

ORIGINAL

## Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos



Ignacio Oulego-Eroz\*, Juan Mayordomo-Colunga, Rafael González-Cortés, María Sánchez-Porras, Ana Llorente-de la Fuente, Sira Fernández-de Miguel, Mónica Balaguer-Gargallo, Manuel Frías-Pérez y Antonio Rodríguez-Nuñez, en representación del Grupo de Estudio RECANVA<sup>◇</sup>

Complejo Asistencial Universitario de León, León, España

Recibido el 10 de noviembre de 2019; aceptado el 13 de diciembre de 2019  
Disponible en Internet el 13 de febrero de 2020

### PALABRAS CLAVE

Ecografía;  
Canalización;  
Arteria;  
Cuidados intensivos  
pediátricos

### Resumen

**Introducción:** El uso de la ecografía ha demostrado mejorar los resultados de la canalización venosa central. Sin embargo, sus beneficios en la canalización arterial en niños no han sido claramente establecidos. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de la ecografía en la canalización arterial en la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP).

**Métodos:** Estudio prospectivo multicéntrico en 18 UCIP en España durante un periodo de 6 meses. Se compararon los resultados de la canalización arterial ecoguiada (ECO) con la técnica tradicional basada en referencias anatómicas (REF) en cuanto a la tasa de éxito y las complicaciones inmediatas.

**Resultados:** Se incluyeron 161 procedimientos en 128 pacientes (78 procedimientos en el grupo ECO y 83 en el grupo REF). La mediana (rango intercuartil) de edad y peso de los pacientes fueron 11 meses (2-52) y 10 kg (4-17), respectivamente; el 59,6% eran varones. La ecografía se utilizó preferentemente en las UCIP de mayor tamaño (número de camas 11 [8-16] vs 6 [4-10],  $p < 0,001$ ) y complejidad (cirugía cardíaca 76,9% vs 25,6%,  $p < 0,001$ ), así como en pacientes más pequeños (peso 5,7 kg [3,8-13] vs 11,5 kg [4,9-22,7],  $p < 0,001$ ). El 49,7% de los participantes era personal inexperto (residentes o personal con menos de 5 años de experiencia en UCIP) y solo el 24,4% de los participantes habían realizado más de 50 procedimientos de canalización ecoguiada antes del estudio. No hubo diferencias significativas entre ECO y REF en la tasa de éxito en una punción (35,8% vs 33,7%,  $p = 0,773$ ), en la tasa de éxito global (75,6% vs 71,1%,  $p = 0,514$ ), en el número de punciones (2 [1-4] vs 2 [1-3],  $p = 0,667$ ) ni en la incidencia de complicaciones (16,6% vs 25,6%,  $p = 0,243$ ). El ajuste por variables de confusión en los modelos de regresión no alteró estos resultados. En un análisis de subgrupos se mostró que la ECO mejoró la tasa de éxito global (83,7% vs 62,7%,  $p = 0,036$ ) y redujo las complicaciones (10,8% vs 32,5%,  $p = 0,020$ ) en las canalizaciones realizadas por operadores con menos de 5 años de experiencia en UCIP.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [Ignacio.oulego@gmail.com](mailto:Ignacio.oulego@gmail.com) (I. Oulego-Eroz).

◇ Los miembros del grupo de estudio RECANVA se presentan en el Anexo.

**Conclusiones:** En este estudio prospectivo no hemos observado que, globalmente, el uso de la ecografía mejore los resultados de la canalización arterial en la UCIP. La canalización ecoguiada podría tener ventajas para el personal con menos experiencia.

© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## KEYWORDS

Ultrasound;  
Cannulation;  
Artery;  
Paediatric intensive  
care

## Ultrasound-guided cannulation or by pulse palpation in the intensive care unit

### Abstract

**Introduction:** Ultrasound (US) guidance increases the success rate and decreases complications during central venous catheterisation (CVC). The benefits of US guidance in arterial catheterisation are less clear. The aim of this study is to compare the outcomes of US-guided arterial catheterisation with the traditional landmark (LM) technique in critically ill children.

**Methods:** A prospective multicentre study was carried out in 18 Paediatric Intensive Care units in Spain during a 6-months period. Ultrasound guided and landmark techniques were compared in terms of cannulation technical success and immediate mechanical complications.

**Results:** A total of 161 procedures were performed on 128 patients (78 procedures in the US group and 83 in the LM groups). The median (interquartile range) age and weight of the cohort was 11 months (2-52), and 10 kg (4-17), respectively. More than half (59.6%) were male. US was used mainly in big (number of beds 11 [8-16] vs 6 [4-10],  $p < 0,001$ ) and high complexity intensive care units (cardiac surgery program 76.9% vs. 25.6%,  $P < .001$ ) as well as in smaller children [weight 5.7 kg (3.8-13) vs 11.5 kg (4.9-22.7),  $P < .001$ ]. Almost half (49.7%) of the procedures were performed by an inexperienced operator (paediatric resident, or staff with less than 5 years of clinical experience in the PICU), and only 24.4% had performed more than 50 US-guided vascular access procedures before the study. There were no significant differences between US and LM techniques in terms of first-attempt success (35.8% vs 33.7%,  $P = .773$ ), overall success (75.6% vs 71.1%,  $P = .514$ ), number of puncture attempts [2 (1-4) vs 2 (1-3),  $P = .667$ ] and complications (16.6% vs 25.6%,  $P = .243$ ). Adjustment by potential confounders using multivariate regression models did not modify these results. Subgroup analyses showed that US outperformed LM technique in terms of overall success (83.7% vs 62.7%,  $P = .036$ ) and complications (10,8% vs 32.5%,  $P = .020$ ) only when procedures were performed by less-experienced operators.

**Conclusions:** In this prospective observational multicentre study, US did not improve arterial cannulation outcomes compared to the traditional LM technique in critically ill children. US-guided arterial cannulation may offer advantages when cannulation is performed by inexperienced operators.

© 2020 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Asociación Española de Pediatría. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La ecografía a pie de cama es hoy en día una técnica esencial en el cuidado de los niños gravemente enfermos<sup>1-4</sup>. Permite la realización de diagnósticos a pie de cama, la monitorización de la evolución de la enfermedad y la realización de procedimientos invasivos con mayor eficacia y seguridad para el paciente<sup>4</sup>. Una de las aplicaciones mejor estudiadas es el acceso vascular. Existen evidencias sólidas de que el acceso vascular ecoguiado mejora las tasas de éxitos y reduce las complicaciones en la canalización venosa central tanto en niños como en adultos<sup>5,6</sup>. Hoy en día, distintas sociedades científicas y organismos de regulación sanitaria consideran el uso de la ecografía como obligatorio en la canalización venosa central<sup>7,8</sup>. La ecografía también se ha utilizado extensamente para facilitar la canalización

arterial, existiendo evidencia en su favor en la canalización de la arteria radial en adultos<sup>9</sup>. En niños, el uso de la ecografía en el acceso arterial ha sido mucho menos estudiado. La mayoría de los estudios han sido realizados en niños estables en quirófano y apoyan el uso de la ecografía en la canalización arterial<sup>10</sup>. Sin embargo las tasas de éxito son bajas en comparación con el acceso venoso<sup>11-13</sup>. La razón probablemente radica en que el acceso a las arterias en los niños, especialmente en los más pequeños, requiere mayor experiencia debido a factores como el menor tamaño de los vasos o la mayor tendencia al vasoespasmio y trombosis<sup>14</sup>. Todo ello puede hacer que la canalización sea complicada incluso utilizando la ecografía. Existen pocos estudios que hayan analizado los resultados de la canalización arterial ecoguiado en la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP). Además de los factores mencionados, la canalización arterial en la

UCIP se realiza habitualmente de forma urgente y en pacientes inestables, lo que dificulta aún más el procedimiento<sup>13</sup>.

El objetivo de este estudio fue comparar las tasas de éxito y complicaciones de la canalización arterial guiada por ecografía (ECO) con la realizada mediante referencias anatómicas (REF).

## Métodos

### Diseño y pacientes

Estudio prospectivo multicéntrico durante un periodo de 6 meses (noviembre 2015-abril 2016) en 18 UCIP. Se incluyeron niños entre 0-18 años ingresados en la UCIP que requirieran canalización de una arteria por indicación del médico responsable. Solo se incluyeron los procedimientos realizados por el personal de la UCIP. Este estudio forma parte de un registro sobre acceso vascular más amplio llamado RECANVA, promovido por el grupo de trabajo de ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP), cuyos resultados en lo referente a la canalización venosa central han sido publicados con anterioridad<sup>15</sup>.

### Procedimiento

Se consideró la técnica de canalización ecoguiada (ECO) como el uso de la ecografía en tiempo real (también conocida como técnica dinámica) para la punción arterial. Se excluyeron los procedimientos en los que la ecografía se utilizaba solo para localizar y/o marcar el lugar de punción (técnica de pre-localización o estática). Se consideró canalización por referencias (REF) a la que se realizó sin ninguna ayuda externa de la ecografía y donde el punto de punción se localizó por palpación del pulso arterial. Se definió un procedimiento individual como la punción de una arteria utilizando una única técnica (ECO o REF). El intento de canalización se definió como cada punción realizada en la piel. Cuando el primer operador no era capaz de canalizar la arteria se permitió que otros operadores intentaran la canalización. A efectos del análisis se definió el éxito en el procedimiento como la colocación del catéter en la arteria independientemente del número de punciones realizadas o del número de operadores necesarios. Se consideró un procedimiento fallido aquel en el cual el operador u operadores no eran capaces de colocar el catéter, se tenía que cambiar de una técnica a otra (ECO a REF, o viceversa) o se precisaba puncionar otra arteria a la inicialmente elegida.

### Medidas

En todos los pacientes se recogieron datos referentes a la UCIP (número de camas, ingresos, complejidad), al operador (cualificación profesional, años de experiencia), al paciente (diagnóstico, situación clínica en el momento del procedimiento, edad, peso, sexo etc.) y al procedimiento (urgente vs programado, arteria canalizada, tasas de éxito y complicaciones).

## Variables resultado

La variable resultado principal fue la tasa de éxito en la canalización en el primer intento de punción. Esta variable se utiliza habitualmente en los estudios que evalúan las técnicas de acceso vascular al considerarse como un parámetro más sensible para detectar las ventajas de una técnica sobre otra. Otras variables estudiadas fueron la tasa de éxito final, el número de intentos de punción, el tiempo de preparación del procedimiento (tiempo desde el inicio del procedimiento hasta la primera punción), el tiempo de canalización (tiempo desde punción a paso de guía), la causa del fracaso del procedimiento y la tasa de complicaciones inmediatas (hematomas, punción venosa accidental, isquemia, trombosis, etc.).

### Aspectos éticos

El protocolo de estudio fue revisado y aprobado por el Comité Ético de referencia y los padres dieron su consentimiento informado.

### Análisis estadístico

Los datos cuantitativos se resumen en mediana (rango intercuartil), mientras que los datos cualitativos se expresan en número y porcentaje. Los grupos de estudio se compararon mediante los test de U Mann Whitney y chi cuadrado. Se realizó un análisis de subgrupos estratificado en base al tamaño de la UCIP, la experiencia del operador, la edad del paciente y la localización del acceso vascular. Así mismo se analizaron separadamente los datos de aquellas unidades con una estrategia homogénea en la elección de la técnica de canalización definida como la realización de  $\geq 80\%$  de los procedimientos con una sola técnica. Finalmente, se estudiaron las variables asociadas al éxito en la canalización mediante modelos de regresión logística. Las variables seleccionadas fueron aquellas con una  $p < 0,1$  en el análisis univariante además del grupo de estudio (ECO vs REF). Se realizó transformación logarítmica de las variables continuas que no tuvieran una distribución normal. Los resultados se expresan como odds ratio (OR) con el intervalo de confianza (IC) al 95%. Se consideró estadísticamente significativa una  $p < 0,05$ . Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS v.22 (IBM Corp., Armonk, N.Y., EE.UU.).

## Resultados

Se incluyeron 161 procedimientos de canalización realizados en 128 pacientes (78 procedimientos en el grupo ECO y 83 en el grupo REF) con una edad y peso de 11 meses (2-52) y 10 kg<sup>4-17</sup>, respectivamente. Participaron 18 UCIP. En la [tabla 1](#) se resumen las características clínicas de los pacientes incluidos. La técnica ECO se utilizó más frecuentemente en pacientes ingresados en la UCIP de mayor tamaño y complejidad y en pacientes más pequeños y de menor peso. El 74,5% de los procedimientos se realizaron de forma urgente. Los diagnósticos más frecuentes en ambos grupos fueron la enfermedad respiratoria y la sepsis/shock. La mayoría de los procedimientos realizados en el grupo

Tabla 1 Características de los grupos

	ECO (n = 78)	REF (n = 83)	p
<b>UCIP</b>			
<i>N.º camas en UCIP</i>	11 (8-16)	6 (4-10)	< 0,001
<i>UCIP ≥ 10 camas</i>	42 (53,8%)	17 (20,5%)	< 0,001
<i>N.º de ingresos/año</i>	350 (300-450)	275 (200-315)	< 0,001
<i>Complejidad</i>			
Programa de cirugía cardíaca	60 (76,9%)	20 (24,1%)	< 0,001
Programa de trasplante	57 (73%)	38 (45,7%)	< 0,001
<b>Paciente</b>			
<i>Sexo (varón)</i>	46 (58,9%)	50 (60,2%)	0,796
<i>Edad (meses)</i>	5 (1,5-48)	22 (2,7-81)	0,013
<i>Peso (kg)</i>	5,7 (3,8-13)	11,5 (4,9-22,7)	0,006
<i>Diagnóstico</i>			
Respiratorio	39 (50%)	36 (43,4%)	0,400
Sepsis/shock	33 (42,3%)	27 (32,5%)	0,200
Cardiopatía	16 (20,5%)	7 (8,4%)	0,029
Neurológico	4 (5,1%)	16 (19,2%)	0,007
Hematológico	5 (6,4%)	1 (1,2%)	0,081
Renal	1 (1,3%)	3 (3,6%)	0,342
Trauma	1 (1,3%)	10 (12%)	0,010
<b>Situación intraprocedimiento</b>			
<i>Procedimiento urgente</i>	57 (73%)	63 (75,9%)	0,681
<i>Ventilación mecánica invasiva</i>	69 (88,4%)	63 (75,9%)	0,053
<i>Sedación profunda/relajación</i>	65 (83,3%)	67 (80,7%)	0,787
<i>Alteración de la hemostasia</i>	22 (28,2%)	16 (19,2%)	0,181
<i>Complicaciones previas en acceso vascular</i>	16 (20,5%)	10 (12%)	0,342
<b>Primer operador</b>			
<i>Cualificación</i>			
Residente	25 (32%)	25 (30,1%)	< 0,001
Adjunto	53 (67,9%)	40 (48,1%)	
Enfermería	0 (0%)	18 (21,6%)	
<i>Experiencia en UCIP</i>			
< 5 años	37 (47,4%)	43 (51,8%)	0,854
5-10 años	24 (30,7%)	23 (27,7%)	
> 10 años	17 (21,7%)	17 (20,4%)	
<b>Arteria canalizada</b>			
<i>Radial</i>	11 (14,1%)	33 (39,7%)	0,001
<i>Femoral</i>	59 (75,6%)	39 (46,9%)	
<i>Otras</i>	8 (10,2%)	11 (13,2%)	

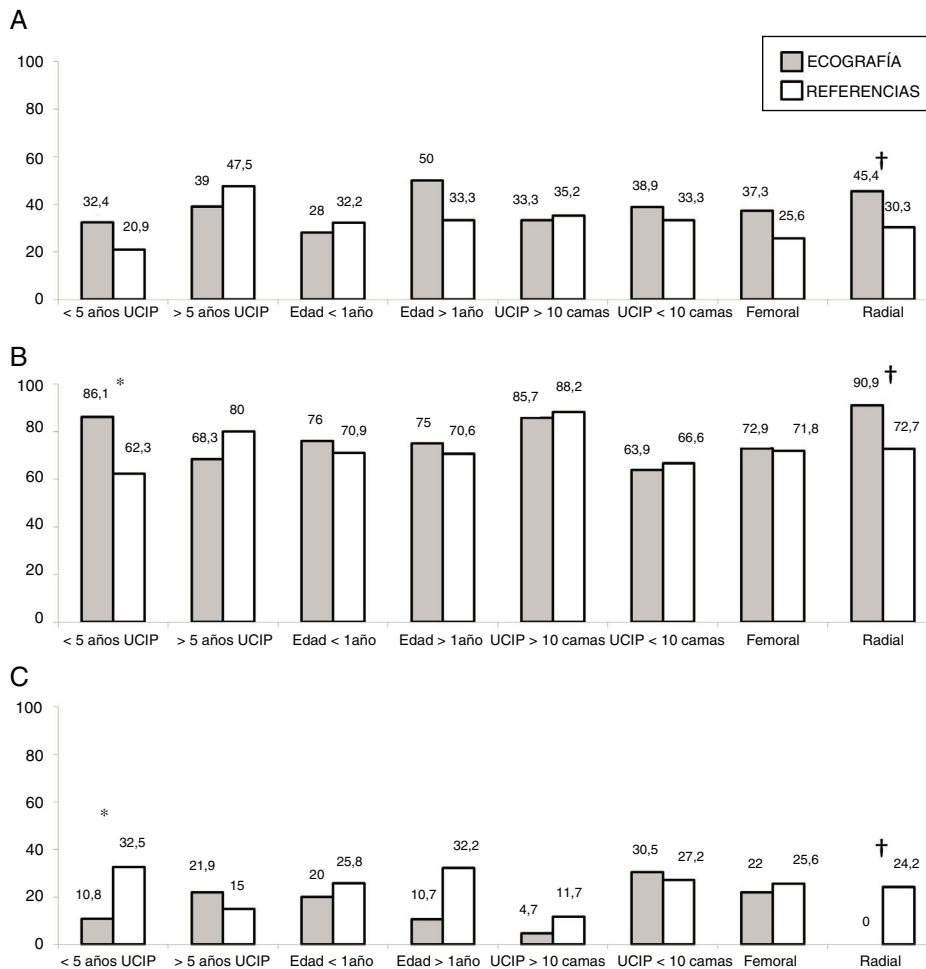
ECO fueron realizados por adjuntos de la UCIP (67,9%), seguidos de residentes (32%) y ninguno por enfermería, mientras que en el grupo de REF los adjuntos realizaron el 48,1%, seguidos de residentes (30,1%), y con un número significativo de procedimientos realizados por personal de enfermería (21,6%). Solo el 24,4 y el 27% de los operadores habían realizado más de 50 canalizaciones en el grupo de ECO y de REF, respectivamente. En el grupo de ECO se canalizaron fundamentalmente arterias femorales (75,6%) y pocas radiales (14,1%), mientras que en el grupo de REF hubo una mayor proporción de arterias radiales (39,7%), aunque la más frecuente fue igualmente la femoral (46,9%).

Los resultados del procedimiento se resumen en la [tabla 2](#). No se detectaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables estudiadas salvo en el tiempo del procedimiento. Mientras la preparación del procedimiento fue más larga en el grupo de ECO, el tiempo de

canalización se redujo. La causa del fracaso en la canalización más frecuente en la muestra fue la imposibilidad de pasar la guía a pesar de haber puncionado la arteria en un 44,2%, seguido de la imposibilidad de puncionar el vaso en un 37,2% y complicaciones no relacionadas con el procedimiento en un 7%. Encontramos diferencias significativas en la causa de fracaso del procedimiento entre los grupos. Mientras que en el grupo de REF la imposibilidad de puncionar la arteria fue la causa del fallo en un 48% de los casos, en el grupo de ECO fue la causa solo en un 28% ( $p < 0,05$ ), siendo en este grupo más frecuente la imposibilidad de pasar la guía (ECO 55% vs REF 40%,  $p = 0,675$ ). Las complicaciones mecánicas en la inserción o derivadas de la permanencia del catéter fueron hematoma perivascular (18%), punción accidental de un acceso venoso (3,1%), isquemia de un miembro (0,6%) y trombosis arterial (0,6%). No se registraron casos de infección asociada a la canalización arterial.

**Tabla 2** Resultados de la canalización

	ECO (n = 78)	REF (n = 83)	p
Éxito primera punción	28 (35,8%)	28 (33,7%)	0,773
N.º de punciones	2 (1-4)	2 (1-3)	0,667
(≥ 3 punciones)	29 (37,1%)	35 (42,1%)	0,518
Éxito final	59 (75,6%)	59 (71,1%)	0,514
Causa del fallo			
No se punciona en vaso	5 (27,7%)	11 (47,8%)	0,027
No pasa la guía	10 (55%)	9 (39%)	0,667
Otras	3 (16,7%)	3 (13%)	0,876
Tiempo de preparación (minutos)	10 (5-15)	5,5 (5-10)	0,002
Tiempo de canalización (segundos)	95 (60-300)	180 (60-600)	0,011
Complicaciones	13 (16,6%)	20 (25,6%)	0,243



**Figura 1** Análisis de subgrupos. A) Éxito en el primer intento de punción. B) Éxito final del procedimiento. C) Complicaciones mecánicas.

\* p < 0,05; † p < 0,1 en la comparación ecografía vs. referencias. Los resultados se expresan en porcentajes.

En los análisis de subgrupos la ECO mejoró los resultados solo en los procedimientos realizados por personal con menos de 5 años de experiencia en la UCIP (80 procedimientos: 37 en el grupo ECO y 43 en el grupo REF) con un aumento de la tasa de éxito global (83,7% vs 62,7%, p = 0,036) y reducción de las complicaciones (10,8% vs 32,5%, p = 0,020). La ECO

obtuvo mejores resultados en la canalización de la arteria radial respecto a REF tanto en la tasas de éxito en el primer intento (45,45% vs. 30,3, p = 0,071), el éxito global (90,9% vs. 72,7%, p = 0,096) y las complicaciones (0% vs. 24%, p = 0,056). Aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos debido al pequeño tamaño de la muestra, la magnitud

**Tabla 3** Análisis multivariante

Análisis univariante			Análisis multivariante		
Variable dependiente: éxito 1. <sup>a</sup> punción	OR (IC 95%)	p	Variable dependiente: éxito 1. <sup>a</sup> punción	OR (IC 95%)	p
<i>Peso</i>	1,34 (0,94-1,91)	0,099	Experiencia del operador (> 5 años)	3,37 (1,13-10,1)	0,029
<i>Edad</i>	1,19 (0,99-1,42)	0,051	ECO (vs REF)	1,55 (0,69-3,48)	0,282
<i>Ventilación mecánica</i>	0,315 (0,136-0,726)	0,007			
<i>Experiencia operador (&gt; 5 años)</i>	3,19 (1,51-6,81)	0,003			
<i>Cualificación operador</i>					
Residente	Ref	—			
Adjunto	1,74 (0,80-3,78)	0,161			
Enfermería	4,87 (1,57-15,6)	0,006			
ECO (vs REF)	1,10 (0,57-2,10)	0,773			
Variable dependiente: éxito final	OR (IC 95%)	p	Variable dependiente: éxito final	OR (IC 95%)	p
<i>N.º camas UCIP</i>	3,77 (1,76-8,0)	0,001	<i>N.º camas UCIP</i>	3,89 (0,88-19,3)	0,006
<i>N.º ingresos</i>	3,45 (1,37-8,66)	0,008	ECO (vs REF)	1,58 (0,64-3,85)	0,313
<i>Cirugía cardíaca</i>	3,03 (1,43-6,39)	0,004			
<i>Cualificación del operador</i>					
Residente	Ref	—			
Adjunto	0,850 (0,37-1,94)	0,715			
Enfermería	0,282 (0,09-0,883)	0,030			
ECO (vs REF)	1,263 (0,626-2,548)	0,514			
Variable dependiente: complicaciones	OR (IC 95%)	p	Variable dependiente: complicaciones	OR (IC 95%)	p
<i>N.º ingresos/año UCIP</i>	0,143 (0,046-0,442)	0,001	<i>N.º ingresos/año UCIP</i>	0,155 (0,044-0,553)	0,004
<i>Edad</i>	0,828 (0,685-1,002)	0,052	<i>N.º intentos de punción</i>	1,523 (1,20-1,93)	< 0,001
<i>N.º intentos de punción</i>	1,38 (1,154-1,665)	< 0,001	ECO (vs REF)	1,13 (0,418-3,03)	0,810
<i>Experiencia en UCIP (&gt; 5 años)</i>	0,333 (0,091-1,218)	0,097			
ECO (vs REF)	0,63 (0,289-1,379)	0,835			

En el modelo multivariante solo se muestran las variables con significación estadística ( $p < 0,05$ ) y el grupo ECO vs REF.

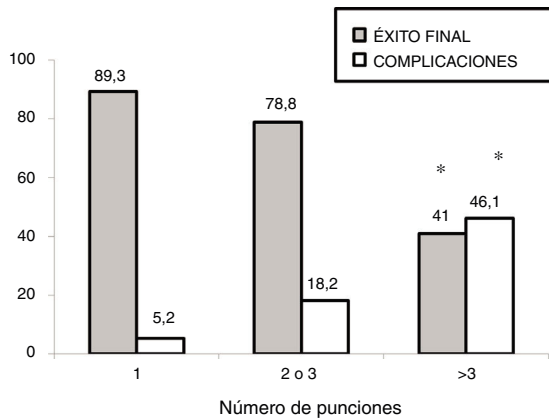
de las diferencias encontradas es de relevancia clínica. El análisis de subgrupos, realizado según el tamaño de la UCIP y la edad del paciente, no mostró diferencias entre los grupos (fig. 1). Cuando analizamos solo los procedimientos realizados en UCIP que utilizaban preferentemente una de las dos técnicas ( $\geq 80\%$  de los procedimientos realizados con una única técnica) tampoco observamos una diferencia entre los grupos en el resultado de la canalización. En el análisis multivariante la ecografía tampoco se asoció a ninguna de las variables de resultado estudiadas tras control por factores de confusión. La única variable asociada al éxito en la primera punción fue la experiencia del operador ( $\geq 5$  años vs  $< 5$  años) con una OR de 3,37 (IC 95%: 1,13-10,1;  $p=0,029$ ). Para el éxito final del procedimiento la única variable predictiva fue el tamaño de la UCIP, con una OR de 3,89 (IC 95%:

0,88-19,3;  $p=0,006$ ) por cada cambio de una unidad logarítmica en el número de camas. Los factores asociados a las complicaciones del procedimiento fueron el número de ingresos anuales en la UCIP, con una OR de 0,15 (IC 95%: 0,04-0,55,  $p=0,004$ ) y el número de punciones realizadas con una OR de 1,52 (IC 95%: 1,20-1,93,  $p < 0,001$ ) por cada punción adicional (tabla 3). En la figura 2 se muestra la relación entre el número de punciones y las tasas de éxito y complicaciones en la canalización arterial.

## Discusión

La canalización arterial es un procedimiento frecuente en la UCIP, donde se utiliza fundamentalmente para la





**Figura 2** Relación entre el número de punciones vasculares y la tasa de éxito final y complicaciones.

\*  $p < 0,01$  en el test de tendencia lineal de chi cuadrado. Los resultados se expresan como porcentaje.

monitorización continua de la presión arterial y la extracción de muestras sanguíneas. Pese a ser un procedimiento habitual, no está exento de complicaciones, siendo la más frecuente la formación de hematomas, la punción de estructuras vecinas, la isquemia y la trombosis<sup>16,17</sup>.

En este estudio prospectivo multicéntrico las tasas de éxito y de complicaciones de la canalización arterial ecoguiada fueron similares a las de la técnica tradicional basada en la palpación del pulso arterial. Esto contrasta con muchos de los estudios realizados. Cabe destacar que tanto las tasas de éxito en la primera punción como la tasa de éxito final del procedimiento fueron más bajas en comparación con los estudios donde el procedimiento se realiza de forma programada en quirófano<sup>12,18-20</sup>. Es difícil comparar los resultados con estudios previos, ya que la población de niños críticos difiere significativamente del paciente quirúrgico. La mayoría de los procedimientos en la UCIP se realizan de forma urgente y muchos de ellos en situaciones desfavorables: inestabilidad hemodinámica, hipotensión, alteraciones de la hemostasia o sobrecarga hídrica y edemas.

Un hallazgo relevante en nuestro estudio fue que la técnica ecoguiada mejoró los resultados en los procedimientos realizados por personal con poca experiencia. En nuestro estudio la mitad de los procedimientos fueron realizados por personal con escasa experiencia en UCIP y acceso vascular. Kantor et al.<sup>13</sup> realizaron un estudio observacional incluyendo 208 canalizaciones de arteria radial realizadas por personal en formación en la UCIP. En este estudio en niños con una edad media de 5,8 años, el uso de la ecografía se asoció a una mayor tasa de éxito en el primer intento (28% vs 11%, OR 3,99,  $p < 0,001$ ) y menor tasa de fallo (4% vs 14%, OR 0,27,  $p = 0,032$ ). Así mismo, el número de punciones necesario y el tiempo de canalización también fueron menores en el grupo de ecografía. Nuestros resultados también parecen sugerir que la ecografía mejora la canalización de la arteria radial, aunque no se ha alcanzado una diferencia significativa debido al pequeño tamaño de la muestra. En cuanto a la experiencia del operador, nuestro estudio también sugiere una mejoría con la ECO en el grupo de participantes con menos experiencia. En un estudio previo de nuestro grupo encontramos igualmente que los mayores

beneficios en la canalización venosa central ecoguiada los obtenían los médicos adjuntos con menor experiencia y los residentes de pediatría<sup>15</sup>. Otros estudios previos han mostrado hallazgos similares<sup>21</sup>. Parece que el uso de la ecografía está especialmente indicado cuando los procedimientos son realizados por personas con poca experiencia en la canalización vascular. Ello aviva el debate sobre si el entrenamiento en la técnica clásica basada en referencias dirigido al personal en formación sigue siendo necesario, ya que algunos estudios indican que el aprendizaje exclusivo de las técnicas ecoguiadas puede ocasionar una falta de destreza en el acceso vascular cuando la ecografía no está disponible<sup>22</sup>. Además hemos encontrado que, al igual que en el acceso venoso central, el número de punciones es el factor más importante en la aparición de complicaciones<sup>20,23</sup>. En base a nuestros datos, se debería limitar el número de intentos de punción a un máximo de 3, independientemente de la técnica elegida, con el fin de preservar los accesos arteriales<sup>23</sup>.

En nuestro estudio las tasas de éxito en el primer intento y las tasas de éxito final en la canalización arterial son bajas si las comparamos con la canalización venosa central. En nuestro estudio la tasa de éxito en el primer intento en el global de la muestra fue del 34,7%, similar al estudio de Kantor (28,8%) en niños críticos. Parece que la canalización arterial tiene dificultades adicionales más allá de conseguir la punción del vaso. Las arterias tienen un calibre pequeño y una pared muscular gruesa con tendencia al vasoespasmó, lo que puede imposibilitar la canalización aun cuando se haya conseguido puncionar la luz de la arteria. En nuestro estudio hemos observado que la causa más frecuente de fallo en la canalización es la imposibilidad para pasar la guía. Mientras que la ecografía puede facilitar la punción arterial, es probable que no tenga efecto sobre el resto del proceso de canalización, lo cual podría explicar en parte por qué la evidencia en favor de la canalización arterial ecoguiada es controvertida. En el futuro, los estudios deberían evaluar otros factores adicionales como el material utilizado para la punción (angiocatéteres, agujas, etc.) o el tipo de guía.

Nuestro estudio está limitado por varios factores. Pese a tratarse de un estudio multicéntrico, el número de procedimientos incluidos es bajo. Como todos los estudios observacionales, tiene un riesgo de sesgos por la presencia de factores de confusión. En nuestro caso cabe destacar que la ecografía se utilizó preferentemente en unidades de mayor complejidad y en niños más pequeños. Ello ha podido limitar nuestra capacidad para detectar un beneficio de la ecografía, ya que, a priori, en estos pacientes el acceso arterial es más complicado. Así mismo, en relación con las diferencias etarias mencionadas entre los grupos de estudio, hubo una distribución dispar entre los procedimientos en arteria radial, utilizada más frecuentemente en el niño mayor (mediana de edad y peso de 49 meses y 22 kg, respectivamente), y femoral, utilizada más frecuentemente en el lactante (mediana de edad y peso de 4 meses y 5 kg, respectivamente). Hemos intentado mitigar ese posible sesgo mediante distintos análisis de subgrupos estratificando por aquellos factores que pudieran influir en los resultados de la canalización. Aunque las tasas de éxito fueron mayores en las UCIP grandes y de mayor complejidad, no hubo diferencias según la técnica de canalización. De la misma forma, no hubo diferencias en las tasas de éxito según la edad del

paciente. Si encontramos que en la canalización de la arteria radial se obtenían mejores resultados con el uso de la ecografía, aunque las diferencias no alcanzaron la significación estadística. Además, el análisis en UCIP que elegían mayoritariamente una de las dos técnicas ( $\geq 80\%$  de los procedimientos), y en las que por tanto la asignación de la técnica está poco influenciada por el tipo de paciente o la situación clínica, tampoco mostró diferencias. Finalmente, hubiera sido adecuado haber incluido algún tipo valoración de la calidad del pulso arterial. En este sentido, en nuestro estudio no disponíamos de información sobre la presión arterial, el índice de masa corporal o la presencia de sobrecarga hídrica, factores todos ellos que pueden afectar la calidad del pulso arterial e influir en la tasa de éxitos de la canalización<sup>13</sup>.

Estudios previos muestran que el uso de la ecografía en la UCIP es cada vez más frecuente, y se ha sugerido que debería formar parte del currículum formativo del intensivista pediátrico<sup>24-28</sup>. Sin embargo, en España no existe un programa de entrenamiento o certificación reglado<sup>28,29</sup>. Es previsible que a medida que mejore la formación en ecografía y se generalice su uso, los resultados en las distintas aplicaciones, incluida el acceso vascular, mejoren. Pese a que la evidencia en otros campos apoya el uso de la ecografía, es importante no extrapolar los resultados obtenidos en otros ámbitos al niño crítico. Por ello, un paso es la realización de estudios de alta calidad, idealmente ensayos clínicos, en la UCIP que permitan definir los usos y los resultados de las distintas aplicaciones de la ecografía en esta población.

## Conclusiones

En este estudio prospectivo multicéntrico el uso de la canalización arterial ecoguiada no fue superior globalmente a la técnica tradicional basada en la palpación del pulso. El uso de la ecografía podría ser especialmente útil cuando la canalización es realizada por personal con poca experiencia y en la arteria radial. Nuestros resultados tienen que ser interpretados teniendo en cuenta la escasa experiencia en el uso de la ecografía y las distintas características de los pacientes y de los centros participantes.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Anexo. Miembros del Grupo de Estudio RECANVA

Ignacio Oulego-Erroz, Juan Mayordomo-Colunga, Rafael González-Cortés, María Sánchez-Porrás; Ana Llorente-de la Fuente; Sira Fernández-de Miguel; Mónica Balaguer-Gargallo; Manuel Frías-Pérez; Antonio Rodríguez-Nuñez; Paula Santos-Herraiz, Pilar García-Soler, Carmen Clavero-Rubio; Juanjo Menéndez-Suso; Alicia Mirás-Veiga; Emilia Fernández-Romero; María Pino-Velázquez; Luis Renter-Valdovinos; Esther Jiménez; Manuel Ortiz-Pallarés, Amalia Martínez-Antón; Virginia González-Ojeda; Soledad

Torrús-Carmona; María- García Barba; Daniel Palanca-Arias; María Soledad Holanda-Peña; Carolina González-Miño.

## Bibliografía

- Dominguez A, Gaspar HA, Preto M, Ejzenberg FE. Point-of-care lung ultrasound in paediatric critical and emergency care. *J Paediatr Child Health*. 2018;54:945–52.
- Tissot C, Singh Y, Sekarski N. Echocardiographic evaluation of ventricular function-for the neonatologist and pediatric intensivist. *Front Pediatr*. 2018;6:79.
- Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, Kirkpatrick AW, Su E, Evans D, et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients—Part II: Cardiac ultrasonography. *Crit Care Med*. 2016;44:1206–27.
- Frankel HL, Kirkpatrick AW, Elbarbary M, Blaivas M, Desai H, Evans D, et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients—Part I: General ultrasonography. *Crit Care Med*. 2015;43:2479–502.
- Bodenham Chair A, Babu S, Bennett J, Binks R, Fee P, Fox B, et al. Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland: Safe vascular access 2016. *Anaesthesia*. 2016;71:573–85.
- De Souza TH, Brandão MB, Nadal JAH, Nogueira RJN. Ultrasound guidance for pediatric central venous catheterization: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2018;142, pii: e20181719Cpii:e.
- Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*. 2012;38:1105–17.
- Grebenik CR, Boyce A, Sinclair ME, Evans RD, Mason DG, Martin B. NICE guidelines for central venous catheterization in children. Is the evidence base sufficient? *Br J Anaesth*. 2004;92:827–30.
- White L, Halpin A, Turner M, Wallace L. Ultrasound-guided radial artery cannulation in adult and paediatric populations: A systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2016;116:610–7.
- Aouad-Maroun M, Raphael CK, Sayyid SK, Farah F, Akl EA. Ultrasound-guided arterial cannulation for paediatrics. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;14:9.
- Liu L, Tan Y, Li S, Tian J. 'Modified dynamic needle tip positioning' short-axis, out-of-plane ultrasound-guided radial artery cannulation in neonates: A randomized controlled trial. *Anesth Analg*. 2018;129:178–83.
- Siddik-Sayyid SM, Aouad MT, Ibrahim MH, Taha SK, Nawfal MF, Tfaili YJ, et al. Femoral arterial cannulation performed by residents: A comparison between ultrasound-guided and palpation technique in infants and children undergoing cardiac surgery. *Paediatr Anaesth*. 2016;26:823–30.
- Kantor DB, Su E, Milliren CE, Conlon TW. Ultrasound guidance and other determinants of successful peripheral artery catheterization in critically ill children. *Pediatr Crit Care*. 2016;17:1124–30.
- Glatz AC, Shah SS, McCarthy AL, Geisser D, Daniels K, Xie D, et al. Prevalence of and risk factors for acute occlusive arterial injury following pediatric cardiac catheterization: A large single-center cohort study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;82:454–62.
- Oulego-Erroz I, González-Cortés R, García-Soler P, Balaguer-Gargallo M, Frías-Pérez M, Mayordomo-Colunga J, et al. Ultrasound-guided or landmark techniques for central venous catheter placement in critically ill children. *Intensive Care Med*. 2018;44:61–72.
- Bhat R, Kumar R, Kwon S, Murthy K, Liem RI. Risk factors for neonatal venous and arterial thromboembolism in the



- neonatal intensive care unit — A case control study. *J Pediatr*. 2018;195:28–32.
17. Waragai T, Morgan G, Ralston T, Chaturvedi R, Lee K-J, Benson L. Vascular hemostasis bandage compared to standard manual compression after cardiac catheterization in children. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;78:262–6.
  18. Ganesh A, Kaye R, Cahill AM, Stern W, Pachikara R, Gallagher PR, et al. Evaluation of ultrasound-guided radial artery cannulation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10:45–8.
  19. Anantasit N, Cheeptinnakorntaworn P, Khositseth A, Lertbunrian R, Chantra M. Ultrasound versus traditional palpation to guide radial artery cannulation in critically ill children: A randomized trial. *J Ultrasound Med*. 2017;36:2495–501.
  20. Schwemmer U, Arzet HA, Trautner H, Rauch S, Roewer N, Greim CA. Ultrasound-guided arterial cannulation in infants improves success rate. *Eur J Anaesthesiol*. 2006;23:476–80.
  21. Airapetian N, Maizel J, Langelle F, Modeliar SS, Karakitsos D, Dupont H, et al. Ultrasound-guided central venous cannulation is superior to quick-look ultrasound and landmark methods among inexperienced operators: A prospective randomized study. *Intensive Care Med*. 2013;39:1938–44.
  22. Maizel J, Guyomarc'h L, Henon P, Modeliar SS, de Cagny B, Choukroun G, et al. Residents learning ultrasound-guided catheterization are not sufficiently skilled to use landmarks. *Crit Care*. 2014;18:R36.
  23. Andraska EA, Jackson T, Chen H, Gallagher KA, Eliason JL, Coleman DM. Natural history of iatrogenic pediatric femoral artery injury. *Ann Vasc Surg*. 2017;42:205–13.
  24. Conlon TW, Kantor DB, Su ER, Basu S, Boyer DL, Haileselassie B, et al. Diagnostic bedside ultrasound program development in pediatric critical care medicine: Results of a national survey. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19:e561–8.
  25. Conlon TW, Himebauch AS, Fitzgerald JC, Chen AE, Dean AJ, Panebianco N, et al. Implementation of a pediatric critical care focused bedside ultrasound training program in a large academic PICU. *Pediatr Crit Care Med*. 2015;16:219–26.
  26. Conlon TW, Ishizuka M, Himebauch AS, Cohen MS, Berg RA, Nishisaki A. Hemodynamic bedside ultrasound image quality and interpretation after implementation of a training curriculum for pediatric critical care medicine providers. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17:598–604.
  27. González Cortés R, Renter Valdovinos L, Coca Pérez A, Vázquez Martínez JL. [Point-of-care ultrasound in Spanish paediatric intensive care units]. *An Pediatr (Barc)*. 2017;86:344–9.
  28. Mayordomo-Colunga J, González-Cortés R, Bravo MC, Martínez-Mas R, Vázquez-Martínez JL, Renter-Valdovinos L, et al. [Point-of-care ultrasound: Is it time to include it in the paediatric specialist training program?]. *An Pediatr (Barc)*. 2019;91:206.e1–13.
  29. Renter Valdovinos L, Oulego Erroz I, Grupo de Trabajo de Ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. [Bedside ultrasound in the critically ill paediatric patient]. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;85:117–8.