

# Modelo anatómico simulador de neumotórax hipertensivo

Juan Agustín Cabrera Frola<sup>1\*</sup>, Candela Errecart<sup>2</sup>, Andrés Berke<sup>3</sup>, Gustavo Armand Ugón Bigi<sup>4</sup>

1. Asistente de Cátedra, Cátedra de anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República.
2. Ayudante de Cátedra, Cátedra de anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República.
3. Residente de Cirugía de tórax, Hospital Maciel.
4. Prof. Adjunto, Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República.

**\* Autor de correspondencia:**

Juan Agustín Cabrera Frola  
[cab0994row31@gmail.com](mailto:cab0994row31@gmail.com)

## RESUMEN

La enseñanza de procedimientos médicos-quirúrgicos se puede volver difícil debido a limitaciones éticas o de material disponible. Es por esto, que se han empleado como herramienta docente la utilización de modelos simuladores (MS). Estos poseen como ventaja permitir el estudio y reconocimiento de las estructuras anatómicas a la vez que se adquiere experiencia en distintos procedimientos. El objetivo del trabajo fue realizar un material audiovisual explicativo de la fisiopatología de un neumotórax hipertensivo junto con la base anatómica de su tratamiento, con materiales sencillos y de bajo costo, permitiendo su reproducción audiovisual masiva. Se utilizó un preparado fresco de un bloque bipulmonar de ovino *ex situ*, donado por un particular, manteniendo la pleura visceral intacta. La pleura parietal fue simulada con una bolsa de nylon tubular hermética. Se simuló la ventilación con un resucitador manual conectado por una sonda orotraqueal. Se realizó registro fílmico. Se obtuvo un MS, grabado en video. Coincidimos con la mayoría de los autores el gran interés en el estudio de MS y cómo pueden ser utilizados para mejorar las destrezas. Los MS integran la dimensión epistemológica de los modelos mentales, permitiendo explicar o predecir conceptos o fenómenos. Nuestro modelo posee capacidad didáctica para la fisiopatología y resolución del neumotórax hipertensivo, aunque no representa un MS del tratamiento. El MS fue de fácil manufactura, con buena capacidad didáctica y amplia accesibilidad una vez configurado el video.

**Palabras clave:** Modelo simulador, Neumotórax hipertensivo.

## ABSTRACT

Teaching medical-surgical procedures can become difficult due to ethical limitations or limitations of available material. For this reason, the use of simulation models (SM) has been used as a teaching tool. These have the advantage of allowing the study and recognition of anatomical structures while acquiring experience in different procedures. The objective of the work was to produce audiovisual material explaining the pathophysiology of a hypertensive pneumothorax together with the anatomical basis of its treatment, with simple and low-cost materials, allowing its massive audiovisual reproduction. A fresh bipulmonary block of an *ex-situ* sheep was used, donated by a private individual, keeping the visceral pleura intact. The parietal pleura was simulated with a hermetic tubular nylon bag. Ventilation was simulated with a manual resuscitator connected by an orotracheal tube. A film recording was made. A SM was obtained, recorded on video. We agree with most authors on the great interest in the study of mental models and how they can be used to improve skills. Mental models integrate the epistemological dimension of mental models, allowing us to explain or predict concepts or phenomena. Our model has a didactic capacity for the pathophysiology and resolution of hypertensive pneumothorax, although it does not represent a mental treatment model. The mental model was easy to manufacture, with good didactic capacity and wide accessibility once the video was configured.

**Key Words:** Hypertensive pneumothorax, Simulator model.

## INTRODUCCIÓN

La simulación permite diseñar un modelo que represente distintas situaciones y poder llevar a cabo experiencias con él (Shannon & James, 1988). Es por esto que, los modelos simuladores (MS), hace ya varios años han permitido representar situaciones de la vida real en distintos campos como la aeronáutica o entrenamiento militar permitiendo el entrenamiento de habilidades y destrezas en estas áreas.

En el último tiempo, los MS, han sido una de las herramientas más novedosas implementadas para el aprendizaje y evaluación de destrezas en la educación de las Ciencias de la Salud (Alzate et al. 2020). Esto se debe a que en éstas, existen diferentes limitantes en varios terrenos, destacando el estudio de la anatomía y la simulación de procedimientos médicos quirúrgicos. Por una parte, el estudio de la anatomía se puede volver difícil debido a las limitaciones en el acceso, los altos costos del procesamiento y la conservación del material cadavérico (Jakimowicz & Jakimowicz, 2011). En cuanto a los procedimientos quirúrgicos también presentan otra limitante, ya que los sujetos donde se pueden practicar las distintas destrezas son seres humanos, los cuales pueden negarse a participar en las prácticas o que éticamente no esté aceptado.

Es claro, que la anatomía es esencial para los cirujanos, pero también tiene valor para cualquiera que realice un procedimiento invasivo en un paciente, lleve a cabo procedimientos de emergencia, examine imágenes radiológicas, realice un examen físico de un paciente, derive a un paciente a otro médico o explique un procedimiento a un paciente. Estas tareas son comunes a todas las ramas de la medicina (Turney, 2007).

Se podría argumentar que todas estas tareas se pueden realizar sin conocimientos básicos de anatomía siguiendo protocolos y pautas, y utilizando el reconocimiento de patrones. Este puede ser un enfoque rentable y puede proporcionar rápidamente la prestación de servicios a un servicio de salud, pero el aprendizaje sin comprensión no puede considerarse como un enfoque profundo del aprendizaje (Ramsden, 2003), no proporcionará una base para el desarrollo futuro y, como tal, no debe considerarse adecuado para la formación de los médicos del futuro (Turney, 2007).

Es por esto, que los MS se han empleado como herramienta docente para poder sobrepasar dichas limitaciones (Russo et al. 2016).

Definimos neumotórax isotensivo como la ocupación del espacio pleural por aire; espacio fisiológicamente virtual, que se hace real cuando existe una condición patológica. El mismo queda comprendido entre ambas hojas pleurales, la pleura visceral, íntimamente adherida al pulmón al cual tapiza, y la pleura parietal, adosada a la cara interna de las paredes torácicas.

Cuando un neumotórax isotensivo se vuelve hipertensivo, se trata de una emergencia médico-quirúrgica que compromete la vida del paciente por un doble mecanismo fisiopatológico: la insuficiencia respiratoria y el shock obstructivo (Sugarbaker et al. 2015). El neumotórax hipertensivo ocurre como el resultado de la ruptura del parénquima pulmonar, que actúa como una válvula de un solo sentido. Esto provoca hipertensión endotorácica, lo que genera el colapso del pulmón ipsilateral, la desviación contralateral del mediastino y, como consecuencia, el colapso del pulmón contralateral. El tratamiento de esta emergencia consiste en el drenaje de la cavidad pleural, solucionando la hipertensión que genera el cuadro en primer lugar (Ghazali et al. 2015; Sugarbaker et al. 2015).

En este trabajo, planteamos un MS de la fisiopatología del neumotórax hipertensivo dada la importancia que tiene en la clínica y las dificultades observadas en la enseñanza de esta patología únicamente valiéndose de herramientas teóricas.

Nuestro objetivo fue la realización de un MS de un neumotórax hipertensivo con materiales sencillos y de bajo costo y generar el material audiovisual para uso masivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un preparado fresco de un bloque cardiopulmonar de ovino, muerto por condiciones naturales, donado por un particular. Se disecó el mismo individualizando la vía aérea y los pulmones que poseían la pleura visceral intacta. Se realizó una pequeña incisión parenquimatosa pulmonar, de modo que se comprometiera la pleura visceral y la membrana alveolocapilar.

La pleura parietal fue simulada con una bolsa de nylon tubular transparente. La bolsa fue sellada a la tráquea por un precinto.

Para la simulación de la ventilación, contamos con un resucitador manual para adultos (capacidad 1.5 L) conectado por una sonda orotraqueal calibre 9.0, la cual fue introducida en la vía aérea del preparado, insuflando el balón por debajo de la glotis (**Figura 1**).



**Figura 1.** Modelo simulador de neumotórax hipertensivo. 1- Bloque bipulmonar de Ovino. 2- Bolsa de Nylon tubular sellada. 3- Laringe Ovina por fuera del precinto sellador de la bolsa de Nylon. 4- Sonda orotraqueal calibre 9.0. 5- Resucitador manual.

Se procedió a la ventilación del modelo. Para demostrar la fisiopatología del tratamiento de la patología, se realizó una pequeña incisión en la bolsa de nylon.

Todo este proceso fue registrado con una cámara de video, y el mismo fue editado mediante el software MovieMaker Version 2012 para Windows 10.

## RESULTADOS

Se obtuvo un MS de neumotórax hipertensivo y de la fisiopatología de su tratamiento. Durante la ventilación y gracias a la fuga de aire generada por el compromiso de la pleura visceral, se provocó el aumento del espacio entre la bolsa de nylon y el parénquima pulmonar (neumotórax), y a medida que aumentó la presión en dicho espacio, se configuró una simulación de neumotórax hipertensivo, evidenciado por el colapso del bloque bipulmonar, y la gran resistencia a la ventilación manual que se ofrecía. Para provocar el neumotórax hipertensivo se realizó una incisión sobre la bolsa de nylon (pleura parietal), logrando el escape de aire, y la reexpansión pulmonar, volviendo a la situación de neumotórax isotensivo.

La grabación obtenida fue editada en términos de audio, sobremontando la explicación teórica del proceso. El audiovisual final se encuentra disponible en la plataforma YouTube, en el canal de la Facultad de Medicina de Uruguay - UdelaR, bajo el siguiente enlace:



<https://www.youtube.com/watch?v=1KO3dhpiTk8&t=9s>

## DISCUSIÓN

Destacamos que las simulaciones no son la vida real, sino que buscan crear un espacio o dispositivo donde se puedan recrear las situaciones de la vida real y así generar un feedback inmediato frente a éstas, generando preguntas, decisiones y acciones por parte de los estudiantes (Issenberg *et al.* 1999). La gran ventaja de los MS es que permite el estudio y reconocimiento de las estructuras anatómicas a la vez que se adquiere experiencia en distintos procedimientos médicos. Es por esto, que su uso se implementa en la formación continua y la adquisición de suficientes destrezas para la realización de diversas maniobras ya que es útil para practicar habilidades psicomotoras (Issenberg *et al.* 1999).

Existe evidencia que el aprendizaje práctico-virtual es fundamental para el estudiante, permitiendo un mejor desarrollo de aspectos relacionados a la habilidad visoespacial (Alzate & Tamayo, 2019).

Presentamos el primer modelo de la fisiopatología del neumotórax hipertensivo en el Departamento de Anatomía, de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Utilizando los términos MeSH “modelo simulador”, “neumotórax hipertensivo” y “fisiopatología del neumotórax” no hemos encontrado en la bibliografía actual otros modelos similares al nuestro tanto en la base de datos Pubmed como Scielo. En

concordancia con la mayoría de la bibliografía, es para nosotros, de gran interés el estudio de estos MS y cómo pueden ser utilizados para mejorar las destrezas de los estudiantes.

Los MS integran la dimensión epistemológica de los modelos mentales, es decir corresponde a ese conocimiento verbal de los sujetos sobre un concepto o fenómeno determinado y que le permiten explicarlo y predecirlo. Esto genera en el estudiante un proceso gradual de aprehensión del concepto orientándose como gestor de su propio aprendizaje (Alzate *et al.* 2020). Además, los MS evitan el uso de pacientes para practicar habilidades y aseguran haber tenido práctica antes de realizarlo en humanos.

A su vez, participamos del largo debate en cuanto a la enseñanza de la anatomía “tradicional” o “modernista” como plantean muchos autores. La primera, basada en la disección, requiriendo mayor tiempo, mayores costos y mayor labor; la segunda modalidad, basada en modelos más nuevos, como el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje asistido por computadora (Turney BW, 2007).

Varios investigadores han evaluado el uso o rendimiento del MS (Laura Mendoza, 2009; Collipal & Silva, 2011; Russo *et al.*, 2016) y todos concluyen que la utilización de los MS es de gran apoyo en la enseñanza de Medicina.

El presente modelo, si bien cuenta con piezas biológicas, siempre valiosas, el uso de los materiales ha sido utilizado una única vez y han sido de bajos costos, generando un material audiovisual que puede ser infinitamente reproducido. Se destaca el alto valor de mercado de modelos industriales comparados a los manufacturados con materiales cotidianos (Ryan Walsh, 2020).

## CONCLUSIÓN

Se logró un material audiovisual, explicativo, y con posibilidad de uso masivo. El MS no ha sido configurado para simular maniobras de tratamiento del neumotórax hipertensivo, si no para comprender la fisiopatología de este.

Si bien, la configuración del modelo simulador implicó material biológico, siempre muy valioso, este fue requisito por única vez en vistas a lograr el material audiovisual.

Planteamos como futuros trabajos, la realización de modelos anatómicos simuladores del tratamiento del neumotórax hipertensivo, así como también, evaluar el uso o rendimiento del MS con estudiantes, siendo esto una línea de investigación futura.

## REFERENCIAS

- Alzate Mejía, O.A & Tamayo Alzate, O.E. (2019). Metacognición en el Aprendizaje de la Anatomía. *Int. J. Morphol.*, 37(1), 7-11, 2019.
- Alzate Mejía, O.A., Ruiz-Ortega, F.J., Londoño Arias, S., Trujillo, L. (2020). Modelos explicativos en anatomía. *TED*, 49, 219 - 238.
- Ghazali, A., Breque, C., Léger, A., Scépi, M., Oriot, D. (2015). Testing of a Complete Training Model for Chest Tube Insertion in Traumatic Pneumothorax. *Society for Simulation in Health*, 10(4), 239- 244.
- Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Hart, I. R., Mayer, J. W., Felner, J. M., Petrusa, E. R., Waugh, R. A., Brown, D. D., Safford, R., Gessner, I. H., Gordon, D. L., & Ewy, G. A. (1999). Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA*, 282(9), 861–866.
- Jakimowicz, J.J. & Jakimowicz, C.M. (2011). Simulación en cirugía, ¿dónde estamos y a dónde llegaremos? *Cir cir*, 79, 44-49.
- Mendoza, L., Herskovic, P., Vásquez, A., Quevedo F. (2009). Uso de modelos simuladores como metodología docente para la carrera de Medicina. *Rev Hosp Clín Univ Chile*, 20, 355 - 9.

- Ramsden, P. (2003). Approaches to learning (Chapter 4) In: Learning to Teach in Higher Education (2nd ed.). London: Routledge Falmer.
- Russo, A.M., Pose, S., Aguiar, G., Armand Ugón, G.J., Olivera, E.A. (2016). Utilización de modelos simuladores para el entrenamiento de accesos venosos centrales: Nuestra experiencia. *Rev argent anat clín*, 6(1), 9–14.
- Shannon, R.E. & James, J. (1988). *Simulación de sistemas*. Estados Unidos: Editorial Trillas.
- Sugarbaker, J.D., Bueno, R., Colson, Y., Jacklitsch, M., Krasna, M., Mentzer, S. (2015). *Adult Chest Surgery* (2da ed.). Estados Unidos: Mc-Graw Hill Education.
- Turney, B.W. (2007). Anatomy in a modern medical curriculum. *Ann R Coll Surg Engl*, 89(2), 104-7.
- Turney, BW. (2007). Anatomy in a modern medical curriculum. *Ann R Coll Surg Engl*, 89, 104–107.
- Walsh, R., Young, S., Sletten, Z. (2020). A Novel Tube Thoracostomy Simulation Model for the Deployed or Resource-Limited Environment. *Cureus*, 12(6), e8901.