

MARINO

El libro de la
UCI

4.^a edición

Paul L. Marino



Wolters Kluwer
Health

MARINO

El libro de la

UCI

4.^a edición

Paul L. Marino, M.D., Ph.D., F.C.C.M.

Clinical Associate Professor
Weill Cornell Medical College
New York, New York

Ilustraciones de Patricia Gast

Av. Carrilet, 3, 9.ª planta, Edificio D
Ciutat de la Justícia
08902 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona (España)
Tel: 93 344 47 18
Fax: 93 344 47 16
e-mail: lwwespanol@wolterskluwer.com

Traducción

M.ª Jesús del Sol Jaquotot

Licenciada en Medicina y Cirugía

Revisión científica

Dr. Marcos Peraza Sánchez

Médico adjunto de Anestesiología y Reanimación,
Hospital Comarcal de Laredo,
Cantabria

Se han adoptado las medidas oportunas para confirmar la exactitud de la información presentada y describir la práctica más aceptada. No obstante, los autores, los redactores y el editor no son responsables de los errores u omisiones del texto ni de las consecuencias que se deriven de la aplicación de la información que incluye, y no dan ninguna garantía, explícita o implícita, sobre la actualidad, integridad o exactitud del contenido de la publicación. Esta publicación contiene información general relacionada con tratamientos y asistencia médica que no debería utilizarse en pacientes individuales sin antes contar con el consejo de un profesional médico, ya que los tratamientos clínicos que se describen no pueden considerarse recomendaciones absolutas y universales.

El editor ha hecho todo lo posible para confirmar y respetar la procedencia del material que se reproduce en este libro y su copyright. En caso de error u omisión, se enmendará en cuanto sea posible. Algunos fármacos y productos sanitarios que se presentan en esta publicación sólo tienen la aprobación de la Food and Drug Administration (FDA) para un uso limitado al ámbito experimental. Compete al profesional sanitario averiguar la situación de cada fármaco o producto sanitario que pretenda utilizar en su práctica clínica, por lo que aconsejamos la consulta con las autoridades sanitarias competentes.

Derecho a la propiedad intelectual (C. P. Art. 270)

Se considera delito reproducir, plagiar, distribuir o comunicar públicamente, en todo o en parte, con ánimo de lucro y en perjuicio de terceros, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la autorización de los titulares de los correspondientes derechos de propiedad intelectual o de sus cesionarios.

Reservados todos los derechos,

Copyright de la edición en español © 2014. Wolters Kluwer Health España, S.A., Lippincott Williams & Wilkins
ISBN edición española: 978-84-16004-19-5

Edición española de la obra original en lengua inglesa *Marino. The ICU Book*, 4th edition, publicada por Lippincott Williams & Wilkins.

Copyright © 2014 Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins

351 West Camden Street

Baltimore, MD 21201

530 Walnut Street

Philadelphia, PA 19106

ISBN edición original: 9781451188691

3rd Edition © 2007 Lippincott Williams & Wilkins - a Wolters Kluwer Business

2nd Edition © 1998 LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS

Composición: Lanchuela

Impresión: C&C Offset Printing Co. Ltd

Impreso en China

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

*A Daniel Joseph Marino,
mi hijo de 26 años,
que se ha convertido en el mejor amigo
que yo esperaba tener.*

*Yo ensalzaría especialmente al médico que,
ante las enfermedades agudas,
por las que la mayor parte del género humano se bloquea,
conduce el tratamiento mejor que el resto.*

HIPÓCRATES



Prefacio a la cuarta edición

La cuarta edición de *Marino. El libro de la UCI* coincide con el 23.º aniversario de esta obra como libro de consulta fundamental para el tratamiento de los pacientes graves. Esta edición mantiene el propósito original de proporcionar un «texto general» que presente los conceptos básicos y describa prácticas de asistencia a los pacientes que puedan usarse en cualquier unidad de cuidados intensivos para adultos, independientemente de la especialización de la unidad. Se han dejado áreas muy especializadas, como las urgencias obstétricas, las lesiones térmicas y las lesiones traumatológicas para textos más cualificados y especializados.

Esta edición se ha reorganizado y redactado por completo, con referencias bibliográficas actualizadas y normas sobre práctica clínica al final de cada capítulo. El texto se complementa con 246 ilustraciones y 199 tablas originales, además de haberse añadido cinco capítulos nuevos: Catéteres vasculares (Capítulo 1), Exposición laboral (Capítulo 4), Modos de ventilación alternativos (Capítulo 27), Pancreatitis e insuficiencia hepática (Capítulo 39) y Toxídrómes no farmacéuticos (Capítulo 55). Cada capítulo finaliza con un apartado breve titulado «Comentario final», en el que se pone de relieve una perspectiva o se hace hincapié en alguna información destacada que se presenta en el capítulo.

Marino. El libro de la UCI es único en tanto que representa la voz de un solo autor, lo que aporta uniformidad en el estilo y en la estructura conceptual. Aunque una empresa de este calibre conlleva por descontado un cierto grado de parcialidad, las opiniones expresadas en este libro se basan en observaciones experimentales más que en experiencias anecdóticas, y mi deseo es que cualquier rasgo de parcialidad sea tolerable.



Agradecimientos

Los agradecimientos son pocos, pero bien merecidos. En primer lugar, a Patricia Gast, responsable de todas las ilustraciones y esquemas de este libro. Su talento, paciencia y consejo han significado una ayuda inestimable tanto para el autor como para su trabajo. También me gustaría agradecer a Brian Brown y a Nicole Dernoski, mis editores durante mucho tiempo, su confianza y su apoyo permanente.



SECCIÓN I

Acceso vascular

- | | | |
|---|----------------------------------|----|
| 1 | Catéteres vasculares | 3 |
| 2 | Acceso venoso central | 17 |
| 3 | Catéteres vasculares permanentes | 41 |

SECCIÓN II

Prácticas preventivas en la UCI

- | | | |
|---|----------------------|----|
| 4 | Exposición laboral | 65 |
| 5 | Profilaxis digestiva | 77 |
| 6 | Tromboembolia venosa | 97 |

SECCIÓN III

Control hemodinámico

- | | | |
|----|---------------------------------------|-----|
| 7 | Monitorización de la presión arterial | 123 |
| 8 | Catéter de arteria pulmonar | 135 |
| 9 | Rendimiento cardiovascular | 151 |
| 10 | Oxigenación sistémica | 171 |

SECCIÓN IV

Alteraciones del flujo circulatorio

- | | | |
|----|---|-----|
| 11 | Hemorragia e hipovolemia | 195 |
| 12 | Reanimación con coloides y cristaloides | 217 |
| 13 | Insuficiencia cardíaca aguda en la UCI | 239 |
| 14 | Síndromes de shock inflamatorio | 263 |

SECCIÓN V

Emergencias cardíacas

15	Taquiarritmias	283
16	Síndromes coronarios agudos	303
17	Parada cardíaca	325

SECCIÓN VI

Componentes de la sangre

18	Anemia y transfusiones de hematíes	349
19	Plaquetas y plasma	369

SECCIÓN VII

Insuficiencia respiratoria aguda

20	Hipoxemia e hipercapnia	391
21	Oximetría y capnometría	409
22	Oxigenoterapia	427
23	Síndrome de dificultad respiratoria aguda	447
24	Asma y EPOC en la UCI	465

SECCIÓN VIII

Ventilación mecánica

25	Ventilación con presión positiva	487
26	Modos de ventilación convencionales	505
27	Modos de ventilación alternativos	521
28	Paciente dependiente del respirador	535
29	Neumonía asociada al respirador	553
30	Retirada de la ventilación mecánica	569

SECCIÓN IX

Trastornos acidobásicos

31	Análisis acidobásico	587
32	Acidosis orgánicas	601
33	Alcalosis metabólica	619

SECCIÓN X

Trastornos renales y electrolíticos

34	Lesión renal aguda	633
35	Trastornos osmóticos	653
36	Potasio	673
37	Magnesio	687
38	Calcio y fósforo	701

SECCIÓN XI**Abdomen y pelvis**

39	Pancreatitis e insuficiencia hepática	719
40	Infecciones abdominales en la UCI	737
41	Infecciones urinarias en la UCI	751

SECCIÓN XII**Trastornos de la temperatura corporal**

42	Hipertermia e hipotermia	761
43	Fiebre en la UCI	777

SECCIÓN XIII**Trastornos del sistema nervioso**

44	Trastornos de la conciencia	799
45	Trastornos del movimiento	817
46	Ictus	831

SECCIÓN XIV**Nutrición y metabolismo**

47	Necesidades nutritivas	847
48	Alimentación por sonda	859
49	Nutrición parenteral	875
50	Disfunción suprarrenal y tiroidea	887

SECCIÓN XV**Tratamiento farmacológico en cuidados intensivos**

51	Analgesia y sedación en la UCI	901
52	Tratamiento antimicrobiano	923
53	Fármacos hemodinámicos	943

SECCIÓN XVI**Urgencias toxicológicas**

54	Sobredosis de productos farmacéuticos	963
55	Toxídromes no farmacéuticos	981

SECCIÓN XVII**Apéndices**

1	Unidades y conversiones	995
2	Valores de referencia seleccionados	1001
3	Fórmulas adicionales	1007

Índice alfabético de materias

1009

ACCESO VASCULAR

El que trabaja con las manos es un obrero.

El que trabaja con la cabeza y las manos es un artesano.

Louis Nizer

Entre tú y yo

1948

CATÉTERES VASCULARES

No es una mala definición del hombre la que le describe como un animal que fabrica herramientas.

Charles Babbage (1791-1871)

Uno de los acontecimientos más espectaculares de la autoexperimentación médica tuvo lugar en un pequeño hospital de Alemania durante el verano de 1929, cuando un residente de cirugía de 25 años llamado Werner Forssman introdujo un catéter uretral de plástico en el interior de la vena basílica de su brazo derecho y lo hizo avanzar hasta la aurícula derecha (1). Éste fue el primer caso documentado de canalización venosa central mediante un catéter de plástico flexible. Aunque fue todo un éxito, el procedimiento llevó aparejada una única consecuencia adversa; el Dr. Forssman fue despedido inmediatamente porque había actuado sin el consentimiento de sus superiores y su actuación se consideró imprudente, e incluso suicida. En el informe de su despido se especificaba que «esos métodos eran buenos para un circo, pero no para un hospital de prestigio» (1). Forssman se convirtió en médico rural, pero su proeza en la canalización vascular fue reconocida finalmente en el año 1956 cuando fue galardonado con el Premio Nobel de Medicina por haber realizado el primer cateterismo de las cavidades cardíacas derechas en un ser humano.

El cateterismo de Werner Forssman en su propio cuerpo constituyó el punto de partida para la utilización habitual de agujas y cánulas metálicas rígidas para acceder al interior de los vasos sanguíneos, y marcó el inicio de la era moderna de la canalización vascular, que se caracteriza por el uso de catéteres de plástico flexibles como los que se describen en este capítulo.

FUNDAMENTOS DE LOS CATÉTERES

Materiales del catéter

Los catéteres vasculares están fabricados con polímeros sintéticos químicamente inertes, biocompatibles, y resistentes a la degradación química y térmica. Los polímeros utilizados con mayor frecuencia son el poliuretano y la silicona.

Poliuretano

El poliuretano es un polímero versátil que puede actuar como un sólido (p. ej., las llantas sólidas de las segadoras están fabricadas con poliuretano), pero que también puede modificarse para mostrar elasticidad (p. ej., las fibras de elastano empleadas en las prendas elásticas están confeccionadas a partir de poliuretano modificado). El poliuretano de los catéteres vasculares les proporciona la resistencia elástica suficiente para que puedan atravesar la piel y los tejidos subcutáneos sin acodarse. Como esta rigidez puede promover a su vez la aparición de lesiones vasculares, los catéteres de poliuretano se utilizan para canalizaciones vasculares de corta duración. La mayoría de los catéteres vasculares que se utilizarán en la UCI están fabricados con este polímero, como los catéteres vasculares periféricos (arteriales y venosos), los catéteres venosos centrales y los catéteres de arteria pulmonar.

Silicona

La silicona es un polímero que contiene silicio además de hidrógeno, oxígeno y carbono. La silicona es más flexible que el poliuretano (p. ej., las tetinas de los biberones están fabricadas de silicona), con lo que disminuye el riesgo de lesión vascular asociada al catéter. Los catéteres de silicona se usan para un acceso vascular de larga duración (semanas a meses), como cuando se requiere la administración prolongada de quimioterapia, antibióticos y soluciones de nutrición parenteral en pacientes ambulatorios. Los únicos catéteres de silicona que se utilizan en la UCI son los catéteres venosos centrales de inserción periférica (CVCP). Debido a su flexibilidad, los catéteres de silicona no pueden introducirse por vía percutánea sin la ayuda de una guía metálica o una vaina introductora.

Calibre del catéter

El calibre de los catéteres vasculares está determinado por el *diámetro externo*. El calibre se describe mediante dos parámetros: unidad de calibre «*gauge*» y unidad de calibre «French».

Calibre gauge

El sistema *gauge* se introdujo (en Inglaterra) como unidad de calibre para guías metálicas, y fue adoptado posteriormente para agujas y catéteres huecos. El calibre *gauge* varía inversamente con el diámetro externo (cuanto mayor es el calibre *gauge*, menor es el diámetro externo); sin embargo, no existe una relación fija entre ambos parámetros. La Organización Internacional de Normalización (ISO, International Organization for Standardization) ha propuesto las relaciones que se muestran en la tabla 1-1 para los calibres *gauge* y los diámetros externos correspondientes en los catéteres periféricos (2). Obsérvese que cada calibre *gauge* está asociado a un intervalo de diámetros externos (DE real), y más allá de este intervalo no existe una relación fija entre el diámetro real (medido) y el diámetro externo nominal. Por lo tanto, la única forma de determinar el diámetro externo real de un catéter es consultar con el fabricante. Los calibres *gauge* se utilizan normalmente para catéteres periféricos y para los canales de infusión de los catéteres de varias vías o luces.

Calibre French

El sistema French de calibración de los catéteres vasculares (denominado así en honor a su país de origen) ofrece ventajas sobre el sistema *gauge* gracias a su simplicidad y uniformidad. La escala French empieza en el cero, y cada incremento de una unidad French representa un aumento de $1/3$ (0,33) de milímetro en el diámetro externo (3): es decir, $\text{unidad French} \times 0,33 = \text{diámetro externo (mm)}$. Así, un catéter de calibre 5 French tendrá un diámetro externo de $5 \times 0,33 = 1,65 \text{ mm}$. (En el Apéndice 2 del final de este libro se incluye una tabla de calibres French y los diámetros externos correspondientes.) Los calibres French pueden aumentar indefinidamente, pero la mayoría de los catéteres vasculares se sitúan entre un calibre 4 French y 10 French. Los calibres French suelen emplearse para catéteres de varias luces y para los de una sola luz y gran calibre (como las vainas de introducción descritas al final de este capítulo).

Tabla 1.1 Tamaños de calibres (<i>gauge</i>) y diámetros externos para catéteres periféricos*		
Calibre (<i>gauge</i>)	Intervalo de DE real (mm)	DE nominal (mm)
24	0,65-0,749	0,7
22	0,75-0,949	0,8, 0,9
20	0,95-1,149	1,0, 1,1
18	1,15-1,349	1,2, 1,3
16	1,55-1,849	1,6, 1,7, 1,8
14	1,85-2,249	1,9, 2,0, 2,1, 2,2

*En International Organization for Standardization; ISO 10555-5; 1996 (artículo disponible en www.iso.org). DE, diámetro externo.

Flujo del catéter

El flujo uniforme (Q) a través de un tubo hueco rígido es proporcional al gradiente de presión a lo largo del mismo ($P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}$ o ΔP), y la constante de proporcionalidad es la resistencia al flujo (R):

$$Q = \Delta P \times 1/R \quad (1.1)$$

Las propiedades del flujo a través de tubos rígidos fueron descritas por primera vez por un fisiólogo alemán (Gotthif Hagen) y un médico francés (Jean Louis Marie Poiseuille), trabajando por separado a mediados del siglo XIX. Ambos observaron que el flujo (Q) a través de tubos rígidos es una función del radio interno del tubo (r), la longitud del tubo (L) y la viscosidad del líquido (μ). Sus observaciones se expresan en la ecuación que se muestra a continuación, conocida como ecuación de *Hagen-Poiseuille* (4).

$$Q = \Delta P \times (\pi r^4 / 8 \mu L) \quad (1.2)$$

En esta ecuación se establece que el ritmo de flujo uniforme (Q) en un tubo rígido está directamente relacionado con la cuarta potencia del radio interno del tubo (r^4), e inversamente relacionado con la longitud del tubo (L) y la viscosidad del líquido (μ). El término encerrado dentro del paréntesis ($\pi r^4 / 8 \mu L$) es equivalente al inverso de la resistencia ($1/R$, como en la ecuación 1.1), por lo que la resistencia al flujo puede expresarse como $R = 8 \mu L / \pi r^4$.

Como la ecuación de Hagen-Poiseuille se aplica al flujo a través de tubos rígidos, puede usarse para describir el flujo a través de los catéteres vasculares, y el modo en que influyen las dimensiones del catéter en el ritmo del flujo (v. a continuación).

Radio interno y flujo

Según la ecuación de Hagen-Poiseuille, el radio interno de un catéter ejerce una gran influencia sobre el flujo que discurre por su interior (debido a que el flujo está directamente relacionado con la cuarta potencia del radio interno). Esto se representa en la figura 1-1, en la que se observa el flujo de la sangre impulsado por el efecto de la fuerza de la gravedad a través de catéteres de longitud similar, pero de diámetros diferentes (5). (En estudios como éste, los cambios en el diámetro interno y externo se consideran equivalentes.) Obsérvese que el cambio relativo en el ritmo del flujo es tres veces mayor que el cambio relativo en el diámetro del catéter ($\Delta \text{ flujo} / \Delta \text{ diámetro} = 3$). Aunque la magnitud del cambio en el flujo en este caso es menor que la prevista por la ecuación de Hagen-Poiseuille (una observación frecuente, cuyas explicaciones van más allá del propósito de este capítulo), la pendiente de la gráfica de la figura 1-1 muestra claramente que los cambios en el diámetro del catéter ejercen una influencia notable sobre el ritmo del flujo.

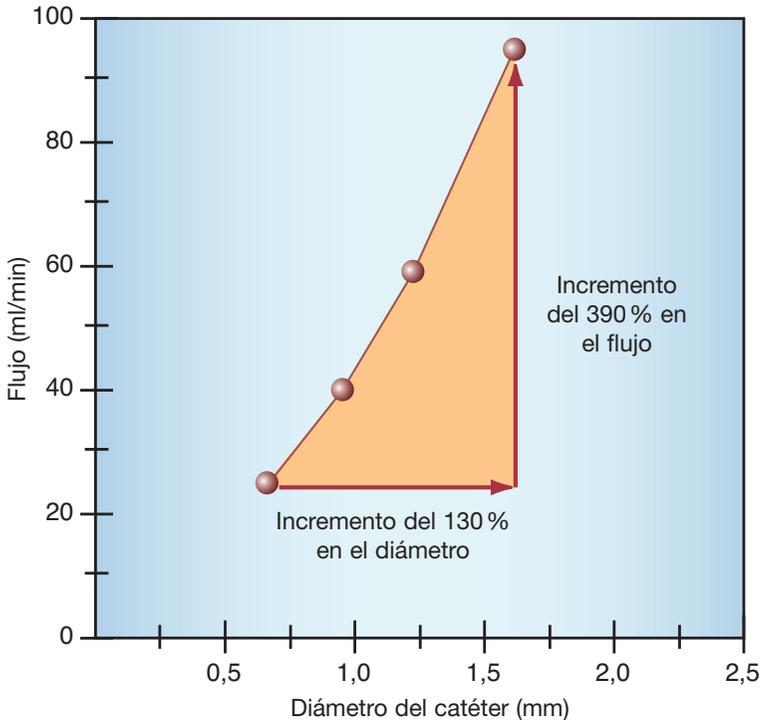


FIGURA 1-1. Relación entre el flujo y el diámetro externo de un catéter vascular. En la referencia 5.

Longitud del catéter y flujo

La ecuación de Hagen-Poiseuille indica que el flujo a través de un catéter disminuirá a medida que aumente la longitud de éste, lo que se muestra en la figura 1-2 (6). Obsérvese que el flujo en el catéter más largo (30 cm) es menor que la mitad del flujo en el catéter más corto (5 cm); en este caso, un incremento del 600% en la longitud del catéter se asocia a una reducción del 60% en el flujo en su interior ($\Delta \text{flujo} / \Delta \text{longitud} = 0,1$). Por lo tanto, la influencia de la longitud del catéter sobre el ritmo del flujo es proporcionalmente menor que la influencia del diámetro del catéter sobre el ritmo de flujo, como era de esperar según la ecuación de Hagen-Poiseuille.

La influencia comparativa del diámetro y la longitud del catéter, como se indica en la ecuación de Hagen-Poiseuille y los datos de las figuras 1-1 y 1-2, indica que, cuando se necesita una infusión rápida de volumen, el catéter de elección será uno de gran calibre, siendo la elección óptima el catéter de gran calibre más corto posible. (Véase una explicación más detallada de todo esto en el capítulo 11.) En los apartados restantes de este capítulo se describen los ritmos de flujo asociados a una amplia gama de catéteres vasculares.

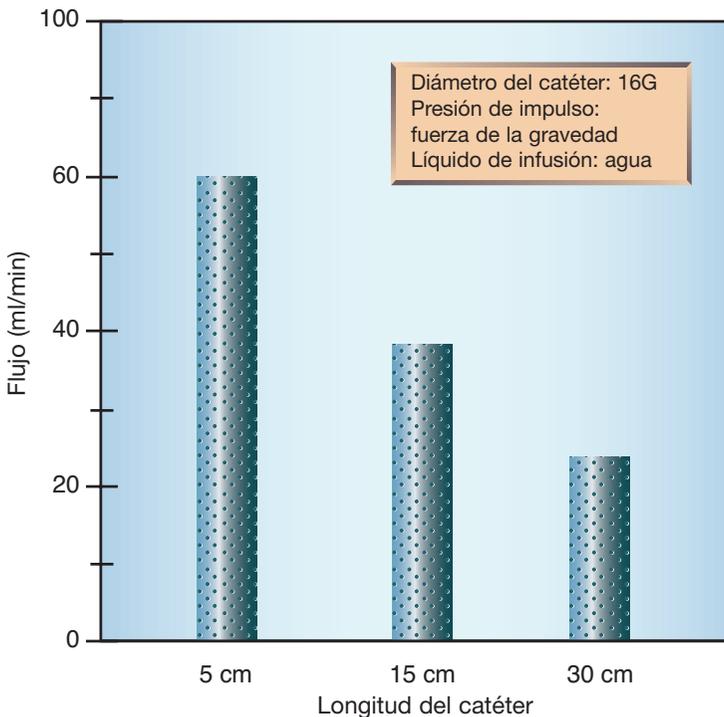


FIGURA 1-2. Influencia de la longitud del catéter sobre el flujo. En la referencia 6.

DISEÑOS HABITUALES DE LOS CATÉTERES

Existen tres tipos básicos de catéteres vasculares: catéteres vasculares periféricos (arteriales y venosos), catéteres venosos centrales y catéteres centrales de inserción periférica.

Catéteres vasculares periféricos

Los catéteres utilizados para canalizar los vasos sanguíneos periféricos en los adultos suelen ser del calibre 16-20G y de 2,5-5 cm de longitud. Los catéteres periféricos se introducen con la ayuda de un dispositivo de catéter montado sobre una aguja como el que se muestra en la figura 1-3. El catéter encaja holgadamente sobre la aguja y tiene un extremo cónico para impedir que su punta se deshilache durante la inserción. La aguja es hueca para poder visualizar la «salida» de sangre cuando la punta accede al interior de la luz del vaso. Una vez que se visualiza reflujo de sangre, se desliza el catéter sobre la aguja hacia al interior de la luz del vaso sanguíneo.

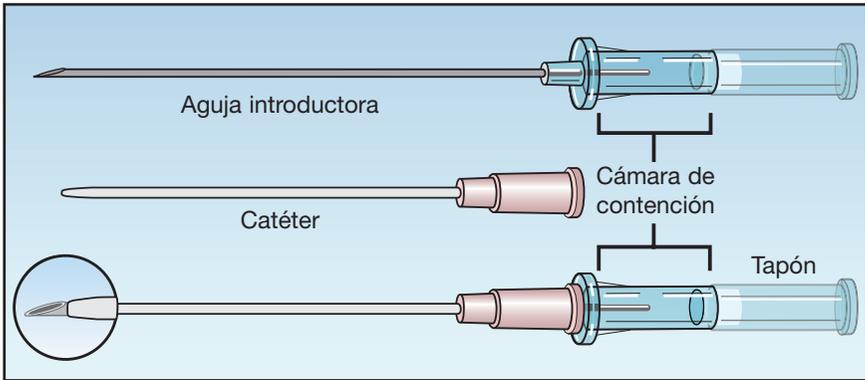


FIGURA 1-3. Dispositivo de catéter montado sobre aguja para la canalización de vasos sanguíneos periféricos.

Las características del flujo a través de los catéteres periféricos se muestran en la tabla 1-2 (7,8). Obsérvese el incremento notable (casi cuádruple) en el flujo del catéter de mayor calibre de 16G comparado con uno del calibre 20G, así como la disminución significativa (43%) del flujo que se produce cuando la longitud del catéter de calibre 18G aumenta menos de 2,5cm. Estas observaciones concuerdan con las relaciones de la ecuación de Hagen-Poiseuille y demuestran la potencia del diámetro del catéter en la determinación de la capacidad de flujo de los catéteres vasculares.

Tabla 1.2		Características de flujo en catéteres vasculares periféricos	
Calibre (gauge)	Longitud	Flujo	
		ml/min	l/h
16	30 mm	220	13,2
18	30 mm	105	6,0
	50 mm	60	3,6
20	30 mm	60	3,6

En referencias 6 y 7. Todos los flujos son para un flujo de agua impulsado por la fuerza de la gravedad.

Catéteres venosos centrales

En ocasiones, se necesita canalizar venas de mayor calibre ubicadas en posiciones más centrales (venas subclavia, yugular interna y femoral) para lograr un acceso vascular fiable en pacientes en estado grave. Los catéteres utilizados para este fin se denominan *catéteres venosos centrales*, suelen tener entre 15 cm y 30 cm de longitud, y pueden contar con uno o varios (2-4) canales de infusión. Los catéteres de varias luces son los preferidos en la UCI, ya que los pacientes ingresados en estas unidades suelen requerir numerosas terapias parenterales (p. ej., líquidos, fármacos y mezclas de nutrientes), y este tipo de catéteres permiten administrar esos tratamientos a través de una sola punción venosa. El uso de varios canales de infusión no aumenta la incidencia de infecciones asociadas al catéter (9), pero el mayor diámetro de los catéteres de varias vías aumenta el riesgo de trombosis asociada a los catéteres (10).

Los catéteres de tres vías o luces, como el que se muestra en la figura 1-4, son, por consenso, los preferidos para el acceso venoso central. Los hay de diferentes diámetros, desde 4 French hasta 9 French, siendo el de 7 French (diámetro externo = 2,3 mm) el más habitual para los adultos. Los catéteres de tres luces de 7 French suelen tener un canal de calibre 16G y dos canales más pequeños de calibre 18G. Para evitar que se mezclen las soluciones infundidas, los tres portales de salida están separados, como se muestra en la figura 1-4.

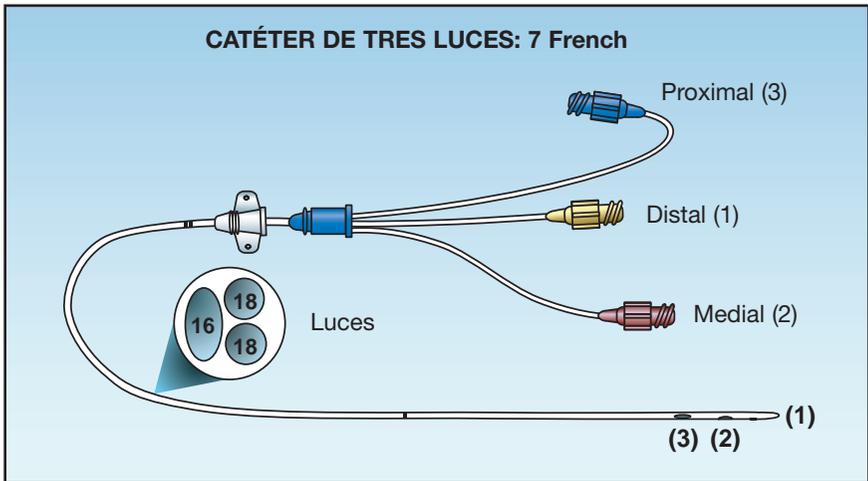


FIGURA 1-4. Catéter venoso central de tres vías (luces) que muestra el tamaño de cada luz y los portales de salida en el extremo distal del catéter.

En la tabla 1-3 se muestran las características de catéteres de tres luces (7 French) de diferentes fabricantes. Obsérvense en la tabla 1-2 los ritmos de flujo menores en los canales de 16G y de 18G cuando se comparan con los catéteres periféricos de los mismos calibres. Esto, por supuesto, se debe a la mayor longitud de los catéteres venosos centrales, como era de esperar por la ecuación de Hagen-Poiseuille. Los catéteres de tres luces pueden presentar tres longitudes diferentes: los catéteres más cortos (16 cm) están diseñados para canalizaciones desde el lado derecho, mientras que los más largos (20 cm y 30 cm) se utilizan

para canalizaciones desde el lado izquierdo (debido al mayor trayecto hasta la vena cava superior). El catéter de 20 cm es lo suficientemente largo para realizar la mayoría de las canalizaciones desde el lado izquierdo, de modo que (para limitar la longitud del catéter y preservar por lo tanto el flujo) parece prudente evitar, en la medida de lo posible, la utilización de catéteres venosos centrales de más de 20 cm.

Tabla 1.3**Características seleccionadas de los catéteres venosos centrales de tres luces**

Calibre	Longitud	Luces	Calibre de la luz	Flujo (l/h)*
7 Fr	16 cm	Distal	16G	3,4
		Medial	18G	1,8
		Proximal	18G	1,9
7 Fr	20 cm	Distal	16G	3,1
		Medial	18G	1,5
		Proximal	18G	1,6
7 Fr	30 cm	Distal	16G	2,3
		Medial	18G	1,0
		Proximal	18G	1,1

*Todos los flujos son para suero salino isotónico impulsado por la fuerza de la gravedad desde una altura de 102 cm por encima de los catéteres. Fr, calibre French; G, calibre gauge.

En Arrow International (www.arrowintl.com); acceso el 8/1/2011.

Técnica de inserción

Los catéteres venosos centrales se introducen enhebrando el catéter sobre una guía metálica (técnica introducida a principios de la década de 1950 y denominada técnica Seldinger en honor a su descubridor). Esta técnica se representa en la figura 1-5. Para localizar la vena que se va a canalizar se utiliza una aguja de pequeño calibre (normalmente, 20G). Cuando la punta de la aguja atraviesa la pared del vaso, se introduce una guía metálica larga y fina de punta flexible a través de la aguja en el interior de la luz del vaso. A continuación, se retira la aguja y se desliza el catéter sobre la guía metálica hacia el interior de la luz vascular. Durante la canalización de vasos profundos, se enhebra sobre la guía en primer lugar un «catéter dilatador» más rígido y de mayor tamaño, para crear un trayecto que facilite la inserción del catéter vascular.

Catéteres impregnados con antimicrobianos

Existen en el mercado catéteres venosos centrales con dos tipos de revestimiento antimicrobiano: uno de ellos utiliza una mezcla de clorhexidina y sulfadiazina argéntica, y el otro usa una combinación de minociclina y rifampicina. Cada uno de estos catéteres con revestimiento antimicrobiano tiene una eficacia demostrada en la disminución de la incidencia de septicemia asociada a los catéteres (11,12).

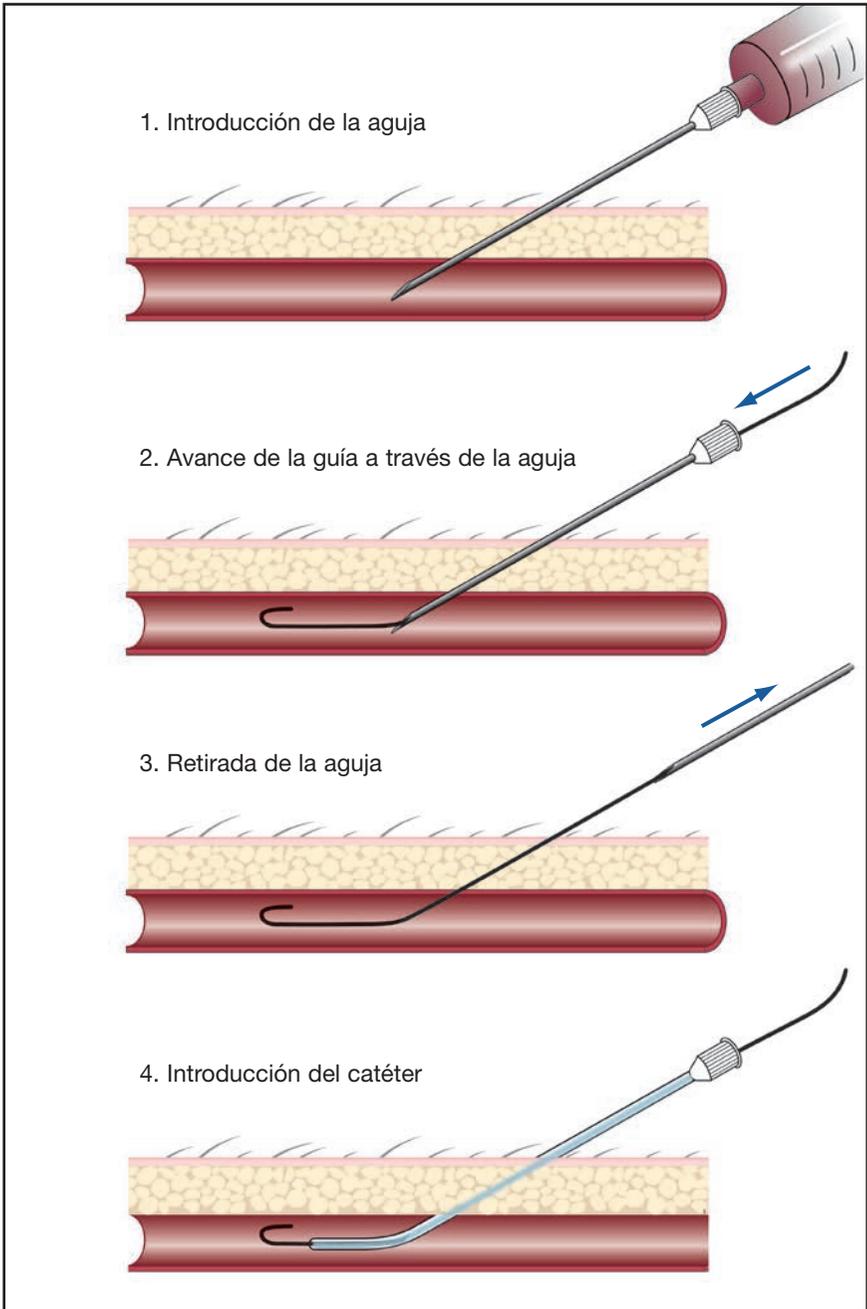


FIGURA 1-5. Pasos de la canalización de vasos sanguíneos con la ayuda de una guía metálica (técnica de Seldinger).

En un estudio multicéntrico en el que se comparaban ambos tipos de revestimiento antimicrobiano se observaron mejores resultados con los catéteres

recubiertos con minociclina-rifampicina (13). Desde entonces, se ha corregido un defecto en el diseño del catéter recubierto con clorhexidina-sulfadiazina argéntica (ausencia de actividad antimicrobiana en la superficie luminal del catéter), si bien aún no se ha repetido un nuevo estudio comparativo. Por lo tanto, en la actualidad los resultados se inclinan a favor de los catéteres con revestimiento de minociclina-rifampicina como los más eficaces para la práctica clínica (12), situación que podría variar en el futuro (y probablemente lo hará).

¿Cuáles son las indicaciones para la colocación de catéteres con revestimiento antimicrobiano? Según las directrices más recientes sobre prevención de infecciones asociadas a los catéteres (14), este tipo de dispositivos debe usarse cuando se prevé que la duración del cateterismo venoso central será superior a 5 días y si la incidencia de infecciones asociadas a catéteres en esa UCI es inaceptablemente elevada, a pesar de otras medidas de control de las infecciones.

Tabla 1.4		Características seleccionadas de catéteres venosos centrales de inserción periférica		
Calibre	Longitud	Luces	Calibre de la luz	Flujo (l/h)*
5 Fr	50cm	Única	16G	1,75
5 Fr	70cm	Única	16G	1,30
5 Fr	50cm	Distal	18G	0,58
		Proximal	20G	0,16
5 Fr	70cm	Distal	18G	0,44
		Proximal	20G	0,12

*Todos los flujos son para suero salino isotónico impulsado por la fuerza de la gravedad desde una altura de 102cm por encima de los catéteres. Fr, calibre French; G, calibre gauge.

En Arrow International (www.arrowintl.com); acceso el 8/1/2011.

Catéteres centrales de inserción periférica

La preocupación relativa a las consecuencias adversas de la canalización venosa central (p. ej., neumotórax, punción arterial, escasa aceptación por parte del paciente) promovió la utilización de los *catéteres venosos centrales de inserción periférica* (CVCP), que se introducen a través de las venas basílica o cefálica del brazo (justo por encima de la fosa antecubital) y se avanzan hacia la vena cava superior (15). (La inserción de los CVCP se describe en el capítulo siguiente.) En la UCI, los CVCP se utilizan fundamentalmente cuando se considera que los puntos de acceso venoso central habituales constituyen un riesgo (p. ej., trombocitopenia grave) o cuando son difíciles de obtener (p. ej., obesidad mórbida o grave).

En la tabla 1-4 se muestran las características de los dispositivos de CVCP de un fabricante. Estos catéteres tienen un diámetro inferior al de los catéteres venosos centrales, ya que se introducen en venas más pequeñas. Sin embargo, la distinción principal entre los CVCP y los catéteres venosos centrales es la longitud; es decir, la longitud de los catéteres de la tabla 1-4 (50 cm y 70 cm) es, al menos, el doble que la longitud de los catéteres de tres vías de la tabla 1-3.

El equilibrio para esta longitud añadida es una disminución de la capacidad de flujo, que se evidencia al comparar los ritmos de flujo en las tablas 1-4 y 1-3. El flujo es particularmente perezoso en los CVCP de doble luz debido al menor diámetro de los canales de infusión. La limitación del flujo de los CVCP (en especial en los catéteres de doble luz) hace que no sean lo suficientemente idóneos para una terapia de reposición de volumen intensiva.

CATÉTERES ESPECIALIZADOS

Los catéteres descritos en esta sección están diseñados para realizar tareas concretas, y por lo demás no se utilizan para el tratamiento del paciente. Entre estos dispositivos especializados están los catéteres de hemodiálisis, las vainas introductoras y los catéteres de arteria pulmonar.

Catéteres de hemodiálisis

Uno de los beneficios reconocidos de las unidades de cuidados intensivos es la capacidad para prestar una hemodiálisis urgente a pacientes con insuficiencia renal aguda, y esto es posible mediante un catéter de diseño especial como el que se muestra en la figura 1-6. En la tabla 1-5 se muestran las características de estos catéteres.

Tabla 1.5		Características seleccionadas para los catéteres de hemodiálisis		
Calibre	Longitud	Luces	Calibre de la luz	Flujo (l/h)*
12 Fr	16 cm	Proximal	12G	23,7
		Distal	12G	17,4
12 Fr	20 cm	Proximal	16G	19,8
		Distal	12G	15,5

*Todos los flujos son para suero salino isotónico impulsado por la fuerza de la gravedad desde una altura de 102 cm por encima de los catéteres. Fr, calibre French; G, calibre gauge.

En Arrow International (www.arrowintl.com); acceso el 8/1/2011.

Los catéteres de hemodiálisis son catéteres sumamente útiles en las unidades de cuidados intensivos, con diámetros de hasta 16 French (5,3 mm), equipados con canales dobles de infusión de calibre 12G que pueden acomodar con facilidad los grandes flujos de volumen (200-300 ml/min) necesarios para una hemodiálisis eficaz. Un canal transporta la sangre desde el paciente hasta las membranas de diálisis, mientras el otro devuelve la sangre al paciente.

Los catéteres de hemodiálisis suelen colocarse en la vena yugular interna, y permanecen colocados hasta que se dispone de otro punto de acceso alternativo para la diálisis. La canalización de la vena subclavia está prohibida por la tendencia de esta vena a la estenosis (16), que dificulta el flujo de salida venoso desde el brazo homolateral, impidiendo por lo tanto la utilización de este brazo para el acceso a una hemodiálisis crónica con una fístula arteriovenosa.

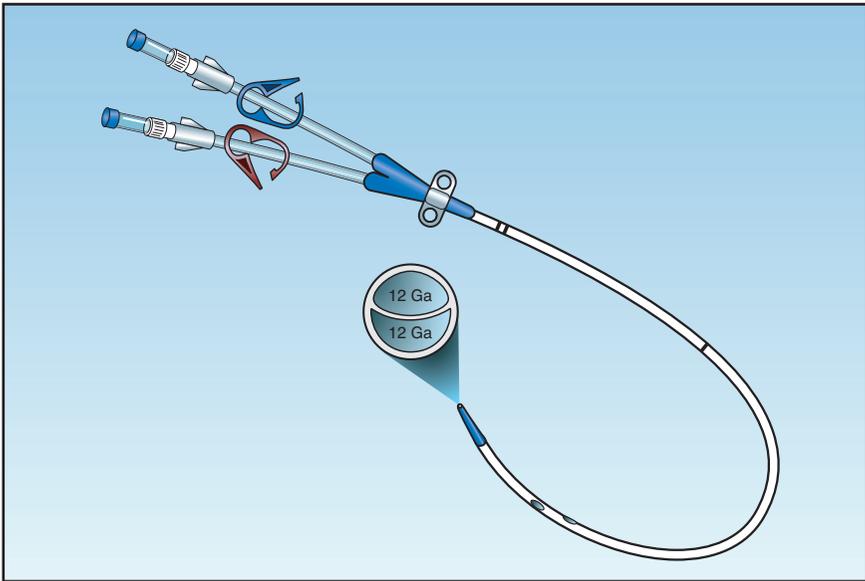


FIGURA 1-6. Catéter de doble luz y calibre amplio para hemodiálisis a corto plazo.

Vainas introductoras

Las vainas introductoras son catéteres de calibre grueso (8-9 French) que sirven de conductos para la inserción y extracción de dispositivos vasculares temporales. En la UCI, se utilizan sobre todo para facilitar la colocación de los catéteres de arteria pulmonar (AP) (v. en la fig. 8-1 una ilustración de una vaina introductora y el catéter de AP acompañante). En primer lugar, se coloca la vaina introductora en una vena central de gran calibre, y a continuación, se enhebra el catéter de AP a través de ella, avanzándolo hacia la arteria pulmonar. La colocación de los catéteres de AP suele obligar a realizar repetidos intentos de avance y retroceso del catéter para lograr la posición correcta en la arteria pulmonar, y la vaina introductora facilita dichos movimientos. Cuando el catéter de AP ya no es necesario, la vaina introductora permite su extracción y la sustitución por un catéter venoso central, si se necesita, sin tener que realizar una nueva punción venosa.

Infusión rápida

Las vainas introductoras también pueden servir como dispositivos de infusión independientes gracias a la presencia de un portal de infusión lateral en el eje del catéter. El gran diámetro de estas vainas las ha convertido en dispositivos habituales para la infusión rápida en el tratamiento de la hemorragia aguda. Cuando se utilizan con sistemas de infusión presurizados, se han alcanzado flujos de hasta 850 ml/min (17). La utilización de las vainas introductoras para una infusión rápida de volumen se aborda de nuevo en el capítulo 11.

Catéteres de arteria pulmonar

Los catéteres de arteria pulmonar con globo de flotación son dispositivos sumamente especializados capaces de proporcionar hasta 16 determinaciones

de la función cardiovascular y la oxigenación sistémica. Estos catéteres tienen su propio capítulo (capítulo 8), al que se remite al lector para una información más detallada.

COMENTARIO FINAL

El rendimiento de los catéteres vasculares como dispositivos para infusión radica en la ecuación de Hagen–Poiseuille, que describe la influencia de las dimensiones del catéter sobre el flujo. Las afirmaciones siguientes derivadas de esta ecuación forman parte de la «base de conocimientos esenciales» sobre los catéteres vasculares.

1. El ritmo del flujo está directamente relacionado con el radio interno del catéter (ambos varían en la misma dirección) y guarda una relación inversa con la longitud del catéter (varían en direcciones opuestas).
2. El radio interno de un catéter (tamaño de la luz) tiene una influencia mucho mayor sobre el ritmo de flujo que la longitud del catéter.
3. Para una infusión rápida, es esencial contar con un catéter de gran calibre, siendo óptimo un catéter de calibre amplio y de longitud corta.

En lo que respecta al rendimiento de cada catéter, cada UCI cuenta con sus propias reservas de catéteres vasculares, y uno debe familiarizarse con los tamaños y las capacidades de flujo de los catéteres disponibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mueller RL, Sanborn TA. The history of interventional cardiology: Cardiac catheterization, angioplasty, and related interventions. *Am Heart J* 1995; 129:146–172.

Fundamentos de los catéteres

2. International Standard ISO 10555–5. Sterile, single-use intravascular catheters. Part 5: Over-needle peripheral catheters. 1996:1–3.
3. Iserson KV. J.-F.-B. Charriere: The man behind the «French» gauge. *J Emerg Med* 1987; 5:545–548.
4. Chien S, Usami S, Skalak R. Blood flow in small tubes. In Renkin EM, Michel CC (eds). *Handbook of Physiology. Section 2: The cardiovascular system. Volume IV. The microcirculation.* Bethesda: American Physiological Society, 1984:217–249.
5. de la Roche MRP, Gauthier L. Rapid transfusion of packed red blood cells: effects of dilution, pressure, and catheter size. *Ann Emerg Med* 1993; 22:1551–1555.
6. Mateer JR, Thompson BM, Aprahamian C, et. al. Rapid fluid infusion with central venous catheters. *Ann Emerg Med* 1983; 12:149–152.

Diseños habituales de los catéteres

7. Emergency Medicine Updates (<http://emupdates.com>); acceso 8/1/2011.
8. Dula DJ, Muller A, Donovan JW. Flow rate variance of commonly used IV infusion techniques. *J Trauma* 1981; 21:480–481.

9. McGee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *New Engl J Med* 2003; 348:1123–1133.
10. Evans RS, Sharp JH, Linford LH, et al. Risk of symptomatic DVT associated with peripherally inserted central catheters. *Chest* 2010; 138:803–810.
11. Casey AL, Mermel LA, Nightingale P, Elliott TSJ. Antimicrobial central venous catheters in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 2008; 8:763–776.
12. Ramos ER, Reitzel R, Jiang Y, et al. Clinical effectiveness and risk of emerging resistance associated with prolonged use of antibiotic-impregnated catheters. *Crit Care Med* 2011; 39:245–251.
13. Darouche RO, Raad II, Heard SO, et al. A comparison of antimicrobial-impregnated central venous catheters. *New Engl J Med* 1999; 340:1–8.
14. O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, et al, and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infection. *Clin Infect Dis* 2011; 52:e1–e32. (Disponible en www.cdc.gov/hipac/pdf/guidelines/bsi-guidelines-2011.pdf; acceso 4/15/2011)
15. Ng P, Ault M, Ellrodt AG, Maldonado L. Peripherally inserted central catheters in general medicine. *Mayo Clin Proc* 1997; 72:225–233.

Catéteres especializados

16. Hernandez D, Diaz F, Rufino M, et al. Subclavian vascular access stenosis in dialysis patients: Natural history and risk factors. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9:1507–1510.
17. Barcelona SL, Vilich F, Cote CJ. A comparison of flow rates and warming capabilities of the Level 1 and Rapid Infusion System with various-size intravenous catheters. *Anesth Analg* 2003; 97:358–363.

ACCESO VENOSO CENTRAL

Los buenos médicos dejan buenas huellas.

J. Willis Hurst, M.D.

El acceso vascular en los pacientes en estado grave suele conllevar la inserción de catéteres flexibles y largos (como los descritos en el capítulo anterior) en venas de gran calibre del tórax o el abdomen; este tipo de *acceso venoso central* constituye el eje de este capítulo, cuyo propósito no es enseñar la técnica de la canalización venosa central (que debe aprenderse a la cabecera del paciente), sino describir el proceso del establecimiento de un acceso venoso central y las consecuencias adversas que pueden surgir.

PRINCIPIOS Y PREPARATIVOS

Venas pequeñas y venas grandes

Los catéteres colocados en venas periféricas pequeñas tienen una expectativa de vida limitada, ya que favorecen la inflamación y la trombosis localizadas. La inflamación se ve favorecida por la lesión mecánica a la que se somete al vaso sanguíneo y por la lesión química generada por las infusiones de fármacos con potencial cáustico. La trombosis está fomentada por la inflamación y se propaga por el flujo lento de las venas pequeñas canalizadas. (La viscosidad de la sangre varía en relación inversa con el ritmo del flujo sanguíneo, de modo que el flujo escaso en las venas pequeñas canalizadas se asocia a un aumento de la viscosidad de la sangre, y esto aumenta la tendencia a la formación de trombos.)

Las ventajas que ofrecen las venas grandes son el mayor diámetro y los flujos más altos. Este diámetro mayor permite insertar catéteres de mayor calibre y de varias luces, lo que aumenta la eficiencia del acceso vascular (más infusiones en una sola punción venosa). Los flujos más elevados reducen los efectos nocivos de los líquidos infundidos y, por lo tanto, disminuyen la propensión a la trombosis local. En la tabla 2-1 se muestran los diámetros y los flujos de algunas venas grandes y pequeñas representativas. Obsérvese que el incre-

mento del flujo es bastante mayor que el aumento del diámetro del vaso; por ejemplo, el diámetro de la vena subclavia es unas tres veces mayor que el diámetro de las venas metacarpianas, pero los flujos en la primera pueden llegar a ser hasta 100 veces mayores que en las segundas. Esta relación entre el flujo y el diámetro del vaso es una expresión de la ecuación de Hagen-Poiseuille descrita en el capítulo 1 (v. la ecuación 1.2).

Tabla 2.1 Tamaño y flujos comparativos para venas grandes y pequeñas

	Vena	Diámetro	Flujo*
Hemicuerpo superior	Vena cava superior	18-22 mm	1 800-2 000 ml/min
	Vena yugular interna	10-22 mm	500-1 400 ml/min
	Vena subclavia	7-12 mm	350-800 ml/min
	Venas metacarpianas	2-5 mm	8-10 ml/min
Hemicuerpo inferior	Vena cava inferior	27-36 mm	1 200-2 000 ml/min
	Vena femoral	8-16 mm	700-1 100 ml/min

*Flujos en adultos sanos.

Indicaciones

Las principales indicaciones para el acceso venoso central pueden resumirse en las siguientes:

1. Cuando resulta difícil lograr un acceso venoso periférico (p. ej., en pacientes obesos o en consumidores de drogas por vía parenteral) o cuando es difícil mantenerlo (p. ej., en pacientes agitados).
2. Para la administración de fármacos vasoconstrictores (p. ej., dopamina, norepinefrina), soluciones hipertónicas (p. ej., fórmulas de nutrición parenteral) o de varios medicamentos parenterales (aprovechando los catéteres de varias luces descritos en el Capítulo 1).
3. Para el tratamiento farmacológico parenteral prolongado (más de unos días).
4. Para tareas especializadas como hemodiálisis, electroestimulación cardíaca transvenosa o monitorización hemodinámica (p. ej., catéteres de arteria pulmonar).

Contraindicaciones

No existen contraindicaciones absolutas para la canalización venosa central (1), ni siquiera la presencia o la gravedad de un trastorno de la coagulación (2,3). Sin embargo, la canalización en lugares concretos conlleva una serie de riesgos asociados que se describen más adelante en este mismo capítulo.

Medidas de control de la infección

El control de la infección es una parte esencial de la canalización vascular, y en la tabla 2-2 se enumeran algunas medidas preventivas recomendadas para la canalización venosa central (4,5). Cuando se aplican juntas (en un «lote»), estas cinco medidas disminuyen de manera eficaz la incidencia de infecciones

del torrente sanguíneo asociadas a los catéteres (6,7). A continuación se describen brevemente estas medidas preventivas.

Tabla 2.2 Lote venoso central	
Componentes	Recomendaciones
Higiene de las manos	Frotarse las manos con una solución de base alcohólica o lavarse las manos con agua y jabón antes y después de la inserción o la manipulación de los catéteres
Precauciones de barrera	Utilizar las precauciones de barrera máximas, como gorro, mascarilla, guantes estériles, bata estéril y paños estériles en todo el cuerpo, para insertar el catéter o para intercambiar la guía metálica
Antisepsia de la piel	Aplicar una solución de clorhexidina en el lugar de inserción del catéter y dejar que se seque durante 2 minutos
Lugar de la canalización	Siempre que sea posible, evitar la canalización de la vena femoral y canalizar la vena subclavia en lugar de la vena yugular interna
Retirada del catéter	Retirar lo antes posible el catéter cuando ya no sea necesario

Del Institute for Healthcare Improvement (5). Se ha demostrado que el cumplimiento de todas las recomendaciones de este lote disminuye la incidencia de infecciones del torrente sanguíneo asociadas a los catéteres (6,7).

Antisepsia cutánea

Se considera que la higiene adecuada de las manos es uno de los métodos más importantes, y a menudo de los más olvidados, para el control de la infección. Es preferible frotarse las manos con una solución de base alcohólica, si se dispone de ella (4,8); cuando no se dispone de esta solución, el lavado de manos con jabón (simple o antimicrobiano) y agua es aceptable (4). La higiene de las manos debe llevarse a cabo antes y después de palpar los lugares de inserción del catéter, y antes y después de usar guantes (4).

La piel que rodea el lugar de inserción del catéter debe descontaminarse inmediatamente antes de la canalización, siendo la clorhexidina el antiséptico de elección (4-7). Esta preferencia se basa en estudios clínicos que demuestran la superioridad de la clorhexidina frente a otros antisépticos para limitar el riesgo de infecciones asociadas a los catéteres (9). La mayor eficacia de la clorhexidina parece atribuirse a la actividad antimicrobiana prolongada (residual) sobre la piel, que perdura al menos hasta 6 h después de una aplicación única (10). La actividad antimicrobiana se maximiza si se deja que la clorhexidina se seque al aire sobre la piel durante al menos 2 minutos (4).

Barreras

Todos los procedimientos de canalización vascular, salvo los que se realizan en venas periféricas pequeñas, deben realizarse usando todas las precauciones

de barrera estériles, entre las que se encuentra el uso de gorros, mascarillas, guantes estériles, batas estériles y paños estériles de la cabeza a los pies (4). La única precaución de barrera aconsejada para la canalización de venas periféricas es el uso de guantes, aceptándose los guantes no estériles siempre que las manos enguantadas no toquen el catéter (4).

Selección del lugar de inserción

Según las directrices vigentes para la prevención de infecciones asociadas a los catéteres (4), debe evitarse la canalización de la vena femoral, y se prefiere la vena subclavia frente a la vena yugular interna. Estas recomendaciones se basan en el riesgo percibido de infecciones asociadas a los catéteres en cada localización (el mayor riesgo está en la vena femoral, y el menor, en la vena subclavia). Sin embargo, algunas otras consideraciones pueden influir en la localización preferida para la inserción del catéter; por ejemplo, la vena subclavia es la menos deseable para la introducción de catéteres de hemodiálisis (por motivos que se explican más adelante). Por lo tanto, el término «cuando es posible» se añade a la recomendación para elegir el lugar de inserción del catéter en el paquete vascular central. Más adelante, en este mismo capítulo, se comentan las consideraciones especiales para cada lugar de acceso venoso central.

AYUDAS PARA LA CANALIZACIÓN

Guía ecográfica

Desde su introducción a principios de la década de 1990, la utilización de las imágenes de ecografía en tiempo real para localizar y canalizar los vasos sanguíneos ha contribuido de forma considerable al índice de éxitos y a la seguridad de la canalización vascular (11,12). A continuación, se describe brevemente la canalización vascular con guía ecográfica.

Fundamentos de los ultrasonidos

La imagen ecográfica se consigue gracias a transductores especializados (adaptadores de escalas de grises) que convierten la amplitud de las ondas ultrasónicas reflejadas (ecos) en colores que representan sombras de grises en un fondo continuo en blanco y negro. Los ecos de mayor amplitud producen imágenes más brillantes o más blancas, mientras que los ecos de menor amplitud generan imágenes más oscuras o más negras. Esta metodología se conoce como ecografía en modo B (modo brillo) y genera imágenes bidimensionales en una escala de grises. La frecuencia de las ondas ultrasónicas está directamente relacionada con la resolución de la imagen ecográfica, y mantiene una relación inversa con la profundidad de penetración tisular; es decir, las ondas con frecuencias más altas generan imágenes de mayor resolución, pero el área visualizada es menor.

Las ondas de ultrasonidos pasan fácilmente a través de los líquidos, de modo que las estructuras llenas de líquido, como los vasos sanguíneos, muestran un interior negro o gris oscuro en la imagen ecográfica.

Ecografía vascular

La ecografía vascular utiliza sondas que emiten ondas de alta frecuencia para generar imágenes de alta resolución, pero la visualización está limitada sólo

a unos pocos centímetros desde la piel. Las imágenes ecográficas se usan en tiempo real para localizar el vaso «diana» y sirven de guía a la aguja de detección hacia su interior. Este proceso está influido por la orientación del haz de ultrasonidos, como se muestra en la figura 2-1.

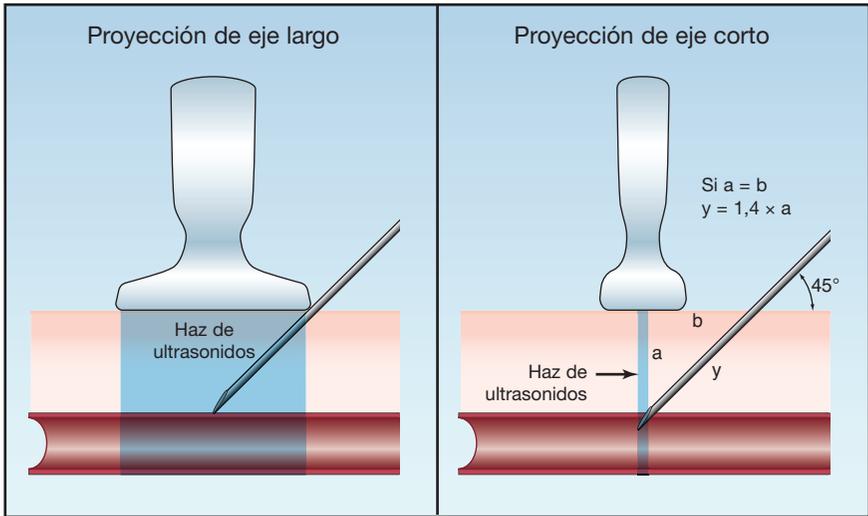


FIGURA 2-1. Orientación del haz de ultrasonidos en la proyección de eje largo y de eje corto. Véase en el texto una explicación más detallada.

PROYECCIÓN EN EL EJE LARGO. El panel de la izquierda de la figura 2-1 muestra el haz de ultrasonidos alineado con el eje largo del vaso sanguíneo. En esta orientación, la aguja de detección y el vaso sanguíneo están en el plano del haz de ultrasonidos, y ambos aparecerán en una proyección longitudinal (eje largo) en la imagen ecográfica. Esto se demuestra en la figura 2-2, que muestra una proyección en el eje largo de la vena yugular interna, visualizándose la aguja de detección avanzando hacia la vena (12). La capacidad para visualizar el trayecto de la aguja de detección en esta proyección facilita la guía de la aguja hacia la luz del vaso diana.

PROYECCIÓN EN EL EJE CORTO. El panel de la derecha de la figura 2-1 muestra el haz de ultrasonidos que discurre perpendicular al eje largo del vaso sanguíneo. Esta orientación crea una proyección transversal (eje corto) del vaso, como las imágenes de la figura 2-3. Obsérvese que la aguja de detección no cruza al haz de ultrasonidos hasta que alcanza al vaso, de modo que es imposible visualizar el trayecto de la aguja en esta proyección. Obsérvese también que, cuando la aguja alcance al haz de ultrasonidos, sólo se verá como un punto pequeño, de gran intensidad (que puede no visualizarse con facilidad) en la imagen ecográfica.

A pesar de la limitación para visualizar la aguja de detección, la proyección en el eje corto cuenta con muchas ventajas (sobre todo para los principiantes), ya que resulta más sencillo localizar los vasos sanguíneos cuando el haz de ultrasonidos está perpendicular al eje largo del vaso. Las medidas siguientes

pueden ayudar a guiar la aguja de detección cuando se usa la proyección en el eje corto en la ecografía.

1. Avanzar la aguja con movimientos cortos y punzantes, para desplazar el tejido a lo largo del trayecto de la aguja. Este desplazamiento suele evidenciarse en la imagen ecográfica y puede proporcionar pruebas indirectas de la trayectoria adoptada por la aguja.
2. Determinar la distancia que debe avanzar la aguja de detección hasta alcanzar el vaso sanguíneo. Esto puede lograrse visualizando un triángulo rectángulo parecido al que se muestra en la figura 2-1 (panel de la derecha). Un lado de este triángulo es la distancia vertical desde la sonda de ultrasonidos hasta el vaso diana (a); el otro lado del triángulo es la distancia desde la sonda de ultrasonidos hasta el punto de inserción de la aguja de detección (b), y la hipotenusa del triángulo (y) es la distancia hasta el vaso sanguíneo cuando se inserta la aguja formando un ángulo de 45° . Esta distancia (longitud de la hipotenusa) puede calcularse usando la ecuación de Pitágoras ($y^2 = a^2 + b^2$); si dos lados del triángulo tienen la misma longitud ($a = b$), la ecuación puede simplificarse a $y = 1,4 \times a$. Usando esta relación, puede determinarse la distancia que debe desplazarse la aguja hasta alcanzar el vaso (y) empleando sólo la distancia vertical hasta el vaso (a), que puede medirse fácilmente en la imagen ecográfica.

Ejemplo: si la distancia vertical desde la sonda de ultrasonidos hasta el vaso es de 5 cm ($a = 5$ cm), el punto de inserción de la aguja de detección debe estar a 5 cm de la sonda de ultrasonidos ($b = 5$ cm). Si se inserta a continuación la aguja con un ángulo de 45° , la distancia hasta el vaso sanguíneo debe ser $1,4 \times 5 = 7$ cm.

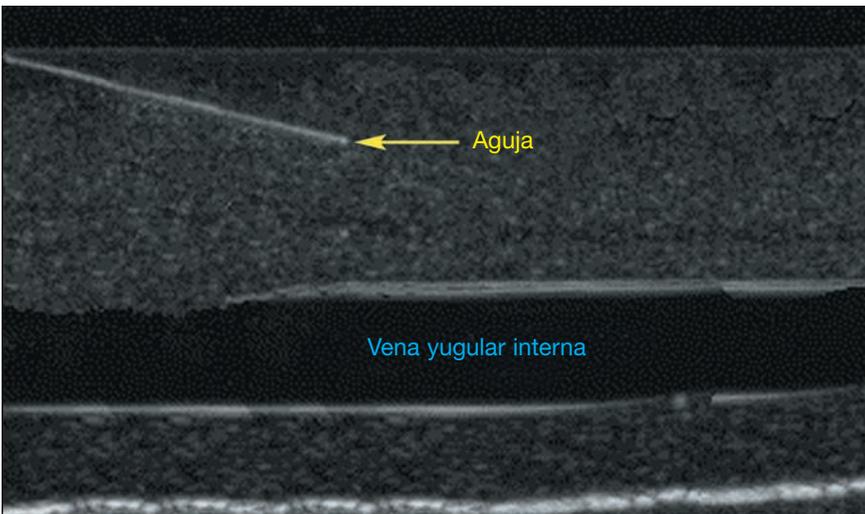


FIGURA 2-2. Imagen ecográfica en la que se aprecia una proyección en el eje largo de la vena yugular interna, visualizándose el avance de una aguja de detección hacia la vena. En la referencia 12. (Imagen realzada digitalmente.)

Inclinación del cuerpo

La inclinación del cuerpo de forma que la cabeza quede por debajo del plano horizontal (posición de Trendelenburg) distenderá las venas de gran calibre que entran en el tórax desde arriba para facilitar la canalización de la vena subclavia y la yugular interna. En las personas sanas, una inclinación del cuerpo con la cabeza hacia abajo de 15° por debajo de la horizontal se asocia a un aumento del diámetro del 20% al 25% en la vena yugular interna (14), y del 8% al 10% en la vena subclavia (15). Incrementos adicionales en el grado de inclinación del cuerpo más allá de los 15° tendrán un efecto añadido nulo o escaso (14). Así pues, el beneficio total de la posición en Trendelenburg se consigue con grados pequeños de inclinación corporal, lo que supone una ventaja porque limita los efectos adversos de esta posición (p. ej., aumento de la presión intracraneal y mayor riesgo de aspiración). La adopción de la posición de Trendelenburg no es necesaria en los pacientes con congestión venosa (p. ej., por insuficiencia cardíaca izquierda o derecha), y no se aconseja en los pacientes con hipertensión intracraneal.

RUTAS PARA EL ACCESO VENOSO CENTRAL

A continuación, se describe brevemente la canalización venosa central en cuatro puntos de acceso diferentes: la vena yugular interna, la vena subclavia, la vena femoral y las venas que surgen desde la fosa antecubital. Este apartado se centra en la localización y penetración del vaso diana; una vez logrado este objetivo, la canalización continúa usando la técnica de Seldinger, ya descrita en el capítulo 1 (v. fig. 1-5).

Vena yugular interna

Anatomía

La vena yugular interna se localiza bajo el músculo esternocleidomastoideo a ambos lados del cuello, y desciende oblicuamente siguiendo una línea desde el pabellón auricular hasta la articulación esternoclavicular. En la región inferior del cuello, la vena suele localizarse por delante y lateral con respecto a la arteria carótida, pero las relaciones anatómicas pueden variar (16). En la base del cuello, la vena yugular interna se une a la vena subclavia para formar la vena innominada (tronco braquiocefálico), y la convergencia de las venas innominadas derecha e izquierda forma la vena cava superior. En las personas sanas, el diámetro de la vena yugular interna en decúbito supino es muy variable (desde 10 mm hasta 22 mm) (14).

Para canalizar esta vena, se prefiere emplear el lado derecho del cuello, ya que los vasos discurren siguiendo una trayectoria recta hasta la aurícula derecha. El lado derecho es particularmente idóneo para la colocación de cables de electroestimulación cardíaca temporales, catéteres de hemodiálisis y catéteres de arteria pulmonar.

Posición

Como ya se ha descrito, una inclinación del cuerpo de 15° en posición de Trendelenburg distenderá la vena yugular interna y facilitará la canalización. La cabeza debe girarse ligeramente en dirección opuesta para enderezar el

trayecto de la vena, pero un giro de la cabeza mayor de 30° desde la línea media es contraproducente, ya que estira la vena y disminuye su diámetro (16).

Guía ecográfica

La vena yugular interna puede detectarse fácilmente mediante ecografía, ya que discurre cerca de la superficie cutánea y no hay estructuras interpuestas que interfieran en la transmisión de las ondas de ultrasonidos. En la figura 2-3 se muestra una proyección en el eje corto de la vena yugular interna y de la arteria carótida en el lado derecho del cuello. (Esta imagen se obtuvo colocando la sonda de ultrasonidos a través del triángulo creado por los dos vientres del músculo esternocleidomastoideo, que se muestran en la figura 2-4.) La imagen de la izquierda muestra una vena yugular grande situada por delante y lateral con respecto a la arteria carótida de menor calibre. La imagen de la derecha muestra la vena colapsándose al aplicar una fuerza de compresión sobre la piel que la cubre; ésta es una maniobra bastante habitual para determinar si el vaso es una vena o una arteria.

Cuando se utiliza la guía ecográfica para canalizar la vena yugular interna, aumenta el índice de éxitos, disminuyen los intentos de canalización y el tiempo que se tarda en completar el procedimiento, y disminuye el riesgo de punción de la arteria carótida (16-18). Debido a todos estos beneficios, la guía ecográfica se ha recomendado como práctica estándar para canalizar la vena yugular interna (16).

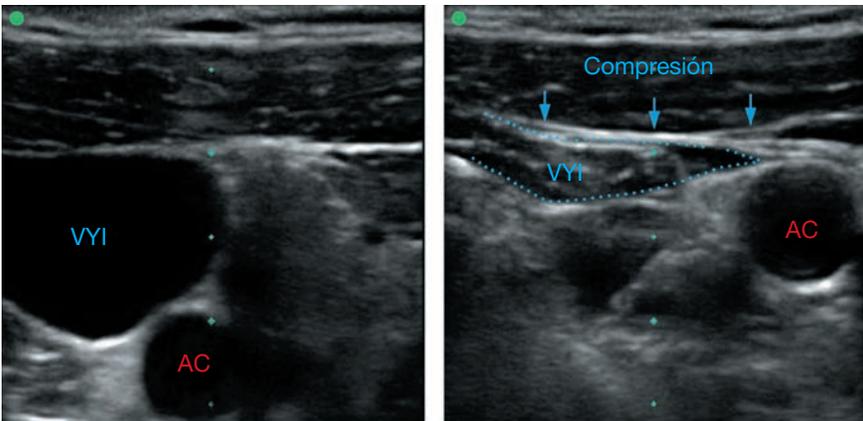


FIGURA 2-3. Imágenes ecográficas (proyección en el eje corto) de la vena yugular interna (VVI) y de la arteria carótida (AC) del autor en el lado derecho del cuello. La imagen de la derecha muestra el colapso de la vena cuando se aplica presión sobre la piel que recubre a los vasos. Los puntos verdes señalan el lado lateral de cada imagen. (Imágenes por cortesía de Cynthia Sullivan, R.N. y Shawn Newvine, R.N.).

Método con referencias anatómicas

Cuando no se dispone de imagen ecográfica, la canalización de la vena yugular interna se realiza con la ayuda de referencias anatómicas superficiales. Como se describe a continuación, existen dos vías de abordaje para llegar a esta vena usando referencias superficiales.

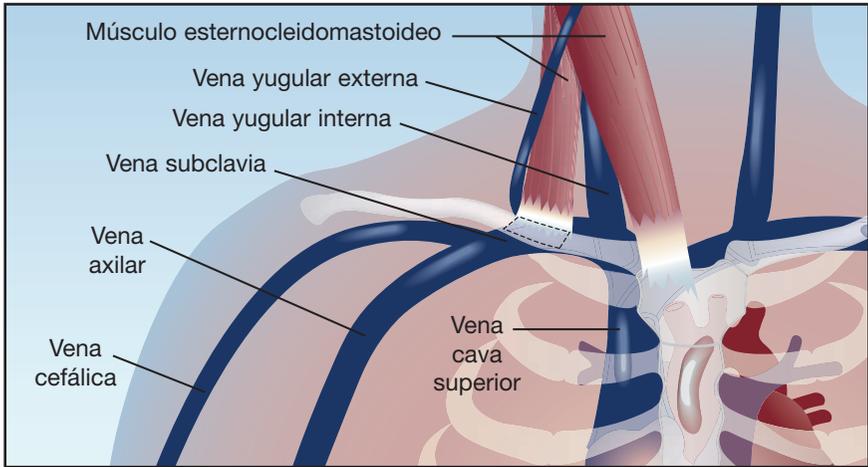


FIGURA 2-4. Relaciones anatómicas de la vena yugular interna y la vena subclavia.

ABORDAJE ANTERIOR. Para el abordaje anterior, se identifica en primer lugar el área triangular en la base del cuello creada por la separación de las dos cabezas del músculo esternocleidomastoideo (v. fig. 2-4). La vena yugular interna y la arteria carótida discurren a través de este triángulo. Se localiza en primer lugar el pulso carotídeo en el triángulo y, una vez localizada la arteria mediante palpación, se retrae suavemente hacia la línea media, alejándola de la vena yugular interna. A continuación, se introduce la aguja de detección en la punta del triángulo (con el bisel hacia arriba), avanzándola hacia el pezón homolateral formando un ángulo de 45° con respecto a la piel. Si no se accede a la vena profundizando 5 cm, debe retirarse la aguja y avanzar de nuevo en una dirección más lateral.

ABORDAJE POSTERIOR. Para el abordaje posterior, el punto de inserción de la aguja de detección se sitúa 1 cm por encima del punto donde la vena yugular externa cruza sobre el borde externo del músculo esternocleidomastoideo (v. fig. 2-4). Se inserta la aguja de detección en este punto (con el bisel en la posición de las 3 en punto), y a continuación se avanza a lo largo y por debajo del vientre del músculo, en dirección hacia la escotadura supraesternal. La vena yugular interna debe encontrarse a unos 5-6 cm del punto de inserción.

Complicaciones

La punción accidental de la arteria carótida es la complicación más temida de la canalización de la vena yugular interna, y su prevalencia es del 0,5% al 11%, cuando se usan referencias anatómicas (17,19,20), y del 1%, cuando se emplea la guía ecográfica (17). Si se punciona la arteria con la aguja de detección de calibre fino, suele bastar con retirarla y comprimir el punto durante al menos 5 min (en los pacientes con coagulopatías se duplicará el tiempo de compresión). La introducción de un catéter en la arteria carótida es un problema mayor, ya que la extracción del catéter puede tener consecuencias mortales (20,21). Si se ha introducido un catéter en la arteria carótida, deberá dejarse en su sitio y consultar rápidamente con un cirujano vascular (21).

OTRAS. La punción accidental del espacio pleural (con el consiguiente hemotórax, neumotórax o ambos) es poco probable cuando se canaliza la vena yugular interna, ya que ésta se localiza en el cuello. Sin embargo, se ha documentado esta complicación en el 1,3% de las canalizaciones de esta vena cuando se usan referencias anatómicas (19). La complicación principal de los catéteres permanentes en la vena yugular interna es la sepsis, cuya incidencia oscila desde 0 hasta 2,3 casos por cada 1 000 días con catéter (22,23). Se considera que los catéteres en la vena yugular interna generan más riesgo de infección que los catéteres en la vena subclavia (4,5), aunque este dato no está respaldado por estudios clínicos (22).

Comentario

La vena yugular interna debe ser la vena de elección para el acceso venoso central cuando se disponga de imágenes ecográficas (16), y se prefiere la yugular interna derecha para la introducción de cables de electroestimulación cardíaca transvenosos, catéteres de arteria pulmonar y catéteres de hemodiálisis. Los pacientes despiertos suelen referir molestias y limitación en la movilidad del cuello con los catéteres permanentes en esta vena, por lo que deben considerarse otras ubicaciones para el acceso venoso central en los pacientes que estén conscientes. (Los catéteres centrales insertados periféricamente, que se describen más adelante, pueden ser una alternativa mejor para el acceso venoso central en los pacientes conscientes.)

Vena subclavia

Anatomía

La vena subclavia es una continuación de la vena axilar al pasar ésta sobre la primera costilla (v. fig. 2-4). La mayor parte de su trayecto discurre por la superficie inferior de la clavícula (emparedada entre la clavícula y la primera costilla), y en algunos puntos está sólo unos 5 mm por encima de la pleura pulmonar apical. La cara inferior de la vena descansa en el músculo escaleno anterior junto con el nervio frénico, que entra en contacto con la vena a lo largo de su cara posteroinferior. La arteria subclavia y el plexo braquial se sitúan en la profundidad inmediata de la vena, en la cara inferior del músculo escaleno anterior. En la entrada torácica, la vena subclavia se junta con la vena yugular interna para formar la vena innominada (tronco braquiocefálico). La vena subclavia tiene entre 3 cm y 4 cm de longitud, y un diámetro que oscila entre 7 mm y 12 mm en decúbito supino (24). El diámetro de la vena subclavia no varía con la respiración (a diferencia de la vena yugular interna), lo que se atribuye a las fuertes inserciones aponeuróticas que fijan la vena a las estructuras circundantes y que la mantienen abierta (24). Esto constituye también el fundamento de la afirmación de que la hipovolemia no colapsa la vena subclavia (25), afirmación que no se ha demostrado.

Posición

La posición de Trendelenburg distiende la vena subclavia (24) y puede facilitar la canalización. Sin embargo, otras maniobras empleadas para facilitar la canalización, como el arqueamiento de los hombros o la colocación de una toalla enrollada bajo el hombro, en realidad producen una disminución paradójica del área transversal de la vena (24,26).

Guía ecográfica

La ecografía puede mejorar la tasa de éxito y disminuir las consecuencias adversas de la canalización de la vena subclavia (25). Sin embargo, la vena no se visualiza fácilmente porque la clavícula situada por encima bloquea la transmisión de las ondas de ultrasonidos. Debido a esta dificultad técnica, la guía ecográfica no cuenta hoy en día con demasiada aceptación para la canalización de esta vena.

Método con referencias anatómicas

La vena subclavia puede localizarse identificando la parte del músculo esternocleidomastoideo que se inserta en la clavícula (v. fig. 2-4). La vena se encuentra inmediatamente por debajo de la clavícula en este punto, y puede accederse a ella desde arriba o desde debajo de la clavícula. Esta parte de la clavícula puede señalarse con un rectángulo pequeño, como el que se muestra en la figura 2-4, para guiar la inserción de la aguja de detección.

ABORDAJE INFRACLAVICULAR. El acceso a la vena subclavia suele realizarse desde debajo de la clavícula. La aguja de detección se introduce en el borde lateral del rectángulo marcado en la clavícula, y se avanza (con el bisel en la posición de las 12 en punto) a lo largo de la cara inferior de ésta en una dirección que divide el rectángulo en dos triángulos. La aguja debe entrar en la vena subclavia a unos pocos centímetros desde la superficie. Es importante mantener la aguja por la cara inferior de la clavícula para no puncionar la arteria subclavia, que se encuentra en la profundidad de la vena subclavia. Una vez que la aguja penetra en la vena, debe rotarse el bisel hacia la posición de las 3 en punto para que la guía metálica avance en la dirección de la vena cava superior.

ABORDAJE SUPRACLAVICULAR. Se identificará el ángulo formado por el margen lateral del músculo esternocleidomastoideo y la clavícula. La aguja de detección se inserta de forma que divida en dos este ángulo. Se mantendrá el bisel de la aguja en la posición de las 12 en punto y se avanzará ésta a lo largo de la cara inferior de la clavícula en dirección al pezón opuesto. Debe penetrarse en la vena a una distancia de 1-2 cm desde la superficie cutánea (la vena subclavia está más superficial en el abordaje supraclavicular). Una vez que se ha penetrado en la vena, se gira el bisel de la aguja hacia la posición de las 9 en punto para que la guía metálica avance en la dirección de la vena cava superior.

Complicaciones

Entre las complicaciones inmediatas de la canalización de la vena subclavia se encuentran la punción de la arteria subclavia ($\leq 5\%$), el neumotórax ($\leq 5\%$), las lesiones del plexo braquial ($\leq 3\%$) y las lesiones del nervio frénico ($\leq 1,5\%$) (19,25). Todas estas complicaciones son menos frecuentes cuando se utiliza la guía ecográfica (25).

Entre las complicaciones asociadas a los catéteres permanentes se encuentran la sepsis y la estenosis de la vena subclavia. La incidencia de sepsis en un estudio fue inferior a un caso por cada 1 000 días con catéter (22). La estenosis de la vena subclavia aparece días o meses después de la retirada del catéter, con una incidencia que oscila entre el 15% y el 50% (27). El riesgo de estenosis es el motivo principal para evitar la canalización de la vena subclavia en los pa-

cientes que podrían precisar una vía de acceso para hemodiálisis (p. ej., fístula arteriovenosa) en el brazo homolateral (27).

Comentario

La ventaja principal de la canalización de la vena subclavia es la comodidad del paciente una vez colocado el catéter. La afirmación de que las infecciones son menos frecuentes con los catéteres de vena subclavia (4,5) no está respaldada por algunos estudios clínicos (22).

Vena femoral

Anatomía

La vena femoral es la continuación de la vena safena mayor en la ingle y constituye el principal conducto para el drenaje venoso de las piernas. Se localiza en el triángulo femoral junto con la arteria y el nervio femoral, como se muestra en la figura 2-5. El borde superior del triángulo femoral está formado por el ligamento inguinal, que se extiende desde la espina ilíaca anterosuperior hasta la sínfisis del pubis, inmediatamente por debajo del pliegue inguinal en la piel. A la altura del ligamento inguinal (pliegue), la vena femoral se encuentra inmediatamente medial a la arteria femoral, y sólo a muy pocos centímetros de la piel. La vena es más fácil de localizar y de canalizar cuando se coloca la pierna en abducción.

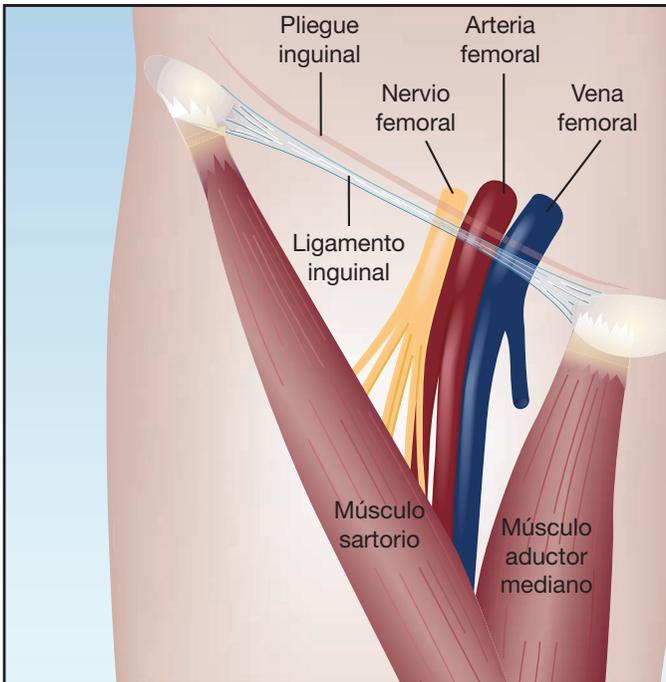


FIGURA 2-5. Anatomía del triángulo femoral.

Ecografía

Se puede visualizar ecográficamente la arteria y la vena femoral colocando la sonda de ultrasonidos sobre el pulso arterial femoral, que se localiza normalmente justo por debajo y medial con respecto al punto medio del pliegue inguinal. En la figura 2-6 se muestra una imagen transversal (eje corto) de la arteria femoral y la vena femoral en esta localización. En la imagen de la izquierda, se identifican la arteria y la vena femoral por sus posiciones lateral y medial, respectivamente. En la imagen de la derecha, se utiliza el modo Doppler color para distinguir la arteria (color rojo) de la vena femoral (color azul). (Los colores rojo y azul no identifican el flujo arterial y el venoso, sino que indican la dirección del flujo en relación con la sonda de ultrasonidos. El color rojo indica movimiento hacia la sonda, mientras que el color azul señala movimiento que se aleja de la sonda, como se muestra por la leyenda en color a la izquierda de la imagen de Doppler color.)

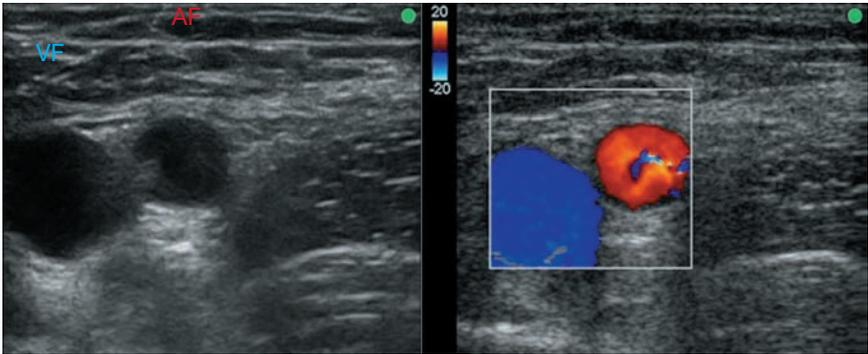


FIGURA 2-6. Imágenes ecográficas (proyección en el eje corto) de la vena femoral (VF) y la arteria femoral (AF) en la ingle izquierda. La imagen de la derecha identifica la vena femoral (color azul) y la arteria femoral (color rojo) usando el modo ecográfico Doppler color. La leyenda del color indica la asignación de color direccional para la imagen de Doppler color. Los puntos verdes señalan el lado lateral de cada imagen.

Método con referencias anatómicas

Para canalizar la vena femoral cuando no se dispone de ecografía, se empezará localizando el pulso arterial femoral (como se ha descrito en el apartado anterior) e introduciendo la aguja de detección (con el bisel hacia las 12 en punto) a una distancia de 1-2 cm medial con respecto al pulso; debe penetrarse la vena a una profundidad de 2 cm a 4 cm desde la superficie cutánea. Si no puede palparse el pulso arterial femoral, se trazará una línea imaginaria desde la cresta ilíaca anterosuperior hasta el tubérculo púbico, y se dividirá esta línea en tres partes iguales. La arteria femoral debe encontrarse inmediatamente por debajo de la unión entre los tercios medio e interno, y la vena femoral debe estar entre 1 cm y 2 cm medial con respecto a dicho punto. Este método de localización de la vena femoral consigue una canalización satisfactoria de la vena femoral en más del 90% de los casos (28).

Complicaciones

Entre los principales problemas de la canalización de la vena femoral se encuentran la punción de la arteria femoral, la trombosis de la vena femoral y la sepsis. La formación de trombos secundaria a la presencia de catéteres permanentes es más frecuente de lo que se sospechaba, aunque en la mayoría de los casos es silente. En un estudio de catéteres venosos femorales permanentes, se detectó trombosis mediante ecografía en el 10% de los pacientes, aunque sólo se observó trombosis clínicamente evidente en menos del 1% (23).

La incidencia de sepsis secundaria a catéteres venosos femorales es de 2 a 3 infecciones por cada 1000 días con catéter, lo que no difiere de la incidencia de sepsis secundaria a catéteres permanentes en las venas subclavia o yugular interna (22,23). Esto no concuerda con la afirmación de que los catéteres venosos femorales conllevan el mayor riesgo de infección de todos los catéteres venosos centrales (4), y no apoya la recomendación en el «lote de línea central» (v. tabla 2-2) para evitar la canalización de la vena femoral como medida de control de las infecciones.

Comentario

La vena femoral suele contemplarse como el lugar menos deseable para el acceso venoso central, si bien las observaciones que se acaban de mencionar indican que la publicidad negativa dirigida hacia los catéteres venosos femorales no parece justificada. La vena femoral es una localización adecuada para la colocación de catéteres temporales de hemodiálisis (23) y para el acceso venoso central durante la reanimación cardiopulmonar (porque no interrumpe los esfuerzos de la reanimación en el tórax) (29). Sin embargo, no se aconseja usar venas de las piernas para el acceso vascular durante la parada cardíaca, ya que puede demorarse la llegada de la medicación (30). Es obligatorio evitar la canalización de la vena femoral en pacientes con trombosis venosa profunda de las piernas y en pacientes con traumatismos abdominales penetrantes (por el riesgo de rotura de la vena cava) (1).

Catéteres centrales de inserción periférica

Los catéteres pueden avanzarse hacia la vena cava superior desde venas periféricas localizadas inmediatamente por encima de la fosa antecubital en el brazo. Estos *catéteres venosos centrales de inserción periférica* (CVCP) se describen en el capítulo 1 (v. tabla 1-4). Como se muestra en la figura 2-7, hay dos venas que se originan desde la fosa antecubital. La vena basilíca discurre hacia arriba por la cara interna del brazo, mientras que la vena cefálica lo hace por la cara externa. La vena basilíca es la vena de elección para la colocación de CVCP, ya que tiene un diámetro mayor que la vena cefálica y un trayecto más recto por el brazo.

Colocación de los CVCP

La introducción de los CVCP se realiza mediante guía ecográfica. Una vez localizada y canalizada la vena basilíca, los catéteres se introducen hasta una distancia determinada de antemano para que la punta quede en el tercio inferior de la vena cava superior, justo por encima de la aurícula derecha. La distancia hasta la que se debe avanzar el catéter se calcula midiendo la distancia desde la fosa antecubital hasta el hombro, luego desde el hombro hasta la articulación esternoclavicular derecha y, a continuación, hasta el tercer espacio intercostal

derecho. En un adulto de tamaño normal, la distancia desde la fosa antecubital derecha hasta la aurícula derecha oscila entre 52 cm y 54 cm, y la distancia desde la fosa antecubital izquierda hasta la aurícula derecha oscila entre 56 cm y 58 cm. Una vez avanzado el catéter hasta la distancia deseada, se realiza una radiografía de tórax portátil para ubicar la punta del catéter. Hasta en el 6%-7% de las inserciones de CVCP se observa que la punta está mal colocada (31).

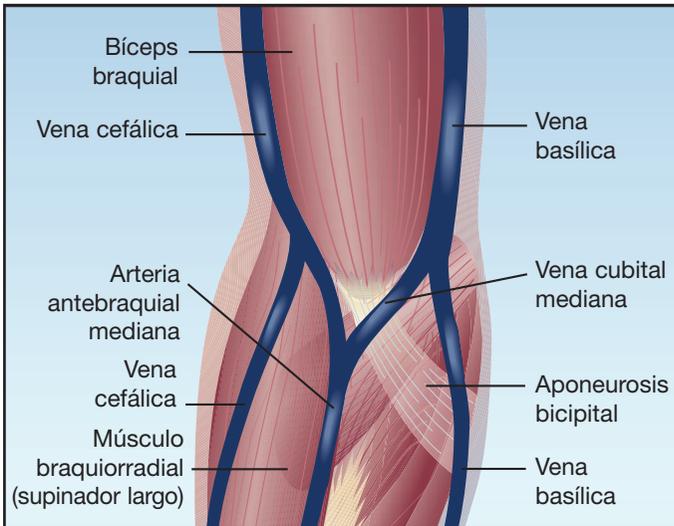


FIGURA 2-7. Anatomía de las principales venas en la región de la fosa antecubital en el brazo derecho.

Complicaciones

La complicación más frecuente de la inserción de los CVCP es la trombosis asociada al catéter, que suele afectar sobre todo a las venas axilar y subclavia (32). La trombosis oclusiva con tumefacción del brazo se ha documentado como complicación en el 2%-11% de los pacientes con CVCP permanentes (32,33); la mayor incidencia se observa en pacientes con antecedentes de trombosis venosa (32) y en pacientes oncológicos (33). La sepsis secundaria a CVCP aparece con una frecuencia de una infección por cada 1000 días con catéter (31), frecuencia similar a la de infección secundaria a los catéteres venosos centrales.

Comentario

Los CVCP representan un acceso venoso central sumamente atractivo por los motivos siguientes. En primer lugar, eliminan muchos de los riesgos asociados a la canalización de las venas subclavia y yugular interna (p. ej., punción de una arteria principal, neumotórax). En segundo lugar, su inserción es relativamente sencilla (gracias a la ecografía) y genera menos molestias que la canalización en otros puntos de acceso venoso central. En tercer lugar, los CVCP pueden dejarse colocados durante períodos prolongados (varias semanas) con sólo un riesgo mínimo de infección. Estas características convierten a los CVCP en una opción deseable para el acceso venoso central en la UCI.

COMPLICACIONES INMEDIATAS

Embolia gaseosa venosa

La entrada de aire en la circulación venosa es una complicación infrecuente, pero potencialmente mortal, de la canalización venosa central. A continuación, se describe brevemente esta temida complicación.

Fisiopatología

Los gradientes de presión que favorecen el movimiento de aire en el interior de la circulación venosa se originan por la presión intratorácica negativa generada durante la respiración espontánea, y por los gradientes gravitatorios entre el lugar de entrada del aire y la aurícula derecha (cuando el lugar de la entrada del aire está verticalmente más alto que la aurícula derecha). Un gradiente de presión de sólo 5 mmHg a través de un catéter de calibre 14G (diámetro interno = 1,8 mm) puede determinar la entrada de aire a un ritmo de 100 ml por segundo, y esto bastaría para producir una embolia gaseosa venosa mortal (35). Las consecuencias de la embolia gaseosa venosa vienen determinadas por el volumen de aire y por la velocidad de entrada.

Las consecuencias pueden ser mortales cuando el aire que entra alcanza los 200-300 ml (3-5 ml/kg) en unos segundos (35). Entre las consecuencias adversas de la embolia gaseosa venosa se encuentran la insuficiencia cardíaca derecha (por el aire encerrado en el ventrículo derecho), que puede progresar hasta shock cardiogénico, síndrome de fuga capilar con edema pulmonar e ic-tus embólico agudo por las burbujas de aire que pasan a través de un agujero oval permeable (35).

Prevención

La prevención es la medida más eficaz frente a la embolia gaseosa venosa. La ventilación mecánica con presión positiva disminuye el riesgo de entrada de aire a través de los catéteres venosos centrales al generar un gradiente de presión positivo desde las venas centrales a la atmósfera. Otras medidas preventivas son la posición de Trendelenburg (inclinación del cuerpo con la cabeza hacia abajo) durante la inserción y retirada de los catéteres de las venas yugular interna y subclavia, y la posición en decúbito supino o semitumbado para insertar o retirar los catéteres de la vena femoral. Estas medidas reducirán, aunque no eliminarán, el riesgo de embolia gaseosa venosa. En un estudio en el que se emplearon posiciones corporales adecuadas para 11 500 procedimientos de canalización venosa central (34) se observaron 15 casos de embolia gaseosa venosa (incidencia = 0,13 %).

Presentación clínica

La embolia gaseosa venosa puede ser clínicamente silente (34). En los casos sintomáticos, la manifestación más precoz es la aparición súbita de disnea, que puede acompañarse de tos alarmante. En los casos graves, progresa rápidamente hacia hipotensión, oliguria y disminución del nivel de conciencia (debido al shock cardiogénico). En los casos más avanzados, la mezcla de aire y sangre en el ventrículo derecho puede generar un soplo en rueda de molino, parecido a un tambor, inmediatamente antes de la insuficiencia cardiovascular (35).

La embolia gaseosa venosa suele ser un diagnóstico clínico, aunque existen diversas ayudas diagnósticas. La ecocardiografía transesofágica es el método de detección más sensible de la presencia de aire en las cavidades cardíacas derechas, y la ecografía Doppler precordial es el método incruento más sensible para detectar la presencia de aire en el corazón (35.) (La ecografía Doppler convierte las velocidades del flujo en sonidos, y la presencia de aire en las cavidades cardíacas produce un sonido característico de tono alto.) El inconveniente de estas modalidades diagnósticas es la limitada disponibilidad en situaciones de urgencia.

Tratamiento

El tratamiento de la embolia gaseosa venosa consiste en medidas para evitar la entrada de aire y medidas de apoyo cardiorrespiratorio generales. El primer paso será asegurarse de que no se ha roto el catéter y que no hay fugas en los sistemas venosos que pudieran ser la causa de la entrada de aire en la circulación. Si se sospecha la entrada de aire a través de un catéter permanente, se puede acoplar una jeringa al extremo del catéter e intentar aspirar el aire del torrente sanguíneo. Una recomendación tradicional encaminada a aliviar la presencia de aire encerrado que está bloqueando el infundíbulo de salida del ventrículo derecho consiste en colocar al paciente en decúbito lateral izquierdo, pero el valor de esta maniobra es dudoso (35). Las compresiones torácicas pueden ayudar a forzar la salida del aire del infundíbulo de salida pulmonar y hacia la circulación pulmonar, pero no se han demostrado los beneficios clínicos de esta maniobra (35). La respiración de oxígeno puro tiene el objetivo de disminuir el volumen de aire en el torrente sanguíneo al promover el desplazamiento del nitrógeno fuera de las burbujas de aire en la sangre. Sin embargo, tampoco se ha demostrado la eficacia de esta maniobra.

Neumotórax

El neumotórax es una complicación inusual durante la canalización venosa central, y en la mayoría de los casos se asocia a la canalización de la vena subclavia. Ante un presunto neumotórax, debe realizarse una radiografía de tórax en bipedestación y después de una espiración forzada (si es posible). La espiración forzada disminuirá el volumen pulmonar, pero no reducirá el volumen de aire en un neumotórax; el resultado será un aumento del tamaño relativo del neumotórax en la radiografía de tórax, lo que puede facilitar su detección. Lamentablemente, pocos pacientes ingresados en la UCI son capaces de realizar una espiración forzada.

Neumotórax en decúbito supino

Los pacientes en estado grave no suelen ser capaces de sentarse erguidos, por lo que las radiografías de tórax suelen realizarse en decúbito supino. Esto genera un problema para la detección de un neumotórax, por la distribución del aire pleural en la posición de decúbito supino (36); es decir, el aire pleural no se acumula en el vértice pulmonar en decúbito supino, sino que lo hace por delante (ya que las regiones torácicas anteriores son las regiones no dependientes en decúbito supino). El aire pleural en esta localización quedará enfrente de los pulmones en la radiografía de tórax en decúbito supino, y puede pasar desapercibido por las marcas de los pulmones por detrás del neumotó-