

ARTÍCULO ORIGINAL

Cateterización de la vena yugular interna guiada por ecografía: estudio comparativo con la técnica convencional por reparos anatómicos

Ultrasound-guided internal jugular vein catheterization: comparative study with the conventional external anatomical landmarks technique

Diego Daniel Acosta Cabrera¹

¹Residente de Medicina Interna. 1º Cátedra de Clínica Médica. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

RESUMEN

Introducción: los catéteres venosos centrales son sondas intravasculares que se insertan en los grandes vasos venosos del tórax y abdomen. La técnica comúnmente realizada es la guiada por reparos anatómicos basada en la presunción de la ubicación de los vasos del cuello al identificar estructuras anatómicas externas. El uso de la ultrasonografía ha sido promovido como un método para reducir el riesgo de complicaciones durante la cateterización venosa central.

Objetivos: comparar la eficacia de la técnica de inserción de catéteres venosos yugulares internos guiado por ecografía con la realizada por reparos anatómicos.

Metodología: estudio experimental realizado en varones y mujeres, mayores de 18 años, en quienes estaba indicada la colocación de acceso venoso central yugular interno en forma programada, internados en las Cátedras de Clínica Médica, Unidad de Cuidados Intermedios y Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital de Clínicas y en la Unidad de Cuidados Intensivos del Sanatorio Británico (Asunción). En cada caso fueron medidas las siguientes variables: tasa de éxito de colocación, número de intentos, tiempo de realización y complicaciones (hematomas, punción arterial y neumotórax).

Resultados: 149 pacientes fueron considerados en este estudio, realizándose 90 vías venosas yugulares con guía ecográfica y 59 por la técnica habitual por reparos anatómicos. El tiempo de realización y el número de punciones en el grupo con guía ecográfica fue menor ($p < 0,001$). No hubo diferencias estadísticamente significativas en éxito del procedimiento entre ambos grupos pero el realizado con guía ecográfica tuvo menor proporción de complicaciones: hematomas ($p < 0,01$) y punción arterial ($p < 0,01$). No se registró neumotórax en ninguno de los dos grupos.

Conclusiones: la colocación de vía venosa central bajo guía ecográfica es superior sobre la técnica por reparos anatómicos considerando la menor proporción de complicaciones, la reducción en el número de intentos y menor tiempo de realización. Aunque el éxito del procedimiento sea similar, las implicancias para llegar a dicho objetivo bajo la técnica a ciegas se traducen en un incremento directo en las otras variables ya citadas en detrimento del paciente. Por lo tanto, siempre que esté disponible tanto el equipamiento necesario como el operador capacitado ésta será la técnica de elección.

Palabras claves: acceso venoso central, ecografía, complicaciones, vena yugular interna.

Autor correspondiente:

Dr. Diego Daniel Acosta Cabrera

Dirección: Paz del Chaco 1778. Lambaré, Paraguay

Teléfono: +595.981943943

Correo electrónico: diegoacosta.c@gmail.com

Artículo recibido: 4 enero 2017

Artículo aceptado: 31 enero 2017

ABSTRACT

Introduction: The central venous catheters are intravascular tubes that are inserted in the major vessels of the thorax and abdomen. The commonly performed technique is the external anatomical landmarks technique based on the presumption of the location of the neck vessels when identifying external anatomical structures. The use of ultrasound has been promoted as a method to reduce the risk of complications during the central venous catheterization.

Objectives: To compare the effectiveness of the ultrasound-guided insertion technique of internal venous catheters versus the surface anatomy landmark technique.

Methodology: This experimental study was carried out in adult men and women in whom the insertion of an internal jugular central venous access was indicated and programmed. They were hospitalized in the Services of Medical Clinic, Intermediate Care Unit and Intensive Care Unit of the Hospital de Clínicas and the Intensive Care Unit of the Sanatorio Británico (Asunción). The following variables were measured: the rate of successful insertions, the number of attempts, the duration of catheterization (from puncture of EJV to external fixation of the catheter) and the complications (hematomas, arterial puncture and pneumothorax).

Results: One hundred forty nine patients were included in this study, 90 ultrasound-guided jugular vein catheterizations were made and 59 using the external anatomical landmarks technique. The time of performance and the number of punctures were lower in the ultrasound-guided group ($p < 0.001$). There were no statistically significant differences between the groups regarding the success rates but the ultrasound-guided group had less proportion of complications: hematomas ($p < 0.01$) and arterial puncture ($p < 0.01$). Pneumothorax was not registered in any groups.

Conclusions: The ultrasound-guided central venous catheterization is superior to the one made using the surface anatomy landmark technique considering the lower proportion of complications, the reduction of the number of attempts and the shorter duration. Although the success of both procedures was similar, the implications for reaching the aim using the surface anatomy landmark technique turned into a direct increase of the above mentioned variables at the expense of the patient. Therefore, whenever both the necessary equipment and a trained operator are available, the ultrasound-guided technique will be the technique of choice.

Keywords: central venous access, ultrasound, complications, internal jugular vein.

INTRODUCCIÓN

Los catéteres venosos centrales son sondas intravasculares que se insertan en los grandes vasos venosos del tórax y abdomen. La cateterización de un acceso venoso central es un procedimiento frecuentemente realizado tanto en salas de emergencias, internación y cuidados intermedios e intensivos en nuestro país. La técnica comúnmente realizada, ya sea por falta de disponibilidad de equipo o de adiestramiento en la técnica ecográfica, es la guiada por reparos anatómicos. A partir de la técnica descrita en 1966 por Hermosura y colaboradores⁽¹⁾ de canulación venosa yugular interna por punción percutánea se han desarrollado e implementado estrategias buscando un adecuado posicionamiento y confirmación endovascular, disminuyendo la incidencia de complicaciones que representan en la mayoría de los casos una morbilidad significativa e incluso la muerte. La técnica clásica de reparos anatómicos está basada en la presunción de la ubicación de los vasos del cuello al identificar estructuras anatómicas externas, considerándose una técnica a ciegas⁽²⁻³⁾.

El uso de la ecografía ha sido promovido como un método para reducir el riesgo de complicaciones durante la cateterización venosa central. En esta técnica un transductor de ultrasonidos es usado para localizar la vena y para medir la profundidad debajo de la piel. Bajo visualización ecográfica, la aguja introductora es luego guiada a través de la piel y dentro del vaso⁽⁴⁾.

En la última década, la tasa de fallo de colocación y de complicaciones mecánicas ha descendido significativamente con el uso de la ecografía en tiempo real como guía de punción y colocación del acceso venoso central. Ensayos randomizados y estudios observacionales en niños y adultos fueron encontrando que el uso de la ecografía para la punción de acceso venoso central reduce el tiempo de canulación venosa y los riesgos de complicaciones. Sin embargo, el nivel de beneficio varía de acuerdo a las habilidades del operador y del sitio anatómico⁽⁵⁻⁸⁾.

Las indicaciones para la colocación de un acceso venoso central incluyen monitoreo hemodinámico, nutrición parenteral total, terapia de reemplazo renal, plasmaféresis, administración de medicación irritativa contraindicadas por acceso periférico como por ejemplo vasopresores o quimioterápicos, colocación de marcapasos, filtro de vena cava inferior y otros procedimientos venosos intravasculares.⁽⁹⁾ Se estima que por año son colocados alrededor de 15.000.000 de accesos venosos centrales en los Estados Unidos solo en las unidades de cuidados intensivos⁽¹⁰⁾ y la tasa de complicaciones mecánicas durante los procedimientos varían entre los diferentes estudios de acuerdo al sitio de acceso anatómico, uso de guía ecográfica y a la experiencia del operador, alcanzando una incidencia entre 15 al 36%, lo que haría entre 2.250.000 a 5.400.000 complicaciones al año^(11,12).

En el Reino Unido se tiene registro de más de 2.000.000 de catéteres venosos centrales colocados anualmente. El aumento del uso de catéteres venosos centrales fue acompañado concomitantemente con el aumento de las complicaciones, que a su vez están directamente relacionadas con el mayor número de intentos de canulaciones, colocaciones fallidas y la colocación en sitios inadecuados. Estos incrementan el riesgo de colonización bacteriana, lo que aumenta la tasa de infecciones relacionadas al catéter, que por supuesto incrementa la morbimortalidad y los costos en los sistemas de salud⁽¹³⁾. Por lo tanto, la búsqueda de alternativas, como la colocación bajo guía ecográfica, que disminuyan estas complicaciones, traen consigo innumerables beneficios.

En cuanto a las complicaciones podemos citar las infecciones y trombosis relacionadas al catéter, complicaciones pulmonares (neumotórax, hemotórax, quilotórax), vasculares (punciones arteriales, hematomas), arritmias, falla en la colocación y mal posicionamiento del catéter⁽¹³⁾. Estas se han relacionado con la experiencia del operador, el grupo poblacional (niños, ancianos), consideraciones anatómicas (pacientes obesos, variantes anatómicas, trombosis), comorbilidades (coagulopatías, enfisema), número de intentos por operador, cirugía previa en cuello y antecedente de punciones fallidas.

La vía central ecoguiada está específicamente indicada en todo paciente en que el acceso yugular interno o femoral fuera necesario cuando el equipamiento y un operador con experiencia se encuentren disponibles. La localización estática de la vena o en tiempo real por ecografía es también de ayuda previa a la colocación del catéter venoso central o catéter de inserción periférica centralizada incluso para establecimiento de un acceso venoso periférico en pacientes adultos y niños cuando se prevén posibles dificultades o cuando la técnica a ciegas guiada por parámetros anatómicos falla⁽¹⁴⁾.

Es muy importante la identificación de pacientes con mayor riesgo de complicaciones como aquellos con índice de masa corporal elevado, coagulopatías, modificación de la anatomía habitual por la presencia de masas o procesos tumorales, en los cuales el éxito para la colocación de vía venosa central se ve disminuido y, a la vez, el riesgo de complicaciones aumenta. Por este motivo, cuando exista la disponibilidad, la colocación por un operador con experiencia a través de una guía ecográfica en tiempo real es sugerida en este tipo de pacientes⁽⁹⁾.

La *Agency for Healthcare Research and Quality* en USA y el *UK National Institute of Clinical Excellence* recomiendan la colocación de acceso venoso central bajo guía ecográfica como una de las prácticas enfocadas en mejorar la seguridad y el cuidado de los pacientes⁽²⁰⁾.

Teniendo en cuenta lo expuesto es de fundamental importancia el conocimiento, por parte del médico internista, de la técnica de colocación de la vía central guiada bajo ecografía, para que cuando exista disponibilidad de equipo, tenga en sus manos la posibilidad de reducir los riesgos y aumentar el éxito, especialmente en pacientes con mayor probabilidad de presentar complicaciones. El objetivo de este estudio fue comparar la técnica de inserción de catéteres venosos yugulares internos guiado por ultrasonografía vs. la realizada por reparos anatómicos en cuanto a eficacia evaluando el éxito de colocación, número de intentos, tiempo de realización y complicaciones (hematomas, punción arterial y neumotórax).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño experimental, de corte transversal en 149 pacientes, de ambos sexos, mayores de 18 años, en quienes estaba indicada la colocación de acceso venoso central yugular interno en forma programada, en dos centros hospitalarios: Hospital de Clínicas de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Asunción y el Sanatorio Británico, desde marzo hasta octubre del 2016. Ambos grupos poseían las mismas características demográficas y cumplían con los criterios de inclusión y exclusión estipulados más abajo.

Los sujetos fueron seleccionados al azar (de acuerdo a disponibilidad de ecógrafo) para la realización bajo uno de los dos métodos existentes, siempre que reunieran los sgtes criterios de inclusión:

1. estar internados de sala de Clínica Médica, Unidad de Cuidados Intensivos e Intermedios,
2. pacientes que no se encontraban con riesgo vital en el momento de la indicación y su estado permitía reunir todas las condiciones y materiales para llevar a cabo el procedimiento,
3. consentimiento informado firmado

Los criterios de exclusión fueron:

1. comorbilidades que aumenten los riesgos de complicaciones mecánicas relacionadas al procedimiento: coagulopatías, efecto de masa que altere la anatomía cervicotorácica, IMC mayor a 35 kg/m².
2. paciente con riesgo vital inminente que impida la preparación para las condiciones y mediciones en estudio.

Las variables registradas fueron el éxito del procedimiento, tiempo de realización, complicaciones, número de intentos, utilizando las sgtes. definiciones operacionales:

- Éxito del procedimiento: definido como catéter colocado en la vena cava superior corroborado por radiografía de tórax simple.
- Fracaso del procedimiento: imposibilidad de colocación del catéter venoso central luego de >4 punciones con el trocar, o que el procedimiento deba ser interrumpido por complicaciones que produzcan inestabilidad de alguno de los sistemas mayores (hemodinámico, respiratorio o neurológico)⁽¹⁵⁾.
- Número de punciones o intentos: se define como una punción con el trocar desde la identificación de la vena yugular interna, ya sea por visualización directa por vía ecográfica o por punción previa con jeringa en el procedimiento por técnica a ciegas, cada vez que el operador tenga la necesidad de retirar completamente el trocar de la piel para volver a reintroducirlo.
- Tiempo de realización: se define como la medición en segundos desde la primera punción con el trocar hasta corroborar la presencia del catéter en la vena con la técnica de reflujo.
- Complicaciones: punción arterial constatada por la presencia de sangre roja rutilante pulsátil que eleva el émbolo de la jeringa o chorro pulsátil al retirar la jeringa del trocar; hematoma como tumoración post punción en el sitio de realización; neumotórax constatado por imagen radiológica o por sospecha clínica en caso de emergencia.

El tamaño de la muestra se obtuvo con el programa estadístico EPI DAT 3.1[®]. Para un intervalo de confianza de 95%, potencia de 80%, asumiendo el porcentaje de 24% de complicaciones en el grupo guiado por reparos anatómicos y 5% en el grupo guiado por ecografía⁽²⁰⁾, el tamaño mínimo calculado fue de 53 individuos por grupo.

Todos los procedimientos fueron realizados por un solo operador con dos años de experiencia con aproximadamente más de 100 accesos venosos centrales realizados bajo la técnica a ciegas por parámetros anatómicos y con la realización de una capacitación en colocación de acceso venoso central bajo guía ecográfica realizado dos meses antes del inicio del estudio.

Todos los pacientes fueron bien informados en cuanto a la realización de uno u otro método, las indicaciones, las posibles complicaciones y en cada caso fue firmado un consentimiento escrito de aceptación de realización del mismo.

Los equipos ecográficos utilizados fueron los mismos en todos los procedimientos, de la marca Shimadzu modelo Sarano y de la marca Prosound modelo Prosound 2, con transductor lineal de 8 Mhz, en modo bidimensional, bajo los mismos parámetros de ajuste de imágenes.

El equipo de vía venosa central también fue el mismo en todos los procedimientos realizados, de la marca Vogt Medical de 7 Fr, 20 cm, de dos y tres lúmenes.

El Comité de Ética institucional no se encontraba en ejercicio al momento del inicio del estudio. Sin embargo, fueron tomados en cuenta todos los aspectos éticos y cada paciente firmó el consentimiento correspondiente antes de ser sometido al procedimiento.

Descripción de las técnicas realizadas

Para ambas técnicas el paciente fue colocado en posición supina en Trendelemburg, con el tórax descubierto. Se realiza el campo estéril con solución de iodopovidona o clorhexidina y se procede a la colocación de compresas de campo. El operador se coloca en la cabecera del paciente con todos los sistemas de barrera necesarios para un procedimiento estéril (gorros, tapabocas, chalecos, guantes). La anestesia local se realiza con lidocaína al 2% en el sitio de punción. Una vez constatada la entrada de sangre venosa dentro de la jeringa del trocar se procede a la introducción de una guía metálica a través del mismo, posterior a lo cual se retira el trocar, se introduce el dilatador de plástico y finalmente el catéter. Por último se retira la guía metálica (técnica de Seldinger) y se conecta a un sistema de perfusión (suero salino 0,9% e infusor macrogotero), comprobándose el goteo continuo y el reflujo de sangre al descender el sistema de perfusión por debajo del nivel del lecho del paciente. Las variaciones entre una y otra técnica se describen a continuación.

Técnica a ciegas guiada por parámetros anatómicos: para la realización de esta técnica se utilizó el acceso yugular posterior, detrás del borde posterior del músculo esternocleidomastoideo, en su porción media. Se realiza la punción de localización de la vena yugular interna con una jeringa de 5 ó 10 cc conectada a una aguja de 21G direccionada a la horquilla esternal. La localización de la vena es corroborada por la entrada de sangre de características propias (oscura, no pulsátil) que no eleva el émbolo por presión. Una vez localizada la vena se retira la jeringa y se realiza la primera punción con el trocar en la misma dirección donde fue localizado el vaso previamente⁽¹⁸⁾.

Técnica guiada por ecografía en tiempo real: el operador se posiciona a la cabecera del paciente con el equipo de ecografía en el lado ipsilateral de la zona a puncionar. Previo al inicio del procedimiento se realizó el estudio ecográfico de los vasos del cuello. La diferenciación vascular inicial se realiza en modo bidimensional, con lo cual se establecen las características entre el vaso venoso y arterial.

Se realizó una valoración en eje corto (transversal), eje largo (longitudinal o axial) y eje oblicuo, buscando identificar las estructuras y la presencia de trombos o masas que puedan interferir con la canulación vascular. Se desplaza el transductor lineal primero en el eje corto en dirección cefálica y caudal localizando las estructuras vasculares en su ubicación anatómica y relación topográfica. Se comprueba la localización de la vena yugular interna por sus características propias (localización habitual lateral y anterior a la arteria, mayor diámetro, paredes finas, colapsable a la presión con el transductor y su aumento de diámetro con la maniobra de Valsalva). Se realiza la misma técnica estéril común a ambos procedimientos, solo que en este caso se tiene los mismos cuidados en cuanto al transductor lineal, para lo cual con la asistencia de un ayudante se deposita gel sobre la superficie de contacto del transductor, luego el operador utiliza un segundo guante estéril cubre completamente la cabeza y la primera porción del cable del transductor. Se utiliza solución de iodopovidona o clorhexidina como medio para eliminar el aire en la superficie de contacto y para mejorar la calidad de la imagen. El operador toma con su mano no dominante el transductor y localiza nuevamente la vena yugular interna en el triángulo de Sedillot, procede a realizar anestesia local y posteriormente, bajo visión directa de pantalla en tiempo real, realiza la punción con el trocar comprobando en primera instancia la indentación de la pared anterior de la vena y finalmente la entrada de sangre venosa en la luz del émbolo; a partir de ese momento retira el transductor del sitio y continua con la técnica antes descrita^(16,18).

RESULTADOS

Fueron realizadas 90 vías venosas yugulares con guía ecográfica y 59 realizadas por la técnica habitual por reparos anatómicos.

En relación al tiempo de realización el grupo con ecografía obtuvo una media de $63,9 \pm 21,6$ segundos, con una mediana de 61 segundos y el grupo sin ecografía $199,3 \pm 202,1$ segundos, con una mediana de 113 segundos ($p < 0,001$ test de Kruskal Wallis).

En cuanto al número de intentos o de punciones, en el grupo con ecografía se realizaron una media de $1,1 \pm 0,3$ punciones, con una mediana de 1 punción, y en el grupo sin ecografía se registró una media de $2,3 \pm 1,1$ punciones con una mediana de 2 punciones ($p < 0,001$ test de Kruskal Wallis).

No hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto al éxito entre ambos procedimientos pero el grupo con ecografía tuvo menor proporción de complicaciones (tabla 1). No se registró neumotórax en ninguno de los dos grupos tampoco mal posicionamiento.

El fracaso de procedimiento se produjo en tres casos en el grupo sin ecografía (tabla 1).

Tabla 1

Éxito y complicaciones de dos técnicas de colocación de vías venosas centrales (n 149)

	Con ecografía (n 90)	Sin ecografía (n 59)	Valor p*
Éxito	90 (100%)	56 (94,6%)	0,1
Hematoma	5 (5,5%)	22 (38%)	0,01
Punción arterial	1 (1%)	7 (12%)	0,01

*prueba chi cuadrado

DISCUSIÓN

Podemos observar que se requiere en promedio alrededor tres veces más tiempo y el doble número de punciones para la realización de un acceso venoso central por la técnica convencional que la guiada por ecografía. Esto se traduce en una mayor facilidad de realización del procedimiento por el método guiado por ecografía, menor tiempo de exposición del paciente y menor número de punciones, a su vez, directamente relacionadas al riesgo de complicaciones. Cabe recordar que el número de punciones registrado fue solo en relación a la cateterización con el trocar y que, de por sí, la técnica convencional por reparos anatómicos utiliza la búsqueda y localización de la vena a través de punciones previas con una aguja común que incrementa el número real de punciones netas a cifras mayores. Estos hallazgos son similares a otros estudios^(14,15).

Las complicaciones como la formación de hematomas y punciones arteriales fueron significativamente menores en el grupo con ecografía, lo que resulta en un factor protector para prevenir tanto complicaciones inmediatas como ser las ya citadas, así como también a largo plazo, como las infecciones relacionadas a catéter. Aunque se podría pensar que con la adición del equipo de ecografía incrementaría la manipulación asociada de la zona de punción lo que podría incrementar el riesgo de infección relacionada a catéter, los estudios demuestran que al contrario, la incidencia de la infecciones son significativamente menores con el uso de la guía ecográfica y que el número de registros de infecciones relacionadas a catéter está directamente relacionada el número de intentos o punciones, por lo que la técnica ecoguiada sirve como un factor protector ante este tipo de complicaciones⁽¹⁵⁾.

En este estudio no se registraron casos de neumotórax relacionados a punción en ninguno de los dos grupos, que podría explicarse por su baja incidencia en estudios similares realizados. Por la técnica a través de parámetros anatómicos esta complicación es baja (1 al 2,4%) e incluso, estudios similares, también reportan ausencia completa de esta complicación con el uso de guía ecográfica^(13,15,18-19).

En relación a la medición del éxito se obtuvo un 100% en el grupo con ecografía y 94,6% en el grupo sin ecografía, resultando una diferencia sin significancia estadística. En contraste con estudios similares publicados, estos valores se encuentran acordes a otros reportes donde la efectividad va del 87% al 89% en el grupo sin guía ecográfica y del 97% al 100% con guía ecográfica^(15,20-24). En los tres casos de fracaso por parámetros anatómicos, la vía fue recolocada con éxito bajo guía ecográfica en un segundo tiempo, sin realizar registro de los mismos.

El uso de la ecografía en tiempo real para la cateterización de un acceso venoso central es muy infrecuente en nuestro medio pese a la evidencia a su favor. Se debe considerar que la disponibilidad de equipo ecográfico es una limitante importante; sin embargo, en los lugares donde esto no sea un obstáculo, se torna de fundamental importancia que el médico internista posea la capacitación adecuada para la realización de esta técnica, de manera a que si posee disponibilidad de recursos, tenga en sus manos la posibilidad de llevar a cabo el procedimiento reduciendo al mínimo el riesgo de complicaciones tanto a corto como a largo plazo, menor exposición del paciente a la incomodidad y estrés que implica la colocación.

En conclusión, este estudio ha demostrado que la colocación de vía venosa central bajo guía ecográfica representa una mejoría significativa sobre la técnica convencional en cuanto a puntos de fundamental importancia como son las complicaciones, una reducción en el número de intentos y menor tiempo de realización. Se deberían realizar estudios de costo-efectividad para complementar estos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hermosura B, Vanags L, Dickey MW. Measurement of pressure during intravenous therapy. *JAMA* 1966;195(4):321
2. Daily PO, Griep RB, Shumway NE. Percutaneous internal jugular vein cannulation. *Arch Surg*. 1970 Oct;101(4):534-6.
3. Civetta JM, Gabel JC, Gemer M. Internal-jugular-vein puncture with a margin of safety. *Anesthesiology*. 1972 Jun;36(6):622-3.
4. Vaughan RW, Weygandt GR. Reliable percutaneous central venous pressure measurement. *Anesth Analg*. 1973 Sep-Oct;52(5):709-16.
5. Lalu MM, Fayad A, Ahmed O, Bryson GL, Fergusson DA, Barron CC, Sullivan P, Thompson C; Canadian Perioperative Anesthesia Clinical Trials Group. Ultrasound-Guided Subclavian Vein Catheterization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med*. 2015 Jul;43(7):1498-507.
6. Byon HJ, Lee GW, Lee JH, Park YH, Kim HS, Kim CS, Kim JT. Comparison between ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular approaches for subclavian venous catheterization in children--a randomized trial. *Br J Anaesth*. 2013 Nov;111(5):788-92.
7. Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ*. 2003 Aug 16;327(7411):361.
8. Rabindranath KS, Kumar E, Shail R, Vaux E. Use of real-time ultrasound guidance for the placement of hemodialysis catheters: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Kidney Dis*. 2011 Dec;58(6):964-70.
9. Beheshti MV. A concise history of central venous access. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2011 Dec;14(4):184-5.
10. Casanova Vivas S. Recommendations from CDC for the prevention of catheter-related infections (2013 update). *Rev Enferm*. 2014 Apr;37(4):28-33.
11. McGee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med*. 2003 Mar 20;348(12):1123-33.
12. Eisen LA, Narasimhan M, Berger JS, Mayo PH, Rosen MJ, Schneider RF. Mechanical complications of central venous catheters. *J Intensive Care Med*. 2006 Jan-Feb;21(1):40-6.
13. Lorente L. Antimicrobial-impregnated catheters for the prevention of catheter-related bloodstream infections. *World J Crit Care Med*. 2016 May 4;5(2):137-42.
14. Matsushima H, Adachi T, Iwata T, Hamada T, Moriuchi H, Yamashita M, Kitajima T, Okubo H, Eguchi S. Analysis of the Outcomes in Central Venous Access Port Implantation Performed by Residents via the Internal Jugular Vein and Subclavian Vein. *J Surg Educ*. 2016 Dec 5. pii: S1931-7204(16)30299-9.
15. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, Samonis G, Tsoutsos DA, Konstadoulakis MM, Karabinis A. Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care*. 2006;10(6):R162.
16. Napolitano M, Malato A, Raffaele F, Palazzolo M, Lo Iacono G, Pinna R, Geraci G, Modica G, Saccullo G, Siragusa S, Cajozzo M. Ultrasonography-guided central venous catheterisation in haematological patients with severe thrombocytopenia. *Blood Transfus*. 2013 Oct;11(4):506-9.
17. Karimi-Sari H, Faraji M, Mohazzab Torabi S, Asjodi G. Success rate and complications of internal jugular vein catheterization with and without ultrasonography guide. *Nurs Midwifery Stud*. 2014 Dec;3(4):e23204.
18. Turker G, Kaya FN, Gurbet A, Aksu H, Erdogan C, Atlas A. Internal jugular vein cannulation: an ultrasound-guided technique versus a landmark-guided technique. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009;64(10):989-92.
19. Rando K, Castelli J, Pratt JP, Scavino M, Rey G, Rocca ME, Zunini G. Ultrasound-guided internal jugular vein catheterization: a randomized controlled trial. *Heart Lung Vessel*. 2014;6(1):13-23.

20. Eisen LA, Narasimhan M, Berger JS, Mayo PH, Rosen MJ, Schneider RF. Mechanical complications of central venous catheters. *J Intensive Care Med.* 2006 Jan-Feb;21(1):40-6.
21. Sznajder JI, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterization. Failure and complication rates by three percutaneous approaches. *Arch Intern Med.* 1986 Feb;146(2):259-61.
22. Treglia A, Musone D, Amoroso F. Retrospective comparison of two different approaches for ultrasound-guided internal jugular vein cannulation in hemodialysis patients. *J Vasc Access.* 2016 Dec 2:0.
23. Palepu GB, Deven J, Subrahmanyam M, Mohan S. Impact of ultrasonography on central venous catheter insertion in intensive care. *Indian J Radiol Imaging.* 2009 Jul-Sep;19(3):191-8.
24. Gordon AC, Saliken JC, Johns D, Owen R, Gray RR. US-guided puncture of the internal jugular vein: complications and anatomic considerations. *J Vasc Interv Radiol.* 1998 Mar-Apr;9(2):333-8.