

# Estudio de la función de la fístula arteriovenosa mediante la técnica de gradiente de temperatura y utilizando el dispositivo Twister®

Ramon Roca-Tey, Rosa Samon, Omar Ibrik, Amparo Roda, Juan C. González-Oliva, Jordi Viladoms

Servicio de Nefrología. Hospital de Mollet. Mollet del Vallès, Barcelona

Nefrología 2012;32(2):172-9

doi:10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.11132

## RESUMEN

**Introducción:** La determinación periódica del flujo sanguíneo ( $Q_A$ ) es el método de elección para monitorizar la fístula arteriovenosa (FAVI) de los pacientes en hemodiálisis (HD) crónica. **Objetivos:** 1) Valorar la eficacia de la técnica de gradiente de temperatura (TGT) en la determinación de  $Q_A$  utilizando el dispositivo Twister® y comparar los resultados funcionales con el método Delta-H. 2) Analizar el efecto de la presión arterial sobre la función de la FAVI. **Pacientes y método:** Hemos determinado no invasivamente el  $Q_A$  de 30 FAVI (24 radial y 6 humeral; duración media  $53,4 \pm 78,5$  meses) en 30 pacientes (edad media:  $59,9 \pm 14,1$  años; sexo H: 60%, M: 40%; tiempo medio en HD:  $37,4 \pm 40,6$  meses; nefropatía diabética: 20%) estables durante la HD mediante la TGT, descrita y validada por Wijnen et al. (Kidney Int 2007;72:736). El  $Q_A$  se calculó a partir de los valores de temperatura obtenidos mediante el monitor de temperatura sanguínea BTM, integrado en la máquina Fresenius Medical Care 4008-S, con las líneas sanguíneas de HD en configuración normal e invertida, y sin la necesidad de generar un bolus de temperatura. El dispositivo Twister® se utilizó para revertir las líneas sanguíneas sin necesidad de desconectarlas de las agujas ni de detener la bomba sanguínea. El  $Q_A$  se determinó durante la primera hora de 2 sesiones consecutivas de HD (ambos valores se promediaron). La presión arterial media (PAM) (presión diastólica + 1/3 de la presión del pulso) se calculó simultáneamente con el  $Q_A$ . Paralelamente, el flujo sanguíneo de la FAVI se determinó durante la misma semana en todos los pacientes mediante el método Delta-H utilizando el monitor Crit-Line III (HemaMetrics, USA) durante la HD (inversión manual de las líneas). **Resultados:** El  $Q_A$  medio fue  $1132,5 \pm 515,4$

ml/min (intervalo, 446-2233 ml/min). El coeficiente de variación para medidas duplicadas de  $Q_A$  fue  $6,8 \pm 4,7\%$ ; la PAM no influyó en la reproducibilidad de la TGT ( $96,1 \pm 13,7$  vs.  $96,6 \pm 12,8$  mmHg,  $p = 0,72$ ). Sin diferencias al comparar el  $Q_A$  de pacientes diabéticos ( $n = 6$ ,  $966,4 \pm 340,7$  ml/min) y no diabéticos ( $n = 24$ ,  $1174,4 \pm 548,3$  ml/min) ( $p = 0,39$ ). El  $Q_A$  fue similar tanto para los pacientes con PAM < 100 mmHg ( $n = 18$ ,  $1101,0 \pm 552,7$  ml/min) como para los pacientes con PAM  $\geq 100$  mmHg ( $n = 12$ ,  $1180,4 \pm 473,3$  ml/min) ( $p = 0,69$ ). No hemos objetivado ninguna correlación entre el  $Q_A$  medio y: edad ( $r = 0,09$ ,  $p = 0,62$ ), tiempo en HD ( $r = 0,06$ ,  $p = 0,76$ ), PAM ( $r = -0,21$ ,  $p = 0,27$ ), índice Kt/V ( $r = 0,12$ ,  $p = 0,51$ ), distancia entre las agujas ( $r = -0,17$ ,  $p = 0,37$ ) y duración de la FAVI ( $r = -0,01$ ,  $p = 0,96$ ). El tiempo medio empleado para determinar el  $Q_A$  por la TGT utilizando el accesorio Twister® ( $5,9 \pm 1,9$  min) fue significativamente inferior en relación con el método Delta-H ( $26,8 \pm 1,9$  min) o con la TGT ( $n = 35$ ,  $8,9 \pm 3,5$  min, inversión manual de las líneas) aplicada por Wijnen et al. (Kidney Int 2007;72:736) (para ambas comparaciones,  $p < 0,001$ ). El  $Q_A$  medio obtenido mediante la TGT fue similar al flujo sanguíneo medio determinado con el método Delta-H ( $1138,4 \pm 502,3$  ml/min) ( $p = 0,83$ ). Los valores del flujo sanguíneo de la FAVI obtenidos mediante la TGT se correlacionaron significativamente con los determinados por el método Delta-H ( $r = 0,963$ ,  $p < 0,001$ ). **Conclusiones:** 1) La TGT es un método válido y reproducible para calcular el  $Q_A$  durante la HD. 2) El dispositivo Twister® es eficaz para reducir el tiempo empleado en determinar el  $Q_A$  mediante la TGT. 3) Los valores de flujo sanguíneo de la FAVI obtenidos mediante la TGT y el método Delta-H se correlacionaron significativamente. 4) Se ha evidenciado una independencia entre la función de la FAVI y la presión arterial del paciente.

**Correspondencia:** Ramon Roca Tey  
Servicio de Nefrología. Hospital de Mollet.  
Tamarit 144-146, 3º 3ª.  
08015-Barcelona.  
18647rrt@comb.cat.  
r.roca@hospitalmollet.cat

**Palabras clave:** Fístula arteriovenosa. Flujo sanguíneo de la vena arterializada. Técnica de gradiente de temperatura. Dispositivo Twister®. Método Delta-H. Presión arterial.

### Study of arteriovenous fistula function by the temperature gradient method and using the Twister™ device

#### ABSTRACT

**Introduction.** Periodic blood flow ( $Q_A$ ) measurement is the preferred way for arteriovenous fistula (AVF) surveillance in chronic hemodialysis (HD) patients. **Objectives.** 1) Assess the efficacy of the temperature gradient method (TGM) on the  $Q_A$  determinations using the Twister™ device and to compare the functional results with the Delta-H method. 2) Evaluate the effect of blood pressure on the AVF function. **Patients and method.** We measured the  $Q_A$  non invasively in 30 AVF (24 radial and 6 brachial; mean duration  $53.4 \pm 78.5$  months) during HD in 30 stable patients (mean age  $59.9 \pm 14.1$  years, males 60 %, females 40 %; mean time on HD  $37.4 \pm 40.6$  months, diabetic nephropathy 20 %) by the TGM, described and validated by Wijnen et al (Kidney Int 2007;72:736). The  $Q_A$  was calculated from the temperature values obtained by means of the blood temperature monitor (BTM), integrated into the Fresenius Medical Care 4008-S machine, at normal and reverse configurations of the HD blood lines, with no need for a thermal bolus. The Twister™ device was used for reversing the blood lines without the need to disconnect them from the AVF lines nor to stop the blood pump. The  $Q_A$  was measured within the first hour of two consecutive HD sessions (the values were averaged). The mean arterial pressure MAP (diastolic pressure + 1/3 pulse pressure) was calculated simultaneous with the  $Q_A$ . In addition, the AVF blood flow was also determined during the same week in all patients by the Delta-H method using the Crit-Line III Monitor (ABF-mode, HemaMetrics, USA) during HD (manually switching lines). **Results.** The mean  $Q_A$  was  $1132.5 \pm 515.4$  ml/min (range, 446-2233 ml/min). The mean coefficient of variation for duplicate  $Q_A$  measurements was  $6.8 \pm 4.7$  %; the MAP was not different when the reproducibility tests were performed ( $96.1 \pm 13.7$  versus  $96.6 \pm 12.8$  mmHg,  $p = .72$ ). No significant difference was found when comparing the mean  $Q_A$  between diabetic ( $n = 6$ ,  $966.4 \pm 340.7$  ml/min) and nondiabetic ( $n = 24$ ,  $1174.4 \pm 548.3$  ml/min) patients ( $p = .39$ ). The mean  $Q_A$  was similar for patients with mean MAP < 100 mmHg ( $n = 18$ ,  $1101.0 \pm 552.7$  ml/min) and for patients with mean MAP  $\geq 100$  mmHg ( $n = 12$ ,  $1180.4 \pm 473.3$  ml/min) ( $p = .69$ ). No correlation was found between the mean  $Q_A$  and: age ( $r = 0.09$ ,  $p = .62$ ), time on HD ( $r = 0.06$ ,  $p = .76$ ), MAP ( $r = -0.21$ ,  $p = .27$ ), Kt/V index ( $r = 0.12$ ,  $p = .51$ ), distance between needles ( $r = -0.17$ ,  $p = .37$ ) and AVF duration ( $r = -0.01$ ,  $p = .96$ ). The mean time required to measure  $Q_A$  with the TGM using the Twister™ device ( $5.9 \pm 1.9$  min) was significantly shorter compared with the Delta-H technique ( $26.8 \pm 1.9$  min) or with the TGM ( $n = 35$ ,  $8.9 \pm 3.5$  min, manually reversing lines) reported by Wijnen et al (Kidney Int 2007;72:736.) (for both comparisons,  $p < .001$ ). The mean  $Q_A$  obtained by the TGM was not different when compared to mean ABF determined by the Delta-H method ( $1138.4 \pm 502.3$  ml/min) ( $p = .83$ ). The calculated values of AVF blood flow obtained by TGM were highly correlated with those determined by the Delta-H technique ( $r = 0.963$ ,  $p < .001$ ). **Conclusions.** 1) The TGM is a valuable and reproducible indicator of  $Q_A$  during HD. 2) The Twister™ device is useful to reduce the time for  $Q_A$

measurement by the TGM. 3) The AVF blood flow values obtained by the TGM and the Delta-H technique correlated highly with each other. 4) It has been shown the lack of relationship between the AVF function and the patient's blood pressure.

**Keywords:** Arteriovenous fistula. Vascular access blood flow monitoring. Temperature gradient method. Twister™ device. Delta-H method. Blood pressure.

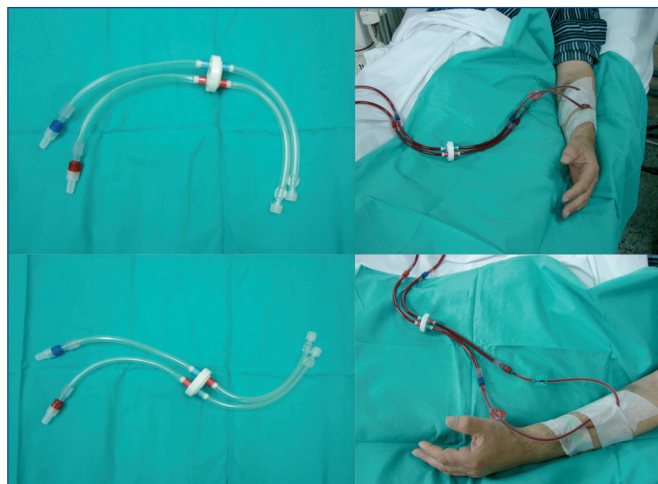
#### INTRODUCCIÓN

La trombosis es la complicación más frecuente del acceso vascular (AV) permanente tipo fístula arteriovenosa interna (FAVI) o injerto de politetrafluoroetileno<sup>1</sup>. Para prevenirla y disminuir así la tasa de catéteres en los pacientes prevalentes en hemodiálisis (HD) crónica, es imprescindible el desarrollo de programas estructurados de seguimiento del AV en las Unidades de HD<sup>2</sup>. Estos programas, además de actuar sobre las causas no anatómicas de trombosis, contemplan la aplicación de diversos métodos de *screening* o monitorización para el diagnóstico precoz de la estenosis significativa del AV asociados a su corrección electiva mediante angioplastia y/o cirugía<sup>1-3</sup>.

Según la última actualización de las Guías K/DOQI, los métodos de *screening* no invasivos basados en la determinación indirecta del flujo sanguíneo ( $Q_A$ ) del AV son los de elección para la monitorización periódica del AV<sup>1</sup>. Desde el año 1995 se han descrito varios de estos métodos y algunos de ellos se han aplicado posteriormente en la práctica clínica diaria, como el método de dilución por ultrasonidos, el Delta-H o el de termodilución<sup>4</sup>. Algunas de estas técnicas se han demostrado eficaces para diagnosticar precozmente la estenosis significativa y para reducir la incidencia de trombosis del AV<sup>5,6</sup>.

La técnica de gradiente de temperatura (TGT) fue descrita y validada frente al método de dilución por ultrasonidos por Wijnen et al. en el año 2007<sup>7</sup>. Este método permite calcular el  $Q_A$  a partir de los valores de temperatura obtenidos mediante el sensor de temperatura sanguínea denominado BTM (*blood temperature monitor*) con las líneas de HD en posición normal e invertida<sup>7</sup>. La introducción de un dispositivo especial denominado Twister® (Fresenius Medical Care), que se interpone entre las agujas y las líneas sanguíneas de HD, puede simplificar el cálculo de  $Q_A$  mediante la reducción del tiempo empleado en la inversión de las líneas de HD (figura 1).

Por otra parte, ningún estudio que se precie en relación con la función del AV puede soslayar una variable tan relevante como es la presión arterial del paciente. En este sentido, algunos autores han puesto énfasis en la relación directa existente entre la presión arterial media (PAM) y el  $Q_A$  del AV, de forma que cambios en la PAM pueden afectar a la función del AV<sup>8,9</sup>.



**Figura 1.** Dispositivo Twister®.

Dispositivo Twister® antes (derecha) y después (izquierda) de su implantación durante una sesión de hemodiálisis con las líneas en posición normal (arriba) e invertida (abajo).

En el presente trabajo, hemos efectuado un estudio observacional, transversal y comparativo mediante la TGT con los siguientes objetivos:

- 1) Valorar la eficacia de la TGT en la determinación del  $Q_A$  de la FAVI durante la HD.
- 2) Evaluar si la interposición del dispositivo Twister® permite reducir el tiempo empleado en determinar el  $Q_A$ .
- 3) Efectuar un estudio funcional comparativo entre la TGT y el método Delta-H.
- 4) Analizar el efecto de la presión arterial sobre la función de la FAVI.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Pacientes

La FAVI se evaluó en 30 pacientes que efectuaban HD tres veces a la semana en el Servicio de Nefrología del Hospital de Mollet. Los criterios de inclusión de los pacientes fueron los siguientes: 1) Edad superior a 18 años. 2) Programa de HD crónica. 3) Utilización de la FAVI como AV permanente. 4) Punción de la FAVI con 2 agujas durante 12 sesiones consecutivas de HD como mínimo. 5) Utilización de un  $Q_B$  superior a 250 ml/min durante 12 sesiones consecutivas de HD como mínimo. 6) Obtención del consentimiento informado del enfermo. Se analizaron las siguientes variables: sexo, edad, tiempo en HD, nefropatía diabética como causa de la insuficiencia renal, índice Kt/V (según Daugirdas de segunda generación, modelo monocompartimental), PAM (presión

arterial diastólica + 1/3 de la presión del pulso), tipo de FAVI, duración de la FAVI, número total de AV y distancia entre las agujas. La tabla 1 resume las características clínicas más importantes de los enfermos incluidos en el estudio.

### Método

**1) Determinación de  $Q_A$  mediante la TGT.** El  $Q_A$  se determinó utilizando el sensor BTM incorporado a la máquina 4008 S de Fresenius Medical Care. La TGT permite calcular el  $Q_A$  a partir de los valores de temperatura obtenidos con las líneas de HD en posición normal y revertida, y sin la necesidad de generar ningún *bolus* de temperatura. El valor de  $Q_A$  se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$Q_A = (Q_{B,x} - TUF) \cdot \frac{T_{art,x} - T_{ven,x}}{T_{art,n} - T_{art,x}}$$

donde  $Q_{B,x}$  es el flujo efectivo de sangre con las líneas de HD en posición invertida (ml/min),  $TUF$  es la tasa de ultrafiltración (ml/min),  $T_{art,n}$  es la temperatura de la línea arterial con las líneas de HD en posición normal,  $T_{art,x}$  es la temperatura de la línea arterial con las líneas de HD en posición invertida y  $T_{ven,x}$  es la temperatura de la línea venosa con las líneas de HD en posición invertida. Para calcular correctamente el  $Q_A$ , se precisa que se mantengan constantes el  $Q_B$ , la TUF y la temperatura del líquido de HD (35,5 °C) durante todo el tiempo de la determinación<sup>7</sup>. El  $Q_A$  se calculó por duplicado durante la primera hora de 2 sesiones consecutivas de HD y los 2 valores obtenidos se promediaron. La PAM se determinó en ambas sesiones de HD, conjuntamente con el  $Q_A$ .

**2) Dispositivo Twister®.** Se trata de un accesorio de 37,5 cm de longitud que presenta en su parte central un mecanismo giratorio en forma de rosca que está conectado, por un lado,

**Tabla 1.** Características de los pacientes y de las FAVI estudiados mediante la TGT

Género (%)	Hombre: 60 / Mujer: 40
Edad media (años)	59,9 ± 14,1 (intervalo, 20-83)
Tiempo medio en HD (meses)	37,4 ± 40,6 (intervalo, 2-150)
Nefropatía diabética (%)	20 (6/30)
Índice Kt/V	1,48 ± 0,17 (intervalo, 1,19-1,84)
Tipo de FAVI (%)	Radial: 80 / Humeral: 20
Duración media FAVI (meses)	53,4 ± 78,5 (intervalo, 2-299)
Pacientes con AV previo (%)	33,3 (10/30)
Ratio número AV/paciente	1,57 ± 1,10
Distancia entre las agujas (cm)	6,02 ± 2,32 (intervalo, 3-13)

AV: acceso vascular; HD: hemodiálisis; FAVI: fístula arteriovenosa interna; TGT: técnica de gradiente de temperatura.



con las líneas sanguíneas de HD y, por el otro, con las dos agujas implantadas en la vena arterializada de la FAVI. Mediante un simple giro del dispositivo (media vuelta de rosca), se invierten de forma automática las líneas sanguíneas de HD sin necesidad de desconectarlas de las agujas ni de detener la bomba sanguínea de la máquina de HD. Al finalizar la exploración, otro medio giro del dispositivo en sentido contrario permite restablecer instantáneamente la configuración normal de las líneas sanguíneas (figura 1).

### 3) Determinación de $Q_A$ mediante el método Delta-H.

El  $Q_A$  se determinó durante la misma semana mediante el método optodilucional Delta-H utilizando el monitor Crit-Line III (ABF-mode, HemaMetrics, EE.UU.) en todos los enfermos. Este método, descrito y validado por Yarar et al.<sup>10</sup>, es una técnica fotométrica que se fundamenta en la relación inversa existente entre la volemia y el hematocrito. El  $Q_A$  también se determinó durante la primera hora de la sesión de HD a partir de los cambios registrados del hematocrito en relación con los cambios programados de la ultrafiltración (desde 0,1 hasta 1,8 l/h) con las líneas de HD en configuración normal e invertida. Los cambios del hematocrito son registrados continuamente por un sensor óptico que se acopla a una cámara sanguínea insertada entre el dializador y la línea arterial. El  $Q_A$  se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Q_A = (UF \text{ máx} - UF \text{ mín}) \cdot Hto \text{ máx inv} / \Delta Hto \text{ inv} - \Delta Hto \text{ nor}$$

donde  $UF \text{ máx}$  es la ultrafiltración máxima,  $UF \text{ mín}$  es la ultrafiltración mínima,  $Hto \text{ máx inv}$  es el hematocrito máximo obtenido con las líneas de HD en posición invertida,  $\Delta Hto \text{ inv}$  es el cambio en el hematocrito con las líneas invertidas y  $\Delta Hto \text{ nor}$  es el cambio en el hematocrito con las líneas de HD en situación normal. La inversión de las líneas de HD se efectuó de forma manual después de detener momentáneamente la bomba sanguínea (no se utilizó el dispositivo Twister®).

### Estudio estadístico

El análisis estadístico de los datos se efectuó con el programa SPSS versión 12.0 para Windows. Los valores se expresaron como porcentajes o media  $\pm$  desviación estándar. El coeficiente de variación medio para medidas duplicadas de  $Q_A$  se calculó promediando el cociente entre la desviación estándar y la media de las 2 determinaciones efectuadas en cada paciente. El estudio comparativo entre el  $Q_A$  medio obtenido y las variables propias tanto del paciente como de la FAVI comparadas de dos en dos se ha efectuado mediante un T-test para dos muestras independientes y la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Para el análisis de correlación entre el  $Q_A$  medio de la FAVI y las distintas variables cuantitativas estudiadas, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

El tiempo empleado para determinar el  $Q_A$  se ha calculado de la siguiente forma según el método utilizado:

- 1) La TGT: tiempo para registrar la temperatura de la línea arterial necesaria para calcular el  $Q_A$  que se visualiza en el monitor BTM al inicio de la exploración con las líneas de HD en posición normal + tiempo para la inversión instantánea de las líneas sanguíneas utilizando el dispositivo Twister® + tiempo de estabilización de la temperatura con las líneas de HD en posición invertida (tiempo necesario para lograr exactamente la misma temperatura durante 1 minuto como mínimo) + tiempo para registrar los valores de temperatura obtenidos que se visualizan en el monitor BTM y que son necesarios para calcular el  $Q_A$  (líneas de HD en posición invertida) + tiempo para revertir automáticamente las líneas sanguíneas a la posición normal mediante el dispositivo Twister®. A diferencia del método Delta-H, el valor de  $Q_A$  no se obtiene automáticamente y es preciso efectuar su cálculo una vez finalizada la exploración aplicando la fórmula descrita.
- 2) El método Delta-H: tiempo transcurrido en la primera parte de la exploración donde se registran automáticamente los valores del hematocrito obtenidos en relación con los cambios programados de la ultrafiltración con las líneas de HD en posición normal + tiempo para detener la bomba sanguínea de la máquina de HD + tiempo para la inversión manual de las líneas sanguíneas + tiempo para poner en marcha la bomba sanguínea de la máquina de HD + tiempo transcurrido en la segunda parte de la exploración donde se registran automáticamente los valores del hematocrito obtenidos en relación con los cambios programados de la ultrafiltración con las líneas de HD en posición invertida + tiempo para registrar el valor de  $Q_A$  obtenido que aparece en la pantalla del monitor Crit-Line III + tiempo para detener la bomba sanguínea de la máquina de HD + tiempo para revertir manualmente las líneas sanguíneas de HD a la posición normal + tiempo para poner en marcha la bomba sanguínea de la máquina de HD.

Se ha efectuado un análisis de correlación entre los valores de flujo sanguíneo de la FAVI obtenido por el método Delta-H y la TGT sobre la misma muestra de individuos. La gráfica de Bland-Altman se efectuó para evaluar visualmente la concordancia entre ambos métodos. Se ha considerado estadísticamente significativa una  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

El  $Q_A$  medio de la FAVI obtenido mediante la TGT fue de  $1132,5 \pm 515,4$  ml/min (intervalo, 446-2233 ml/min). El coeficiente de variación para medidas duplicadas de  $Q_A$

fue de  $6,8 \pm 4,7\%$ . En la tabla 2 se muestran los valores medios de  $Q_A$  y PAM obtenidos en las 2 sesiones consecutivas de HD, sin que se evidencie ninguna diferencia al comparar la PAM registrada en la primera y en la segunda sesión ( $p =$  no significativa).

**Tabla 2.** Valores de  $Q_A$  y de PAM obtenidos en 2 sesiones consecutivas de hemodiálisis

Determinaciones	$Q_A$ (ml/min)	PAM (mmHg) <sup>a</sup>
Primera	$1107,3 \pm 507,3$	$96,1 \pm 13,7$
Segunda	$1158,2 \pm 528,8$	$96,6 \pm 12,8$
Media	$1132,5 \pm 515,4$	$96,1 \pm 12,5$

<sup>a</sup>  $p = 0,72$ .  $Q_A$ : flujo sanguíneo; PAM: presión arterial media.

No se encontraron diferencias al comparar el  $Q_A$  medio obtenido en relación con las variables propias del enfermo y de la FAVI que se muestran en la tabla 3. El  $Q_A$  de la FAVI obtenido en los pacientes diabéticos fue inferior a 1000 ml/min, pero no fue significativamente diferente respecto al resto de enfermos. El  $Q_A$  medio fue similar al comparar pacientes con PAM superior o inferior a 100 mmHg. La FAVI humeral presentó un mayor  $Q_A$  medio que la FAVI radial, pero sin alcanzar la significación estadística. No hemos objetivado ninguna correlación entre el  $Q_A$  medio y: edad ( $r = 0,09$ ,  $p = 0,62$ ), tiempo en HD ( $r = 0,06$ ,  $p = 0,76$ ), PAM ( $r = -0,21$ ,  $p = 0,27$ ), índice Kt/V ( $r = 0,12$ ,  $p = 0,51$ ), distancia entre las agujas ( $r = -0,17$ ,  $p = 0,37$ ) y duración de la FAVI ( $r = -0,01$ ,  $p = 0,96$ ).

El tiempo medio empleado para obtener los valores de temperatura necesarios para calcular el  $Q_A$  por la TGT utilizan-

**Tabla 3.** Relación entre el  $Q_A$  obtenido y variables propias del paciente y de la FAVI

VARIABLE	n	$Q_A$ medio (ml/min)	p
<b>Género</b>			
Hombre	18	$1090,6 \pm 436,5$	
Mujer	12	$1196,0 \pm 631,2$	0,59
<b>Edad (años)</b>			
< 65	20	$1093,0 \pm 451,1$	
≥ 65	10	$1212,3 \pm 644,8$	0,56
<b>Tiempo en HD (meses)</b>			
< 36	20	$1144,8 \pm 568,8$	
≥ 36	10	$1108,7 \pm 414,6$	0,86
<b>Nefropatía diabética</b>			
Sí	6	$966,4 \pm 340,7$	
No	24	$1174,4 \pm 548,3$	0,39
<b>Índice Kt/V</b>			
< 1,40	9	$1081,3 \pm 540,9$	
≥ 1,40	21	$1154,8 \pm 516,1$	0,73
<b>PAM (mmHg)</b>			
< 100	18	$1101,0 \pm 552,7$	
≥ 100	12	$1180,4 \pm 473,3$	0,69
<b>Tipo de FAVI</b>			
Radial	24	$1080,4 \pm 440,3$	
Humeral	6	$1342,2 \pm 763,4$	0,45
<b>Duración FAVI (meses)</b>			
< 36	19	$1087,5 \pm 513,0$	
≥ 36	11	$1211,0 \pm 519,2$	0,54
<b>Número total AV</b>			
1	20	$1035,8 \pm 469,6$	
> 1	10	$1326,6 \pm 572,4$	0,15
<b>Distancia agujas (cm)</b>			
< 6	17	$1282,0 \pm 637,6$	
≥ 6	13	$1020,4 \pm 430,3$	0,23

AV: acceso vascular; FAVI: fistula arteriovenosa interna; HD: hemodiálisis; PAM: presión arterial media;  $Q_A$ : flujo sanguíneo.

do el accesorio Twister® fue de  $5,9 \pm 1,9$  minutos (intervalo 2-11 minutos) y significativamente inferior en relación con el método Delta-H aplicado en este estudio (tabla 4). Como se refleja en el histograma de la figura 2, el tiempo empleado en la mayoría de los casos (46/60, 76,7%) mediante la TGT osciló entre 4 y 7 minutos.

El  $Q_A$  medio calculado mediante la TGT ( $1132,5 \pm 515,4$  ml/min) fue similar al flujo sanguíneo medio obtenido con el método Delta-H ( $1138,4 \pm 502,3$  ml/min) ( $p = 0,83$ ). Como se muestra en el histograma de la figura 3, la diferencia absoluta entre los valores medios del  $Q_A$  de la FAVI obtenidos mediante ambos métodos fue inferior a 150 ml/min en el 66,7% de los casos (20/30). Los valores del  $Q_A$  de la FAVI obtenidos mediante la TGT se correlacionaron significativamente con los determinados por el método Delta-H ( $r = 0,963$ ,  $p < 0,001$ ) (figura 4). La gráfica de Bland-Altman de la figura 5 demuestra la concordancia entre ambos métodos de *screening*, incluso con valores de  $Q_A$  medio iguales o superiores a 2.000 ml/min ( $n = 3$ ).

### DISCUSIÓN

La TGT se ha demostrado eficaz para valorar la función de la FAVI. El valor de  $Q_A$  obtenido mediante la TGT en el presente estudio es superponible al comunicado previamente utilizando otros métodos de *screening* no invasivos para calcular el  $Q_A$ <sup>3,11-15</sup>. Incluso el resultado de  $Q_A$  referido en la serie de validación de la TGT efectuada por Wijnen et al. ( $1000 \pm 588$  ml/min) es muy similar al  $Q_A$  calculado en el estudio actual<sup>7</sup>.

La reproductibilidad de la TGT constatada en el presente estudio ha sido óptima con un coeficiente de variación para medidas duplicadas de  $Q_A$  inferior al 10%. Este resultado permite comparar favorablemente la reproductibilidad de la TGT con la de otros métodos utilizados en la práctica clínica habitual, como el método Delta-H o el de dilución por ultrasonidos<sup>3,16</sup>.

**Tabla 4.** Tiempo empleado para calcular el  $Q_A$  mediante tres métodos de monitorización de la FAVI

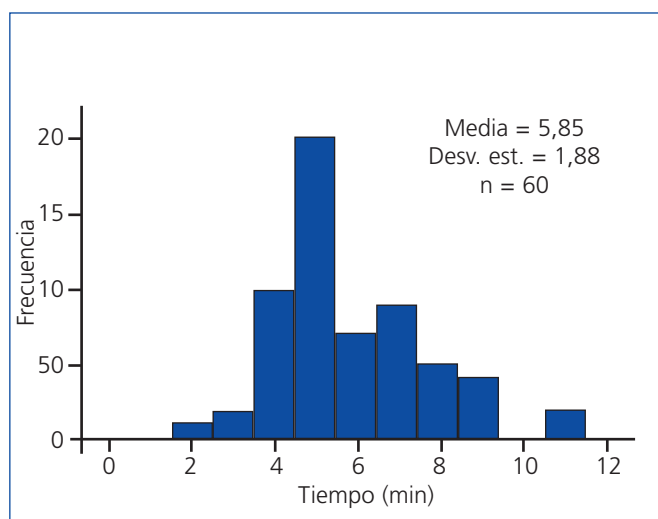
Método aplicado	N.º pacientes	N.º registros	Inversión líneas	Tiempo empleado (min)
TGT (estudio actual)	30	60	Twister®	$5,9 \pm 1,9$
Delta-H (estudio actual) <sup>a</sup>	30	30	Manual	$26,8 \pm 1,9$
TGT (Wijnen et al., 2007) <sup>b</sup>	35	70	Manual	$8,9 \pm 3,5$
Termodilución (Wijnen et al., 2006) <sup>c</sup>	40	60	Manual	$29 \pm 7$

<sup>a</sup> TGT (estudio actual) vs. Delta-H (estudio actual);  $p < 0,001$ .

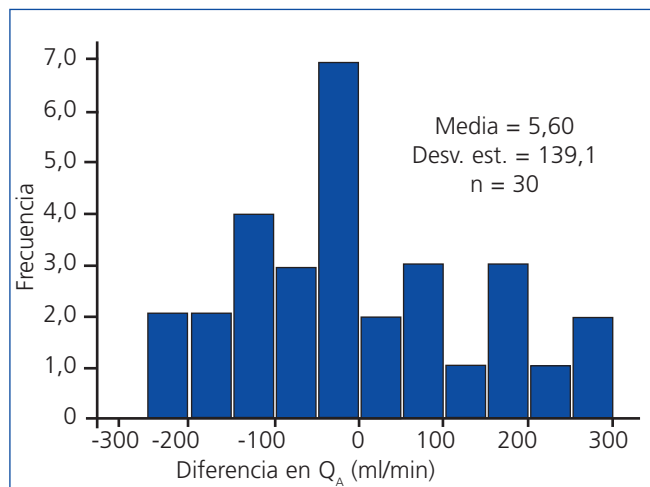
<sup>b</sup> TGT (estudio actual) vs. TGT (Wijnen et al., 2007);  $p < 0,001$ .

<sup>c</sup> TGT (estudio actual) vs. termodilución (Wijnen et al., 2006);  $p < 0,001$ .

FAVI: fístula arteriovenosa interna;  $Q_A$ : flujo sanguíneo; TGT: técnica de gradiente de temperatura.



**Figura 2.** Tiempo empleado para calcular el  $Q_A$  por la TGT.  $Q_A$ : flujo sanguíneo; TGT: técnica de gradiente de temperatura.

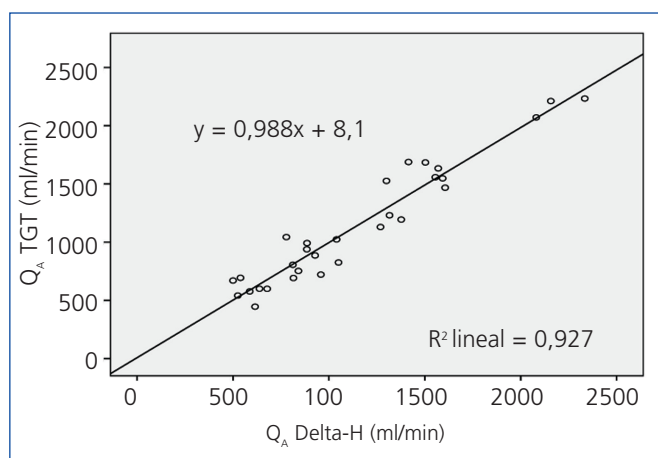


**Figura 3.** Diferencia absoluta entre el valor medio de  $Q_A$  obtenido por la TGT y el método Delta-H.  $Q_A$ : flujo sanguíneo; TGT: técnica de gradiente de temperatura.

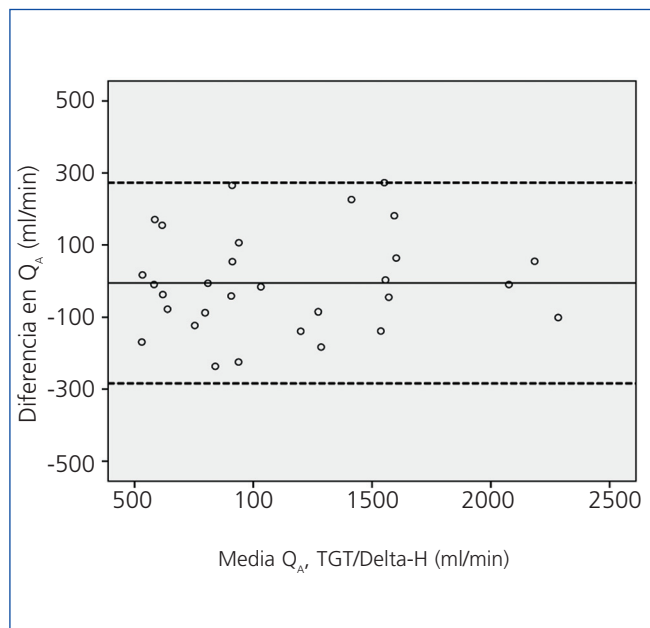
En el estudio actual, se ha evidenciado una correlación funcional significativa entre el método de Delta-H, que se aplica de forma rutinaria en nuestra Unidad de HD, y la TGT. No se han objetivado diferencias al comparar los valores del  $Q_A$  de la FAVI obtenidos por ambos métodos. En la referida serie de Wijnen et al., también se constató una correlación significativa ( $r = 0,964$ ,  $p < 0,05$ ) al comparar los valores de  $Q_A$  obtenidos mediante el método de dilución ultrasónica ( $Q_A$  medio  $960 \pm 594$  ml/min) y la TGT<sup>7</sup>. Por tanto, si tenemos en cuenta la eficacia en obtener valores fiables de  $Q_A$ , la TGT y el método Delta-H son equiparables y pueden utilizarse indistintamente en la monitorización periódica del AV.

El tiempo es oro, sobre todo con la dinámica existente en la actualidad en muchas Unidades de HD de nuestro país. Por tanto, para asegurar el éxito de los programas de seguimiento del AV, se necesita aplicar un método rápido para monitorizar el AV en la sala de HD sin excesivo consumo de tiempo. En este sentido, la aplicación conjunta de la TGT y el accesorio Twister<sup>®</sup> permite obtener los datos necesarios para calcular el  $Q_A$  de la FAVI en un tiempo significativamente inferior respecto al método Delta-H (estudio actual) y respecto a los métodos que utilizan el sensor BTM para determinar el  $Q_A$ , como son el método de termodilución y la misma TGT con la inversión manual de las líneas de HD (tabla 4)<sup>7,17</sup>.

Es conocida la relación directa existente entre la PAM y el  $Q_A$  de la FAVI, que se expresa mediante la siguiente fórmula:  $Q_A = PAM - \text{presión venosa central/resistencia de la FAVI}$ <sup>18</sup>. Por ejemplo, en el estudio multivariante de Tonelli et al., referido a 4084 determinaciones de  $Q_A$  mediante el método de dilución por ultrasonidos efectuadas a 294 pacientes con FAVI, se objetivó que por cada 1 mmHg de incremento de la presión arterial sistólica existe un aumento de 1,8 y 2,9 ml/min del  $Q_A$  en las FAVI distal y proximal,



**Figura 4.** Correlación entre los valores de  $Q_A$  de la FAVI obtenidos por la TGT y el método Delta-H ( $n = 30$ ). FAVI: fístula arteriovenosa interna;  $Q_A$ : flujo sanguíneo; TGT: técnica de gradiente de temperatura.



**Figura 5.** Gráfica de Bland-Altman que representa la relación entre el valor medio de  $Q_A$  obtenido por la TGT y el método Delta-H. ( $n = 30$ ).  $Q_A$ : flujo sanguíneo; TGT: técnica de gradiente de temperatura.

respectivamente<sup>19</sup>. Por consiguiente, los resultados de cualquier estudio efectuado sobre la función de la FAVI no serían válidos sin tener en cuenta a la presión arterial. En el presente estudio, se ha analizado el efecto de la PAM sobre 2 aspectos fundamentales:

- 1) La reproductibilidad de la TGT. No se han hallado diferencias al comparar los valores de la PAM obtenidos simultáneamente con la primera y la segunda determinación de  $Q_A$ . Por tanto, la presión arterial del paciente no interfirió en el estudio de la reproductibilidad de la TGT.
- 2) El  $Q_A$  de la FAVI. No se ha demostrado ninguna correlación de la PAM con el  $Q_A$  de la FAVI, ni siquiera considerando por separado valores de PAM superiores o inferiores a 100 mmHg.

Por tanto, se ha evidenciado una total independencia entre la función de la FAVI (valorada objetivamente mediante el cálculo de  $Q_A$ ) y la PAM en el estudio actual. Este resultado puede atribuirse a que las determinaciones de  $Q_A$  se efectuaron al inicio de la sesión de HD en presencia de una presión arterial estable, evitando así posteriores descensos tensionales secundarios a la ultrafiltración programada. En este sentido, según Rehman et al., la PAM es el principal determinante de las variaciones de  $Q_A$  durante la HD, de manera que, a partir de los 90 minutos del inicio de la sesión de HD, por cada 10% de disminución de la PAM se reduce el 8% el  $Q_A$  del AV<sup>20</sup>.

En resumen, el objetivo primordial de los programas de seguimiento del AV en las Unidades de HD es evitar la trombosis en el paciente prevalente. Para ello, es preciso disponer en la sala de HD de un método de *screening* objetivo de aplicación sencilla que nos permita conocer la función del AV de forma fiable y en el menor tiempo posible. La TGT asociada con el dispositivo Twister® cumple todos estos requisitos y nos puede ayudar a alcanzar el objetivo de reducir la tasa actual de trombosis del AV.

## Agradecimientos

Agradecemos a Fresenius Medical Care la cesión del dispositivo Twister®.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés potenciales relacionados con los contenidos de este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis Adequacy, Peritoneal Dialysis Adequacy and Vascular Access. Am J Kidney Dis 2006;48 Suppl 1:S1-322.
- Roca Tey R. El acceso vascular para hemodiálisis: la asignatura pendiente. Nefrología 2010;30:280-7.
- Roca-Tey R. Diagnóstico precoz de la estenosis del acceso vascular para hemodiálisis mediante la determinación no invasiva del flujo sanguíneo. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, 2010. [Available at: <http://hdl.handle.net/10803/32023>].
- Roca-Tey R. Control de los accesos vasculares. Exploración física e instrumental. En: González Álvarez MT, Martínez Cercós R. Manual de accesos vasculares para hemodiálisis. Barcelona: Marge Médica Books; 2010. p. 87-97.
- Tessitore N, Bedogna V, Poli A, Mantovani W, Lipari G, Baggio E, et al. Adding access blood flow surveillance to clinical monitoring reduces thrombosis rates and costs, and provides fistula patency in the short term: a controlled cohort study. Nephrol Dial Transplant 2008;23:3578-84.
- Roca-Tey R, Samon R, Ibrik O, García-Madrid C, Herranz JJ, García-González L, et al. Monitorización del acceso vascular mediante la determinación del flujo sanguíneo durante la hemodiálisis por el método de ultrafiltración. Estudio prospectivo de 65 pacientes. Nefrología 2004;24:246-52.
- Wijnen E, van der Sande FM, Kooman JP, de Graaf T, Tordoir JH, Leunissen KM, et al. Measurement of hemodialysis vascular access flow using extracorporeal temperature gradients. Kidney Int 2007;72:736-41.
- Schneditz D, Fan Z, Kaufman A, Levin NW. Stability of access resistance during hemodialysis. Nephrol Dial Transplant 1998;13:739-44.
- Polkinghorne KR, Atkins RC, Kerr PG. Native arteriovenous fistula blood flow and resistance during hemodialysis. Am J Kidney Dis 2003;41:132-9.
- Yarar D, Cheung AK, Sakiewicz P, Lindsay RM, Paganini EP, Steuer RR, et al. Ultrafiltration method for measuring vascular access flow rates during hemodialysis. Kidney Int 1999;56:1129-35.
- Lindsay RM, Blake PG, Malek P, Posen G, Martin B, Bradfield E. Hemodialysis access blood flow rates can be measured by a differential conductivity technique and are predictive of access clotting. Am J Kidney Dis 1997;30:475-482.
- Begin V, Ethier J, Dumont M, Leblanc M. Prospective evaluation of the intra-access flow of recently created native arteriovenous fistulae. Am J Kidney Dis 2002;40:1277-82.
- Roca-Tey R, Ibrik O, Samon S, Viladoms J. Estudio del flujo sanguíneo (QA) del acceso vascular (AV) antes de la hemodiálisis (HD) mediante el método óptico transcutáneo (TQA) en 32 pacientes con fistula arteriovenosa (FAVI). Nefrología 2002;22(Suppl 6):46 (Abstract).
- 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(1-3):1-8.
- Roca-Tey R, Samon R, Ibrik O, Giménez I, Viladoms J. Exploración funcional del acceso vascular durante la hemodiálisis en 38 pacientes mediante la técnica de termodilución. Estudio comparativo con el método Delta-H. Nefrología 2008;28:447-52.
- Tessitore N, Bedogna V, Gammara L, Lipari G, Poli A, Baggio E, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound dilution access blood flow measurement in detecting stenosis and predicting thrombosis in native forearm arteriovenous fistulae for hemodialysis. Am J Kidney Dis 2003;42:331-41.
- Wijnen E, Essers S, van Meijel G, Kooman JP, Tordoir J, Leunissen KM, et al. Comparison between two on-line reversed line position hemodialysis vascular access flow measurement techniques. Saline dilution and thermodilution. ASAIO J 2006;52:410-5.
- Paulson WD, Ram SJ, Faiyaz R, Caldito GC, Atray NK. Association between blood pressure, ultrafiltration, and hemodialysis graft thrombosis: a multivariable logistic regression analysis. Am J Kidney Dis 2002;40:769-76.
- Tonelli M, Hirsch DJ, Chan CT, Marryatt J, Mossop P, Wile C, et al. Factors associated with access blood flow in native vessel arteriovenous fistulae. Nephrol Dial Transplant 2004;19:2559-63.
- Rehman SU, Pupim LB, Shyr Y, Hakim R, Ikizler TA. Intradialytic serial vascular access flow measurements. Am J Kidney Dis 1999;34:471-7.