

MEDICIÓN DEL FLUJO DE ACCESO MEDIANTE TEST DE BOMBA DE GLUCOSA COMPARADO CON TÉCNICA DE DILUCIÓN CON ULTRASONIDOS

**ANTONIO JOSÉ FERNÁNDEZ JIMÉNEZ GUSTAVO SAMUEL AGUILAR GÓMEZ IRENE CABRERA
PLAZA MERCEDES MORILLO PEDREGOSA FRANCISCO JAVIER ALGARÍN MUÑOZ LOLA PÉREZ
ANGULO**

—————**CENTRO DE HEMODIÁLISIS SIERRA ESTE, DIÁLISIS ANDALUZA. SEVILLA**

INTRODUCCIÓN:

El correcto funcionamiento del acceso vascular (AV) es esencial para asegurar el tratamiento de hemodiálisis (HD) y garantizar la calidad de vida y supervivencia del enfermo con insuficiencia renal crónica terminal^{1, 2, 3}. Para ello, Enfermería desarrolla programas protocolizados de vigilancia y monitorización, que detectan precozmente la disfunción del AV, para que junto al resto del equipo multidisciplinar, se localice su origen y se repare la lesión estructural previniendo la trombosis^{1, 2, 4}.

Actualmente entre los diversos procedimientos, directos e indirectos, la medición del flujo de acceso (QA) se considera el método más efectivo en la detección de estenosis cuando se utiliza de forma periódica tanto en Fístulas Arteriovenosas (FAVIs) como en Prótesis. Pero la elección de la sistemática de trabajo y de los instrumentos utilizados para la detección de la disfunción del AV depende de los medios disponibles en cada unidad de HD⁴.

El método más extendido y con el que se han realizado la mayoría de los estudios sobre el QA es la Dilución con Ultrasonidos o Dilución Ultrasónica (DU), ya que es preciso, fácil de realizar y sin apenas variabilidad entre observadores cuando se realiza de una manera estandarizada, pero requiere de un dispositivo que no todas las unidades de HD disponen^{1, 4}. Otra técnica novedosa es el Test de Bomba de Glucosa (GPT); método fácil, rápido, que requiere materiales de bajo coste y que permite monitorizar con frecuencia el QA prediálisis. Su fundamento se basa en la diferencia en los niveles de glucemia, entre una muestra basal de la aguja venosa y una segunda muestra durante una infusión con suero glucosado, de forma que un alto QA diluye la glucosa infundida y viceversa ante un QA bajo^{3, 5}.

Después de nuestra experiencia en la medición de la recirculación usando glucosa⁴, y considerando la importancia que tiene la monitorización del QA requiriendo de un procedimiento que precise de materiales disponibles en todas las unidades de HD, nos planteamos como problema de estudio comparar ambos métodos, analizando los resultados obtenidos y sus distintas metodologías.

OBJETIVOS:

- Valorar el Test de bomba de Glucosa como método para el cálculo del Flujo de Acceso, dentro del programa de cuidados, seguimientos y vigilancia que realiza Enfermería sobre los Accesos Vasculares de los pacientes con Insuficiencia Renal Crónica Terminal en Hemodiálisis.
- Comparar las técnicas de Dilución Ultrasónica y Test de bomba de Glucosa en la medición del Flujo de Acceso.
- Cuantificar la posible diferencia entre el Flujo de Acceso prediálisis medido con el método del Test de bomba de Glucosa y el Flujo de Acceso intradiálisis mediante la Dilución Ultrasónica.

Partimos de la Hipótesis nula: "El método GPT no presenta diferencias con respecto al método DU".

MATERIAL Y MÉTODOS:

Se realizó estudio descriptivo comparativo de 6 meses de duración, desde Octubre de 2008 hasta Marzo de 2009, a un total de n= 45 pacientes procedentes de nuestro centro de HD, que cumplieron los siguientes criterios de inclusión:

- Paciente portador de AV normofuncionante; FAVI o Prótesis que pudieran usarse en bipunción.
- AV con trayecto lineal comunicado que permitiese ambas punciones, arterial y venosa en el mismo trayecto y distanciados los biseles al menos 5 ó 6 cms.
- Punción arterial en sentido de contracorriente del flujo sanguíneo.
- Pacientes no diabéticos^{3, 5}.
- Estabilidad hemodinámica previa a la medición del QA con ambos métodos.
- Los materiales utilizados fueron:
 - Para DU: ordenador portátil con software específico de registro de datos, monitor de flujo Transonic HD01®, con conexiones al portátil, sensores de flujo-dilución, gel conductor de ultrasonidos y jeringa de 10 ml con suero fisiológico^{6, 7}.
 - Para GPT; Glucómetro (Glucocard Gmeter® A. Menarini), tiras reactivas específicas, suero glucosado al 5%, bomba de infusión (Infusomat® Braun), sistema de infusión, cronómetro, 1 jeringa de 2 ml y 2 jeringas de 5 ml.^{3, 5}.
- Hoja de datos donde se recogieron: identificación del paciente, tipo de AV, localización, anastomosis, calibre de las agujas, tipos de líneas y dializador para determinar el volumen del cebado del sistema. Para la medición del QA con GPT: Tensión Arterial Sistólica (TAS1), Tensión Arterial Diastólica (TAD1), Tensión Arterial Media (TAM1) calculada mediante la fórmula $TAD+(TAS-TAD)/3$, glucemia basal (C1) y glucemia postinfusional (C2). Y para la medición del QA con DU: Tensión Arterial Sistólica (TAS2), Tensión Arterial Diastólica (TAD2), Tensión Arterial Media (TAM2), tiempo de HD transcurrido, ultrafiltración obtenida en el momento de la determinación del QA con DU, flujo efectivo y QA con monitor Transonic®.

Se solicitó y obtuvo el consentimiento informado de los pacientes al inicio del estudio, el cual consistió en la realización de 2 mediciones del QA a cada paciente, efectuadas en la misma sesión de HD, la primera antes de la conexión al circuito extracorpóreo (prediálisis) con el método GPT que denominamos QAg, y en segundo lugar intradiálisis con DU mediante monitor Transonic® definido como QAt.

Para la determinación del QAg, (procedimiento y condiciones de equilibrio de la glucosa durante la infusión ilustrado en la Imagen 1) empleamos el método descrito por A. Magnasco^{3, 5} consistente en:

1. Conectar la aguja arterial al sistema de infusión y tras cebar con suero glucosado al 5%, conectar dicho sistema a la bomba de infusión y programarla a un flujo de infusión (Qi) de 16 ml/min (960 ml/hora).
2. Canalización de la aguja venosa y extracción con jeringa de 2 ml de muestra de sangre para determinación de C1.
3. Canalización de la aguja arterial clampada (para evitar la entrada de sangre) en sentido proximal a la anastomosis.
4. Empujar la sangre de la aguja venosa hasta la punta del bisel, con jeringa de 5 ml cargada con 2'8 ml de aire. Este volumen de cebado de las agujas que utilizamos (Nipro® AVF con calibre 15G y 16G) fue obtenido previamente in vitro.
5. Poner en marcha la bomba de infusión y a los 11 segundos extraer enérgicamente 5 ml (2,8 ml de aire y 2,2 ml de sangre) en 2 segundos.
6. Hacer Bmtest post-infusión.
7. Cálculo del QA mediante la fórmula:

$$QA = Qi \times (Ci - C2) / (C2 - C1)$$

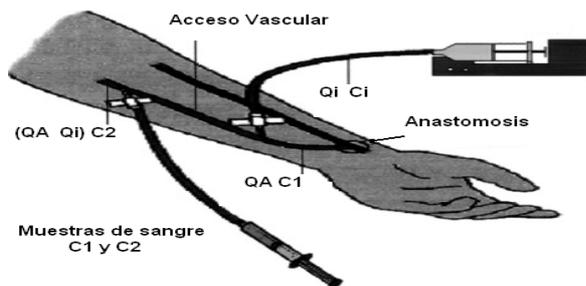


Imagen 1

- QA: Flujo de Acceso ml/min.
- Qi: Flujo de infusión 16 ml/min (960 ml/hora).
- Ci: Concentración de glucosa infundida 50 mg/ml (5000 mg de glucosa en 100 ml)⁵.
- C1: Glucosa basal mg/ml.
- C2: Glucosa post-infusión mg/ml.

En el caso que la glucemia postinfusional presentara valores superiores a 600 mg/dl (umbral máximo de detección del glucómetro por un QA muy bajo) se protocolizó repetir la prueba disminuyendo a la mitad el Qi, es decir a 8 ml/min (460 ml/hora)³. En estudios precedentes se indica infundir el suero glucosado al 10% a 20 ml/min; en nuestro caso las limitaciones de la bomba de infusión nos condicionó a emplear un Qi de 16 ml/min. Del mismo modo, al no disponer de suero glucosado al 10%, utilizamos el de 5%, que es la concentración indicada en los casos en los que C1 es superior a 250 mg/ml o C2 presenta valores fuera del rango máximo del glucómetro^{3, 5}.

Aunque en nuestro caso, los pacientes diabéticos fueron excluidos del estudio por ser la muestra lo suficientemente amplia, podrían haber sido estudiados sus QA, utilizando Qi y concentraciones de glucosa menores, aportando cantidades mínimas de ésta^{3, 5}.

El método que empleamos para la medición del QAt, fue el descrito por Krivitski, consistente en la inyección de 10 ml de suero fisiológico por rama venosa durante 4 ó 5 segundos con ultrafiltración anulada y esperar el análisis del software de las diferencias dilucionales obtenidas en cada rama^{6, 7}.

Previamente a las mediciones, establecimos in vitro los volúmenes de cebado de las distintas líneas extracorpóreas y dializadores que utilizamos para determinar su posible influencia en la medición del QA con DU.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS 16.0, realizándose test estadístico de contrastación de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, test de comparación de medias T-Student para datos apareados, test de correlación paramétrico de Pearson y no paramétrico de Rho de Spearman.

RESULTADOS:

De la muestra obtenida n=45, 27 fueron hombres (60%) y 18 mujeres (40%), con una edad media de 63,64 ±15,49 años y un rango comprendido entre los 26-88 años. Sus AVs fueron 42 fístulas autólogas (93,3%) y 3 protésicas (6,7%). Las anastomosis de dichos AVs fueron en Prótesis Humero-axilar (Ha) n=3 (6,6%), y en Fístulas Arteriovenosas: Radio-cefálicas (Rc) n= 20 (44,4%), Humero-cefálicas (Hc) n=14 (31,1%), Humero-medianas (Hm) n=5 (11,2%) y Humero-basílicas (Hb) n=3 (6,7%).

Los resultados de la medición del QA con el método GPT y con DU se muestran en la Imagen 2. Los valores medios de las variables sometidas a estudio se ilustran en la Tabla 1.

La distribución de los datos obtenidos en QAg, QAt, TAM1 y TAM2 se muestra en las Imágenes 3, 4, 5 y 6 respectivamente, cumpliéndose en todas las variables mostradas los criterios de normalidad con Test de Kolmogorov-Smirnov. Los estadísticos obtenidos al aplicar el Test de T-Student para datos apareados de las variables anteriormente representadas se muestran en la Tabla 2.

La correlación del QA medido mediante GPT y DU se muestran en el diagrama de dispersión de la Imagen 7. Y los datos obtenidos al aplicar el Test paramétrico de Pearson se ilustran en la Imagen 8.

	Flujo de Acceso con GPT	Flujo de Acceso con Transonio®
1	4123,79	>4000
2	1320,68	1320
3	903,15	1000
4	372,44	290
5	993,26	860
6	942,24	1110
7	581,09	600
8	979,85	1110
9	299,39	150
10	309,98	250
11	999,48	1140
12	1218,03	1460
13	421,72	470
14	179,67	220
15	960,60	790
16	724,98	970
17	1439,11	1490
18	282,99	240
19	2989,92	2700
20	721,79	690
21	631,07	700
22	584,74	590
23	1760,36	1940
24	1307,39	950
25	3251,33	3360
26	719,40	790
27	1852,19	1870
28	1812,84	1660
29	1896,59	2000
30	969,30	1030
31	785,80	770
32	314,50	500
33	515,95	520
34	1060,38	750
35	816,86	890
36	1518,43	1640
37	1125,33	1320
38	386,57	300
39	1693,22	1470
40	1012,42	1140
41	2519,23	2390
42	1465,96	1098
43	709,78	700
44	3737,14	3690
45	852,98	1050
Total N	45	45

Imagen 2

GPT: Test de Bomba de Glucosa

Normal gráfico P-P de Flujo de Acceso con GPT

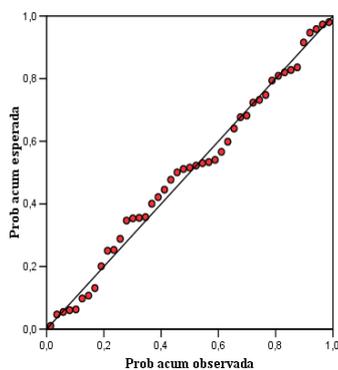


Imagen 3

GPT: Test de Bomba de Glucosa

Normal gráfico P-P de Flujo de Acceso con DU

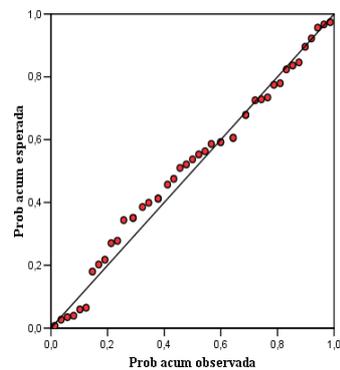


Imagen 4

DU: Dilución Ultrasónica

Normal gráfico P-P de Tensión Arterial Media 1

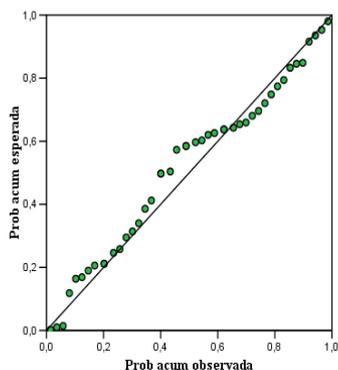


Imagen 5

Normal gráfico P-P de Tensión Arterial Media 2

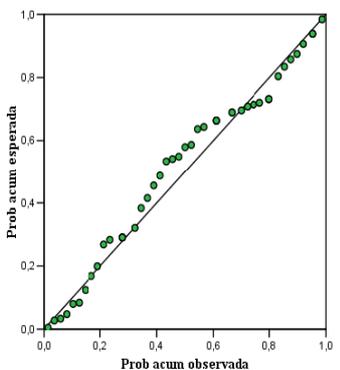


Imagen 6

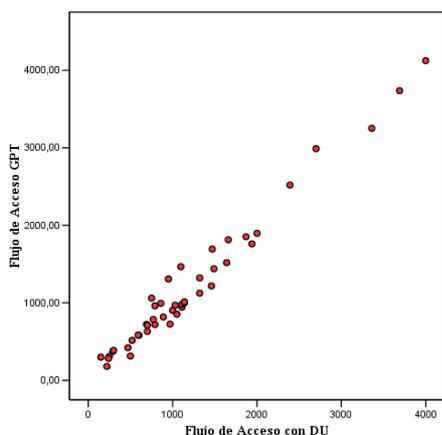


Imagen 7

GPT: Test de Bomba de Glucosa
DU: Dilución Ultrasónica

		Tensión Arterial Media 1	Tensión Arterial Media 2	Flujo de Acceso GPT	Flujo de Acceso con DU
Tensión Arterial Media 1	Correlación de Pearson	1	,855(**)	,130	,149
	Sig. (bilateral)		,000	,395	,329
	N	45	45	45	45
Tensión Arterial Media 2	Correlación de Pearson	,855(**)	1	,120	,143
	Sig. (bilateral)	,000		,433	,350
	N	45	45	45	45
Flujo de Acceso con GPT	Correlación de Pearson	,130	,120	1	,985(**)
	Sig. (bilateral)	,395	,433		,000
	N	45	45	45	45
Flujo de Acceso con DU	Correlación de Pearson	,149	,143	,985(**)	1
	Sig. (bilateral)	,329	,350	,000	
	N	45	45	45	45

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Imagen 8

GPT: Test de Bomba de Glucosa
DU: Dilución Ultrasónica

	QAg	QAt	TAS1	TAD1	TAM1	TAS2	TAD2	TAM2	C1	C2
Media	1201	1199,51	139,36	73,27	95,30	131,69	68,33	89,45	1,12	2,12
±DE	±902,39 ml/min	±883,50 ml/min	±30,10 mmHg	±17,01 mmHg	±20,01 mmHg	±25,15 mmHg	±14,12 mmHg	±16,67 mmHg	±0,36 mg/ml	±0,90 mg/ml

Tabla1. Valores medios de las variables.

- QAg: Flujo de Acceso medido con Test de Bomba de Glucosa.
- QAt: Flujo de Acceso medido con Dilución Ultrasónica.
- TAS1: Tensión Arterial Sistólica pre medición del Flujo de Acceso con Test de Bomba de Glucosa.
- TAD1: Tensión Arterial Diastólica pre medición del Flujo de Acceso con Test de Bomba de Glucosa.
- TAM1: Tensión Arterial Media pre medición del Flujo de Acceso con Test de Bomba de Glucosa.
- TAS2: Tensión Arterial Sistólica pre medición del Flujo de Acceso con Dilución Ultrasónica.
- TAD2: Tensión Arterial Diastólica pre medición del Flujo de Acceso con Dilución Ultrasónica.
- TAM2: Tensión Arterial Media pre medición del Flujo de Acceso con Dilución Ultrasónica.
- C1: Glucemia basal.
- C2: Glucemia postinfusional.

Variables	Diferencias entre parejas							
	Media	DE	Media Error E	95% Intervalo de confianza		t	gl	Sig.
				Inferior	Superior			
TAM1-TAM2 mmHg	5,84	10,39	1,55	2,72	8,96	3,77	44	0,00
QAg-QAt ml/min	1,86	154,94	23,09	-44,68	48,41	0,08	44	0,93

Tabla 2. Test de T-Student para datos apareados.

- TAM1: Tensión Arterial Media pre medición del Flujo de Acceso con Test de Bomba de Glucosa.
- TAM2: Tensión Arterial Media pre medición del Flujo de Acceso con Dilución Ultrasónica.
- QAg: Flujo de Acceso medido con Test de Bomba de Glucosa.
- QAt: Flujo de Acceso medido con Dilución Ultrasónica.

DISCUSIÓN:

Al aplicar test de T-Student para datos apareados como test paramétrico, hemos observado que entre las mediciones pre e intra diálisis, los valores de la tensión arterial han sido distintos de forma significativa, comprobándose tanto en las mediciones sistólicas y diastólicas como en las Tensiones Arteriales Medias como parámetro de referencia. En dichas mediciones, las obtenidas prediálisis fueron mayores, concretamente la media de la diferencia entre TAM1 y TAM2 fué de $5,84 \pm 10,39$ mmHg.

Al aplicar el mismo test a las mediciones del QA, realizadas con ambos métodos, observamos que las medias de sus diferencias eran insignificantes ($1,86 \pm 154,94$ ml/min a favor de QAg), es decir ambos métodos realizaron mediciones que podríamos considerar como iguales. Además cuando estas variables fueron representadas en un gráfico de dispersión y comparadas mediante test de Pearson se puso de manifiesto la fuerte correlación entre ambas.

El GPT mide el QA sin necesidad de conexión al sistema extracorpóreo, es de fácil aplicación, rápido en su procedimiento, necesita materiales asequibles en cualquier unidad de diálisis y mediante el cual se obtienen valores del QA fiables y sin limitación^{3, 5, 9}. Sin embargo precisó de una meticulosa medición del volumen de cebado de las agujas para determinar el vaciado con aire, aunque también se puede emplear una llave de 3 pasos para tal procedimiento evitando empujar la sangre con aire⁹. También hay que destacar que el coeficiente de variabilidad del glucómetro puede condicionar variaciones tanto en las glucemias pre, como en las postinfusionales de una misma muestra, de modo que cuando las diferencias entre C1 y C2 son pequeñas, es decir, los QA son altos, pueden provocar errores de medición amplios. Cuando las diferencias entre C1 y C2 son mayores, es decir, el QA medido es bajo, los errores se minimizan. En nuestro caso, para evitar errores en QA altos ya conocidos, realizamos 2 determinaciones de C1 y C2, tomando como válida las medias aritméticas de cada valor.

Respecto al DU es un método que se realiza intradiálisis, fácilmente aplicable, rápido, reproducible y sus resultados en la medición del QA son ampliamente demostrados^{1, 4}. Por el contrario precisa irremediamente de inversión de líneas que llega a subestimar el QA hasta 100 ml/min^{8, 9}, requiere de material específico de alto coste que no todas las unidades de HD disponen, no detecta QA superiores a 4000 ml/min y los resultados obtenidos pueden ser condicionados cuando se utilizan tratamientos de HD con infusiones exógenas⁴.

Ambos métodos han obtenido similares valores del QA en circunstancias hemodinámicas distintas con variaciones de la tensión arterial, aunque realmente pequeñas. Sin embargo no debemos olvidar que la variabilidad específica de cada método, unida a que no es posible realizarlos de forma simultánea sin que influyan las condiciones hemodinámicas, no nos permite una comparación en las mismas circunstancias.

Por tanto aceptamos la hipótesis inicial de ausencia de diferencias entre los valores obtenidos con ambos métodos, y aunque ningún método produce valores exactos debido a errores sistemáticos que tienen efectos clínicos insignificantes en las mediciones seriadas del QA⁹, concluimos que ambos métodos nos permiten monitorizar el QA incluyéndolos en el programa de vigilancia de los AV de los pacientes con Insuficiencia Renal Crónica Terminal en programa de HD.

AGRADECIMIENTOS:

A todos los pacientes que con su colaboración han hecho posible este estudio, a todos los compañeros del centro que han ayudado y a todos los que han contribuido en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Varios autores. Guía de acceso vascular en hemodiálisis. SEN. 2004.
2. Nacional Kidney Foundation. K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. Am J Kidney Dis 2001; 37 S137-S181.
3. Magnasco A, Alloati S, Martinoli C, Solari P. Glucose pump test: a new method for blood flow measurements. Nephrol Dial Transplant 2002; 17: 2244-2248.
4. Fernández AJ, Aguilar GS, Cabrera I, Morillo M, Moulin R, Pérez L, et al. Recirculación de los Accesos Vasculares mediante Test de Infusión de Glucosa comparado con técnica de Dilución con Ultrasonidos. En: libro de comunicaciones del XXXIII Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica; San Sebastián 8-11 Octubre 2008. SEDEN; 2008. p 202-203.
5. Magnasco A, Bacchini G, Cappello A, La Milia V, Brezzi B, Messa P, Locatelli F. Clinical validation of glucose pump test (GPT) compared with ultrasound dilution technology in arteriovenous graft surveillance. Nephrol Dial Transplant 2004; 19: 1835-1841.
6. Krivitski NM. Theory and validation of access flow measurement by dilution technique during hemodialysis. Kidney International, Vol 48 1995 Jul: 244-250.
7. Krivitski N.M: Novel method to measure access flow during hemodialysis by ultrasound velocity dilution technique. ASOIO J41: M 741-M 745.1995.
8. Krivitski N.M. Pitfalls of the glucose pump test for access flow measurements. Nephrol Dial Transplant 2003; 18: 1230-1231.
9. Magnasco A, Alloati S. Reply (Pitfalls of the glucose pump test for access flow measurements). Nephrol Dial Transplant 2003; 18: 1231.

