



ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Simulador de bajo costo para la enseñanza de técnicas neuroaxiales.

Zamudio Penko D, Porras Muñoz MC, Hervilla Ezquerro S

Hospital Universitario Fundación Alcorcón, Madrid, España

Resumen

Introducción: Las técnicas neuroaxiales (epidural e intradural) se realizan de forma habitual en Anestesiología. Su aplicación conlleva riesgos potencialmente graves si no se ejecutan de forma adecuada. Por ello, el aprendizaje previo a la práctica en un paciente puede mejorar sustancialmente la seguridad del paciente. Presentamos un simulador de baja fidelidad, útil para la enseñanza de las técnicas neuroaxiales.

Métodos: El modelo de simulación está compuesto por 4 elementos principales: plancha de poliestireno expandido (poliespán) con agujeros en línea media, lámina de goma EVA (Etileno Vinil Acetato), limones/naranjas y guantes de nitrilo. Se cubre la parte anterior de la plancha de poliespán con la lámina de goma EVA. Se posicionan los limones en la parte trasera del poliespán, a la altura de los agujeros, fijándolos con palillos. Posteriormente, se colocan los guantes de nitrilo, rellenos de agua, sobre los limones y se fija con esparadrapo ancho.

Resultados: En la simulación de punción intradural se podrá observar que refluye líquido a través de la aguja intradural. En la epidural, se notará una pérdida de resistencia, típica de la punción epidural, debido que la aguja ha atravesado la cáscara y se ha posicionado en el espacio entre la cáscara y el guante relleno de agua. Esta zona permite la inserción del catéter sin dificultad.

Conclusión: Este modelo es fácil de montar, de bajo coste y capaz de proporcionar sensaciones similares a la realidad, lo cual lo convierte en una excelente herramienta para la enseñanza de las técnicas neuroaxiales.

Introducción



Las técnicas neuroaxiales (epidural e intradural) se realizan de forma habitual en Anestesiología. Su aplicación conlleva riesgos potencialmente graves si no se ejecutan de forma adecuada. Por ello, el aprendizaje previo a la práctica en un paciente puede mejorar sustancialmente la seguridad del paciente. Presentamos un

simulador de baja fidelidad, útil para la enseñanza de las técnicas neuroaxiales.

Métodos: El modelo de simulación está compuesto por 4 elementos principales: plancha de poliestireno expandido (*poliespán*) con agujeros en línea media, lámina de goma EVA (*Etileno Vinil Acetato*), limones/naranjas y guantes de nitrilo. Se cubre la parte anterior de la plancha de poliespán con la lámina de goma EVA. Se posicionan los limones en la parte trasera del poliespán, a la altura de los agujeros, fijándolos con palillos. Posteriormente, se colocan los guantes de nitrilo, rellenos de agua, sobre los limones y se fija con esparadrapo ancho.

Resultados: En la simulación de punción intradural se podrá observar

que refluye líquido a través de la aguja intradural. En la epidural, se notará una pérdida de resistencia, típica de la punción epidural, debido que la aguja ha atravesado la cáscara y se ha posicionado en el espacio entre la cáscara y el guante relleno de agua. Esta zona permite la inserción del catéter sin dificultad.

Conclusión: Este modelo es fácil de montar, de bajo coste y capaz de proporcionar sensaciones similares a la realidad, lo cual lo convierte en una excelente herramienta para la enseñanza de las técnicas neuroaxiales.

La simulación como herramienta formativa se ha utilizado en múltiples áreas para desarrollar las habilidades técnicas y no técnicas de los estudiantes y enseñarles prácticas seguras.¹ Mediante la simulación de un procedimiento, el alumno adquiere y mejora sus habilidades técnicas, permitiendo así que los errores durante la fase inicial del aprendizaje sean corregidos en un entorno seguro y que no cause daño a los pacientes.

Dentro de las técnicas anestésicas, las neuroaxiales son consideradas una de las más difíciles de dominar.² Estos procedimientos pueden estar asociados a eventos adversos, algunos potencialmente graves, como complicaciones hemorrágicas y neurológicas. Como es esperable, la incidencia de estas complicaciones es mayor en el caso de médicos inexpertos.³

Actualmente, existen en el mercado simuladores que permiten el entrenamiento en anestesia epidural y/o espinal; sin embargo, son más costosos y no se encuentran disponibles en numerosos centros. Por ello, el uso de modelos económicos de baja fidelidad puede ser una opción, ya que pueden proporcionar una experiencia similar,

con una calidad comparable a los simuladores comercializados.⁴

Presentamos un modelo de baja fidelidad para el aprendizaje de las técnicas neuroaxiales, de bajo coste, fácil de recrear y que puede ser ensamblado en poco tiempo.

Material y Métodos

El modelo de simulación está compuesto por sólo 4 elementos principales, fáciles de adquirir: 1) plancha de poliestireno expandido (*poliespán*), 2) lámina de goma EVA (*Etileno Vinil Acetato*) color piel de 1-2 mm de grosor, 3) limones/naranjas, 4) guantes de nitrilo. Los componentes se muestran en la figura 1.

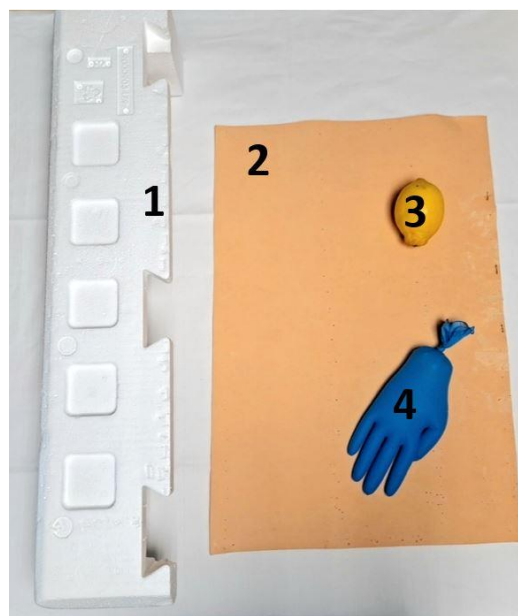


Figura 1. Elementos necesarios para componer el simulador: 1. Plancha de poliespán, 2. Lámina de goma EVA, 3. Limones o naranjas, 4. Guantes de vinilo rellenos de agua.

La plancha de poliespán debe contener agujeros de forma rectangular en línea media para simular los espacios intervertebrales, pero estos no deben ser muy profundos para evitar un excesivo espacio entre el poliespán y la lámina de goma EVA (Fig. 1). Si no se dispone de un poliespán con agujeros, estos se pueden crear fácilmente con ayuda de

un cuchillo o cúter. Los limones deben estar cortados en 2-4 partes, según el tamaño de los agujeros en el poliespán.

El ensamblaje de este modelo (Fig. 2) se realiza, inicialmente, posicionando los limones en la parte trasera del poliespán, a la altura de los agujeros, y fijándolos para evitar su desplazamiento. En nuestro caso utilizamos palillos de dientes de madera, dada la longitud de estos y su fácil adquisición. Posteriormente, se colocan los guantes de nitrilo, rellenos de agua, sobre los limones.

Al utilizar palillos, los guantes se acomodan fácilmente entre ellos. Para evitar que estos elementos pierdan esta posición al levantar la plancha de poliespán, utilizamos un esparadrapo ancho, fijando los guantes al poliespán. Finalmente, se coloca la lámina de goma EVA en la parte delantera del modelo y se fija al poliespán. Nosotros utilizamos chinchetas de colores, pero puede utilizarse también una grapadora.

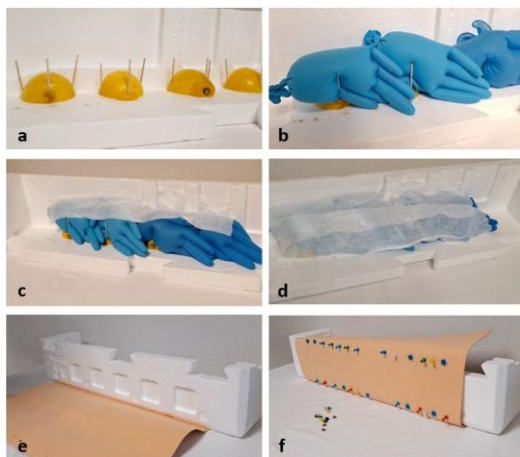


Figura 2. Ensamblaje del modelo. a) colocación de los limones en la parte trasera del poliespán, a la altura de los agujeros, b) guantes de nitrilo rellenos de agua sobre los limones y fijación de los guantes al poliespán, c) y d) fijación de la parte trasera del modelo con esparadrapo ancho, e) y f) fijación de goma EVA en la parte delantera del modelo.

5 especialistas en Anestesiología y Reanimación practicaron la punción intradural y epidural en el modelo,

previo a ser utilizado como parte de un taller de enseñanza de técnicas neuroaxiales a residentes de primer año de Anestesiología y Reanimación.

Resultados

Los anesthesiólogos describieron que la textura de los distintos elementos confiere similitud con lo percibido durante una punción intradural y epidural en un paciente y, por tanto, puede ser utilizado con fines docentes.

La simulación de la técnica intradural puede realizarse con los distintos calibres y tipos de agujas, con o sin introductor. La aguja debe atravesar todo el espesor del modelo hasta llegar a perforar los guantes ubicados en la parte posterior. Si la punción ha sido correcta, se notará la perforación de una estructura con cierta dureza y se podrá observar que, al retirar el fiador de la aguja intradural, refluye líquido a través de la aguja (Fig 3), simulando la salida de líquido cefalorraquídeo (LCR) que confirma la punción intradural.

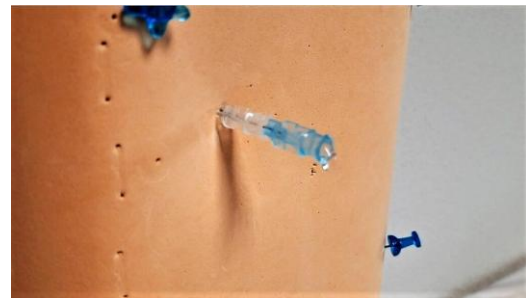


Figura 3. Salida de líquido en el caso de simulación de punción intradural.

Para la simulación de la técnica epidural, se utiliza un set de material específico comercializado y puede realizarse con la jeringa de baja resistencia rellena con aire o suero. Siguiendo la técnica habitual, durante la punción se podrá notar una zona de alta resistencia, proporcionada por la cáscara de limón o naranja, que simula la punción del ligamento amarillo. Posteriormente se notará una pérdida de

resistencia, típica de la punción epidural, debido que la aguja ha atravesado la cáscara y se ha posicionado en el espacio entre la cáscara y el guante relleno de agua. Esta zona permite la inserción del catéter sin dificultad (Fig 4). Si la punción no ha sido adecuada y se ha atravesado el guante, refluirá líquido a través de la aguja de Tuohy, simulando lo que ocurre en una punción dural accidental.

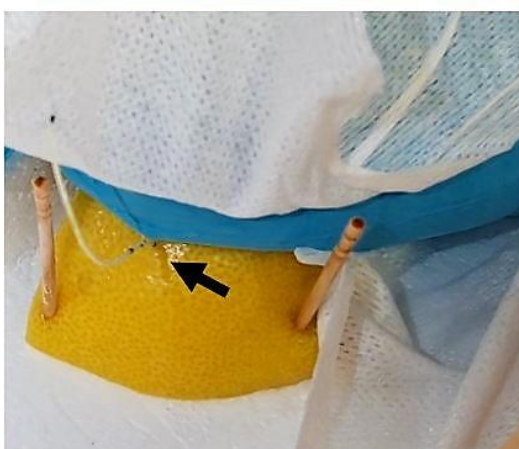


Figura 4. Simulación de punción epidural e inserción del catéter. Flecha señala el catéter epidural ubicado entre la cáscara del limón y el guante de nitrilo.

Las punciones pueden realizarse con el modelo en posición vertical u horizontal, para simular la punción con el paciente sentado o en decúbito lateral, respectivamente.

Este modelo se puede ensamblar de forma rápida, aproximadamente en 30 minutos, una vez que se tienen todos los elementos; y tiene un coste de alrededor de 20 euros.

Entre los inconvenientes de este simulador encontramos que, tras la realización de varias simulaciones de punciones intradurales en un mismo espacio, puede disminuir el volumen de líquido en el interior del guante, y por tanto la presión que hay en él, pudiendo tardar más en refluir el líquido a través de la aguja intradural.

Para solventarlo, aconsejamos que un ayudante apriete el guante durante la punción. Además, dado que se utilizan frutas, si se quiere utilizar el simulador durante varios días, es preferible desmontar la parte posterior del modelo, para mantener las frutas en refrigeración y cambiar los guantes llenos de agua, debido a que los orificios que se producen en el guante durante la simulación de punción lumbar conllevan una pérdida de agua que hace disminuir la fidelidad del modelo.

Discusión

La mayoría de los anestesiólogos y otros especialistas, como neurólogos, intensivistas, etc., adquieren su formación en técnicas neuroaxiales mediante el aprendizaje sobre el propio paciente, con ayuda de referencias anatómicas.

Para la punción epidural, es necesario que el operador visualice en su mente una imagen anatómica de las estructuras óseas y capas de tejidos que se encuentran en la zona medial de la columna, como lo son la piel, tejido subcutáneo, ligamentos supra e interespinosos, ligamento amarillo y posteriormente el espacio epidural.

Cuando la punta de la aguja epidural atraviesa el ligamento amarillo y llega a el espacio epidural, el suero o aire que se encuentra en la jeringa de baja resistencia puede inyectarse con facilidad. Este fenómeno es conocido como “pérdida de resistencia” y permite

identificar el espacio epidural. La punción lumbar se caracteriza porque la aguja espinal penetra el ligamento amarillo y posteriormente la duramadre, notándose un “pop” durante la punción. Al retirar el fiador de la aguja espinal, fluirá LCR a través de la aguja.⁵

Tanto la punción lumbar como la epidural, son dependientes del tacto y de las sensaciones que proporcionan los tejidos. Por tanto, en muchas ocasiones, el médico en formación no es capaz de percibir las diferencias que existen en las estructuras espinales durante la punción, hasta que lo realiza por primera vez sobre un paciente.

El estar familiarizado con dichas técnicas y poder adquirir cierta destreza previo a la práctica con el paciente, puede aumentar la tasa de éxito, disminuir el número de intentos y complicaciones y aumentar la seguridad del paciente.

Para la simulación de las técnicas neuroaxiales principalmente se han utilizado métodos de baja fidelidad, algunos rudimentarios, como el uso de bananas para la práctica de la punción epidural,⁶ o de mayor complejidad como los *part task trainers*, partes de un maniquí capaces de imitar los tejidos mediante estructuras sintéticas, los cuales tienen como ventajas que son fáciles de montar y permiten realizar la técnica de forma manual, similar a cómo se realiza en un paciente real.

Los simuladores de alta fidelidad combinan una interfase física con una pantalla de realidad virtual, son capaces de recrear las fuerzas que simulan los ligamentos, tejidos y huesos, permiten la visualización en 3D a tiempo real y posibilitan inserciones ilimitadas de la aguja sin deformar el modelo.⁵

Friedman et al compararon el uso de simuladores de alta fidelidad versus

baja fidelidad para el aprendizaje de la técnica epidural en residentes noveles de anestesiología.⁷ Los autores no encontraron diferencias significativas en cuanto a la curva de aprendizaje. Concluyeron que un modelo de baja fidelidad puede ser igual de útil que uno de alta fidelidad para el aprendizaje de la anestesia epidural y por tanto sería más costo-efectivo.

Para componer los simuladores neuroaxiales caseros, se han empleado diversas frutas ya que, dada su consistencia, pueden asemejar distintas estructuras anatómicas. Raj et al realizaron un estudio en el cual, anestesiólogos experimentados puntuaron la sensación de pérdida de resistencia, típica de la punción epidural, en cuatro frutas diferentes (naranja, banana, kiwi y melón).

La mayoría de los anestesiólogos (63%) identificaron a la banana como la fruta que proporciona mayor realismo, seguido del melón⁸.

Nosotros optamos por el uso de naranjas o limón debido a que, al cortarlo por la mitad y disponer la pulpa en la zona anterior y la corteza en la zona posterior del modelo, las sensaciones que se producen durante la punción se asemejarían a las que se obtienen durante el paso de la aguja por las estructuras interespinales (pulpa) hasta llegar a una zona de alta resistencia (corteza), característica del ligamento amarillo y posteriormente una pérdida de resistencia al atravesar por completo la corteza.

Si la técnica se realiza correctamente, la punta de la aguja epidural crea un espacio entre la cáscara de la fruta y el guante lleno de agua, lo cual permite la inserción de un catéter sin dificultad.

Este simulador fue diseñado para la enseñanza práctica de la anestesia

neuroaxial a residentes de primer año de Anestesiología y Reanimación, dentro de un programa formativo de actividades basadas en simulación. Antes de iniciar su actividad asistencial, nuestros residentes reciben diversos talleres enfocados en las técnicas más frecuentes que se realizan en anestesiología.

Ya que no contábamos con un simulador específico, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre cómo crear un simulador *low-cost*.

Sin embargo, existen muy pocas referencias sobre este tema y se trata de modelos muy rudimentarios.^{6,9} Por ello, decidimos crear este modelo que, a nuestro juicio, proporciona cierta sensación de realismo.

El taller de anestesia neuroaxial fue organizado en 2 partes: una primera en la cual se impartió la base teórica, incluyendo aspectos anatómicos, técnicos, riesgos y ventajas de cada una de las técnicas; y una segunda en la cual los alumnos entrenaron la habilidad manual mediante múltiples simulaciones de punciones intradurales y epidurales, guiados por los monitores del taller.

Al terminar, se realizó una encuesta entre los alumnos sobre la valoración global del taller y se obtuvo una puntuación de 5 puntos en la escala de Likert. Este taller se ha incorporado como actividad esencial dentro del programa de formación de los residentes.

En conclusión, el modelo descrito en este artículo tiene como ventajas que es sencillo, rápido de montar, de bajo coste y que permite realizar múltiples ensayos de punciones epidurales y espinales. Por tanto, es muy útil para enseñar las técnicas neuroaxiales a médicos en formación.

Referencias

1. Issenberg SB, McGaghie WC, Hart IR, et al. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA*. 1999;282:861-866. ([PubMed](#))
2. Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures?. *Anesth Analg*. 1998;86(3):635-639. doi:10.1097/0000539-199803000-00037 ([PubMed](#))
3. Paech MJ, Godkin R, Webster S. Complications of obstetric epidural analgesia and anaesthesia: a prospective analysis of 10,995 cases. *Int J Obstet Anesth*. 1998;7(1):5-11. doi:10.1016/s0959-289x(98)80021-6 ([PubMed](#))
4. Maran NJ, Glavin RJ. Low-to high-fidelity simulation—a continuum of medical education. *Med Educ*. 2003;37(suppl 1):22-28. ([PubMed](#))
5. Vaughan N, Dubey VN, Wee MY, Isaacs R. A review of epidural simulators: where are we today? *Med Eng Phys*. 2013 Sep;35(9):1235-50. doi: 10.1016/j.medengphy.2013.03.003. Epub 2013 Mar 30. PMID: 23545132. ([HTML](#))
6. University of Pennsylvania Department of Anesthesiology and Critical Care. The Greengrocer epidural simulator. http://upennanesthesiology.tyepad.com/upenn_anesthesiology/2007/11/thegreengrocer.html ([HTML](#))
7. 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: High- versus low-fidelity model training. *Reg Anesth Pain Med*. 2009 May-Jun;34(3):229-32. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181a34345. PMID: 19587620. ([PubMed](#))
8. Raj D, Williamson RM, Young D, Russell D. A simple epidural simulator: a blinded study assessing the 'feel' of loss of resistance in four fruits. *Eur J Anaesthesiol*. 2013 Jul;30(7):405-8. doi: 10.1097/EJA.0b013e328361409c. PMID: 23749185. ([PubMed](#))
9. Warrington, Steven and Warrington, Anne Marie (2020) "An Inexpensive

Adult Lumbar Puncture Task-Trainer
with Simulated Cerebrospinal
Fluid,” *HCA Healthcare Journal of
Medicine*: Vol. 1: Iss. 4, Article 2.
DOI: 10.36518/2689-0216.1083
([PubMed](#))

Correspondencia al autor

Diana Zamudio
dianarocio.zamudio@salud.madrid.org
*FEA. Servicio de Anestesiología y Reanimación.
Hospital Universitario Fundación Alcorcón,
Madrid, España*

Aceptado para el blog en junio de
2024