

UNIVERSIDAD DE LEÓN

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE BIOMEDICINA (IBIOMED)

Programa de Doctorado en Biomedicina y Ciencias de la Salud



TESIS DOCTORAL

ACCESO VASCULAR GUIADO POR ECOGRAFÍA EN EL NIÑO CRÍTICO: VENTAJAS, RETOS Y NUEVAS TÉCNICAS

Autor: Ignacio Oulego Erroz

Director: Prof. Dr. Antonio Rodríguez Núñez

León, octubre 2.020

Agradecimientos

A mi Director, el Prof. Dr. Antonio Rodríguez Núñez por servirme de inspiración y guía en esta Tesis y durante toda mi carrera profesional.

A mi Tutor el Prof. Dr. José Luis Mauriz Gutiérrez por su ayuda y apoyo durante la realización de esta Tesis.

Al Jefe de Servicio de Pediatría del Complejo Asistencial Universitario de León, el Dr. Santiago Lapeña López de Armentia, por brindarme su confianza.

A mis compañeros del Servicio de Pediatría por su colaboración en todos los proyectos que hemos compartido estos años muy especialmente a Manoel Muñiz Fontán, Paula Alonso Quintela, Gloria López Blanco, Sandra Terroba Seara, Silvia Rodríguez Blanco y Aquilina Jiménez González.

A los compañeros de las distintas Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos de España que han participado en los distintos estudios que integran este proyecto, cuyo esfuerzo y colaboración desinteresados ha permitido la realización del mismo.

A mi hermano Joseba y a mis padres por su cariño.

A Paula, por acompañarme siempre y a mi hijo Iago por ser la mayor alegría de mi vida.

A todos los niños enfermos y sus familias, la razón última que da sentido a nuestro trabajo.

Esta Tesis está dedicada a la memoria del Dr. Luis Miguel Rodríguez Fernández; pediatra, maestro y amigo.

PUBLICACIONES

Parte de los resultados presentados en la presente Tesis Doctoral han sido objeto de las siguientes publicaciones

1.- Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein may reduce central line-associated bloodstream infection in preterm infants.

Autores: Oulego-Erroz I, Fernández-García A, Álvarez-Juan B, Terroba-Seara S, Alonso-Quintela, P, Rodríguez-Núñez A

Revista: European Journal of Pediatrics. 2020; 7:1–9.

- Factor de impacto según JCR2019: 2,305
- Ranking según JCR2019: posición 38 de 128 en Pediatría (Q 2)

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

Autores: Oulego-Erroz I, Mayordomo-Colunga J, González-Cortés R, Sánchez-Porras M, Llorente-de la Fuente A, Fernández-de Miguel S, Balaguer-Gargallo M, Frías-Pérez M, Rodríguez-Nuñez A; en representación del Grupo de Estudio RECANVA.

Revista: Anales de Pediatría. 2020 Feb 13:S1695-4033(20)30030-8.

- Factor de impacto según JCR2019: 1,313
- Ranking según JCR2019: posición 93 de 128 en Pediatría (Q3)

COMUNICACIONES A CONGRESOS

Parte de los resultados presentados en la presente Tesis Doctoral han sido objeto de las siguientes comunicaciones a Congresos

REUNIÓN DE PRIMAVERA DE LA SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. LEON 10-11 ABRIL DE 2015

CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO MEDIANTE ABORDAJE SUPRACLAVICULAR GUIADO POR ECOGRAFÍA EN NEONATOS Y LACTANTES DE MENOS DE 5 KG. Domínguez Sánchez P, García Aparicio C, Oulego Erroz I, Alonso Quintela P, Rodríguez Blanco S, Jiménez González A, Rodríguez Núñez A.

REUNIÓN DE PRIMAVERA DE LA SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. LEON 10-11 ABRIL DE 2015

CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUICEFÁLICO POR ABORDAJE SUPRACLAVICULAR GUIADO POR ECOGRAFÍA EN UN PREMATURO DE 940 GRAMOS. Domínguez Sánchez P, Galvez Criado R, Oulego Erroz I, Alonso Quintela P, Rodríguez Blanco S, Muñoz Lozón A, Revilla Orias D.

63 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA. BILBAO 11-13 DE JUNIO DE 2015

CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFALICO POR ABORDAJE SUPRACLAVICULAR GUIADO POR ECOGRAFIA EN UN PREMATURO DE 940 GRAMOS. Patricia Dominguez Sanchez, Ignacio Oulego Erroz, Paula Alonso Quintela, Silvia Rodriguez Blanco, Daniela Revilla Orias. Ana Muñoz Lozon. Hospital de León.

XXIX MEMORIAL GUILLERMO ARCE SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. SANTANDER, 4-5 NOVIEMBRE DE 2016.

COLOCACIÓN DE CATÉTERES VENOSOS IMPLANTADOS MEDIANTE TÉCNICA EXCLUSIVAMENTE ECOGUIADA: EXPERIENCIA PRELIMINAR. Ocaña C, Terroba S, Oulego I, Fuentes F, Pradillos JM, Ardela E.

31 CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS. PALMA DE MALLORCA 5-7 MAYO DE 2016.

REGISTRO PROSPECTIVO MULTICENTRICO DE CANALIZACIÓN VASCULAR EN UCIP (RECANVA): RESULTADOS PREMILINARES. González R, Oulego I, Frías M, Torrús S, Palanca D, Santos P, Fernández S. Grupo de Estudio RECANVA y Grupo de Trabajo de Ecografía de la SECIP.

31 CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS. PALMA DE MALLORCA 5-7 MAYO DE 2016.

COMPARACIÓN ENTRE LA CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFALICO Y LA YUGULAR INTERNA POR ECOGRAFÍA. Muñoz Lozón A, Oulego I, Rodríguez A, López G, Domínguez P, Reguera J, Zoido E, García C.

31 CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS. PALMA DE MALLORCA 5-7 MAYO DE 2016.

IMPACTO DE LA ECOGRAFÍA EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN UCIP: RESULTADOS PRELIMINARES DEL REGISTRO MULTICENTRICO RECANVA. Oulego I, González R. Llorente A, Vázquez JL, Balaguer M, Mayordomo J, Garcia P. Grupo de Estudio RECANVA y Grupo de Trabajo de Ecografía de la SECIP.

65 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA. SANTIAGO DE COMPOSTELA 1-3 DE JUNIO DE 2017.

CANALIZACION VENOSA CENTRAL GUIADA POR ECOGRAFIA EN PREMATUROS DE MUY BAJO PESO: POSIBLE Y SEGURA. Cristina García Aparicio, Elia Zoido Garrote, Ignacio Oulego Erroz, Paula Alonso Quintela, Aquilina Jiménez González, M.ª Pilar Puerta Pérez.

28TH MEETING OF THE EUROPEAN SOCIETY OF PEDIATRIC AND NEONATAL INTENSIVE CARE. LISBON. PORTUGAL, 6-9TH JUNE 2017.

IMPACT OF ULTRASOUND GUIDANCE ON CENTRAL VENOUS CATHETER PLACEMENT IN THE PEDIATRIC INTENSIVE CARE UNIT: PROSPECTIVE MULTICENTRIC STUDY. R. González, I. Oulego, P. García, M. Sánchez, M. Balaguer, M. Frías, S. Torrús, P. Santos, A. Llorente, J.J. Menéndez, J. Mayordomo, C. Clavero, D. Palanca, S. Fernández, L. Renter, M. Alicia, A. Rodríguez, E. Fernández, M. Holanda, M. Ortíz.

XXVI CONGRESO DE NEONATOLOGÍA Y MEDICINA PERINATAL. ZARAGOZA, 27-29 DE SEPTIEMBRE DE 2017

CANALIZACIÓN ECOGUIADA DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO POR ABORDAJE SUPRACLAVICULAR: ESTUDIO OBSERVACIONAL PROSPECTIVO. Terroba Seara S, Oulego Erroz I, Alonso Quintela P, Rodríguez Blanco S, Jiménez González A, Vázquez-Martínez J.

65 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA. SANTIAGO 1-3 DE JUNIO DE 2017

IMPACTO DE LA ECOGRAFÍA EN LA CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL EN NIÑOS CRÍTICAMENTE ENFERMOS: RESULTADOS EN EL MUNDO REAL Ignacio Oulego Erroz, Rafael González Cortés, Patricia García Soler, María Sánchez Porras, Manuel Frías Pérez, Juan Mayordomo Colunga.

65 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA. SANTIAGO 1-3 DE JUNIO DE 2017.

CANALIZACION VENOSA CENTRAL GUIADA POR ECOGRAFIA EN PREMATUROS DE MUY BAJO PESO: POSIBLE Y SEGURA. Cristina García Aparicio, Elia Zoido Garrote, Ignacio Oulego Erroz, Paula Alonso Quintela, Aquilina Jiménez González, M.ª Pilar Puerta Pérez.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 (1): Componentes del angiocatéter	24
Figura 1.2 (2): Pasos para la técnica de Seldinger	25
Figura 1.3 (3): Kit para la realización de técnica de Seldinger modificada (microseldinger)	26
Figura 1.4 (4): Kit para la realización de técnica epicutáneo-cava.....	27
Figura 1.5 (5): Modelo holístico para la elección del acceso venoso	29
Figura 1.6 (6): Algoritmo de decisión para la selección del dispositivo de acceso venoso en la Unidad de Cuidados Intensivos del Complejo Asistencial Universitario de León	29
Figura 1.7 (7):Tipo de catéteres venosos	33
Figura 1.8 (8): Canalización de la vena yugular interna por referencias anatómicas (abordaje central)	35
Figura 1.9 (9):Canalización de la vena yugular interna por referencias anatómicas (abordaje posterior).....	35
Figura 1.10 (10): Canalización de la vena subclavia por abordaje infraclavicular.....	36
Figura 1.11 (11): Canalización de la vena femoral	38
Figura 1.12 (12): Visualización de la vena yugular externa	38
Figura 1.13 (13): Test de Allen	39
Figura 1.14 (14): Posición de la mano para la canalización de la arteria radial	40
Figura 1.15 (15): Canalización de la arteria radial	40
Figura 1.16 (16): Referencias anatómicas para la canalización de la arteria femoral común	41
Figura 1.17 (17): Neumotórax derecho tras la coloración de un CVC en la vena subclavia.	43
Figura 1.18 (18): Taponamiento cardiaco secundario a PICC.	44
Figura 19 (19): Trombosis asociada a catéter.	46
Figura 1.20 (20): Trombosis e isquemia arterial secundaria a catéter.....	50
Figura 1.21 (21): Transductores para la canalización vascular ecoguiada	53
Figura 1.22 (22): Regulación de la ganancia.....	54
Figura 1.23 (23): Asepsia del transductor	55
Figura 1.24 (24): Orientación anatómica de la imagen.....	56
Figura 1.25 (25): Eje de visión correcto para la canalización ecoguiada.....	57
Figura 1.26 (26): Relación plano-vena transversal.....	59
Figura 1.27 (27): Relación plano-aguja “fuera de plano”	59
Figura 1.28 (28): Relación plano-aguja “en plano”.	60
Figura 1.29 (29): Abordaje “transversal fuera de plano”	61
Figura 1.30 (30): Abordaje “longitudinal en plano”.	61
Figura 1.31 (31): Abordajes ecoguiados alternativos.....	62
Figura 1.32 (32): Diseño del transductor experimental biplano.	63
Figura 1.33 (33): Principio de triangulación (teorema de Pitágoras).....	63
Figura 1.34 (34): Maniobra de basculación.....	65
Figura 1.35 (35): Modificación de la visión de la aguja según el ángulo de inserción	66
Figura 1.36 (36): Visión transversal de la vena yugular interna en posición habitual (anterolateral) respecto a la carótida	68
Figura 1.37 (37): Doppler arterial y venoso	68
Figura 1.38 (38): Tamaño de la vena yugular interna	69

Figura 1.39 (39): Trombosis total de una vena con ausencia de la señal Doppler	70
Figura 1.40 (40): Grado de solapamiento entra la arteria carotida y vena yugular interna observadas en neonatos y lactantes	70
Figura 1.41 (41): Variaciones anatómicas descritas y su frecuencia relativa en la vena yugular interna	71
Figura 1.42 (42): Canalización de la vena yugular interna	72
Figura 1.43 (43): Canalización de la vena yugular interna derecha “longitudinal en plano”	73
Figura 1.44 (44): Canalización de la vena yugular interna derecha “oblicuo en plano”	73
Figura 1.45 (45): Maniobra para la visualización correcta del tronco braquiocefálico.....	74
Figura 1.46 (46): Posición del paciente y abordaje para la canalización del tronco braquicefálico derecho “en plano” desde zona supraclavicular.....	75
Figura 1.47 (47): Canalización infraclavicular "en plano" de la subclavia derecha.....	76
Figura 1.48 (48): Posición del transductor para la canalización “fuera de plano” de la vena femoral derecha.....	77
Figura 1.49 (49): Posición del transductor y la aguja para la canalización de la vena femoral usando un abordaje “longitudinal en plano”	77
Figura 1.50 (50): Visualización de la vena axilar	78
Figura 1.51 (51): Posición del paciente para la canalización “en plano” de la vena axilar	79
Figura 1.52 (52): Visualización por ecografía de la vena axilar en su eje longitudinal y canalización “en plano”	80
Figura 1.53 (53): Protocolo RaCeVa: imágenes.	81
Figura 1.54 (54): Protocolo RaCeVa: posición del transductor	82
Figura 1.55 (55): Venas de miembro superior y cuello accesibles a la canalización ecoguiada .	84
Figura 1.56 (56): Relación anatómica entre las venas del antebrazo	85
Figura 1.57 (57): Posición relativa de la vena cefálica del brazo derecho	86
Figura 1.58 (58): Canalización de la vena safena	86
Figura 1.59 (59): Protocolo RaPeVa	87
Figura 1.60 (60): Colocación adecuada del brazo para la canalización de PICC.....	88
Figura 1.61 (61): Colocación adecuada del brazo para la canalización de PICC.....	88
Figura 1.62 (62): Canalización de PICC en vena basílica.....	89
Figura 1.63 (63): Comprobación del paso de la guía y el catéter.....	90
Figura 1.64 (64): Comprobación de catéteres femorales desde plano subcostal.....	92
Figura 1.65 (65): Planos ecocardiográficos utilizados para la localización de CVCs	94
Figura 1.66 (66): Localización de catéter yugular derecho en posición intra-atrial.....	94
Figura 1.67 (67): CVC totalmente implantado. Eje paraesternal derecho	95
Figura 1.68 (68): Sistemática para la utilización de la ecografía en la localización de catéteres venosos centrales insertados en la parte superior del cuerpo	96
Figura 1.69 (69): Canalización ecoguiada de la arteria radial “en plano”	98
Figura 1.70 (70): Canalización ecoguiada de la arteria radial “fuera de plano”	98
Figura 1.71 (71): Anatomía ecográfica de los vasos femorales para el abordaje transversal fuera de plano.....	99
Figura 1.72 (72): Algoritmo para la elección del acceso arterial de uso en el Complejo Asistencial Universitario de León.	100
Figura 3.1 (73): Visualización ecográfica del tronco braquiocefálico.....	125
Figura 3.2 (74): Canalización ecoguiada “en plano” del tronco braquiocefálico izquierdo	125

Figura 4.1 (75): Diagrama de flujo de los procedimientos de canalización venosa central en UCIP	129
Figura 4.2 (76): Distribución de las puntuaciones de propensión en los grupos de estudio. ...	130
Figura 4.3 (77): Comparación de los resultados de la canalización entre el grupo de ecografía y referencias anatómicas en la muestra pareada (análisis primario)	133
Figura 4.4 (78): Relación entre el peso del paciente y el número de intentos de punción con el éxito de la canalización y la tasa de complicaciones mecánicas.....	138
Figura 4.5 (79): Análisis de subgrupos según la experiencia en UCIP del operador primario ..	139
Figura 4.6 (80): Diagrama de flujo del estudio de canalización arterial.....	142
Figura 4.7 (81): Análisis de subgrupos en la canalización arterial.....	145
Figura 4.8 (82): Relación entre el número de intentos de punción arterial y las tasas de complicaciones y éxito final del procedimiento.....	147
Figura 4.9 (83): Diagrama de los pacientes incluidos en los estudios sobre canalización del tronco braquiocéfálico	148
Figura 4.10 (84): Correlación entre el peso y el tiempo de canalización y el número de intentos de punción en función del grupo de estudio	151
Figura 4.11 (85): Correlaciones entre el peso con el tiempo de canalización (izquierda) y los intentos de punción (derecha).....	154
Figura 4.12 (86): Diagrama de flujo del estudio TBC-3	155
Figura 4.13 (87): Tasa de éxito en el primer intento de punción.....	157
Figura 4.14 (88): Curva de Kaplan Meier.....	159
Figura 6.1 (89): Cronograma de los estudios del proyecto de Tesis Doctoral	187
Figura 7.1 (90): Barreras percibidas para la implementación de la ECP percibidas por los profesionales.....	197
Figura 7.2 (91): Ejemplo de curriculum formativo en ecografía POCUS en Cuidados Intensivos Pediátricos del Children's Hospital of Philadelphia	198

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 (1): Indicaciones de la canalización venosa central.....	30
Tabla 1.2 (2): Indicaciones de la canalización arterial en niños.....	31
Tabla 1.3 (3):Tipos de catéteres venosos centrales en función de la duración prevista de uso.	32
Tabla 1.4 (4): Complicaciones asociadas a la canalización venosa central	42
Tabla 1.5 (5): Medidas para la prevención de la infección por catéter en niño/adulto y neonato críticos	45
Tabla 1.6 (6): Factores de riesgo de trombosis relacionada con catéter	47
Tabla 1.7 (7): Complicaciones asociada a la canalización arterial.....	48
Tabla 1.8 (8): Factores de riesgo de trombosis arterial por catéter	49
Tabla 1.9 (9): Resumen de los abordajes recomendados para la canalización venosa central en las distintas localizaciones anatómicas	83
Tabla 1.10 (10): Sugerencias para la elección del acceso ecoguiado pediátrico	84
Tabla 1.11 (11): Recomendaciones para elegir la distancia de punción y la longitud del angiocatéter en el acceso venoso periférico ecoguiado en neonatos, lactantes y niños.....	89
Tabla 4.1 (12): Características de los grupos de estudio en la muestra global y en la muestra emparejada en base a las puntuaciones de propensión.....	131
Tabla 4.2 (13): Balance de covariables (test adicionales)	132
Tabla 4.3 (14): Asociación entre los grupos de estudio y los resultados de la canalización en la muestra emparejada.....	134
Tabla 4.4 (15): Análisis complementarios para la variable principal: éxito en una sola punción.	135
Tabla 4.5 (16): Análisis complementarios para las variables de resultado secundarias (éxito final, número de punciones y complicaciones).....	137
Tabla 4.6 (17): Análisis de subgrupos para los accesos femoral/subclavia y vena yugular interna en la muestra completa (no emparejada).....	141
Tabla 4.7 (18): Características de los grupos de estudio de canalización arterial	143
Tabla 4.8 (19): Resultados de la canalización arterial	144
Tabla 4.9 (20): Análisis de regresión multivariante para las variables resultado éxito en la primera punción (variable principal), éxito final y complicaciones (variables secundarias). ...	146
Tabla 4.10 (21): Características de los pacientes en el TBC-1	149
Tabla 4.11 (22): Variables intraprocedimiento y resultados de la canalización.	150
Tabla 4.12 (23): Características de los pacientes y resultados de la canalización venosa central del TBC.....	153
Tabla 4.13 (24): Características clínicas de los grupos de estudio en TBC-3.....	156
Tabla 4.14 (25): Características de los procedimientos de canalización y variables de resultado del estudio.....	158
Tabla 4.15 (26): Regresión de Cox (variable dependiente: IACVC)	159
Tabla 5.1 (27): Resumen de los estudios publicados hasta la fecha sobre canalización del TBC en niños.....	174
Tabla 7.1 (28): Potenciales preguntas que deben responder futuros estudios en el campo del acceso vascular ecoguiado en Pediatría.....	194

Tabla 7.2 (29): Barreras para la implantación de la ecografía en el acceso vascular en Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales	196
---	-----

ÍNDICE DE LA TESIS

	Página
1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	21
1.1 IMPORTANCIA DEL ACCESO VASCULAR EN PEDIATRÍA: ¿POR QUÉ Y PARA QUÉ?	21
1.2 FUNDAMENTOS Y TÉCNICAS DE PUNCIÓN VASCULAR EN LA CANALIZACIÓN DE ACCESO VENOSO CENTRAL Y ARTERIAL.....	23
1.2.1 PUNCIÓN VASCULAR.....	23
1.2.2 TÉCNICA DE SELDINGER Y SUS VARIANTES	25
1.3 USOS E INDICACIONES DE LOS ACCESOS VENOSOS CENTRALES Y ARTERIALES EN EL NEONATO Y NIÑO CRÍTICO.....	28
1.3.1 ACCESO VENOSO	28
1.3.1.1 INDICACIONES DE LA CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL	30
1.3.2 ACCESO ARTERIAL	30
1.3.2.1 INDICACIONES DEL ACCESO ARTERIAL EN PEDIATRÍA	31
1.4 TIPOS DE CATÉTERES VENOSOS CENTRALES Y ARTERIALES.....	32
1.4.1 TIPOS DE CATÉTERES VENOSOS CENTRALES.....	32
1.4.2 TIPOS DE CATÉTERES ARTERIALES.....	33
1.5 ACCESO VASCULAR POR REFERENCIAS ANATÓMICAS.....	34
1.5.1 ACCESO VENOSO CENTRAL POR REFERENCIAS ANATÓMICAS	34
1.5.1.1 CANALIZACIÓN DE LA VENA YUGULAR INTERNA	34
1.5.1.2 CANALIZACIÓN DE LA VENA SUBCLAVIA.....	36
1.5.1.3 CANALIZACIÓN DE LA VENA FEMORAL	37
1.5.1.4 OTROS ACCESOS VENOSOS CENTRALES.....	38
1.5.2 ACCESO ARTERIAL POR REFERENCIAS ANATÓMICAS.....	39
1.5.2.1 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA RADIAL	39
1.5.2.2 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA FEMORAL	40
1.5.2.3 OTROS ACCESOS ARTERIALES.....	41
1.6 COMPLICACIONES DEL ACCESO VASCULAR	42
1.6.1 COMPLICACIONES DE LA CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL.....	42
1.6.2 COMPLICACIONES DE LA CANALIZACIÓN ARTERIAL	48
1.7 FUNDAMENTOS DEL ACCESO VASCULAR ECOGUIADO.....	51
1.7.1 ¿POR QUÉ ES NECESARIA LA ECOGRAFÍA?.....	51
1.7.2 EQUIPO	52
1.7.3 ASEPSIA	55

1.7.4 OBTENCIÓN DE LA IMAGEN Y ORIENTACIÓN ESPACIAL	56
1.7.5 EXPLORACIÓN VASCULAR Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN CANALIZACIÓN VASCULAR ECOGUIADA.....	57
1.7.5.1 RELACIÓN ENTRE EL PLANO ECOGRÁFICO Y EL VASO.....	57
1.7.5.2 RELACIÓN ENTRE EL PLANO ECOGRÁFICO Y LA AGUJA	59
1.7.5.3 RELACIÓN PLANO-VASO-AGUJA: ABORDAJE	60
1.7.5.4 TÉCNICAS DE INSERCIÓN DE LA AGUJA: “FUERA DE PLANO”	63
1.7.5.5 TÉCNICA DE INSERCIÓN DE LA AGUJA: “EN PLANO”	65
1.8 CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL ECOGUIADA	66
1.8.1 CARACTERÍSTICAS DEL ACCESO VENOSO CENTRAL IDEAL	66
1.8.2 EXPLORACIÓN PRE-PROCEDIMIENTO DE LA VENA CON ECOGRAFÍA	67
1.8.3 EXPLORACIÓN DE LOS DISTINTOS TERRITORIOS VENOSOS CENTRALES Y ABORDAJE PARA SU CANALIZACIÓN ECOGUIADA	71
1.8.3.1 VENA YUGULAR INTERNA DERECHA	71
1.8.3.2 VENA SUBCLAVIA-TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO	74
1.8.3.3 VENA FEMORAL.....	76
1.8.3.3 VENA AXILAR	78
1.8.4 SISTEMÁTICA PARA LA EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DE LAS VENAS DE LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO	80
1.8.4.1 PROTOCOLO “RAPID CENTRAL VEIN ASSESSMENT: “RaCeVa”	80
1.8.4.2 ELECCIÓN DEL ABORDAJE ECOGRÁFICO MÁS ADECUADO	82
1.8.6 CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL DE ACCESO PERIFÉRICO	84
1.8.6.1 VENA BASÍLICA	85
1.8.6.2 VENAS BRAQUIALES	85
1.8.6.2 VENA CEFÁLICA	86
1.8.6.5 VENA SAFENA.....	86
1.8.6.5 SISTEMÁTICA PARA LA EXPLORACIÓN DE LAS VENAS PERIFÉRICAS: “RAPID PERIPHERAL VEIN ASSESSMENT: RaPeVa”	87
1.8.8.6 TÉCNICA ECOGUIADA DE CANALIZACIÓN CENTRAL DE ACCESO PERIFÉRICO:....	88
1.8.7 COMPROBACIÓN DEL CATÉTER VENOSO CENTRAL Y SUS COMPLICACIONES POR ECOGRAFÍA.....	90
1.8.7.1 COMPROBACIÓN DE LA GUÍA	90
1.8.7.2 COMPROBACIÓN DEL CATÉTER.....	91
1.9 CANALIZACIÓN ARTERIAL ECOGUIADA	97
1.9.1 ELECCIÓN DEL ACCESO ARTERIAL	97

1.9.1.1 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA RADIAL POR ECOGRAFÍA.....	97
1.9.1.2 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA FEMORAL POR ECOGRAFÍA.....	99
1.9.1.3 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL ACCESO ARTERIAL POR ECOGRAFÍA.....	99
2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	101
2.1 JUSTIFICACIÓN.....	101
2.2 HIPÓTESIS	102
2.3 OBJETIVOS	103
3. MÉTODOS.....	105
3.1. ESTUDIO RECANVA: CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL Y ARTERIAL EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS	106
3.1.1 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	106
3.1.2 DEFINICIONES.....	106
3.1.3 MEDICIONES.....	107
3.1.4 VARIABLES DE RESULTADO	110
3.1.5 RECOGIDA DE DATOS	112
3.1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	112
3.1.6.1 RECANVA-ESTUDIO DE CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL.....	112
3.1.7.2 RECANVA-ESTUDIO DE LA CANALIZACIÓN ARTERIAL	116
3.1.8 ASPECTOS ÉTICOS.....	116
3.2 ESTUDIOS SOBRE LA CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO.....	117
3.2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO	117
3.2.1.1 ESTUDIO TBC-1: COMPARACIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL TBC Y LA VVI EN NIÑOS CRÍTICOS	117
3.2.1.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS Y LACTANTES DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO	118
3.2.1.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE IACVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS.	118
3.2.2 DEFINICIONES.....	118
3.2.3 MEDICIONES.....	120
3.2.4 VARIABLES DE RESULTADO	122
3.2.5 OPERADORES Y TÉCNICA DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO	123
3.2.6 USO DE CATÉTERES CENTRALES EN NEONATOS Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO EN LA UCIN DEL COMPLEJO ASISTENCIAL UNIVERSITARIO DE LEÓN.....	126
3.2.7 REGOGIDA DE DATOS.....	127
3.2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	127

4. RESULTADOS	129
4.1 RECANVA-ESTUDIO DE CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL.....	129
4.2 ESTUDIO RECANVA-CANALIZACIÓN ARTERIAL.....	142
4.3 ESTUDIO DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO.....	148
4.3.1 ESTUDIO TBC-1: COMPARACIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL TBC Y LA VVI EN NIÑOS CRÍTICOS.....	149
4.3.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO.....	152
4.3.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE INFECCIÓN ASOCIADA A CVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS	155
5. DISCUSIÓN.....	161
5.1 RECANVA- CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL	163
5.2 RECANVA-CANALIZACIÓN ARTERIAL.....	168
5.3. ESTUDIOS DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO.....	171
5.3.1 ESTUDIO TBC 1: CANALIZACIÓN URGENTE DEL TBC COMPARADO CON LA VVI EN NIÑOS INGRESADOS EN UCIP.....	171
5.3.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO.....	176
5.3.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE IACVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS	179
6. RESUMEN	185
7. LO QUE NOS FALTA POR CONOCER Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO	193
7.1 LO QUE NOS FALTA POR CONOCER.....	193
7.2 PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO	196
8. CONCLUSIONES	200
9. BIBLIOGRAFÍA.....	203
10. ANEXOS	222
ANEXO 1: CONTRIBUCIONES DEL AUTOR EN EL CAMPO DE LA ECOGRAFÍA A PIE DE CAMA.....	223
ANEXO 2: ESTUDIO RECANVA	238
ANEXO 2.1: PROTOCOLO DEL ESTUDIO RECANVA.....	238
ANEXO 2.2: NORMAS PARA EL REGISTRO Y PAPEL DEL INVESTIGADOR COLABORADOR.....	245
ANEXO 2.3: HOJA DE RECOGIDA DE DATOS.....	251
ANEXO 2.4 CONSENTIMIENTO INFORMADO	257
ANEXO 3-PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DEL CVC EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS Y NEONATALES	259

ANEXO 4 ARTÍCULO RECANVA-CANALIZACIÓN ARTERIAL EN LA UCIP: “ULTRASOUND-GUIDED CANNULATION OR BY PULSE PALPATION IN THE INTENSIVE CARE UNIT” 261

ANEXO 5: ARTÍCULO TBC-3: “ULTRASOUND-GUIDED SUPRACLAVICULAR CANNULATION OF THE BRACHIOCEPHALIC VEIN MAY REDUCE CENTRAL LINE-ASSOCIATED BLOODSTREAM INFECTION IN PRETERM INFANTS”270

ABREVIATURAS

AF: arteria femoral

AR: arteria radial

ECC: catéter epicutáneo-cava

ECO: canalización vascular guiada por ecografía

EPC: ecografía en el punto de cuidado

CEIC: comité de ética e investigación clínica

CICC: catéter central de inserción central

CVC: catéter venoso central

CVP: catéter venoso periférico

2D: dos dimensiones

DAI: desfibrilador automático implantable

ECMO: oxigenación de membrana extracorpórea

ECN: estafilococo coagulasa negativo

IACVC: infección asociada a catéter venoso central

IC 95%: intervalo de confianza al 95%

NPT: nutrición parenteral

PICC: catéter central de inserción periférica

POCUS: *point of care ultrasound* (ecografía en el punto de cuidado)

PVC: presión venosa central

RECANVA: registro español de canalización vascular

REF: canalización vascular por referencias anatómicas

RIQ: rango intercuartílico

SDR: síndrome de dificultad respiratoria

SECIP: Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos

SSH: suero salino hipertónico

TAC: trombosis asociada a catéter

TBC: tronco braquiocefálico

TEP: tromboembolismo pulmonar

TDCE: terapia de depuración extrarrenal continua

TVP: trombosis venosa profunda

UCIN: unidad de cuidados intensivos neonatales

UCIP: unidad de cuidados intensivos pediátricos

VA: vena axilar

VCI: vena cava inferior

VCS: vena cava superior

VF: vena femoral

VS: vena subclavia

VYE: vena yugular externa

VYI: vena yugular interna

TÍTULO

***“ACCESO VASCULAR GUIADO POR
ECOGRAFÍA EN EL NIÑO CRÍTICO:
VENTAJAS, RETOS Y NUEVAS
TÉCNICAS”***

1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 IMPORTANCIA DEL ACCESO VASCULAR EN PEDIATRÍA: ¿POR QUÉ Y PARA QUÉ?

El establecimiento de un acceso vascular seguro y eficaz es uno de los pasos fundamentales en la asistencia de cualquier niño hospitalizado, especialmente en el niño gravemente enfermo. A aproximadamente el 25-50% de los niños hospitalizados se les coloca algún tipo de acceso vascular, siendo el procedimiento invasivo más frecuente que se realiza en Pediatría.(1,2)

El uso de una cánula intravenosa periférica fina y corta (catéter venoso periférico o CVP) es el acceso más habitual en el paciente hospitalizado. Permite la administración de la mayoría de las medicaciones y fluidos por un periodo breve (3-7 días) con escasas complicaciones en la inserción y bajo riesgo de complicaciones graves. Los riesgos más importantes de los CVP son la extravasación de los líquidos o medicaciones, la obstrucción del catéter, la flebitis (mecánica o infecciosa). La mayoría de las complicaciones son leves, fácilmente detectables y pueden solucionarse retirando el catéter. Los CVP resultan insuficientes en muchos pacientes especialmente en aquellos en situación clínica de gravedad, aquellos que por su patología requieren múltiples tratamientos simultáneos o que precisan la administración de fármacos que no son aptos para su administración por vía periférica (fármacos vesicantes como ciertos quimioterápicos, con elevada osmolaridad como la nutrición parenteral total o con pH excesivamente alcalinos o ácidos entre otros). (3) Además los pacientes más complejos suelen requerir extracciones de muestras sanguíneas repetidas lo cual no suele ser posible en niños a través de CVP excesivamente finos y con demasiada resistencia al flujo sanguíneo. La pérdida prematura del CVP es otro de los problemas más habituales en Pediatría, lo cual obliga en muchos pacientes a punciones repetidas con agotamiento de los accesos periféricos disponibles. Por otro lado, distintos estudios han identificado las punciones vasculares repetidas como la principal fuente de dolor y estrés en el niño hospitalizado.(4,5) A medida que la tecnología y los conocimientos médicos avanzan la supervivencia de los pacientes pediátricos con enfermedades crónicas está mejorando. Ello hace que exista una población creciente de pacientes pediátricos crónicos que son dependientes de cuidados y dispositivos entre los que se encuentran los accesos vasculares a largo plazo. Todas estas circunstancias como veremos más adelante hacen necesario en muchas ocasiones el acceso a venas centrales para que el tratamiento de los pacientes pueda realizarse con seguridad, eficacia y comodidad.

Se estima que en Estados Unidos se insertan unos 5 millones de catéteres venosos centrales se cada año, de los cuales aproximadamente 500.000 se colocan en niños.(6) A diferencia de los CVP, los CVC se asocian a multitud de complicaciones algunas de ellas graves y con gran impacto en el cuidado de los pacientes y su salud y con un elevado coste sanitario. Algunas complicaciones se producen en relación directa con el proceso de inserción del CVC y se denominan complicaciones mecánicas inmediatas (hematomas, sangrado, punción accidental de otras estructuras). Otras se asocian al mantenimiento del catéter e incluyen la disfunción, obstrucción, la infección o la trombosis.

Por otro lado, uno de los aspectos más importante en el acceso vascular venoso es la preservación del capital venoso a largo plazo. Por ejemplo, los pacientes con fracaso intestinal dependientes de nutrición parenteral domiciliaria pueden requerir un trasplante intestinal por pérdida de los accesos venosos y su vida (no sólo en cantidad sino en calidad) depende de ello. El exceso de punciones, el uso poco juicioso de los distintos dispositivos de acceso venoso, una incorrecta indicación o la falta de destreza y conocimientos suficientes en las técnicas de acceso vascular y los cuidados asociados pueden dar lugar a la pérdida del capital venoso del paciente. Por ello es esencial que los profesionales implicados en el cuidado del niño con patología aguda grave o dependiente de accesos venosos a largo plazo sean conscientes de la importancia de preservar la “salud vascular” y aprovechen todos los recursos a su alcance para minimizar el trauma sobre el sistema vascular.

En cuanto al acceso arterial, aunque utilizado con menos frecuencia, también constituye una técnica habitual en el paciente pediátrico hospitalizado en unidades de cuidados intensivos (UCI). Las principales indicaciones para la canalización arterial son la monitorización continua de la presión arterial y la extracción de gasometrías arteriales para la monitorización respiratoria y hemodinámica. Las complicaciones asociadas al uso de catéteres arteriales ocurren infrecuentemente pero cuando aparecen pueden ser graves como la trombosis o la isquemia del territorio irrigado por la arteria o un sangrado profuso. (7)

En este sentido el uso de la ecografía puede ser es esencial no solo para la canalización del acceso en sí, sino también para la valoración anatómica y funcional del capital vascular, la detección de complicaciones y la optimización del uso de los dispositivos vasculares.

1.2 FUNDAMENTOS Y TÉCNICAS DE PUNCIÓN VASCULAR EN LA CANALIZACIÓN DE ACCESO VENOSO CENTRAL Y ARTERIAL

1.2.1 PUNCIÓN VASCULAR

El primer paso en el acceso vascular independientemente de que se utilice una técnica ecoguiada o basada en referencias anatómicas es la punción del vaso.

Existen dos posibilidades para la punción vascular: aguja o angiocatéter (catéter sobre aguja). Aunque tradicionalmente se ha utilizado el angiocatéter para el acceso periférico y la aguja para el acceso central, dependiendo del tipo de acceso y catéter utilizado ambas variantes son válidas para ambos procedimientos.

Punción vascular con aguja

Es la técnica tradicional para el acceso venoso central. Una aguja biselada se introduce con el bisel hacia arriba en el vaso con un ángulo entre 30-45°, conectada a una jeringa. A medida que se introduce se aplica una suave aspiración con la jeringa hasta que se observe refluir libre y suavemente la sangre. En este punto se retira la jeringa y se introduce una guía completando el procedimiento mediante técnica de Seldinger. La punción con aguja también es útil en la canalización central de acceso periférico y en la canalización arterial. En el último caso el uso de una jeringa generalmente no es imprescindible ya que la presión en la arteria hará refluir de forma pulsátil y enérgica la sangre sin necesidad de aplicar succión.

Punción vascular con angiocatéter

El angiocatéter es un dispositivo consistente en una aguja biselada sobre la que se monta un catéter fino ligeramente más corto que la aguja conocido como “camisa” que además suele incorporar una pieza en forma de palomilla que permite la fijación mediante sutura. El dispositivo de aguja y “camisa” viene preensamblado. Conectado al extremo proximal del catéter puede existir una pequeña cámara o reservorio de plástico transparente que permite observar el reflujo de sangre cuando se ha puncionado el vaso.

La técnica de punción con angiocatéter tiene dos variantes: punción directa y transfixión del vaso

En la **punción directa** una vez localizado el punto de punción se procede a la inserción del angiocatéter con una inclinación ligera de unos 15º dependiendo de la profundidad del vaso (cuanto más superficial menor debe ser el ángulo con la piel). Se avanza en dirección a la vena hasta que se observa refluir sangre en la cámara del angiocatéter. Este es el momento clave de la canalización. En este punto se debe avanzar el angiocatéter ligeramente alrededor de 1 mm para

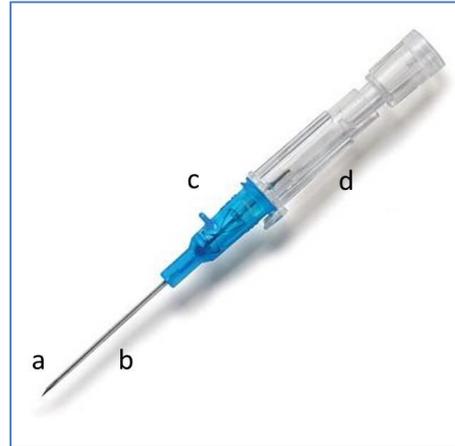


Figura 1.1(1): Componentes del angiocatéter. a) Aguja, b) Camisa o cánula, c) extremo proximal d) Cámara o reservorio del angiocatéter. (Imagen propia)

asegurarse que toda la aguja y no solo la punta del bisel se ha introducido en la luz del vaso. De lo contrario se corre el riesgo de avanzar el catéter fuera del vaso y crear un falso trayecto. Si todo el bisel está en el vaso la sangre debe seguir refluyendo hasta llenar la cámara del angiocatéter. En este punto se avanzará la camisa del angiocatéter dentro de la luz del vaso manteniendo fija la aguja para que no se desplace. Una vez introducida la camisa por completo se retira la aguja y se comprueba que el catéter está intravascular mediante el reflujo de sangre y la infusión de suero. Posteriormente se procede a la fijación.

La técnica de punción directa se suele utilizar en la canalización de los CVP, pero también se puede realizar en la canalización de CVC donde se completará el procedimiento con una técnica de Seldinger (ver más adelante el apartado correspondiente)

La otra variante de punción con angiocatéter es la **transfixión**. En esta técnica el angiocatéter se introduce en el vaso con un ángulo de 45º respecto a la piel. Cuando refluye sangre en la cámara del angiocatéter este se avanza en profundidad para producir la transfixión del vaso por completo (punción de la pared anterior y posterior). Si se ha realizado la transfixión el vaso correctamente la sangre no refluirá ya que el bisel de la aguja ha atravesado completamente el vaso y no está en contacto con la sangre. En este punto se retira la aguja interior dejando la camisa dentro del vaso. A continuación, se va retirando poco a poco la camisa hasta que refluye la sangre bien sea espontáneamente o aplicando una suave succión con jeringa. Una vez que refluye la sangre puede avanzarse la camisa directamente o introducir una guía y completar el procedimiento mediante técnica de Seldinger.

La transfixión se utiliza fundamentalmente cuando se canalizar accesos arteriales con angiocatéter, aunque también puede utilizarse en el acceso venoso.

1.2.2 TÉCNICA DE SELDINGER Y SUS VARIANTES

La técnica de Seldinger fue descrita en 1953 por el radiólogo sueco Sven-Ivar Seldinger como una técnica de acceso vascular en la cual se utiliza una aguja, una guía y un catéter. Esta técnica permite la inserción de un catéter de mayor tamaño que la aguja con la que se realiza la punción lo que supone su principal ventaja.(8) Esta técnica de acceso percutáneo se ha convertido desde entonces en el estándar para el acceso vascular y muchos procedimientos de acceso percutáneo entre los que se cuentan el drenaje pleura, peritoneal, nefrostomía o gastrostomía entre otros muchos. (9–13)

El primer paso de la técnica de Seldinger para el acceso vascular es la punción del vaso con una aguja. En Pediatría se adaptará la aguja al tamaño del paciente, pero en general suelen utilizarse agujas de 21-22 Gauges (agujas de micropunción). El bisel de la aguja se orienta hacia arriba. La punción puede realizarse sólo con la aguja o con la aguja conectada a una jeringa. En el último caso es habitual realizar una ligera aspiración a medida que se penetra en la piel de forma que la punción del vaso se confirme por la aspiración de sangre, aunque si se utiliza ecografía este paso no es imprescindible. En caso de utilizar ecografía es importante confirmar que la aguja ha penetrado la pared vascular anterior

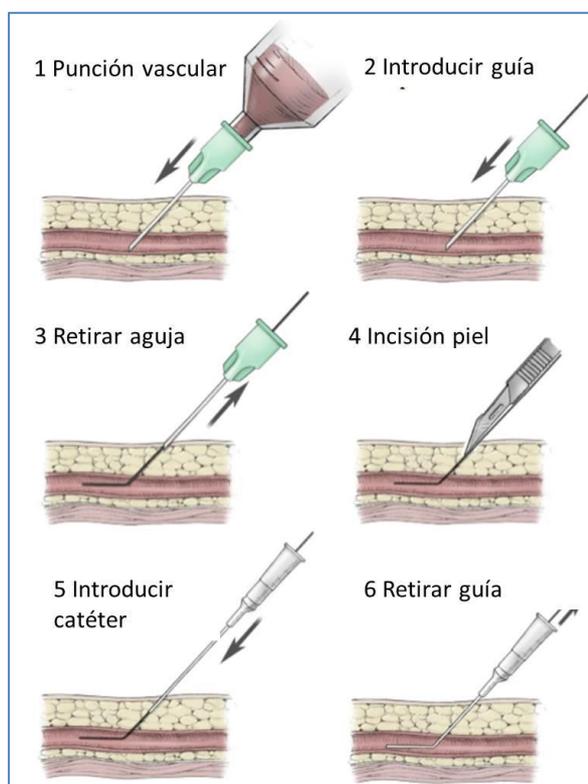


Figura 1.2 (2): Pasos para la técnica de Seldinger (adaptado de bmconsult.com/articles/seldinger-technique-intravenous-iv-placement)

en vez de deformarla. En el acceso periférico la aguja debe avanzarse unos milímetros más una vez está en el interior del vaso para evitar que el vasoespasmio expulse hacia afuera parte del bisel.(14) Una vez que la aguja se encuentra dentro del vaso se avanza una guía metálica flexible dentro del vaso más allá de la punta de la aguja. La guía debe pasar libremente y sin resistencia dentro del vaso. Si se nota resistencia al avance de la aguja esta no debe forzarse. Es preferible retirar la aguja y la guía y realizar un nuevo intento. De lo contrario existe riesgo de acodamiento de la guía o crear una falsa vía fuera del vaso. Una vez que la guía se ha avanzado dentro del vaso se debe mantener un control estricto de la misma para evitar su desplazamiento. A

continuación, se realiza una pequeña incisión en la piel utilizando la hoja de un bisturí. Posteriormente se procede a ampliar el trayecto con la ayuda de un dilatador que se avanza a través de la guía atravesando la piel y el tejido subcutáneo hasta el vaso. Pueden utilizarse dilatadores de tamaños progresivamente mayores para que la maniobra sea lo menos traumática posible y se minimicen el sangrado y el daño en la pared vascular. Una vez que se ha dilatado el trayecto se retira el dilatador y se sustituye por el catéter que se avanza a través de la guía hacia el interior del vaso. Una vez que el catéter se ha avanzado hasta la profundidad elegida se retira la guía y se procede a la fijación del catéter. Existe una variante de la técnica de Seldinger conocida como técnica de Seldinger modificada o “microSeldinger”. En esta técnica una vez realizada la punción vascular e introducida la guía se retira la aguja y se avanza a través de la guía un dilatador ensamblado en un introductor como una sola pieza. Una vez que se ha introducido el conjunto de dilatador e introductor se retira en un solo movimiento la guía junto con el dilatador dejando en el interior del vaso el introductor. A través del introductor se avanza directamente el catéter (con un fiador en su interior para darle rigidez y estabilidad) hasta la posición final. La mayoría de los introductores se “pelan” y extraen una vez que el catéter se ha avanzado a su través. Habitualmente esta técnica se utiliza para insertar catéteres centrales de acceso periférico que son más finos y endebles que los catéteres centrales y arteriales. Por otro lado, el uso de la técnica de Seldinger modificada es el estándar para los procedimientos de cateterismo cardiaco y radiología intervencionista donde se utilizan múltiples guías y catéteres en el mismo procedimiento. El uso del introductor permite intercambiar estos elementos utilizando un único acceso vascular. Otra aplicación del introductor es la colocación de una guía de mayor tamaño lo que permite insertar posteriormente un catéter más grueso del que permitiría la aguja utilizada para la punción de la vena.

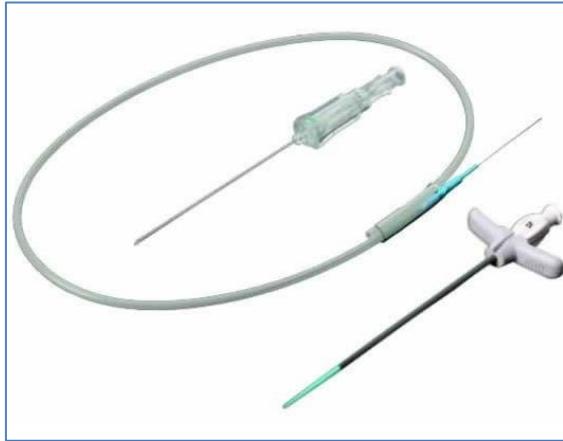


Figura 1.3 (3): Kit para la realización de técnica de Seldinger modificada (microSeldinger). Consta de una aguja, una guía y un dilatador-introductor pelable ensamblados (tomado de <https://www.careshop.co.uk/medical-consumables/iv-injection/cannulae/micro-seldinger-t>)

En Neonatología se utilizan agujas de punción o catéteres sobre aguja pelables de tipo palomilla para lograr el acceso y el catéter habitualmente de 1 o 2 French de grosor (0.3-0.6 mm de diámetro externo) se avanza directamente sin la necesidad de utilizar una guía. Se trata de otra variante de la técnica de Seldinger modificada.

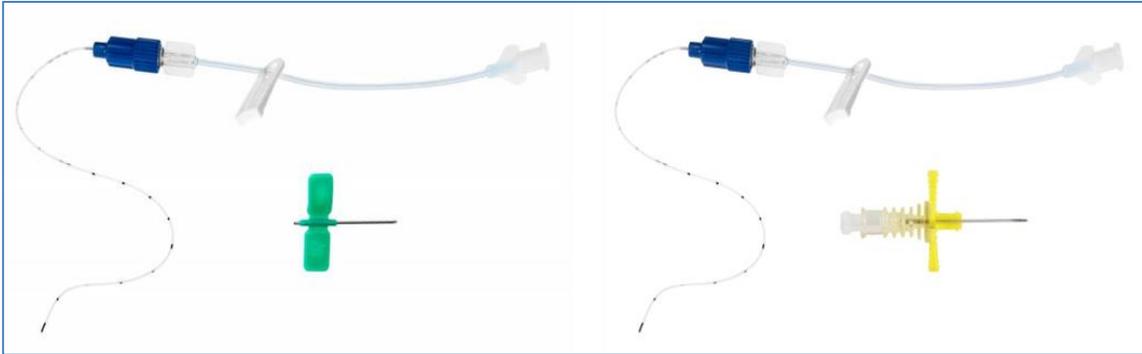


Figura 1.4 (4): Kit para la realización de técnica epicutáneo-cava. Consta de una aguja (izquierda) o catéter sobre aguja (derecha) de tipo palomilla y el catéter (tomado de https://www.vygon.com/catalog/epicutaneo-cava-si-2fr-24g_1497_00218400)

1.3 USOS E INDICACIONES DE LOS ACCESOS VENOSOS CENTRALES Y ARTERIALES EN EL NEONATO Y NIÑO CRÍTICO

1.3.1 ACCESO VENOSO

Criterios para la elección del acceso venoso

A la hora de valorar qué acceso venoso precisa un niño es necesario conocer, al menos, la situación clínica, la anatomía vascular, la indicación del acceso, la duración prevista del mismo y los usos específicos del catéter. Es necesario siempre sopesar la relación riesgo beneficio de cada tipo de acceso venoso en cada paciente. El rendimiento de los accesos venosos centrales es mucho mayor que los CVP, pero los riesgos también se incrementan por lo que la mayoría de los pacientes reciben un CVP como primer acceso vascular cuando ingresan en el hospital. La mayoría de los CVP se pierden en un plazo de 48 horas, por lo que esta franja de tiempo es la ideal para valorar el mejor acceso venoso que permita cumplir las necesidades previstas del paciente.

Los aspectos fundamentales a valorar a la hora de elegir el mejor acceso venoso son:

- Edad del paciente y su tamaño
- Tiempo de duración prevista del acceso venoso
- Tipo de medicaciones o infusiones que será necesario administrar, su número y su compatibilidad
- Dificultad en el acceso venosos o complicaciones previas acaecidas durante la inserción o mantenimiento de accesos vasculares
- La previsible evolución clínica de paciente en base a su patología y la necesidad ulterior de accesos vasculares para tratamientos o procedimientos que pudiera precisar.
- Comodidad del paciente

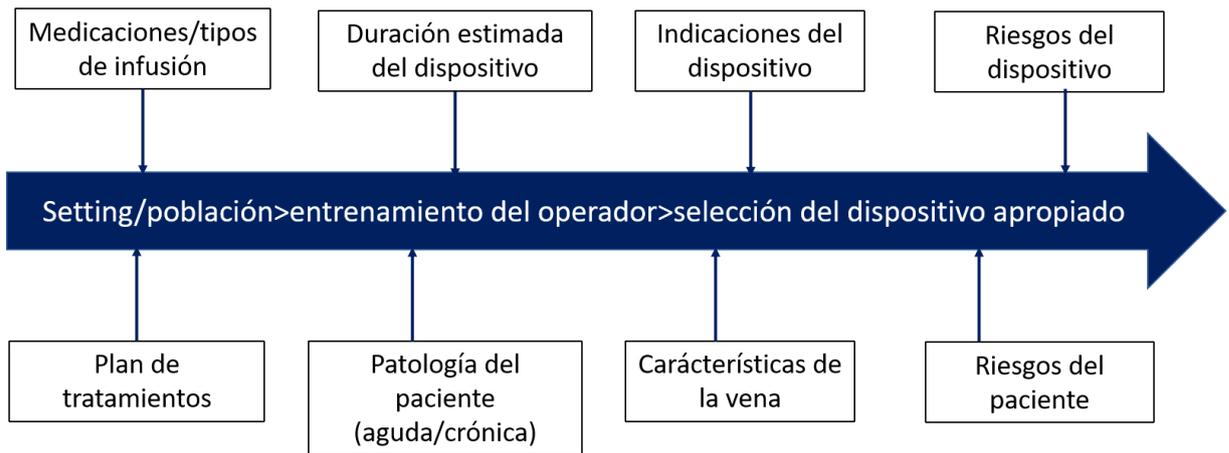


Figura 1.5 (5): Modelo holístico para la elección del acceso venoso. (Adaptado de "Moureau LM, Alexandrou E. Chapter: Device selection: En "Nancy L Morau. Vessel health and preservation: The right approach to vascular Access". Ed: Springer Open. 2019) (15,16)

A continuación, se muestra un ejemplo de algoritmo que puede ser útil para guiar la elección del acceso venoso en el niño crítico.

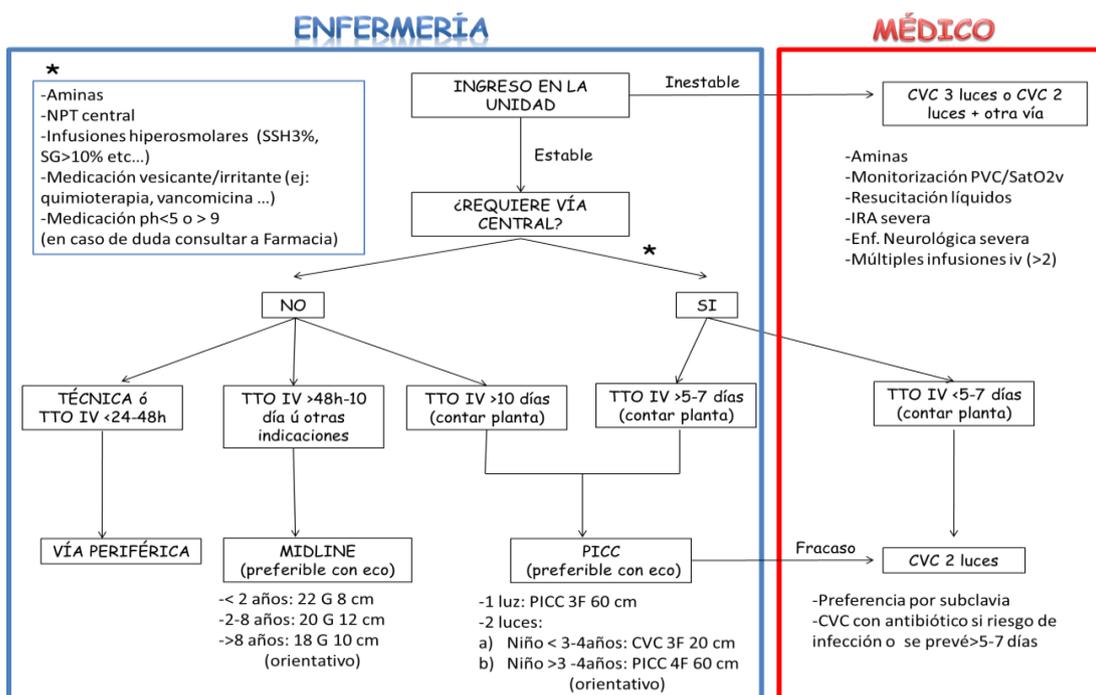


Figura 1.6 (6): Algoritmo de decisión para la selección del dispositivo de acceso venoso en la Unidad de Cuidados Intensivos del Complejo Asistencial Universitario de León. (Diseñado por el autor). IRA: insuficiencia respiratoria aguda; IV: intravenoso, NPT: nutrición

1.3.1.1 INDICACIONES DE LA CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL

En la tabla 1.1 se resumen las indicaciones más habituales para la canalización de un acceso venoso central en el neonato y niño crítico.

Tabla 1.1 (1): Indicaciones de la canalización venosa central en Pediatría.

INDICACIÓN	EJEMPLO
-Administración de fármacos vasoactivos	-Sepsis -Fallo cardiaco
-Nutrición parenteral central	-Patología intestinal aguda (ej: obstrucción, isquemia, sangrado) -Fracaso intestinal
-Administración de varias soluciones simultáneamente	-Paciente oncológico -Sepsis -Postoperatorio cirugía mayor
-Monitorización de la presión venosa central o la saturación central de oxígeno	-Postoperatorio de cirugía cardiaca -Sepsis -Fracaso respiratorio grave -Politraumatismo/TCE grave
-Administración de fármacos vesicantes	-Quimioterapia
-Administración de fármacos con pH <5 o >9	Ejemplos: aciclovir, vancomicina, etopósido, milrinona, etc.
-Administración de soluciones de alta osmolaridad (>700-800 mOsm/l)	-Nutrición parenteral central -SSH 3% o más concentrado
-Extracciones repetidas	-Paciente oncológico -Patología crónica
-TDEC	-Fallo renal agudo -Sobrecarga de volumen -Síndrome hemolítico-Urémico -Técnicas de aféresis
-Hemodiálisis	-Fracaso renal crónico
-ECMO	-Fallo cardiaco refractario -Fallo respiratorio refractario
-Pérdida de accesos periféricos	-Lactantes o pacientes crónicos con accesos difíciles
-Transfusiones repetidas	-Patología hematooncológica -Niño crítico
-Colocación de marcapasos transvenoso/DAI	-Bloqueo cardiaco avanzado -Arritmias malignas

1.3.2 ACCESO ARTERIAL

Criterios para la elección del acceso arterial en pediatría

En la canalización arterial los criterios más importantes para la elección de la arteria a canalizar son:

- Tamaño del paciente
- Tamaño de la arteria
- Uso previsto del catéter
- Duración prevista de la inserción
- Presencia y calidad de la circulación colateral
- Comodidad del paciente y cuidados del catéter

1.3.2.1 INDICACIONES DEL ACCESO ARTERIAL EN PEDIATRÍA

A continuación, se exponen en la tabla 1.2 las indicaciones generales para la colocación de un catéter arterial en niños.

Tabla 1.2 (2): Indicaciones de la canalización arterial en niños.

INDICACIÓN	EJEMPLO
-Monitorización continua de la presión arterial	-Hipotensión/shock -Crisis hipertensiva
-Monitorización de la oxigenación arterial.	-Insuficiencia respiratoria grave -Hipoxemia grave -Ventilación mecánica invasiva
-Extracción repetida de analítica arterial	-Pacientes que requieren controles analíticos repetidos
-Exanguinotransfusión	-Hiperbilirrubinemia grave -Hiperamonemia -Hiperleucocitosis
-ECMO	-Fallo cardiaco refractario -Fallo respiratorio refractario
-Monitorización del gasto cardiaco	
-Cirugía compleja	-Lactantes o pacientes crónicos con accesos difíciles
-Hipertensión intracraneal	-Traumatismo craneoencefálico grave -Infección del sistema nervioso central

1.4 TIPOS DE CATÉTERES VENOSOS CENTRALES Y ARTERIALES

1.4.1 TIPOS DE CATÉTERES VENOSOS CENTRALES

En la siguiente tabla se resumen los dispositivos de acceso venoso central más utilizados en la práctica clínica.

Tabla 1.3 (3):Tipos de catéteres venosos centrales en función de la duración prevista de uso.

TIPO	DENOMINACIÓN	DURACIÓN HABITUAL	USOS
CATÉTERES NO TUNELIZADOS	Catéter umbilical	<15 días Sólo disponible en neonatos <72 horas de vida	Acceso venoso a corto plazo -Medicaciones -Nutrición parenteral -Monitorización -Extracciones -Medicaciones
	Catéter central de acceso periférico epicutáneo-cava (ECC)	7 días-90 días (habitualmente <30 días)	Acceso venoso a medio plazo -Medicaciones -Líquidos -Nutrición parenteral
	Catéter central de acceso periférico (PICC)	Niños con venas 3 mm 15 días-3meses (habitualmente <30 días)	Acceso venoso a medio plazo -Medicaciones -Nutrición parenteral -Monitorización -Extracciones -Administración de medicaciones
	Catéter central de inserción central (CICC) o CVC de inserción percutánea	7 días-30 días (habitualmente <15 días)	Acceso venoso a corto plazo -Medicaciones -Nutrición parenteral -Monitorización -Extracciones -Administración de medicaciones -TDEC -ECMO
	Catéter venoso central por disección	7 días-30 días (habitualmente <15 días)	-Imposibilidad de acceso percutáneo -TDEC -ECMO
CATÉTERES TUNELIZADOS	Catéteres tunelizados sin manguito	15 días a 3 meses	Acceso a medio plazo Menos riesgo de infección
	Catéter tunelizado con manguito (Hickman®/ Broviac®)	Meses-Años	Acceso a largo plazo -Nutrición parenteral crónica -Quimioterapia -Trasplante de médula ósea -Diálisis
CATÉTERES TOTALMENTE IMPLANTADOS	Reservorio en vena central	Meses-Años	Acceso a largo plazo -Nutrición parenteral crónica -Quimioterapia -Acceso vascular prolongado pacientes crónicos
	Reservorio en vena periférica	Meses-Años	Acceso a largo plazo -Nutrición parenteral crónica -Quimioterapia

En la siguiente figura se resumen los distintos tipos de acceso venoso central utilizados habitualmente en la práctica clínica.

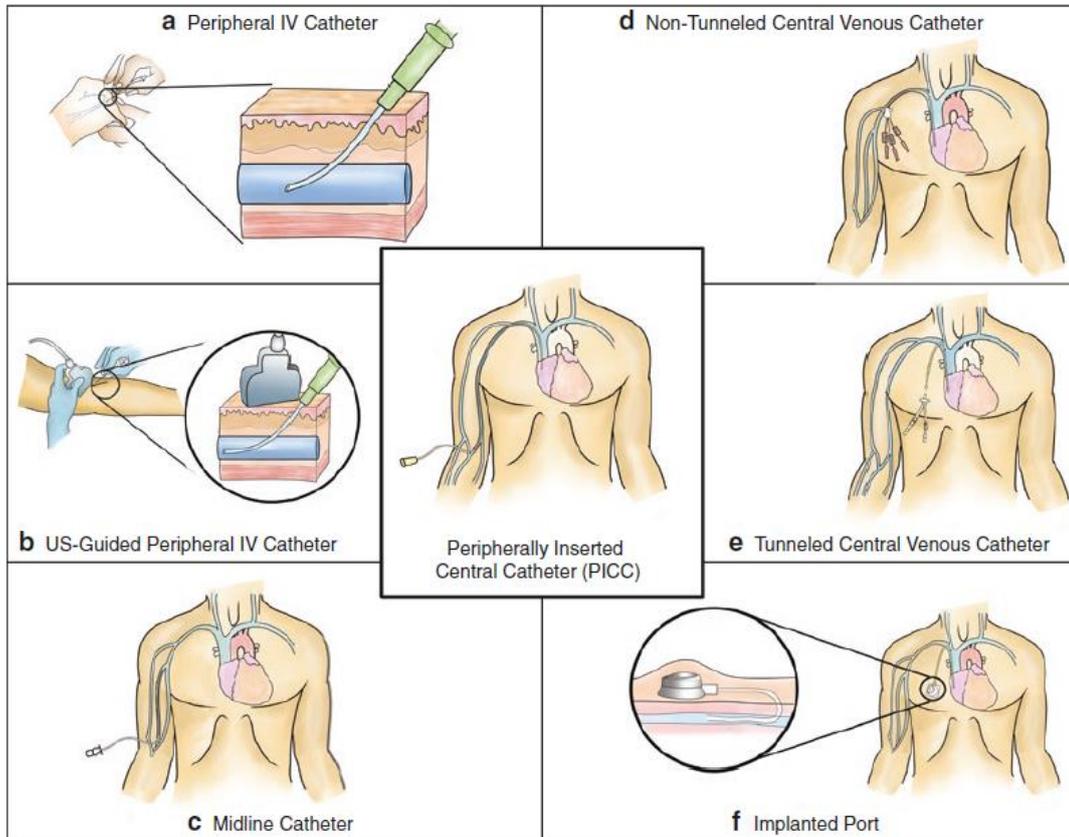


Figura 1.7 (7):Tipo de catéteres venosos (Tomado de "Moureau LM, Alexandrou E. Chapter: Device selection: En "Nancy L Morau. Vessel health and preservation: The right approach to vascular Access". Ed: Springer Open. 2019)(16)

1.4.2 TIPOS DE CATÉTERES ARTERIALES

Lo habitual es usar catéteres específicamente diseñados para el acceso arterial. Suelen ser catéteres de poliuretano algo más rígidos que los venosos, de una sola luz y la mayoría están diseñados para ser insertados mediante una técnica de Seldinger clásica. Son catéteres cortos (4-12 cm) y de diámetros entre 24-18 G según la arteria canalizada y el tamaño del paciente. Algunos profesionales prefieren utilizar un angiocatéter convencional para la canalización arterial en neonatos y niños pequeños lo cual evita la utilización de agujas y guías y puede facilitar la canalización de vasos pequeños.

1.5 ACCESO VASCULAR POR REFERENCIAS ANATÓMICAS

Clásicamente, los clínicos hemos aprendido a localizar los puntos de acceso vascular y canalizar los vasos (arterias y venas) utilizando las referencias anatómicas que a continuación se describen en detalle.

1.5.1 ACCESO VENOSO CENTRAL POR REFERENCIAS ANATÓMICAS

1.5.1.1 CANALIZACIÓN DE LA VENA YUGULAR INTERNA

Abordaje central

El abordaje central es la técnica más utilizada para la canalización de la VYI por referencias anatómicas.(15) Se posiciona al paciente con el cuello en ligera extensión y rotación hacia el lado contralateral a la canalización. La camilla puede colocarse en una posición de Trendelenburg con 30º grados de inclinación para congestionar la vena y facilitar la punción. Se debe localizar el triángulo de Sedillot formado por el fascículo esternal (medial) y clavicular (lateral) del músculo esternocleidomastoideo y la clavícula (base). La VYI se encuentra justo debajo del ápex del triángulo de Sedillot a una profundidad entre 0.5-1.5 cm según la edad en más del 90% de los pacientes en el lado derecho y en el 75% de los pacientes en el lado izquierdo. La aguja se introduce con una inclinación de 30-45º por el vértice del triángulo dirigida hacia la mama ipsilateral. La aguja se introduce conectada a una jeringa realizando una ligera aspiración a medida que se avanza bajo la piel hasta lograra aspirar sangre. En caso de que no se puncione el vaso avanzados 2 cm, lo más probable es que se haya atravesado la vena (punción de la pared posterior) o se haya colapsado con la presión y se debe retirar la aguja hasta la piel manteniendo la aspiración ya que en muchas ocasiones la vena se canalizara “en retirada”. De no ser así se debe retirar la aguja hasta la piel y redirigir con una dirección ligeramente lateral siguiendo el borde del fascículo clavicular del músculo esternocleidomastoideo para evitar la punción de la carótida o la cúpula pleural. Nunca se debe cambiar la dirección de la aguja dentro de la piel para evitar el daño de estructuras adyacentes. (16)

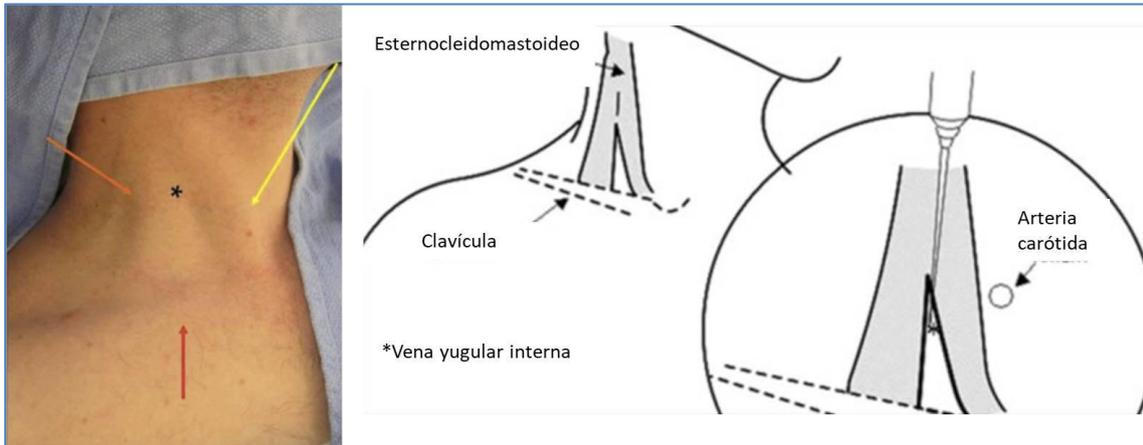


Figura 1.8 (8): Canalización de la VVI por referencias anatómicas (abordaje central). En la imagen de la izquierda se muestra el triángulo de Sedillot y el punto de inserción de la aguja (*). (adaptado de <https://anwresidency.com/simulation/guide/ij.html>)

Otros abordajes de la VVI

Para el abordaje posterior la aguja se inserta a lo largo del borde posterior del esternocleidomastoideo a un tercio aproximadamente de la distancia entre la articulación esternoclavicular y la apófisis mastoides. Puede utilizarse la vena yugular (VYE) como referencia del borde posterior del esternocleidomastoideo. La aguja se avanza hacia la articulación esternoclavicular del mismo lado de la canalización con una angulación de 30-45°. En el abordaje anterior la punción se realiza por el borde anterior del esternocleidomastoideo a nivel del cartílago cricoides. La aguja debe penetrar medial el músculo dirigida en 30-45° en sentido posterior en el plano coronal y entre 15-45° en el plano sagital.



Figura 1.9 (9): Canalización de la VVI por referencias anatómicas (abordaje posterior). La flecha indica el borde posterior del esternocleidomastorideo (ECM). * indica el borde anterior del ECM (punción por abordaje anterior) y * indica la escotadura esternal. (tomado

1.5.1.2 CANALIZACIÓN DE LA VENA SUBCLAVIA

La canalización de la vena subclavia (VS) se realiza especialmente en aquellos pacientes en los que es necesaria la permanencia del catéter por más tiempo o en los que se prevé que la movilización pueda ser un problema ya que brinda un acceso más cómodo para pacientes y con mayor libertad de movimiento. Además, es el acceso de elección para las técnicas de hemodiálisis. Tradicionalmente ha sido el acceso preferido por los cirujanos para la colocación de catéteres totalmente implantados. En Pediatría es el acceso menos utilizado ya que su canalización tiene mayor dificultad técnica y el riesgo de complicaciones graves (especialmente de neumotórax) es más elevado que en la VYI.

Abordaje infraclavicular

El abordaje infraclavicular es el más utilizado y el recomendado cuando la VS se accede utilizando referencias anatómicas. El paciente se coloca en posición de Trendelenburg para aumentar el diámetro de la vena, aunque la tendencia al colapso es mucho menor que en la VYI. El objetivo es que la aguja pase por debajo de la clavícula y por encima de la primera costilla. La aguja debería penetrar en la vena en el punto que la 1ª costilla cruza por debajo de ella que se localiza en la unión del tercio proximal de la clavícula con los dos tercios distales. El punto de punción se sitúa 1-2 cm por debajo de la clavícula y lateral a este punto. La clave para facilitar la canalización y evitar el neumotórax es que el plano de la aguja sea completamente paralelo al suelo evitando en todo momento la tentación de dirigir la aguja hacia la parte posterior para facilitar la entrada infraclavicular. En vez de ello es preferible ejercer presión con el pulgar de la mano no dominante sobre la aguja manteniéndola paralela al suelo para introducirse por debajo

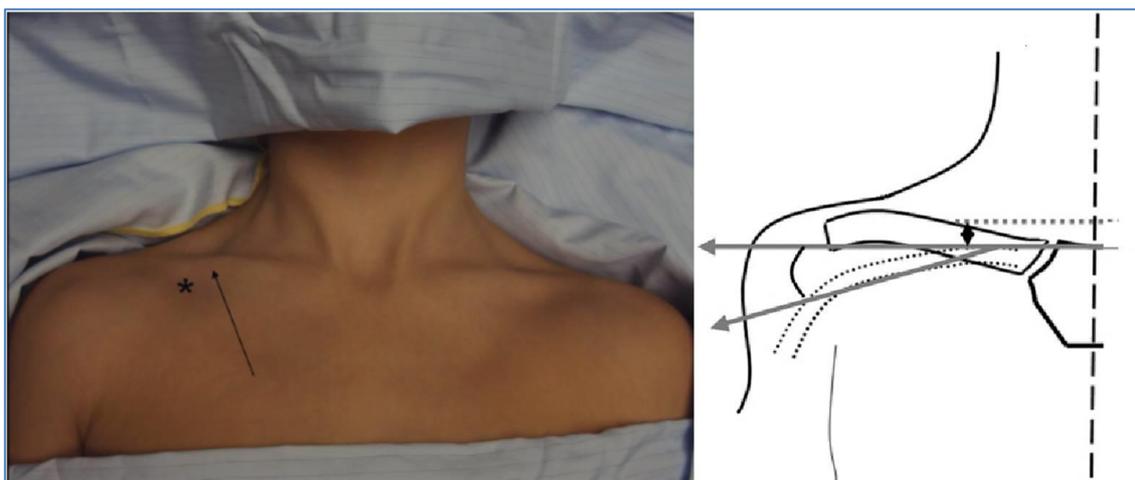


Figura 1.10 (10): Canalización de la VS por abordaje infraclavicular. Izquierda) La flecha indica el punto por el que la aguja debe penetrar en la vena y * indica el punto de punción en la piel. Derecha) dirección que debe seguir la aguja. (adaptado de <https://emedicine>).

de la clavícula. (17) La aguja debe direccionarse hacia la escotadura esternal y avanzarse con ligera aspiración hasta obtener reflujo de sangre.

Otros abordajes de la vena subclavia

Algunos autores sugieren el abordaje supraclavicular. Para este abordaje la referencia fundamental es la unión del borde lateral del fascículo claviclar del esternocleidomastoideo con la clavícula. El punto de punción se sitúa 1 cm superior y lateral a esta unión. La aguja se avanza posteriormente inclinada 5-15 en el plano coronal en una línea que cruza el ángulo esternoclavicular.(18) Este abordaje apenas se utiliza en Pediatría ya que se considera de alto riesgo de complicaciones por la cercanía de estructuras como el conducto torácico, la arteria subclavia o incluso el cayado aórtico (cuando la canalización se realiza desde el lado izquierdo).

1.5.1.3 CANALIZACIÓN DE LA VENA FEMORAL

La canalización de la vena femoral (VF) se ha utilizado con mucha mayor frecuencia en el niño que en el adulto, debido a que entraña menos riesgo de complicaciones inmediatas que la canalización de la VVI o de la VS cuando se utilizan referencias anatómicas. La canalización de la VF es de elección en el paciente en situación de emergencia o parada cardiorrespiratoria debido a que es el acceso venoso central que menos interfiere con la realización de maniobras de RCP y tiene menos riesgo de complicaciones mecánicas graves. En adultos la canalización femoral se ha asociado a mayor riesgo de infección y trombosis en comparación con la VVI o la VS por lo que sólo se suele utilizar en situaciones concretas (cateterismo cardiaco, inserción de catéteres para terapias de depuración extrarrenal continua (TDEC), reanimación con líquidos, emergencias etc.) (19,20). En Pediatría existen evidencias de que la canalización femoral aumenta el riesgo de trombosis, pero no de infección asociada a catéter respecto a otros accesos. Para la canalización de la VF en el niño, este debe colocarse con la pierna en ligera abducción con rotación externa y elevación de la cadera. Hay que tener en cuenta que esta posición puede aumentar el grado de solapamiento de la arteria y VF en los neonatos y dificultar la canalización.(21) La canalización de la VF utiliza como referencias anatómicas fundamentales el ligamento inguinal y la palpación del pulso de la arteria femoral (AF). La punción se realiza por debajo del ligamento inguinal aproximadamente en la unión del tercio externo con los dos tercios internos de la línea que une la espina ílica anterosuperior y la sínfisis púbica, justo

medial (0.5 cm en lactante y 1 cm en niños mayores) al pulso de la AF. La aguja se dirige con una angulación de unos 45° hacia el ombligo del paciente. El proceso se completa de la forma usual.

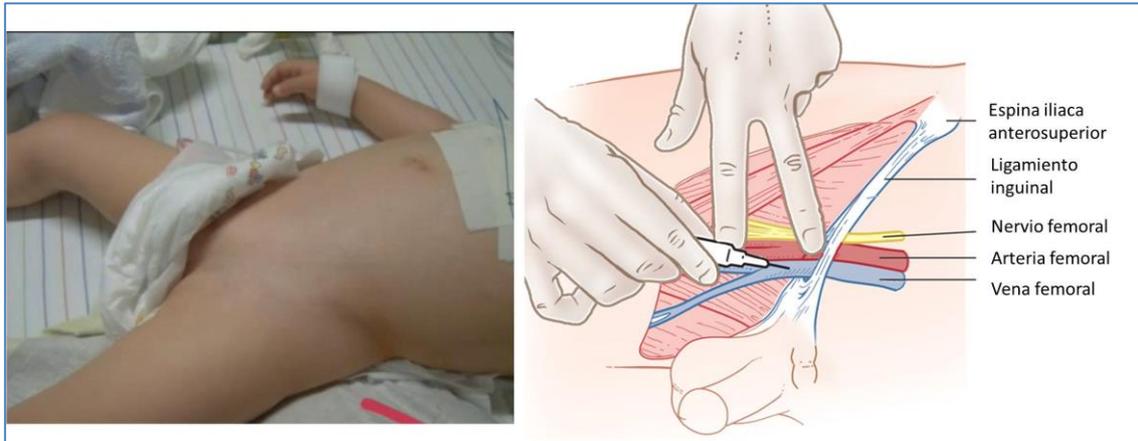


Figura 1.11 (11): Canalización de la vena femoral. Izquierda) Posición del paciente con abducción, rotación externa y elevación de la cadera. Derecha) Referencias anatómicas para la punción (adaptado de <https://doctorlib.info/medical/clinical-practice-emergency-medicin>)

1.5.1.4 OTROS ACCESOS VENOSOS CENTRALES

VENA AXILAR

La vena axilar (VA) es la continuación de la VS cuya porción se aloja fuera del tórax. No existen referencias anatómicas claras para la canalización de la VA por lo que su canulación sin guía ecográfica es anecdótica.

VENA YUGULAR EXTERNA

La vena yugular externa (VYE) es una alternativa para el acceso venoso central cuya principal ventaja es la facilidad de localización para la punción ya que se trata de un vaso con unas referencias anatómicas bastante constantes y que es visible a simple vista.

A nivel del acceso venoso central la VYE se ha utilizado sobre todo para la colocación de catéteres venosos centrales totalmente implantados por la facilidad en acceder a la circulación central a través de una vena periférica. La VYE es tributaria de la VS homolateral drenando en una porción más lateral que la VVI. Habitualmente se ha utilizado como acceso venoso central tras



Figura 1.12 (12): Visualización de la VYE (imagen propia del autor)

dissección quirúrgica, un abordaje prácticamente abandonado hoy en día en pediatría en favor de las técnicas percutáneas.

1.5.2 ACCESO ARTERIAL POR REFERENCIAS ANATÓMICAS

1.5.2.1 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA RADIAL

En general, en adultos la arteria radial (AR) se considera el acceso arterial de elección. Las principales virtudes de este acceso son: escaso riesgo de complicaciones en la inserción, fácil localización de las referencias anatómicas, mínimo riesgo de infección, presencia de circulación colateral y comodidad para el paciente. (22) En pediatría la canalización de la AR también se considera de elección, sin embargo en lactantes y neonatos es una técnica difícil por el tamaño del vaso que puede ser inferior a 1 mm de diámetro por lo que a esta edad es frecuente que se escoja por necesidad la canalización femoral.

La AR junto con la arterial cubital dan la vascularización a la mano. Entre ambas arterias existe una amplia red de colaterales en forma de arcos (3 palmares y 1 dorsal). En la mayoría de los casos esta vascularización colateral es completa y el paciente puede tolerar la oclusión total de la AR sin sufrir isquemia del territorio irrigado por la misma. No obstante, una proporción variable de personas no

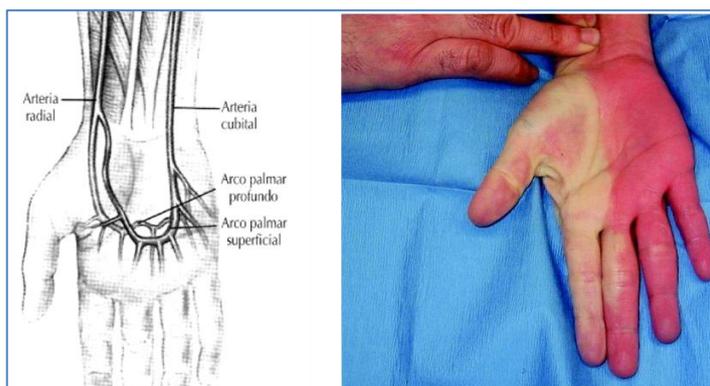


Figura 1.13 (13): Test de Allen (Izquierda) Circulación colateral de la palma de la mano. Derecha) Test de Allen positivo. Al liberar la presión sobre la arteria cubital, no se recupera la vascularización de la palma de la mano irrigada por la arteria radia o cual indica

disponen de arcos palmares y dorsales completos con riesgo de isquemia en caso de trombosis u oclusión de la luz de la AR. Por ello se recomienda demostrar la presencia de circulación colateral antes de canalizar la AR mediante el test de Allen modificado. Para realizar el test, se ejerce presión sobre la AR y cubital de forma simultánea en un punto proximal a la colocación teórica del catéter. Se solicita al paciente que abra y cierre el puño repetidamente hasta que se vea palidecer la palma de la mano palidece. En este momento se libera la presión de la arteria cubital y se contabiliza el tiempo hasta que la mano recupera su color. Si esto sucede en <10-15 segundos se considera que el test es negativo y la circulación colateral es adecuada y por tanto la canalización no tiene riesgo de isquemia en caso de oclusión de la arterial. De lo contrario el

test se considera positivo y no debería realizarse la canalización de la AR (figura 1.13). En niños este test está limitado por la falta de colaboración, aunque puede realizarse utilizando la ecografía, donde el flujo de la arterial del pulgar debe recuperarse en <10 segundos tras liberar la presión en la AR.

Para la canalización de la AR, suele colocarse la mano extendida con la palma hacia arriba sobre una superficie estable y en ligera extensión (es útil colocar un rodete o una jeringuilla en la superficie dorsal de la muñeca para mantener la extensión). El pulso arterial radial se localiza sobre el borde externo del antebrazo a 2-3 cm por encima del límite de la muñeca. No se aconseja canalizar la arteria demasiado cerca de la muñeca ya que los movimientos de flexo extensión podrían acodar el catéter e impedir una correcta monitorización de la presión arterial. Una vez se localiza el pulso arterial el operador debe utilizar su 2º y 3º dedo de la mano no dominante sobre el pulso arterial en dos puntos distantes unos 2 cm con el fin de por un lado estabilizar la arteria evitando su desplazamiento y por otro para hacerse una idea de la dirección que sigue el vaso. (23)

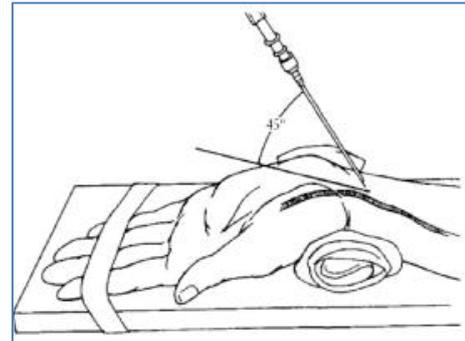


Figura 1.14 (14): Posición de la mano para la canalización de la AR. Extraído de Casado-Flores. Urgencias y Tratamiento del Niño Grave. 2ª Edición. Ed: Ergon. 2006 (23)

Con su mano dominante realizara la punción con una angulación de unos 30-45º en dirección a su tercer dedo hasta lograr puncionar la arteria. Para la punción puede realizarse una técnica de Seldinger, aunque también es frecuente utilizar angiocatéteres especialmente diseñados para la canalización arterial.



Figura 1.15 (15): Canalización de la AR. a) Posición de la muñeca en ligera extensión con un rodete por debajo. b) Palpación del pulso y estabilización de la arterial. c) inserción de un angiocatéter 2 cm por encima de la muñeca. Adaptado de <https://reference.medscape>.

1.5.2.2 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA FEMORAL

La canalización de la AF es una alternativa a la canalización radial frecuentemente utilizada en niños, especialmente en lactantes y neonatos o pacientes con inestabilidad hemodinámica en

los cuales la canalización de la AR es difícil. Las ventajas de la canalización femoral son fundamentalmente la facilidad en la localización de las referencias anatómicas y el tamaño del vaso. La principal desventaja es que la AF común es la única fuente de flujo arterial del miembro inferior por lo que su oclusión completa puede ocasionar isquemia grave con consecuencias tanto a corto como a largo plazo.

Para la canalización de la AF la referencia anatómica principal es la palpación del pulso femoral por debajo del ligamento inguinal. El pulso más intenso se localiza habitualmente en la unión del tercio medial con los dos tercios externo en la línea que une la espina iliaca anterosuperior con la sínfisis pubiana 1 o 2 centímetros por debajo del ligamento inguinal. En la cadera la AF

común se divide en femoral superficial y femoral profunda por ello, es importante que la punción se realice lo más cerca posible del ligamento inguinal (figura 1.16). Además, es necesario recordar que la VF cursa inmediatamente medial a la AF mientras que la posición del nervio genitofemoral es lateral a la arteria. En niños por su frecuencia se debe verificar que no existe una hernia inguinal en el lado a canalizar ya que en esos caso podríamos

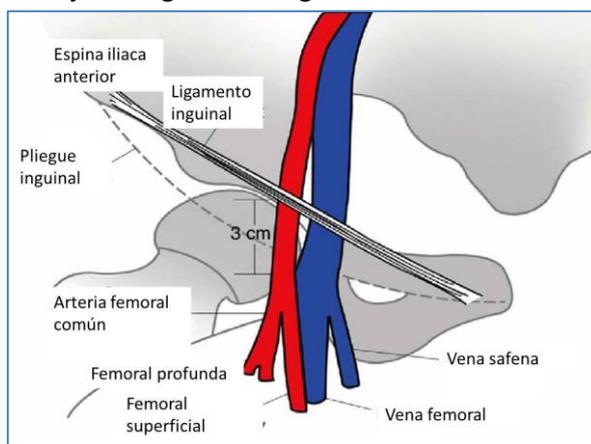


Figura 1.16 (16): Referencias anatómicas para la canalización de la AF común. Tomado de "Chun EU. Ultrasonographic evaluation of complications related to transfemoral arterial procedures. Ultrasonography. 2018; 37 164-173" (24)

producir una hemorragia retroperitoneal o una perforación intestinal. La posición del paciente debe ser la misma que para la canalización de la VF con la pierna en abducción y rotación externa con la cadera ligeramente elevada. Al tratarse de una arteria relativamente profunda lo habitual es realizar la canalización con aguja y técnica de Seldinger, aunque en niños muy pequeños se puede realizar también con angiocatéter. La aguja o angiocatéter se insertarán con una angulación de unos 45º en el punto de máxima intensidad del pulso a la palpación. (24)

1.5.2.3 OTROS ACCESOS ARTERIALES

Otras opciones para la canalización arterial son la arteria pedia, en el dorso del pie lateral al tendón extensor del primer dedo; la arteria tibial posterior entre el maléolo interno y el tendón de Aquiles, la arteria braquial por encima de la flexura del codo medial al tendón del bíceps y la arteria axilar medial al músculo pectoral.

1.6 COMPLICACIONES DEL ACCESO VASCULAR

1.6.1 COMPLICACIONES DE LA CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL

Las tasas de complicaciones asociadas a los CVC oscilan entre el 1-26%, con cifras más altas en general en el niño respecto al adulto. (25) Dentro de las complicaciones asociadas a los CVC debemos distinguir las complicaciones mecánicas inmediatas que están relacionadas directamente con el proceso de inserción y las complicaciones tardías que, aunque pueden estar relacionadas con el proceso de inserción guardan más relación con el cuidado del catéter y el tiempo que permanece colocado (Tabla 1.4). En niños ingresados en UCIP se han comunicado tasas de complicaciones mecánicas del 17.5% siendo las más frecuentes la punción arterial accidental y la posición incorrecta de la punta del catéter. (26) El uso de la ecografía ha cambiado la epidemiología de las complicaciones asociadas a CVC. Mientras que antes de su introducción el mayor número de complicaciones se producían en la canalización de las VVI o la subclavia, hoy en día son estos accesos los que al beneficiarse más de la canalización ecoguiada, tienen las tasas más bajas de complicaciones mecánicas. (26,27) En cuanto a las complicaciones tardías las más importantes desde el punto de vista en la evolución del paciente son la infección y la trombosis. A continuación, comentaremos algunas de las complicaciones más relevantes.

Tabla 1.4 (4): Complicaciones asociadas a la canalización venosa central

COMPLICACIONES INMEDIATAS	COMPLICACIONES TARDÍAS
Punción de estructuras o vasos -Punción arterial accidental -Canulación arterial accidental -Punción miocárdica/taponamiento cardíaco -Punción pleural (neumotórax, hemotórax, neumomediastino) -Punción traqueal -Lesión nerviosa	Infección -Localizada (infección del punto de punción o del túnel subcutáneo) -Sistémica (bacteriemia relacionada con catéter)
Arritmias cardíacas	Trombosis -Sintomática -Asintomática
Embolismo aéreo	Rotura del catéter
Embolismo de la guía o del catéter	Obstrucción del catéter
Hematoma perivascular	Extravasación
Posición inadecuada del catéter	Migración del catéter
Sangrado	Sangrado

Punción arterial accidental

La punción y/o canalización accidental de la arteria adyacente es una de las complicaciones más frecuentes de la canalización venosa central.(28) Habitualmente su detección es sencilla ya que

es evidente por la emisión de sangre roja y pulsátil, pero puede ser difícil de detectar en lactantes en situación de hipotensión. Otros métodos para confirmar la punción arterial son la conexión a sistema de monitorización de la presión o el análisis del contenido de oxígeno en la sangre. El manejo de esta complicación consiste en la retirada de la aguja o catéter y compresión directa del punto de sangrado durante al menos 3-5 minutos. La consecuencia más habitual de la punción arterial es la formación de un hematoma perivascular que deforme los vasos e impida su canalización. A veces puede haber complicaciones serias como el ictus en caso de la punción carotídea inadvertida o un sangrado importante en caso de que el paciente tenga un problema previo de hemostasia. En estos casos un hematoma en expansión podría llegar a comprometer la vía aérea en el caso de la canalización de la VVI. (29). El uso de la ecografía ha demostrado disminuir el riesgo de esta complicación de forma drástica. (30,31)

Neumotórax y hemotórax

La punción accidental de la pleura durante la canalización venosa central es una complicación hoy en día infrecuente gracias al uso de la ecografía.(32) Puede ocurrir en la canalización de la VS, la VA y la VVI. (33) La incidencia estimada es de alrededor del 1-2% en el caso de la VS, la de mayor riesgo. (34) La posibilidad de punción pleural aumenta en los pacientes sometidos a ventilación mecánica ya que durante la insuflación el ápex pulmonar puede ascender hasta el cuello; siendo también mayor el riesgo de que sea clínicamente significativo. (35) Para minimizar la posibilidad de punción pleural se recomienda usar la aguja más fina posible. En caso de sospecha de neumotórax debe confirmarse con ecografía o radiografía y drenar mediante catéter pleural en caso de que esté indicado por la repercusión clínica.

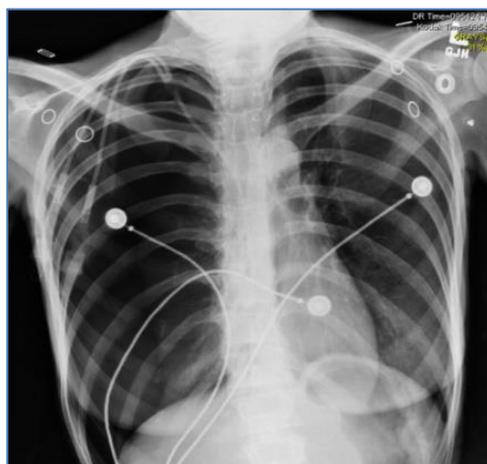


Figura 1.17 (17): Neumotórax derecho tras la coloración de un CVC en la VS. Tomado de Patel AR, Patel AR, Singh S, Singh S, Khawaja I. Central Line Catheters and Associated Complications: A Review. Cureus. 2019 May 22;11(5):e4717 (33)

Derrame pericárdico y taponamiento

El derrame pericárdico como consecuencia de la canalización venosa central es una complicación muy infrecuente pero potencialmente letal. La mayoría de los casos comunicados no ocurren por punción directa del pericardio o los vasos intratorácicos durante la inserción, si no por la erosión de las estructuras vasculares intrapericárdicas producidas por catéteres mal posicionados. La mayoría de los pacientes son neonatos que tienen colocados catéteres

centrales de tipo epicutáneo-cava (ECC) y puede ocurrir días después de la inserción a medida que el contenido infundido por el catéter se acumula en el saco pericárdico hasta comprometer el llenado cardíaco. La incidencia en neonatos ha sido estimada en 1.8 casos/1000 catéteres con una mortalidad de 0.7/1000 catéteres y una prevalencia de alrededor del 1 % según las series. (36,37). En caso de sospecha debe confirmarse con una ecocardiografía, aspirar el contenido a través del propio catéter si es posible y realizar pericardiocentesis urgente. (38)

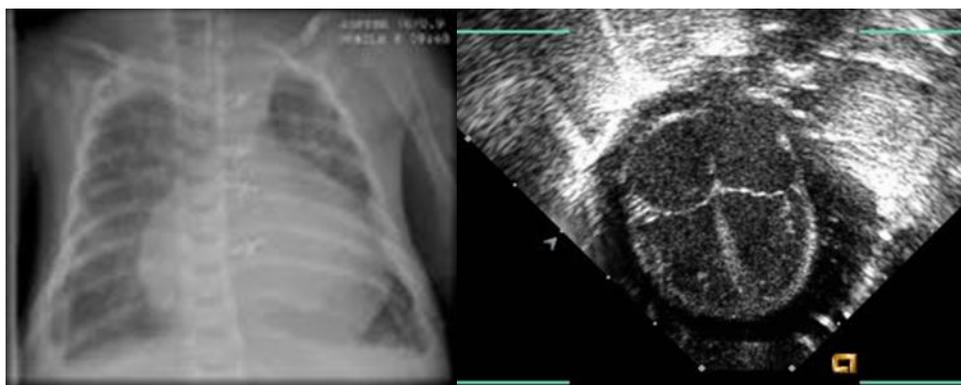


Figura 1.18 (18): Taponamiento cardíaco secundario a PICC. Izquierda: Cardiomegalia en un neonato con una línea venosa central. Derecha: Derrame pericárdico significativo causado por la extravasación del contenido de la nutrición parenteral. Adaptado de "Pezzati M, Filippi L, Chiti G, et al. Central venous catheters and cardiac tamponade in preterm infants. Intensive Care Med. 2004;30(12):2253-2256 (38)

Infección

La infección asociada a CVC (IACVC) es la complicación más importante del uso de estos dispositivos por su impacto en la evolución del paciente y los costes asociados. La tasa de IACVC varía según la edad del paciente. Las tasas más altas se observan en la UCI neonatal con unas cifras en torno a 8-10 episodios/1000 días de catéter, seguidas de la UCI pediátrica con unas tasas en torno a 5-6/1000 días de catéter similares a las de la UCI de adultos entre 4-5/1000 días. No obstante, las cifras son muy variables entre países y pueden oscilar entre 0.4-26/1000 días de catéter en niños y de 2.9 a 60/1000 en neonatos en Estados Unidos respecto a de países en vías de desarrollo. (39,40) La mayoría de las infecciones asociadas a catéter suceden por contaminación durante la permanencia del catéter (70-80%) por lo que la IACVC se considera un indicador de la calidad asistencial. La mayoría de las infecciones de CVC en el niño crítico suceden por contaminación de la superficie externa del catéter (vía extra luminal) mientras que en los CVC de larga duración (tunelizados y reservorio) es más frecuente la contaminación intraluminal. Las políticas de prevención de la IACVC incluyen la asepsia en la inserción, los cuidados de mantenimiento, el uso de catéteres con antibióticos, uso de sellado con sustancias antisépticas, o la educación y concienciación del personal implicado entre otros factores y han demostrado

disminuir significativamente las tasas de esta complicación a todas las edades. (39,41–43). En la tabla 1.5 se muestran las medidas que han demostrado reducir el riesgo de infección en relación con la inserción y mantenimiento del catéter. Los factores de riesgo asociados a la infección por catéter incluyen, además de la edad, el tiempo de permanencia del catéter, el uso de antibióticos de amplio espectro, la nutrición parenteral, el mayor número de luces del catéter o ciertas patologías como el trasplante de médula ósea. No existe una clara evidencia de que la inserción del CVC guiada por ecografía disminuya el riesgo de IACVC. (44,45). No obstante, el uso de ecografía puede tener un efecto indirecto sobre la IACVC al reducir el número de punciones y las tasas de éxito en la inserción.

Tabla 1.5 (5): Medidas para la prevención de la infección por catéter en niño/adulto y neonato críticos. (46)

NIÑO Y ADULTO	NEONATO
En la inserción -Preferencia por VS (no demostrado en Pediatría) -Tipo de CVC (CICC vs PICC) -Higiene de manos -Desinfección de la piel con clorhexidina 0.5-2%/alcohol isopropílico del 70% -Precauciones de barrera completas en la inserción -Uso de CVC con antibióticos (minociclina/rifampicina o clorhexidina/sulfadiacina) en pacientes con riesgo de infección -Uso de <i>checklist</i> de comprobación en la inserción	En la inserción -Desinfección con povidona iodada en < 2 meses y clorhexidina/alcohol isopropílico en >2 meses -Asepsia y barrera completa para la inserción de CVC umbilicales, ECC y CVC percutáneos convencionales -Uso de fluconazol profiláctico en <1000 gramos
Durante el mantenimiento -Revisión diaria de la necesidad del CVC y retirada precoz -Higiene estricta de manos para la manipulación -Desinfección de los puertos con alcohol de 70%/alcohol isopropílico para acceder al CVC -Cambios de apósitos cada 7 días o si están sucios o despegados -Uso de apósitos transparentes -Sellado con vancomicina en CVC de larga duración o con historia previa de infección -Uso de sistemas de infusión cerrados (controvertido)	Durante el mantenimiento -Evaluar diariamente la necesidad del CVC -Evitar en lo posible la nutrición parenteral (guías para la nutrición enteral precoz) -Retirada precoz de vías umbilicales (<5-7 días) -No retirada pautada de ECC (tienen menos riesgo de infección) -Tratamiento de los ECC como cualquier CVC (medidas de barrera, desinfección)- -Educación del personal -Equipos de terapia intravenosa específicos -Monitorización continua de la infección por catéter -Aumentar la ratio enfermería/paciente

Trombosis

La formación de trombos asociados a la presencia de un CVC es una de las complicaciones más frecuentes y de mayor relevancia clínica con estos dispositivos. Dentro de los distintos tipos de trombosis asociadas al uso de catéteres podemos distinguir: a) formación de una vaina de fibrina a lo largo del catéter; b) oclusión de la luz del catéter por un trombo; c) formación de un trombo en la punta del catéter con mecanismo valvular que permite la infusión a través de la luz del CVC, pero no la aspiración de sangre por el catéter y d) formación de un trombo intraluminal con oclusión parcial o total de la luz del vaso.

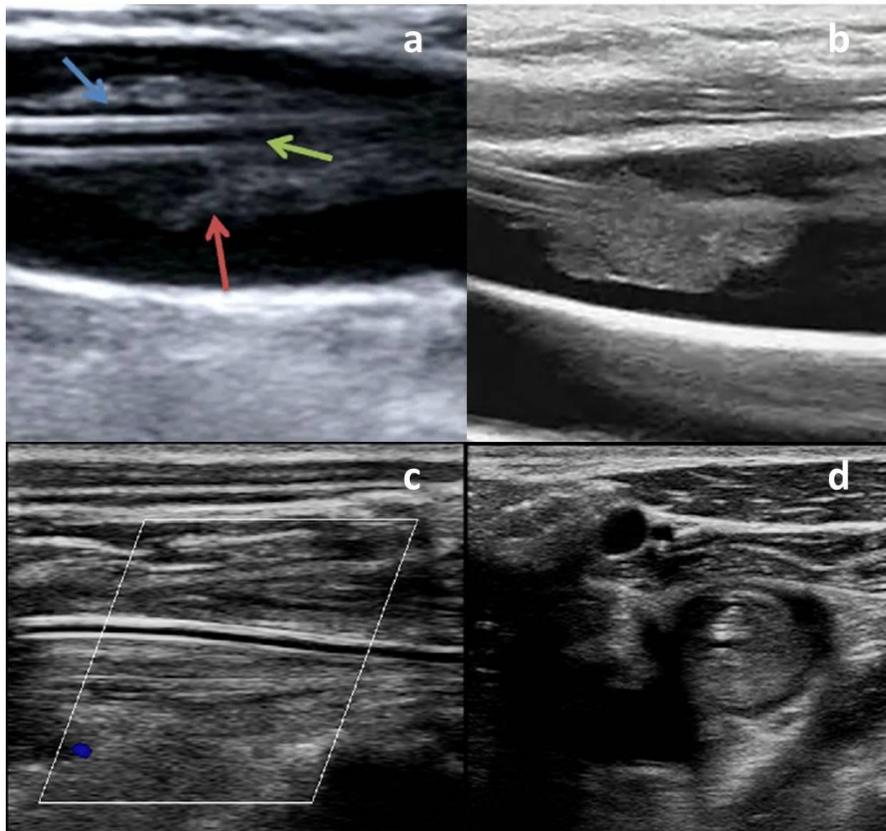


Figura 1.19 (19) : Trombosis asociada a catéter. a) Trombos alrededor de un catéter sin oclusión vascular (asintomático), b) trombo en la punta de un catéter (disfunción del catéter); c) trombo asociada a catéter con oclusión completa del vaso (no hay flujo en color); d) mismo paciente que la imagen anterior mostrando un trombo oclusivo en eje transversal. Tomado de Altawan A, Golchian D, Ilijas J, Patel B and Bazzi M. Deep Vein Thrombosis: The Incidence Post-PICC Line Placement. OMICS Journal of Radiology. 2017; (47).

Aunque pueden coexistir, esta última forma de trombosis es la que en realidad se conoce como trombosis asociada a catéter (TAC). La TAC puede producir un tromboembolismo pulmonar (TEP), una trombosis venosa profunda (TVP), un síndrome posttrombótico, o asociarse a sepsis, trombopenia persistente o coagulopatía. La TAC es un ejemplo paradigmático de la triada clásica de la trombosis: daño vascular (traumatismo en el endotelio vascular durante la canalización),

estasis sanguínea (flujo de sangre alterado alrededor del catéter) e hipercoagulabilidad (muchos de los pacientes que precisan un CVC y sufren TAC tienen algún tipo de estado de hipercoagulabilidad como los pacientes oncológicos, los neonatos o los pacientes con sepsis) Tabla 1.6. La presencia de un CVC es la causa más frecuente de TEP y TVP en Pediatría.(46) Aunque es muy variable se estima que la incidencia de TAC varía entre el 16-18% de todos los CVC que permanecen colocados más de 10 días, aunque las TAC sintomáticas son mucho menos frecuentes (1-5%). Las manifestaciones clínicas son muy variables desde sólo edema por congestión venosa distal al catéter hasta trombosis completa de la vena cava superior con un síndrome de vena cava superior o un TEP.

Tabla 1.6 (6): Factores de riesgo de trombosis relacionada con catéter. (48)

RELACIONADOS CON EL CATÉTER	RELACIONADOS CON EL PACIENTE
-1º PICC; 2º Tunelizados; 3º Implantados; 4º CVC temporales (en orden de frecuencia)	-Historia previa de TVP
-Localización de la punta del CVC (1º vena cava proximal; 2º intra-atrial; 3º unión de la vena cava (en orden de frecuencia)	-Trombofilia
-Localización: 1º femoral; 2º subclavia; 3º yugular (en orden de frecuencia)	-Edad (neonato>adulto>niño)
-Relación diámetro catéter: vena: <1:3	-Enfermedad maligna
-Número de intentos de punción (>3 intentos)	-Quimioterapia
-Duración de la inserción: 1º 10-100 días; 2º 100-1000 días; 3º <10 días (en orden de frecuencia)	-Estados inflamatorios (sepsis, enfermedad crítica, coagulación intravascular diseminada)

No se ha demostrado que el uso de la ecografía permita disminuir el número de trombosis asociada a catéter. No obstante, es probable que el uso de la ecografía al reducir el número de punciones en la canalización disminuya de forma indirecta la TAC. Así mismo, el uso rutinario de la ecografía permite la detección y tratamiento precoces de la TAC, lo que probablemente mejora la evolución. El tratamiento de una TAC sintomática incluye la anticoagulación sin retirar el catéter durante 3-5 días seguido de anticoagulación por un periodo de entre 6 semanas y 3 meses. En caso de trombos extensos con compromiso orgánico o de embolismo pulmonar podría estar indicada la fibrinólisis endovascular o sistémica, la trombectomía o la colocación de un filtro en ven cava. (47,48)

1.6.2 COMPLICACIONES DE LA CANALIZACIÓN ARTERIAL

Se estima que aproximadamente un 10 % de los pacientes con un catéter arterial ingresados UCIPs tienen algún tipo de complicación. (49) Las más frecuentes son la disfunción del catéter, el vasoespasmo y la formación de hematomas y sangrado, que raramente tienen consecuencias clínicas relevantes.

Tabla 1.7 (7): Complicaciones asociada a la canalización arterial. (52)

INMEDIATAS	TARDÍAS
-Vasoespasmo	-Hipertensión arterial
-Hematoma	-Oclusión del catéter
-Sangrado	-Rotura del catéter
-Trombosis	-Infección
-Isquemia distal	-Formación de un pseudoaneurisma
	-Disminución del crecimiento de la extremidad
	-Trombosis
	-Isquemia

Vasoespasmo arterial

El vasoespasmo es una reacción producida por la contracción de la capa muscular arterial al contacto con la aguja o el catéter en la canalización que ocasiona una reducción parcial o completa del diámetro de la arteria. Ocurre hasta en el 30-63% de las canalizaciones arteriales en algún grado aunque suele ser transitorio y sin consecuencias a largo plazo.(22) En caso de que no exista circulación colateral en el territorio en cuestión aparecen signos de isquemia con palidez, frialdad y desaparición o atenuación de los pulsos arteriales distales a la zona del vasoespasmo. Si el vasoespasmo se produce antes de introducir el catéter los intentos sucesivos de canalización serán infructuosos por lo que es necesario esperar a que se resuelva antes de volver a intentar la canalización. Habitualmente el vasoespasmo es transitorio (<4 horas), pero dado que inicialmente los signos clínicos son indistinguibles de los de la trombosis es necesario mantener una estrecha vigilancia de la extremidad. Si pasado un tiempo prudencial no se resuelve se debe retirar el catéter y comprobar que se restablece el flujo arterial. Se puede facilitar la resolución del vasoespasmo con calor en el miembro colateral, lidocaína intravenosa o una pomada de nitroglicerina al 2%. (50–52)

Trombosis arterial e isquemia

La trombosis y sus posibles consecuencias (isquemia distal y tromboembolismo) es la complicación más seria asociada a la canalización arterial. Al igual que sucede con la trombosis venosa, en Pediatría el principal factor de riesgo asociado a la trombosis arterial es la presencia de un catéter (>80% de los casos). Los factores de riesgo más importantes asociados a la trombosis arterial por catéter de forma global son el periodo neonatal, la cirugía cardíaca y el trasplante de médula ósea. Los neonatos son especialmente vulnerables a la trombosis arterial por el tamaño de los vasos, una tendencia intrínseca a la trombosis por inmadurez del sistema fibrinolítico y el frecuente uso de catéteres umbilicales que son de especial riesgo para la trombosis. (53) Aproximadamente un tercio de las trombosis arteriales asociadas a catéter suceden en las primeras 24 horas y el resto durante el tiempo de permanencia del catéter. Una pequeña proporción de trombosis pueden ocurrir tiempo después de la retirada del catéter; por lo que es importante vigilar esta posible complicación. (22)

Tabla 1.8 (8): Factores de riesgo de trombosis arterial por catéter (56)

NIÑOS	NEONATOS
-Múltiples intentos de punción	-Múltiples intentos de punción
-Cirugía cardíaca	-Canalización de la arteria umbilical
-Edad (lactantes y neonatos más riesgo que niños)	-Cardiopatía congénita
-Trasplante de médula ósea	-Prematuridad
-Diálisis	-Asfixia
	-Sexo masculino
	-Infección asociada
	-Días de canalización

La trombosis completa de una arteria puede dar lugar a isquemia y potencialmente necrosis distal con pérdida de la extremidad.(54) En caso de trombosis aórtica es frecuente el fallo renal, la insuficiencia cardíaca y la hipertensión arterial. El tratamiento de la trombosis arterial asociada a un catéter se basa en la fibrinólisis, si es posible endovascular.



Figura 1.20 (20): Trombosis e isquemia arterial secundaria a catéter. a) Isquemia grave de miembro inferior secundaria a trombosis por catéter umbilical en un recién nacido prematuro. B) Isquemia en territorio de la AR secundaria a canalización arterial. Extraído de Lin SJ, Koltz PF, Davis W, Vicari F. Lower extremity ischemia following umbilical artery catheterization: a case study and clinical update. Int J Surg Lond. 2009. Jun;7(3)182-6. (57)

Aunque el uso de la ecografía disminuye el riesgo de punciones repetidas, hematomas y sangrados, no se ha demostrado que reduzca la incidencia de trombosis arterial. (55,56)

1.7 FUNDAMENTOS DEL ACCESO VASCULAR ECOGUIADO

Las guías clínicas actuales recomiendan la canalización vascular guiada por ecografía de cualquier vena central y arteria siempre que esté disponible personal entrenado y material adecuado tanto en niños como en adultos. (57–59) Además, hoy en día se reconoce que no existe un acceso vascular ideal o de primera elección en niños y que este debe elegirse tras la valoración clínica del paciente, de la indicación del catéter y la realización de una exploración vascular completa con ecografía.(60,61) En las siguientes secciones del texto se revisan los fundamentos básicos sobre la canalización vascular ecoguiada; que el autor ha aportado como documentos de acceso libre a disposición de los profesionales interesados a través de la página web de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP). (62)

1.7.1 ¿POR QUÉ ES NECESARIA LA ECOGRAFÍA?

Como se ha comentado, las técnicas de acceso vascular son uno de los procedimientos más frecuentes a los que se somete el niño hospitalizado o con enfermedades crónicas. El acceso vascular, aunque imprescindible en la práctica, es una de las principales fuentes de malestar, stress emocional y complicaciones médicas del niño gravemente enfermo. Por ello, es esencial mejorar la eficacia y seguridad del procedimiento a fin de mejorar la calidad en la asistencia. En este sentido, el uso de la ecografía para el acceso vascular se puede considerar uno de los avances más importantes y prácticos en el manejo del paciente crítico en las últimas dos décadas.(63)

Hoy en día la mayoría de las sociedades científicas y organismos oficiales de regulación sanitaria recomiendan el uso de la ecografía como un estándar de calidad y seguridad en el acceso venoso central. Es más, algunos autores consideran la no utilización de la ecografía en la canalización de la VVI como una mala praxis médica con posibles implicaciones médico-legales. (64)

Las razones que justifican el uso de la ecografía en el acceso vascular son:

- Eficacia: El acceso vascular ecoguiado aumenta las tasas de éxito en la canalización venosa central, venosa periférica y arterial.
- Seguridad del paciente: El acceso vascular ecoguiado se asocia a una reducción del número de complicaciones asociadas a los procesos de canalización vascular.

- **Eficiencia:** El uso de la ecografía en el acceso vascular se ha demostrado coste efectivo en los estudios realizados, mediante el ahorro de tiempo, material, y exposición a complicaciones.
- **Calidad percibida por el niño y los padres:** El uso de la ecografía reduce el número de punciones y el tiempo necesario para la inserción de los accesos vasculares lo cual tiene un efecto positivo en el cuidado general del paciente y en la satisfacción del niño y de los padres

La mayor eficacia y seguridad del acceso vascular ecoguiado han sido refrendadas por un número significativo de ensayos clínicos y metaanálisis a lo largo de los últimos años, especialmente en población adulta pero también en población pediátrica. (65)

1.7.2 EQUIPO

Ecógrafo: El ecógrafo ideal para la canalización vascular ecoguiada, debe ser sencillo de manejar, ligero, resistente, con un tiempo de encendido rápido y debe tener al menos la posibilidad de realizar la exploración en modo 2 dimensiones (2D). (66) La mayoría de los ecógrafos portátiles que se utilizan en anestesia o emergencias son adecuados para este fin. Adicionalmente es muy útil que el ecógrafo disponga de Doppler color y Doppler pulsado.

Sonda: Es el elemento fundamental del equipo. La sonda ideal para la canalización ecoguiada en niños es una sonda lineal de alta frecuencia con gran definición en planos superficiales que tenga una huella pequeña y cuya manipulación comprometa el menor espacio posible. (67) La sonda que más se aproxima a las características ideales es la “hockey-stick” lineal (Figura, 1a). Como segunda opción están las sondas lineales de huella pequeña (< 6-7cm) y en su defecto sondas lineales convencionales (Figura 1b). Las sondas microconvex de alta frecuencia son una buena alternativa. No recomendamos usar sondas de ecocardiografía phased array (Figura, 1c) ya que la calidad de imagen en planos superficiales es muy pobre.



Figura 1.21 (21): Transductores para la canalización vascular ecoguiada. Sonda “hockey-stick” (a), de izquierda a derecha (sonda microconvex, lineal y convex (b), sonda phased array cardiaca (c). Imagen propia del autor en Procedimientos Ecoguiado: Grupo de Ecografía de la SECIP (<https://secip.com/wp-content/uploads/2018/09/6-PROCEDIMIENTOS-ECOGUIADOS.pdf>) (65)

“Botonología”: Uno de los aspectos que suele preocupar al operador inexperto es conocer los botones y mandos del ecógrafo si bien, los conocimientos sobre modificación de la imagen que necesitamos para realizar la canalización vascular ecoguiada son pocos, sencillos y los dispositivos más modernos disponen de sistemas de ajuste automático.(68,69) Fundamentalmente deberemos saber ajustar los siguientes parámetros:

Profundidad:

La profundidad de la exploración es un ajuste fundamental. Cuanta menor profundidad “más grande” veremos las estructuras en la pantalla, pero sólo veremos las más superficiales. Debemos seleccionar la profundidad mínima que nos permita ver las estructuras de interés. Por ejemplo, en el caso del abordaje de la VVI sera adecuada una profundidad que permitir visualizar la arteria carótida y la glándula será suficiente. En general en niños con una profundidad de 2-3 cm (según la edad) es suficiente para la gran mayoría de los accesos vasculares.

Ganancia general

La ganancia es la cantidad de ecos que recibe la sonda. A modo práctico lo percibimos como el nivel de “brillo” de las estructuras en la pantalla. En general seleccionaremos una ganancia que nos permita distinguir adecuadamente los músculos de los vasos (figura 1.22b). Demasiada ganancia (figura 1.22c) puede hacer que la imagen del interior del vaso sea poco clara y que no se distingan los tejidos en la superficie lo que puede dificultar mucho la visualización de la aguja. Una ganancia demasiado baja hace que exista poco contraste entre estructuras (figura 1.22a) y tampoco es adecuada. Además de la ganancia general, si está disponible en el ecógrafo, puede ser útil ajustar la ganancia en profundidad que nos permite dar diferentes ganancias a distintas profundidades de la imagen.(70)

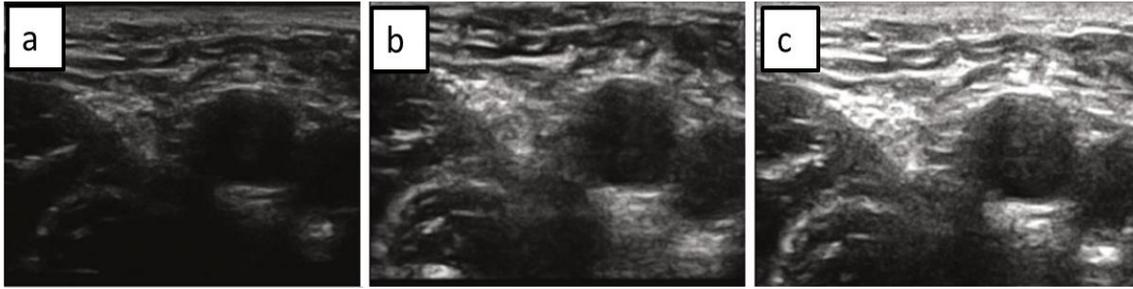


Figura 1.22 (22): Regulación de la ganancia. Ganancia escasa (a), ganancia adecuada (b), exceso de ganancia (c).
Tomado de Training guidelines American Institute of Ultrasound in Medicine.
<https://www.aium.org/resources/ptGuidelines.aspx>. (73)

Zoom

Algunos ecógrafos permiten seleccionar una zona de interés y hacer un *zoom* (ampliación) de esa zona. Ello puede ser útil cuando realicemos canalizaciones vasculares en niños en lactantes o neonatos. Hay que tener en cuenta si se utiliza la función de *zoom* para la canalización, que la imagen obtenida en la pantalla es solo la correspondiente a una parte de la obtenida por la sonda, y por lo tanto, podemos perder las referencias que nos permiten localizar el vaso con respecto a la aguja.

Escala del color y el Doppler

Si utilizamos la función de Doppler color deberemos ajustar la escala de velocidades Doppler a la velocidad del flujo sanguíneo que estamos explorando. Si estamos explorando venas la escala debe ser baja (<30-40 cm/seg) para poder detectar el flujo venoso, mientras que para el flujo arterial es mejor escalas más altas (50-80 cm/seg) para así evitar el fenómeno llamado “*aliasing*” (generación de artefactos en la imagen de Doppler color).

Ganancia del color

Este es un parámetro que deberemos ajustar si usamos Doppler color. Aumentando la ganancia conseguiremos que el vaso se “llene de color”, de forma que parecerá más grande en color que en 2D. Si la bajamos iremos detectando una señal de color cada vez más pequeña centrada en el vaso hasta desaparecer. La ganancia ideal es aquella que una vez seleccionada la escala de velocidad correcta permite ver el vaso lleno de color sin sobrepasar sus límites (es decir sin sobreestimar el tamaño) y sin que aparezcan destellos (“chispas” de color) alrededor del vaso.

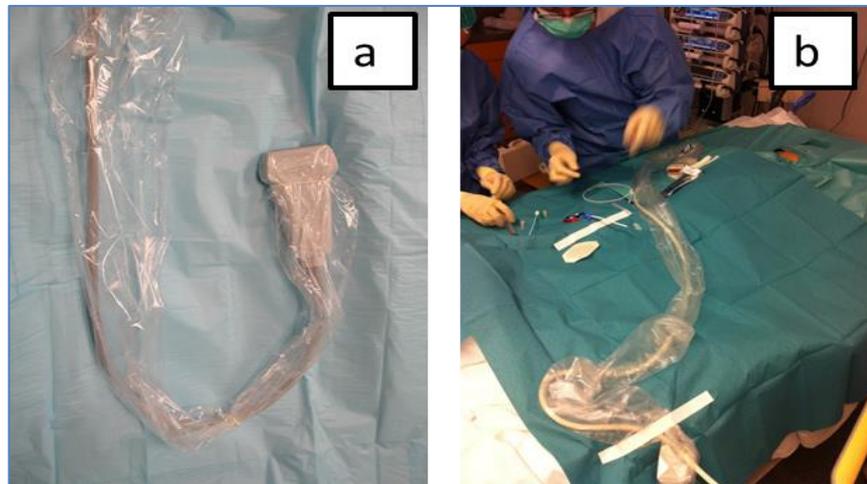
Rango dinámico y compresión

Estos parámetros permiten ajustar el contraste y la definición de tejido de la imagen. No son imprescindibles. Puede ser útil manejarlos en caso de que el paciente tenga mala “ventana ecográfica” y precisemos mejorar la imagen

1.7.3 ASEPSIA

Las normas de asepsia deben mantenerse estrictamente durante el procedimiento de canalización ecoguiada.(71) No se debe tener prisa en este punto ya que no tendría mucho sentido utilizar una técnica como la ecografía para incrementar la seguridad del paciente si la comprometemos por otro lado con una asepsia inadecuada. Lo ideal es usar un método de barrera que aisle por completo el transductor y el cable que lo conecta al ecógrafo. Para ello pueden utilizarse mangas o fundas estériles específicamente diseñadas a tal efecto (figura 1.23a). Estas fundas están diseñadas para evitar que el transductor o el cable que lo conecta al ecógrafo contaminen el campo. Los sistemas “caseros” como guantes o sábanas estériles no son adecuados. Se suele usar un gel no estéril convencional en contacto directo con la sonda (por dentro de la funda) y

un gel estéril en contacto con el exterior de la funda y la piel. Es importante utilizar la mínima cantidad de gel necesario para evitar que se nos resbalen los dedos



(especialmente al introducir la guía y el *Figura 1.23 (23): Asepsia del transductor. Funda estéril plástica (a). Campo estéril con el cable fijado al borde para evitar su movilización. (imagen cedida por el Dr Luis Renter Valdovinos)*

catéter) durante la canalización. En caso de no disponer de gel estéril pueden utilizarse suero fisiológico o lubricante quirúrgico. La preparación del campo estéril del ecógrafo debe realizarse en general tras la preparación del campo estéril del paciente (que debe ser lo más amplio posible) ya que esto nos permitirá depositar la sonda y el cable enfundados sobre el campo estéril y maniobrar con total libertad(figura 1.23b). (72) Es útil fijar el cable de la sonda en el borde del campo para evitar que al movilizar la sonda se desplace dentro del campo o se introduzca la parte del cable no estéril dentro del campo (figura 1.23b). Se puede ver la técnica completa de canalización ecoguiada con las precauciones de asepsia en la siguiente simulación https://www.youtube.com/watch?v=6ttoYJ_7

1.7.4 OBTENCIÓN DE LA IMAGEN Y ORIENTACIÓN ESPACIAL

Para obtener la imagen adecuada del vaso a canalizar es fundamental que estemos bien orientados en la imagen. Hay dos principios que debemos observar siempre en la canalización vascular ecoguiada:

- Debemos obtener una imagen anatómica en la pantalla
- Nuestro transductor, el vaso del paciente y la pantalla del ecógrafo deben estar en el mismo eje de visión (es decir mirando hacia el frente debemos verlo todo), para lo que es ideal colocar el ecógrafo en el lado opuesto del paciente en el que nos encontremos nosotros.

Orientación anatómica

Con esto queremos decir que la lateralidad izquierda-derecha del paciente, del transductor y de la pantalla debe ser la misma. Si nos colocamos a la cabecera para canalizar la VVI del lado derecho mirando de frente a la pantalla del eco debemos ver la VVI a nuestra derecha y la carótida a nuestra izquierda. Para ello la marca de la pantalla y la muesca del transductor deben estar hacia el mismo lado respecto a nosotros (para ello se debe colocar la muesca de la sonda siempre a nuestra izquierda, al igual que la marca en la pantalla, tanto si pinchamos desde craneal o desde caudal respecto al paciente (figura 1.24). En caso de que utilicemos una visión longitudinal del vaso, la muesca del transductor puede colocarse en cualquier posición pero para evitar equivocaciones nosotros recomendamos colocar la muesca del transductor siempre hacia posición craneal del paciente.(73)

Mantener el transductor, el vaso y la pantalla en el mismo eje de visión:

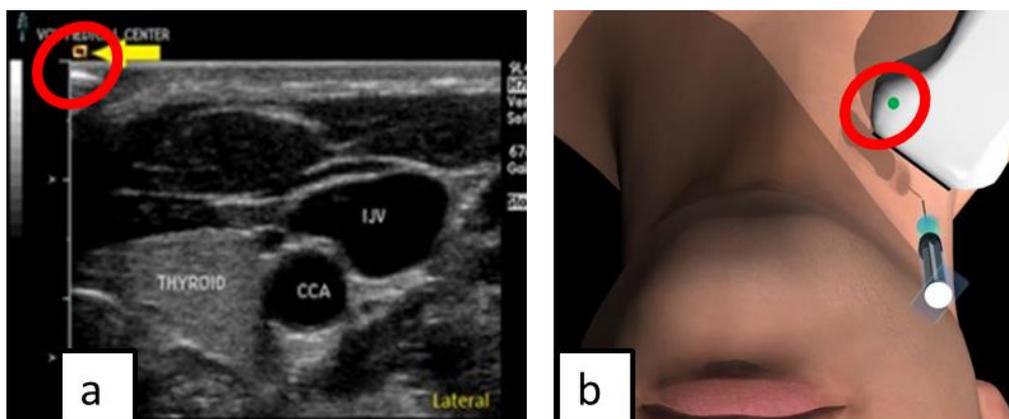


Figura 1.24 (24): Orientación anatómica de la imagen. La marca de la pantalla y la muesca del transductor deben estar colocados a nuestra izquierda según miramos al paciente y al ecógrafo (círculos rojos) (adaptado de <https://fpnotebook.com/er/procedure/UltrsndGdlntrnlJ>)

Para realizar la canalización de forma cómoda y sencilla debemos evitar tener que girar el cuello hacia un lado. Por ejemplo, si canalizamos la VVI pondremos el ecógrafo en un lateral del paciente alineado con nuestra visión y si canalizamos VF lo pondremos en la cabecera del paciente. Así evitaremos tener que girar el cuello lo cual puede hacer que nos desorientemos fácilmente (figura 5).



Figura 1.25 (25): Eje de visión correcto para la canalización ecoguiada (flecha) (Imagen cedida por el Dr. Luis Renter Valdovinos)

1.7.5 EXPLORACIÓN VASCULAR Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN CANALIZACIÓN VASCULAR ECOGUIADA

En la canalización vascular ecoguiada debemos poner en relación tres elementos:

- a) El plano ecográfico
- b) El vaso
- c) La aguja.

Las relaciones entre el plano y el vaso pueden ser transversal, longitudinal u oblicua mientras que las relaciones entre el plano y la aguja pueden ser “fuera de plano” o “en plano”. La combinación de la relación plano-vena-aguja define el abordaje.

1.7.5.1 RELACIÓN ENTRE EL PLANO ECOGRÁFICO Y EL VASO

La relación entre el plano del haz de ultrasonidos y el eje mayor de la vena puede ser transversal, longitudinal u oblicua. En general empezaremos siempre con el plano transversal y posteriormente haremos el longitudinal. (74,75)

Relación plano-vaso transversal

En la exploración en plano transversal el haz de ultrasonidos corta al vaso en sentido perpendicular al eje mayor, obteniéndose en la imagen una sección circular del vaso (figura 1.26a). Cuando se explora un vaso en sentido transversal debe colocarse el centro de la sección circular del vaso en el centro de la imagen. La principal ventaja de este plano es que permite obtener una visión amplia y panorámica de la vena y de las estructuras adyacentes. Esto es importante en la canalización vascular ya que permite evitar la punción indeseada de estructuras de riesgo como arterias, nervios u órganos. Además, es más fácil orientarse y es más intuitivo para el operador con poca experiencia.

Relación plano-vaso longitudinal

Se obtiene rotando 90° desde el plano transversal (figura 1.26b). El haz de ultrasonidos corta al vaso en sentido paralelo al eje mayor obteniéndose una imagen cilíndrica del vaso. Cuando se explora un vaso en longitudinal debe intentarse colocar el plano justo en la línea que marca el diámetro máximo que corresponde, como en toda circunferencia con el centro del vaso. Esto puede ser difícil. Un truco sencillo es explorar el vaso en transversal colócalo el centro del vaso en el centro de la pantalla y luego rotar 90° el transductor para obtener el plano longitudinal. La ventaja de la exploración en longitudinal es que permite la canalización “en plano” (ver más abajo) con visualización de la aguja completamente en todo su recorrido. Los inconvenientes son que es más difícil orientarse y no se observan las estructuras adyacentes al vaso explorado, sólo las localizadas inmediatamente por encima o por debajo del vaso.

Relación plano-vaso oblicuo

El haz de ultrasonidos se coloca en “diagonal” respecto al eje mayor del vaso con un ángulo aproximado de 45° (Figura 1.26c). Tiene algunas ventajas de la exploración en transversal y longitudinal. Por un lado, permite visualizar la vena y la arteria en el mismo plano, así como estructuras adyacentes. Además, permite introducir la aguja en plano con el vaso. Sin embargo, la principal desventaja es el alto riesgo de punción de la pared lateral o falta de progresión de la guía por lo que en vasos de pequeño diámetro como los que tienen los niños esta exploración se utiliza menos. (76)

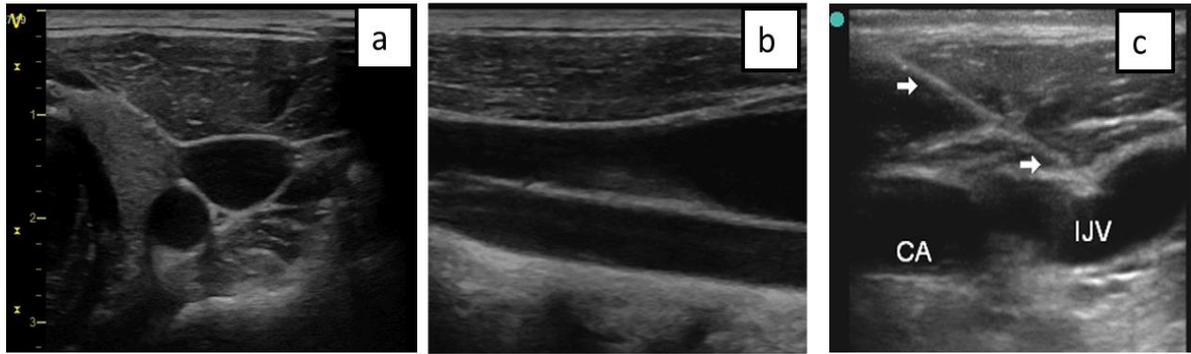


Figura 1.26 (26): Relación plano-vena transversal (a). Relación plano-vena longitudinal (b). Relación plano-vena oblicua. (Imágenes propias del autor).

1.7.5.2 RELACIÓN ENTRE EL PLANO ECOGRÁFICO Y LA AGUJA

Relación plano-aguja “fuera de plano”

El plano del haz de ultrasonidos “corta” la aguja en su eje menor. Esto quiere decir que obtenemos una imagen de la aguja como un punto en la pantalla (Figura 1.27). La principal ventaja de la punción “fuera de plano” es que resulta más fácil para el operador con menos experiencia ya que no es precisa una alineación perfecta entre el centro del transductor y la dirección de la aguja. Como mayor desventaja, a priori, es difícil saber qué punto de la longitud de la aguja estamos visualizando. La consecuencia es que para localizar la punta de la aguja deberemos realizar una serie de maniobras de búsqueda de la aguja que veremos más adelante. (77,78)

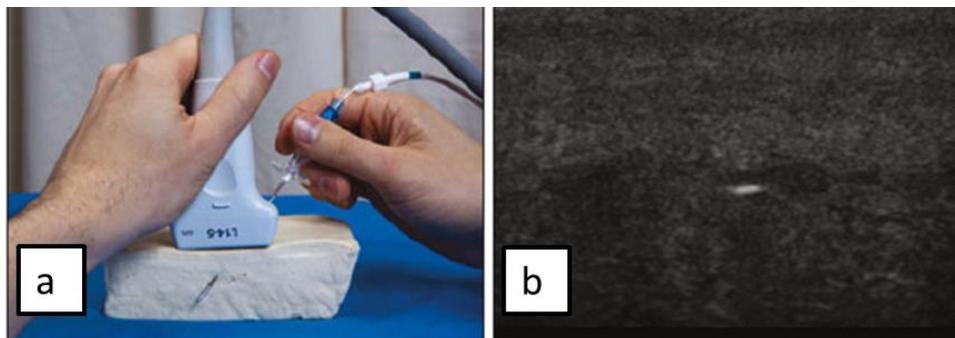


Figura 1.27 (27): Relación fuera de plano (a), visión de la aguja como un punto ecogénico (b). Extraído de Brian A. Pollard BSc, MD, MEd, FRCPC. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012

Relación plano-aguja “en plano”

La aguja y el plano del haz de ultrasonidos coinciden (el plano corta la aguja en su eje mayor) Obtendremos una imagen completa de la aguja lo que nos permite visualizar con fiabilidad la punta de la aguja a medida que avanza en el tejido durante todo su trayecto (figura 8). Es más difícil obtener una imagen adecuada ya que exige más coordinación entre la mano que sujeta el transductor y la mano que introduce la aguja. Sin embargo al permitir la introducción de la aguja “en plano” es considerado, en general, el abordaje de elección para las técnicas ecoguiadas de punción percutánea.(77)

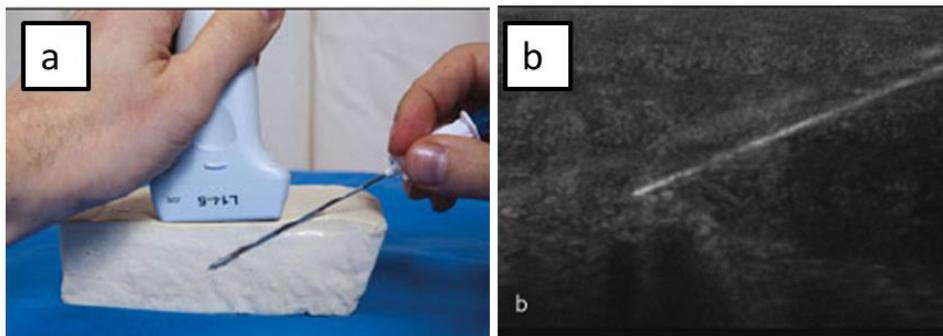


Figura 1.28 (28): Relación plano-aguja en plano (a). Visión de la aguja en plano. Extraído de Brian A. Pollard BSc, MD, MEd, FRCPC. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012 (81).*

1.7.5.3 RELACIÓN PLANO-VASO-AGUJA: ABORDAJE

El abordaje de la punción vascular ecoguiada se define por la combinación entre de la relación plano-vaso y plano-aguja. **Es la forma en que definimos de forma precisa e inequívoca el modo en que se realiza la punción.** Los más utilizados son el abordaje transversal “fuera de plano” y el longitudinal “en plano”. (79)

Abordaje “transversal fuera de plano”

Se obtiene un corte transversal del vaso y la aguja se introduce fuera de plano (figura 1.29). Es el abordaje más habitual para la canalización ecoguiada de la VVI y el más recomendado cuando el operador tiene poca experiencia (figura 1.29b). La principal ventaja es la seguridad del procedimiento ya que tenemos una visión de las estructuras de riesgo alrededor de la vena (principalmente la arteria). La principal desventaja es que no visualizamos más que una sección de la aguja (un punto ecogénico en la pantalla) (figura 1.29c). Si queremos mantener un control de la punta de la aguja durante su introducción deberemos realizar una serie de maniobras con el transductor para “seguir la punta de la aguja” a medida que avanza en el tejido. (80)

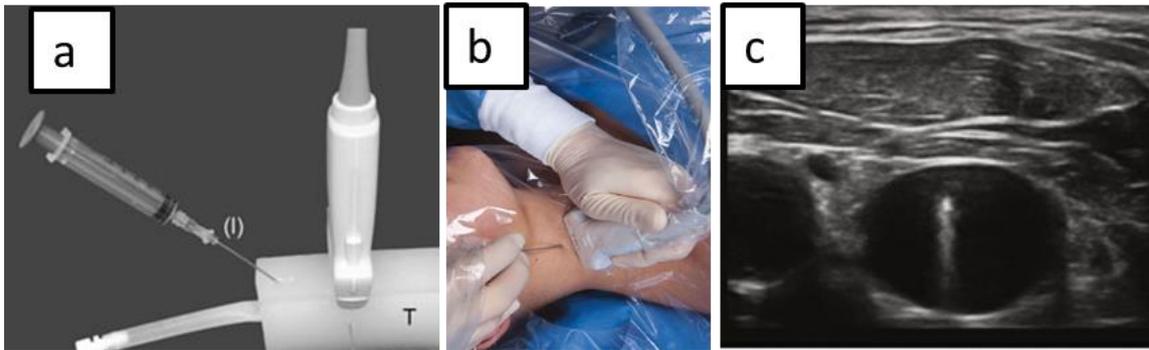


Figura 1.29 (29): Abordaje transversal fuera de plano. La vena se corta en transversal (a) y la aguja se introduce fuera de plano (b) Se obtendrá una sección circular del vaso y la aguja aparecerá como un punto ecogénico en la pantalla (c). Extraído de *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012 (81).

Abordaje “longitudinal en plano”

Se obtiene un corte longitudinal del vaso y la aguja se introduce en plano con control directo de la punta de la aguja en todo momento (figura 1.30). Suele ser el abordaje más utilizado por las personas con experiencia, ya que exige más destreza manual. En este abordaje el transductor se mantiene fijo y centrado en el vaso y la trayectoria de la aguja se modifica para penetrar el vaso en el punto deseado. La desventaja de este abordaje es que no tenemos un control visual de la arteria y otras estructuras adyacentes, con los que ante pequeñas desviaciones del plano del transductor o de la trayectoria de la aguja, podemos perder el control de la punta de la aguja y puncionar de forma accidental otra estructura. Por ello es muy importante mantener la dirección de la aguja siempre alineada con el plano del haz de ultrasonidos. (81,82)

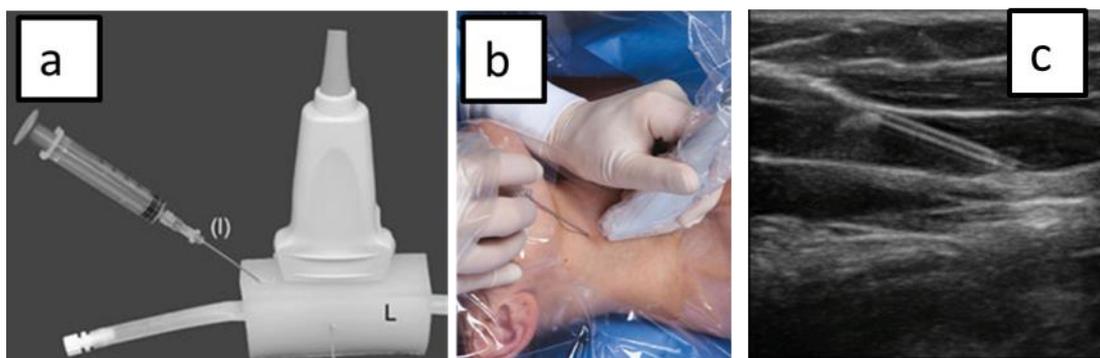


Figura 1.30 (30): Abordaje longitudinal en plano. La vena se “corta” en longitudinal (a), y la aguja se introduce en plano observándose en toda su longitud (c). Extraído de *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012 (81).

Abordaje “transversal en plano”

Se obtiene una imagen transversal del vaso, pero la aguja se introduce desde un lateral del transductor en plano (figura 1.31a) Este abordaje es útil cuando existe una relación supero-

inferior de la arteria respecto a la vena o existe otra estructura superficial que debemos evitar como por ejemplo un nervio. El problema de este abordaje es que la guía entra en el vaso dirigida hacia la pared, lo que puede dificultar su introducción especialmente en venas de pequeño calibre, por lo que no se suele utilizar en niños pequeños.

Abordaje “oblicuo en plano”

Se obtiene una imagen oblicua de la vena y la arteria y la aguja se introduce “en plano” (figura 1.31b). Este abordaje aúna las ventajas del “transversal fuera de plano” y del “longitudinal en plano”. Ha mostrado muy buenos resultados en la canalización de la yugular interna en adultos, aunque existe menos experiencia en niños. (76,83)

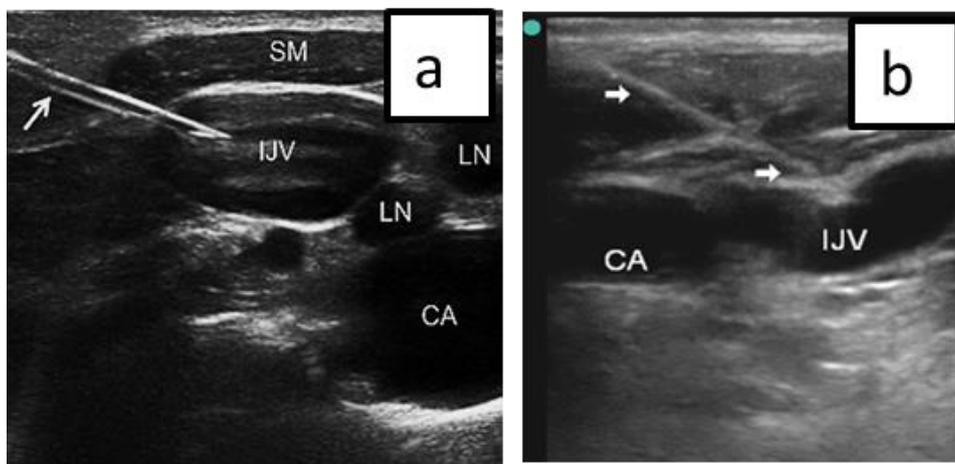


Figura 1.31 (31): Abordajes ecoguiados alternativos. Inserción de la aguja en transversal en plano (a). Inserción de la aguja en oblicuo en plano. Imágenes propias del autor.

Abordaje combinado: “transversal fuera de plano + longitudinal en plano”

Se trata de puncionar la piel en “transversal fuera de plano” para asegurarnos que estamos centrados en la vena y acto seguido rotar el transductor 90° y proseguir con la canalización en “longitudinal en plano”. Esto es muy útil cuando el vaso a canalizar es de pequeño tamaño ya que en este caso resulta difícil entrar centrado en el vaso si utilizamos directamente la punción “en plano”. Se han desarrollado modelos experimentales de transductores biplano que combinan la visión transversal y longitudinal en la misma pantalla obteniendo un solo plano (figura 1.32). Aún están en desarrollo, pero puede resultar una alternativa prometedora en el campo de acceso vascular ecoguiado. (80)

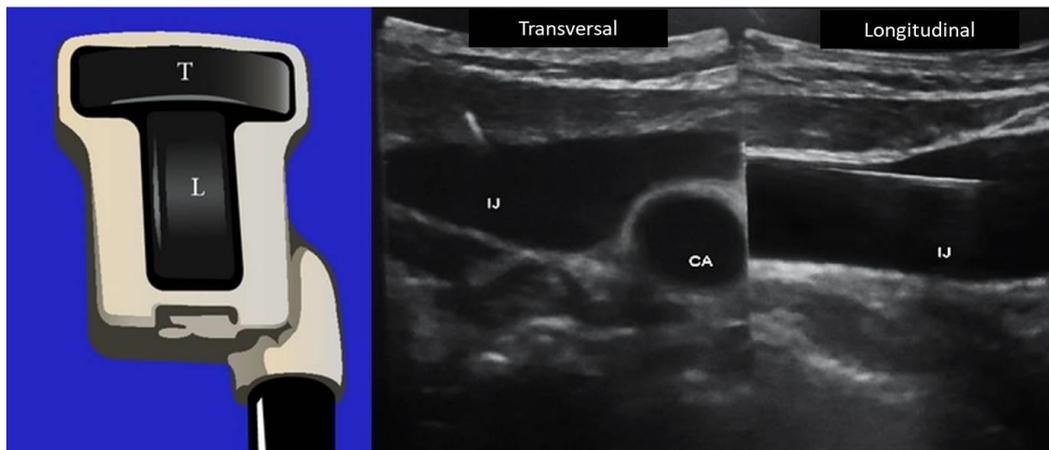


Figura 1.32 (32): Diseño del transductor experimental biplano. Canalización de la VYI utilizando un transductor biplano. Permite observar la entrada de la aguja fuera de plano y en plano de forma simultánea. Inserción de la aguja en transversal en plano (a). Extraído de Kaplowitz J et al. A new biplane ultrasound probe for real-time visualization and cannulation of the internal jugular vein. Case Rep Anesthesiol. 2014; 2014:349797.

1.7.5.4 TÉCNICAS DE INSERCIÓN DE LA AGUJA: “FUERA DE PLANO”

Elección del punto de punción: principio de triangulación.

Cuando utilizamos el abordaje “transversal fuera de plano” (en el que no visualizamos todo el trayecto de la aguja), podemos calcular en base al teorema de Pitágoras el lugar de punción en la piel. Utilizando un ángulo de entrada en la piel de 45° la distancia al transductor será aproximadamente la misma que la profundidad a la que se encuentra el vaso. Utilizando este sencillo principio podremos puncionar el vaso con éxito en muchas ocasiones, aunque no controlemos exactamente la trayectoria de la aguja (figura 1.33). (84,85) El inconveniente es que si el cálculo del ángulo y la profundidad no son exactos podemos errar la trayectoria adecuada de la aguja y puncionar estructuras no deseadas, lo cual será más frecuente en niños pequeños donde el margen de error es menor.

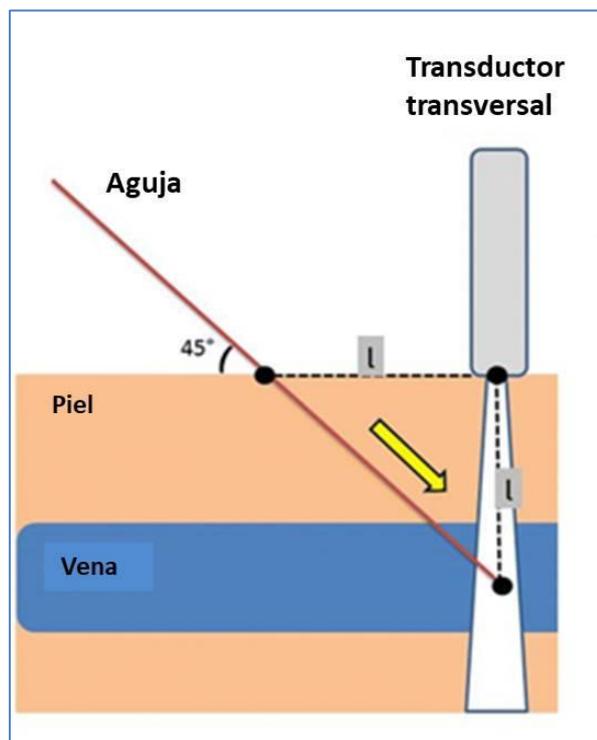


Figura 1.33 (33): Principio de triangulación (teorema de Pitágoras). Si la distancia al transductor se hace coincidir con la profundidad del vaso, una punción con un ángulo de entrada de 45° debe entrar en el vaso aproximadamente en el plano. Figura de creación propia

Maniobras para seguir la aguja “fuera de plano”

Consisten en la maniobra de deslizamiento y la inclinación o basculación del transductor. Estas maniobras sirven para conseguir un seguimiento visual de la punta de la aguja durante el abordaje transversal “fuera de plano”. Permite solucionar las imprecisiones de la técnica anterior, y es lo que utilizan los operadores que tienen experiencia en el uso de las técnicas ecoguiadas.

Maniobra de deslizamiento:

Se obtiene un plano transversal del vaso según lo explicado anteriormente. Se elige el punto teórico de punción en base a la maniobra de triangulación antes descrita. Una vez que la punta de la aguja se introduce en la piel, en vez de avanzar la aguja en este momento desplazamos el transductor y lo ponemos pegado a la aguja. La imagen de la aguja obtenida en este punto corresponderá a la punta de la aguja. Ahora podemos avanzar conjuntamente transductor y aguja (el transductor se desliza por la piel a la vez que la aguja profundiza en el tejido) de forma que conseguiremos seguir la punta de la aguja hasta verla penetrar en el vaso. Esta técnica es muy útil cuando el vaso es profundo y disponemos de cierto espacio para maniobrar.(86)

Maniobra de basculación:

Esta maniobra es similar a la anterior, pero en vez de mover el transductor hacia la aguja lo que haremos es bascular el transductor siguiendo la punta de la aguja a medida que avanza (Figura 1.34). Esta técnica es la preferida por muchos y es útil especialmente cuando hemos de puncionar muy cerca del transductor y el espacio para maniobrar es escaso (figura 13).

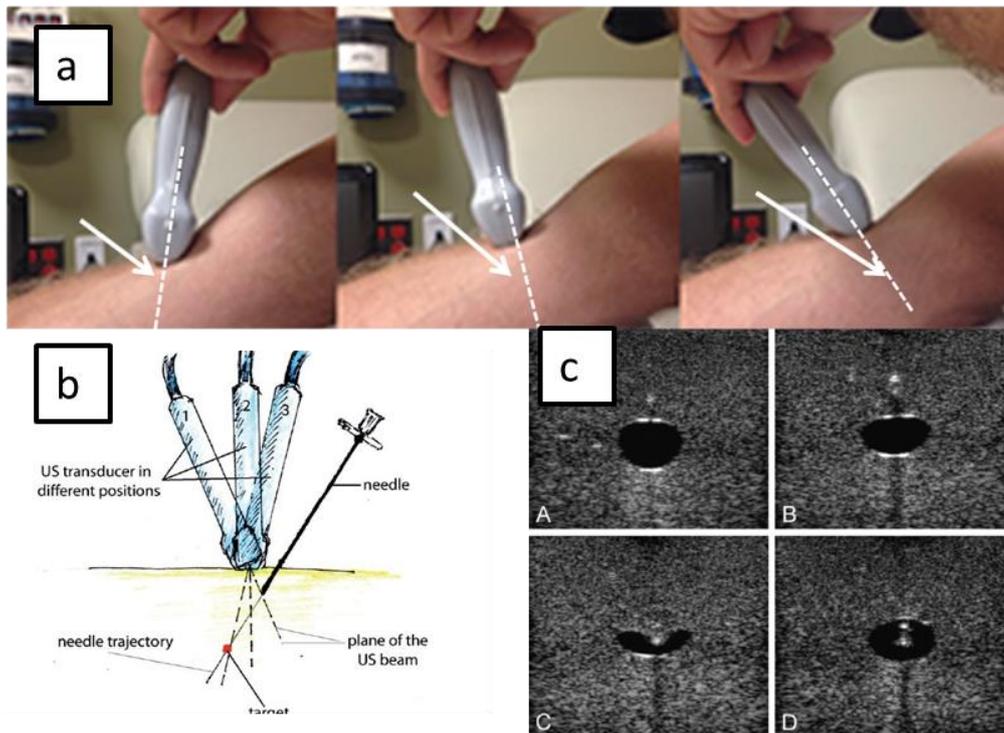


Figura 1.34 (34): Maniobra de basculación. Se realiza un movimiento de basculación desde proximal a distal a medida que introducimos la aguja en la piel (a, b). Debemos ser capaces de seguir la punta de la guja hacia el vaso (c). Adaptado a partir de Brian A et al. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012 (81) y figura de creación propia

1.7.5.5 TÉCNICA DE INSERCIÓN DE LA AGUJA: “EN PLANO”

Usando el abordaje longitudinal “en plano” podremos obtener un control visual directo y continuo de la aguja, pero deberemos tener mayor destreza manual. En principio se obtendrá un plano longitudinal de la vena lo más centrado posible en el vaso. Se introduce la aguja por un lateral del transductor justo pegado al borde de este. En este caso no hay una distancia del transductor recomendada para puncionar ya que esta variará dependiendo de la longitud de la huella de nuestro transductor y de la profundidad del vaso. Lo que es fundamental es mantener centrado y no mover la mano que sujeta el transductor durante la inserción. La única mano que debemos mover es la de la aguja y conseguir que entre en la piel completamente alineada con el centro de nuestro transductor.(87,88) Si durante la inserción no somos capaces de ver la aguja lo más probable es que hayamos movido el transductor o el plano de inserción de la aguja. En este caso nunca deberemos seguir avanzando la aguja sino retirar y reposicionar el plano y la aguja antes de avanzar de nuevo. Un factor fundamental, que a veces se olvida, cuando utilizamos la inserción “en plano” es que la visualización de la aguja será tanto mejor cuanto más tangencial incida el haz de ultrasonido en la aguja (más cercano a un ángulo de 90º entre el haz de ultrasonido y la aguja) (Figura 1.35). Por ello para esta técnica conviene pinchar con un menor

ángulo respecto a la piel y desde un punto más alejado del objetivo, siempre que el espacio disponible nos lo permita.

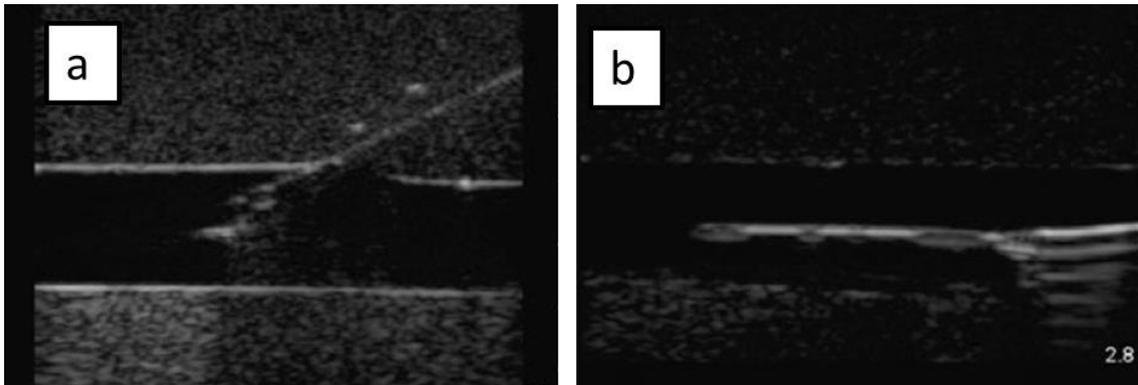


Figura 1.35 (35): Modificación de la visión de la aguja según el ángulo de inserción. Cuanto más se aproxime a un ángulo de 90º mejor se visualiza en la pantalla. Imágenes propias del autor.

Canalización del vaso e introducción de la guía:

Siguiendo el abordaje elegido insertaremos la aguja/angiocatéter visualizando en la pantalla la entrada de la punta en el vaso; al mismo tiempo aspiraremos de forma suave y continuada de manera que la sangre refluya en la jeringa cuando la punta esté en el vaso. En ese momento, si estamos empleando jeringa, la retiraremos con cuidado de no movilizar la aguja de su posición e introduciremos la guía en el vaso a través de la aguja. En caso de emplear un angiocatéter podemos hacer progresar dentro del vaso la camisa de plástico retirando la aguja para posteriormente hacer pasar la guía a través del angiocatéter.

1.8 CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL ECOGUIADA

La canalización venosa central y periférica consta de dos fases: la exploración preprocedimiento y la técnica de canalización. La exploración preprocedimiento tiene como objetivo final identificar el acceso venoso más adecuado. A continuación, se detallan las características ideales de un acceso venoso central. (89,90)

1.8.1 CARACTERÍSTICAS DEL ACCESO VENOSO CENTRAL IDEAL

- Mayor calibre posible
- Poca variación respiratoria del diámetro o con la presión del transductor

- Poco riesgo de complicaciones mecánicas
- Menor riesgo de trombosis o infección
- Canalización ecoguiada en plano
- Punto de exteriorización del catéter en la piel cómodo para el paciente y el manejo del catéter
- Fácil de aprender y con altas tasas de éxito

1.8.2 EXPLORACIÓN PRE-PROCEDIMIENTO DE LA VENA CON ECOGRAFÍA

Una primera visualización de los posibles vasos a canalizar nos va a permitir localizar el mejor acceso para cada paciente, identificar las anomalías anatómicas y conocer el calibre y la profundidad de las venas, así como la presencia de trombos o hematomas.

A la hora de realizar la exploración de cada vena, lo más importante es ser sistemático. Si la canalización no es urgente, lo ideal es realizar una exploración lo más exhaustiva posible de todo el capital venoso del paciente antes de preparar el campo estéril. Lo habitual es empezar con una visión transversal de cada vena. En esta visión podemos identificar las características de la vena y diferenciarla de la arteria. En visión transversal nos haremos una idea del tamaño de la vena, sus variaciones con la respiración, su compresibilidad y sus relaciones con las estructuras adyacentes. Posteriormente podemos obtener una visión longitudinal del vaso rotando 90º el transductor.

La selección del vaso más adecuado a canalizar depende de diversos factores que podemos dividir en dependientes del paciente y dependientes de la vena.(60)

- Factores dependientes del paciente: la edad, la indicación y duración prevista del catéter, el estado de la hemostasia, si el paciente está en ventilación mecánica o en respiración espontánea etc.
- Factores dependientes de la vena: tamaño, permeabilidad, riesgo de punción de estructuras adyacentes, posición de la vena relativa a la arteria.

A continuación, se detallan los aspectos específicos que deben evaluarse durante la visualización pre-procedimiento.

Diferenciar la vena de la arteria

Las características más importantes de una vena cuando la visualizamos por ecografía son su forma ovalada e irregular, su variación de tamaño con la respiración, la presencia de valvas venosas y su fácil compresibilidad con una ligera presión del transductor. Las arterias por el contrario son circunferencias prácticamente perfectas, con pared más gruesa y son menos compresibles que las venas (incluso arterias centrales podrían ser compresibles aplicando la suficiente presión en pacientes hipotensos). Ambas pueden ser pulsátiles y no debemos basarnos únicamente en esto para diferenciarlas, especialmente en los niños más pequeños.

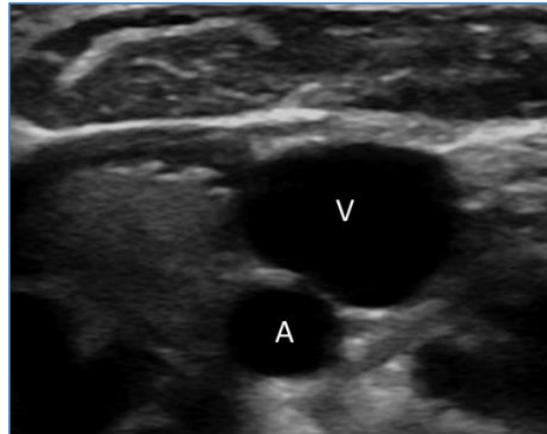


Figura 1.36 (36): Visión transversal de la VVI en posición habitual (anterolateral) respecto a la carótida. Imagen propia del autor.

Si existen dudas es muy útil obtener un Doppler pulsado del vaso para evaluar el tipo de flujo. El flujo arterial (figura 1.37a) es fundamentalmente sistólico, marcadamente pulsátil y de alta velocidad (generalmente >60 cm/seg). El flujo venoso (figura 1.37b) es bifásico (en sístole y diástole), de baja velocidad (generalmente <30 cm/seg) y a veces se observa una onda retrógrada. El color azul o rojo de la imagen sólo indica la dirección del flujo (rojo si se acerca al transductor y azul si se aleja) y no sirve para diferenciar la arteria de la vena.

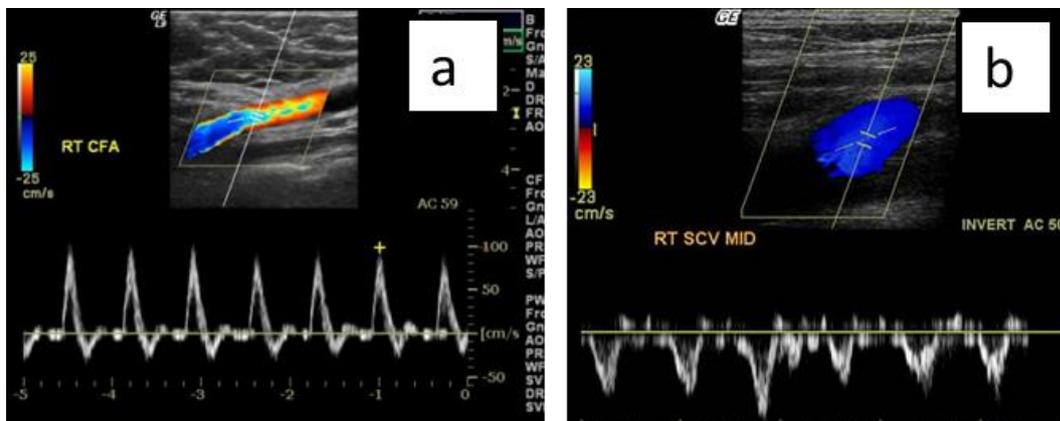


Figura 1.37 (37): Doppler pulsado arterial mostrando el típico flujo sistólico de alta velocidad (a), y el Doppler de una vena central con su flujo sistólico-diastólico de baja velocidad (b) Figura propia del autor

Medición del vaso a canalizar y elección del tamaño del catéter

La previsualización de los venas es también muy útil para estimar el tamaño del catéter que se va a utilizar. Puede medirse el diámetro transversal o el diámetro anteroposterior (figura 1.38). El primero suele ser algo mayor y es menos susceptible a la compresión con el transductor por lo que algunos autores lo recomiendan. Es aconsejable que el catéter no tenga un grosor mayor a 1/3 del diámetro de la vena ya que así se disminuye el riesgo de trombosis venosa asociada al catéter. Se debe recordar que en la nomenclatura de calibres de los catéteres 1 French (F) equivale a 0.33 mm por lo un CVC de 3F tiene un diámetro de 1 mm y es adecuado para una vena de 3 mm. *Una regla razonable y fácil de recordar es: “el diámetro de la vena en mm debe ser igual o mayor al tamaño del CVC en French”*. En la canalización de venas periféricas para acceso central el diámetro de la vena debe medirse antes de colocar el compresor para poder estimar el tamaño real del vaso. (91,92)

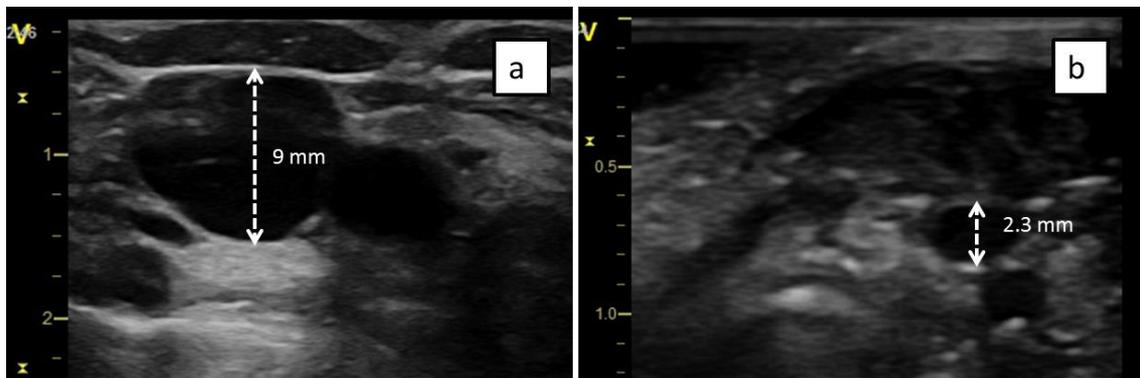


Figura 1.38 (38): Tamaño de la vena yugular interna. Comparación entre el diámetro anteroposterior de la VI de un niño de 8 años (a) y un neonato de bajo peso (b). Imagen propia del autor.

Detección de trombos, hematomas y disección de la pared

La previsualización también nos permitirá detectar una posible trombosis preexistente en la vena. *El signo fundamental de la trombosis venosa es la incapacidad para comprimir completamente la vena con una presión normal del transductor*. Muchas veces visualizaremos el trombo como una formación ecogénica en el interior del vaso, que puede ser completa o parcial, a veces pediculada e irregular y que en ocasiones puede movilizarse con las pulsaciones venosas. Si se utiliza color lo habitual es detectar un defecto de repleción del vaso (figura 1.39 a). Como norma general **nunca debe canalizarse una vena que no se comprime** con el transductor, aunque no observemos directamente el trombo.

Los hematomas se visualizan como formaciones más o menos redondeadas ecogénicas superficiales o laterales al vaso que en ocasiones lo comprimen o desplazan (figura 1.39b). Lo habitual es que se hayan formado por punciones venosas o arteriales fallidas previas. Es importante su detección ecográfica ya que nos permitirá evitar puncionar esa zona y elegir una trayectoria de la aguja alejada del hematoma. A veces tras intentos previos de canalización se observa que las venas tienen discontinuidades en la pared vascular o la apariencia de tener una doble pared con estenosis y reducción del flujo (figura 1.39c). Esto corresponde a una disección parcial de la pared vascular (“flap”) y ocurre especialmente en las venas periféricas. Estas alteraciones pueden impedir la canalización o el paso de la guía por lo que si se visualizan debe puncionarse otra vena o realizar la punción en una zona más proximal. (93,94)

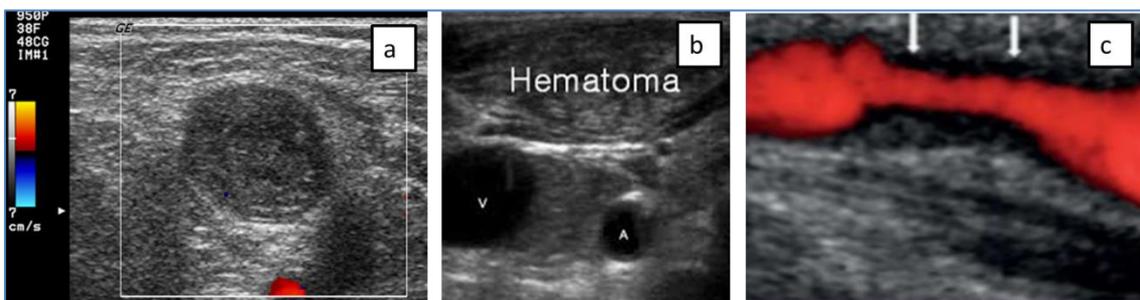


Figura 1.39 (39): Trombosis total de una vena con ausencia de la señal Doppler. b, hematoma entre la vena y la arteria que las desplaza lateralmente. c, estenosis de la vena basilíca con reducción del flujo en Doppler secundaria a daño de la pared vascular por punciones. Imágenes propias del autor.

Variaciones de la relación vena-arteria

La relación espacial entre la vena y la arteria puede variar de un paciente a otro, en función de la edad y de la posición adoptada por el paciente. Las mayores variaciones anatómicas se encuentran en el neonato y en el lactante pequeño tanto en el territorio yugular como en el femoral. Lo más relevante a la hora de la canalización es conocer el grado de solapamiento entre la vena y la arteria ya que es un factor directamente implicado en el riesgo de punción arterial accidental (figura 1.40). (95–97)

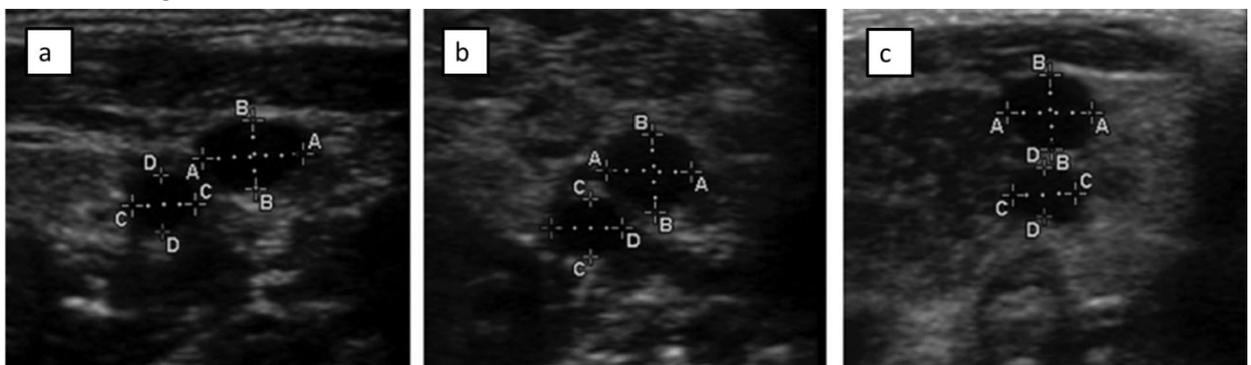


Figura 1.40 (40): Grado de solapamiento entre la arteria carotida y vena yugular interna observadas en neonatos y lactantes de bajo peso. a, posición normal; b, solapamiento parcial; c, solapamiento completo con posición anteroanterior. Extraído de Tailounie M et al. Dimension and overlap of femoral and neck blood vessels in neonates. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2012 May;13(3):312–7. (21, 101)

Así mismo, cambiando levemente la posición del paciente, la arteria y la vena cambian de relación, por lo que si es posible colocaremos al niño en la postura en la que la arteria se separe más de la vena. La postura que resulte más satisfactoria en la exploración preprocedimiento debe mantenerse posteriormente durante la canalización. En la figura 1.41 se muestran las variaciones anatómicas más habituales de la VVI y arteria carótida común. Según algunos autores la mayoría de las veces la VVI se localiza en posición anterolateral a la carótida siendo la posición del cuello la responsable de la mayoría de las posiciones “falsamente anteriores o laterales”. (98)

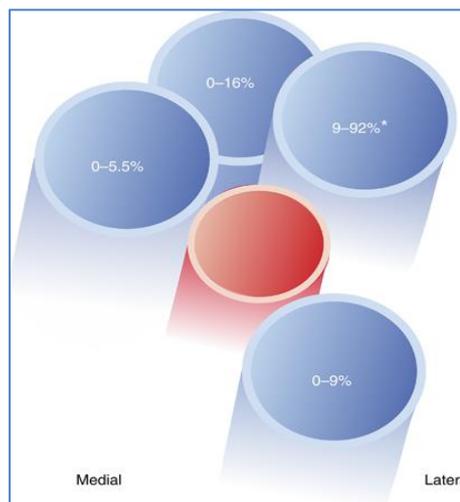


Figura 1.41 (41): Variaciones anatómicas descritas y su frecuencia relativa en la VVI. Extraído de Clark et al. Temporary hemodialysis catheters: recent advances. *Kidney Int.* 2014 Nov;86(5):888-95 (101)

1.8.3 EXPLORACIÓN DE LOS DISTINTOS TERRITORIOS VENOSOS CENTRALES Y ABORDAJE PARA SU CANALIZACIÓN ECOGUIADA

1.8.3.1 VENA YUGULAR INTERNA DERECHA

Es la vena en la que existe más experiencia. Situándonos a la cabecera del paciente, rotando su cabeza hacia el lado contralateral, se localiza el vértice del triángulo formado por la unión del fascículo esternal y clavicular del esternocleidomastoideo y se coloca el transductor en transversal con la muesca dirigida hacia posición medial (más o menos a las 9 horas). La VVI se localiza en posición antero-lateral respecto a la carótida en aproximadamente el 80-90% de los pacientes pediátricos fuera del periodo neonatal. (99,100) La excesiva extensión y rotación del cuello hacia el lado contralateral puede aumentar el grado de solapamiento con la arteria carótida y deben evitarse. Rotando el transductor 90° se obtendrá el eje longitudinal. La VVI aumenta su grosor a medida que nos acercamos al tórax. Teniendo en cuenta este factor la canalización ecoguiada puede realizarse en una localización cervical baja donde la probabilidad de éxito es mayor, idealmente utilizando una técnica longitudinal u oblicua “en plano” si el tamaño del transductor y del paciente lo permite. La VVI derecha es habitualmente de mayor calibre que la izquierda. Además su curso directo hacia la vena cava superior minimiza la posibilidad de posición inadecuada de la guía por lo que en general es de elección respecto a la VVI izquierda. La VVI izquierda se visualiza de la misma forma que la derecha pero en este caso la muesca del transductor se sitúa dirigida a posición lateral (externa). Si la situación hemodinámica y respiratoria del paciente lo permite, colocándolo en posición de Trendelenburg

se maximiza el calibre de la vena y se minimiza la posibilidad de embolismo aéreo. El efecto de la presión positiva en la vía aérea también es beneficioso al aumentar el diámetro y disminuir el colapso inspiratorio. (100,101) En el neonato, la VVI se encuentra frecuentemente solapada a la arteria carótida con una relación antero-posterior, lo cual junto con el pequeño tamaño del vaso dificulta la canalización y aumenta el riesgo de punción arterial accidental. (21) Además, debido a la baja presión venosa es un vaso que se colapsa ante la mínima presión del transductor. Por todo ello, la canalización de la VVI en el neonato no es tan favorable como en otros grupos de edad.

Canalización de la VVI en transversal “fuera de plano”

Es el abordaje tradicional y el más utilizado en la práctica clínica. Para la canalización de la VVI derecha “fuera de plano”, nos situamos a la cabecera del paciente, sujetando el transductor con nuestra mano izquierda (en caso de que seamos diestros). Se obtiene una imagen transversal del vaso. Se punciona el vaso con un ángulo aproximado de 45° a una distancia del transductor equivalente a la profundidad estimada (figura 1.42a). En el momento que puncionemos el vaso observaremos la aguja en su interior como un punto hiperecogénico, a veces con artefactos a modo de reverberaciones (figura 1.42b). Otra opción es realizar la maniobra de basculación o seguimiento de la aguja comentada en un epígrafe anterior. (102,103)

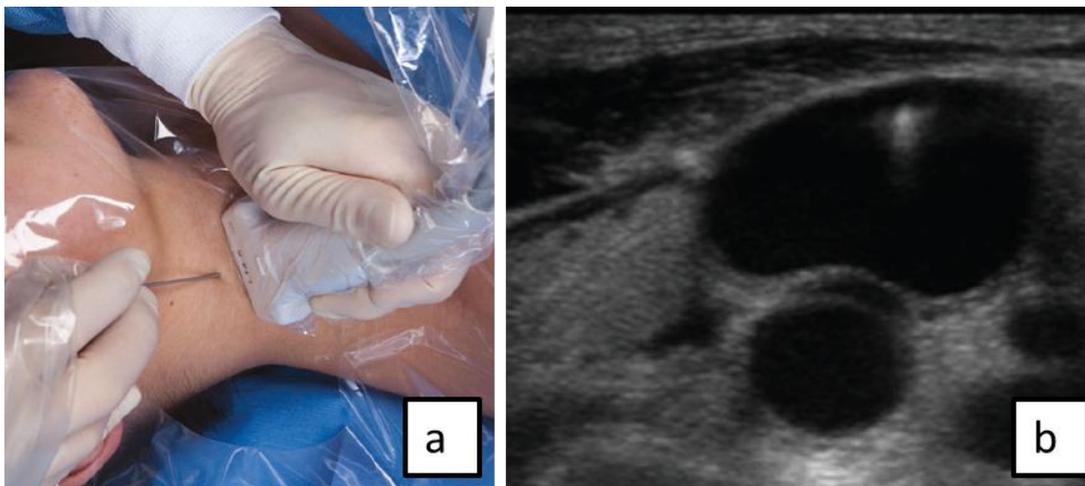


Figura 1.42 (42): Canalización de la vena yugular interna. Posición del cuello y sujeción correcta del transductor (a). Visualización de la aguja en el interior del vaso como un punto ecogénico (b) Imagen propia del autor

Canalización de la VVI “en plano”

Desde una visión transversal se rota 90° el transductor con la muesca hacia la cabeza del paciente (figura 1.43a). Se introduce la aguja “en plano” en el punto medio de la cara lateral del transductor de forma que veamos toda la aguja (figura 1.43b). No se debe avanzar la aguja si no se visualiza completamente en la pantalla. El ángulo de penetración vendrá marcado por la visualización ecográfica, haciendo la modificaciones pertinentes, para penetrar el vaso con un ángulo no demasiado agudo que evite que la aguja y luego la guía choquen contra la pared posterior del vaso. Si el paciente está en ventilación mecánica puede ser más cómodo pinchar con la aguja sin conectar a una jeringa para tener un mayor control de su trayectoria. (102,104,105)

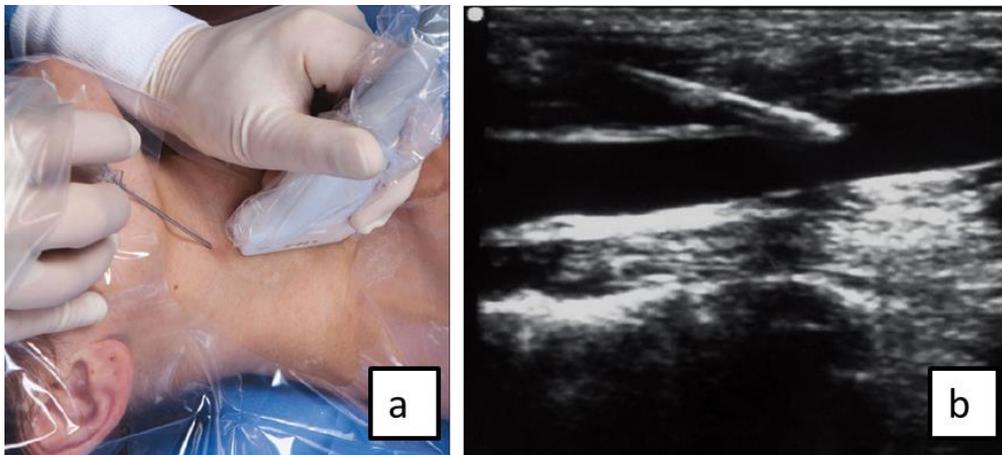


Figura 1.43 (43): Canalización de la VVI derecha “longitudinal en plano”. Posición del cuello y sujeción correcta del transductor (a). Visualización de la aguja en el interior del vaso en toda su longitud (b) Imagen propia del autor

Canalización de la VVI en oblicuo en plano:

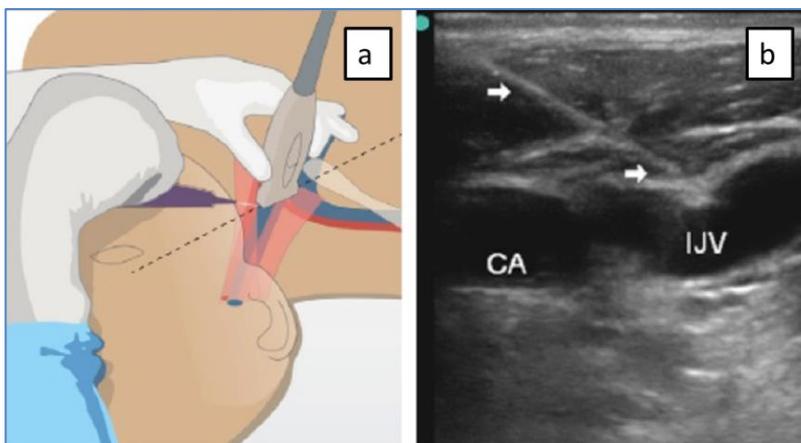


Figura 1.44 (44): Canalización de la VVI derecha en oblicuo en plano. Posición del transductor respecto a la vena yugular y arteria (a). Visualización de la entrada de la aguja en plano mientras se mantiene la visualización de la arteria carótida (b). Tomado de Dilios R et al. J Cardioth and Vasc Anesthesia 2012;26:982-985. (109)

Aunque este abordaje no se ha popularizado en Pediatría, estudios en adultos sugieren que puede aumentar el porcentaje de canalización al primer intento y reducir las complicaciones mecánicas respecto al acceso en “longitudinal en plano” o “transversal fuera de plano”. La principal ventaja es que permite la inserción de la aguja “en plano” a la vez que se mantiene una visión de la arteria carótida y las estructuras adyacentes en todo momento. (76,79,83)

1.8.3.2 VENA SUBCLAVIA-TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO

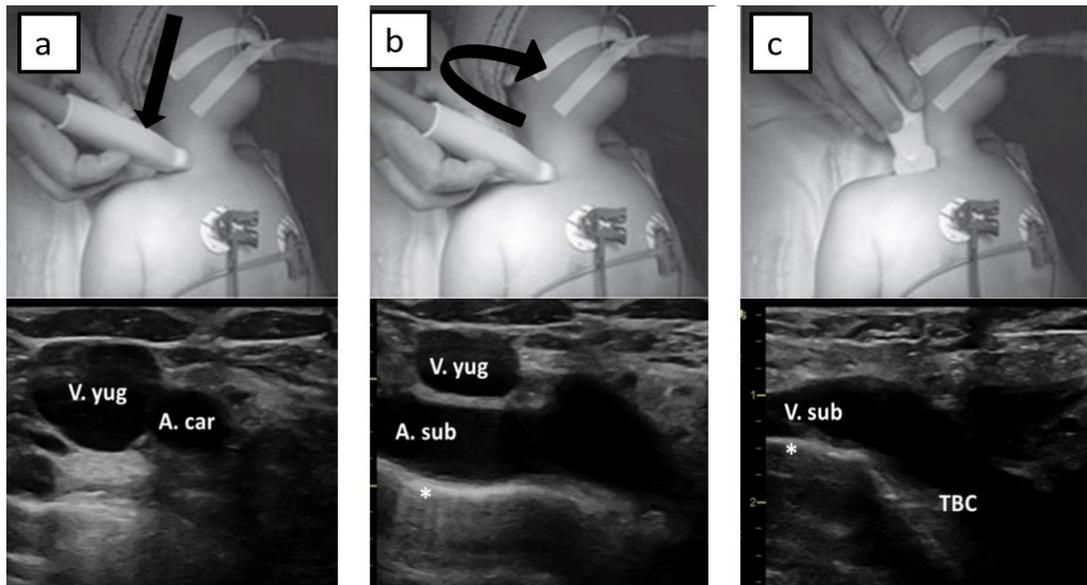


Figura 1.45 (45): Maniobra para la visualización correcta del tronco braquiocefálico. Movimiento descendente con el transductor en transversal a lo largo del cuello manteniendo en el centro la VYI (a). Movimiento de inclinación hacia anterior al llegar a la zona supraclavicular visualizándose la arteria subclavia (b). Posición final del transductor en la fosa supraclavicular con visualización en eje longitudinal de la unión entre la VS y el TBC derecho (c). Tomado de de Rhondali O et al. *Ultrasound-guided subclavian vein cannulation in infants: supraclavicular approach. Pediatric Anesthesia* 21 (2011) 1136–1141 e imágenes propias.(110)

Esta vena se visualiza muy bien en eje longitudinal. En la figura 1.45 se muestra la sistemática para la localización del TBC (106). Si nos desplazamos hacia posición lateral (hacia el hombro) obtendremos una visualización más clara de la subclavia y si nos desplazamos hacia posición medial veremos únicamente el TBC.

Canalización del tronco braquiocefálico supraclavicular “en plano”

La canalización del TBC desde la zona supraclavicular es un acceso de reciente incorporación que ha demostrado tasas de éxito muy altas especialmente en casos habitualmente complicados por como la canalización en neonatos y niños de bajo peso.(107) El TBC es la vena más gruesa accesible a la canalización percutánea ecoguiada. Debido a que se encuentra fijada a las estructuras subyacentes no es susceptible de la compresión externa ni varía de diámetro con los

movimientos respiratorios, por lo que supone un acceso ideal para la canalización durante la respiración espontánea especialmente en pacientes con aumento del trabajo respiratorio, casos en los que la yugular puede colapsarse totalmente durante la inspiración. Algunos trabajos recientes muestran tasas de éxito superiores al 95% incluso en neonatos de bajo peso.(108) Otra de las ventajas de este abordaje es que el sitio de salida del catéter en la piel hacia el hombro del paciente en vez de hacia el cuello es muy cómodo para el paciente y facilita el trabajo de enfermería.(109,110). Ello redundaría en un menor roce y humedad de la zona del apósito y en opinión de algunos autores puede contribuir a un menor riesgo de colonización e IACVC. (111,112). A diferencia del acceso infraclavicular se puede realizar hemostasia por compresión directa de la zona de punción, por lo que la presencia de diátesis hemorrágica no es una contraindicación para su utilización. (113)

El abordaje del TBC izquierdo tiene la ventaja de que su dirección es más directa hacia la vena cava superior y de que pasa más alejada de la arteria subclavia. Además, suele ser bastante cómodo para el operador diestro, ya que se puede realizar desde el lado izquierdo de la cama sin necesidad de ponerse a la cabecera del paciente. Por el contrario, tiene la contrapartida de que el conducto torácico desemboca en la unión del TBC izquierdo y la subclavia por lo que en podría puncionarse, aunque esto es infrecuente. Para la canalización es muy importante que localicemos claramente la línea plural del ápex pulmonar (señalada con * en la figura 1.45), para evitar su punción y evitar provocar un neumotórax. La posición del paciente para la canalización, en este caso del lado derecho se muestra en la figura 1.46.

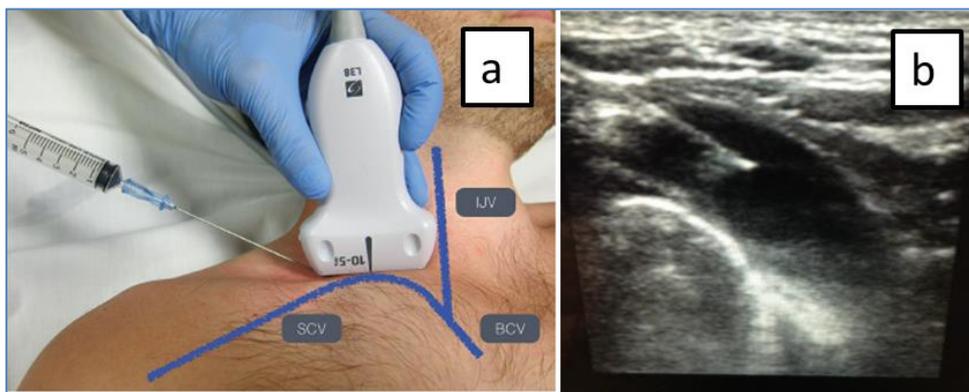


Figura 1.46 (46): Posición del paciente y abordaje para la canalización del TBC derecho en plano desde zona supraclavicular. La aguja se introduce desde el lateral del transductor (a). Visualización de la entrada en la unión de la subclavia con el TBC manteniendo en todo momento una visión de toda la longitud de la guja (b). Tomado de <https://www.acepnow.com/article/using-the-supraclavicular-approach-to-ultrasound-guided-subclavian-vein-cannulation/>

Vena subclavia abordaje infraclavicular

La imagen puede obtenerse en longitudinal. El transductor se coloca como se muestra en la figura 1.47. Probablemente, es menos recomendable que el abordaje supraclavicular, ya que la clavícula es un obstáculo al ultrasonido que dificulta la visualización de la vena e



Figura 1.47 (47): Canalización infraclavicular en plano de la subclavia derecha. Nótese la posición del transductor respecto a la clavícula (a y b paneles superiores). La aguja se introduce en plano (c panel superior). La clavícula (CL) produce una sombra que impide la visualización de una porción de la aguja (b panel inferior) y del catéter (c panel inferior). Tomado de <https://ekja.org/journal/Figure.php?xn=kjae-64-541.xml&id=>

inevitablemente hace que perdamos un trayecto de la aguja (figura 1.47). Además la entrada de la guía en la vena es de abajo arriba a diferencia del abordaje supraclavicular por lo que el riesgo de posición inadecuada de la guía y el catéter es mayor. En nuestra opinión no ofrece ventajas significativas respecto al abordaje supraclavicular.(114–116)

1.8.3.3 VENA FEMORAL

Se localiza en la unión del tercio interno y tercio medio de la línea que une la sínfisis pubiana y la espina iliaca anterosuperior (figura 1.48a). Debemos deslizar el transductor en transversal desde el ligamento inguinal en sentido distal e identificar la VF (medial) y la AF (lateral). Si desplazamos el transductor distalmente observaremos como la arteria se bifurca en AF común y AF superficial, y la vena se va situando cada vez más profunda, por lo que la punción arterial inadvertida será tanto mas frecuente cuanto más distal nos coloquemos (figura 1.48b).

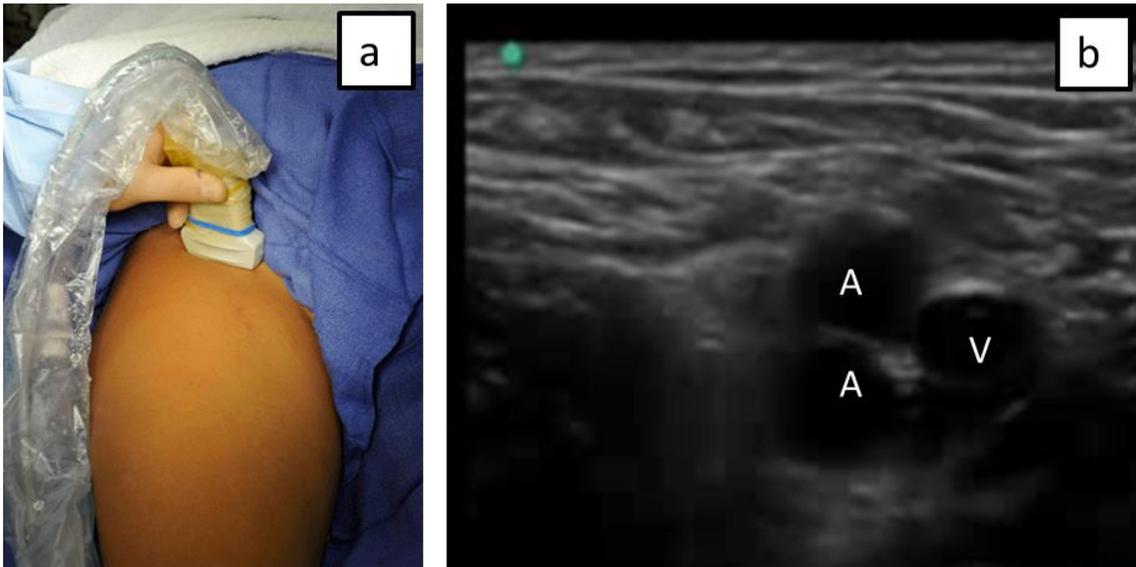


Figura 1.48 (48): Posición del transductor para la canalización fuera de plano de la vena femoral derecha (a). Visualización de la AF superficial y profunda con la VF localizada medialmente (b). Imagen propia del autor.

Canalización de la vena femoral

En el niño mayor se suele colocar la pierna con abducción y rotación externa de la cadera. En el neonato esta maniobra puede ser contraproducente habiéndose demostrado que aumenta el grado de solapamiento de la vena y la arteria. En el neonato y lactante pequeño es preferible realizar la punción lo más próxima al ligamento inguinal donde el grado de solapamiento es menor y el tamaño de la vena es más amplio. En general debemos tener en cuenta que la VF es un vaso de menor diámetro comparado con la VVI o el TBC en neonatos y lactantes (aproximadamente un 40% menor) y que el tamaño se iguala al de la VVI sobre los 6 años de edad.(21,97) Generalmente se utilizará un abordaje “transversal fuera de plano”. No obstante, algunos grupos prefieren el abordaje “longitudinal en plano”, con un tercio del transductor colocado distal al ligamento inguinal y dos tercios proximal (figura 1.49a) para realizar la canalización en los casos más complicados como los neonatos (figura 1.49b). (117)

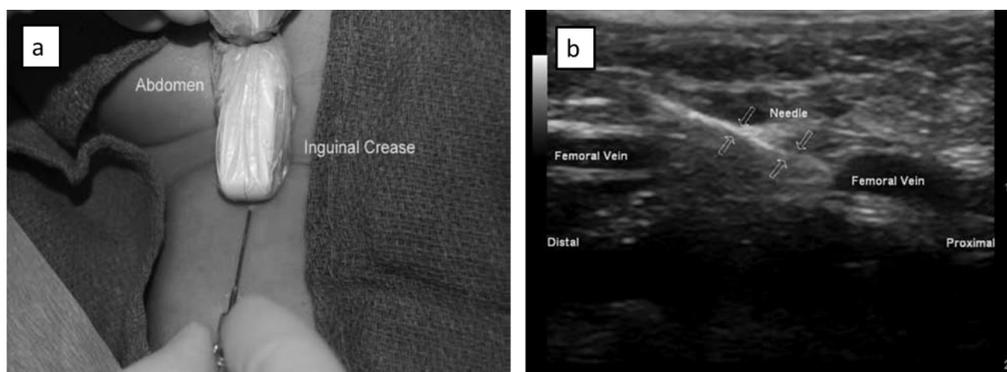


Figura 1.49 (49): Posición del transductor y la aguja para la canalización de la VF usando un abordaje longitudinal en plano. Nótese la localización de la mayor parte del transductor por encima del ligamento inguinal (a). entrada de la

aguja en plano con colapso de la pared de la VF en el momento de penetración en el vaso (b). Tomado de Alten JA, Borasino S, Gurley WQ, Law MA, Toms R, Dabal RJ. Ultrasound-guided femoral vein catheterization in neonates with cardiac disease. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13 :654-9 (121)*

1.8.3.3 VENA AXILAR

Es la denominación de la VS fuera del tórax. Puede visualizarse en transversal (figura 1.50a) y en longitudinal (figura 1.50b) desde la zona de la línea axilar anterior. No existen referencias anatómicas claras para la canalización de la VA por lo que su canulación sin guía ecográfica es anecdótica. La VA ofrece ventajas similares a la VS (menor tasa de infección, trombosis y comodidad para el paciente). Sin embargo, por su localización más alejada de la cúpula pulmonar y los

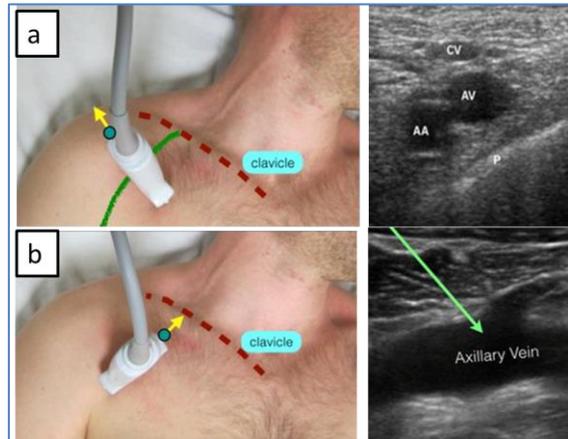


Figura 1.50 (50): Visualización de la vena axilar. Posición del transductor y visualización de las vena y arteria en transversal (a) y de la VA en longitudinal (b). Tomado de <http://highlandultrasound.com/new-vascular-ax>

grandes vasos intratorácicos podría ser una alternativa superior en términos de seguridad con reducción de las complicaciones mecánicas como neumotórax o punción arterial accidental.(118) A diferencia del abordaje infraclavicular de la subclavia, la clavícula no es un obstáculo para la canulación de la VA, al realizarse la punción en una región más lateral, fuera del tórax.

Canalización de la vena axilar

La técnica es similar a la canalización infraclavicular de la VS, con la ventaja de que se evita la clavícula. Además, se puede realizar tanto un abordaje transversal fuera de plano como longitudinal en plano, aunque parece que la primera opción puede incrementar la tasa de éxito en la primera punción al menos en adultos.(75,119). No obstante, hay que tener en cuenta la proximidad a la arteria axilar y el nervio y localizar la pleura (figura 1.50b, señalada con un *p*). Para la localización del punto de punción, se inicia una visualización en plano transversal de la vena y arteria axilar a nivel medio clavicular. Posteriormente el transductor se desplaza hacia la región axilar hasta una zona en donde la clavícula no entorpezca la visión del trayecto que ha de seguir la aguja. Es conveniente mantener el brazo ipsilateral en abducción ya que mejora la visualización y el diámetro de la VA. (120) Este abordaje ha mostrado altas tasas de éxito en el

paciente adulto y se ha convertido en una alternativa a la canalización de la VS. Recientemente Kim EH y cols. realizaron un estudio aleatorizado en población pediátrica donde compararon la canulación ecoguiada de la VA en comparación con el abordaje clásico infraclavicular de la VS por referencias anatómicas. (Figuras 1.51 y 1.52).(121) Se incluyeron 66 pacientes en cada grupo. Los autores observaron una mayor tasa de éxito en 2 intentos (la variable principal del

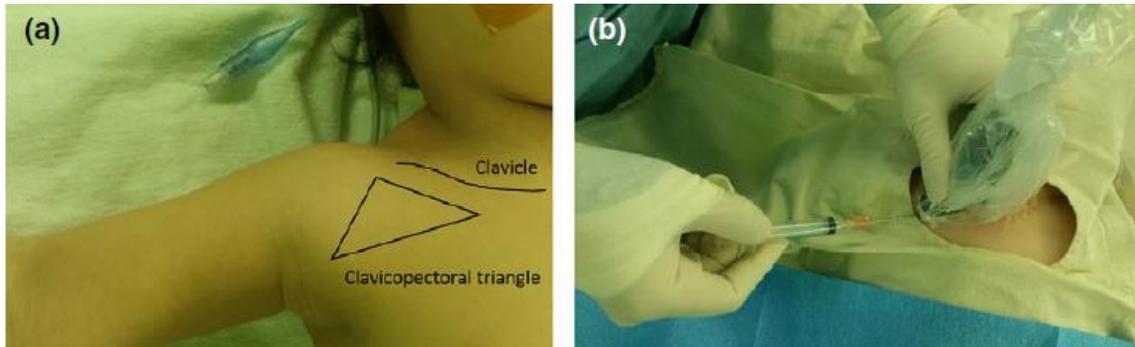


Figura 1.51 (51): Posición del paciente para la canalización en plano de la vena axilar. Tomado de Kim EH, Lee JH, Song IK, Kim HS, Jang YE, Choi SN, Kim JT. Real-time ultrasound-guided axillary vein cannulation in children: a randomised controlled trial. A randomised controlled trial. Anaesthesia. 2017 Dec;72(12):1516-22 (122)

estudio) en el grupo de canulación ecoguiada de la VA (86% vs 63%, $p=0.01$). (121). Sin embargo, estas tasas son inferiores a las usualmente comunicadas en la canulación ecoguiada de la VVI o del TBC.

Por otro lado, eestudios en adultos muestran que la canulación axilar con punción de la región proximal de la VA es superior a la punción de la región más distal, aunque no hay datos en niños. (122)

Una de las principales ventajas de la VA es el punto de salida del catéter alejado de la vía aérea y de las secreciones orales, lo cual junto a una gran comodidad para el paciente podría reducir la necesidad de manipulación y con ello la IACVC. (118,120,121)

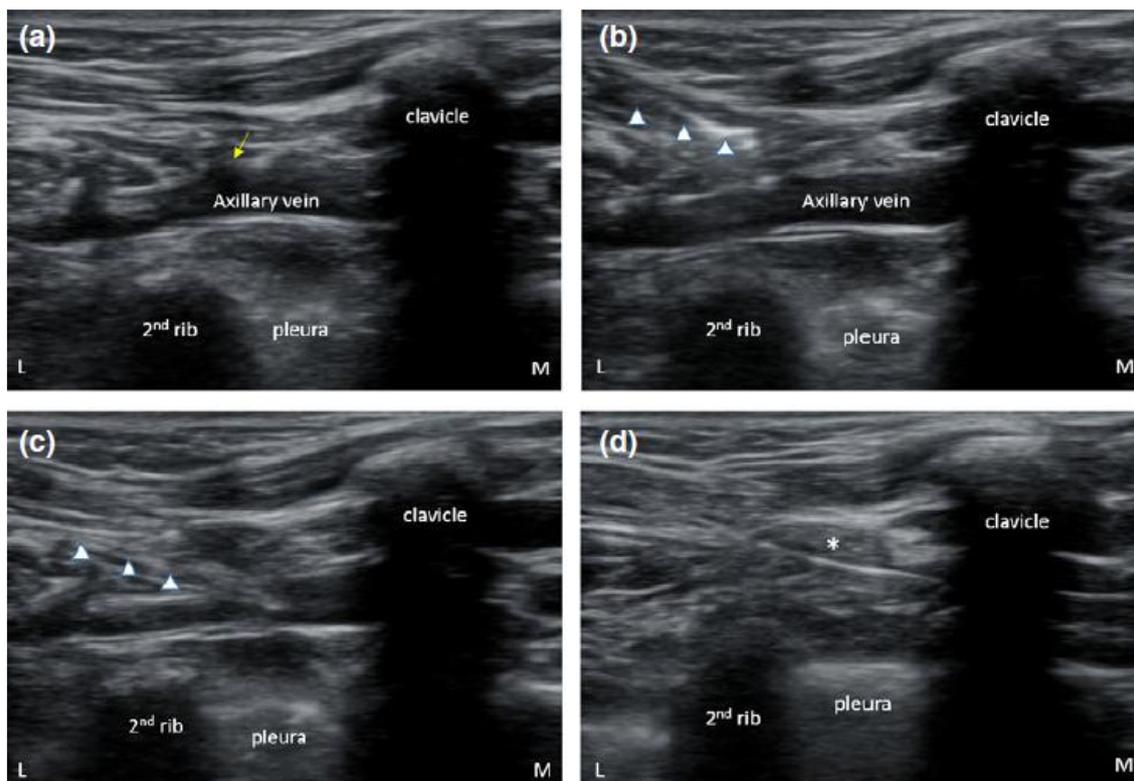


Figura 1.52 (52): Visualización por ecografía de la VA en su eje longitudinal y canalización en plano. Tomado de Kim EH, Lee JH, Song IK, Kim HS, Jang YE, Choi SN, Kim JT. Real-time ultrasound-guided axillary vein cannulation in children: a randomised controlled trial. *Anaesthesia*. 2017 Dec;72(12):1516-22 (122)

1.8.4 SISTEMÁTICA PARA LA EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DE LAS VENAS DE LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO

1.8.4.1 PROTOCOLO “RAPID CENTRAL VEIN ASSESSMENT: “RaCeVa”

Se han publicado distintas aproximaciones para la realización de la evaluación sistemática del capital venoso central, más o menos exhaustivas. Evidentemente el tiempo disponible según la urgencia del procedimiento puede limitar una evaluación minuciosa, por lo que son útiles los protocolos de “acceso rápido”.

En este sentido, el **protocolo RaCeVa (Rapid Central Vein Assessment o valoración rápida de la vena central)** se utiliza para una evaluación ecográfica rápida de las venas centrales. Este protocolo ha sido específicamente estudiado en niños y se centra únicamente en la evaluación de venas del tórax y cuello. Fue descrito y desarrollado por el grupo de Mauro Pittirutti de la Universidad Católica de Roma. (60)

En el protocolo se realiza una **evaluación rápida, objetiva y sistemática de las venas en cuanto a su tamaño, permeabilidad, recorrido y adecuación para la canalización**. A la vez ofrece una idea rápida de la configuración anatómica de los vasos del paciente respecto a otras estructuras detectando variaciones en la normalidad o problemas clínicos relevantes para el procedimiento de canalización como trombosis, estenosis etc. Se realiza antes del proceso (evaluación pre-procedimiento) de canalización y busca en definitiva elegir el mejor acceso posible para el paciente en concreto al que nos enfrentamos evitando que el criterio fundamental de elección del acceso sea la preferencia personal o la familiaridad del operador con una determinada localización vascular.

El protocolo de exploración consta de seis pasos correspondientes a 6 elecciones posibles para el acceso vascular.

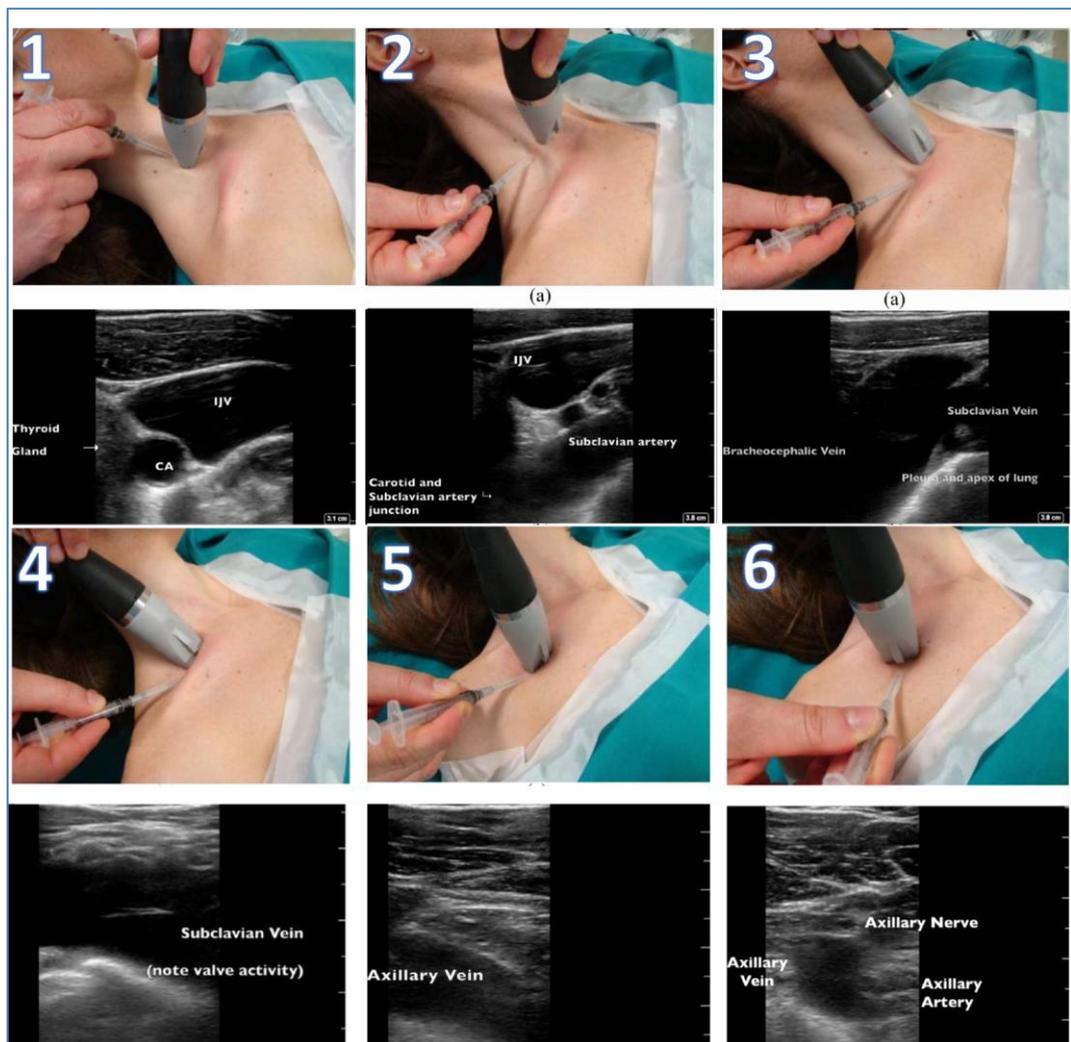


Figura 1.53 (53): Protocolo RaCeVa. Imágenes. Los números 1-6 indican los pasos sucesivos en la visualización de las estructuras (Ver el texto). Spencer TR, Pittiruti M. Rapid Central Vein Assessment (RaCeVA): A systematic, standardized approach for ultrasound assessment before central venous catheterization. *J Vasc Access*. 2019 May;20(3):239–49 (63)

1. VVI en zona central del cuello (transversal)
2. VVI en zona distal del cuello (transversal)
3. TBC supraclavicular (longitudinal)
4. Subclavia supraclavicular (longitudinal)
5. Subclavia-axilar infraclavicular (transversal)
6. Subclavia-axilar infraclavicular (longitudinal)

Los aspectos a evaluar en cada uno de los territorios que deben servir de guía para la elección de una u otra localización son:(90)

- Tamaño
- Permeabilidad
- Profundidad de la vena
- Variación del tamaño con la respiración
- Relación con la arteria y si existe una disminución del tamaño de la vena por la pulsatilidad arterial
- Cercanía a la pleura y posibilidad de neumotórax accidental
- Conveniencia del lugar de salida del catéter.

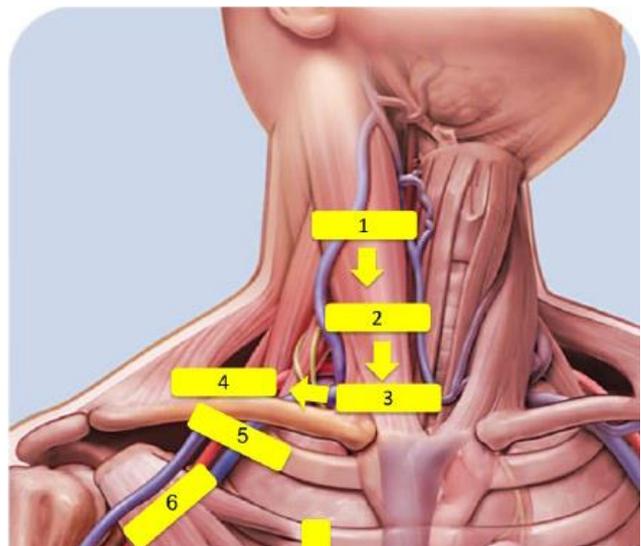


Figura 1.54 (54): Protocolo RaCeVa: posición del transductor. Resumen de las localizaciones en las que hay que situar el transductor para ejecutar el protocolo RaCeVa. Adaptado de Moureau et al (93)

1.8.4.2 ELECCIÓN DEL ABORDAJE ECOGRÁFICO MÁS ADECUADO

Hasta ahora hemos realizado una descripción de los abordajes más utilizados para la canalización de las principales venas centrales. La elección del abordaje más adecuado depende de las características y antecedentes del paciente, la vena a canalizar, la experiencia del operador, el transductor usado y el espacio disponible para operar. Si tenemos suficiente

espacio para colocar el transductor y destreza en la técnica, **el abordaje longitudinal en plano es de elección, ya que es el que ofrece mejor control y precisión en la trayectoria de la aguja.** Si por el contrario hay un compromiso de espacio, bien porque no disponemos de un transductor con una huella lo suficientemente pequeña o porque el niño es muy pequeño, usaremos el abordaje transversal fuera de plano. En caso de que tengamos mucha experiencia o fallemos con los abordajes más frecuentes podemos utilizar otros abordajes alternativos. En la siguiente tabla (Tabla 1.9) se resumen exponen algunos abordajes recomendados en función de la vena a canalizar.

Tabla 1.9 (9): Resumen de los abordajes recomendados para la canalización venosa central en las distintas localizaciones anatómicas

Vena	Aproximación	De elección	Alternativo
VVI	Cervical alto Cervical bajo	Transversal fuera de plano	Longitudinal en plano (cervical bajo) oblicuo en plano, combinado
TBC	Supraclavicular medial	Longitudinal en plano	-
VS	Supraclavicular lateral	Longitudinal en plano	Subclavicular en plano
Axilar	Infraclavicular	Transversal en plano/Longitudinal en plano	-
Femoral	Ligamento inguinal	Transversal en plano	Longitudinal en plano

Hoy en día no existe una recomendación clara sobre cuál es el acceso ecoguiado de elección en niños. El más utilizado es la canalización de la VVI por ser el que más experiencia acumula y para el cual la evidencia en el adulto es más sólida. Sin embargo, en Pediatría existen una serie de circunstancias que hacen que esta recomendación no siempre sea la más acertada. En base a lo comentado a lo largo del texto se exponen a continuación (Tabla 1.10) una serie de sugerencias para la elección del acceso ecoguiado pediátrico, que no deben tomarse como recomendaciones ya que no se basan en evidencias sólidas. El acceso se elegirá tras valorar todos los aspectos relevantes tanto de la patología del paciente como del estado del capital venoso.

Tabla 1.10 (10): Sugerencias para la elección del acceso ecoguiado pediátrico

	Neonato y lactante <5 kg	Niño pequeño	Niño mayor
Ventilación mecánica	Elección: TBC supraclavicular Alternativa: VYI, femoral	Elección: VYI fuera de plano Alternativa: TBC supraclavicular, femoral	Elección: VYI fuera de plano Alternativa: TBC y femoral
Respiración espontánea	Elección: TBC Alternativa: Femoral en plano, VYI	Elección: TBC Alternativa: Yugular, femoral	Elección: VYI Alternativa: TBC, femoral

1.8.6 CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL DE ACCESO PERIFÉRICO

Como se ha comentado en la introducción la canalización de catéteres centrales de inserción periférica (PICCs) consiste en la inserción de un catéter a través de la punción de una vena periférica haciéndolo avanzar hasta posición central a través del sistema venoso periférico. La ecografía ha demostrado mejorar las tasas de éxito en la canalización venosa periférica especialmente en aquellas condiciones en las cuales la punción periférica es dificultosa (venas no visibles ni palpables, venas profundas, obesidad, diabetes, radioterapia etc.).(123–125)

En Pediatría también existen evidencias de que la ecografía puede mejorar las tasas de éxito en la canalización de las venas periféricas en niños pequeños.(126) No obstante en el caso de

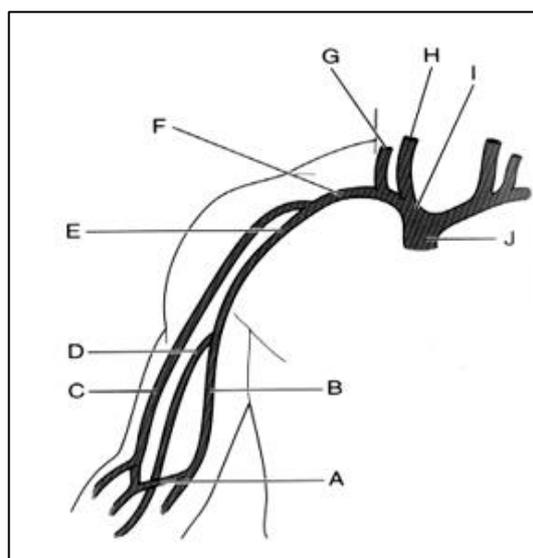


Figura 1.55 (55): Venas de miembro superior y cuello accesibles a la canalización ecoguiada. A: venas braquiales, B: vena basilíca C: vena cefálica, F: VA-subclavia, I, tronco braquiocefálico, H vena yugular interna, G vena yugular externa. Adaptado de <https://www.starship.org.nz/>

neonatos o lactantes muy pequeños, en los cuales las venas son muy superficiales (<3 mm desde la piel), no parece que el uso de la ecografía vaya a ofrecer ventajas al menos con los transductores actuales.(109) Se están desarrollando transductores denominados de muy alta frecuencia (>50MHz) que pueden ofrecer resoluciones de <1 mm en profundidad y están diseñados para el estudio de la pared vascular, dermatología, infiltración tumoral entre otras aplicaciones, y que podrían revolucionar el acceso vascular en el neonato pero lamentablemente no están disponibles en tamaños de huella pediátricos por el momento. (127,128)

A continuación, se describen las venas utilizadas para la canalización venosa central de acceso periférico.

1.8.6.1 VENA BASÍLICA

Es la vena de elección para la inserción de los PICCs siempre que esté disponible ya que es la de mayor calibre, no está acompañada de nervio o arteria y su trayecto anatómico es favorable para avanzar el catéter hasta la circulación venosa central.

Para su exploración y canalización, desde la flexura del codo se asciende con el transductor en transversal a lo largo de la zona interna del brazo. Para visualizar mejor la vena basílica conviene supinar el brazo para exponer la cara interna. Una vez localizada en la flexura se asciende con el transductor siguiendo el trayecto por la cara interna del brazo observando como la vena basílica se hace más gruesa, más medial y profunda. Suele ser la vena más gruesa del brazo. En la canalización guiada por ecografía se puede canalizar la zona más profunda en la zona media del brazo que no es accesible a la palpación. Este es el lugar ideal para la canalización y por tanto se debe considerar de elección en general para la colocación de PICCs. La punción en esta localización ha demostrado mejorar la durabilidad del catéter y reducir el riesgo de trombosis, además de ser más cómoda para el paciente ya que no limita la flexión del brazo. (92)

1.8.6.2 VENAS BRAQUIALES

La vena braquial forma parte del paquete vasculonervioso del antebrazo. Cuando se explora con ecografía se observará la típica imagen del ratón “Mickey Mouse” con las dos venas braquiales en posición superficial-lateral (orejas) y a los lados de la arteria braquial (cara). En la zona interna se observará la vena basílica (amarillo). Las venas braquiales son poco adecuadas para la canalización de un PICCs por su estrecha proximidad a la arteria y nervio braquial.

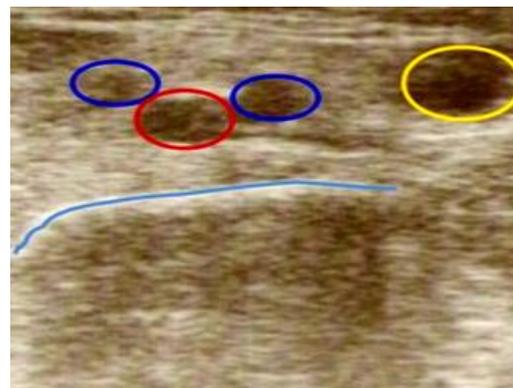


Figura 1.56 (56): Relación anatómica entre las venas del antebrazo. Arteria braquial (rojo), venas braquiales (azul) y vena basílica (amarillo). Las venas y arteria braquiales conforman la imagen típica en Mickey Mouse. La línea azul indica el periostio humeral. Extraído del Manual GaVeCelt.

1.8.6.2 VENA CEFÁLICA

Es la vena superficial y más lateral en el brazo. Su canalización ecoguiada también es habitual pero su recorrido hasta la circulación central es menos favorable con más dificultad para una correcta colocación de la punta del catéter por lo que debemos considerarla como una alternativa a la vena basilíca. Su posición relativa al paquete vascular braquial se muestra en la figura 1.55.

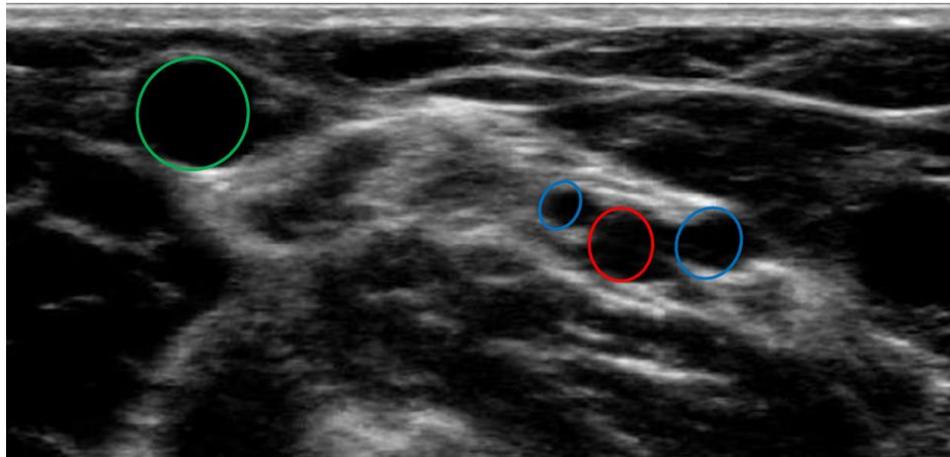


Figura 1.57 (57): Posición relativa de la vena cefálica del brazo derecho. La vena basilíca (verde) se encuentra superficial y lateral respecto a la arteria (rojo) y venas braquiales (azul). Imagen propia del autor

1.8.6.5 VENA SAFENA

Es una vena que raramente se canaliza con ecografía ya que no ofrece ventajas respecto a los accesos en miembro superior. Puede ser útil en pacientes con accesos vasculares crónicos y múltiples trombosis o para la colocación de una vena periférica en lactantes pequeños con fracaso de otros accesos. Se puede canalizar sobre el maleolo tibial. (129)

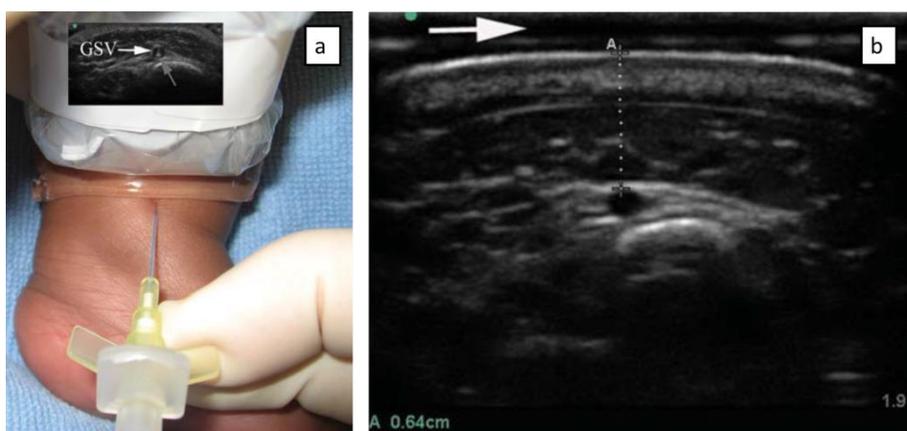


Figura 1.58 (58): Canalización de la vena safena. Posición del pie para la canalización de la vena safena con un angiocatéter de 24G (a). Visualización de la vena safena en plano transversal. La flecha indica la colocación de un gel semisólido para mejorar la visualización. Extraído de Triffterer L, Marhofer P, Willschke H, Machata AM, Reichel G, Benkoe T, et al. Ultrasound-guided cannulation of the great saphenous vein at the ankle in infants. Br J Anaesth. 2012 Feb;108(2):290–4. (133)

1.8.6.5 SISTEMÁTICA PARA LA EXPLORACIÓN DE LAS VENAS PERIFÉRICAS: “RAPID PERIPHERAL VEIN ASSESSMENT: RaPeVa”

Al igual que el protocolo RaCeVa, el protocolo **RaPeVa (Rapid Peripheral Vein Assessment o valoración rápida de la vena periférica)** ha sido diseñado por Mauro Pittiruti para la selección del acceso venoso periférico en base a la exploración sistemática de las venas periféricas del miembro superior y ha sido ideado para la canalización de PICCs. (90). A cada paso del protocolo se debe valorar:

- Tamaño
- Compresibilidad
- Presencia de trombosis
- Variaciones anatómicas (muy frecuentes en las venas periféricas)

Se **exploran 7 posiciones** y posibles localizaciones de inserción (figura 1.59)(89)

1. Vena cubital en fosa ante cubital
2. Vena basílica en fosa ante cubital
3. Vena basílica en su recorrido por la región interna del brazo
4. Venas braquiales (con arteria y nervio braquiales)
5. Vena cefálica en su porción alta
6. VA y arteria axilar
7. Subclavia y VYE

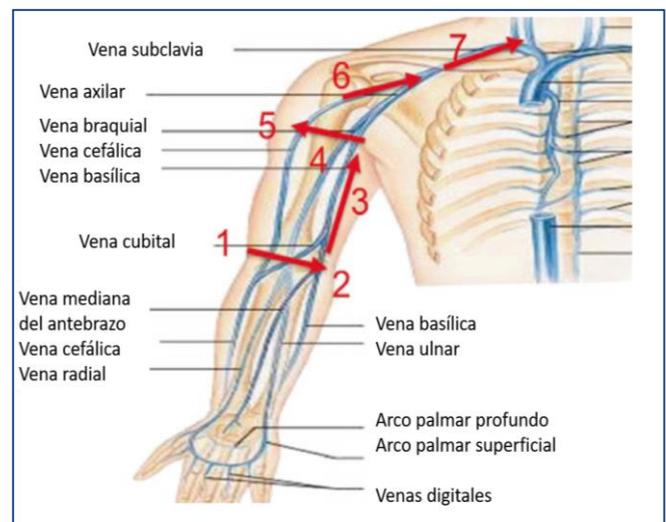


Figura 1.59 (59): Protocolo RaPeVa. Valoración de los accesos periféricos para la colocación de PICCs Adaptado de Hallam C, Weston V, Denton A, Hill S, Bodenham A, Dunn H, et al. Development of the UK Vessel Health and Preservation (VHP) framework: a multi-organizational initiative (92)

1.8.8.6 TÉCNICA ECOGUIADA DE CANALIZACIÓN CENTRAL DE ACCESO PERIFÉRICO:

La canalización venosa central de acceso periférico es generalmente un procedimiento electivo. Lo ideal sería elegir venas de al menos 4 mm de diámetro y con una profundidad inferior a 1.5 cm ya que venas más profundas son mucho más complejas de canalizar con éxito. La mayoría de los niños por debajo de 8 años tienen venas periféricas menores de 4 mm de diámetro lo que hace de la colocación de PICCs una técnica más difícil que en el adulto.

Habitualmente la colocación de PICCs guiada por ecografía se realiza en las venas profundas del brazo. La punción ecoguiada se realiza en la zona media del brazo donde las venas son más profundas y gruesas a la vez que permite evitar la fijación del catéter en la proximidad de la flexura del antebrazo. Esto permite una mayor comodidad del paciente y un menor cizallamiento del catéter con los movimientos lo cual reduce la posibilidad de trombosis. Una punción demasiado alta cercana a la axila debe evitarse por la posibilidad de daño nervioso.



Figura 1.60 (60): Colocación adecuada del brazo para la canalización de PICC. Extraído de <https://www.ultrasoundpaedia.com/normal-dvt-arm/>

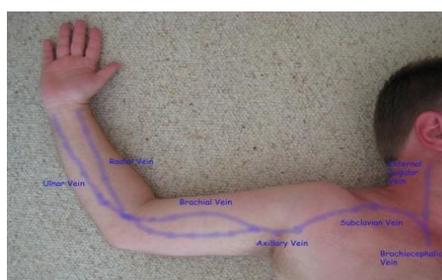


Figura 1.61 (61): Colocación adecuada del brazo para la canalización de PICC. Extraído de <https://www.ultrasoundpaedia.com/normal-dvt-arm/>

Se coloca al paciente con el brazo en abducción de 90°. (figura 1.60 y 1.61) Se inicia la exploración en la flexura en la zona lateral y se van localizando las venas en el siguiente orden desplazando el transductor en transversal de lateral al medial. **En general se realizará un abordaje transversal fuera de plano**, puncionando el vaso con la aguja sin conectar a una jeringa. La colocación de PICCs utilizando angiocatéter para la punción habitualmente no es adecuada ya que la profundidad del vaso hace necesaria una punción con un ángulo aproximado

de 45º algo que dificulta la punción con angiocatéter. Sin embargo en caso de colocar PICCs en lactantes pequeños, algunos profesionales prefieren puncionar el vaso con angiocatéter ya que los vasos superficiales y pequeños se benefician de una punción con un ángulo menor y el paso de la guía a través del angiocatéter puede ser más sencillo. En la Tabla 1.11 se indica la distancia aproximada a la que se debe introducir el angiocateter y la longitud de este en función del tamaño y profundidad del vaso.

Tabla 1.11 (11): Recomendaciones para elegir la distancia de punción y la longitud del angiocatéter en el acceso venoso periférico ecoguiado en neonatos, lactantes y niños.

Profundidad de la vena (cm)	Distancia hasta el transductor (cm)	Distancia real (cm)	Longitud del catéter o aguja (cm)
0.5	0.5	0.6	2.4
1	1	1.2	3.2
1.5	1.5	1.8	6.35
2	2	1.4	6.35

Independientemente del método de punción, lo habitual es completar la colocación del PICC con una técnica microSeldinger. El vaso se punciona con una aguja fina (o angiocatéter) por la que se pasa una guía recta corta. A través de la guía, se coloca un microintrodutor que puede ser pelable o no, montado en un dilatador. Una vez colocado el introductor el cateter con un fiador metálico en su interior se avanza a través del introductor. El catéter ha debido ser previamente cortado hasta la distancia determinada (punto de punción hasta 2-3 espacio intercostal paraesternal derecho) Una vez colocado se retira el fiador y se extrae o “pela” el introductor. Generalmente en niños pequeños y lactantes se utilizará un cateter de 3F (requerirá una vena de al menos 3 mm), mientras que en niños mayores (habitualmente por encima de 8 años) se suele colocar un catéter de 4F.



Figura 1.62 (62): Canalización de PICC en basilica. a: zona de exploración de la basilica en la zona medial del antebrazo. b: medición de la vena y canalización en transversal fuera de plano. c: colocación correcta en tercio inferior de VCS/tercio superior de aurícula derecha. Imágenes propias del autor. Diagrama extraído de <https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/cancer-in-general/treatment/chemotherapy/how-you-have/into-your-vein/picc-lines>

1.8.7 COMPROBACIÓN DEL CATÉTER VENOSO CENTRAL Y SUS COMPLICACIONES POR ECOGRAFÍA

1.8.7.1 COMPROBACIÓN DE LA GUÍA

Una vez canalizada la vena, podemos comprobar con la ecografía que la guía se aloja en el vaso y si discurre hacia el objetivo deseado (especialmente si hemos encontrado resistencia en la introducción) (figura 1.63). Esto último es especialmente importante en la canalización de accesos en el cuello, subclavia o PICCs donde el desplazamiento de la guía y alojamiento inadecuado del catéter en las venas contralaterales o la migración en dirección hacia la VVI es relativamente frecuente.

Cuando se canaliza la VVI, primero comprobaremos la posición intravascular de la guía con un plano transversal y posteriormente longitudinal. Es importante explorar ambos planos ya que si de da la circunstancia de que la guía hace un bucle lo visualizaremos mejor con un plano transversal.

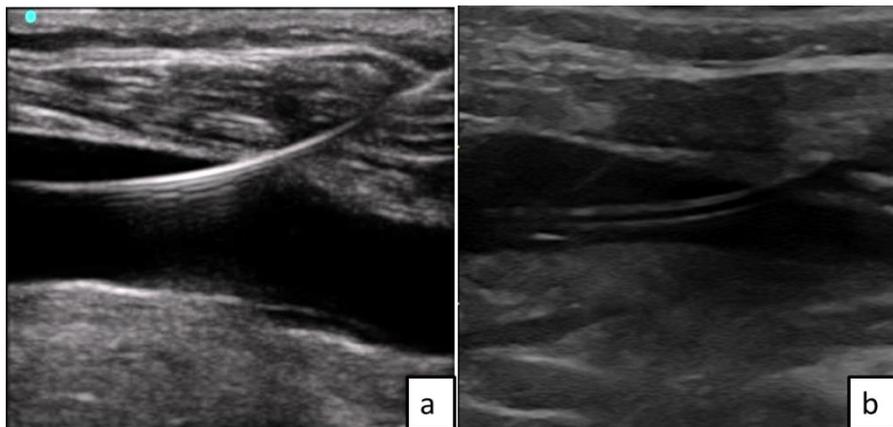


Figura 1.63 (63): Comprobación del paso de la guía y el catéter. Paso de la guía (a) y del catéter (b) en plano longitudinal en la VVI. Imagen propia del autor

Cuando se canaliza la VS, podemos comprobar fácilmente la posición de la guía en un plano supraclavicular longitudinal. También deberemos descartar que se aloje en las venas yugulares o TBC contralateral. Para evitar esta circunstancia, es fundamental rotar el cuello en sentido ipsilateral antes de avanzar la guía.

Para la canalización de la VF, bastará comprobar la posición intravascular de la guía, ya que la migración fuera de la vena cava inferior es excepcional.

Una vez que se compruebe la posición intravascular de la guía se puede avanzar dentro del vaso con seguridad y posteriormente comprobar el paso del catéter.

1.8.7.2 COMPROBACIÓN DEL CATÉTER

La comprobación de la posición de la punta del catéter es esencial tras la canalización de CVCs y PICCs. Aunque no existe un consenso total, la localización de la punta en el tercio inferior de la vena cava superior se considera la posición ideal ya que se asocia a menos riesgo de complicaciones (trombosis e infección) y permite una medición adecuada de la PVC o la obtención de muestras para saturación venosa central. La posición intraauricular, aunque asegura un buen retorno de sangre en la aspiración y una medición correcta de la presión venosa central se desaconseja por el riesgo de taponamiento, arritmias y mediciones falsas de la saturación venosa central si el catéter recoge la sangre del seno coronario. Esta localización, se reserva para la colocación de las cánulas de ECMO por la necesidad de altos flujos y ocasionalmente en los catéteres para TDEC. Posiciones más altas de la punta del catéter en la vena cava superior pueden ser aceptables, pero aumentan el riesgo de derrame pericárdico si se sitúan a la altura del receso pericárdico. En cualquier caso, **debe evitarse siempre la colocación de la punta en una bifurcación vascular o en una curvatura vascular** (ej.: unión del TBC con la vena cava) ya que aumenta el riesgo de lesión del endotelio vascular. En el caso de los CVC o PICCs colocados en miembro inferior, la posición ideal es justo por encima del diafragma en la unión cavo-atrial. No obstante, es aceptable la introducción de una pequeña porción del catéter en la aurícula derecha especialmente si es necesario medir la PVC para asegurar la posición intratorácica del CVC.

Hasta hace pocos años, la radiografía de tórax se consideraba la técnica de elección para la comprobación de la posición de la punta del catéter. No obstante, la radiografía supone exponer al paciente a radiación y tiene importantes limitaciones para la localización precisa de la unión cavo-atrial, incluso cuando es interpretada por un radiólogo experimentado.(130) Además, la obtención de la radiografía de tórax en la UCIP y su información e interpretación puede tener una demora significativa para el paciente. Por ello, la ecografía puede ser una alternativa fiable, rápida y práctica a la radiografía ya que evita la radiación, está disponible de forma inmediata a pie de cama y permite una mejor definición de la unión cavo-atrial especialmente en niños.

Existen ya evidencias sólidas de que la ecografía puede detectar de forma sencilla y fiable la posición de la punta de los CVC colocados por vía femoral (figura 1.64). La porción superior de la vena cava inferior y la aurícula se visualizan fácilmente desde un plano subcostal longitudinal.

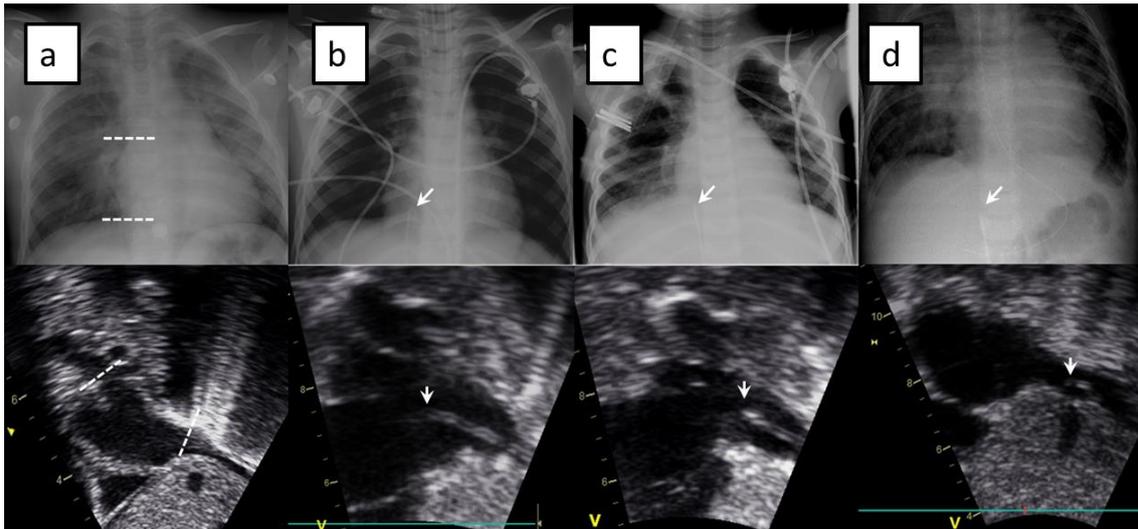


Figura 1.64 (64): Comprobación de catéteres femorales desde plano subcostal (eje de cavas) y correspondencia con la imagen radiográfica a: Localización de la unión cavo-atrial. B: catéter intra-atrial. C: Catéter en localización correcta en la unión cavo-atrial. D: Localización del catéter demasiado bajo. Imágenes propias del autor, publicadas en Alonso-Quintela P; Oulego-Erroz I et al. Location of the Central Venous Catheter Tip With Bedside Ultrasound in Young Children: ¿Can We Eliminate the Need for Chest Radiography? *Pediatr Crit Care Med* 2015;16: e340-345. (129)

Estudios en CVC umbilicales en neonatos demuestran que la concordancia con la radiografía es alta incluso en CVC de escaso grosor. Es nuestra opinión la ecografía permite evitar las radiografías de comprobación de CVC femorales. Además, si se aplica intra-procedimiento por parte de otro operador nos permitirá dejar el CVC a la altura deseada con una alta precisión.

En cambio, los catéteres colocados en la parte superior del cuerpo son más difíciles de visualizar por ecografía que los localizados en la vena cava inferior.

Existen dos aproximaciones ecográficas para la localización del CVC en territorio superior

- 1) Descartar de forma indirecta la posición inadecuada (protocolo CVC SONO)
- 2) Intentar visualizar la localización concreta de la punta del CVC

Protocolo CVC SONO:

En adultos se considera que la porción inferior de la vena cava superior no se puede visualizar por ecografía transtorácica. No obstante, existe una aproximación a la posición del CVC mediante el protocolo CVC SONO (“C”, de “C” omplication; “V”, de intra “V” enous tip y “C” de intra “C” ardiac position) que analiza la posición de la punta del CVC por “exclusión”.

Este protocolo consta de tres fases:

Primero: "C" (Complications): Se obtiene una ecografía torácica son sonda lineal en 2-4 espacio intercostal anterior torácica para descartar un posible neumotórax

Segundo: "V" (intraVenous): Se realiza una exploración de las venas yugulares y subclavia-innominada bilateral con el transductor lineal y de la vena cava inferior con el transductor cardiaco. Se trata de descartar la posición fuera de la vena cava mediante la visualización de los sitios plausibles de migración del CVC. Por ejemplo, si se canaliza la VVI derecha la presencia del CVC en VVI y vena innominada ipsilateral y su ausencia en VS ipsilateral, VVI e innominada contralateral y vena cava inferior define "por exclusión" una posición correcta. Si se canaliza VS la presencia del CVC en innominada ipsilateral y su ausencia en las VVIs, innominada contralateral y vena cava inferior se considera adecuada.

Tercero: "C" (intraCardiac): Finalmente se realiza un plano subcostal 4 cámaras o paraesternal corto del corazón para descartar la posición intracardiaca del CVC.

Siguiendo este protocolo los autores fueron capaces de localizar en un 71 % de los CVC en una población de 81 adultos ingresados en una UCI de traumatología. Hubo 10 errores de posición según la radiografía y 5 según el protocolo CVC SONO. De estos 5, tres tenían varios CVCs colocados simultáneamente lo que dificultó la visualización y los otros dos tenían posiciones inadecuadas e infrecuentes (1 bucle del CVC en la VVI ipsilateral y una posición inadecuada de un CVC insertado en VVI derecha en la innominada contralateral). Todos los CVC adecuadamente colocados según la radiografía excepto 1 fueron detectados por el protocolo CVC SONO. Estos resultados, aunque meritorios, fueron subóptimos por lo que este protocolo debe refinarse todavía. Su principal limitación es que no visualiza la punta del CVC en la vena cava si no simplemente descarta su posición en otra estructura vascular. (131)

Localización de la punta del CVC con ecografía:

En los niños la exploración de la vena cava superior forma parte rutinaria de la obtención de una ecocardiografía transtorácica completa en base a las recomendaciones internacionales actuales.(132) Ello indica que, al menos en teoría, siempre tenemos la opción de realizar una visualización ecográfica directa de la punta del CVC en la vena cava superior. Además, en niños pequeños es posible visualizar una parte importante de la vena cava superior, la aurícula derecha y la vena cava inferior simultáneamente desde un único plano subcostal (plano eje de cavas) siguiendo el recorrido teórico del catéter en todo su trayecto.

Nuestro grupo de investigación en ecografía del Complejo Asistencial Universitario de León ha desarrollado y testado una sistemática la localización de la punta de los CVCs tanto femorales

como insertados en el territorio superior (Figura 1.65). Nuestro protocolo se basa en la utilización del plano subcostal para visualización de las cavas y la aurícula derecha complementado con plano paraesternal derecho y supraesternal para la visualización de la vena cava superior si no se consigue desde el plano subcostal. Si el CVC no se puede localizar en estas posiciones se escanean las yugulares y TBC para confirmar la posición inadecuada a este nivel.

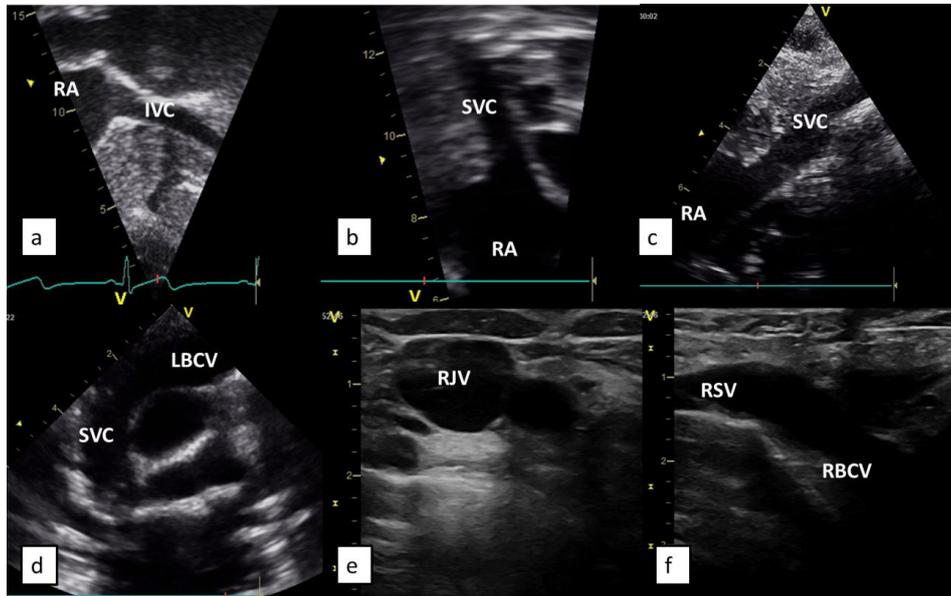


Figura 1.65 (65): Planos ecocardiográficos utilizados para la localización de catéteres. a: plano longitudinal de VCI y aurícula derecha. b: Planos subcostal de la VCS, c: plano para esternal derecho de la vena cava superior y aurícula derecha, d: plano coronal de TBC izquierdo y VCS. Imágenes propias del autor; publicadas en Alonso-Quintela P; Oulego-Erroz I et al. Location of the Central Venous Catheter Tip With Bedside Ultrasound in Young Children: ¿Can We Eliminate the Need for Chest Radiography? *Pediatr Crit Care Med* 2015;16: e340-345. (129)

Primero se realiza el plano subcostal (eje largo y corto). Si la CVC se sitúa en la cava se considera que su posición es correcta y se mide la distancia a la unión cavo-atrial. Si el CVC se localiza en la aurícula se diagnostica la posición intracardiaca y debe retirarse hasta dejarlo en posición correcta. (Figura 1.66)

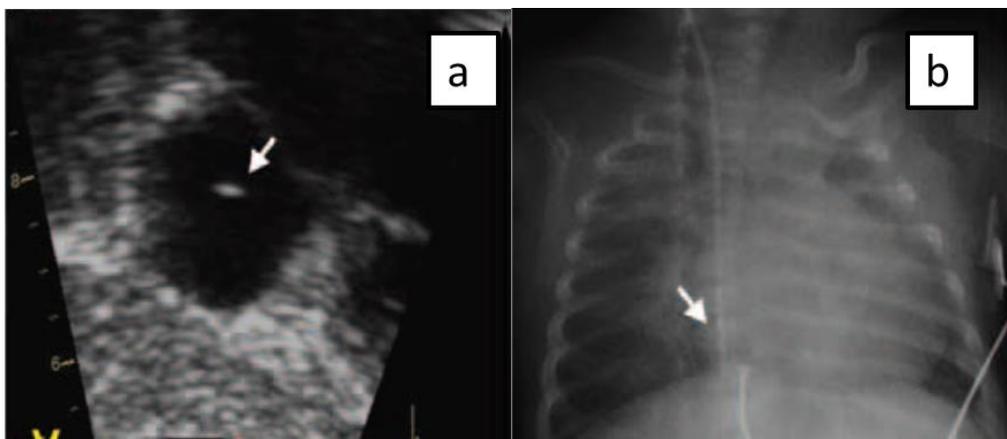


Figura 1.66 (66): Localización de catéter yugular derecho en posición intra-atrial (a). Correspondencia con la radiografía de tórax (b). Imagen propia del autor. Imágenes propias del autor.

En caso de CVCs superiores, si no se visualiza el CVC en la VCS desde subcostal se escanea la VCS paraesternal derecho y supraclavicular. Esto permite la visualización del CVC en la parte proximal de la VCS y en la vena innominada (Figura 1.67).

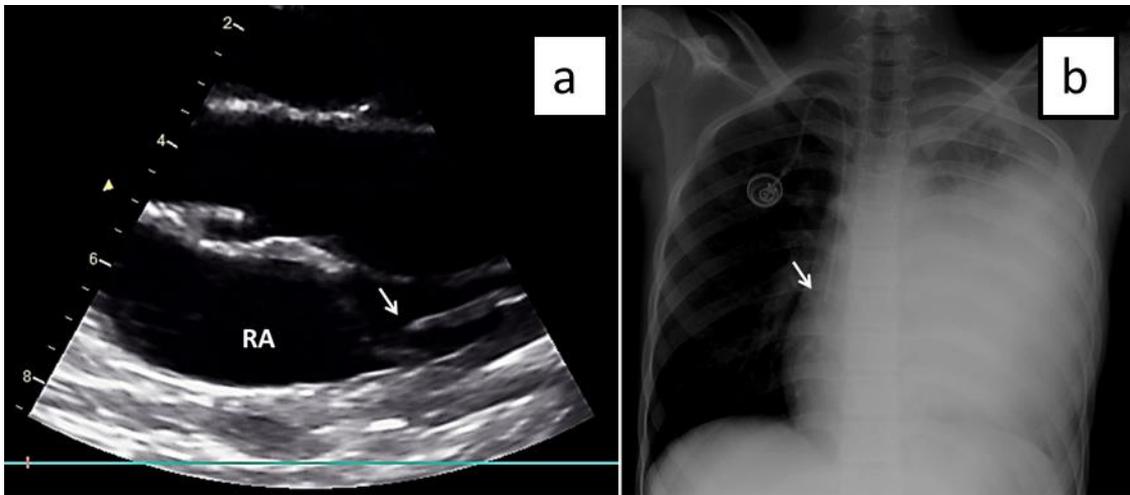


Figura 1.67 (67): CVC totalmente implantado. Eje paraesternal derecho. CVC totalmente implantado de 6.5F correctamente colocado en el tercio inferior de la VCS; RA indica aurícula derecha (a). Correspondencia con la radiografía (b). Imagen propia del autor publicadas en Oulego-Erroz I, Pradillos-Serna JM, Fuentes-Carretero S, Ardelá-Díaz E. [Insertion of a central venous reservoir using an exclusively ultrasound guided technique: Preliminary experience]. An Pediatr Barc Spain

Si no se localiza el CVC en esta posición se considera que el CVC ha quedado en una posición inadecuada y se intenta localizar el CVC mediante escaneo de las yugulares y VC/TBC de forma bilateral. El orden en que se realiza la exploración del cuello y su interpretación está marcado por el lugar concreto de inserción ya que ello dicta las localizaciones hacia las que puede migrar el catéter. (Figura 1.68)

Para comprobar la fiabilidad de nuestro protocolo, se testó el algoritmo en 52 procedimientos en 40 niños ingresados en la UCIP comparando los hallazgos con la radiografía. Hubo una concordancia del 92% entre ambas modalidades de imagen. Gran parte de los catéteres se pudieron visualizar utilizando sólo el plano subcostal. La ecografía localizó mejor los CVC en posición intracardiaca que la radiografía. En nuestro estudio la mayoría eran niños pequeños con buenas ventanas ecocardiográficas y casi todos portaban un único CVC lo que pudo mejorar el rendimiento de la técnica respecto a otros estudios realizados en adultos. Consideramos que esta es una línea de desarrollo de la ecografía a pie de cama en los pacientes críticos y que a medida que la calidad de los ecógrafos portátiles en la UCI mejore y que el adiestramiento en ecografía del personal sea mayor es de esperar creemos que la ecografía evite la mayoría de las radiografías que se realizan para tratar de localizar los trayectos y punta de los catéteres. (133,134)

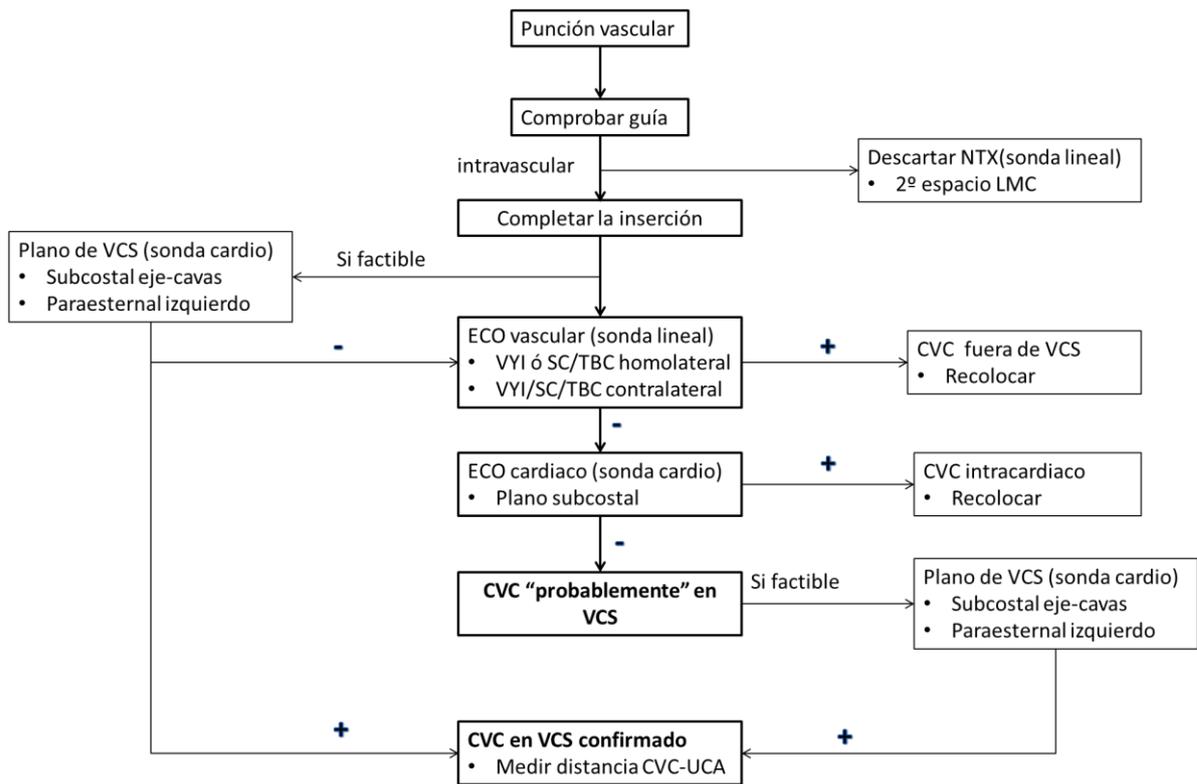


Figura 1.68 (68): Sistemática para la utilización de la ecografía en la localización de catéteres venosos centrales insertados en la parte superior del cuerpo. Diseñado por el autor.

1.9 CANALIZACIÓN ARTERIAL ECOGUIADA

La ecografía ayuda en la identificación y canalización de los accesos arteriales, siendo de especial utilidad en niños y circunstancias que complican la canalización como pacientes con baja perfusión sistémica, edematosos, obesos, portadores de variantes anatómicas, o aquellos en los que ya se ha intentado canalizar sin éxito por palpación.(55,135) Al igual que en la canalización venosa, debe elegirse la arteria y lugar de punción óptimos antes de la preparación del campo estéril, identificando y diferenciando las arterias de las venas, así como de estructuras adyacentes. La identificación de espasmo arterial o hematomas y la medición del calibre del vaso permite escoger la localización más deseable en cuanto a factibilidad y seguridad. El procedimiento es similar a la canalización venosa ya que cualquier arteria puede canalizarse con ecografía si es visible al ultrasonido. Al igual que si usamos la palpación y localización por referencias anatómicas, debe elegirse la arteria en función de las características del vaso y las necesidades del paciente. Idealmente deben elegirse las arterias con circulación colateral y/o con un suficiente calibre para permitir el flujo marginal de sangre alrededor del catéter, sin compromiso de la perfusión distal. En general la AR es la preferida por la presencia de circulación colateral adecuada en la mayoría de los pacientes. La AF, aunque no dispone de una circulación colateral, es de suficiente calibre para permitir el flujo alrededor del catéter y suele ser una alternativa sobre todo en los lactantes y neonatos en los que la canalización radial suele ser dificultosa. Otras alternativas secundarias son la arteria pedia, la arteria axilar o la arteria braquial, aunque esta última se desaconseja por la ausencia de circulación colateral.

1.9.1 ELECCIÓN DEL ACCESO ARTERIAL

Como comentamos anteriormente, la arteria más frecuente a canalizar será la AR en el niño mayor y la AF en el neonato y lactante.

1.9.1.1 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA RADIAL POR ECOGRAFÍA

Puede utilizarse la visualización transversal para identificar el vaso. Inicialmente la posición de la muñeca es con una extensión aproximada de 45º (una mayor extensión favorece la compresión del vaso) aunque mediante la visualización ecográfica elegiremos el grado de extensión en el que el vaso tenga un mayor calibre. Utilizaremos el abordaje “longitudinal en plano” o “transversal fuera de plano” para guiar el procedimiento (figuras 1.69 y 1.70). La inserción del catéter con guía ecográfica en tiempo real es preferible a la imagen estática. (77) Es útil presionar ligeramente con el transductor para intentar fijar la arteria. La canalización se

puede realizar con aguja y guía (técnica de Seldinger clásica) o con angiocatéter.(136) Esta última técnica es la preferida por muchos profesionales para la canalización de la AR especialmente en los niños pequeños, ya que en estos casos el vaso es pequeño y muy superficial. Se introduce el angiocatéter con un ángulo de 15-30° respecto a la piel ajustando la posición hasta visualizar que contacta con la pared arterial. Debe avanzarse hasta que se observa como la arteria se colapsa y se vuelve a expandir o hasta que refluya sangre por el catéter. En este momento debe retirarse el transductor o disminuir la presión para no dificultar el avance del catéter. La ecografía nos permitirá confirmar que el catéter está introducido en la luz del vaso y no atraviesa la pared posterior.

Varios estudios en niños han demostrado un aumento de la tasa de éxito en la canalización arterial ecoguiada comparada con la técnica basada en la palpación del pulso. Ishii y col mostraron una tasa de éxito en <3 intentos del 94 % vs. 50 % usando referencias anatómicas mientras que Kantor y col mostraron un aumento de la tasa de éxito en el primer intento 28 % vs 11 % en la canalización realizada por personal con poca experiencia. (135,137)



Figura 1.69 (69): Canalización ecoguiada de la arteria radial "en plano". a) Canalización de la AR "en plano" con angiocatéter. B) Confirmación de la posición intravascular del angiocatéter. Imagen propia del autor

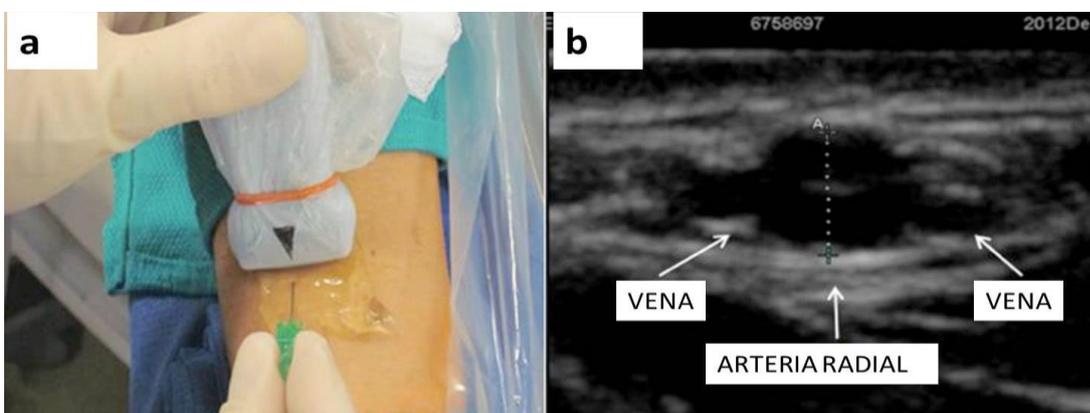


Figura 1.70 (70): Canalización ecoguiada de la arteria radial "fuera de plano". a) Canalización de la AR fuera de plano con aguja. b) Confirmación de la posición intravascular de la aguja. Imagen propia del autor

1.9.1.2 CANALIZACIÓN DE LA ARTERIA FEMORAL POR ECOGRAFÍA

La canalización de la AF puede realizarse en “transversal fuera de plano” (figura 1.71) o en “longitudinal en plano” como abordajes más habituales, al igual que en la AR. A diferencia de la canalización basada en la palpación del pulso, usando la ecografía podremos localizar el punto en el que la arteria tiene mayor diámetro, evitando puncionar la AF común más allá de su bifurcación en AF superficial y profunda, así como visualizar las estructuras vecinas (VF, vena safena y nervio) para evitar su punción accidental. La mayoría de los autores recomiendan la utilización de la ecografía para la canalización de la AF en niño y adultos especialmente cuando la arteria es más profunda y pequeña. (86)

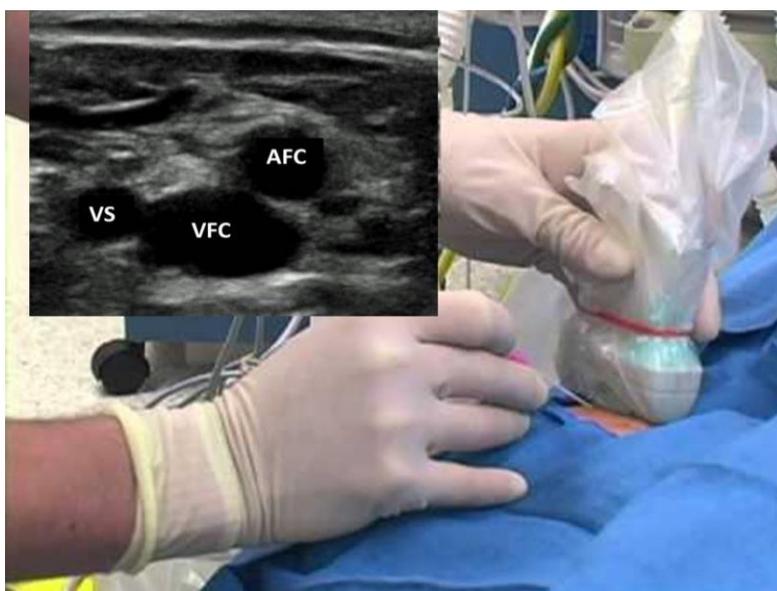


Figura 1.71 (71): Anatomía ecográfica de los vasos femorales para el abordaje transversal fuera de plano. AFC; AF común, VFC; VF común; VS, vena safena. Adaptado del vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=qJaP6hd3qPc>

1.9.1.3 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL ACCESO ARTERIAL POR ECOGRAFÍA

Como comentamos previamente, la ecografía nos permite la canalización de cualquier acceso arterial que sea visible. Sin embargo, debemos tener en cuenta otros criterios para la elección del acceso.

Las principales variables que se han de tener en cuenta son

- Edad del paciente
 - Neonato y lactante pequeño: de preferencia la AF
 - Resto de edades: de preferencia la AR
- Tamaño de la arteria

- En orden descendente 1º femoral; 2º axilar; 3º braquial; 4º radial, 5º pedia
- Dificultad de la canalización
 - En orden descendente: 1º Radial; 2º pedía; 3º axilar, 4º braquial, 5º femoral
- Posibilidad de dañar estructuras vecinas
 - En orden descendente: 1º Axilar, 2º femoral, 3º braquial; 4º radial; 5º pedia
- Presencia y calidad de la circulación colateral
 - En orden descendente: 1º Axilar, 2º radial; 3º femoral; 4º braquial

A continuación, en la figura 1.72 se propone un algoritmo diseñado por el autor de este proyecto de tesis para la elección del acceso arterial en función de la edad del paciente, que sin duda es la variable que más determinante junto con la experiencia del operador.

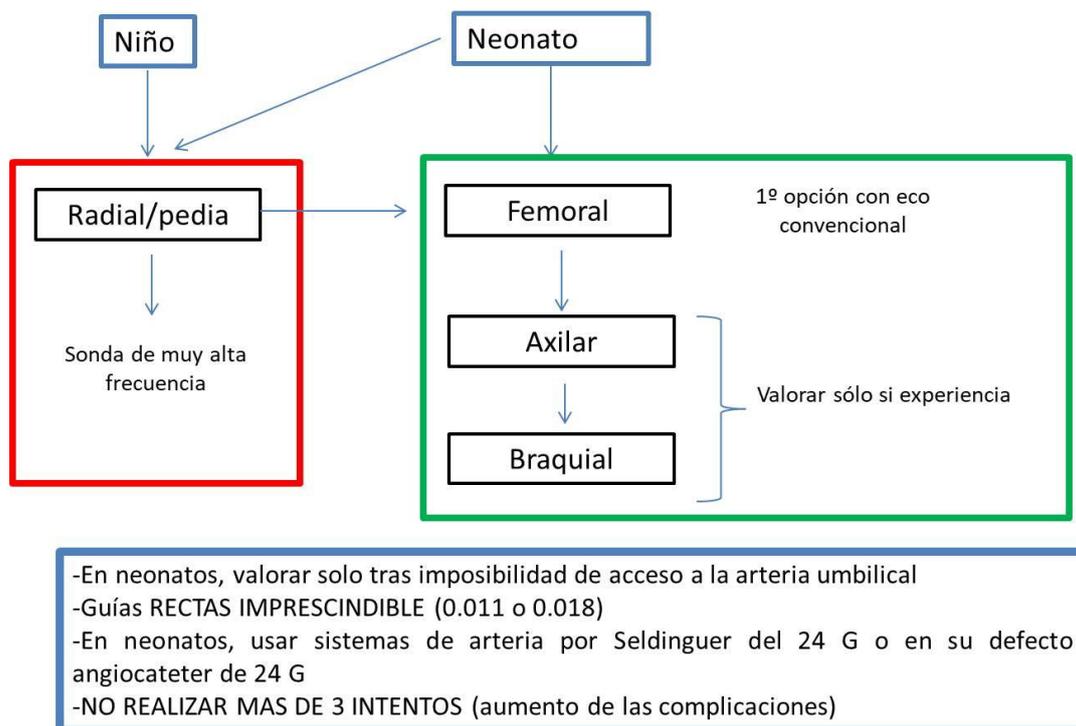


Figura 1.72 (72): Algoritmo para la elección del acceso arterial de uso en el Complejo Asistencial Universitario de León. Diseñado por el autor.

2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 JUSTIFICACIÓN

La canalización venosa central y la canalización arterial son técnicas esenciales en el paciente pediátrico crítico. La realización de estas técnicas en el niño es más difícil que en el adulto fundamentalmente por la mayor dificultad que representa la canalización de vasos sanguíneos más pequeños, las variaciones anatómicas en la posición de los vasos y la falta de colaboración por parte del paciente. En el niño crítico además se suman otros factores como la inestabilidad hemodinámica, la sobrecarga hídrica, la presencia de coagulopatía, el mayor riesgo de infección o la necesidad de realizar el procedimiento de forma urgente lo cual dificulta aún más el procedimiento resultando en menores tasas de éxito y mayor riesgo de complicaciones en comparación al paciente adulto.

Las distintas sociedades científicas y guías de práctica clínica actuales recomiendan la canalización ecoguiada de las venas centrales y arterias en el adulto con una evidencia sólida en cuanto a su mayor eficacia y seguridad, especialmente en el caso de la canalización de venas centrales.(57,58,138,139) En Pediatría aunque la evidencia es más escasa también se recomienda el uso de ecografía siempre que esté disponible personal entrenado para la canalización de venas centrales.(140,141) En el caso de la canalización arterial la evidencia en favor del uso de la ecografía es mucho menor. Es importante destacar que en Pediatría la mayor parte de los datos se refieren a niños en los que los procedimientos se realizan en el quirófano de forma programada y bajo anestesia general. (141) Los resultados de los procedimientos realizados en el quirófano no pueden extrapolarse directamente a la población de niños ingresados en cuidados intensivos. Apenas existen datos que apoyen el uso de la ecografía en al paciente crítico especialmente en el neonato y lactante crítico. (142)

Por todo ello está justificado realizar estudios específicos para generar evidencias sobre los usos e indicaciones óptimos de las técnicas de acceso vascular ecoguiado en la población de neonatos y niños críticamente enfermos.

2.2 HIPÓTESIS

Las hipótesis de este proyecto de Tesis son las siguientes

Hipótesis 1 (hipótesis principal)

El uso de la ecografía mejorará las tasas de éxito y disminuirá las complicaciones de la canalización venosa central y de la canalización arterial en los niños ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Hipótesis 2

El uso de la ecografía disminuirá el número de punciones necesarias para la canalización vascular, el número de localizaciones vasculares a puncionar, la tasa de complicaciones mecánicas asociadas a la canalización venosa central y canalización arterial en los niños ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Hipótesis 3:

Los resultados de la canalización venosa central y canalización arterial en los lactante y niños pequeños serán peores en cuanto a las tasas de éxito y complicaciones independientemente del uso de la ecografía.

Hipótesis 4:

La localización de la punción vascular y la experiencia del operador serán factores adicionales que afectan las tasas de éxito y complicaciones de la canalización vascular en el niño y neonato crítico.

Hipótesis 5:

La canalización ecoguiada del tronco braquiocefálico por abordaje supraclavicular se asociará a una tasa de éxito en el primer intento superior a la canalización de la vena yugular interna en niños ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Hipótesis 6:

La canalización ecoguiada del tronco braquiocefálico por abordaje supraclavicular es segura y eficaz en la canalización venosa central de neonatos y lactantes de bajo peso

Hipótesis 7:

El uso de la canalización ecoguiada del TBC por abordaje supraclavicular podría mejorar las tasas de infección asociada a catéter en el prematuro ingresado en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales comparado con el uso de catéteres epicutáneo-cava (PICCs).

2.3 OBJETIVOS

A continuación, resumimos el objetivo principal y los objetivos secundarios de nuestro trabajo

2.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

- Evaluar si el uso de la ecografía mejora las tasas de éxito y reduce las complicaciones mecánicas en la canalización venosa central y arterial guiada en el niño y neonato crítico comparadas con la técnica clásica utilizando referencias anatómicas.

2.2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Nuestros objetivos secundarios son:

- Evaluar si el uso de la ecografía puede asociarse a una disminución del número de punciones realizadas y del número de localizaciones vasculares que necesitan ser puncionadas hasta conseguir el acceso vascular en el mismo paciente.
- Evaluar la eficacia de la ecografía en la canalización venosa central y arterial en relación con la edad y peso de paciente.
- Evaluar el efecto de la localización vascular y la experiencia del operador en las tasas de éxito y complicaciones del acceso vascular.
- Evaluar las dificultades encontradas en la canalización venosa central y arterial en el niño crítico identificando poblaciones en las que es necesario mejorar los resultados.
- Comparar las tasas de éxito de una nueva técnica de canalización venosa central consistente en el acceso al TBC por abordaje supraclavicular en comparación con la técnica estándar de canalización de la VVI en el niño crítico.
- Evaluar las tasas de éxito y complicaciones del acceso ecoguiado al TBC por abordaje supraclavicular en neonatos y prematuros críticos.

- Evaluar las tasas de IACVC asociadas al uso del acceso ecoguiado del TBC en prematuros en comparación con la técnica estándar de inserción de un ECC.

3. MÉTODOS

A continuación, se expone el trabajo de campo clínico realizado para testar las hipótesis y tratar de alcanzar los objetivos marcados en este proyecto de tesis.

Para testar la hipótesis de que la ecografía podría mejorar las tasas de éxito y reducir las complicaciones en el acceso vascular ecoguiado tanto venoso central como arterial se llevó a cabo un registro de acceso vascular en cuidados críticos a nivel nacional, denominado RECANVA, en el que se invitó a participar a todas las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos en España. Dicho registro fue diseñado y coordinado como investigador principal por el autor de esta tesis, y se vehiculizó a través del Grupo de Trabajo de Ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Por otra parte, el autor de esta tesis realizó una serie de estudios clínicos en su centro de trabajo explorando la utilidad de un nuevo acceso venoso central consistente en la canalización ecoguiada de tronco braquiocefálico por abordaje supraclavicular con el énfasis puesto en la población de neonatos y lactantes de bajo peso (<5 kilogramos), una población con especial riesgo y dificultades en el acceso vascular.

3.1. ESTUDIO RECANVA: CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL Y ARTERIAL EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

3.1.1 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

El registro RECANVA (RE-gistro de CAN-alización VA-scular) fue un estudio prospectivo observacional y multicéntrico en un periodo de 6 meses. El autor de esta tesis fue el investigador principal y coordinador de dicho registro.

En el **RECANVA-Estudio de canalización venosa central** participaron 26 UCIPs en España incluyendo los pacientes entre 0-18 años en los que se precisara la inserción de un catéter venoso central (CVC) temporal percutáneo a criterio del médico responsable. Sólo se consideraron aquellos procedimientos realizados por técnica de Seldinger o sus variantes por personal perteneciente a la UCIP. Los PICCs, los catéteres de larga duración o aquellos procedimientos realizados en el quirófano fueron excluidos.

En el **RECANVA-Estudio de canalización arterial** participaron 18 UCIPs en España incluyendo los pacientes entre 0-18 años en los que se precisara la inserción de un catéter arterial (CA) percutáneo a criterio del médico responsable. Sólo se consideraron aquellos procedimientos realizados por técnica de Seldinger o sus variantes por personal perteneciente a la UCIP. Aquellos procedimientos realizados en el quirófano fueron excluidos.

3.1.2 DEFINICIONES

Técnica de canalización del vaso

En el estudio RECANVA la **variable de exposición** fue la técnica de canalización del utilizada: **técnica ecoguiada (ECO)** o técnica basada en **referencias anatómicas (REF)**. La técnica ECO se definió como el uso de la ecografía en tiempo real con visualización directa de la aguja o angiocatéter (técnica ecoguiada o dinámica) o como el uso de la ECO para localizar el punto de punción y realizar la punción sin visualización de la aguja en tiempo real (ecoasistida técnica o estática). La técnica basada en REF se definió como la punción del vaso usando como guía para la localización únicamente referencias anatómicas.

Procedimiento:

Un procedimiento de canalización se definió como la punción de una única localización vascular utilizando una única técnica de canalización (ECO o REF). El cambio de localización o de técnica se contabilizó como un nuevo procedimiento de canalización.

Operador primario

Se consideró como operador primario a la persona que intenta la canalización vascular en primer lugar. Los asistentes durante la técnica no se consideran operadores. En caso de que el operador primario no consiguiese el acceso vascular, se permite la participación de otros operadores (“de rescate”).

Intento de punción

Se definió como un intento de punción cada paso de la aguja a través de la piel.

Éxito y fallo del procedimiento

Se definió como éxito en el procedimiento la canalización consiguiendo insertar el catéter en una única localización anatómica vascular utilizando una única de las dos técnicas de canalización (ECO o REF) independientemente del número de operadores implicados en la técnica o del número de punciones realizadas en ese vaso. Se definió el fallo en el procedimiento como la incapacidad de operador u operadores de canalizar el acceso vascular e insertar el catéter, la necesidad de cambiar el acceso vascular a otra localización anatómica o la necesidad de cambiar de técnica de canalización (de ECO a REF o viceversa). La razón para considerar como fracaso del procedimiento la necesidad de intentar la punción en otra localización anatómica diferente a la inicialmente escogida, se debe a que en nuestro diseño queríamos evaluar si el uso de la ECO puede disminuir el número de localizaciones vasculares puncionadas en un mismo paciente. Ello es importante ya que preservar intactos el mayor número de accesos vasculares es esencial en el paciente crítico que pueda necesitar tratamientos o técnicas que son dependientes de la conservación en buen estado de los accesos vasculares (procedimientos de cateterismo, pacientes dependientes de nutrición parenteral, técnicas extracorpóreas etc.) además de disminuir las complicaciones asociadas a accesos vasculares múltiples (complicaciones mecánicas, infección y trombosis).

3.1.3 MEDICIONES

En cada procedimiento de canalización se recogieron las siguientes variables:

- Datos relativos a la Unidad de Cuidados Intensivos en la que se realiza el procedimiento:
 - Número de camas en la UCIP, variable que además se categorizó en:
 - Grandes: UCIPs con un número de camas por encima de la mediana de las unidades participantes
 - Pequeñas: UCIPs con un número de camas por debajo de la mediana de las unidades participantes
 - Número de ingresos anuales (excluyendo ingresos únicamente para realización de técnicas diagnósticas o terapéuticas)
 - Tamaño de la población pediátrica de referencia en el área sanitaria para ese centro
 - Complejidad asistencial de la Unidad categorizada en:
 - Alta: UCIP con programa de cirugía cardíaca infantil y trasplante de órganos sólidos
 - Baja: Resto de la Unidades

- Características de los pacientes
 - Edad del paciente al ingreso en la UCIP
 - Peso del paciente al ingreso en kilogramos
 - Sexo del paciente
 - Patología principal que motiva el ingreso en la UCIP
 - Respiratoria
 - Sepsis/shock
 - Cardiopatía/cirugía cardíaca
 - Paciente neurocrítico/neurocirugía
 - Hemato-oncológica
 - Trauma

- Postoperatorio de cirugía general (exceptuando neurocirugía y cirugía cardiaca)
- Renal-metabólico
- Otras
- Situación del paciente en el momento de la canalización vascular
 - Ventilación mecánica convencional (intubación o traqueostomía)
 - Sedación profunda
 - Uso de relajantes neuromusculares
 - Riesgo de sangrado (plaquetopenia $<50.000/mm^3$ o coagulopatía definida como alteración de los tiempos de coagulación)
 - Antecedentes de problemas o complicaciones previas en técnicas de acceso vascular
- Tipo de procedimiento de acceso vascular
 - Urgente
 - No urgente (programado)
- Localización del acceso vascular
 - Venoso central:
 - VVI
 - VS/TBC
 - VF
 - Otras
 - Arteria
 - Radial
 - Femoral

- Humeral
 - Braquial
 - Otras
- Indicación clínica del acceso vascular
 - Necesidad de acceso vascular prolongado para medicaciones
 - Reanimación/administración de drogas vasoactivas
 - Extracción repetida de muestras sanguíneas para monitorización
 - Monitorización hemodinámica
 - Nutrición parenteral
 - Técnicas de depuración renal extracorpórea
 - Otras indicaciones.
 - Perfil profesional del operador primario
 - Residente de Pediatría
 - Adjunto de Pediatría
 - Personal de enfermería
 - Otro
 - Experiencia previa en canalización vascular venosa y arterial separadamente
 - Baja: <20 accesos previos realizados
 - Media: 20-50 accesos
 - Alta: >50 accesos previos realizados

3.1.4 VARIABLES DE RESULTADO

La **variable resultado principal** en el estudio fue:

- Éxito en canalización vascular en un solo intento de punción.

La elección de esta variable como la más indicativa de las ventajas de una técnica de acceso vascular es de uso común en el campo de investigación en acceso vascular. Se considera que esta variable es más sensible que el éxito global o final de la técnica y se utiliza como parámetro subrogado de la eficacia y seguridad del procedimiento en cuanto a la ocurrencia de complicaciones, ya que estas son proporcionales al número de intentos de punción realizados y la duración del procedimiento.

Las **variables de resultado secundarias** fueron

- Éxito final en la canalización (independientemente del número de punciones)
- Número de punciones (hasta un máximo de 10)
- Número de procedimientos que requieren más de 3 punciones vasculares.
- Tiempo de canulación (en segundos) definido como el tiempo entre la primera punción y el paso de la guía o el final del procedimiento en caso de que no se consiga la canalización
- Necesidad de cambiar la localización del acceso vascular por fallo del procedimiento (punción de vasos adicionales)
- Complicaciones mecánicas inmediatas en relación con el procedimiento tanto como variable compuesta (ocurrencia de cualquier complicación) como de forma individual según la siguiente lista
 - Venas centrales:
 - Hematoma vascular significativo (hematoma que distorsiona la anatomía y dificulta la localización del vaso)
 - Punción arterial accidental
 - Trombosis
 - Neumotórax
 - Derrame pericárdico
 - Otras

- Arterias
 - Sangrado significativo (necesidad de hemostasia no compresiva, transfusión o cirugía)
 - Trombosis
 - Hematoma significativo
 - Otras

3.1.5 RECOGIDA DE DATOS

La recogida de los datos clínicos y resultados de la canalización corrió a cargo de un investigador colaborador que no estaba directamente implicado en el procedimiento de canalización. Los investigadores colaboradores recibieron instrucciones específicas y por escrito indicativas de las normas para procedimiento de recogida y manejo de los datos por parte de los investigadores principales (Anexo 2.1 y Anexo 2.2). A excepción de la experiencia previa en canalización vascular de los operadores, que fue reportada por los mismos sin poder verificarse, el resto de los datos clínicos se verificaron mediante revisión de la historia médica del paciente, contacto directo con el personal médico y de enfermería encargado del cuidado del paciente o con el propio paciente o sus padres según se precisase en cada caso. Los datos de cada procedimiento se recogieron en una hoja específicamente diseñada (Anexo 2.3). Tras la verificación de los datos a nivel local, el investigador colaborador introdujo los datos en una aplicación online (Google Forms®) elaborada por el investigador principal. Dicha base se revisó regularmente durante el periodo de recogida de datos para detectar errores o datos incompletos en cuyo caso el investigador principal contactó directamente con el investigador colaborador de cada centro para su subsanación.

3.1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.1.6.1 RECANVA-ESTUDIO DE CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL

Las variables cuantitativas continuas se resumen como media (desviación estándar) y mediana (rango intercuartílico) (RIQ) según la distribución de los datos mientras que las variables categóricas se resumen como número (porcentaje).

Debido a la naturaleza observacional de nuestro estudio, para el análisis de los procedimientos de canalización venosa central se utilizó un análisis basado en las puntuaciones de propensión (“*propensity score analysis*”) para controlar aquellas covariables individuales que hubieran podido influenciar tanto la elección de la técnica de canalización (ECO vs REF) como los resultados del procedimiento. La puntuación de propensión se define como la probabilidad individual de ser asignado al grupo de canalización por ECO en base a las características individuales del paciente y el procedimiento.(143) La puntuación de propensión se estimó utilizando una regresión logística con un abordaje no-parsimonioso con la técnica de canulación (ECO vs REF) como la variable dependiente en relación a las covariables de interés. Dada la enorme variabilidad en el porcentaje de procedimientos realizados usando la técnica ECO entre las distintas unidades participantes (rango del 5.2 % al 92.3 % del total de procedimientos) no se utilizó el centro hospitalario en la estimación de la puntuación de propensión. En lugar de ello, se tuvo en cuenta el efecto del centro hospitalario con una variable combinada que denominamos *complejidad de la unidad* definiéndola como *alta* para aquellas unidades con programa de trasplante de órganos sólidos y cirugía cardíaca y *baja* para el resto de las unidades.

Análisis primario: emparejamiento basado en puntuaciones de propensión (*propensity score matching*)

El análisis primario se basó en el emparejamiento por puntuaciones de propensión (“*propensity score matching*”). Emparejamos los procedimientos realizados con ECO con los procedimientos realizados por REF en una proporción de 1:1, sin remplazo, dentro una variación de 0.2 puntos de la desviación estándar del *logit* de la puntuación de propensión. El balance de las covariables entre los grupos se evaluó mediante las diferencias estandarizadas antes y después de realizar el procedimiento de emparejamiento. Una diferencia estandarizada absoluta den +/-10 % se consideró un balance adecuado para cada covariable en la muestra emparejada en base a las recomendaciones metodológicas en esta técnica estadística.(143–145) Adicionalmente se realizaron otros test para valorar la adecuación del balance de covariables entre grupos en la muestra pareada incluyendo las diferencias estandarizadas en las interacciones (productos de las variables) y en el valor elevado al cuadrado de las variables continuas. El test de Kolgomorov-Smirnov se utilizó para comparar la distribución de las variables continuas.(145) Las variables resultado primaria y secundarias se compararon entre los grupos de estudio en la muestra completa (sin emparejar) y en la muestra emparejada. Los resultados se expresan como la odds ratio (OR) para las variables categóricas y como el coeficiente B no estandarizado para las variables continuas con intervalos de confianza del 95 % (IC 95 %) en la estimación. Se utilizó una regresión de estimación de ecuaciones generalizada (“*generalized estimating equations*”

regression o GEE) para tener en cuenta el efecto de las medidas repetidas y los datos pareados. En la muestra pareada también se construyó un modelo de efectos-mixtos (*“mixed effects model”*) con el centro hospitalario como efecto aleatorio para tener en cuenta el efecto de agrupamiento (*“clustering”*). Estos modelos se ajustaron adicionalmente por aquellas covariables con un desbalance residual (diferencia estandarizada mayor de +/-10 %) tras el emparejamiento por la puntuación de propensión, una técnica conocida como ajuste doble (*“double adjustment in propensity score matching”*), que ha demostrado disminuir los sesgos en los análisis basados en puntuaciones de propensión cuando existe un desbalance residual de alguna de las covariables de interés. (146,147)

Análisis complementarios: regresión multivariante y ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (*“inverse probability of treatment weighting”*)

Además del análisis primario realizamos diversos análisis complementarios en la muestra no emparejada incluyendo modelos de regresión multivariante nuevamente utilizando la regresión GEE y en los que incluimos aquellas covariables con una $p < 0.1$ en el análisis univariante. Así mismo también realizamos un análisis de ponderación por probabilidad inversa de tratamiento (*“inverse probability of treatment weighting”*) basada en las puntuaciones de propensión. La ponderación o el peso de cada procedimiento en el análisis se calculó como la inversa de la probabilidad individual de cada paciente de ser asignado a la técnica de canalización que realmente recibió en base a sus características individuales. Para evitar la sobrerrepresentación en la ponderación de los valores extremos de la puntuación de propensión sólo incluimos los valores entre el percentil 1 y el percentil 99 de la distribución de los pesos individuales calculados. El balance de covariables en la muestra ponderada por la probabilidad inversa de tratamiento se evaluó de la misma forma que la descrita para el análisis primario utilizando el emparejamiento y que se ha descrito anteriormente. El balance de covariables fue muy similar a este con pequeñas diferencias en algunas covariables. El rango de las diferencias estandarizadas osciló entre -4 % a 13.9 %. Las variables de complejidad de la unidad y la historia previa de acceso vascular complicado no se pudieron balancear completamente con diferencias estandarizadas de +13.9 % y +12.7 % entre los grupos respectivamente. El test de Kolgomorov-Smirnov no mostró diferencias significativas en la comparación de covariables entre los grupos en la muestra ponderada. Se utilizó una regresión GEE con estimador robusto de varianza para valorar la asociación entre la canalización por la técnica ECO (versus REF) de la misma forma que en análisis primario. Se realizó nuevamente un doble ajuste introduciendo en el modelo de regresión modelo las variables con un desbalance residual después de la ponderación.

Análisis de sensibilidad

Finalmente realizamos un análisis de sensibilidad agrupando los datos de aquellas unidades que tuvieran una estrategia unificada en la técnica de canalización, definida como aquellas unidades en las que al menos el 80 % de los procedimientos se realizaran utilizando una única técnica (o bien ECO o bien REF). Para este análisis sólo incluimos aquellas unidades que hubieran registrado al menos 5 procedimientos durante el periodo de estudio. En este análisis no se utilizó la puntuación de propensión para ajustar las covariables ya que existía un riesgo muy limitado de sesgos de selección ya que en este análisis la elección de la técnica no dependía de las características del paciente sino de la política general de la unidad, y por tanto presumiblemente la decisión de utilizar una técnica y otra no está marcada por las características del paciente o las preferencias del operador. (148) Se tuvo en cuenta el efecto de agrupamiento ("*clustering effect*") con un modelo de efectos-mixtos utilizando el centro hospitalario como efecto aleatorio ("*random effect*") y la complejidad de la unidad y la experiencia del operador como efectos fijos ("*fixed effect*").

Análisis de subgrupos:

En la muestra completa se realizaron diversos análisis de subgrupos para determinar si las diferencias en los resultados halladas entre las dos técnicas de canalización dependían de la experiencia profesional del operador (<5 años, 5-20 años y >20 años trabajando en una UCIP) o de la localización del acceso venoso central (VF/VS y VYI). Para este análisis se modelaron específicamente nuevas puntuaciones de propensión y se realizó un análisis basado en ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento para controlar el efecto de las covariables. Dado que los tamaños muestrales en los análisis de subgrupos eran relativamente pequeños sólo se utilizó un número limitado de covariables en la construcción de la puntuación de propensión decantándonos por aquellas consideradas con mayor valor pronóstico sobre los resultados de la canalización (número de camas en la unidad, número de ingresos anuales en la unidad, complejidad de la unidad, sexo, edad, peso, ventilación mecánica, sedación, bloqueo neuromuscular, riesgo de sangrado, historia previa de acceso vascular dificultoso, procedimiento realizado como una urgencia, indicación del catéter para reanimación o administración de drogas vasoactivas, localización del acceso, experiencia del operador y perfil profesional del operador). El balance de covariables se evaluó de la forma previamente descrita en el análisis primario y los complementarios. Los resultados del grupo ECO vs REF se compararon en los subgrupos mediante GEE ajustado por las covariables con desbalance residual (diferencia estandarizada mayor de +/-10 %).

Todos los análisis se realizaron con el **paquete estadístico SPSS v.22 (IBM Corp., Armonk, N.Y., EEUU)**.

3.1.7.2 REVANVA-ESTUDIO DE LA CANALIZACIÓN ARTERIAL

Los datos cuantitativos se resumen en mediana (RIQ) 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, experiencia del operador, la edad del paciente y la localización del acceso vascular del mismo modo que lo explicado en el caso de la canalización venosa central. Así mismo se realizó un análisis de sensibilidad mediante la consideración separada de los datos de aquellas unidades con una estrategia homogénea en la elección de la técnica de canalización definida como la realización de ≥ 80 % de los procedimientos con una sola técnica. Finalmente, se estudiaron las variables asociadas al éxito en la canalización mediante modelos de regresión logística multivariante. 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 aquellas variables continuas que no tuvieran una distribución normal. Los resultados se expresan con Odds Ratio (OR) con el intervalo de confianza al 95 %. Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

Todos los análisis se realizaron con el **paquete estadístico SPSS v.22 (IBM Corp., Armonk, N.Y., EEUU)**.

3.1.8 ASPECTOS ÉTICOS

El protocolo de estudio RECANVA (Anexo 2.1) fue evaluado por el Comité de Ética Asistencial (CEIC) de la provincia de León que actuó como comité de referencia en el estudio (Anexo 2.5). Así mismo los centros participantes remitieron el protocolo a sus CEICs locales si lo estimaban oportuno.

Todos los pacientes o sus representantes legales (en general, los padres) firmaron un consentimiento firmado (Anexo 2.4) para la participación del estudio. Dado la naturaleza de los procedimientos realizados (procedimientos urgentes en niños inestables), se consideró aceptable que los padres o tutores legales dieran su consentimiento tras la realización de la técnica.

3.2 ESTUDIOS SOBRE LA CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO

3.2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Desde el año 2013 se ha implementado la canalización ecoguiada del TBC desde abordaje supraclavicular como una alternativa en el acceso venoso central en nuestro centro. Se han registrado de forma prospectiva los procedimientos realizados mediante esta técnica tanto en la UCIP como en la UCIN de nuestro centro. Los datos en la UCIN se han recogido en base a los registros SEN1500 y EuroNeo KISS. (149,150)

Estudios sobre canalización del TBC realizados

1. Estudio TBC-1: Comparación de la canalización del TBC y la VVI en niños críticos
2. Estudio TBC-2: Canalización del TBC en neonatos y lactantes de menos de 5 kilogramos de peso
3. Estudio TBC-3: Comparación de las tasas de IACVC en la canalización del TBC comparada con la colocación de ECC en prematuros.

3.2.1.1 ESTUDIO TBC-1: COMPARACIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL TBC Y LA VVI EN NIÑOS CRÍTICOS

En un primer estudio prospectivo observacional comparamos las tasas de éxito y complicaciones inmediatas de la canalización urgente ecoguiada del TBC con el abordaje transversal fuera de plano de la VVI en niños ingresados en UCIP entre 2013-2015. Se incluyeron pacientes de 0-14 años ingresados en la UCIP en los que se insertó un CVC convencional mediante técnica ecoguiada por abordaje supraclavicular del TBC o un CVC por abordaje transversal fuera de plano de la VVI. El criterio de elección para el uso de uno u otro de los accesos fue la decisión personal del médico intensivista a cargo del paciente. Se consideró urgente la canalización que se realizaba en pacientes con inestabilidad hemodinámica, fallo respiratorio o en situaciones en las cuales el paciente precisa el CVC para la administración de medicaciones sin demora. No se incluyeron los procedimientos programados (pacientes transferidos a la UCIP para la canalización de un CVC en situación no urgente) ni aquellos realizados durante la reanimación cardiopulmonar.

3.2.1.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS Y LACTANTES DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO

Posteriormente realizamos un estudio observacional prospectivo donde analizamos las tasas de éxito y complicaciones inmediatas en la canalización del TBC en neonatos con peso inferior a 5 kg ingresados en la UCIN entre 2014-2017. Se indicó la canalización del TBC en neonatos en casos seleccionados, ya que no se trata de un procedimiento estándar en la UCIN. Los criterios generales para considerar a un paciente candidato a la inserción percutánea de un CVC en la UCIN fueron: grave inestabilidad hemodinámica que precise varias drogas vasoactivas o monitorización invasiva de la presión venosa central o saturación venosa central, pacientes con cirugía de alto riesgo (enterocolitis necrotizante complicada, cierre quirúrgico del ductus persistente, emergencias gastrointestinales etc...), necesidad de extracción frecuente de analíticas que no sea posible o recomendable por otros métodos, fracaso en la canalización de otro accesos venosos o agotamiento de los accesos venosos periféricos. Se excluyeron aquellos procedimientos en los cuales faltaban datos clínicos o los padres no dieron su consentimiento.

3.2.1.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE IACVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS.

En este estudio, realizamos un análisis retrospectivo sobre una muestra de prematuros seguida prospectivamente sobre las tasas de infección asociada a CVC (IACVC) de los pacientes prematuros de menos de 1500 gramos de peso al nacimiento en los que se había realizado la canalización ecoguiada del TBC en base a las indicaciones expuestas anteriormente. En este Estudio nos centramos en analizar las tasas de infección asociada a CVC del TBC comparado con el acceso convencional mediante ECC mediante un diseño de cohortes retrospectivo. Cada caso de canalización del TBC se emparejó en una relación 1:3 con los procedimientos de canalización de ECC en base al peso al nacimiento (+/-10 gramos), el sexo y el año de inserción del catéter. Se excluyeron los pacientes que tuvieran catéteres colocados menos de 6 horas, aquellos colocados durante maniobras de resucitación cardiopulmonar, que fallecieran en las primeras 48 horas de vida o que tuvieran datos perdidos.

3.2.2 DEFINICIONES

Las definiciones utilizadas en estos estudios son análogas a las que se han expuesto con anterioridad en el apartado de canalización venosa central y arterial en la UCIP. A continuación, se incluyen únicamente las relevantes a efectos de los resultados de la canalización del TBC.

Técnica de canalización del vaso

La técnica ecoguiada se definió como el uso de ECO sólo en tiempo real con visualización directa de la aguja o angiocatéter (técnica ecoguiada o dinámica) o como el uso de la ECO para localizar el punto de punción y realizar la punción sin visualización de la aguja en tiempo real (ecoasistida técnica o estática).

Procedimiento:

Un procedimiento de canalización se definió como la punción de una única localización vascular utilizando una única técnica de canalización. El cambio de localización o de técnica se contabilizó como un nuevo procedimiento de canalización.

Intento de punción

Se definió como un intento de punción cada paso de la aguja a través de la piel.

Éxito y fallo del procedimiento

Se definió como éxito en el procedimiento la inserción exitosa del catéter en una única localización anatómica vascular utilizando una única técnica independientemente del número de operadores implicados o del número de punciones realizadas en ese vaso. Se definió el fallo en el procedimiento como la incapacidad de operador u operadores de canalizar el acceso vascular e insertar el catéter, la necesidad de cambiar el acceso vascular a otra localización anatómica o la necesidad de cambiar de técnica de canalización.

Infección asociada a CVC en el neonato

Se definió un episodio de infección asociada a CVC (IACVC) confirmado como síntomas clínicos de sepsis (al menos dos de los siguientes: fiebre, hipotermia, apnea, bradicardia, dificultad respiratoria, mala perfusión periférica o hipotensión) junto con elevación de los reactantes de fase aguda (una proteína C reactiva mayor de 10 mg/dl y/o una procalcitonina >3 ng/ml) junto con uno o más hemocultivos o cultivos de punta de catéter positivos para bacterias u hongos obtenidos entre las 48 horas posteriores a la inserción del CVC y hasta las 48 horas posteriores a su retirada (92). En caso de infección por estafilococos coagulasa negativos (ECN) se exigieron

2 cultivos positivos en base a la definición del CDC.(151) Con el objetivo de ser pragmáticos en caso de que no se pudieran obtener dos hemocultivos se consideró IACVC por ECN cuando el hemocultivo periférico y de punta de CVC o extraído del CVC durante su uso fueron positivos a un ECN con el mismo antibiograma. Se consideraron episodios separados aquellos que ocurrieron con 7 o más días de separación siempre que el paciente hubiera recibido una antibioterapia correcta para el germen causante del episodio precedente. En pacientes con CVC sucesivos (ej: vena umbilical que se cambia a ECC), si la infección se detecta en las siguientes 48 horas a la retirada se consideró al primer catéter como causante del episodio.

3.2.3 MEDICIONES

En cada procedimiento de canalización se recogieron las siguientes variables:

- Características de los pacientes
 - Edad gestacional
 - Peso al nacimiento
 - Sexo
 - Datos perinatales
 - Situación en el momento de la canalización vascular
 - Ventilación mecánica
 - Sedación utilizada
 - Tipo de procedimiento de acceso vascular
 - Urgente
 - No urgente (programado)
 - Localización del acceso vascular
 - Tamaño de la vena (diámetro anteroposterior)
 - Indicación clínica del acceso vascular

- UCIP
 - Necesidad de acceso vascular prolongado para medicaciones
 - Reanimación/administración de drogas vasoactivas
 - Extracción repetida de muestras sanguíneas para monitorización
 - Monitorización hemodinámica
 - Nutrición parenteral
 - Técnicas de depuración renal extracorpórea
 - Otras indicaciones.
- UCIN
 - Cuidados rutinarios (nutrición, fluidos, antibióticos)
 - Inestabilidad hemodinámica con necesidad de drogas vasoactivas
 - Cirugía de altos riesgo
 - Fracaso respiratorio grave
 - Otros
- Variables relacionadas con la IACVC
 - Día de inserción
 - Tipo de CVC
 - Días de permanencia del CVC
 - Antibioterapia recibida
 - Día de retirada
 - Días de CVC en el momento de aparición de IACVC
 - Motivo de la retirada del CVC

- Resultados microbiológicos

3.2.4 VARIABLES DE RESULTADO

Las **variables de resultado principales** en los estudios fueron

- Éxito en canalización vascular en un solo intento de punción.

La elección de esta variable como la más indicativa de las ventajas de una técnica de acceso vascular es de uso común en el campo de investigación en acceso vascular. Se considera que esta variable es más sensible que el éxito global o final de la técnica y se utiliza como parámetro subrogado de la eficacia y seguridad del procedimiento en cuanto a la ocurrencia de complicaciones, ya que estas son proporcionales al número de intentos de punción realizados y la duración del procedimiento

- Tasa de infección asociada a CVC expresada en tasa por 1000 días de catéter (densidad de incidencia).

La densidad de incidencia es la variable más utilizada para analizar el riesgo relativo de infección asociada a CVC, debido a que el tiempo de permanencia del catéter es el factor de riesgo más importante para la colonización y posterior infección de cualquier dispositivo intravascular.

Las **variables de resultado secundarias** fueron:

- Éxito final en la canalización (independientemente del número de punciones)
- Número de punciones (hasta un máximo de 10)
- Número de procedimientos que requieren más de 3 punciones vasculares)
- Tiempo de canulación (segundos) definido como el tiempo entre la primera punción y el paso de la guía o el final del procedimiento en caso de que no se consiga la canalización
- Necesidad de cambiar la localización del acceso vascular por fallo del procedimiento (punción de vasos adicionales)

- Complicaciones mecánicas inmediatas en relación al procedimiento tanto como variable compuesta (ocurrencia de cualquier complicación) como de forma individual según la siguiente lista
 - Venas centrales:
 - Hematoma vascular significativo (hematoma que distorsiona la anatomía y dificulta la localización del vaso)
 - Punción arterial accidental
 - Trombosis
 - Neumotórax
 - Derrame pericárdico
 - Otras
- Infección asociada a CVC
 - Episodios de IACVC (episodios/número de catéteres)
 - Episodios de IACVC por paciente (episodios/número de pacientes)
 - Combinación de IACVC o muerte (episodios/número de pacientes o muerte: lo que suceda antes)

3.2.5 OPERADORES Y TÉCNICA DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO

En la UCIP todos los procedimientos de canalización del TCB los realizaron 2 intensivistas con experiencia previa en la canalización ecoguiada de CVCs. Al inicio del estudio ambos llevaban más de 4 años realizando este tipo de procedimientos utilizando otros accesos como la VF o la VVI. En la UCIN los procedimientos los realizó un único intensivista pediátrico (autor de esta tesis). La experiencia acumulada a fecha de publicación de la presente tesis es de más de 150 procedimientos de canalización del TBC en neonatos y niños críticos. Todos los procedimientos se realizaron utilizando la técnica de Seldinger estándar bajo condiciones máximas de asepsia y bajo sedación intravenosa. En la UCIP se utilizó preferentemente midazolam y ketamina a dosis habituales en los pacientes en respiración espontánea y Propofol y fentanilo en los pacientes en ventilación mecánica. En la UCIN los pacientes en respiración espontánea recibieron ketamina

con o sin midazolam mientras que los neonatos en ventilación mecánica se sedaron preferentemente con midazolam y fentanilo. Durante la duración de los trabajos se utilizaron dos equipos de ultrasonidos: Vivid I (General Electrics, Haifa, Israel) y M Turbo (Sonosite, Japan) equipados con sondas lineales de alta frecuencia (6-13MHz). Antes de proceder a la canalización se exploró la VVI y TBC para valorar su tamaño, colapso y permeabilidad. En la UCIP no se utilizó ningún protocolo de forma rígida a la hora de decidirse entre la canalización de la VVI o el TBC. Sin embargo, se prefirió el uso del TBC en niños más pequeños bajo ventilación mecánica dado que en estos casos, en nuestra experiencia, ofrece ventajas sobre la VVI en cuanto al diámetro y el menor colapso respiratorio y con la presión ejercida por el transductor. En general se prefirió el TBC izquierdo sobre el derecho ya que su trayecto anatómico hacia la VCS es menos angulado lo cual puede favorecer la inserción de la guía. Además, para un operador diestro el TBC izquierdo se puede abordar desde un lateral del paciente en vez de la cabecera lo que supone una ventaja en neonatos instalados en incubadora o lactantes en los cuales existe un compromiso de espacio en el manejo de la vía aérea. El tamaño del CVC se eligió en base al diámetro de la vena manteniendo una ratio inferior a 1:3 (tamaño de la vena en mm \geq tamaño del CVC medido en French) con la intención de evitar la obstrucción al flujo sanguíneo pericatóter y así el riesgo de disfunción o trombosis. (92) La longitud del CVC se eligió en base al tamaño del paciente. En neonatos se utilizaron CVC de 5-6 cm, y en lactantes CVC de 5-8 cm. Todos los CVC eran de dos luces. La punción del vaso se realizó en todos los casos con agujas introductoras ecogénicas de 21-22 Gauges y excepcionalmente con angiocatéteres del 24 Gauges en los prematuros más extremos. En la canalización se utilizó un abordaje longitudinal en plano desde la región supraclavicular tanto en neonatos como en niños. El paciente se coloca con la cabeza en ligera rotación de 30- 45º hacia el lado contrario a la canalización con una ligera extensión del cuello mediante la colocación de un rodete bajo los hombros. Todos estos pasos se realizan ya con el paciente sedado. La localización del TBC se realizó de forma sistemática. Primero se realizó un plano transversal de la VVI homolateral al lado de la canalización, posteriormente se deslizó el transductor en sentido caudal siguiendo el curso de la VVI hasta la fosa supraclavicular y en ese momento se realizó un movimiento de inclinación del transductor con orientación anterior visualizando en orden sucesivo la arteria subclavia (estructura vascular más posterior, de pared gruesa y pulsátil) y el TBC (estructura vascular más anterior de pared fina y flujo sisto-diastólico de baja velocidad) en su unión con la VS del mismo lado. El transductor se manipuló ligeramente para obtener un plano completamente longitudinal de la unión de la VS-TBC.

La punción del vaso se realiza desde el borde externo del transductor. La alineación entre la aguja y el transductor debe ser óptima durante el avance de la aguja, en caso contrario se debe retirar y reposicionar. La aguja debe penetrar en el vaso aproximadamente en la unión del TBC y la VS (figura 3.1). Cuando la aguja penetra en el vaso se debe comprobar el reflujó de sangre y avanzar la guía. En neonatos y lactantes pequeños es esencial utilizar guías con punta rectas. Las guías curvas pueden no avanzar debido a que el diámetro de la curva de la guía en su punta es mayor en muchas ocasiones que el diámetro de la propia vena. En nuestro caso usamos guías de punta blanda de 0.018 pulgadas en todos los procedimientos en niños por debajo de 5 kg. En niños más grandes se utilizaron guías con punta curva. Tras avanzar la guía se comprobó su localización intravascular con la ecografía y el procedimiento se completó de la forma usual. Tras la inserción del catéter este se comprobó mediante radiografía (figura 3.2) o ecocardiografía según un protocolo específico. (133)

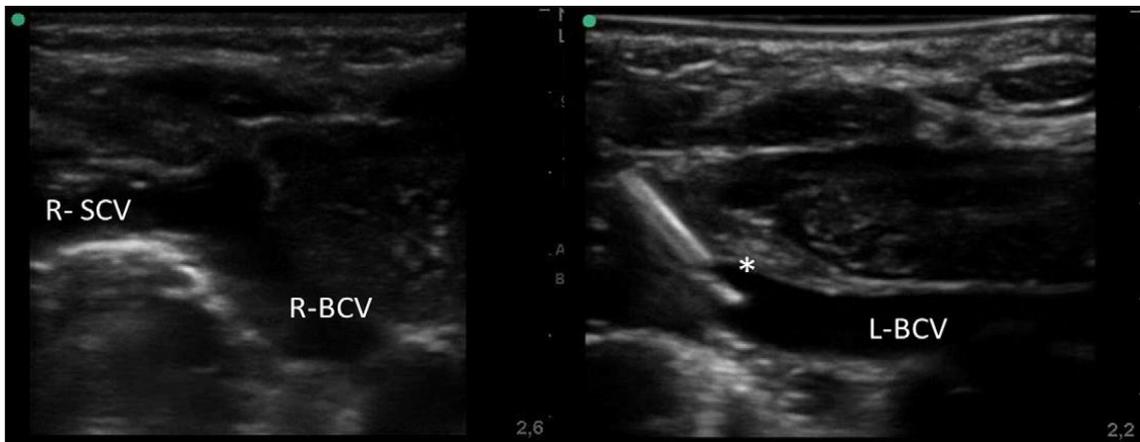


Figura 3.1 (73): Visualización ecográfica del tronco braquiocefálico. Panel izquierdo. Visión ecográfica del eje longitudinal de la VS derecha (R-SCV) y TBC derecho (R-BCV). Panel izquierdo. Canalización ecoguiada en plano del TBC derecho (R-BCV).

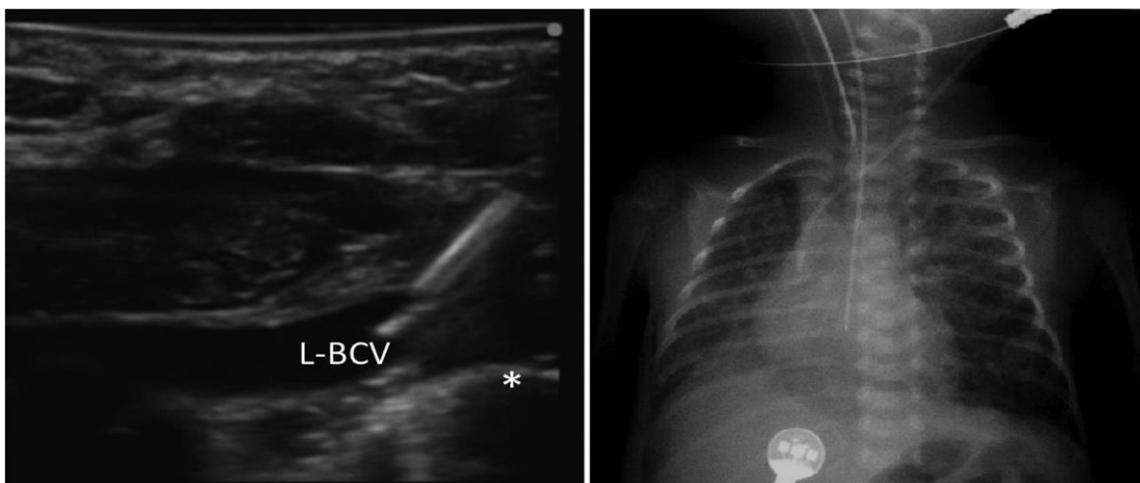


Figura 3.2 (74): Canalización ecoguiada en plano del tronco braquiocefálico izquierdo. (L-BCV). Se observa la correcta localización del CVC en la radiografía de tórax (derecha). Imagen propia del autor. (149)

3.2.6 USO DE CATÉTERES CENTRALES EN NEONATOS Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO EN LA UCIN DEL COMPLEJO ASISTENCIAL UNIVERSITARIO DE LEÓN

En nuestra UCIN en general se canaliza la VU al ingreso en la Unidad en aquellos prematuros con una edad gestacional inferior a las 33 semanas. La inserción del CVC en la VU se realiza por la técnica habitual. En nuestra Unidad se utilizan catéteres de poliuretano convencionales sin cobertura antibiótica de 2 luces y 5 French. Se insertan hasta una localización ideal en la vena cava inferior (VCI) ligeramente por encima del diafragma. Se puede aceptar una posición baja en la VCI o ligeramente introducido en la aurícula derecha. Los catéteres con la punta en la vena porta, vena mesentérica o vena esplénica se retiran sistemáticamente para evitar complicaciones. La inserción es llevada a cabo por personal médico, habitualmente médicos residentes ya que se trata de una técnica relativamente sencilla y con escaso riesgo de complicaciones. El CVC se fija al cordón umbilical mediante sutura y no se cubre con apósitos salvo que exista sangrado y, en ese caso, hasta que éste ceda. No se utiliza profilaxis antibiótica peri-procedimiento ni en la retirada de forma usual salvo que la inserción se hubiera realizado en una emergencia o por alguna razón se hayan roto las barreras máximas de asepsia. Los CVC umbilicales cocados de manera urgente en la sala de partos habitualmente se intercambian por de forma programada por otros en el momento que el paciente esté estable. La mayoría de CVC en la VU se retiran de forma programada entre los 4-10 días de vida. Si el paciente sigue necesitando una vía central se canaliza un ECC. En caso contrario se coloca una vía periférica.

La inserción del ECC corre a cargo del equipo de enfermería especializada en Neonatología. Habitualmente se insertan en la parte superior del cuerpo a través de las venas ante cubitales. La punción se realiza con una “palomilla” con un introductor pelable a través de la cual se introduce un CVC de poliuretano de 2F con un fiador metálico en su interior. El catéter se avanza hasta la longitud previamente determinada mediante la medición de la distancia entre el punto de punción-hombro-2º-4º espacio intercostal que correspondería con la porción distal de la VCS. Se fija con apósitos estériles sin sutura y se obtiene una radiografía de tórax o una ecocardiografía para determinar la posición de la punta. Los ECC que no quedan en posición central o que se desvían hacia vena intercostales, mamarias, VVI o que hacen bucles se retiran inmediatamente. Se acepta una posición central en VS o TBC manteniendo una estrecha vigilancia del CVC. La inserción del ECC se realiza al igual que en la canalización de la VU bajo condiciones máximas de asepsia. La manipulación del ECC se realiza en condiciones de esterilidad. La desinfección de la piel se realiza con clorhexidina no alcohólica y de las llaves y puertos del catéter con alcohol isopropílico. Se evita en lo posible el uso de llaves de tres pasos.

Se designa una única luz para la nutrición parenteral. La permeabilidad de los catéteres se mantiene con una infusión de heparina continua a una concentración de 1 U/ml a un ritmo de 0.5 ml/hora.(152) Se utilizan apósitos transparentes adhesivos para cubrir el catéter que se cambian cada 7 días o si están sucios o parcialmente despegados.(153) El punto de inserción se vigila de forma diaria en busca de signos de infección como tumefacción, exudado o eritema. (Anexo 3) En caso de que se sospeche una IACVC se extraen hemocultivos periféricos y si es posible un hemocultivo central extraído del catéter y se inician antibióticos (vancomicina y amikacina). En caso de que se confirme la IACVC o que el paciente se deteriore antes del resultado del hemocultivo esté se retira y se envía a cultivo inmediatamente salvo en los casos de IACVC por ECN en cuyo caso el catéter se mantiene bajo vigilancia estrecha retirándose en caso de deterioro clínico.

3.2.7 REGOGIDA DE DATOS

Todos los datos de canalización del TBC en UCIP y UCIN se recogieron de forma prospectiva, aunque en el caso del análisis de las tasas de IACVC en prematuros en análisis de los datos de los ECCS fue retrospectivo. No obstante, los datos referentes a la IACVC se recogieron de forma prospectiva en los registros nacionales SEN1500 y en la base de datos EURONEOKISS multicéntrica internacional europea en la que nuestro centro participa con lo cual la recogida y documentación fue sistemática sin apenas datos perdidos. (150)

3.2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos categóricos se resumen en número y porcentaje mientras que los cuantitativos se resumen en mediana, rango y RIQ. En el estudio en UCIP asumimos una tasa de éxito del 55 % en la canalización al primer intento de la VVI en base a un estudio previo en niños críticos. (142) Con una ratio casos: controles de 1:1 y un diseño de datos emparejados, para conseguir una potencia estadística de 0.8 y asumiendo unas pérdidas del 20 %, calculamos que sería necesario incluir al menos 20 procedimientos de canalización del TBC en cada brazo del estudio. Con ello se podría detectar un incremento del 35 % en las tasas de éxito en la canalización en el primer intento para alcanzar una tasa del 90 % que consideramos un resultado óptimo en base a los datos de estudios realizados en pacientes estables programados para cirugía. Se utilizaron test no paramétricos de Fisher, Wilcoxon, U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis para comparar los grupos. Se utilizaron correlaciones de Pearson para evaluar la relación entre el peso del paciente

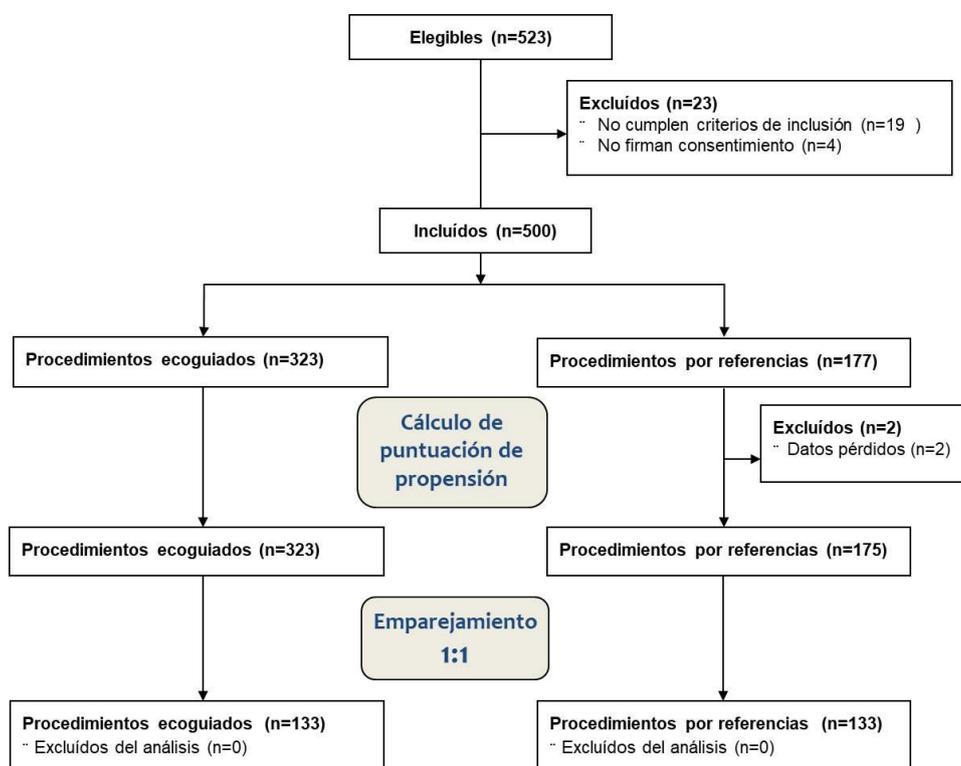
y el número de intentos de punción. En el análisis de las tasas de IACVC se utilizaron curvas de Kaplan-Meier y estimaciones mediante Hazard Ratio obtenidas en modelos de regresión logística multivariante. Se consideró estadísticamente significativa un $p < 0.05$. **Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS v.22 (IBM Corp., Armonk, N.Y., EEUU).**

4. RESULTADOS

4.1 RECANVA-ESTUDIO DE CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL

Se incluyeron 500 procedimientos de canalización venosa central en 354 pacientes (323 procedimientos en el grupo de ECO y 177 en el grupo de REF). En la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo de los procedimientos de CVC.

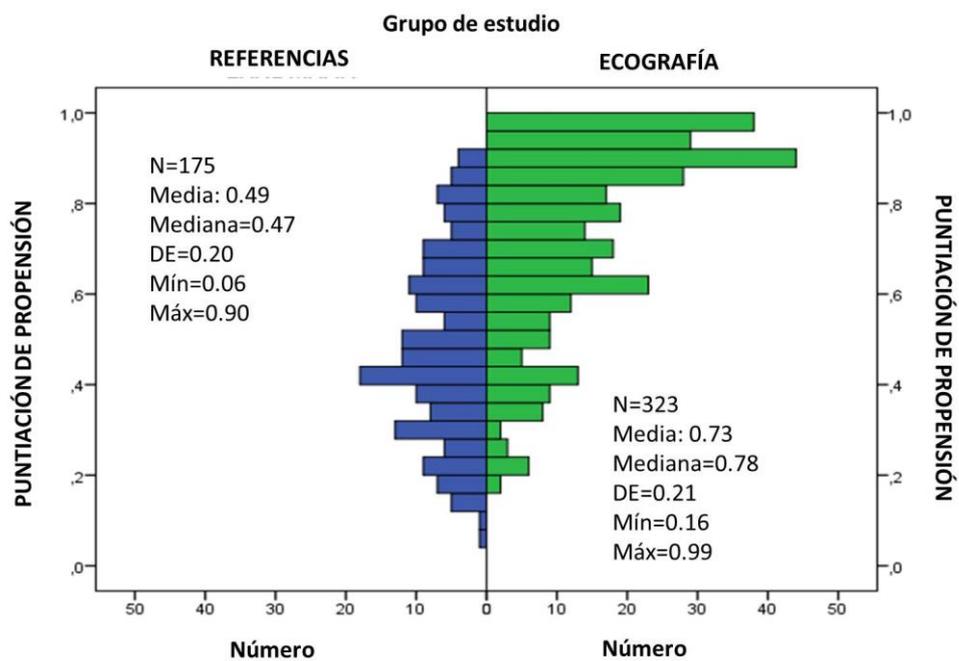
Figura 4.1 (75): Diagrama de flujo de los procedimientos de canalización venosa central en UCIP



Hubo datos perdidos relativos al perfil profesional y la experiencia del operador en 2 de los procedimientos en el grupo de REF. De los 323 procedimientos en el grupo ECO 271 (83.9 %) se realizaron utilizando la técnica ECO dinámica o ecoguiada. Diez de las 26 UCIPs, incluidas todas las unidades de alta complejidad, utilizaron de forma rutinaria la ECO (≥ 80 % de los procedimientos realizados utilizando la ecografía) mientras que 5 unidades utilizaron poco la ECO (< 20 % de total de los procedimientos realizados). En 248 procedimientos (49,7 %), el operador primario tenía escasa experiencia clínica en cuidados intensivos (207 residentes de Pediatría y 41 intensivistas pediátricos “junior”). La experiencia previa en el acceso venoso central de los operadores fue baja (< 20 procedimientos previos), media (20-50 procedimientos

previos) y alta (>50 procedimientos previos) en el 68.7 %, 19.5% y 11 % de los procedimientos respectivamente en el grupo de ECO comparado con 38.8 %, 18.8 % y 42.8 % en el grupo de REF. En general la mayoría de los operadores utilizaron una única técnica de canalización y raramente decidieron cambiar entre ECO y REF o de REF a ECO en caso de fallo de canalización (1.8 y 1.6 % respectivamente). No observamos una tendencia al aumento del uso de la ECO durante el periodo de estudio. Las características de los pacientes se resumen en la tabla 4.1. La puntuación de propensión se calculó para los 498 procedimientos con datos completos (figura 4.2).

Figura 4.2 (76): Distribución de las puntuaciones de propensión en los grupos de estudio.



Tras el proceso de estimación de la puntuación de propensión: **se emparejaron 266 procedimientos: 133 en el grupo ECO y 133 en el grupo REF.**

Tabla 4.12 (12): Características de los grupos de estudio en la muestra global y en la muestra emparejada en base a las puntuaciones de propensión.

	Muestra global			Muestra emparejada		
	ECO (n=323)	REF (n=177)	DEm (%)	ECO (n=133)	REF (n=133)	DEm (%)
Características de la UCIP						
Nº camas, media (DE)	11.2 (4.6)	9.4 (4.9)	38	10.1 (5)	10.09 (5)	0.1
Ingresos anuales, media (DE)	414 (202)	375 (222)	18.4	394 (224)	396 (227)	-0.6
UCIP de alta complejidad, n (%)	146 (45.2)	39 (22)	50.7	36 (27)	28 (21)	14.5
Características de los pacientes						
†Edad (meses), mediana (RIQ)	13.5 (3-58)	14 (2-44)	5.2	14 (3-51)	14 (3-56)	-4
Rango	0-216	0-205		0-182	0-205	
<1 año, n (%)	113 (48.3)	55 (45.8)	5	58 (43.6)	62 (46.6)	-6
†Peso (kg), mediana (RIQ)	9 (4.9-17.9)	9.8 (4.4-18.7)	-1.2	10 (5-20)	9.6 (4-17.5)	1.6
Rango	1.7-81	1.5-80		1.7-81	1.5-80	
<10 kg, n (%)	119 (50.8)	62 (51.7)	-2	64 (48.1)	65 (48.8)	-1.4
†Sexo (Varón), n (%)	137 (58.5)	68 (56.7)	3.6	73 (54.9)	75 (56.4)	-3
Diagnósticos, n (%)						
-Fracaso respiratorio	116 (35.9)	64 (36.1)	0.4	49 (36.8)	47 (35.3)	3.1
-Sepsis/shock	55 (17)	44 (24.8)	-19.3	32 (24)	32 (24)	0
-Cardiopatía/cirugía cardíaca	70 (21.7)	6 (3.4)	57.5	6 (4.5)	6 (4.5)	0
-Neurocrítico/neurocirugía	33 (10.2)	27 (15.2)	-15	22 (17.3)	22 (17.3)	0
-Hematológico/cáncer	49 (15.2)	21 (11.9)	9.6	20 (15)	16 (12)	8.8
-Renal	13 (4)	3 (1.7)	13.8	2 (1.5)	1 (0.7)	7.6
-Trauma	8 (2.5)	4 (2.2)	1.9	4 (3)	4 (3)	0
-Cirugía (excepto cardíaca y neurocirugía)	17 (5.3)	11 (6.2)	-3.8	9 (6.8)	10 (7.2)	-1.7
Ventilación mecánica, n (%)	198 (61.3)	91 (51.4)	20.1	78 (58.6)	74 (55.6)	6.1
Sedación profunda, n (%)	193 (59.7)	91 (51.4)	16.8	82 (61.6)	76 (57.1)	9.1
Bloqueo neuromuscular, n (%)	72 (22.3)	22 (12.4)	26.4	23 (17.3)	21 (15.8)	4
Riesgo de sangrado, n (%)	75 (23.2)	46 (25.9)	-6.2	32 (24)	36 (27)	-6.8
Historia de acceso vascular difícil, n (%)	97 (30)	37 (20.9)	21	34 (25.6)	26 (19.5)	14.5
Procedimientos						
Urgentes, n (%)	182 (56.3)	120 (67.8)	-23.8	88 (66.1)	86 (64.6)	3.1
Indicaciones del CVC, n (%)						
-Medicación intravenosa	124 (38.4)	98 (55.4)	-34.6	68 (51.1)	67 (50.3)	1.6
-Monitorización hemodinámica	121 (37.5)	64 (36.1)	2.9	49 (36.8)	49 (36.8)	0
-Extracciones frecuentes	87 (26.9)	37 (22)	11.4	27 (20.3)	28 (21)	-1.7
-Reanimación/inotrópico	106 (32.8)	77 (43.5)	-22.3	48 (36.1)	53 (39.8)	-7.6
-Nutrición parenteral	54 (16.7)	38 (21.4)	-11.9	19 (14.3)	25 (18.8)	-12
-Terapias de reemplazo renal	28 (8.7)	3 (1.7)	31.9	4 (3)	3 (2.2)	4.6
-Otras	41 (12.7)	26 (14.6)	-5.5	14 (10.5)	16 (12)	-4.3
Acceso venoso, n (%)						
-Femoral	174 (53.9)	126 (71.2)	-36.3	95 (71.4)	96 (72.2)	-1.8
-VYI	136 (42.1)	38 (21.5)	45.8	34 (25.6)	32 (24)	3.7
-VS	13 (4)	12 (6.8)	-12.7	4 (3)	5 (3.7)	-3.9
-Otras	0 (0)	1 (0.5)	-20	0 (0)	0 (0)	-
Operador primario*						
-Adjunto UCIP, n (%)	172 (53.2)	104 (59.4)	-12.5	75 (56.4)	71 (53.4)	6
-Residente, n (%)	143 (44.3)	64 (36.6)	16.3	54 (40.6)	58 (43.6)	-6.1
-Otros, n (%)	8 (2.5)	7 (4)	-8.4	4 (3)	4 (3)	0
Experiencia del operador						
-Corta (<5 años), n (%)	175 (54.2)	73 (41.7)	25.2	67 (50.4)	67 (50.4)	0
-Intermedia (5 a 20 años), n (%)	127 (39.3)	66 (37.7)	3.3	53 (39.8)	55 (41.3)	-3
-Larga (>20 años), n (%)	21 (6.5)	36 (20.6)	-42	13 (9.8)	11 (8.3)	3.5

*Pie de tabla: Para las variables continuas, las diferencias estandarizadas de las medias (DSm se calculan como la diferencia en las medias dividida por media de las desviaciones estándar $(x_{US}-x_{LM})/\sqrt{(s^2_{US} + s^2_{LM}/2)}$ y para las variables dicotómicas como el coeficiente phi $(p_{US}-p_{LM})/\sqrt{[(1-p_{US})p_{US}+(1-p_{LM})p_{LM}/2]}$.(144) Las variables ordinales se transformaron en dicotómicas para el cálculo de las diferencias estandarizadas. † Datos basados en los 354 pacientes en la muestra completa (234 en el grupo ECO y 120 en el grupo REF) y 202 en la muestra emparejada (107 en el grupo de ECO y 95 en el grupo de REF). *Datos basados en 498 procedimientos (datos perdidos en dos procedimientos sobre la variable perfil profesional y experiencia en UCIP en el grupo de REF).*

Los grupos mostraron un adecuado balance en las covariables tras el emparejamiento excepto en la complejidad de la unidad, la historia previa de acceso vascular difícil y la indicación del acceso vascular para la administración de nutrición parenteral (diferencias estandarizadas de 14.5 %, 14.5 % y 12 % respectivamente). La diferencia estandarizada de las interacciones pareadas y los cuadrados de las variables continuas osciló entre un -3.6 % y un 11 %. La distribución de las covariables continuas entre los grupos no difirió de forma significativa ($p>0.05$ en el test de Kolmogorov-Smirnov). Tabla 4.2

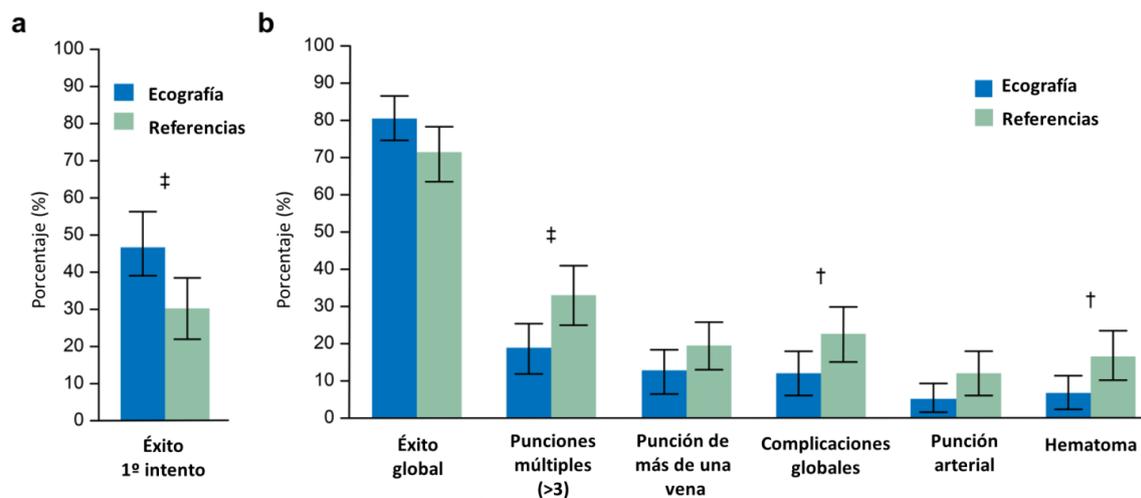
Tabla 4.2 (13): Balance de covariables (test adicionales)

	D_{Em} (Ecografía-Referencias)
Número de camas-ingresos/año	-1.5
Número de camas-Edad	2.4
Número de camas-Peso	5.8
Ingresos/año-Edad	1
Ingresos/año-Peso	5.9
Edad-Peso	-3.6
(Número de camas)²	0.16
(Ingresos/año)²	0.2
(Edad)²	11
(Peso)²	5.2
	Kolmogorov-Smirnov Ecografía vs Referencias (p)
Número de camas	0.607
Ingresos/año	0.607
Edad	0.503
Peso	0.324

Pie de tabla: Las diferencias estandarizadas (D_{Em}) se calculan como la diferencia de medias dividida por la media de las desviaciones estándar. Las diferencias estandarizadas de los valores al cuadrado se usan para comparar la varianza de las características basales entre el grupo de Ecografía y de Referencias. El test de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para testar la hipótesis nula de que la distribución de las variables continuas es la misma entre los grupos de estudio.

En el análisis primario en la muestra emparejada el uso de ECO se asoció con un aumento del éxito de canalización en el primer intento [46.6 vs 30 %; OR 2.09 (IC al 95%: 1.26-3.46), $p=0.004$], un menor número de intentos de punción [2 (1-3) vs. 2 (1-4), $B -0.51$ (IC 95% -0.10 a -0.03 , $p=0.035$) y menor número de complicaciones [12 vs. 22.5% OR 0.47 (IC 95 %: 0.24-0.91), $p=0.025$]. La tasa de éxito final [80.4 vs. 71.4 %; OR 1.64 (IC 95%: 0.96-2.91), $p=0.087$ fue más alta en el grupo de ECO y la tasa de punción arterial accidental fue más baja [5.2 vs. 12 %, OR 0.40 (IC 95 %: 0.16-1.03), $p=0.056$] pero estas diferencias no alcanzaron significación estadística.

Figura 4.3 (77): Comparación de los resultados de la canalización entre el grupo de ecografía y referencias anatómicas en la muestra pareada (análisis primario)



Panel A: variable resultado principal (éxito en el primer intento). Panel B: variables resultados secundarias. El eje y indica porcentajes. Las barras de error indica el intervalo de confianza al 95% para cada proporción. ‡ $p<0.01$, † $p<0.05$ (obtenido mediante regresión GEE).

Los resultados siguieron siendo significativos en el modelo de efectos mixtos teniendo en cuenta el efecto de agrupamiento dentro del centro hospitalario (tabla 4.3) y tras ajuste por las covariables con desbalance residual (ver apartado de análisis estadístico).

Tabla 4.3 (14): Asociación entre los grupos de estudio y los resultados de la canalización en la muestra emparejada

VARIABLES CATEGÓRICAS	Ecografía (n=133)	Referencias (n=133)	OR (IC 95%)¹	OR (IC 95%)²
Éxito en el 1º intento, n (%)	63 (46.6)	40 (30)	2.09 (1.26-3.46) ‡	2.01 (1.11-3.70) †
Múltiples intentos (>3), n (%)	25 (18.8)	44 (33)	0.46 (0.26-0.82) ‡	0.45 (0.27-0.75) ‡
Éxito final, n (%)	107 (80.4)	95 (71.4)	1.64 (0.93-2.91)	1.65 (0.83-3.20)
Punción de >1 vena, n (%)	17 (12.7)	26 (19.5)	0.60 (0.31-1.17)	0.63 (0.22-1.81)
Complicaciones, n (%)	16 (12)	30 (22.5)	0.47 (0.24-0.91) †	0.49 (0.25-0.95) †
-Punción arterial, n (%)	7 (5.2)	16 (12)	0.40 (0.16-1.03)	0.48 (0.18-1.27)
-Hematoma, n (%)	9 (6.7)	22 (16.5)	0.36 (0.16-0.82) †	0.42 (0.19-0.90) †
-Neumotórax, n (%) **	0 (0)	1 (0.7)	0.99 (0.0-...)	0.64 (0.19-2.35)
VARIABLES CONTINUAS	Ecografía (n=133)	Referencias (n=133)	Coefficiente B (IC 95%)	Coefficiente B (IC 95%)
Número de punciones, mediana (RIQ)	2 (1-3)	2 (1-4)	-0.51 (-1.01, -0.03) †	-0.48 (-0.96, -0.04) †
Tiempo de canalización (seg), mediana (RIQ) *	60 (30-300)	90 (50-290)	90 (-51, +232)	69 (-53, +191)

*Pie de tabla: La asociación entre los grupos de estudio y las variables resultado se estimaron utilizando una regresión GEE.¹ En la muestra pareada se construyó además un segundo modelo de efectos mixtos para tener en cuenta el efecto de agrupamiento por hospitales². **Sólo se calcula para los procedimientos en VYI y VS. *Datos disponibles solo para 278 procedimientos (190 en el grupo de ecografía y 88 en el grupo de referencias) en la muestra no pareada y 142 procedimientos (72 en el grupo de ecografía y 69 en el grupo de referencias) en la muestra pareada. †:P<0.05, ‡:P<0.01*

Los análisis complementarios en la muestra no emparejada (muestra completa) refrendaron los resultados del análisis primario. El análisis multivariante [OR 1.95 (IC 95 %: 1.25-3.02), p=0.003] y el análisis ponderado por la probabilidad inversa de tratamiento [OR 2.07 (IC 95 %: 1.38-3.22), p=0.001] mostraron que el uso de ECO aumento de la tasa de éxito en la canalización en el primer intento de punción. Otros factores asociados en la regresión múltiple fueron la complejidad de la unidad, el peso del paciente, la canalización de la VYI y la experiencia del operador (Tabla 4.4). En el análisis de sensibilidad agrupando los datos de las unidades con una elección homogénea de la técnica de canalización (≥ 80 % de los procedimientos realizados con una única técnica) mostró que el uso de la ECO aumentó las tasas de éxito en el primer intento [50.2 % vs 25 %, OR ajustada 2.78 (IC 95%: 1.3-5.8), p<0.001].

Tabla 4.4 (15): Análisis complementarios para la variable principal: éxito en una sola punción.

	OR	IC 95%	p
Modelo multivariante			
-Ecografía (vs referencias)	1.95	1.25-3.02	0.003
-Peso (por cada 5 kg)	1.09	1.02-1.17	0.009
-Acceso venoso			
a) VF	Ref.	Ref.	-
b) VYI	1.55	1.01-2.35	0.041
c) VS/TBC	0.63	0.27-1.43	0.271
-Experiencia del operador			
a) Corta (<5 años)	Ref.	Ref.	-
b) Intermedia (5-20 años)	1.55	1.03-2.33	0.032
c) Larga (>20 años)	0.61	0.30-1.23	0.171
Ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento			
-Ecografía vs referencias	2.07	1.38-3.22	0.001

Pie de tabla: Se muestra la OR con el intervalo de confianza al 95% para la variable ecografía vs referencias estimada mediante regresión multivariante GEE para controlar el efecto de las medidas repetidas. Las variables introducidas fueron aquellas con una $p < 0.1$ en el análisis univariante. El modelo final incluyó el grupo de estudio (ecografía vs referencias), complejidad de la UCIP (alta vs baja), peso del paciente, experiencia del operador en la UCIP (corta, intermedia y larga) y el acceso venoso (femoral, yugular interna y subclavia). En la tabla, solo se muestran el grupo de estudio (ecografía vs referencias) y aquellas variables que permanecieron significativas en el modelo final. La ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento indica la asociación entre la ecografía (vs referencias) con el resultado en el modelo de regresión GEE obtenido en la muestra ponderada con ajuste adicional por aquellas variables con desbalance residual entre los grupos de estudio (complejidad de la UCIP e historia previa de acceso vascular dificultoso).

Los análisis complementarios para las variables de resultado secundarias en la muestra no emparejada (muestra completa) se muestran en la tabla 4.5. Al igual que los resultados del análisis primario en la muestra pareada, el uso de ECO en comparación con REF se asoció a menor número de punciones tanto en la regresión multivariante [coeficiente B -0.69 (IC 95 %: -1.13 a -0.26), $p=0.002$] como en el análisis ponderado por la probabilidad inversa de tratamiento [coeficiente B -0.59 (IC 95 %: -1.07 a -0.12), $p=0.013$]. Sin embargo, el éxito final del procedimiento no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. La Eco se asoció a una disminución significativa del número de complicaciones mecánicas en el análisis ponderado por la probabilidad inversa de tratamiento [OR 0.51 (IC 95 %: 0.27-0.98), $p=0.046$]. Sin embargo, cuando en el modelo se tuvo en cuenta el número de punciones vasculares (una

variable pronóstica que no se tuvo en cuenta en la estimación de las puntuaciones de propensión en el análisis primario, ya que no se conoce a priori) la ECO dejó de tener una asociación independiente con la aparición de complicaciones [OR 0.88, (IC 95 %: 0.44-1.76), $p=0.724$]. Comparado con los procedimientos que sólo requirieron una única punción vascular, los procedimientos con tres punciones aumentaron el riesgo de complicaciones hasta una OR 24.3 (IC 95 %: 5.5-105), $p<0.001$; y 4 o más punciones hasta una OR de 48.5 (IC 95 %: 13.7-172), $p<0.001$. Se obtuvieron resultados similares en el modelo de regresión multivariante en el cual el número de punciones fue el principal factor asociado a la aparición de complicaciones, mientras que un mayor peso del paciente fue un factor asociado tanto menores complicaciones [OR 0.72 (IC 95 %: 0.61-0.84), $p<0.001$] y mayores tasas de éxito final en la canalización [OR 1.33 (IC 95 %: 1.10-1.61), $p<0.001$]. (Tabla 4.5)

Tabla 4.5 (16): Análisis complementarios para las variables de resultado secundarias (éxito final, número de punciones y complicaciones)

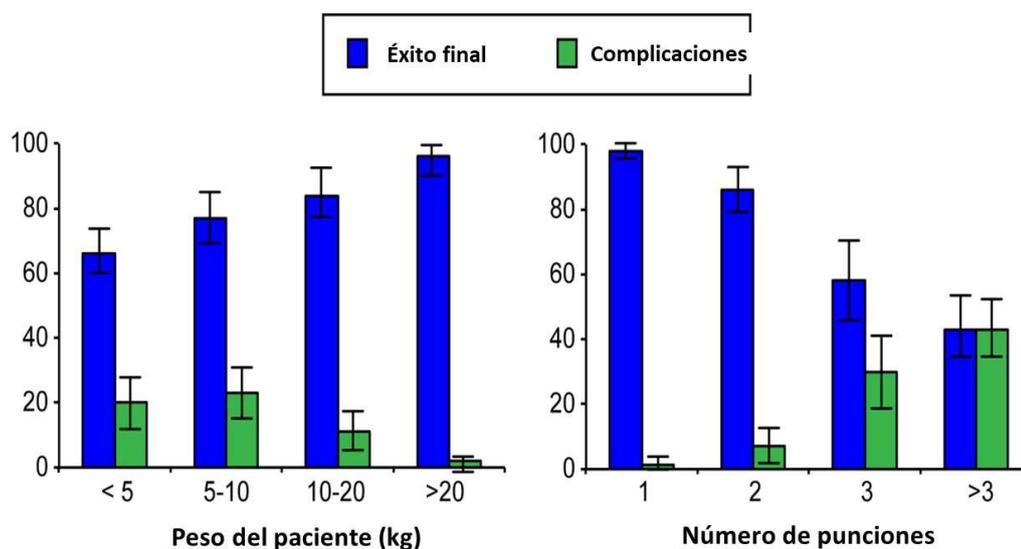
ÉXITO FINAL	OR	IC 95%	p
Ajuste multivariante			
-Ecografía (vs referencias)	1.32	0.78-2.22	0.288
-Peso (por cada 5 kg)	1.33	1.10-1.61	0.003
-Acceso venoso:			
a) VF	Ref.	Ref.	-
b) VYI	2.21	1.25-3.92	0.006
c) VS	0.31	0.12-0.76	0.011
-Experiencia en UCIP			
a) <5 años	Ref.	Ref.	-
b) 5-20 años	1.83	1.08-3.11	0.024
c) >20 años	0.82	0.40-1.69	0.598
Ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (ecografía vs referencias)	1.61	0.97-2.67	0.066
-Ecografía (vs referencias)			
NÚMERO DE INTENTOS	Coficiente B	IC 95%	p
Ajuste multivariante			
-Ecografía (vs referencias)	-0.698	-1.130, -0.265	0.002
-Peso (por cada 5 kg)	-0.002	-0.003, -0.001	0.006
-Ingresos/año	-0.113	-0.172, -0.053	<0.001
-Indicación del CVC para NPT	0.62	0.007, 1.25	0.047
Ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (ecografía vs referencias)	-0.598	-1.07, -0.127	0.013
-Ecografía (vs referencias)			
COMPLICACIONES	OR	IC 95%	p
Ajuste multivariante			
-Ecografía (vs referencias)	1.43	0.74-2.81	0.287
-Complejidad de la UCIP (alta vs baja)	0.36	0.17-0.75	0.007
-Peso (por cada 5 kg)	0.72	0.61-0.84	<0.001
-Intentos de punción			
a) 1	Ref.	Ref.	-
b) 2	4.46	1.15-17.33	0.031
c) 3	22.83	6.41-81.3	<0.001
d) >3	40.50	11.94-137	<0.001
Ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (ecografía vs referencias)	0.51	0.27-0.98	0.046
-Ecografía (vs referencias)			
Ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (ecografía vs referencias) +	0.88	0.44-1.76	0.724
-Intentos de punción			
a) 1	Ref.	Ref.	-
b) 2	3.12	0.74-13.10	0.119
c) 3	24.35	5.59-105	<0.001
d) >3	48.58	13.7-172	<0.001

Pie de tabla: Odds ratios y coeficientes B con intervalos de confianza al 95% estimados para el uso de la ecografía (vs. referencias) mediante regresión GEE. El ajuste multivariante incluye aquellas variables con una $p < 0.1$ en el análisis univariante. Los modelos tienen en cuenta la preferencia por el uso de la ecografía en las unidades de mayor complejidad mediante la introducción de interacciones en el modelo. Para la

variable resultado éxito final el modelo incluye el grupo de estudio (ecografía vs. referencias), peso del paciente, enfermedad respiratoria, uso de bloqueo neuromuscular durante la cateterización, indicación del CVC para reanimación/inotrópicos, experiencia del operador en UCIP (corta, intermedia o larga) y lugar de acceso (femoral, yugular o subclavia). Para el número de intentos de punción, el modelo final incluye: el grupo de estudio (ecografía vs referencias), número de camas de UCIP, número de ingresos al año, la complejidad de la UCIP (alta vs baja), el uso de sedación profunda, una historia anterior de acceso vascular dificultoso, peso del paciente, cirugía e indicación del catéter para NPT. Para la tasa de complicaciones el modelo final incluye: grupo de estudio (ecografía vs referencias), la complejidad de la UCIP (alta vs baja), peso del paciente, diagnóstico de sepsis, cirugía, experiencia del operador en la UCIP (corta, intermedia o larga) y el número de intentos de punción (1,2, 3 y >3). En la tabla sólo se muestra el grupo de estudio (ecografía vs. referencias) y las variables que permanecieron significativas en el modelo final. La ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento indica la asociación entre la ecografía (vs referencias) con las variables resultado en el modelo de regresión GEE en la muestra ponderada con ajuste adicional por aquellas covariables que con desbalance residual (complejidad de la UCIP, historia de acceso vascular dificultoso y uso del CVC para NPT).

Evaluamos de forma gráfica la relación entre el peso del paciente y las variables de éxito final del procedimiento y aparición de complicaciones (Figura 4.4). Se observa que a medida que disminuye el peso del paciente disminuye la tasa de éxito y aumentan las complicaciones. El grupo de niños por debajo de 5 kilogramos obtiene los peores resultados con una tasa de éxito 67 % vs 98 % y una tasa de complicaciones del 21% vs 3 % comparado con los niños que pesan más de 20 kg ($p < 0.001$). En cuanto al número de punciones, cuando el número es mayor de 3, las tasas de éxito son sólo del 42 % con un riesgo de complicaciones igualmente del 42 %.

Figura 4.4 (78): Relación entre el peso del paciente y el número de intentos de punción con el éxito de la canalización y la tasa de complicaciones mecánicas.

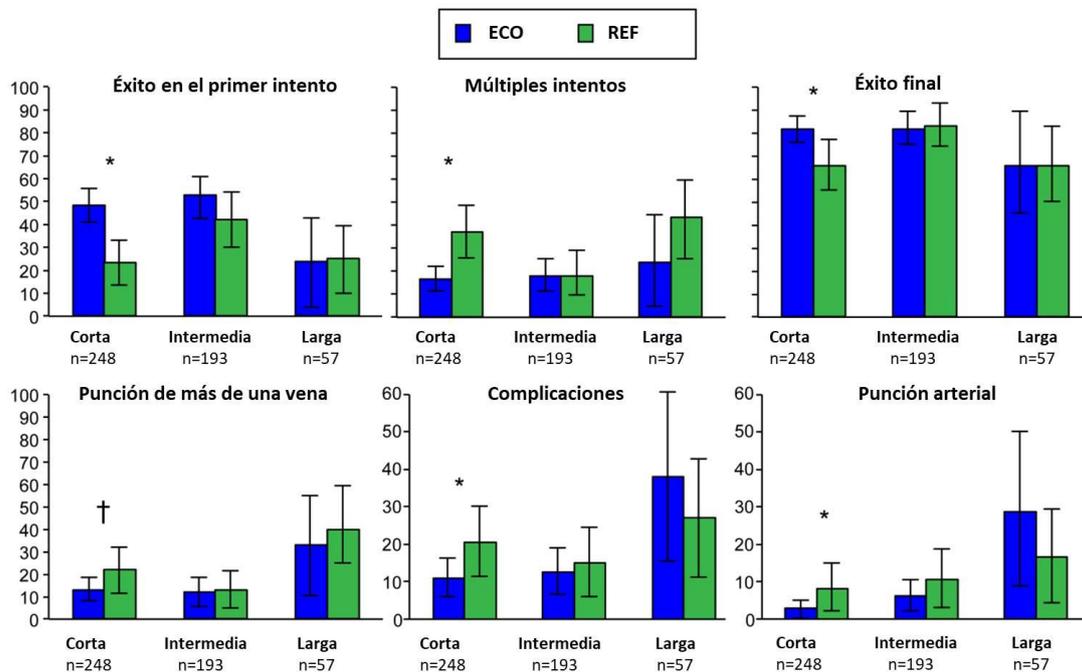


Pie de figura: el eje y indica porcentajes. El efecto del peso del paciente y del número de punciones tanto en la tasa de éxito final como las complicaciones mecánicas inmediatas fue significativo (p para la tendencia < 0.001)

En el análisis de sensibilidad en la unidades con una estrategia homogénea en la elección de la técnica de canalización, el uso de ECO mejoró la tasa de éxito global [82.5 % vs. 67 %, OR 2.2 (IC 95 %: 1.13-4.48), p=0.021], redujo en número de punciones necesarias [1 (1-3) vs 3 (2-5), coeficiente B -0.86 (IC 95 %: -1.50 a -0.22), p=0.022], la punción de venas adicionales [13 % vs 27.4 %, OR 0.39 (IC 95 %: 0.16-0.93), p=0.042] y las complicaciones [12.1 vs. 29.6 % OR 0.28 (IC 95 %: 0.15-0.53), p=0.019].

En el análisis de subgrupos, los resultados de la canalización ECO y REF se compararon de acuerdo a la experiencia del operador en cuidados intensivos. (Figura 4.5). Únicamente los operadores con menos de 5 años de experiencia clínica en una UCIP mostraron mejores resultados en la canalización utilizando ECO, con una mayor tasa de éxito en el primer intento (48 vs 23 %, p<0.001), mayor tasa de éxito final en el procedimiento (8 % vs 66%, p<0.001), menor número de procedimientos con punciones múltiples (16 vs. 37 %, p<0.001), menor tasa de complicaciones (11 vs 20 %, p=0.039) y menor tasa de punción arterial accidental (2.8 vs 8.2 %, p=0.048). Estas diferencias se mantuvieron significativas tras realizar el análisis ponderado por la probabilidad inversa de tratamiento con excepción de las tasas de punción arterial accidental (p ajustada=0.251).

Figura 4.5 (79): Análisis de subgrupos según la experiencia en UCIP del operador primario



*Pie de figura: el eje y indica porcentajes. Experiencia en UCIP: corta (< 5 años), intermedia (5 a 20 años) y larga (>20 años). *indica el valor no ajustado de p<0.05 para la comparación Ecografía vs Referencias. † indica el valor no ajustado de p<0.1 para la comparación Ecografía vs Referencias. Las OR con intervalos de confianza al 95% en el análisis de ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento*

en el subgrupo de operadores con experiencia corta en UCIP fueron: para el éxito en el primer intento OR 2.34 (1.13-4.82), $p=0.021$; múltiples intentos OR 0.32 (0.16-0.62), $p=0.001$; éxito final OR 1.74 (1.11-2.81), $p=0.023$; punción en más de una vena OR 0.65 (0.29-1.46), $p=0.307$; complicaciones OR 0.45 (0.17-0.89), $p=0.026$ y punción arterial OR 0.43 (0.10-1.78), $p=0.251$.

Se analizaron así mismo los subgrupos de acceso venoso subclavia/femoral y VVI. No se encontró un beneficio en el uso de la ECO en el acceso venoso femoral/subclavia (tabla 4.6). Por el contrario, la ECO fue muy superior a la técnica REF en el acceso a la VVI con diferencias estadísticamente significativas en todas las variables de resultado estudiadas. Los resultados se mantuvieron estadísticamente significativos en el análisis de ponderación por la probabilidad inversa de tratamiento (tabla 4.6). Es de destacar que la ECO en la canalización de la VVI aumentó la tasa de éxito en una punción [59.5 vs 23.6 %, OR 5.16 (IC 95 %: 1-3-13.2), $p=0.016$], la tasa global de éxito [91.1 vs. 73.6 %, OR 5.81 (IC 95 %:1.8-18.7), $p=0.003$], redujo el número de punciones de venas adicionales [6.6 vs 31.5 %, OR 0.19 (95 % CI: 0.06-0.64), $p=0.008$], la punción arterial accidental [5.1 vs 21 % (IC 95 %: 0.13-0.50), $p=0.003$] y las complicaciones en general [11.7 vs 36.8 %, OR 0.19 (IC 95 %: 0.06-0.61, $p=0.005$].

Tabla 4.6 (17): Análisis de subgrupos para los accesos femoral/subclavia y VYI en la muestra completa (no emparejada).

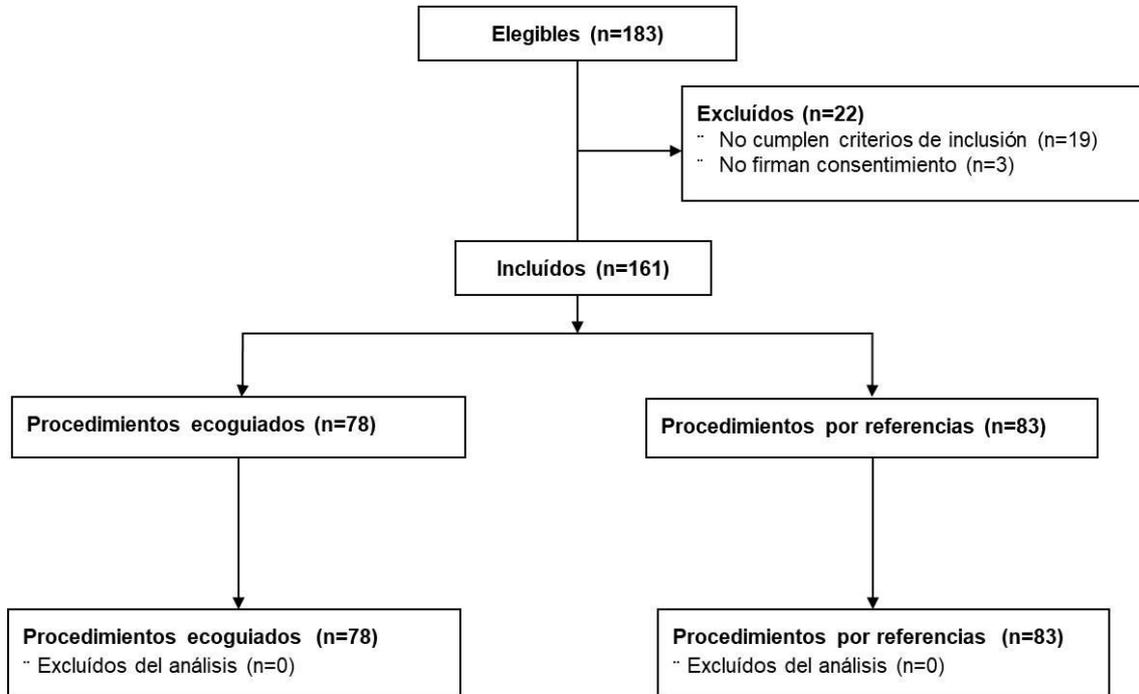
VF/SUBCLAVIA	Ecografía (n=187)	Referencias (n=138)	P (cruda)	OR/ B (IC 95%)	P ajustada
Éxito en el primer intento, n (%)	76 (40.6)	43 (31.1)	0.079	1.34 (0.78-2.31)	0.280
Éxito final, n (%)	137 (73.2)	100 (72.4)	0.873	0.88 (0.50-1.56)	0.672
Numero de punciones, mediana (IQR)	2 (1-3) 46 (24.5)	2 (1-4) 42 (30.4)	0.134 0.242	0.23 (-0.76, 0.30) 0.78 (0.41-1.50)	0.399 0.470
-Múltiples intentos, n (%)					
Punción de más de una vena, n (%)	36 (19.2)	28 (20.2)	0.816	1.20 (0.60-2.41)	0.583
Punción arterial, n (%)	12 (6.4)	11 (7.9)	0.318	0.79 (0.29-2.10)	0.640
Complicaciones, n (%)	27 (14.4)	21 (15.2)	0.845	1.30 (0.57-3.21)	0.490
VYI	Ecografía (n=136)	Referencias (n=38)	P (cruda)	OR/ B (IC 95%)	P ajustada
Éxito en el primer intento, n (%)	81 (59.5)	9 (23.6)	<0.001	4.16 (1.3-13.2)	0.016
Éxito final, n (%)	124 (91.1)	28 (73.6)	0.004	5.81 (1.8-18.7)	0.003
Numero de punciones, mediana (IQR)	1 (1-2)	3 (2-5)	<0.001	-1.19 (-1.94, -0.45)	0.002
-Múltiples intentos, n (%)	11 (8.1)	16 (42.1)	<0.001	0.18 (0.06-0.57)	0.004
Punción de más de una vena, n (%)	9 (6.6)	12 (31.5)	<0.001	0.19 (0.06-0.64)	0.008
Punción arterial, n (%)	7 (5.1)	8 (21)	0.002	0.13 (0.03-0.50)	0.003
Complicaciones, n (%)	16 (11.7)	14 (36.8)	<0.001	0.19 (0.06-0.61)	0.005

Pie de tabla: Datos basados en 499 procedimientos (se excluyó un procedimiento en el grupo de referencias porque el lugar de acceso venoso no se especificó). La OR y coeficiente B ajustados con los intervalos de confianza al 95% se obtuvieron para cada subgrupo mediante regresión GEE ponderado por la probabilidad inversa de tratamiento basada en la estimación de una puntuación de propensión calculada específicamente para cada subgrupo. Así mismo los modelos se ajustaron por aquellas covariables con desbalance residual (ver apartado de métodos estadísticos).

4.2 ESTUDIO RECANVA-CANALIZACIÓN ARTERIAL

Se incluyeron 161 procedimientos de canalización realizados en 128 pacientes (78 procedimientos en el grupo ECO y 83 en el grupo REF) como se muestra en la figura 4.6.

Figura 4.6 (80): Diagrama de flujo del estudio de canalización arterial



En este estudio participaron 18 UCIPs españolas. En la tabla 4.7 se resumen las características clínicas de los pacientes incluidos. La técnica ECO se utilizó más frecuentemente en los pacientes ingresados en UCIP de mayor tamaño y complejidad y en los 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; mientras que un diagnóstico de cardiopatía fue más frecuente en el grupo de ECO y el de enfermedad neurológica o trauma en el grupo de REF. Se encontraron diferencias significativas en la cualificación del operador entre los grupos ECO y REF. El operador más habitual en ambos grupos fue el adjunto, con porcentaje mayor en el grupo ECO (67.9 vs 48.1 %). En el grupo REF el 21,6% de los procedimientos se realizaron por Enfermería (ninguno en el grupo ECO). La mayoría de los procedimientos realizados en el grupo ECO fueron realizados por adjuntos de 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 %) con un número significativo de

procedimientos realizados por personal de enfermería (21.6 %). La experiencia del operador evaluada en años trabajados en UCIP fue similar en ambos grupos, así como el número aproximado de procedimientos de acceso vascular realizados previamente. Sólo 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 %).

Tabla 4.7 (18): Características de los grupos de estudio de canalización arterial

	ECO (n=78)	REF (n=83)	p
UCIP			
-Nº camas en UCIP	11 (8-16)	6 (4-10)	<.001
-UCIP \geq 10 camas	42 (53.8%)	17 (20.5%)	<.001
-Nº de ingresos/año	350 (300-450)	275 (200-315)	<.001
-Complejidad			
a) Programa de cirugía Cardíaca	60 (76.9%)	20 (24.1%)	<.001
b) Programa de trasplante	57 (73%)	38 (45.7%)	<.001
Paciente			
-Sexo (varón)	46 (58.9%)	50 (60.2%)	.796
-Edad (meses)	5 (1.5-48)	22 (2.7-81)	.013
-Peso (kg)	5.7 (3.8-13)	11.5 (4.9-22.7)	.006
-Diagnóstico			
• Respiratorio	39 (50%)	36 (43.4%)	.400
• Sepsis/shock	33 (42.3%)	27 (32.5%)	.200
• Cardiopatía	16 (20.5%)	7 (8.4%)	.029
• Neurológico	4 (5.1%)	16 (19.2%)	.007
• Hematológico	5 (6.4%)	1 (1.2%)	.081
• Renal	1 (1.3%)	3 (3.6%)	.342
• Trauma	1 (1.3%)	10 (12%)	.010
Situación intra-procedimiento			
-Procedimiento urgente	57 (73%)	63 (75.9%)	.681
-Ventilación mecánica invasiva	69 (88.4%)	63 (75.9%)	.053
-Sedación profunda/relajación	65 (83.3%)	67 (80.7%)	.787
-Alteración de la hemostasia	22 (28.2%)	16 (19.2%)	.181
-Complicaciones acceso vascular	16 (20.5%)	10 (12%)	.342
Primer operador			
Cualificación			
-Residente	25 (32%)	25 (30.1%)	
-Adjunto	53 (67.9%)	40 (48.1%)	<.001
-Enfermería	0 (0%)	18 (21.6%)	
Experiencia en UCIP			
- <5 años	37 (47.4%)	43 (51.8%)	
- 5-10 años	24 (30.7%)	23 (27.7%)	.854
- >10 años	17 (21.7%)	17 (20.4%)	
Arteria canalizada			
-Radial	11 (14.1%)	33 (39.7%)	
-Femoral	59 (75.6%)	39 (46.9%)	.001
-Otras	8 (10.2%)	11 (13.2%)	

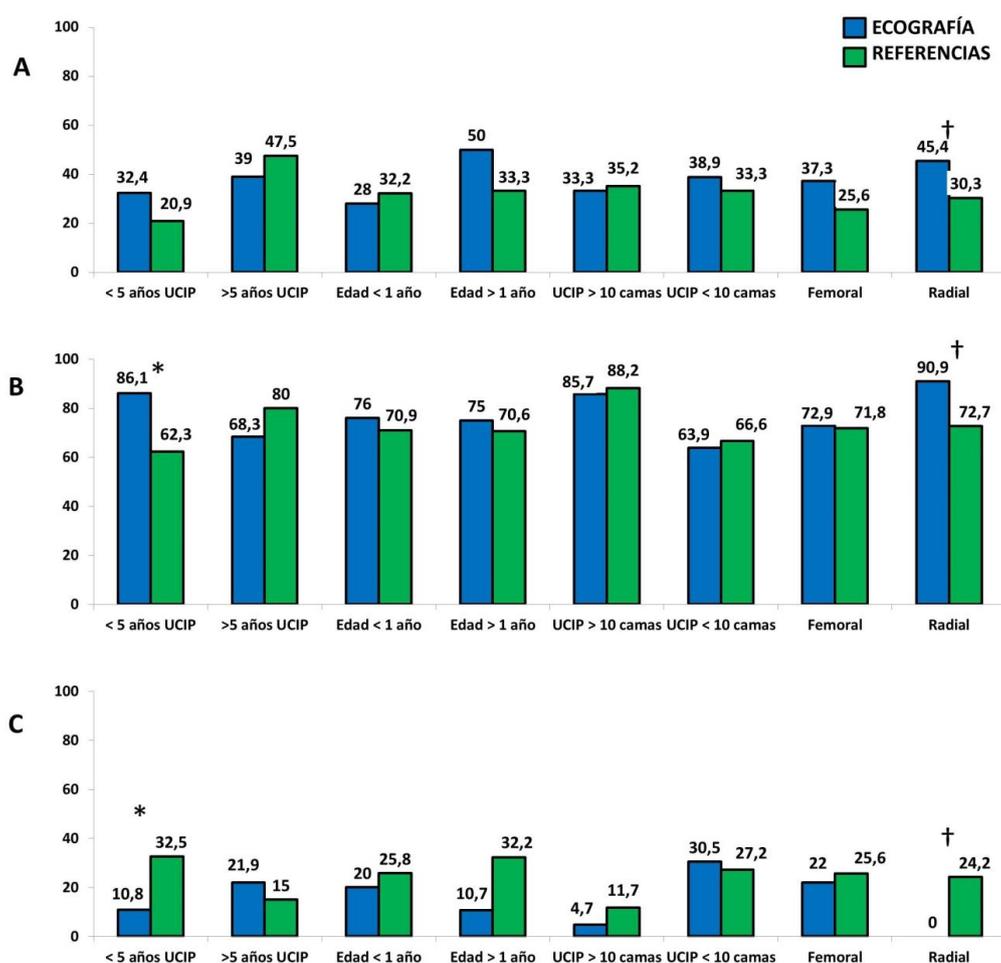
Los resultados del procedimiento se muestran en la tabla 4.8. No se detectaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables estudiadas salvo en el tiempo del procedimiento. Mientras la preparación del procedimiento fue más larga en el grupo de ECO, el tiempo de canalización 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 vena fue la causa del fallo en un 48 % de los casos, en el grupo de ECO fue la causa sólo 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 %), la punción accidental de un acceso venoso (3.1 %), isquemia de un miembro (0.6 %) y la trombosis arterial (0.6 %). No se registraron casos de infección asociada a la canalización arterial.

Tabla 4.8 (19): Resultados de la canalización arterial

	ECO (n=78)	REF (n=83)	p
Éxito 1ª punción	28 (35.8%)	28 (33.7%)	.773
N.º punciones	2 (1-4)	2 (1-3)	.667
(≥3 punciones)	29 (37.1%)	35 (42.1%)	.518
Éxito final	59 (75.6%)	59 (71.1%)	.514
Causa del fallo			
-No se punciona en vaso	5 (27.7%)	11 (47.8%)	.027
-No pasa la guía	10 (55%)	9 (39%)	.667
-Otras	3 (16.7%)	3 (13%)	.876
Tiempo de preparación (minutos)	10 (5-15)	5.5 (5-10)	.002
Tiempo de canalización (segundos)	95 (60-300)	180 (60-600)	.011
Complicaciones	13 (16.6%)	20 (25.6%)	.243

En los análisis de subgrupos la ECO mejoró los resultados sólo en aquellos procedimientos realizados por personal con menos de 5 años de experiencia en 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 %, $p = 0.020$). Hubo una tendencia estadística ($p < 0.1$) a mejores resultados con la ECO respecto a REF en la canalización de la AR tanto en las tasas de éxito en el primer intento (45.4 vs. 30.3 %, $p = 0.071$), el éxito global (90.9 vs. 72.7 %, $p = 0.096$) y las complicaciones (0 vs. 24 %, $p = 0.056$). El análisis de subgrupos realizado según el tamaño de la UCIP, y la edad del paciente no mostró diferencias significativas entre los grupos (Figura 4.7).

Figura 4.7 (81): Análisis de subgrupos en la canalización arterial.



*Pie: A: Los resultados (eje y) se expresan en porcentajes. 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.*

Cuando analizamos sólo los procedimientos realizados en UCIPs 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 fueron los años de experiencia en UCIP del operador (≥ 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 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).

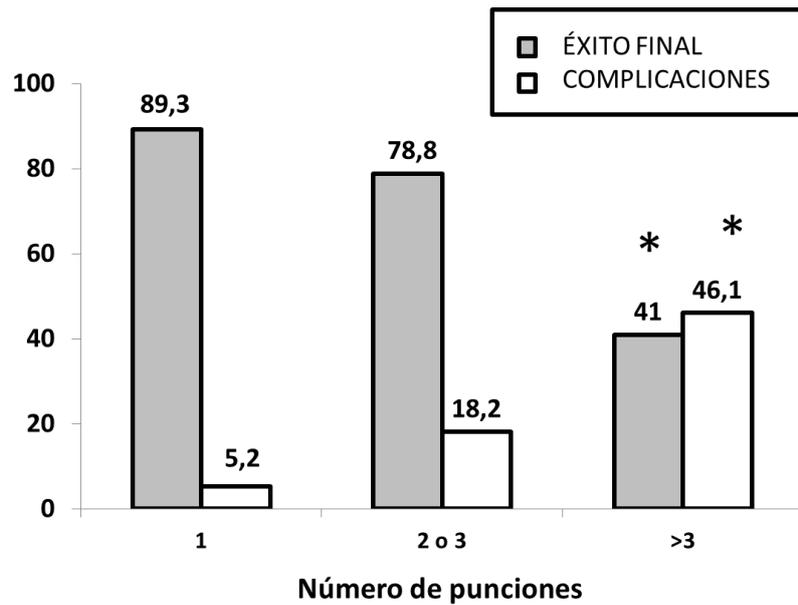
Tabla 4.9 (20): Análisis de regresión multivariante para las variables resultado éxito en la primera punción (variable principal), éxito final y complicaciones (variables secundarias).

ANÁLISIS UNIVARIANTE			ANÁLISIS MULTIVARIANTE		
VARIABLE DEPENDIENTE: ÉXITO 1ª PUNCIÓN	OR (IC 95%)	p	VARIABLE DEPENDIENTE: ÉXITO 1ª PUNCIÓN	OR (IC 95%)	p
Peso	1.34 (0.94-1.91)	.099	Experiencia del operador (> 5 años)	3.37 (1.13-10.1)	.029
Edad	1.19 (0.99-1.42)	.051	ECO (vs REF)	1.55 (0.69-3.48)	.282
Ventilación mecánica	0.315 (0.136-0.726)	.007			
Experiencia operador (>5 años)	3.19 (1.51-6.81)	.003			
Cualificación operador					
-Residente	Ref.	-			
-Adjunto	1.74 (0.80-3.78)	.161			
-Enfermería	4.87 (1.57-15.6)	.006			
ECO (vs REF)	1.10 (0.57-2.10)	.773			
ANÁLISIS UNIVARIANTE			ANÁLISIS MULTIVARIANTE		
VARIABLE DEPENDIENTE: ÉXITO FINAL	OR (IC 95%)	p	VARIABLE DEPENDIENTE: ÉXITO FINAL	OR (IC 95%)	P
N.º camas UCIP	3.77 (1.76-8.0)	.001	N.º camas UCIP	3.89 (0.88-19.3)	.006
N.º ingresos	3.45 (1.37-8.66)	.008	ECO (vs REF)	1.58 (0.64-3.85)	.313
Cirugía Cardíaca	3.03 (1.43-6.39)	.004			
Cualificación del operador					
-Residente	Referencia	-			
-Adjunto	0.850 (0.37-1.94)	.715			
-Enfermería	0.282 (0.09-0.883)	.030			
ECO (vs REF)	1.263 (0.626-2.548)	.514			
ANÁLISIS UNIVARIANTE			ANÁLISIS MULTIVARIANTE		
VARIABLE DEPENDIENTE: COMPLICACIONES	OR (IC 95%)	p	VARIABLE DEPENDIENTE: COMPLICACIONES	OR (IC 95%)	p
N.º ingresos/año UCIP	0.143 (0.046-0.442)	.001	N.º ingresos/año UCIP	0.155 (0.044-0.553)	.004
Edad	0.828 (0.685-1.002)	.052	N.º intentos de punción	1.523 (1.20-1.93)	<.001
N.º intentos de punción	1.38 (1.154-1.665)	<.001	ECO (vs REF)	1.13 (0.418-3.03)	.810
Experiencia en UCIP (> 5 años)	0.333 (0.091-1.218)	.097			
ECO (vs REF)	0.63 (0.289-1.379)	.835			

Pie: En el modelo multivariante sólo se muestran las variables con significación estadística (p<0.05) y el grupo ecografía vs referencias.

En la figura 4.8 se muestra la relación entre el número de punciones y las tasas de éxito y complicaciones en la canalización arterial. Puede observarse un aumento proporcional de las complicaciones a medida que aumentan el número de punciones mientras que a la vez que la probabilidad de éxito del procedimiento se reduce

Figura 4.8 (82): Relación entre el número de intentos de punción arterial y las tasas de complicaciones y éxito final del procedimiento

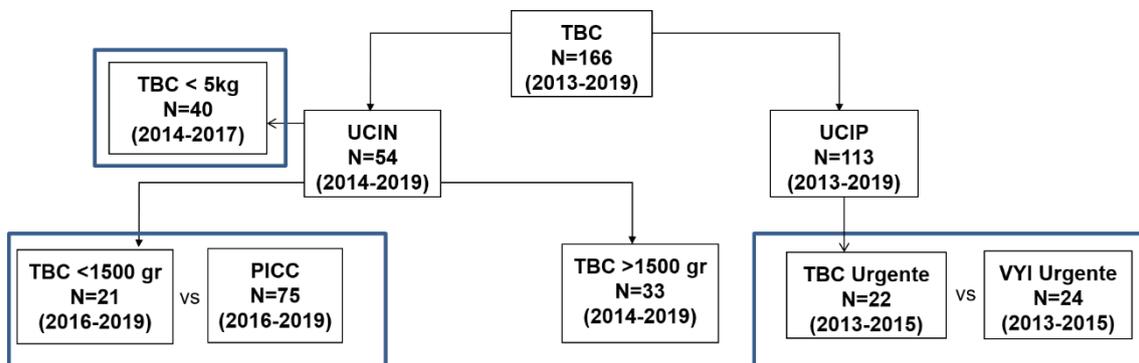


*Pie: * $p < 0.01$ en el test de tendencia lineal de chi cuadrado. Los resultados (eje y) se expresan como porcentaje.*

4.3 ESTUDIO DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO

En el diagrama de la figura 4.9 se muestran los procedimientos de canalización del TBC utilizados en los diversos trabajos cuyos resultados exponemos a continuación. Se incluyen el total de procedimientos registrados hasta la fecha, así como los periodos en los cuales los pacientes fueron incluidos. Los resultados que se exponen a continuación son los correspondientes a los pacientes de los tres estudios mencionados (en el diagrama se identifican en los recuadros azules)

Figura 4.9 (83): Diagrama de los pacientes incluidos en los Estudios sobre canalización del TBC.



Pie: Los recuadros azules indican las cohortes utilizadas en los análisis estadísticos según los distintos planteamientos de los estudios.

4.3.1 ESTUDIO TBC-1: COMPARACIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL TBC Y LA VYI EN NIÑOS CRÍTICOS

Se incluyeron 46 (22 TBC y 24 VYI) en 38 pacientes. Las características de los pacientes se muestran en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 (21): Características de los pacientes en TBC-1

	VYI (n=24)	TBC (n=22)	P	Global (n=46)
Sexo (H/M)	11/13	13/9	0,369	24/22
Edad (meses)	19,5 (0,9-160) RIQ [5,2-48]	5,5 (0,6-144) RIQ [2-40,5]	0,187	13 (0,6-160) RIQ [3-48]
Peso (kg)	13 (0,9-48) RIQ [5,8-29,7]	6 (0,9-50) RIQ [2,8-18]	0,187	9,5 (0,9-50) RIQ [4-18,2]
Diagnóstico				
-Fallo respiratorio	13	9		22
-Sepsis/shock	3	4		7
-Enfermedad neurológica	1	5	0,331	6
-Trauma	3	1		4
-Otras	4	3		7

Los niños del TBC eran más pequeños y de menor peso que los del grupo de VYI, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Las características y los resultados de los procedimientos se muestran en la tabla 4.11. El éxito en la primera punción fue mayor con la canalización del TBC comparado con la VYI (73 vs 37.5 %, $p < 0.05$). El número (rango) de intentos de punción también fue menor en el TBC [1 (1-3) vs 2 (1-4), $p < 0.05$] así como el tiempo de canalización [66 (25-300) vs 170 (40-500) segundos, $p < 0.05$]. el éxito final del procedimiento fue mayor en el grupo del TBC (95 vs 83 %), aunque las diferencias no fueron significativas. El éxito de la canalización fue menor en el grupo de niños con peso inferior a 10 kg comparado con los niños de más de 10 kg (60 vs 100 %, $p = 0.02$) en el grupo de canalización de la VYI algo no observado en el grupo del TBC. En este subgrupo de niños de < 10 kg, el éxito en el grupo del TBC fue del 93 % comparado con el 60% en el grupo de VYI, aunque la diferencia no fue significativa ($p = 0.122$). No hubo diferencias en el éxito global (87.5 vs 100 %, $p = 0.363$), éxito al primer intento (62.5 vs 78.5 %, $p = 0.416$) ni el tiempo de canalización [72 segundos (53-135) vs 65 segundos (45-107), $p = .525$], entre el TBC derecho respecto al izquierdo.

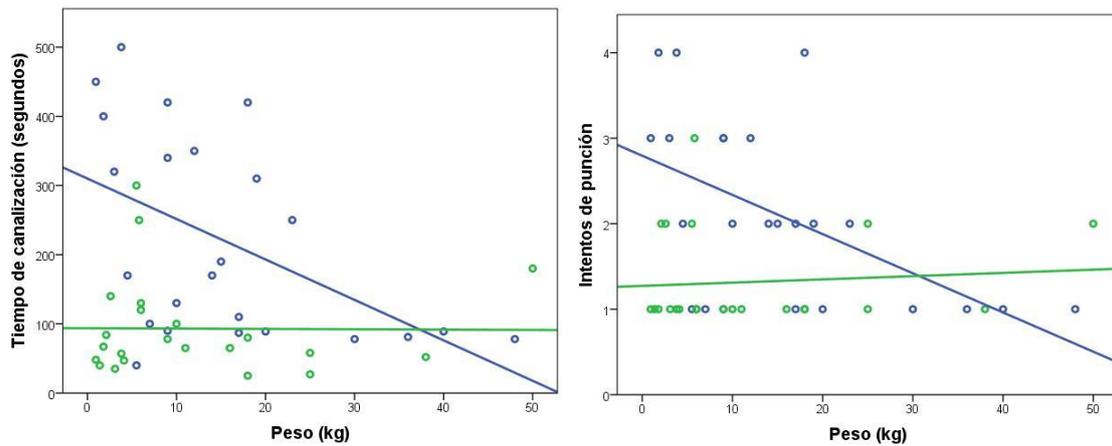
Tabla 4.11 (22): Variables intraprocedimiento y resultados de la canalización.

	VYI (n=24)	TBC (n=22)	P	Global (n=46)
VM, n/N (%)	16/24 (67)	11/22 (50)	0,251	27/46 (59)
Sedación (MDZ+KET/PRO+FEN)	13/11	14/8	0,515	27/19
Lado de canalización (Derecho); n/N (%)	22/24 (92)	8/22 (36)	0,000	30/46 (65)
Diámetro de la vena (mm)	4,9 (2,1-7,1) RIQ [4,-5,9]	5,4 (3-9) RIQ [4-6]	0,791	5 (2,1-9) RIQ [4-6]
Tamaño del CVC (French)	4 (3-7) RIQ [4-5,5]	4 (3-7) RIQ [3,7-5,5]	0,136	4 (3-7) RIQ [4-5,5]
Intentos de punción	2 (1-4) RIQ [1-3]	1 (1-3) RIQ [1-2]	0,007	1 (1-4) RIQ [1-2]
Tiempo de canalización (seg)	170 (40-500) RIQ [89-347]	66 (25-300) RIQ [47-122]	0,000	95 (25-500) RIQ [65-250]
Éxito al 1º intento, n/N (%)				
<10kg	3/10 (30)	10/14 (71)	0,095	13/24 (54)
>10kg	6/14 (43)	6/8 (75)	0,204	12/22 (54,5)
Global	9/24 (37,5)	16/22 (73)	0,017	25/46 (50)
Éxito final, n/N (%)				
<10kg	6/10 (60)	13/14 (93)	0,122	19/24 (79)
>10kg	14/14 (100) *	8/8 (100)	1	22/22 (100)
Global	20/24 (83)	21/22 (95)	0,349	41/46 (89)
Complicaciones, n/N (%)	3/24 (12,5)	1/22 (4,5)	0,609	4/46 (9)
Días de CVC	8,5 (6-12) RIQ [6-10,7]	10 (6-42) RIQ [7-10,5]	0,202	9 (6-42) RIQ [7-11]

En el grupo de la VYI hubo 4 fracasos de canalización (todos menores de 10 kg) a pesar de punciones repetidas comparado con un solo fallo en el grupo del TBC. En estos pacientes se realizó la canalización del TBC como rescate con éxito en el primer intento de punción. En el único caso en que fracasó la canalización del TBC se realizó canalización de la VYI sin incidencias. Este paciente tenía un enfisema lobar congénito que ocasionaba un desplazamiento del TBC derecho de su posición anatómica habitual lo que probablemente dificultó la canalización.

El peso del paciente se relacionó de forma inversa con el número de punciones necesarias (coeficiente de Pearson -0.537, p=0.07) y el tiempo de canalización (coeficiente de Pearson: 0.495, p=0.014) en el grupo de la VYI, pero no el grupo del TBC (figura 4.10).

Figura 4.10 (84): Correlación entre el peso y el tiempo de canalización y el número de intentos de punción en función del grupo de estudio



Pie: En verde se indican los procedimientos de canalización del TBC y en azul los procedimientos de canalización de la VYI. Se observan correlaciones significativas sólo en el grupo de la VYI.

Cada uno de los dos operadores realizó 23 procedimientos sin diferencias significativas en las tasas de éxito en el primer intento ni en las tasas de éxito final del procedimiento entre ellos. En el grupo de la VYI hubo tres complicaciones y una en el grupo del TBC y en todos casos se trató de la formación de hematomas subcutáneos. No hubo complicaciones mayores (neumotórax, derrame pericárdico o punción arterial), no se observaron episodios de IACVC ni TAC. El tiempo de permanencia del CVC fue similar entre ambos grupos.

En el análisis de regresión logística investigamos si el uso del abordaje del TBC era un factor independiente para el éxito en una punción de la canalización venosa. Los predictores potenciales elegidos fueron el operador (operador 1 vs operador 2), el grupo de estudio (TBC vs VYI), la edad, el peso, el diámetro de la vena, la ventilación mecánica intraprocedimiento y el protocolo de sedación. Las variables con una $p < 0.2$ se introdujeron en el modelo. El modelo final incluyó el grupo de estudio (TBC vs VYI), la edad, el protocolo de sedación y el diámetro de la vena. Únicamente el grupo de estudio (TBC vs VYI) se asoció de forma independiente al éxito en la canalización en un solo intento de punción con una OR de 6.69 (IC 95 %: 1.4-31.8, $p=0.016$).

4.3.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO

Se incluyeron 40 procedimientos en 37 lactantes, incluyendo 17 procedimientos en niños por debajo de los 1500 gramos de peso. El peso y edad en el momento de la inserción del CVC fue de 1.85 kg (rango 0.76-4.8) y 13 días de vida (rango 3-31) respectivamente. Todos los pacientes estaban gravemente enfermos y se consideraron candidatos a la inserción de un catéter de gran calibre por sus necesidades médicas. Las indicaciones concretas del CVC en TBC fueron: fallo en conseguir otro acceso venoso central (n=11), shock/sepsis grave (n=9), cirugía de alto riesgo (n=8), fallo respiratorio grave (n=4) y otras razones (n=4).

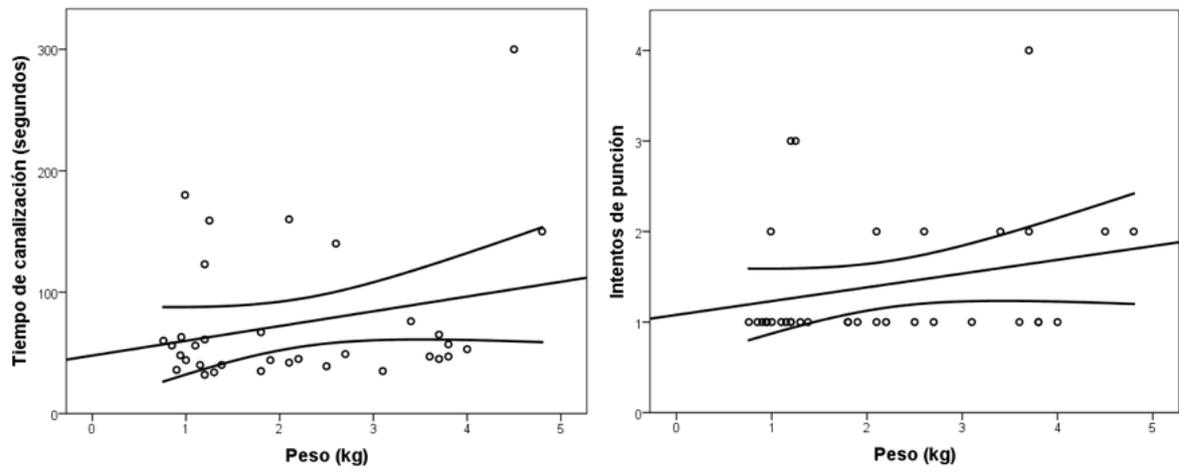
Las tasas de éxito en la primera punción y la tasa final de éxito fueron de 28 (72.5 %) y 38 (95 %) respectivamente. El número de punciones necesarios fue de 1 (rango 1-4) con 3 pacientes que requirieron 3 o más punciones (7.5 %). Los CVC se insertaron preferentemente a través del TBC izquierdo (80 %) con una mayor tasa de éxito en la primera punción (75 %) comparado con el TBC derecho (62.5 %), aunque la diferencia no fue significativa ($p=0.581$). En dos pacientes no se pudo canular el TBC derecho tras dos intentos de punción y se canalizó con éxito la VVI derecha en un caso y el TBC izquierdo en el otro. Hubo dos casos de hematoma perivascular por punciones repetidas dando lugar a una tasa de complicaciones global del 5 %. No hubo casos de complicaciones mayores como punción arterial, neumotórax, derrame pericárdico o TAC. El tiempo de permanencia del CVC fue de 10 (6-18 días). Ocurrió un caso de IACVC que obligó a la retirada del catéter dando como resultado una densidad de incidencia de IACVC de 2.4 casos/1000 días de CVC. Las características clínicas de los pacientes y los resultados de la misma en función de su peso en el momento de la canalización se muestran en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 (23): Características de los pacientes y resultados de la canalización venosa central del TBC

	<1.5 kg (n=17)	≥1.5 kg (n=23)	p	Global (n=40)
Características del paciente				
Edad gestacional (sem)	27 (24-30)	37 (29-40)	.000	29.5 (24-40)
Peso al nacer (kg)	1.05 (0.69-1.3)	3 (1.4-4)	.000	1.5 (0.69-4)
Sexo (mujer)	9 (53)	12 (52)	.968	21 (52.5)
Edad en la canalización (días)	13 (8-31)	13 (3-26)	.430	13 (3-31)
Peso en la canalización (kg)	1.100 (0.76-1.38)	3.1 (1.8-4.8)	.000	1.85 (0.76-4.8)
Ventilación mecánica (%)	14 (82)	13 (56)	.085	27 (67.5)
Indicación del CVC				
-Fallo de otro acceso	7 (41%)	4 (17)		11 (27.5)
-Cirugía de riesgo	6 (35)	3 (13)	.010	9 (22.5)
-Sepsis/shock	4 (23.5)	4 (17)		8 (20)
-Fallo respiratorio grave	0 (0)	8 (35)		8 (20)
-Otras	0 (0)	4 (17)		4 (10)
Lado de la canalización (izq.)	15 (88)	17 (74)	.263	32 (80)
Diámetro del TBC (mm)	3.2 (2.9-3.6)	4 (2.9-5.3)	.000	3.5 (2.9-5.3)
Calibre del CVC (French)	3 (3-4)	4 (3-4)	.004	3 (3-4)
Resultados de la CVC	<1.5 kg (n=17)	≥1.5 kg (n=23)	p	Global (n=40)
Éxito en el 1º intento	12 (70.5)	17 (74)	.944	29 (72.5)
Número de punciones	1 (1-3)	1 (1-4)	.471	1 (1-4)
-Múltiples punciones (≥3)	2 (12)	1 (4.2)	.379	3 (7.5)
Éxito final del procedimiento	16 (94)	22 (95.6)	.826	38 (95)
Complicaciones mecánicas	1 (5.8)	1 (4.2)	.826	2 (5)
Días de CVC	11 (6-18)	10 (6-13)	.251	10 (6-18)
IACVC (episodios)	1 (6)	0 (0)	.239	1 (2.5)

No encontramos una relación lineal entre el peso al nacimiento con el número de punciones necesarias para lograr la canalización (r de Pearson 0.250, $p=0.154$) ni con el tiempo de canalización (r de Pearson 0.257, $p=0.142$)- Figura 4.11.

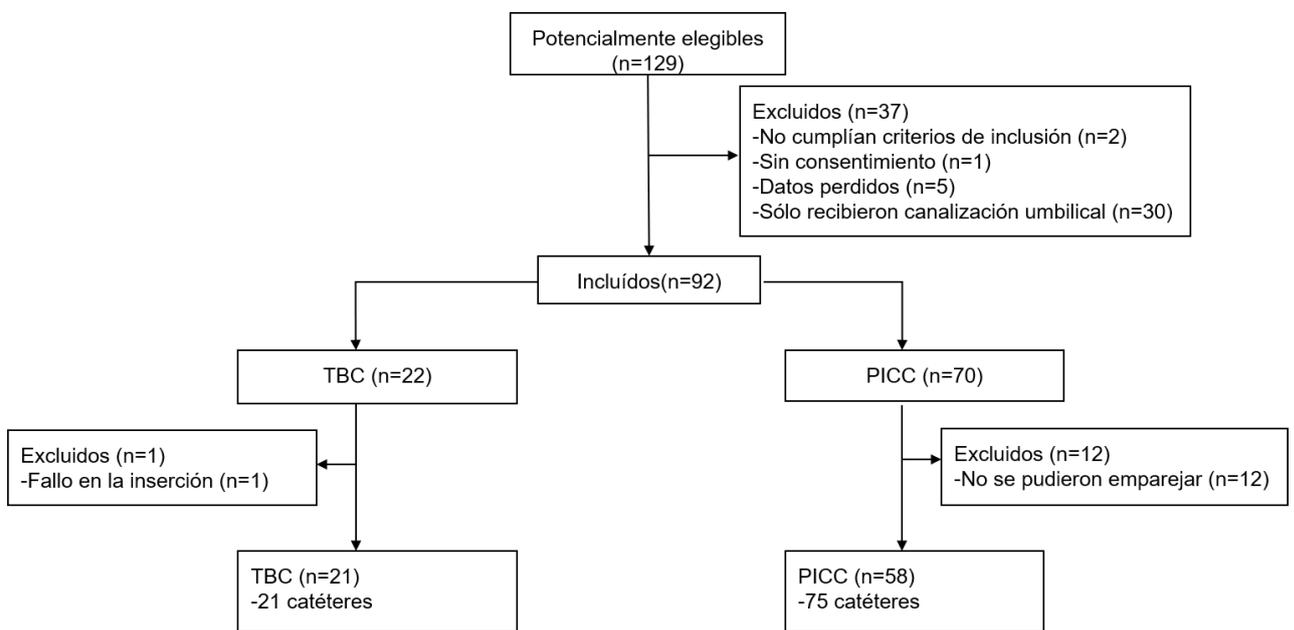
Figura 4.11 (85): Correlaciones entre el peso con el tiempo de canalización (izquierda) y los intentos de punción (derecha).



4.3.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE INFECCIÓN ASOCIADA A CVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS

Se incluyeron 96 CVCs (21 TBC y 75 ECCs) en 79 prematuros. Otros 37 prematuros fueron evaluados como potencialmente elegibles durante el periodo de estudio, pero se excluyeron por diversas razones (Figura X).

Figura 4.12 (86): Diagrama de flujo del estudio TBC-3



En un paciente la canalización del TBC falló y se insertó un CVC en la VVI por lo que fue excluido de forma prospectiva. Todos los pacientes recibieron un catéter en VU previo al TBC o ECC por una mediana de 8 (6-8) días.

Las características de los grupos de estudio se muestran en la Tabla 4.13. Los prematuros en los que se insertó un CVC en TBC tuvieron una menor edad gestacional [27 (26.1-27.2) semanas vs. 27.8 (26.8-29.5) semanas; $p=0.002$] y mayor morbilidad comparado con los que únicamente recibieron un ECC (días de ventilación mecánica, uso de drogas vasoactivas, transfusión de sangre, ductus hemodinámicamente significativo, enterocolitis necrotizante etc.)

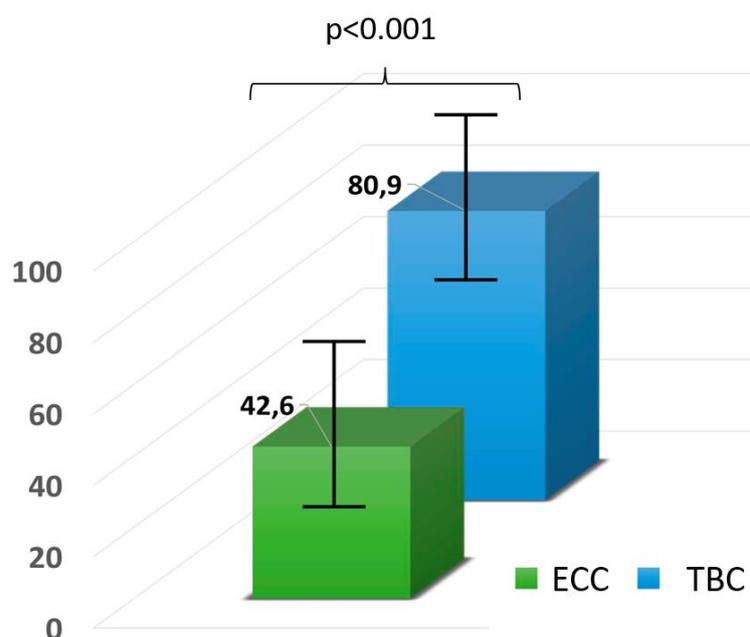
Tabla 4.13 (24): Características clínicas de los grupos de estudio en TBC-3

CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS	TBC (n=21)	ECC (n=58)	p
Sexo (mujer)	8 (38.1)	19 (32.7)	.659
Edad gestacional (semanas)	27 (26.1-27.2)	27.8 (26.8-29.5)	.002
Peso al nacimiento (gramos)	980 (815-1090)	990 (786-1172)	.731
Parto por cesárea	15 (71.4)	38 (65.5)	.621
Gestación gemelar	3 (14.3)	14 (24.1)	.341
Corioamnionitis materna	4 (19)	7 (12.1)	.429
Esteroides antenatales	18 (81.8)	55 (94.5)	.177
Apgar a los 5 minutos	8 (6-8)	8 (7-9)	.021
Puntuación CRIB a las 12 horas	4 (2.5-6)	2.5 (1-6)	.392
Factores de riesgo de sepsis precoz	15 (71.4)	45 (77.6)	.484
SDR (tratamiento con surfactant)	15 (71.4)	29 (50)	.090
Ventilación mecánica invasiva (días)	6 (3.5-10)	6 (3.5-10)	.015
Inotropicos/Vasopresores	18 (85.7)	33 (56.8)	.027
Transfusión de hemáties	18 (85.7)	35 (60.3)	.034
Retinopatía	3 (14%)	5 (8.6)	.476
HIV grado III/IV	2 (9.5)	6 (10.3)	.915
Ductus hemodinámicamente significativo	14 (66.6)	26 (44.8)	.086
Cirugía de ductus	5 (23.8)	0 (0)	.005
Enterocolitis nectrotizante	7 (33%)	7 (12.1)	.029
Displasia broncopulmonar*	12 (57.1)	29 (50)	.575
Muerte	2 (9.5)	5 (8.6)	.767
Causa de la muerte:			
-Adecuación del esfuerzo terapéutico	1	3	
-Shock séptico/enterocolitis	0	2	-
-Fracaso respiratorio	1	0	

*Pie de table: CRIB, clinical risk index for babies; HIV, hemorragia intraventricular; SDR, síndrome de distrés respiratorio que precisa surfactante endotraqueal; *indica necesidad de oxígeno o dependencia de ventilación mecánica a las 36 semanas de edad postmenstrual (displasia broncopulmonar moderada-grave según la definición del NIH(154)).*

Los resultados relativos al procedimiento de canalización venosa central se resumen en la Tabla 4.14. Comparado con la inserción de ECC, la tasa de éxito de la canalización ecoguiada del TBC fue superior (80.9 vs 42.6 %; $p < 0.001$) y el número de venas puncionadas [(1 (1-1) vs 2 (1-3); $p = 0.006$] e intentos de punción [1 (1-1) vs 2 (1-3); $p < 0.001$] fue menor. (Figura 4.13)

Figura 4.13 (87): Tasa de éxito en el primer intento de punción



Pie: ECC: catéter epicutáneo-cava. TBC: tronco braquiocefálico. Comparación realizada con el test de U Mann Whitney.

No ocurrió ninguna punción arterial accidental ni neumotórax iatrogénico en los pacientes en los que se canalizó el TBC. Los CVC en TBC se insertaron a una edad postnatal mayor que los ECCs, pero el peso en el momento de la inserción fue similar entre los grupos. Los ECCs se insertaron fundamentalmente para cuidados de rutina (nutrición, antibióticos y líquidos de mantenimiento) mientras que los TBC se insertaron por cirugía de alto riesgo (laparotomía por enterocolitis en 6 pacientes y por un vólvulo gástrico en otro paciente), inestabilidad hemodinámica (síndrome post-cierre ductal en 4 pacientes y shock séptico en 2) y por falta de otro acceso venoso de forma urgente en otros. La mayoría de los CVC en TBC se retiraron tras finalizar el tratamiento cuando ya no fueron necesarios mientras que la IACVC y la disfunción mecánica del CVC fueron motivos frecuentes de retirada de ECC. La duración de la inserción del CVC fue significativamente mayor en los TBCs comparados con los ECCs. [15 (13-18) días vs. 8 (6-11) días; $p<0.001$]

La densidad de incidencia de IACVC fue menor en los catéteres en TBC comparado con los ECCs (3.05/1000 días vs. 21.1/1000 días; $p<0.001$). Un paciente con catéter en TBC tuvo un episodio de CLABSI comparado con 12 de 58 prematuros (20.7 %) que tuvieron 14 episodios de IACVC ($p=0.089$). Los episodios totales de IACVC 1/21 (4.7 %) vs 14/75 (18.6 %), $p=0.121$] y episodios de IACVC o muerte [3/21 (14.2%) vs. 17/58 (29.3%); $p=0.202$] fueron similares entre los grupos.

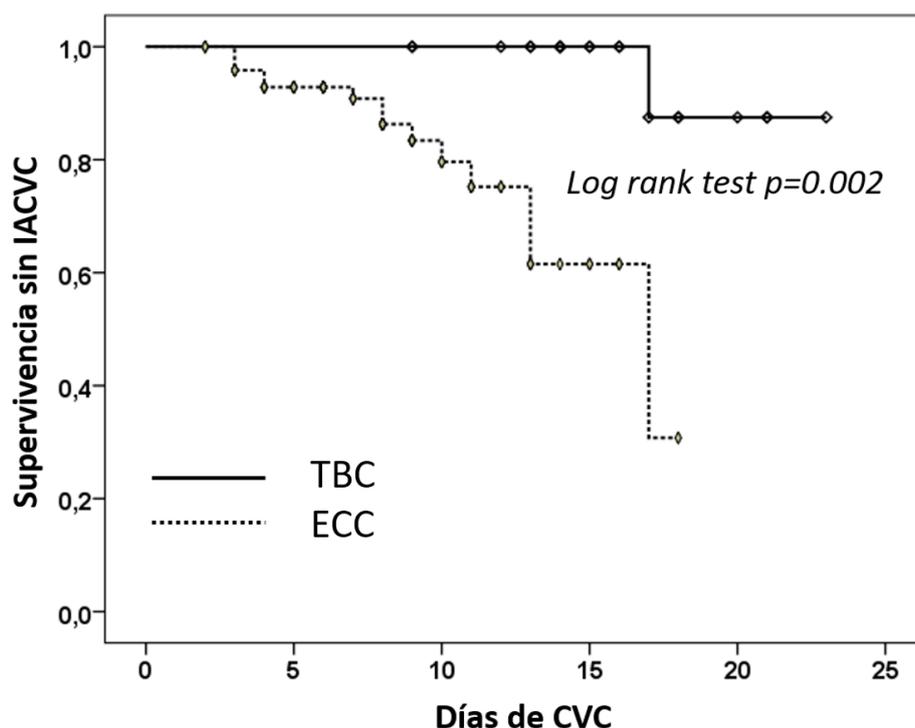
Tabla 4.14 (25): Características de los procedimientos de canalización y variables de resultado del estudio.

CARACTERÍSTICAS	TBC (n=21)	ECC (n=75)	p
N.º de CVCs por paciente	1 (1-1)	2 (1-2)	.044
Día de vida (inserción)	12 (9.5-15)	8 (4-10) †	.001
EG (inserción)	28.4 (27-29.5)	29 (28-30.5)	.051
Peso (inserción)	990 (885-1058)	980 (760-1185)	.940
Éxito en el primer intento	17 (80.9)	32 (42.6)	.001
Nº de punciones venosas	1 (1-1)	2 (1-3)	.000
Nº de venas puncionadas	1 (1-1)	2 (1-3)	.006
Indicación del CVC			
-Cuidados de rutina	1 (4.7)	66 (88)	.000
-Cirugía	7 (33.3)	1 (1.3)	
-Fallo de otros accesos	6 (38.6)	1 (1.3)	
-Shock/Drogas vasoactivas	7 (33.3)	2 (2.7)	
-Otras razones	0 (0)	5 (6.6)	
Motivo de retirada del CVC			
-Fin de tratamiento	20 (95.3)	50 (66.6)	.086
-Cambio electivo	0 (0)	4 (5.3)	
-Episodio de IACVC	1 (4.7)	11 (14.7)	
-Disfunción mecánica del CVC	0 (0)	9 (12)	
Antibióticos por cada CVC (días)	14 (12-16)	5 (2-8)	.000
NPT por cada CVC (días)	13 (8-18)	6 (3-9)	.000
Días de CVC	15 (13-18)	8 (6-11)	.000
VARIABLES RESULTADO	TBC (n=21)	ECC (n=75)	
IACVC (por 1000 días)	3.05/1000	21.1/1000	.000
Episodios de IACVC (por paciente)	1 (4.7)	12 (20.7)	.089
Episodios de IACVC	1 (4.7)	14 (18.6)	.121
Episodio de IACVC o muerte	3 (14.2)	17 (29.3)	.202
Germen causante de IACVC			
-ECN	0	10	-
-Estafilococo aureus	0	1	
-Enterococos	0	1	
-Klebsiella	1	1	
-Serratia	0	1	

Pie de tabla: ECN, estafilococo coagulase negative; EG, edad gestacional; IACVC, infección asociada a CVC; NPT, nutrición parenteral; Los valores de p corresponden a la prueba de U Mann Whitney.

Las curvas de supervivencia por el método de Kaplan Meier se muestran en la figura 4.14. Se puede observar un incremento paulatino del riesgo de IACVC a partir del 3º-4º día de inserción de los ECCs que contrasta con la curva de los TBCs.

Figura 4.14 (88): Curva de Kaplan Meier.



La inserción de ECC (vs. TBC) se asoció de forma independiente a la IACVC en la regresión multivariante de Cox (Hazard ratio 36; 95% CI: 2.5-511; $p=0.008$). Otros factores asociados de forma independiente a la IACVC fueron el número de punciones realizadas [Hazard ratio 1.8 (IC 95%: 1.2-2.7); $p=0.004$] y el SDR con necesidad de surfactante [Hazard ratio 11.1 (IC 95%: 1.2-101); $p=0.033$] y el SDR.

Tabla 4.14 (26): Regresión de Cox (variable dependiente: IACVC)

ANÁLISIS UNIVARIANTE			ANÁLISIS MULTIVARIANTE		
Variable dependiente:	Hazard ratio (IC al 95%)	p	Variable dependiente:	Hazard ratio (IC al 95%)	p
IACVC			IACVC		
ECC (vs TBC)	14.2 (1.8-117)	.013	ECC (vs TBC)	36 (2.5-511)	.008
N.º de punciones	1.6 (1.1-2.3)	.004	N.º de punciones	1.8 (1.2-2.7)	.004
SDR (surfactante)	4.6 (1.03-20.8)	.045	SDR (surfactante)	11.1 (1.2-101)	.033
Días de antibiótico	0.87 (0.776-0.97)	.017			
Peso en la inserción	0.998 (0.995-1)	.099			

Pie de tabla: Las variables que se consideraron para el análisis univariante fueron: tipo de CVC (ECC vs. TBC), sexo, edad gestacional y peso en el momento de la inserción, cesárea, puntuación CRIB a las 12 horas, SDR (síndrome de distrés respiratorio), días de vida en el momento de la inserción, días de nutrición parenteral, días de antibiótico, transfusión de sangre durante el uso del catéter, número de punciones venosas. Solo se muestran aquellas variables con una $p < 0.1$ en el análisis univariante. Las variables que mantuvieron la significación estadística se muestran en el análisis multivariante.

5. DISCUSIÓN

El proyecto de investigación reflejado en esta Tesis Doctoral recoge el trabajo del autor en una línea de investigación en torno al acceso vascular en el niño crítico. Los datos que se recogen en este proyecto se vertebran alrededor de dos iniciativas paralelas coordinadas por el autor: el registro RECANVA (multicéntrico) y el registro de canalización venosa central de la UCIP y Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Complejo Asistencial Universitario de León.

El registro RECANVA, nace en el año 2015 cuando se crea el Grupo de Trabajo en Ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) durante el Congreso anual celebrado en Toledo. Desde su formación este grupo, integrado por intensivistas pediátricos de toda España, ha tenido entre sus misiones fundamentales el fomento de la investigación clínica. Fruto de ello el autor diseñó y coordinó la realización de un registro español de canalización vascular (RECANVA) con el fin de conocer el impacto del uso de la ecografía en las técnicas de acceso vascular en el niño crítico. El estudio RECANVA se dividió en tres apartados: a) canalización venosa central, b) canalización arterial y c) canalización venosa central de acceso periférico incluyendo en total más de 800 procedimientos en 26 UCIPs en España, durante un periodo de 6 meses. Hasta la fecha este registro es el único estudio multicéntrico sobre canalización vascular en cuidados intensivos pediátricos. Los resultados obtenidos han sido publicados en la revista *Intensive Care Medicine* (revista de mayor impacto en cuidados intensivos a nivel mundial) y en *Anales de Pediatría* (órgano de expresión científica de la Asociación Española de Pediatría). Este estudio ha sido destacado en el editorial “Focus on Paediatrics” dentro de los estudios más relevante publicados en Cuidados intensivos Pediátricos, durante el año 2018 en la revista *Intensive Care Medicine*. (155) Los datos obtenidos en el estudio RECANVA han permitido generar evidencias y recomendaciones en torno al uso de la ecografía que han sido incorporadas en las guías de práctica clínica internacional sobre el uso de la ecografía en el punto de cuidado de la Sociedad Europea de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales (ESPNIC) recientemente publicadas. (156)

La segunda iniciativa recoge los resultados obtenidos tras la realización de varios estudios sobre el uso del acceso ecoguiado del TBC, una técnica de reciente incorporación en el campo del acceso vascular con enorme potencial en la canalización venosa central de los neonatos y lactantes pequeños, pero de la que existía escasa evidencia. Para ello se ha utilizado un registro prospectivo de canalización vascular en el Complejo Asistencial Universitario de León en marcha desde el año 2013 y que continúa actualmente (octubre 2020). Hasta la fecha se han publicado 5 estudios clínicos reflejando la experiencia en la técnica, de los cuales 3 han sido reflejados total

o parcialmente en este proyecto de Tesis. En 2016 se publicó el primero de los 3 estudios comparando el acceso ecoguiado del TBC comparado con la VVI en la revista *Journal of Critical Care*. Este es el único estudio comparativo entre ambas técnicas que existe a fecha de hoy y ha sido citado en numerosas publicaciones especializadas, incluida una revisión sistemática publicada en 2020 en *Pediatrics*(157) (órgano de expresión de la Academia Americana de Pediatría) sobre los criterios de elección del acceso vascular así como en las últimas guías de práctica clínica en acceso vascular ecoguiado de la Sociedad Europea de Anestesiología. (158). El segundo estudio publicado en *American Journal of Perinatology* publicado en 2018, con la experiencia acumulada en el uso de la técnica en la población de lactantes y neonatos de menos de 5 kg de peso, mostrando la alta tasa de eficacia y seguridad de la técnica. Finalmente, este año 2020 se ha publicado en *European Journal of Pediatrics* un análisis retrospectivo de las tasas de IACVC del acceso ecoguiado del TBC en la población de prematuros de <1500 gramos en el que hemos demostrado una reducción significativa respecto al uso de catéteres ECC. Este es el primer estudio que muestra una ventaja del acceso al TBC en neonatos no solo en cuanto a las tasas de éxito de la técnica sino también en la reducción de la complicación más relevante del uso de catéteres. Creemos que este es un avance importante que puede contribuir a la expansión de la técnica en la población neonatal.

A continuación, se discuten los resultados de los distintos estudios que componen este proyecto de Tesis.

5.1 RECANVA- CANALIZACIÓN VENOSA CENTRAL

El estudio realizado es el primero de estas características realizado en España y el único estudio multicéntrico sobre acceso vascular en paciente pediátrico crítico que existe hasta la fecha a nivel internacional. RECANVA ha permitido conocer las prácticas actuales en la canalización vascular en la UCIPs de España, así como evaluar el impacto del uso de la ECO en las condiciones reales de la práctica clínica lo que dota a nuestros datos de un especial valor por su validez externa.

Nuestros resultados, obtenidos en las condiciones asistenciales reales, en 26 UCIPs españolas incluyendo tanto grandes hospitales pediátricos de referencia como hospitales más pequeños muestran que el uso clínico habitual de la ecografía mejora los resultados de la canalización venosa central a pie de cama. Hemos observado su contribución al aumento de las tasas de éxito en el primer intento de punción, la reducción del número de punciones necesarias y de las complicaciones del procedimiento. Estos resultados apoyan que, hoy en día el uso de la ecografía para la canalización venosa central está cada vez más extendido y constituyen evidencias adicionales para la recomendación de las técnicas ecoguiadas en la canalización venosa pediátrica. (142,159–161) Sin embargo, también hemos observado que la técnica basada en referencias anatómicas se sigue utilizando en muchos centros y ambos procedimientos coexisten. Con las evidencias actuales, tanto de ensayos clínicos aleatorizados fundamentalmente en el paciente adulto como de estudios observacionales amplios, no se justifica el uso de las técnicas clásicas basadas en REF salvo situaciones excepcionales o de extrema emergencia donde no se disponga del ecógrafo para realizar inmediatamente la canalización venosa.

Hasta el momento, en la literatura internacional sólo un estudio previo ha estudiado específicamente en niños críticos el papel de la ecografía en la canalización venosa central utilizando la ecografía. (142) Froehlich y cols compararon el uso de la ecografía con la técnica basada en referencias anatómicas en una UCIP de referencia de cuarto nivel y observaron un aumento de la tasa de éxito en la primera punción (54 vs 34.4 %), la reducción en el número de punciones y en los procedimientos que requirieron múltiples punciones (20.3 vs 39.8 %). Estos resultados son muy similares a los encontrados en RECANVA. En nuestro estudio la tasa de éxito final en el procedimiento fue más alta en el grupo ECO comparado con REF (80.4 vs 71.4 %) aunque la diferencia no alcanzó la significación estadística. En el estudio de Froehlich se observaron tasas de éxito final más altas, tanto en el grupo de ECO como en de REF (90.8 vs 88.2

%). Esta pequeña discrepancia con nuestros resultados se puede explicar por nuestra definición de éxito en la canalización, en la cual consideramos la punción de distintas localizaciones anatómicas o cambios en la técnica de canalización como un fallo en el procedimiento. De esta manera, nuestra definición pretendía desenmascarar el posible beneficio de la ECO en preservar los accesos venosos, que podría haber pasado desapercibido si hubiésemos considerado las punciones en distintas regiones anatómicas para la colocación de un mismo CVC, como un único procedimiento. En un análisis *post hoc* comparamos las tasas de éxito combinando los intentos de punción en distintas localizaciones anatómicas en la muestra emparejada. En este caso la tasa de éxito con ECO fue del 92.2 vs. 86.3 % con REF ($p=0.152$) similar a las previamente referidas en la literatura. (140–142) Sin embargo en el grupo de REF fue necesario puncionar más de una vena central en el 19.5 % de los casos comparado con el 12 % en el grupo de ECO, aunque la diferencia no alcanzó la significación estadística. En cualquier caso, consideramos que el hecho de precisar puncionar menos localizaciones anatómicas es importante para preservar los accesos venosos del paciente, especialmente en aquellos afectos de patologías crónicas.

Nuestra tasa de complicaciones incluyendo la punción arterial accidental fue similar a la referida en otros estudios, lo que sugiere que las condiciones de realización de los procedimientos, así como la pericia de los operadores es comparable a la de estudios similares. (117,162) Al igual que en otras publicaciones previas hemos encontrado que el número de intentos de punción es el factor más determinante en la aparición de complicaciones. (26) Según indican nuestros resultados no deberían realizarse más de tres intentos de punción en la misma localización anatómica ya que las tasas de éxito se reducen ostensiblemente y las complicaciones ocurren muy frecuentemente si se da esta circunstancia (43% en ambos casos). Estas tasas de éxito y complicaciones son inaceptables hoy en día, por lo que los profesionales deben ser conscientes de ello a la hora de determinar cuándo debe interrumpirse el procedimiento si no se logra el acceso vascular tras tres intentos. Además, hay que tener en cuenta que algunas complicaciones derivadas de las punciones repetidas en un mismo vaso no son evidentes en un primer momento. Así, sabemos que realizar repetidas punciones en la pared de un vaso daña el endotelio y activa la coagulación, habiéndose asociado a un riesgo mayor de trombosis. (20,21) Como ocurre en otros procedimientos invasivos, la seguridad del paciente es una prioridad en la canalización venosa central; por ello el objetivo general de todos los profesionales implicados en el procedimiento debe ser lograr la colocación del catéter en el menor número de intentos.

Como se ha comentado anteriormente, el uso de la ECO en nuestro estudio ha tenido un impacto global muy positivo en los pacientes. No obstante, en el análisis de subgrupos observamos que el beneficio de la ECO sucedió fundamentalmente a expensas de los procedimientos realizados

por personal con una experiencia en canalización venosa central que podemos considerar “escasa”. En este sentido ya en un metaanálisis publicado en 2009 se encontró que la ECO mejoraba los resultados en la canalización venosa central de la VVI para el subgrupo de operadores más inexpertos. (141) Así mismo los estudios en adultos muestran que el uso de la ECO mejora las tasas de éxito en la inserción de CVC por personal inexperto tanto en la clínica como en procedimientos simulados. (163,164) Se puede suponer que si una técnica, en este caso la ecografía, ofrece una ventaja en la realización de una técnica, las personas con menor pericia obtengan beneficios más pronunciados y sea más fácil demostrar diferencias significativas que cuando se analiza un grupo de expertos. La curva de aprendizaje de las técnicas de canalización venosa central basadas en la ecografía ha sido extensamente estudiada. (165,166) La mayoría de los estudios muestran que la curva de aprendizaje con la ECO se ve acortada respecto a la técnica REF; lo cual probablemente explique los hallazgos de RECANA y otras investigaciones. En base a nuestros resultados y a la revisión de otros estudios parece adecuado recomendar que la técnica ECO sea adoptada como técnica de elección en la canalización venosa central por los profesionales en formación en cuidados intensivos pediátricos. Si la técnica clásica REF debe seguir enseñándose y en los hospitales es debatible. Aunque los resultados con la ECO son mejores en los profesionales con poca experiencia, algunos autores señalan que existe el riesgo de que los profesionales que se incorporan a la formación en Cuidados Intensivos y áreas relacionadas como la Anestesia o la Medicina de Emergencia no lleguen nunca a entrenarse en la punción vascular guiada por REF. Según algunos estudios, los residentes de cuidados intensivos que únicamente aprenden la técnica ECO no demuestran una destreza suficiente en los procedimientos cuando se ven obligados a utilizar la técnica clásica basada en referencias anatómicas. (167) En nuestra opinión el uso de la ECO en la práctica real con pacientes no debería ser un sustituto del entrenamiento en técnicas de punción por REF. Creemos que el uso único y exclusivo de la ECO en el entrenamiento puede ocasionar que el operador preste menos atención a la técnica de punción e inserción de la aguja que deben ser adecuadas para obtener los mejores resultados. Por ello un entrenamiento combinado en ambas técnicas parece lo más razonable. No obstante, a la hora de realizar procedimientos en pacientes reales hoy en día no es aceptable que se realicen técnicas basadas en referencias anatómicas, especialmente por personal en formación. El residente debe entrenar en modelos de simulación ambas técnicas, pero sólo debería utilizar la técnica ecoguiada en su práctica clínica; ya que desde la perspectiva de la seguridad del paciente lo contrario no es aceptable.

En nuestro estudio, el uso de ECO fue claramente superior a REF en la canalización de la VVI. Ello está en concordancia con la mayor parte de la literatura disponible A día de hoy, por lo tanto,

no puede recomendarse ni aceptarse como válida la canalización de la VVI sin ayuda de ECO. Por el contrario, según nuestros datos la ECO no mejoró los resultados en la canalización de la VF ni de la VS. La evidencia en favor de la ECO para la canalización de la VF y VS todavía no es contundente y así se ha reflejado en un metaanálisis realizado en años recientes. (168) En niños, la ingle es un área de peor ecogenicidad y la visualización de la aguja mediante el ultrasonido es mucho peor que en el área del cuello. (169) Además en nuestro estudio casi la mitad de los pacientes (45%) eran lactantes menores de un año Sabemos que el tamaño de la VF a esta edad es alrededor de una 40% menor que el tamaño de la VVI, y que es frecuente que exista un mayor grado de solapamiento con la AF a este nivel. En este sentido, la posición habitualmente adoptada para la canalización de la VF con la cadera en abducción y la rodilla flexionada puede no ser óptima en el lactante pequeño y neonato, habiéndose mostrado que aumenta el grado de solapamiento de la arteria y la VF. (21,96,97). Todo ello puede redundar en que la canalización de la VF por ECO sea más difícil que la canalización de la VVI como se ha mostrado en nuestro estudio. En el caso de la VS, la canalización guiada por ECO por abordaje clásico infraclavicular es técnicamente difícil ya que la interposición de la clavícula ofrece una mala ventana ecográfica y dificulta la visualización de la aguja durante el procedimiento. (73) Otras técnicas como el abordaje supraclavicular de la VS y el TBC parece que, según se adquiere experiencia, se están imponiendo ya que ofrecen una visualización completa de la VS y de su unión al TBC con excelentes resultados. (108)

Nuestro estudio no está exento de limitaciones. Como cualquier estudio observacional su principal limitación es la falta de aleatorización y el riesgo de sesgos de confusión no controlados. Teniendo esto en cuenta, hemos intentado reducir al máximo este riesgo mediante diversas estrategias de análisis. En primer lugar, nuestro análisis primario se ha basado en el emparejamiento según puntuaciones de propensión. Tras controlar por los factores de confusión potenciales tanto a nivel del paciente como a nivel del centro hospitalario hemos mostrado que la ECO mejora las tasas de canalización venosa central en el primer intento. Aunque nuestra muestra es relativamente pequeña y no conseguimos un balance perfecto de todas las covariables estudiadas, el ajuste por estas variables no modificó los resultados y los análisis complementarios realizados fueron concordantes con el análisis primario con estimaciones estadísticas muy consistentes entre ellos. En segundo lugar, a nivel hospitalario, el análisis de aquellas unidades que utilizaban una estrategia homogénea para el acceso vascular ($\geq 80\%$ de los procedimientos realizados con una sola técnica) confirmó la asociación entre la ECO y unos mejores resultados del procedimiento.

Además, nuestros resultados deben interpretarse teniendo en cuenta que la mayoría de los participantes eran médicos en formación o personal con escasa experiencia en UCIP y muy pocos acumulaban experiencia en la canalización venosa central por ECO, lo que refleja las condiciones reales de la canalización venosa central en las UCIPs españolas. Es previsible que los resultados mejoren a medida que el uso de la ECO se extienda en las UCIPs. Para ello, el entrenamiento en acceso vascular por ECO debería ser estructurado e integrado en la formación del intensivista pediátrico. Sin embargo, actualmente, no existe una formación reglada en ECO en nuestro país y la metodología y vías de adquisición de la formación son muy variable y la mayor parte de las veces surge de iniciativas individuales o de centros hospitalarios concretos, con lo que podemos asumir que la capacitación real de los profesionales es muy heterogénea.

Otras limitaciones potenciales de nuestro estudio son que la experiencia profesional en canalización vascular fue un dato recogido mediante entrevista a los profesionales sin poder verificar su precisión y que la distribución del número de procedimientos de canalización entre la VVI, VF y subclavia fue dispar entre los grupos.

5.2 RECANVA-CANALIZACIÓN ARTERIAL

La canalización arterial es un procedimiento frecuente en la UCIP donde se utiliza fundamentalmente para la monitorización continua de la presión arterial y la extracción de muestras sanguíneas. Pese a ser un procedimiento habitual, es relativamente invasivo y no está exento de complicaciones siendo la más frecuente la formación de hematomas, punción de estructuras vecinas, isquemia y trombosis.(170,171) Por ello, está justificado explorar los modos de mejorar la seguridad y eficacia de la técnica, en nuestro caso mediante el uso de la ecografía a pie de cama.

En este estudio prospectivo multicéntrico, el primero realizado en nuestro país, las tasas de éxito y complicaciones de la canalización arterial ecoguiada fueron similares a los de la técnica tradicional basada en la palpación del pulso arterial, lo que contrasta, con muchos de los estudios realizados a nivel internacional. 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 publicados donde el procedimiento se realizó de forma programada en el quirófano. (172–175) Es difícil, por tanto, 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 para el niño y el médico: inestabilidad hemodinámica, hipotensión, alteraciones de la hemostasia, sobrecarga hídrica y edemas.

Un hallazgo relevante en nuestro estudio fue que la técnica ecoguiada mejoró los resultados en aquellos procedimientos realizados por personas con menos experiencia. En nuestro estudio la mitad de los procedimientos se realizaron por personal con escasa experiencia en UCIP y acceso vascular. Kantor DB y cols. realizaron un estudio observacional incluyendo 208 canalizaciones de la AR realizadas por personal en formación en la UCIP del *Children's Hospital of Philadelphia*. En dicho estudio que incluyó 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(135). Nuestros resultados también parecen sugerir que la ecografía mejora la canalización de la AR, aunque no se ha alcanzado una diferencia significativa debido al pequeño tamaño de la muestra. En RECANVA se incluyeron 44 canalizaciones de la AR, cuando hubieran sido necesarias alrededor de 60 procedimientos para obtener la significación estadística en la comparación entre ECO y REF.

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 RECANVA encontramos así mismo que los mayores beneficios en la canalización venosa central por ecografía los obtenían los médicos adjuntos con menor experiencia y los residentes de Pediatría, tal y como se ha comentado en la sección anterior.(27) Otros estudios previos han mostrado hallazgos similares.(164) Parece, por tanto, que el uso de la ecografía puede estar especialmente indicado cuando los procedimientos los realizan personas con poca experiencia en la canalización vascular y ello aviva el debate sobre si el entrenamiento en la técnica basada en referencias por parte del 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. (176) No obstante, desde la perspectiva del paciente, no es aceptable que el personal en formación “practique” la técnica por referencias anatómicas cuando puede y sabe realizar la técnica ecoguiada.

Además, hemos encontrado que al igual que en el acceso venoso central, el número de intentos de punción es el factor más importante asociado a la aparición de complicaciones (20,23). En base a nuestros datos se debería limitar el número de intentos de punción arterial a un máximo de 3, independientemente de la técnica elegida, con el fin de evitar complicaciones y preservar los accesos arteriales. (177) No tiene justificación, desde el punto de vista ético, persistir en intentos de punción que, en base a la evidencia, pueden aumentar el riesgo para el paciente con una escasa probabilidad de éxito.

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. Así, la tasa de éxito en el primer intento en el global de la muestra fue del 34.7 %, comparable a la observada por Kantor y col (28.8 %) también en niños críticos. En nuestra experiencia y en la de otros autores, parece que la canalización arterial tiene dificultades adicionales más allá de conseguir la punción del vaso. Las arterias de los niños tienen un calibre pequeño y una pared muscular gruesa, con tendencia al vasoespasmo, lo que puede imposibilitar el paso de la guía aun cuando se haya conseguido puncionar la luz de la arteria. En nuestra serie, esta fue la causa más frecuente para no lograr la canalización arterial. En este sentido, si bien la ecografía puede facilitar la punción arterial, es probable que tenga poca repercusión sobre el resto del proceso de canalización, lo cual podría explicar en parte porque la evidencia en favor de la canalización arterial ecoguiada, en cuanto a tasas de éxito no es contundente. Por otro lado será necesario realizar nuevos estudios para evaluar factores adicionales de éxito/fracaso de la canalización

arterial en el niño como pueden ser el material utilizado para la punción (angiocatéteres, agujas, etc.) o el tipo de guía.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones que deben ser consideradas. Pese a tratarse de un estudio multicéntrico el número de procedimientos incluidos ha sido relativamente bajo. Como todos los estudios observacionales tiene riesgo de sesgos por la presencia de factores de confusión. En nuestro caso cabe destacar que la ecografía se utilizó preferentemente en niños más pequeños y en las unidades de mayor tamaño y complejidad. Ello ha podido limitar nuestra capacidad para detectar alguno de los beneficios de la ecografía, al tratarse de pacientes en los cuales el acceso arterial es a priori más complicado. Hemos intentado mitigar ese posible sesgo mediante distintos análisis de subgrupos, estratificando por aquellos factores que pudieran influenciar los resultados de la canalización. Aunque las tasas de éxito fueron mayores en las UCIPs grandes y de mayor complejidad no hubo diferencias según la técnica de canalización. Además, el análisis en UCIPs que elegían mayoritariamente una de las dos técnicas (≥ 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.

Otra limitación es la distribución dispar entre los procedimientos en AR y femoral, variable que es difícil de controlar ya que depende de la epidemiología de cada unidad en el periodo de estudio.

Finalmente, en nuestro estudio no hemos recogido datos relativos a la presión arterial, el índice de masa corporal o la presencia de sobrecarga hídrica, todos ellos factores que también pueden influenciar la tasa de éxitos en la canalización arterial.⁽¹³⁵⁾ En este sentido, pese a que la evidencia en otros campos apoya el uso de la ecografía en la canalización arterial, es importante no extrapolar los resultados obtenidos en otras poblaciones a la de los niños críticos. Por ello un paso necesario es la realización de estudios de alta calidad, idealmente ensayos clínicos, en la UCIP que permitan definir los usos y resultados de las distintas aplicaciones de la ecografía en esta población.

5.3. ESTUDIOS DE CANALIZACIÓN DEL TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO

5.3.1 ESTUDIO TBC 1: CANALIZACIÓN URGENTE DEL TBC COMPARADO CON LA VYI EN NIÑOS INGRESADOS EN UCIP

En este estudio, también original e innovador, ya que es un tema que ha sido muy poco estudiado en el ámbito pediátrico, hemos comparado los resultados de la canalización ecoguiada del TBC por abordaje supraclavicular "en plano" con la canalización de la VYI por abordaje transversal "fuera de plano" en niños ingresados en la UCIP que precisaban la inserción urgente de un CVC temporal. Nuestros resultados indican que la guía ecográfica se asocia a un incremento de las tasas de éxito en el primer intento de punción, una reducción del número de punciones necesarias para colocar con éxito el CVC y una reducción del tiempo necesario para completar la canalización. No hemos observado, sin embargo, diferencias significativas en cuanto a las tasas de éxito final del procedimiento.

La canalización urgente de un CVC es un procedimiento esencial en el niño crítico, pero no está exenta de riesgos significativos que pueden empeorar todavía más la situación del niño e incluso comprometer su vida. Teniendo esto en cuenta y el potencial aporte de seguridad que podría ofrecer, la canalización ecoguiada está substituyendo a la técnica clásica por referencias anatómicas en la CVC en niños, si bien todavía es preciso obtener evidencias acerca de las ventajas y riesgos comparativos entre las distintas técnicas ecoguiadas disponibles. De ahí la potencial relevancia de esta investigación, ya que a la fecha de su finalización no se había publicado ningún trabajo que hubiera comparado la canalización del TBC con otros accesos ecoguiados en niños. Sí se ha publicado recientemente un estudio que compara la canalización ecoguiada del TBC (n=147) con otros accesos (n=110) en niños críticos (fundamentalmente VYI y VF), centrándose en las tasas de IACVC.(111), aunque los autores también reportaron las tasas de éxito y complicaciones del procedimiento. Al igual que en nuestro estudio, el TBC se utilizó en niños de menor edad [4.6 meses (RIQ 0.7-38.7) vs 12.5 meses (2.4-41.6), p=0.014] y menor peso [6.4 kg (RIQ 3.2-16) vs 10.1 kg (RIQ: 4-17), p=0.063] y se observó una mayor tasa de éxito en la primera punción (65.4 vs 40 %, p=0.073) además de la reducción en el tiempo del procedimiento [30 (16-50) vs 40 (30-60) minutos, p=0.018] y una menor incidencia de punción arterial accidental (1.4 vs 7.3 %, p=0.006). Además, en el grupo de "otros accesos" hubo un caso de neumotórax, complicación potencialmente mortal en neonatos y lactantes críticamente enfermos. Si bien es difícil comparar ambos estudios de forma directa, ya que en el trabajo mencionado sólo el 54% de los procedimientos en el grupo de control se realizaron de forma

ecoguiada y el estudio incluyó todos los procedimientos de CVC (y no sólo aquellos realizados de forma urgente), las cifras de éxito en el primer intento son bastante similares y apoyan nuestro hallazgo principal.

Las guías de práctica clínica actuales, basadas tanto en evidencias como en recomendaciones de expertos, recomiendan de forma general el uso de la ecografía en la CVC en adultos y niños. (57,139,140)

En pacientes adultos se han realizado diversos ensayos clínicos y estudios aleatorizados bien diseñados y revisiones sistemáticas que han mostrado las ventajas (en cuanto a tasas de éxito) y la mayor seguridad (en cuanto a reducción de las complicaciones) en el caso de la canalización de la VVI.(178) Sin embargo, los resultados de la CVC ecoguiada en niños son más escasos y menos consistentes, especialmente en la población de niños gravemente enfermos ingresados en la UCIP.(142,161) Así, dos metaanálisis no han conseguido demostrar la superioridad de la ecografía en la canalización de la mientras que otro sí ha mostrado diferencias en favor de la ecografía, aunque señalando como limitación la existencia de un riesgo moderado-alto de sesgos en los estudios incluidos.(140,141,179) Por el contrario, los estudios no aleatorizados y las series de casos publicados, en general muestran unas altas tasas de éxito en la canalización ecoguiada (en muchos casos del 100%) con el uso de la ecografía en la canalización ecoguiada de la VVI. (161,180–182) Hay que tener en cuenta que la mayoría de dichos estudios se han realizado en el entorno controlado del quirófano por personal de anestesia, en pacientes estables, en ventilación mecánica y que habían sido anestesiados para realizar intervenciones quirúrgicas programadas, así como a cargo de equipos de acceso vascular especializados. Además, debe considerarse que el acceso a la VVI es el estándar en la CVC en el quirófano, un ambiente altamente controlado, muy distinto al de la UCIP, donde es habitual que la CVC se realice de forma urgente e imprevista, en niños inestables. Por ello, en nuestro estudio hemos considerado únicamente los procedimientos de CVC realizados de forma urgente, ya que estimamos que son más representativos del trabajo diario en la UCIP y de los procedimientos con mayor riesgo para los pacientes. Es de destacar que la mayoría de nuestros pacientes se encontraban en una situación de fallo respiratorio, la condición que más habitualmente lleva a un niño a la UCIP. Durante la respiración espontánea, el incremento del esfuerzo respiratorio en el contexto del fracaso ventilatorio ocasiona un colapso casi completo de la VVI, lo cual puede hacer su canalización extremadamente difícil y arriesgada, especialmente en el niño pequeño. Por esta razón es probable que se haya dado preferencia a la canalización del TBC en los niños más pequeños, a la vez que puede explicar las bajas tasas de éxito en la canalización de la VVI en nuestro estudio, cuando se comparan con las realizadas en quirófano.(161) No obstante,

nuestras tasas de éxito en el primer intento son similares a las reportadas en otros estudios que han utilizado la ecografía en la canalización de la VVI en pacientes en UCIP.(111,142,162) Así, en el estudio más extenso hasta la fecha que ha comparado la canalización ecoguiada de la VVI con la técnica clásica por referencias en niños de la UCIP, Frohlich y col observaron un aumento del éxito en la primera punción (55 vs 34 %) y éxito final (90 vs 88 %).(142) El 75% de sus pacientes estaban siendo ventilados mecánicamente en el momento del procedimiento y un 50 % recibían bloqueantes neuromusculares. La edad y peso eran de una mediana de 53 meses y de 18 kg respectivamente comparado con 19.5 meses y 13 kg nuestra cohorte. En el subgrupo de pacientes con un peso inferior a 16 kg (la mediana de su cohorte) el éxito en la canalización ecoguiada en el primer intento y final fueron de 35 y 79 %, muy similares a los obtenidos en nuestro estudio de niños más pequeños. En la cohorte de Frohlich, en el análisis multivariante el menor peso del paciente fue un factor asociado de forma independiente con un mayor número de intentos de punción. En nuestro estudio el peso del paciente se relacionó de forma inversa con el número de punciones y el tiempo de canalización en los procedimientos ecoguiados en la VVI. Estos resultados sugieren que la canalización de la VVI es más difícil el niño crítico, especialmente en los lactantes pequeños, que tienen un cuello corto, venas pequeñas que se colapsan fácilmente por la baja presión venosa lo cual junto a la inestabilidad clínica propia del paciente en UCIP puede hacer la canalización muy dificultosa incluso con la ayuda de la ecografía. (109)

En los últimos años el acceso supraclavicular ecoguiado al TBC por abordaje longitudinal "en plano" se ha utilizado fundamentalmente en el campo de la anestesia pediátrica. (87,108,113,114,183–188) Realizando al respecto una revisión no sistemática de todas las publicaciones hasta la fecha, hemos encontrado 16 artículos (14 series de casos y 2 estudios comparativos no aleatorizados) con un total de 1792 canalizaciones (Tabla 5.1). En 11 estudios se comunicaron las tasas de éxito en la primera punción con una mediana del 73 % (rango 65-88.7 %) y en 14 las tasas finales de éxito con una mediana del 97.6 % (rango 91-100 %). El número de complicaciones reportadas fue tan sólo de 30 (1.67 %) siendo la mayoría de ellas hematomas y posiciones no adecuadas de la punta del catéter. Hubo 9 casos de punción arterial accidental (0.5 %) y únicamente dos casos de neumotórax (0.1 %). Estos resultados absolutos no han sido igualados por ningún otro acceso venoso central en Pediatría, si bien es necesario resaltar que la mayoría de los estudios han sido realizados por personal con gran experiencia en el acceso vascular ecoguiado pediátrico. De todos modos, nuestros resultados, obtenidos por operadores con relativa poca experiencia están dentro de las cifras medias comunicadas en las series referidas. Por lo tanto, aunque es cierto que hasta que no se realicen estudios comparativos

aleatorizados no se podrán obtener conclusiones definitivas sobre la superioridad de la canalización del TBC en Pediatría, los resultados son realmente prometedores.

Tabla 5.1 (27): Resumen de los estudios publicados hasta la fecha sobre canalización del TBC en niños.

Autor	Año	Lugar	N	Peso (kg)	Edad (meses)	Éxito final	Éxito 1º intento	Complicaciones
Breschan C(87)	2011	QX	42	6.7 (0.96-21)	13 (IQR: 6.5-105)	100%	73%	0%
Rhondali O(106)	2011	QX	42	4.1 (-)	2 (-)	100%	81%	2.3% (1 NTX)
Breschan C (189)	2012	QX	183	3.7 (0.7-10)	-	98.9%	82%	-
Guilbert AS(183)	2013	UCIP/UCIN	42	6.5 (2-70)	6.5 (0-216)	97.6%	-	4.7% (1 NTX, 1 PA)
Byon HJ(190)	2013	QX	49	8.1 (2.6-17)	9.3 (0-35)	100%	65%	0%
Di Nardo M (113)	2014	UCIP	34	9.2 (IQR: 7-16.5)	12 (IQR: 5.7-63)	91%	76%	9% (3 MP)
Oulego Erroz I(188)	2015	UCIP	22	6 (IQR: 2.8-18)	5 (IQR: 2-40.5)	95%	73%	4.5% (hematomas)
Aytekin C(191)	2015	QX	34	3.4 (1.5-4.9)	-(0.3-7)	97%	-	0%
Breschan C(185)	2015	QX	79	3.4 (0.8-4.5)	-	100%	72	0%
Avanzini S(108)	2016	QX	109	-	41 (1-252)	99%	-	1% (1 PA)
Klug S(192)	2016	QX	106	12,9	34	100%	88.7%	6.6% (1 PA)
Nardi N(193)	2016	QX	615	14 (IQR: 7-27)	33 (IQR: 6-111)	98,1%	79,8	2.9% (5 PA)
Lausten-Thomsen (107)	2017	UCIP/UCIN	106	2.7 (0.7-4.8)	6 días (0-3)	97%	-	2.8% (3 H)
Oulego-Erroz I (194)	2017	UCIN	40	1.8 (0.7-4.8)	13 días (3-31)	95%	71%	5% (2 H)
Breschan C(186)	2018	QX	142	2.1 (2-2.5)	-	94%	70%	1%(PA=1)
Habas F(111)	2019	UCIN	147	6.4 (3.2-16)	4.6 (0.7-38.7)	-	65	2 PA (1.4) 8 MP (5.4%)

Pie: NTX, neumotórax; QX, quirófano; PA, punción arterial; H, hematoma; MP, posición inadecuada de la guía o CVC.

El acceso supraclavicular al TBC tiene diversas ventajas que es necesario destacar. En primer lugar, el TBC es la vena de mayor diámetro que es accesible a la canalización percutánea (excluyendo la canalización transhepática de la VCI realizada ocasionalmente bajo fluoroscopia).

El abordaje supraclavicular permite obtener una imagen longitudinal de la vena con inserción en plano de la aguja, lo cual permite mantener un control preciso de su trayectoria durante todo el procedimiento. Ello es esencial para evitar la punción accidental de estructuras vecinas como la arteria subclavia o la pleura del ápex pulmonar.

Otra ventaja del TBC es que este vaso se encuentra firmemente anclado a estructuras como la clavícula y esternón, de forma que no se desplaza ni se colapsa fácilmente con la presión de la aguja ni los movimientos respiratorios del paciente, aunque éste se encuentre en respiración espontánea y realizando un esfuerzo inspiratorio activo; lo cual es de gran importancia en el niño crítico.(113) Por el contrario, en estos niños la VVI se colapsa completamente con lo que es fácil que la aguja puncione la pared posterior del vaso, un factor que ha sido relacionado con la aparición de hematomas y mayor riesgo de complicaciones mecánicas.(195)

Por otro lado, nuestro estudio muestra que esta técnica puede disminuir el tiempo del procedimiento de canalización, lo cual es importante en niños inestables, que necesitan el acceso vascular sin demora y la realización de otros procedimientos diagnósticos y terapéuticos de forma inmediata.

Finalmente, en la literatura científica se ha comunicado que el éxito de la canalización del TBC es mayor en el lado izquierdo por la disposición menos angulada del vaso, aunque nosotros no hemos encontrado diferencias significativas en este aspecto. (87,113)

Una de las críticas que ha recibido el acceso ecoguiado al TBC es que requiere una gran destreza por parte del operador. En este sentido, en las guías de práctica clínica de la Sociedad Europea de Anestesiología recientemente publicadas, sólo se recomienda el acceso ecoguiado del TBC si se realiza por personal experimentado, aunque este concepto no queda claramente definido.(158) Para realizar la inserción en plano de la aguja se requiere una buena coordinación entre la mano que obtiene la imagen ecográfica y la mano que introduce la aguja, así como un exacto conocimiento de la anatomía de los grandes vasos intratorácicos. Para desarrollar la destreza necesaria en este acceso recomendamos que se practique la obtención de los planos ecográficos básicos antes de intentar la punción en el paciente real. No obstante creemos que la curva de aprendizaje de este acceso es menor que la de otras técnicas, algo sugerido por otros autores con anterioridad.(165,166,183)

En cuanto a las limitaciones de este estudio, una de ellas es el número relativamente bajo de pacientes y procedimientos incluidos. Aunque el estudio no ha sido aleatorizado y la elección de la VVI o el TBC corrió a cargo del médico responsable, los niños en los que se canalizó el TBC eran

más pequeños y de menor peso por lo que presumiblemente la canalización en estos casos debería ser más difícil. Por ello creemos que este hecho inherente al diseño del estudio no ha influido significativamente en los resultados obtenidos.

5.3.2 ESTUDIO TBC-2: CANALIZACIÓN DEL TBC EN NEONATOS DE MENOS DE 5 KILOGRAMOS DE PESO

Tras analizar los resultados de la canalización del TBC en comparación con la VVI en el niño crítico observamos que los pacientes de menor peso podrían ser los más beneficiados por esta nueva técnica. Las características especiales de esta población que ya han sido expuestas en una sección anterior (cuello corto, vasos pequeños, baja presión venosa con colapso venoso y alto riesgo de complicaciones mecánicas y durante el mantenimiento del CVC).

Por ello en un segundo trabajo hemos explorado la hipótesis de que la canalización del TBC podría ser una opción factible y segura en neonatos críticos. Para ello seleccionamos una población de neonatos (<28 días de vida) de menos de 5 kg de peso en el momento del procedimiento que estuvieran ingresados en la UCIN y en los que se hubiera intentado la canalización del TBC por abordaje supraclavicular a criterio del médico responsable.

El análisis de los datos recogidos nos indica que la utilización de este acceso venoso es técnicamente factible y segura en neonatos críticos incluso en aquellos de peso muy bajo al nacimiento. Las tasas de éxito fueron muy altas (95%) sin haber observado complicaciones de relevancia clínica. Consideramos que el hallazgo más relevante es que las tasas de éxito no fueron diferentes en los pacientes con muy bajo peso (<1500 gramos) con una tasa el primer intento (70 vs 74 %) y éxito final (94 vs 95.6 %) respecto a los neonatos más grandes, lo cual sugiere que este acceso podría ser una opción que considerar en esta población de tan especial dificultad y vulnerabilidad para la pérdida de accesos vasculares. Además, en nuestra serie, todos los CVC excepto uno (IACVC a los 15 días de su colocación), permanecieron colocados hasta se completó el tratamiento intravenoso y se consideró que ya no eran necesarios.

La mayoría de los neonatos ingresados en UCIN únicamente precisan un acceso venoso central para cuidados rutinarios como la administración de nutrición parenteral, fluidos y antibióticos. Por ello y por su accesibilidad, el acceso venoso de elección en los primeros días de vida es la vena umbilical (VU). (196) En general, cuando la VU ya no está disponible o para prevenir el

riesgo de complicaciones con la permanencia prolongada, la mayoría de los prematuros reciben un ECCs.(197) Sin embargo este tipo de CVCs son muy finos y ofrecen mucha resistencia al flujo resultando insuficientes en el prematuro y neonato gravemente enfermo que precisa reanimación con líquidos, múltiples infusiones intravenosas, extracciones sanguíneas frecuentes o monitorización hemodinámica invasiva de parámetros como la presión venosa central o la saturación venosa central. En estos casos, lograr la inserción de un CVC en una vena de mayor calibre suele ser vital. Sin embargo, la CVC percutánea es percibida como un procedimiento muy difícil en el neonato de bajo peso, con un riesgo muy alto de complicaciones serias por lo que frecuentemente es descartada por el neonatólogo quedando, por tanto, limitadas las opciones de acceso vascular en los prematuros más graves.

Tal como se ha comentado, la CVC ecoguiada de la VVI se está convirtiendo en el estándar en el adulto y, poco a poco, en el niño; sin embargo, no existen datos consistentes que demuestren su indicación preferencial en la población neonatal. La canalización de la VVI en el neonato es difícil por el pequeño diámetro de la vena, su tendencia al colapso y su frecuente solapamiento con la arteria carótida. (21,97,195) Por ello es necesario explorar y evaluar nuevas técnicas de acceso vascular central que puedan aportar soluciones en la población de prematuros y neonatos críticos.

Como se ha expuesto anteriormente las ventajas potenciales del acceso al TBC en niños pequeños hacen de esta técnica una opción muy atractiva especialmente en niños de bajo peso. Además de las características técnicas, el acceso supraclavicular permite realizar hemostasia por compresión de forma relativamente fácil lo cual es importante en el neonato afecto frecuentemente de coagulopatía y trombopenia.(113)

La salida del CVC hacia el brazo en vez de hacia el cuello puede disminuir la contaminación por las secreciones respiratorias a la vez que facilita los cuidados de enfermería lo cual podría reducir el riesgo de IACVC. En nuestro estudio observamos una tasa de infección asociada a CVC del 2.4/1000 días de CVC, llamativamente más baja que las comunicadas recientemente, por ejemplo, en la red canadiense de cuidados intensivos neonatales para las VU y ECCs (7.8-9.3/1000 días de CVC).(198) Este hallazgo, inesperado pero importante, requiere un estudio específico y nos ha llevado a plantear una nueva investigación a este respecto, que expondremos más adelante.

Sólo un estudio anterior ha evaluado específicamente los resultados de la canalización del TBC en neonatos en la UCIN. En él, Lausthen-Thomsen analizaron 106 procedimientos en neonatos con una mediana de peso de 2.63 kg. (107) Diez de los pacientes tenían un peso inferior a 1500

gramos. El éxito del procedimiento fue del 97.5 %. Sin embargo, los autores no mencionaron datos relevantes como las tasas de éxito en el primer intento, el número de punciones ni las complicaciones tardías. Nuestros resultados en neonatos críticos son similares a los de estos autores. En nuestra serie 17 procedimientos se realizaron en neonatos de muy bajo peso (<1500 gramos) y la mediana de peso de nuestra cohorte fue de 1,85 kg, la más baja de toda la literatura publicada. Aun así, obtuvimos unas tasas de éxito en el primer intento del 72.5 % y un éxito final en el procedimiento del 95 %, sin ninguna complicación grave. Debemos destacar que al igual que nuestro estudio en niños en UCIP (TBC-1), no observamos una relación entre el peso del paciente y el número de punciones necesarias para lograr la canalización o el tiempo que precisó el procedimiento. Estos hallazgos sugieren que esta nueva técnica ecoguiada de acceso supraclavicular al TBC es factible, y segura y no se ve influenciada por las limitaciones impuestas por el tamaño del paciente como sí se han observado con el acceso a la VYI u otros vasos centrales.

La decisión de insertar un CVC percutáneo de mayor calibre al habitual en un prematuro es controvertida debido a los riesgos y dificultades que hasta ahora se han percibido asociados a esta técnica y su escaso uso y experiencia en esta vulnerable población. Se deben valorar las ventajas y limitaciones relativas de un ECC en comparación con los riesgos de un CVC percutáneo de forma individual.

Los ECCs combinan ventajas de los CVP y los CVC como la inserción a pie de cana, bajo coste, compatibilidad con la mayor parte de las medicaciones intravenosas, una duración considerable en uso (varias semanas) y pocas complicaciones graves asociadas a su inserción. Ello, unido a que es el acceso que clásicamente aprende y realizan los profesionales que tratan neonatos críticos, hace que este sea el acceso de elección para la mayoría de los neonatos prematuros. De hecho, en nuestra serie la inserción de CVCs se ha realizado únicamente en casos muy seleccionados (pacientes hemodinámicamente inestables, sometidos a cirugía de alto riesgo o con accesos vasculares periféricos agotados) en los que se consideró que el beneficio del procedimiento era superior a los posibles riesgos. La principal desventaja de los ECCs es la dificultad en la progresión hasta una posición central del catéter con una tasa de fallos significativa incluso en manos expertas.(199,200) La posición “no central” de la punta del ECC se ha asociado a complicaciones importantes como daño tisular por extravasación, aumento del riesgo de IACVC, trombosis o disección de la pared vascular con salida del contenido infundido hacia el pericardio y taponamiento cardiaco.(201,202) Por otro lado, su pequeño calibre (1-2 French) ofrece mucha resistencia al flujo junto a que frecuentemente sólo pueden utilizarse ECCs de una luz impide la infusión simultánea de medicaciones incompatibles y limita la

velocidad total de infusión que se puede alcanzar. Además, los ECCs no permiten la extracción de muestras sanguíneas obligando a venopunciones repetidas, en general difíciles, molestas y no exentas de sus propias complicaciones (infección de tejidos blandos, osteomielitis, bacteriemia). Los neonatos más graves como son aquellos con enterocolitis necrosante que precisan cirugía, en nuestra opinión se benefician de la inserción de un CVC percutáneo de mayor calibre (3-4 French) en una vena central. Apenas se dispone de estudios que hayan comparado los ECCs con los CVC en neonatos. En un estudio reciente se comparó la inserción de ECCs con la canalización ecoguiada de la VVI en prematuros y se observó que la canalización de la VVI se asoció a menor número de punciones, mayores tasas de éxito en el primer intento y menor duración del procedimiento. En dicho estudio, la tasa de éxito en la primera punción de los ECC fue del 0 % y el éxito final del 80 %, comparado con un 64 y 90 % respectivamente en la inserción ecoguiada de la VVI.(199)

Nuestro estudio está limitado fundamentalmente por la ausencia de un grupo control y el escaso número de pacientes incluidos. Consideramos que, aunque este nuevo acceso puede tener muchas ventajas y por lo tanto un gran potencial para mejorar las pautas de acceso vascular en Neonatología, es necesario un entrenamiento específico y adquirir destreza en la técnica, especialmente en el seguimiento “en plano” de la aguja, ya que el margen de error cuando la técnica se realiza en neonatos es más estrecho que en niños de mayor tamaño. (105,203) De todos modos, nuestros resultados nos inducen a pensar que la disponibilidad de este nuevo acceso al TBC puede expandir las indicaciones actuales de los CVCs percutáneos en neonatos incluidos los niños prematuros de bajo peso. Para ello, futuros estudios, que idealmente deberían ser ensayos clínicos multicéntricos y aleatorizados, podrían comparar el acceso ecoguiado a la VVI o al TBC con el uso de ECCs.

5.3.3 ESTUDIO TBC-3: COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE IACVC EN LA CANALIZACIÓN DEL TBC COMPARADA CON LA COLOCACIÓN DE ECC EN PREMATUROS

La IACVC es una de las complicaciones más importantes durante el uso de CVCs en prematuros. Se ha demostrado un impacto negativo no sólo en las tasas de mortalidad, sino que se asocia de forma significativa a un incremento de los costes en la asistencia y lo que es más importante, un peor desarrollo neurológico a largo plazo. (204,205) Los prematuros que sufren infecciones nosocomiales, ya sea una IACVC (lo más frecuente), o una enterocolitis necrotizante, tienen

tasas más altas de retraso en el desarrollo con tasas más elevadas de parálisis cerebral, déficit auditivo o visual, que los prematuros de la misma edad gestacional que no sufren esta complicación.

Es conocido que el riesgo de IACVC es mayor en los prematuros que en otros niños y los adultos. Los factores que contribuyen a este fenómeno son la inmadurez de los órganos y sistemas en el prematuro incluido el sistema inmunológico, la frecuente necesidad de cuidados críticos y los largos tiempos de permanencia del CVC. (206)

Se han realizado enormes esfuerzos en los últimos años para tratar de reducir la tasa de IACVC en el prematuro, teniendo en cuenta que el factor más determinante en la aparición de una IACVC es el tiempo de permanencia del CVC. Se sabe que la colonización del catéter y la aparición de una IACVC en los CVC colocados en vena umbilical aumenta a partir del 4-5º día de inserción y se hace máximo a partir del 10º día. Por ello la mayor parte de los expertos recomiendan retirar el CVC umbilical lo antes posible a partir del 4º día de inserción. Por el contrario, con los ECCs se sabe que el riesgo comienza a partir de los 4 días de inserción y sigue aumentando de forma más o menos constante durante las 3 primeras semanas tras la inserción. No existe una recomendación clara de cuándo deben retirarse los ECCs, ya que es difícil identificar un punto a partir del cual el riesgo aumentará de forma significativa. Por ello, en general, no se recomienda el recambio rutinario de los ECCs si no hay una sospecha clínica de IACVC. Además del tiempo de inserción, existen múltiples factores que influyen en las tasas de IACVC, entre los que se encuentran la edad gestacional, el peso al nacimiento, el uso de antibióticos de amplio espectro, la nutrición parenteral, la necesidad de cirugía, etc. Dentro de las medidas encaminadas a la reducción de la carga de IACVC se encuentran las políticas de inserción y mantenimiento del CVC encuadradas dentro de la estrategia de “bacteriemia zero” e incluyen entre otras: la máxima asepsia en la inserción, la utilización de personal experto (equipos de terapia intravenosa), la retirada precoz del CVC, los protocolos de mantenimiento del CVC (vigilancia de signos de infección, uso de apósitos transparentes, manipulación aséptica y mínima, reducción del tiempo de nutrición parenteral o antibioterapia innecesaria, etc.). (207–209)

Un aspecto que se ha relacionado con las tasas de IACVC es el tipo de catéter y la localización anatómica de la inserción.(116,210) En adultos se ha demostrado que la IACVC es menor en los CVC colocados en la VS en comparación con la VYI o la VF.(6) En niños críticos no se ha podido confirmar o refutar esta observación por lo que, a diferencia de los adultos, no se incluye la recomendación de la preferencia por la VS dentro de una estrategia de reducción de la IACVC. En neonatos se ha prestado muy poca atención a este factor, ya que tradicionalmente la

inserción percutánea de CVC se ha considerado un procedimiento de riesgo alto y técnicamente difícil, por lo que la mayor parte de los neonatólogos lo suelen descartar como opción de acceso vascular central en el prematuro. Es por ello interesante el resultado de este estudio en el que hemos encontrado una tasa de IACVC significativamente menor con el uso la técnica ecoguiada para canalización del TCB comparado con el uso de los ECCs convencionales. Es importante destacar que dicha diferencia la hemos observado a pesar de que los CVC en TBC se colocaron en los niños con mayor riesgo clínico de infección y dichos catéteres permanecieron colocados y funcionando correctamente más tiempo que los ECCs. (211)

En niños se ha considerado que los PICCs (entre los que se encuentran los ECCs) tienen un menor riesgo de IACVC comparado con los CICC, aunque los resultados de los pocos estudios disponibles son contradictorios.(212,213) Hasta ahora, en neonatos ningún estudio ha comparado los CVC en TBC con los ECCs, y aunque no existe evidencia que lo avale también se piensa que los CICC tienen mayor riesgo de IACVC que los ECCs. (214) Sólo existe un estudio pediátrico realizado por Habas y col. en una UCIP italiana en el que se demostró que la técnica ecoguiada de inserción supraclavicular en TBC redujo las tasas de IACVC comparado con otros accesos convencionales como la VYI, VF o VS infraclavicular (2.8/1000 días vs 8.9/1000 días; $p=0.006$). (111) Además, en dicho estudio la tasa de TAC también fue significativamente menor en las inserciones a través del TBC. En otro estudio de carácter retrospectivo, Biasucci D y col observaron un marcado descenso de la IACVC utilizando una guía de inserción y mantenimiento de CVCs que incluía una evaluación sistemática del capital venoso del paciente antes de elegir el acceso venoso mediante el protocolo RaCeVa (ver en la introducción el apartado 4.1)(60). Tras el inicio del protocolo se produjo un cambio radical en el lugar de inserción de los CVC (85% se colocaron en TBC comparado con un 0% en el periodo anterior). Dicha política se asoció a una importante reducción de la tasa de IACVC desde 15/1000 días a 1.5/1000 días ($p<0.001$). (215) Otros aspectos novedosos del protocolo fueron la creación de un túnel subcutáneo de forma sistemática en todos los CVCs, la fijación del catéter sin suturas, utilizando pegamentos biológicos y un programa específico de entrenamiento basado en la simulación. Por ello es difícil saber hasta qué punto el factor individual "cambio en la localización de la inserción" es responsable de la disminución de las tasas de IACVC en dicho estudio.

Las ventajas técnicas de la técnica ecoguiada con abordaje supraclavicular al TBC se han señalado en apartados anteriores y han sido objeto de revisión en la literatura reciente.(186,216) Las principales incluyen: al acceso a una vena de gran calibre, control preciso de la aguja a medida que se introduce bajo la piel, elevadas tasas de éxito en la primera punción, con muy pocas complicaciones y su aplicabilidad incluso en lactantes pequeños y neonatos.(216)

Sin embargo, las razones por las cuales este acceso venoso puede reducir las tasas de IACVC no son obvias. Dentro de la patogenia de la IACVC se ha implicado la activación de la coagulación y la formación de vainas de fibrina en la superficie del catéter. Parece que esta fibrina interviene en la formación de los *biofilms* favoreciendo el crecimiento bacteriano y la colonización de la superficie extra luminal del CVC.(217,218) Es posible que el acceso a través del TBC, al tener una tasa muy elevada de éxito en el primer intento de punción reduzca el daño endotelial, la trombogénesis y la formación de vainas de fibrina y biofilms en los catéteres. De hecho, en nuestro estudio el número de punciones fue un factor independiente asociado negativamente a la aparición de IACVC. Por otro lado, la estasis del flujo sanguíneo es uno de los factores clásicos implicados en la patogenia de la trombosis. EL TBC es la vena con mayor flujo en el cuerpo, a la que se puede acceder de forma percutánea, lo que permite mantener una ratio óptima entre el diámetro del CVC respecto a la vena, lo que podría redundar en un menor riesgo de estasis sanguíneo y formación de coágulos de fibrina.(219–221) La salida cutánea del CVC hacia el área supraclavicular lateral lo aleja de las secreciones respiratorias y la humedad de otras localizaciones como el cuello o el pliegue inguinal, lo cual reduce la exposición a la contaminación en estas áreas, además de facilitar la adhesión y el mantenimiento de los apósitos de fijación. (112,153) Estos factores se han asociado a la IACVC y forman parte de las razones que se han esgrimido para explicar las menores tasas de IACVC en el acceso a VS en los pacientes adultos. Finalmente, el uso de un CVC corto y de mayor calibre, como son los colocados a través del TBC, permite la extracción repetida de analíticas durante su uso, lo que reduce drásticamente la necesidad de venopunciones periféricas, factor que se ha relacionado con el riesgo de bacteriemia y colonización del ECC en Neonatos.(222)

La canalización de la VU sigue siendo el acceso central de elección en neonatos durante los primeros días de vida. Como se ha comentado, tras los primeros 4-5 días se recomienda su retirada electiva y sustitución por un ECC, en caso de que el paciente siga requiriendo un CVC.(211) Los ECCs tienen ventajas que han hecho que se conviertan en el acceso a la circulación central más utilizado en el periodo neonatal. Pueden insertarse a pie de cama sin sedación y con un bajo riesgo de complicaciones inmediatas graves y permiten flujos entre 1-2 ml por minuto dependiendo del calibre, lo que suele ser suficiente en la mayoría de los casos para el tratamiento rutinario con líquidos, nutrición o la administración de antibióticos.(223) Sin embargo, los ECCs no permiten las extracciones sanguíneas, la monitorización de presiones invasivas, la infusión rápida de líquidos durante la reanimación o la administración simultánea de varias infusiones, que suelen ser necesarias en los prematuros más enfermos. Además, las tasas de fallo en la inserción son considerables (incluso en manos expertas) y la progresión de

estos dispositivos hasta una posición central es difícil, de modo que muchas veces la punta del CVC no se aloja en la posición ideal. (224) Finalmente, es frecuente la extravasación, la flebitis, la trombosis o incluso la rotura del catéter, lo que obliga en muchas ocasiones a una retirada prematura o recambios repetidos. (201)

La experiencia clínica reciente indica que el acceso al TBC tiene ventajas técnicas sobre los ECCs y un mayor rendimiento como dispositivo de acceso vascular en los niños.(60,107,110,158,225) Si además se confirman unas menores tasas de IACVC, ¿por qué no se habrían de utilizar de forma generalizada en el prematuro que sigue necesitando un CVC tras la retirada del acceso a la VU?. En nuestra opinión, todavía existen limitaciones significativas para el uso rutinario de esta técnica en el prematuro. La inserción percutánea de un CVC a través del TBC es un procedimiento delicado, especialmente en los niños prematuros, con un riesgo potencial de complicaciones graves, como neumotórax o punción arterial. Para ser realizada de forma segura se requiere que el paciente esté profundamente sedado e inmóvil, lo cual no es aconsejable en muchos casos por los riesgos asociados (apnea y depresión respiratoria, efectos deletéreos de la anestesia en el desarrollo neurológico, etc.). Por ello, la necesidad de sedación profunda puede ser considerada una contraindicación relativa para esta técnica en el prematuro bajo ventilación mecánica no invasiva, algo habitual en las UCINs. Para que esta técnica se implementase de forma completa sería necesario, además, disponer de un personal entrenado y competente en la técnica de acceso vascular ecoguiado las 24 horas del día. Finalmente, los estudios que demuestran buenos resultados con esta técnica se han realizado fundamentalmente por equipos de profesionales con gran experiencia en el acceso vascular (equipos de terapia intravenosa, anestesistas, etc.) y se trata de series de casos más o menos amplias, sin establecerse ningún tipo de comparación con las técnicas convencionales como el ECC. Las tasas de éxito en estos estudios han sido muy elevadas (cerca del 100%), por lo que también es posible que exista un sesgo de publicación. (107,108,216) Pese a todo ello, si nuestros resultados se ven confirmados en estudios prospectivos y comparativos más amplios, la reducción de la IACVC asociada con este acceso debería ser un factor adicional a tener en cuenta en la elección del acceso vascular y podría extender su indicación en el campo de la neonatología.

Nuestro estudio adolece de varias limitaciones. En primer lugar, se trata de un análisis retrospectivo no aleatorizado, en un solo centro hospitalario. Por ello sus resultados se deben considerar como una “prueba de concepto” y ser cautos a la hora de trasladarlos a la práctica clínica. En nuestra muestra, como en otros estudios relacionados con el TBC, la inserción fue realizada por un único intensivista pediátrico, con amplia experiencia en el acceso venoso

ecoguiado, mientras que los ECCs fueron colocados por un equipo de 10 enfermeras neonatales, que podrían tener diferentes grados de experiencia y destreza. (226) Sin embargo, todas ellas eran personal de enfermería neonatal específico y utilizaron el mismo protocolo de inserción para todos los ECCs. Además, la política de mantenimiento del CVC fue común, tanto para los TBCs como para los ECCs. Con todo ello y dado que los CVCs en el TBC se utilizaron en niños más gravemente enfermos y durante más tiempo, es poco probable que existiera un sesgo en favor de la técnica ecoguiada (TBC) respecto al ECC convencional.(107,184,185,216) Finalmente, la tasa de IACVC en nuestro estudio, así como en los estudios similares de la red de Hospitales en España, fue muy elevada en comparación con otras poblaciones de referencia como la alemana o estadounidense, por lo que nuestros resultados puede tener poca validez externa, algo que también debe considerarse entre las limitaciones de nuestro trabajo. (150,227)

6. RESUMEN

Introducción

El acceso vascular es una técnica esencial en el tratamiento del niño hospitalizado. Los pacientes graves o que requieren tratamiento intravenoso a largo plazo precisan frecuentemente un acceso venoso central.

En la última década se ha incorporado la ecografía en el acceso vascular habiendo demostrado mejorar la eficacia y seguridad de los procedimientos. La mayoría de la evidencia en este campo proviene del adulto o de la Anestesia Pediátrica. Sin embargo, gran parte de los pacientes en los que se realizan estas técnicas son niños o neonatos críticos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos. Precisamente estos pacientes suponen por sus características clínicas (situaciones de urgencia con inestabilidad clínica) el mayor reto en el acceso vascular. Sin embargo, existe un número relativamente escaso de estudios realizados específicamente en esta población.

Objetivo y Métodos

El objeto de esta Tesis Doctoral ha sido generar nuevas evidencias en el conocimiento sobre el acceso vascular ecoguiado en la población de niños y neonatos críticos.

El proyecto del que emanan los datos presentados en esta Tesis Doctoral consta de dos iniciativas de las que el autor de esta Tesis fue impulsor y coordinador principal: el registro de acceso vascular (RECANVA), un estudio observacional prospectivo y multicéntrico en 26 UCIPs españolas bajo el auspicio de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) donde se analizaron las prácticas en acceso vascular en niños críticos y el impacto del uso de la ecografía y un registro de acceso vascular ecoguiado en el Complejo Asistencial Universitario de León, que comenzó en el año 2013 y que actualmente continúa centrado en el acceso vascular en neonatos y lactantes pequeños. A partir de este último registro, se realizaron varios trabajos en el Complejo Asistencial Universitario de León centrados en una nueva técnica de acceso vascular consistente en la canalización ecoguiada del TBC por acceso supraclavicular.

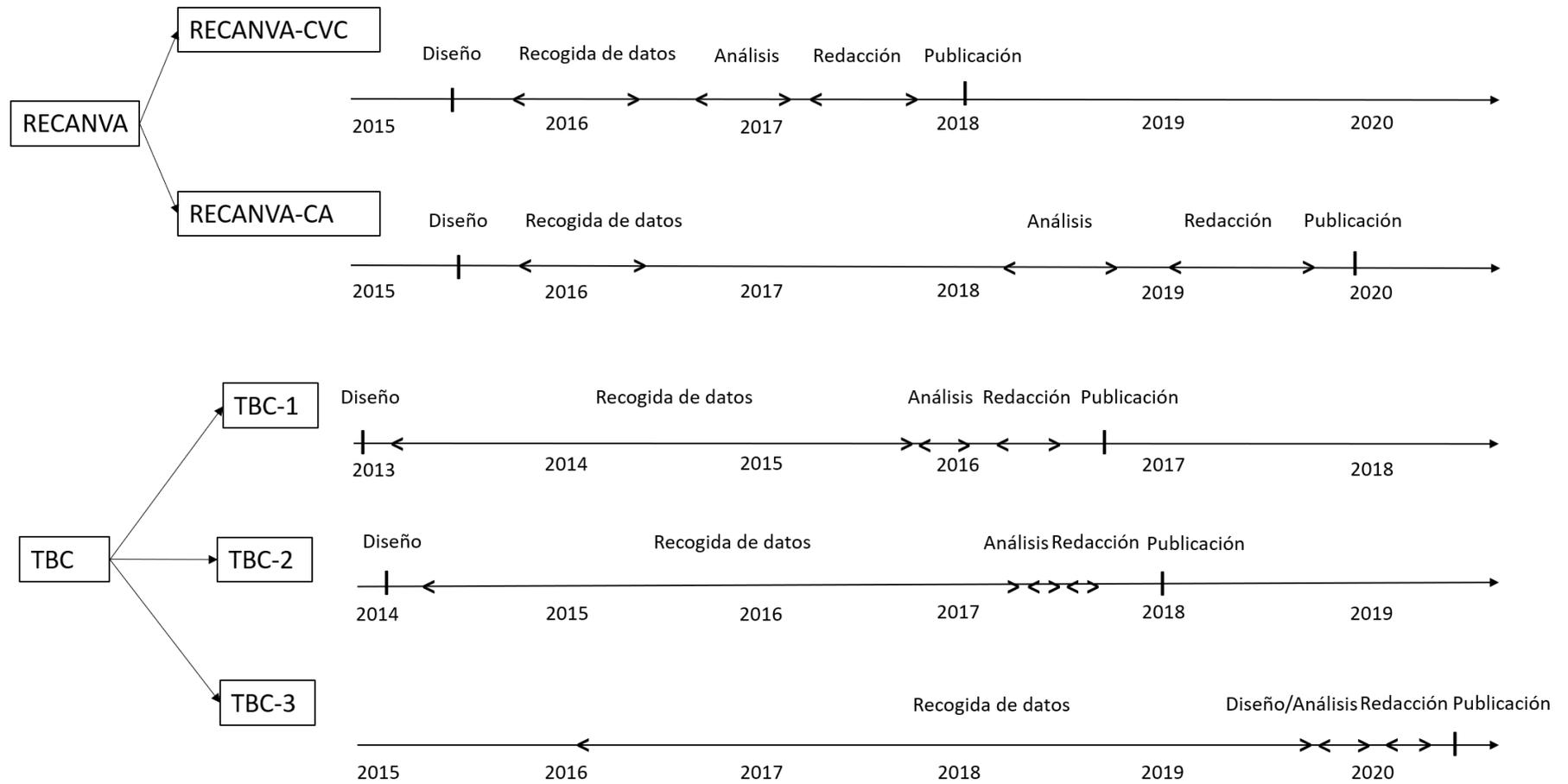
En cuanto al registro RECANVA el primer análisis se centró en la CVC. El objetivo principal de este primer análisis fue determinar si la técnica ECO era superior a la REF en cuanto a la eficacia y seguridad del procedimiento. La variable resultado principal fue el éxito de canalización en el primer intento de punción vascular, y las variables secundarias incluyeron entre otras el éxito global del procedimiento o las complicaciones derivadas. Para el análisis primario se utilizó la metodología de emparejamiento por las puntuaciones de propensión (*“propensity score*

matching”) que se ha demostrado como la más eficaz a la hora de disminuir los sesgos propios de un estudio observacional. Dentro de los datos generados en el estudio RECANVA, el segundo análisis se centró en los procedimientos de canalización arterial. Se estudiaron los procedimientos de canalización realizados en la UCIP. En este caso, se incluyeron solo los procedimientos ECO por técnica dinámica o en tiempo real. Se compararon los grupos ECO y REF en cuanto a las tasas de éxito y complicaciones mediante test paramétricos y no paramétricos, así como modelos de regresión logística y multivariante.

En cuanto al registro de acceso vascular ecoguiado del Complejo Asistencial Universitario de León; se realizaron varios trabajos centrados en una nueva técnica de acceso vascular consistente en la canalización ecoguiada del TBC por acceso supraclavicular. Se analizaron primero las posibles ventajas técnicas en comparación con la canalización ecoguiada de la VUI (Estudio TBC-1), posteriormente se estudió la factibilidad, eficacia y seguridad de la técnica en los neonatos menores de 5 kg de peso (Estudio TBC-2) y finalmente se analizaron las posibles ventajas en cuanto al riesgo de IACVC en prematuros menores de 1500 gramos (estudio TBC-3). TBC-1 fue un estudio fue observacional no aleatorizado y la elección de la técnica de canalización la realizó el médico responsable. Se compararon los resultados de la canalización ecoguiada del TBC con el abordaje “transversal fuera de plano” de la VVI mediante test no paramétricos y modelos de regresión. En TBC-2, también un estudio prospectivo observacional, analizamos los procedimientos de canalización del TBC realizados específicamente en niños con un peso menor a 5 kg ingresados en Cuidados Intensivos Neonatales. La muestra se dividió en niños prematuros con un peso inferior a 1500 gramos y niños con un peso superior a 1500 gramos. El objetivo de esta división fue esclarecer si el peso del paciente es un factor limitante en la utilización de la canalización ecoguiada del TBC. Nuevamente utilizamos test no paramétricos, así como modelos de regresión lineal. En TBC-3 decidimos estudiar de forma específica las tasas de IACVC del TBC en comparación con el acceso estándar con catéteres ECC en niños prematuros de menos de 1500 gramos. Realizamos un análisis de cohortes retrospectivo sobre la muestra de neonatos de <1500 gramos que habían recibido un CVC a través del TBC o un ECC. Se emparejaron los procedimientos en TBC con los ECC en base al peso al nacimiento (+/- 100 gramos), el sexo y el año de inserción. Realizamos curvas de Kaplan Meier y análisis de regresión proporcional de Cox como análisis estadísticos principales para analizar la asociación de la técnica de canalización del TBC con el riesgo de IACVC.

A continuación, se muestra el cronograma de los estudios realizados y que culmina con publicación de esta Tesis Doctoral (Figura 6.1)

Figura 6.1 (89): Cronograma de los estudios que forman parte del proyecto de Tesis Doctoral



Resultados

En el registro RECANVA participaron 26 UCIPs españolas representativas del espectro de UCIPs (desde hospitales de referencia nacional con programas avanzados como el trasplante de órganos o la cirugía cardíaca hasta unidades pequeñas de ámbito comunitario y menor complejidad). El registro tuvo una duración de 6 meses en el que se contabilizaron 500 procedimientos de CVCs, 161 procedimientos de canalización arterial y 171 procedimientos de canalización de PICCs. Sólo se incluyeron los procedimientos realizados por personal de la UCIP y que involucraran la canalización de accesos temporales percutáneos excluyendo los procedimientos realizados en el quirófano o el acceso vascular a largo plazo.

Como comentamos anteriormente, el primer análisis de RECANVA se centró en la CVC. De los 500 procedimientos registrados, 323 fueron realizados con ECO y 177 con REF. Mostramos que la canalización ECO se asoció a un aumento del éxito en el primer intento de punción [46.6 vs 30 %; OR 2.09 (IC 95 %: 1,26-3.46), $p < 0.01$] y disminución del riesgo de complicaciones mecánicas [12 vs 22.5 %; OR 0.47 (IC 95 %: 0.24-0.91), $p < 0.05$]. Los análisis complementarios (modelo de efectos mixtos para controlar el efecto del centro hospitalario; análisis por la probabilidad inversa de tratamiento y la regresión multivariante) así como el análisis de sensibilidad (estudio limitado a unidades con una estrategia homogénea en la elección de la ECO vs REF) confirmaron los resultados del análisis primario. En el análisis de subgrupos se observó que la mejoría en los resultados con la ECO sucedió sobre todo a expensas de la canalización de la VVI donde la ECO mejoró todas las variables de resultado en comparación con REF incluyendo el éxito en la primera punción [59 vs 23 %; OR 4.1 (IC 95 %: 1.3-13.2), $p = 0.016$], el éxito global [91 vs 73 %; OR 5.81 (IC 95 %: 1.8-18.7), $p = 0.003$], las complicaciones [11.7 vs 36.8 %; OR 0.19 (IC 95 %: 0.06-0.61), $p = 0.005$] o el número de punciones necesarias [1 (1-2) vs 3 (2-5); coeficiente :B -1.19 (IC 95 %: -1.94, -0.45), $p = 0.02$] así como en los procedimientos realizados por personal con menos experiencia en acceso vascular (<5 años de trabajo en la UCIP): éxito en el primer intento OR 2.34 (1.13-4.82), $p = 0.021$; éxito final OR 1.74 (1.11-2.81), $p = 0.023$ y complicaciones OR 0.45 (0.17-0.89), $p = 0.026$. De forma secundaria, se observó que el peso del paciente fue un factor asociado de forma negativa tanto al éxito del procedimiento como al número de punciones realizadas y las complicaciones ($p < 0.01$ en todos los análisis realizados). Los pacientes con menos de 10 kg de peso y especialmente los menores de 5 kg de peso obtuvieron los peores resultados tanto con la ECO como con la técnica clásica por REF. Otros de los hallazgos secundarios relevantes fue que el efecto de la técnica ECO en la reducción de las complicaciones estuvo mediado por la reducción en el número de punciones, que fue en

realidad el factor más importante [>3 punciones vs. 1 punción: OR 46 (IC 95%: 13.7-172), $p<0.001$].

En el análisis de los procedimientos de canalización arterial se incluyeron 78 procedimientos por ECO y 83 mediante palpación del pulso arterial REF. No encontramos diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas en el análisis principal. Únicamente encontramos una diferencia en favor de la ECO en el tiempo de canalización [95 (RIQ: 60-600) vs 180 (60-600) segundos, $p=0.011$]. El ajuste por variables de confusión mediante regresión multivariante no modificó los resultados y siguió sin observarse una diferencia entre los grupos. En el análisis de subgrupos se encontraron ligeras ventajas en favor de la ECO en las canalizaciones arteriales realizadas por personal con poca experiencia únicamente en lo referente al éxito final del procedimiento (86.1 vs 62.3 %, $p<0.05$) y las complicaciones (10.8 vs 32.5 %, $p<0.05$) así como una tendencia estadística ($p<0.1$) a mejores resultados con la ECO respecto a REF en la canalización de la AR tanto en las tasas de éxito en el primer intento (45.4 vs. 30.3 %, $p=0.071$), el éxito global (90.9 vs. 72.7 %, $p=0.096$) y las complicaciones (0 vs. 24 %, $p=0.056$); que aunque no alcanzaron la significación estadística por falta de muestra consideramos de relevancia clínica.

Al igual que en el análisis de la CVC el número de intentos de punción fue un factor claramente asociado a la aparición de complicaciones con una asociación independiente en el análisis de regresión (OR 1.52 (IC 95 %: 1.2-1.93); $p<0.001$; por cada intento adicional de punción). Sin embargo, al contrario que con el acceso venoso, el peso del paciente no se asoció de forma independiente al éxito del procedimiento o las complicaciones. La dificultad en puncionar el vaso está íntimamente relacionada con el tamaño del mismo, lo cual está determinado a su vez por el tamaño del paciente. En relación a esto, en nuestro estudio, observamos que la causa de fracaso de canalización fue el fallo en la punción con ECO tan solo en el 27.7 % comparado con el 47.8 % en el grupo REF ($p=0.027$). Esto indica que, aunque la ECO parece facilitar la punción del vaso esto no se traduce en una mejoría de las tasas de éxito en la canalización, indicando que el éxito en la canalización arterial depende de otros factores como el paso de la guía o la ocurrencia de vasoespasmo arterial, sobre las cuales el uso de ECO no parece tener un efecto beneficioso significativo.

En TBC-1 se incluyeron 22 procedimientos en el grupo de TBC y 24 en el grupo de VVI con una edad mediana de 13 meses y peso de 9.5 kg. El TBC se utilizó en niños de menor peso [6 kg (RIQ:2.8-18) vs 13 kg (RIQ: 5.8-29.7)] en probable relación a la percepción sobre las ventajas en este grupo de mayor dificultad en el acceso venoso central. La técnica de canalización del TBC

se asoció a una mayor tasa de éxito en el primer intento de punción (73 vs. 37.5 %, $p=0.017$), menos intentos de punción [1 (RIQ: 1-3) vs 2 (RIQ: 1-4), $p=0.007$] y tiempo de canalización [66 segundos (RIQ:25-300) vs 170 segundos (RIQ: 89-347), $p>0.001$]. Así mismo observamos una correlación inversa significativa entre el peso del paciente y el número de intentos de punción en el grupo de canalización de la VVI (coeficiente $r -0.537$, $p=.007$), pero no en el del TBC indicando que, a diferencia de la VVI, el peso no parece suponer una limitación para la realización de la técnica de canalización del TBC. Ello sugiere una potencial ventaja del TBC en los niños de bajo peso. Finalmente, tras controlar por factores de confusión observamos que el uso del TBC fue un factor independiente asociado al éxito de canalización en un intento de punción [OR 6.69 (95 % CI: 1.4-31.8); $p= .016$]. En este primer estudio piloto confirmamos las potenciales ventajas del abordaje del TBC en comparación con una técnica estándar ampliamente validada en la literatura.

En TBC-2, analizamos 40 procedimientos en 37 pacientes durante un periodo de 3 años. La mediana de peso en el momento del procedimiento fue 1.85 kg (rango 0.76-4.8) y este se realizó a los 13 días de vida (rango 3-31). Todos los pacientes se encontraban en una situación de inestabilidad clínica y se consideraron candidatos a la canalización de una CVC percutáneo de 3-4 French. La muestra incluyó 17 pacientes con un peso inferior a 1500 gramos. La tasa de éxito en el primer intento fue del 72.5 %, la tasa de éxito global fue del 95 % y el número de intentos de punción fue de 1 (rango: 1-4). La tasa de complicaciones fue del 5 % siendo todas ellas complicaciones menores, sin observarse casos de neumotórax o punción arterial accidental. No observamos diferencias en la tasa de éxito o el número de punciones entre los niños prematuros de <1500 gramos y los de mayor peso. Este hallazgo parece confirmar nuestros resultados previos e indica que esta técnica no se encuentra limitada por el peso del paciente pudiendo realizarse con seguridad incluso en prematuros de bajo peso, una población en la que tradicionalmente la inserción percutánea de CVC no suele realizarse en base a su dificultad y riesgos asociados. Es de destacar un hallazgo de este estudio inesperado y de gran relevancia. Observamos que durante el periodo de estudio ningún paciente que recibió canalización del TBC tuvo episodios de trombosis asociada a CVC y que la tasa de IACVC del TBC fue solo de 2.83/1000 días de catéter, una cifra muy inferior a la habitualmente reportada en población neonatal y a la de nuestro propio centro en el mismo periodo de estudio.

En TBC-3 se incluyeron 21 procedimientos en TBC y 75 ECCs durante un periodo de 4 años (933 días de catéter). Las indicaciones del CVC difirieron significativamente entre los dos grupos. Mientras que la inmensa mayoría de los pacientes que recibieron un ECC lo hicieron para cuidados de rutina (nutrición parenteral, líquidos, antibióticos) tras la retirada del acceso del

catéter en VU, los CVC en TBC se indicaron en contexto de sepsis/shock, cirugías de alto riesgo, fracaso respiratorio grave y pérdida de accesos venosos periféricos tras punciones repetidas. Como consecuencia de ello, los pacientes que recibieron un CVC sufrían de más comorbilidades (días de ventilación mecánica, soporte vasoactivo, incidencia de enterocolitis etc.) y el tiempo de permanencia del CVC fue mayor. La variable principal del estudio fue la tasa de IACVC expresada como densidad de incidencia (infección por cada 1000 días de catéter). Las variables secundarias fueron el porcentaje de episodios de IACVC por paciente, el porcentaje de IACVC por catéter colocado y la combinación de porcentaje de IACVC o muerte. Se analizaron las curvas de supervivencia libre de infección de ambos grupos mediante el método de Kaplan-Meier y se realizó un análisis de regresión de Cox para determinar si la colocación de un ECC fue un factor de riesgo de IACVC comparado con la colocación de un catéter en TBC tras ajuste por otros factores de riesgo de IACVC como la edad gestacional, la duración del tratamiento antibiótico, nutrición parenteral o transfusiones entre otros. La inserción del CVC en TBC tuvo una tasa de éxito en primera punción superior al ECC (80.9 vs 42.6 %; $p < 0.001$), así como un menor número de punciones necesarias [1 (1-1) vs 2 (1-3); $p < 0.001$] y un menor número de venas puncionadas [(1 (1-1) vs 2 (1-3); $p = 0.006$)] para lograr la colocación exitosa. Observamos una reducción significativa en la tasa de IACVC con el uso del TBC en comparación con el ECC (3.05/1000 días vs 21.1/1000 días; $p < 0.001$). Durante el periodo de estudio ocurrió un episodio de IACVC (4.7 %) en un paciente con catéter en TBC comparado con 12 episodios en 58 pacientes (20.7 %) con ECC ($p = 0.089$). No hubo diferencias significativas en el porcentaje de IACVC por catéter ($p = 0.121$) o en la variable combinada porcentaje de episodios de IACVC o muerte ($p = 0.202$). En el análisis de supervivencia el uso del TBC se asoció a un mayor tiempo libre de IACVC (log rank test; $p = 0.002$). En la regresión logística el uso de ECC (en comparación con TBC) aumentó el riesgo de IACVC de forma independiente (Hazard ratio 36; IC 95 %: 2.5-511; $p = 0.008$). El número de punciones necesario para la inserción del catéter [Hazard ratio: 1.8 (IC 95 %: 1.2-2.7); $p = 0.004$], así como la presencia de SDR con necesidad de surfactante [Hazard ratio 11.1 (IC 95 %: 1.2-101); $p = 0.033$] también se asociaron de forma independiente a la IACVC, aunque la asociación de este último factor fue de una significación estadística residual. Nuestros resultados muestran que el TBC no sólo presenta ventajas en la inserción de otros CVC, sino que además puede redundar en la reducción de las complicaciones durante el mantenimiento del catéter. Los factores que pueden contribuir a nuestros hallazgos incluyen: el alto porcentaje de inserción en la primera punción con menor trauma sobre el endotelio vascular, la salida del CVC hacia la zona del brazo evitando la humedad y el contacto con secreciones de la vía aérea lo cual facilita la adhesión de los apósitos y un mejor cuidado del punto de inserción y el mayor tamaño del vaso lo cual permite una mayor ratio entre el diámetro del CVC y el vaso con un flujo laminar.

Todos estos factores podrían reducir el trauma vascular endotelial y el riesgo de colonización. Nuestros hallazgos, de confirmarse en futuros estudios, podrían ampliar las indicaciones del acceso venoso al TBC en la población de neonatos críticos que precisan un CVC de gran calibre.

7. LO QUE NOS FALTA POR CONOCER Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

7.1 LO QUE NOS FALTA POR CONOCER

El uso de la ecografía para guiar los procedimientos invasivos se ha convertido en esencial en el cuidado del niño grave. Por sus características especiales el paciente pediátrico crítico se beneficia de forma especial de los procedimientos ecoguiados. Aunque la literatura en favor de la ecografía clínica pediátrica no ha dejado de crecer en la última década; sigue siendo difícil generar evidencias sólidas como sucede en general en la Medicina Pediátrica. El escaso número de pacientes si lo comparamos con el adulto, la diversidad y a la vez la infrecuencia de la patología pediátrica grave junto con los conflictos éticos que se plantean a la hora de realizar estudios aleatorizados hace que apenas existan ensayos clínicos en este campo. Por tanto, aunque el acceso vascular fue la primera aplicación en beneficiarse de la potencialidad de la ecografía, sin embargo, son muchas las preguntas que quedan por responder.

Tabla 7.1 (28): Potenciales preguntas que deben responder futuros estudios en el campo del acceso vascular ecoguiado en Pediatría.

LO QUE NOS FALTA POR CONOCER
<p>-Agujero de conocimiento: No existe evidencia sólida en favor o en contra del uso de ECO en la canalización de la vena femoral</p> <p>-Pregunta: En niños menores de 14 años ingresados en UCIP, el uso de ECO en la canalización venosa central de la vena femoral, en comparación con la técnica clásica basada en REF: ¿mejora las tasas de éxito o reduce las complicaciones inmediatas, la trombosis o el riesgo de IACVC?</p>
<p>-Agujero de conocimiento: No existe evidencia sólida en favor o en contra del uso de ECO en la canalización de la vena subclavia</p> <p>-Pregunta: En niños menores de 14 años ingresados en UCIP, el uso de ECO en la canalización venosa central de la vena subclavia, en comparación con la técnica clásica basada en REF ¿mejora las tasas de éxito o reduce las complicaciones inmediatas, la trombosis o el riesgo de IACVC? En niños críticos</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia sólida en favor del uso de ECO en la canalización vena central en neonatos</p> <p>-Pregunta: En neonatos que precisan un catéter venoso central, el uso de ECO en comparación con la técnica REF, ¿mejora las tasas de éxito o reduce las complicaciones?</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia sólida en favor o en contra del uso de ECO en la canalización de la arteria femoral en el niño crítico</p> <p>-Pregunta: En niños menores de 14 años ingresados en UCIP, el uso de la ECO en la canalización de la arteria femoral por ECO en comparación con la técnica REF ¿mejora las tasas de éxito o reduce el tiempo del procedimiento o las complicaciones?</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia sólida en favor o en contra del uso de ECO en la canalización venosa durante la reanimación cardiopulmonar o durante situaciones de emergencia</p> <p>-Pregunta: Durante la reanimación cardiopulmonar o en situaciones de emergencia en niños menores de 14 años, el uso de la técnica ECO en comparación con las técnicas habituales, ¿mejora la tasa de colocación de un catéter venoso, reduce el tiempo necesario del procedimiento? ¿dificulta las maniobras de RCP o aumenta el tiempo sin masaje cardiaco efectivo?</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia de cuántos procedimientos de canalización venosa central por ECO en el niño crítico son necesarios para adquirir destreza en el procedimiento</p> <p>-Pregunta: Durante el entrenamiento en técnicas de canalización venosa central de los residentes de Pediatría, ¿cuál es el número mínimo de procedimientos que se deben realizar para considerar que se ha adquirido la destreza suficiente para realizar el procedimiento en el paciente real?</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia de cuántos procedimientos de canalización arterial por ECO son necesarios para adquirir destreza en el procedimiento</p> <p>-Pregunta: Durante el entrenamiento en técnicas de canalización arterial en el niño crítico de los residentes de Pediatría, ¿cuál es el número mínimo de procedimientos que se deben realizar para considerar que se ha adquirido la destreza suficiente para realizar el procedimiento en el paciente real?</p>
<p>Agujero de conocimiento: No existe evidencia de si el uso de la ECO aumenta o disminuye la eficiencia del procedimiento de canalización vascular en el neonato o niño crítico.</p>

-Pregunta: En el neonato o niño crítico, el uso de ECO en la canalización vascular en comparación con la técnica REF ¿disminuye el tiempo del procedimiento, reduce el uso de material de canalización, evita el uso de la radiografía de comprobación del catéter o reduce los costes asociados al procedimiento?

Agujero de conocimiento: No existe evidencia de que el entrenamiento con simulación mejore la destreza en el uso de la canalización vascular por ECO en el paciente real.

-Pregunta: En residentes de Pediatría y personal en formación en la canalización vascular por ECO en niños, el entrenamiento utilizando la simulación médica respecto al entrenamiento convencional (realización de procedimientos bajo supervisión en paciente reales) ¿acorta la curva de aprendizaje o mejora las tasas de éxito/reduce las complicaciones de la canalización en el paciente real?

Agujero de conocimiento: No existe evidencia de que el uso de la ECO en la canalización venosa central reduzca el riesgo de trombosis asociada a catéter

-Pregunta: En la canalización venosa central en niños críticos menores de 14 años, el uso de ECO en comparación con la técnica REF, ¿disminuye el riesgo de trombosis asociada a catéter?

Agujero de conocimiento: No existe evidencia de que el uso de la ECO en la canalización venosa central reduzca el riesgo de IACVC

-Pregunta: En la canalización venosa central en niños críticos menores de 14 años, el uso de ECO en comparación con la técnica REF, ¿disminuye el riesgo de IACVC?

Agujero de conocimiento: El uso de la ECO en la canalización vascular podría aumentar los costes respecto al uso de la técnica REF, no siendo coste-efectivo, aunque no existen evidencias claras al respecto

-Pregunta: En la canalización vascular en niños, el uso de ECO en comparación con la técnica REF, ¿es coste-efectivo

Agujero de conocimiento: Existe evidencia de que el uso de la ECO en la canalización venosa central mejora la eficacia y seguridad del procedimiento, pero no existen ensayos clínicos en niños críticos.

-Pregunta: Dada la evidencia en el paciente adulto en favor del uso de la ECO en la canalización venosa central ¿es ético realizar un ensayo clínico aleatorizado comparando ECO vs REF en el niño crítico?

Agujero de conocimiento: Existe evidencia de que el uso de la ECO en la canalización venosa central mejora la eficacia y seguridad del procedimiento en niños, pero hay muy pocos estudios específicamente en niños críticos.

-Pregunta: Dada la evidencia en adultos y en Anestesia Pediátrica ¿Deben realizarse estudios específicos sobre acceso vascular con ECO en el niño crítico o se deben extrapolar los resultados en otras poblaciones pediátricas (anestesia, quirófano o equipos de terapia intravenosa)?

Agujero de conocimiento: No existen evidencias sobre cuál es la percepción preferencias del paciente o la familia sobre el uso o no de la ECO en la canalización vascular.

-Pregunta: en niños que se someten a procedimientos de canalización vascular central o arteria, ¿son informados los padres de las ventajas e inconvenientes de la canalización por ECO respecto a la canalización por REF? ¿El uso de ECO mejora la satisfacción del paciente o de los padres respecto al uso de la técnica ECO?

7.2 PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

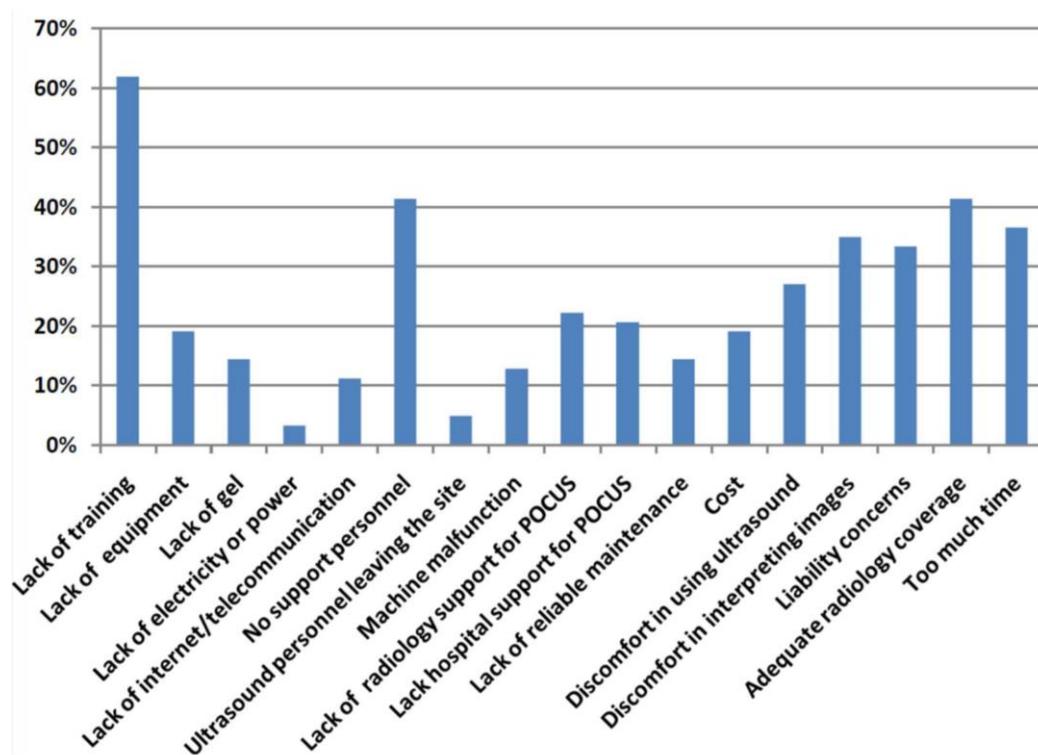
La mayoría de los profesionales y las sociedades científicas reconocen que la ecografía es hoy una aplicación necesaria no solo para el acceso vascular, sino en la práctica general del clínico dentro de la filosofía de la ecografía clínica o EPC. No obstante, la implantación de esta técnica está siendo relativamente lenta y desigual. En este sentido, se debe profundizar en los aspectos que limitan la implantación e implementación de las técnicas ecoguiadas en Pediatría. En base a la revisión de la literatura, se han identificado numerosas barreras para la plena implementación de la ecografía. (Tabla 7.2)

Tabla 7.2 (29): Barreras para la implantación de la ecografía en el acceso vascular en Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales (232–236)

BARRERAS ORGANIZATIVAS Y LEGALES
-Falta de equipos en las unidades: “Resistencia de los gestores”
-Costes asociados al mantenimiento y renovación de los equipos
-Falta de documentación estructurada de los procedimientos
-Conflictos medicolegales (intrusismo, responsabilidad legal, errores de diagnóstico, documentación insuficiente y no integrada en la historia clínica electrónica)
-Falta de visión de la ecografía como una prioridad para mejorar la eficiencia (visión centrada en los costes a corto plazo y no los beneficios a medio-largo plazo)
BARRERAS PSICOLÓGICAS
-Resistencia de los profesionales “senior” a adoptar nuevas técnicas (“ <i>toda la vida se hizo sin ecografía</i> ”)
-Riesgo de no adquisición o pérdida de la destreza en la técnica clásica por referencias en los profesionales (“ <i>...y si un día no hay ecógrafo: ¿no pinchas?</i> ”)
-Noción de que la ecografía enlentece los procedimientos (“ <i>con la ecografía se tarda más en coger la vía</i> ”)
-Resistencia de otros profesionales al uso de la ecografía por el pediatra (radiólogos, hemodinamistas, cirujanos etc.) y falta de colaboración
BARRERAS FORMATIVAS
-Falta de tiempo e incentivos para la formación
-Percepción de un impacto negativo de la ecografía en la eficiencia del trabajo
-Escasez de casuística para adquirir y mantener las competencias
-Escasez de profesionales adecuadamente formados y con capacidad docente
-Ausencia de un currículum de formación en ecografía en la formación pediátrica general ni en las distintas subespecialidades pediátricas
-Falta de un entrenamiento reglado durante la formación del pediatra
-Ausencia de unas recomendaciones sobre cómo debería ser la formación y cómo deberían certificarse las competencias

La barrera más importante que perciben la mayoría de los profesionales a la hora de utilizar la ECP es la falta de entrenamiento (228) (programas estructurados, incentivos, tiempo de dedicación, formadores acreditados, credenciales y certificación de competencias, etc.). (Figura 7.1)

Figura 7.1 (90): Barreras percibidas para la implementación de la ECP percibidas por los profesionales. Tomado de Bellows B et al. (232)



A este respecto, es de destacar que pese a la evidencia acumulada, la ecografía no está incluida en el currículum formativo de Pediatría y sus Áreas Específicas en España elaborado por el Ministerio de Sanidad(229), ni se ha incluido su mención en el Libro Blanco de Especialidades Pediátricas salvo en el área de la Reumatología Pediátrica(230). Así mismo, ni siquiera existen dentro de la formación en la subespecialidad de Urgencias Pediátricas, Neonatología o Cuidados Intensivos una estructura formativa en EPC pediátrica. En España, la mayoría de los profesionales acuciados por la necesidad de incorporar la ecografía en su quehacer diario obtienen la formación de forma individual, muchas veces autodidacta, y mediante iniciativas aisladas (en su mayoría cursos de formación con financiación privada). No existe cohesión interna en contenidos ni metodología docente de estas iniciativas, son heterogéneas y muchas no gozan de una acreditación o certificación curricular. Ello además de ser una barrera para una formación ecográfica “democratizada” tienen implicaciones negativas desde el punto de vista

medicolegal. En la época de la medicina defensiva muchos profesionales pueden escoger el “no hacer” EPC con la justificación, no exenta de argumentos, de que no están formados o acreditados para realizar la técnica. No obstante, la realidad es que lejos de apoyar esta actitud, los estudios muestran que la omisión en el uso de la EPC cuando está indicada puede ser motivo de contiendas legales para el profesional. (231–234)

En 2015 la Academia Americana de Pediatría endorsó unas guías de práctica clínica centradas en la EPC en el ámbito de las Urgencias Pediátricas. (235) En estas guías se incluían dentro de las competencias propias de las ECP en Urgencias el diagnóstico de apendicitis aguda o de invaginación intestinal. Estas guías han tenido muy poca difusión en nuestro medio. El acceso rutinario y rápido a la ecografía urgente en el Servicio de Radiología en la mayoría de nuestros hospitales hacen que estas recomendaciones sean de poca aplicabilidad en nuestra práctica habitual. Por otro lado, en Estados Unidos, se han elaborado distintos modelos de programa formativo en EPC en Urgencias de Pediatría y Cuidados Intensivos más ajustados a la realidad de la práctica clínica (figura 7.2).

Figura 7.2 (91): Ejemplo de curriculum formativo en ecografía POCUS en Cuidados Intensivos Pediátricos del Children’s Hospital of Philadelphia. (244,245)

Horario	Tiempo (horas)
Día 1	
Física del ultrasonido y “botonología” (sesión didáctica)	1.5
Acceso venoso central y periférico (sesión didáctica)	1
Acceso venoso y procedimientos (taller práctico)	1
Almuerzo de trabajo: revisión de imágenes (interactivo)	1
El examen cardiaco (sesión didáctica)	1
Ecografía cardiaca (taller práctico)	1
Función cardiaca anormal y valoración de la volemia (sesión didáctica)	1
Examen cardiaco y valoración de la volemia (taller práctico)	1
Día 2	
FAST (sesión didáctica)	1
Evaluación abdominal (taller práctico)	1
Evaluación de neumotórax, pleura y pulmón (sesión didáctica)	1
Evaluación del tórax (taller práctico)	1
Almuerzo de trabajo: revisión de imágenes y presentación de casos	1
Discusión: temas administrativos, logísticos y educacionales	1
Evaluación de conocimientos y habilidades	1.5

FAST: focused assessment with sonography in Trauma

Por ello es esencial que la EPC en especial aquellas aplicaciones que como el acceso vascular gozan de un alto grado de respaldo científico, sean incorporadas en el currículum del Pediatra

de formación y que se dé un soporte normativo a una práctica que se realiza de facto. En este sentido, la Sociedad Europea de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales (ESPNIC) ha elaborado recientemente, la primera guía de práctica clínica basada en evidencia con recomendaciones sobre las aplicaciones básicas de la EPC que deben incorporarse a la práctica de los cuidados intensivos pediátricos y neonatales (156). Este tipo de iniciativas deben continuar, generando el empuje necesario para una implantación plena de la técnica en la formación y práctica habitual. Así mismo recientemente un grupo de expertos español en colaboración con líderes internacionales en la docencia en EPC han reclamado la necesidad urgente de incorporar la ecografía en la formación del Pediatra en España, identificando aquellas aplicaciones que se consideran básicas y de obligado conocimiento y entre las que se encuentra, por supuesto, el acceso vascular. (236) En cuanto a la metodología de entrenamiento en el campo de acceso vascular, aunque no existen recomendaciones propiamente pediátricas, algunas sociedades científicas de Anestesiología han realizado recomendaciones sobre cómo se debe adquirir las competencias. (Figura X). Estas recomendaciones a veces “poco realistas”, están enfocadas a profesionales de alta capacitación y no pueden aplicarse en muchos de los ámbitos en los que en la actualidad se ejerce la práctica de la técnica.(58,59) Por ello nuevamente es necesario que se elaboren recomendaciones enfocadas específicamente al ámbito de los cuidados intensivos incluyendo el neonato crítico.

8. CONCLUSIONES

1. GENERAL 1: La ecografía a pie de cama supone un avance fundamental en la atención a los niños críticamente enfermos, en términos de calidad y seguridad asistencial.
2. GENERAL 2: Se deben hacer más estudios y análisis de casos para poder hacer recomendaciones y guías prácticas basadas en las mejores evidencias científicas.
3. RECANVA-Canalización venosa central en UCIP
 - 3.1. La utilización de la ecografía a pie de cama en la canalización venosa central del niño crítico mejora la tasa de éxito en la primera punción y disminuye el riesgo de complicaciones, lo que indica que es un procedimiento que mejora la seguridad del paciente y la calidad asistencial.
 - 3.2. Los beneficios de la ecografía respecto a la técnica REF en la canalización venosa central del niño crítico son sobre todo evidentes en la canalización de la VVI.
 - 3.3. Los beneficios de la ecografía respecto a la técnica REF en la canalización venosa central de niño crítico son mayores cuando el procedimiento se realiza por personal con menor experiencia.
 - 3.4. En las condiciones en las que se ha realizado el estudio RECANVA (pacientes críticos, asignación no aleatorizada de la técnica, personal mayoritariamente con escasa experiencia o en formación) el uso de la ecografía no parece mejorar las tasas de éxito en la canalización de la vena femoral o subclavia respecto a la técnica ECO.
 - 3.5. El peso del paciente es un factor que afecta adversamente al éxito y complicaciones de la canalización venosa central en el niño crítico, con los peores resultados obtenidos en lactantes de menos de 5 kg de peso independientemente de la técnica de canalización utilizada. Este factor debe ser considerado a la hora de elegir el acceso venoso y el operador de modo que el procedimiento sea realizado utilizando la vía más segura y por la persona más experta.
 - 3.6. El número de intentos de punción es el principal factor relacionado con la ocurrencia de complicaciones en la canalización venosa central en el niño crítico.
 - 3.7. Nuestros resultados indican que el número de punciones “seguro” en la canalización venosa central del niño crítico es un máximo de 3.

4. RECANVA-Canalización arterial en la UCIP

- 4.1. En las condiciones del estudio RECANVA (pacientes críticos, asignación no aleatorizada de la técnica, personal mayoritariamente con escasa experiencia o en formación) la utilización de la ecografía a pie de cama no parece mejorar las tasas de éxito o las complicaciones en la canalización arterial del niño crítico, por lo que actualmente no puede establecerse una recomendación general para su uso en esta indicación.
- 4.2. La canalización arterial por ECO en el niño crítico parece ofrecer ventajas respecto a la técnica convencional por REF en cuanto a las tasas de éxito final cuando el procedimiento lo realiza personal con menos experiencia; por ello parece que ha de ser el método de elección para el personal en formación o con menos experiencia en la técnica.
- 4.3. La canalización arterial por ECO en el niño crítico podría mejorar las tasas de éxito en la canalización de la AR respecto a las técnicas por REF, por lo que se sugiere que debiera ser aprendida por el personal en formación, aunque se precisan estudios más amplios para poder realizar una recomendación sólida a este respecto.
- 4.4. El número de intentos de punción es el factor principal relacionado con la aparición de complicaciones en la canalización arterial en el niño crítico.
- 4.5. Nuestros resultados indican que el número de punciones “seguro” en la canalización arterial del niño crítico es un máximo de 3.

5. ESTUDIO TBC-1: Comparación de la canalización del TBC y la VYI en niños críticos

- 5.1. La utilización del acceso ecoguiado supraclavicular “longitudinal en plano” del TBC se asocia a un aumento de las tasas de éxito en la primera punción, a una reducción del número de intentos de punción y a una menor duración del tiempo necesario para la canalización en comparación con la canalización ecoguiada “transversal fuera de plano” de la VYI. Por ello, esta técnica debería considerarse como una alternativa al acceso ecoguiado de la VYI, especialmente en los casos que esta es más complicada
- 5.2. En nuestra serie, a diferencia de los que sucedió con la canalización de la VYI, el número de punciones necesario para lograr la canalización del TBC no guardó relación con el peso del paciente, lo que sugiere que podría ofrecer ventajas en los pacientes pediátricos de pequeño tamaño como los lactantes o neonatos.

6. ESTUDIO TBC-2: Canalización del TBC en neonatos y lactantes de menos de 5 kilogramos de peso
 - 6.1. El uso de la canalización ecoguiada “longitudinal en plano” supraclavicular del TBC se asocia a una elevada tasa de éxito en el primer intento de punción y de éxito global en la canalización venosa central de neonatos y prematuros críticos; lo que indica que es una técnica factible y eficaz en esta población.
 - 6.2. El uso de la canalización ecoguiada “longitudinal en plano” supraclavicular del TBC se asocia a tasa muy baja de complicaciones mecánicas inmediatas, lo que indica que es una técnica segura en esta población.
7. ESTUDIO TBC-3: Comparación de las tasas de IACVC en la canalización del TBC comparada con la colocación de ECC en prematuros.
 - 7.1. Cuando es realizada por personal con experiencia el uso de la canalización ecoguiada “longitudinal en plano” supraclavicular del TBC se asocia a una menor tasa de IACVC en prematuros de muy bajo peso al nacer en comparación con el uso de catéteres convencionales ECC; por lo que este factor debería tenerse en cuenta a la hora de elegir el acceso venoso en prematuros críticamente enfermos que precisen un acceso venoso central. Nuestros resultados indican que las indicaciones de la canalización venosa central percutánea ecoguiada podrían aumentar en el futuro con el uso del TBC dada su potencialidad para reducir la infección y sus consecuencias en estos niños.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Rivera AM, Strauss KW, van Zundert A, Mortier E. The history of peripheral intravenous catheters: how little plastic tubes revolutionized medicine. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2005;56(3):271–82.
2. Zimmerman JJ, Strauss RH. History and current application of intravenous therapy in children. *Pediatr Emerg Care*. 1989 Jun;5(2):120–7.
3. Medication Adherence and Health Care Utilization in Pediatric Chronic Illness: A Systematic Review [Internet]. [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3784296/>
4. Litke J, Pikulska A, Wegner T. Management of perioperative stress in children and parents. Part II--anaesthesia and postoperative period. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2012 Sep;44(3):170–4.
5. Rennick JE, St-Sauveur I, Knox AM, Ruddy M. Exploring the experiences of parent caregivers of children with chronic medical complexity during pediatric intensive care unit hospitalization: an interpretive descriptive study. *BMC Pediatr* [Internet]. 2019 Aug 6 [cited 2019 Dec 4];19. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6683527/>
6. Arvaniti K, Lathyris D, Blot S, Apostolidou-Kiouti F, Koulenti D, Haidich A-B. Cumulative Evidence of Randomized Controlled and Observational Studies on Catheter-Related Infection Risk of Central Venous Catheter Insertion Site in ICU Patients: A Pairwise and Network Meta-Analysis. *Crit Care Med*. 2017 Apr;45(4):e437–48.
7. 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 May;116(5):610–7.
8. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol*. 1953 May;39(5):368–76.
9. Shojaee S, Argento AC. Ultrasound-guided pleural access. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014 Dec;35(6):693–705.
10. Rashid AO, Islam S. Percutaneous tracheostomy: a comprehensive review. *J Thorac Dis*. 2017 Sep;9(Suppl 10):S1128–38.
11. Henderson S, Brown E, Levy J. Safety and efficacy of percutaneous insertion of peritoneal dialysis catheters under sedation and local anaesthetic. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 2009 Nov;24(11):3499–504.
12. Ho CS, Yeung EY. Percutaneous gastrostomy and transgastric jejunostomy. *AJR Am J Roentgenol*. 1992 Feb;158(2):251–7.
13. Farrell TA, Hicks ME. A review of radiologically guided percutaneous nephrostomies in 303 patients. *J Vasc Interv Radiol JVIR*. 1997 Oct;8(5):769–74.

14. Costantino TG, Parikh AK, Satz WA, Fojtik JP. Ultrasonography-guided peripheral intravenous access versus traditional approaches in patients with difficult intravenous access. *Ann Emerg Med.* 2005 Nov;46(5):456–61.
15. Ray BR, Mohan VK, Kashyap L, Shende D, Darlong VM, Pandey RK. Internal jugular vein cannulation: A comparison of three techniques. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2013;29(3):367–71.
16. Bannon MP, Heller SF, Rivera M. Anatomic considerations for central venous cannulation. *Risk Manag Healthc Policy.* 2011;4:27–39.
17. Kilbourne MJ, Bochicchio GV, Scalea T, Xiao Y. Avoiding common technical errors in subclavian central venous catheter placement. *J Am Coll Surg.* 2009 Jan;208(1):104–9.
18. Czarnik T, Gawda R, Perkowski T, Weron R. Supraclavicular approach is an easy and safe method of subclavian vein catheterization even in mechanically ventilated patients: analysis of 370 attempts. *Anesthesiology.* 2009 Aug;111(2):334–9.
19. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for subclavian or femoral vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 Jan 9;1:CD011447.
20. Powell JT, Mink JT, Nomura JT, Levine BJ, Jasani N, Nichols WL, et al. Ultrasound-guidance can reduce adverse events during femoral central venous cannulation. *J Emerg Med.* 2014 Apr;46(4):519–24.
21. Tailounie M, Mcadams LA, Frost KC, Gossett J, Green J, Bhutta AT, et al. Dimension and overlap of femoral and neck blood vessels in neonates. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2012 May;13(3):312–7.
22. Brzezinski M, Luisetti T, London MJ. Radial artery cannulation: a comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesth Analg.* 2009 Dec;109(6):1763–81.
23. Juan Casado Flores. Urgencias y tratamiento del niño grave. 3°. Ergon;
24. Chun EJ. Ultrasonographic evaluation of complications related to transfemoral arterial procedures. *Ultrason Seoul Korea.* 2018 Apr;37(2):164–73.
25. Smith RN, Nolan JP. Central venous catheters. *BMJ.* 2013 Nov 11;347:f6570.
26. Rey C, Alvarez F, De La Rúa V, Medina A, Concha A, Díaz JJ, et al. Mechanical complications during central venous cannulations in pediatric patients. *Intensive Care Med.* 2009 Aug;35(8):1438–43.
27. Oulego-Erroz I, González-Cortes 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(1):61–72.
28. Maddali MM, Arun V, Wala A-AA, Al-Bahrani MJ, Jayatilaka CM, Nishant AR. Accidental arterial puncture during right internal jugular vein cannulation in cardiac surgical patients. *Ann Card Anaesth.* 2016 Dec;19(4):594–8.

29. Engelen C, Trebes C, Czarnecki S, Junger A. [Bleeding during central venous catheterization : Cannot intubate, cannot ventilate due to massive cervical hematoma]. *Anaesthetist*. 2016 Mar;65(3):198–202.
30. de Souza TH, Brandão MB, Nadal JAH, Nogueira RJN. Ultrasound Guidance for Pediatric Central Venous Catheterization: A Meta-analysis. *Pediatrics*. 2018 Nov;142(5).
31. Sigaut S, Skhiri A, Stany I, Golmar J, Nivoche Y, Constant I, et al. Ultrasound guided internal jugular vein access in children and infant: a meta-analysis of published studies. *Paediatr Anaesth*. 2009 Dec;19(12):1199–206.
32. Fankhauser GT, Fowl RJ, Stone WM, Money SR. Elimination of pneumothorax and hemothorax during placement of implantable venous access ports using ultrasound and fluoroscopic guidance. *Vascular*. 2013 Dec;21(6):345–8.
33. Patel AR, Patel AR, Singh S, Singh S, Khawaja I. Central Line Catheters and Associated Complications: A Review. *Cureus*. 2019 May 22;11(5):e4717.
34. Reeson M, Forster A, van Walraven C. Incidence and trends of central line associated pneumothorax using radiograph report text search versus administrative database codes. *BMJ Qual Saf*. 2018;27(12):982–8.
35. Church JT, Jarboe MD. Vascular Access in the Pediatric Population. *Surg Clin North Am*. 2017 Feb;97(1):113–28.
36. Beardsall K, White DK, Pinto EM, Kelsall AWR. Pericardial effusion and cardiac tamponade as complications of neonatal long lines: are they really a problem? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2003 Jul;88(4):F292-295.
37. Weil BR, Ladd AP, Yoder K. Pericardial effusion and cardiac tamponade associated with central venous catheters in children: an uncommon but serious and treatable condition. *J Pediatr Surg*. 2010 Aug;45(8):1687–92.
38. Pezzati M, Filippi L, Chiti G, Dani C, Rossi S, Bertini G, et al. Central venous catheters and cardiac tamponade in preterm infants. *Intensive Care Med*. 2004 Dec;30(12):2253–6.
39. Ista E, van der Hoven B, Kornelisse RF, van der Starre C, Vos MC, Boersma E, et al. Effectiveness of insertion and maintenance bundles to prevent central-line-associated bloodstream infections in critically ill patients of all ages: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2016 Jun;16(6):724–34.
40. Janum S, Zingg W, Classen V, Afshari A. Bench-to-bedside review: Challenges of diagnosis, care and prevention of central catheter-related bloodstream infections in children. *Crit Care*. 2013;17(4):238.
41. Freeman JJ, Gadepalli SK, Siddiqui SM, Jarboe MD, Hirschl RB. Improving central line infection rates in the neonatal intensive care unit: Effect of hospital location, site of insertion, and implementation of catheter-associated bloodstream infection protocols. *J Pediatr Surg*. 2015 May;50(5):860–3.
42. Duesing LA, Fawley JA, Wagner AJ. Central Venous Access in the Pediatric Population With Emphasis on Complications and Prevention Strategies. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr*. 2016 Aug;31(4):490–501.

43. Agra Varela Y, Sierra E, Drake M, Terol E. [The Zero Bacteremia Project. Reduction of bacteremia caused by central venous catheters at ICUs in Spain]. *Rev Enfermeria Barc Spain*. 2009 May;32(5):15–8.
44. Imataki O, Shimatani M, Ohue Y, Uemura M. Effect of ultrasound-guided central venous catheter insertion on the incidence of catheter-related bloodstream infections and mechanical complications. *BMC Infect Dis*. 2019 Oct 16;19(1):857.
45. Cartier V, Haenny A, Inan C, Walder B, Zingg W. No association between ultrasound-guided insertion of central venous catheters and bloodstream infection: a prospective observational study. *J Hosp Infect*. 2014 Jun;87(2):103–8.
46. Takemoto CM, Sohi S, Desai K, Bharaj R, Khanna A, McFarland S, et al. Hospital-associated venous thromboembolism in children: incidence and clinical characteristics. *J Pediatr*. 2014 Feb;164(2):332–8.
47. Guyatt GH, Akl EA, Crowther M, Gutterman DD, Schünemann HJ, American College of Chest Physicians Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis Panel. Executive summary: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2012 Feb;141(2 Suppl):7S-47S.
48. Goktay AY, Senturk C. Endovascular Treatment of Thrombosis and Embolism. *Adv Exp Med Biol*. 2017;906:195–213.
49. King MA, Garrison MM, Vavilala MS, Zimmerman JJ, Rivara FP. Complications associated with arterial catheterization in children. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2008 Jul;9(4):367–71.
50. Andraska EA, Jackson T, Chen H, Gallagher KA, Eliason JL, Coleman DM. Natural History of Iatrogenic Pediatric Femoral Artery Injury. *Ann Vasc Surg*. 2017 Jul;42:205–13.
51. Tadphale S, Yohannan T, Kauffmann T, Maller V, Agrawal V, Lloyd H, et al. Accessing Femoral Arteries Less than 3 mm in Diameter is Associated with Increased Incidence of Loss of Pulse Following Cardiac Catheterization in Infants. *Pediatr Cardiol*. 2020 Jun;41(5):1058–66.
52. Alexander J, Yohannan T, Abutineh I, Agrawal V, Lloyd H, Zurakowski D, et al. Ultrasound-guided femoral arterial access in pediatric cardiac catheterizations: A prospective evaluation of the prevalence, risk factors, and mechanism for acute loss of arterial pulse. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2016 Dec;88(7):1098–107.
53. Rizzi M, Goldenberg N, Bonduel M, Revel-Vilk S, Amankwah E, Albisetti M. Catheter-Related Arterial Thrombosis in Neonates and Children: A Systematic Review. *Thromb Haemost*. 2018;118(6):1058–66.
54. Lin SJ, Koltz PF, Davis W, Vicari F. Lower extremity ischemia following umbilical artery catheterization: a case study and clinical update. *Int J Surg Lond Engl*. 2009 Jun;7(3):182–6.
55. Aouad-Maroun M, Raphael CK, Sayyid SK, Farah F, Akl EA. Ultrasound-guided arterial cannulation for paediatrics. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Sep 14;9:CD011364.

56. 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 Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2013 Sep 1;82(3):454–62.
57. 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 Jul;38(7):1105–17.
58. 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 May;71(5):573–85.
59. Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, Dawson R, Elbarbary M, van Boxtel AJH, et al. Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth.* 2013 Mar;110(3):347–56.
60. Spencer TR, Pittiruti M. Rapid Central Vein Assessment (RaCeVA): A systematic, standardized approach for ultrasound assessment before central venous catheterization. *J Vasc Access.* 2019 May;20(3):239–49.
61. Pirotte T. Ultrasound-guided vascular access in adults and children: beyond the internal jugular vein puncture. *Acta Anaesthesiol Belg.* 2008;59(3):157–66.
62. Ignacio oulego Erroz. PROCEDIMIENTOS-ECOGUIADOS [Internet]. www.secip-com. Available from: <https://secip.com/wp-content/uploads/2018/09/6-PROCEDIMIENTOS-ECOGUIADOS.pdf>
63. Fraga MV, Stoller JZ, Glau CL, De Luca D, Rempell RG, Wenger JL, et al. Seeing Is Believing: Ultrasound in Pediatric Procedural Performance. *Pediatrics.* 2019 Nov;144(5).
64. 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 Jun;92(6):827–30.
65. de Almeida CES. Vascular access: the impact of ultrasonography. *Einstein.* 2016;14(4):561–6.
66. Gharahbaghian L, Anderson KL, Lobo V, Huang R-W, Poffenberger CM, Nguyen PD. Point-of-Care Ultrasound in Austere Environments: A Complete Review of Its Utilization, Pitfalls, and Technique for Common Applications in Austere Settings. *Emerg Med Clin North Am.* 2017 May;35(2):409–41.
67. Schindler E, Schears GJ, Hall SR, Yamamoto T. Ultrasound for vascular access in pediatric patients. *Paediatr Anaesth.* 2012 Oct;22(10):1002–7.
68. Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc.* 2003 Aug;23(4):1019–33.
69. Abu-Zidan FM, Cevik AA. Diagnostic point-of-care ultrasound (POCUS) for gastrointestinal pathology: state of the art from basics to advanced. *World J Emerg Surg WJES.* 2018;13:47.

70. Training guidelines American Institute of Ultrasound in Medicine. Consultado en <https://www.aium.org/resources/ptGuidelines.aspx>.
71. Desra AP, Breen J, Harper S, Slavin MA, Worth LJ. Aseptic technique for accessing central venous catheters: applying a standardised tool to audit 'scrub the hub' practices. *J Vasc Access*. 2016 May 7;17(3):269–72.
72. Latif RK, Bautista AF, Memon SB, Smith EA, Wang C, Wadhwa A, et al. Teaching aseptic technique for central venous access under ultrasound guidance: a randomized trial comparing didactic training alone to didactic plus simulation-based training. *Anesth Analg*. 2012 Mar;114(3):626–33.
73. Saugel B, Scheeren TWL, Teboul J-L. Ultrasound-guided central venous catheter placement: a structured review and recommendations for clinical practice. *Crit Care* [Internet]. 2017 Aug 28 [cited 2017 Oct 8];21. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5572160/>
74. Franco-Sadud R, Schnobrich D, Mathews BK, Candotti C, Abdel-Ghani S, Perez MG, et al. Recommendations on the Use of Ultrasound Guidance for Central and Peripheral Vascular Access in Adults: A Position Statement of the Society of Hospital Medicine. *J Hosp Med*. 2019 Sep 6;14:E1–22.
75. He Y-Z, Zhong M, Wu W, Song J-Q, Zhu D-M. A comparison of longitudinal and transverse approaches to ultrasound-guided axillary vein cannulation by experienced operators. *J Thorac Dis*. 2017 Apr;9(4):1133–9.
76. Miao S, Wang X, Zou L, Zhao Y, Wang G, Liu Y, et al. Safety and efficacy of the oblique-axis plane in ultrasound-guided internal jugular vein puncture: A meta-analysis. *J Int Med Res*. 2018 Jul;46(7):2587–94.
77. Song I-K, Choi J-Y, Lee J-H, Kim E-H, Kim H-J, Kim H-S, et al. Short-axis/out-of-plane or long-axis/in-plane ultrasound-guided arterial cannulation in children: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*. 2016;33(7):522–7.
78. Brian A. Pollard BSc, MD, MEd, FRCPC. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012.
79. Ince I, Ari MA, Sulak MM, Aksoy M. [Comparison of transverse short-axis classic and oblique long-axis 'Syringe-Free' approaches for internal jugular venous catheterization under ultrasound guidance]. *Rev Bras Anesthesiol*. 2018 Jun;68(3):260–5.
80. Kaplowitz J, Bigeleisen P. A new biplane ultrasound probe for real-time visualization and cannulation of the internal jugular vein. *Case Rep Anesthesiol*. 2014;2014:349797.
81. Rezayat T, Stowell JR, Kendall JL, Turner E, Fox JC, Barjaktarevic I. Ultrasound-Guided Cannulation: Time to Bring Subclavian Central Lines Back. *West J Emerg Med*. 2016 Mar;17(2):216–21.
82. Bukhari A, Kitaba A, Koudera S. Postgraduate educational pictorial review: Ultrasound-guided vascular access. *Anesth Essays Res*. 2010 Dec;4(2):57–63.

83. Dilisio R, Mittnacht AJC. The 'medial-oblique' approach to ultrasound-guided central venous cannulation--maximize the view, minimize the risk. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2012 Dec;26(6):982–4.
84. Piton G, Capellier G, Winiszewski H. Ultrasound-guided vessel puncture: calling for Pythagoras' help. *Crit Care Lond Engl*. 2018 08;22(1):292.
85. De Cassai A, Sandei L, Carron M. Trigonometry in daily ultrasound practice. *Crit Care Lond Engl*. 2018 22;22(1):356.
86. Takeshita J, Yoshida T, Nakajima Y, Nakayama Y, Nishiyama K, Ito Y, et al. Dynamic Needle Tip Positioning for Ultrasound-Guided Arterial Catheterization in Infants and Small Children With Deep Arteries: A Randomized Controlled Trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2019 Jul;33(7):1919–25.
87. Breschan C, Platzer M, Jost R, Stettner H, Beyer A-S, Feigl G, et al. Consecutive, prospective case series of a new method for ultrasound-guided supraclavicular approach to the brachiocephalic vein in children. *Br J Anaesth*. 2011 May;106(5):732–7.
88. Song I-K, Choi J-Y, Lee J-H, Kim E-H, Kim H-J, Kim H-S, et al. Short-axis/out-of-plane or long-axis/in-plane ultrasound-guided arterial cannulation in children: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*. 2016;33(7):522–7.
89. Hallam C, Weston V, Denton A, Hill S, Bodenham A, Dunn H, et al. Development of the UK Vessel Health and Preservation (VHP) framework: a multi-organisational collaborative. *J Infect Prev*. 2016 Mar;17(2):65–72.
90. Moureau NL, Carr PJ. Vessel Health and Preservation: a model and clinical pathway for using vascular access devices. *Br J Nurs Mark Allen Publ*. 2018 Apr 26;27(8):S28–35.
91. Sharp R, Cummings M, Fielder A, Mikocka-Walus A, Grech C, Esterman A. The catheter to vein ratio and rates of symptomatic venous thromboembolism in patients with a peripherally inserted central catheter (PICC): a prospective cohort study. *Int J Nurs Stud*. 2015 Mar;52(3):677–85.
92. Menéndez JJ, Verdú C, Calderón B, Gómez-Zamora A, Schüffelmann C, de la Cruz JJ, et al. Incidence and risk factors of superficial and deep vein thrombosis associated with peripherally inserted central catheters in children. *J Thromb Haemost JTH*. 2016 Nov;14(11):2158–68.
93. Lordick F, Hentrich M, Decker T, Hennig M, Pohlmann H, Hartenstein R, et al. Ultrasound screening for internal jugular vein thrombosis aids the detection of central venous catheter-related infections in patients with haemato-oncological diseases: a prospective observational study. *Br J Haematol*. 2003 Mar;120(6):1073–8.
94. Faustino EVS, Spinella PC, Li S, Pinto MG, Stoltz P, Tala J, et al. Incidence and acute complications of asymptomatic central venous catheter-related deep venous thrombosis in critically ill children. *J Pediatr*. 2013 Feb;162(2):387–91.
95. Eifinger F, Lazaridis EC, Roth B, Koebke J. Anatomical examination of the great inguinal blood vessels in preterm and term neonates. *Clin Anat N Y N*. 2014 Apr;27(3):376–82.

96. Bhatia N, Sivaprakasam J, Allford M, Guruswamy V. The relative position of femoral artery and vein in children under general anesthesia--an ultrasound-guided observational study. *Paediatr Anaesth*. 2014 Nov;24(11):1164–8.
97. P Souza Neto E, Grousseau S, Duflo F, Tahon F, Mottolese C, Dailler F. Ultrasonographic anatomic variations of the major veins in paediatric patients. *Br J Anaesth*. 2014 May;112(5):879–84.
98. Clark EG, Barsuk JH. Temporary hemodialysis catheters: recent advances. *Kidney Int*. 2014 Nov;86(5):888–95.
99. Montes-Tapia F, Rodríguez-Taméz A, Hernandez-Garduño A, Barreto-Arroyo I, Rodríguez-Balderrama I, de la O-Cavazos M, et al. Vascular assessment of the right internal jugular vein in low birth weight newborns. *J Matern-Fetal Neonatal Med Off J Eur Assoc Perinat Med Fed Asia Ocean Perinat Soc Int Soc Perinat Obstet*. 2013 Oct;26(15):1510–3.
100. Beddy P, Geoghegan T, Ramesh N, Buckley O, O'Brien J, Colville J, et al. Valsalva and gravitational variability of the internal jugular vein and common femoral vein: ultrasound assessment. *Eur J Radiol*. 2006 May;58(2):307–9.
101. Kim HY, Choi JM, Lee Y-H, Lee S, Yoo H, Gwak M. Effects of the Trendelenburg Position and Positive End-Expiratory Pressure on the Internal Jugular Vein Cross-Sectional Area in Children With Simple Congenital Heart Defects. *Medicine (Baltimore)*. 2016 May;95(18):e3525.
102. Ultrasound guided internal jugular vein cannulation in infants: Comparative evaluation of novel modified short axis out of plane approach with conv... - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2019 Dec 11]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29643555>
103. Vosylius S, Sabestinaite A, Stasiunaitis R. Optimal head rotation angle for safe right internal jugular vein catheterization using out-of-plane approach: an ultrasonography study. *Med Ultrason*. 2019 Nov 24;21(4):435–40.
104. Rossi UG, Rigamonti P, Tichà V, Zoffoli E, Giordano A, Gallieni M, et al. Percutaneous ultrasound-guided central venous catheters: the lateral in-plane technique for internal jugular vein access. *J Vasc Access*. 2014 Feb;15(1):56–60.
105. Treglia A, Musone D, Amoroso F. Retrospective comparison of two different approaches for ultrasound-guided internal jugular vein cannulation in hemodialysis patients. *J Vasc Access*. 2017 Jan 18;18(1):43–6.
106. Rhondali O, Attof R, Combet S, Chassard D, de Queiroz Siqueira M. Ultrasound-guided subclavian vein cannulation in infants: supraclavicular approach. *Paediatr Anaesth*. 2011 Nov;21(11):1136–41.
107. Lausten-Thomsen U, Merchaoui Z, Dubois C, Eleni Dit Trolli S, Le Saché N, Mokhtari M, et al. Ultrasound-Guided Subclavian Vein Cannulation in Low Birth Weight Neonates. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2017 Feb;18(2):172–5.
108. Avanzini S, Mameli L, Disma N, Zanaboni C, Dato A, Montobbio G, et al. Brachiocephalic vein for percutaneous ultrasound-guided central line positioning in children: A 20-month

- preliminary experience with 109 procedures. *Pediatr Blood Cancer*. 2017 Feb;64(2):330–5.
109. Pittiruti M. Ultrasound guided central vascular access in neonates, infants and children. *Curr Drug Targets*. 2012 Jun;13(7):961–9.
 110. Pittiruti M. Central venous catheters in neonates: old territory, new frontiers. Invited commentary to peripherally inserted central venous catheters in critically ill premature neonates, by Ozkiraz et al, *J Vasc Access* 2013;14(4):320-324. *J Vasc Access*. 2013 Dec;14(4):318–9.
 111. Habas F, Baleine J, Milési C, Combes C, Didelot M-N, Romano-Bertrand S, et al. Supraclavicular catheterization of the brachiocephalic vein: a way to prevent or reduce catheter maintenance-related complications in children. *Eur J Pediatr*. 2018 Mar;177(3):451–9.
 112. Timsit J-F, Bouadma L, Ruckly S, Schwebel C, Garrouste-Orgeas M, Bronchard R, et al. Dressing disruption is a major risk factor for catheter-related infections. *Crit Care Med*. 2012 Jun;40(6):1707–14.
 113. Di Nardo M, Stoppa F, Marano M, Ricci Z, Barbieri MA, Cecchetti C. Ultrasound-guided left brachiocephalic vein cannulation in children with underlying bleeding disorders: a retrospective analysis. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2014 Feb;15(2):e44-48.
 114. Byon H-J, Lee G-W, Lee J-H, Park Y-H, Kim H-S, Kim C-S, et al. Comparison between ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular approaches for subclavian venous catheterization in children—a randomized trial. *Br J Anaesth*. 2013 Nov;111(5):788–92.
 115. Zhong X, Hamill M, Collier B, Bradburn E, Ferrara J. Dynamic multiplanar real time ultrasound guided infraclavicular subclavian vein catheterization. *Am Surg*. 2015 Jun;81(6):621–5.
 116. Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Cantadori L, Ramelli A, et al. A randomized clinical trial of ultrasound-guided infra-clavicular cannulation of the subclavian vein in cardiac surgical patients: short-axis versus long-axis approach. *Intensive Care Med*. 2017 Nov;43(11):1594–601.
 117. Alten JA, Borasino S, Gurley WQ, Law MA, Toms R, Dabal RJ. Ultrasound-guided femoral vein catheterization in neonates with cardiac disease*. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2012 Nov;13(6):654–9.
 118. Czarnik T, Gawda R, Nowotarski J. Real-time ultrasound-guided infraclavicular axillary vein cannulation: A prospective study in mechanically ventilated critically ill patients. *J Crit Care*. 2016;33:32–7.
 119. pubmeddev, al MM et. Ultrasound Guided Out-of-Plane Versus In-Plane Transpectoral Left Axillary Vein Cannulation. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2020 Mar 3]. Available from: <https://pubmed.publicaciones.saludcastillayleon.es/pubmed/28416391>
 120. Pittiruti M, Biasucci DG, La Greca A, Pizza A, Scoppettuolo G. How to make the axillary vein larger? Effect of 90° abduction of the arm to facilitate ultrasound-guided axillary vein puncture. *J Crit Care*. 2016;33:38–41.

121. Kim E-H, Lee J-H, Song I-K, Kim H-S, Jang Y-E, Choi S-N, et al. Real-time ultrasound-guided axillary vein cannulation in children: a randomised controlled trial. *Anaesthesia*. 2017 Dec;72(12):1516–22.
122. Ultrasound-guided proximal versus distal axillary vein puncture in elderly patients: A randomized controlled trial. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2020 Mar 3]. Available from: <https://pubmed.publicaciones.saludcastillayleon.es/pubmed/32114875>
123. van Loon FHJ, Buise MP, Claassen JJF, Dierick-van Daele ATM, Bouwman ARA. Comparison of ultrasound guidance with palpation and direct visualisation for peripheral vein cannulation in adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2018 Aug;121(2):358–66.
124. Stolz LA, Stolz U, Howe C, Farrell IJ, Adhikari S. Ultrasound-guided peripheral venous access: a meta-analysis and systematic review. *J Vasc Access*. 2015 Aug;16(4):321–6.
125. Egan G, Healy D, O’Neill H, Clarke-Moloney M, Grace PA, Walsh SR. Ultrasound guidance for difficult peripheral venous access: systematic review and meta-analysis. *Emerg Med J EMJ*. 2013 Jul;30(7):521–6.
126. Benkhadra M, Collignon M, Fournel I, Oeuvrard C, Rollin P, Perrin M, et al. Ultrasound guidance allows faster peripheral IV cannulation in children under 3 years of age with difficult venous access: a prospective randomized study. *Paediatr Anaesth*. 2012 May;22(5):449–54.
127. Mohler ER, Sibley AA, Schultz SM, Zhang L, Sehgal CM. High-frequency ultrasound for evaluation of intimal thickness. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2009 Oct;22(10):1129–33.
128. Hernández-Ibáñez C, Blazquez-Sánchez N, Aguilar-Bernier M, Fúnez-Liévana R, Rivas-Ruiz F, de Troya-Martín M. Usefulness of High-Frequency Ultrasound in the Classification of Histologic Subtypes of Primary Basal Cell Carcinoma. *Actas Dermosifiliogr*. 2017 Feb;108(1):42–51.
129. Triffterer L, Marhofer P, Willschke H, Machata AM, Reichel G, Benkoe T, et al. Ultrasound-guided cannulation of the great saphenous vein at the ankle in infants. *Br J Anaesth*. 2012 Feb;108(2):290–4.
130. Wirsing M, Schummer C, Neumann R, Steenbeck J, Schmidt P, Schummer W. Is traditional reading of the bedside chest radiograph appropriate to detect intraatrial central venous catheter position? *Chest*. 2008 Sep;134(3):527–33.
131. Matsushima K, Frankel HL. Detection of central venous catheter insertion-related complication using bedside ultrasound: the CVC sono. *J Trauma*. 2011 Jun;70(6):1561–3.
132. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, Ensing GJ, Kendall K, Younoszai AK, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2010 May;23(5):465–95; quiz 576–7.
133. Alonso-Quintela P, Oulego-Erroz I, Rodriguez-Blanco S, Muñiz-Fontan M, Lapeña-López-de Armentia S, Rodriguez-Nuñez A. Location of the Central Venous Catheter Tip With

Bedside Ultrasound in Young Children: Can We Eliminate the Need for Chest Radiography? *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2015 Nov;16(9):e340-345.

134. Su E, Kantor DB, Conlon T. Looking for Tips on Central Venous Catheter Insertion? Try Ultrasound. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2015 Nov;16(9):891-3.
135. 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 Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2016 Dec;17(12):1124-30.
136. Needle versus cannula over needle for radial artery cannulation during transradial coronary angiography and interventions. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2019 Dec 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28330629>
137. Ishii S, Shime N, Shibasaki M, Sawa T. Ultrasound-guided radial artery catheterization in infants and small children. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2013 Jun;14(5):471-3.
138. Bouaziz H, Zetlaoui PJ, Pierre S, Desruennes E, Fritsch N, Jochum D, et al. Guidelines on the use of ultrasound guidance for vascular access. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2015 Feb;34(1):65-9.
139. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD, et al. Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2011 Dec;24(12):1291-318.
140. Shime N, Hosokawa K, MacLaren G. Ultrasound Imaging Reduces Failure Rates of Percutaneous Central Venous Catheterization in Children. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2015 Oct;16(8):718-25.
141. Sigaut S, Skhiri A, Stany I, Golmar J, Nivoche Y, Constant I, et al. Ultrasound guided internal jugular vein access in children and infant: a meta-analysis of published studies. *Paediatr Anaesth.* 2009 Dec;19(12):1199-206.
142. 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 Mar;37(3):1090-6.
143. Gayat E, Pirracchio R, Resche-Rigon M, Mebazaa A, Mary J-Y, Porcher R. Propensity scores in intensive care and anaesthesiology literature: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2010 Dec;36(12):1993-2003.
144. Austin PC. Balance diagnostics for comparing the distribution of baseline covariates between treatment groups in propensity-score matched samples. *Stat Med.* 2009 Nov 10;28(25):3083-107.

145. Austin PC, Stuart EA. Moving towards best practice when using inverse probability of treatment weighting (IPTW) using the propensity score to estimate causal treatment effects in observational studies. *Stat Med*. 2015 Dec 10;34(28):3661–79.
146. Nguyen T-L, Collins GS, Spence J, Daurès J-P, Devereaux PJ, Landais P, et al. Double-adjustment in propensity score matching analysis: choosing a threshold for considering residual imbalance. *BMC Med Res Methodol*. 2017 Apr 28;17(1):78.
147. Lunceford JK, Davidian M. Stratification and weighting via the propensity score in estimation of causal treatment effects: a comparative study. *Stat Med*. 2004 Oct 15;23(19):2937–60.
148. Rozé J-C, Cambonie G, Marchand-Martin L, Gournay V, Durrmeyer X, Durox M, et al. Association Between Early Screening for Patent Ductus Arteriosus and In-Hospital Mortality Among Extremely Preterm Infants. *JAMA*. 2015 Jun 23;313(24):2441–8.
149. García P, San Feliciano L, Benito F, García R, Guzmán J, Salas S, et al. [Outcome at two years corrected age of a cohort of very low birth weight infants from hospitals within the neonatal SEN1500 network]. *An Pediatr Barc Spain* 2003. 2013 Nov;79(5):279–87.
150. Madrid-Aguilar M, López-Herrera MC, Pérez-López J, Escudero-Argaluz J, Santesteban-Otazu E, Piening B, et al. [Implementation of NeoKissEs in Spain: A validated surveillance system for nosocomial sepsis in very low birth weight infants]. *An Pediatr Barc Spain* 2003. 2019 Jul;91(1):3–12.
151. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008 Jun;36(5):309–32.
152. Onyema S-JN, Hanson SJ, Dasgupta M, Hoffmann RG, Faustino EVS, Prophylaxis against Thrombosis Practice Study Investigators. Factors Associated With Continuous Low-Dose Heparin Infusion for Central Venous Catheter Patency in Critically Ill Children Worldwide. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2016;17(8):e352-361.
153. Gavin NC, Webster J, Chan RJ, Rickard CM. Frequency of dressing changes for central venous access devices on catheter-related infections. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Feb 1;2:CD009213.
154. Jobe AH. The new bronchopulmonary dysplasia. *Curr Opin Pediatr*. 2011 Apr;23(2):167–72.
155. Brown KL, Kneyber MCJ. Focus on paediatrics. *Intensive Care Med*. 2019 Oct;45(10):1462–5.
156. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, Yousef N, Cortes RG, Lopez J, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care Lond Engl*. 2020 Feb 24;24(1):65.
157. Paterson RS, Chopra V, Brown E, Kleidon TM, Cooke M, Rickard CM, et al. Selection and Insertion of Vascular Access Devices in Pediatrics: A Systematic Review. *Pediatrics*. 2020 Jun;145(Suppl 3):S243–68.

158. Lamperti M, Biasucci DG, Disma N, Pittiruti M, Breschan C, Vailati D, et al. European Society of Anaesthesiology guidelines on peri-operative use of ultrasound-guided for vascular access (PERSEUS vascular access). *Eur J Anaesthesiol*. 2020 May;37(5):344–76.
159. Lambert RL, Boker JR, Maffei FA. National survey of bedside ultrasound use in pediatric critical care. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2011 Nov;12(6):655–9.
160. Nguyen J, Amirnovin R, Ramanathan R, Noori S. The state of point-of-care ultrasonography use and training in neonatal-perinatal medicine and pediatric critical care medicine fellowship programs. *J Perinatol Off J Calif Perinat Assoc*. 2016 Nov;36(11):972–6.
161. Lamperti M, Caldiroli D, Cortellazzi P, Vailati D, Pedicelli A, Tosi F, et al. Safety and efficacy of ultrasound assistance during internal jugular vein cannulation in neurosurgical infants. *Intensive Care Med*. 2008 Nov;34(11):2100–5.
162. Yang EJ, Ha HS, Kong YH, Kim SJ. Ultrasound-guided internal jugular vein catheterization in critically ill pediatric patients. *Korean J Pediatr*. 2015 Apr;58(4):136–41.
163. Rando K, Castelli J, Pratt JP, Scavino M, Rey G, Rocca ME, et al. Ultrasound-guided internal jugular vein catheterization: a randomized controlled trial. *Heart Lung Vessels*. 2014;6(1):13–23.
164. Airapetian N, Maizel J, Langelles 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 Nov;39(11):1938–44.
165. Tsuboi N, Abe M, Matsumoto S, Nishimura N, Nakagawa S. The Effect of Clinical Experience on the Learning Curve of Pediatric Intensive Care Unit Residents for the Central Venous Catheter Placement Procedure. *J Pediatr Intensive Care*. 2018 Mar;7(1):39–42.
166. Nguyen B-V, Prat G, Vincent J-L, Nowak E, Bizien N, Tonnelier J-M, et al. Determination of the learning curve for ultrasound-guided jugular central venous catheter placement. *Intensive Care Med*. 2014 Jan;40(1):66–73.
167. 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 Lond Engl*. 2014 Feb 23;18(1):R36.
168. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for subclavian or femoral vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Jan 9;1:CD011447.
169. Iwashima S, Ishikawa T, Ohzeki T. Ultrasound-guided versus landmark-guided femoral vein access in pediatric cardiac catheterization. *Pediatr Cardiol*. 2008 Mar;29(2):339–42.
170. 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 Apr;195:28–32.

171. 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 Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2011 Aug 1;78(2):262–6.
172. 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 Aug;26(8):823–30.
173. 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 J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2009 Jan;10(1):45–8.
174. 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 Off J Am Inst Ultrasound Med*. 2017 Dec;36(12):2495–501.
175. Schwemmer U, Arzet HA, Trautner H, Rauch S, Roewer N, Greim C-A. Ultrasound-guided arterial cannulation in infants improves success rate. *Eur J Anaesthesiol*. 2006 Jun;23(6):476–80.
176. 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 Lond Engl*. 2014 Feb 23;18(1):R36.
177. Andraska EA, Jackson T, Chen H, Gallagher KA, Eliason JL, Coleman DM. Natural History of Iatrogenic Pediatric Femoral Artery Injury. *Ann Vasc Surg*. 2017 Jul;42:205–13.
178. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Jan 9;1:CD006962.
179. Wu S, Ling Q, Cao L, Wang J, Xu M, Zeng W. Real-time two-dimensional ultrasound guidance for central venous cannulation: a meta-analysis. *Anesthesiology*. 2013 Feb;118(2):361–75.
180. Arul GS, Lewis N, Bromley P, Bennett J. Ultrasound-guided percutaneous insertion of Hickman lines in children. Prospective study of 500 consecutive procedures. *J Pediatr Surg*. 2009 Jul;44(7):1371–6.
181. Arul GS, Livingstone H, Bromley P, Bennett J. Ultrasound-guided percutaneous insertion of 2.7 Fr tunnelled Broviac lines in neonates and small infants. *Pediatr Surg Int*. 2010 Aug;26(8):815–8.
182. Di Nardo M, Tomasello C, Pittiruti M, Perrotta D, Marano M, Cecchetti C, et al. Ultrasound-guided central venous cannulation in infants weighing less than 5 kilograms. *J Vasc Access*. 2011 Dec;12(4):321–4.
183. Guilbert A-S, Xavier L, Ammouche C, Desprez P, Astruc D, Diemunsch P, et al. Supraclavicular ultrasound-guided catheterization of the subclavian vein in pediatric and

neonatal ICUs: a feasibility study. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2013 May;14(4):351–5.

184. Breschan C, Platzer M, Jost R, Stettner H, Feigl G, Likar R. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein in infants: a retrospective analysis of a case series. *Paediatr Anaesth.* 2012 Nov;22(11):1062–7.
185. Breschan C, Graf G, Jost R, Stettner H, Feigl G, Goessler A, et al. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the right brachiocephalic vein in small infants: a consecutive, prospective case series. *Paediatr Anaesth.* 2015 Sep;25(9):943–9.
186. Breschan C, Graf G, Jost R, Stettner H, Feigl G, Neuwersch S, et al. A Retrospective Analysis of the Clinical Effectiveness of Supraclavicular, Ultrasound-guided Brachiocephalic Vein Cannulations in Preterm Infants. *Anesthesiology.* 2018;128(1):38–43.
187. Klug W, Triffterer L, Keplinger M, Seemann R, Marhofer P. Supraclavicular ultrasound-guided catheterization of the brachiocephalic vein in infants and children: A retrospective analysis. *Saudi J Anaesth.* 2016 Jun;10(2):143–8.
188. Oulego-Erroz I, Muñoz-Lozón A, Alonso-Quintela P, Rodríguez-Nuñez A. Comparison of ultrasound guided brachiocephalic and internal jugular vein cannulation in critically ill children. *J Crit Care.* 2016 Oct;35:133–7.
189. Breschan C, Platzer M, Jost R, Stettner H, Feigl G, Likar R. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein in infants: a retrospective analysis of a case series. *Paediatr Anaesth.* 2012 Nov;22(11):1062–7.
190. Byon H-J, Lee G-W, Lee J-H, Park Y-H, Kim H-S, Kim C-S, et al. Comparison between ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular approaches for subclavian venous catheterization in children—a randomized trial. *Br J Anaesth.* 2013 Nov;111(5):788–92.
191. Aytekin C, Özyer U, Harman A, Boyvat F. Ultrasound-guided brachiocephalic vein catheterization in infants weighing less than five kilograms. *J Vasc Access.* 2015 Nov 6;16(6):512–4.
192. Klug W, Triffterer L, Keplinger M, Seemann R, Marhofer P. Supraclavicular ultrasound-guided catheterization of the brachiocephalic vein in infants and children: A retrospective analysis. *Saudi J Anaesth.* 2016 Jun;10(2):143–8.
193. Nardi N, Wodey E, Laviolle B, De La Brière F, Delahaye S, Engrand C, et al. Effectiveness and complications of ultrasound-guided subclavian vein cannulation in children and neonates. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2016 Jun;35(3):209–13.
194. Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Terroba-Seara S, Jiménez-González A, Rodríguez-Blanco S, Vázquez-Martínez JL. Ultrasound-Guided Cannulation of the Brachiocephalic Vein in Neonates and Preterm Infants: A Prospective Observational Study. *Am J Perinatol.* 2018 Apr;35(5):503–8.
195. Tercan F, Oguzkurt L, Ozkan U, Eker HE. Comparison of ultrasonography-guided central venous catheterization between adult and pediatric populations. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2008 Jun;31(3):575–80.

196. Keir A, Giesinger R, Dunn M. How long should umbilical venous catheters remain in place in neonates who require long-term (≥ 5 -7 days) central venous access? *J Paediatr Child Health*. 2014 Aug;50(8):649–52.
197. Bashir RA, Swarnam K, Vayalthrikkovil S, Yee W, Soraisham AS. Association between Peripherally Inserted Central Venous Catheter Insertion Site and Complication Rates in Preterm Infants. *Am J Perinatol*. 2016;33(10):945–50.
198. Shalabi M, Adel M, Yoon E, Aziz K, Lee S, Shah PS, et al. Risk of Infection Using Peripherally Inserted Central and Umbilical Catheters in Preterm Neonates. *Pediatrics*. 2015 Dec;136(6):1073–9.
199. Al Hamod DA, Zeidan S, Al Bizri A, Baaklini G, Nassif Y. Ultrasound-guided Central Line Insertion and Standard Peripherally Inserted Catheter Placement in Preterm Infants: Comparing Results from Prospective Study in a Single-center. *North Am J Med Sci*. 2016 May;8(5):205–9.
200. Ozkiraz S, Gokmen Z, Anuk Ince D, Akcan AB, Kilicdag H, Ozel D, et al. Peripherally inserted central venous catheters in critically ill premature neonates. *J Vasc Access*. 2013 Dec;14(4):320–4.
201. Erhard DM, Nguyen S, Guy KJ, Casalaz DM, König K. Dwell times and risk of non-elective removal of 1-French peripherally inserted central catheters according to catheter tip position in very preterm infants. *Eur J Pediatr*. 2017 Mar;176(3):407–11.
202. Goldwasser B, Baia C, Kim M, Taragin BH, Angert RM. Non-central peripherally inserted central catheters in neonatal intensive care: complication rates and longevity of catheters relative to tip position. *Pediatr Radiol*. 2017 Nov;47(12):1676–81.
203. Vogel JA, Haukoos JS, Erickson CL, Liao MM, Theoret J, Sanz GE, et al. Is long-axis view superior to short-axis view in ultrasound-guided central venous catheterization? *Crit Care Med*. 2015 Apr;43(4):832–9.
204. Zonnenberg IA, van Dijk-Lokkart EM, van den Dungen F a. M, Vermeulen RJ, van Weissenbruch MM. Neurodevelopmental outcome at 2 years of age in preterm infants with late-onset sepsis. *Eur J Pediatr*. 2019 May;178(5):673–80.
205. pubmeddev, al SD et. Adverse neurodevelopment in preterm infants with postnatal sepsis or necrotizing enterocolitis is mediated by white matter abnormalities on magneti... - PubMed - NCBI [Internet]. 2020 [cited 2020 Feb 7]. Available from: <https://pubmed.publicaciones.saludcastillayleon.es/pubmed/18534228>
206. Balkhy HH, Zingg W. Update on infection control challenges in special pediatric populations. *Curr Opin Infect Dis*. 2014 Aug;27(4):370–8.
207. Schulman J, Stricof R, Stevens TP, Horgan M, Gase K, Holzman IR, et al. Statewide NICU central-line-associated bloodstream infection rates decline after bundles and checklists. *Pediatrics*. 2011 Mar;127(3):436–44.
208. Advani SD, Murray TS, Murdzek CM, Aniskiewicz MJ, Bizzarro MJ. Shifting focus toward healthcare-associated bloodstream infections: The need for neonatal intensive care unit-specific NHSN definitions. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020 Feb;41(2):181–6.

209. Wilder KA, Wall B, Haggard D, Epperson T. CLABSI Reduction Strategy: A Systematic Central Line Quality Improvement Initiative Integrating Line-Rounding Principles and a Team Approach. *Adv Neonatal Care Off J Natl Assoc Neonatal Nurses*. 2016 Jun;16(3):170–7.
210. Shalabi M, Adel M, Yoon E, Aziz K, Lee S, Shah PS, et al. Risk of Infection Using Peripherally Inserted Central and Umbilical Catheters in Preterm Neonates. *Pediatrics*. 2015 Dec;136(6):1073–9.
211. Greenberg RG, Cochran KM, Smith PB, Edson BS, Schulman J, Lee HC, et al. Effect of Catheter Dwell Time on Risk of Central Line-Associated Bloodstream Infection in Infants. *Pediatrics*. 2015 Dec;136(6):1080–6.
212. Yamaguchi RS, Noritomi DT, Degaspere NV, Muñoz GOC, Porto APM, Costa SF, et al. Peripherally inserted central catheters are associated with lower risk of bloodstream infection compared with central venous catheters in paediatric intensive care patients: a propensity-adjusted analysis. *Intensive Care Med*. 2017 Aug;43(8):1097–104.
213. Noonan PJ, Hanson SJ, Simpson PM, Dasgupta M, Petersen TL. Comparison of Complication Rates of Central Venous Catheters Versus Peripherally Inserted Central Venous Catheters in Pediatric Patients. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2018 Dec;19(12):1097–105.
214. Soares BN, Pissarra S, Rouxinol-Dias AL, Costa S, Guimarães H. Complications of central lines in neonates admitted to a level III Neonatal Intensive Care Unit. *J Matern-Fetal Neonatal Med Off J Eur Assoc Perinat Med Fed Asia Ocean Perinat Soc Int Soc Perinat Obstet*. 2018 Oct;31(20):2770–6.
215. Biasucci DG, Pittiruti M, Taddei A, Picconi E, Pizza A, Celentano D, et al. Targeting zero catheter-related bloodstream infections in pediatric intensive care unit: a retrospective matched case-control study. *J Vasc Access*. 2018 Mar;19(2):119–24.
216. Merchaoui Z, Lausten-Thomsen U, Pierre F, Ben Laiba M, Le Saché N, Tissieres P. Supraclavicular Approach to Ultrasound-Guided Brachiocephalic Vein Cannulation in Children and Neonates. *Front Pediatr*. 2017;5:211.
217. Hill S, Hamblett I, Brady S, Vasileukaya S, Zuzuarregui I, Martin F. Central venous access device-related sheaths: a predictor of infective and thrombotic incidence? *Br J Nurs Mark Allen Publ*. 2019 Oct 24;28(19):S10–8.
218. Gominet M, Compain F, Beloin C, Lebeaux D. Central venous catheters and biofilms: where do we stand in 2017? *APMIS Acta Pathol Microbiol Immunol Scand*. 2017 Apr;125(4):365–75.
219. Barone G, D’Andrea V, Vento G, Pittiruti M. A Systematic Ultrasound Evaluation of the Diameter of Deep Veins in the Newborn: Results and Implications for Clinical Practice. *Neonatology*. 2019;115(4):335–40.
220. Male C, Chait P, Andrew M, Hanna K, Julian J, Mitchell L, et al. Central venous line-related thrombosis in children: association with central venous line location and insertion technique. *Blood*. 2003 Jun 1;101(11):4273–8.

221. Salim MA, DiSessa TG, Arheart KL, Alpert BS. Contribution of superior vena caval flow to total cardiac output in children. A Doppler echocardiographic study. *Circulation*. 1995 Oct 1;92(7):1860–5.
222. Cheng H-Y, Lu C-Y, Huang L-M, Lee P-I, Chen J-M, Chang L-Y. Increased frequency of peripheral venipunctures raises the risk of central-line associated bloodstream infection in neonates with peripherally inserted central venous catheters. *J Microbiol Immunol Infect Wei Mian Yu Gan Ran Za Zhi*. 2016 Apr;49(2):230–6.
223. Westergaard B, Classen V, Walther-Larsen S. Peripherally inserted central catheters in infants and children - indications, techniques, complications and clinical recommendations. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013 Mar;57(3):278–87.
224. Al Hamod DA, Zeidan S, Al Bizri A, Baaklini G, Nassif Y. Ultrasound-guided Central Line Insertion and Standard Peripherally Inserted Catheter Placement in Preterm Infants: Comparing Results from Prospective Study in a Single-center. *North Am J Med Sci*. 2016 May;8(5):205–9.
225. Lausten-Thomsen U, Merchaoui Z, Dubois C, Eleni Dit Trolli S, Le Saché N, Mokhtari M, et al. Ultrasound-Guided Subclavian Vein Cannulation in Low Birth Weight Neonates. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2017 Feb;18(2):172–5.
226. Legemaat MM, Jongerden IP, van Rens RMFPT, Zielman M, van den Hoogen A. Effect of a vascular access team on central line-associated bloodstream infections in infants admitted to a neonatal intensive care unit: a systematic review. *Int J Nurs Stud*. 2015 May;52(5):1003–10.
227. pubmeddev, al GR et. Effect of Catheter Dwell Time on Risk of Central Line-Associated Bloodstream Infection in Infants. - PubMed - NCBI [Internet]. 2020 [cited 2020 Feb 7]. Available from: <https://pubmed.publicaciones.saludcastillayleon.es/pubmed/26574587>
228. Bellows B et al. Perceived Barriers in the Use of Point of Care Ultrasound in the WWAMI Region. *J Emerg Med Crit*. 2015;1(1):4.
229. Ministerio de Sanidad y Consumo Orden SCO/3148/2006, de 20 de septiembre, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Pediatría y sus Áreas Específicas. BOE-A-2006-17999.
230. (2012) Libro blanco de las Especialidades Pediátricas. *Pediatría Atención Primaria* 14:279–280.
231. Blaivas M, Pawl R. Analysis of lawsuits filed against emergency physicians for point-of-care emergency ultrasound examination performance and interpretation over a 20-year period. *Am J Emerg Med*. 2012 Feb;30(2):338–41.
232. Nguyen J, Cascione M, Noori S. Analysis of lawsuits related to point-of-care ultrasonography in neonatology and pediatric subspecialties. *J Perinatol Off J Calif Perinat Assoc*. 2016;36(9):784–6.
233. Nguyen J, Cascione M, Noori S. Analysis of lawsuits related to point-of-care ultrasonography in neonatology and pediatric subspecialties. *J Perinatol Off J Calif Perinat Assoc*. 2016;36(9):784–6.

234. Stolz L, O'Brien KM, Miller ML, Winters-Brown ND, Blaivas M, Adhikari S. A review of lawsuits related to point-of-care emergency ultrasound applications. *West J Emerg Med*. 2015 Jan;16(1):1–4.
235. Marin JR, Abo AM, Arroyo AC, Doniger SJ, Fischer JW, Rempell R, et al. Pediatric emergency medicine point-of-care ultrasound: summary of the evidence. *Crit Ultrasound J*. 2016 Dec;8(1):16.
236. 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 Spain* 2003. 2019 Sep;91(3):206.e1-206.e13.

10. ANEXOS

ANEXO 1: CONTRIBUCIONES DEL AUTOR EN EL CAMPO DE LA ECOGRAFÍA A PIE DE CAMA

ANEXO 2- ESTUDIO RECANVA

1.1 Protocolo del estudio RECANVA

1.2 Instrucciones para el investigador

1.3 Hoja de recogida de datos

1.4 Consentimiento informado

1.5 Aprobación del CEIC provincial de León

ANEXO 3: PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DEL CVC EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS Y NEONATALES

ANEXO 4: ARTÍCULO 1: *“ULTRASOUND-GUIDED CANNULATION OR BY PULSE PALPATION IN THE INTENSIVE CARE UNIT”*

ANEXO 5: ARTÍCULO 2: *“ULTRASOUND-GUIDED SUPRACLAVICULAR CANNULATION OF THE BRACHIOCEPHALIC VEIN MAY REDUCE CENTRAL LINE-ASSOCIATED BLOODSTREAM INFECTION IN PRETERM INFANTS”*

ANEXO 1: CONTRIBUCIONES DEL AUTOR EN EL CAMPO DE LA ECOGRAFÍA A PIE DE CAMA

A continuación, se enumeran las contribuciones del autor de esta Tesis Doctoral en el campo de la ecografía a pie de cama

1.1 PUBLICACIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS CON FACTOR DE IMPACTO

1.1.1 INDICADORES DE CALIDAD UTILIZADOS

-Factor de impacto según JCR a 2019

-Importancia de la revista: ranking (cuartil y posición) en la especialidad según JCR

-Número de citas: según Google Scholar

-Importancia del artículo en su campo: Field Citation Ratio según Altmetric

-Difusión en la red: Attention Score según Altmetric

1.1.2 RESUMEN

Publicaciones: 29

Citas: 202 (media: 6,96 citas/artículo)

Factor de impacto acumulado (según JCR2019): 96.274 (media 3.31 puntos/artículo)

Distribución por cuartiles de especialidad (según JCR 2019): cuartil 1: 9 (31%); cuartil 2: 5 (17%), cuartil 3: 14 (48%); cuartil 4: 1 (3%)

1.1.3 LISTA DE PUBLICACIONES E INDICADORES DE CALIDAD

En orden cronológico:

1: Oulego-Erroz I, Mata-Zubillaga D, Alonso-Quintela P, Regueras-Santos L, Iglesias-Blázquez C. Variación respiratoria del flujo aórtico y respuesta a líquidos [Respiratory variations in aortic blood flow and response to fluids]. *An Pediatr (Barc)*. 2012 Apr;76(4):235-7. Spanish. doi:10.1016/j.anpedi.2011.11.021. Epub 2012 Jan 9. PMID: 22227348.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128 en JCR2019). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo.

Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 0,867 (JCR2012) y la revista estaba en el cuartil 3 (posición 91 de 122).

2: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Rodríguez-Blanco S, Mata-Zubillaga D, Fernández-Miaja M. Verification of endotracheal tube placement using ultrasound during emergent intubation of a preterm infant. *Resuscitation*. 2012 Jun;83(6):e143-4. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.02.014. Epub 2012 Mar 2. PMID: 22387919.

Indicios de calidad: La revista *Resuscitation* es la revista oficial del European Resuscitation Council. Tiene un factor de impacto de 4.215 (JCR 2019), es una de las revistas de mayor factor de impacto en la especialidad de Emergencias situándose en el cuartil 1 de la especialidad de Emergencias (posición 2 de 31) y en Cuidados Intensivos (posición 7 de 36). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 15 citas. El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 4,104 y se encontraba en el cuartil 1 de la especialidad de Emergencias (posición 2 de 25) y Cuidados Intensivos (7 de 27).

3: Mata-Zubillaga D, Oulego-Erroz I. Persistent cerebral blood flow by transcranial Doppler ultrasonography in an asphyxiated newborn meeting brain death diagnosis: case report and review of the literature. *J Perinatol*. 2012 Jun;32(6):473-5. doi: 10.1038/jp.2011.147. PMID: 22643293.

Indicios de calidad: La revista *Journal of Perinatology* es la revista oficial de la sección de medicina neonatal-perinatal de la Academia Americana de Pediatría y de la Asociación Nacional Perinatal de Estados Unidos. Tiene un factor de impacto de 1,967 (JCR 2019) y está situada en el cuartil 2 de las revistas de Pediatría (57 de 128, fuente: SJR). A julio de 2020 el presente artículo ha recibido 10 citas. El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 2,248 (JCR2012) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 30 de 122).

4: Mora-Matilla M, Alonso-Quintela P, Oulego-Erroz I, Rodríguez-Blanco S, Gautreaux-Minaya S, Mata-Zubillaga D. Is ultrasound a feasible tool to verify endotracheal tube position in neonates? *Resuscitation*. 2013 Jan;84(1):e19-20. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.09.026. Epub 2012 Oct 8. PMID: 23059560.

Indicios de calidad: La revista *Resuscitation* es la revista oficial del European Resuscitation Council. Tiene un factor de impacto de 4.215 (JCR 2019), es una de las revistas de mayor factor de impacto en la especialidad de Emergencias situándose en el cuartil 1 de la especialidad de Emergencias (posición 2 de

31) y en Cuidados Intensivos (posición 7 de 36). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 12 citas. El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 4,104 y se encontraba en el cuartil 1 de la especialidad de Emergencias (posición 2 de 25) y Cuidados Intensivos (7 de 27).

5: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Gautreaux-Minaya S, Mora-Matilla M, Regueras-Santos L, Martínez-Badás JP. Test de elevación pasiva de las piernas y respuesta a líquidos en un niño politraumatizado [Passive leg raising test and fluid responsiveness in a child with multiple injuries]. *An Pediatr (Barc)*. 2013 May;78(5):344-6. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2012.09.011. Epub 2012 Oct 26. PMID: 23107517.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 2 citas. El año de publicación del artículo el factor de impacto era 0,722 (JCR 2013) y la revista estaba en el cuartil 4 de la especialidad de Pediatría (posición 102 de 118).

6: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Mora-Matilla M, Gautreaux Minaya S, Lapeña-López de Armentia S. Ascending aorta elasticity in children with isolated bicuspid aortic valve. *Int J Cardiol*. 2013 Sep 30;168(2):1143-6. doi: 10.1016/j.ijcard.2012.11.080. Epub 2012 Dec 8. PMID: 23232455.

La revista *International Journal of Cardiology* tiene un factor de impacto de 3.229 (JCR 2019), está en el cuartil 2 de la especialidad de Cardiología (posición 55 de 138, fuente SJR). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 28 citas. El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 6,167 (JCR2013) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 11 de 125).

7: Alonso Quintela P, Oulego Erroz I, López Blanco G, Rodríguez Blanco S, Iglesias Blázquez C, Ferrero de la Mano L. Comparación de la ecografía y la radiografía de tórax para la localización de catéteres venosos centrales [Comparison of bedside ultrasound and chest x-ray for inserting central lines]. *An Pediatr (Barc)*. 2014 Mar;80(3):e96-7. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2013.08.006. Epub 2013 Oct 16. PMID: 24139557.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de

Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. El año de publicación del artículo el factor de impacto era 0,833 (JCR 2014) y la revista estaba en el cuartil 4 (posición 104 de 120, JCR 2013).

8: Alonso Quintela P, Oulego Erroz I, Mora Matilla M, Rodríguez Blanco S, Mata Zubillaga D, Regueras Santos L. Utilidad de la ecografía comparada con la capnografía y la radiografía en la intubación traqueal [Usefulness of bedside ultrasound compared to capnography and X-ray for tracheal intubation]. *An Pediatr (Barc)*. 2014 Nov;81(5):283-8. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2014.01.004. Epub 2014 Feb 21. PMID: 24560730.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 25 citas (50% en los dos últimos años), tiene un Field Citation Ratio de 8.31 (extremadamente alto) y un Attention Score de Altmetric de 3 (percentil 56). El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 0,833 y se encontraba en el cuartil 4 de la especialidad (posición 104 de 120).

9: Oulego-Erroz I, Mora-Matilla M, Alonso-Quintela P, Rodríguez-Blanco S, Mata-Zubillaga D, de Armentia SL. Ultrasound evaluation of lumbar spine anatomy in newborn infants: implications for optimal performance of lumbar puncture. *J Pediatr*. 2014 Oct;165(4):862-5.e1. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.06.038. Epub 2014 Jul 22. PMID: 25063721.

Indicios de calidad: La revista *Journal of Pediatrics* tiene un factor impacto de 3,7 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 1 de la especialidad de Pediatría (posición 10 de 128). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 14 citas y tiene un Field Citation Ratio de 4.16 y un Attention Score de Altmetric de 10 (percentil 75). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 3,790 (JCR2014) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 6 de 120).

10: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Domínguez P, Rodríguez-Blanco S, Muñiz-Fontán M, Muñoz-Lozón A, López-Blanco G, Rodríguez-Nuñez A. Canalización del tronco braquiocefálico guiada por ecografía en neonatos y lactantes [Ultrasound-guided cannulation of the brachiocephalic vein in neonates and infants]. *An Pediatr (Barc)*. 2016 Jun;84(6):331-6. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2015.03.013. Epub 2015 May 13. PMID: 25979387.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 6 citas. El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 1,104 y se encontraba en el cuartil 3 de la especialidad (posición 88 de 128).

11: Alonso-Quintela P, Oulego-Eroz I, Rodríguez-Blanco S, Muñoz-Fontan M, Lapeña-López-de Armentia S, Rodríguez-Nuñez A. Location of the Central Venous Catheter Tip With Bedside Ultrasound in Young Children: Can We Eliminate the Need for Chest Radiography? *Pediatr Crit Care Med*. 2015 Nov;16(9):e340-5. doi: 10.1097/PCC.0000000000000491. PMID: 26181295.

La revista *Pediatric Critical Care Medicine* es la revista oficial de la Society of Critical Care Medicine dedicada a los Cuidados Intensivos Pediátricos. Tiene un factor de impacto de 2.854 (JCR 2019), y se encuentra en el cuartil 1 de la especialidad de Pediatría (posición 20 de 128). A fecha de julio de 2020 el presente artículo ha recibido 26 citas (80% en los dos últimos años), tiene ha sido objeto de un editorial de la revista, tiene un Field Citation Ratio de 7.88 (extremadamente alto) y un attention score el Altmetric de 5 (percentil 75). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 2,659 (JCR2015) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 19 de 120).

12: Alonso-Quintela P, Oulego-Eroz I, Rodríguez-Nuñez A. The authors reply. *Pediatr Crit Care Med*. 2016 Feb;17(2):184-5. doi: 10.1097/PCC.0000000000000592. PMID: 26841038.

La revista *Pediatric Critical Care Medicine* es la revista oficial de la Society of Critical Care Medicine dedicada a los Cuidados Intensivos Pediátricos. Tiene un factor de impacto de 2.854 (JCR 2019), y se encuentra en el cuartil 1 de la especialidad de Pediatría (posición 20 de 128). A fecha de julio de 2020 el presente artículo ha recibido 1 citas y un attention score el Altmetric de 1 (percentil 50). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 3,495 (JCR2016) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 9 de 121).

13: Renter Valdovinos L, Oulego Erroz I; Grupo de Trabajo de Ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. Ecografía a pie de cama en el niño crítico [Bedside ultrasound in the critically ill paediatric patient]. *An Pediatr (Barc)*. 2016 Sep;85(3):117-8. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2016.07.001. Epub 2016 Jul 22. PMID: 27461868.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50). El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 1,140 y se encontraba en el cuartil 3 de la especialidad (posición 88 de 121).

14: Oulego-Erroz I, Muñoz-Lozón A, Alonso-Quintela P, Rodríguez-Nuñez A. Comparison of ultrasound guided brachiocephalic and internal jugular vein cannulation in critically ill children. *J Crit Care*. 2016 Oct;35:133-7. doi: 10.1016/j.jcrc.2016.05.010. Epub 2016 May 25. PMID: 27481748.

Journal of Critical Care es una revista con dedicación exclusiva a los Cuidados Intensivos. Tiene un factor de impacto de 2.685 (JCR 2019), perteneciendo al cuartil 2 de la Especialidad de Cuidados Intensivos (posición 16 de 33, fuente SJR). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 18 citas (92% en los dos últimos años), el Field Citation Ratio es de 5.7 (alta difusión) y tiene un Attention Score de Altmetric de 4 (percentil 68). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 2,684 (JCR2016) y la revista estaba en el cuartil 2 (posición 15 de 33).

15: Oulego-Erroz I, Pradillos-Serna JM, Fuentes-Carretero S, Ardela-Díaz E. Colocación de reservorios venosos centrales mediante una técnica exclusivamente ecoguiada: experiencia preliminar [Insertion of a central venous reservoir using an exclusively ultrasound guided technique: Preliminary experience]. *An Pediatr (Barc)*. 2018 Aug;89(2):117-118. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2017.10.006. Epub 2017 Nov 20. PMID: 29162414.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50). El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 1,318 y se encontraba en el cuartil 3 de la especialidad (posición 83 de 124).

16: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Terroba-Seara S, Jiménez-González A, Rodríguez-Blanco S, Vázquez-Martínez JL. Ultrasound-Guided Cannulation of the Brachiocephalic Vein in Neonates

and Preterm Infants: A Prospective Observational Study. *Am J Perinatol.* 2018 Apr;35(5):503-508. doi: 10.1055/s-0037-1608803. Epub 2017 Nov 28. PMID: 29183098.

La revista *American Journal of Perinatology* tiene un factor de impacto de 1.474 (JCR 2019), se sitúa en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 87 de 218). A fecha de Julio de 2020, el presente artículo ha sido citado en 8 ocasiones, y el Attention Score de Altmetric es 4 (percentil 62). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 1,581 (JCR2018) y la revista estaba en el cuartil 3 (posición 67 de 125).

17: Oulego-Erroz I, González-Cortes R, García-Soler P, Balaguer-Gargallo M, Frías-Pérez M, Mayordomo-Colunga J, Llorente-de-la-Fuente A, Santos-Herraiz P, Menéndez-Suso JJ, Sánchez-Porras M, Palanca-Arias D, Clavero-Rubio C, Holanda-Peña MS, Renter-Valdovinos L, Fernández-De-Miguel S, Rodríguez-Núñez A; RECANVA collaborative study. Ultrasound-guided or landmark techniques for central venous catheter placement in critically ill children. *Intensive Care Med.* 2018 Jan;44(1):61-72. doi: 10.1007/s00134-017-4985-8. Epub 2017 Dec 1. PMID: 29196794.

Indicios de calidad: *Intensive Care Medicine* es la revista oficial de la European Society of Intensive Care Medicine y con un factor de impacto de 17.679 (JCR 2019) es la revista dedicada exclusivamente a Cuidados Intensivos con mayor factor de impacto a nivel mundial, está en el cuartil 1 (posición 2 de 36). El presente artículo ha sido citado en 26 ocasiones, todas ellas en los dos últimos años. El índice Attention Score de Altmetric es 46 (percentil 95). El año de la publicación del artículo el factor de impacto era 18,967 (JCR2018) y la revista estaba en el cuartil 1 (posición 2 de 33).

18: Hosokawa K, Shime N, Oulego-Erroz I, González-Cortes R, Rodríguez-Núñez A. Ultrasound-guided central venous catheter placement in children: what is a really good practice? *Intensive Care Med.* 2018 Apr;44(4):546-547. doi: 10.1007/s00134-018-5101-4. Epub 2018 Mar 6. PMID: 29511783.

Indicios de calidad: *Intensive Care Medicine* es la revista oficial de la European Society of Intensive Care Medicine y con un factor de impacto de 17,679 (JCR 2019) es la revista dedicada exclusivamente a Cuidados Intensivos con mayor factor de impacto a nivel mundial, está en el cuartil 1 (posición 2 de 36). A fecha de Julio de 2020, el presente artículo ha sido citado en 2 ocasiones, El índice Attention Score de Altmetric es 2 (percentil 54)

19: Oulego Erroz I, Alonso Quintela P, Jiménez Gonzalez A, Terroba Seara S, Rodríguez Blanco S, Rosón Varas M, Castañón López L. Impacto del cribado y tratamiento del bajo flujo sistémico en

la prevención de hemorragia intraventricular grave y/o muerte en el prematuro [Impact of screening and treatment of low systemic blood flow in the prevention of severe intraventricular haemorrhage and/or death in pre-term infants]. *An Pediatr (Barc)*. 2018 Dec;89(6):369-377. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2018.02.010. Epub 2018 Apr 3. PMID: 29622414.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 2 citas y tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50). El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 1,166 y se encontraba en el cuartil 4 de la especialidad (posición 93 de 125).

20: Zoido Garrote E, García Aparicio C, Camila Torrez Villarroel C, Pedro Vega García A, Muñiz Fontán M, Oulego Erroz I. Utilidad de la ecografía pulmonar precoz en bronquiolitis aguda leve-moderada: estudio piloto [Usefulness of early lung ultrasound in acute mild-moderate acute bronchiolitis. A pilot study]. *An Pediatr (Barc)*. 2019 Jan;90(1):10-18. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2018.03.002. Epub 2018 Apr 19. PMID: 29680409.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría. Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 2 citas y tiene un Attention Score de Altmetric de 2 (percentil 50). El año de publicación del artículo el factor de impacto de la revista era 1,166 y se encontraba en el cuartil 4 de la especialidad (posición 93 de 125).

21: Muñiz Fontán M, Oulego Erroz I, Revilla Orias D, Muñoz Lozón A, Rodríguez Núñez A, Lurbe I Ferrer E. Thoracic Aortic Intima-Media Thickness in Preschool Children Born Small for Gestational Age. *J Pediatr*. 2019 May; 208:81-88.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.12.037. Epub 2019 Feb 4. PMID: 30732998.

Indicios de calidad: La revista *Journal of Pediatrics* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 3,7 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 1 de la especialidad de Pediatría (posición 10 de 128). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 1 citas y tiene un Attention Score de Altmetric de 2 (percentil 50).

22: Mayordomo-Colunga J, González-Cortés R, Bravo MC, Martínez-Mas R, Vázquez-Martínez JL, Renter-Valdovinos L, Conlon TW, Nishisaki A, Cabañas F, Bilbao- Sustacha JÁ, Oulego-Erroz I. Ecografía a pie de cama: ¿es el momento de incluirla en la formación del pediatra? [Point-of-care ultrasound: Is it time to include it in the paediatric specialist training program?]. *An Pediatr (Barc)*. 2019 Sep;91(3):206.e1-206.e13. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2019.06.012. Epub 2019 Aug 6. PMID: 31395389.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 2 citas y tiene un Attention Score de Altmetric de 16 (percentil 75).

23: Oulego-Erroz I, Mayordomo-Colunga J, González-Cortés R, Sánchez-Porras M, Llorente-de la Fuente A, Fernández-de Miguel S, Balaguer-Gargallo M, Frías-Pérez M, Rodríguez-Nuñez A; en representación del Grupo de Estudio RECANVA; Miembros del Grupo de Estudio RECANVA. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos [Ultrasound-guided cannulation or by pulse palpation in the intensive care unit]. *An Pediatr (Barc)*. 2020 Feb 13:S1695-4033(20)30030-8. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2019.12.022. Epub ahead of print. PMID: 32063513.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50).

24: Oulego-Erroz I, Pradillos-Serna J, Ardela-Díaz E. Diagnóstico de hernia diafragmática congénita de presentación tardía mediante ecografía a pie de cama [Diagnosis of a late-onset congenital diaphragmatic hernia using bedside ultrasound]. *An Pediatr (Barc)*. 2020 Feb 26:S1695-4033(20)30037-0. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2020.01.014. Epub ahead of print. PMID: 32111551.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50).

25: Oulego-Erroz I, Terroba-Seara S, Alonso-Quintela P, Jiménez-González A, Ardela-Díaz E. Ecografía a pie de cama en el diagnóstico precoz de la enterocolitis necrosante: ¿una estrategia para mejorar el pronóstico [Bedside ultrasound in the early diagnosis of necrotising enterocolitis: A strategy to improve the prognosis]. *An Pediatr (Barc)*. 2020 Mar 3:S1695-4033(20)30039-4. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2020.01.016. Epub ahead of print. PMID: 32144040.

Indicios de calidad: La revista *Anales de Pediatría* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 1,313 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 3 de la especialidad de Pediatría (posición 93 de 128). Es leída por los pediatras de habla hispana en todo el mundo. Es la revista pediátrica en español con mayor difusión y relevancia internacional. Tiene un Attention Score de Altmetric de 1 (percentil 50).

26: Oulego-Erroz I, Ocaña-Alcober C, Jiménez-González A. Point-of-care ultrasound in the diagnosis of neonatal cerebral sinovenous thrombosis. *J Clin Ultrasound*. 2020 May 1. doi: 10.1002/jcu.22859. Epub ahead of print. PMID: 32357253.

Indicios de Calidad: La revista *Journal of Clinical Ultrasound* es una revista con dedicación exclusiva a la ecografía clínica. Tiene un factor de impacto de 0.764 (JCR 2019), situándose en el cuartil 4 de la especialidad de Radiología, Medicina Nuclear e Imagen (posición 125 de 133).

27: Oulego-Erroz I, Fernández-García A, Álvarez-Juan B, Terroba-Seara S, Quintela PA, Rodríguez-Núñez A. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein may reduce central line-associated bloodstream infection in preterm infants. *Eur J Pediatr*. 2020 May 7:1–9. doi: 10.1007/s00431-020-03663-y. Epub ahead of print. PMID: 32382789; PMCID: PMC7223997.

Indicios de calidad: La revista *European Journal of Pediatrics* tiene un factor de impacto de 2.305 (JCR 2019) y se sitúa en el cuartil 2 de la especialidad de Pediatría (38 de 128). Este artículo no ha recibido aún citas. Tiene un Attention Score de Altmetric de 9 (percentil 75%)

28: Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Terroba-Seara S, Jiménez-González A, Rodríguez-Blanco S. Early assessment of lung aeration using an ultrasound score as a biomarker of developing bronchopulmonary dysplasia: a prospective observational study. *J Perinatol*. 2020 Jul 14:1–7. doi: 10.1038/s41372-020-0724-z. Epub ahead of print. PMID: 32665687; PMCID: PMC7358564.

Indicios de calidad: La revista *Journal of Perinatology* es la revista oficial de la sección de medicina neonatal-perinatal de la Academia Americana de Pediatría y de la Asociación Nacional Perinatal de Estados Unidos. Tiene un factor de impacto de 1,967 (JCR 2019) y está situada en el cuartil 2 de las revistas de Pediatría (57 de 128).

29: Oulego-Erroz I et al. Bedside airway ultrasound in the evaluation of neonatal stridor. *Journal of Pediatrics*. Accepted. In press.

Indicios de calidad: La revista *Journal of Pediatrics* es la publicación oficial de la Asociación Española de Pediatría y tiene un factor impacto de 3,7 (JCR 2019) y se encuentra en el cuartil 1 de la especialidad de Pediatría (posición 10 de 128). Hasta julio de 2020, este artículo ha recibido 1 citas y tiene un Attention Score de Altmetric de 2 (percentil 50).

1.2 CURSOS IMPARTIDOS EN ECOGRAFÍA A PIE DE CAMA

-Director y docente en “Curso semipresencial de Ecografía a pie de cama en el paciente pediátrico agudo” realizado en el Complejo Asistencial Universitario de León y la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León bajo la organización de la Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria y Castilla y León y la Universidad de León (3 ediciones: 2018, 2019, 2020)

-Docente en el “Curso semipresencial de Ecografía Clínica en Emergencias y Cuidados Críticos en Neonatos y Pediatría” del Hospital Ramón y Cajal (edición 2019)

-Talleres de ecografía en el Congreso Nacional de la Sociedad de Cuidados Intensivos Pediátricos (Edición 2016, Palma de Mallorca; Edición 2017 Granada; Edición 2019 San Sebastián)

-Taller de Ecografía Reunión de Primavera de la Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria y Castilla y León realizado en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León en el año 2015.

-Taller de Ecografía en el manejo del paciente politraumatizado. Curso de Soporte Vital Avanzado al Trauma realizado en el Hospital Central de Asturias. Oviedo, 2019

1.3 ACTIVIDAD DENTRO “GRUPO DE TRABAJO EN ECOGRAFÍA” DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS (SECIP)

- Miembro del comité organizador desde su creación en 2015
- Coordinador del grupo desde 2020
- Coordinador del estudio RECANVA (Registro Español de Canalización Vascular)
- Coordinador del estudio multicéntrico SONO-FLUID
- Participación en la elaboración de documentos docentes del Grupo de Trabajo
 - Coordinador y autor del apartado “Procedimientos ecoguiados”
- Participación en la elaboración de protocolos de Ecografía de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (pendiente de publicación en la web de la SECIP)
 - Protocolo de valoración hemodinámica
 - Protocolo de ecografía en la atención al Trauma
 - Protocolo de canalización vascular ecoguiada

1.4 PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS EN EL CAMPO DE LA ECOGRAFÍA A PIE DE CAMA

1.4.1 BECAS

Beca de Investigación Francisco Ruza de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos año 2020 por el proyecto:

“SONO-FLUID: CARACTERIZACIÓN DEL TEST DE ELEVACIÓN PASIVA DE LAS PIERNAS, LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL FLUJO AÓRTICO Y EL “TIDAL VOLUME CHALLENGE” COMO PREDICTORES DE LA RESPUESTA A FLUIDOS EN EL NIÑO CRÍTICO”

1.4.2 PREMIOS

2012

PREMIO MENCION ESPECIAL POSTER: 61 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA 31 DE MAYO-2 JUNIO GRANADA

CONFIRMACIÓN DE LA POSICIÓN DEL TUBO ENDOTRAQUEAL POR ECOGRAFÍA EN LA INTUBACIÓN URGENTE DE UN RECIÉN NACIDO PRETÉRMINO Paula Alonso Quintela, Ignacio Oulego Erroz, Silvia Rodríguez Blanco, Daniel Mata Zubillaga, María Fernández Miaja. Hospital de León

PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN POSTER. REUNIÓN DE PRIMAVERA DE LA SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. SEGOVIA. 23-24 MARZO DE 2012.

COMPROBACIÓN DE LA INTUBACIÓN ENDOTRAQUEAL MEDIANTE MÉTODOS NO INVASIVOS. Mora Matilla M1, Alonso Quintela P1, Gautreaux Minaya S1, Oulego Erroz I2, Mata Zubillaga D2, Rodríguez Blanco S3. 1Servicio de Pediatría. 2Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. 3Unidad de Neonatología. Complejo Asistencial Universitario de León.

2014

PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN ORAL. REUNIÓN DE PRIMAVERA DE LA SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. AVILA 25-26 DE ABRIL DE 2014

¿CONOCEMOS LA POSICIÓN IDÓNEA PARA LA REALIZACIÓN DE LA PUNCIÓN LUMBAR EN NEONATOS? Alonso Quintela P1, Mora Matilla M1, Oulego Erroz I1, Rodríguez Blanco S1,2, Mata Zubillaga D3, Fernández Calvo F1,2, Lapeña López de Armentia S1. 1Servicio de Pediatría. 2Unidad de Neonatología.3Centro de Salud Ponferrada IV. Complejo Asistencial Universitario de León.

1º PREMIO PROF. ENRIQUE CASADO DE FRIAS A LA MEJOR COMUNICACIÓN DEL CONGRESO: CONGRESO EXTRAORDINARIO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA Y II CONGRESO EXTRAORDINARIO LATINOAMERICANO DE PEDIATRÍA. MADRID 5-7 JUNIO DE 2014.

POSICIÓN DEL PACIENTE Y TÉCNICA DE INSERCIÓN DE LA AGUJA PARA PUNCIÓN LUMBAR EN NEONATOS: EVALUACIÓN MEDIANTE ECOGRAFÍA. Ignacio Oulego Erroz, María Mora Matilla, Paula Alonso Quintela, Silvia Rodríguez Blanco, Gloria López Blanco, Daniel Mata Zubillaga. *Complejo Asistencial de León, León; CS Ponferrada IV, León*

PREMIO MENCIÓN ESPECIAL A LAS MEJORES COMUNICACIONES: CONGRESO EXTRAORDINARIO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA Y II CONGRESO EXTRAORDINARIO LATINOAMERICANO DE PEDIATRÍA. MADRID 5-7 JUNIO DE 2014.

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA COMPARADA CON LA CAPNOGRAFÍA Y LA RADIOGRAFÍA EN LA INTUBACIÓN TRAQUEAL EN NIÑOS Y NEONATOS María Mora Matilla, Paula Alonso Quintela, Ignacio Oulego Erroz, Lara García Esgueva, Gloria López Blanco, Silvia Rodríguez Blanco *Complejo Asistencial de León, León*

2016

2º PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN EN MEDICINA: 31 CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS. PALMA DE MALLORCA 5-7 MAYO DE 2016.

IMPACTO DE LA ECOGRAFÍA EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN UCIP: RESULTADOS PRELIMINARES DEL REGISTRO MULTICENTRICO RECANVA. Oulego I, Gaonzalez R. Llorente A, Vazquez JL, Balaguer M, Mayordomo J, Garcia P. Grupo de Estudio RECANVA y Grupo de Trabajo de Ecografía de la SECIP.

BEST ABSTRACT 2º PRIZE: 6th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE UNION OF EUROPEAN NEONATAL AND PERINATAL SOCIETIES. VALENCIA, SPAIN 23-25 NOVEMBER 2016

NT-PROBNP LEVELS AT 48-96 HOURS OF LIFE CAN PREDICT THE NEED FOR TREATMENT OF A HEMODYNAMICALLY SIGNIFICANT PATENT DUCTUS ARTERIOSUS IN VERY LOW-BIRTH-WEIGHT INFANTS” Rodriguez-Blanco, S.; Oulego-Erroz, I.; GautreauxMinaya, S.; Perez-Muñuzuri, A.Couce-Pico, M

2017

PREMIO A MEJOR PÓSTER EN EL 65 CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA. SANTIAGO DE COMPOSTELA 1-3 DE JUNIO DE 2017.

CANALIZACION VENOSA CENTRAL GUIADA POR ECOGRAFIA EN PREMATUROS DE MUY BAJO PESO: POSIBLE Y SEGURA. Cristina García Aparicio, Elia Zoido Garrote, Ignacio Oulego Erroz, Paula Alonso Quintela, Aquilina Jiménez González, M.ª Pilar Puerta Pérez. Complejo Asistencial Universitario de León, León

YOUNG INVESTIGATOR AWARD. 28 TH MEETING OF THE EUROPEAN SOCIETY OF PEDIATRIC AND NEONATAL INTENSIVE CARE. 6-9 TH JUNE 2017. LISBOA. PORTUGAL

IMPACT OF ULTRASOUND GUIDANCE ON CENTRAL VENOUS CATHETER PLACEMENT IN THE PEDIATRIC INTENSIVE CARE UNIT: PROSPECTIVE MULTICENTRIC STUDY. R. González¹, I. Oulego², P. García³, M. Sanchez⁴, M. Balaguer⁵, M. Frías⁶, S. Torrús⁷, P. Santos⁸, A. Llorente⁹, J.J. Menéndez¹⁰, J. Mayordomo¹¹, C. Clavero¹², D. Palanca¹³, S. Fernández¹⁴, L. Renter¹⁵, M. Alicia¹⁶, A. Rodríguez¹⁷, E. Fernández¹⁸, M. Holanda¹⁹, M. Ortíz²⁰.

2018

1º PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN. REUNIÓN DE PRIMAVERA DE LA SOCIEDAD DE PEDIATRÍA DE ASTURIAS, CANTABRIA Y CASTILLA Y LEÓN. 27-28 DE ABRIL DE 2018

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR PRECOZ EN BRONQUIOLITIS AGUDA LEVE-MODERADA Elia Zoido Garrote, Cristina García Aparicio, María Lucía Álvarez Fernández, Carlos Ocaña Alcober, Sandra Terroba Seara, Ana Noelia Fernández Rodríguez, Manuel Muñiz Fontán, Ignacio Oulego Erroz.

ANEXO 2: ESTUDIO RECANVA

ANEXO 2.1: PROTOCOLO DEL ESTUDIO RECANVA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: REGISTRO PROSPECTIVO MULTICÉNTRICO SOBRE LAS PRÁCTICAS Y RESULTADOS EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN NIÑOS INGRESADOS EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN ESPAÑA

TÍTULO ABREVIADO: RE-CAN-VA

DIRECTOR DEL ESTUDIO

-Ignacio Oulego Erroz. Servicio de Pediatría. Complejo Asistencial Universitario de León. Altos de Nava s/n, 24008 León.

Contacto: Ignacio.oulego@gmail.com

INVESTIGADORES PRINCIPALES

-Ignacio Oulego Erroz. Servicio de Pediatría. Complejo Asistencial Universitario de León. Altos de Nava s/n, 24008 León.

Contacto: Ignacio.oulego@gmail.com

-Luis Renter Valdovinos. Coordinador del Grupo de Ecografía de la SECIP. UCIP Hospital Parc Taulí de Sabadell. Parc Taulí, 1, 08208 Sabadell, Barcelona

Contacto: lrentervaldovinos@gmail.com

-Ana Llorente de la Fuente. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital 12 de Octubre de Madrid. Avenida de Córdoba, s/n, 28041 Madrid

Contacto: anamaria.llorentedela@salud.madrid.org

-Rafael González Cortés. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Gregorio Marañón de Madrid. Calle de O'Donnell, 48, 28009 Madrid

Contacto: rafa_gonzalez_cortes@hotmail.com

-José Luis Vázquez Martínez. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Ramón y Cajal de Madrid. Ctra. de Colmenar Viejo, Km. 9,100, 28034 Madrid

Contacto: jvazquezm@salud.madrid.org

RESUMEN

La canalización de accesos vasculares centrales y de arterias es una técnica esencial en cuidados intensivos pediátricos. El mayor número de punciones y duración del procedimiento se relacionan con la aparición de complicaciones mecánicas inmediatas, así como de complicaciones tardías especialmente infección asociada al catéter.

En adultos se han identificado factores asociados al éxito en la canalización vascular como la experiencia del operador, la localización del acceso vascular o el uso de ecografía para guiar el procedimiento. Actualmente no existen datos sobre las tasas de éxito de los procedimientos de canalización vascular y arterial en niños ingresados en cuidados intensivos en España ni de los factores asociados al éxito en la canalización.

El objetivo principal de este registro prospectivo multicéntrico es conocer las prácticas actuales en la canalización vascular central y arterial en niños en Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos con especial énfasis en el uso de las técnicas de canalización guiadas por ecografía.

Este registro está promovido por el grupo de ecografía clínica de la Sociedad de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) y se invita a participar a todas las UCIs pediátricas de España. La duración prevista del registro será de 6 meses iniciando la recogida de datos el **4 de noviembre de 2015** y **finalizando el 4 de mayo de 2016** aunque se podrá prolongar si no se alcanza la tasa de reclutamiento en ese periodo.

ANTECEDENTES

La canalización de accesos vasculares centrales y de arterias es una técnica esencial en cuidados intensivos pediátricos. La canalización vascular central y arterial se realiza en la mayoría de las ocasiones por técnicas percutáneas (Seldinger y Seldinger modificado). La canalización venosa central y la canalización arterial no están exentas de complicaciones entre las que destacan las complicaciones mecánicas inmediatas, la infección asociada a catéter o la trombosis del catéter.

Existen factores asociados al aumento de la incidencia de infección claramente demostrados como la patología oncológica, la inmunosupresión, las prácticas de asepsia en la canalización, el mayor tiempo de permanencia o la localización del catéter en la vena femoral. Además, la tasa de éxito y la dificultad en la canalización también puede tener influencia en la incidencia de complicaciones tanto inmediatas como tardías, aunque este aspecto ha sido menos estudiado. Un mayor número de punciones y duración del procedimiento se relacionan con la aparición de complicaciones mecánicas inmediatas como la punción arterial accidental y el neumotórax, así como de complicaciones tardías especialmente infección asociada al catéter. Por ello, idealmente la canalización vascular debería lograrse de forma rápida y segura en el primer intento.

En niños la canalización vascular central y arterial es una técnica más difícil que en adultos debido al pequeño tamaño de los accesos vasculares y la falta de colaboración del paciente. Por ello es habitual que requiera múltiples intentos, sea un procedimiento más largo y requiera una sedación más profunda que en adultos. Ello podría explicar en parte que la incidencia de infección asociada a catéter y de trombosis vascular sea mayor en niños especialmente en lactantes pequeños y neonatos. Se han identificado algunos factores asociados al éxito en la canalización vascular que pueden tener un impacto significativo en la incidencia de complicaciones como la experiencia del operador, la elección del acceso vascular, el tipo de catéter, la patología subyacente o el uso de ecografía para guiar el procedimiento.

El uso de la ecografía se ha generalizado en los últimos años habiendo demostrado aumentar el éxito de la canalización y la reducción de complicaciones inmediatas en adultos siendo recomendada como procedimiento standard para la canalización venosa central en las guías de práctica clínica en Anestesia y Cuidados Intensivos. El nivel de evidencia es mucho menor en Pediatría, aunque actualmente también se recomienda su uso siempre que esté disponible.

Existen pocos datos en la literatura sobre el grado de implantación de esta técnica en las unidades de cuidados intensivos pediátricos y la mayoría de la información proviene de estudios realizados en la canalización vascular en el quirófano por anestelistas. Así mismo se desconoce el impacto que tiene la tasa de éxitos y los factores posiblemente relacionados con este (porcentaje de éxitos, duración del procedimiento, número de intentos, uso de la ecografía) sobre la aparición de complicaciones inmediatas y en el seguimiento de la canalización vascular en niños.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente se desconocen los factores asociados al éxito en la canalización vascular central y arterial en niños en nuestro medio. En España no existen estudios que nos indiquen cuáles son las tasas de éxito en la canalización vascular central y arterial en niños ingresados en Cuidados Intensivos. Especialmente existe una falta casi total de información acerca del nivel de implantación de la ecografía en el acceso vascular en las Unidades de Cuidados Intensivos en España, así como su influencia en el éxito de la técnica y la aparición de complicaciones respecto a otros factores como la edad del paciente, el tipo de acceso vascular o la patología del niño.

La finalidad fundamental de este registro prospectivo multicéntrico es conocer las prácticas actuales y los resultados en la canalización vascular central y arterial en niños en Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos con especial énfasis en el uso de la ecografía. Este registro está promovido por el grupo de ecografía clínica de la Sociedad de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) y se invita a participar a todas las UCIs pediátricas de España. El disponer de esta información es muy importante para poder establecer las tasas de éxito actuales e identificar los factores asociados a mayor éxito en la canalización lo que podría redundar en una reducción de las complicaciones asociadas a estos procedimientos. Por ello creemos que se justifica el llevar a cabo un registro prospectivo multicéntrico.

OBJETIVOS GENERALES

- a) Describir las prácticas actuales en la canalización vascular central y arterial en las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos en España.
- b) Describir los resultados y tasas de éxito en la canalización vascular central y arterial en las Unidades de Cuidados Intensivos en España

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conocer el grado de implantación y la demografía asociada al uso de la ecografía para la canalización vascular en las UCI pediátricas españolas.
- b) Analizar las características y resultados en los procedimientos de canalización vascular guiados por ecografía comparados con los procedimientos no ecoguiados.
- c) Analizar los factores asociados al éxito en la canalización vascular venosa central, venosa central de acceso periférico y arterial en las UCIs pediátricas españolas.
- d) Analizar los factores asociados a la aparición de complicaciones mecánicas en la canalización vascular en las UCIs pediátricas.

METODOLOGÍA

DISEÑO:

Registro prospectivo multicéntrico voluntario. Se invita a participar a todas las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos españolas. El registro es una iniciativa del grupo de Ecografía Clínica de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. La duración del registro será de 6 meses, con un inicio previsto el 4 de noviembre de 2015 y finalización el 4 de mayo de 2016, aunque se podrá prolongar si no se alcanza la tasa de reclutamiento previsto. **Las Unidades interesadas en participar podrán incorporarse al registro en cualquier momento de este periodo siendo la fecha de incorporación el momento de la inclusión del primer paciente.**

PACIENTES

- a. Criterios de inclusión:
 - i. Consentimiento informado a los padres o tutores legales (ver apartado Aspectos éticos.
 - ii. Pacientes <18 años en los que se realiza canalización vascular percutánea central, vascular central de acceso periférico o canalización arterial realizada por el personal médico o de enfermería en base a las prácticas y protocolos habituales de cada unidad.
 - iii. Se incluirán también aquellos pacientes en los que el intensivista canalice el acceso vascular de forma percutánea, aunque se realicen fuera del ámbito de la Unidad de Cuidados Intensivos (por ejemplo urgencias, quirófano, la sala de hemodinámica etc.)

- b. Criterios de exclusión:
 - i. Canalización de vías periféricas
 - ii. Canalización de vasos umbilicales en neonatos
 - iii. Se excluirán aquellos procedimientos de canalización realizados por profesionales distintos del pediatra de cuidados intensivos (radiología intervencionista, hemodinámica, anestesia etc....)

VARIABLES DEL ESTUDIO Y RECOGIDA DE LOS DATOS

Las variables del estudio serán recogidas mediante un formulario específico (Apéndice 1) tras la realización del procedimiento de canalización vascular. En cada unidad se designarán uno o dos investigadores colaboradores responsables de instruir al equipo médico y de enfermería en las normas del registro de los datos (Apéndice 2) y que serán los encargados de introducir los datos en un formulario online específicamente diseñado para su posterior análisis. Cada procedimiento de canalización se recogerá en un formulario físico por una persona presente en el procedimiento (puede ser el operador, un ayudante etc....). El investigador colaborador de cada centro posteriormente verificará con esa persona la veracidad y adecuación de los datos antes de introducirlos en el formulario online. A cada investigador principal se le asignarán un número de Unidades participantes debiendo contactar con los investigadores colaboradores para cualquier duda o aclaración.

Para más información sobre el procedimiento de recogida de datos ver el documento de **NORMAS DEL REGISTRO Y PAPEL DEL INVESTIGADOR COLABORADOR**

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Tamaño muestral:

Para el cálculo de tamaño muestral se ha utilizado como variable principal el porcentaje de éxito en la canalización en el primer intento. El porcentaje de éxito en el primer intento en la literatura oscila entre el 50-70% en estudios realizados en adultos y en el campo de la Anestesia Pediátrica, por lo que se ha elegido un 60%. Se ha asumido como una diferencia clínicamente significativa una diferencia del 20% en la tasa de éxito en la canalización al primer intento en la comparación de la canalización ecoguiada vs no ecoguiada. Con una potencia de 0.8 y una probabilidad de error alfa de 0.05 será necesario reclutar 79 pacientes en cada modo de canalización (ecoguiada vs no ecoguiada) y en cada tipo de acceso (vena central y arteria), lo que suma un total de 356 procedimientos. Asumiendo unas pérdidas del 15% el tamaño muestral necesario sería 409 procedimientos.

Análisis previstos:

Los datos se analizarán con el paquete estadístico SPSS 20.0. Se realizará un análisis descriptivo habitual de las características de los pacientes y procedimientos recogidos mediante el formulario. Posteriormente se realizará un análisis de los factores asociados con el éxito del procedimiento por medio de modelos de regresión línea multivariante y logística. Las variables resultado-elegidas serán la tasa de éxitos en el primer intento, la tasa de éxitos global, la duración del procedimiento y el número de intentos. En cuanto a las complicaciones se analizarán los factores asociados a la aparición de complicaciones inmediatas mecánicas e infección asociada al catéter.

ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES

El protocolo del presente estudio ha sido evaluado y aprobado por el CEIC de León con fecha del 3 de noviembre de 2015. El CEIC de León actúa como CEIC central del estudio.

Para la inclusión de un paciente en el registro será imprescindible que los padres o tutores legales autoricen la recogida y utilización de los datos mediante el procedimiento de consentimiento informado. **Debido a la naturaleza del estudio y de las circunstancias de los pacientes (recogida de datos sin ninguna intervención adicional) dicho consentimiento podrá ser únicamente verbal.** En casos en los que la canalización se realice de forma urgente o en circunstancias que lo aconsejen así, la petición de consentimiento para la recogida de los datos se realizará tras el procedimiento. Si lo consideran oportuno los investigadores pueden formalizar la petición de consentimiento informado con el documento de consentimiento informado que figura en el Anexo de este protocolo.

Salvo que el médico responsable lo estime oportuno, solo será necesario pedir la autorización para la recogida de datos en una única ocasión para cada paciente y no en cada procedimiento que se realice.

RESPONSABILIDADES DEL EQUIPO

DIRECTOR DEL ESTUDIO: Serán las responsabilidades del director del estudio

- a. Asegurarse que los centros de ensayo seleccionados son adecuados;
- b. Aprobar el protocolo y sus modificaciones siendo responsable de asegurar que el personal es consciente de los requerimientos del estudio y debe poner a su disposición el protocolo y sus modificaciones.
- c. Establecer un sistema de comunicación adecuado entre él y cada investigador principal. Así debe verificar mediante pruebas operativas las comunicaciones telefónicas, de fax y de correo electrónico.
- d. Estar en contacto directo con cada investigador principal, sin intermediarios.

INVESTIGADORES PRINCIPALES: serán responsabilidades del investigador principal

- a) Actuar en nombre del director de estudio en la fase delegada. Es esencial una buena relación de trabajo entre el director de estudio y el investigador principal.
- b) Coordinar la recogida de datos en las Unidades colaboradoras dentro del territorio asignado
- c) Resolver dudas y asistir a los investigadores colaboradores de cada Unidad

- d) Informar y facilitar los datos al director del estudio.
- e) Asignación territorial:
 - a. Ignacio Oulego Erroz: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y Castilla León.
 - b. Luis Renter Valdovinos: Cataluña, Valencia, Aragón e Islas Baleares
 - c. Rafael González Cortés: Comunidad de Madrid
 - d. Ana Llorente de La Fuente: Murcia, Extremadura, Castilla La Mancha e Islas Canarias
 - e. Jose Luis Vázquez: Andalucía

INVESTIGADORES COLABORADORES

Serán responsabilidades del investigador colaborador:

- Coordinar la recogida de datos en su Unidad.
- Instruir a sus compañeros en la recogida de datos y resolver las dudas que tengan
- Si se requiere el investigador colaborador se pondrá en contacto con el investigador principal de su zona ante cualquier duda o incidencia.
- Introducir los datos en el registro online periódicamente
- Asegurar la representatividad del estudio de la práctica en su Unidad

Para más información: VER DOCUMENTO NORMAS PARA INVESTIGADOR COLABORADOR)

BIBLIOGRAFÍA RELEVANTE

- 1: Jumani K, Advani S, Reich NG, Gosey L, Milstone AM. Risk factors for peripherally inserted central venous catheter complications in children. *JAMA Pediatr.* 2013 May;167(5):429-35. doi: 10.1001/jamapediatrics.2013.775. PubMed PMID: 23549677; PubMed Central PMCID: PMC3647026.
- 2: Malbezin S, Gauss T, Smith I, Bruneau B, Mangalsuren N, Diallo T, Skhiri A, Nivoche Y, Dahmani S, Brasher C. A review of 5434 percutaneous pediatric central venous catheters inserted by anesthesiologists. *Paediatr Anaesth.* 2013 Nov;23(11):974-9. doi: 10.1111/pan.12184. Epub 2013 May 9. PubMed PMID: 23659462.
- 3: Vivanco Allende A, Rey Galán C, Rodríguez de la Rúa MV, Alvarez García F, Medina Villanueva A, Concha Torre A, Mayordomo Colunga J, Martínez Cambor P. [Thrombosis and obstruction associated with central venous lines. Incidence and risk factors]. *An Pediatr (Barc).* 2013 Sep;79(3):136-41. doi:10.1016/j.anpedi.2012.10.004. Epub 2013 Feb 18. Spanish. PubMed PMID: 23428760.
- 4: Secola R, Azen C, Lewis MA, Pike N, Needleman J, Sposto R, Doering L. A crossover randomized prospective pilot study evaluating a central venous catheter team in reducing catheter-related bloodstream infections in pediatric oncology patients. *J Pediatr Oncol Nurs.* 2012 Nov-Dec;29(6):307-15. doi: 10.1177/1043454212461714. PubMed PMID: 23087249.
- 5: Revel-Vilk S, Yacobovich J, Tamary H, Goldstein G, Nemet S, Weintraub M, Paltiel O, Kenet G. Risk factors for central venous catheter thrombotic complications in children and adolescents with cancer. *Cancer.* 2010 Sep 1;116(17):4197-205. doi: 10.1002/cncr.25199. PubMed PMID: 20533566.
- 6: Giordano P, Saracco P, Grassi M, Luciani M, Banov L, Carraro F, Crocoli A, Cesaro S, Zanazzo GA, Molinari AC. Recommendations for the use of long-term central venous catheter (CVC) in children with hemato-oncological disorders: management of CVC-related occlusion and CVC-related thrombosis. On behalf of the coagulation defects working group and the supportive therapy working group of the Italian Association of Pediatric Hematology and Oncology (AIEOP). *Ann Hematol.* 2015 Nov;94(11):1765-76. doi: 10.1007/s00277-015-2481-1. Epub 2015 Aug 25. PubMed PMID: 26300457.

- 7: Westergaard B, Classen V, Walther-Larsen S. Peripherally inserted central catheters in infants and children - indications, techniques, complications and clinical recommendations. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013 Mar;57(3):278-87. doi: 10.1111/aas.12024. Epub 2012 Dec 17. Review. PubMed PMID: 23252685.
- 8: Faustino EV, Spinella PC, Li S, Pinto MG, Stoltz P, Tala J, Card ME, Northrup V, Baker KE, Goodman TR, Chen L, Silva CT. Incidence and acute complications of asymptomatic central venous catheter-related deep venous thrombosis in critically ill children. *J Pediatr*. 2013 Feb;162(2):387-91. doi: 10.1016/j.jpeds.2012.06.059. Epub 2012 Aug 9. PubMed PMID: 22883418; PubMed Central PMCID: PMC3575007.
- 9: Rey C, Alvarez F, De La Rúa V, Medina A, Concha A, Díaz JJ, Menéndez S, Los Arcos M, Mayordomo-Colunga J. Mechanical complications during central venous cannulations in pediatric patients. *Intensive Care Med*. 2009 Aug;35(8):1438-43. doi: 10.1007/s00134-009-1534-0. Epub 2009 Jun 16. PubMed PMID: 19529913.
- 10: King MA, Garrison MM, Vavilala MS, Zimmerman JJ, Rivara FP. Complications associated with arterial catheterization in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2008 Jul;9(4):367-71. doi: 10.1097/PCC.0b013e318172d94f. PubMed PMID: 18496411.
- 11: Perek D, Kowalewska E, Czajnska A, Polnik D, Drogosiewicz M, Stefanowicz M. [Central venous catheters in children with cancer. Risk of complications. One centre experience]. *Med Wieku Rozwoj*. 2006 Jul-Sep;10(3 Pt 1):757-65. Polish. PubMed PMID: 17317906.
- 12: Gallagher RA, Levy J, Vieira RL, Monuteaux MC, Stack AM. Ultrasound assistance for central venous catheter placement in a pediatric emergency department improves placement success rates. *Acad Emerg Med*. 2014 Sep;21(9):981-6. doi: 10.1111/acem.12460. PubMed PMID: 25269578.
- 13: Calvache JA, Rodríguez MV, Trochez A, Klimek M, Stolker RJ, Lesaffre E. Incidence of Mechanical Complications of Central Venous Catheterization Using Landmark Technique: Do Not Try More Than 3 Times. *J Intensive Care Med*. 2014 Jul 2. pii: 0885066614541407. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 24988896.
- 14: Li J, Fan YY, Xin MZ, Yan J, Hu W, Huang WH, Lin XL, Qin HY. A randomised, controlled trial comparing the long-term effects of peripherally inserted central catheter placement in chemotherapy patients using B-mode ultrasound with modified Seldinger technique versus blind puncture. *Eur J Oncol Nurs*. 2014 Feb;18(1):94-103. doi: 10.1016/j.ejon.2013.08.003. Epub 2013 Sep 7. PubMed PMID: 24018351.
- 15: Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, Dawson R, Elbarbary M, van Boxtel AJ, Pittiruti M. Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth*. 2013 Mar;110(3):347-56. doi: 10.1093/bja/aes499. Epub 2013 Jan 29. PubMed PMID: 23361124.
- 16: Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Pirote T, Karakitsos D, Ledonne J, Doniger S, Scoppettuolo G, Feller-Kopman D, Schummer W, Biffi R, Desruennes E, Melniker LA, Verghese ST. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*. 2012 Jul;38(7):1105-17. doi: 10.1007/s00134-012-2597-x. Epub 2012 May 22. Review. PubMed PMID: 22614241.

ANEXO 2.2: NORMAS PARA EL REGISTRO Y PAPEL DEL INVESTIGADOR COLABORADOR

INVESTIGADOR COLABORADOR

Funciones del investigador colaborador en cada Unidad.

Cada unidad deberá designar un investigador colaborador. El investigador colaborador debe:

- Coordinar la recogida de datos en su Unidad.
- Instruir a sus compañeros en la recogida de datos y resolver las dudas que tengan.
- Si se requiere el investigador colaborador se pondrá en contacto con el investigador principal de su zona ante cualquier duda o incidencia.
- Introducir los datos en el registro online periódicamente
- Realizar el seguimiento de los catéteres para completar los apartados de complicaciones tardías (infección, trombosis etc....)
- Asegurar la representatividad del estudio de la práctica en su Unidad (ver apartado siguiente)

Metodología para la recogida de datos (por pasos)

- Consentimiento informado (verbal o escrito) a los padres para el uso de los datos
- Realización del procedimiento
- El responsable del procedimiento o un ayudante recogerá los datos referentes a la canalización y las complicaciones inmediatas a la mayor brevedad tras el procedimiento en la hoja de recogida de datos de papel **(NUNCA EN EL FORMULARIO ONLINE)**
- El investigador colaborador se encargará de completar a la mayor brevedad posible los datos que pudieran faltar contactando con la persona que ha rellenado la hoja de recogida de datos.
- El investigador colaborador realizará el **seguimiento del catéter** para recoger los datos relativos a las complicaciones tardías en la hoja de recogida de datos y **una vez completado el seguimiento del catéter (a la retirada) lo introducirá en el formulario ONLINE.**
- Es muy importante no introducir los datos en el formulario online hasta que se complete el seguimiento del catéter ya que de lo contrario habría que editar los datos (se dobla el trabajo)**

Representatividad del registro

Idealmente las Unidades participantes deberían incluir todos los procedimientos de canalización de PICCs, venas centrales y arterias que se realicen durante el periodo de estudio.

De todas formas, como esto no será posible en todos los casos, los investigadores colaboradores deberán llevar una contabilidad de los procedimientos realizados en su Unidad durante el periodo de estudio, aunque no se incluyan en el registro (incluido + no incluidos). Esto es muy importante para valorar la representatividad del registro de la práctica habitual permitiendo identificar sesgos de selección.

Investigadores principales de referencia de referencia según zona geográfica

- Ignacio Oulego Erroz: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y Castilla León.
- Luis Renter Valdovinos: Cataluña, Valencia, Aragón e Islas Baleares
- Rafael González Cortés: Comunidad de Madrid
- Ana Llorente de La Fuente: Murcia, Extremadura, Castilla La Mancha e Islas Canarias
- José Luis Vázquez: Andalucía

CONTACTO INVESTIGADORES PRINCIPALES

-Ignacio Oulego Erroz. Servicio de Pediatría. Complejo Asistencial Universitario de León. Altos de Nava s/n, 24008 León.

Contacto: ignacio.oulego@gmail.com

-Luis Renter Valdovinos. Coordinador del Grupo de Ecografía de la SECIP. UCIP Hospital Parq Taulí de Sabadell. Parc Taulí, 1, 08208 Sabadell, Barcelona Contacto: lrentervaldovinos@gmail.com

-Ana Llorente de la Fuente. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital 12 de Octubre de Madrid. Avenida de Córdoba, s/n, 28041 Madrid

Contacto: anamaria.llorentedela@salud.madrid.org

-Rafael González Cortés. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Gregorio Marañón de Madrid. Calle de O'Donnell, 48, 28009 Madrid. Contacto: rafa_gonzalez_cortes@hotmail.com

-José Luis Vázquez Martínez. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Ramón y Cajal de Madrid. Ctra. de Colmenar Viejo, Km. 9,100, 28034 Madrid. Contacto: jvazquezm@salud.madrid.org

Incentivos para el investigador colaborador

Los investigadores colaboradores son invitados a colaborar activamente en las comunicaciones y publicaciones derivadas del registro que serán coordinadas por los investigadores principales. Los investigadores colaboradores podrán hacer uso de los datos derivados del registro con fin científico previa autorización del Director del registro para facilitar la coordinación y evitar duplicidades o redundancias en la publicación o comunicación de los resultados.

NORMAS PARA EL REGISTRO

Iniciales del paciente: Se pondrá las iniciales del paciente nombre y apellidos para poder identificar los pacientes manteniendo el anonimato de cara a evitar duplicidades y errores.

Numeración del paciente y número de procedimiento: Cada centro numerará los pacientes de forma consecutiva empezando por el 1 (1,2,3...) y asignándole un número de procedimiento (1, 2, 3...). Si en un paciente se realizan varios procedimientos durante su estancia o de forma consecutiva se cumplimentará una nueva hoja con el mismo número de paciente y otro número de procedimiento (ver apartado siguiente)

Procedimiento de canalización: A efectos de poder analizar los datos adecuadamente, se considerará un procedimiento individual la realización de una canalización utilizando una única técnica (ecoguiada, no ecoguiada o por referencias) y en la misma localización vascular. **Si en el transcurso de un procedimiento se decide cambiar de tipo de técnica (ciego a ecoguiado o viceversa) se considerará un nuevo procedimiento** y será necesario cumplimentar de nuevo el formulario, aunque el nuevo procedimiento se realiza de forma inmediata al anterior. **Si se canaliza otro vaso diferente al inicialmente planeado también se considerará un nuevo procedimiento y habrá que asignar que cubrir una nueva hoja con su número correspondiente de procedimiento.**

Por el contrario, si se cambia de operador o se modifica el abordaje del mismo vaso se considerará un único procedimiento.

Hora del procedimiento: Es muy importante reflejar la hora de inicio de cada procedimiento para poder identificar si se tratan de procedimientos sucesivos o realizados en momentos diferentes de la evolución del paciente.

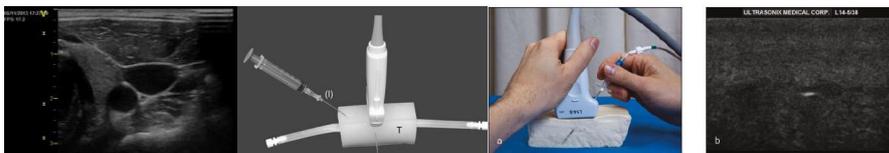
Alteración de la hemostasia: Definida por la última analítica previa al procedimiento. Alteración del TP: INR >1.5 o tiempo >1.5 veces el control. TTPA: >60 segundos o >1.5 veces el control

Residente de Especialidad/Fellow: Nos referimos al residente con dedicación a CIP como subespecialidad más allá del periodo de rotación obligatorio del programa de formación o a aquellos pediatras que realicen un periodo de formación adicional a la residencia dentro de un programa de máster o similar. No obstante, dado que la formación no es homogénea, la consideración de residente de especialidad queda a criterio de cada Unidad.

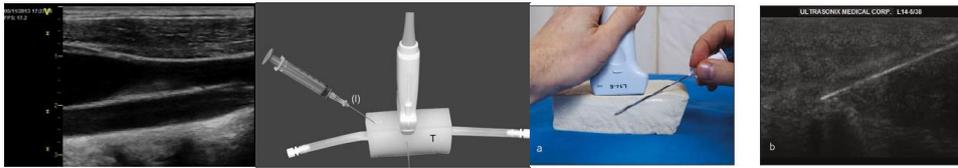
Tipo de técnica de canalización: Nos referimos a tipo de técnica a la utilización de la ecografía o no en la canalización. Si la técnica se realiza de forma ecoguiada en tiempo real se denomina ecoguiada dinámica, si la ecografía sólo se utiliza para “marcar el acceso vascular” pero la punción se realiza sin guía ecográfica se considera ecoguiada estática. Si la ecografía no se utiliza en absoluto se considera técnica por referencias anatómicas.

Abordaje: Se entiende por abordaje la relación entre el plano vascular y la aguja en relación al transductor durante la punción percutánea ecoguiada por lo que este concepto sólo es aplicable a la técnica ecoguiada dinámica o en tiempo real.

-Transversal fuera de plano: el vaso se visualiza en su eje transversal y la aguja se introduce fuera de plano



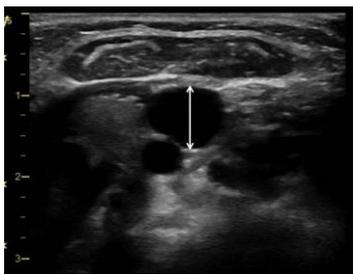
-Longitudinal en plano: El vaso se visualiza en su eje longitudinal y se canaliza con control del eje mayor de la aguja



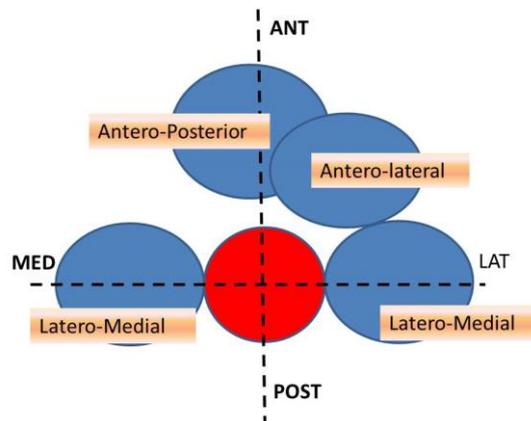
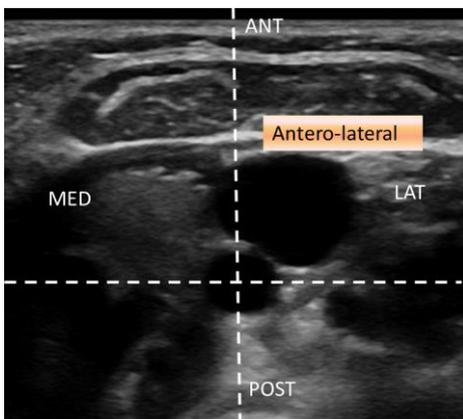
-Oblicuo en plano: el vaso se visualiza en una posición intermedia entre transversal y longitudinal y la aguja se introduce en plano

-Transversal en plano: El vaso se visualiza en transversal pero la aguja se introduce en plano desde un lateral del transductor.

Diámetro máximo del vaso y posición vena-arteria: Se medirá antes de la canalización como el diámetro anteroposterior máximo del vaso (ver imagen). También se recogerá si es posible la posición vena-arteria en la canalización venosa (ver imagen)



La posición normal se considera la vena en posición anterior y lateral respecto a la arteria en el caso de la vena yugular y una posición latero-medial respecto a la arteria en el caso de la vena femoral. En la siguiente imagen se muestra el ejemplo de la vena yugular interna derecha donde la relación más habitual es antero-lateral (70-90%)



Se definirán las siguientes variaciones de la posición:

-Antero-lateral: la vena se encuentra a un lateral y por delante de la arterial.

-Antero-Posterior: la vena se encuentra por delante de la arteria (con un >50% de solapamiento)

-Latero-Medial: la vena se encuentra lado-lado con la arteria

-Otra: Por ejemplo, relación postero-anterior la vena se encuentra detrás de la arteria. Esto es poco frecuente.

Para estas determinaciones la cabeza se posicionará en la posición habitual lateralizada a 45º y en caso de acceso femoral la pierna en abducción.

Intento de canalización (número de punciones): Se considerará un intento de canalización **cada punción percutánea** realizada dentro de un mismo procedimiento (misma técnica y mismo vaso) independientemente de que lo realicen varios operadores o con distintos abordajes. Los cambios en la trayectoria de la aguja **no se considerarán intentos adicionales si no se extrae completamente la aguja de la piel.**

Éxito en la canalización: Se considerará una canalización con éxito aquella en la que se consiga pasar la guía y el catéter y **obtener un flujo de sangre retrógrado** sin dificultad confirmando la posición intravascular del catéter. La posición inadecuada del catéter no se considerará fracaso en la técnica.

Fracaso en la canalización: Se considerará que la canalización ha fracasado cuando se desiste en la técnica al no lograr la canalización del vaso y colocación del catéter o en su defecto se da cualquiera de las siguientes circunstancias:

-Se cambia la localización anatómica de punción (cambio de vaso a canalizar). La punción del mismo vaso en un punto diferente (yugular alto vs yugular bajo etc....) o con un abordaje diferente no se considerará un fracaso sino un intento adicional en el mismo procedimiento.

-Se cambia de tipo de técnica: de ecoguiada estática a ecoguiada dinámica, de técnica a ciegas a ecoguiada etc....

-Se difiere a otro momento de la evolución del paciente, aunque se vuelva a intentar el mismo acceso por el mismo operador con la misma técnica.

En estos tres casos será necesario volver a cubrir una hoja nueva completa con el mismo número de paciente y otro número de procedimiento consecutivo al anterior

Medición de los tiempos del procedimiento

Tiempo de preparación: Se refiere al tiempo empleado entre que se inicia el procedimiento y se realiza la primera punción. Si se ha realizado exploración vascular se contará dentro de la preparación. Si no se ha realizado exploración vascular previa la preparación se inicia con el lavado de manos.

-Con eco previa: Tiempo Inicio exploración eco-punción

-Sin eco previa: Tiempo Inicio lavado manos-punción

Tiempo de canalización: Se refiere al tiempo desde la primera punción percutánea hasta el paso definitivo con éxito de la guía. Si no se logra la canalización y paso de la guía se contará el tiempo hasta que se desista en la canalización o se realice un cambio de técnica o de localización vascular al canalizar (nuevo procedimiento). El tiempo ocasionado por el cambio de abordaje ecoguiado o el cambio de operador se contará dentro del mismo tiempo de canalización.

Complicaciones mecánicas inmediatas. Se considerarán las siguientes complicaciones

-Punción arterial accidental

-Neumotórax/hemotórax: confirmación radiológica/ecográfica o necesidad de toracocentesis por sospecha clínica y deterioro del paciente.

-Derrame pericárdico: Confirmado mediante ecocardiografía o por deterioro clínico y necesidad de intervención para drenaje pericárdico

-Hematoma: La formación de un hematoma subcutáneo significativo se confirmará clínicamente o idealmente si es posible mediante ecografía demostrando distorsión de la anatomía vascular.

Complicaciones tardías: Las recogerá el investigador colaborador tras completar el seguimiento del catéter (tras la retirada). Solo se recogerán en la hoja de recogida en caso de que ese procedimiento haya tenido ÉXITO. Si es un fracaso se deja en blanco.

Se realizará el seguimiento habitual del catéter según las prácticas de cada unidad. De forma opcional se registrará:

-Posición de la punta del catéter

-Trombosis intravascular: confirmado mediante ecografía

-Infección asociada al catéter: Se realizará un seguimiento del catéter hasta su retirada con cultivo de la punta del catéter cuando se retire definitivamente. Se utilizarán las definiciones habituales de infección asociada a catéter.

ANEXO 2.3: HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

REGISTRO PROSPECTIVO MULTICÉNTRICO SOBRE LAS PRÁCTICAS Y RESULTADOS EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN NIÑOS INGRESADOS EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN ESPAÑA.

1 NOV 2015-1 MAYO 2016 (GRUPO DE ECOGRAFÍA DE LA SECIP)

HOSPITAL:

Fecha procedimiento:

Hora de realización del procedimiento:

Persona que realiza la técnica:

Persona que cumplimenta el formulario:

Contacto (teléfono/email):

Número Paciente:

Nº procedimiento:

Iniciales Paciente:

CARACTERÍSTICAS DEL OPERADOR	
¿Los datos de este apartado son los mismos que en el procedimiento anterior? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si	
En caso afirmativo no es necesario volver a cumplimentar el apartado	
CUALIFICACIÓN	<input type="checkbox"/> Adjunto UCIP/UCIN <input type="checkbox"/> Residente de Pediatría <input type="checkbox"/> Residente Especialidad/"Fellow" <input type="checkbox"/> Enfermería <input type="checkbox"/> Otros
EXPERIENCIA CANALIZACIÓN VASCULAR	a) Técnica a ciegas: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50 b) Técnica ecoguiada: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50
AÑOS EN UCIP/UCIN	<input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> 10-20 <input type="checkbox"/> >20

CARACTERÍSTICAS DEL PACIENTE (durante el procedimiento)	
¿Los datos de este apartado son los mismos que en el procedimiento anterior? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si En caso afirmativo no es necesario volver a cumplimentar el apartado	
DEMOGRAFÍA	Edad (meses): Peso (kg): Sexo: <input type="checkbox"/> Varón <input type="checkbox"/> Mujer
DIAGNÓSTICO PRINCIPAL (motivo ingreso)	<input type="checkbox"/> Respiratorio <input type="checkbox"/> Sepsis/shock <input type="checkbox"/> Neurológico/Neurocirugía <input type="checkbox"/> Cardiopatía/Postop. Cardíaco <input type="checkbox"/> Otros postquirúrgicos <input type="checkbox"/> Hematológico/Cáncer <input type="checkbox"/> Trauma <input type="checkbox"/> Renal/TDE <input type="checkbox"/> Otros
VENT. MECÁNICA	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> VNI <input type="checkbox"/> VMC <input type="checkbox"/> VAFO
SEDOANALGESIA	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Superficial/consciente <input type="checkbox"/> Profunda <input type="checkbox"/> +Relajación
ALTERACIÓN HEMOSTASIA	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si (especificar) <input type="checkbox"/> TP <input type="checkbox"/> TTPA <input type="checkbox"/> Trombopenia (<50.000 plaq) TP: INR >1.5 o tiempo >1.5 veces el control. TTPA: >60 segundos o >1.5 veces el control
ANTECEDENTES CANALIZACIÓN	<input type="checkbox"/> No/Sin incidencias <input type="checkbox"/> Accesos difíciles/fracasos repetidos <input type="checkbox"/> Trombosis vasculares por catéter <input type="checkbox"/> Sepsis por catéter

TÉCNICA DE CANALIZACIÓN	
TIPO DE TÉCNICA	<input type="checkbox"/> ECOGUIADA DINÁMICA

	<input type="checkbox"/> ECOGUIADA ESTÁTICA <input type="checkbox"/> REFERENCIAS ANATOMICAS
--	--

CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO		
¿Los datos de este apartado son los mismos que en el procedimiento anterior? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si En caso afirmativo no es necesario volver a cumplimentar el apartado		
LUGAR	<input type="checkbox"/> UCIP <input type="checkbox"/> UCIN <input type="checkbox"/> URGENCIAS <input type="checkbox"/> OTRO	
INDICACIÓN	<input type="checkbox"/> URGENTE <input type="checkbox"/> PROGRAMADA	
USO PREVISTO CATETER (puede indicar varias)	<input type="checkbox"/> Monitorización hemodinámica <input type="checkbox"/> Monitorización respiratoria <input type="checkbox"/> Resucitación/Drogas vasoactivas <input type="checkbox"/> Nutrición parenteral <input type="checkbox"/> Medicación iv prolongada <input type="checkbox"/> TDE <input type="checkbox"/> Otras	
EXPLORACIÓN VASOS CON ECO (pre-procedimiento)	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si Exploración del capital vascular para elegir el acceso idóneo.	
DIAMETRO DEL VASO Y RELACIÓN VENA-ARTERIA (solo rellenar si se ha hecho eco pre-procedimiento)	En caso de realizar exploración con eco previa a) ¿cuál es el diámetro máximo del vaso elegido para canalizar? mm b) ¿cómo es la relación vena-arteria? <u>Solo para venas centrales</u> <input type="checkbox"/> Antero-lateral <input type="checkbox"/> Antero-Posterior <input type="checkbox"/> Lateral-Medial <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> No aplicable (PICC o arteria)/se desconoce	
MOTIVO PRINCIPAL PARA ELECCION DEL ACCESO	<input type="checkbox"/> Exploración previa con eco <input type="checkbox"/> Preferencia del operador <input type="checkbox"/> Características del paciente <input type="checkbox"/> Fracaso previo en otro acceso	
TIPO DE ACCESO VASCULAR	<input type="checkbox"/> VENA CENTRAL (señalar cuál) <input type="checkbox"/> VYI <input type="checkbox"/> VSC infraclavicular <input type="checkbox"/> VSC/TBC supraclavicular <input type="checkbox"/> FEMORAL <input type="checkbox"/> AXILAR <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> PICC (señalar cuál) <input type="checkbox"/> BASÍLICA <input type="checkbox"/> CEFÁLICA <input type="checkbox"/> SAFENA <input type="checkbox"/> OTRA
		<input type="checkbox"/> ARTERIA (señalar cuál) <input type="checkbox"/> RADIAL <input type="checkbox"/> FEMORAL <input type="checkbox"/> HUMERAL <input checked="" type="checkbox"/> AXILAR <input type="checkbox"/> OTRA

LADO A CANALIZAR	<input type="checkbox"/> IZQUIERDO <input type="checkbox"/> DERECHO		
ABORDAJE ECOGRÁFICO (sólo en la técnica ecoguiada dinámica)	<input type="checkbox"/> Transversal fuera de plano <input type="checkbox"/> Longitudinal en plano <input type="checkbox"/> Oblicuo en plano <input type="checkbox"/> Transversal en plano <input type="checkbox"/> Otro		
MÉTODO ASEPSIA SONDA	<input type="checkbox"/> Específicamente diseñado <input type="checkbox"/> Adaptado/"casero"		
TAMAÑO CATÉTER	French (vena)	Gauges (arteria)	

RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO	
ÉXITO	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si
N.º de INTENTOS	(se considera intentos el número de punciones en piel en la misma localización vascular)
TIEMPO	<p>a) Preparación pre-procedimiento: minutos (incluyendo la exploración previa con ecografía si se ha realizado lavado/asepsia)</p> <p>b) Canalización segundos (desde 1ª punción hasta paso de la guía) * ver normas</p> <p>En caso de no conocer el tiempo exacto de cada apartado, estimar aproximadamente la duración total del procedimiento (exploración eco+preparación +canalización hasta paso de guía)</p> <p><input type="checkbox"/> <15 min <input type="checkbox"/> 15-30min <input type="checkbox"/> 30-60 min <input type="checkbox"/> >60 minutos</p>
COMPLICACIONES INMEDIATAS	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si (en este caso especificar) -Punción arterial accidental <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si -Neumotórax: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si -Derrame pericárdico: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si -Hematoma perivasculares: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si
INCIDENCIAS	<p>a) ¿Ha habido dificultades en el paso de la guía? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Acodamiento <input type="checkbox"/> Resistencia <input type="checkbox"/> Otras</p> <p>b) ¿Ha sido necesario cambiar el abordaje? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si ¿a cuál? <input type="checkbox"/> Transversal fuera de plano <input type="checkbox"/> Longitudinal en plano <input type="checkbox"/> Oblicuo en plano <input type="checkbox"/> Transversal en plano <input type="checkbox"/> Otro</p> <p>c) ¿Ha sido necesario cambiar de operador? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si</p> <p>d) ¿Cuántos operadores adicionales han intentado canalizar?</p>

En caso de que se cambie de operador cubrir los datos de los operadores adicionales en el siguiente apartado

CARACTERÍSTICAS DEL OPERADOR nº 2	
CUALIFICACIÓN	<input type="checkbox"/> Adjunto UCIP/UCIN <input type="checkbox"/> Residente de Pediatría <input type="checkbox"/> Residente Especialidad/"Fellow" <input type="checkbox"/> Enfermería <input type="checkbox"/> Otros
EXPERIENCIA CANALIZACIÓN VASCULAR	a) Técnica a ciegas: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50 b) Técnica ecoguiada: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50
AÑOS EN UCIP/UCIN	<input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> 10-20 <input type="checkbox"/> >20
CARACTERÍSTICAS DEL OPERADOR nº 3	
CUALIFICACIÓN	<input type="checkbox"/> Adjunto UCIP/UCIN <input type="checkbox"/> Residente de Pediatría <input type="checkbox"/> Residente Especialidad/"Fellow" <input type="checkbox"/> Enfermería <input type="checkbox"/> Otros
EXPERIENCIA CANALIZACIÓN VASCULAR (nº procedimientos)	a) Técnica a ciegas: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50 b) Técnica ecoguiada: <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input type="checkbox"/> >50
AÑOS EN UCIP/UCIN	<input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> 10-20 <input type="checkbox"/> >20

FRACASO EN LA CANALIZACIÓN	
CAUSA DEL FRACASO	En caso de no conseguir la canalización, ¿cuál ha sido la causa? <input type="checkbox"/> No se consigue punción del vaso <input type="checkbox"/> No pasa la guía <input type="checkbox"/> Suspensión de la técnica por complicaciones <input type="checkbox"/> Otras causas
ACTITUD TOMADA	¿Qué se decide hacer tras el fracaso en la canalización inicial? <input type="checkbox"/> Se cambia de localización vascular <input type="checkbox"/> Se cambia de técnica de canalización a) <input type="checkbox"/> A técnica ecoguiada dinámica b) <input type="checkbox"/> A técnica ecoguiada estática c) <input type="checkbox"/> A técnica por referencias anatómicas <input type="checkbox"/> Se difiere a otro momento <input type="checkbox"/> Se desiste en la canalización Las tres primeras opciones se considerarán un nuevo procedimiento y es necesario cubrir una nueva hoja con el mismo número de paciente y un número nuevo de procedimiento

SEGUIMIENTO DEL CATÉTER
Lo rellena el investigador colaborador. Sólo rellenar en caso de ÉXITO en la canalización en el procedimiento actual, si fracasa dejar en blanco)

ANEXO 2.4 CONSENTIMIENTO INFORMADO

REGISTRO PROSPECTIVO MULTICÉNTRICO SOBRE LAS PRÁCTICAS Y RESULTADOS EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN NIÑOS INGRESADOS EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN ESPAÑA

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (ORIGINAL)

Este documento tiene por objeto ofrecerle información sobre un estudio de investigación en el que se invita a participar a su hijo/a y que se realiza en las Unidades Cuidados Intensivos españolas promovido por la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIPI). El presente estudio se somete a los principios éticos recogidos en la última Declaración de Helsinki (2013) y ha sido evaluado y aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de León.

IP Dr. Ignacio Oulego Erroz. UCIP, Hospital de León

A. INFORMACIÓN

Los niños hospitalizados con enfermedades graves, que necesitan grandes cantidades de líquidos o nutrición parenteral precisan frecuentemente la colocación de catéteres en las venas más gruesas y profundas del cuerpo (venas centrales). Determinados fármacos que se utilizan en niños graves sólo pueden administrarse por medio de estas venas. Además, los niños graves frecuentemente necesitan colocar catéteres en las venas centrales y también en las arterias para evaluar la función del corazón, medir la presión arterial de forma continua así como para realizar extracciones repetidas de sangre para analíticas. Debido al menor tamaño de las venas y las arterias, en los niños estos procedimientos son técnicamente más difíciles que en los adultos siendo frecuente la necesidad de realizar varias punciones. Aunque con infrecuentes, estos procedimientos pueden acarrear complicaciones que pueden ser graves como la infección, la trombosis o la punción accidental del pulmón (neumotórax).

El objetivo de este estudio es conocer las prácticas actuales y los resultados (tasas de éxito y complicaciones) en la canalización vascular central y arterial en los niños graves en las unidades de cuidados intensivos en España. Esto es muy importante para poder identificar qué factores pueden facilitar la realización del procedimiento y disminuir la aparición de complicaciones en el futuro.

La participación de su hijo/a en este estudio es voluntaria y **únicamente implica la recogida sistematizada y anónima de los datos referentes a la canalización de las vías centrales y arterias**. Los datos que se recogerán incluirán entre otros la edad del niño, el peso, la enfermedad que padece, el tipo de vía que se coloca o el lugar elegido para su colocación. La decisión sobre la colocación de estos catéteres se realizará en base a las características y situación clínicas del niño, siempre por decisión del médico responsable del niño según los protocolos y prácticas de cada unidad. **En ningún caso la participación en el estudio implicará un cambio en el procedimiento a realizar ni la realización de procedimientos adicionales en el niño.**

La participación en este estudio no supone ningún beneficio ni perjuicio directo en su hijo pero puede ser de ayuda en el futuro para otros niños en la misma situación.

Se guardará confidencialidad acerca de su identidad en todo momento. Los datos resultantes del estudio serán anónimos y sólo se utilizarán con fines científicos. Dichos resultados pueden ser remitidos a una publicación científica para su difusión en la comunidad científica. Se respetarán los derechos del paciente tal y como establece la ley de protección de datos española, garantizando lo recogido en la Ley 15/1999 de protección de datos.

B. CONSENTIMIENTO

Yo,.....(nombre y apellidos), con DNI, en calidad de (parentesco) del niño/a, he leído y comprendido la información relativa a la participación en el REGISTRO PROSPECTIVO MULTICÉNTRICO SOBRE LAS PRÁCTICAS Y RESULTADOS EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN NIÑOS INGRESADOS EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN ESPAÑA y he podido preguntar las dudas que he considerado importantes.

Por eso, doy mi consentimiento para participar en dicho estudio.

He sido informado adecuadamente de los puntos anteriores así como de los temas que de ellos se derivan por el facultativo D/Dª.....

En de de 20.....

Firma del padre/tutor	Firma del facultativo
Teléfono contacto familia:	Teléfono de contacto:

C. CLAUSULA DE REVOCACIÓN

Yo,.....(nombre y apellidos), con DNI, en calidad de (parentesco) del niño/a, deseo en este momento revocar la autorización arriba especificada para la participación en el **REGISTRO PROSPECTIVO MULTICÉNTRICO SOBRE LOS MODOS Y PRÁCTICAS EN LA CANALIZACIÓN VASCULAR EN NIÑOS INGRESADOS EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN ESPAÑA** estudio

En..... a..... de.....de 20...

FIRMA DEL PADRE/TUTOR

FIRMA DEL FACULTATIVO

ANEXO 3-PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DEL CVC EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS Y NEONATALES

CUIDADO Y MANTENIMIENTO DE CATETERES VENOSOS CENTRALES Y MIDLINE EN PEDIATRÍA

PEGATINA IDENTIFICATIVA	Tipo de Cateter <input type="checkbox"/> Midline <input type="checkbox"/> PICC <input type="checkbox"/> CVC Tamaño: _____ Luces: _____ Longitud: _____ VOLUMEN DE LA LUZ: ml Tener en cuenta el tapón (0.1 ml) si lo hubiera
-------------------------	--

Cuidados del CVC:

- 1) Inspección diaria del punto de punción. Registrar su aspecto en los cuidados de enfermería junto con la fecha de inserción del CVC
- 2) Utilizar apósitos estériles transparentes que permitan visualizar el punto de inserción.
- 3) Si hay sangrado en el punto de punción poner gasa con agente hemostático (tipo Spongostan®)
- 4) Curas y cambiar apósitos del CVC cada 7 días o en cualquier momento si está sucio (restos de sangre, apósito despegado, sucio...)
- 5) Las curas deben realizarse de forma estéril con higiene estricta de manos, usando paño estéril, guantes y clorhexidina
- 6) Evitar tocar el punto de inserción
- 7) La manipulación de las luces (administración de medicación, lavado de la vía etc...) se harán de forma limpia con higiene estricta de manos.
- 8) Previo a la desconexión y uso de una luz o válvula de inyección se debe hacer higiene de manos estricta y limpiar la conexión con toallitas de alcohol isopropílico
- 9) Retirar toda llave de tres pasos innecesaria
- 10) Cambio de equipo, alargaderas y conexiones con una frecuencia no superior a 72 horas y solo si están visiblemente sucios.
- 11) Si se está infundiendo nutrición parenteral o propofol designar una única luz para ello y no intercambiarla. La NPT/propofol no debe de estar infundiéndose más de 24 horas si contiene lípidos. Cuando se cambie la NPT se cambiara el equipo y sistema (cada 24 horas)
- 12) Deben evitarse las transfusiones de sangre a través de CVC. En caso de ser necesario debe cambiarse completamente todo el sistema entre transfusiones y poner un suero con heparina a través de la luz (ver abajo)

Mantenimiento del CVC/midline

- 1) Infusión continua por la luz del CVC/midline: Si la velocidad total (suma de las infusiones) de la infusión por la luz es ≤ 2 cc/h se deberá heparinizar los preparados salvo incompatibilidad con una concentración de heparina de 1U/ml.
- 2) Luz de CVC utilizada para medicación iv intermitente diaria (analgesia, antibióticos, antiepilépticos etc...) Se dejará un SSF heparinizado a una concentración de heparina de 1U/ml (100 U de heparina en 100 cc de SSF)
 - a. **Si es un neonato:** SSF con heparina (1U/ml). Velocidad 1cc/h
 - b. **Si es un niño >1 mes hasta 15 kg:** SSF con heparina (1U/ml). Velocidad 2cc/h
 - c. **Si es un niño >15 kg:** 3 cc/h con heparina (1U/ml). Velocidad 3 cc/h
- 3) Luz de CVC no utilizada diariamente: Dejar sellada con Fibrilin® con un volumen equivalente al de la luz del CVC. NUNCA DEJAR SOLO SALINIZADA
 - a. Cambiar el Fibrilin® cada 72 horas
 - b. Registrar en los cuidados de enfermería la fecha de los sellados con heparina
 - c. Antes de utilizar una luz sellada con Fibrilin® para administrar medicación se debe aspirar el contenido.

Actitud ante la obstrucción o disfunción de la luz del CVC/midline

Siempre que se utilice una luz debe comprobarse que la luz refluye e infunde sin resistencia. **El primer signo de obstrucción es la incapacidad para aspirar sangre del catéter y es un factor que indica riesgo de trombosis e infección.** Cuando una luz no refluya (aunque se pueda infundir) debe considerarse que está parcialmente obstruida y debe intentarse desobstruir con fibrinolítico (urokinasa)

1) Sellado con urokinasa: preparar una solución de urokinasa 10.000U/ml en SSF. Sellar la luz del CVC con el volumen equivalente a la luz durante 30 minutos e intentar aspirar. Si no refluye repetir otro sellado y en caso de fallo realizar un tercer sellado con 20.000 U/ml. En caso de fracaso valorar utilizar rTPA (a pautar por el médico)

2) Cuando las luces del catéter están obstruidas y no se repermeabiliza con fibrinolíticos o si existe extravasación pericatóter es necesario descartar la presencia de trombosis en el vaso. Avisar al médico

Actitud ante la sospecha de trombosis asociada al catéter

Sospechar trombosis asociada a CVC cuando

- a) Disfunción de las luces del catéter que no repermeabiliza tras sellados con fibrinolíticos o que es recurrente
- b) Extravasación de la infusión pericatóter
- c) Plaquetopenia inexplicada en paciente portador de CVC
- d) Edema y tumefacción en el territorio venoso distal al catéter
- e) Derrame pleural inexplicado en paciente portador de CVC superior (yugular/subclavia)
- f) CVC colocado hace más de 15 días y no se puede retirar: avisar al médico para valorar una ecografía de cribado (especialmente si el CVC ha dado problemas de funcionamiento)

Ante la sospecha de trombosis:

- a) Realizar ecografía para visualizar si existen trombos.
- b) Ante la presencia de un trombo central o cuando haya clínica compatible iniciar heparinización a dosis terapéuticas en infusión continua durante 3-5 días y retirar si el catéter si ya no es necesario. **NO RETIRAR EL CVC CON SOSPECHA DE TROMBOSIS HASTA DESCARTAR LA NECESIDAD DE FIBRINOLISIS**
- c) Debe monitorizarse la extensión del trombo y mantener la anticoagulación preferentemente con HBPM durante 6 semanas a 3 meses.

Si el hallazgo de la trombosis es casual, el catéter ya está retirado y el paciente no tiene síntomas se puede mantener una actitud expectante con monitorización ecográfica de la extensión del trombo.

En trombos en venas periféricas solo observación si el catéter está retirado.

Si al finalizar el periodo marcado de anticoagulación el catéter sigue colocado valorar cambiar a dosis profiláctica de HBPM hasta la retirada

En caso de trombosis central o cardiaca asociada a catéter con síntomas severos (sd. Vena cava, derrame pleural, inestabilidad hemodinámica) no debe retirarse el catéter hasta determinar si es necesario realizar una fibrinólisis a través del catéter según indicación del equipo médico.

La fibrinólisis solo es eficaz si se realiza precozmente en los primeros 5-7 días desde la formación de la trombosis por lo que es imprescindible un diagnóstico precoz.

RECORDAD: TODA MANIPULACIÓN DEL CVC ES UN MOMENTO PARA LA INFECCIÓN

ANEXO 4: ARTÍCULO RECANVA: "ULTRASOUND-GUIDED CANNULATION OR BY PULSE PALPATION IN THE INTENSIVE CARE UNIT"

Model
ANPEDI-2786; No. of Pages 9

ARTICLE IN PRESS

An Pediatr (Barc). 2020;xxx(xx):xxx-xxx

analesdepediatría

www.analesdepediatria.org



ORIGINAL

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

Ignacio Oulego-Erroz*, 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[◇]

Complejo Asistencial Universitario de León, León, España

Recibido el 10 de noviembre de 2019; aceptado el 13 de diciembre de 2019

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 (I. Oulego-Erroz).

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

<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

1695-4033/© 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/>).

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

KEYWORDS

Ultrasound;
Cannulation;
Artery;
Paediatric intensive
care

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/>).

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 enfermos¹⁻⁴. 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 paciente⁴. 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^{5,6}. Hoy en día, distintas sociedades científicas y organismos de regulación sanitaria consideran el uso de la ecografía como obligatorio en la canalización venosa central^{7,8}. 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 adultos⁹. 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 arterial¹⁰. Sin embargo las tasas de éxito son bajas en comparación con el acceso venoso¹¹⁻¹³. 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 trombosis¹⁴. 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 ecoguiada en la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP). Además de los factores mencionados, la canalización arterial en la

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

UCIP se realiza habitualmente de forma urgente y en pacientes inestables, lo que dificulta aún más el procedimiento¹³.

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 anterioridad¹⁵.

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 kg⁴⁻¹⁷, 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

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

Tabla 1 Características de los grupos

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

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

	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

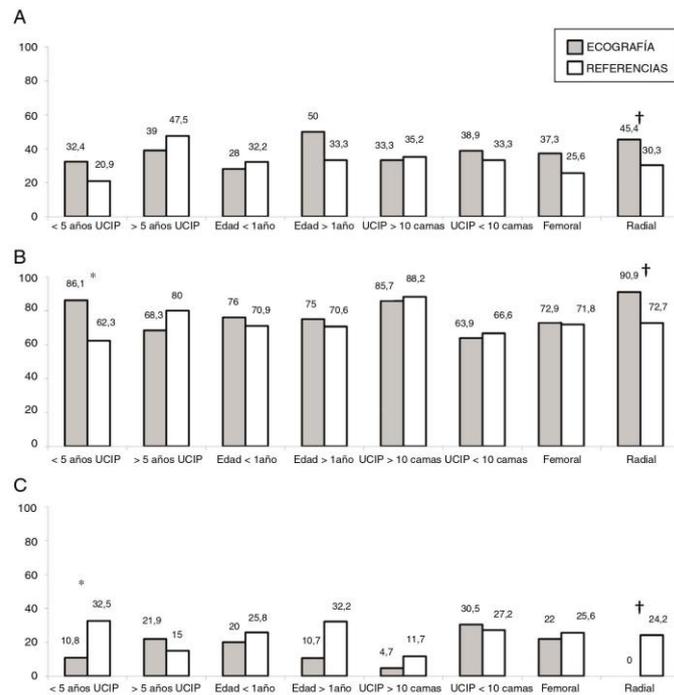


Figura 1 Análisis de subgrupos. A) Éxito en el primer intento de punción. B) Éxito final del procedimiento. C) Complicaciones mecánicas.

* 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 la complicación (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 tasa 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

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

Tabla 3 Análisis multivariante

Análisis univariante			Análisis multivariante		
Variable dependiente:	OR (IC 95%)	p	Variable dependiente:	OR (IC 95%)	p
éxito 1.ª punción			éxito 1.ª punción		
<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 (> 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			
éxito final			éxito final		
<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			
complicaciones			complicaciones		
<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 (> 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 (≥ 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 la 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

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

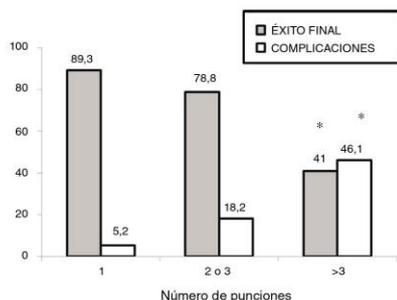


Figura 2 Relación entre el número de punciones vasculares y la tasa de éxito final y complicaciones.

* $p < 0,01$ 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^{16,17}.

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^{12,18-20}. 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.¹³ 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 pediatría¹⁵. Otros estudios previos han mostrado hallazgos similares²¹. 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 disponible²². 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^{20,23}. 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 arteriales²³.

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 vasoespasmo, lo que puede imposibilitar la canalización aun cuando se haya conseguido punccionar 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

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

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 canalización¹³.

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 pediátrico²⁴⁻²⁸. Sin embargo, en España no existe un programa de entrenamiento o certificación reglado^{28,29}. 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-Porras, 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

1. 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.
2. Tissot C, Singh Y, Sekarski N. Echocardiographic evaluation of ventricular function for the neonatologist and pediatric intensivist. *Front Pediatr*. 2018;6:79.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Aouad-Maroun M, Raphael CK, Sayyid SK, Farah F, Akl EA. Ultrasound-guided arterial cannulation for paediatrics. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;14:9.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Bhat R, Kumar R, Kwon S, Murthy K, Liem RI. Risk factors for neonatal venous and arterial thromboembolism in the

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. *An Pediatr (Barc)*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

- 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, Cheeptinnakornaworn P, Khositseth A, Lertbunriyan 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.

Cómo citar este artículo: Oulego-Erroz I, et al. Canalización arterial ecoguiada o por palpación del pulso en la unidad de cuidados intensivos. *An Pediatr (Barc)*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.12.022>

ANEXO 5: ARTÍCULO TBC-3: “ULTRASOUND-GUIDED SUPRACLAVICULAR CANNULATION OF THE BRACHIOCEPHALIC VEIN MAY REDUCE CENTRAL LINE-ASSOCIATED BLOODSTREAM INFECTION IN PRETERM INFANTS”

European Journal of Pediatrics
https://doi.org/10.1007/s00431-020-03663-y

ORIGINAL ARTICLE



Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein may reduce central line-associated bloodstream infection in preterm infants

Ignacio Oulego-Eroz^{1,2,3} · Alba Fernández-García⁴ · Beatriz Álvarez-Juan⁴ · Sandra Terroba-Seara⁴ · Paula Alonso Quintela^{3,4} · Antonio Rodríguez-Núñez⁵

Received: 27 March 2020 / Revised: 17 April 2020 / Accepted: 22 April 2020
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

The objective of this study was to assess the risk of central line-associated bloodstream infection (CLABSI) of ultrasound (US)-guided cannulation of the brachiocephalic vein (BCV) compared to standard epicutaneous cava catheters (ECCs) in preterm infants. This was a retrospective cohort study in preterm infants with a birth weight of less than 1500 g. Each BCV catheter was matched 1:3 with ECCs according to sex, birth weight, and year of insertion. The main outcome was the CLABSI density rate per 1000 days. Secondary outcomes included CLABSI episodes, CLABSI episodes per infant, and CLABSI/death. A multivariate Cox regression analysis was performed to assess whether the type of catheter (ECC vs. BCV) was associated with CLABSI risk. Ninety-six catheters (21 BCVs and 75 ECCs) in 79 infants were included (993 catheter days). BCV catheters were associated with a reduced CLABSI density rate compared to ECCs (3.05/1000 days vs 21.1/1000 days; $p < 0.001$). ECCs were associated with increased CLABSI risk compared to BCV catheters in multivariate analysis (hazard ratio 36; (95% CI, 2.5–511); $p = 0.008$).

Conclusion: US-guided supraclavicular cannulation of the BCV was associated with a reduced risk of CLABSI compared to ECCs. This finding deserves further multicenter research.

What is Known:

- An epicutaneous-cava catheter (ECC) is commonly used in preterm infants for routine care (eg, delivery of nutrition and antibiotics) but this device may not suffice in infants who need high-intensity care (multiple drugs, hemodynamic monitoring, fluid resuscitation etc.).
- Ultrasound-guided brachiocephalic vein (BCV) catheterization has shown a high success rate and few immediate complications in neonates and small infants but it has never been compared to standard ECCs.

What is New:

- When the operator is properly trained, US guided cannulation of the BCV in preterm infants is feasible, safe and may reduce the risk of CLABSI compared to standard ECCs.
- This fact may expand the use of BCV catheters in selected high-risk preterm infants who need a large bore venous access.

Keywords Preterm · Central line-associated bloodstream infection · Ultrasound · Brachiocephalic vein · Epicutaneous cava catheter

Communicated by Daniele De Luca

✉ Ignacio Oulego-Eroz
ignacio.oulego@gmail.com

Alba Fernández-García
albafg291@gmail.com

Beatriz Álvarez-Juan
beatriz.alvarez.juan@gmail.com

Paula Alonso Quintela
paulaalonsoquintela@gmail.com

Antonio Rodríguez-Núñez
Antonio.rodriguez.nunez@sergas.es

¹ Pediatric Intensive Care Unit, Complejo Asistencial Universitario de León, León, Spain

² Working Group on Bedside Ultrasound of the Spanish Society of Pediatric Intensive Care (SECIP), León, Spain

³ Biomedicine Institute of León (IBIOMED), León, Spain

⁴ Neonatal Intensive Care Unit, Complejo Asistencial Universitario de León, León, Spain

⁵ Pediatric Critical, Intermediate and Palliative Care Section, Hospital Clínico Universitario de Santiago, Research Institute of Santiago (IDIS), Santiago, Spain

Published online: 07 May 2020

Springer

Introduction

Insertion of a central venous catheter (CVC) is commonly used in preterm infants admitted to the neonatal intensive care unit (NICU). The two most common vein-access techniques in this population are umbilical vein catheters (UVCs) during the first days of life and peripherally inserted central catheters (ECCs) thereafter [1].

Occasionally, for the sickest preterm infants, large-bore percutaneous CVC may be needed for fluid resuscitation, for drug administration, for hemodynamic monitoring, or after peripheral vein exhaustion [2, 3]. A relatively new technique consisting of US-guided cannulation of the brachiocephalic vein (BCV) from a supraclavicular approach has been associated with a high success rate and few complications in infants and neonates [4, 5]. However, no study to date has assessed the potential advantages of this approach in terms of central line-associated bloodstream infection (CLABSI) in neonates. In our unit, we have implemented US-guided insertion of large-bore percutaneous CVCs through the BCV in selected sick neonates and small infants, with good results [6]. In this study, we tested the hypothesis that US-guided BCV cannulation has a lower risk of CLABSI than standard ECCs in preterm infants.

Methods

Design and setting

This is a retrospective cohort study of preterm infants admitted to a tertiary level-3B NICU between January 1, 2016, and December 31, 2019.

Participants

Very-low-birth-weight infants (<1500 g) under 34 weeks of gestational age in whom US-guided BCV cannulation or ECC insertion was performed were eligible. BCV and ECC procedures were matched 1:3 according to the patient's birth weight, sex, and year of insertion. Infants with CVCs in place for less than 6 hours, who died within the first 48 hours of life or for whom data records were incomplete, were excluded from the analysis. Infants were followed until discharge from the Neonatal Unit.

CVC indications, insertion technique, and maintenance policy

In this study, the exposure variable was the type of CVC inserted (exposed: BCV; unexposed: ECC). In our unit, preterm infants below 33 weeks of gestation receive a UVC at admission to the NICU as a general rule. In general, UVCs are

withdrawn electively as soon as possible after the 4th day of life (DOL) and always before the 10th DOL and substituted by an ECC or a peripheral cannula depending on the patient's clinical condition and the ongoing need for a CVC. ECCs are inserted through forearm veins without US guidance under sterile conditions and advanced to the distal third portion of the superior vena cava (SVC). CVC tip position is checked by a chest X-ray. A noncentral catheter tip position at the intrathoracic subclavian or brachiocephalic vein is sometimes accepted. During the study period, bilumen 2 French polyurethane ECC lines (Nutriline Twinflow®, Vygon; Aachen, Germany) were used. Non-pharmacological sedation methods (contention) and 24% sucrose solution are routinely used. Only neonatal nurses are qualified to place ECCs. Neonatal nurses work full time in the neonatal unit. They must have a 2-year experience in pediatric nursing (including a 6-month rotation in the neonatal unit) and a supervised training by senior staff in ECC placement before they are qualified to perform the procedure autonomously.

Selected infants are considered candidates for percutaneous insertion of a large-bore CVC. Indications include severe hemodynamic instability (e.g., pulmonary hypertension, septic shock), high-risk surgery (e.g., necrotizing enterocolitis (NEC) surgery or patent ductus arteriosus (PDA) ligation), the need for multiple drug infusions, or exhausted peripheral veins. From 2014, we implemented in-plane US-guided supraclavicular BCV cannulation as the technique of choice for critically ill infants and neonates under 5 kg. In this study, all procedures were performed by a pediatrician with 10 years of experience in US-guided CVC placement in children (including more than 150 procedures using the supraclavicular BCV approach). A portable US machine (Sonosite Turbo, Fujifilm Japan) equipped with a linear 6–13-MHz transducer (L25x linear probe) was used. Prior to the procedure, the left and right BCV diameters were assessed. The optimal catheter size was selected by keeping a catheter:vein ratio of $\leq 1:3$ to prevent blood flow obstruction and thrombosis [7, 8]. Double-lumen 3- and 4-French short (5–6 cm), noncoated catheters were used in all instances (Multicath 2®, Vygon; Aachen, Germany and Standard Unimpregnated CVC, Cookmedical; Bloomington, IN, USA) depending on the size of the vein. All procedures were performed using the conventional Seldinger technique under sterile conditions and pharmacological sedation. Nonintubated preterms were sedated with midazolam (0.05–0.1 mg/kg) and ketamine (0.5–1 mg/kg) while fentanyl (1 mcg/kg) was used in infants under invasive mechanical ventilation. Mepivacaine 2% was used for local anesthesia of the skin (maximal dose 5 mg). The cannulation side that provided a better long-axis view of the BCV was selected, and the patient was positioned with the neck extended and rotated 45° opposite to that side. For patients under mechanical ventilation, the ventilator settings were not manipulated during cannulation. The linear transducer was positioned in the

supraclavicular area to obtain a long-axis view of the BCV and subclavian vein. The subclavian artery and the underlying lung pleura were identified before puncture. A 22-gauge echogenic introducer needle attached to a syringe was used to puncture the vein. The needle was inserted in plane from the lateral aspect of the transducer and directed under real-time visualization to the BCV. Blood was aspirated to confirm intravascular positioning, and a straight soft-tipped 0.018-in. guidewire was advanced into the vessel and checked by US visualization. The CVC tip was navigated and adequacy of tip position was assessed by real-time cardiac and vascular US using a predefined protocol [9]. A noncentral catheter tip position was not allowed. The procedure was completed as usual and the catheter was fixed using 5–0 non-absorbable surgical suture.

The same maintenance policy is invoked for all CVCs. Catheters are always manipulated under sterile conditions, avoiding (if possible) 3-way stop-lockers. A unique port is reserved for parenteral nutrition. Low-dose heparin (0.5 U/kg/h) infusion is used to maintain catheter patency [10]. Transparent dressings are used and changed every 7 days or when blood is present or the dressing is disrupted. The catheter insertion site is assessed daily for signs of infection such as redness, swelling, or purulent discharge. When CLABSI is suspected, peripheral blood cultures with or without paired central line blood cultures are obtained, and empiric antibiotics (vancomycin plus amikacin) are started. The catheter is withdrawn if CLABSI is confirmed or if the infant deteriorates, except in cases of coagulase-negative *Staphylococcus* (CoNS), in which the CVC is initially kept in place under close monitoring. Surveillance blood or catheter tip cultures are not performed for asymptomatic patients.

Measurements and outcomes

Perinatal data, clinical characteristics, and catheter-related outcomes were prospectively recorded according to a nationwide registry (SEN1500 network) and the European healthcare-associated infections surveillance system (NEO-KISS network) [11, 12]. Perioperative data (first attempt and overall success, number of puncture attempts, immediate complications, etc.) were prospectively recorded as a part of an ongoing local registry of percutaneous CVCs.

The main outcome of this study was the CLABSI rate per 1000 days of catheter use. Secondary outcomes included CLABSI episodes per infant (no. of CLABSI episodes/no. of infants), CLABSI episodes per catheter (no. of CLABSI episodes/no. of catheters) and combined CLABSI per infant or death. CLABSI was defined as the presence of clinical symptoms of sepsis (at least two of the following: fever, hypothermia, apnea, bradycardia, respiratory distress, poor peripheral perfusion, or

hypotension) with elevated acute-phase reactants (C-reactive protein ≥ 10 mg/dl and/or procalcitonin > 3 ng/ml beyond the 72 h of life) [13] and a positive blood or catheter tip culture in the first 48 h after catheter insertion until 48 h after catheter withdrawal. In the case of CoNS, ≥ 2 positive blood cultures drawn at different time points were necessary to diagnose CLABSI according to the current CDC/NHSN surveillance definition [14]. With the aim of being pragmatic, if ≥ 2 peripheral blood cultures could not be obtained, CoNS-CLABSI was considered proven if blood and catheter tip cultures were positive for a CoNS with an identical antibiogram.

Statistical analysis

Categorical variables are summarized as numbers (percentages), and continuous variables are summarized as medians (interquartile ranges) and means (standard deviations). The chi-square test was employed for comparisons of categorical variables; nonparametric tests (the Mann-Whitney U test) were used for comparisons of continuous variables. The occurrence of CLABSI was estimated with the Kaplan-Meier product-limit estimator and log-rank test. A multivariate Cox regression analysis was performed to assess whether CVC type (ECC vs BCV) is an independent risk factor for CLABSI. Potential risk factors for CLABSI with $p < 0.1$ as the entry criterion were selected by the step-forward method for the multivariate model, with the aim of controlling confounders. Assuming that infants have the same chance to receive either CVC type (BCV or ECC) and a matched design with an exposed:unexposed ratio of 1:3, a sample size of 20 BCV (and 60 ECCs) will provide a power of 0.8 (alpha error 0.05) to detect a 3-fold decrease in the CLABSI density rate. With a planned insertion of 5 BCV catheters/year, we chose a time window of 4 years to extract data from our cohort to convey with our sample size calculation. A p value < 0.05 was considered statistically significant. The SPSS (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) statistical package version 22 was used.

Ethical aspects

The study protocol was reviewed and approved by the local IRB. Parents gave informed consent for data entry into the SEN1500 and NEO-KISS network records. Given the retrospective nature of our study, the IRB waived the need for informed consent for the present analysis.

Results

Ninety-six CVCs (21 BCV catheters and 75 ECCs) in 79 infants were included (Table 1). Another 38 VLBW infants

Table 1 Clinical characteristics of the study groups

Clinical characteristics	BCV (n = 21)	ECC (n = 58)	p
Sex (female)	8 (38.1)	19 (32.7)	0.659
Gestational age (weeks)	27 (26 + 1–27 + 1)	27 + 6 (26 + 6–29 + 4)	0.002
Birth weight (grams)	980 (815–1090)	990 (786–1172)	0.731
Cesarean delivery	15 (71.4)	38 (65.5)	0.621
Twin pregnancy	3 (14.3)	14 (24.1)	0.341
Maternal chorioamnionitis	4 (19)	7 (12.1)	0.429
Antenatal steroids	18 (81.8)	55 (94.5)	0.177
Apgar 5 min	8 (6–8)	8 (7–9)	0.021
CRIB score 12 h	4 (2.5–6)	2.5 (1–6)	0.392
Perinatal risk factors of infection	15 (71.4)	45 (77.6)	0.484
RDS (surfactant replacement)	15 (71.4)	29 (50)	0.090
Invasive mechanical ventilation (days)	6 (3.5–10)	6 (3.5–10)	0.015
Inotropics/vasopressors	18 (85.7)	33 (56.8)	0.027
Blood transfusion	18 (85.7)	35 (60.3)	0.034
Retinopathy	3 (14%)	5 (8.6)	0.476
Grade III/IV IVH	2 (9.5)	6 (10.3)	0.915
Hemodynamically significant PDA	14 (66.6)	26 (44.8)	0.086
PDA surgery	5 (23.8)	0 (0)	0.005
Necrotizing enterocolitis	7 (33%)	7 (12.1)	0.029
Bronchopulmonary dysplasia*	12 (57.1)	29 (50)	0.575
Death	2 (9.5)	5 (8.6)	0.767
Cause of death:			
-Adequacy of life support	1	3	
-Septic shock/NEC	0	2	–
-Respiratory failure	1	0	

Abbreviations: CRIB clinical risk index for babies; IVH intraventricular hemorrhage; NEC necrotizing enterocolitis; PDA patent ductus arteriosus; RDS respiratory distress syndrome. *Refers to oxygen and/or ventilator dependency at 36 weeks of postmenstrual age (moderate-severe BPD)

were initially assessed for eligibility during the study period but excluded for several reasons (Fig. 1). In one infant, BCV cannulation failed, and an internal jugular vein catheter was inserted; he was also prospectively excluded. All patients

received a UVC for a median of 8 days [6–8] before ECC or BCV insertion. Preterm infants in whom US-guided BCV catheters were inserted had a lower gestational age and suffered from more morbidities (mechanical ventilation days,

Fig. 1 Flow chart of the study. Abbreviations: BCV, brachiocephalic vein; ECC, peripherally inserted central catheter

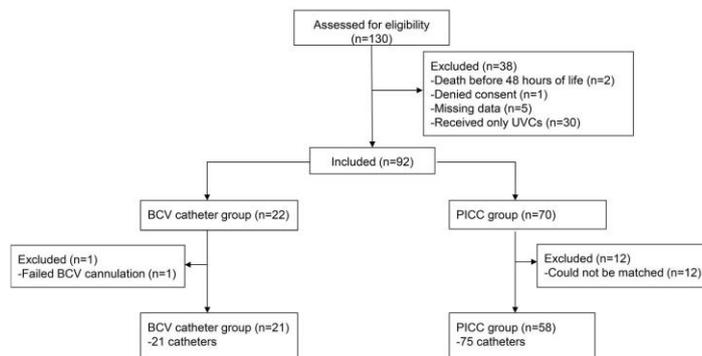


Table 2 Central venous catheter characteristics and outcomes

Characteristics	BCV (n = 21)	ECC (n = 75)	p
CVCs per infant	1 (1–1)	2 (1–4)	0.044
DOL at insertion	12 (9.5–15)	8 (4–10) [†]	0.001
Weight at insertion	990 (885–1058)	980 (760–1185)	0.940
Number of punctures	1 (1–3)	2 (1–5)	< 0.001
Number of punctures veins	1 (1–1)	2 (1–3)	0.006
CVC indication			
-Routine care	1 (4.7)	66 (88)	< 0.001
-Surgery	7 (33.3)	1 (1.3)	
-No other access	6 (38.6)	1 (1.3)	
-Shock/inotropics	7 (33.3)	2 (2.7)	
-Other reasons	0 (0)	5 (6.6)	
CVC withdrawal			
-End of treatment	20 (95.3)	50 (66.6)	0.086
-Elective change	0 (0)	4 (5.3)	
-CLABSI	1 (4.7)	11 (14.7)	
-CVC dysfunction	0 (0)	9 (12)	
AB days per catheter	14 (12–16)	5 (2–8)	< 0.001
PN days per catheter	13 (8–18)	6 (3–9)	< 0.001
CVC days	15 (13–18)	8 (6–11)	< 0.001
Outcomes			
	BCV (n = 21)	PICC (n = 75)	
CLABSI density rate	3.05/1000	21.1/1000	< 0.001
CLABSI per infant	1 (4.7)	12 (20.7)	0.089
CLABSI episodes	1 (4.7)	14 (18.6)	0.121
CLABSI/death	3 (14.2)	17 (29.3)	0.202
CLABSI pathogen			
-CNS	0	10	-
- <i>Staphylococcus aureus</i>	0	1	
-Enterococcus	0	1	
-Klebsiella	1	1	
-Serratia	0	1	

Abbreviations: AB parenteral antibiotics; CVC central venous catheter; CLABSI catheter-related blood stream infection; CNS coagulase-negative staphylococcus; DOL day of life; GA gestational age; PN parenteral nutrition days. *p* values for the *U* Mann-Whitney test are shown. Data are summarized as median (IQR) except CVC per infant, number of veins punctured, and number of punctures that are summarized as median (range)

inotropic use, blood transfusion, hemodynamically significant PDA, NEC) than infants with ECCs.

The CVC-related outcomes are summarized in Table 2. Compared to ECC insertion, the first-attempt success rate of US-guided BCV cannulation was higher (80.9% vs 42.6%; $p < 0.001$) (Fig. 2), and the number of punctured veins (1 [1] vs 2 [1–3]; $p = 0.006$) and puncture attempts (1 [1] vs 2 [1–3]; $p < 0.001$) were lower. Accidental arterial punctures and/or pneumothorax were not observed. BCV catheters were inserted later in postnatal life than were ECCs, but the infant's weight at the time of insertion was similar. Indications for

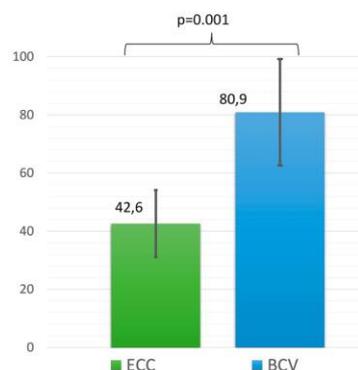


Fig. 2 Successful CVC placement at first puncture attempt. Abbreviations: BCV, brachiocephalic vein; ECC, epicutaneous cava catheter. Y-axis indicates percentage with 95% confidence interval error bars

CVCs differed between the study groups: ECCs were used mostly for routine care (maintenance fluids, antibiotics, and parenteral nutrition), whereas BCVs were inserted in cases of high-risk surgery (laparotomy for NEC in 6 infants and gastric volvulus in one infant), hemodynamic instability requiring inotropics and invasive monitoring (PDA postligation syndrome in 4 infants and septic shock in 2 infants), and vein exhaustion (6 infants). Most BCVs were electively withdrawn after completion of treatment; CLABSI and catheter dysfunction were frequent reasons for nonelective removal of ECCs. The indwelling time of BCV catheters was significantly longer than that of PICCs [15 (13–18) days vs. 8 (6–11) days; $p < 0.001$].

The CLABSI density rate was significantly lower for BCV catheters than ECCs (3.05/1000 CVC days vs. 21.1/1000 CVC days; $p < 0.001$). One of 21 infants (4.7%) had one CLABSI

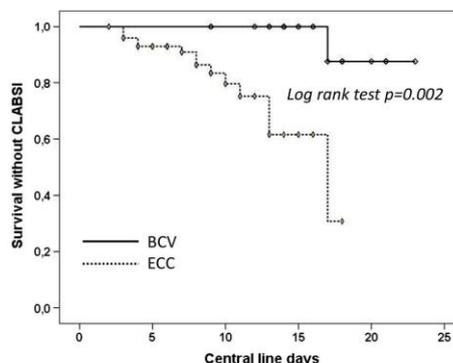


Fig. 3 Kaplan-Meier curve. Abbreviations: BCV, brachiocephalic vein; ECC, epicutaneous cava catheter

Table 3 Cox regression analysis for the occurrence of CLABSI

Univariate analysis			Multivariate analysis		
Dependent variable: CLABSI	Hazard ratio (CI 95%)	<i>p</i>	Dependent variable: CLABSI	Hazard ratio (CI 95%)	<i>p</i>
ECC (vs BCV)	14.2 (1.8–117)	0.013	ECC (vs BCV)	36 (2.5–511)	0.008
CVC placement attempts	1.6 (1.1–2.3)	0.004	CVC placement attempts	1.8 (1.2–2.7)	0.004
RDS (surfactant)	4.6 (1.03–20.8)	0.045	RDS (surfactant)	11.1 (1.2–101)	0.033
Antibiotic days during CVC	0.87 (0.776–0.97)	0.017			
Weight at insertion (grams)	0.998 (0.995–1)	0.099			

Variables considered in the univariate analysis: type of catheter (ECC vs BCV) sex, gestational age at insertion, weight at insertion, cesarean delivery, CRIB score, 5 min Apgar score, respiratory distress syndrome (RDS), day of CVC insertion, parenteral nutrition days per CVC, antibiotics days per CVC, transfusion of packed red blood cells during CVC permanence, and CVC placement attempts (number of punctures). Only variables with a *p* value < 0.1 in the univariate analysis are shown. Only variables that remained significant in the multivariate analysis are shown

episode with a BCV catheter, and 12 of 58 infants (20.7%) had 14 episodes of CLABSI with ECCs ($p = 0.089$). CLABSI episodes per catheter [1/21 (4.7%) vs 14/75 (18.6%), $p = 0.121$] and CLABSI per infant or death (3/21 (14.25) vs. 17/58 (29.3%); $p = 0.202$) were not different between the groups. Survival curves using the Kaplan-Meier method with the log-rank test are shown in Fig. 3. CVC type (ECC vs BCV) was associated with increased CLABSI risk in Cox regression analysis after adjustment for weight at insertion time, respiratory distress syndrome, number of CVC placement attempts, and days of antibiotic therapy during CVC dwell time (hazard ratio 36; 95% CI, 2.5–511; $p = 0.008$) (Table 3).

Discussion

CLABSI is a major complication during the maintenance of CVCs and has an adverse impact on morbidity/mortality, health care costs, and neurological long-term outcomes of preterm infants [15, 16]. The risk of CLABSI is greater in preterm infants than in older infants, children, and adults due to the unique vulnerability of immature infants, their prolonged CVC dwell times, and their high-intensity critical care needs [17]. Major efforts have been made to control risk factors and reduce the CLABSI-associated burden [18–20]. One aspect that might influence the CLABSI rate is the type of CVC and the insertion technique [1, 21]. In this observational study, we found a significantly lower rate of CLABSI when US-guided supraclavicular BCV catheters were used compared to standard ECCs in preterm infants. Importantly, such a difference has been observed despite BCV catheters being used in higher-risk infants and staying in place for a longer period [22]. Seemingly, the observed reduction in CLABSI was driven by a reduced incidence of CLABSI episodes caused by CoNS. While mortality of SCN sepsis is low, the detrimental effects on neurologic development are substantial and similar to those of more virulent bacteria [23, 24]. Therefore, we consider our finding of clinical relevance.

Some previous research has suggested that percutaneous CVCs are associated with an increased risk of infection compared to ECCs in children, though the results among studies are contradictory [25, 26]. In neonates, percutaneous CVCs are believed to carry a greater risk of CLABSI than ECCs, although supporting evidence is lacking [27]. Of note, no study has compared US-guided BCV cannulation with standard vascular access in preterm infants. One previous study by Habas et al. specifically assessed the risk of CLABSI with US-guided supraclavicular BCV cannulation against other CVC insertion sites (femoral, internal jugular vein, and infraclavicular subclavian vein) in older children in the pediatric intensive care unit (PICU), with the authors reporting a reduced CLABSI density rate (BCV, 2.8/1000 days vs other-CVC, 8.96/1000 days; $p = 0.006$) [28]. In a retrospective analysis, Biasucci D et al. observed a remarkable reduction in CLABSI from 15/1000 to 1.5/1000 days after the implementation of a CVC insertion bundle in the PICU [29]. The bundle included systematic assessment of central veins using the RaCeVa protocol and resulted in a radical shift in the choice of CVC insertion site in favor of the BCV (from 0 to 85% after bundle implementation) [30]. Other innovative elements in their bundle included routine tunneling of the catheter, sutureless fixation, glue sealing of the exit site, and specific simulation training; therefore, it is difficult to ascertain the exact contribution of BCV cannulation to the observed decrease in CLABSI.

The potential technical advantages of the US-guided supraclavicular approach for the BCV have been previously highlighted and include access to a large vein, fine control of needle advancement, a high first-pass cannulation success rate with few mechanical complications, and technical feasibility even in low-weight infants [31]. However, the reasons why this technique may reduce the risk of catheter colonization and infection are less obvious. Coagulation activation and the formation of a fibroblastic sleeve along the catheter interfere with biofilm formation, bacterial growth, and colonization of the extraluminal side of the catheter [32, 33]. Additionally, the high first-attempt

insertion success rate achieved with the US-guided supraclavicular approach might lead to less endothelial damage during insertion and reduced thrombogenesis. In fact, in our study, the number of puncture attempts was an independent risk factor for CLABSI. Moreover, blood flow stasis is a classic pathogenic determinant of thrombus formation; in this sense, among the veins amenable to percutaneous catheterization, the BCV is the largest and has the highest flow, which permits a high catheter-to-vein diameter ratio without flow disruption [34–36]. Exit sites in the supraclavicular area may also contribute to reducing contamination and avoiding site humidity, which facilitates easier adhesion of dressings [37]. In contrast to ECC lines, a large-bore CVC facilitates repeated blood sampling, avoiding peripheral venipunctures during catheter use, a factor that has been implicated in bacteremia and catheter colonization during the use of ECCs [38].

ECCs are often inserted after the removal of UVCs. These devices permit infusion rates up to 1–2 ml/min, which are adequate for infusion of fluids, blood products, medications, or vasoactive drugs in most infants [39]. Nonetheless, ECCs do not permit the blood sampling, hemodynamic monitoring, multiple simultaneous infusions, or high-flow infusion rates that may be needed in critically ill preterm infants. Additionally, insertion failure rates are relatively high, and progression to a central position is hazardous even in experienced hands [40]. Catheter dysfunction and mechanical complications such as thrombosis and infiltration are relatively frequent, which often leads to nonelective removal [41].

If BCV cannulation is highly successful and catheter performance is superior to ECCs, why are percutaneous BCV catheters not inserted in most neonates who need central vein access when the umbilical vein is no longer available? We consider that there are some important limitations for the widespread use of BCV cannulation in preterm infants. The insertion of a percutaneous CVC through the BCV in a preterm is a challenging and delicate procedure. To be performed safely, it requires a deeply sedated and motionless infant, which is not always feasible. In addition, to be fully implemented, this approach would require around-the-clock availability of staff with sufficient expertise in US-guided cannulation. Finally, studies supporting BCV cannulation have been performed by highly experienced groups (pediatric anesthesiologists and vascular access teams) and have consisted of case series with near 100% insertion success rates but without any comparison to standard techniques; therefore, a publication bias may be a concern [4, 31]. However, if our findings are confirmed in other studies, reduced CLABSI should be taken into account together with already known technical advantages in the decision to insert BCV catheters in preterm infants, and the indication of this new vascular access might be expanded.

Our study has some limitations. This is a single-center nonrandomized retrospective study that included a limited number of preterm infants; accordingly, our results should be

considered a proof of concept and taken with caution. As all observational studies, there is an inherent risk of confounding bias. We tried to reduce this risk by selecting matched controls. However, a more refined approach would have been to include all patients and perform propensity score matching [42]; in our infant population, BCV cannulation was performed in selected infants by a unique experienced intensivist, whereas ECCs were inserted by a team of 10 nurses who might have heterogeneous levels of expertise [43]. Regardless, all nurses were certified neonatal practitioners and used the same protocol for ECC insertion. Infants with BCV catheters received more days of antibiotic therapy during CVC use, which might have had a protective effect on CLABSI and act as a confounder. However, the antibiotic protocol was common and the difference in antibiotic days coverage was driven by differences in indwelling time without an observable effect of antibiotics on CLABSI rate in the multivariate analysis. In addition, the CVC maintenance policy was the same for both types of catheters. Finally, as BCV catheters were inserted in patients in poorer condition and the indwelling duration was longer than that of ECCs, we think that there was no significant risk of bias favoring BCV catheters. Some aspects of our CVC insertion and maintenance policy are controversial. We used surgical suture for fixation of BCV catheters. This should be avoided whenever possible given that it may increase the risk of infection. Commercially available sutureless devices are a better option. In the same line, the use of low-dose heparin to maintain catheter patency is outdated and not supported by current scientific evidence [44]. Finally, our ECC CLABSI rate is relatively high compared to those reported by studies from other countries. For these reasons, our results may lack external validity [12, 22].

Conclusions

US-guided supraclavicular cannulation of the BCV in our very-low-birth-weight preterm infants was associated with a reduced incidence of CLABSI compared to standard ECCs. This fact should be taken into account in selected infants who need a large-bore CVC and should prompt additional multicenter prospective studies on the subject.

Authors' contributions IOE conceived and designed the study, analyzed the data, and wrote the first draft of the manuscript.

BAJ acquired the data and critically reviewed the manuscript.

AFG acquired the data and critically reviewed the manuscript.

SST acquired the data and critically reviewed the manuscript.

ARN conceived and designed the study and critically reviewed the manuscript.

All authors gave their approval to the final version of the manuscript and are responsible for the accuracy and integrity of the study.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval The study protocol was reviewed and approved by the Institutional Review Board (IRB) and informed consent was obtained from all individual participants included in the study (parents or legal guardians provided informed consent for participation).

References

- Shalabi M, Adel M, Yoon E, Aziz K, Lee S, Shah PS et al (2015) Risk of infection using peripherally inserted central and umbilical catheters in preterm neonates. *Pediatrics* 136:1073–1079
- Pittiruti M (2013) Central venous catheters in neonates: old territory, new frontiers. Invited commentary to peripherally inserted central venous catheters in critically ill premature neonates, by Ozkircan et al. *J Vasc Access* 14:320–324
- Pittiruti M (2012) Ultrasound guided central vascular access in neonates, infants and children. *Curr Drug Targets* 13:961–969
- Lausten-Thomsen U, Merchaoui Z, Dubois C, Eleni Dit Trolli S, Le Saché N, Mokhtari M et al (2017) Ultrasound-guided subclavian vein cannulation in low birth weight neonates. *Pediatr Crit Care Med* 18:172–175
- Pirotte T, Veyckemans F (2007) Ultrasound-guided subclavian vein cannulation in infants and children: a novel approach. *Br J Anaesth* 98:509–514
- Oulego-Erroz I, Alonso-Quintela P, Terroba-Seara S, Jiménez-González A, Rodríguez-Blanco S, Vázquez-Martínez JL (2018) Ultrasound-guided cannulation of the brachiocephalic vein in neonates and preterm infants: a prospective observational study. *Am J Perinatol* 35:503–508
- Menéndez JJ, Verdú C, Calderón B, Gómez-Zamora A, Schüffelmann C, de la Cruz JJ, de la Oliva P (2016) Incidence and risk factors of superficial and deep vein thrombosis associated with peripherally inserted central catheters in children. *J Thromb Haemost* 14:2158–2168
- Sharp R, Cummings M, Fielder A, Mikocka-Walus A, Grech C, Esterman A (2015) The catheter to vein ratio and rates of symptomatic venous thromboembolism in patients with a peripherally inserted central catheter (PICC): a prospective cohort study. *Int J Nurs Stud* 52:677–685
- Alonso-Quintela P, Oulego-Erroz I, Rodríguez-Blanco S, Muñoz-Fontan M, Lapeña-López-de Armentia S, Rodríguez-Núñez A (2015) Location of the central venous catheter tip with bedside ultrasound in young children: can we eliminate the need for chest radiography? *Pediatr Crit Care Med* 16:e340–e345
- Monagle P, Chan AKC, Goldenberg NA, Ichord RN, Journeycake JM, Nowak-Göttl U, Vesely SK (2012) Antithrombotic therapy in neonates and children: antithrombotic therapy and prevention of thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 141(2 Suppl):e737S–e801S
- García P, San Feliciano L, Benito F, García R, Guzmán J, Salas S et al (2013) Outcome at two years corrected age of a cohort of very low birth weight infants from hospitals within the neonatal SEN1500 network. *An Pediatr* 79:279–287
- Madrid-Aguilar M, López-Herrera MC, Pérez-López J, Escudero-Argaluz J, Santesteban-Otazu E, Piening B et al (2019) Implementation of NeoKissEs in Spain: a validated surveillance system for nosocomial sepsis in very low birth weight infants. *An Pediatr* 91:3–12
- Turner D, Hammerman C, Rudensky B, Schlesinger Y, Goia C, Schimmel MS (2008) Procalcitonin in preterm infants during the first few days of life: introducing an age related nomogram. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 91:F283–F286
- Horan TC, Andrus M, Dudeck MA (2008) CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control* 36:309–332
- Zonnenberg IA, van Dijk-Lokkart EM, van den Dungen FAM, Vermeulen RJ, van Weissenbruch M (2019) Neurodevelopmental outcome at 2 years of age in preterm infants with late-onset sepsis. *Eur J Pediatr* 178:673–680
- Shah DK, Doyle LW, Anderson PJ, Bear M, Daley AJ, Hunt RW, Inder TE (2008) Adverse neurodevelopment in preterm infants with postnatal sepsis or necrotizing enterocolitis is mediated by white matter abnormalities on magnetic resonance imaging at term. *J Pediatr* 153:170–175
- Balkhy HH, Zingg W (2014) Update on infection control challenges in special pediatric populations. *Curr Opin Infect Dis* 27:370–378
- Schulman J, Stricof R, Stevens TP, Horgan M, Gase K, Holzman IR, Koppel RI, Nafday S, Gibbs K, Angert R, Simmonds A, Furdon SA, Saiman L, New York State Regional Perinatal Care Centers (2011) Statewide NICU central-line-associated bloodstream infection rates decline after bundles and checklists. *Pediatrics* 127:436–444
- Advani SD, Murray TS, Murdzek CM, Aniskiewicz MJ, Bizzarro MJ (2020) Shifting focus toward healthcare-associated bloodstream infections: the need for neonatal intensive care unit-specific NHSN definitions. *Infect Control Hosp Epidemiol* 41:181–186
- Wilder KA, Wall B, Haggard D, Epperson T (2016) CLABSI reduction strategy: a systematic central line quality improvement initiative integrating line-rounding principles and a team approach. *Adv Neonatal Care* 16:170–177
- Arvaniti K, Lathyris D, Blot S, Apostolidou-Kiouti F, Kouletti D, Haideich A-B (2017) Cumulative evidence of randomized controlled and observational studies on catheter-related infection risk of central venous catheter insertion site in ICU patients: a pairwise and network meta-analysis. *Crit Care Med* 45:e437–e448
- Greenberg RG, Cochran KM, Smith PB, Edson BS, Schulman J, Lee HC et al (2015) Effect of catheter dwell time on risk of central line-associated bloodstream infection in infants. *Pediatrics* 136:1080–1086
- Dong Y, Speer CP (2015) Late-onset neonatal sepsis: recent developments. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 100:F257–F263
- Stoll BJ, Hansen NI, Adams-Chapman I, Fanaroff AA, Hintz SR, Vohr B et al (2004) Neurodevelopmental and growth impairment among extremely low-birth-weight infants with neonatal infection. *JAMA* 292:2357–2365
- Yamaguchi RS, Noritomi DT, Degaspere NV, Muñoz GOC, Porto APM, Costa SF, Ranzani OT (2017) Peripherally inserted central catheters are associated with lower risk of bloodstream infection compared with central venous catheters in paediatric intensive care patients: a propensity-adjusted analysis. *Intensive Care Med* 43:1097–1104
- Noonan PJ, Hanson SJ, Simpson PM, Dasgupta M, Petersen TL (2018) Comparison of complication rates of central venous catheters versus peripherally inserted central venous catheters in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med* 19:1097–1105
- Soares BN, Pissarra S, Rouxinol-Dias AL, Costa S, Guimarães H (2018) Complications of central lines in neonates admitted to a level III neonatal intensive care unit. *J Matern Fetal Neonatal Med* 31:2770–2776
- Habas F, Baleine J, Milési C, Combes C, Didelot M-N, Romano-Bertrand S, Grau D, Parer S, Baud C, Cambonie G (2018) Supraclavicular catheterization of the brachiocephalic vein: a way to prevent or reduce catheter maintenance-related complications in children. *Eur J Pediatr* 177:451–459
- Biasucci DG, Pittiruti M, Taddei A, Picconi E, Piza A, Celentano D, Piastra M, Scoppettuolo G, Conti G (2018) Targeting zero catheter-related bloodstream infections in pediatric intensive care unit: a retrospective matched case-control study. *J Vasc Access* 19:119–124

30. Spencer TR, Pittiruti M (2019) Rapid central vein assessment (RaCeVA): a systematic, standardized approach for ultrasound assessment before central venous catheterization. *J Vasc Access* 20: 239–249
31. Merchaoui Z, Lausten-Thomsen U, Pierre F, Ben Laiba M, Le Saché N, Tissieres P (2017) Supraclavicular approach to ultrasound-guided brachiocephalic vein cannulation in children and neonates. *Front Pediatr* 5:211
32. Hill S, Hamblett I, Brady S, Vasileukaya S, Zuzuarregui I, Martin F (2019) Central venous access device-related sheaths: a predictor of infective and thrombotic incidence? *Br J Nurs* 28:S10–S18
33. Gominet M, Compain F, Beloin C, Lebeaux D (2017) Central venous catheters and biofilms: where do we stand in 2017? *Acta Pathol Microbiol Immunol Scand* 125:365–375
34. Barone G, D'Andrea V, Vento G, Pittiruti M (2019) A systematic ultrasound evaluation of the diameter of deep veins in the newborn: results and implications for clinical practice. *Neonatology* 115:335–340
35. Male C, Chait P, Andrew M, Hanna K, Julian J, Mitchell L et al (2003) Central venous line-related thrombosis in children: association with central venous line location and insertion technique. *Blood* 101:4273–4278
36. Salim MA, DiSessa TG, Arheart KL, Alpert BS (1995) Contribution of superior vena caval flow to total cardiac output in children. A Doppler echocardiographic study. *Circulation* 92: 1860–1865
37. Timsit J-F, Bouadma L, Ruckly S, Schwebel C, Garrouste-Orgeas M, Bronchard R, Calvino-Gunther S, Laupland K, Adrie C, Thuong M, Hérault MC, Pease S, Arrault X, Lucet JC (2012) Dressing disruption is a major risk factor for catheter-related infections. *Crit Care Med* 40:1707–1714
38. Cheng H-Y, Lu C-Y, Huang L-M, Lee P-I, Chen J-M, Chang L-Y (2016) Increased frequency of peripheral venipunctures raises the risk of central-line associated bloodstream infection in neonates with peripherally inserted central venous catheters. *J Microbiol Immunol Infect* 49:230–236
39. Westergaard B, Classen V, Walther-Larsen S (2013) Peripherally inserted central catheters in infants and children - indications, techniques, complications and clinical recommendations. *Acta Anaesthesiol Scand* 57:278–287
40. Al Hamod DA, Zeidan S, Al Bizri A, Baakli G, Nassif Y (2016) Ultrasound-guided central line insertion and standard peripherally inserted catheter placement in preterm infants: comparing results from prospective study in a single-center. *North Am J Med Sci* 8: 205–209
41. Erhard DM, Nguyen S, Guy KJ, Casalaz DM, König K (2017) Dwell times and risk of non-elective removal of 1-French peripherally inserted central catheters according to catheter tip position in very preterm infants. *Eur J Pediatr* 176:407–411
42. Zhang Z (2017) Propensity score method: a non-parametric technique to reduce model dependence. *Ann Transl Med* 5:7
43. Legemaat MM, Jongerden IP, van Rens RMFPT, Zielman M, van den Hoogen A (2015) Effect of a vascular access team on central line-associated bloodstream infections in infants admitted to a neonatal intensive care unit: a systematic review. *Int J Nurs Stud* 52: 1003–1010
44. López-Briz E, Ruiz Garcia V, Cabello JB, Bort-Martí S, Carbonell Sanchis R, Burls A (2018) Heparin versus 0.9% sodium chloride locking for prevention of occlusion in central venous catheters in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 7:CD008462

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.