

Original

Validación del método inverso para la determinación del flujo de acceso con termodilución

M. Luz Sánchez Tocino^{a,*}, Antonio López González^b, Silvia Villoria González^a, M. Isabel González Sánchez^c, Mónica García Macías^c, Alicia González Horna^c, Ana Silvia Puente González^d, Marc Handel Blanc^e, Karina Furaz Czereak^c y Hortensia Sánchez Tocino^f

^a Fundación Renal Íñigo Álvarez de Toledo, Ciudad Rodrigo, Salamanca, España

^b Hospital Universitario A Coruña, A Coruña, España

^c Fundación Renal Íñigo Álvarez de Toledo, Móstoles, Madrid, España

^d Facultad de Enfermería y Fisioterapia, Salamanca, España

^e Fundación Renal Íñigo Álvarez de Toledo, Béjar, Salamanca, España

^f Hospital Universitario Río Hortega, Valladolid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

RESUMEN

Historia del artículo:

Recibido el 1 de agosto de 2020

Aceptado el 17 de enero de 2021

On-line el 18 de junio de 2021

Palabras clave:

Acceso vascular

Flujo de acceso

Termodilución

Optimización

Seguridad

Introducción: La termodilución es un método ampliamente usado para la medición del flujo de acceso vascular (Q_A). Entre las posibilidades de la termodilución, el método inverso (MI) puede ser beneficioso en el tiempo de ejecución, sin repercusión en la eficacia dialítica (Kt). Sin embargo, no es una técnica lo suficientemente estudiada.

Método: Estudio transversal sobre 117 fistulas arteriovenosas. Se realizaron 2 mediciones de Q_A con el método descrito por el fabricante (MR) y otra con MI. El MI se basa en la obtención del registro de recirculación invertida al iniciar la sesión y una única medición posterior de recirculación con las líneas en posición normal. En el análisis de concordancia se utilizó el método Bland-Altman y el índice kappa de Cohen.

Resultados: Se evidenció muy buena concordancia entre MR y MI para Q_A inferiores a 700 ml/min, pero empeora a medida que aumenta el flujo. La variabilidad mediana entre las mediciones con MR (variabilidad intramétodo) fue del 3,4% (-17,13). Este valor no difirió de la variabilidad mediana generada entre MR y MI (variabilidad intermétodo), que fue del 2% (-14,12) ($p=0,287$). El grado de acuerdo entre ambos para identificar fistulas arteriovenosas susceptibles de intervención fue muy bueno ($\kappa=0,834$). El tiempo empleado utilizando el MI fue significativamente menor ($p=0,000$), sin evidenciarse variaciones en el Kt de las sesiones de medida ($p=0,201$).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Lsanchez@friat.es (M.L. Sánchez Tocino).

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2021.01.007>

0211-6995/© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Conclusiones: El MI de termodilución es válido para determinar el flujo del acceso vascular, especialmente en Q_A inferiores a 700 ml/min, con gran ahorro de tiempo, simplificación del procedimiento y sin modificar la eficacia de diálisis. La variabilidad entre la medición por MR y MI es similar a la propia del MR. La concordancia entre métodos a la hora de identificar fistulas arteriovenosas potencialmente patológicas es muy buena.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Validation of the inverse method for the determination of the access flow with thermodilution

ABSTRACT

Keywords:

Vascular access
Access flow
Thermodilution
Optimization
Security

Introduction: Thermodilution is a widely used method for measuring vascular access flow (Q_A). Among the possibilities of thermodilution, the reverse method (RM) can be beneficial in the execution time, without impact on the dialysis efficacy (K_t). However, it is not a sufficiently studied technique.

Method: Transversal study of 117 arteriovenous fistulas. Two Q_A measurements were taken with the method described by the manufacturer (MR) and another with RM. RM is based on the obtention of an inverted recirculation registry at the beginning of the session and a single subsequent recirculation measurement with the lines in normal position. In the concordance analysis, the Bland-Altman method and Cohen's Kappa index were used.

Results: Very good concordance between MR and RM was evidenced for Q_A below 700 ml/min, but it worsens as flow increases. The median variability between the MR measurements (intra-method variability) was 3.4% (−17.13). This value did not differ from the median variability generated between MR and RM (inter-method variability), which was 2% (−14,12) ($P = .287$). The degree of agreement between the 2 to identify arteriovenous fistulas susceptible to intervention was very good ($Kappa = 0.834$). The time spent using the RM was significantly shorter ($P = .000$) without evidence of variations in the K_t of the measurement sessions ($P = .201$).

Conclusions: The thermodilution RM is valid to determine the flow of the vascular access, especially in Q_A lower than 700 ml/min, with great time savings, simplification of the procedure and without modifying the dialysis efficiency. The variability between the measurement by MR and RM is similar to that of MR. The concordance between methods in identifying potentially pathological arteriovenous fistulas is very good.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introducción

La determinación del flujo de acceso (Q_A) de la fistula arteriovenosa (FAV) se ha convertido en uno de los pilares que conforman los programas de seguimiento y monitorización del AV^{1,2}. La utilización de los métodos dilucionales para la determinación indirecta del Q_A ha supuesto un cambio cualitativo en el estudio de la FAV³.

Desde la primera determinación descrita en 1995 por Nicolai Krivitski⁴, con la ultrasonografía dilucional, se han descrito diversas técnicas dilucionales que permiten el cálculo indirecto del Q_A durante la hemodiálisis y, por tanto, efectuar el seguimiento funcional de la FAV. No existe una clara preferencia por ninguno de estos métodos⁵ y la mayoría de los estudios han evidenciado valores equivalentes de Q_A tras aplicar simultáneamente distintas técnicas dilucionales^{6,7}. Entre todos los métodos, la termodilución (TD) descrita por Schneditz et al.⁸ tiene la ventaja de que se realiza mediante un biosensor integrado en el monitor de diálisis, lo que hace que

resulte más cómodo para los profesionales de enfermería, ya que no requiere de un aparataje externo⁹.

La determinación del Q_A con TD se realiza a través de la cuantificación de la recirculación, modificando la temperatura de la sangre de manera puntual, con y sin inversión de las líneas sanguíneas de hemodiálisis. Si ambas agujas, arterial y venosa, se han insertado en la misma vena arterializada, al invertir las líneas sanguíneas se crea una recirculación artificial que se puede cuantificar midiendo la temperatura de la sangre y que nos permite calcular el Q_A según la fórmula descrita por el fabricante¹.

Para ello, hay que determinar en primer lugar el valor medio de 2 mediciones de recirculación con correcta colocación de las líneas de hemodiálisis (R_N), y, posteriormente, una única medición de la recirculación con las líneas invertidas (R_x)⁸.

Sin embargo, la ejecución de este procedimiento supone un importante consumo de tiempo. Ante esto y de cara a una mayor operatividad, se tiende a simplificar el método

haciendo una única medida de R_N . No hemos encontrado estudios que analicen el impacto de esta modificación del método en los valores de Q_A . Tampoco la bibliografía disponible referente al uso de TD especifica si se aplica el método completo de referencia descrito por el fabricante^{10,11}.

La manipulación necesaria para invertir las líneas de hemodiálisis y proceder a la medición de la R_X puede provocar movilizaciones accidentales de la aguja con riesgo de rotura venosa. A esto hay que sumarle un aumento del riesgo de infección relacionado con la múltiple manipulación de las líneas¹².

Con el fin de optimizar la eficiencia y seguridad del método, planteamos una modificación del procedimiento que se basa en intercambiar el orden de medición de la recirculación del acceso y la eliminación de la doble medición de R_N . Al iniciar la diálisis lo hacemos con las líneas invertidas y obtenemos en primer lugar el dato de R_X y, posteriormente, un solo valor de R_N ; el tiempo del procedimiento y el número de manipulaciones se reduce, con una sola inversión frente a las 2 del método de referencia descrito por el fabricante (MR), lo que implica un menor riesgo de la técnica. La diferencia entre ambos métodos se representa en el esquema.

El objetivo principal de este estudio fue validar el método inverso (MI) de medida del Q_A con TD a través del análisis de la variabilidad generada y su concordancia clínica con respecto al MR. El objetivo secundario fue evaluar el tiempo empleado para la determinación del Q_A y su repercusión sobre la eficacia dialítica.

Material y método

Se llevó a cabo un estudio observacional trasversal donde se analizaron las FAV pertenecientes a pacientes en programa de hemodiálisis periódica en 3 centros periféricos. Todos los pacientes fueron informados y dieron su consentimiento. El protocolo fue aprobado por el comité de ensayos clínicos de la Fundación Jiménez Díaz.

Se definió como criterio de inclusión un período de maduración de la FAV superior a un mes ($n=131$). Se excluyeron posteriormente 8 FAV en las que la aguja venosa de retorno sanguíneo se puncionaba en una vena distinta a la arterializada, 3 FAV con presencia de circulación colateral y 3 FAV en las que se había detectado una alta recirculación del propio acceso. En estos 3 supuestos no se puede determinar el flujo del acceso con métodos dilucionales⁶, quedando la muestra reducida a 117 FAV.

Como variable primaria, se registró el Q_A (ml/min) mediante TD. Para la obtención de las medidas se utilizó el sensor de temperatura sanguínea Blood Temperature Monitor (BTM[®]). Este sensor, incorporado a los monitores de hemodiálisis 5008 de Fresenius, permite calcular el porcentaje de recirculación existente con R_N y R_X . A partir de estos valores, el Q_A se calcula mediante la siguiente ecuación matemática⁸:

$$Q_A = \frac{(Q_S - TUF) \cdot (1 - R_X - R_N + R_X \cdot R_N)}{R_X - R_X \cdot R_N - \left(\frac{Q_S - TUF}{Q_S} \right) \cdot (R_N - R_X \cdot R_N)}$$

Donde Q_S es el flujo efectivo de sangre (ml/min); TUF es la tasa de ultrafiltración (ml/min); R_N es la recirculación obtenida

con las líneas de hemodiálisis en posición normal y R_X es la recirculación obtenida con las líneas de hemodiálisis en posición invertida.

En el esquema se representan las diferencias entre los métodos MR y MI. Se realizaron 3 mediciones consecutivas. En las 2 primeras (MR1 y MR2) se aplicó el MR, es decir, el descrito por el fabricante. Este consiste en utilizar, para el cálculo matemático, el valor medio de 2 medidas de R_N y una única medida de R_X , obtenidas en este mismo orden. En la tercera medición se utilizó el procedimiento propuesto, el MI. Este se basa en utilizar, para el cálculo matemático del Q_A , un único registro de R_X obtenido en primer lugar, al comenzar la sesión de hemodiálisis con las líneas invertidas, y otra única medición de la R_N obtenida posteriormente.

Todas las determinaciones se realizaron en los primeros 90 min de tratamiento y se mantuvo una ratio de ultrafiltración constante para evitar influencias en la medida del Q_A producidas por los cambios de volemia¹². Además, se utilizó un flujo de bomba de 250 ml/min⁸, la distancia entre agujas fue la misma en cada proceso y las punciones fueron en posición anterógrada y con el bisel hacia abajo, según las últimas recomendaciones^{1,13}.

Como variables secundarias se recopilaron la presión arterial media (PAM) en el momento de medir la recirculación, el tiempo necesario para realizar la medición y el Kt de la sesión de hemodiálisis medido mediante dialisancia iónica. Como datos complementarios se recogieron variables demográficas (edad y tiempo en hemodiálisis) y relacionadas con la FAV (tipo de acceso vascular, localización y tiempo del mismo).

Todos los parámetros del estudio se recogieron a través de la historia clínica informática mediante el programa Nefrosoft[®] V.6.7.4.

Análisis estadístico

El abordaje estadístico se llevó a cabo con el programa IBM[®] SPSS[®] Statistics v20. Las variables cuantitativas se presentaron como media y desviación estándar o mediana y rango intercuartílico, atendiendo al criterio de normalidad determinado a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La comparación de variables continuas se realizó como datos pareados de cada paciente. Se concretó el análisis de significación estadística para $p \leq 0,05$ utilizando la prueba t-Student, ANOVA o Wilcoxon según procedió. Para el estudio de la concordancia se utilizó el coeficiente de correlación intraclass previa transformación logarítmica de los datos para ajustarse al criterio de normalidad, el método Bland-Altman y el índice kappa de Cohen (K).

Resultados

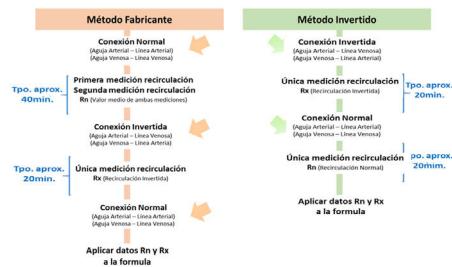
Se han analizado un total de 117 FAV, 107 (91,5%) nativas y 10 (8,5%) protésicas, de pacientes cuya mediana de edad fue de 70 (60-78) años y de tiempo en programa de hemodiálisis de 44 (22-97) meses. El 60% (70 de 117) de las FAV eran radiales y el 40% (44 de 117) eran humerales. La mediana de tiempo de permanencia del acceso vascular fue de 32 (17-58) meses.

En la tabla 1 se muestran los registros de Q_A obtenidos en las distintas medidas realizadas. Estas medidas no

Tabla 1 – Registros del flujo de acceso

		Mediana y rango, en ml/min	p
Método de referencia	MR1	730 (464-1.107)	0,125
	MR2	819 (499-1.191)	
	MR ^a	754 (490-1.151)	0,893
Método inverso	MI	760 (469-1.163)	

^a Q_A de referencia obtenido del promedio entre MR1 y MR2.



Esquema general del estudio – . Diferencias entre el MR y el MI. El método del fabricante requiere 3 manipulaciones de líneas y unos 60 min de intervención; el invertido, 2 manipulaciones y unos 40 min.

estuvieron condicionadas por la PAM ($p=0,634$), cuyos valores registrados en los distintos momentos de medición fueron $88,7 \pm 14,1$ mmHg en MR1, $88,6 \pm 13,7$ mmHg en MR2 y $87,78 \pm 12,1$ mmHg en MI.

En este estudio hemos confirmado que las medidas realizadas con el procedimiento propuesto son equiparables y, por lo tanto, concordantes. En el análisis cuantitativo de concordancia, el coeficiente de correlación intraclass para las 2 medidas MR fue de 0,907 (IC 95% 0,866-0,935). Según los criterios de Landis y Koch¹⁴, ambas medidas presentaron una concordancia casi perfecta. Este mismo grado de concordancia se ha evidenciado también entre las medidas obtenidas con el MR y el MI, siendo el valor del coeficiente de correlación intraclass de 0,946 (IC 95% 0,922-0,962).

Para confirmar la semejanza entre las medidas propuestas se ha aplicado el procedimiento de Bland-Altman¹⁵ (fig. 1), donde observamos que la variabilidad (mediana de las diferencias) entre MR1 y MR2 fue de -21 ml/min. Esta proximidad a 0 nos indica la semejanza de ambas medidas. Esta semejanza también se observa al comparar las medidas con MI frente al MR, donde la variabilidad fue de 14 ml/min.

La variabilidad no es igual para cualquier Q_A, pues se evidencia que para magnitudes de flujo superiores a 700 ml/min empeora la concordancia.

Para facilitar la comprensión de los resultados los expresamos como porcentaje en la figura 2. La variabilidad intramétodo entre MR1 y MR2 fue del 3,4% ($-17,13\%$). No encontramos tampoco diferencias significativas ($p=0,287$) entre los 2 métodos (variabilidad intermétodo), cuyo valor mediano fue del 2% ($-14,12\%$).

La figura 3 muestra el grado de acuerdo entre las 2 medidas del MR y la medida de MR y MI, en función de la variabilidad que se pretenda aceptar. A medida que aumenta la variación en el resultado considerada como aceptable por las sociedades internacionales^{5,6} (tolerancia aceptada), aumenta el grado de

acuerdo entre medidas. En ambos casos los porcentajes que marcan el acuerdo son parecidos, incluso se obtienen mejores resultados con el MI en la medida de referencia que con ambas medidas realizadas con el MR.

En la figura 4 se muestra la clasificación de las FAV según el Q_A sea menor o mayor de 500 ml/min, comparando ambos métodos. El grado de acuerdo entre el Q_A obtenido con el MR y el obtenido con el MI fue del 93% ($K=0,834$), casi perfecto. Con lo que el MI es útil para indicar disfunción, al igual que el MR.

Se ha analizado el tiempo empleado para obtener los datos de recirculación de la FAV imprescindible para la medición del Q_A. Se ha evidenciado una disminución significativa del tiempo requerido al utilizar el MI frente al MR, 48 ± 10 y 67 ± 13 min ($p=0,000$), respectivamente. No se detectaron diferencias significativas en los Kt obtenidos al utilizar ambos métodos de medida, siendo su valor medio de $45,1 \pm 6,81$ al utilizar el MR y de $45,7 \pm 7,61$ al utilizar MI ($p=0,946$).

Discusión

En la medida de Q_A mediante TD, la manipulación necesaria para invertir las líneas y el tiempo necesario para ejecutar el procedimiento puede poner en riesgo la seguridad del paciente. El método simplificado estudiado permite minimizar el riesgo de infección al reducir las manipulaciones y puede dotar a las unidades que utilicen la TD de una mayor operatividad, sobre todo en las que tienen una elevada carga de trabajo¹⁶.

En nuestro estudio, aunque ambos métodos muestran resultados similares, no podemos decir que sean totalmente iguales, pues la variabilidad intermétodo es del 2% y la variabilidad intramétodo es del 3,4%.

Para confirmar la idoneidad del método hemos confirmado que la variabilidad inter e intramétodo es muy similar en ambos. Se evidencia una buena concordancia de resultados para valores de Q_A inferiores a 700 ml/min, y por debajo de esta cifra apenas se observa variabilidad entre ambos métodos. Pero a medida que aumenta el Q_A, se observa un incremento de la variabilidad, sin una tendencia clara a subestimar o infraestimar la medida anterior. Este fenómeno ya fue descrito previamente por otros autores, como Merino et al.¹⁷ y Sánchez Tocino et al.⁹ en sus estudios de concordancia sobre métodos dilucionales. Esta variabilidad se atribuyó a las condiciones de mezcla del indicador utilizado, dado que, a magnitudes altas de Q_A, el perfil de flujo laminar se intensifica, creándose las peores condiciones de mezcla posibles. Parte del indicador puede no mezclarse por la falta de turbulencias y se escaparía sin ser detectado por el sensor de medición, aportando datos de recirculación erróneos⁴.

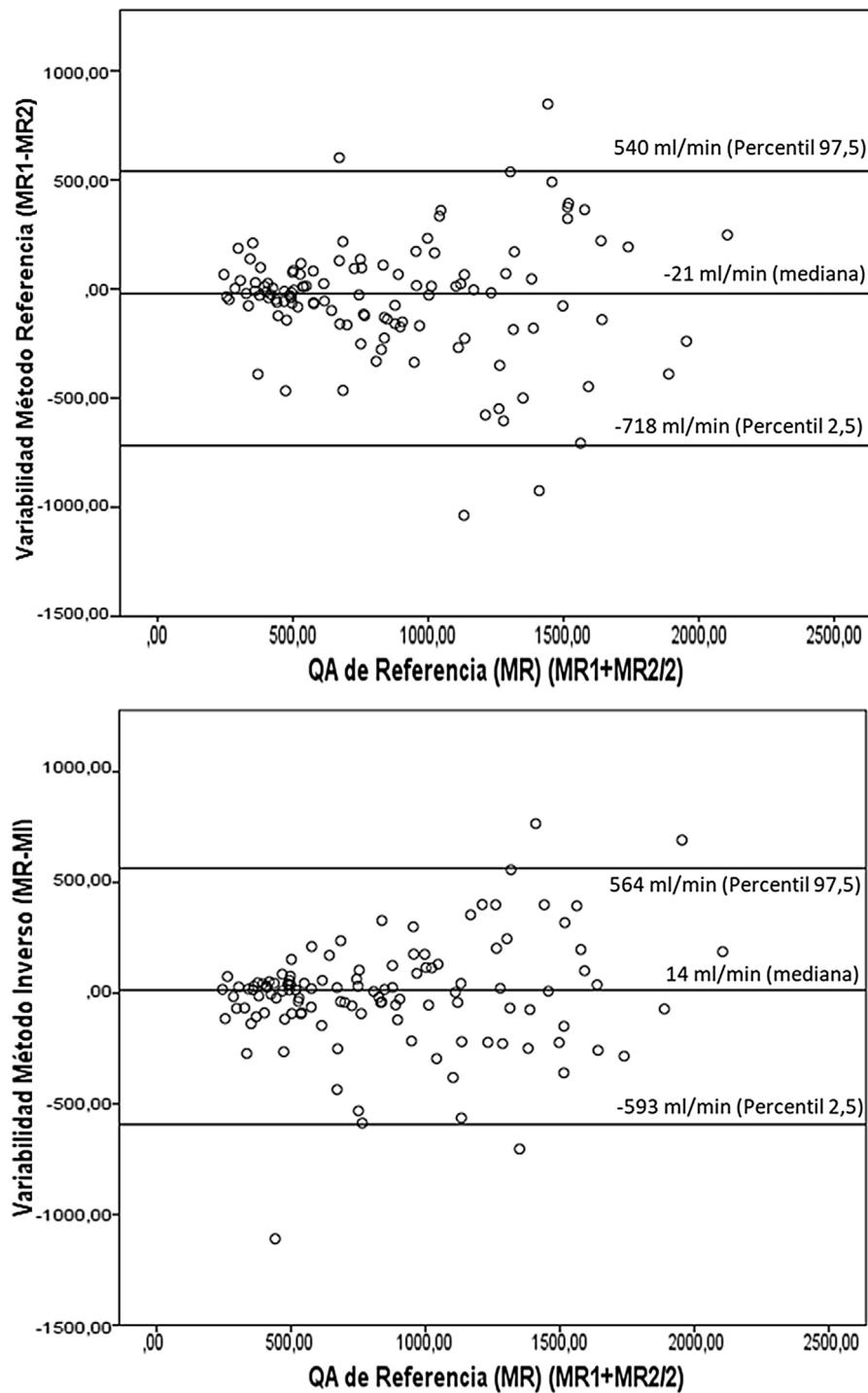


Figura 1 – Representación gráfica según el método de Bland-Altman. El eje Y corresponde a las diferencias entre los valores pareados de las distintas mediciones realizadas (MR1 – MR2 y MR – MI), mientras que el eje X representa el valor medio de las 2 mediciones realizadas con el método de referencia (MR1 + MR2 / 2), como mejor estimador del valor real de la variable. Además, se establecen los límites de acuerdo que representan el rango en el que se encontrarán, aproximadamente un 95% de las veces, las diferencias en los valores.

No hemos evidenciado diferencias significativas en el porcentaje de variación entre las medidas del método de referencia y entre MR y MI. Creemos que la doble medida de R_N que recomienda el MR es innecesaria, pues no es suficiente para corregir esta situación. Consideramos que las modificaciones

propuestas en el MI no son las responsables de la variabilidad entre métodos, sino que son las condiciones de mezcla del indicador las que generan las diferencias entre medidas.

Hay que tener en cuenta que en FAV sin disfunción, la R_N determina únicamente la recirculación cardiopulmonar⁸.

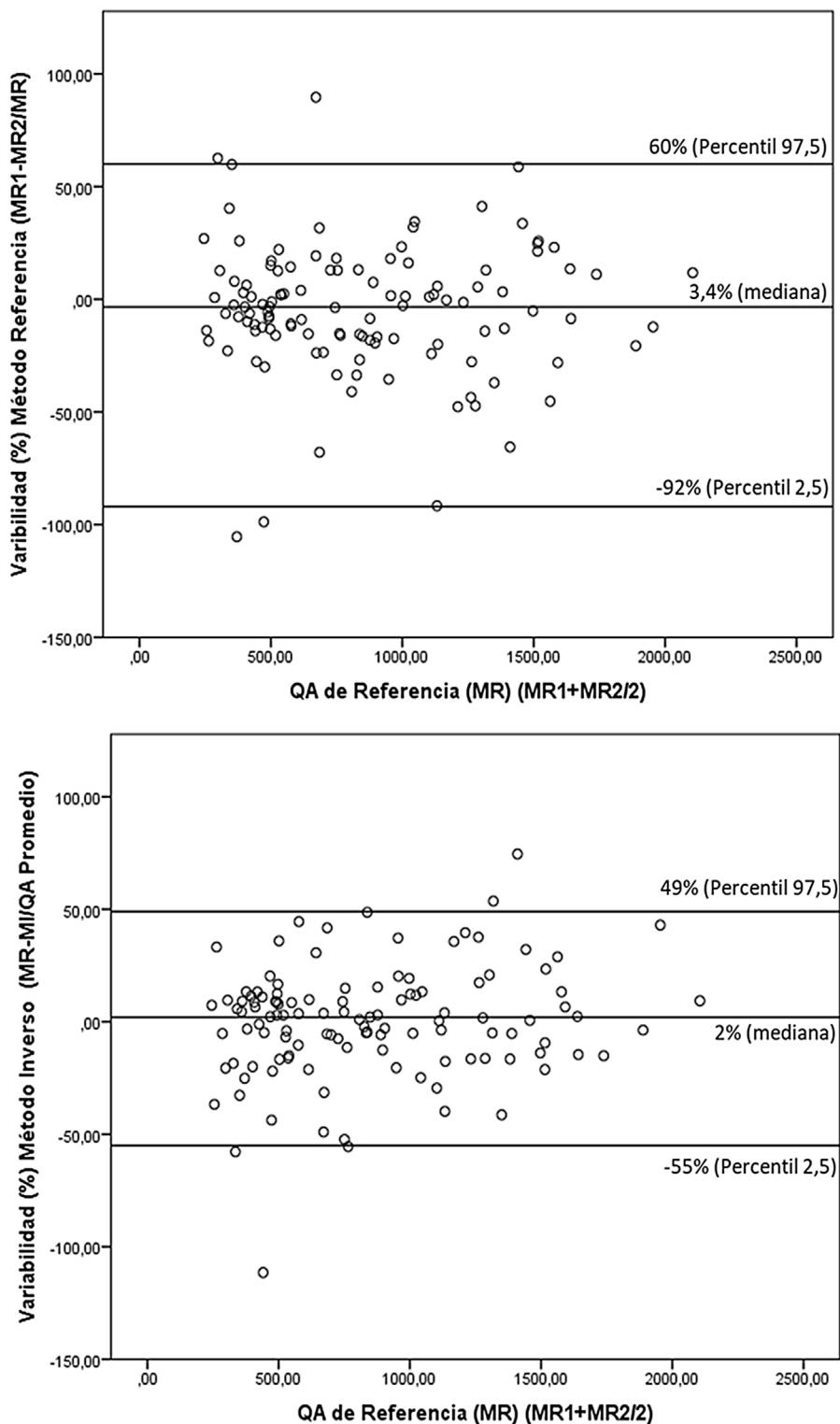


Figura 2 – Representación gráfica según el método de Bland-Altman utilizando el porcentaje de las diferencias entre los valores de Q_A frente el valor medio de las 2 mediciones realizadas con el método de referencia ($MR_1 + MR_2 / 2$), con los correspondientes límites de acuerdo.

cuya variación entre pacientes es menor que la Rx, que depende directamente de cómo el flujo de la fistula arrastre el indicador. A pesar de controlar las variables flujo de bomba, la distancia entre agujas, la posición

y la colocación del bisel, cualquier modificación de la aguja dentro del vaso de una medida a otra puede hacer que las condiciones de la mezcla con el indicador cambien, obteniendo gran variabilidad en los datos de

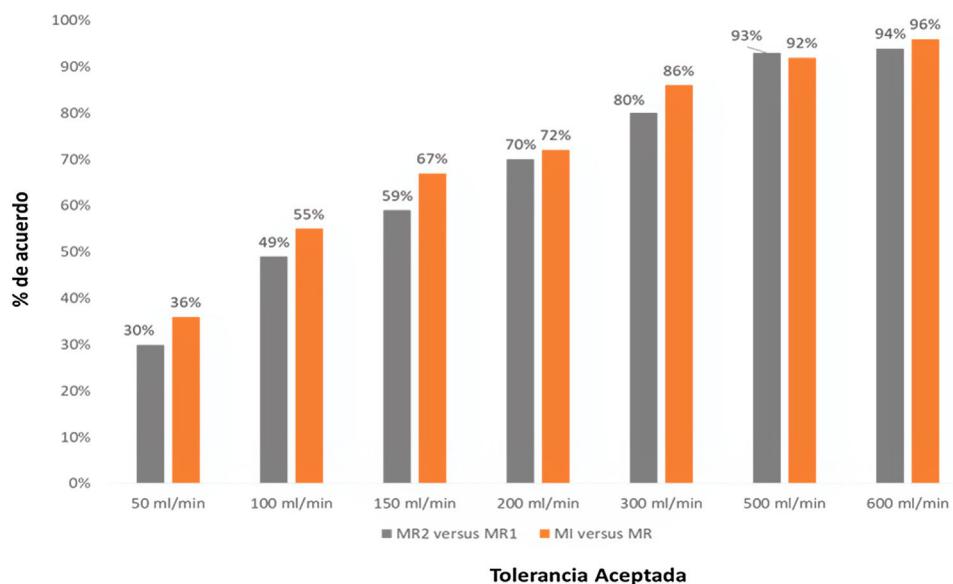


Figura 3 – Grado de acuerdo en función de la variabilidad. El eje X muestra la diferencia absoluta entre los valores de Q_A obtenidos (MR1 – MR2 y MR – MI) para cada sujeto y el eje Y, la proporción de casos en los que las discrepancias igualan al menos cada una de las diferencias observadas.

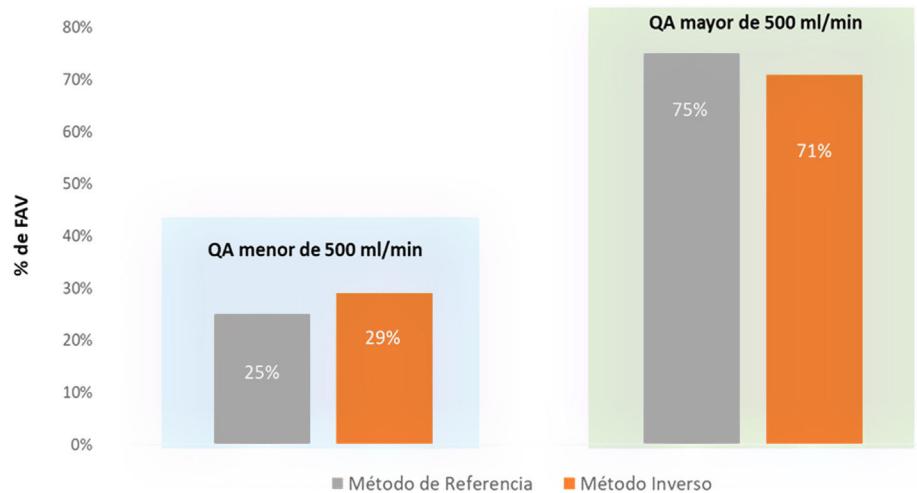


Figura 4 – Representación gráfica de la clasificación de las FAV en función del Q_A tomado como valor de referencia $Q_A < 500$ ml/min, punto de corte considerado el criterio para indicar su valoración a través de una prueba de imagen.

la recirculación entre medidas, como ya se ha descrito anteriormente⁹.

Tampoco la PAM ha condicionado la variabilidad observada entre métodos de medición. A pesar de que este parámetro es el principal determinante de las variaciones de Q_A hasta el punto de que un 10% de la disminución de la PAM puede llegar a reducir un 8% el Q_A de la FAV¹⁸, en nuestro estudio no se han evidenciado diferencias significativas en la PAM registrada en los distintos momentos de medición del Q_A .

Aun existiendo discrepancias en las medidas de Q_A entre MR y MI, estas no son relevantes y su impacto clínico es insignificante. Los estudios que comparan los diversos métodos dilucionales, y que son la base de las principales guías clínicas para recomendar su uso de forma indiferente, aceptan discrepancias entre ellos de hasta 300 ml/min^{5,6}, incluso

hasta los 600 ml/ml cuando se comparan métodos dilucionales con ecografía doppler⁷. De este modo, tomando diferencias de 300 ml/m como tolerancia aceptada en la bibliografía, el grado de acuerdo entre el MR y el MI es del 86% y mayor del 95% para tolerancias de 600 ml/min. Clínicamente, nuestro estudio reporta un muy buen grado de acuerdo entre el MR y el MI para identificar las FAV con $Q_A < 500$ ml/min, por lo que ambos métodos son útiles para identificar las FAV susceptibles de revisión.

Consideramos que se debe tener en cuenta la variabilidad intramétodo en las medidas de seguimiento Q_A , ya que un descenso temporal mayor del 20-25% respecto a su valor basal tiene mayor utilidad diagnóstica que una medida aislada de Q_A ¹⁹. En este estudio solo se ha analizado la variabilidad intramétodo en el uso del MR, pero suponemos un comportamiento

similar en MI. Schneditz et al.⁸, en su estudio de validación de la TD para la determinación del Q_A , describen la presencia de una variabilidad intramétodo que podría suponer, sin tener en cuenta cambios hemodinámicos, un descenso del Q_A de hasta un 23%. Por este motivo, creemos que se ha de ser prudente a la hora de tomar decisiones clínicas en FAV cuyo descenso prospectivo de Q_A sea superior al 20%, y completar la valoración con métodos primarios como la inspección física, cambios en las presiones dinámicas durante la sesión o descenso de la eficacia dialítica.

El tiempo invertido en realizar la medida es un objetivo fundamental en nuestro estudio. Se evidenció que el tiempo necesario para completar la media del Q_A con MR excede aproximadamente en 20 min al MI. Esto se debe a que el personal de enfermería tiene que registrar una medida más de recirculación y una inversión extra de líneas. Teniendo en cuenta que es recomendable realizar el procedimiento al principio de la hemodiálisis para evitar los cambios de volemia²⁰ y que este momento coincide con el de máxima actividad de enfermería, el MI se convierte en una buena opción, ya que disminuye las cargas de trabajo y el estrés en las unidades de diálisis¹⁵, minimizando los posibles efectos adversos derivados del procedimiento.

Por último, de forma no esperada, no encontramos diferencias significativas entre los Kt obtenidos con el MI frente al MR, a pesar de que, en el método propuesto, el tiempo en el que se está dializando a flujos bajos (250 ml/m) es unos 20 min inferior y se conoce que un aumento de Q_A de 200 a 400 ml/m implica un incremento del aclaramiento desde un 25 a un 40%²¹.

Esto puede explicarse porque en una sesión de 4 h la extracción de urea es aproximadamente del 65% en las primeras 2 h y solo el 35% ocurre en las 2 últimas²². Al iniciar la hemodiálisis conectando las líneas en posición invertida se está creando una recirculación forzada que neutraliza la eficacia máxima del dializador, la cual se produce al principio de la misma.

Conclusiones

La variabilidad observada en la medida del Q_A con MI tiene un comportamiento similar a la generada por el propio MR al realizar una segunda medición bajo las mismas condiciones.

La variabilidad es mayor a medida que aumenta el Q_A , pero su impacto clínico es insignificante. A pesar de ello, a la hora de interpretar medidas de seguimiento debemos tener en cuenta que los descensos de flujo pueden deberse a la propia variación intramétodo y no a una disfunción del AV.

El tiempo invertido en el proceso de medida se ve reducido de modo significativo en el MI. El inicio de la hemodiálisis con líneas invertidas (requisito del MI) no supone una reducción de la eficacia de la diálisis.

Por lo tanto, podemos afirmar que el MI es un procedimiento a tener en cuenta a la hora de cuantificar el Q_A de las FAV.

Conceptos clave

- El MI para el cálculo del Q_A con TD presenta una precisión en la medida igual al MR.

- Permite ahorrar 20 min en el tiempo del procedimiento.
- Reduce el riesgo de la manipulación del acceso vascular.
- No tiene implicación en la dosis de diálisis en la sesión en la que se emplea.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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;35 Supl 1:1-191, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.11.004>.
2. National Kidney Foundation. KDOQI clinical practice guideline for hemodialysis adequacy: 2015 update. Am J Kidney Dis. 2015;66(5):884-930. 2015;66:884-930, <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.07.015>.
3. Besarab A. Access monitoring is worthwhile valuable. Blood Purif. 2006;24:77-89, <http://dx.doi.org/10.1159/000089442>.
4. Krivitski NM. Theory and validation of access flow measurement by dilution technique during hemodialysis. Kidney Int. 1995;48:244-50, <http://dx.doi.org/10.1038/ki.1995.290>.
5. Fontseré N, Blasco M, Maduell F, Vera M, Arias-Guillén M, Herranz S, et al. Practical utility of on-line clearance and blood temperature monitors as noninvasive techniques to measure hemodialysis blood access flow. Blood Purif. 2011;31:1-8, <http://dx.doi.org/10.1159/000321364>.
6. Badr B, Bories P, Marais R, Frat B, Seigneuric B, Longlune N, et al. Transonic, thermodilution, or ionic dialysance to manage vascular access: Which method is best? Hemodial Int. 2014;18:127-35, <http://dx.doi.org/10.1111/hdi.12092>.
7. Fontseré N, Mestres G, Barrufet M, Burrel M, Vera M, Arias M, et al. Aplicación práctica de la termodilución frente a la ecografía-Doppler en la medición del flujo del acceso vascular. Nefrología. 2013;33:325-32, <http://dx.doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2013.Jan.11748>.
8. Schneditz D, Wang E, Levin NW. Validation of haemodialysis recirculation and access blood flow measured by thermodilution. Nephrol Dial Transplant. 1999;14:376-83, <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/14.2.376>.
9. Sánchez Tocino ML, López González A, Sánchez Martín A, Villoria González S, Turrión Cabezas V, Gascón Colorada M, et al. Efecto de la dirección de la aguja arterial en la medición del flujo del acceso vascular con métodos dilucionales. Enferm Nefrol. 2017;20:305-15, <https://doi.org/10.4321/s2254-28842017000400004>.
10. Roca-Tey R, Samon R, Ibrik O, Roda A, González-Oliva JC, Viladoms J. Study of arteriovenous fistula function by the temperature gradient method using the Twister™ device. Nefrología. 2012;32:172-9, <http://dx.doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.11132>.
11. Rodríguez Peña MJ, Barqueró Ruano RM, Gutiérrez Martín Y, Diez Gaitán C. Medición del flujo del acceso vascular por termodilución y por dialisancia iónica. Enferm Nefrol. 2014;17:22-3, <http://dx.doi.org/10.1159/000045442>.
12. Vega de la Torre MV, de la Torre Rosés MV, Diéguez Velázquez D, Nicó García M, Valenciano García Y. Infecciones relacionadas con el acceso vascular en pacientes con insuficiencia renal crónica terminal en hemodiálisis. Rev Inf Cient. 2015;90:239-51, <http://dx.doi.org/10.1159/000089331>.
13. Parisotto MT, Schoder VU, Miriunis C, Grassmann AH, Scatizzi LP, Kaufmann P, et al. Cannulation technique influences

- arteriovenous fistula and graft survival. *Kidney Int.* 2014;86:790-7, <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2014.96>.
14. Kramer MS, Feinstein AR. Clinical biostatistics. LIV. The biostatistics of concordance. *Clin Pharmacol Ther.* 1981;29:111-23, <http://dx.doi.org/10.1038/clpt.1981.18>.
 15. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;327:307-10, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8).
 16. Barrios S, Arechabala MC, Valenzuela V. Relación entre carga laboral y burnout en enfermeras de unidades de diálisis. *Enferm Nefrol.* 2012;15:46-55, <https://doi.org/10.4321/S2254-28842012000100007>.
 17. Merino JL, Teruel JL, Galeano C, Fernández Lucas M, Ocaña J, Rivera M, et al. [Blood flow determination in vascular access with ionic dialysance] Spanish. *Nefrologia.* 2006;26:481-5.
 18. Rehman SU, Pupim LB, Shyr Y, Hakim R, Ikizler TA. Intradialytic serial vascular access flow measurements. *Am J Kidney Dis.* 1999;34:471-7, [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(99\)70074-0](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(99)70074-0).
 19. Neyra NR, Ikizler TA, May RA, Himmelfarb J, Schulman G, Shyr Y, et al. Change in access blood flow over time predicts vascular access thrombosis. *Kidney Int.* 1998;54:1714-9, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.1998.00145.x>.
 20. Ibeas López J. Monitorización del acceso vascular: ¿Quo vadis? *NefroPlus.* 2011;4:11-20, <http://dx.doi.org/10.3265/NefroPlus.pre2011.Jul.11062>.
 21. Hauk M, Kuhlmann MK, Riegel W, Köhler H. In vivo effects of dialysate flow rate on Kt/V in maintenance hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis.* 2000;35:105-11, [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(00\)70308-8](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(00)70308-8).
 22. Buoncristiani U. Diálisis diaria ultra corta: el mejor sistema para disfrutar ventajosamente de altos aclaramientos. *Nefrologia.* 1999;19:49-50, <http://dx.doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2013.Jan.11748>.