



Boletín Médico del Hospital Infantil de México

www.elsevier.es/bmhim



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Factores de riesgo asociados con complicaciones que obligaron al retiro de catéteres venosos centrales de inserción periférica en un hospital pediátrico de tercer nivel



Miriam Flores Moreno^a, Karina Saray Pueblas Bedoy^a,
Aurelia Ojeda Sánchez^a y Jessie Zurita-Cruz^{b,*}

^a Clínica de catéteres, Departamento de Enfermería, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México

^b Área de Apoyo a la Investigación Clínica, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México

Recibido el 14 de noviembre de 2016; aceptado el 14 de marzo de 2017

Disponible en Internet el 21 de julio de 2017

PALABRAS CLAVE

Catéteres periféricos;
Pediatria

Resumen

Introducción: En pediatría se reportan complicaciones del catéter central de inserción periférica (CCIP) del 30 al 40% de los casos, siendo los factores de riesgo más frecuentes la edad del paciente y la localización del CCIP. El objetivo de este trabajo fue describir las características de los CCIP e identificar los factores relacionados con su retiro debido a complicaciones.

Métodos: Estudio de cohorte prospectiva. Se incluyeron pacientes de 2 meses a 18 años de edad. Se les dio seguimiento hasta el retiro del CCIP. Se registró la edad, sexo, medicamentos administrados, localización del CCIP, calibre, número de lúmenes, días que estuvo colocado y el motivo del retiro. Se realizó análisis univariado y multivariado.

Resultados: Se incluyeron 225 pacientes. En 33.02%, el CCIP fue retirado por alguna complicación. En el análisis bivariado, la edad y la localización fueron los factores asociados con las complicaciones. Se realizó un modelo de riesgos proporcionales de Cox y se identificó que solamente el grosor del calibre se asoció con cualquier complicación (razón de tasas (RT): 0.5, intervalo de confianza (IC)95%: 0.35-0.99), y la edad (RT: 1.02, IC95%: 1-1.04) solamente con el retiro del CCIP por sospecha de flebitis.

Conclusiones: El 33% de los pacientes presentaron retiro del CIPP por complicaciones; solamente el calibre del CIPP y la edad de los pacientes estuvieron relacionados con este evento.

© 2017 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: zuritajn@hotmail.com (J. Zurita-Cruz).

KEYWORDS

Peripheral
catheterization;
Pediatrics

Risk factors associated with complications that required the removal of peripherally inserted central venous catheters in a tertiary pediatric hospital

Abstract

Background: In pediatrics, complications of the peripherally inserted central venous catheters (PICC) are reported in 30% to 40% of cases, with the most frequent risk factors being the age of the patient and the location of PICC. The aim of this study was to describe the characteristics of PICCs and to identify factors related to their withdrawal due to complications.

Methods: Prospective cohort study. Patients from 2 months to 18 years of age were included and followed-up until PICC was withdrawn. Age, sex, medications administered, PICC location, caliber, the number of lumens, days PICC was on the patient, and the reason for withdrawal was recorded. Univariate and multivariate analyses were performed.

Results: Two hundred and twenty-five patients were included. In 33.02%, PICC were withdrawn due to complications. In the bivariate analysis, age and location were factors associated with complications. A Cox proportional hazards model was performed. It was identified that only the caliber thickness (hazard ratio (HR): 0.5, confidence interval (CI)95%: 0.35-0.99) was associated with any complication, and age (HR: 1.02, CI95%: 1-1.04) only to the withdrawal of PICC due to suspected phlebitis.

Conclusions: PICC withdrawal due to complications was performed in 33% of the patients. Risk factors related to complications were PICC caliber thickness and age.

© 2017 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El catéter central de inserción periférica (CCIP) es el procedimiento invasivo que con mayor frecuencia se aplica en los pacientes pediátricos hospitalizados, debido a que hasta el 90% de los pacientes requieren la administración de tratamientos parenterales¹. El CCIP proporciona acceso a una vena central (vena cava superior) de gran calibre desde una vena periférica². Los catéteres pueden ser de poliuretano grado III mediana duración y silicón larga duración. Personal de enfermería altamente capacitado los instala en condiciones de esterilidad³.

Estos dispositivos permiten la administración de soluciones con pH y osmolaridad elevados. Sin embargo, un pH mayor a 7.45 o menor a 7.35 y osmolaridades ≥ 350 mOsm/L presentan un alto riesgo de provocar flebitis, por lo que no se deben administrar por esta vía⁴.

Las condiciones que se deben evaluar antes de la colocación del dispositivo son las características del paciente (calidad de los vasos), el tratamiento que se va a administrar (duración, terapia de infusión prescrita) y el tipo de dispositivo^{5,6}.

Las ventajas del CCIP son que se puede realizar la introducción al lado de la cama del paciente, que se elimina la complicación potencial de neumotórax, se reducen las infecciones asociadas con el catéter en forma significativa y disminuye el dolor y las molestias relacionadas con punciones frecuentes para sitios periféricos⁷.

A pesar de tener múltiples ventajas, también están descritas complicaciones de estos dispositivos, que en algunos casos pueden condicionar una alta morbilidad. En general, las complicaciones con el CCIP se pueden presentar hasta en el 40% de los casos, siendo la complicación más frecuente

la infiltración (14.4%) y la oclusión (13.4%). La complicación con mayor morbilidad es la trombosis, que va del 0% al 7% de los casos^{8,9}.

Se han realizado múltiples estudios para identificar los factores relacionados con las complicaciones. Algunos factores de riesgo que se han descrito para la presencia de infiltración son un tiempo mayor a 5 días de estancia y condiciones predisponentes del paciente, como dificultades para la venopunción en forma previa, antecedentes de infiltración y haber utilizado una bomba de infusión para aplicar los medicamentos¹⁰, una menor edad e inserción en la curva del brazo o tobillo. La oclusión se ha asociado con mayor tiempo de permanencia e inserción en el tobillo o pie¹¹ mientras que a mayor edad, se ha identificado mayor riesgo de presentar infección¹².

Ante la variabilidad de los factores de riesgo relacionados con las complicaciones de los CCIP y que estos se modifican de acuerdo con cada población, el objetivo de este estudio fue describir las características de los CCIP instalados en pacientes pediátricos del Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG) e identificar los factores relacionados con las complicaciones.

2. Métodos

Se realizó un estudio tipo cohorte prospectiva con pacientes pediátricos de 2 meses a 18 años de edad que requirieron aplicación de un CCIP. Los pacientes se incluyeron en la cohorte cuando se requirió colocar el CCIP durante su hospitalización. Se incluyeron aquellos pacientes en quienes era factible la canalización de un acceso venoso periférico y en quienes el tiempo de duración previsible del tratamiento fuera menor a 30 días. Se excluyeron pacientes con

acceso venoso agotado por múltiples venopunciones anteriores, venas de poco calibre o tortuosas, con plaquetopenia al momento de realizar el procedimiento, que no se contara con el catéter de calibre adecuado y pacientes neonatos, ya que los médicos residentes del área son los encargados de instalarlos en estos casos. Se eliminaron pacientes a quienes se les retiró el CCIP por decisión de los padres (alta voluntaria).

La instalación de los CCIP fue realizada por personal de enfermería debidamente capacitado, de la clínica de catéteres del HIMFG, con la técnica percutánea a ciegas y bajo efecto anestésico tópico (crema de lidocaína-prilocaina) aplicado media hora antes del procedimiento o sedación moderada (midazolam o ketamina) según el peso para minimizar la sensación dolorosa producida por la punción, con la supervisión de un médico pediatra.

Del expediente médico se tomaron los datos de edad, sexo, servicio médico al que ingresó el paciente y medicamentos que se le administraron (antibióticos, quimioterapia, soluciones intravenosas, analgésicos y nutrición parenteral).

Se identificó la localización del CCIP, el calibre, el número de lúmenes, los días que estuvo colocado y el motivo por lo cual se retiró. Este último se clasificó en retiro programado por término del tratamiento o retiro debido a complicaciones. Las complicaciones se clasificaron en obstrucción (resistencia al paso de la solución intravenosa o medicamento), sospecha de infección (dolor en la zona del CCIP, acompañado de eritema en el trayecto de la vena donde estaba colocado), datos clínicos de flebitis (dolor al paso de la solución o medicamento) y sospecha de infiltración (la presencia de edema alrededor del CCIP o verificación de ruptura del CCIP).

El protocolo fue sometido a evaluación y aprobado por parte del Comité Local de Investigación y Ética en Salud del HIMFG.

2.1. Análisis estadístico

Los datos se presentan como frecuencias absolutas y porcentajes. Las variables cuantitativas se presentan como mediana y valores mínimo y máximo en virtud de que no tuvieron una distribución normal. La comparación entre los pacientes con retiro de CCIP secundario a complicación y los que no lo presentaron se realizó con χ^2 o prueba exacta de Fisher para las variables cualitativas; la comparación de las variables cuantitativas fue con la prueba U de Mann-Whitney.

Para identificar variables relacionadas con el retiro del CCIP por complicación, se realizó un modelo de riesgos proporcionales de Cox. Los valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 17.0 (IBM).

3. Resultados

Durante el periodo de julio de 2014 a octubre 2016 se identificaron los pacientes de 2 meses a 17 años de edad hospitalizados en los servicios de Oncología, Infectología, Cardiología, Medicina Interna, Neurología y Nefrología del HIMFG que requirieron la colocación del CCIP.

Se incluyeron 225 pacientes. Diez de ellos fueron eliminados debido a que no se registró el motivo de retiro del CCIP durante el seguimiento.

Se observó una mayor proporción del sexo masculino en los 215 pacientes incluidos (57.21%), con una mediana para la edad de 3 años (mínimo de 2 meses y máximo de 17 años). El padecimiento que más frecuentemente requirió de la instalación del CCIP fue el oncológico (40.9%), seguido por el infeccioso (25.6%) y el neurológico (14.4%) (tabla 1).

La principal indicación de solicitud del catéter fue la necesidad de tratamiento antimicrobiano (65.1%). Los días de permanencia de estos accesos tuvieron una mediana de

Tabla 1 Características de los pacientes que requirieron colocación del CCIP

	Todos n = 215 n (%)	Retiro del CCIP	
		Otra causa n = 144	Por complicación n = 71
Edad (meses) ^a	40 (2-204)	48 (3-212)*	24 (2-192)*
Sexo masculino	123 (57.2)	81 (56.2)	42 (59.1)
<i>Enfermedad que motivó el ingreso y la colocación de CCIP</i>			
Oncológica	88 (40.9)	62 (43.1)	26 (36.6)
Infecciosa	55 (25.6)	34 (23.7)	21 (29.5)
Neurológica	31 (14.4)	18 (12.5)	13 (18.3)
Gastrointestinal	18 (8.4)	13 (9)	5 (7.1)
Cardiológica	10 (4.6)	5 (3.5)	5 (7.1)
Renal	6 (2.8)	5 (3.5)	1 (1.4)
Otras	7 (3.3)	7 (4.7)	—

CCIP: catéter central de inserción periférica.

^a Mediana (min-máx).

* $p < 0.05$.

Tabla 2 Características de los CIPP colocados

	Todos n = 215 n (%)	Retiro del CIPP	
		Otra causa n = 144	Por complicación n = 71
<i>Días de permanencia del CIPP^a</i>	12 (0-56)	12 (1-56)	10 (0-63)
<i>Calibre del catéter (fr)</i>			
2	38 (17.7)	16 (11.1)	22 (31)
2.6	26 (12.1)	20 (13.9)	6 (8.5)
3	98 (45.6)	71 (49.3)	27 (38)
4	47 (21.8)	31 (21.5)	16 (22.5)
5	6 (2.8)	6 (4.2)	—
<i>Número de lúmenes del CIPP</i>			
1	116 (53.9)	77 (53.5)	39 (54.9)
2	99 (46.1)	67 (46.5)	32 (45.1)
<i>Indicación para la instalación</i>			
Antibióticos	140 (65.1)	95 (66)	45 (63.4)
Antibióticos y otro	15 (7)	10 (6.9)	5 (7.1)
Antibióticos y NPT	14 (6.5)	6 (4.2)	8 (11.3)
NPT	13 (6.1)	10 (6.9)	3 (4.2)
Antibióticos y quimioterapia	11 (5.1)	7 (4.9)	4 (5.6)
Quimioterapia	8 (3.7)	5 (3.5)	3 (4.2)
Otro	14 (6.5)	11 (7.6)	3 (4.2)
<i>Localización del acceso venoso</i>			
Axilar izquierda	49 (22.8)	36 (25)	13 (18.3)
Axilar derecha	47 (21.9)	31 (21.5)	16 (22.5)
Yugular izquierdo	42 (19.5)	34 (23.6)	8 (11.3)
Yugular derecho	30 (13.9)	21 (14.6)	9 (12.7)
Básica derecha e izquierda*	28 (13)	13 (9)*	15 (21.1)*
Cefálica derecha e izquierda*	18 (8.4)	9 (6.3)*	9 (12.7)*
Vena media derecha	1 (0.5)	—	1 (1.4)
<i>Motivo de retiro</i>			
Fin de tratamiento	144 (67)	144 (100)	0 (0)
Infiltración	28 (13)	—	28 (39.4)
Obstrucción	21 (9.8)	—	21 (29.6)
Infección	14 (6.5)	—	14 (19.7)
Flebitis	8 (3.7)	—	8 (11.3)

CIPP: catéter central de inserción periférica; NPT: nutrición parenteral total.

^a Mediana (min-máx);* $p < 0.05$.

12 días (mínimo 0 días y máximo 56 días); el calibre de catéter que más frecuentemente se colocó fue el 4 French ($n = 47$, 21.9%) y el 53.9% tenía un solo lumen. La localización más frecuente del acceso venoso fue en la vena axilar (44.7%), seguido por la yugular (33.5%). En el 33% de los casos ($n = 71$) el CCIP fue retirado por complicaciones. La complicación más frecuente fue la disfunción, en 28 casos (13%), y la oclusión, en 21 casos (9.78%) (tabla 2).

La complicación más severa fue la tromboflebitis, que se presentó en un paciente (0.4%) de sexo masculino de 12 años de edad con patología oncológica. El catéter, con calibre cuatro French de dos lúmenes, se encontraba localizado en la vena cefálica derecha. Al paciente se le estaban administrando antibióticos con analgésicos, y la permanencia fue de 7 días.

Al comparar los posibles factores (edad, padecimiento que motivo la colocación del CCIP, calibre del catéter, número de lúmenes, indicación para su instalación y localización del acceso) se identificó que la menor edad (mediana sin complicación 48 meses vs con complicación 24 meses, $p = 0.03$) y la localización básica y cefálica ($p = 0.024$) fueron factores asociados con el retiro del CCIP por cualquier complicación (tablas 1 y 2).

Posteriormente, se analizaron los mismos factores relacionados por cada una de las complicaciones (obstrucción, sospecha de infección, datos clínicos de flebitis y sospecha de infiltración). Se detectó que los ocho pacientes a quienes se les retiró el CCIP debido a datos clínicos de flebitis presentaron una mayor tendencia de flebitis en comparación con aquellos a quienes no se les retiró el CCIP por complicación,

Tabla 3 Modelo de riesgos proporcionales de Cox de los factores asociados con el retiro del CCIP por complicación*

Complicación	Factor asociado	HR	IC95%
Cualquier complicación	Calibre	0.5	0.35–0.99
Datos clínicos de flebitis	Edad (meses)	1.02	1–1.04

* Modelo ajustado por edad, padecimiento que motivo la colocación del CCIP, los días de permanencia, calibre del catéter, número de lúmenes, indicación para su instalación y localización del acceso.

CIPP: catéter central de inserción periférica; HR: razón de tasas; IC95%: intervalo de confianza al 95%.

sin diferencia estadísticamente significativa (mediana para la edad de 126 meses vs 36 meses, $p=0.09$). En el resto de las complicaciones no se identificó otro factor relacionado.

Cuando se realizó un modelo de riesgos proporcionales de Cox para identificar los factores que se asociaron al retiro del CCIP por complicación, solamente se identificó que el grosor del calibre mostró una asociación significativa (razón de tasas (RT): 0.5, intervalo de confianza (IC)95%: 0.35–0.99). Se realizó un modelo de riesgos proporcionales de Cox para cada complicación reportada (obstrucción, sospecha de infección, datos clínicos de flebitis y sospecha de infiltración) y se identificó que la edad fue un factor asociado para la presencia de datos clínicos de flebitis (RT: 1.02, IC95%: 1–1.04) (tabla 3).

4. Discusión

En este estudio se demostró que el calibre del CIPP estuvo relacionado con el retiro del CIPP por cualquier complicación, y que la edad del paciente fue un factor asociado con el retiro del CIPP por datos clínicos de flebitis.

El HIMFG es un hospital de tercer nivel donde se atiende un gran número de pacientes con patologías hematoncológicas y neurológicas que pueden presentar complicaciones infecciosas. En particular, este grupo de pacientes son sometidos a múltiples manejos médicos que incluyen quimioterapia, antimicrobianos, analgesia, nutrición parenteral total y, en muchas ocasiones, combinaciones de estos. Lo anterior ocasiona que sean una población con mayor riesgo de presentar complicaciones de los CCIP¹³. A pesar de esto, la frecuencia de complicaciones fue semejante a las reportadas por otros estudios en población pediátrica. Por ejemplo, Malyon y colaboradores reportaron el 25% de complicaciones en 458 pacientes de 0 a 15 años de edad, siendo la más frecuente la infiltración (14.3%); el factor de riesgo que se identificó fue la localización del CCIP en la fosa antecubital (razón de momios (RM): 1.6, IC 95%: 1.1–2.3)¹⁴. De Lima Jacinto y colaboradores realizaron un estudio en 338 pacientes de 13 días a 16 años de edad. En este estudio reportaron el 26.9% de complicaciones; de este porcentaje, el 16% fue por infiltración. Además, identificaron como factor de riesgo el antecedente de infiltración (RM: 31.28, IC95%: 8.16–72.87)¹⁰. Levy y colaboradores reportaron el 36.5% de complicaciones en 221 pacientes de 7 días a 21 años de edad; las más frecuentes fueron la infección y el problema mecánico, en el 13.6% cada una, sin reportar factores de riesgo¹². Unbeck y colaboradores incluyeron a 2032 pacientes de 0 a 18 años, de los cuales el 35.4% presentó complicaciones con el CCIP; los autores

identificaron que los neonatos mostraron más riesgo de infiltración en comparación con el resto de los pacientes¹¹.

Un factor de riesgo identificado en estos estudios fue la edad temprana. Sin embargo, estos autores incluyeron a la población neonatal, la cual no se incluyó en este estudio. Esto podría explicar por qué no se detectó la misma asociación en estos pacientes.

A pesar de que todos los estudios antes mencionados se llevaron a cabo en población pediátrica, los criterios que se consideraron para reportar las complicaciones por el CCIP y los factores de riesgo fueron muy heterogéneos, lo cual explica los resultados tan variados.

La mayor complicación que se identificó en los pacientes analizados fue la trombosis (0.4%), lo que coincide con lo reportado por Jumani y colaboradores, que en 2574 pacientes con CCIP observaron el 20.8% de complicaciones y el 0.5% de trombosis¹⁵. En un metanálisis de 11 estudios se concluyó que los factores de riesgo para el desarrollo de trombosis fueron la presencia de una enfermedad maligna y una condición crítica del paciente¹⁶.

Una de las limitaciones del presente estudio fue el no incluir a pacientes menores de 2 meses, en quienes se ha descrito que existen más complicaciones del CCIP, como infiltración u obstrucción del CIPP. Las complicaciones identificadas en este estudio son semejantes a las descritas en forma internacional, lo cual nos habla del compromiso y adecuado trabajo que se realiza en la clínica de catéteres de este hospital. Por ello, se sugiere continuar con esta línea de investigación y realizar futuros estudios con tecnología para la colocación de los CCIP, como el ultrasonido, que se ha demostrado que mejora en forma sustancial esta técnica^{17,18}.

En conclusión, hasta en el 33% de los pacientes fue necesario el retiro del CIPP por complicaciones. Este porcentaje es semejante a lo reportado a escala global. El retiro del CIPP por cualquier complicación estuvo relacionado solamente con el calibre del CIPP y, en particular, el retiro del CIPP por la presencia de flebitis se relacionó con una mayor edad del paciente.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Waitt C, Waitt P, Pirmohamed M. Intravenous therapy. *Postgrad Med J*. 2004;80:1–6.
2. Tolomeo C, Mackey W. Peripherally inserted central catheters (PICCs) in the CF population: one center's experience. *Pediatr Nurs*. 2003;29:355–9.
3. Consejo de Salubridad General. Guía de referencia rápida. Prevención, diagnóstico y tratamiento de las infecciones relacionadas a líneas vasculares. Disponible en: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/IMSS_273.13.INFECCIONLINEASVASCULARES/273GRR.pdf
4. Fajuri P, Pino P, Castillo A. Uso de catéter venoso central de inserción periférica en pediatría. *Rev Chil Pediatr*. 2012;83:352–7.
5. Periard D, Monney P, Waeber G, Zurkinden C, Mazzolai L, Hayoz D, et al. Randomized controlled trial of peripherally inserted central catheter versus peripheral catheter for middle duration in-hospital intravenous therapy. *J Thromb Haemost*. 2008;6:1281–8.
6. Romaniello H. Incidencia de extravasación del líquido de perfusión por el uso de catéteres percutáneos. *Arch Argent Pediatr*. 2005;103:31–5.
7. Moureau N, Chopra V. Indications for peripheral, midline and central catheters: summary of the MAGIC recommendations. *Br J Nurs*. 2016;25:S15–24.
8. Garland JS, Dunne WM Jr, Havens P, Hintermeyer M, Bozete MA, Wincek J, et al. Peripheral intravenous catheter complications in critically ill children: a prospective study. *Pediatrics*. 1992;89:1145–50.
9. Machado AF, Pedreira ML, Chaud MN. Adverse events related to the use of peripheral intravenous catheters in children according to dressing regimens. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2008;16:362–7.
10. De Lima Jacinto A, Avelar A, Pedreira M. Predisposing factors for infiltration in children submitted to peripheral venous catheterization. *J Infus Nurs*. 2011;34:391–8.
11. Unbeck M, Förberg U, Ygge B, Ehrenberg A, Petzold M, Johansson E. Peripheral venous catheter related complications are common among paediatric and neonatal patients. *Acta Paediatr*. 2015;104:566–74.
12. Levy I, Bendet M, Samra Z, Shalit I, Katz J. Infectious complications of peripherally inserted central venous catheters in children. *Pediatr Infect Dis J*. 2010;29:426–9.
13. Tager I, Ginsberg MB, Ellis SE, Walsh Ne, Dupont I, Simchen E, et al. An epidemiological study of the risks associated with peripheral intravenous catheters. *Am J Epidemiol*. 1983;118:839–51.
14. Malyon L, Ullman AJ, Phillips N, Young J, Kleidon T, Murfield J, et al. Peripheral intravenous catheter duration and failure in paediatric acute care: a prospective cohort study. *Emerg Med Australas*. 2014;26:602–8.
15. Juman K, Advani S, Reich NG, Gosey L, Milstone AM. Risk factors for peripherally inserted central venous catheter complications in children. *JAMA Pediatr*. 2013;167:429–35.
16. Chopra V, Anand S, Hickner A, Buist M, Rogers MA, Saint S, et al. Risk of venous thromboembolism associated with peripherally inserted central catheters: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2013;382:311–25.
17. Tan J, Liu L, Xie J, Hu L, Yang Q, Wang H. Cost-effectiveness analysis of ultrasound-guided Seldinger peripherally inserted central catheters (PICC). *Springerplus*. 2016;5:2051.
18. Tomaszewski K, Ferko N, Hollmann S, Eng SC, Richard HM, Rowe L. Time and resources of peripherally inserted central catheter insertion procedures: a comparison between blind insertion/chest X-ray and a real time tip navigation and confirmation system. *Clinicoecon Outcomes Res*. 2017;9:115–25.