

## Consenso de posgrados de nefrología de Colombia: implantación de catéteres de hemodiálisis bajo guía ecográfica

Alejandra Molano-Triviño<sup>1\*</sup>, Eduardo Zúñiga<sup>1</sup>, Carolina Larrarte<sup>2</sup>, Paola García-Padilla<sup>3,4</sup>, Carlos Rosselli<sup>5</sup>, Joaquín Rodelo<sup>6</sup>, César Restrepo<sup>7</sup>, Mauricio Uribe<sup>8</sup> y Adolfo Castro<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nefrología, Universidad del Rosario, LaCardio, Fundación Cardioinfantil, Bogotá; <sup>2</sup>Departamento de Nefrología, Universidad Militar Nueva Granada, Hospital Militar Central, Bogotá; <sup>3</sup>Departamento de Medicina Interna, Pontificia Universidad Javeriana, Hospital Universitario de San Ignacio, Bogotá; <sup>4</sup>Departamento de Nefrología, Pontificia Universidad Javeriana, Hospital Universitario de San Ignacio, Bogotá; <sup>5</sup>Departamento de Nefrología, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital de San José, Bogotá; <sup>6</sup>Departamento de Nefrología, Universidad de Antioquia, Hospital San Vicente Fundación, Medellín; <sup>7</sup>Departamento de Nefrología, SES Hospital de Caldas, Manizales; <sup>8</sup>Departamento de Nefrología, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín; <sup>9</sup>Departamento de Nefrología, Universidad Del Valle, Cali. Colombia

### Resumen

En el presente consenso, los coordinadores de los posgrados de nefrología de Colombia planteamos posición y recomendaciones para promover el uso de ecografía para incrementar la seguridad de los implantes de catéteres de hemodiálisis y para aumentar su uso como herramienta diagnóstica en nefrología crítica y clínica.

**Palabras clave:** Catéter. Hemodiálisis. Guía ecográfica. Seguridad del paciente. Educación. Nefrología.

### Colombian Nephrology Schools' Consensus Statement on Ecographical Guidance for Hemodialysis Catheters

### Abstract

Dialysis catheters are mandatory in clinical practice of nephrology. Being a complex and potentially associated to complications procedure, it is pertinent to use strategies focused to increase safety of the patient. In the present consensus, the coordinators from nephrology postgraduate schools in Colombia make our statement and recommendations about the use of Ultrasound guidance to insertion of hemodialysis catheters and developing fields to its use in clinical nephrology.

**Keywords:** Catheter. Hemodialysis. Ultrasound guidance. Safety. Education. Nephrology.

### Introducción

Para la práctica de la nefrología, los catéteres veno-  
sos centrales (CVC) resultan indispensables: tanto en  
el ámbito de la lesión renal aguda como para el

soporte vital en enfermedad renal crónica 5 (ERC 5).  
Es competencia de los nefrólogos por ende tener co-  
nocimiento y pericia en su manejo: inserción, cuidado  
y retirada. Por ello se realizó consenso de expertos de  
los posgrados de nefrología de Colombia previo

### Correspondencia:

\*Alejandra Molano-Triviño  
E-mail: alepatrimoltri@gmail.com

Fecha de recepción: 14-01-2022  
Fecha de aceptación: 10-05-2022  
DOI: 10.24875/NEFRO.22000002

Disponible en internet: 20-06-2022  
Nefro Latinoam. 2022;19:49-55  
www.nefrologialatinoamericana.com

2444-9032/© 2022 Sociedad Latinoamericana de Nefrología e Hipertensión. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

análisis de la literatura disponible para crear un documento de recomendaciones de guía ecográfica en la implantación de catéteres de hemodiálisis (HD). La metodología fue la de votación de cada autor sobre las recomendaciones y conclusiones. El consenso se dictaminó en porcentaje de acuerdo con cada recomendación.

## Precedentes

Los catéteres para HD se dividen en transitorios y permanentes (tunelizados). Se ubican en la vena yugular interna o la femoral común en la mayoría de los casos y en caso de imposibilidad, pueden ubicarse en la vena axilar, poplítea, cava inferior o suprahepáticas. La implantación de un catéter de HD requiere de conocimiento de la anatomía vascular, de la técnica requerida y experticia para minimizar el riesgo de complicaciones en pacientes de alta complejidad.

La primera inserción de CVC se atribuye al ganador del Nobel de Medicina Werner Forssmann en 1929, cuando, siendo un cirujano de 25 años, se introdujo él mismo un catéter por una vena de su brazo hasta el corazón derecho, dejando testimonio en una radiografía de tórax<sup>1,2</sup>. Con ese primer catéter, se abrió el futuro del cuidado crítico y de la nefrología del siguiente siglo. En los años 40 se inició de manera más cotidiana el uso de CVC para medir la presión venosa central y para la administración de medicamentos mediante catéteres de plástico. Desde entonces múltiples técnicas de punción de diferentes venas se han descrito basadas en reparos anatómicos (llamada comúnmente técnica a ciegas) para su uso en la práctica cotidiana, como la de Seldinger, publicada en los 50<sup>3</sup> que se distingue por involucrar el paso de una guía metálica para el paso del catéter.

La punción yugular en sí emplea la técnica de Jernigan, en la que la punción se realiza por fuera del esternocleidomastoideo (ECM), 3 cm por encima de la clavícula, y dirigiendo la punta hacia la fosa supraesternal, y la técnica de Daily, en la que la punción se realiza en el triángulo de Sedillot, formado por inserciones esternal y clavicular del músculo ECM<sup>1</sup>.

## Complicaciones

Estas técnicas de canulación de la yugular se han empleado a lo largo de casi cinco décadas, con tasas variables de complicaciones asociadas. Las más frecuentemente descritas son derivadas de la punción accidental de otras estructuras: arterias (hematomas o

**Tabla 1.** Frecuencia de complicaciones según el sitio de punción venosa central

Complicación	Frecuencia (%)		
	Yugular interna	Subclavia	Femoral
Punción arterial	6.3-9.4	3.1-4.9	9.0-15
Hematoma	< 0.1-2.2	1.2-2.1	3.8-4.4
Hemotórax	NA	0.4-0.6	NA
Neumotórax	< 0.1-0.2	1.5-3.1	NA
Total	6.3-11.8	6.2-10.7	12.8-19.4

*Adaptado de McGee et al., 2003<sup>2</sup>.*

fístulas arteriovenosas)<sup>4</sup>, pulmón (neumotórax), del contacto de la guía o del catéter con el endocardio (arritmias: 42%)<sup>5</sup> o la necesidad de nueva punción<sup>6</sup>. Debe resaltarse que con la técnica por reparos anatómicos la tasa de falla en canulación puede ir entre el 4 y el 33% con complicaciones asociadas entre el 5 y el 10%<sup>7</sup>.

Cada procedimiento de implante de CVC implica el riesgo de complicaciones con potencial necesidad de hospitalización, reintervenciones para corrección de complicaciones (p. ej., toracostomía o exploración vascular) y riesgo de mortalidad<sup>8,9</sup> además del subsecuente aumento de costos de atención en salud<sup>10,11</sup>. La creencia de que los catéteres femorales son más seguros se ha devaluado por varios artículos que muestran que dadas las variaciones anatómicas femorales, se incrementa el riesgo de errores en la punción, sobre todo si se hace a ciegas, como se resume en la [tabla 1](#)<sup>12</sup>.

La posibilidad de complicaciones aumenta con la presencia de variantes anatómicas vasculares, presentándose hasta en el 65% en accesos femorales y en el 27% de la yugular interna; solo el 49.8% de los pacientes tiene la posición anatómica descrita para la realización por reparos anatómicos en la yugular interna<sup>13</sup>. Es de vital importancia para evitar las complicaciones asociadas a variantes anatómicas identificarlas antes del procedimiento, lo que constituye una virtud potencial de la guía ecográfica respecto a la técnica ciega al permitir evaluar de manera directa y en tiempo real la posición anatómica de la vena. Se describe que hasta en el 75% de los pacientes con historia de accesos de diálisis previos, el análisis ecográfico llega a cambiar la aproximación del acceso buscando aumentar la tasa de éxito de la punción<sup>13-16</sup>.

## Guía ecográfica como modulador de riesgo

Con el interés de aminorar los riesgos de complicaciones, se han desarrollado diferentes estrategias de guía radiológica desde los años 70. La guía Doppler como herramienta para la cateterización venosa se describió por primera vez en 1978. Se basó en el trazado del trayecto de la yugular (lateral al pulso Doppler de la carótida) dibujando en la piel del paciente el sitio de venopunción<sup>17</sup>. Se describió como estrategia útil para pacientes con cuello corto u obesidad que pudiesen predecir riesgo de complicaciones de la punción vascular ciega (por reparos anatómicos). Con la continua evolución de los equipos de ecografía y el aumento de su disponibilidad para el uso cotidiano, sobre todo en el ámbito intrahospitalario, desde los años 90 se planteó la ecografía como alternativa para el implante de CVC al hacerla más segura que la técnica por referencias anatómicas, con reducción de complicaciones<sup>18-20</sup>.

Aparecen al final de la década de los 90 varias descripciones de técnicas de punción venosa guiada por ecografía<sup>19</sup> e incluso comparaciones de seguridad y eficacia entre las técnicas de punción por referencias anatómicas y por guía ecográfica: el éxito de la punción yugular con ecografía (transductor de 7.5 MHz) fue del 96.7%, comparado con referencias anatómicas (realizadas por nefrólogo experto con palpación del ECM y borde superior de la clavícula), que fue exitoso en el 83.3% de los casos. La punción se logró en el primer intento en el 83% de los procedimientos ecodirigidos vs. el 35.9% de la técnica sin eco. Esos resultados fueron replicados en el acceso femoral en el mismo estudio ( $p < 0.0001$ )<sup>19</sup>.

En términos de complicaciones de la punción, las publicaciones de la misma década sugieren una tasa de complicaciones de técnica ciega realizada por manos expertas de hasta el 5.9%<sup>11</sup>: neumotórax (1.8%), hemotórax (0.6%), hemomediastino (1.2%), parálisis del nervio laríngeo recurrente (1.6%) y sangrado que ameritó transfusión o exploración vascular (4.7%). Esto contrasta con los primeros reportes de punciones ecodirigidas, en los que las complicaciones disminuyeron al 0.8% de los procedimientos<sup>21</sup>.

De igual manera, trabajos realizados en Francia empleando un ecógrafo de 5 MHz para marcación en la piel del sitio de punción confirmaron la misma eficacia: más probabilidad de éxito en primera punción venosa, menor presencia de punciones arteriales (nula en ecodirigidas) y menor tiempo de procedimiento<sup>20,22</sup>. Una de las críticas de los autores era la baja disponibilidad

de la tecnología de ecografía derivada de los altos costos del equipo.

La literatura referente a experiencias con ecografía para canulación venosa para HD proliferó en las siguientes décadas, al punto que se volvió parte de las recomendaciones de guías de manejo a nivel global y se postuló como el estándar de manejo para la cateterización venosa<sup>23</sup>. Un análisis de Cochrane de 2011 resume que la guía por ecografía tiene beneficios significativos para al éxito del procedimiento en primer intento de punción, reducción de riesgo de punción arterial y hematomas y el tiempo requerido para punción venosa exitosa<sup>24</sup>.

Desde entonces la mayor parte de las guías de inserción de CVC para uso en urgencias y cuidado crítico<sup>25</sup> y de HD incluyen la ecografía en sus recomendaciones e incluso varias la consideran mandatoria, como es el caso de los lineamientos de acreditación internacional de la *Joint Commission*<sup>16,26-28</sup>.

Las guías de la Sociedad Española de Nefrología (SEN) (recomendación 2 A), las de la *National Kidney Foundation* (NKF KDOQI) de 2019, al igual que las de 2006, las guías europeas de mejores prácticas, las guías *Caring for Australian and New Zealanders with Kidney Impairment* (CARI) (recomendación grado 1) y recientemente la Sociedad Latinoamericana de Nefrología e Hipertensión (SLANH) en su publicación para la creación, el cuidado y el manejo de los accesos vasculares para HD entre otras sociedades internacionales, recomiendan que la inserción de los CVC se realice en centros con disponibilidad de guía radiológica (ecografía y/o fluoroscopia) para su uso en todos los catéteres para minimizar complicaciones, especialmente para los catéteres tunelizados<sup>26,27,29</sup>.

## Aspectos técnicos

Desde hace cerca de 20 años, se considera la ecografía vascular en el mundo como un prerrequisito para la venopunción. La tecnología que se recomienda en la literatura es el ultrasonido bidimensional<sup>18</sup>. El Doppler resulta de utilidad en la fase de evaluación, pero no se usa en la punción. Se usa un transductor lineal de alta resolución con rangos de frecuencia entre 7 y 20 MHz<sup>29</sup>. En el proceso de implantación, la ecografía puede ser usada para marcar en la piel el mejor punto para la punción en el caso de procedimiento a ciegas o para uso en directo que permita ver el curso del avance de la aguja hasta la entrada al trayecto venoso (técnica «en tiempo real») de acuerdo con si se usa en plano o fuera de plano<sup>16</sup>.

Diferentes autores amplían la técnica de guía ecográfica. Se resumen en pasos rápidos en secuencia:

1. Posicionamiento del paciente. Debe procurarse una posición cómoda para el paciente y para el médico. Preferiblemente usar posición de Trendelenburg. En esta fase se monitoriza al paciente, se administra una fuente de oxígeno y se cumplen los procesos de seguridad como la firma de consentimiento informado.
2. Posicionamiento del ultrasonido: se procura la fuente de energía, se ubica en dirección al operador para que la pantalla sea visible de forma natural durante todo el procedimiento. Se ajusta la luz de la sala, y se verifica la funcionalidad y disponibilidad de la funda estéril (está descrito el uso de un guante estéril cuando no hay disponibilidad de funda).
3. Se realiza un barrido ecográfico de los vasos que intervenir en eje corto y luego largo u oblicuo según se defina el procedimiento, se evalúan la presencia, compresibilidad (ayuda a descartar trombosis venosa, de acuerdo con la ausencia de flujo venoso por Doppler pulsado y Doppler color), colapsabilidad con los movimientos ventilatorios, respuesta a maniobras de Valsalva, diámetro de los vasos, profundidad de la vena, relación con estructuras vecinas y evaluación de potenciales punciones accidentales de estructuras cercanas que se quieran evitar (p. ej., arterias, nervios, órganos cercanos).
4. Se realiza la técnica de limpieza del campo quirúrgico. Se cubre el transductor con una funda estéril, previa aplicación de gel en la superficie de este verificando que no haya aire dentro de la funda. En caso de no disponer de gel de ecografía estéril para aplicar en la piel lavada, se usa solución salina o solución de clorhexidina.
5. Se infiltra con anestésico local bajo guía ecográfica. La punción de la vena se hace de acuerdo con la elección del operador. Existen diferentes formas de abordaje según el eje (relación del ecógrafo con el vaso) y de plano (relación entre el plano ecográfico y la aguja). Se resalta que la punción en plano en eje oblicuo ha mostrado menor tasa de transficción de la pared posterior en comparación con el eje corto (14.7 vs. 2.9%)<sup>30</sup>.
6. La visualización ultrasonográfica directa en tiempo real (visualización bidimensional de la aguja y la guía) reduce el riesgo de falla en canulación, punción arterial, hematoma y hemotórax<sup>31</sup>. Una vez se visualiza la aguja dentro del vaso se realiza aspiración del émbolo de la jeringa conectada a la aguja.
7. Se desconecta la jeringa, verificando que el flujo de sangre no sea pulsátil.
8. Se inserta la guía metálica (no debe ofrecer resistencia).
9. Se verifica la ubicación de la guía metálica con ecografía y Doppler en el trayecto venoso en eje corto y largo.
10. Los tejidos blandos son dilatados.
11. Se inserta el catéter. Se evalúa en caso de estar disponible la turbulencia intracardiaca (signo de remolino auricular rápido), administrando solución salina a través del catéter.
12. De igual manera se recomienda descartar la presencia de lesión pulmonar por medio de ecografía torácica y la identificación en modo M del movimiento pleural (normalmente se aprecia el signo de «playa», cuando hay neumotórax se ve imagen de «código de barras»), así como la excursión pleural con el movimiento respiratorio.
13. Se procede a lavado y sellado del catéter con técnica estéril.

## Competencias del nefrólogo

La capacitación en ecografía de los nefrólogos resulta sencilla, dado el previo conocimiento de la anatomía y la técnica de punción que, como se ve, es la misma que en la técnica a ciegas. Debe incluir principios de ultrasonografía, manejo del ecógrafo y revisión del protocolo de punción y de evaluación poscatéter para descartar complicaciones posprocedimiento. Basado en las recomendaciones de las diferentes guías internacionales (CARI, KDOQI, *National Institute for Health and Care Excellence* [NICE]) se reconoce la guía ecográfica para inserción de catéteres como el estándar de oro en estos procedimientos y aunque se considera una técnica segura y reproducible, es recomendable el entrenamiento simulado en moldes antes de realizarlo en pacientes. No hay en la literatura una recomendación estricta acerca del número de procedimientos realizados para considerar que la competencia se adquirió o que el nefrólogo es experto en el procedimiento<sup>32,33</sup>. Además, dado que el mantenimiento de las habilidades es fundamental, se recomienda realizar actualización periódica y realizar al menos 10 inserciones de catéter venoso guiado por ecografía cada año para mantener la competencia<sup>34</sup>.

Sin embargo, algunas series que emplean modelos anatómicos como evaluación postentrenamiento plantean un mínimo de procedimientos exitosos para dictaminar suficiente capacitación, pero que deben evaluarse a la luz de nuestros programas de desarrollo de competencias de los posgrados de nefrología a nivel nacional para que haya más homogeneidad, como lo

sugieren algunos autores que han evaluado el entrenamiento de los residentes en otras latitudes<sup>32,35</sup>. Las guías recomiendan el reentrenamiento periódico en teoría y modelos anatómicos como parte de curvas de aprendizaje y de retroalimentación continua.

En nefrología la ecografía es una herramienta de uso diario que ofrece un campo apasionante y con un notable crecimiento en diferentes aspectos del desempeño de la especialidad; útil en pacientes con patología renal aguda y crónica. Su utilidad no se limita a la colocación de catéteres vasculares, sino también en el estudio ecográfico del riñón, la evaluación y seguimiento de fístulas arteriovenosas, la evaluación volumétrica con VEXUS y POCUS, realización de biopsias renales e implante de catéteres peritoneales, entre otros procedimientos que son competencias que se desarrollan durante el entrenamiento en nefrología<sup>36,37</sup>.

### **Futuro y oportunidades de mejora**

La ultrasonografía es desde hace cerca de 20 años para las diferentes sociedades mundiales de medicina de urgencias y de cuidado crítico una herramienta casi indispensable en la práctica cotidiana de la inserción de catéteres venosos centrales y esto no es ajeno a las guías de nefrología para diagnóstico e intervencionismo.

El escenario de uso para los nefrólogos incluye la atención del paciente intrahospitalario o en cuidado crítico no solo para la inserción de catéter, sino para su diagnóstico y tratamiento al lado de la cama; es posible, de manera sistemática, rápida y certera descartar patologías urinarias obstructivas (volumen vesical, hidronefrosis, litiasis), evaluar la volemia objetivamente en la lesión renal aguda prerrenal o determinar cambios congestivos que pueden cambiar conductas terapéuticas de manera tangencial al seguir los lineamientos de VEXUS o de POCUS, de fácil implementación e interpretación y que en recientes años ha mostrado su factibilidad y costo efectividad<sup>36,38</sup>.

También en el manejo del paciente con ERC 5 en diálisis como terapia sustitutiva crónica, la ecografía brinda información para la canulación de fístula arteriovenosa (FAV), así como para diagnosticar fallas en su funcionalidad o en la evaluación de peso seco en la práctica cotidiana de la HD intermitente<sup>39</sup>. Igualmente tiene gran protagonismo en la realización de biopsia renal.

El entrenamiento y la disponibilidad de la ecografía es la base para que esta competencia sea potestad de nefrología clínica.

### **Conclusiones**

Existe amplia evidencia de la relevancia de la ecografía en los procedimientos de nefrología, máxime en los de intervencionismo vascular, por lo que los posgrados de nefrología deben velar porque los nefrólogos en entrenamiento adquieran las competencias suficientes para usar esta tecnología. La nefrología en Colombia y Latinoamérica no debe seguir siendo ajena a los lineamientos de las sociedades de nefrología a nivel global, en una época en la que la ecografía se encuentra disponible en toda nuestra geografía, y los nefrólogos no debemos eludir el uso de estas técnicas de gran utilidad, practicidad y costo-efectividad por la falta de entrenamiento en su uso.

### **Recomendaciones**

Como coordinadores y profesores de los posgrados de nefrología de Colombia, consideramos que:

- La guía ecográfica en tiempo real disminuye los riesgos de complicaciones asociadas a punción venosa, de acuerdo con la evidencia y recomendaciones sugeridas por las principales guías de sociedades de nefrología y de cuidado crítico y emergencias. Grado de consenso: 100%.
- La ecografía debe estar disponible y presente en los implantes de catéteres vasculares realizados por los estudiantes de nefrología en entrenamiento. Grado de consenso: 100%.
- La ecografía debe estar disponible y presente en implante de catéteres vasculares de la práctica cotidiana de los nefrólogos en las unidades renales y en áreas hospitalarias, en pro de la seguridad del paciente y del médico desde el punto de médico-legal y de la vigilancia de los costos de salud de potenciales complicaciones. Grado de consenso: 100%.
- El entrenamiento en ecografía brinda herramientas a los nefrólogos para la práctica clínica que protegen las FAV y sirven de herramienta diagnóstica y de apoyo para el diagnóstico de los diferentes estados de volemia tanto en el paciente agudo como en el de ERC 5. Grado de consenso: 100%.
- Las instituciones en las que se implanten catéteres de HD deben garantizar la presencia de recursos para una práctica segura de acuerdo con las recomendaciones globales (insumos, medidas para técnica aséptica, capacitación). Esto incluye la disponibilidad de ecografía y la capacitación en su uso. Grado de consenso: 100%.

– Los catéteres de HD son competencia directa de los nefrólogos. Del acceso vascular depende la viabilidad y la calidad de la diálisis de los pacientes con ERC 5, por lo cual no es razonable ceder el espacio de los catéteres de diálisis a un especialista diferente a nefrología o en casos especiales a especialistas en radiología. Grado de consenso: 90%.

Comentario: en casos especiales (p. ej., trombosis yugular y femoral bilateral), los catéteres deben ser implantados por equipos experimentados de radiología o cirugía vascular.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a sus estudiantes y profesores por su constante estímulo para crecimiento.

## Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para el presente trabajo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## 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 en este artículo no aparecen datos de pacientes.

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

## Bibliografía

1. Diaz Águila HR. Manual de procedimientos invasivos en Medicina Intensiva y Emergencias [Internet]. Buenos Aires: Olivos, Marketing & Research; 2014. Disponible en: [https://www.intramed.net/userfiles/ebook/Manual\\_medicina\\_intensiva.pdf](https://www.intramed.net/userfiles/ebook/Manual_medicina_intensiva.pdf)
2. Meyer JA. Werner Forssmann and catheterization of the heart, 1929. *Ann Thorac Surg.* 1990;49(3):497-9.
3. Seldinger S. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol.* 1953;39(5):368-76.
4. Hansbrough JF, Narrod JA, Rutherford R. Arteriovenous fistulas following central venous catheterization. *Intensive Care Med.* 1983;9(5):287-9.
5. Fiaccadori E, Gonzi G, Zambrelli P, Tortorella G. Cardiac arrhythmias during central venous catheter procedures in acute renal failure: a prospective study. *J Am Soc Nephrol.* 1996;7(7):1079-84.
6. Maggiani-Aguilera P, Chávez-Iñiguez JS, Navarro-Gallardo JG, Navarro-Blackaller G, Flores-Llamas AM, Pelayo-Retano T, et al. The impact of anatomical variables on haemodialysis tunnelled catheter replacement without fluoroscopy. *Nephrology.* 2021;26(10):824-32.
7. 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;9(2):333-8.
8. Feldman H. Hemodialysis vascular access morbidity. *J Am Soc Nephrol.* 1996;7(4):523-35.
9. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Af S, Patrick B, et al. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(1):CD006962.
10. Himmelfarb J, Saad T. Hemodialysis vascular access: emerging concepts. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 1996;5(6):485-91.
11. Schwab SJ, Beathard G. The hemodialysis catheter conundrum: Hate living with them, but can't live without them. *Kidney Int.* 1999;56(1):1-17.
12. McGee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med.* 2003;348(12):1123-33.
13. Forauer A, Glockner J. Importance of US findings in access planning during jugular vein hemodialysis catheter placements. *J Vasc Interv Radiol.* 11(2):P233-238.
14. Lin BS, Kong CW, Tarng DC, Huang TP, Tang GJ. Anatomical variation of the internal jugular vein and its impact on temporary haemodialysis vascular access: An ultrasonographic survey in uraemic patients. *Nephrol Dial Transplant.* 1998;13(1):134-8.
15. Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí-Monrós A, et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología.* 2017;37(Supl 1):1-191.
16. Forneris G, Marciello A, Savio D, Gallieni M. Ultrasound in central venous access for hemodialysis. *J Vasc Access.* 2021;22(1 suppl):97-105.
17. Ullman J, Stoelting R. Internal jugular vein location with the ultrasound Doppler blood flow detector. *Clin Rep.* 1978;57(Jan-Feb):118.
18. Randolph AG, Cook D. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med.* 1996;24(12):2053-8.
19. Farrell J, Gellens M. Ultrasound-guided cannulation versus the landmark-guided technique for acute haemodialysis access. *Nephrol Dial Transplant.* 1997;12(6):1234-7.
20. Adesina K. Echographic localization for percutaneous internal jugular vein catheterization. *Nephrol Ther.* 1994;15(2):133-5.
21. Trerotola S, Johnson MS, Harris VJ, Shah H, Ambrosius WT, McKusky MA, et al. Outcome of tunneled hemodialysis catheters placed via the right internal jugular vein by interventional radiologists. *Radiology.* 1997;203(2):489-95.
22. Page B, Soussie M. Positioning of hemodialysis catheters after locating the internal jugular vein by echo-Doppler. *Nephrol Ther.* 1994;15(2):111-2.
23. O'Neill WC. Renal relevant radiology: Use of ultrasound in kidney disease and nephrology procedures. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2014;9(2):373-81.
24. Rabindranath KS, Kumar E, Shail R, Vaux EC. Ultrasound use for the placement of haemodialysis catheters. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(11):CD005279.
25. Saugel B, Scheeren TWL, Teboul JL. Ultrasound-guided central venous catheter placement: A structured review and recommendations for clinical practice. *Crit Care.* 2017;21(1):1-11.
26. Polkinghorne KR, Chin GK, Macginley RJ, Owen AR, Russell C, Talaulikar GS, et al. KHA-CARI Guideline: Vascular access - Central venous catheters, arteriovenous fistulae and arteriovenous grafts. *Nephrology.* 2013;18(11):701-5.
27. Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzlin AS, Abreo K, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis.* 2020;75(4):S1-164.
28. Jörres A, John S, Lewington A, Ter Wee PM, Vanholder R, Van Biesen W, et al. A European Renal Best Practice (ERBP) position statement on the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) Clinical Practice Guidelines on Acute Kidney Injury: Part 2: Renal replacement therapy. *Nephrol Dial Transplant.* 2013;28(12):2940-5.
29. Aurshina A, Hingorani A, Marks N, Ascher E. Routine use of ultrasound to avert mechanical complications during placement of tunneled dialysis catheters for hemodialysis. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2019;7(4):543-6.
30. Ralph DiLisio, Mittnacht AJC. The "medial-oblique" approach to ultrasound-guided central venous cannulation-maximize the view, minimize the risk. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(6):982-4.
31. Rabindranath K, 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;58(6):964-70.
32. Barsuk JH, Ahya SN, Cohen ER, McGaghie WC, Wayne DB. Mastery learning of temporary hemodialysis catheter insertion by nephrology fellows using simulation technology and deliberate practice. *Am J Kidney Dis.* 2009;54(1):70-6.
33. Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, Dawson R, Elbarbary M, Van Boxtel AJH, et al. Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: Definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth.* 2013;110(3):347-56.

34. Denadai R, Toledo AP, Bernades DM, Diniz FD, Eid FB, Lanfranchi LMM de M, et al. Simulation-based ultrasound-guided central venous cannulation training program. *Acta Cir Bras.* 2014;29(2):132-44.
35. Mosier JM, Malo J, Stolz LA, Bloom JW, Reyes NA, Snyder LS, et al. Critical care ultrasound training: A survey of US fellowship directors. *J Crit Care.* 2014;29(4):645-9.
36. Koratala A, Reisinger N. POCUS for nephrologists: Basic principles and a general approach. *Kidney360.* 2021;2(10):1660-8.
37. Rivera Gorrín M, Haridian Sosa Barrios R. Ecografía en Nefrología: Justificación [Internet]. Sociedad Española de Nefrología, Nefrología al día; 09/03/2020. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-ecografia-nefrologia-justificacion-279>
38. Koratala A. Point of care ultrasonography enhanced physical examination: A nephrologist's perspective. *Am J Med.* 2020;133(7):e384-5.
39. Loutradis C, Papadopoulos CE, Sachpekidis V, Ekart R, Kronic B, Karpetas A, et al. Lung ultrasound-guided dry weight assessment and echocardiographic measures in hypertensive hemodialysis patients: A randomized controlled study. *Am J Kidney Dis.* 2020;75(1):11-20.