

ENFERMERÍA NEFROLÓGICA

Enfermería Nefrológica

ISSN: 22542884

seden@seden.org

Sociedad Española de Enfermería Nefrológica
España

Fernández Jiménez, Antonio José; Aguilar Gómez, Gustavo Samuel; Cabrera Plaza, Irene; Morillo Pedregosa, Mercedes; Moulín Martín, Rocío; Pérez Angulo, Lola; Ortega Aranda, Encarnación
Recirculación de los accesos vasculares mediante test de infusión de glucosa comparado con técnica de dilución con ultrasonidos

Enfermería Nefrológica, vol. 12, núm. 2, abril-junio, 2009, pp. 83-90
Sociedad Española de Enfermería Nefrológica
Madrid, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=359833134002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Recirculación de los accesos vasculares mediante test de infusión de glucosa comparado con técnica de dilución con ultrasonidos

Antonio José Fernández Jiménez - Gustavo Samuel Aguilar Gómez - Irene Cabrera Plaza - Mercedes Morillo Pedregosa - Rocío Moulín Martín - Lola Pérez Angulo - Encarnación Ortega Aranda

Centro de Hemodiálisis Sierra Este, Diálisis Andaluza. Sevilla

Resumen

La medición de la recirculación es muy útil para la vigilancia del acceso vascular. Entre los métodos aconsejados para dicha medición encontramos la técnica de dilución por ultrasonidos y el test de infusión con glucosa.

El estudio consistió en la realización de dos mediciones para comparar la dilución ultrasónica con el test de infusión de glucosa en la medición de la recirculación con líneas normales y con líneas invertidas, en donde se puso de manifiesto, que aunque se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), estas diferencias no son clínicamente relevantes, permitiéndonos usar ambos métodos para la medición de la recirculación dependiendo de los recursos disponibles.

El test de infusión de glucosa ha sido un método de fácil aplicación, rápido, reproducible, no precisa parar la ultrafiltración y los materiales necesarios son de bajo coste y asequibles. Sin embargo precisó de una medición meticulosa previa de la línea arterial para calcular el tiempo de extracción de la muestra sanguínea postinfusional, y de exactitud

en el tiempo de infusión de la glucosa para la obtención de la glucemia postinfusión.

La dilución ultrasónica también es fácilmente aplicable, sus resultados son reproducibles, y aunque necesita de calibración de la línea no precisa calibración de tiempos de infusión ni de extracción de sangre, aunque requiere de material costoso y calibraciones periódicas.

PALABRAS CLAVE:

- HEMODIÁLISIS
- ACCESO VASCULAR
- MEDIDORES DE CAUDAL
- GLUCOSA / USO DIAGNÓSTICO

Vascular access recirculation through glucose infusion test compared to ultrasound dilution technique

Abstract

Measuring recirculation is very useful for monitoring vascular access. The recommended measurement methods include the ultrasound dilution technique and the glucose infusion test.

The study consisted of carrying out two measurements to compare ultrasound dilution with the glucose infusion test in the measurement of recirculation with normal lines and inverted lines, where it was found that, although statistically significant differences were found ($p < 0.05$), these differences are not clinically relevant, and allow us to use both methods

Correspondencia:
Antonio José Fernández Jiménez
Centro de Hemodiálisis Sierra Este,
Diálisis Andaluza
Avd. Innovación nº 2,
Edif. Sierra Este. 41020 Sevilla
antferji@gmail.com

to measure recirculation depending on the available resources.

The glucose infusion test has been a fast, reproducible method that is easy to apply, does not require stopping ultrafiltration, and the necessary materials are low cost and accessible. However, it required a meticulous prior measurement of the arterial line in order to calculate the extraction time for the post-infusion blood sample, and exact precision in the glucose infusion time in order to obtain the post-infusion glucemia.

Ultrasound dilution is also easy to apply, the results can be reproduced, and although it needs calibration of the line it does not require calibration of infusion or blood extraction times, although it requires costly material and regular calibrations.

KEY WORDS:

- HAEMODIALYSIS
- VASCULAR ACCESS
- FLOW MEASUREMENT
- GLUCOSE / DIAGNOSTIC USE

Introducción

El funcionamiento del Acceso Vascular (AV) es una de las piezas fundamentales que va a sostener el tratamiento de Hemodiálisis (HD) y que permite que éste se desarrolle adecuadamente, condicionando la calidad y esperanza de vida del paciente renal. Para conseguir esto, Enfermería junto con el resto del equipo multidisciplinar debe desarrollar programas de vigilancia y monitorización del AV protocolizados, que puedan detectar la disfunción de dicho AV, localizar su origen y reparar la lesión¹.

Entre los parámetros fundamentales o indicadores del funcionamiento del AV que utilizamos de forma habitual para su seguimiento, se encuentra la medición de la recirculación (R), puesto que su existencia reduce significativamente la eficacia del tratamiento de diálisis². La recirculación se produce cuando el flujo sanguíneo extracorpóreo es superior al flujo dentro de la vena puncionada, y parte de la sangre retrocede de la aguja venosa a la arterial³. Su medición es una

intervención que suele ser simple usando cualquiera de los métodos habituales, siendo muy útil para el programa de vigilancia, porque permite una evaluación inmediata y exacta de la eficacia del tratamiento de diálisis e indirectamente del AV^{2, 4, 5}.

De entre los diversos métodos que existen para la obtención de la R, se aconsejan los métodos no basados en urea, porque son mucho más seguros y evitan la recirculación cardiopulmonar, aunque requieran indicaciones específicas que pueden limitar su aplicación⁶. Entre los métodos aconsejados se encuentran la dilución ultrasónica (DU) o medidor de caudal mediante técnica de dilución con ultrasonidos y el test de infusión con glucosa (GIT), cada uno de ellos con características específicas que van a condicionar sus aplicaciones. Ambos métodos son de gran utilidad, no invasivos, fácilmente aplicables, reproducibles y fiables. A su vez la DU precisa de unos dispositivos de medición específicos que requieren mínima manipulación pero de alto coste que no todas las unidades de HD disponen⁷. El GIT por el contrario necesita de recursos menos costosos y disponibles habitualmente en cualquier unidad², aunque en la puesta en práctica del método, varios factores pueden condicionar errores. Considerando esta diferencia de disponibilidad nos planteamos como problema de estudio comparar ambos métodos, analizando los resultados obtenidos y sus distintas metodologías.

Objetivos

- Valorar el Test de Infusión de Glucosa como un método para el cálculo de la recirculación
- Comparar las técnicas Dilución por Ultrasonidos y el Test de Infusión de Glucosa en la medición de la recirculación tanto con las líneas en posición normal como en posición invertida de los Accesos Vasculares.

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

Material y Métodos

Se realizó un estudio descriptivo comparativo de 6 meses de duración, desde septiembre de 2007 hasta febrero de 2008, a un total de n=40 pacientes procedentes de nuestro centro de HD, que cumplieron los

criterios de inclusión siguientes:

- Paciente portador de AV normofuncionante: FAVI o Prótesis que pudieran usarse en bipunción a un flujo de bomba (Qb) de 300 ml/m.
- AV con trayecto lineal comunicado que permitiera ambas punciones, arterial y venosa en el mismo trayecto y distanciados los biseles al menos 6 cms.
- Punción arterial en sentido de contracorriente del flujo sanguíneo.
- Pacientes no diabéticos.
- Realizar la prueba antes de la ingesta intradiálisis para evitar obtener glucemias basales altas.
- Estabilidad hemodinámica previa a las mediciones.

Los materiales utilizados fueron:

- Para la 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.
- Para la GIT; Glucómetro (Glucocard Gmeter® A. Menarini), tiras reactivas específicas, 2 jeringas de 2 ml para extracción de 1 ml de sangre para determinaciones de glucemias y una jeringa de 5 ml con 2 ml de glucosa hipertónica al 50% + 3 ml de suero fisiológico^{2,4,5}.
- Hoja de datos donde se recogieron identificación del paciente, tipo de AV, localización, anastomosis. Para cada medición, inicialmente con las líneas en posición normal (LN) y en segundo lugar con las líneas invertidas (LI): tensión arterial preestudio, calibre de la aguja arterial y venosa, presión arterial y venosa a un Qb de 200 ml/min y 300 ml/min, flujo efectivo y recirculación medidas con Transonic®, glucemia basal (C1 para LN y C1' para LI) y glucemia postinfusional (C2 para LN y C2' para LI).

Se solicitó y obtuvo el consentimiento informado de los pacientes al inicio del estudio. El estudio consistió en la realización de dos mediciones, con dos determinaciones en cada una de ellas, efectuadas en diferentes sesiones de HD cercanas en el tiempo. En la primera

medición se determinó en primer lugar la recirculación con la línea en posición normal con la técnica de Dilución con Ultrasonidos, denominándose RLNt y en segundo lugar se determinó con el Test de Infusión de Glucosa, denominándose RLNg. En la segunda medición se determinó la recirculación con las líneas invertidas y en la misma secuencia: RLIt y RLIG.

El método que empleamos para la medición de la recirculación mediante monitor Transonic HD01®, fue el descrito por Krivitski, consistente en la inyección de 10 ml de suero fisiológico por rama venosa durante 3 ó 4 segundos con la ultrafiltración anulada y esperar el análisis del software de las diferencias dilucionales obtenidas en cada rama⁸.

Para la determinación de la recirculación a través del Test de Infusión de Glucosa, empleamos el método descrito por A. Magnasco^{2,4,5}, consistente en:

1. Extracción de sangre por el botón de la línea arterial y determinación de glucemia basal: C1.
2. Infundir seguidamente, en unos 3-4 segundos, por el botón de la rama venosa, los 2 ml de glucosa al 50% + 3 ml de suero.
3. Extracción de 1 ml de sangre, con jeringa de 2 ml por el botón de la línea arterial (entre los 15-17 segundos para monitor Bellco Fórmula 2000®, y entre los 17-19 segundos, para Bellco Multimat®, desde el inicio del bolo de glucosa con suero), para la determinación de la glucemia postinfusional: C2. Esta diferencia de tiempo en la toma de C2 estuvo condicionada por el volumen de cebado, que a su vez era dependiente de la longitud y calibre de la línea arterial desde la conexión con la aguja hasta el botón arterial². Antes de las mediciones, determinamos in vitro los respectivos volúmenes de las líneas específicas de nuestros monitores de HD, cuyos resultados fueron: a) para las líneas A 566-1®, del monitor Fórmula 2000®: 184 cms de longitud y 25 ml de cebado, y b) para las líneas PI-VIPOL5-4®, del monitor Bellco Multimat®: 179 cms de longitud y 28 ml de cebado. Comparando estos volúmenes con los indicados en los estudios precedentes establecimos los tiempos de extracción de C2.

4. Cálculo de la recirculación mediante la aplicación de la ecuación: $C2-C1/20\%$.

Cuando la glucemia postinfusional presentaba valores superiores a 600 mg/dl, el glucómetro mostraba en su pantalla High por ser el umbral máximo de detección, por lo que se procedía a diluir la muestra al 50% con suero hasta obtener valores detectables y su resultado se multiplicaba por dos tantas veces como diluciones se hubieran realizado.

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

Resultados

De la muestra obtenida, el 62,5% fueron hombres y el 37,5 % mujeres, con una edad media de $60,92 \pm 15,93$ años y un rango comprendido entre los

26-87 años. Sus AVs fueron: 35 fístulas autólogas (87,5%) y 5 protésicas (12,5%). Las anastomosis de dichos AVs fueron: en prótesis humero-axilar 12,5% ($24 \pm 9,35$), y en fístulas arteriovenosas; radio-cefálicas 37,5% ($26,47 \pm 10,98$), humero-cefálicas 27,5% ($18,82 \pm 8,53$), humero-medianas 17,5% ($17,57 \pm 7,25$) y humero-basílicas 5% ($19 \pm 15,55$).

Al aplicar el Test de Kolmogorov-Smirnov de contrastación de normalidad hemos obtenido que las variables RLNt y RLNg no cumplen los criterios de distribución normal por haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de distribución. En cambio asumimos que RLIt y RLIG tienen distribución normal al no hallarse diferencias estadísticamente significativas.

Las abreviaturas de las variables que han sido objeto de estudio y sus valores medios se ilustran en la tabla 1. Los valores de las recirculaciones con las líneas en posición normal e invertida, diferenciadas según el tipo de acceso vascular obtenidas con ambos métodos, se muestran en la tabla 2.

Tabla 1. Abreviatura de las variables y sus valores medios

	Medición con líneas normales (LN)	Medición con líneas invertidas (LI)	Unidades
Glucemia Basal	C1	C1'	
	$104,88 \pm 24,66$	$108,75 \pm 22,80$	Media \pm DE (mg/dl)
Glucemia postinfusional	C2	C2'	
	$105,63 \pm 34,01$	$582,15 \pm 226,05$	Media \pm DE (mg/dl)
Recirculación con Dilución Ultrasónica	RLNt	RLIt	
	$0,10 \pm 0,63$	$22,12 \pm 10,01$	Media \pm DE (%)
Recirculación con Test de Infusión de Glucosa	RLNg	RLIG	
	$0,27 \pm 0,43$	$23,72 \pm 11,12$	Media \pm DE (%)

Tabla 2. Valores de las Recirculaciones con el método de Dilución con Ultrasonidos y con el Test de Infusión de Glucosa, según el tipo de acceso vascular

Acceso vascular		RLNt	RLNg	RLIt	RLIg
Fístula	N	35	35	35	35
	Media \pm DE	0,11 \pm 0,67	0,30 \pm 0,45	22,20 \pm 9,92	24,23 \pm 11,50
Prótesis	N	5	5	5	5
	Media \pm DE	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,08	21,60 \pm 11,84	20,09 \pm 7,89
TOTAL	N	40	40	40	40
	Media \pm DE	0,10 \pm 0,63	0,27 \pm 0,43	22,12 \pm 10,03	23,72 \pm 11,12

RLNt: Recirculación con líneas normales mediante Dilución con Ultrasonidos**RLNg:** Recirculación con líneas normales mediante Test de Infusión de Glucosa**RLIt:** Recirculación con líneas invertidas mediante Dilución con Ultrasonidos**RLIg:** Recirculación con líneas invertidas mediante Test de Infusión de Glucosa

Los valores de RLIt y RLIg diferenciadas por anastomosis son respectivamente: 24% y 21,7% en prótesis húmero- axilares, 26,47% y 27,26% en FAVI radio-cefálicas, 18,82% y 21,96 en FAVI húmero-cefálica, 17,57% y 20,15% en FAVI húmero-mediana y 19% y 24% en FAVI húmero-basílica.

La correlación de la RLI medida con el Test de Infusión de Glucosa y con monitor Transonic® se muestran en el gráfico de dispersión de la figura 1.

Los datos obtenidos al aplicar el Test T de Student para datos apareados, el Test paramétrico de Pearson, y el no paramétrico de Rho de Spearman se ilustran en las tablas 3, 4 y 5 respectivamente.

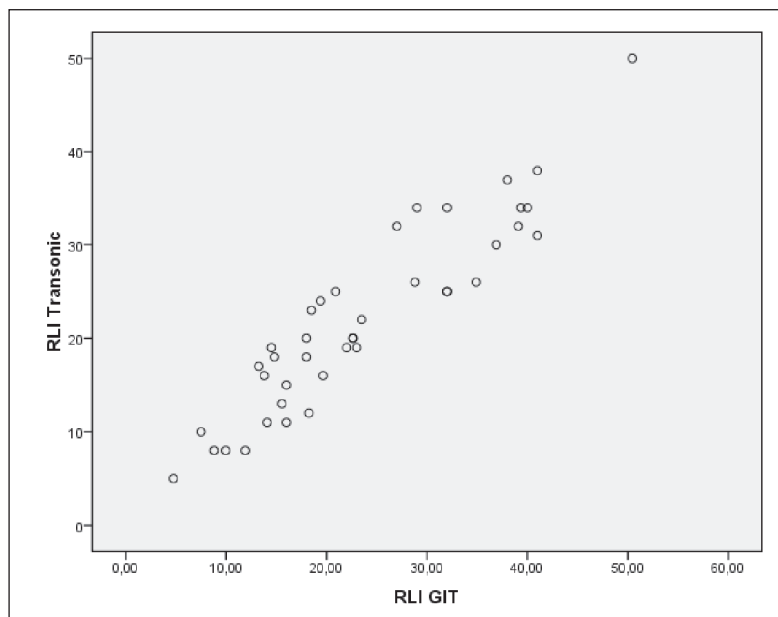
**Figura 1.** Diagrama de dispersión de las recirculaciones con las líneas invertidas con el método de Dilución con Ultrasonidos y con el Test de Infusión de Glucosa

Tabla 3. Test T-Student para datos apareados de las recirculaciones con el método de Dilución con Ultrasonidos y con el Test de Infusión de Glucosa

	Media	DE	95% Intervalo de confianza		t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)
			mínimo	máximo			
RLNg - RLNt	0,17	0,49	0,01	0,32	2,20	39	0,03
RLIg - RLIt	1,59	4,18	0,25	2,93	2,41	39	0,02

RLNt: Recirculación con líneas normales mediante Dilución con Ultrasonidos

RLNg: Recirculación con líneas normales mediante Test de Infusión de Glucosa

RLIt: Recirculación con líneas invertidas mediante Dilución con Ultrasonidos

RLIg: Recirculación con líneas invertidas mediante Test de Infusión de Glucosa

Tabla 4. Test de Correlación de Pearson de las recirculaciones con el método de Dilución con Ultrasonidos y con el Test de Infusión de Glucosa

		RLNt	RLNg	RLIt	RLIg
RLNt	Correlación de Pearson	1,00	0,63**	-0,18	-0,14
	Sig. (bilateral)		0,00	0,26	0,38
	N	40,00	40	40	40
RLNg	Correlación de Pearson	0,63**	1,00	-0,14	-0,11
	Sig. (bilateral)	0,00		0,36	0,49
	N	40	40,00	40	40
RLIt	Correlación de Pearson	-0,18	-0,14	1,00	0,92**
	Sig. (bilateral)	0,26	0,36		0,00
	N	40	40	40,00	40
RLIg	Correlación de Pearson	-0,14	-0,11	0,92**	1,00
	Sig. (bilateral)	,038	0,49	0,00	
	N	40	40	40	40,00

**. Nivel de significación de la correlación 0.01.

RLNt: Recirculación con líneas normales mediante Dilución con Ultrasonidos**RLNg:** Recirculación con líneas normales mediante Test de Infusión de Glucosa**RLIt:** Recirculación con líneas invertidas mediante Dilución con Ultrasonidos**RLIg:** Recirculación con líneas invertidas mediante Test de Infusión de Glucosa

Tabla 5. Test de Correlación de Rho de Spearman de las recirculaciones con el método de Dilución con Ultrasonidos y con el Test de Infusión de Glucosa

		RLNt	RLNg	RLIt	RLIg
RLNt	Coeficiente de correlación	1,00	0,28	-0,19	-0,17
	Sig. (bilateral)	.	0,07	0,22	0,28
	N	40	40	40	40
RLNg	Coeficiente de correlación	0,28	1,00	-0,11	-0,16
	Sig. (bilateral)	0,07	.	0,47	0,32
	N	40	40	40	40
RLIt	Coeficiente de correlación	-0,19	-0,11	1,00	0,92**
	Sig. (bilateral)	0,22	0,47	.	0,00
	N	40	40	40	40
RLIg	Coeficiente de correlación	-0,17	-0,16	0,92**	1,00
	Sig. (bilateral)	0,28	0,32	0,00	.
	N	40	40	40	40

** . Nivel de significación de correlación 0,01.

RLNt: Recirculación con líneas normales mediante Dilución con Ultrasonidos

RLNg: Recirculación con líneas normales mediante Test de Infusión de Glucosa

RLIt: Recirculación con líneas invertidas mediante Dilución con Ultrasonidos

RLIg: Recirculación con líneas invertidas mediante Test de Infusión de Glucosa

Discusión

No existen diferencias discordantes en los resultados obtenidos entre RLNt y RLNg, y entre RLIt y RLIg. En la medición del RLNt obtuvimos valor medio de 0%, sin obtener valores comprendidos entre 0% y 1%. Mientras en la medición RLNg se obtuvo un valor medio de 0,27%, 0,07% de mediana, 0% de mínimo y 2,0% de máximo con una desviación típica de 0,43%. Pensamos, al igual que A. Magnasco, que el GIT puede ser capaz de detectar variaciones menores de la recirculación y en definitiva ser más sensible que la DU². La sensibilidad del GIT nos ha permitido obtener resultados distintos de 0%, algunos incluso llegando al 1%, sin embargo clínicamente no son significativos porque podemos asumir estas variaciones tan pequeñas de la recirculación como similares o iguales a 0%.

Los resultados de ambos métodos apoyan la teoría de la realidad clínica de la recirculación cero, que por definición manifiesta que un buen acceso vascular con trayecto y flujo de acceso aceptable carece de recirculación⁹.

Al aplicar Test de T-Student para datos apareados hemos obtenido diferencias estadísticamente signifi-

cativas tanto entre RLNt y RLNg como entre RLIt y RLIg con un nivel de significación de 0,05. Asumimos como válidos estos resultados aunque RLNt y RLNg no tengan distribución normal porque la muestra es lo suficientemente grande para aplicar este Test.

La aplicación de los Test de correlación nos muestra que según el Test no paramétrico de Spearman no existe correlación lineal estadísticamente significativa entre las variables RLNt y RLNg, debido a la diferencia de sensibilidad a la hora de medir las R cercanas a 0%. La aplicación de estos Test también nos muestra correlación lineal alta ascendente estadísticamente significativa entre las variables RLIt y RLIg según el Test de Pearson.

Hemos observado que durante la realización de nuestro estudio el Test de Infusión de Glucosa ha sido un método de fácil aplicación, rápido, reproducible, no precisa parar la ultrafiltración y que los materiales necesarios son de bajo coste y asequibles². Sin embargo precisó de una medición previa meticulosa de la longitud y volumen de la línea arterial desde la aguja hasta el botón arterial de cada línea que uti-

lizamos en nuestra unidad, para calcular el tiempo de extracción de glucemia postinfusional. También se tuvo que precisar con exactitud: el tiempo de infusión de glucosa, la toma de glucemia postinfusional y las sucesivas diluciones de la sangre con suero fisiológico, para evitar su influencia sobre las mediciones. Algunos factores como punciones obligatoriamente distanciadas hicieron descartar varias muestras por resultados discordantes o no obtenidos.

En cuanto a la DU observamos que también es fácilmente aplicable, sus resultados son reproducibles⁷, y aunque necesita de calibración de la línea, no precisa calibración de tiempos de infusión ni de extracción de sangre. Por el contrario requiere de material específico que precisa calibraciones periódicas que aumentan ya de por sí su coste. Del mismo modo los resultados obtenidos mediante DU pueden ser condicionados cuando se utilizan tratamientos de HD con infusiones exógenas².

Concluimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de la recirculación con ambos métodos, por lo que rechazamos la hipótesis nula, aunque las diferencias medias entre las mediciones son muy pequeñas (0,17% a favor de RLNg y 1,59% a favor de RLlg). Estas diferencias no son clínicamente relevantes, permitiéndonos usar ambos métodos para la medición de la recirculación dependiendo de los recursos disponibles.

Agradecimientos

A todos los pacientes que con su colaboración han hecho posible este estudio, a todos los compañeros del centro que han ayudado en este proyecto y al Dr Magnasco por su contribución y orientación.

Bibliografía

1. Varios autores. Guía de acceso vascular en hemodiálisis. SEN. 2004
2. Magnasco A, Alloati S. Glucose infusion test (GIT) compared with saline dilution technology in recirculation measurements. *Nefrol Dial Transplant* 2006; 21: 380-384.
3. Cerrillo V, Carreras RM, Aicart C, Gil O, Carratala J, Muñoz J et al, Monitorización de la recirculación de la FAVI durante la sesión de hemodiálisis. En: libro de comunicaciones del XXIX Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica; Tenerife 2-5 Octubre 2004. Barcelona: HOSPAL; 2004. p. 107-111.
4. Magnasco A, Alloatti S, Bonfant G, Copello F, Solari P. Glucose infusion test: a new screening test for vascular access recirculation. *Kidney Int* 2000; 57: 2123-2128.
5. Alloatti S, Magnasco A, Bonfant G, Bonello F, Cicciari AM, Fidelio T, (Glucose Infusion Test): polycentric evaluation of a new test for vascular access recirculation. *J Vasc Acc* 2000; 1: 152-157.
6. Nacional Kidney Foundation. K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access, 2000. Nacional Kidney Foundation. *Am j Kidney Dis* 2001; 37 S137-S1381.
7. Fernández AJ, Aguilar GS, Cabrera I, Moulín R, Morillo M, Pérez L. Efectividad de la monitorización de los accesos vasculares mediante técnica de dilución con ultrasonidos en una unidad de hemodiálisis extrahospitalaria. En: libro de comunicaciones del XXXII Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica; Cádiz 3-6 Octubre 2007. Madrid: SEDEN; 2007. p. 202-209.
8. Krivitski NM. Theory and validation of access flow measurement by dilution technique during hemodialysis. *Kidney Int.* 1995 Jul; 48(1):244-50.
9. Macdonald JT, Sosa MA, Krivitski NM, Glidden D, Sands JJ. Identifying a new reality: zero vascular access recirculation using ultrasound dilution. *ANNA J.* 1996 Dec; 23(6):603-8.