentes cognitivos de la endoscopia.

En esta fase debe establecerse el lenguaje que se empleará en la sala de endoscopia durante todo el aprendizaje, y que ha sido previamente desarrollado y publicado<sup>23</sup>. Tanto el feedback como la evaluación se deben realizar con un formato concreto, estableciéndose un sistema de evaluación de competencias de entre los múltiples publicados para obviar subjetividades y conseguir homogeneizar la formación<sup>24</sup>.

### *c) Simulación en la formación endoscópica avanzada:*

Como hemos expuesto previamente, la simulación cobra un papel esencial en algunas técnicas avanzadas, con simuladores mecánicos y virtuales para el inicio de la CPRE, y simulación ex vivo e in vivo para procedimientos como ESD o EMR. También existen modelos para algunos procedimientos de ecoendoscopia<sup>9-11.14</sup>.

Al iniciarse en estas técnicas, sea en el contexto de programas de formación tipo *fellowship* o en cursos de formación específica, es crucial planificar toda la formación, desde el entrenamiento en simuladores con un modelo similar al previamente expuesto para la endoscopia básica, y el inicio de la práctica clínica real, en principio tutorizada y luego independiente.

El modelo de Peyton debe aplicarse también como esquema general en esta formación, que debería integrarse en un programa formativo nacional en el que se incluyan los centros en los que es posible la simulación endoscópica.



○ Conclusiones

La simulación es un elemento hoy por hoy esencial en la formación en endoscopia digestiva, tanto en fases iniciales, como en procedimientos más complejos y específicos. En este contexto resulta clave la estructuración de actividades formativas universales en cada uno de los escenarios en los que se aplica la simulación, integrado tanto en los programas de formación de residentes como en el entrenamiento específicos de otros procedimientos endoscópicos complejos.

Bibliografía

1. Walsh CM. Training and Assessment in Pediatric Endoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2016;26:13-33.
2. Waschke KA, Anderson J, Valori RM, et al. ASGE principles of endoscopic training. *Gastrointest Endosc* 2019;90:27-34.
3. Azzam N, Khamis N, Almadi M, et al. Development and validation of metric-based-training to proficiency simulation curriculum for upper gastrointestinal endoscopy using a novel assessment checklist. *Saudi J Gastroenterol* 2020.
4. Markman HD. A new system for teaching proctosigmoidoscopic morphology. *Am J Gastroenterol* 1969;52:65-9.
5. Sedlack RE. The state of simulation in endoscopy education: continuing to advance toward our goals. *Gastroenterology* 2013;144:9-12.
6. Committee AT, Adler DG, Bakis G, et al. Principles of training in GI endoscopy. *Gastrointest Endosc* 2012;75:231-5.
7. Ward ST, Mohammed MA, Walt R, et al. An analysis of the learning curve to achieve competency at colonoscopy using the JETS database. *Gut* 2014;63:1746-54.
8. Ward ST, Hancox A, Mohammed MA, et al. The learning curve to achieve satisfactory completion rates in upper GI endoscopy: an analysis of a national training database. *Gut* 2017;66:1022-1033.
9. Gholson CF, Provenza JM, Silver RC, et al. Endoscopic retrograde cholangiography in the swine: a new model for endoscopic training and hepatobiliary research. *Gastrointest Endosc* 1990;36:600-3.
10. Bhutani MS, Hoffman BJ, Hawes RH. A swine model for teaching endoscopic ultrasound (EUS) imaging and intervention under EUS guidance. *Endoscopy* 1998;30:605-9.
11. Parra-Blanco A, Arnau MR, Nicolas-Perez D, et al. Endoscopic submucosal dissection training with pig models in a Western country. *World J Gastroenterol* 2010;16:2895-900.
12. Gerson LB, Van Dam J. Technology review: the use of simulators for training in GI endoscopy. *Gastrointest Endosc* 2004;60:992-1001.
13. Koo CS, Siah KTH, Low HC, et al. A low-cost endoscopy trainer for novice endoscopy training in COVID-19. *Endoscopy* 2020;52:E463-E464.
14. Falkenstein DB, Abrams RM, Kessler RE, et al. Endoscopic retrograde cholangiopancreatography in the dog: a model for training and research. *Gastrointest Endosc* 1974;21:25-6.
15. Matthes K. Simulator training in endoscopic hemostasis. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2006;16:511-27, viii.
16. World Organisation for Animal Health. 2021 [cited; Available from: <https://www.oie.int/>

17. Fujii M, Onoyama T, Ikebuchi Y, et al. A novel humanoid-robot simulator for colonoscopy. *Endoscopy* 2021 2021 Aug;53(8):E291-E292.  
doi: 10.1055/a-1264-6804.
18. Riek S, Hill A, Plooy AM, et al. A novel training device for tip control in colonoscopy: preliminary validation and efficacy as a training tool. *Surg Endosc* 2017;31:5364-5371.
19. Gladwell M. *Outliers. The story of Success*: Hachette Book Group USA; 2011.
20. Peyton J. *Teaching & learning in medical practice*: Heronsgate Rickmansworth, Herts. : Manticore Europe Ltd.; 1998.
21. Walsh CM. In-training gastrointestinal endoscopy competency assessment tools: Types of tools, validation and impact. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2016;30:357-74.
22. Waschke KA. Will you be my first colonoscopy patient? Planning simulator training for novice endoscopists. *Gastrointest Endosc* 2017;86:890-891.
23. Dilly CK, Sewell JL. How to Give Feedback During Endoscopy Training. *Gastroenterology* 2017;153:632-636.
24. Khan R, Zheng E, Wani SB, et al. Colonoscopy competence assessment tools: a systematic review of validity evidence. *Endoscopy* 2021. Jan 13.  
doi: 10.1055/a-1352-7293.

## Simulación Clínica en Cardiología

Jordi Bañeras<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Coordinador del Vall d'Hebron Centro de simulación Clínica Avanzada, Barcelona.

<sup>2</sup>Hospital Vall d'Hebron, Barcelona. Cardiología

Las enfermedades cardiovasculares siguen siendo la primera causa de muerte y hospitalización en la mayor parte del mundo, realizándose cada vez más procedimientos cardiológicos de alta complejidad y sobre pacientes con múltiples comorbilidades. Los pronósticos sugieren que para 2030, las enfermedades cardiovasculares podrían afectar hasta al 40% de la población<sup>1</sup>. Además, el estado del paciente cardiológico puede cambiar rápidamente con posibles complicaciones potencialmente mortales, y decisiones terapéuticas complejas deben ser tomadas inmediatamente. Ante estos escenarios es prioritario que los cardiólogos reciban una formación continuada de excelencia en todos los ámbitos de la atención al paciente.

La educación médica ha experimentado un cambio en las últimas décadas, pasando de manuales basados en texto a educación multimedia fácilmente accesible por e-learning. Las Sociedades Europeas y Americanas de Cardiología han seguido este paradigma, desarrollando programas de aprendizaje en línea con numerosos seminarios web<sup>2</sup>. Sin embargo, estos programas de e-learning no dan respuesta a todas las necesidades de aprendizaje y mantenimiento de habilidades y competencias de los cardiólogos. La metodología de “aprender teoría-ver-hacer”, pone en riesgo la seguridad del paciente y la del profesional. En este contexto, emerge la simulación clínica como una metodología que mejora la seguridad, el rendimiento asistencial y el grado de retención de lo aprendido<sup>3</sup>.

En los últimos años se ha puesto de manifiesto la necesidad de integrar la simulación en los programas formativos de Cardiología<sup>4,5</sup>, y aunque se recomienda fuertemente, todavía no se ha integrado de manera formal en el currículo formativo<sup>6</sup>. Incluso en la Edición del 2020 del Core Currículum de la Sociedad Europea de Cardiología la simulación es considerada simplemente como un ejemplo de posible método de enseñanza<sup>7</sup>. La mayoría de cardiólogos recuerdan la primera vez que atendieron un shock cardiogénico, o realizaron una pericardiocentesis, implantaron un electrodo de marcapasos transvenoso o cateterizaron su primera arteria coronaria en un paciente, sin la posibilidad de realizar la técnica previamente mediante un simulador. Con suerte, la mayoría de estos eventos se completaron sin complicaciones.

En este contexto, sociedades como la Sociedad Española de Cardiología o la British Cardiovascular Society, recomiendan encarecidamente y ofrecen una serie de cursos de formación mediante simulación<sup>8,9</sup>. Incluso el Consejo de Acreditación para la Educación

Médica de Graduados (ACGME), entidad que establece y monitorea los estándares educativos profesionales esenciales para preparar a los médicos para brindar atención médica segura y de alta calidad a todos los estadounidenses, establece que los *fellows* deben participar en la formación mediante simulación en su programa para la educación médica de posgrado en enfermedades cardiovasculares<sup>10</sup>.

Sin embargo, datos recientes muestran este déficit en formación. En una encuesta internacional reciente a 172 cardiólogos de 43 países, solo el 48% había participado en un programa de simulación, mientras que el 91% consideraba que este método de aprendizaje era necesario en Cardiología<sup>11</sup>.

En otra encuesta a 614 jóvenes cardiólogos de 39 países los resultados fueron todavía más desalentadores, poniéndose de manifiesto que sólo menos del 20% de los encuestados tuvieron la oportunidad de aprender mediante simulación<sup>12</sup>.

- Simuladores en cardiología

Los simuladores aplicados a la Cardiología no son una novedad, pues llevan desarrollándose hace más de 5 décadas.

En las sesiones científicas de la American Heart Association de 1968 se presentó a Harvey, el primer maniquí moderno capaz de simular 27 condiciones cardíacas para entrenar habilidades médicas<sup>13</sup>. Aún así, el desarrollo de nuevos simuladores con aplicación cardiológica ha presentado un crecimiento exponencial claramente en la última década.

Hoy en día disponemos de una amplia gama de simuladores en Cardiología, desde los más simples y artesanales hasta simuladores de alta fidelidad, tanto robóticos como de realidad virtual.

Es fundamental que el tipo de simulador seleccionado esté en función de los objetivos de aprendizaje fijados. Así, por ejemplo, para entrenarse en la auscultación cardíaca puede ser suficiente una pequeña biblioteca de grabación de sonidos, pero si el objetivo definido es alcanzar la competencia del manejo de una enfermedad cardíaca, donde la auscultación es una sólo un ítem del proceso, entonces el sonido puede estar integrado en un simulador de alta fidelidad que permita ofrecer las demás características que el escenario requiera o se puede recurrir a un paciente estandarizado junto a un fonendoscopio electrónico.

Las combinaciones son múltiples, y el punto crítico recae en el diseño del escenario en función de los objetivos de aprendizaje<sup>14</sup>.

Los simuladores permiten que el alumno adquiera un rol activo en su proceso de aprendizaje y pueda organizar gran parte de su tiempo formativo adaptado a sus necesidades, en un ambiente seguro para el paciente y el profesional, con la posibilidad de practicar casos infrecuentes todas las veces necesarias hasta alcanzar la competencia, así como planificar casos de intervencionismo cardiológico complejos.

- Tipos de simuladores:

- *Simuladores de tareas parciales o específicas.*

Disponemos de una amplia variedad de estos simuladores en Cardiología. Algunos de ellos han mostrado su efectividad, como el simulador de punción vascular en la formación de los *fellows* de cardiología de primer año, mostrando su uso una mejora en la competencia y una reducción clínicamente significativa de las complicaciones vasculares<sup>15</sup>.

Otros simuladores, permiten entrenar procedimientos que se realizan de manera infrecuente en la práctica clínica y que son de alto riesgo, pero vitales para salvar la vida del paciente. Como ejemplo, la pericardiocentesis en el paciente con taponamiento cardiaco, donde además se ha reportado que en ocasiones existe una falta de confianza para realizar estos procedimientos por parte del operador<sup>12</sup>.

- *Simuladores robóticos.*

Hoy en día dotados con una capacidad háptica excelente y con el potencial de reproducir casos clínicos complejos reales. En este sentido, los simuladores robóticos de intervencionismo endovascular son una buena herramienta de entrenamiento, con beneficios como la reducción a la radiación y la adquisición de habilidades necesarias para realizar un cateterismo cardiaco<sup>16,17</sup>. También se pueden entrenar habilidades para estudios electrofisiológicos, implantación de prótesis aórtica percutánea y muchos otros procedimientos seleccionados de una biblioteca de procedimientos.

- *Simuladores de paciente de alta fidelidad.*

Disponemos de maniqués capaces de replicar cambios fisiológicos complejos integrados, como la evolución de un paciente hacia un shock cardiogénico, integrando la monitorización hemodinámica específica, movimientos, todo tipo de sonidos para la auscultación y signos clínicos. De esta manera se pueden programar distintas respuestas evolutivas en función de las decisiones de los participantes en la simulación.

- *Realidad virtual.*

Los rápidos avances de hardware impulsados por la revolución de la informática móvil finalmente han creado dispositivos que son manejables para aplicaciones médicas. Estos dispositivos tienen el potencial de proporcionar a los médicos una interfaz que les permita controlar imágenes en 3D. Los primeros datos obtenidos son favorables, mostrando que esta visualización mejorada permitirá al médico aprender más rápidamente, interpretar imágenes con mayor precisión y realizar intervenciones en menos tiempo.

La realidad virtual puede facilitar las tareas y la comunicación del cardiólogo. Por ejemplo, puede facilitar la educación del paciente y la familia, o puede ayudar a las familias a comprender mejor la anatomía cardíaca del paciente que se va a intervenir, ya que actualmente se limita a dibujos y modelos de plástico. También los estudiantes se

benefician, ya que pueden inspeccionar y manipular, con una mejor comprensión para su aprendizaje<sup>18</sup>.

Por otra parte, no podemos dejar de citar la técnica de imagen más utilizada en Cardiología, el ecocardiograma, donde disponemos de simuladores transtorácicos y transesofágicos con realidad virtual, que nos ayudan a interpretar casos muy poco frecuentes. De interés ha sido sobretodo el desarrollo de estos simuladores para la ecocardiografía neonatal<sup>19</sup>.

- *Simulación híbrida.*

Hace referencia a la aplicación de la mezcla de modalidades de simuladores para mejorar la experiencia. En ocasiones es necesario para el objetivo del escenario de simulación disponer de un paciente estandarizado, para combinar objetivos de habilidades técnicas y no técnicas, sobre todo para la comunicación, pero al mismo tiempo se requiere realizar intervenciones sobre el paciente, por lo que se usa una modalidad mixta para reforzar la experiencia. Por ejemplo, podemos disponer de un escenario de simulación integrado, tanto para trabajar las habilidades técnicas y las no técnicas, como en un escenario de taponamiento cardíaco, donde se puede trabajar la comunicación y el liderazgo como habilidades no técnicas sobre un paciente estandarizado, y la pericardiocentesis como habilidad técnica sobre un maniquí o un simulador de tareas parciales.

- *Serious games*

Se trata de una metodología que implica la colaboración de profesionales sanitarios, informáticos y diseñadores. El campo de aplicación es inmenso, pero justo estamos en sus orígenes, aunque con un emocionante rápido crecimiento, y son necesarios estudios que prueben su efectividad. El potencial abarca a un número tan importante de personas como en el caso de trabajar la prevención y rehabilitación en personas con enfermedad cardiovascular para mejorar los resultados, especialmente para apoyar un estilo de vida saludable, el reconocimiento y el manejo de síntomas<sup>20</sup>. En un estudio en el que pacientes con insuficiencia cardíaca participaron en un serious game de casino, se reportó un aumento significativo en el conocimiento de la insuficiencia cardíaca de los pacientes después de la experiencia<sup>21</sup>. Otro estudio en pacientes con síndrome coronario agudo utilizó una aplicación que utilizaba un avatar para educar sobre la patología, obteniéndose como resultado mejoras significativas en el conocimiento de los síntomas y actitudes de los pacientes<sup>22</sup>.

- *Impresión 3D.*

En una era en la que la “medicina de precisión” se ha convertido en sinónimo de atención al paciente de alta calidad, debemos esforzarnos por ofrecer opciones de tratamiento optimizadas que se adapten a las características únicas de cada paciente. La tecnología de impresión 3D, ya sea en forma de modelos cardíacos que muestran una cardiopatía coronaria compleja o un parche de células bioimpresas que pueden ayudar a curar el miocardio infartado, ofrece un gran potencial para ayudarnos a hacer esa medicina personalizada.

Aunque todavía no hay datos definitivos disponibles que demuestren que los modelos impresos en 3D mejoran los resultados en pacientes con cardiopatía coronaria, si se ha demostrado que los modelos impresos en 3D cambian el enfoque quirúrgico utilizado, y se ha utilizado en el remplazo percutáneo de la válvula aórtica, para plantear un trasplante cardiaco o intervenir una miocardiopatía hipertrófica<sup>23</sup>.

- *Escenarios de simulación.*

Resulta la actividad ideal para trabajar tanto objetivos de habilidades no técnicas como técnicas. Incluso existen programas de entrenamiento en competencias asistenciales cardiológicas, donde el briefing y el debriefing juegan un papel fundamental para conseguir los objetivos de aprendizaje fundamentados en competencias de procesos asistenciales.

- Aplicabilidad

Aunque hemos descrito múltiples simuladores en el campo de la Cardiología, el objetivo final docente es entrenar competencias, tanto basadas en habilidades técnicas como no técnicas transversales.

Hay que señalar que en relación a procedimientos técnicos específicos de Cardiología, se han identificado y priorizado los procedimientos técnicos que deberían ser incluidos en un currículo del residente de Cardiología mediante un programa de simulación, siendo los cinco procedimientos de alta prioridad elegibles para el entrenamiento basado en simulación el soporte vital avanzado, la toracocentesis, la ecocardiografía transesofágica, la angiografía coronaria y la pericardiocentesis<sup>24</sup>. Las principales ramas de aplicabilidad son:

- *Exploración física cardiovascular.*

Varios estudios han utilizado la simulación para el aprendizaje de la auscultación cardiaca<sup>25</sup>. Incluso se ha llegado a comparar la auscultación en un maniquí respecto a una simulación híbrida con paciente estandarizado, mostrando los resultados que los estudiantes evaluaron los modelos híbridos como significativamente más efectivos que los maniqués de auscultación<sup>26</sup>.

Por otra parte, se ha expuesto previamente que varios tipos de simuladores pueden ser utilizados para entrenar la exploración física cardiovascular, que es una de las competencias básicas que todo médico debe dominar, ya que es el primer eslabón para llegar a un diagnóstico y guiar la toma de decisiones. Lo ideal es no realizar intervenciones aisladas, sino integradas en un curso basado en simulación en el plan de estudios<sup>27</sup>.

- *Imagen cardiovascular.*

Cada vez más se exigen competencias en ecocardiografía, a través de enfrentarse a muchos casos clínicos, incluyendo casos de procedimientos en intervencionismo coronario o

interpretación de cardiopatías congénitas. Por ello, pasar de un nivel básico a experto requiere muchas horas. Los simuladores ofrecen la posibilidad de poder entrenar en una infinidad de casos por infrecuentes que sean de manera ordenada, sin repercusión sobre el paciente, y con posibilidad de repetición tantas veces como sea necesario.

En relación a la ecografía transtorácica, se ha demostrado que un programa corto de autoaprendizaje en el cual se incluye un simulador ecocardiográfico ayuda a adquirir rápidamente los principales planos transversales de alta calidad de los exámenes ecocardiográficos para situaciones de emergencia, con la ventaja que esta formación puede ya implantarse al inicio de la residencia<sup>28</sup>.

El entrenamiento mediante simuladores de ecocardiografía transesofágica permite ganar tiempo y reducir estrés. Los ejercicios a realizar se adaptan a cualquier nivel de competencia, desde residentes a ecocardiografistas especializados, pues permite entrenarse en la selección de casos, en la monitorización intraprocedimiento y en la evaluación post procedimiento, por ejemplo, de técnicas percutáneas como la oclusión de la orejuela auricular izquierda<sup>29</sup>. En una encuesta de 172 *fellows* en formación que asistían a un evento dedicado a la formación basada en simulación de ecocardiografía transesofágica en el congreso de la Sociedad Europea de Cardiología en 2019, el 91% de los *fellows* consideraba que la formación mediante simulación era muy importante o esencial para el cardiólogo<sup>11</sup>.

En relación a los resultados de estos programas, existen experiencias que han demostrado que mejoran el tiempo de adquisición de imágenes, aunque no se haya demostrado mejora en los resultados directos sobre el paciente<sup>30</sup>. Un estudio randomizado con simulador de ecocardiograma transesofágico ha demostrado que con la intervención de entrenamiento se obtienen beneficios en el conocimiento de la patología estudiada<sup>31</sup>.

Otras modalidades de imágenes avanzadas proporcionan información anatómica y espacial esencial en pacientes con enfermedades cardíacas complejas. Las imágenes bidimensionales pueden estar limitadas en la medida en que se representan las verdaderas relaciones tridimensionales (3D), aunque su impacto sobre los pacientes se está evaluando.

#### - *Procedimientos invasivos.*

La creación de simuladores de tareas parciales o específicas para entrenar procedimientos como la colocación temporal de marcapasos transvenosos o la pericardiocentesis permite a los médicos ser competentes en una habilidad que rara vez realizan, pero que es fundamental cuando es necesario<sup>32</sup>.

En muchas ocasiones la creatividad ha superado las barreras económicas. Por ejemplo, existe un modelo de pericardiocentesis guiada por ultrasonido que proporciona una herramienta de simulación rentable y de rápida construcción que podría integrarse fácilmente en el entrenamiento de procedimientos de emergencia<sup>33</sup>.

Existen muchos simuladores que permiten la práctica de procedimientos endovasculares como los de angioplastia coronaria, marcapasos, estudios electrofisiológicos e intervenciones estructurales. Estos simuladores utilizan retroalimentación háptica mecánica, y proporcionan métricas cuantitativas con respecto al uso del contraste y el tiempo de fluoroscopia<sup>34,35</sup>. Hay estudios que han demostrado una mejoría significativa en la capacidad técnica de los aprendices en el brazo del simulador para realizar una angiografía coronaria diagnóstica<sup>16,17,36,37</sup>. Se han descrito primeras experiencias utilizando modelos 3D para una intervención coronaria simulada, con el objetivo de aplicar posteriormente la estrategia de tratamiento sobre un paciente real<sup>38,39</sup>. Estos modelos de impresión están evolucionando hacia modelos no físicos de realidad virtual, tal y como se describió hace más de 20 años<sup>40</sup>.

- *Escenarios de simulación clínica.*

Constituyen una parte fundamental de la simulación, ya que permiten el entrenamiento del trabajo en equipo y de todas aquellas otras habilidades descritas en el *crisis resource management*, a parte de permitir entrenar también habilidades técnicas. Existen muchas experiencias de su utilidad en la literatura, como los escenarios de arritmias donde los residentes demostraron un mayor conocimiento de la función del desfibrilador, así como una mayor confianza en el manejo de pacientes con desfibriladores defectuosos después de participar en esta experiencia de simulación<sup>9,41</sup>.

o Limitaciones y perspectivas.

Aunque simulación no significa tecnología, es cierto que esta metodología de aprendizaje centrada en el alumno tiene un coste. Son necesarios análisis económicos de coste-beneficio y coste-efectividad para poder tomar decisiones a la hora de implantar estos programas<sup>42</sup>, y que tengan en cuenta, además, la formación de docentes expertos. Por otra parte, la accesibilidad a un número importante de alumnos puede ser todo un reto. Además, poder llegar a demostrar la transferencia del impacto de esta metodología sobre el paciente (nivel de evaluación Kirkpatrick 4) es en la mayoría de ocasiones un desafío. Poco a poco ha ido apareciendo literatura sobre programas educativos de simulación en Cardiología, pero es esencial que sean validados. No hay que olvidar que gran parte de la evidencia actual proviene de estudios con múltiples limitaciones, como son el escaso tamaño muestral y la ausencia de un grupo de control apropiado, entre otros sesgos.

A pesar de todo, no hay duda que el método de aprendizaje que consiste en “ver uno, hacer uno y enseñar uno”, o la frase que viene a decir lo mismo “nunca la primera vez en el paciente” han quedado desfasados y hoy en día hemos de apostar por el modelo de “ver uno, simular uno, hacer uno, enseñar uno”, pues la simulación clínica constituye una herramienta educativa complementaria para mejorar la calidad asistencial y la seguridad del paciente. Frente a una especialidad creciente en complejidad e innovación tecnológica, con el reto de atender pacientes con una carga importante de comorbilidad como es la Cardiología, la simulación tiene el reto futuro de su plena integración, tanto en aprendizaje como en recertificación, siempre con la ayuda de diseños apropiados que permitan comprender cómo repercute esta herramienta educativa en los resultados de nuestros pacientes.

## ○ Conclusiones

Las enfermedades cardiológicas constituyen la primera causa de morbimortalidad mundial, por lo que el binomio enseñanza-aprendizaje en los cardiólogos debe garantizar la máxima calidad. En este marco, se ha evidenciado un interés creciente en integrar la simulación en el currículo de Cardiología, aunque queda mucho por hacer. Disponemos de un amplio rango de simuladores, desde simuladores de tareas parciales como el de pericardiocentesis, simuladores robóticos de alta fidelidad integrados como los simuladores de intervencionismo coronario o de electrofisiología, o los simuladores de realidad virtual. El tipo y uso de estos simuladores va a depender del objetivo docente. En todo caso el aprendizaje y recertificación en Cardiología poco a poco va evolucionando hacia unos máximos estándares de calidad, donde la simulación es ya una pieza crucial.

## **Bibliografía**

1. Pepper J. Faulty devices: how does cardiology compare to aviation? *Eur Heart J.* 2019 Jul 1;40(26):2103-2106.
2. Pezel T, Coisne A, Picard F, Gueret P; French Commission of Simulation Teaching of the French Society of Cardiology. How simulation teaching is revolutionizing our relationship with cardiology. *Arch Cardiovasc Dis.* 2020 May;113(5):297-302.
3. 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;76:330-343.2.
4. Westerdahl DE. The Necessity of High-Fidelity Simulation in Cardiology Training Programs. *J Am Coll Cardiol.* 2016 Mar 22;67(11):1375-8.
5. Gosai J, Purva M, Gunn J. Simulation in cardiology: state of the art. *Eur Heart J.* 2015 Apr 1;36(13):777-83.
6. Moss A, Stoll VM. Simulation training for the cardiology trainee. *Heart.* 2021 Jan;107(1):83-84.
7. Tanner FC, Brooks N, Fox KF, Gonçalves L, Kearney P, Michalis L, Pasquet A, Price S, Bonnefoy E, Westwood M, Plummer C, Kirchhof P; ESC Scientific Document Group. ESC Core Curriculum for the Cardiologist. *Eur Heart J.* 2020 Oct 7;41(38):3605-3692.
8. British Cardiovascular Society. ST3 cardiology simulator training courses, 2018.
9. Jordi Bañeras Rius, Ana Huelmos, Esther León-Castelao, Manuel Anguita Sánchez, Simulación clínica: programa piloto en la formación de residentes de cardiología en España, *REC: CardioClinics*, Volume 54, Issue 4, 2019, Pages 265-270.
10. Accreditation Council for Graduate Medical Education. ACGME Program Requirements for 16 Graduate Medical Education in Cardiovascular Disease (Internal Medicine) [Internet]. 2011 [cited 2016 Apr 17].
11. Pezel T, Coisne A, Mahmoud-Elsayed H, et al. EACVI Communication Paper: First International Young Dedicated Multimodal Cardiovascular Imaging Simulation Education Event Organized by the ESC. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2020;21: 124-9.
12. Czerwińska-Jelonkiewicz K, Montero S, Bañeras J. The voice of young cardiologists. *Eur Heart J.* 2020 Aug 1;41(29):2723-2725.
13. Gordon MS, Ewy GA, Felner JM, et al. Teaching bedside cardiologic examination skills using "Harvey", the cardiology patient simulator. *Med Clin North Am.* 1980;64:305-313.
14. Simulación clínica en Cardiología, promess y realidades. Bañeras J, Huelmos A, Anguita M. Vol. 72, Nº. 8, 2019, págs. 606-607.

15. Gurm HS, Sanz-Guerrero J, Johnson DD, Jensen A, Seth M, Chetcuti SJ, Lalonde T, Greenbaum A, Dixon SR, Shih A. Using simulation for teaching femoral arterial access: A multicentric collaboration. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016 Feb 15;87(3):376-80.
16. Bagai A, O'Brien S, Al Lawati H, et al. Mentored simulation training improves procedural skills in cardiac catheterization: a randomized, controlled pilot study. *Circ Cardiovasc Interv* 2012;5:672–9.
17. Schimmel DR, Sweis R, Cohen ER, et al. Targeting clinical outcomes: endovascular simulation improves diagnostic coronary angiography skills. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016;87:383–8.
18. Silva JNA, Southworth M, Raptis C, Silva J. Emerging Applications of Virtual Reality in Cardiovascular Medicine. *JACC Basic Transl Sci*. 2018;3(3):420-430.
19. Siassi B, Ebrahimi M, Noori S, Sheng S, Ghosh D, Seri I. Virtual Neonatal Echocardiographic Training System (VNETS): An Echocardiographic Simulator for Training Basic Transthoracic Echocardiography Skills in Neonates and Infants. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2018 Nov 1;6:4700113.
20. Brynja Ingadottir, Tiny Jaarsma, Leonie Klompstra, Jan Aidemark, Linda Askenäs, Yotam Bahat, Oran Ben Gal, Aseel Berglund, Erik Berglund, Christoph Höchsmann, Meir Plotnik, Jaap CA Trappenburg, Arno Schmidt-Trucksäss, Anna Strömberg, Let the games begin: Serious games in prevention and rehabilitation to improve outcomes in patients with cardiovascular disease, *European Journal of Cardiovascular Nursing*, Volume 19, Issue 7, 1 October 2020, Pages 558–560.
21. Radhakrishnan K, Toprac P, O'Hair M, et al. Interactive digital e-health game for heart failure self-management: a feasibility study. *Games Health J* 2016; 5: 366–374.
22. Tongpeth J, Du H and Clark RA. An avatar-based education application to improve patients' knowledge of and response to heart attack symptoms: a pragmatic randomized controlled trial protocol. *J Adv Nurs* 2018; 74: 2658–2666.
23. Farooqi KM, Cooper C, Chelliah A, Saeed O, Chai PJ, Jambawalikar SR, Lipson H, Bacha EA, Einstein AJ, Jorde UP. 3D Printing and Heart Failure: The Present and the Future. *JACC Heart Fail*. 2019 Feb;7(2):132-142.
24. Gustavsen PH, Nielsen DG, Paltved C, Konge L, Nayahangan LJ. A national needs assessment study to determine procedures for simulation-based training in cardiology in Denmark. *Scand Cardiovasc J*. 2019 Feb;53(1):35-41.
25. McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med*. 2013;28(2):283-291.
26. Friederichs H, Weissenstein A, Ligges S, Möller D, Becker JC, Marschall B. Combining simulated patients and simulators: pilot study of hybrid simulation in teaching cardiac auscultation. *Adv Physiol Educ*. 2014 Dec;38(4):343-7.
27. Arangalage D, Abtan J, Gaschignard J, et al. Implementation of a large-scale simulation-based cardiovascular clinical examination course for undergraduate medical students - a pilot study. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):361.
28. Bernard A, Chemaly P, Dion F, Laribi S, Remerand F, Angoulvant D, Ivanès F. Evaluation of the efficacy of a self-training programme in focus cardiac ultrasound with simulator. *Arch Cardiovasc Dis*. 2019 Oct;112(10):576-584.
29. Alli O, Asirvatham S, Holmes DR. Strategies to incorporate left atrial appendage occlusion into clinical practice. *J Am Coll Cardiol* 2015;65: 2337–44.
30. Matyal R, Montealegre-Gallegos M, Mitchell JD, et al. Manual Skill Acquisition During Transesophageal Echocardiography Simulator Training of Cardiology Fellows: A Kinematic Assessment. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015;29:1504—10.
31. Ogilvie E, Vlachou A, Edsell M, et al. Simulation-based teaching versus point-of-care teaching for identification of basic transoesophageal echocardiography views: a prospective randomised study. *Anaesthesia* 2015;70:330—5.
32. Okuda Y, Quinones J. The use of simulation in the education of emergency care providers for cardiac emergencies. *Int J Emerg Med*. 2008;1(2):73-77.

33. Kalivoda EJ, Sullivan A, Bunting L. A Cost-Effective, Rapidly Constructed Simulation Model for Ultrasound-Guided Pericardiocentesis Procedural Training. *J Emerg Med.* 2019 Jan;56(1):74-79.
34. Green SM, Klein AJ, Pancholy S, et al. The current state of medical simulation in interventional cardiology: a clinical document from the Society for Cardiovascular Angiography and Intervention's (SCAI) Simulation Committee. *Catheter Cardio-vasc Interv* 2014;83:37—46.
35. Prenner SB, Wayne DB, Sweis RN, Cohen ER, Feinglass JM, Schimmel DR. Simulation-based education leads to decreased use of fluoroscopy in diagnostic coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018;91:1054–1059.
36. Fischer Q, Sbissa Y, Nhan P, et al. Use of Simulator-Based Teaching to Improve Medical Students' Knowledge and Competencies: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res* 2018;20:e261.
37. Voelker W, Petri N, Tonissen C, et al. Does Simulation-Based Training Improve Procedural Skills of Beginners in Interventional Cardiology? — A Stratified Randomized Study. *J Interv Cardiol* 2016;29:75—82.
38. Oliveira-Santos M, Oliveira Santos E, Marinho AV, Leite L, Guardado J, Matos V, Pego GM, Marques JS. Patient-specific 3D printing simulation to guide complex coronary intervention. *Rev Port Cardiol.* 2018 Jun;37(6):541.e1-541.e4.
39. Alfredo Redondo Diéguez , Belén Cid Álvarez, Alejandro Ávila Carrillo, Fernando Gómez Peña, José Ramón González-Juanatey, Ramiro Trillo Nouche. Simulación impresa en 3D de intervención coronaria percutánea específica para un paciente. *Rev esp card.* Vol. 72. Núm. 5. Páginas 424-426.
40. Yambe T, Yoshizawa M, Tabayashi K, Takeda H, Nitta S. Virtual percutaneous transluminal coronary angioplasty system for an educational support system. *Artif Organs.* 1998 Aug;22(8):710-3.
41. Thorpe RL, Rohant N, Cryer M, Gainey C. Inappropriately Firing Defibrillator: A Simulation Case for Emergency Medicine Residents. *MedEdPORTAL.* 2019;15:10808.
42. Maloney S, Haines T. Issues of cost-benefit and cost-effectiveness for simulation in health professions education. *Adv Simul (Lond).* 2016 May 17;1:13.

## Simulación Clínica en Neumología

Belén Gómez<sup>1</sup>, Lorena Piñel<sup>1</sup>, Eva B. Cabrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hospital Clínico Virgen de la Victoria, Málaga. Servicio de Neumología.

Los inicios de la era de la simulación se remontan a los años sesenta cuando aparecen los primeros modelos de maniquís para la resucitación cardiopulmonar. A partir de ese momento se empiezan a desarrollar múltiples sistemas de simulación en las diferentes especialidades.<sup>1</sup>

En el campo de la neumología el primer artículo destacado sobre este tema se publica en el año 2001, donde se recogen las ventajas para el aprendizaje de un sistema de broncoscopia virtual frente a la técnica tradicional.<sup>2</sup>

La formación basada en la simulación sustituye un escenario real por otro simulado que permite un entrenamiento en las diferentes técnicas neumológicas en un entorno seguro. Esto conlleva una serie de ventajas, por un lado, se acorta la curva de aprendizaje al disponer de un entorno simulado muy similar a la arquitectura del real, que permite repetir los procedimientos técnicos tantas veces como sean necesarios hasta alcanzar las habilidades psicomotrices necesarias para llevarlos a cabo.

Por otra parte, se aumenta la seguridad del paciente al disponer de una práctica y conocimientos previos antes de aplicar estas técnicas sobre los mismos. Todo esto permite una reducción en el tiempo que se emplea en aprender y dominar una determinada técnica, lo que es aplicable tanto a los especialistas en formación como para aquellos que desean reciclarse en dichas técnicas.<sup>3</sup>

En el campo de la Neumología las áreas donde más se ha desarrollado la simulación ha sido en aquellas con aplicaciones más intervencionistas y en las que puede tener más afectación la seguridad del paciente. A continuación, haremos una revisión de las diferentes técnicas para las que existen dispositivos de simulación.

- Abordaje de la patología tumoral pulmonar: broncoscopia y EBUS.

- *Broncoscopia*

Los inicios de la broncoscopia se remontan a 1897 cuando Gustav Killian utiliza el laringoscopio de Kirstein para profundizar en la vía aérea y extraer un hueso de cerdo aspirado. Posteriormente Chevalier Jackson, realiza una serie de mejoras en el instrumento que da lugar al broncoscopio y establece las bases de la técnica y material necesario.

Estos avances permiten que en 1917 se realice la primera resección endoscópica de un tumor endobronquial. Sin embargo, no es hasta 1967 cuando se produce otro de los grandes avances con el desarrollo del broncoscopio flexible, que al disponer de mayor movilidad permitía un mejor acceso al árbol bronquial y a las ramas más distales del mismo.<sup>4</sup>

Desde entonces la broncoscopia ocupa un lugar fundamental en la valoración de la vía aérea inferior a nivel diagnóstico, permitiendo valoración de signos y síntomas, como son disfonía, hemoptisis, tos, etc. Valoración de enfermedad endobronquial como la presencia de tumores, tapones mucosos o fistulas Además de un papel clave en el diagnóstico del cáncer de pulmón.<sup>5</sup>

La preocupación por mejorar la seguridad del paciente y la formación de los futuros especialistas en Neumología ha llevado al desarrollo de diferentes sistemas de simulación. Estos sistemas han ido evolucionando desde los modelos iniciales más básicos donde un árbol bronquial de silicona permitía explorar la anatomía bronquial y con la visión directa externa corregir la situación y orientación en el mismo, hasta los modelos actuales de simulación virtual.

En el año 2001 encontramos el primer trabajo sobre el uso de modelo virtuales en broncoscopia. En este artículo comparan las habilidades de un grupo de estudiantes que realizan un curso intensivo de 8 horas de formación en técnica broncoscopia mediante simulador y se compararon sus habilidades y fallos con un grupo de broncoscopistas experimentados.

Se comprobó que aquellos estudiantes que se formaban en el simulador y después aplicaban las habilidades adquiridas presentaban una correcta orientación en el árbol bronquial y tuvieron menos contacto con la pared bronquial que antes del entrenamiento. Además, los estudiantes realizaron exámenes más exhaustivos del árbol bronquial que los médicos experimentados y se saltaron menos segmentos.<sup>2</sup>

Otros estudios han ido un paso más allá y han indagado sobre si no solo el simulador si no los programas de formación integrados en este mejoran la formación en el mismo.

Encontramos un trabajo de 2018 donde comparan a un grupo de especialistas en formación en broncoscopia entrenados mediante un programa de autoformación con un grupo de expertos en broncoscopia.

Tras el completar el programa encontraron que el tiempo total del procedimiento del grupo en formación se redujo a la mitad y la puntuación de identificación de lesiones mejoró significativamente en la evaluación final. Las puntuaciones en el grupo experto y el grupo en formación fueron muy similares.

En esta línea, un estudio reciente compara a un grupo de estudiantes que fueron tutorizados mientras se formaban en broncoscopia virtual frente a un grupo con usó exclusivamente el simulador. Se comprobó que en ambos grupos el conocimiento de la

anatomía del árbol bronquial aumentaba significativamente antes y después del entrenamiento.<sup>7</sup>

Esto sugiere que los modelos actuales de broncoscopia virtual son lo bastante intuitivos y fácilmente manejables para lograr su objetivo de formación pudiendo abordarse esta formación incluso con programas automáticos.

- *Ecobroncoscopia (EBUS)*

La ecobroncoscopia o EBUS es una técnica disponible desde el año 2005 y que se ha convertido en una herramienta fundamental en el diagnóstico y estadificación del cáncer de pulmón.

Se basa en la combinación de un broncoscopio con una sonda de ecografía en su extremo distal que permite la visualización de las estructuras adyacentes a la vía aérea y la toma de muestras mediante punción aspiración con aguja en tiempo real.<sup>5</sup>

Dado que es una técnica más reciente mucho de los especialistas en broncoscopia han tenido que formarse en ella en los últimos años. En este sentido se encuentran varios trabajos como un estudio de 2017 donde a quince broncoscopistas experimentados, pero con nula o escasa formación en EBUS se le entrenaba mediante un programa de simulación virtual de alta fidelidad en una sesión práctica de siete horas. Se observó una mejoría significativa en las puntuaciones finales de los broncoscopistas respecto a la evaluación inicial.<sup>8</sup>

Otro estudio realizado en un centro hospitalario de Singapur se centró en aquellos especialistas en formación en sus instalaciones comparando a quienes se entrenaban en el uso de EBUS mediante simulación virtual y aquellos que se forman por los métodos tradicionales. En este caso no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al rendimiento diagnóstico de las ecobroncoscopias realizadas por ambos grupos.

Por otro lado, hubo un aumento de las complicaciones menores pero una reducción en las complicaciones mayores.<sup>9</sup>

Finalmente encontramos una revisión reciente realizada por Naur et al<sup>10</sup> donde analizaban los trabajos disponibles sobre la formación en la técnica de EBUS mediante simulación virtual.

En las publicaciones incluidas había participantes con distintos grados de experiencia y se utilizaba como método de formación la ecobroncoscopia virtual. Los trabajos recogidos demostraban que el modelo de formación basada en simulación era más eficaz que los modelos de aprendizaje tradicionales.

- Abordaje de la insuficiencia respiratoria.
  - *Ventilación mecánica no invasiva*

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) es una técnica que ofrece soporte ventilatorio al paciente sin necesidad de intubación o traqueostomía, administrando una presión positiva a la vía aérea a través de una mascarilla nasal o facial. Es un método cada vez más utilizado para el tratamiento tanto de la insuficiencia respiratoria aguda como de la crónica<sup>11</sup>.

Sin embargo, esta técnica requiere de cierto entrenamiento por parte del médico que la inicia, ya que se trata de un procedimiento en el cual, el paciente va a estar consciente y se precisa de su colaboración. Por este motivo, el neumólogo debe saber cómo manejar el ventilador y cómo modificar los parámetros para que sean efectivos y bien tolerados.

Para un uso correcto de la VMNI, en primer lugar, debemos saber indicarla en el paciente adecuado, o de lo contrario podríamos estar retrasando una intubación necesaria. A continuación, necesitamos conocer el modelo de ventilador del que disponemos, las funciones que ofrece y los parámetros que podemos variar. Finalmente, tendremos que conectar las distintas partes del circuito del ventilador, de forma que se reduzcan las fugas lo máximo posible<sup>12</sup>.

Una vez iniciamos la VMNI, deberemos ser capaces de detectar las asincronías entre ventilador-paciente más frecuentes y para ello, los simuladores son una herramienta muy útil.

El simulador de pulmón nos va a permitir entrenar diferentes situaciones clínicas para aprender a manejar la VMNI de forma adecuada. Uno de los modelos más conocidos es el que se basa en el sistema bag-in-box. Se trata de una caja hermética a la que conectaremos una jeringa de calibración, que controlará la presión que simula la intrapleural, y dentro habrá una bolsa conectada al ventilador que hará la función del pulmón.

Cuando la bolsa queda vacía (situación del final de la espiración) y mediante el embolo de la caja producimos un cambio de presión, el ventilador lo detectará como inicio de nuevo ciclo respiratorio y emitirá una embolada de aire.

Con este modelo sencillo, podemos reproducir un patrón respiratorio restrictivo u obstructivo. Para el modelo restrictivo, tendremos que aumentar la resistencia elástica, mediante la retracción del émbolo, y observaremos que, al conectarlo al ventilador, necesitaremos presiones más elevadas para que se produzca el llenado de la bolsa.

En el modelo obstructivo, tendremos que colocar una válvula de limitación al flujo aéreo y disminuir la presión del retroceso elástico mediante el émbolo. Al conectarlo al ventilador, observaremos que la bolsa no puede vaciarse por completo, dejando un volumen residual, y que, además, se vacía de forma más lenta. Si vemos la presión del manómetro en el momento final de la espiración en este modelo, esta corresponderá a la PEEP intrínseca.

Este simulador también nos permitirá entrenar las asincronías más frecuentes. En las asincronías relacionadas con el trigger intrínseco hay dos escenarios. Uno de ellos, cuando el trigger es demasiado sensible, y por tanto el respirador en cuanto detecta un mínimo esfuerzo emite una embolada, produciéndose lo que se conoce como autociclado. Para estudiar este tipo de asincronía necesitaremos un ventilador que permita una presión soporte sin PEEP, para que se produzca un vaciado completo de la bolsa, y este cambio de conformación en dicha bolsa, proporcionará un cambio de presión para un nuevo ciclo respiratorio.

En contrapartida, tendríamos cuando el trigger es muy poco sensible, necesitándose una gran presión para activar el ciclo respiratorio. Esto produce lo que llamamos el esfuerzo ineficaz. Para observarlo en nuestro simulador, tendremos que accionar el émbolo y comprobar cuál es la tensión que se necesita para anular la presencia de auto-PEEP<sup>13</sup>.

Las asincronías relacionadas con las fugas se reproducen si abrimos hacia el exterior la tubuladura que conecta con el simulador. Esto puede ser útil para comparar el poder de compensación de fugas de distintos ventiladores, ante diferentes intensidades de fuga aérea en el sistema<sup>14</sup>.

Existen otros simuladores, con un funcionamiento similar, pero con diferente mecanismo, que también resultan baratos y fáciles de reproducir, como el que se expone en el artículo de Medina-Villanueva A et al<sup>15</sup>. Este modelo consta de un sistema de resistencia en el que hay varias válvulas que permiten cambiar las resistencias y modificar las fugas; y el sistema de distensibilidad que representa al pulmón y la caja torácica.

Hoy en día sin embargo, hay modelos de simulación más avanzados que estos, que permiten reproducir gran variedad de situaciones clínicas en VMNI como por ejemplo el utilizado en neonatos de con diferentes pesos corporales, que han permitido probar qué interfaces resultan más eficaces para ventilar a pacientes pediátricos<sup>16,17</sup>.

- Abordaje del derrame pleural: toracocentesis y biopsia pleural.

#### *Toracocentesis y biopsia pleural*

A pesar de los múltiples avances diagnósticos o terapéuticos de la medicina de los últimos años, el derrame pleural (DP) continúa siendo una de las enfermedades que con frecuencia tiene que abordar el neumólogo. Aunque es una técnica sencilla no está exenta de complicaciones, por lo que la formación y el entrenamiento en ella es fundamental para el médico residente.

Se han evaluado métodos de aprendizaje con materiales de simulación a través de superficies que permiten el entrenamiento de la misma. Algunos estudios han evaluado los resultados de simulación y han mostrado una mayor confianza en sí mismos y posteriormente han realizado significativamente más procedimientos junto a la cama de

los pacientes, los médicos entrenados con material de simulación frente a los residentes capacitados tradicionalmente<sup>18</sup>.

Además, existen ensayos clínicos que avalan estos resultados, en 2018 Jeffrey et al<sup>19</sup> realizaban un ensayo clínico que comparaba los efectos adversos derivados de médicos residentes formados por simulación frente a los formados por el método tradicional, durante el período de estudio se realizaron 917 toracocentesis en 709 pacientes, el neumotórax iatrogénico ocurrió en 60 (6,5%) procedimientos, de los cuales 7 (11,6%) fueron clínicamente significativos.

Los residentes entrenados en simulación realizaron procedimientos con una tendencia hacia menos complicaciones en comparación con los residentes entrenados tradicionalmente. El hemotórax ocurrió después de 4 (0,4%) toracocentesis, y los residentes entrenados en simulación tenían una tendencia hacia un hemotórax más bajo (0) en comparación con el otro grupo ( $p = 0,07$ ).

Por todo ello se considera que disponer de recursos de simulación en el manejo del derrame pleural reduce las complicaciones y aumenta la seguridad del paciente.

- Conclusiones

El entrenamiento basado en la simulación, constituye uno de los pilares de la neumología. Tanto por la rapidez y eficacia de sus curvas de aprendizaje, como por la seguridad que supone para los pacientes.

Es reconocida como una herramienta útil en la formación del médico interno residente y en el reciclaje de cualquier neumólogo.

Es necesaria la incorporación a los hospitales de programas de formación más completos y especializados en simulación de las técnicas invasivas en la salud respiratoria.

## **Bibliografía**

1. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education training. *Qual Saf Health Care*. 2004 Oct; 13 (Suppl 1): i11–i18.
2. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O. Virtual Reality Bronchoscopy Simulation: A Revolution in Procedural Training. *Chest*. 2001. Volume 120, Issue 4, Pages 1333-1339.
3. Vázquez-Mata G, Ruiz-Castillo J. El futuro pasa por el entrenamiento médico y quirúrgico basado en la simulación. *Cir Esp* 2009; 86: 1-2.
4. García Silveria E, Pérez Cruz H, Pérez Cruz N, Historia de la broncoscopia. *Rev Haban Cienc Méd*. 2008 v.7 n.4.

5. Reyes Núñez N, Luque Crespo E, Santos Morano J, Alfageme Michavila I. Broncoscopia diagnóstica. Requisitos sedación y técnicas. Manuel de diagnóstico y terapéutica en Neumología. 3ª edición. Sevilla. ERGON. 2016. p 125-135.
6. Veaudor M, Gérinière L, Souquet PJ, Druette L, Martin X, Vergnon JM, Couraud S. High-fidelity simulation self-training enables novice bronchoscopists to acquire basic bronchoscopy skills comparable to their moderately and highly experienced counterparts. *BMC Med Educ.* 2018 Aug 7;18(1):191.
7. Schertel A, Geiser T, Hautz WE. Man or machine? Impact of tutor-guided versus simulator-guided short-time bronchoscopy training on students learning outcomes. *BMC Med Educ.* 2021 Feb 22;21(1):123.
8. Scarlata S, Palermo P, Candoli P, Tofani A, Petitti T, Corbetta L. EBUS-STAT Subscore Analysis to Predict the Efficacy and Assess the Validity of Virtual Reality Simulation for EBUS-TBNA Training Among Experienced Bronchoscopists. *J Bronchology Interv Pulmonol.* 2017 Apr 24 (2):110-116.
9. Ong ASQ, Tan AH, Anantham D, Sharma K, Tan S, Lapperre TS, Tham KY, Sultana R, Koh MS. Impact of simulation training on performance and outcomes of endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration performed by trainees in a tertiary academic hospital. *J Thorac Dis.* 2018 Sep;10(9):5621-5635.
10. Naur TMH, Nilsson PM, Pietersen PI, Clementsen PF, Konge L. Simulation-Based Training in Flexible Bronchoscopy and Endobronchial Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration (EBUS-TBNA): A Systematic Review. *Respiration.* 2017;93(5):355-362.
11. Gallardo-Romero JM et al. Ventilación no invasiva. *Arch Bronconeumol.* 2010;46(6):14-21
12. Barrot-Cortés E, Sánchez-Gómez E et al. Manual SEPAR de procedimientos. Vol.16 Ventilación mecánica no invasiva. Barcelona; 2008. 9-23
13. Heili-Frades S, Peces-Barba G, Rodríguez-Nieto MJ. Diseño de un simulador de pulmón para el aprendizaje de la mecánica pulmonar en ventilación mecánica. *Arch Bronconeumol.* 2007;43(12):674-9
14. Hu XS, Wang Y, Wang ZT et al. A comparison of leak compensation in six acute care ventilators during non-invasive ventilation. *Chinese journal of tuberculosis and respiratory diseases.* 2017 Feb 12;40(2):90-97
15. Medina- Villanueva A et al. Simulador de pulmón. *An Pediatr(Barc).* 2010;73(4):202-206
16. Lyer NP, Chatburn R. Evaluation of a nasal cannula in noninvasive ventilation using a lung simulator. *Respir Care.* 2015 Apr;60(4):508-12.
17. Conti G et al. Comparative bench study evaluation of different infant interfaces for non-invasive ventilation. *BMC Pulm Med.* 2018 Apr 7;18(1):57.
18. Barsuk JH, Cohen ER, Williams MV, Scher J, Feinglass J, McGaghie WC, O'Hara K, Wayne DB. The effect of simulation-based mastery learning on thoracentesis referral patterns. *J Hosp Med.* 2016 Nov;11(11):792-795.
19. Barsuk JH, Cohen ER, Williams MV, Scher J, Jones SF, Feinglass J, McGaghie WC, O'Hara K, Wayne DB. Simulation-Based Mastery Learning for Thoracentesis Skills Improves Patient Outcomes: A Randomized Trial. *Acad Med.* 2018 May;93(5):729-735.



## Simulación Clínica en Neurología

Lina Carazo<sup>1</sup>, Virginia Delgado<sup>1</sup> e Ignacio Garcia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario Virgen de la Victoria, Málaga. Servicio de Neurología

El aprendizaje basado en simulación es un método de formación en constante crecimiento, que suscita cada vez más interés y empieza a ser aplicable a casi todos los campos y especialidades médicas. Es evidente que encuentra sus áreas de mayor desarrollo en especialidades quirúrgicas o médico-quirúrgicas, o en aquellas con un alto nivel de intervencionismo. Sin embargo, en el caso de la neurología, una especialidad eminentemente clínica y cuya práctica clínica diaria se construye casi enteramente sobre una anamnesis meticulosa y una exploración clínica sistemática y completa, el aprendizaje basado en simulación tiene también un papel de gran importancia.

Desde los primeros indicios de aplicación de técnicas de simulación en la literatura hasta nuestros días han pasado cuatro décadas: durante la década de 1970 comenzaron a publicarse estudios sobre los mecanismos de daño medular en el síndrome de descompresión<sup>1</sup>, primeras experiencias con pacientes simulados<sup>2</sup> o primeros modelos de simulación computarizada de técnicas de electromiografía<sup>3</sup>. El uso de maniqués en la simulación en neurología estuvo notablemente limitado por razones técnicas: los maniqués no podían imitar un examen neurológico alterado, elemento crucial en el aprendizaje neurológico<sup>4</sup>. El campo de los pacientes simulados y estandarizados y sus posibles aplicaciones en el aprendizaje a pie de cama y en evaluaciones regladas fue un punto de interés sobre todo en el ámbito anglosajón, y se desarrolló en los años siguientes de forma algo más manifiesta<sup>5-7</sup>. Sin embargo, no fue hasta el año 2010 en que comienza a enfatizarse la posible importancia del aprendizaje basado en la simulación en las emergencias neurológicas<sup>8</sup> y desde entonces hemos sido testigos de un rápido desarrollo de las técnicas de simulación tanto en situaciones de emergencia como en neurología crítica, aplicadas al manejo diagnóstico-terapéutico (ictus agudo, estado epiléptico) y a diversos procedimientos (punción lumbar). Desde aquellos inicios de la simulación en neurología hasta el panorama en el que nos encontramos hoy, caracterizado por una elevada especialización y tecnificación, así como una importancia cada vez mayor de las técnicas complementarias y de algunos procedimientos intervencionistas, la neurología como especialidad se ha visto transformada. En este contexto, la simulación adquiere un papel de cada vez mayor importancia y se perfila como un método clave en el aprendizaje.

En general, y siendo este acercamiento común al de otras especialidades médicas, la simulación en neurología puede tomar dos orientaciones principales: la adquisición de habilidades técnicas específicas y el aprendizaje orientado a la resolución de problemas (entrenamiento dirigido a la adquisición de las habilidades necesarias para resolver casos clínicos específicos). Como hemos explicado previamente, la neurología es una

especialidad eminentemente clínica que cuenta entre sus competencias un número limitado de procedimientos intervencionistas, aplicables tanto a contextos de emergencias y pacientes críticos (punción lumbar, neurosonología, procedimientos endovasculares) como a pacientes ambulatorios (infiltración de toxina botulínica en cefaleas y en diversos trastornos del movimiento, interpretación de datos provenientes de electroencefalografías y electromiografías). La adquisición de habilidades técnicas para la ejecución de estos procedimientos es fundamental. Por otro lado, el aprendizaje orientado a la resolución de problemas en casos clínicos específicos es una metodología transversal aplicable a todas las áreas de la neurología, considerando la importancia capital de la anamnesis y la exploración clínica.

- Simulación Aplicada en Neurología

- *Patología neurológica aguda y grave: neurología crítica e intensiva*

Como se ha mencionado previamente, la simulación en neurología en tiempos contemporáneos experimentó un notable desarrollo inicial aplicándose a los pacientes críticos<sup>9</sup>. Se trata de un campo amplio que abarca un gran abanico de patologías, desde patologías de instauración aguda como el ictus (lo trataremos separadamente), crisis comiciales, síndrome de Guillain-Barré, etc. hasta empeoramientos agudos e impredecibles de patologías previas crónicas como la esclerosis múltiple, la miastenia gravis o la enfermedad de Parkinson. De manera similar al resto de patología neurológica, la simulación en pacientes críticos debe cubrir tanto la adquisición de habilidades técnicas destinadas a la ejecución de procedimientos como el entrenamiento en escenarios clínicos diversos, normalmente mediante el uso de pacientes simulados y maniqués, que permita la resolución de problemas clínicos y la adquisición de las habilidades comunicativas necesarias para una adecuada relación médico-paciente-familia.

Los escenarios clínicos más importantes en los que se ha aplicado el aprendizaje mediante simulación son la patología cerebrovascular aguda (consultar epígrafe siguiente), estado epiléptico<sup>10</sup>, coma de causa desconocida, fallo respiratorio agudo de etiología neuromuscular (miastenia gravis y síndrome de Guillain-Barré)<sup>11</sup>, meningitis bacteriana aguda (siendo la punción lumbar un procedimiento imprescindible en esta patología) y muerte encefálica<sup>12</sup>. En todos estos escenarios se puede aplicar una metodología similar basada en el uso de maniqués que incluyen dispositivos de reproducción y transmisión de voz (se emplea un paciente simulado que puede contestar en tiempo real según un guión preestablecido, o este rol puede ser llevado a cabo por un miembro del equipo de formación específicamente entrenado para, por ejemplo, simular un trastorno del lenguaje), así como dispositivos para toma de constantes vitales, sistemas que permitan simular cambios en la sintomatología, etc. El dispositivo NewroSim® es un simulador basado en maniqués de alta complejidad técnica que cuenta con modelos generados por ordenador que reproducen el flujo sanguíneo cerebral medido por ecografía Doppler, reproducen alteraciones en la exploración neurológica, y de esta manera permiten simular el ictus agudo y el traumatismo craneoencefálico<sup>13</sup>. Existen también simuladores aplicables a pacientes con lesiones cerebrales traumáticas agudas, que permiten una medida del diámetro de la vaina del nervio óptico por medio de ecografía transcraneal, estando dicho diámetro correlacionado con la presión intracraneal<sup>14</sup>. La simulación debe

incluir también un escenario con actores que permita entrenar las habilidades comunicativas con familiares o cuidadores, ya que la historia clínica con frecuencia no podrá ser obtenida del paciente. En el caso particular de la muerte encefálica, la adquisición de habilidades comunicativas a aplicar con la familia o el entorno del paciente adquiere una importancia incluso mayor<sup>15</sup>.

Es necesario enfatizar y ampliar el papel del aprendizaje por simulación aplicado a la punción lumbar. Este procedimiento es esencial en la práctica clínica, no sólo aplicado al diagnóstico de la meningitis aguda sino en muchos otros escenarios frecuentes en el día a día del neurólogo: diagnóstico de encefalopatías o encefalitis, esclerosis múltiple, deterioro cognitivo, etc. Sin embargo, se trata de un procedimiento invasivo que puede ocasionar riesgos e incomodidad o dolor al paciente, y por ello la enseñanza y la práctica del mismo en pacientes reales está necesariamente limitada. Aquí, el uso de simuladores adquiere una importancia capital, ya que los dispositivos de simulación permiten practicar el procedimiento en un entorno seguro que emule la anatomía humana y esté exento de riesgo para el paciente. Algunas de las limitaciones de estos simuladores son su elevado precio, la necesidad de reemplazar el tejido en el que se realiza la punción tras un número variable de repeticiones, o la dificultad de reproducir la anatomía de pacientes con obesidad, escoliosis, escasa movilidad raquídea u otras dificultades anatómicas. A este respecto, existen simuladores realizados utilizando impresoras 3D que tienen un coste mucho más reducido y permiten sortear alguna de estas limitaciones<sup>16</sup>. La simulación aplicada a la enseñanza de la punción lumbar ha demostrado mejorar la confianza y el conocimiento teórico sobre el procedimiento, así como la tasa de éxito del mismo y la autonomía del profesional<sup>17,18</sup>.

- *Patología cerebrovascular*

“Tiempo es cerebro” es el eslogan más conocido en formación sobre patología cerebrovascular aguda: 1.9 millones de neuronas mueren cada minuto durante un ictus isquémico, y es de sobra conocido y demostrado que cuanto menor sea el retraso en la instauración del tratamiento de reperusión cerebral (fibrinólisis intravenosa o trombectomía mecánica), mejor será el pronóstico funcional del paciente<sup>19,20</sup>. Por la elevada frecuencia de la patología cerebrovascular aguda en las urgencias neurológicas, la necesaria implicación de múltiples niveles de atención (atención prehospitalaria, medicina de urgencias y emergencias, neurología, cuidados intensivos) y el enorme impacto que sufren los pacientes y sus familias cuando la recuperación no es completa, se hace imprescindible la formación en este ámbito. Concretando en la atención al ictus agudo, la formación debe estar especialmente dirigida a la optimización de los protocolos de atención para disminuir al mínimo los retrasos en el diagnóstico, traslado e inicio del tratamiento, formación orientada a la resolución de casos clínicos para evitar la demora diagnóstica, y formación destinada a adquirir las habilidades técnicas necesarias para la realización o interpretación de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos: lectura e interpretación de estudios de imagen cerebral en fase aguda (Tomografía Axial Computarizada craneal con contraste para estudio de vasos o Angio-TAC, TAC de perfusión), realización e interpretación de ecografía - Doppler de Troncos Supraaórticos (TSA), indicación y administración de Alteplasa como tratamiento fibrinolítico

intravenoso, e indicación y ejecución (junto con especialistas en radiología intervencionista) de procedimientos endovasculares como la trombectomía mecánica.

Una de las claves a considerar es el grado de fidelidad del simulador, es decir, hasta qué punto el simulador es capaz de replicar la realidad. Aquí convergen dos principios: la fidelidad técnica (consistente en que el simulador tenga una apariencia realista; se relaciona con el diseño del mismo y la complejidad de su interfaz), y la fidelidad psicológica (relativa a los comportamientos en la relación médico - paciente, la capacidad de comunicación, etc.)<sup>21</sup>. Las técnicas más complejas como por ejemplo la trombectomía mecánica normalmente necesitarán de simuladores de alta complejidad y fidelidad técnica: los dispositivos más actuales cuentan, por ejemplo, con interfaces táctiles e imágenes anatómicas en 3D generadas por ordenador<sup>22</sup>. Sin embargo, los aspectos más relacionados con la comunicación con pacientes complejos, comunicación de malas noticias o manejo de pacientes al final de la vida, pueden entrenarse por medio de pacientes o consultas simuladas, técnicas de role-playing o maniqués adecuados<sup>23</sup>. La aplicación de técnicas de simulación en pacientes con patología cerebrovascular aguda ha demostrado influir positivamente en la reducción del tiempo entre la llegada del paciente al centro hospitalario y la administración del tratamiento de reperfusión (el denominado tiempo puerta-aguja), así como mejorar el pronóstico funcional a 3 meses<sup>24</sup>.

- Perspectivas Futuras

La simulación en neurología es un campo joven y en continuo desarrollo. Una de las limitaciones técnicas principales, como ya hemos detallado, es la dificultad para que los maniqués de simulación reproduzcan una exploración neurológica anormal, sin embargo ya están disponibles algunos modelos de maniqués que simulan alteraciones pupilares u oculomotoras<sup>13</sup>. El uso de tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada puede ofrecer alternativas, siendo un ejemplo el simulador CAE Vimedix AR Hololens®, que combina el simulador ecográfico de CAE Healthcare con la tecnología Hololens de Microsoft, y permite la visualización y manipulación de estructuras anatómicas en 3D y el entrenamiento con el haz ecográfico sobre estas estructuras<sup>25</sup>. La realidad virtual y realidad aumentada pueden ofrecer en el futuro una solución para construir entornos de simulación en los que aparezcan pacientes con exploraciones neurológicas alteradas. Los avances técnicos en los simuladores mejorarán claramente su fidelidad y su reproducibilidad, y esto permitirá generalizar su aplicación.

El futuro en entornos con pacientes simulados orientados a la resolución de problemas clínicos complejos y adquisición de habilidades comunicativas pasa necesariamente por la generalización de estos entornos en los protocolos de formación de la especialidad, y por su inclusión como parte de la metodología formativa y del currículo de los especialistas internos residentes, así como su uso como herramienta de formación continuada. Como hemos indicado previamente, los escenarios clínicos con pacientes simulados pueden y deben emplearse en toda la patología neurológica, dado que el diagnóstico se basa en gran medida en una anamnesis y exploración clínica correcta. También puede tener una aplicabilidad importante a la hora de intensificar la formación en protocolos diagnósticos y terapéuticos de alta complejidad y que impliquen distintos niveles asistenciales y especialistas, como puede ser el conocido como “código ictus”, o como vehículo para

formar a los profesionales en nuevos protocolos o procedimientos, por ejemplo podría ser una herramienta de formación a emplear previo a la apertura de una nueva unidad de atención de pacientes neurocríticos (unidades de ictus) o de otra índole. Este paso de integración de la simulación en la formación en neurología ya se está dando en países anglosajones, pero aún queda por andar este camino en España<sup>26</sup>.

#### ○ Conclusiones

El aprendizaje por medio de simulación en neurología es un campo joven y en reciente expansión. Por un lado, se puede aplicar a entornos con pacientes simulados que permitan adquirir habilidades necesarias para la resolución de problemas clínicos complejos, así como habilidades comunicativas con pacientes y familiares. Estos escenarios clínicos simulados, diseñados específicamente, son aplicables a cualquier patología neurológica, ya que se trata de patologías cuyo diagnóstico depende de una anamnesis completa y una correcta exploración clínica. Se han visto limitados hasta el presente por la dificultad de diseñar maniqués que pudieran emular una exploración neurológica alterada, pero esta dificultad se está solventando con los modelos más recientes. Por otro lado, existen simuladores destinados a la adquisición de habilidades técnicas para realizar determinados procedimientos como pueden ser la punción lumbar o la trombectomía mecánica. El aprendizaje por simulación se aplica principalmente a pacientes críticos (meningitis bacteriana, traumatismo craneoencefálico, estado epiléptico, coma de causa no clara) y a pacientes con patología cerebrovascular aguda. El futuro desarrollo de la simulación en neurología vendrá de la mano de avances e innovaciones técnicas, así como de la generalización del uso de escenarios clínicos con pacientes simulados y su integración en los programas de formación sanitaria especializada.

#### **Bibliografía**

1. J M Hallenbeck, A A Bove, D H Elliott. Mechanisms underlying spinal cord damage in decompression sickness. *Neurology*. abril de 1975;25(4):308-16.
2. Barrows HS. Bedside Clinics in Neurology. *JAMA* 243:1448-1450, 1980.
3. Nandedkar SD, Sanders DB, Stålberg EV, Andreassen S. Simulation of concentric needle EMG motor unit action potentials: Concentric Needle EMG MUAP. *Muscle Nerve*. febrero de 1988;11(2):151-9.
4. Papangelou A, Ziai W. The Birth of Neuro-simulation. *Neurocrit Care*. octubre de 2010;13(2):167-8.
5. G J Weverling 1, J Stam, T J ten Cate, H van Crevel. Computer-assisted education in problem-solving in neurology; a randomized educational study. *Ned Tijdschr Geneesk*. 24 de febrero de 1996;140(8):440-3.
6. Kissela B, Harris S, Kleindorfer D, Lindsell C, Pascuzzi R, Woo D, et al. The use of standardized patients for mock oral board exams in neurology: a pilot study. *BMC Med Educ*. diciembre de 2006;6(1):22.
7. M Schrauth 1, N Schmulius, S Zipfel, T Haarmerier. Practical examinations for neurology. The Tuebingen model. *Nervenarzt*. diciembre de 2006;77(12):1464-8.
8. Michael J Musacchio Jr 1, Adam P Smith, Christopher A McNeal, Lorenzo Munoz, David M Rothenberg, Kelvin A von Roenn, Richard W Byrne. Neuro-critical care skills training using a

human patient simulator. *Neurocrit Care*. octubre de 2010;13(2):169-75.

9. Wijdicks E, Hocker S. A Future for Simulation in Acute Neurology. *Semin Neurol*. agosto de 2018;38(04):465-70.
10. Mikhaeil-Demo Y, Barsuk JH, Culler GW, Bega D, Salzman DH, Cohen ER, et al. Use of a simulation-based mastery learning curriculum for neurology residents to improve the identification and management of status epilepticus. *Epilepsy Behav*. octubre de 2020;111:107247.
11. Galtrey CM, Styles J, Gosling N, Nirmalanathan N, Pereira AC. Acute neurology simulation training. *Pract Neurol*. diciembre de 2018;18(6):477-84.
12. Hocker S, Wijdicks EFM, Feske SK, Drislane FW. Use of simulation in acute neurology training: Point and counterpoint: Simulation in Training. *Ann Neurol*. septiembre de 2015;78(3):337-42.
13. NewroSim [Internet]. Gaumard & Accurate S.R.L; 2020 [citado 16 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.gaumard.com/newrosim>
14. Felix HM, Rosenbush KA, Lannen AM, Pooley RA, Siegel JL, Brown BL, et al. Creation of an optic nerve sheath diameter ultrasound model for NeuroICU education. *Mil Med Res*. diciembre de 2020;7(1):43.
15. Douglas P, Goldschmidt C, McCoyd M, Schneck M. Simulation-Based Training in Brain Death Determination Incorporating Family Discussion. *J Grad Med Educ*. 1 de octubre de 2018;10(5):553-8.
16. Odom M, Gomez JR, Danelson KA, Sarwal A. Development of a Homemade Spinal Model for Simulation to Teach Ultrasound Guidance for Lumbar Puncture. *Neurocrit Care*. diciembre de 2019;31(3):550-8.
17. Barsuk JH, Cohen ER, Caprio T, McGaghie WC, Simuni T, Wayne DB. Simulation-based education with mastery learning improves residents' lumbar puncture skills. *Neurology*. 10 de julio de 2012;79(2):132-7.
18. Gaubert S, Blet A, Dib F, Ceccaldi P-F, Brock T, Calixte M, et al. Positive effects of lumbar puncture simulation training for medical students in clinical practice. *BMC Med Educ*. diciembre de 2021;21(1):18.
19. Saver JL. Time is brain—Quantified. *Stroke*. 2006;37:263-6.
20. Saver JL, Levine SR. Alteplase for ischaemic stroke—Much sooner is much better. *Lancet*. 2010;(375).
21. Evans NR, Minhas JS, Mehdi Z, Mistri AK. Incorporating Simulation-Based Education Into Stroke Training. *Stroke* [Internet]. enero de 2021;52(1).
22. Liebig T, Holtmannspötter M, Crossley R, Lindkvist J, Henn P, Lönn L, et al. Metric-Based Virtual Reality Simulation: A Paradigm Shift in Training for Mechanical Thrombectomy in Acute Stroke. *Stroke* [Internet]. 2018 Jul;49(7):e239-e242. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.021089
23. Mehdi Z, Roots A, Ernst T, Birns J, Ross A, Reedy G, et al. Simulation training for geriatric medicine. *Clin Teach*. agosto de 2014;11(5):387-92.
24. Soffien Chadli Ajmi 1 2, Rajiv Advani 3, Lars Fjetland 4, Kathinka Dehli Kurz 4 5, Thomas Lindner 6 7, Sigrunn Anna Qvindesland 8, Hege Ersdal 2 6, Mayank Goyal 9, Jan Terje Kvaløy 5 10, Martin Kurz 11 12. Reducing door-to-needle times in stroke thrombolysis to 13 min through protocol revision and simulation training: a quality improvement project in a Norwegian stroke centre. *BMJ Qual Saf*. noviembre de 2019;939-48.
25. CAE Vimedix AR [Internet]. Redmond, Washington: CAE Healthcare - Microsoft Corporations;
26. Morris NA, Czeisler BM, Sarwal A. Simulation in Neurocritical Care: Past, Present, and Future. *Neurocrit Care*. junio de 2019;30(3):522-33.



## Simulación Clínica en Nefrología

Esther Ortega, Elvira Esquivias y Eva Plaza

Hospital Regional Universitario de Málaga. Servicio de Nefrología

La educación médica ha experimentado un cambio sísmico en enfoque durante las últimas décadas. Clásicamente el aprendizaje en medicina ha estado regido fundamentalmente por el modelo tradicional maestro-aprendiz, un sistema con muchas ventajas, pero también con grandes inconvenientes, más acentuados en el entorno sanitario actual. La preocupación por la mejora en la seguridad del paciente y por la reducción de las complicaciones en las técnicas invasivas, son algunos de los motivos por los que han aparecido en las últimas décadas múltiples modelos docentes alternativos, entre los que destacan los modelos basados en simulación, realidad virtual, y otros modelos experimentales para el desarrollo de habilidades médicas y quirúrgicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje <sup>1</sup>.

Gracias a la adopción de estos modelos los especialistas en formación tienen la posibilidad de aumentar sus habilidades técnicas en diferentes procedimientos diagnósticos y/o terapéuticos. Con ello, mejoramos la calidad asistencial de los pacientes, sobre todo si estas técnicas no están desprovistas de riesgos; disminuimos el estrés que pueda producir la realización de una nueva técnica y, al poder ser usadas tantas veces como se reproduzca el modelo, nos sirve también como método para la resolución de algunos problemas que puedan aparecer relacionados con la técnica in vivo <sup>2</sup>. El uso de simuladores en las especialidades quirúrgicas está ampliamente introducido. Sin embargo, en las especialidades médicas que realizan técnicas invasivas, como ocurre en nefrología, su uso está poco extendido<sup>3</sup>.

- Evolución de la simulación en Nefrología

Desde las primeras publicaciones de la formación en nefrología, como las conferencias en 1975 de los doctores Wadi Suki <sup>4</sup> y Eli Friedman <sup>5</sup>, los programas de formación en nefrología han cambiado hacia un nuevo paradigma basado en estudiar e implementar nuevas técnicas educativas, incluida la simulación y el e-learning <sup>6</sup>. Así, la nueva filosofía de la educación médica contemporánea está creciendo exponencialmente hacia una tecnología cada vez más sofisticada que incluye modelos de simulación, maniqués y hasta entornos de realidad virtual<sup>7</sup>.

Aunque no todos los centros de formación tienen fácil acceso a estas utilidades, generalmente por financiación insuficiente o falta de tiempo; en Nefrología el manejo del paciente es a menudo complejo, requiriéndose de nuevos sistemas para afianzar

conocimientos; siendo la simulación defendida como un mecanismo de formación estandarizada seguro, no amenazante y ético, que debería seguir desarrollándose<sup>8</sup>.

En el área de la Nefrología Clínica se pueden crear situaciones clínicas simuladas donde el mismo profesor o incluso actores hagan el rol de paciente simulado estandarizado con el que el alumno pueda interactuar, recreando así una situación similar a las ocurridas en los centros asistenciales, poniendo de manifiesto su razonamiento clínico, habilidades y la comunicación médico-paciente <sup>9</sup>.

Por su parte, el área de la Nefrología diagnóstica e intervencionista incluye técnicas de imagen e intervencionismo donde la simulación ha ido evolucionando con el paso de los años. El aprendizaje de dichas técnicas se realiza actualmente fundamentalmente siguiendo el modelo tradicional de aprendizaje en el entorno docente MIR, donde el residente ejecuta la técnica previamente estudiada sobre el paciente real, supervisado por facultativos con experiencia. Modelo con evidentes detalles mejorables en seguridad del paciente entre otros<sup>10</sup>. Es por ello que el desarrollo de modelos de simulación para adquirir mayor habilidad y destreza en su ejecución antes de realizar los procedimientos en pacientes, podría ser un método más deseable a la hora de adquirir las habilidades de cualquier procedimiento invasivo <sup>11</sup>. De este modo, el Consejo de Acreditación para la Educación Médica de Posgrado en Estados Unidos (ACGME) recomienda su uso para enseñar y evaluar habilidades procedimentales en la atención del paciente<sup>12</sup>. Actualmente los tipos de simuladores son muy variados, desde modelos físicos como los modelos animales, cadavéricos o phantomas hasta modelos de alta fidelidad o realidad virtual. Sin embargo, a pesar de seguir siendo los modelos más utilizados tradicionalmente debemos tener en cuenta que el uso de modelos animales no está exento de controversia, presentando problemas éticos, administrativos, de disponibilidad o de elevados costes. Además, las prácticas han de hacerse en un laboratorio de animales dotado de veterinario y anestesista acreditados para la manipulación de animales. A pesar de las desventajas enumeradas, son múltiples las ventajas, ya que en el animal tenemos las mismas sensaciones táctiles y visuales que cuando trabajamos con tejidos humanos<sup>1</sup>.

Los últimos avances en la simulación están centrados en la realidad virtual, la cual está ganando cada vez más importancia clínica en el área médica en todo el mundo <sup>13,14</sup>. Hasta ahora se ha utilizado principalmente como método de simulación de entrenamiento en endoscopia y cirugía laparoscópica <sup>15, 1</sup>, pero en todos los estudios que ésta ha sido evaluada ha mostrado un beneficio evidenciado para fines educativos , reduciendo el tiempo de aprendizaje y costos en materiales , en comparación con los métodos de capacitación existentes; por lo que podemos prever que su implementación en el resto de las áreas es solo cuestión de tiempo.

En el campo de la Nefrología la realidad virtual se está desarrollando en la práctica de la diálisis peritoneal (DP)<sup>13</sup>, donde garantiza una estandarización de la técnica y un aprendizaje más rápido y sencillo; y es ejemplo de mejora en la adquisición de habilidades no solo entre profesionales, también entre pacientes <sup>16</sup>. De este modo, simuladores de realidad virtual en DP podrían reducir no solo los costes y tiempo, sino también complicaciones importantes y frecuentes como la tasa de peritonitis.

○ Ejemplos de simulación en Nefrología

La nefrología intervencionista es el área de la Nefrología donde actualmente existe mayor uso de los modelos de simulación, siendo las técnicas más frecuentemente realizadas la biopsia renal percutánea, la inserción de catéteres como acceso vascular para terapia renal sustitutiva y la implantación de catéteres de diálisis peritoneal <sup>17</sup>.

En primer lugar, la *biopsia renal (BR) percutánea*, constituye en la actualidad una parte esencial de la práctica clínica en nefrología. Es fundamental en el diagnóstico del daño glomerular, tubulointersticial y vascular de las enfermedades del riñón, proporcionando una valiosa información tanto diagnóstica como pronóstico. Además de ser una herramienta de diagnóstico inicial, también puede utilizarse para evaluar la progresión de la lesión renal y la respuesta al tratamiento pautado <sup>18</sup>. Si revisamos lo recogido en la literatura, encontramos que ya en 2010, Mrug y col.<sup>19</sup> publica su experiencia en la simulación de la biopsia renal ecodirigida sobre un modelo ex vivo utilizando un riñón de cerdo o vaca introducido en un pavo. Consiguen imágenes ecográficas parecidas a las obtenidas sobre el paciente real y con características de resistencia a la penetración de la aguja, tanto en el tejido muscular como en el renal, equiparables a un modelo real. Así mismo describen la mejora en la confianza al llevar a cabo la ejecución de la biopsia, con una menor tasa de complicaciones hemorrágicas postbiopsia.

Actualmente el animal usualmente utilizado es un lechón de cerdo común, por tener dimensiones de riñón, profundidad, ecogenicidad tisular y características estructurales, muy similares a las del humano <sup>1</sup>(Figura 1).

También existen modelos anatómicos inanimados que simula perfectamente la anatomía ecográfica renal. Estos consisten en un riñón de silicona ya comercializado (CAE-Healthcare® EE.UU.) sumergido en un recipiente relleno con gelatina alimentaria <sup>1</sup> (Figura 2).

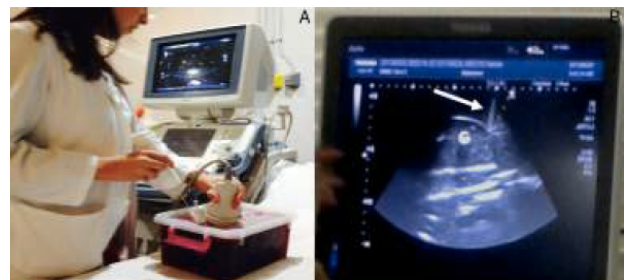


Figura 1.

- A) Visualización mediante ecógrafo del punto de punción adecuado en el riñón
- B) Biopsia del animal

Figura 2.

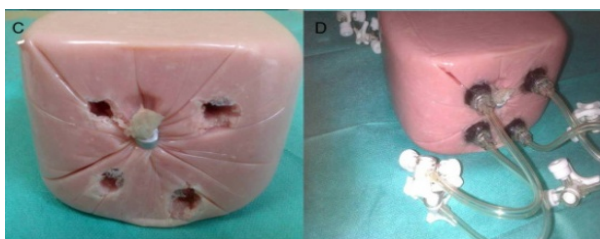
- A) Biopsia de un riñón de silicona con control ecográfico.
- B) Visualización del riñón y de la aguja entrando señalado con una flecha.



Respecto a la *canalización de accesos vasculares*, tanto las guías nacionales <sup>20</sup>, como las internacionales <sup>21</sup>, recomiendan la canalización vascular guiada por ecografía de cualquier vena central, siempre que esté disponible. Son numerosos los grupos de trabajo que han desarrollado distintos modelos de simulación para entrenar a los profesionales en este campo, mejorando así la calidad asistencial y minimizando los efectos secundarios <sup>22</sup>. Numerosos autores coinciden en que el modelo ideal de simulación para canalización de venas centrales debe: reproducir fielmente la textura y resistencia del tejido humano, transmitir bien los ultrasonidos, poder localizar las diferentes estructuras tisulares, evitar en la medida de lo posible que no quede marcado el trayecto de la aguja, tener durabilidad para distintos entrenamientos, ser fácilmente transportable y económicamente asequible <sup>12, 23, 24</sup>.

El grupo de Sorribes del Castillo <sup>25</sup> presentó en *Human Patient Simulation Network (HPSN) Europe* celebrado en Madrid, del 17-19 de septiembre de 2015, una alternativa de bajo coste y tiempo-efectiva utilizando un modelo de simulación artesanal animal de fiambre cocido de cerdo o de York, con elementos fácilmente disponibles (*Figura 3*), siendo esta su mayor ventaja. La sensación háptica a la punción se asemeja a la experimentada en el paciente, así como la imagen obtenida en la herramienta, similar a una estructura vascular real (*Figura 4*), y permite obtener imágenes en transversal y longitudinal para canalizar el vaso.

Por otro lado, están descritos modelos sintéticos fabricados con silicona o gelatina, introduciendo para las estructuras vasculares tubos de plástico<sup>14</sup>. También existen modelos prefabricados (como el Blue-Phantom®), hechos de silicona, gelatina o látex con la estructura tubular en su interior, cuya principal desventaja es que son más artefactables con el uso a pesar de tener una vida media bastante larga. El trayecto de la aguja queda marcado con las punciones repetidas, y puede extravasarse el contenido vascular. Son modelos con un alto coste, no están accesibles para todos los centros y además no simulan las distintas estructuras alrededor de los vasos ni se tiene la sensación de pinchar en un tejido real <sup>14</sup>.



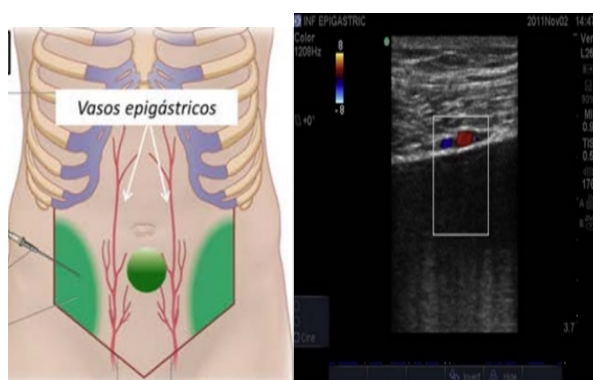
*Figura 3. Modelo de simulación artesanal realizado con fiambre cocido*



*Figura 4. Visualización ecográfica de modelo artesanal animal.*

Por último, la simulación previa con ecografía a la **implantación del catéter peritoneal**, es de gran utilidad para el nefrólogo, ya que permite realizar una exploración sistemática ayudando a dirigir la inserción del catéter y su colocación evitando posibles complicaciones<sup>3</sup>.

Durante la visualización es importante localizar la arteria epigástrica inferior (AEI) mediante el uso del modo Doppler color ya que su punción puede ser una complicación importante durante esta técnica (*Figura 5*).



*Figura 5*

A) Puntos de inserción del catéter (zonas verdes). Si trazamos una línea imaginaria entre el ombligo y espina ilíaca anterosuperior, el punto de inserción se localizará en el cuadrante superoexterno de dicha línea.

B) Vasos epigástricos: arteria y vena.

Asimismo, podemos determinar el segmento de mayor grosor del músculo recto abdominal para implantar el manguito inferior del catéter peritoneal, ubicar las asas intestinales para descartar su presencia en el trayecto del catéter o localizar la vejiga urinaria antes de la implantación del catéter, evitando su perforación en pacientes con residuo postmiccional.

Por otro lado, la posibilidad de valorar la existencia o no de ascitis es otra de las ventajas del uso de la ecografía en la valoración del paciente candidato a diálisis peritoneal <sup>14</sup> (*Figura 6*). Esto, es especialmente útil en aquellos con perfil cardiorrenal en los que, la ascitis no es poco frecuente.



*Figura 6.* Visión de la ascitis como un líquido anecoico situado por encima de las asas intestinales y entre ellas.

○ Conclusiones

Para concluir, diremos que la docencia sobre pacientes está cada vez más cuestionada, no solo por motivos ético-legales sino también por motivos económicos o de disponibilidad de tiempo para la docencia sosegada en casos de sobrecarga asistencial. De este modo, la simulación se está convirtiendo en una importante herramienta para el aprendizaje de los procedimientos en los profesionales de la salud, permitiendo llevar a cabo éstos en un entorno ideal, recrear errores en un ambiente seguro, y solucionar los problemas antes de realizarlos en el paciente vivo<sup>8</sup>.

### **Bibliografía**

1. Rivera Gorrín M, Correa Gorospe C, Burguera V, Ortiz Chercoles AI, Liaño F, Quereda C. Teaching innovations in ultrasound-guided renal biopsy. *Nefrología*. 2016; 36(1):1-4
2. Higham H, Baxendale B. To err is human: use of simulation to enhance training and patient safety in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. 2017; 119, i106–i114.
3. Woywodt A, How T, Schulz M. A purpose-built simulator for percutaneous ultrasound-guided renal biopsy. *Clin Nephrol*. 2013; Mar;79(3):241–5.
4. Suki WN. Academic content of a nephrology fellowship. *Proc Clin Dial Transplant Forum*. 1975;5:163-164.
5. Friedman EA. Clinical content of a nephrology fellowship. *Proc Clin Dial Transplant Forum*. 1975;5:165-167.
6. Parker MG. Nephrology Training in the 21st Century: Toward Outcomes-Based Education. *American Journal of Kidney Diseases*. 2010. Vol 56, No 1 (July): pp 132-142
7. Michelson JD, Manning L. Competency assessment in simulation-based procedural education. *Am J Surg*. 2008; 196:609-615.
8. Watson K, Gosling N, Broom C, Snelgrove H, Popoola J. Simulation of realistic nephrology case scenarios to facilitate intra-professional team learning. *Br J Hosp Med*. 2020. <https://doi.org/10.12968/hmed.2020.0283>.
9. Romero S. ECOE: Evaluación Clínica Objetiva Estructurada. *Medicina de Familia (And)* 2002; 2: 127-132
10. Rivera Gorrín M, Sosa Barrios R.H, Ruiz-Zorrilla Lopez C et al. Consensus document for ultrasound training in the speciality of Nephrology. *Nefrología*. 2020;40(6):623–633.
11. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, Hananel D. Training and simulation for patient safety. *Qual Saf Heal Care*. 2010 Aug;19 Suppl 2:i34-43.
12. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Common Program Requirements: General Competencies. Available at: <http://www.acgme.org/outcome/comp/GeneralCompetenciesStandards21307.pdf>
13. Hettich D, Natzel J, Ozcan F, Kantzow B. Virtual Reality Simulation in Peritoneal Dialysis Training: The Beginning of a New Era. *Blood Purif*. 2019;47:265–269
14. VR Intelligence, Superdata: XR Industry Survey. 2018, vol. 7, pp 1–20.
15. Harpham-Lockyer L, Laskaratos FM, Berlingieri P, Epstein O: Role of virtual reality simulation in endoscopy training. *World J Gastrointest Endosc*. 2015; 7: 1287–1294.
16. Cunningham M, Fernando B, Berlingieri P: The emerging role of screen based simulators in the training and assessment of colonoscopists. *Frontline Gastroenterol*. 2010; 1:76–81

17. Rivera Gorrín M, Sosa Barrios R , Ruiz-Zorrilla López C. Documento de consenso para la formación en ecografía en la especialidad de Nefrología. Trabajo en Nefrología Diagnóstica e Intervencionista (GNDI) de la Sociedad Española de Nefrología (SEN). *Nefrología*. 2020;40(6):623–633
18. García del Moral Garrido R, Mampaso Martín-Buitrago F, O'Valle Ravassa F, Pardo Mindán FJ, Rivera Gorrín M, Vázquez Martul E. Diagnóstico sindrómico y exploraciones diagnósticas. Biopsia renal. *Guías SEN*. p. 139-173.
19. Mrug M, Bissler JJ. Simulation of real-time ultrasound-guided renal biopsy. *Kidney Int*. 2010;78(7):705–7.
20. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología*. 2017; 37 (Supl 1):1-192.
21. Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI Vascular Access Guideline Work Group. KDOQI clinical practice guideline for vascular access: 2019 update. *Am J Kidney Dis*. 2020;75(4)(suppl 2):S1-S164.
22. López Álvarez JM, Pérez Quevedo O , Alonso-Graña S. Modelos de simulación para el aprendizaje de la punción vascular ecoguiada. *Canarias Pediátrica*. 2019; Vol 43, N°2.
23. Pérez-Quevedo O, López-Álvarez JM, Limiñana-Cañal JM, Loro-Ferrer JF. Design and application of model for training ultrasound-guided vascular cannulation in pediatric patients. *Med Intensiva*. 2016; 40:364-370
24. Oulego I, Ferrer A , Gil J, Salas A, López O, López JM, López J. Procedimientos ecoguiados. Grupo de Trabajo de Ecografía. Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. (06 de Septiembre de 2018)
25. Sorribes del Castillo J, Fernández-Gallego V, Sinisterra Aquilino JA. Un modelo nuevo, sencillo, económico y reutilizable para el aprendizaje y práctica de la canalización ecoguiada de vías centrales. *Educación Médica*, Volume 17, Issue 2, 2016, 74-79



## Simulación Clínica en Salud Mental

Eduardo Velázquez<sup>1</sup> y Ana Beatriz Blánquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Medicina Legal de Granada

<sup>2</sup>Atención Primaria. Medicina Familiar y Comunitaria. Distrito Metropolitano de Granada

La psiquiatría y las profesiones relacionadas con la salud mental difieren de otras especialidades médicas en la existencia de factores psicológicos y socioculturales asociados al hecho del enfermar psiquiátrico, en la ausencia de modelos animales para la intervención, en el componente subjetivo en la fenomenología del trastorno mental o en la relevancia del contexto sociocultural en la manifestación de la psicopatología. Estos factores podrían tentarnos a pensar en la imposibilidad de estandarizar pacientes adecuadamente. Estos prejuicios aumentan cuando, desde una visión casi televisiva, se entiende la simulación como una metodología de aprendizaje que requiere inversiones costosas y se asocia a menudo con dispositivos tecnológicos de gran desarrollo que pretenden imitar el cuerpo humano mediante maniqués cibernéticos programados para imitar situaciones fisiológicas o fisiopatológicas en procesos de enfermedades físicas.

Si bien es cierto que gran número de especialidades pueden utilizar simuladores robóticos de mayor o menor complejidad para la adquisición de competencias en técnicas invasivas o quirúrgicas, existen otras opciones de simulación que no se orientan desde esta perspectiva<sup>2</sup> y son una herramienta valiosa como método de aprendizaje en el ámbito de la salud mental.

Por el contrario, hay otras características que hacen especialmente interesantes las opciones de simulación:

- la gran prevalencia de los trastornos mentales y la extensión en la prestación de servicios de salud mental a atención primaria. Los trastornos mentales se consideran uno de los principales problemas de salud en nuestro mundo, son importantes generadores de incapacidad y de gasto de recursos y el reconocimiento y el diagnóstico precoz de los mismos mejora sustancialmente el pronóstico y la cronificación. Los trastornos mentales suponen una carga asistencial importante en atención primaria y el 80% de los pacientes que se atienden en las consultas especializadas de salud mental proceden de atención primaria de salud<sup>3</sup>. Esta situación implica la necesidad de implementar técnicas de formación en atención primaria entre las cuales la simulación puede ser una opción ventajosa.

- La comorbilidad de síntomas mentales con enfermedades orgánicas precisa además de la formación adecuada de otras especialidades médicas o quirúrgicas para el

reconocimiento y manejo clínico en situaciones complejas, así como la implementación de actividades de formación que utilizan medios propios de la salud mental (afrontamiento de la enfermedad, dolor crónico y abusos de sustancias analgésicas, situaciones traumáticas o estresantes)<sup>4</sup>. Además, la atención a problemas de salud mental es abordada colateralmente en la actualidad por múltiples profesionales que en ocasiones poseen únicamente formación pregraduada (trabajadores sociales, educadores sociales, terapeutas ocupacionales) o que no poseen una especialización orientada específicamente hacia la salud mental (pediatras, médicos especialistas en medicina familiar y comunitaria, médicos especialistas en medicina de trabajo, en medicina legal y forense). Por tanto, desde las universidades como desde las diferentes unidades docentes de formación especializada se requiere de técnicas que permitan un acercamiento seguro y eficaz a los trastornos mentales antes de la inmersión en la clínica real.

- Con independencia del estigma social, la enfermedad mental posee también un estigma profesional entre profesionales no habituados al trabajo con la psicopatología<sup>5</sup>. Generalmente este estigma consiste en la percepción de pacientes difíciles, con los que la comunicación está limitada, situaciones complejas de abordar o inutilidad de los medios clínicos “clásicos” para el diagnóstico o el tratamiento. La simulación puede convertirse en una herramienta útil para enfrentarse a estos prejuicios y dotar de herramientas a profesionales no habituados al trato con pacientes psiquiátricos

Es necesario diferenciar las diferentes situaciones docentes en las que se puede llevar a cabo un aprendizaje mediante simulación:

- *Formación Básica Pregraduada*

Las competencias básicas que deben adquirirse en la formación médica pregraduada en relación a salud mental incluyen aspectos básicos tales como realizar una historia clínica, establecer una adecuada relación médico-paciente, desarrollar habilidades de comunicación médica, realizar una adecuada exploración psicopatológica y cognitiva básica e identificar los síntomas y signos más significativos en salud mental. Para ello la simulación se ha demostrado un potente método para el acercamiento inicial a este tipo de habilidades<sup>6ii</sup>, sobre todo utilizando pacientes simulados o role-play<sup>7-8</sup>, permitiendo al estudiante adquirir una experiencia más amplia en evaluación y diagnóstico psiquiátrico, mejorar las habilidades de comunicación, desarrollar la empatía y reducir el estigma hacia la psiquiatría<sup>9</sup>.

Se ha enfatizado la utilidad de los video-casos de pacientes simulados en el aprendizaje de la entrevista diagnóstica en psiquiatría y la capacidad para mejorar el conocimiento de la enfermedad mental y disipar representaciones estereotipadas del paciente psiquiátrico provenientes de los medios de comunicación, así como ayudar en los desafíos emocionales de los estudiantes de medicina en el encuentro con pacientes psiquiátricos<sup>10</sup>.

Una de las ventajas que aporta la simulación en la formación pregraduada incide en la limitación que puede existir a la hora observar un espectro clínico de casos suficiente. El uso de pacientes simulados permite una mayor estandarización en el rango de pacientes y situaciones clínicas observadas por los estudiantes<sup>11</sup>.

- *Formación Especializada*

Igualmente, la simulación se ha demostrado eficaz en la formación postgraduada<sup>12</sup>, utilizándose la simulación para la formación de residentes de psiquiatría (MIR) usando pacientes simulados que presentan esquizofrenia, ideas delirantes, trastornos afectivos, así como habilidades de psiquiatría de enlace o patología dual. Los pacientes simulados son particularmente útiles en situaciones donde la adquisición de actitudes o habilidades es más pertinente que la del conocimiento.

Además, es de utilidad para la formación de profesionales en países de bajos ingresos o en lugares donde hay muy pocos psiquiatras disponibles para esta enseñanza<sup>13</sup>.

Del mismo modo la especialización en enfermería de salud mental (EIR) se puede beneficiar de la simulación dado el alto grado de implicación emocional del personal de enfermería y la necesidad de implementar actitudes básicas extracurriculares<sup>14-15</sup>.

- *Formación Continua y Complementaria*

Los pacientes estandarizados se han utilizado para la docencia de situaciones psicosociales no directamente relacionados con la psiquiatría, pero relevantes en su práctica, como dar malas noticias con empatía, realizar una historia clínica de salud sexual y reproductiva, la evaluación o el manejo de la violencia doméstica o como medio para el aprendizaje de resolución de problemas o de habilidades necesarias para discutir errores médicos con los pacientes<sup>16</sup>.

Asimismo, todos los médicos que participan en la atención directa al paciente necesitan el lenguaje, las habilidades de comunicación y la confianza para comunicarse eficazmente con personas con enfermedades mentales graves, más allá de la formación de médicos o enfermeros especialistas. Por ello se ha utilizado con éxito la simulación en la medicina de interconsulta y enlace<sup>17</sup>.

- Metodologías de Simulación en Psiquiatría y Salud Mental

- *Pacientes Estandarizados:*

Un paciente estandarizado es un individuo al que se entrena para representar de forma coherente y precisa, generalmente ante estudiantes, médicos o enfermeros, una enfermedad o problema de salud concreto con el objetivo de enseñar y evaluar habilidades interpersonales y clínicas<sup>18</sup>.

Su principal ventaja consiste en evitar el posible maltrato de pacientes reales y protegerlos contra la práctica de principiantes, así como tranquilizar a los estudiantes, especialmente cuando la enseñanza se relaciona con un área emocionalmente sensible o en situaciones clínicas en las que se suele limitar la exposición del alumno, como situaciones de agitación psicomotriz o descompensaciones graves.

La principal limitación que se destaca en la simulación en trastornos mentales con respecto a otro tipo de enfermedades es la capacidad de actores para describir con precisión la complejidad cognitiva, afectiva y de comportamiento de los trastornos mentales, es decir, la capacidad para representar con autenticidad los síntomas mentales sin caer en tópicos televisivos caricaturescos<sup>19</sup>.

También se argumenta como desventaja<sup>20</sup> frente a la simulación en enfermedades somáticas la diferencia entre la simulación y la clínica real, donde los pacientes a menudo pueden ocultar la psicopatología voluntariamente o se pueden mostrar reticentes a revelar aspectos de sí mismos. Frente a este tipo de pacientes, el éxito del actor en retratar intencionalmente un papel con guiones rígidos o excesivamente estandarizados podría limitar la utilidad de la simulación. Igualmente, en muchas entrevistas psiquiátricas puede existir una presión sobre el clínico para conseguir determinadas acciones (evitar internamientos, prescripciones de psicofármacos, partes de incapacidad laboral) que debe ser tomada en cuenta para acercar la simulación a la práctica clínica real. Es la referencia a la transferibilidad del aprendizaje. Se ha considerado que el objetivo de la estandarización va en contra de la variedad en el trabajo clínico real (que incluye la personalidad del paciente, el contexto social y profesional del encuentro, y los matices específicos de la enfermedad). Existe el riesgo de que los estudiantes, frente a los retos reales de la clínica, puedan acercarse de una manera mecánica a los pacientes entrando en contradicción con el propósito de la simulación: el aprendizaje de situaciones centradas en el paciente. Esta limitación en psiquiatría ha de ser tomada mucho más en cuenta en tanto la idiosincrática subjetividad de los síntomas mentales hacen de cada caso sea único.

Una limitación que se ha puesto de manifiesto es la utilidad de la simulación para aquellos pacientes en los que la propia patología implica un determinado grado de uso de la fantasía, de la demostración o incluso de simulación no intencional (cuadros conversivos, disociaciones, pseudologías fantásticas, trastornos histriónicos o narcisistas). Cuando una de las tareas del clínico es identificar la simulación de un paciente puede ser confuso añadir otra capa de simulación.

Finalmente, el coste de la planificación y ejecución de la simulación es algo que siempre es necesario tener en cuenta antes de iniciar un proceso de simulación.

- *Role-Play*

El role-play es una de las técnicas con mayor historia en el aprendizaje en psiquiatría. Consiste en un tipo especial de simulación en la que los propios alumnos forman parte del proceso simulando determinadas situaciones con pacientes que hayan podido resultarles dificultosas o problemáticas.

La diferencia esencial entre el role-play y la simulación mediante paciente estandarizado consiste en que, mientras la estandarización es compleja y relativamente inflexible, el role-play es flexible y de mayor simplicidad. Está especialmente indicado para explorar comportamientos, actitudes o incluso valores en los estudiantes. Destaca por su facilidad de acceso en tanto que no precisa de la actuación de personas ajenas al medio docente. Por lo demás las fases de briefing y debriefing deben de considerarse similares a las utilizadas

en simulación mediante paciente estandarizado.

- *Simulación Co-Constructiva*

Consiste en un tipo de simulación en la cual la preparación del caso es llevada a cabo por un alumno quien, con ayuda del instructor, crea un guion basado en un encuentro clínico que haya resultado complejo. El guion se comparte luego con un actor o quien lleve a cabo la simulación<sup>21</sup>.

La simulación co-constructiva del paciente proporciona un enfoque alternativo multietapa y multimodal a las sesiones de simulación tradicionales, que pueden adaptarse las necesidades percibidas del alumno en sus objetivos de aprendizaje autoidentificados.

Han demostrado ser especialmente apropiada para temas que no son tratados de manera curricular o que son difíciles de tratar hablar abiertamente en otras modalidades de aprendizaje: errores médicos, tensiones raciales, incluidos el sesgo implícito y el racismo manifiesto; los conflictos interprofesionales; la transfobia o la violencia entre pacientes y profesionales sanitarios<sup>22</sup>.

- *Simulación con Personas con Experiencia Vivida*

Consiste en una simulación en la cual la actuación es llevada a cabo por alguna persona que ha sufrido los síntomas o las situaciones que se pretenden enseñar. Puede ser de especial utilidad en aquellas situaciones con recuperación del paciente y alto compromiso emocional. Se ha utilizado especialmente en el aprendizaje sobre el riesgo suicida<sup>23</sup>.

Puede implicar una mejora en la autenticidad de la estandarización y la simulación de los síntomas, si bien al no tratarse de actores requiere de un especial compromiso por parte del paciente-actor y del instructor prestando cuidado y atención no solo al escenario, alumnos y diseño de la simulación sino también a las necesidades emocionales del actor.

- *Simulación Usando Pacientes Virtuales*

Es referida en numerosos estudios como una opción plenamente disponible. Consiste en crear un escenario o entorno generado por ordenador con el que un individuo puede interactuar activamente en un entorno psiquiátrico.

Los pacientes virtuales pueden adoptar y proporcionar formas muy eficaces de abordar el acceso reducido en ocasiones a pacientes reales mejorando la posibilidad de un entorno seguro. Sin embargo, los pacientes virtuales también pueden ser complicados y costosos de desarrollar<sup>24</sup>.

Han demostrado una eficiencia equivalente a los pacientes estandarizados en la mejora del rendimiento clínico y la capacidad de diagnóstico, pero se ha comprobado que provocan un menor compromiso. Se han usado en diferentes campos, el más importante de ellos el de la exploración del estado mental si bien hay referencias de su uso en demencias<sup>25</sup> o en campos como la psiquiatría transcultural<sup>26</sup>.

- Aplicaciones y Perspectivas

En dos campos de la docencia en salud mental la experiencia con simulación está más consolidada ofreciendo resultados consistentes: la exploración del estado mental y la evaluación del riesgo suicida.

- *Exploración del Estado Mental*

La exploración del estado mental y la entrevista diagnóstica en psiquiatría, incluyendo una exploración psicopatológica básica adecuada, es la principal herramienta diagnóstica en salud mental. Es la situación en la que más experiencia con simulación existe<sup>27-28</sup>, sobre todo en docencia pregraduada<sup>29</sup>.

El objetivo de esta práctica es que el estudiante adquiera las habilidades necesarias para llevar a cabo esta exploración en condiciones de seguridad y con garantía suficiente antes de ponerla en práctica con pacientes reales. La ventaja esencial es su adaptabilidad a las diferentes necesidades de formación: desde casos simples, en los que incluso el role-play es posible entre los propios alumnos, hasta casos complejos que simulen psicopatología de diferente tipología<sup>30</sup> y en diferentes escenarios clínicos, en los que una variedad de síntomas puede ser representada.

En caso de usar pacientes estandarizados es de especial relevancia la instrucción previa del profesor con los actores con el objetivo de concretar qué variedad de síntomas mentales van a ser expresados y mejorar su autenticidad. El briefing y el debriefing deben ser cuidadosos con objeto de explorar tanto las actitudes, emociones y conductas del alumno durante la exploración, así como analizar las dificultades en la identificación o abordaje de síntomas en particular.

Igualmente, dado su largo recorrido temporal, ha sido la primera situación en la implementación de tecnologías on line, videocasos o interactivas<sup>31</sup>. Los videoclips han demostrado ser particularmente adecuados para estudiantes principiantes, ya que pueden mostrar sutilezas en la expresión facial, el rango emocional y la entonación (entre muchos otros rasgos) que, a falta de interacción humana en vivo, sería inconcebible a través de otros medios escritos.

- *Evaluación del Riesgo Suicida*

Es evidente que la evaluación del riesgo suicida es una de las situaciones clínicas de mayor complejidad en el ámbito de la salud mental y que además se produce en una variedad amplia de dispositivos asistenciales (urgencias y consultas de atención primaria, urgencias hospitalarias y consultas de atención especializada, no solo de salud mental sino de otras especialidades médicas).

Su dificultad, la alta implicación emocional no solo por parte del paciente sino también del profesional que realiza esta evaluación, las consecuencias inherentes a una evaluación defectuosa y las implicaciones éticas y clínicas de realizar este aprendizaje en casos reales

y generalmente urgentes hacen que la simulación con pacientes estandarizados sea un acercamiento inicial adecuado y factible antes de la experiencia con pacientes reales<sup>32-33-34</sup>. Se ha utilizado, por ejemplo, en el estudio del riesgo suicida entre los propios profesionales sanitarios<sup>35</sup>. Es de especial utilidad en los primeros años de residencia, en el primer contacto con las urgencias psiquiátricas, así como en la formación continua de médicos de urgencias tanto de atención primaria como hospitalaria.

Es conveniente que las sesiones de simulación sean llevadas a cabo por un profesional con experiencia en la valoración del riesgo suicida que conozca bien las dificultades que pueden aparecer durante esta exploración y en este caso el debriefing con los alumnos se vuelve esencial. Puede ser útil utilizar durante las sesiones utilizar el “tiempo muerto”, es decir, paradas en la representación para comentar o aclarar circunstancias relativas a la evaluación. En un caso se informa de la utilización de médicos residentes de psiquiatría como actores en simulaciones para estudiantes universitarios ofreciendo dos ventajas: la mejora en la autenticidad de los síntomas y la capacidad de los residentes para comprender la situación personal y formativa de estudiantes de medicina.

En este campo igualmente hay una amplia experiencia con el uso de *videos de pacientes estandarizados, así como de paciente virtuales*<sup>36</sup>.

- *Un uso especial de la simulación: La Psicoterapia*

Hemos encontrado numerosas referencias directas o indirectas al uso de la simulación para el entrenamiento inicial en psicoterapia, si bien todas pertenecen al mundo anglosajón y ninguna al hispanoamericano. Se han utilizado métodos de role-play<sup>37</sup>, así como una amplia variedad de pacientes estandarizados<sup>38</sup>.

Hay que tener en cuenta que los intentos de incorporar los pacientes estandarizados en los cursos de psicoterapia ponen de relieve la distinción conceptual entre simulación y estandarización. Diferentes estudios señalan como característica principal de estas simulaciones el hecho de que no intentaron estandarizar a los pacientes sino permitir a los actores "ser ellos mismos" con el objeto de conseguir que los ejercicios fueran más auténticos y cercanos a la experiencia real de intervención terapéutica. En algunos casos a los actores se les dijo que podían dar una historia completamente verdadera o inventarla si se sentían incómodos o no querían presentarse como ellos mismos.

El uso de un modelo de aprendizaje que implica la inserción de elementos ficticios en una modalidad de tratamiento que se basa en la variedad y la autenticidad de aspectos psíquicos, biográficos o conductuales de una persona podría ser potencialmente útil como un medio para practicar ciertas habilidades específicas, pero debemos ser cautelosos al afirmar que lo esencial de un encuentro psicoterapéutico se pueden replicar de forma fiable utilizando pacientes estandarizados<sup>39</sup>.

- *Reto de Futuro: la Psiquiatría Infantojuvenil*

Las características propias de la psiquiatría infanto-juvenil y la dificultad de su campo de acción hacen que los intentos de aprendizaje mediante simulación hayan sido escasos. Es

evidente que encontrar actores infantiles que puedan simular síntomas psiquiátricos es en la práctica inviable, así como la dificultad para estandarizar respuestas o patrones en un campo en el que el contexto subjetivo, familiar, social y la variabilidad clínica tiene mayor influencia que en la psiquiatría general.

Se han realizado intentos mediante video-demostraciones<sup>40</sup>, que sin tratarse de un entrenamiento mediante simulación en sí se puede considerar un primer intento de usar medios alternativos de aprendizaje que simulen un encuentro con pacientes reales. Por ello se hace evidente la necesidad del desarrollo de herramientas interactivas, especialmente pacientes simulados virtuales.

#### ○ Conclusiones

La simulación es una herramienta más en el aprendizaje de todos aquellos aspectos relacionados con la psiquiatría y la salud mental, complementaria a otros medios de aprendizaje y que ha demostrado ser de utilidad en diferentes situaciones en estadios iniciales de aprendizaje antes de emprender la práctica sobre pacientes reales. Existe evidencia consolidada en el uso de simulación en docencia pregraduada y postgraduada, y en particular en la adquisición de habilidades relacionadas con la exploración del estado mental, así como en la evaluación del riesgo suicida.

Aun cuando existen algunas limitaciones propias del objeto de la especialidad, como la capacidad de actores para simular verídicamente síntomas mentales o la dificultad para la estandarización, estas dificultades pueden ser atenuadas mediante una planificación cuidadosa de la simulación y de esta forma el beneficio es mayor que los inconvenientes que puede presentar.

Una perspectiva a destacar es la posibilidad del uso de técnicas de simulación para disminuir el estigma profesional que puede generar la atención a personas con trastornos mentales y el uso extendido a profesionales que, aun no siendo especialistas, están en contacto con personas que presentan trastornos mentales.

#### **Bibliografía**

1. Williams B, Reddy P, Marshall S, Beovich B, McKarney L. Simulation and mental health outcomes: a scoping review. *Adv Simul (Lond)*. 2017 Jan 28;2:2
2. Téllez Lapeira JM, et al. La salud mental en el umbral del siglo XXI. Protagonismo de la atención primaria. ¿Un reto a nuestro alcance? *Aten Primaria*. 2005;35(2):61-3
3. Valdés M, de Pablo J, Campos R, Farré JM, Girón M, Lozano M, et al. El proyecto multinacional europeo y multicéntrico español de mejora de calidad asistencial en psiquiatría de enlace en el hospital general: el perfil clínico en España. *Medicina Clínica*, 2000. 115 (8), 690-694
4. Liggins J, Hatcher S. Stigma toward the mentally ill in the general hospital: a qualitative study. *Gen Hosp Psychiatry*. 2005 Sep-Oct;27(5):359-64.
5. Piot MA, Dechartres A, Attoe C, Jollant F, Lemogne C, Layat Burn C, Rethans JJ, Michelet D,

Cross S, Billon G, Guerrier G, Tesniere A, Falissard B. Simulation in psychiatry for medical doctors: A systematic review and meta-analysis. *Med Educ*. 2020 Aug;54(8):696-708.

6. McNaughton N, Ravitz P, Wadell A, Hodges BD. Psychiatric education and simulation: a review of the literature. *Can J Psychiatry*. 2008 Feb;53(2):85-93
7. Eagles, J., Calder, S., Wilson, S., Murdoch, J., & Sclare, P. (2007). Simulated patients in undergraduate education in psychiatry. *Psychiatric Bulletin*, 31(5), 187-190.
8. Amsalem D, Gothelf D, Soul O, Dorman A, Ziv A, Gross R. Single-Day Simulation-Based Training Improves Communication and Psychiatric Skills of Medical Students. *Front Psychiatry*. 2020 Mar 20;11:221.
9. Srinivasan M, Hwang JC, West D, Yellowlees PM. Assessment of clinical skills using simulator technologies. *Acad Psychiatry*. 2006 Nov-Dec;30(6):505-15.
10. Dave, S. (2012). Simulation in psychiatric teaching. *Advances in Psychiatric Treatment*, 18(4), 292-298.
11. Gorrindo T, Baer L, Sanders KM, et al. Web-based simulation in psychiatry residency training: a pilot study. *Acad Psychiatry*. 2011;35(4):232-7.
12. Piot MA, Dechartres A, Guerrier G, Lemogne C, Layat-Burn C, Falissard B, Tesniere A. Effectiveness of simulation in psychiatry for initial and continuing training of healthcare professionals: protocol for a systematic review. *BMJ Open*. 2018 Jul 11;8(7):e021012.
13. Speeney N, Kameg KM, Cline T, Szpak JL, Bagwell B. Impact of a standardized patient simulation on undergraduate nursing student knowledge and perceived competency of the care of a patient diagnosed with schizophrenia. *Arch Psychiatr Nurs*. 2018 Dec;32(6):845-849.
14. Vandyk AD, Lalonde M, Merali S, Wright E, Bajnok I, Davies B. The use of psychiatry-focused simulation in undergraduate nursing education: A systematic search and review. *Int J Ment Health Nurs*. 2018 Apr;27(2):514-535.
15. Iezzoni LI, Ramanan RA, Lee S. Teaching medical students about communicating with patients with major mental illness. *J Gen Intern Med*. 2006 Oct;21(10):1112-5.
16. Ho PA, Girgis C, Rustad JK, Noordsy D, Stern TA. Advancing the Mission of Consultation-Liaison Psychiatry Through Innovation in Teaching. *Psychosomatics*. 2019 Nov-Dec;60(6):539-548.
17. Ruiz-Moral, R, Caballero-Martínez, F. Programa para seleccionar y entrenar pacientes estandarizados en el contexto de un currículo universitario de simulación clínica. *FEM 2014*; 17 (4): 199-204
18. Wuendrich MS, Nissen C, Feige B, et al. Portrayal of psychiatric disorders: are simulated patients authentic? *Academic Psychiatry* 2012;36:501-2. RPETIDA 14
19. Brenner AM. Uses and limitations of simulated patients in psychiatric education. *Acad Psychiatry*. 2009 Mar-Apr;33(2):112-9.
20. Martin A, Weller I, Amsalem D, Duvivier R, Jaarsma D, de Carvalho Filho MA. Co-constructive Patient Simulation: A Learner-Centered Method to Enhance Communication and Reflection Skills. *Simul Healthc*. 2020 Dec 2:10.1097/SIH.0000000000000528.
21. Martin A, Weller I, Amsalem D, Adigun A, Jaarsma D, Duvivier R, de Carvalho-Filho MA. From Learning Psychiatry to Becoming Psychiatrists: A Qualitative Study of Co-constructive Patient Simulation. *Front Psychiatry*. 2021 Jan 8;11:616239.
22. Boukouvalas EA, El-Den S, Chen TF, Moles R, Saini B, Bell A, O'Reilly CL. Confidence and attitudes of pharmacy students towards suicidal crises: patient simulation using people with a lived experience. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2018 Nov;53(11):1185-1195.
23. Ellaway R, Poulton T, Fors U, McGee JB, Albright S. Building a virtual patient commons. *Med Teach*. 2008;30(2):170-4.
24. Matsumura Y, Shinno H, Mori T, Nakamura Y. Simulating Clinical Psychiatry for Medical Students: a Comprehensive Clinic Simulator with Virtual Patients and an Electronic Medical Record System. *Acad Psychiatry*. 2018 Oct;42(5):613-621.
25. Pantziaras I, Fors U, Ekblad S. Innovative training with virtual patients in transcultural psychiatry: the impact on resident psychiatrists' confidence. *PLoS One*. 2015 Mar 20;10(3):e0119754.

26. Rubenstein R, Niccolini R, Zara J, et al: The use of live simulation in teaching the mental status examination to medical students. *J Med Educ* 1979; 54: 663-665
27. Pohl R, Lewis R, Niccolini R, Rubenstein R. Teaching the mental status examination: comparison of three methods. *J Med Educ*. 1982 Aug;57(8):626-9.
28. Birndorf CA, Kaye ME. Teaching the mental status examination to medical students by using a standardized patient in a large group setting. *Acad Psychiatry*. 2002 Autumn;26(3):180-3.
29. Attoe C, Lavelle M, Sherwali S, Rimes KA, Jabur Z. Student interprofessional mental health simulation (SIMHS): evaluating the impact on medical and nursing students, and clinical psychology trainees. *The Journal of Mental Health Training, Education and Practice*. 2018 Dec 3;14:4658.
30. Martin A, Krause R, Jacobs A, Chilton J, Amsalem D. The Mental Status Exam Through Video Clips of Simulated Psychiatric Patients: an Online Educational Resource. *Acad Psychiatry*. 2020 Apr;44(2):179-183.
31. Schmitz WM Jr, Allen MH, Feldman BN, Gutin NJ, Jahn DR, Kleespies PM, Quinnett P, Simpson S. Preventing suicide through improved training in suicide risk assessment and care: an American Association of Suicidology Task Force report addressing serious gaps in U.S. mental health training. *Suicide Life Threat Behav*. 2012 Jun;42(3):292-304.
32. Steinmann ME, Case GA, Ferrell S. Preclinical Medical Student Attitudes Toward Use of Psychiatry Residents as Actors in a Suicide and Violence Risk Assessment Simulation Activity. *Acad Psychiatry*. 2019 Aug;43(4):451-454.
33. Pham-Dinh C, Laprevote V, Schwan R, Pichené C, Kabuth B, Braun M, Ligier F. Quantifying efficacy of investigation during a simulated psychiatric interview. *Encephale*. 2020 Apr;46(2):96-101.
34. Phillips EC, Neagle G, Cameron B, Moneyppenny M. It's okay to talk: suicide awareness simulation. *Clin Teach*. 2019 Aug;16(4):373-377.
35. Foster A, Chaudhary N, Murphy J, Lok B, Waller J, Buckley PF. The Use of Simulation to Teach Suicide Risk Assessment to Health Profession Trainees-Rationale, Methodology, and a Proof of Concept Demonstration with a Virtual Patient. *Acad Psychiatry*. 2015 Dec;39(6):620-9.
36. Kühne F, Heinze PE, Weck F. Standardized patients in psychotherapy training and clinical supervision: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2020 Mar 18;21(1):276.
37. Kühne F, Ay DS, Otterbeck MJ, Weck F. Standardized Patients in Clinical Psychology and Psychotherapy: a Scoping Review of Barriers and Facilitators for Implementation. *Acad Psychiatry*. 2018 Dec;42(6):773-781.
38. Melliush S, Crossley J, Tweed A. An Evaluation of the Use of Simulated Patient Role-Plays in the Teaching and Assessment of Clinical Consultation Skills in Clinical Psychologists' Training. *Psychology Learning & Teaching*. 2007;6(2):104-113.
39. Kemper KJ, Foy JM, Wissow L, Shore S. Enhancing communication skills for pediatric visits through on-line training using video demonstrations. *BMC Med Educ*. 2008 Feb 11;8:8.

## Simulación Clínica en Odontología: Enfoque global de los métodos de entrenamiento en odontología quirúrgica

Celia Vázquez<sup>1</sup>, Pedro Alomar<sup>2</sup>, M. Ángeles Serrera<sup>3</sup>, Thais Cristina P.4, Iván  
Herrera<sup>5</sup>, Daniel Torres<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Máster en Cirugía Bucal. Universidad de Sevilla

<sup>2</sup> Profesor Responsable de Área Quirúrgica - ADEMA - Universidad de las Islas Baleares.

<sup>3</sup> Profesora Titular de Cirugía Bucal de la Universidad de Sevilla

<sup>4</sup> Coordinadora del Grado de Odontología - ADEMA - Universidad de las Islas Baleares

<sup>5</sup> Centro Multidisciplinar de Simulación Avanzada. IAVANTE. Granada

<sup>6</sup> Catedrático de Cirugía Bucal. Universidad de Sevilla.

El entorno en que actualmente nos desenvolvemos en cuanto a la formación quirúrgica está cambiando drásticamente. Tradicionalmente, el método de aprendizaje en Cirugía, y en este caso, nos referiremos concretamente al ámbito de la Cirugía Bucal, ha sido a través de la observación por parte de los alumnos de sus mentores, mientras éstos llevaban a cabo diferentes procedimientos quirúrgicos, todo ello sustentado siempre por una sólida base teórica. De esta manera, el futuro cirujano adquiere habilidades y conocimientos quirúrgicos y con ellos puede avanzar gradualmente en la realización de los distintos tratamientos quirúrgicos, siempre bajo supervisión.

Adquirir competencias quirúrgicas implica que el Cirujano Bucal domine con precisión habilidades técnicas, pero también tenga la suficiente capacidad, formación e información para tomar decisiones tanto preoperatoria como intraoperatoriamente. Tampoco podemos olvidar la importancia y necesidad de otros aspectos como la evaluación del propio operador, así como la propia autoevaluación y retroalimentación por parte del aprendiz. Estos puntos (evaluación por parte de un mentor y la propia autoevaluación y retroalimentación) son esenciales para corregir los errores realizados por el futuro cirujano bucal durante el procedimiento quirúrgico. Si no es así, estos posibles errores o fallos cometidos no serían detectados y como consecuencia, no se podrían realizar correcciones en la conducta del alumno.

El mero hecho de aprender en un primer momento mediante observación y posteriormente mediante el propio desarrollo de la cirugía de forma más autónoma aunque supervisada, mediante la realización de estas actividades en pacientes, supone en el operador poco experimentado en proceso de aprendizaje sujeto a fuertes tensiones psicológicas, todas ellas ligadas a la responsabilidad de actuar sobre un paciente vivo, ya que conocemos de primera mano cuáles serían las consecuencias de cualquier fallo que se pueda producir por parte del operador.

Aunque esta sea la forma tradicional de aprender en este campo, como hemos mencionado al principio de este texto, a lo largo de los últimos años se ha producido una importante evolución (y aún continúa actualmente evolucionando), todo ello de la mano de la tecnología. Están apareciendo nuevos modelos quirúrgicos, sistemas de simulación por ordenador y dispositivos de realidad virtual, que son modelos de entrenamiento, prometedores y bastante eficaces.

En el extremo de la máxima tecnología aplicada al desarrollo de habilidades quirúrgicas tenemos a la realidad virtual. Esta podemos definirla como un conjunto de tecnologías que permite al alumno interactuar eficientemente con las bases de datos que se encuentran computarizadas de forma tridimensional en tiempo real, empleando sus sentidos y habilidades naturales. A través de estos dispositivos, se plasman situaciones muy parecidas a la realidad, donde, un error provocado por el aprendiz no tendría consecuencias clínicas negativas sobre el paciente.

Actualmente existe una tendencia cada vez mayor a emplear este tipo de simuladores, gracias a que permiten crear un entorno seguro, nos devuelven datos de rendimiento en tiempo real, permiten grabar y reproducir las acciones desarrolladas, y repetir y practicar cuántas veces sea necesario.

No obstante, la evolución a que nos referíamos anteriormente, no sólo se basa en este punto. También se ha avanzado, como veremos, en el ámbito de los modelos quirúrgicos. Estos, podemos decir, se tratan de herramientas especialmente útiles en la adquisición de las habilidades y técnicas quirúrgicas tanto simples y básicas como avanzadas.

En estos modelos el futuro cirujano puede realizar diferentes técnicas básicas o avanzadas antes de realizarlas sobre el paciente, de una manera similar a una preparación preclínica, utilizando modelos quirúrgicos básicos o avanzados, en un entorno seguro y controlado.

Este entorno, que habitualmente es un laboratorio, permite reproducir cuántas veces sea necesario la técnica quirúrgica, y permite, además, tener una retroalimentación al instante sobre sí mismo al alumno, así como poder ser evaluado por el mentor. En el entorno del laboratorio, que puede simular desde una mesa de operaciones más o menos compleja, hasta un quirófano, el aprendizaje puede ser llevado a cabo a través de modelos animales o a través de modelos humanos cadavéricos.

Los modelos animales vivos se emplean ampliamente, ya que proporcionan simulaciones en vivo que imitan la realidad humana de forma parecida, aunque, por supuesto, presentan el inconveniente de que su anatomía varía, en mayor o menor grado, a la de los seres humanos. A diferencia de los modelos cadáveres humanos, los modelos animales presentan un menor coste, así como menores implicaciones éticas, en comparación con los modelos humanos.

El entrenamiento quirúrgico mediante el empleo de estos animales tiene la ventaja de que, aunque como hemos comentado, la anatomía no llega a ser la misma que la humana, durante las cirugías pueden aparecer complicaciones intraoperatorias muy similares a las que pueden darse durante el desarrollo de una cirugía con un paciente vivo y que

debemos aprender a solventar. Estarían indicados para el aprendizaje de técnicas en escalones iniciales, para poder dar luego el salto, en alumnos avanzados, al aprendizaje en modelo cadavérico.

En el caso de los modelos cadáveres humanos, la anatomía que encontramos, evidentemente, va a ser una anatomía exacta a la que nos encontraremos en nuestra práctica clínica – quirúrgica diaria, pero presenta algún inconveniente, ya que los tejidos conservados en formol o bien criogenizados, no van a presentar un comportamiento similar a un tejido vivo, así como, no se puede reproducir en ese caso, el sangrado y otras funciones vitales que no están conservadas.

Como vemos, el puzzle de la simulación en la formación quirúrgica se conforma con multitud de piezas, donde todas ellas aportan algo al cuadro final, pero todas con sus ventajas, sus inconvenientes y sus aplicaciones.

- Papel de la simulación sobre modelos animales en odontología quirúrgica.

La enseñanza en Ciencias de la Salud, y por ello, también la Cirugía Bucal, ha evolucionado en cuanto a métodos y procesos de enseñanza, proporcionando alternativas pedagógicas con el objetivo de adquirir nuevas habilidades, en este caso, habilidades quirúrgicas. La simulación quirúrgica constituye el fundamento que ha promovido el desarrollo de métodos novedosos con el objetivo de establecer o implementar, así como desarrollar, los mecanismos necesarios para la adquisición de las destrezas correspondientes por parte de los estudiantes y/o profesionales que quieran mejorar en sus técnicas quirúrgicas.

El empleo o desarrollo de simuladores se remonta a la década de los años 20 cuando, de la mano de Edgard Link, se desarrollaron simuladores de vuelo con los que entrenaban los pilotos. Llegados los años 70, la simulación comenzó a aplicarse a otras áreas, en este caso, a la aviación. Pero no fue hasta hace dos décadas aproximadamente, que no se implementó este tipo de tecnología al campo de la medicina, siendo pionera en ello, la especialidad de anestesiología.<sup>1,2</sup>

Actualmente, la simulación se ha convertido en una herramienta que se encuentra en pleno auge entre las ciencias básicas y clínicas<sup>2</sup>, aunque el aprendiz o profesional debe tener siempre presente que la simulación no reemplaza en ningún momento las escenas clínicas reales, pero permite al estudiante aprender dentro de una atmosfera controlada. Estas situaciones propician una mejora en sus habilidades técnicas y clínicas además de, como ya comentamos al principio del capítulo, reducir las tensiones que surgen ante el desarrollo de un procedimiento sobre un paciente vivo.

El aprendizaje quirúrgico basado en la simulación puede ser definido como toda aquella actividad educacional que emplee ayudas de simulación con el objetivo de replicar o reproducir escenarios clínicos reales. Serían por tanto considerados como herramientas alternativas al paciente vivo y, además, permitirían a los maestros/mentores un control total del escenario clínico, previamente seleccionado, sin abordar los aspectos indeseados que podrían presentarse ante un paciente real<sup>3</sup>. La simulación, por tanto, se trata de la

experiencia o ensayo que se desarrolla con la ayuda de un modelo, siendo este a su vez la representación idealizada de un sistema real, es decir, de un paciente vivo.

A su vez, el modelo es el medio que reproduce el fenómeno que se pretende enseñar o aprender, de manera que se convierte en una figura útil en la ampliación del conocimiento y a través de él, el aprendiz tiene la oportunidad de interactuar con el contenido de la simulación.

Por tanto, el objetivo que persiguen los programas de entrenamiento quirúrgico es el de ayudar al aprendiz a integrar y automatizar, previo a intervenir a un paciente, las habilidades psicomotoras básicas, para con ello, reducir al máximo la posibilidad de exposición del paciente a cualquier acto que sirva como entrenamiento al cirujano inexperto.

A su vez, un buen simulador quirúrgico, debe cumplir la premisa de reproducir los tejidos de una forma realista, y en función de que este objetivo se consiga en mayor o menor medida, podemos encontrar simuladores de primera generación (consideran exclusivamente la naturaleza geométrica de las estructuras anatómicas, pero no permite la interacción con los mismos); de segunda generación (permiten determinadas interacciones con las estructuras anatómicas) y los simuladores de tercera generación (tienen en cuenta la naturaleza funcional de los órganos, además de permitir una interacción completa de las estructuras), siendo actualmente la mayoría de los simuladores virtuales de segunda generación.

Actualmente, el problema que nos encontramos con estos simuladores es que cuanto más complejo es el simulador, la imagen que reproducen y la interrelación que se produce con el operador es menos realista, y no traducen el comportamiento de los tejidos de forma real<sup>4,5</sup>.

Cuando hablamos de cirugía experimental, podemos emplear diferentes tipos de modelos: modelos matemáticos (programas informáticos basados en modelos matemáticos), modelos físicos o mecánicos (dispositivos con capacidad de simular algún sistema biológico, en su todo o en parte) y modelos biológicos. En el caso de los modelos biológicos, tenemos que tener en cuenta que la complejidad del modelo que vamos a tratar es muy superior, ya que, aspectos como, por ejemplo, la viabilidad intrínseca de esos materiales.

El empleo de cualquier tipo de material biológico ya sea animal o humano, tiene, además, una serie de implicaciones legales, éticas y morales que hay que respetar en la planificación de los estudios experimentales. En el caso de los animales de experimentación, se clasifican como el nivel de complejidad mayor o más alto de todos los modelos experimentales, por lo que es el modelo que va a reproducir las situaciones de manera más realista. Por excelencia, son considerados, modelos propios y fuentes de conocimiento principal de la fisiopatología quirúrgica<sup>6</sup>.

La utilización de este tipo de modelos implica, por descontado, el desarrollo de las técnicas correspondientes en las instalaciones adecuadas para ello, así como la presencia de

personal especialista, en este caso, veterinarios<sup>6</sup>. Por ello, el modelo animal es definido como el empleo de un animal de experimentación que reproduce una enfermedad de una forma similar al ser humano, y con ello, nos brinda el conocimiento o permite al operador el abordaje a través de diferentes técnicas terapéuticas. Estos animales, se definen como animales de laboratorio, que no es más que aquel que se engendra y se cría con el fin de participar en una investigación, para un objetivo científico, o bien para un entrenamiento quirúrgico más o menos avanzado.



Figura1.- Los animales más utilizados son el cerdo (en cirugía laparoscópica, por ejemplo) o la rata (en microcirugía). Rata preparada para la disección de carótida y la realización de sutura termino terminal vascular.



Figura 2.- Cerdo preparado y en el transcurso de una intervención de cirugía laparoscópica



Figura 3.- Cerdo preparado y en el transcurso de una intervención de cirugía laparoscópica).

En el caso de los simuladores que emplean como bases animales de laboratorio sometidos a anestesia, presenta una serie de limitaciones, como los que hemos comentado anteriormente, como son los aspectos éticos, consideraciones sobre el derecho animal, problemas de higiene y el alto costo del equipamiento y del personal.

- Simulación avanzada en cirugía bucal: el modelo cadáver

Los formadores tienen como objetivo conseguir la capacitación de sus alumnos, a través del entrenamiento continuo, para que sean capaces de responder a la gran cantidad y variedad de desafíos que nos encontramos durante nuestros actos quirúrgicos, más aún, teniendo en cuenta la gran cantidad y complejidad de técnicas intervencionistas que existen en la actualidad y que se encuentran en continuo auge o crecimiento.

Para algunos autores, un buen cirujano debe tener dotes de artista, artesano, científico y tecnócrata, además de ser educados durante todo su proceso de formación quirúrgica para ser doblemente hábiles manuales<sup>7</sup>.

Estos dotes no son suficientes si el aprendiz carece de principios básicos y cualidades como son la inteligencia y capacidad para aplicarla, la capacidad de pensamiento crítico, disciplina y ser creativo, así como la capacidad de mantenerse sereno ante situaciones de estrés o situaciones adversas, humanidad para saber tratar a los pacientes, así como también tratar bien a los compañeros y tener sentimiento de la responsabilidad. Por supuesto, el disfrutar de todas estas capacidades sería imposible sin la adquisición de principios médicos básicos como son la anatomía, fisiología y patología, siendo éstas, imprescindibles para poder desarrollar cualquier tarea quirúrgica<sup>8</sup>.

Ante esto, el estudiante se encuentra el problema de que el tiempo durante su formación no es finito, sino que se encuentra limitado y a veces, a la escasa cantidad de pacientes que necesitan determinados tipos de intervenciones, a lo que se le suma, que, todos estos pacientes, no son para un mismo aprendiz, sino que deben ser distribuidos de la forma más homogénea o equitativa posible, siendo por tanto, dependiente del número de estudiantes, y siempre, también, bajo el punto de vista del mentor, serán distribuidos en función del grado de complejidad de la intervención y la destreza manual del aprendiz, que generalmente, va ligado al tiempo de formación. Todo esto, supone un obstáculo en el camino, ya que se convierte en una tarea ardua para la evaluación del estudiante, así como, del aprendizaje<sup>9,10</sup>.

Además de todo esto, como sabemos, el entrenamiento con seres humanos tiene una serie de limitaciones como son la dificultad o imposibilidad, en muchos casos, de repetir el procedimiento, con el mero objetivo de entrenar o porque no nos ha salido el procedimiento como nos hubiese gustado, y nos podemos encontrar también que el paciente no autorice ser intervenido por un alumno. Podemos encontrarnos incluso, situaciones de enfermedad o patología donde el caso, ni siquiera se encuentre al alcance de poder ser realizado por un alumno dada su complejidad.

Es por ello por lo que, dentro de la Medicina, y hablamos, dentro del ámbito que nos compete, la Cirugía Bucal, al detectarse estos déficits, se han desarrollado diferentes métodos de entrenamiento, como hemos mencionado en los puntos anteriores, pero existe un método considerado gold estándar, que es el entrenamiento a través del modelo cadáver.

Este modelo de entrenamiento en concreto muestra la ventaja de ser uno de los más eficientes en cuanto a la curva de aprendizaje, donde, a través de la misma, el paciente alcanza un nivel efectivo de entrenamiento.

La adquisición de habilidades técnico/quirúrgicas a través del entrenamiento con estos modelos que muestran las situaciones clínicas de una forma mucho más realista, además de reproducir una gran cantidad de situaciones similares a que la que podríamos encontrar en un ambiente quirúrgico habitual, va a permitirnos llevar a cabo un entrenamiento libre de riesgos o riesgo "0". También, no va a ser necesaria la supervisión constante del aprendiz por parte del mentor, ya que en ningún caso se va a exponer a ninguna persona en riesgo, así como tampoco necesitaremos el consentimiento para ser intervenido por un alumno<sup>11,12</sup>.

El modelo es tan bueno y fiel a la realidad que puede, en algunos casos, aplicarse para poner a punto o investigar nuevos procedimientos quirúrgicos u otras alternativas de tratamiento: el empleo de los modelos cadavéricos nos permite repetir y entrenar los procesos quirúrgicos las veces que sean necesarias, así como también, evaluar los riesgos de cada uno de los pasos quirúrgicos que vamos dando y volver a intentarlo las veces que sean necesarios.

En los cadáveres, su conservación puede llevarse a cabo mediante formol o mediante congelación (criopreservación). En cualquier caso, van a ser un modelo de altísima calidad para el entrenamiento quirúrgico de los alumnos, en cualquiera de las técnicas que se quieran desarrollar. Este tipo de modelos ofrece una realidad anatómica, háptica (en mayor o menor medida, según el grado de conservación) y espacial idéntica a la realidad<sup>5,7</sup>. Además, permite al alumno familiarizarse con la región anatómica propia de la zona donde se está desarrollando la técnica que queremos aprender, así como, iniciarse o dominar el manejo del instrumental quirúrgico, siempre en una atmósfera quirúrgica relajada, ya que no existen riesgos de complicaciones sobre el paciente<sup>13-15</sup>.

A pesar de todas las ventajas descritas en el párrafo anterior, el modelo cadáver también presenta una serie de desventajas como son la rigidez propia de los tejidos, en el caso de que se trate de modelos cadavéricos conservados en formol, que puede suponer una dificultad en el desarrollo de la técnica quirúrgica, o la ausencia de circulación sanguínea.

Aunque ciertamente existen todo este tipo de desventajas durante el entrenamiento quirúrgico con modelos cadavéricos, son compensadas por las propias ventajas que el mismo modelo aporta. Es por ello por lo que, aunque sea un gold estándar, no debemos olvidar que no es un modelo perfecto al 100%, y que existen determinadas situaciones que podrían sobrevenirse en un quirófano que no puede simular este tipo de modelos.

- Los modelos hápticos en odontología y cirugía bucal

La realidad virtual es la ciencia de crear un entorno para la evaluación de diversas regiones anatómicas del cuerpo, diagnosticando y planificando futuro tratamiento quirúrgico. Profesionales experimentados con años de ejercicio clínico, encuentran

necesario y útil el empleo de técnicas novedosas que les permitan instruir a futuros facultativos dentro de las especialidades quirúrgicas odontológicas.

En el caso de la simulación háptica, esta permite no solo una imagen visual (3D) en pantalla con la que podamos interactuar, sino también una percepción táctil (háptica) del campo quirúrgico a intervenir. En concreto, si nos centramos, por ejemplo, en la cirugía de implantes dentales, pueden aparecer riesgos inevitables debido a la anatomía compleja de la región cráneo-maxilofacial. Por tanto, estaría justificada, tanto en esta área como en otras de la cirugía bucal, aplicar esta tecnología asistida por ordenador para simular el proceso quirúrgico. En el área que hemos tomado como ejemplo, es conocida por toda la cirugía guiada y/o navegada, la cual permite a los clínicos una predictibilidad que se ajusta a los modelos de calidad y excelencia buscados por los clínicos y las universidades.

Por poner en valor las técnicas hápticas, en relación a otras técnicas o métodos de aprendizaje o simulación, podemos indicar que la formación médica tradicional en cirugía bucal puede verse limitada por su baja eficiencia y alto precio debido a la escasez de recursos de cadáveres. Cabe tener en cuenta el riesgo inherente a las intervenciones en las distintas técnicas y procedimientos de cirugía bucal. Con la combinación de representación visual y háptica, los simuladores hápticos de cirugía se vuelven cada vez más populares en hospitales, facultades o escuelas de odontología, como una alternativa a la formación tradicional, o simplemente una combinación de ambas.

Los simuladores virtuales con capacidad háptica, son herramientas eficaces que ayudan tanto a clínicos como a docentes a proporcionar capacitación avanzada para procedimientos quirúrgicos dentro de la cirugía bucal, ya sean simples o más complejos, permitiendo la evaluación de habilidades objetivas.

Estos simuladores hápticos también poseen la capacidad del entrenamiento con anestesia dental de forma general y también específicamente para el bloqueo del nervio alveolar inferior. Existen sistemas desarrollados que proporcionan la sensación táctil de insertar una aguja real en un paciente humano, utilizando técnicas de realidad virtual y un dispositivo háptico que puede proporcionar una percepción de fuerza percibida en la tarea de inserción de la aguja durante el procedimiento de anestesia. Esto nos permite evitar situaciones legalmente comprometidas ya que, las complicaciones inherentes a la aplicación de anestesia local en un paciente desaparecen completamente. Los simuladores de realidad virtual son cada vez más populares en las escuelas de odontología de todo el mundo. Pero ¿hasta qué punto estos sistemas reflejan la capacidad dental real? Abordar esta cuestión de la validación de estos dispositivos, es un paso fundamental y es necesario antes de que estos sistemas puedan integrarse completamente en el plan de estudios de una escuela de odontología.

Los sistemas de realidad háptica y virtual también han sido aplicados a la cirugía de implantes, lo que implica una manipulación de imágenes de tomografía computarizada (TAC y CBCT) tridimensional (3-D) de una mandíbula o un maxilar con un dispositivo específico de retroalimentación de fuerza/torque de realidad virtual. A través de este sistema virtual, se puede realizar la experiencia háptica de la perforación ósea con vibración y el sonido del contra-ángulo. Se espera que sea útil para capacitar a dentistas

sin experiencia y educar a los estudiantes de odontología en su futura práctica clínica. También se puede aplicar en la simulación de la inserción de implantes orales, permitiendo una percepción espacial y táctil no lograda hasta ahora con los simuladores simplemente virtuales, carentes de tecnología háptica.

Los simuladores de realidad virtual, proporcionan una retroalimentación háptica a través del dispositivo que sostiene el estudiante (el brazo háptico). El objetivo del simulador es proporcionar una experiencia de aprendizaje que se parezca a la realidad y permita al usuario la repetición de la misma las veces que sean necesarias hasta alcanzar los objetivos y las competencias deseadas.

Dentro de la Cirugía Bucal se ha conseguido abordar tratamientos estandarizados y con una casuística muy elevada. Cordales o caninos incluidos están siendo los tratamientos seleccionados para que el alumnado practique o dé sus primeros pasos dentro de la experiencia háptica quirúrgica. La percepción de la densidad ósea, así como de la dentina y del esmalte permiten al usuario generar infinitas combinaciones y casos a intervenir. Los simuladores hápticos nos permiten cambiar y/o seleccionar las diferentes texturas de los tejidos duros dentro de la cavidad oral.

La posibilidad de una permanente evaluación de los resultados obtenidos por los estudiantes, hacen que trabajar con la tecnología virtual háptica sea muy positiva y gratificante. El profesorado puede evaluar a través de su ordenador central y siguiendo los marcajes y parámetros clínicos de su simulador, la curva de aprendizaje de los futuros profesionales viendo en todo momento la evolución del alumno en tiempo, resultados y técnica. El seguimiento en los tres planos del espacio (sagital, coronal y axial) durante cualquier intervención hace que esta tecnología deje de ser una simple herramienta docente para llegar a convertirse en un protocolo asistencial pre-quirúrgico. Por otra parte, cabe destacar la posibilidad de importar casos a través de archivos (CBCT-TAC) al propio simulador, teniendo entonces la oportunidad de pre-operar las veces que queramos con casos quirúrgicos reales, y no simplemente los creados por defecto en el propio programa quirúrgico de nuestros dispositivos.

Investigar el efecto de diferentes tipos de retroalimentación pedagógica cualitativa sobre el entrenamiento, la transferencia y la retención de habilidades dentales básicas de destreza manual utilizando un simulador dental háptico de realidad virtual, nos permitirá avanzar hacia la excelencia e innovación docente.

Finalmente, se debe tener en cuenta la facultad de añadir un “entorno virtual” a la práctica clínica con los simuladores hápticos. La posibilidad de utilizar gafas virtuales puede lograr que la actividad clínica alcance un porcentaje de “realismo” muy elevado, consiguiendo de nuevo resultados altamente prometedores.

- Nuestra experiencia en cirugía bucal: IAVANTE

Parte de lo escrito páginas anteriores ha podido ser disfrutado por las personas que escribimos estas líneas. Una parte de la formación de la que disfrutamos hoy día y podemos aplicar en nuestro día a día en la práctica diaria, ha sido adquirida en estas

instalaciones, llevando a cabo múltiples actividades como las descritas en puntos anteriores.

Como dentistas que decidimos elegir ampliar nuestra formación focalizándonos en el maravilloso mundo de la Cirugía Bucal, siempre supimos que las oportunidades que IAVANTE ofrecía y sigue ofreciendo, de una forma cada vez más actualizada, sería una apuesta segura para ello.

El campo que ofrece la Cirugía Bucal es bastante amplio en cuanto a actividades quirúrgicas que pueden llevarse a cabo en la cavidad bucal. Pero, en la actualidad, existe una tendencia creciente a llevar a cabo técnicas quirúrgicas sobre los pacientes, enfocadas a la regeneración ósea y el acondicionamiento de los tejidos blandos, que asientan sobre dientes naturales o bien sobre elementos protésicos fijos, siendo normalmente, implantes dentales osteointegrados. En determinadas ocasiones, los cirujanos orales nos encontramos con situaciones donde, si no realizamos esas técnicas quirúrgicas de regeneración o de manejo de los tejidos en modelos de simulación avanzados, el resultado, tanto funcional como estético, tanto a corto como a largo plazo, no serían positivas.

Es por ello por lo que nosotros como equipo, consideramos fundamental la formación en esta área específica de la Cirugía Bucal, aunque, por supuesto, desempeñemos en nuestra actividad quirúrgica habitual, además de estas técnicas, otro tipo de actuaciones.

El aprendizaje y el perfeccionamiento de las técnicas de tejidos blandos, en las instalaciones de IAVANTE, siempre ha resultado altamente satisfactorio. Como bien sabemos, la destreza o habilidad quirúrgica sin una buena base teórica no nos serviría de nada. Por ello, previo a la llegada a las instalaciones, tuvimos acceso a una plataforma virtual donde la teoría que se exponía en ella nos sirvió, en algunos de nosotros, para adquirir nuevos conocimientos, y a otros, como repaso de lo ya conocido, permitiéndoles refrescar conceptos y nociones básicas para, posteriormente, llevar a cabo las actividades en las instalaciones. Esto, además, nos permitía disponer de mayor tiempo de actividad quirúrgica una vez que estuviésemos en los quirófanos de IAVANTE.

La formación en técnicas de Cirugía Bucal se desarrolló en dos cursos. El primero de ellos tuvo lugar durante dos días, con un total de 16 horas de actividad presencial (sin contar con las horas dedicadas al estudio e-learning como hemos comentado en el párrafo anterior). En él, pudimos aprender y entrenarnos en las habilidades que se requieren para el manejo del instrumental necesario para desarrollar intervenciones quirúrgicas en la cavidad oral cuando esta va asociada a microcirugía, así como, poder aprender y entrenar distintas técnicas del componente microquirúrgico, ya que el objetivo que perseguíamos tanto nosotros como equipo, como IAVANTE como institución era capacitarnos y ser capaz de aplicar la microcirugía, tanto en tejido nervioso como en tejido vascular de la cavidad oral e incluso en alguno de los tejidos anejos.

En el caso de los tejidos anejos, como hemos comentado al principio, el manejo de instrumental microquirúrgico cuando es aplicado de forma correcta sobre tejidos gingivales, principalmente cuando se trata del sector estético, puede proporcionarnos unas ventajas estéticas superiores a la que podría aportar una técnica quirúrgica

convencional. Por ello, con este curso, no solo aprendimos o perfeccionamos la microcirugía vascular o nerviosa, sino, que el propio manejo del todo el aparataje microquirúrgico, nos ha permitido aplicarlo a otro tipo de patologías o situaciones quirúrgicas y resolver los casos clínicos reales de manera satisfactoria.

Por supuesto, aprender técnicas quirúrgicas desarrolladas con microscopio, no solo exige el aprendizaje de las técnicas en sí, sino que es necesario aprender a manejar el propio microscopio, tanto en sus ajustes, en su visión bilocular, en el buen uso del enfoque y por supuesto, en la ergonomía durante el desarrollo de los procedimientos, siendo esta última muy importante y que con tanta facilidad nos olvidamos cuando estamos inmersos en la faena.

En la utilización de un microscopio quirúrgico, para quien nunca antes haya tenido la oportunidad de tener una primera toma de contacto con él, tomamos conciencia de muchos de los movimientos que realizamos como operadores, el campo de visión, el instrumental y su manejo, la ergonomía, posición de las manos, posición de los brazos, posición de la cabeza, etc. También, algunos de los materiales e instrumental son diferentes a los que se utilizan en la práctica habitual. Durante el transcurso de todas estas horas, tuvimos la oportunidad de integrar todos estos nuevos conceptos, imprescindibles para llevar a cabo las actividades programadas en el curso, así como otro aspecto importante y que cobra aún mayor importancia en las cirugías microquirúrgicas, como es el control del temblor.

Para poder integrar todo esto que comentamos, realizamos múltiples prácticas: en un primer lugar, y como primera toma de contacto, cada uno de nosotros comenzamos el curso, tomando un modelo cadáver animal, en este caso, un conejo. Sobre él, nos iniciamos en el empleo de la cirugía microscópica mientras suturábamos la arteria aorta y el nervio ciático de este animal, evidentemente, muerto. Todo esto, nos permitió conocer los diferentes tipos de microsutura vascular y nerviosa, así como su anudado, el desarrollo de la sutura nerviosa termino-terminal, microsuturas vasculares terminales con puntos sueltos, etc.

Una vez disfrutado de esa primera experiencia, tanto por trabajar con tejido vascular y nervioso, así como el desarrollo de esta actividad a través del microscopio, y habiendo tomado esa primera toma de contacto, pasamos a un segundo modelo animal, ahora sí, modelo animal vivo. Se trataba en este segundo caso, de ratas, donde, debíamos ser capaces de realizar todo lo comentado anteriormente, pero en este caso, al tratarse de un animal vivo, se sumaba la dificultad de la presencia de sangre, así como, nos permitía confirmar en el acto si el procedimiento que le habíamos realizado a dicho animal era correcto o no.



Figura 4.- Posición en el puesto de trabajo con modelo cadáver

Una vez hecho todas estas actividades, pasábamos a la segunda jornada del curso donde el modelo de aprendizaje-experimentación cambiaba. Ahora se trataba de modelos cadáveres humanos, donde, aplicando todas estas técnicas que habíamos aprendido durante el transcurso de las horas del día anterior, se aplicaban sobre estos nuevos modelos, a los que había que realizarle técnicas quirúrgicas bastante frecuentes en la práctica odontológica quirúrgica diaria, pero esta vez, con el microscopio. De esta forma, realizamos injertos gingivales libres e injertos de tejido conectivo sobre estos modelos. Con estas actividades concluía este curso donde tomamos esta primera toma de contacto con el instrumental microquirúrgico y a alguno de nosotros, nos sirvió para refrescarnos en este tipo de técnicas.

Una vez conseguidas las competencias que este curso exigía para la adquisición del certificado de acreditación, se puede pasar a realizar otro curso, que podría ser complementario o de perfeccionamiento: el curso de injertos óseos.

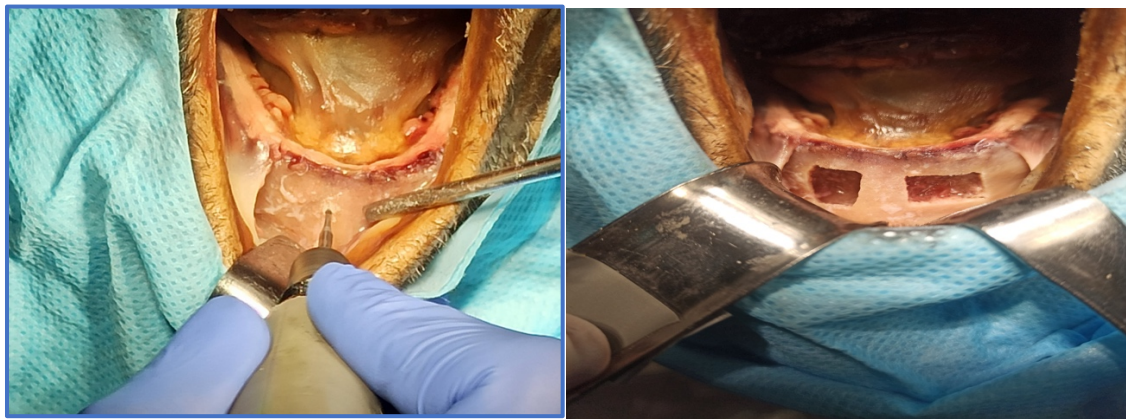
Este otro curso se llevó a cabo también durante dos días, de la misma manera que el curso anterior. Este se desarrolló de la misma manera, pero dada la complejidad de las técnicas que se aprenden a desarrollar con él, la carga teórica on-line tuvo que ser el doble que el anterior curso: un total de 21 horas, 8 horas teóricas y un total de 13 horas de práctica presencial.

Probablemente, algunos de los lectores de este capítulo, puede tener la experiencia de trabajar en su vida diaria, en algunos días complicados, ese número de horas y puede incluso llegar a pensar que para el desarrollo de un curso donde se busca el entrenamiento quirúrgico-experimental de la persona que lo realiza, puede resultar insuficiente, pero bajo nuestra experiencia, podemos afirmar al 100% que no es así. Permanecer durante 13 horas, frente a, en este caso, modelos animales vivos (en el caso del curso anterior) o ante piezas anatómicas de origen humano y, dado que trabajamos en la cavidad oral, trabajamos con cabezas humanas, aprendiendo de cero o perfeccionando técnicas, resulta un tiempo más que suficiente para conseguir los resultados docentes perseguidos.

En este curso, sobre modelos cadáveres humanos, exclusivamente, se trabajan habilidades y se adquieren los conocimientos necesarios para el manejo de todo el instrumental

necesario para la realización de injertos óseos, así como también, de los tejidos blandos que los rodean, teniendo ante nosotros, un entorno realista.

Durante el transcurso de estas 13 horas repartidas en dos jornadas diferentes, nuestro equipo aprendió y perfeccionó las técnicas de injerto de mentón y del cuerpo mandibular, aumentos óseos mandibulares verticales en el sector posterior de la mandíbula con una técnica actualmente muy empleada, que es la técnica sándwich. También se ensayó la colocación de los injertos óseos extraídos en la zona de la premaxila.



Figuras 5 y 6.- Realización de injerto de mentón en modelo cadáver

También tuvimos la oportunidad de volver a tener un contacto con el tejido vasculonervioso ya que otra de las técnicas que realizamos es la técnica de transposición y la lateralización del nervio dentario inferior, que, por supuesto, va unido a su paquete vasculonervioso. La realización de esta técnica es necesaria, en algunos casos, cuando nos encontramos ante situaciones clínicas donde la altura ósea del cuerpo de la mandíbula es insuficiente para colocar un implante y el paciente no puede o no acepta un tratamiento de regeneración ósea vertical como el comentado anteriormente.



Figura 7.- Colocación de injerto monocorticales en la premaxila

Otras situaciones diferentes se dan cuando el problema en la disponibilidad ósea no se encuentra en la altura de hueso sino en el ancho del mismo. Para estos problemas clínicos reales y frecuentes, aprendimos durante el desarrollo de este curso otra técnica: el split crest. Además, tuvimos la oportunidad de aprender otras técnicas como como el injerto de la espina nasal o la elevación del suelo nasal y sinusal.

## Bibliografía

1. Lanzarini E, Schonstedt V, Abedrapo M, Yarmuch J, Csendes A, Rodriguez, A. Simulación: Una herramienta útil en la formación quirúrgica moderna. Rev Chilena de Cirugía. 2008; 60: 167 - 169.
2. Roberts KE, Bell RL, Duffy AJ. Evolution of surgical skills training. World J Gastroenterol. 2006; 28; 12: 3219- 3224.
3. Garza-Rodea AS, Padilla-Sánchez L, Garza-Aguilar J, Neri Vela, R. Algunas notas sobre la historia del laboratorio de cirugía experimental. Reflexiones sobre su importancia en la educación e investigación quirúrgica. Cir Cir. 2007; 75: 499- 505.
4. Rodríguez Sosa Víctor Manuel, Macías Hernández Ileana, Corona Miranda Beatriz, Pérez Idaboy Julio R, Gil Díaz Felipe. Club de Cirugía Experimental. Nuestra experiencia con los alumnos latinoamericanos del pre-médico. Rev Haban Hienc Héd [Internet]. 2009 Nov [citado 2021 Jul 21]; 8( 4).
5. Rodríguez Sosa, V.M; Macías Hernández, L; Corona Miranda, B; Pérez Idaboy J.R; Gil Díaz, F. Club Experimental: Nuestra experiencia con los alumnos latinoamericanos del pre-médico. Rev Haban Cienc Méd. 2009; 8 (4).
6. Del Cañizo López J.F., López Martín D., Lledó García E., García Barreno P. Diseño de modelos experimentales en investigación quirúrgica. Actas Urol Esp. 2008; 32: 27- 40.
7. Pestana-Tirado RA, Moreno Ballesteros LR, Di Filippo A. Dominio motor y destreza, la verdadera esencia del cirujano. Rev Colombiana Cirugía. 2004; 19: 221-229.
8. Estepa Pérez, JL; Santana Pedraza, T; Estepa Ramos, JL. Cualidades necesarias y valores en el cirujano contemporáneo. 2019; 17: 752- 756.
9. Paradise LA, Raj PP. Competency and certification of pain physicians. Pain Pract 2004; 4: 235-44.
10. Flores, J.C. Nuevo simulador híbrido cadavérico/sintético para la enseñanza de técnicas intervencionistas para el tratamiento del dolor refractario. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2016; 23: 105-114.
11. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, Jacobson L, Quinones J, Shen B, Levine AI. The utility of simulation in medical education: What is the evidence? Mt Sinai J Med 2009; 76: 330- 343.
12. Blum RH, Boulet JR, Cooper JB, Muret-Wagstaff SL. Harvard Assessment of Anesthesia Resident Performance Research Group. Simulation-based assessment to identify critical gaps in safe anesthesia resident performance. Anesthesiology 2014; 120: 129- 141.
13. Jakimowicz JJ, Jakimowicz CM. Simulación en cirugía, ¿dónde estamos y a dónde llegaremos? Cir Cir. 2011; 79: 44-49
14. Selcuk I, Tatar I, Huri E. Cadaveric anatomy and dissection in surgical training. Turk J Obstet Gynecol. 2019; 16: 72-75
15. Yiasemidon M, Gkaragkani E, Glassman D, Biyani C. Cadaveric simulation: a review of reviews. Ir J Med Sci. 2018; 187: 827- 833.

## Aprendizaje Basado en Simulación en Fisioterapia

Juan D. Ruiz<sup>1</sup> y Juan J. Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica de Murcia, Murcia.

La formación en el Grado en Fisioterapia destaca por su componente eminentemente práctico que constituye en la actualidad aproximadamente un tercio del total del plan de estudios. El período de prácticas en estancias clínicas (*practicum* clínico), cuyo objetivo se centra en aportar al alumno un conjunto de experiencias realistas de aprendizaje basado en una amplia gama de pacientes en diferentes situaciones y entornos, se encuentra por encima de 1.000 horas en muchas de las universidades del territorio español. La formación en estancias clínicas contribuye al desarrollo de una base sólida de conocimiento en el alumnado, mejorando las habilidades en la toma de decisiones clínicas, así como una mejor socialización y un correcto desarrollo interdisciplinar<sup>1,2</sup>.

En la actualidad, los períodos de estancias clínicas ofertan un aprendizaje individual que favorece el desarrollo de entornos que pueden llegar a ser oportunistas y dispares entre el alumnado<sup>3</sup>. Los sistemas rotatorios de aprendizaje en estancias clínicas no siempre aseguran que el alumno se enfrente a los diferentes escenarios clínicos necesarios para conseguir la adquisición de las competencias específicas del fisioterapeuta. Esta circunstancia es especialmente evidente en el campo de las especialidades clínicas en fisioterapia debido a la escasez de centros que ofertan estos servicios<sup>4</sup>. Por otro lado, el creciente número de escuelas de fisioterapia, así como el considerable incremento en el número de estudiantes matriculados en los últimos años, con frecuencia provocan una sobrecarga en la ratio alumnos-instructor clínico que potencialmente podría afectar a la calidad de la enseñanza. Asimismo, la oferta disponible de estancias clínicas por el sector sanitario podría quedar parcialmente limitada<sup>3</sup>. Todos estos factores condicionan la capacidad de brindar un nivel apropiado de experiencias clínicas que garanticen la incorporación de graduados en fisioterapia en el sistema sanitario con las competencias necesarias para el desarrollo profesional efectivo y seguro. Con este escenario, los métodos educativos tradicionales basados en extensos períodos de estancias clínicas podrían no ser sostenibles.

El aprendizaje basado en simulación pretende replicar experiencias clínicas de la vida real a través de escenarios simulados creando un contexto seguro que permita al alumnado desarrollar sus habilidades técnicas, así como los procesos cognitivos o habilidades no técnicas tales como el análisis de información, la toma de decisiones clínicas, la autoeficacia, las habilidades de comunicación y el desarrollo interdisciplinar<sup>5-7</sup>. Esta estrategia didáctica presenta las ventajas de: *i)* estandarizar los contenidos didácticos impartidos entre los estudiantes, solventando así la aleatoriedad individual del aprendizaje propia de los modelos tradicionales; *ii)* adaptar los objetivos de aprendizaje, realizando una configuración bajo demanda; *iii)* eliminar el riesgo para los pacientes; así

como iv) la dependencia de las disponibilidades del paciente o del entorno clínico<sup>6</sup>. El aprendizaje basado en la simulación ayudaría a garantizar la implementación en el plan de estudios del fisioterapeuta experiencias clínicas de aprendizaje que abarquen una gran variedad de entornos y afecciones clínicas, así como la participación en la práctica interdisciplinar, que son aspectos fundamentales de la guía curricular elaborada por la *World Confederation for Physical Therapy (WCPT)*<sup>8</sup>.

El aprendizaje basado en simulación ha sido tradicionalmente empleado en la educación universitaria en fisioterapia. Durante las formaciones prácticas universitarias, los alumnos han practicado con maniqués, simuladores parciales, o incluso con compañeros de clase que simulaban ser pacientes. Sin embargo, la práctica entre compañeros, maniqués no realistas o simuladores parciales, se considera una simulación de baja fidelidad debido a que el nivel de realidad experimentada es limitado. En la actualidad, se recomienda potenciar el realismo de la práctica basada en simulación que recree escenarios clínicos que permitan al alumno utilizar accesorios de alta fidelidad específicos del entorno y fomentar las interacciones psicosociales<sup>9</sup> de un escenario clínico real.

Existe una fuerte evidencia de que las estrategias didácticas basadas en simulación mejoran los resultados del aprendizaje y de la práctica clínica, en términos de autoconfianza, adquisición de competencias, autonomía en la toma de decisiones clínicas, así como en la eficiencia en el trabajo interdisciplinar<sup>10-17</sup>.

En un reciente ensayo clínico controlado aleatorizado compuesto por un total de 357 alumnos de fisioterapia mostraron que la aplicación de una semana de aprendizaje basado en simulación inmediatamente antes del período de estancias clínicas mejoró competencias tales como el comportamiento profesional, la comunicación, la valoración del paciente, el análisis y la planificación del tratamiento, la intervención, la práctica basada en la evidencia, y la gestión de riesgos cuando este fue comparado con aquellos estudiantes que realizaban el método educativo tradicional<sup>15</sup>. Además, la simulación ha demostrado mejorar la confianza de los estudiantes de fisioterapia en aquellos entornos donde se requiere un manejo de pacientes de alta complejidad como son las Unidades de Cuidados Intensivos<sup>11</sup>. En este tipo de escenarios donde los estudiantes se sienten estresados y abrumados por su falta de experiencia, lo que podría conducir a una incorrecta toma de decisiones, la simulación brinda la oportunidad de adquirir un aprendizaje práctico minimizando el riesgo del paciente e incrementando la confianza de los estudiantes. Finalmente, la práctica interdisciplinar es un componente clave de la asistencia sanitaria.

La posibilidad de trabajar dentro de equipos multidisciplinares conduce a la promoción del entendimiento entre profesiones, la mejora de la confianza profesional, así como la facilitación de la comunicación entre profesionales y disciplinas. Recientes investigaciones sobre aprendizaje interdisciplinar basado en simulación llevadas a cabo entre alumnos de fisioterapia, enfermería, terapia ocupacional, estudiantes de farmacia, medicina, y trabajo social, han destacado este modelo como una oportunidad para comprender mejor las funciones de otros profesionales de la salud mientras trabajan en equipo<sup>5,10-13,18</sup>. Los estudiantes han percibido la experiencia como muy enriquecedora mejorando su confianza y desarrollo interdisciplinar, y los instructores clínicos reconocen que los

estudiantes están más preparados para afrontar los períodos de estancias clínicas en aquellos entornos donde la práctica interdisciplinar es ineludible<sup>5,11,13</sup>.

Además, este modelo de aprendizaje basado en simulación podría ayudar a resolver los problemas logísticos de recursos humanos y materiales del modelo tradicional. En una revisión sistemática con meta-análisis se analizó el efecto de la sustitución del 25% del período en estancias clínicas por un período de aprendizaje basado en simulación comparado con las estancias clínicas habituales. Un total de cuatro ensayos clínicos controlados aleatorizados compuestos por más de 1.500 alumnos de fisioterapia reportaron que ambas intervenciones fueron igualmente efectivas sin mostrar diferencias significativas en la adquisición de competencias prácticas de los estudiantes<sup>6</sup>.

La implementación del aprendizaje basado en simulación, que ayuda a sustituir períodos de estancias clínicas y complementa el currículo del estudiante, se postula como una herramienta muy prometedora para su implementación en los planes de estudios. Estos hallazgos son de gran importancia cuando la oferta clínica del sector sanitario se ve comprometida.

Sin embargo, la simulación clínica también presenta algunos inconvenientes y limitaciones. El uso de dispositivos tecnológicos especiales, la preparación del entorno didáctico por parte del docente y el empleo de pacientes estandarizados (actores capaces de comportarse como un paciente específico y de interactuar adecuadamente con el estudiante), son factores que frecuentemente resultan costosos desde el punto de vista económico y de la eficiencia laboral.

Algunos autores han reportado un coste total de 1.767,60\$ tras la implementación de un modelo de simulación con pacientes estandarizados en un total de 19 estudiantes que interactuaron durante 90 minutos en una ratio de cinco estudiantes por cada paciente<sup>19</sup>. Por otro lado, los pacientes estandarizados se suelen someter de cuatro a seis horas de entrenamiento antes de desempeñar cada papel<sup>20</sup>, además de conllevar un gran tiempo de preparación del escenario entre el docente y los actores que se estima en torno a las dos horas<sup>19</sup>. Sin duda alguna, estos aspectos podrían comprometer la viabilidad para su implementación en el contexto educativo.

Con el objetivo de reducir costes, los educadores continúan investigando métodos innovadores para ofrecer programas de simulación efectivos y económicamente sostenibles. Por ejemplo, el uso de maniqués de plástico sencillos para entrenar habilidades básicas, tales como la succión de las vías respiratorias o la práctica de la reanimación cardiopulmonar, han dado como resultado un aprendizaje eficaz de las habilidades clínicas en fisioterapia.

Algunos autores han implantado un altavoz en la cavidad torácica para que los alumnos practicasen la identificación y localización de los sonidos cardíacos y respiratorios<sup>21</sup>. El altavoz podría estar conectado de forma inalámbrica a un ordenador para la reproducción a demanda de los sonidos por parte del docente. Sin embargo, la principal limitación de estos simuladores es la falta de interacción para el desarrollo de habilidades comunicativas.

En este contexto, la simulación clínica a través de compañeros como pacientes estandarizados es una forma evolucionada de juego de roles, en el que los estudiantes son entrenados para representar de forma precisa y realista el comportamiento clínico de un paciente. Numerosas investigaciones han destacado que este modelo educativo es tan efectivo como la simulación tradicional de pacientes estandarizados<sup>7,22,23</sup> con la ventaja adicional de que aquellos alumnos que preparan el papel del paciente mejoran su empatía y refuerzan los contenidos aprendidos gracias a la retroalimentación<sup>23</sup>. En una reciente revisión sistemática se concluyó que este modelo de simulación podría ser un método eficaz y bien recibido para proporcionar las habilidades clínicas en los estudiantes, abordando las barreras económicas anteriormente mencionadas para la implementación del aprendizaje basado en simulación<sup>7</sup>.

Pocas investigaciones han valorado la relación coste-eficacia de este modelo de educación. Sin embargo, algunos autores mostraron que el uso de este modelo podría abaratar hasta una quinta parte los costes de la simulación tradicional de pacientes estandarizados<sup>24</sup>. Por otro lado, los escenarios de simulación interdisciplinar también se postulan como una opción para disminuir los costes del aprendizaje basado en simulación dado que los estudiantes de diferentes disciplinas pueden aprender de forma simultánea en un mismo escenario. Cabe destacar que independientemente del modelo de simulación utilizado, las mejoras sobre los resultados del aprendizaje y de la práctica clínica en los estudiantes de fisioterapia son indudables<sup>5-7,25</sup>.

- Simulación aplicada en fisioterapia: una propuesta metodológica

Existen cinco características que deben incorporarse dentro de un diseño de simulación: *i)* elaboración de objetivos para guiar el aprendizaje del estudiante; *ii)* fidelidad para asegurar la realidad del entorno clínico; *iii)* complejidad para facilitar el pensamiento crítico y la resolución de problemas; *iv)* inclusión de señales o pistas para que los estudiantes puedan evaluar el estado del paciente o determinar un curso de acción apropiado; *v)* realización de un informe final para permitir un aprendizaje reflexivo<sup>26</sup>.

Los objetivos deben estar claramente definidos cuando se utilizan los modelos de aprendizaje en simulación y deben estar basados en los objetivos del curso, el desarrollo de las competencias y los resultados del aprendizaje. La simulación suele ser una nueva experiencia de aprendizaje para los estudiantes por lo que es necesario proporcionarles información sobre la actividad que van a desarrollar, la cantidad de tiempo requerido, las expectativas de cada uno de los roles desempeñados, así como los resultados esperados<sup>26</sup>.

El entorno simulado debería asemejarse lo máximo posible a un entorno real y esta simulación debería perdurar hasta que finalice la sesión. El papel del paciente estandarizado debería estar en todo momento presente en la sesión con el objetivo de fidelizar la realidad del entorno clínico. Algunas estrategias, tales como recibir al paciente desde la sala de espera, incluir un acompañante que actúe como familiar del paciente, o incluso reproducir el sonido ambiente del escenario clínico simulado, podrían fomentar la aproximación del alumno de fisioterapia a un entorno clínico real<sup>20</sup>.

La simulación debería permitir que el estudiante obtenga información del paciente, empleando preguntas y pruebas de valoración libremente de acuerdo con el contexto clínico simulado. La recogida de la información no será puntual, sino que deberá ir recopilándola durante todo el proceso de simulación.

La creación del escenario simulado puede variar en función del grado de complejidad. El docente podría crear escenarios donde la información clínica necesaria para elaborar la propuesta de tratamiento fisioterápico sea fácilmente accesible. Sin embargo, también podría añadir información adicional que sea irrelevante para fomentar el análisis y la toma de decisiones clínicas del estudiante. Si el grado de complejidad es muy elevado, el estudiante podría necesitar la ayuda del docente o de otra persona asignada para progresar en el desarrollo de la actividad<sup>26</sup>. El empleo de pistas durante el escenario simulado que incluya signos y síntomas evidentes pueden conducir al alumno hacia el objetivo propuesto de aprendizaje.

Al finalizar la sesión simulada es necesario que los participantes realicen un informe grupal reflexivo que permita discutir el proceso, los resultados y la aplicación del escenario a la práctica clínica. Esta actividad refuerza los aspectos positivos de la experiencia, fomenta el aprendizaje reflexivo, así como detecta malos comportamientos que pueden ser eliminados para su posterior práctica clínica real<sup>26,27</sup>. La reproducción en video del escenario también puede facilitar el aprendizaje, brindando a los estudiantes la oportunidad de ver su práctica y reflexionar<sup>27</sup>. Además, el docente debe analizar si los resultados de la sesión corresponden con los objetivos planteados en el inicio, ya sean resultados relacionados con el conocimiento adquirido de los estudiantes, el desempeño de habilidades técnicas, la satisfacción del alumnado, el desarrollo de pensamiento crítico o la autoconfianza<sup>26</sup>.

A continuación, en la Figura 1 se plantea un modelo de sesión de aprendizaje basado en simulación. Debido a que la principal barrera para la implementación de estos modelos es su elevado coste, el modelo propuesto pretende servir como guía con el objetivo de favorecer su desarrollo. El modelo se podría desarrollar para un grupo práctico compuesto por 15 estudiantes. El docente generará tres grupos de trabajo compuesto por cinco estudiantes cada uno, de los cuales uno de ellos actuará como paciente estandarizado. El docente deberá rotar por los tres grupos de trabajo para servir como guía durante el desarrollo de la simulación.

Este modelo podría contemplar cuatro partes principales: *i)* tiempo de preparación; *ii)* tiempo de puesta en común; *iii)* tiempo de ejecución; *iv)* tiempo para el informe grupal reflexivo. Durante el tiempo de preparación, el docente informará sobre los objetivos de la sesión, la estructura de la misma, así como los roles específicos que deben desempeñar cada estudiante. Un estudiante podría actuar como paciente estandarizado, otros como fisioterapeutas, mientras que otros podrían actuar como simples observadores o estar a cargo de la grabación de la sesión en video para su posterior reflexión grupal o «*debriefing*». Estos roles podrían intercambiarse en las siguientes sesiones de simulación con el objetivo de integrar el aprendizaje desde diferentes perspectivas<sup>26</sup>. Es muy interesante que estos grupos estén formados por estudiantes de diferentes disciplinas con

el objetivo de fomentar el desarrollo interdisciplinar, aunque esto implique la necesidad de añadir al modelo docentes procedentes de estas disciplinas.

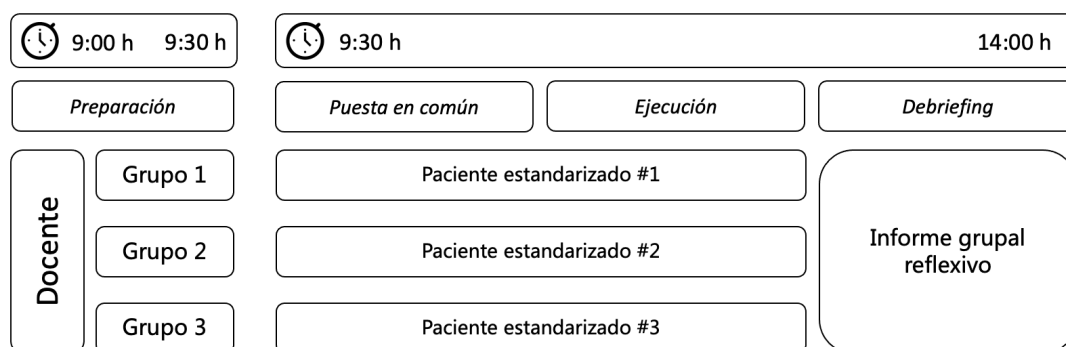


Figura 1. Modelo de sesión de aprendizaje basado en simulación adaptado de Wright et al.<sup>14</sup>.

Podrían formarse varios grupos de trabajo en función de la cantidad de alumnos. Sin embargo, las características del paciente simulado deberían ser las mismas en los diferentes grupos de trabajo. De lo contrario, si se establecen casos clínicos diferentes para cada grupo de trabajo el informe grupal reflexivo debería ser individual para cada grupo, lo que podría conducir a la inviabilidad de este modelo.

Durante el tiempo de puesta en común, los alumnos realizarán la anamnesis, la valoración del paciente, reflexionarán sobre los resultados obtenidos, y plantearán un plan de trabajo que deberá contemplar varias opciones de tratamiento. Este plan de trabajo deberá utilizar la práctica basada en la evidencia; incluyendo las preferencias del paciente, el pensamiento clínico y la literatura científica consultada. El docente debería preparar lecturas que los estudiantes consultarían días previos al desarrollo del escenario de simulación. En este período los alumnos harán una puesta en común en base a la información que hayan recapitulado y al pensamiento clínico de cada uno.

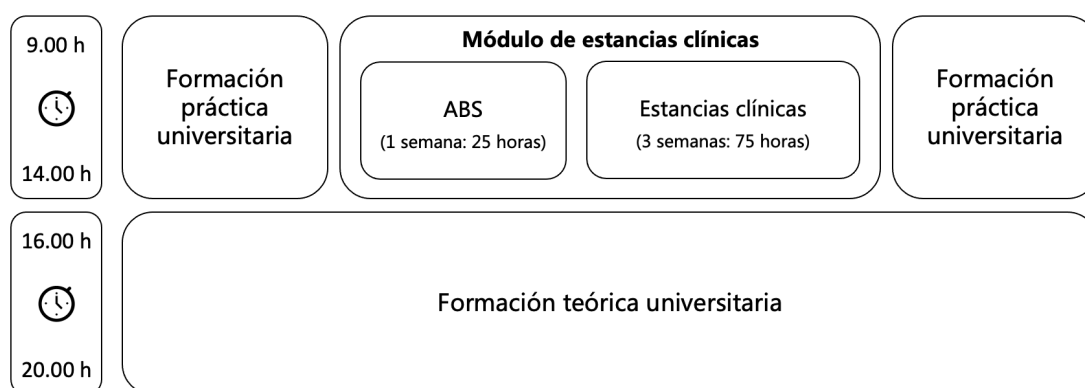
Una vez elaborado el plan de trabajo, los estudiantes lo ejecutarán atendiendo a las respuestas recibidas por parte del paciente estandarizado. Si el tratamiento no es bien tolerado por el paciente tendrán que adaptarlo a sus necesidades. El período de ejecución es donde el dinamismo de la sesión de simulación se hace más evidente y enfatiza la necesidad de tener en consideración diversas opciones de tratamiento.

Al finalizar la sesión se empleará un tiempo para realizar un informe grupal reflexivo. En este momento, los grupos de trabajo se disolverán para volver a formar un grupo único en el que los alumnos interactuarían entre ellos sobre la información recogida por parte del paciente, los diferentes enfoques de tratamiento empleados, así como las actuaciones o modificaciones que han llevado a cabo en su plan de trabajo. Los tiempos de puesta en común, de ejecución y el tiempo de informe grupal reflexivo son igualmente importantes por lo que podrían tener la misma duración aproximada.

Este modelo de aprendizaje basado en simulación podría implementarse inmediatamente antes del período de estancias clínicas de los estudiantes. Habitualmente el horario académico de los estudiantes de fisioterapia se compone de una formación teórica y una formación práctica universitaria distribuidas en franjas horarias diferenciadas (Figura 2).

La formación práctica universitaria desarrollada durante el año académico se ve interrumpida por el módulo de estancias clínicas que puede variar su duración en función de la organización del plan de estudios. Sin embargo, este período de estancias clínicas podría ser sustituido parcialmente por un módulo de aprendizaje basado en simulación el cual tendría una duración aproximada del 25% del período de estancias clínicas<sup>16,17</sup>.

La aplicación de un período de aprendizaje basado en simulación inmediatamente antes del período de estancias clínicas ha demostrado transferir los conocimientos adquiridos durante la simulación a las estancias clínicas, dando como resultado mejoras globales en el desempeño de las actividades por parte de los estudiantes de fisioterapia<sup>15</sup>.



*Figura 2.* Introducción del Aprendizaje Basado en Simulación (ABS) dentro de un módulo de estancias clínicas. Simulación para un módulo de estancias clínicas de 100 horas. Sustitución del 25% de estancias clínicas por un módulo de ABS de acuerdo con Watson et al.<sup>16</sup> y Blackstook et al.<sup>17</sup>.

Finalmente, la competitividad a menudo se presenta como un componente motivador común entre el alumnado, sin embargo, durante el aprendizaje basado en simulación es recomendable evitar fomentar la competitividad debido a que podría aumentar el estado de estrés y ansiedad en el estudiante.

En una investigación de Judd y colaboradores<sup>20</sup> analizaron los niveles de estrés y ansiedad en un ambiente simulado con pacientes estandarizados en comparación con estancias clínicas reales en estudiantes de fisioterapia. Mientras que el estrés fisiológico medido a través de la frecuencia cardíaca y los niveles de cortisol fueron similares en ambos escenarios, el estrés psicológico durante el escenario simulado fue mucho mayor.

Estos resultados deben ser considerados por los docentes cuando implementan escenarios simulados debido a que la simulación debería facilitar al alumno un ambiente menos estresante que en el entorno clínico real.

## ○ Conclusiones

Introducir el aprendizaje basado en simulación de alta fidelidad en los planes de estudio de fisioterapia es cada vez más una realidad. Si bien es cierto de que se trata de un proceso laborioso y requiere de una inversión considerable en tiempo académico, el aprendizaje basado en simulación ofrece un conjunto de beneficios a los estudiantes de fisioterapia que no podemos desaprovechar.

Si el modelo se implementa con éxito, podemos garantizar un aprendizaje con una amplia gama de experiencias, incluyendo escenarios que son poco comunes durante los períodos de estancias clínicas y promoviendo una experiencia de aprendizaje más equitativa para todos los estudiantes. La finalidad de este modelo de aprendizaje es la de preparar a nuestros alumnos de la mejor manera posible para que los pacientes reciban la mejor atención clínica preservando su seguridad.

## **Bibliografía**

1. Kell C, Jones L. Mapping placement educators' conceptions of teaching. *Physiotherapy*. 2007;93(4):273-82.
2. Guitar NA, Connelly DM. A Systematic Review of the Outcome Measures Used to Evaluate Interprofessional Learning by Health Care Professional Students During Clinical Experiences. *Eval Health Prof*. 2020;163278720978814.
3. Weller JM, Nestel D, Marshall SD, Brooks PM, Conn JJ. Simulation in clinical teaching and learning. *Med J Aust*. 2012;196(9):594.
4. Hough J, Levan D, Steele M, Kelly K, Dalton M. Simulation-based education improves student self-efficacy in physiotherapy assessment and management of paediatric patients. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):463.
5. Marion-Martins AD, Pinho DLM. Interprofessional simulation effects for healthcare students: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Educ Today*. 2020;94:104568.
6. Pritchard SA, Blackstock FC, Nestel D, Keating JL. Simulated Patients in Physical Therapy Education: Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*. 2016;96(9):1342-53.
7. Dalwood N, Bowles K-A, Williams C, Morgan P, Pritchard S, Blackstock F. Students as patients: A systematic review of peer simulation in health care professional education. *Med Educ*. 2020;54(5):387-99.
8. World Confederation for Physical Therapy. WCPT guideline for physical therapist professional entry level education. [Internet]. 2011. 1-42 p. Disponible en: <http://www.wcpt.org>
9. Flanagan B, Nestel D, Joseph M. Making patient safety the focus: crisis resource management in the undergraduate curriculum. *Med Educ*. 2004;38(1):56-66.
10. Swift MC, Stosberg T, Foley A, Brocksmit E. Nursing Program Outcome Improves with Interprofessional Simulation. *J Allied Health*. 2020;49(3):157-63.
11. Thomas EM, Rybski MF, Apke TL, Kegelmeyer DA, Kloos AD. An acute interprofessional simulation experience for occupational and physical therapy students: Key findings from a survey study. *J Interprof Care*. 2017;31(3):317-24.
12. Coppola AC, Coppard BM, Qi Y. Impact of Participation in an Interprofessional Acute Care High-Fidelity Simulation for Occupational and Physical Therapy Graduate Students. *J Allied Health*. 2019;48(4):248-56.

13. King J, Beanlands S, Fiset V, Chartrand L, Clarke S, Findlay T, et al. Using interprofessional simulation to improve collaborative competences for nursing, physiotherapy, and respiratory therapy students. *J Interprof Care*. 2016;30(5):599-605.
14. Wright A, Moss P, Dennis DM, Harrold M, Levy S, Furness AL, et al. The influence of a full-time, immersive simulation-based clinical placement on physiotherapy student confidence during the transition to clinical practice. *Adv Simul Lond Engl*. 2018;3:3.
15. Tuttle N, Horan SA. The effect of replacing 1 week of content teaching with an intensive simulation-based learning activity on physiotherapy student clinical placement performance. *Adv Simul Lond Engl*. 2019;4(Suppl 1):14.
16. Watson K, Wright A, Morris N, McMeeken J, Rivett D, Blackstock F, et al. Can simulation replace part of clinical time? Two parallel randomised controlled trials. *Med Educ*. 2012;46(7):657-67.
17. Blackstock FC, Watson KM, Morris NR, Jones A, Wright A, McMeeken JM, et al. Simulation can contribute a part of cardiorespiratory physiotherapy clinical education: two randomized trials. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2013;8(1):32-42.
18. Bethea DP, Smith N, Allison LK, Bell CS, Collins ME, Migliarese SJ, et al. Live Standardized Patient Scenario Improves Attitudes Toward and Readiness for Interprofessional Education in Occupational Therapy and Physical Therapy Students. *J Allied Health*. 2019;48(2):81-7.
19. Black B, Marcoux BC. Feasibility of Using Standardized Patients in a Physical Therapist Education Program: A Pilot Study. *J Phys Ther Educ*. 2002;16(2):49-56.
20. Judd BK, Alison JA, Waters D, Gordon CJ. Comparison of Psychophysiological Stress in Physiotherapy Students Undertaking Simulation and Hospital-Based Clinical Education. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(4):271-7.
21. Sword DO, Thomas KJ, Wise HH, Brown DD. A Novel and Cost-Effective Method for Evaluating Cardiopulmonary Auscultation Skills in Student Physical Therapists. *J Allied Health*. 2017;46(1):e9-13.
22. Pritchard SA, Keating JL, Nestel D, Blackstock FC. Physiotherapy students can be educated to portray realistic patient roles in simulation: a pragmatic observational study. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):471.
23. Mandrusiak AM, Isles R, Chang AT, Choy NLL, Toppenberg R, McCook D, et al. Senior physiotherapy students as standardised patients for junior students enhances self-efficacy and satisfaction in both junior and senior students. *BMC Med Educ*. 2014;14:105.
24. Papadakis MA, Croughan-Minihane M, Fromm LJ, Wilkie HA, Ernster VL. A comparison of two methods to teach smoking-cessation techniques to medical students. *Acad Med J Assoc Am Med Coll*. 1997;72(8):725-7.
25. Roberts F, Cooper K. Effectiveness of high fidelity simulation versus low fidelity simulation on practical/clinical skill development in pre-registration physiotherapy students: a systematic review. *JBHI Database Syst Rev Implement Rep*. 2019;17(6):1229-55.
26. Jeffries PR. A framework for designing, implementing, and evaluating simulations used as teaching strategies in nursing. *Nurs Educ Perspect*. 2005;26(2):96-103.
27. Gough S, Yohannes AM, Murray J. Using video-reflexive ethnography and simulation-based education to explore patient management and error recognition by pre-registration physiotherapists. *Adv Simul Lond Engl*. 2016;1:9.



## Simulación en Farmacología

Inmaculada Bellido Estevez<sup>1</sup>, Encarnación Inaco Reina<sup>1</sup> y Aurelio Gómez Luque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina. Universidad de Málaga.

<sup>2</sup>Servicio de Anestesia, Reanimación y Medicina del Dolor.  
Hospital Universitario Virgen de la Victoria de Málaga.

La simulación es una herramienta básica para mejorar la práctica clínica en educación médica.

La simulación es una técnica educativa desarrollada en grupos pequeños que puede reemplazar y amplificar la experiencia clínica real, y que permite la actividad interactiva en tiempo real entre profesores y alumnos, entre alumnos y entre los alumnos y actores, maniquís, programas informáticos y otros materiales de uso en simulación, recreando total o parcialmente la experiencia clínica en un ambiente totalmente seguro y controlado<sup>1</sup>.

Permite al alumno desarrollar nuevas competencias y habilidades, y, a la vez, aprender de los errores cometidos y repetir todas las veces que necesite la experiencia, hasta hacerla de forma correcta sin necesidad de exponer a los pacientes a los riesgos asociados a procedimientos e intervenciones desagradables o invasivas, preservando la completa integridad del paciente, y con total cumplimiento del imperativo ético, evitar siempre el daño al paciente, tal como señala la Organización Mundial de la Salud, en su guía curricular sobre la seguridad del paciente, emitida en 2011 (disponible en [https://www.who.int/patientsafety/education/curriculum/curriculum.guide\\_SP.pdf?ua1](https://www.who.int/patientsafety/education/curriculum/curriculum.guide_SP.pdf?ua1))<sup>2</sup>.

En el contexto de la enseñanza de la farmacología, la simulación clínica mediante el uso de dispositivos muy variados nos permite recrear experiencias clínicas muy diversas que permiten que los alumnos adquieran competencias y mejoren el desarrollo de habilidades para la utilización de los medicamentos y la evaluación clínica de sus efectos.

Presenta como ventajas adicionales que:

- facilita el desarrollo del pensamiento crítico en el estudiante,
- fomenta el trabajo en equipo
- incrementa la independencia del estudiante y su capacidad de tomar decisiones inmediatas.

Actualmente se la considera una técnica muy valiosa por su amplia utilidad didáctica y versatilidad para la enseñanza de la farmacología a los estudiantes del grado y posgrado de Medicina, y de otras disciplinas de ciencias de la Salud (los Grados de Enfermería, Podología, Fisioterapia, Psicología...).

Y, también es ampliamente utilizada durante la formación de los residentes<sup>3</sup>, ya que durante las simulaciones el alumno o el médico en formación debe integrar el análisis, la síntesis, la evaluación y la aplicación de la información recibida en las clases y en otras prácticas de laboratorio y clínicas y desarrollar sus propios comportamientos de forma autónoma y responsable<sup>4</sup>.

Y porque, además, permite a los profesores-instructores detectar con facilidad defectos o carencias de conocimiento, actitudes incorrectas de los alumnos, errores, y, llevar a la práctica diversos desarrollos:

- permitir que el alumno cometa estos errores, con el fin de que aprenda de las consecuencias de su error.
- mediante la interacción en tiempo real:
  - corregirles y/o indicar los errores, para que rectifiquen tantas veces como sea necesario el procedimiento hasta conseguir hacerlo de forma correcta.
  - repetir con pequeñas modificaciones la actividad y observar su respuesta ante los cambios e imprevistos.

La simulación en un contexto de atención clínica para la utilización de medicamentos, se puede realizar mediante el uso de modelos de baja, media y alta fidelidad.

Se ha puesto a disposición de los estudiantes una diversidad de dispositivos, desde simples bocas, brazos o piernas para administración oral y parenteral de medicamentos, modelos farmacocinéticos, farmacodinámicos o de toxicidad computarizados, programas más sofisticados de rol-play como MEDI-Q, maniqués hiperrealistas computarizados como Lucina o SimMan o Anesthesia SimSTAT — High-fidelity online simulation training, ECOEs sobre historia terapéutica, prescripción e información sobre uso de medicamentos, manejo de intoxicaciones, e incluso simuladores de ensayos clínicos, paciente estandarizado, el simulador humano, o el paciente híbrido<sup>5</sup>.

Diferenciamos tres tipos básicos de simulación recogidos en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de simulación y sus características basados en el concepto de fidelidad.

Tipo de simulación	Características
1. Baja fidelidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simuladores de un segmento anatómico, en los que se practican ciertos procedimientos y algunas maniobras tanto invasivas como no invasivas.</li> <li>• Prácticas como exploración ginecológica, aplicación de inyecciones intramusculares o intravenosas o toma de presión arterial.</li> </ul>
2. Fidelidad intermedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combina el uso de una parte anatómica con computadoras que permiten manejar ciertas variables.</li> </ul>
3. Alta fidelidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración de múltiples variables fisiológicas, manejados mediante computadoras utilizando tecnología avanzada en <i>hardware</i> y <i>software</i> para aumentar el realismo de la simulación.</li> <li>• Prácticas de situaciones clínicas complejas como: la atención de un parto eutócico o complicado, Intubación endotraqueal, resucitación cardiopulmonar en niños y adultos, reconocimiento de enfermedades cardiacas y atención de emergencias en una terapia intensiva.</li> </ul>

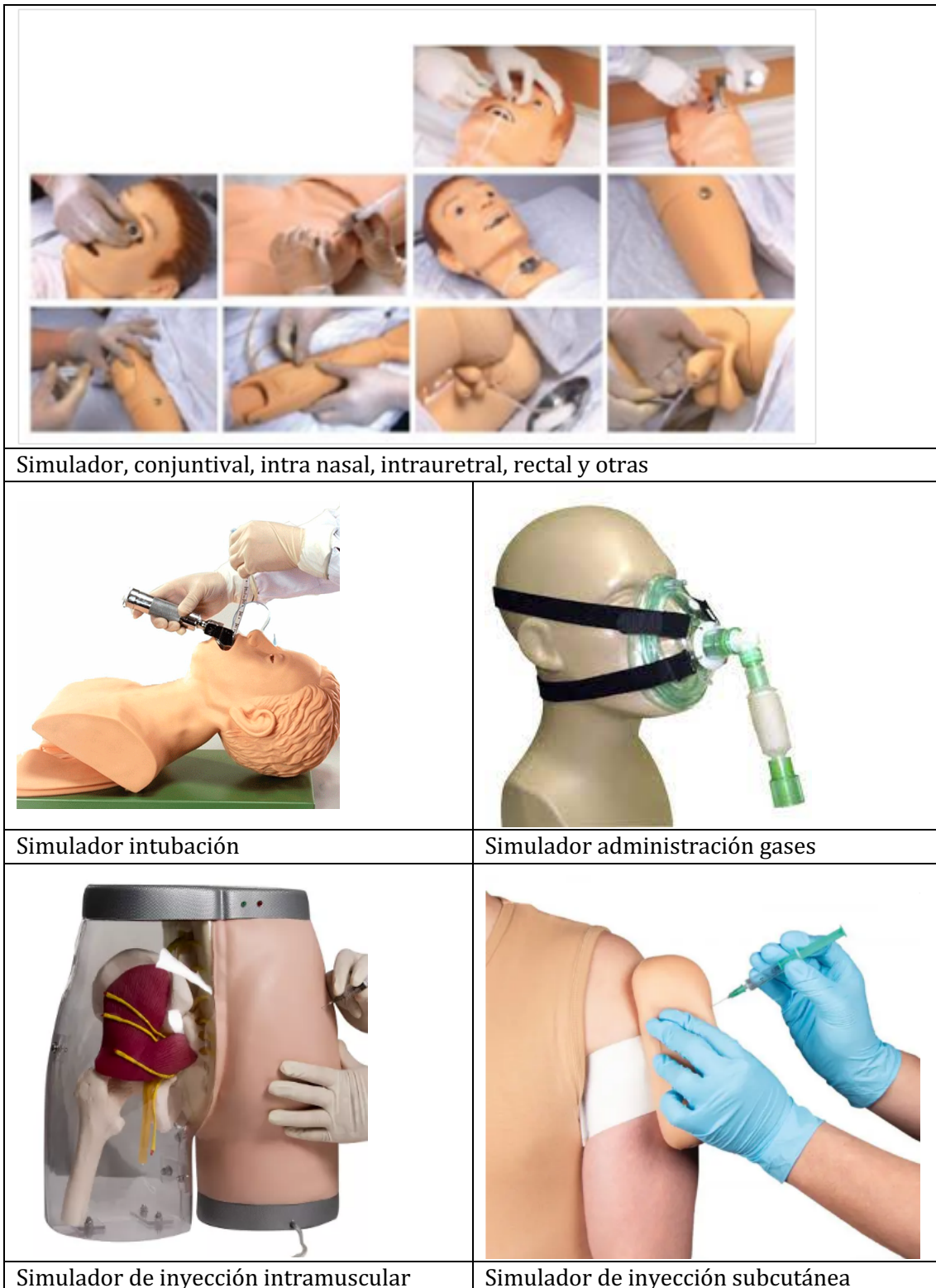
Además, estos recursos educativos siempre despiertan el interés de los estudiantes porque les resultan curiosos y divertidos. Y les permiten realizar experimentos, tareas y adquirir habilidades en más corto tiempo dando posibilidad de repetirlos a demanda del propio estudiante.



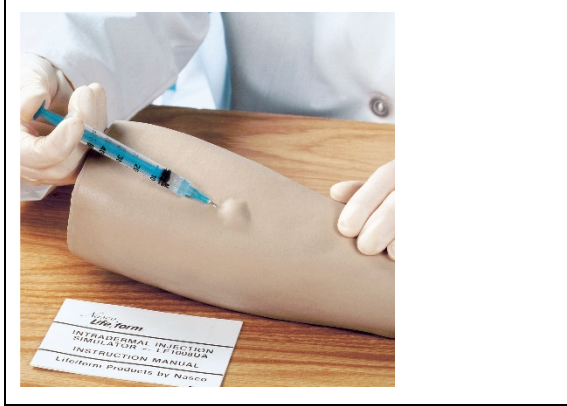

Todo ello hace que sean de utilidad para comprender el mecanismo de acción, las acciones farmacológicas y los efectos adversos de los fármacos, reforzando el aprendizaje visual y lógico de las modificaciones que los fármacos inducen en los diferentes tejidos, sistemas o aparatos<sup>6, 7</sup>.

Recogemos a continuación algunos modelos de simulación utilizados en la docencia de la farmacología.

Los más clásicos, primeros usados y conocidos son los simuladores de baja fidelidad para administrar medicamentos basados en partes del cuerpo para usar de forma aislada o puestos en un supuesto paciente real<sup>8</sup>:

Figura 1 Simuladores de administración de medicamentos



	
<p>Simulador de inyección endovenosa</p>	<p>Simulador de inyección epidural y espinal</p>
	
<p>Simulador de inyección intradérmica</p>	<p>Simulador punción en tobillo</p>

La incorporación de programas informáticos de simulación<sup>9, 10</sup> en el aprendizaje práctico de la Farmacología evita el uso de animales de experimentación, que de hecho han sido el simulador por excelencia a lo largo de siglos, que tantos problemas éticos y morales genera en los alumnos.

En cualquier caso, y aunque en la actualidad los modelos animales in vivo se utilizan menos frecuentemente, siguen siendo usados en relación con el aprendizaje de técnicas quirúrgicas y en farmacología para el estudio de variables farmacocinéticas y farmacodinámicas.

En estos últimos campos se ha diseñado modelos “in silico” desarrollados a partir de datos experimentales previos y de algoritmos matemáticos de gran fiabilidad y que nos permiten prescindir del uso de los animales.

Entre los programas informáticos diseñados para desarrollar estudios farmacocinéticos y farmacodinámicos mencionar:

- CINETICAPALM (estudios de cinética)

Los sistemas de infusión que usan modelos farmacocinéticos son uno de los grandes desarrollos de la anestesiología moderna.

Su administración controlada permite suministrar un fármaco calculando su evolución farmacocinética y adaptando las concentraciones plasmáticas a las necesidades del estímulo quirúrgico.

La predicción de la concentración de un anestésico en el plasma ( $C_p$ ) y en el sitio-efecto ( $C_e$ ), mediante la simulación farmacocinética, es útil para conducir una anestesia con agentes intravenosos. Tal predicción puede realizarse con programas disponibles para computadoras personales.

La simulación computerizada es una herramienta poderosa que permite modelizar el curso temporal de muchos procesos complejos, aunque disponer de una PC dentro de un quirófano puede resultar un inconveniente. Por ello se ha desarrollado este programa de simulación farmacocinética.

CINETICAPALM permite programar diversos tipos de computadoras manuales usando Visual Basic.

Permite simular la administración de fármacos en bolo e infusiones a velocidad constante, tanto mediante métodos gravimétricos (goteo) como por bombas de infusión.

El usuario simula la administración de una droga y, utilizando una base de datos con los parámetros cinéticos de la misma, predice la concentración en plasma y en sitio-efecto de un paciente determinado, mostrándola en tiempo real, numérica y gráficamente.

La versión actual contiene en su base de datos los parámetros cinéticos para propofol, fentanilo, midazolán, remifentanilo, ketamina y Procaína.

Es una herramienta innovadora para el aprendizaje de las propiedades farmacocinéticas de los anestésicos y puede ser utilizado como guía para la administración de las drogas.

Se ha comparado con STANPUMP, el programa para computadoras personales de simulación y control de bombas de infusión para administrar fármacos intravenosos. Se encuentra disponible en: <http://pkpd.icon.palo-alto.med.va.gov>.<sup>11</sup>

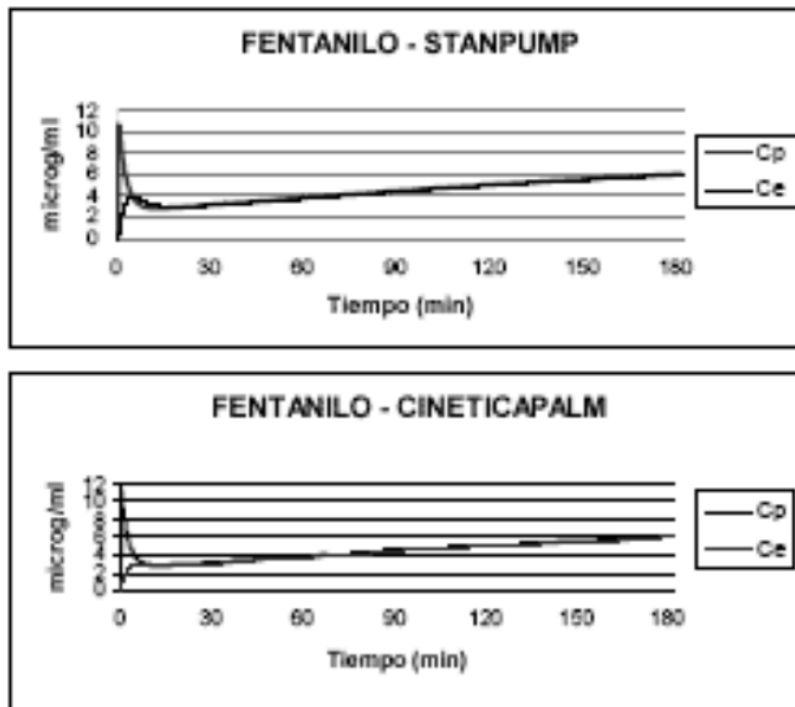


Figura 2. Comparación de los niveles de fentanilo cuantificados con CINETICAPALM frente a STANPUMP

- Strathclyde Pharmacology Simulations (estudios de mecanismo de acción e interacciones-órgano aislado)

La Universidad de Strathclyde Glasgow, UK, permite la obtención de licencias gratuitas de programas de simulación a través del paquete de simulaciones farmacológicas de Strathclyde (“Strathclyde Pharmacology Simulations”) ([http://spider.science.strath.ac.uk/sipbs/software\\_sims.htm](http://spider.science.strath.ac.uk/sipbs/software_sims.htm))<sup>12</sup> un conjunto de programas que simulan experimentos farmacológicos en tejidos aislados o animales completos. Se puede aplicar una variedad de medicamentos en concentraciones variables y observar los efectos.

El programa “Virtual Organ Bath” OBSim (OBSim: Organ Bath Simulation) es un programa de simulación “in vitro” en tejido/órgano aislado que permite realizar curvas dosis efecto de fármacos agonistas y antagonistas y estudiar sus relaciones al asociarlos en Íleo de cobaya, Músculo esquelético de pollo (Biventer cervicis), Anillo arterial de conejo, Yeyuno de conejo.

El gato virtual, the virtual cat (Virtual Cat) es una simulación de un experimento con un gato anestesiado: una preparación animal completa que se utiliza como herramienta para detectar las acciones de los fármacos (se pueden escoger varios) en el sistema cardiovascular y músculo esquelético.

La simulación muestra los efectos de los fármacos sobre la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el músculo esquelético y las contracciones de la membrana nictitante del gato.

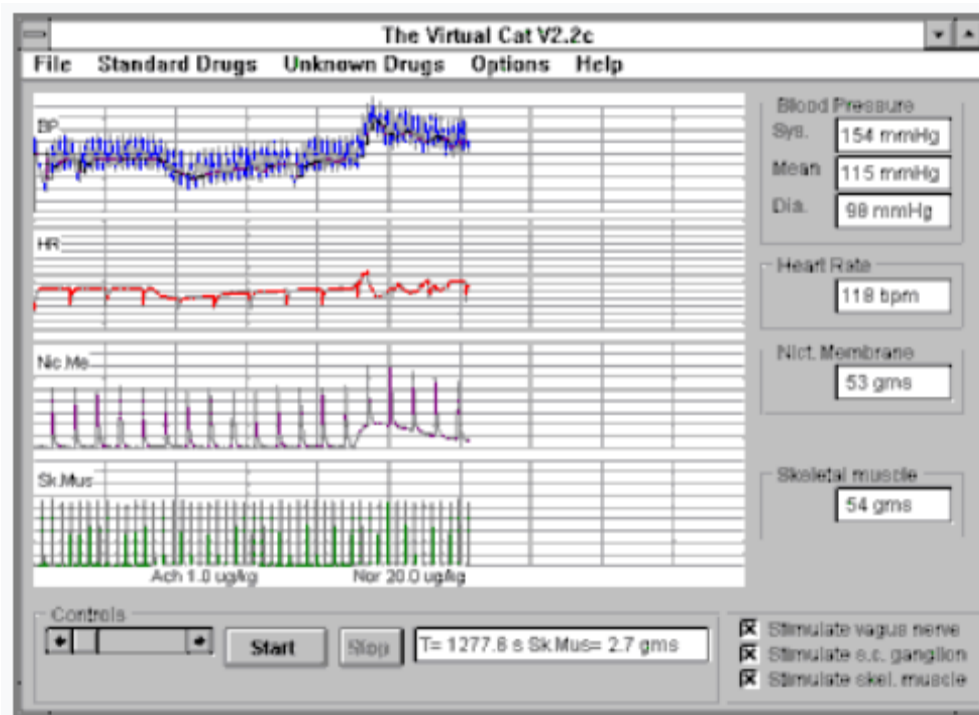


Figura 3. Virtual Cat

RatCVS (RatCVS: Rat Cardiovascular System) es una simulación de una preparación experimental de rata en parte denervada frente a una rata normal para investigar las acciones de los fármacos en el sistema cardiovascular (presión arterial y la frecuencia cardíaca).

La denervación se refiere a la destrucción de las vías de la médula espinal mediante la inserción de una varilla de metal en la columna vertebral, cortando todas las conexiones nerviosas entre el cerebro y el sistema cardiovascular. En una rata normal, el sistema reflejo del barorreceptor central complica enormemente la interpretación de los cambios observados en la presión arterial y la frecuencia cardíaca causados por la administración de un fármaco.

Cualquier aumento de la presión arterial inducido por fármacos provoca una disminución refleja de la frecuencia cardíaca, lo que dificulta la separación del efecto directo del fármaco del reflejo indirecto. Al eliminar estos reflejos barorreceptores centrales, la denervación facilita mucho el estudio de los efectos de los fármacos. Además, el alambre colocado en la médula espinal permite la estimulación eléctrica selectiva de las vías del nervio simpático hacia el corazón y la vasculatura.

Esta simulación permite observar rastros de presión arterial, presión ventricular izquierda, presión venosa, frecuencia cardíaca y fuerza contráctil en un registrador gráfico simulado, aplicar una variedad de medicamentos diferentes y observar sus efectos

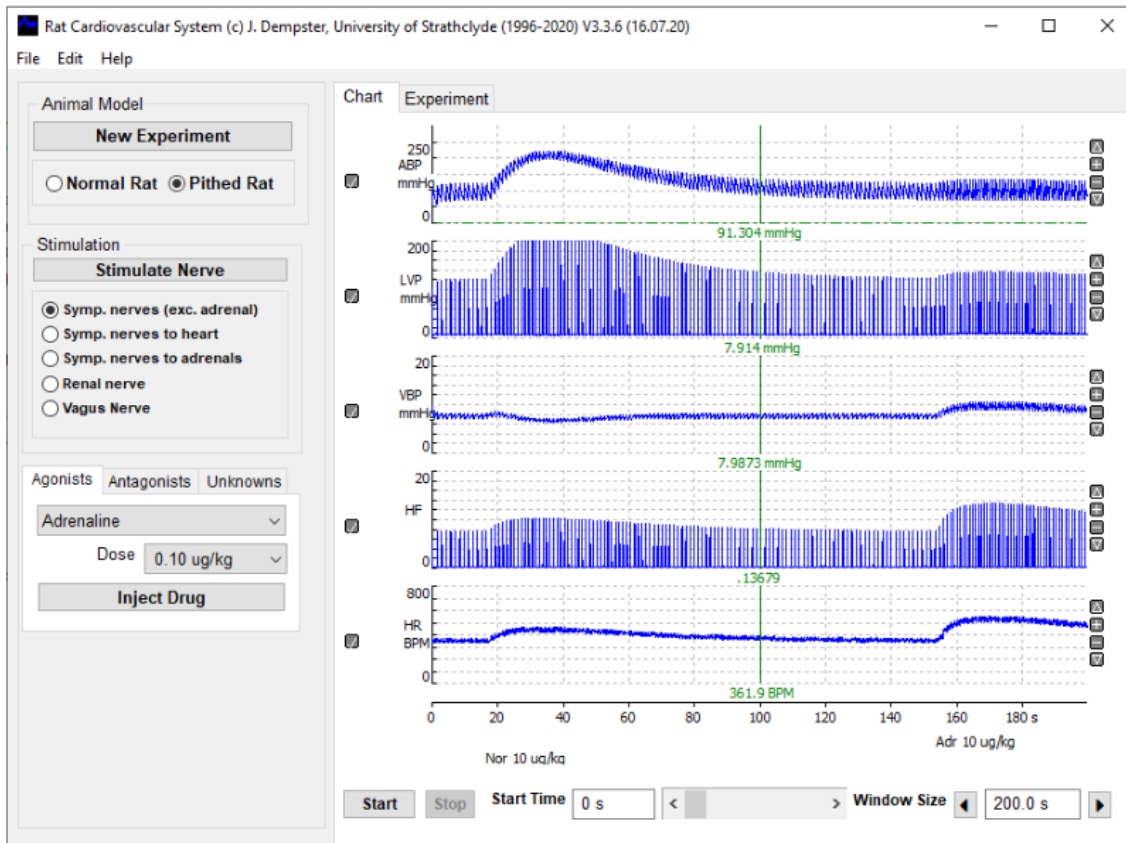


Figura 4. RatCVS virtual

El Virtual Twitch (Virtual Twitch) es una simulación de la preparación de hemidiafragma de nervio frénico de rata, que se utiliza para estudiar las acciones de los agentes de inversión y bloqueo neuromuscular, y otros fármacos que afectan la transmisión neuromuscular. El hemidiafragma es un músculo esquelético respiratorio grande, de innervación focal, compuesto de fibras musculares de tipo rápido. La estimulación eléctrica del nervio frénico provoca contracciones musculares rápidas y de corta duración.

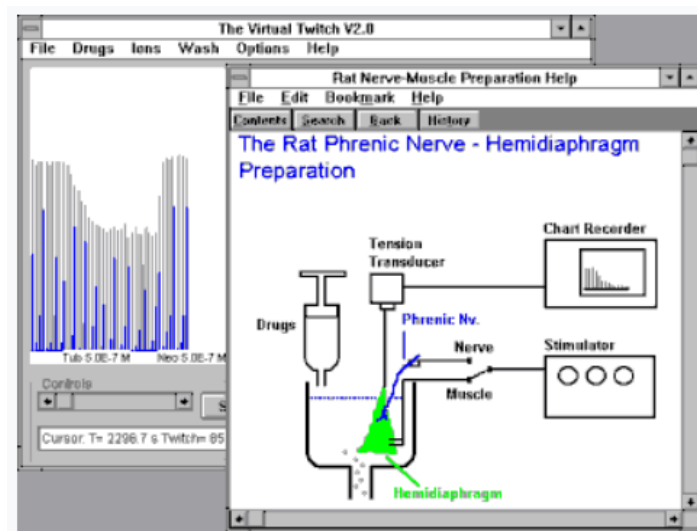


Figura 5. Virtual Twitch

El Virtual NMJ (Virtual NMJ) es una simulación de un experimento que registra los potenciales eléctricos asociados con la transmisión neuromuscular en la unión neuromuscular esquelética. La simulación le permite observar el potencial de acción muscular (AP) y los potenciales de placa terminal (EPP) evocados por la estimulación nerviosa o por la estimulación con corriente continua de la fibra muscular. Se pueden estudiar los efectos de una gran variedad de fármacos y de los cambios en la composición iónica de la solución extracelular sobre los AP y los EPP.

El virtual EPSim (EPSim: Rat Brain Slice Epilepsy Simulation) es un experimento simulado para investigar los efectos de los fármacos antiepilépticos sobre la activación del potencial de acción de una neurona dentro de un corte de cerebro. El potencial de membrana intracelular de la neurona se registra usando un amplificador de pinza de parche a través de un electrodo de micropipeta de vidrio unido al cuerpo celular de la neurona y conectado a un dispositivo de registro de osciloscopio. La neurona también puede estimularse por esta vía. Se pueden aplicar fármacos al baño y cambiar la concentración de iones Na, Ca y K en el medio de baño.

Neuronal Action Potential Recording Setup

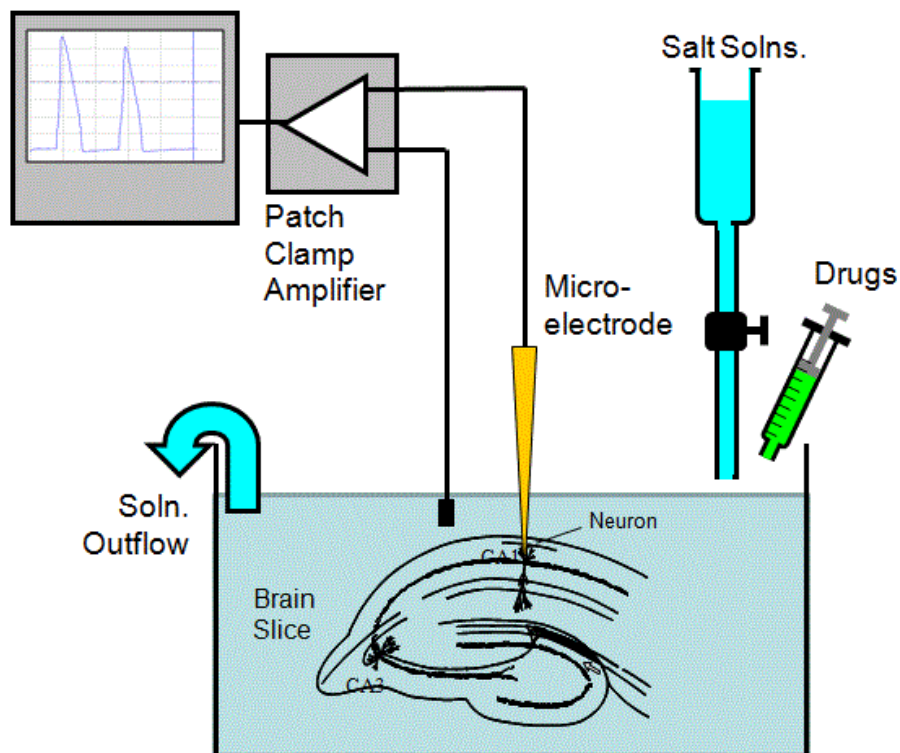


Figura 6. Virtual EPSim

○ Simuladores informáticos de sistemas y órganos complejos humanos

El Aplysia Anaesthesia Simulator más conocido como MEDIQ Anaesthesia Simulator, fue el primer simulador de estas características.

Se desarrolló durante los años 90 y se ha utilizado como ayuda para la enseñanza en muchos hospitales durante muchos años.

Está dirigido más a residentes de Anestesia que a alumnos de grado, pero los programas más simples son útiles para esta población diana.

Puede ser utilizado por el estudiante individualmente y también puede constituir la base para un tutorial.

Enfatiza los principios fisiológicos y farmacológicos básicos que sustentan la práctica clínica de la anestesia.

En el programa, se conoce a varios pacientes quirúrgicos a quienes primero se debe evaluar en la pre-anestesia antes de la operación y luego se anestesiará.

Los últimos tres casos involucran una simulación de máquina de corazón-pulmón además de la simulación de anestesia.

La información fisiológica avanzada y la ayuda contextual completa están disponibles y se incluye una instrucción digital con muchas ilustraciones que facilitan su utilización.

Se puede ver, en las ventanas principales del programa:

- El rostro del paciente
- Una descripción general del quirófano
- El equipo de monitorización
- La máquina de anestesia,
- La ventana de registro de anestesia,
- Los registros de monitorización de presión arterial y de frecuencia cardíaca

Todo ello se registra automáticamente junto con otras informaciones importantes conforme se van administrando dosis concretas de medicamentos.

También se puede utilizar para simular problemas de ventilación en la unidad de cuidados intensivos.

Y la ventana de farmacología presenta información en línea actualizada sobre la farmacocinética de cualquiera de los medicamentos utilizados.<sup>13</sup>

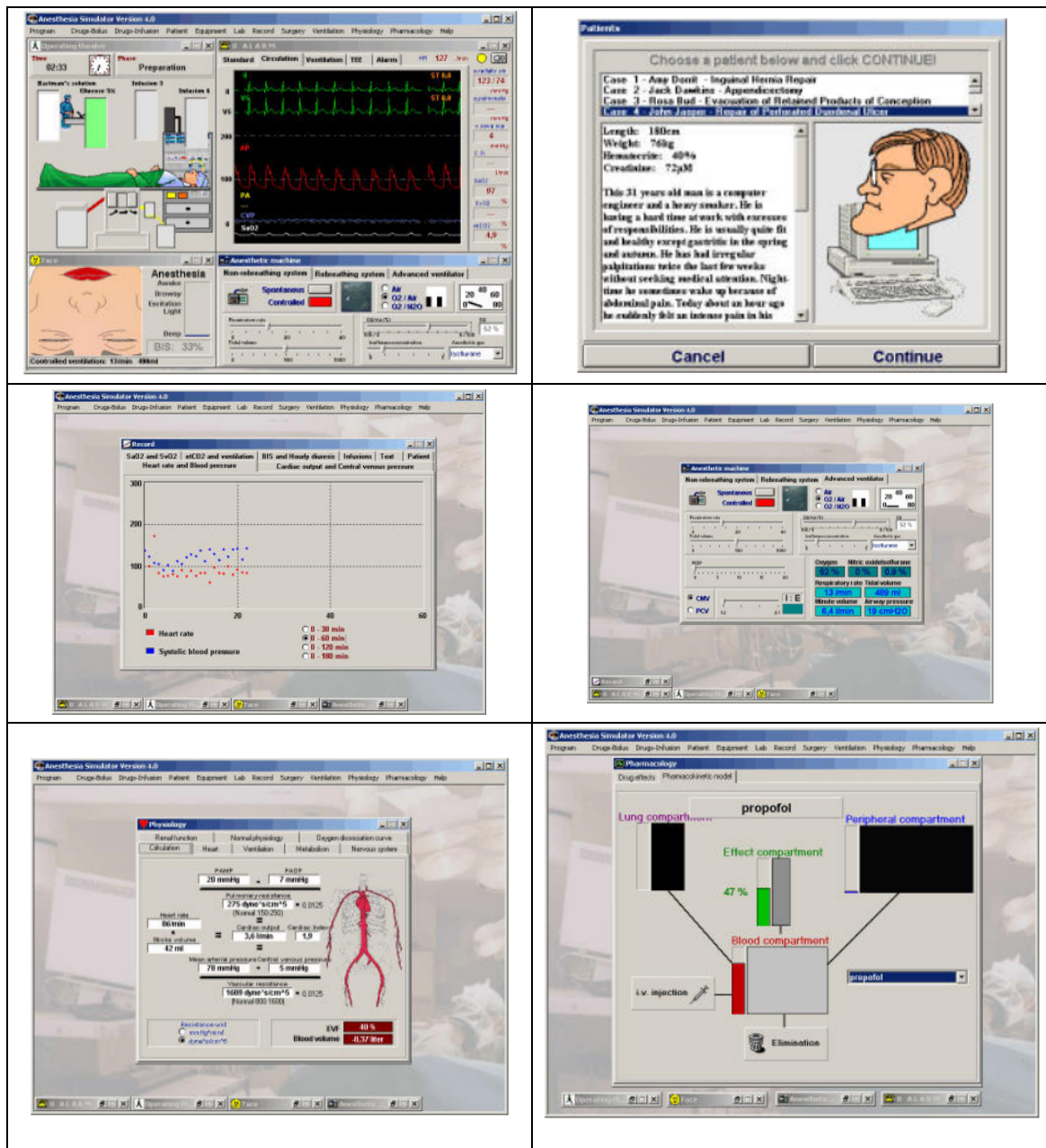


Figura 7. Virtual MEDIQ Anaesthesia Simulator

- Maniqués hiperrealistas computarizados de alta fidelidad on line:

Estos simuladores humanos on line, *generan una* experiencia de simulación completamente inmersiva y con un excelente realismo y pueden ser controlado a distancia con diversos programas (ya preparados y con varios desarrollos correctos y erróneos, que, además, pueden ser modificados sobre la marcha por el monitor/a. Estos simuladores generan un gran realismo e inmediatez en las situaciones clínicas simuladas tanto para la formación individual como en equipo. Además, los alumnos pueden practicar destrezas críticas como la toma de decisiones, la comunicación en equipo y la atención al paciente. Con este conjunto de características mejoradas y realistas, los alumnos mejoran notablemente su capacidad de enfrentarse a casos médicos complejos en un entorno sin riesgos.

Lucina es un simulador humano para todas las etapas del trabajo de parto, parto, control neonatal y emergencias tanto obstétricas como no obstétricas<sup>14</sup>.

El simulador humano SimMan 3 G, presenta una amplia gama de escenarios de pacientes para ayudar a preparar a los alumnos para las situaciones totalmente reales, incorpora una total y completa capacidad de articulación, caras, partes del cuerpo dañadas y no dañadas, posibilidad de incorporar fluidos, inyección de medicamentos reales y uso de dispositivos reales para incrementar la diversidad y el realismo de la situación<sup>15</sup>.

Anesthesia SimSTAT, desarrollado por la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA), el CAE Healthcare y SimTabs, presenta 5 escenarios hospitalarios de simulación basados en pantallas basados en encuentros con pacientes reales y validados por educadores clínicos.

Integra la fisiología y farmacología del paciente de CAE Healthcare en cada paciente virtual, proporcionando a los médicos y residentes de anestesia y a los alumnos de grado aventajados una formación avanzada para gestionar emergencias. Integra: herramientas de evaluación y aprendizaje electrónico para un aprendizaje más efectivo (encuesta previa, y evaluación y videos posteriores para su revisión); la fisiología dinámica del paciente, Interactividad con el equipo médico, monitores y equipos interactivos relacionados con la anestesia y emergencias para el medio ambiente y con datos fisiológicos en vivo; retroalimentación de rendimiento para poder rastrear y registrar todas las acciones de los alumnos para identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora, una evaluación y medición objetiva desarrollada por educadores clínicos para asegurar la experiencia de aprendizaje estandarizada y repetible<sup>16</sup>.

- ECOEs sobre historia terapéutica, prescripción e información sobre uso de medicamentos, manejo de intoxicaciones.

El uso de ECOEs es tremendamente útil como método de simulación no sólo para evaluar el desempeño de los estudiantes ante situaciones clínicas simuladas y donde ponen de manifiesto su razonamiento clínico, habilidades y la comunicación entre el médico y el paciente.

Es también un excelente método de aprendizaje que permite adquirir, con el desarrollo periódico, evaluativo o no de sucesivas ECOEs, en las que el alumno puede ser el principal actor-protagonista de la ECOE, pero también puede ser observador y crítico de otros compañeros.

Es una herramienta muy completa pues en función de su diseño, permite desarrollar competencias muy variadas como la realizar una buena Anamnesis, Exploración física, adquirir habilidades técnicas procedimentales, habilidades de comunicación, capacidad de desarrollar un buen juicio clínico, plan de manejo diagnóstico y terapéutico, de prevención y promoción de la salud, de demostrar y de adquirir las habilidad de mantener relaciones interprofesionales, y de demostrar los conocimientos y actitudes sobre aspectos éticos, legales y profesionalismo <sup>17, 18, 19</sup>.

- Simuladores de ensayos clínicos

La simulación de ensayos clínicos (CTS), está reconocida por las compañías farmacéuticas y las autoridades reguladoras como fundamentales para mejorar la eficiencia del proceso de desarrollo de fármacos. Esto incluye el uso de CTS para aprender sobre la efectividad y seguridad de los medicamentos y para optimizar los diseños de los ensayos en las distintas etapas de desarrollo.

Con este tipo de prácticas se pretende que los futuros experimentos CTS se vean favorecidos por la hibridación de métodos de diseño óptimos con simulaciones estocásticas computacionalmente intensivas con el objetivo de aprovechar la optimización del diseño experimental y dejar la tarea de evaluar el rendimiento probable en el mundo real sólo a un número limitado de diseños de ensayos candidatos y procedimientos de análisis.

Para determinar la reutilización o el reposicionamiento de medicamentos identificando nuevos usos para los medicamentos existentes, el uso de los CTS reduce significativamente los costos y el tiempo de comercialización de un medicamento al utilizar los datos del mundo real (RWD) para respaldar el proceso de desarrollo de medicamentos debido a que representan mejor el patrón real del tratamiento y los resultados de los medicamentos. En el ámbito de la asistencia sanitaria, los datos RWD se refieren a los datos recopilados de fuentes distintas de los ensayos clínicos tradicionales (p.e. en registros médicos electrónicos o en datos de reclamaciones y facturación) y facilitan y reducen los costes en el proceso de desarrollo de medicamentos basado en la reutilización de medicamentos <sup>20, 21</sup>.

- Paciente estandarizado o simulador humano y paciente híbrido

El paciente estandarizado, es decir, una persona capacitada para interpretar el papel de un paciente real, con determinadas características e incluso enfermedades.

El paciente híbrido, esto es una persona sana que porta un simulador de una patología, prueba diagnóstica, o tratamiento.

Ambos son también de gran utilidad para la enseñanza o la evaluación de estudiantes y del personal médico, pero en ambos casos presentan el inconveniente de que se debe seleccionar muy cuidadosamente a ambos pacientes y al modelo para que realmente sean muy realistas y que deben ser entrenados en la objetividad y reproductibilidad de los comportamientos representados ante todos los componentes del curso de entrenamiento, no puede haber una variabilidad entre unos estudiantes médicos y otros, porque de haberla, la simulación no sería de calidad ni comparable<sup>22,23</sup>.

En cualquiera de los casos, son cada vez más numerosos los estudios de calidad que muestran evidencias de que la simulación incrementa el aprendizaje a largo plazo<sup>23</sup> y las habilidades de comunicación<sup>24</sup> de los estudiantes y médicos participantes en las simulaciones.

○ Conclusiones

El objetivo de la Educación Médica es el desarrollo de profesionales de la salud competentes y dedicados que sean capaces de proporcionar el más alto nivel de atención y seguridad a sus pacientes. Pero determinar el camino más adecuado y los elementos necesarios para llegar a este objetivo, sigue siendo un reto en nuestros días, que además contantemente se implementa con nuevas posibilidades.

El uso de la simulación ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas, y ha impactado positivamente en la estandarización de la enseñanza, la familiarización de los estudiantes con métodos de autoevaluación y autoaprendizaje, la independencia y la capacidad de desarrollar comportamientos propios, en la ética en temas de salud y en el uso del error como un medio de aprendizaje.

Uno punto clave en la simulación es la sesión de realimentación o '*debriefing*', posterior a la actividad. E identificar el impacto de la experiencia, explicar los conceptos, hechos y principios usados en la simulación, identificar los puntos de vista de cada uno de los participantes sobre la experiencia vivida y crear un contexto en el cual el alumno pueda aprender, y una vez experimentado lo incorpore a la vida diaria. Y, durante esta retroalimentación favorecer la adquisición de conocimientos de forma estructurada para que el alumno realice el autoaprendizaje y la auto-evaluación, y se promueva la comunicación y el análisis entre los miembros del grupo.

Pero es necesario investigar en detalle su impacto real y cómo mejorar y refinar la forma más efectiva y eficiente de usar la simulación en el ámbito de la Educación Médica, con el fin de desarrollar programas educativos exitosos y con resultados educativos duraderos.

## **Bibliografía**

1. Jones F, Passos-Neto CE, BraguiroliO FM. Simulation in Medical Education: Brief history and methodology. PPCR2015, 1: 56-63.
2. [https://www.who.int/patientsafety/education/curriculum/curriculum-guide\\_SP.pdf?ua=1](https://www.who.int/patientsafety/education/curriculum/curriculum-guide_SP.pdf?ua=1)
3. Motola I, Devine LA, Chung HS, Sullivan JE, Issenberg B. Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMME Guide N° 82. Medical Teacher 2013, 35: e1511 - e1530.
4. Valencia JL, Tapia S, Olivares SL. La simulación clínica como estrategia para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de medicina. Inv Ed Med2019, 8: 13 - 22.
5. Sáenz-Campos D and Sánchez-Altamirano JE. Enseñanza de farmacología a los futuros médicos mediante simulación clínica. Acta Méd. Costarric vol.62 n.3 San José Jul./Sep. 2020
6. Jeffries PR. A framework for designing, implementing, and evaluating simulations used as teaching strategies in nursing. Nurs Educ Perspect. 2005 Mar-Apr;26(2):96-103.
7. Kinnear J, Smith B, Akram M, Wilson N, Simpson E. Using expert consensus to develop a simulation course for faculty members. Clin Teach. 2015 Feb;12(1):27-31. doi: 10.1111/tct.12233.
8. Chen YJ, Cheng SF, Lee PC, Lai CH, Hou IC, Chen CW. Distraction using virtual reality for children during intravenous injections in an emergency department: A randomised trial. J Clin Nurs. 2020 Feb;29(3-4):503-510. doi: 10.1111/jocn.15088. Epub 2019 Dec 4.
9. Mohiuddin S, Busby J, Savović J, Richards A, Northstone K, Hollingworth W, Donovan JL, Vasilakis C. Patient flow within UK emergency departments: a systematic review of the use

- of computer simulation modelling methods. *BMJ Open*. 2017 May 9;7(5):e015007. doi: 10.1136/bmjopen-2016-015007.
10. Rubio-Langre S, Aguilar-Sola S, Lorenzutti AM, San Andrés MI, De Lucas JJ, Litterio NJ. Pharmacokinetic evaluation of marbofloxacin after intravenous administration at different ages in llama crias, and pharmacokinetic/pharmacodynamic analysis by Monte Carlo simulation. *J Vet Pharmacol Ther*. 2018 Dec;41(6):861-870. doi: 10.1111/jvp.12698. Epub 2018 Jul 18.
  11. <http://pkpd.icon.palo-alto.med.va.gov>.
  12. [http://spider.science.strath.ac.uk/sipbs/software\\_sims.htm](http://spider.science.strath.ac.uk/sipbs/software_sims.htm)
  13. <https://aplysia.se/mediqansim.htm>
  14. <https://uwosh.edu/nursingsimulation/project/lucina/>
  15. <https://laerdal.com/es/products/simulation-training/emergency-care--trauma/simman-3g/>
  16. <https://www.asahq.org/education-and-career/educational-and-cme-offerings/simulation-education/anesthesia-simstat/anesthesia-simstat--l-d>
  17. Su CJ, Pan SW, Huang LJ, Yang LY, Yang YY, Hwang SJ, Chuang CL, Chang CC, Huang HC, Kao SY, Lee FY. Trios-OSCE-based simulation course enhances the subcompetency of emergency-stabilization for postgraduate year-1 residents. *J Chin Med Assoc*. 2019 May;82(5):407-412. doi: 10.1097/JCMA.000000000000089.
  18. Huang TK, Yang CH, Hsieh YH, Wang JC, Hung CC. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018 Apr;34(4):243-248. doi: 10.1016/j.kjms.2018.01.009.
  19. Alsulimani LK, Al-Otaiby FM, Alnofaiey YH, Binobaid FA, Jafarah LM, Khalil DA. Attitudes Towards Introduction of Multiple Modalities of Simulation in Objective Structured Clinical Examination (OSCE) of Emergency Medicine (EM) Final Board Examination: A Cross-Sectional Study. *Open Access Emerg Med*. 2020 Dec 1;12:441-449. doi: 10.2147/OAEM.S275764. eCollection 2020.
  20. Holford N, Ma SC, Ploeger BA. Clinical trial simulation: a review. *Clin Pharmacol Ther*. 2010 Aug;88(2):166-82. doi: 10.1038/clpt.2010.114.
  21. Park K. The use of real-world data in drug repurposing. *Transl Clin Pharmacol*. 2021 Sep;29(3):117-124. doi: 10.12793/tcp.2021.29.e18.
  22. Silvia Angélica Ávila Juárez, Adriana Monserrat García Barrón, y Sara Morales López. Simulación con paciente estandarizado y simuladores de baja fidelidad (PESiBaF) como primer acercamiento a un paciente en estudiantes de primer año de la carrera de médico cirujano. *Educación Médica*. 2020, 21(6); 364-9
  23. Alba Brenda Daniel Guerrero, Aline Mendoza Méndez, Jesús Ángel González Sánchez, Magaly I. Mancera Rangel, Marcela I. Torres Lugo, Sandra L. Valdéz Ávila, Sara Morales López, Sofía Murúa Beltrán Gall. Diseño y validación de un simulador híbrido de paracentesis. *Educación Médica* 2019; 20 (1): 37-41. DOI: 10.1016/j.edumed.2017.10.033
  24. Arcoraci V, Squadrito F, Altavilla D, Bitto A, Minutoli L, Penna O, Amato A, Bruno R, Tripodi VF, Alibrandi A, Ingrassia PL, Santalucia P, Fodale. Medical simulation in pharmacology learning and retention: A comparison study with traditional teaching in undergraduate medical students. *Pharmacol Res Perspect*. 2019 Jan 9;7(1):e00449. doi: 10.1002/prp2.449. eCollection 2019 Feb.
  25. Nuzzo A, Tran-Dinh A, Courbebaisse M, Peyre H, Plaisance P, Matet A, Ranque B, Faye A, de Lastours V; University of Paris OSCE and SBT groups. Improved clinical communication OSCE scores after simulation-based training: Results of a comparative study. *PLoS One*. 2020 Sep 4;15(9):e0238542. doi: 10.1371/journal.pone.0238542. eCollection 2020.



## Simulación en Enfermería Presente y Futuro de la Formación en Enfermería

Roberto Ariza<sup>1</sup> y Ginés Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Empresa Pública de Emergencias Sanitarias, 061. Andalucía

<sup>2</sup>Facultad de Enfermería. Universidad Católica de Murcia.

La Simulación es un acto que consiste en imitar o fingir que se está realizando una acción cuando en realidad no se está llevando a cabo<sup>1</sup>. Vemos simulaciones por doquier en la vida cotidiana, los ejemplos más claros los podemos ver en la televisión, donde el 90% de los programas y películas que se transmiten consisten y están compuestos por actores y escenarios en los que se simulan historias que no son ciertas o están basadas en eventos pasados. Los artistas se encargan de recrear versiones de un guion adaptado de eventos que no son reales en novelas, películas, series de televisión, caricaturas y show de “Realidad Aumentada”.

La simulación es aplicada en campos de la investigación como la química, la biología, la matemática y la física, estudios comparativos de elementos de la naturaleza necesitan experimentos en los que se evalúe el comportamiento, lo mismo sucede en la sociedad y el entorno cotidiano<sup>1</sup>.

Cuando la simulación se entiende como un método científico se deben seguir una serie de procedimientos e indicaciones para cumplirlo<sup>2</sup>:

- Definición del sistema, en el que se establece cuáles son los elementos que se deben simular, incluyendo movimientos y aspectos relevantes.
- Formulación del Modelo, se crea o se imita el espacio en el que se produce el evento o fenómeno.
- Colección de Datos, al concluir el proceso de simulación, se tiene la información del proceso como si fuera el original o al menos el aproximado.
- Verificación, comparación y comprobación de los datos obtenidos en la simulación y los datos de la versión original.
- Interpretación, se evalúa y se le da uso a los datos obtenidos para así constatar que los datos obtenidos son en realidad los deseados.
- Documentación, los científicos soportan la información obtenida como datos guardados para así servir como apoyo a nuevas generaciones de experimentos científicos que continúen la labor<sup>2</sup>.

*La enfermería* abarca los cuidados autónomos y en colaboración que se prestan a las

personas de todas las edades, familias, grupos y comunidades, enfermas o sanas, en todos los contextos, e incluye la promoción de la salud, la prevención de la enfermedad y los cuidados de los enfermos, discapacitados y personas moribundas. Funciones esenciales de la enfermería son la defensa, el fomento de un entorno seguro, la investigación, la participación en las políticas de salud y en la gestión de los pacientes y los sistemas de salud, y la formación<sup>3</sup>.

La simulación es una valiosa herramienta de aprendizaje para asegurar una formación adecuada y efectiva, tiene el fin de estimular y favorecer el conocimiento, simulando escenarios clínicos lo más parecidos a la realidad. La dirección actual de la formación para enfermería incorpora la metodología del aprendizaje por simulación. Constituyendo un método efectivo para lograr el desarrollo de las pericias necesarias para que el profesional y estudiante alcancen modos de actuación superiores y seguros, mediante la ejecución de una práctica análoga a la que se realizara en su interacción con el sujeto del cuidado y la realidad de las diferentes áreas o escenarios en la realidad<sup>4</sup>.

La simulación en enfermería debe aportar diferentes escenarios los más parecidos a la realidad, que permita adquirir las competencias necesarias a la hora de enfrentarse a situaciones reales.

- Historia

La simulación clínica ha sido usada en las prácticas de enfermería casi desde sus inicios. Por ejemplo, en la técnica de punción intramuscular practicada en una naranja, o en el juego de los roles practicado entre dos personas<sup>5</sup>.

En la India en el siglo II A.C., se recomendaba el uso de un melón para aprender a realizar incisiones y además utilizaban una muñeca hecha de lino para practicar los vendajes<sup>6</sup>.

Ya en la edad moderna, en el siglo XVIII, se desarrolló en París un maniquí hecho con una pelvis humana y un feto muerto para poder enseñar y desarrollar las técnicas referentes al nacimiento, lo cual redujo considerablemente las tasas de mortalidad maternas e infantiles<sup>6</sup>.

Podemos diferenciar cuatro etapas importantes en los siglos XX y XXI:

*Primera Etapa:* A principios del siglo XX se desarrolla la idea de maniqués de aprendizaje de la mano de la directora del Hardford Hospital School, La Sra. Lauder Sutherland. Ella misma contacto con una empresa de fabricación de muñecas surgiendo la llamada “Señora Chase”, la cual podía recibir tratamientos de forma uretral, vaginal o rectal, así como sus brazos permitían las inyecciones. En la segunda mitad de este siglo, en Noruega, un diseñador de muñecas creó un maniquí que permitía la reanimación pulmonar. Este modelo fue el inicio de la simulación como modelo de enseñanza<sup>6</sup>.

*Segunda Etapa:* Durante la década de los 60 se desarrolló el simulador Sim One, creado en la Universidad del sur de California. Este simulador se controlaba mediante ordenador. Poseía una serie de peculiaridades de alta fidelidad y representaba algunos aspectos

humanos como los ruidos del corazón y del aparato respiratorio. Así mismo, simulaba la inspiración y la espiración, la boca podía cerrarse y abrirse y las pupilas tenían la capacidad de contraerse<sup>7</sup>.

En la década de los 90 continuó su evolución dando lugar a simuladores destinados a realizar técnicas básicas como un cateterismo vesical o punción venosa. El primer prototipo tenía como objetivo evaluar las actuaciones de un anestesiólogo en quirófano, este constaba de una cabeza y de dos pulmones para poder tomar el control sobre la vía aérea y la ventilación junto con el monitor cardíaco, a partir de aquí surgió el desarrollo de nuevos simuladores con una alta complejidad y realismo.

*Tercera Etapa:* A partir de la década de los 90 se produjo un avance tecnológico que llevo a la creación de simuladores muchos más complejos integrados con sistemas informáticos, como, por ejemplo: Comprehensive anaesthesia simulation environment (CASE) MEDSIM y el SIMBABY. Este último junto a otros similares reproduce el parto completo y las complicaciones que este puede tener. Los modelos creados en esta etapa simulaban situaciones muy complejas gracias a sonidos, movimientos y respuestas ante determinadas actuaciones, siendo cada vez más realistas.

*Cuarta Etapa:* Desde principios del siglo XX hasta la actualidad se caracteriza por la creación de simuladores denominados “Haptic simulators”, los cuales surgen de la combinación de un software de tercera y cuarta generación junto con la sensación táctil, auditiva y visual. Esto conlleva a un acercamiento mucho más próximo a la realidad<sup>7</sup>.

- *Simulación Clínica aplicada a la Docencia en Enfermería*

La simulación como concepto teórico y práctico ayuda al desarrollo de varios aspectos tanto cognitivos como psicomotores, promoviendo el pensamiento crítico y la seguridad a la hora de tomar decisiones. Además, permite ayudar a resolver y reducir el error humano favoreciendo la reflexión y la comprensión del alumno para entender sus errores y buscar la forma correcta de abordar la situación<sup>7</sup>. No obstante, es un tema sensible cuando se usa en el discurso de enfermería con la formación de los cuidados humanos y su condición irreductible, holística y humanista<sup>8</sup>. Como Dunnington señala al respecto: “La representación de los seres humanos y sus condiciones de salud a través de simuladores humanos programados en computadores cualitativamente diferente a la esencia natural de los seres humanos”<sup>9</sup>.

Es indudable que, con el cambio de las estrategias didácticas en el campo de las ciencias de la salud, nos encontramos ante una nueva etapa educativa, donde se incluyen herramientas como la simulación clínica, la cual cumple con los principios éticos, morales y legales vigentes. Un instrumento educativo de amplia difusión y desarrollo, sustentado en la sustitución de la realidad por un escenario simulado, donde los estudiantes y profesionales de la salud adquieran habilidades y competencias clínicas. Adicionalmente, representa una excelente herramienta de aprendizaje por su rapidez y efectividad, constituyéndose una metodología inocua y segura para el paciente y profesional<sup>10</sup>. La simulación presenta oportunidades de reproducir situaciones de distinta relevancia clínica y frecuencia de un modo altamente realista y con capacidad de ejercitarlo de forma tan

periódica y repetitiva como se considere necesario. Los enfermeros pueden, de esta manera, perfeccionar sus habilidades y capacidades técnicas sin poner en riesgo la seguridad del paciente, incluyendo entre estos objetivos la mejora de habilidades tanto técnicas como no técnicas, el diagnóstico y reconocimiento físico, la comunicación e incluso la colaboración con el equipo sanitario<sup>11,12</sup>.

La educación clínica basada en simulación en enfermería se puede entender por tanto como un amplio abanico de actividades que promueven la mejora de la asistencia sanitaria, haciendo uso de simuladores clínicos, donde encontramos instrumentos que podemos encuadrar en un espectro de fidelidad muy amplio, animales, personas, ambientes virtuales y "role-playing". Creando escenarios clínicos realistas, la simulación puede recrear intervenciones educativas basadas en situaciones clínicas reales donde enfermeros de todos los niveles logren desarrollar sus habilidades de manera muy efectiva, practicar raras situaciones de emergencia, o entrenar situaciones de crucial importancia clínica, pero de muy baja incidencia. Los métodos de simulación idealmente podrán adaptarse a las necesidades educativas específicas de los alumnos, pudiendo ser incluso combinados, como en los modelos híbridos, para dotar a la situación de una experiencia más real y con mayor transferencia a la larga. Es importante subrayar que el objetivo que se desee conseguir con el entrenamiento es el aspecto que debe gobernar toda la estrategia docente<sup>13</sup>.

Multitud de sanitarios, educadores y líderes de opinión en este campo son conocedores actualmente de los beneficios que la simulación puede ofrecer en la promoción de la seguridad del paciente y calidad de la asistencia sanitaria cuando esta herramienta se utiliza en la formación básica de estudiantes de enfermería y como técnica de formación continuada<sup>14</sup>. En consonancia con esto, y debido a los múltiples problemas que pueden aparecer a la hora de realizar prácticas de enfermería de calidad, muchos programas docentes ya han comenzado a introducir la simulación como parte elemental de su programa formativo<sup>15</sup>. Recientemente apareció un estudio donde los autores sugerían que el 50% del tiempo destinado a prácticas clínicas en el grado de enfermería podrían ser sustituidos por educación basada en simulación sin que eso repercutiese negativamente en los resultados docentes<sup>16</sup>. Sin embargo, a pesar de que claramente importantes capacidades profesionales pueden mejorar, numerosos determinantes deben tenerse en cuenta a la hora de decidir cuál es el uso más efectivo que se le puede dar a la simulación en este colectivo.

Un número creciente de estudios han evaluado la efectividad de las estrategias educativas basadas en simulación en enfermería<sup>4,17</sup>. La mayor efectividad del entrenamiento con simulación frente a su control es la norma que impera en la gran mayoría de los estudios, sin embargo, estos estudios presentan gran variabilidad, muy dependiente esta eficacia del nivel de fidelidad aplicado y de las variables objeto medidas. Metaanálisis como el de Kim et al. mantienen la línea de pensamiento en la que se demuestra el beneficio de la educación basada en simulación en enfermería, particularmente con especial fuerza en dominios psicomotores<sup>12</sup>. Debido a que los efectos no muestran proporcionalidad con el nivel de fidelidad, las intervenciones educativas deberán ser ampliadas para englobar satisfactoriamente los objetivos docentes del entrenamiento. Entre los resultados recogidos en este metaanálisis, en consonancia con la literatura presente, cabe destacar

que en enfermería el uso de los modelos de alta fidelidad es el más prevalente, en torno a un 50%, seguido de los modelos de paciente simulado y baja fidelidad<sup>18</sup>. Los efectos de efectividad mostrados en los modelos de alta fidelidad, modelos híbridos y paciente simulado son muy similares y a la vez superiores que a modelos de baja fidelidad. Resultados que se correlacionan con los obtenidos en un metaanálisis previo donde se mostraba que los efectos en otros sanitarios eran similares al comparar diversos modelos de simulación<sup>19</sup>. No obstante, estos resultados debemos de recibirlos con cautela, ya que nuevos estudios sugieren que el grado de realismo de la simulación es un factor crucial para la consecución de los objetivos docentes marcados en diferentes áreas de aprendizaje, y que este viene a su vez determinado por la actividad a realizar y el contexto en el que se presenta<sup>20</sup>.

Otros aspectos de interés cuando se comparan diferentes tipos de simuladores en enfermería son los beneficios que los simuladores de alta fidelidad presentan sobre otras metodologías en cuanto a satisfacción con el entrenamiento recibido y aptitudes docentes adquiridas. Pero sin embargo, lo que los estudios subrayan es la existencia de una efectividad del entrenamiento con simulación, proporcional al nivel de fidelidad, en los objetivos psicomotores. Siendo también el componente afectivo y cognitivo del entrenamiento sistemáticamente favorecido con el entrenamiento con simulación<sup>21</sup>. Es importante remarcar que, a pesar de los grandes esfuerzos realizados para dotar a las prácticas de simulación del mejor material posible, proveer a los estudiantes de un feedback adecuado tras la simulación y darles tiempo tras la realización de la práctica para revisar y analizar el ejercicio de su actividad, debriefing, es igualmente de importante, si no más<sup>22,23</sup>. Los datos enfatizan la importancia de esta práctica para la consecución de los objetivos marcados, siendo crucial su correcto enfoque y realizada por personal experimentado para unos mejores objetivos.<sup>24</sup>

La educación basada en simulación también presenta inconvenientes, uno de los más importantes son los costes derivados de la creación y medios necesarios de un buen programa formativo<sup>25</sup>. Escasa es la evidencia que nos informa acerca de que tipo de modelos de simulación presentan una mejor relación coste-beneficio, siendo varios los estudios que arrojan conclusiones contradictorias acerca de los mejores modelos o aproximaciones docentes. Hasta la fecha, no hay una evidencia clara que muestre que una mayor inversión en los más completos y últimos modelos de simulación desemboquen en la obtención de mejores resultados docentes. De hecho, podemos encontrar cierta evidencia justo en el sentido contrario, donde los modelos de baja fidelidad son más efectivos<sup>26</sup>. A pesar de que estudios futuros deban perseguir dilucidar que modelos son más efectivos, los programas docentes en enfermería en la actualidad deben elegir el equipamiento y los métodos de simulación en base a sus objetivos clínicos y no asumir que grandes gastos en material serán efectivos *per se*.

En este punto, cabe resaltar que ante todo la simulación es una herramienta más del armamento formativo existente. Y como tal, es importante considerar que tipo de aprendizaje es el que se pretende conseguir cuando esta es aplicada. Por lo general, los estudios muestran como el aprendizaje basado en simulación favorece la mejora en confianza, conocimientos y mejora de habilidades como ya hemos visto <sup>27,28</sup>. Pero como bien sabemos por otros muchos estudios, la simulación también es una sólida herramienta

evaluativa<sup>29,30</sup>.

A pesar del entusiasmo de todo el colectivo sanitario acerca de la simulación, queda mucho por conocer de esta herramienta docente, preocupando especialmente la transferencia de conocimientos y habilidades a la realidad clínica. Es también incierto que cantidad de simulación es necesaria para producir determinados resultados y/o mejorar sustancialmente la práctica clínica real, y también como de duraderos son los efectos del entrenamiento con simulación. Muchas son por tanto las preguntas, acerca del uso correcto de la simulación en enfermería. Los expertos están de acuerdo que el modo más eficaz para obtener los mejores resultados pasa por dotar a los enfermeros en formación de un ambiente seguro y donde se puedan sentir respaldados para realizar y poner en práctica todos sus conocimientos y habilidades.

- Conclusión

Además de proporcionar los cuidados tradicionales, enfermería debe responder a las necesidades de las personas para la gestión de su propia salud y de sus autocuidados. Enfermería es responsable de dar cuidados de calidad al paciente, conforme a un modelo establecido y la aplicación de un método científico que establezca de forma clara la valoración de las necesidades del paciente con sus manifestaciones de dependencia e independencia, detección de problemas valorados derivados de esta valoración, el establecimiento de unos objetivos o criterios de resultados esperados que minimicen o favorezcan la desaparición de esos problemas, ejecutando para ello una serie de intervenciones con sus respectivas actividades y realizando después una evaluación del proceso para determinar en qué medida se han modificado los indicadores de resultados esperados. Es un proceso de colaboración mediante el cual enfermería vela para que el paciente alcance los objetivos marcados en su plan asistencial coordinándose con diferentes profesionales y movilizándolo los recursos necesarios, garantizando así una atención integral y continuada que resuelva las necesidades de cuidados del paciente, familia y cuidadores.

Podemos decir que cualquier práctica enfermera es susceptible de ser implementada utilizando técnicas de simulación, sin perder de vista el aspecto psicosocial y humano en el trato directo con el paciente, posiblemente sea un desafío poder desarrollar modelos de simulación para enfermería donde no solo se practiquen técnicas y prácticas tutorizadas de la teoría recibida si no que redunden en las necesidades humanas, psicosociales e integrales del paciente y su familia. A día de hoy los datos nos muestran una tendencia a la mejoría en aquellas habilidades y técnicas implementadas con simulación, pero nuevos y mejores estudios deben de realizarse con el fin de consolidar estos resultados y conocer que áreas de conocimiento pueden ser las más beneficiadas.

## Bibliografía

1. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care*. 2008;23(2):157–66.
2. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The Utility of Simulation in Medical Education: What Is the Evidence? *Mt Sinai J Medicine J Transl Personalized Medicine*. 2009;76(4):330–43.
3. Benton DC, González-Jurado MA, Beneit-Montesinos JV. A structured policy review of the principles of professional self-regulation. *Int Nurs Rev*. 2013;60(1):13–22.
4. Lavoie P, Clarke SP. Simulation in nursing education. *Nurs*. 2017;47(7):18–20.
5. Medina EU, Barrientos SS, Navarro FI. El desafío y futuro de la simulación como estrategia de enseñanza en enfermería. *Investigación En Educ Médica*. 2017;6(22):119–25.
6. Aebbersold M. The History of Simulation and Its Impact on the Future. *Aacn Adv Critical Care*. 2016;27(1):56–61.
7. Matsusaki T, Sakai T. The role of Certified Registered Nurse Anesthetists in the United States. *J Anesth*. 2011;25(5):734–40.
8. Tanner CA. Nursing education: current themes, puzzles and paradoxes. *Commun Nurs Res*. 2007;40:3–14.
9. Dunnington RM. The nature of reality represented in high fidelity human patient simulation: philosophical perspectives and implications for nursing education. *Nurs Philos*. 2014;15(1):14–22.
10. Nelsen BR, Chen Y-YK, Lasic M, Bader AM, Arriaga AF. Advances in anesthesia education: increasing access and collaboration in medical education, from E-learning to telesimulation. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2020;33(6):800–7.
11. Hoelzer BC, Moeschler SM, Seamans DP. Using Simulation and Standardized Patients to Teach Vital Skills to Pain Medicine Fellows. *Pain Med*. 2015;16(4):680–91.
12. Kim J, Park J-H, Shin S. Effectiveness of simulation-based nursing education depending on fidelity: a meta-analysis. *Bmc Med Educ*. 2016;16(1):152.
13. Tosterud R, Hedelin B, Hall-Lord ML. Nursing students' perceptions of high- and low-fidelity simulation used as learning methods. *Nurse Educ Pract*. 2013;13(4):262–70.
14. Weeks KW, Coben D, O'Neill D, Jones A, Weeks A, Brown M, et al. Developing and integrating nursing competence through authentic technology-enhanced clinical simulation education: Pedagogies for reconceptualising the theory-practice gap. *Nurse Educ Pract*. 2019;37:29–38.
15. Larue C, Pepin J, Allard É. Simulation in preparation or substitution for clinical placement: A systematic review of the literature. *J Nurs Educ Pract*. 2015;5(9).
16. Hayden JK, Smiley RA, Alexander M, Kardong-Edgren S, Jeffries PR. The NCSBN National Simulation Study: A Longitudinal, Randomized, Controlled Study Replacing Clinical Hours with Simulation in Prelicensure Nursing Education. *J Nurs Regul*. 2014;5(2):S3–40.
17. Laschinger S, Medves J, Pulling C, McGraw DrR, Waytuck B, Harrison MB, et al. Effectiveness of simulation on health profession students' knowledge, skills, confidence and satisfaction. *Int J Evid Based Healthc*. 2008;6(3):278–302.
18. Kim J-H, Park I-H, Shin S. Systematic Review of Korean Studies on Simulation within Nursing Education. *J Korean Acad Soc Nurs Educ*. 2013;19(3):307–19.
19. Ilgen JS, Sherbino J, Cook DA. Technology-enhanced Simulation in Emergency Medicine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acad Emerg Med*. 2013;20(2):117–27.
20. Ilgen JS, Ma IWY, Hatala R, Cook DA. A systematic review of validity evidence for checklists versus global rating scales in simulation-based assessment. *Med Educ*. 2015;49(2):161–73.
21. Shin I-S, Kim J-H. The effect of problem-based learning in nursing education: a meta-analysis. *Adv Health Sci Educ*. 2013;18(5):1103–20.
22. Andreae MH, Dudak A, Cherian V, Dhar P, Dalal PG, Po W, et al. Data and debriefing observations on healthcare simulation to prepare for the COVID-19 pandemic. *Data in brief*. August 2020;31:106028.
23. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More Than One Way to Debrief. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2016;11(3):209–17.
24. Committee IS. INACSL Standards of Best Practice: SimulationSM Simulation Design. *Clin Simul Nurs*. 2016;12(Simulation&Gaming4212011):S5–12.
25. Zendejas B, Wang AT, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. Cost: The missing outcome in simulation-based medical education research: A systematic review. *Surgery*. 2013;153(2):160–76.
26. Lapkin S, Levett-Jones T. A cost-utility analysis of medium vs. high-fidelity human patient simulation manikins in nursing education. *J Clin Nurs*. 2011;20(23-24):3543–52.

27. Cant RP, Cooper SJ. Simulation-based learning in nurse education: systematic review. *J Adv Nurs*. 2010;66(1):3–15.
  28. Warren JN, Luctkar-Flude M, Godfrey C, Lukewich J. A systematic review of the effectiveness of simulation-based education on satisfaction and learning outcomes in nurse practitioner programs. *Nurs Educ Today*. 2016;46:99–108.
  29. Holcomb JB, Dumire RD, Crommett JW, Stamateris CE, Fagert MA, Cleveland JA, et al. Evaluation of Trauma Team Performance Using an Advanced Human Patient Simulator for Resuscitation Training. *J Trauma Inj Infect Critical Care*. 2002;52(6):1078–86.
  30. Brunette V, Thibodeau-Jarry N. Simulation as a Tool to Ensure Competency and Quality of Care in the Cardiac Critical Care Unit. *Can J Cardiol*. 2017;33(1):119–27.
-