

Modelos de simulación para el aprendizaje de la punción vascular ecoguiada

José Manuel López Álvarez, Olivia Pérez Quevedo, Sira Alonso-Graña López-Manteola

Unidad de Medicina Intensiva Pediátrica. Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil de Las Palmas de Gran Canaria.

Resumen

Introducción. La canalización vascular es una técnica esencial en el niño crítico. La utilización de la ecografía facilita este procedimiento. La curva de aprendizaje mejora con la utilización de modelos de simulación.

Objetivos. 1. Localizar y medir los principales vasos canalizados en el paciente pediátrico crítico. 2. Describir un modelo de entrenamiento para la canalización vascular ecoguiada en pediatría.

Material y Metodos. 1. Localización y medición ecográfica de los vasos centrales a canalizar en el paciente pediátrico. 2. Revisión de los distintos modelos de simulación de punción vascular ecoguiada y presentación de un nuevo modelo.

Resultados.

1. Se localizaron y midieron a 125 pacientes pediátricos: a) la arteria femoral, situada a una profundidad (P) media de 0,72 (0,34) cm con un diámetro (D) antero-posterior medio de 0,37 (0,17) cm; b) la de la vena femoral con una P de 0,79 (0,35) cm y un D de 0,42 (0,22) cm; y c) la vena yugular interna con una P de 0,77 (0,24) cm. y un D de 0,59 (0,23) cm.
2. Se diseñó un modelo de entrenamiento para punción vascular ecoguiada con dos componentes: a) Muscular: porción muscular aviar; b) Vascular: sistema tubular elástico relleno de líquido. Este modelo permite simular distintas profundidades del vaso así como diferentes diámetros de los mismos, basado en las mediciones previamente presentadas

Conclusiones: La ecografía permite visualizar los vasos y medir su profundidad y diámetro. La vena yugular interna suele ubicarse a una profundidad similar a los vasos femorales aunque, sin embargo, su diámetro es mayor. El modelo presentado simula con fidelidad las estructuras vasculares del paciente pediátrico, es fácilmente

reproducible y permite la canalización y el aprendizaje de la técnica de la punción ecoguiada.

Palabras clave: *Punción vascular ecoguiada, vasos centrales pediátricos, modelos de entrenamiento pediátricos*

Abstract

Introduction. Vascular canalization is an essential technique in the critical child. The use of ultrasound facilitates this procedure. The learning curve improves with the use of simulation models.

Objectives. 1. To locate and measure the main channeled vessels in the critical pediatric patient. 2. To describe a training model for ecoguided vascular channeling in Pediatrics.

Results.

1. 125 paediatric patients were located and measured: a) femoral artery, located at an average depth (P) of 0,72 (0,34) cm with a diameter (D) antero-posterior mean 0,37 (0,17) cm; b) femoral vein with a P of 0,79 (0,35) cm and a D of 0,42 (0,22) cm; and c) internal jugular vein with a P of 0,77 (0,24) cm. and a D of 0,59 (0,23) cm.
2. A training model for ecoguided vascular puncture was designed with two components: a) Muscle: avian muscle portion; b) vascular: elastic tubular system filled with liquid. This model allows to simulate different depths of the vessel as well as different diameters of them, based on the previously presented measurements.

Conclusions. Ultrasound allows to visualize the vessels and to measure their depth and diameter. Internal jugular vein is usually located at a depth similar to the femoral vessels but its diameter is greater. The model presented faithfully simulates the vascular structures of the pediatric patient, is easily reproducible and allows the channeling and learning of the technique

of the ecoguided puncture.

Key words: *Ultrasound-guided vessel puncture, pediatric central vessels, pediatric training model*

Introducción

La canalización vascular es una técnica esencial en el niño crítico¹⁻⁵. Las guías clínicas internacionales recomiendan la canalización vascular guiada por ecografía de cualquier vena central siempre que esté disponible tanto en niños como en adultos^{6,7}.

El uso de modelos de simulación que sirvan como entrenamiento para procedimientos diagnósticos o terapéuticos: a) mejora la calidad asistencial de los pacientes, sobre todo si estas técnicas no están desprovistas de complicaciones y riesgos; b) disminuyen el estrés que puede producir la realización de una nueva técnica directamente en el paciente y; c) pueden ser usadas tantas veces como se reproduzca el modelo sirviendo también como método para la resolución de algunos problemas que puedan aparecer relacionados con la técnica *in vivo*⁷⁻¹⁰.

Un modelo de entrenamiento ideal utilizado para la realización de procedimientos de canalización vascular guiados por ecografía (CVE) debería: a) reproducir la textura y la resistencia del tejido humano; b) tener la suficiente superficie de penetración para transmitir bien los ultrasonidos; c) poder identificar y localizar las distintas estructuras tisulares; d) obtener una imagen óptima; e) permitir diferentes niveles de dificultad y complejidad a la hora de realizar el procedimiento; f) evitar, en la medida de lo posible, que no se marque el trayecto de la aguja; g) poder visualizar la aguja; h) mantener una larga vida media; i) ser fácilmente transportable, y reproducible en cualquier medio; j) tener fácil accesibilidad y ser económicamente asequible.

La progresiva introducción de la ecografía en las Unidades de Cuidados Intensivos ha permitido el desarrollo y expansión de la CVE.

Material y método

1. Se realizó la localización y medición ecográfica de los vasos a canalizar en el paciente pediátrico, principalmente: a) la arteria femoral (AF) y la vena femoral (VF) en abducción del muslo entre 30-45°

colocando el transductor ecográfico por debajo del ligamento inguinal entre 0,5-1 cm; b) la vena yugular interna (VYI) en decúbito supino girando la cabeza 10-15° en sentido contralateral a la región cervical explorada colocando el transductor ecográfico a nivel del cartílago cricoides. Para ello, se utilizó un transductor lineal multifrecuencia (L 5-12 MHz), al que se le aplicó gel transductor y se protegió con un apósito estéril.

2. En base a las mediciones anteriores y tras la revisión de los distintos modelos de simulación-entrenamiento en CVE, se diseñó un modelo que consta de dos componentes: a) Componente muscular: porción de músculo pectoral aviar; b) Componente vascular: Estructura tubular de material elástico rellena de agua con colorante hidrosoluble y sellada por ambos extremos mediante un nudo.

Resultados

1. Medición vascular

Se incluyeron en el estudio 125 pacientes pediátricos con una media de edad de 65,7 (61,9) meses y una distribución por sexos de 56,2 % para los niños y 43,8% para las niñas. Su peso y talla medias fueron de 20,6 (17,6) kg y 96,9 (39,6) cm respectivamente y su superficie corporal de 0,72 (0,45) m².

Se realizaron 250 mediciones (figura 1) de Profundidad (P) y Diámetro (D) de los principales vasos centrales (tablas 1 y 2) a nivel de arteria femoral (AF), vena femoral (VF) y venas yugulares internas (VYI). Estos resultados sirvieron de base para el diseño de un modelo de entrenamiento en CVE. Se comprobó la correcta ubicación del catéter con control ecográfico (figura 2)

2. Montaje y descripción de un modelo de entrenamiento

El modelo de entrenamiento que vamos a describir consta de:

a) Componente muscular: Porción de músculo pectoral aviar de unas medidas aproximadas (largo, ancho, alto) de: 10 cm x 10 cm x 3 cm que se puede adquirir en cualquier tienda de comestibles (figura 3);

b) Componente vascular: Estructura tubular de material elástico (globo de molde) rellena de 10 ml de agua con colorante hidrosoluble y sellada por ambos extremos mediante un nudo. Ambos com-

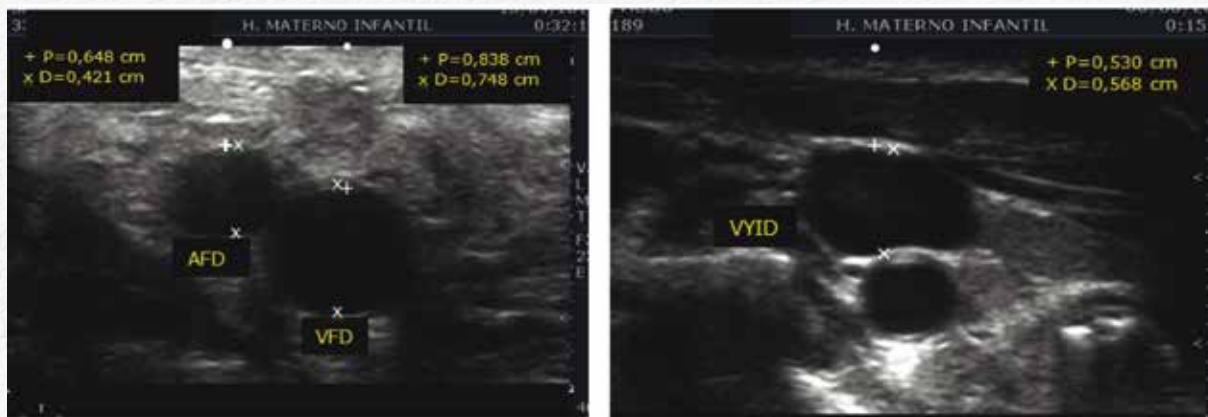


Figura 1. Medición de profundidad (P) y diámetro vascular (D) de la arteria y vena femoral derechas (AFD y VFD) en una niña de 12 años de edad (derecha) y vena yugular interna derecha (VYID) en un niño de 23 meses de edad (Izquierda)

| Profundidad | N | Mínimo | Máximo | Media | DE |
|----------------------|-----|--------|--------|-------|------|
| Arteria femoral | 250 | 0,19 | 2,00 | 0,72 | 0,34 |
| Vena femoral | 250 | 0,30 | 2,26 | 0,79 | 0,35 |
| Vena yugular interna | 250 | 0,30 | 1,80 | 0,77 | 0,24 |

Tabla 1. Medidas de profundidad (P) de los vasos centrales pediátricos (expresadas en centímetros)

| Diámetro | N | Mínimo | Máximo | Media | DE |
|----------------------|-----|--------|--------|-------|------|
| Arteria femoral | 250 | 0,15 | 0,78 | 0,37 | 0,17 |
| Vena femoral | 250 | 0,13 | 1,05 | 0,42 | 0,22 |
| Vena yugular interna | 250 | 0,16 | 1,14 | 0,59 | 0,23 |

Tabla 2. Medidas de diámetro (D) de los vasos centrales pediátricos (expresadas en centímetros)

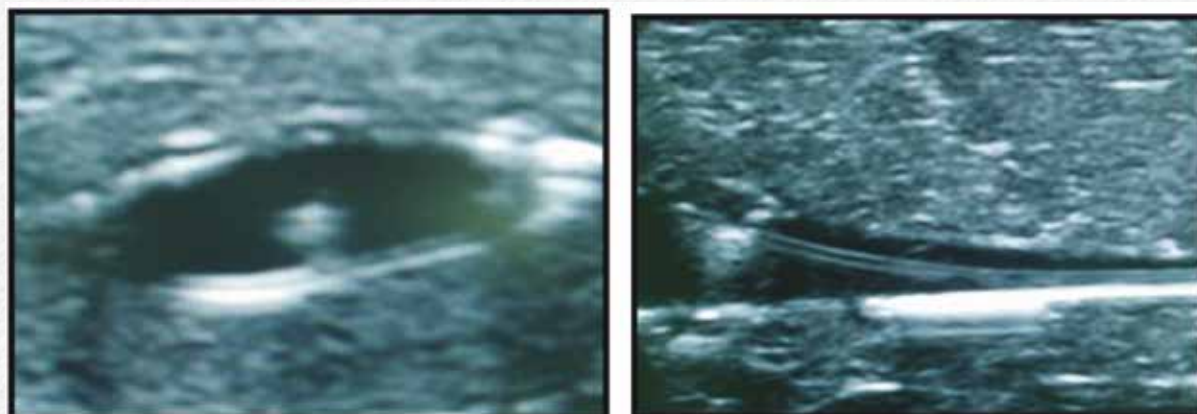


Figura 2. Visualización ecográfica del catéter central ubicado en el interior de la vena yugular interna en un lactante de 10 meses y 8,5 kg (Izqda.: eje transverso. Derecha: eje longitudinal)

ponentes simulan la estructura muscular y vascular del paciente pediátrico (figura 4).

El desarrollo del modelo se fundamenta en introducir un drenaje torácico de 8 Fr junto a su trocar de punción atravesando longitudinalmente la porción muscular a diferentes niveles de profundidad asemejando las distintas profundidades a la que se encuentran los vasos en los niños según edad y peso. A continuación se retira el trocar quedando la porción plástica del drenaje en el interior de la estructura muscular. En la porción distal del drenaje se sutura el extremo distal de la estructura tubular elástica en la zona del nudo. Al traccionar del drenaje en sentido opuesto quedaría insertado dentro de la estructura muscular el dispositivo que intentaremos visualizar y canalizar de forma eco-guiada en el modelo experimental (figura 5).

Según la tensión aplicada sobre la estructura elástica mediante un sistema de clamps fijados a distinta longitud, conseguimos tres rangos de diámetros diferentes, equiparables a los diámetros de los vasos de los pacientes pediátricos obteniendo así diferentes niveles de dificultad para la canalización vascular eco-guiada (figura 6).

Se pueden establecer tres niveles de profundidad y tres niveles de diámetro en base a resultados preliminares de 250 mediciones de profundidad y diámetro de los vasos centrales más habituales de los pacientes pediátricos de diferentes peso y tamaño referenciados por nuestro grupo (tabla 2).

Cada modelo permite realizar más de 100 punciones sin deterioro del mismo con un coste aproximado de 3 €.



Figura 3. Medidas del componente muscular del modelo de entrenamiento

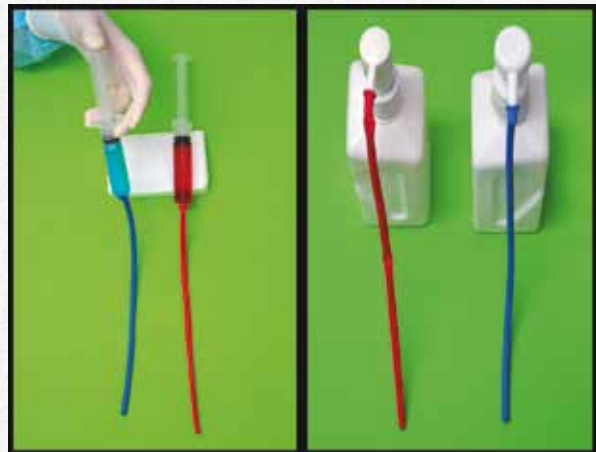


Figura 4. Llenado de la estructura vascular con colorante hidrosoluble, mediante jeringa (izquierda) o mediante dosificador (derecha.)

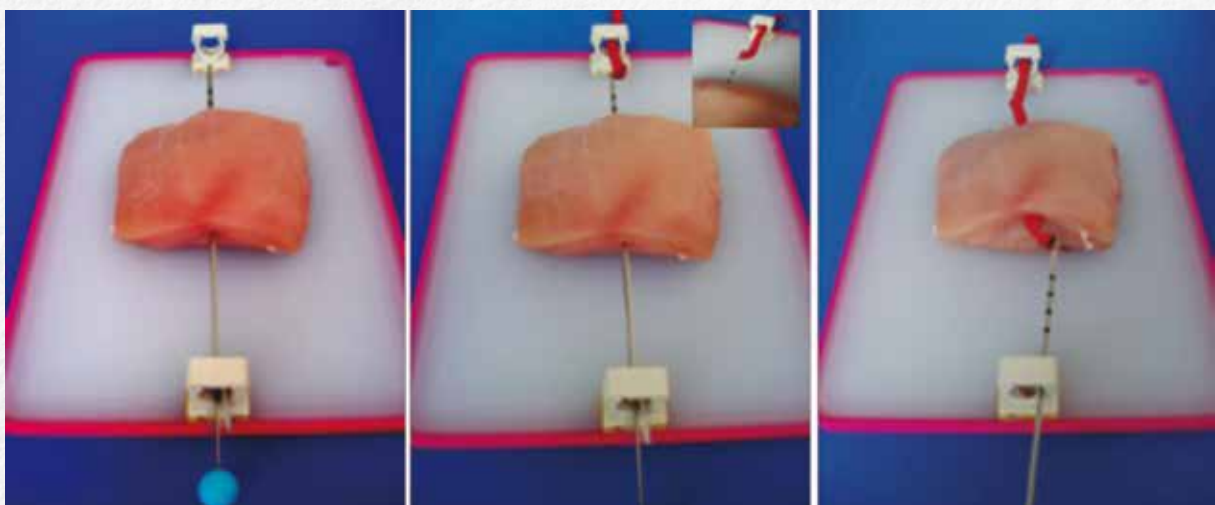


Figura 5. Izqda: Trocar de punción que atraviesa longitudinalmente la porción muscular del modelo. Centro: Sutura del drenaje al extremo de la estructura vascular distal al nudo realizado (detalle en el ángulo superior). Dcha: Ubicación en el interior de la estructura muscular de la estructura vascular tras traccionar del drenaje suturado a ella

La fidelidad de la visión ecográfica en el modelo de entrenamiento y respecto a la imagen real *in vivo* en el paciente se presenta en la figura 7.

Discusión

La canalización de vías venosas centrales en el paciente crítico pediátrico es una

técnica que se realiza de forma habitual en las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos así como en los Servicios de Anestesiología y Urgencias Pediátricas. De forma general la técnica utilizada para la canalización vascular ha sido la clásica "técnica a ciegas" que no está exenta de complicaciones y riesgos aún en las manos más expertas¹⁻⁶.

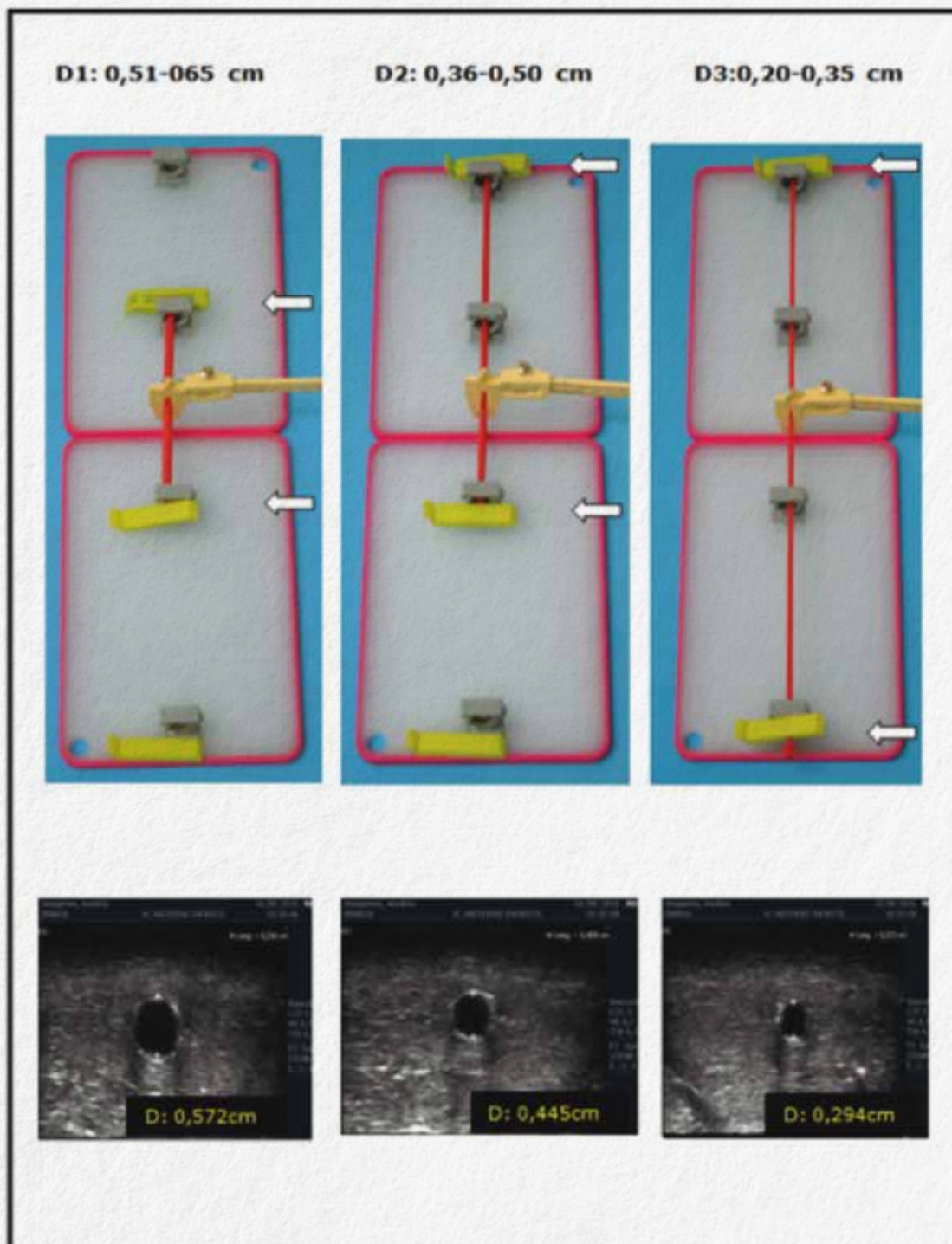


Figura 6. Diámetros vasculares (D1-D3) según el grado de estiramiento de la estructura elástica con sus clamps (flechas) y su representación ecográfica.

Las mediciones de profundidad y diámetro de los vasos pediátricos, presentan una bibliografía limitada con series focalizadas en determinados rangos de edad (recién nacidos, lactantes) o con un número de pacientes bajo¹¹⁻¹⁷.

En el presente trabajo se incluyen a 125 pacientes realizándose en total, 750 medidas vasculares de los vasos centrales más comúnmente canalizados en el paciente pediátrico, los femorales y los yugulares.

La localización y medición ecográfica de los vasos venosos y arteriales en el paciente pediátrico, nos va a permitir elegir: a) el vaso a puncionar (aquel con mayor diámetro y menor profundidad); b) el diámetro del catéter a ubicar; c) la longitud y calibre de la aguja de punción. Así mismo podremos explorar vasos que habitualmente no se suelen canalizar por la técnica clásica a ciegas y diagnosticar variantes de la normalidad como malposiciones de los vasos arterio-venosos o complicaciones en los mismos del tipo hematomas o trombosis que van a dificultar su canalización por la técnica habitual.

Está ampliamente aceptado que la canalización de vías venosas centrales guiadas por ecografía mejora la tasa de éxito en la canalización, disminuye el riesgo de complicaciones y representa un estándar de calidad y seguridad para el cuidado y tratamiento del paciente crítico pediátrico dentro de las Unidades de Cuidados Intensivos⁸⁻¹⁰. De hecho, las *Guidelines on the use of ultrasound guidance for vascular access* recomiendan que la canalización de

la vena yugular interna y vena femoral del paciente pediátrico se realice guiada por ecografía⁶.

Se han publicado guías para el aprendizaje de la técnica de canalización vascular ecoguiada⁷. El proceso de entrenamiento para la canalización de vías centrales, por la técnica "a ciegas" al igual que por técnica ecoguiada, disminuye el número de intentos y el número de complicaciones al puncionar el vaso¹⁸. El entrenamiento con un modelo experimental en relación a la punción directa en el paciente a pie de cama, produce poco estrés a la hora de realizar la punción guiada por ecografía, supone una oportunidad de practicar la técnica sin riesgo y conlleva consigo el aprendizaje del uso de los ultrasonidos¹⁹. Todo ello es factible para mejorar la seguridad de los pacientes a la hora de realizar procedimientos invasivos necesarios para el niño crítico.

El modelo experimental expuesto es de bajo coste y fácil acceso para cualquier servicio de transporte de pacientes críticos, anestesiología, cuidados intensivos o urgencias que precisen de la canalización vascular de los pacientes y estén provistos de un aparato de ecografía con una sonda adecuada para la punción vascular y quieran utilizar un método de entrenamiento. Además, facilita el conocimiento del ecógrafo y de la sonda para adquirir la destreza en la protección de la sonda y su esterilidad y la necesaria coordinación "mano-ojo" en la realización de la técnica (20). Se pueden realizar así mismo múltiples punciones y canalizaciones sin dete-

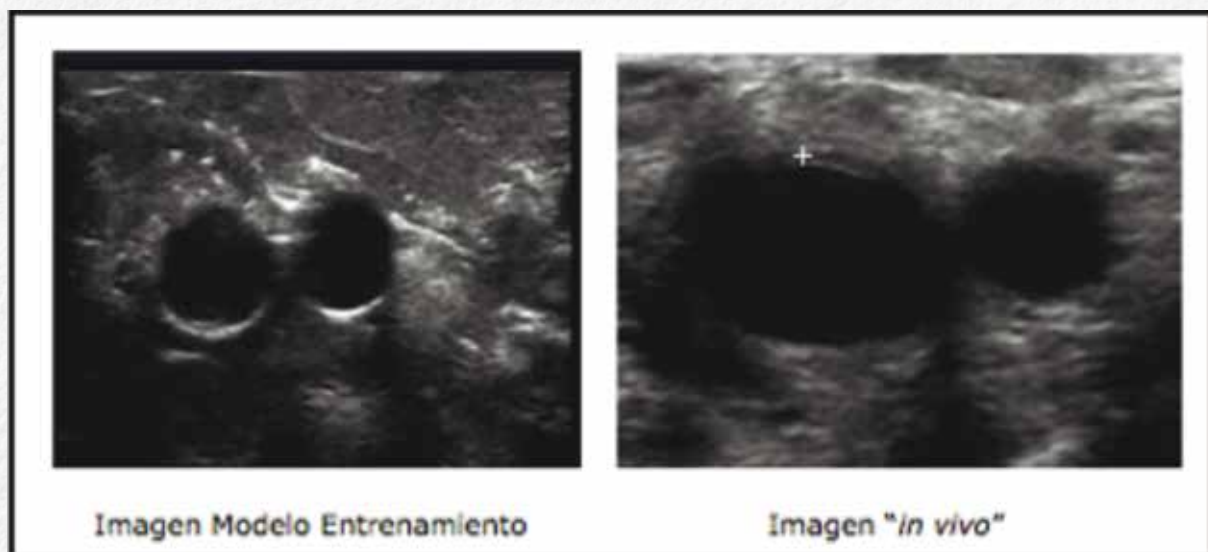


Figura 7. Imagen en el modelo experimental respecto a la imagen real "in vivo"

rioro de la integridad del modelo y esto lo pueden realizar varios operadores ya que se pueden colocar tantas estructuras tubulares elásticas como punciones se requieran sin afectar al modelo experimental.

Existen distintos modelos comerciales sintéticos (silicona, gelatina, latex), junto a otros modelos tisulares (muslo de pollo, pavo o cerdo "pork belly")¹⁹⁻²¹ para el entrenamiento de la canalización vascular guiada por ecografía. Sin embargo, como ventajas de nuestro modelo podemos citar que al realizar la punción, la sensación es similar a la obtenida en la punción del paciente pediátrico en las zonas más habituales (cervical, infraclavicular, braquial o inguinal) tanto en la estructura muscular, como en la vascular, al contrario de otros modelos vasculares en los que se utilizan estructuras plásticas semirígidas (drenaje, sondas, etc.), para simular los vasos. Además no queda marcado el trayecto de la aguja, ni se artefacta la visión vascular por la extravasación del contenido vascular, como ocurre en los modelos sintéticos.

Excepto en pacientes sedados o relajados, al igual que los modelos anteriormente citados, como limitaciones del modelo podemos citar, que utiliza una estructura anatómica fija (musculatura pectoral aviar), al contrario que la situación real del paciente pediátrico en el que ésta puede variar por su tamaño, localización (cervical, inguinal, braquial), movilidad o agitación del paciente. Además las condiciones estáticas del modelo experimental a diferencia del paciente pediátrico favorecen la visualización de las estructuras vasculares y su canalización guiada por ecografía. Sin embargo no podemos despreciar las ventajas que proporciona dicho modelo para realizar una curva de aprendizaje a la hora de realizar esta técnica según la experiencia del operador ya que puede ser utilizado tanto por médicos entrenados en la canalización vascular según la clásica técnica a ciegas por referencia anatómica como por médicos residentes que aún no han empezado a canalizar accesos venosos.

A pesar de las ventajas descritas de la utilización de la ecografía vascular en la canalización vascular del paciente pediátrico, como contrapartida hay que destacar que la técnica: a) precisa una curva de aprendizaje en la que serán fundamental los modelos de simulación; b) tiene unas limitaciones en cuanto a profundidad y diámetro vascular; c) es técnicamente más difícil en los pacientes de menor edad; d) precisa la colaboración del paciente

pediátrico o bien su sedoanalgesia previa para la visualización ecográfica óptima y; e) debe potenciarse el desarrollo de equipos (sondas, monitores, set de punción, etc.) adaptados a los pacientes pediátricos, para obtener los resultados ideales en la canalización vascular ecoguiada.

A pesar de todos los pros y contras expuestos en la CVE, la tendencia inexorable es hacia su implantación como técnica de referencia y aunque no es infalible, la sensación que queda tras el fracaso en la canalización vascular en algunos pacientes pediátricos utilizando la ecografía, es ampliamente superada por el cariño y agradecimiento que le dispensamos cuando nos ayuda en canalizaciones complejas exponiéndonos un vaso al que antes accedíamos de forma totalmente "a ciegas".

Bibliografía

1. León-Jimeno I, Flores-Escartín I, Serrano-Lozano JA. Estudio aleatorizado para la comparación de la colocación de accesos vasculares centrales con y sin ayuda de ultrasonido. *Revista Mexicana de Angiología* 2013; 41:15-24
2. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, et al. A real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Critical Care* 2006; 10:R162
3. Feller-Kopmal D. Ultrasound-Guided internal jugular access. *Chest* 2007; 132: 302-309
4. Turker G, Kaya FN, Gurbet A, Aksu H, Erdogan C, Atlas A. Internal jugular vein cannulation: an ultrasound-guided technique versus a landmark-guided technique. *Clinics (Sao Paulo)* 2009; 64:989-992
5. Froehlich CD, Rigby MR, Rosenberg ES, Li R, Roerig P-LJ, Easley KA, et al. Ultrasound-guided central venous catheter placement decreases complications and decreases placement attempts compared with the landmark technique in patients in a pediatric intensive care unit. *Crit Care Med* 2009; 37:1090-1096
6. Bouaziz H, Zetlaoui PJ, Pierre S, Desruennes E, Fritsch N, Jochum D et al. Guidelines on the use of ultrasound guidance for vascular access. *Anesth Crit Care Pain Med* 2015; 34:65-69
7. Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, Dawson R, Elbarbary M, van Bortel AJH et al. Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth* 2013; 110:347-356

8. Wigmore TJ, Smythe JF, Hacking MB, Rao-baikady R, MacCallum NS. Effect of implementation of NICE guidelines for ultrasound guidance on the complication rates associated with central venous catheter placement in patients presenting for routine surgery in a tertiary referral centre. *Br J Anaesth* 2007; 99:662-665
9. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD et al.; Councils on Intraoperative Echocardiography and Vascular Ultrasound of the American Society of Echocardiography; Society of Cardiovascular Anesthesiologists. Special articles: Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologist. *Anesth Analg* 2012; 114: 46-72
10. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JC, Elbarbary M et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med* 2012; 38:1105-1117
11. Warkentine FH, Clyde Pierce M, Lorenz D, Kim IK. The anatomic relationship of femoral vein to femoral artery in euvolemic pediatric patients by ultrasonography: implications for pediatric femoral central venous access. *Acad Emerg Med* 2008; 15:426-430
12. Steinberg C, Weinstock DJ, Gold JP, Notterman DA. Measurements of central blood vessels in infants and children: normal values. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1992; 27:197-201
13. Hughes P, Scott C, Bodenham A. Ultrasonography of the femoral vessels in the groin: implications for vascular access. *Anaesthesia* 2000; 55:1198-1202
14. Eksioglu AS, Tasci Yildiz Y, Senel S. Normal sizes of internal jugular veins in children/adolescents aged birth to 18 years at rest and during the Valsalva maneuver. *Eur J Radiol* 2014; 83:673-679
15. Breschan C, Platzner M, Jost R, Stettner H, Likar R. Size of internal jugular vs subclavian vein in small infants: an observational, anatomical evaluation with ultrasound. *Br J Anaesth* 2010; 105:179-184
16. Akingbola OA, Nielsen J, Hopkins RL, Friberg EM. Femoral vein size in newborns and infants: preliminary investigation. *Crit Care Lond Engl* 2000; 4:120-123
17. 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
18. Woo MY, Frank J, Lee AC, Thompson C, Cardinal P, Yeung M et al. Effectiveness of a novel training program for emergency medicine residents in ultrasound-guided insertion of central venous catheters. *CJME* 2009; 11:343-348
19. Ault MJ, Rosen BT, Ault B. The use of tissue models for vascular access training. *J Gen Intern Med* 2006; 21:514-517
20. Baddoo H, Djagbletey R, Owoo C. A simple tissue model for practicing ultrasound guided vascular cannulation. *Ghana Med J* 2014; 48:47-49
21. Kendall JL, Faragher JP. Ultrasound-guided central venous access: a homemade phantom for simulation. *CJEM* 2007; 9:371-373

