

Diseño de un novedoso modelo de bajo costo para el entrenamiento de habilidades en el paso de catéteres venosos centrales, con guía ecográfica.

Design of a low-cost simulation-based ultrasound-guided central venous cannulation's model to training and improvement of skill acquisition

Mónica Fernandes-Pineda^{1*}, Amadeus Uribe-Gómez², Lorena Matta-Cortés³.

Departamento de Medicina Interna, Hospital Universitario del Valle, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

- 1 Residente de tercer año de Medicina Interna, Departamento de Medicina Interna, Universidad del Valle, Cali, Colombia, monica.fernandes.pineda@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4891-543X>
 - 2 Médico Magíster en Gestión de la Innovación, Universidad del Valle, Cali, Colombia, amadeus.uribe@correounivalle.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-5215-3215>
 - 3 Profesor asociado, Universidad del Valle, Cali, Colombia, lorena.matta@correounivalle.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-5215-3215>
- *, correspondencia: monica.fernandes.pineda@gmail.com

Recibido: 13/8/23; Aceptado: 25/10/23; Publicado: 30/10/23

Resumen:

Existen múltiples modelos de simulación para el entrenamiento y mejoría de habilidades técnicas en paso de catéteres venosos centrales, con guía ecográfica. Sin embargo, debido al alto costo de diversos dispositivos se requieren diseños de bajo costo para facilitar la capacitación de los residentes en especialidad médico-quirúrgicas. En este trabajo, proponemos un modelo de simulación para la formación de residentes en la colocación de un catéter venoso central guiado por ultrasonido. Se diseñó un modelo tisular a partir de cauchos siliconados de base de platino con estructura tubular central. Además, se llevaron a cabo sesiones educativas para que los participantes utilizaran los modelos con ultrasonido. Se realizó una encuesta anónima antes y después del entrenamiento para evaluar la experiencia. Se evaluaron 20 residentes de medicina interna, la mayoría tenía poca experiencia en el paso de catéteres venosos (55% habían realizado de 0 a 5 procedimientos). Solo el 20% había usado ultrasonido en algún momento, y solo el 10% lo había usado en todos los procedimientos. La autopercepción sobre el paso de catéteres guiados por ultrasonido mejoró significativamente después de la intervención, con un aumento promedio de 1.67 puntos en una escala del 1 al 5 ($P < 0.0002$). Hemos desarrollado un modelo de simulación de bajo costo, sin estrés asociado y sin riesgo en su aprendizaje para facilitar la adquisición de conocimiento y mejorar las habilidades técnicas en el paso de catéteres venosos en residentes en formación.

Palabras clave: Catéter venoso central, anatomía; vena yugular / imagen diagnóstica; habilidad clínica, simulación clínica, desarrollo de habilidad

Abstract:

There are multiple simulation models available for training and improving technical skills in central venous catheter placement with ultrasound guidance. However, due to the high cost of various devices, low-cost designs are needed to facilitate training for residents in medical and surgical specialties. We are proposing a simulation model for the training of medical residents in ultrasound-guided central venous catheter placement. A tissue model was designed using platinum-based silicone rubber with a central tubular structure. In addition, educational sessions were conducted to enable participants to use the models with ultrasound. An anonymous survey was administered before and after training to assess the participants' experience. Twenty internal medicine's residents were evaluated, with the majority having little experience in central venous catheter placement (55% had performed 0 to 5 procedures). Only 20% had ever used ultrasound,

and only 10% had used it in all procedures. Self-perception of ultrasound-guided catheter placement significantly improved after the intervention, with an average increase of 1.67 points on a scale from 1 to 5 ($P < 0.0002$). A low-cost, stress-free, and risk-free simulation model was proposed to facilitate the acquisition of knowledge and improvement of technical skills in central venous catheter placement for residents in training.

Keywords: Central Venous Catheters; Models, Anatomic; Jugular Veins / diagnostic imaging; Clinical Competence, health care simulation, task trainer

1. Introducción

La implantación del catéter venoso central, desde su inicio en 1929 con el Dr. Forssmann, ha marcado un hito en las opciones terapéuticas para los pacientes críticos (1). No obstante, debido a las múltiples complicaciones inherentes asociadas con este procedimiento, la colocación adecuada, siguiendo una técnica aséptica y una inserción eficiente, se ha convertido en un indicador crítico de la seguridad del paciente (2).

En la educación académica y práctica de los residentes de diversas especialidades clínicas, como medicina interna, urgencias, cuidados intensivos, cirugía y anestesiología, se les brindan conocimientos sobre las indicaciones y técnicas estériles para la inserción correcta de un catéter venoso central. Sin embargo, durante la realización de este procedimiento, pueden surgir múltiples complicaciones secundarias, como infecciones, neumotórax, punción arterial, trombosis venosa profunda y sangrado, que son las más comunes (3).

Estas complicaciones pueden clasificarse en dos categorías: las tempranas, que generalmente son de naturaleza mecánica y están relacionadas con la técnica de inserción, incluyendo lesiones arteriales, hematomas, neumotórax/hemotórax, embolismo aéreo, arritmias cardíacas, lesiones nerviosas y colocación incorrecta del catéter; y las tardías, que involucran infecciones y trombosis vasculares y están asociadas con los cuidados y las condiciones propias del paciente (4).

Además, según la vía de acceso utilizada, las complicaciones pueden variar, ya que la vía femoral tiende a presentar más complicaciones tardías y menos complicaciones agudas, mientras que el punto de inserción subclavio es más propenso a complicaciones mecánicas significativas (5).

Buestro objetivo ha sido implementar un modelo de simulación de desarrollo de las habilidades clínicas de inserción de catéter, guiado o no por ecografía, en un ambiente de aprendizaje seguro bajo condiciones ideales que permita disminuir las complicaciones asociadas al procedimiento durante el entrenamiento, y que además sea un sistema de bajo costo que permita su amplia difusión.

2. Métodos

El Departamento de Medicina Interna en su convenio docente-asistencial con la Universidad del Valle, se encuentra compuesto por médicos internistas, que comúnmente colocan catéteres venosos centrales y catéteres de diálisis, así como realizan paracentesis, entre otros procedimientos guiados por ultrasonido en el Hospital Universitario del Valle, en la ciudad de Santiago de Cali. Se realizó un estudio descriptivo observacional de índole transversal en que se intentó determinar si la intervención educativa, en este caso, las sesiones con modelos de simulación, mejoraban el conocimiento, las habilidades o las competencias de los participantes en un área específica, como la medicina interna. Durante los años académicos del 2021-2023, el departamento organizó diversas sesiones educativas

para los residentes en la especialidad de Medicina Interna, de carácter obligatorio para su formación.

Cada sesión comenzó con una clase introductoria, que incluyó una orientación para el uso de la ecografía, funcionamiento del equipo, correcta técnica estéril y demostración de la anatomía vascular visualizándola en un voluntario del grupo. Después de la introducción, los participantes eran divididos en grupos según su nivel de experticia por año académico actual. Después de ser asignados a una estación de trabajo, realizaban la colocación del equipo estéril y la inserción de la línea central, utilizando un ecógrafo SonoSite Edge II, un contenedor de agujas, un set de catéter central bilumen y un modelo de simulación tisular de bajo costo para punción e introducción de catéteres centrales (figura 1).

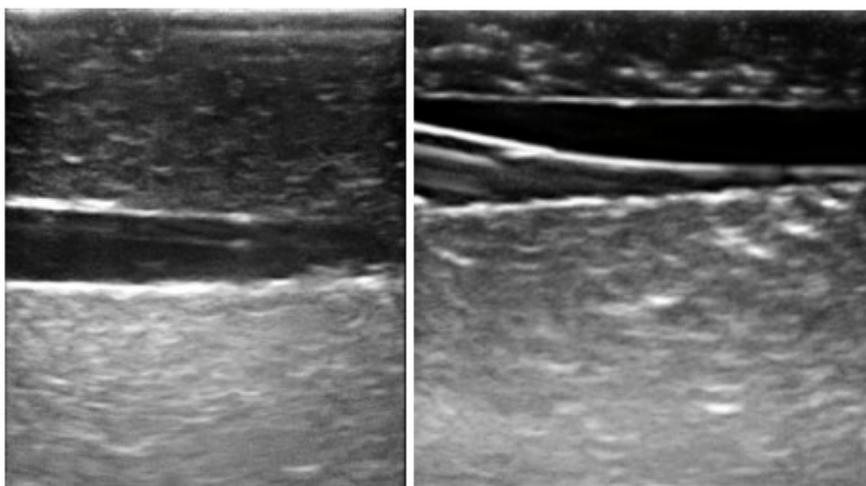


Figura 1. Visión del vaso sanguíneo por ecografía con la guía del dispositivo en modo 2D.

Los modelos tisulares se realizaron a partir de cauchos siliconados de base platino, dentro del cual contaban con una estructura tubular de 6.5 mm de diámetro, que corría a lo largo de la estructura. Cada borde del tubo, o "vaso", era sellado por ambos extremos y llenado a presión, con un sistema de mangueras rígidas que permite el paso de la guía y el avance del catéter, con solución salina con colorante rojo para simular sangre. El costo total de cada modelo fue de 50 USD aproximadamente (figura 2).

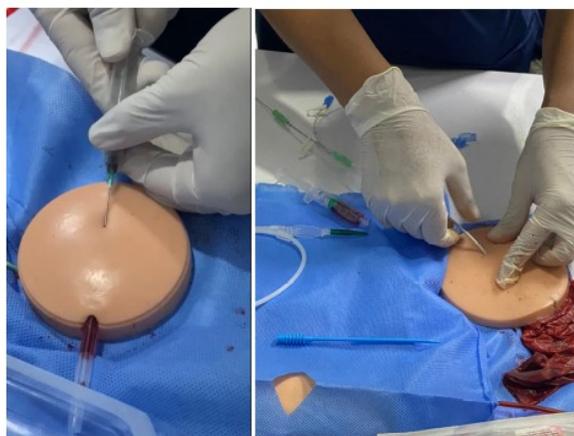


Figura 2. Equipo de simulación para realizar la práctica de punción.

Durante el curso de aproximadamente 2 horas y media por sesión, en 4 sesiones, cada participante fue entrenado para visualizar las estructuras vasculares guiada por ecografía y canular los vasos guiados por imagen, junto con el manejo de los insumos del set de paso de catéter central, la manipulación de la guía y los diferentes elementos para preservar una correcta técnica estéril durante el procedimiento. Se realizó la capacitación con 20 residentes, correspondientes a cada año de los tres años de especialidad, y dos docentes como capacitadores. Se realizó una retroalimentación general donde se mejoró la seguridad al empleo del ecógrafo y la adecuada canulación de los vasos, además de corregir errores comunes para preservar una correcta técnica estéril. Al finalizar el curso, diligenciaron una encuesta virtual de autopercepción durante las sesiones de capacitación y habilidades adquiridas previamente.

3. Resultados

Se evaluó a 20 participantes, todos ellos residentes de la especialización de medicina interna. El nivel de experiencia en el paso de catéteres venosos variaba entre los estudiantes, ya que la mayoría de ellos no tenía experiencia previa (55% habían pasado entre 0-5 catéteres). Resultó llamativo que únicamente el 20% de los participantes había utilizado el ultrasonido en algún momento para la realización del procedimiento, y solo el 10% de los participantes lo había empleado en todos sus procedimientos (tabla 1).

Se evaluaron los resultados de las encuestas utilizando una escala de 1 (no tan cómodo) a 5 (muy cómodo) para evaluar la autopercepción respecto al paso de catéteres guiados por ultrasonido, y se encontró una diferencia basal de 1.5 a 3.35, con una diferencia media significativa de 1.67 ($P < .0002$), evaluada por la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. En cuanto a la utilidad del modelo tisular, se registró una calificación global 4 (60%) subjetiva en una escala del 1 al 5. El modelo tisular mostró su mayor fortaleza en la facilidad para la educación en las prácticas clínicas adecuadas para mantener la barrera estéril y obtener una imagen adecuada para iniciar el uso del ecógrafo como guía para el paso de catéteres. Posteriormente, se proporcionó retroalimentación a nivel de las guías de práctica institucional para implementar el procedimiento de paso de catéteres bajo guía ecográfica como un estándar de seguridad del paciente.

Tabla 1. Características en la encuesta a 20 residentes.

Participantes	
Hombres	15 (75%)
Mujeres	5 (25%)
Nivel de entrenamiento	
Primer año	15 (75%)
Segundo año	2 (10%)
Tercer año	3 (15%)
Número previo de catéteres pasados	
0 a 1	8 (40%)
2 a 5	3 (15%)
6 a 10	3 (15%)
10 a 50	6 (30%)
Uso previo del ecógrafo para paso de CVC	
Siempre (5)	2 (10%)
Algunas veces (2 a 4)	4 (20%)
Nunca (1)	14 (70%)

4. Discusión

La guía ecográfica para inserción de catéter venoso central mejora la efectividad de la inserción, principalmente para abordaje yugular interno y femoral (6), ya que disminuye las complicaciones inmediatas mecánicas asociadas al procedimiento (7). El proceso de aprendizaje para procedimientos generalmente se basa en un abordaje práctico y presencial con los pacientes “veo uno, hago uno”, en el que los que están siendo entrenados se apoyan en otros residentes o médicos asistenciales para la capacitación, a pesar de la calidad variable de la supervisión y la falta de eficiencia inherente a este método (8). Durante el cual, los pacientes se vuelven sujetos de entrenamiento, para aprendices novatos que no siempre están familiarizados con los aspectos metodológicos del procedimiento o no se han familiarizado previamente el equipo.

Los programas de entrenamiento con simulación en la educación médica aumentan el conocimiento, proveen oportunidades para una práctica segura, y moldean el desarrollo de habilidades clínicas (9). El primer estudio en mostrar el impacto del entrenamiento basado en simulación para inserción de CVC, demostró que los residentes que fueron previamente capacitados requerían menos punciones de aguja y contaban con mejores habilidades técnicas (10). En nuestro estudio, la mayoría de los residentes (70%), nunca habían realizado el procedimiento guiado por técnica ecográfica, a pesar de que el 60% ya había realizado al menos dos veces el paso de catéter venoso central.

Inicialmente, los modelos de entrenamientos en cadáveres humanos frescos y animales vivos implican alto costo, acceso limitado, con alto riesgo de infecciones y dificultades éticas; al igual que los simuladores de realidad virtual que son de alto costo y acceso restringido. Por lo cual, se han propuesto simuladores con partes de animales post-mortem (muslos de pavo y pollo, piezas de cerdo, entre otros) junto con los modelos inorgánicos y sintéticos (11). Por nuestra parte, hemos desarrollado un modelo de simulación basado en platino que es reutilizable y no involucra el uso de tejidos orgánicos.

Al iniciar el entrenamiento en un modelo de simulación se crea un ambiente seguro para mejorar las habilidades clínicas y destrezas de técnica aséptica, inserción de catéter y uso de guía ecográfica; que permite antes de realizar las prácticas en los pacientes una familiarización con los equipos, la oportunidad de repetir sin riesgos y el desarrollo de habilidades motrices. Por ello, la implementación de modelos sencillos y de bajo costo, facilita la introducción de la simulación clínica en las instituciones académicas (10).

El modelo de entrenamiento aquí presentado es de bajo costo, útil para el entrenamiento de cualquier servicio que maneje pacientes críticos, para realizar las prácticas de manejo del ultrasonido y para realización de punción e inserción de catéteres en personal que se encuentre en entrenamiento. Asimismo, permite mejorar el uso del ultrasonido con adecuada técnica estéril y la coordinación mano-ojo. Además, la punción y canulación puede ser repetida varias veces en el mismo modelo.

En las limitaciones del modelo, tal como ocurre en otros diseños, no cuenta con variaciones anatómicas, considerando que en los pacientes las estructuras pueden cambiar en tamaño, localización y movilidad (11). Por otra parte, el modelo es totalmente inanimado, y no ocurre ningún tipo de movimiento durante el procedimiento, lo que facilita la visualización y canulación vascular, a diferencia de al realizarse in vivo donde el paciente puede cambiar de posición.

La disminución de posibles complicaciones posterior a la capacitación de los residentes es un resultado destacado de este estudio. Previo a la intervención, la mayoría

de los residentes llevaban a cabo procedimientos sin el uso de ultrasonido. A través de sesiones educativas y entrenamiento específico en esta habilidad, se observó un desarrollo de la habilidad en técnica ecográfica de los residentes, que por este cambio refleja la efectividad de la capacitación y su impacto positivo en la posterior práctica clínica de los residentes.

5. Conclusiones

- Los modelos de simulación como inserción de catéteres venosos mejoran la habilidad clínica; el desarrollo de modelos de simulación de bajo costo que puedan ser implementados con facilidad es esencial en el entrenamiento profesional.
- Hemos diseñado una capacitación de corta duración, que permitió mediante un modelo inicial de simulación de bajo costo el entrenamiento en técnica guiada por ecografía en aquel personal que se encuentra en la fase inicial de su capacitación para adquisición de habilidades blandas.

Financiación: No ha habido financiación.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Aspectos éticos: Los autores declaran que el estudio se clasifica como investigación sin riesgo, dado que se empleó un método en el cual la información fue obtenida por medio de encuestas a terceros.

Referencias

1. Goerig M, Agarwal K, Werner Forssmann: "The typical man before his time!" - Erste herzkatheterisierung im selbstversuch. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmedizin Schmerztherapie*. 2008;43(2):162-5. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1060550>
2. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America, Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, eds. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. <https://doi.org/10.17226/9728>
3. Duffy FD, Holmboe ES. What procedures should internists do? *Ann Intern Med*. 2007;146(5):392-3. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-146-5-200703060-00012>
4. Sznajder JJ, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central Vein Catheterization: Failure and Complication Rates by Three Percutaneous Approaches. *Arch Intern Med*. 1986;146(2):259-61. <https://doi.org/10.1001/archinte.146.2.259>
5. Parienti J-J, Mongardon N, Mégarbane B, Mira J-P, Kalfon P, Gros A, et al. Intravascular Complications of Central Venous Catheterization by Insertion Site. *N Engl J Med*. 2015;373(13):122. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1500964>
6. Saugel B, Scheeren TWL, Teboul JL. Ultrasound-guided central venous catheter placement: A structured review and recommendations for clinical practice. *Crit Care*. 2017;21(1):1-11. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1814-y>
7. Caballero AF, Villarreal K. Ultrasonido para accesos vasculares centrales. Un concepto de seguridad que se renueva día a día: revisión. *Rev Colomb Anestesiol*. 2018;46(36):32-8. <https://doi.org/10.1097/cj9.0000000000000043>
8. Ault MJ, Rosen BT, Ault B. The use of tissue models for vascular access training: Phase I of the procedural patient safety initiative. *J Gen Intern Med*. 2006;21(5):514-7. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1525-1497.2006.00440.x>
9. Barsuk JH, Cohen ER, Williams M V., Scher J, Jones SF, Feinglass J, et al. Simulation-Based Mastery Learning for Thoracentesis Skills Improves Patient Outcomes: A Randomized Trial. *Acad Med*. 2018;93(5):729-35. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000001965>
10. Barsuk JH, McGaghie WC, Cohen ER, O'Leary KJ, Wayne DB. Simulation-based mastery learning reduces complications during central venous catheter insertion in a medical intensive care unit. *Crit Care Med*. 2009;37(10):2697-701. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19885989/>

11. Denadai, Rafael, Toledo, Andreia Padilha, Bernades, Danielle Milani, Diniz, Felipe Daldegan, Eid, Fernanda Brandão, Lanfranchi, Livia Maria Marcondes de Moura, Amaro, Luciana Chamone, Germani, Natalia Mariana, Parise, Vinicius Gutierrez, Pacheco Filho, Claudio Nascimento, & Saad-Hossne, Rogério. (2014). Simulation-based ultrasound-guided central venous cannulation training program. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 29(2), 132-144. <https://doi.org/10.1590/s0102-86502014000200010>



© 2023 Universidad de Murcia. Enviado para su publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Sin Obra Derivada 4.0 España (CC BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).