

Evaluación ultrasonográfica de la fístula arteriovenosa y accesos de diálisis

Ultrasound assessment of arteriovenous fistulas

JUAN CAMILO CASTELLANOS-DE LA HOZ, SANTIAGO IVÁN ZONA-MORENO, ALEJANDRA MOLANO-TRIVIÑO, EDUARDO ZÚÑIGA-RODRÍGUEZ • BOGOTÁ, D.C. (COLOMBIA)

DOI: <https://doi.org/10.36104/amc.2024.4081>

Resumen

La enfermedad renal crónica representa una de las patologías más prevalentes en nuestro país, con una proporción significativa de pacientes en terapia de reemplazo renal mediante hemodiálisis. Dentro de este grupo, las fístulas arteriovenosas, tanto nativas como protésicas, representan el acceso vascular principal. En el proceso de construcción y monitoreo de las fístulas, la ultrasonografía ha adquirido un rol fundamental, siendo empleada en la valoración prequirúrgica y planteamiento quirúrgico. Además, permite la identificación de predictores de disfunción temprana y fallas en la maduración, así como la detección de complicaciones subsiguientes como estenosis y trombosis. Por lo tanto, la evaluación ultrasonográfica y el uso de la ultrasonografía a la cabecera del paciente o POCUS, se convierten en recursos indispensables para el médico que atiende a pacientes en terapia de reemplazo renal. (*Acta Med Colomb* 2024; 49 (Suplemento). DOI: <https://doi.org/10.36104/amc.2024.4081>).

Palabras clave: *nefrología, enfermedad renal crónica, hemodiálisis, fístula arteriovenosa, POCUS*

Abstract

Chronic kidney disease is one of the most prevalent diseases in our country, with a significant proportion of patients on renal replacement therapy with hemodialysis. Within this group, arteriovenous fistulas, both native and prosthetic, represent the main vascular access. Ultrasonography has gained an essential role in the construction and monitoring of these fistulas and is used in the presurgical assessment and surgical plan. It also helps identify predictors of early dysfunction and maturation failures, as well as detecting subsequent complications like stenosis and thrombosis. Therefore, ultrasound assessment and bedside ultrasound, or POCUS, are essential resources for physicians who care for patients on renal replacement therapy. (*Acta Med Colomb* 2024; 49 (Suplemento). DOI: <https://doi.org/10.36104/amc.2024.4081>).

Keywords: *nephrology, chronic kidney disease, hemodialysis, arteriovenous fistula, POCUS.*

Drs. Juan Camilo Castellanos-De La Hoz, Santiago Iván Zona-Moreno, Alejandra Molano-Triviño, Eduardo Zúñiga-Rodríguez: Servicio de Nefrología Fundación Cardioinfantil – La Cardia, Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario. Bogotá, D.C. (Colombia).

Correspondencia: Dr. Eduardo Zúñiga-Rodríguez. Bogotá, D.C. (Colombia).
E-Mail: ezuniga81@gmail.com

Recibido: 29/X/2024 Aceptado: 6/XI/2024

Introducción

En Colombia, según el informe más reciente de la cuenta de alto costo, 1 014 594 personas con diagnóstico de enfermedad renal crónica (ERC). De estas, el 4.08% se encuentran en estadio 5 según la clasificación de las guías KDIGO, con 22.583 casos que reciben terapia de reemplazo renal mediante hemodiálisis (HD). La fístula arteriovenosa (FAV) es el principal acceso vascular utilizado, con una prevalencia de 71.41%, incluyendo tanto a las FAV nativas (FAVn), como la prótesis arteriovenosa (FAVp). La región

con menor prevalencia de FAV como acceso vascular es la Amazonía-Orinoquía, con 67.29% (1). A modo de comparación, en Estados Unidos para el año 2021, la misma prevalencia se reportaba en 60.7% (2).

Las guías KDOQI más recientes sugieren una aproximación individualizada al acceso vascular, priorizando la elección del acceso más adecuado para cada paciente (3). Con el tiempo, se ha visto un cambio en la priorización de la FAVn como principal acceso vascular hacia un enfoque que considera las comorbilidades, la esperanza de vida y

las preferencias del paciente. No obstante, tanto la FAVn como a FAVp muestran una menor tasa de complicaciones frente al catéter vascular.

Los parámetros de funcionalidad de la fístula, como la presencia de recirculación o la alteración en la adecuación de la hemodiálisis (4), pueden ser señales tardías de estenosis. Dado que la FAV es superior al catéter de alto flujo en términos de longevidad, menor riesgo de infecciones y tolerancia a los flujos de sangre necesarios para una adecuada dosis de hemodiálisis (5), se debe considerar su construcción temprana y mantenimiento utilizando las herramientas disponibles. En el campo de la construcción y vigilancia del acceso arteriovenoso, la ultrasonografía realizada a la cabecera del paciente o *Point of Care Ultrasound* (POCUS), se convierte en una herramienta esencial para el médico que atiende a pacientes en terapia de reemplazo renal, especialmente para detectar y tratar tempranamente la disfunción relacionada con el flujo.

En el presente artículo se tiene como objetivo el dar a conocer el papel de la ultrasonografía en la evaluación y seguimiento de las fístulas arteriovenosas en pacientes en hemodiálisis.

¿Cómo se debe evaluar con ultrasonografía a un paciente antes de la construcción de la fístula arteriovenosa?

Dada la baja tasa de maduración del acceso vascular, que supera el 50% (6, 7), se han evaluado factores de riesgo que puedan emplearse y corregirse previo a la planificación de la FAV. Un metaanálisis con 450 pacientes, realizado con la información de una revisión sistemática de estudios publicados hasta 2015, concluyó que una evaluación ultrasonográfica preoperatoria puede resultar en citas adicionales, molestias para el paciente y demoras en el procedimiento quirúrgico (8). Además, no se ha evidenciado que esta práctica preoperatoria reduzca la necesidad de utilizar catéteres y podría incrementar los costos superfluos en el sistema de salud. No obstante, si esta evaluación se traslada a la cabecera del paciente, como parte de la evaluación de rutina realizada por el nefrólogo, es posible que se puedan mitigar estas desventajas y se logre retener información crucial que contribuya a la planificación del procedimiento.

Los aspectos más importantes para considerar durante la evaluación por US incluyen el diámetro de los vasos involucrados en la planeación de la FAV. Aunque existen datos adicionales, como el cálculo del índice de resistencia tras la hiperemia reactiva, estas evaluaciones carecen de la extensa documentación que respalda la evaluación del diámetro interno de los vasos. Para examinar los vasos del miembro superior, se debe evaluar al paciente sentado. La evaluación arterial se puede realizar en la muñeca o el codo, centrándose en la arteria radial o braquial, respectivamente. Se recomienda que el diámetro interno mínimo sea de entre 1.5 y 2.5 mm (4). Antes de realizar el ultrasonido, se palpa la arteria radial o braquial en la muñeca para identificar con

precisión la ubicación y orientación del vaso sanguíneo. Después de realizar el examen arterial, se pone un torniquete para la evaluación de las venas, el torniquete se debe posicionar por encima del sitio de estudio para garantizar que las venas estén completamente distendidas.

La evaluación de la vena yugular interna y la vena subclavia se realiza con el paciente en decúbito supino (9). Las venas comúnmente implicadas son la vena cefálica en la muñeca o el codo, la vena cefálica en el codo o la vena basílica con plan de trasposición (10). Los diámetros venosos descritos en la literatura oscilan entre 1.6 y 2.5 mm (11). Aunque no existe una recomendación específica para el tamaño vascular mínimo necesario para realizar la FAV, los diámetros inferiores a los descritos deberían ser objetivo de una amplia discusión con el equipo quirúrgico, considerando opciones de tratamiento adicionales según las características del paciente. Durante la exploración, se utiliza una sonda lineal 2D con una frecuencia de onda que varía entre 6 y 15 MHz, en esta y en todas las otras exploraciones de FAV, se recomienda apoyar ligeramente el transductor y usar bastante gel, para evitar modificar el diámetro y velocidades de los vasos. Además, se aplica el modo M para obtener medidas precisas del diámetro interno de la arteria radial o braquial durante la sístole.

La planificación de la fístula debe ser multidimensional e integrar datos obtenidos de la evaluación ultrasonográfica, así como de la historia clínica y el examen físico, correlacionándolos con la experiencia del equipo médico para gestionar el riesgo de fracaso en la maduración. Aunque en algunos casos el examen físico y la historia clínica sugieren una adecuada economía vascular y una patencia arterial aceptable, hemos optado por adherirnos a la recomendación de las guías del Grupo Español Multidisciplinar del Acceso Vascular (GEMAV) y realizar una evaluación preoperatoria sistemática con ultrasonografía. Esto nos permite obtener información más completa y precisa, lo que puede contribuir a una mejor planificación y éxito del procedimiento.

¿Cómo se debe realizar el seguimiento con ultrasonografía posterior a la construcción de fístula arteriovenosa?

La estenosis de la FAV precede en la mayoría de los casos a la trombosis, y la intervención temprana de las lesiones estenosantes se asocia a una reducción en la tasa de trombosis (4). Se han descrito varios tipos de estenosis significativas que pueden manifestarse como una reducción en el calibre del vaso acompañándose de alteraciones repetidas en otros parámetros de monitorización o vigilancia, o como una reducción de más de 50% asociada a cambios clínicos, también conocida como estenosis crítica (4, 12). Durante la maduración de la FAV, existen condiciones que pueden estar relacionadas con una falla primaria, esto incluye la edad del paciente, así como características ultrasonográficas en relación con la profundidad y diámetro de ésta, así como el

trayecto disponible para la punción (13, 14). Las patologías asociadas a la falla primaria incluyen estenosis, trombosis, pseudoaneurisma, colecciones adyacentes y robo arterial.

Utilizando ultrasonido en la cabecera del paciente, es posible diagnosticar la presencia de estenosis significativa. Salman et al. realizaron un estudio prospectivo que comparó la fistulografía con ultrasonografía para el diagnóstico de estenosis significativas en pacientes remitidos a nefrología intervencionista por fallas en la FAV, reportando una sensibilidad de 92% y una especificidad de 98% para la detección de lesiones yuxta-anastomóticas (15). Estos hallazgos junto con los resultados de metaanálisis realizado en la guía GEMAV (4), sugieren que el POCUS puede ser empleado activamente en la consulta de nefrología o en evaluaciones por enfermería para detectar estos cambios, aunque se debe considerar la limitación del valor predictivo negativo en poblaciones con alta prevalencia de lesiones. Por ello, los pacientes con alta sospecha de lesiones significativas deben evaluarse con fistulografía independientemente de los resultados de la evaluación POCUS.

Un enfoque preferente para anticipar fallas en la maduración es el propuesto por Coritsidis et al. (16): se realiza un examen ultrasonográfico posterior a la construcción de la FAV, evaluando la arteria nutricia, la vena de drenaje y la región anastomótica. Se miden y promedian el diámetro de

la fístula en sus porciones distal, media y proximal, así como la profundidad y longitud (Figura 1). También se evalúan las venas de drenaje para la canulación midiendo las distancias entre las porciones distal y proximal. La canulación de la FAV debe iniciarse cuando se cumplen los siguientes parámetros: fístula > 6 mm (sin un estrechamiento de más de 20% en todo su espesor), profundidad < 6 mm y longitud > 6 cm. Si a las tres semanas el diámetro es < 6 mm, se debe evaluar la FAV dentro de las dos semanas siguientes. Una vez que las mediciones realizadas por POCUS cumplan con los criterios anteriormente mencionados, se deben registrar y notificar al grupo de enfermería responsable para poder iniciar la canulación. Esta aproximación puede potencialmente reducir la exposición a catéteres venosos centrales y reducir el número de infecciones.

Otra estrategia de aproximación mediante ultrasonido implica realizar un examen diagnóstico en el consultorio para aquellos pacientes que presentan alteraciones durante el examen físico en la FAV, siguiendo las sugerencias de las guías de la GEMAV (4). No hay evidencia definitiva que favorezca una u otra aproximación. En consenso dentro de este grupo es llevar a cabo una evaluación sistemática después de la creación de la FAV, aproximadamente tres semanas después de su realización, y en FAV maduras, realizar exámenes específicos basados en los hallazgos del examen físico o problemas que

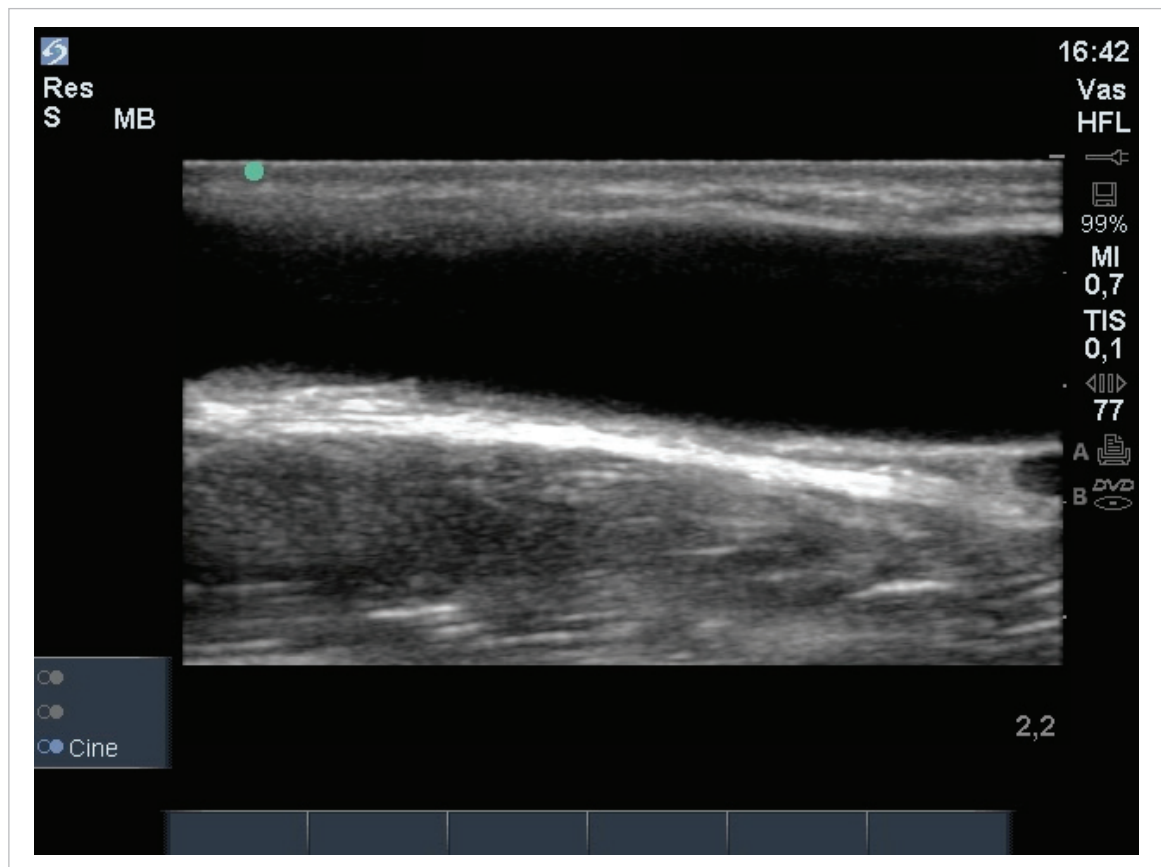


Figura 1. Vista longitudinal de la una fístula arteriovenosa nativa.

surjan durante la terapia o la adecuación de la hemodiálisis.

Es fundamental recordar que el examen físico no debe ser desatendido como herramienta primordial para la monitorización de la fístula. En condiciones ideales, una FAV debe exhibir un pulso suave y fácilmente compresible, un thrill palpable a lo largo de todo su trayecto (entre las dos agujas), con mayor intensidad en la región yuxtananastomótica (17), y un soplo continuo con un componente sistólico y diastólico.

¿Se puede utilizar la ultrasonografía para guiar la punción de fistulas arteriovenosas?

No es imperativo realizar punciones dirigidas por ultrasonografía en cada sesión de hemodiálisis; sin embargo, su uso puede resultar beneficioso en situaciones donde la punción es complicada debido a un índice de masa corporal elevado, profundidad excesiva o un diámetro insuficiente de la FAV. La evidencia que respalda el uso de ultrasonido para la punción de FAV maduras es escasa y mayormente proviene de estudios observacionales. El único estudio aleatorizado es un piloto que no contaba con un diseño adecuado para probar una hipótesis de superioridad en la canulación guiada por ultrasonido, pero sí demostró su viabilidad, incluso cuando se llevaba a cabo de manera rutinaria (18). El uso del POCUS para posicionar correctamente las agujas, puede mejorar la entrega de dosis de la terapia, permitiendo aumentar el flujo de bomba sin afectar las presiones de la máquina (19).

Para llevar a cabo este procedimiento, es necesario utilizar un transductor de alta frecuencia, típicamente en el rango de 6 a 15 MHz. El primer paso consiste en evaluar minuciosamente el sitio de punción, documentando la longitud, profundidad y diámetro, así como cualquier anomalía evidente como trombosis o estenosis (19). Durante la punción, es crucial mantener un ambiente estéril; por lo tanto, el transductor debe estar cubierto con una funda estéril, y el gel del ultrasonido utilizado como medio de contacto también debe ser estéril. En ausencia de gel de ultrasonido estéril, se puede emplear solución salina normal. Dado que no existe un protocolo estandarizado para el procedimiento, se recomienda que el personal médico utilice la técnica con la que esté más familiarizado, preferiblemente una técnica similar a la empleada durante la canulación para catéter venoso central.

¿Es pertinente realizar evaluación POCUS de la fístula arteriovenosa con Doppler?

La evaluación de flujo con ultrasonido Doppler (UD) es un procedimiento complejo que requiere experiencia, la dificultad de la técnica hace que la correlación del flujo estimado con el flujo medido o estimado por otras técnicas sea variable (20). Sin embargo, se ha observado una correlación entre los cambios en el UD y la presencia de estenosis significativa de la FAV (4). Además, se ha demostrado que el flujo arterial estimado mediante UD durante el seguimiento

postoperatorio está asociado a mayores tasas de maduración (21). El personal médico que utiliza el ultrasonido para el cuidado de pacientes en diálisis debe tener conocimientos básicos sobre la física del ultrasonido y los requisitos para una estimación precisa del flujo de la FAV.

Según lo descrito en una revisión reciente por Adina Voiculescu y Dirk Hentschel (22), para realizar una medición precisa del flujo, se debe seleccionar una arteria o vena sin turbulencias, como la arteria braquial en el codo o una vena una zona no compresible. Se recomienda utilizar el modo D con un transductor lineal que tenga una frecuencia entre 7.5 y 12 MHz (4). La colocación de la puerta Doppler debe ser en el centro del vaso sanguíneo, ajustando el volumen de la muestra para abarcar entre 75 y 100% del lumen del vaso. Es esencial ajustar el ángulo de los pulsos de UD para que la corrección angular sea paralela al vaso, asegurando un ángulo adecuado ($< 60^\circ$) entre la onda de ultrasonido y el vaso, recordando que mantener un ángulo mayor al recomendado aumenta la probabilidad de error de la estimación y que un ángulo de exactamente 90° imposibilita la medición (Figura 2).

Una vez configurado el equipo, el segundo paso consiste en activar el Doppler espectral para registrar las velocidades promedio de flujo durante varios ciclos cardíacos. Posteriormente, se congela la imagen y el Doppler para calcular el volumen mediante una calculadora especializada. La velocidad media se determina a lo largo de 3-4 ciclos cardíacos, y el diámetro del vaso se mide de manera perpendicular, evitando comprimirlo. Con estos valores, se puede calcular el volumen de flujo y se recomienda realizar 2-3 mediciones para garantizar la precisión y obtener un promedio. Finalmente, es importante documentar el volumen de flujo y la presión arterial medidos simultáneamente para tener un registro completo. Una FAV funcionante tiene un volumen entre 300-800 mL/min, con flujos mayores a 500 mL/min el 70% de los accesos se puede emplear para hemodiálisis (23).

Ultrasonografía en catéteres vasculares

Los catéteres vasculares de diálisis son útiles en la atención de emergencias que requieran diálisis, o como solución temporal en pacientes con enfermedad renal crónica hasta disponer de un acceso definitivo. La ecografía es el método de elección para la colocación de catéteres vasculares (24); más cuando el procedimiento ecodirigido lleva a cambio del planeamiento inicial hasta en tres cuartas por anomalías detectadas en la evaluación como evidencia de trombosis, estenosis o variantes anatómicas (25). Esto permite aumentar la tasa de éxito en el primer intento y disminuir las complicaciones asociadas al procedimiento. La ecografía se utiliza para evaluar el tamaño, la profundidad, el curso y las estructuras circundantes optimizando la selección del vaso y sitio de punción antes del procedimiento. Una vez canulado, debe validarse el curso intravascular de la guía y de ser posible se debe realizar confirmación de la punta con fluoroscopia o usando el mismo ecógrafo (mediante la

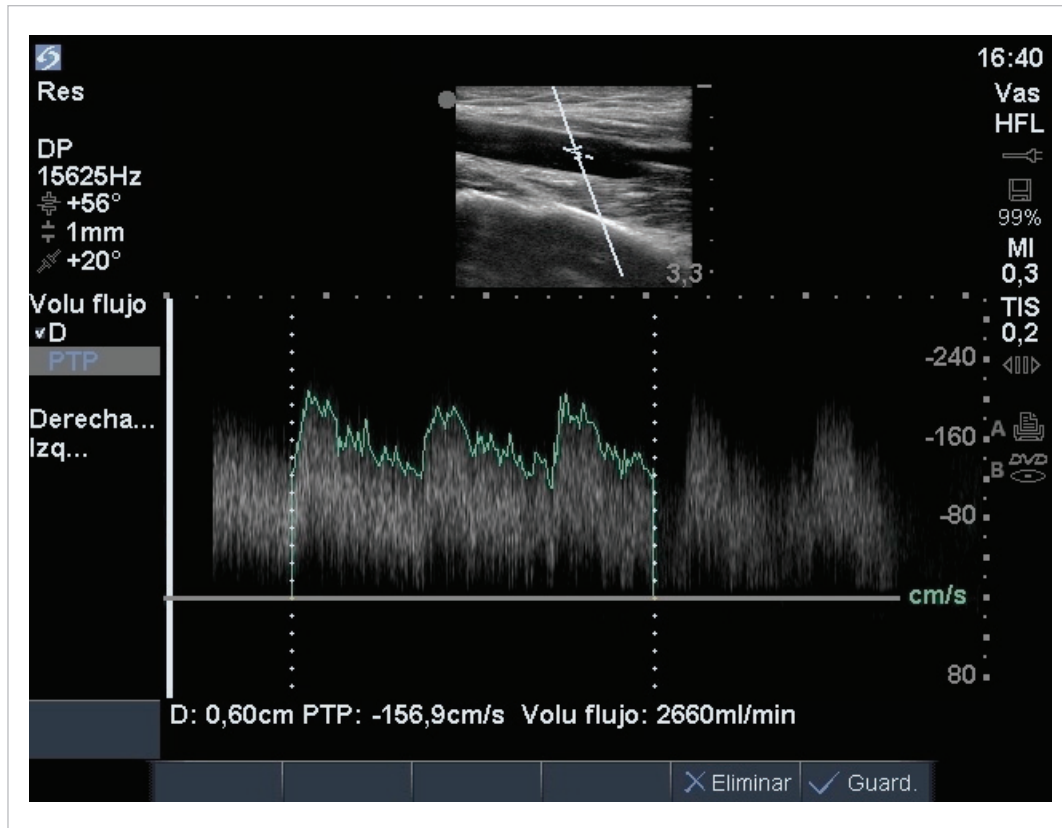


Figura 2. Estimación del flujo de la fístula arteriovenosa nativa.

administración de solución salina agitada hasta su llegada a la aurícula derecha o verificando el movimiento de la guía en las cámaras cardiacas).

Para el procedimiento es indispensable conocer la ecogenicidad de los tejidos (brillo de una imagen en la pantalla de acuerdo con la reflexión del ultrasonido en el tejido). Los tejidos en donde no se reflejan las ondas de sonido serán anecoicas (Ej. Aire), si su reflexión es muy alta serán hiperecoicas (Ej. Hueso) y si es intermedia serán hipo o isoecoicas. De igual manera según la compresibilidad, textura y otras características deberá definirse nociones básicas de sonoanatomía (Tabla 1).

Para explorar los vasos sanguíneos existen tres ejes (relación entre el ecógrafo y el vaso sanguíneo) longitudinal o en eje largo, transverso o corto y el eje oblicuo. Respecto al plano (relación entre la aguja y el ecógrafo), puede ser en plano o fuera de plano. Si bien no existe alguna recomendación puntual sobre el eje o plano más adecuado en los catéteres de diálisis, sugerimos el abordaje en eje oblicuo y punción en plano buscando tener los beneficios de la evaluación completa de los tejidos circundantes y una visualización más precisa del cuerpo y la punta de la aguja.

Ultrasonografía en catéteres peritoneales

La colocación del catéter peritoneal seguro y oportuno es un requisito previo para el éxito de los programas de

diálisis peritoneal. Tradicionalmente, los catéteres de diálisis peritoneal se colocaban mediante laparoscopia o mini laparotomía. No obstante, actualmente, los nefrólogos los colocan con mayor frecuencia mediante técnica percutánea, mejorando los tiempos de espera, acortando los tiempos de hospitalización y evitando anestesia general (26). La guía ecográfica es fundamental en este contexto, permitiendo la valoración preoperatoria en la que se recomienda evaluar:

- **Grosor y delimitación de las capas de la pared abdominal:** en eje transverso sobre el borde medial del recto abdominal a nivel del ombligo, se recomienda delimitar las capas de la pared abdominal (tejido subcutáneo, vai-

Tabla 1. Características ultrasonográficas de los tejidos.

Tejido	Demormabilidad	Texturas y otros
Venas	Si. Compresible - ovoide	Anecoico
Arterias	No. Pulsátil - redondo	Anecoico – bordes hiperecoicos
Grasa	Si. Cambia de forma	Hipoecoica con líneas hiperecoicas irregulares
Músculos	Cambia de forma	Heterogéneo (líneas hiperecoicas dentro del tejido hipoeicoico–cielo estrellado)
Hueso	No	Línea hiperecoicas con sombra acústica posterior (hipoeicoica)

na del recto y peritoneo) y medir la distancia desde el peritoneo parietal hasta la piel. Aunque algunos grupos han definido de manera arbitraria el límite máximo para técnica percutánea profundidad menor de 5.5 cm (26), si se realiza adecuada disección hasta la aponeurosis de los rectos, la profundidad no es una limitante para el procedimiento ecodirigido.

- **Adherencias:** el deslizamiento normal de las vísceras se produce en cada respiración por el movimiento diafragmático. Se define movimiento restringido si es menor de 1 cm durante la respiración.
- **Vasculatura:** se debe identificar la vasculatura abdominal mediante Doppler de flujo color, incluyendo los vasos epigástricos inferiores y accesorios para evitar la lesión inadvertida de los mismos durante el procedimiento.
- **Otras estructuras:** en condiciones donde exista limitación para el procedimiento como grandes riñones por hidronefrosis, enfermedad poliquística, o aneurismas aórticos o de sus ramas, se recomienda referir el paciente a cirugía.

Durante el procedimiento, el ultrasonido no solo es de gran utilidad para guiar la punción hasta la cavidad peritoneal sino también puede ser usado para guiar la anestesia regional (bloqueo del plano transversal del abdomen). Posteriormente, puede utilizarse en el seguimiento del paciente para identificar colecciones alrededor del túnel del catéter que permitan de manera rápida tomar medidas terapéuticas (24).

Conclusiones

En este trabajo, resaltamos la importancia crítica de la ultrasonografía en la evaluación y seguimiento de las fístulas arteriovenosas en pacientes en hemodiálisis. Mediante la implementación de la ultrasonografía a la cabecera del paciente, es posible mitigar desventajas como demoras e incomodidades, permitiendo a su vez la detección temprana de disfunciones del flujo y facilitando la planificación quirúrgica. La integración de técnicas de ultrasonografía con un examen físico exhaustivo permite una gestión más eficaz del acceso vascular, mejorando las tasas de éxito en la maduración de las fístulas y minimizando la necesidad de intervenciones invasivas futuras. Por lo tanto, este enfoque integral no solo mejora los resultados clínicos, sino que también puede resultar en una disminución de los costos al sistema de salud, subrayando de esta manera el valor de un enfoque proactivo y personalizado en el manejo de pacientes con ERC.

Adicionalmente, la ultrasonografía se posiciona como una herramienta indispensable para la colocación de catéteres vasculares y peritoneales, optimizando tanto la planeación como la ejecución de los procedimientos. En los catéteres vasculares, el uso del ultrasonido permite identificar anomalías como trombosis, estenosis o variantes anatómicas, mejorando la tasa de éxito en el primer intento y reduciendo las complicaciones. Además, su capacidad

para evaluar las características del vaso y validar el curso intravascular de la guía resalta su versatilidad en todas las etapas del procedimiento. Por otro lado, en los catéteres peritoneales, la ecografía permite una valoración preoperatoria detallada, identificando estructuras anatómicas clave, adherencias y vasculatura, lo que favorece un acceso seguro. Asimismo, su aplicación intraoperatoria y en el seguimiento postoperatorio contribuye al éxito del tratamiento y a la detección temprana de complicaciones. La implementación adecuada de estas técnicas ecográficas refuerza la seguridad, eficacia y precisión en la práctica clínica.

Referencias

1. **Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo.** Situación de la enfermedad renal crónica, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus en Colombia 2022 - Cuenta de Alto Costo [Internet]. 2023 [citado 13 de abril de 2024]. Disponible en: <https://cuentadealtocosto.org/publicaciones/situacion-de-la-enfermedad-renal-cronica-la-hipertension-arterial-y-la-diabetes-mellitus-en-colombia-2022/>
2. **NIH.** Vascular Access. *USRDS* [Internet]. [citado 13 de abril de 2024]. Annual Data Report. Disponible en: <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/>
3. **Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzin AS, Abreo K, et al.** KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *American Journal of Kidney Diseases.* 2020;75(4):S1-164.
4. **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 Nov;37:1-191.
5. **Lok CE, Huber TS, Orchanian-Cheff A, Rajan DK.** Arteriovenous Access for Hemodialysis: A Review. *JAMA.* 2024;0535.
6. **Lok CE, Oliver MJ.** Overcoming Barriers to Arteriovenous Fistula Creation and Use. *Seminars in Dialysis - Wiley.* 2003;16(3):189-96.
7. **Lok CE, Allon M, Moist L, Oliver MJ, Shah H, Zimmerman D.** Risk equation determining unsuccessful cannulation events and failure to maturation in arteriovenous fistulas (REDUCE FTM I). *Journal of the American Society of Nephrology.* 2006;17(11):3204-12
8. **Kosa SD, Al-Jaishi AA, Moist L, Lok CE.** Preoperative vascular access evaluation for haemodialysis patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2015;2015(9).
9. **Robbin ML, Gallichio MH, Deierhoi MH, Young CJ, Weber TM, Allon M.** US vascular mapping before Hemodialysis Access Placement. *Radiology.* 2000 Oct;217(1):83-8.
10. **Lima A, Carrilho P, Germano A.** Clinical and ultrasound evaluation for Hemodialysis Access Creation. *Nefrología.* 2022;42(1):1-7.
11. **Bashar K, Clarke M, Burke PE, Kavanagh EG, Walsh SR.** The role of venous diameter in predicting arteriovenous fistula maturation: When not to expect an AVF to mature according to pre-operative vein diameter measurements? A best evidence topic. *International Journal of Surgery.* 2015;15:95-9.
12. **Malik J, de Bont C, Valerianova A, Krupickova Z, Novakova L.** Arteriovenous Hemodialysis Access Stenosis Diagnosed by Duplex Doppler Ultrasonography: A Review. *Diagnostics MDPI.* 2022;12(8):1979.
13. **Gjorgjievski N, Dzekova-Vidimliski P, Gerasimovska V, Pavleska-Kuzmanovska S, Gjorgjievska J, Dejanov P, et al.** Primary Failure of the Arteriovenous Fistula in Patients with Chronic Kidney Disease Stage 4/5. *Maced J Med Sci.* 2019;7(11):1782-7.
14. **Chytilova E, Jemcov T, Malik J, Pajek J, Fila B, Kavan J.** Role of Doppler ultrasonography in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors. *J Vasc Access.* 2021;22(1 Suppl):42-55.
15. **Salman L, Ladino M, Alex M, Dhamija R, Merrill D, Lenz O, et al.** Accuracy of ultrasound in the detection of inflow stenosis of arteriovenous fistulae: Results of a prospective study. *Seminars in Dialysis.* 2010 Jan;23(1):117-21.
16. **Coritsidis GN, Machado ON, Levi-Haim F, Yaphe S, Patel RA, Depa J.** Point-of-care ultrasound for assessing arteriovenous fistula maturity in outpatient hemodialysis. *J Vasc Access.* 2020;21(6):923-30.
17. **Salimi F, Shahabi S, Talebzadeh H, Keshavarzian A, Pourfakharan M, Safaei M.** Evaluation of Diagnostic Values of Clinical Assessment in Determining the Maturation of Arteriovenous Fistulas for Satisfactory Hemodialysis. *Adv Biomed Res.* 2017;6:18.
18. **Kumar L, Soi V, Adams E, Brown Deacon C, Zidan M, Yee J.** Coronal mode

- ultrasound guided hemodialysis cannulation: A pilot randomized comparison with standard cannulation technique. *Hemodialysis International*. 2018;22(1):23-30.
19. **Schoch M, Bennett PN, Currey J, Hutchinson AM.** Point-of-care ultrasound use for vascular access assessment and cannulation in hemodialysis: A scoping review. *Seminars in Dialysis*. 2020;33(5):355-68.
20. **Schwarz C, Mitterbauer C, Boczula M, Maca T, Funovics M, Heinze G, et al.** Flow monitoring: performance characteristics of ultrasound dilution versus color Doppler ultrasound compared with fistulography. *American Journal of Kidney Diseases*. 2003;42(3):539-45.
21. **Robbin ML, Greene T, Allon M, Dember LM, Imrey PB, Cheung AK, et al.** Prediction of Arteriovenous Fistula Clinical Maturation from Postoperative Ultrasound Measurements: Findings from the Hemodialysis Fistula Maturation Study. *J Am Soc Nephrol*. 2018;29(11):2735-44.
22. **Voiculescu AS, Hentschel DM.** Point-of-care vascular ultrasound: Of fistulas and flows. *Advances in Chronic Kidney Disease*. 2021;28(3):227-35.
23. **Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, Gallichio MH, Young CJ, Deierhoi MH, et al.** Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation. *Radiology*. 2002 Oct;225(1):59-64.
24. **Niyyar VD.** Ultrasound in dialysis access: Opportunities and challenges. *J Vasc Access*. 2020;21(3):272-80.
25. **Forauer AR, Glockner JF.** Importance of US findings in access planning during jugular vein hemodialysis catheter placements. *J Vasc Interv Radiol*. 2000;11(2):233-8.
26. **Shanmugalingam R, Makris A, Hassan HC, Li Y, Deguzman I, Nandakoban H, et al.** The utility of sonographic assessment in selecting patients for percutaneous insertion of peritoneal dialysis catheter. *Peritoneal Dialysis International*. 2017;37(4):434-42

