

## Original

# Influencia del volumen peritoneal residual en los resultados de la prueba de equilibrio peritoneal. Estudio prospectivo

Luis Falcao<sup>a</sup>, Leticia García Gago<sup>b</sup>, Daniela Astudillo<sup>b</sup>, Catuxa Rodríguez Magariños<sup>b</sup>, Marta Blanco Pardo<sup>b</sup>, Ana Rodríguez-Carmona<sup>b</sup> y Miguel Pérez Fontán<sup>b,c,\*</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Nefrología, Hospital Beatriz Angelo, Loures, Portugal

<sup>b</sup> Servicio de Nefrología, Hospital Universitario de A Coruña, La Coruña, España

<sup>c</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de A Coruña, La Coruña, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 14 de febrero de 2021

Aceptado el 24 de julio de 2021

On-line el 15 de noviembre de 2021

## Palabras clave:

Diálisis peritoneal

Prueba de equilibrio peritoneal

Ultrafiltración

Volumen residual

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** La categorización de la capacidad de ultrafiltración durante la prueba de equilibrio peritoneal (PEP) es parte habitual de la monitorización del funcionalismo peritoneal en pacientes tratados con diálisis peritoneal (DP). La estimación del volumen residual (Vr) tras el cambio previo (Vrpre) y el de la propia PEP (Vrpost) podría ayudar a mejorar la precisión de la prueba.

**Método:** Siguiendo un diseño prospectivo, estimamos el Vrpre y Vrpost en 116 pacientes incidentes o prevalentes en DP que fueron sometidos a una o dos ( $n=27$ ) PEP con solución de glucosa al 3,86/4,25% y drenaje completo a los 60 minutos. Valoramos la consistencia del Vr comparando Vrpre y Vrpost y también estos parámetros en PEP sucesivas. Analizamos la posible influencia de factores demográficos y clínicos en la cuantía del Vr, así como el impacto de la corrección para Vr de la ultrafiltración durante la PEP sobre la categorización de la capacidad de ultrafiltración.

**Resultados:** El Vrpost fue mayor que el Vrpre, por lo que la ultrafiltración corregida para Vr fue significativamente mayor que la calculada por procedimiento estándar (494 vs. 449 mL,  $p<0,0005$ ). Resultó notable la escasa concordancia de estimaciones sucesivas (Vrpre vs Vrpost y PEP sucesivas) del Vr. Asimismo, ningún parámetro demográfico o clínico escrutado mostró asociación con la magnitud del Vr. Tan solo un 12,9% de los pacientes presentó una desviación clínicamente significativa ( $>200$  mL) de la ultrafiltración corregida para Vr frente al valor estándar. Sin embargo, un 21,1% de los pacientes que cumplían criterio de fallo de ultrafiltración por método estándar, no lo hacían si se aplicaba la corrección para Vr.

**Conclusiones:** La corrección para Vr modifica escasamente, como media, la estimación de la capacidad de ultrafiltración durante la PEP al 3,86/4,25%, aunque tiene un impacto significativo en 12,9% de las pruebas. No hemos detectado factores predictivos del Vr durante

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [miguel.perez.fontan@sergas.es](mailto:miguel.perez.fontan@sergas.es) (M. Pérez Fontán).

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2021.07.018>

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-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

la PEP, lo que sugiere un componente de aleatoriedad en la mecánica del cambio peritoneal. Sugerimos que este parámetro debe ser estimado si se observan inconsistencias en los resultados de la PEP en lo relativo a la capacidad de ultrafiltración.

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

## Influence of peritoneal residual volume on the results of the peritoneal equilibration test. Prospective study

### A B S T R A C T

#### Keywords:

Peritoneal dialysis  
Peritoneal equilibration test  
Ultrafiltration  
Residual volume

**Background:** Categorization of the capacity of ultrafiltration during a peritoneal equilibration test (PET) is a usual step during the monitoring of peritoneal transport characteristics of peritoneal dialysis (PD) patients. Quantifying the peritoneal residual volume (Vr) after the dwell preceding the PET (Vrpre) and at the end of the test (Vrpost) could help to improve the accuracy of the estimation of this variable.

**Method:** Following a prospective design, we calculated Vrpre and Vrpost in 116 patients, incident or prevalent on DP, who underwent one or two ( $n=27$ ) PET with 3.86/4.25% glucose-based PD solutions and complete drainage at 60 min. We evaluated the consistency of Vr by comparing Vrpre and Vrpost, as also these two parameters in repeated tests. We scrutinized potential associations between demographic and clinical factors, on one side, and the amount of Vr on the other, as also the impact of correcting ultrafiltration during PET for Vr on the categorization of the capacity of ultrafiltration.

**Results:** As a mean, Vrpost was larger than Vrpre. Consequently, correction of ultrafiltration for Vr resulted in significantly higher values than those obtained according to the standard procedure (494 vs 449 mL,  $p<0.0005$ ). We disclosed marked inconsistencies for different estimations of Vr in the same patients (Vrpre vs Vrpost and repeated PET studies). Moreover, no demographic or clinical variable was able to predict the amount of Vr. We observed a significant deviation (>200 mL) between both methods of estimation of the capacity of ultrafiltration in only 12.9% of the patients. However, 21.1% of the patients categorized as cases of ultrafiltration failure according to the standard procedure did not maintain this condition after correction for Vr.

**Conclusions:** Correction for Vr of the capacity of ultrafiltration during a PET carries, as a mean, a minor impact on the categorization of this parameter. However, the results of the test can be significantly affected in 12.9% of the cases. We have been unable to detect demographic or clinical predictors of Vr, which suggests a random component for the mechanics of single peritoneal exchanges. We suggest that Vr should be estimated at the time of categorizing the capacity of ultrafiltration, whenever inconsistencies during serial PET studies are detected.

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

## Introducción

La integridad funcional de la membrana peritoneal es esencial para el éxito del tratamiento con diálisis peritoneal (DP). La monitorización evolutiva del transporte peritoneal forma parte de la rutina actual de la mayor parte de las unidades de DP, y se realiza habitualmente a partir de la clásica prueba de equilibrio peritoneal (PEP)<sup>1</sup>. Aunque inicialmente muy focalizada al transporte de solutos pequeños, a lo largo de los últimos veinte años ha adquirido relevancia progresiva la evaluación estandarizada de la capacidad de ultrafiltración (UF) y sus fracciones. Este interés ha dado lugar a un uso progresivo de la PEP con soluciones de glucosa al 3,86/4,25%, y a la aparición de variantes del procedimiento que facilitan el

análisis<sup>2</sup>. De los diferentes parámetros escrutados, el transporte de solutos pequeños (creatinina y glucosa) y la capacidad estandarizada de UF a 240' durante una PEP, más habitualmente con solución de glucosa al 3,86/4,25%<sup>3-8</sup>, pero también PEP clásica al 2,27/2,5%<sup>8,9</sup>, constituyen actualmente el núcleo de la evaluación periódica del funcionalismo peritoneal.

La estimación estandarizada y seriada de la capacidad de UF mediante la PEP demanda un grado suficiente de precisión. Sin embargo, no es infrecuente observar variaciones significativas entre diferentes estudios en el mismo paciente. Cuando esto ocurre en estimaciones sucesivas, los efectos sobre la membrana de la exposición a la DP y las incidencias evolutivas (sobre todo infecciones peritoneales) suelen justificar los cambios. A pesar de ello, otros factores pueden interferir con

una correcta valoración de este parámetro. La necesidad de una buena mecánica de drenaje peritoneal en los dos cambios asociados a la PEP (el previo y el de la propia prueba) es un elemento potencial de distorsión. La estimación del volumen residual (Vr) al inicio y final de la PEP puede orientar sobre el nivel de imprecisión que introduce este factor, y permitir estimar indirectamente la UF real durante la PEP. Sin embargo, la medición del Vr no forma parte de las rutinas recomendadas para la realización de esta prueba<sup>8</sup>. Para analizar el impacto de este parámetro de corrección, hemos realizado un estudio observacional y prospectivo, cuyo objetivo principal fue cuantificar el Vr en una muestra amplia de pacientes incidentes y prevalentes en DP, explorando el perfil demográfico y clínico de la magnitud del Vr, y analizado cómo influye en la categorización de la capacidad de UF durante la PEP con solución de glucosa al 3,86/4,25%.

## Método

### Diseño general

Siguiendo un diseño observacional y prospectivo, analizamos el significado del Vr en los pacientes que realizaron una PEP programada en nuestra Unidad durante un periodo de 18 meses (2019-2020). Los objetivos del estudio fueron:

- 1) Cuantificar la magnitud del Vr durante los citados estudios y analizar su consistencia, comparando el Vr al inicio y al final de las pruebas, así como en un número limitado de pacientes con más de una prueba durante el periodo del estudio
- 2) Explorar factores demográficos, clínicos y relacionados con la propia técnica de DP que permitan predecir los pacientes que presentarán mayor Vr
- 3) Analizar el impacto del Vr sobre los valores de los principales parámetros de la PEP

El estudio se realizó respetando la Declaración de Helsinki, el Convenio de Oviedo y demás disposiciones éticas y normas aplicables, relacionadas con la normativa actualmente vigente en materia de salud, investigación y protección de datos. El protocolo fue valorado y aprobado por un Comité Local de Ética de Investigación. Se solicitó consentimiento informado por escrito a los pacientes participantes en el estudio.

### Población

Fueron objeto del estudio todos los pacientes incidentes o prevalentes en DP en nuestro centro durante un periodo de 18 meses, a los que se realizó al menos una PEP. Fueron criterios de exclusión edad inferior a 18 años y ausencia de consentimiento informado por escrito.

Según rutina clínica, en los pacientes con infección peritoneal o disfunción activa o reciente de catéter peritoneal (<1 mes), el estudio se pospuso hasta la resolución del problema.

Todos los pacientes usaron soluciones bajas en productos de degradación de la glucosa y tamponadas con bicarbonato-lactato. Aunque se utilizaron soluciones de dos compañías

**Tabla 1 – Población del estudio**

N	116
Edad (años)	63,7 (15,3)
Sexo (varones/mujeres)(%)	68/48 (58,6/41,4)
Diabetes (%)	26 (22,4)
Poliquistosis renal (%)	8 (6,9)
Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	28,2 (5,2)
Filtrado Glomerular (mL/minuto)	5,2 (3,8)
Plazo PEP (incidentes/prevalentes)(%)	35/81 (30,2/69,8)
Cirugía abdominal antes de PEP (%)	37 (31,9)
Modalidad de diálisis peritoneal (manual/automatizada)(%)	85/31 (73,3/26,7)
Número de recambios diarios	3,75 (1,16)
Carga peritoneal de glucosa (g/24 horas)	84,9 (68,8)
Icodextrina (%)	85 (73,3)
Ultrafiltración diaria (mL)	966 (361)

PEP: prueba de equilibrio peritoneal.

diferentes, una amplia mayoría (90,5%) procedía de una de ellas, por lo que nos se realizaron subanálisis de esta variable.

### Variables y procedimientos del estudio

#### Prueba de equilibrio peritoneal

La principal prueba del estudio fue una PEP estándar con drenaje completo a los 60', realizada de acuerdo con un protocolo reflejado en el [Archivo Suplementario 1](#). Los parámetros escrutados para el estudio fueron: razón dializado/plasma de creatinina a los 240' (D/Pcrea), razón dializado a 240'/dializado a 0' de glucosa (D/D0 glucosa), UF a los 240' y caída en la concentración de sodio a los 60'.

#### Volumen residual

La variable principal del estudio fue el Vr, estimado al inicio (Vrpre) y al final de la PEP (Vrpost), de acuerdo con las siguientes fórmulas<sup>10-12</sup>:

- Vrpre = Volumen infundido PEP \* [Soluto]L0 / [Soluto]drenaje nocturno - [Soluto]L0 donde [Soluto]L0 representa la concentración de soluto (urea o creatinina) en tiempo 0' de PEP y [Soluto] drenaje nocturno representa la concentración de soluto (urea o creatinina) en la bolsa previa a la PEP.
- Vrpost = Volumen infundido tras PEP \* [Soluto residual post]L0 / [Soluto]L240 - [Soluto residual post]L0 donde [Soluto residual post]L0 representa la concentración de soluto (urea o creatinina) en tiempo 0' del cambio postPEP y [Soluto]L240' representa la concentración del soluto (urea o creatinina) en drenaje final de la PEP.

El Vr se estimó para urea y creatinina, aplicándose la media aritmética de ambos parámetros.

#### Otras variables

La presión intraperitoneal (PIP) fue estimada en todos los casos a los 60' de la PEP, según el método clásico de Durand<sup>13,14</sup>.

Otras variables analizadas se reflejan en la [tabla 1](#). El índice de masa corporal se calculó por la fórmula habitual (peso/talla<sup>2</sup>). El filtrado glomerular se estimó por la media aritmética de los aclaramientos renales de urea y creatinina. Solo se recogieron los episodios de cirugía previa si afectaban a la

membrana peritoneal (excluyendo la inserción de catéter peritoneal). La UF diaria se obtuvo a partir de los registros clínicos de los pacientes en el mes siguiente a la PEP.

### Estrategia de análisis

En un primer paso se calcularon  $V_{rpre}$  y  $V_{rpost}$  para, a continuación, comparar los valores obtenidos con el fin de explorar la consistencia de la desviación. Con este mismo fin se compararon los resultados de dos pruebas PEP en el número limitado de pacientes que las realizaron durante el periodo del estudio. A continuación, se procedió a un análisis exploratorio de factores demográficos, clínicos y relacionados con la prescripción de DP, por un lado, y la magnitud del  $V_r$ , por otro. Como se verá más adelante, la inconsistencia entre  $V_{rpre}$  y  $V_{rpost}$  obligó a analizar ambas variables por separado. Por último, se calculó la UF durante la PEP corregida para los valores de  $V_r$  (UF PEP ajustada = UF estándar en PEP -  $V_{rpre}$  +  $V_r$  post), y se analizó a través de ella el efecto potencial del  $V_r$  sobre los resultados de la PEP y la categorización del fallo de UF (definido por una UF a los 240' < 400 mL).

La distribución de las variables numéricas escrutadas no mostró desviaciones significativas de la normalidad, por lo que se presentan como valores medios  $\pm$  desviación típica. Las variables categóricas se presentan como n (%). Las comparaciones entre variables numéricas se llevaron a cabo mediante la prueba de la t de Student (datos pareados y no pareados) y análisis de variancia. Para los análisis de correlaciones se aplicó la prueba de Spearman. Las comparaciones entre variables categóricas se basaron en la prueba  $\chi^2$ . Se utilizó el software SPSS 19.0 (IBM Ind., Armonk, New York, EE.UU.) para el análisis de datos.

## Resultados

La **tabla 1** muestra las características demográficas y clínicas y la pauta de prescripción de DP de la población estudiada. La **tabla 2** muestra los resultados básicos de la PEP. En lo que se refiere al  $V_r$  estimado, éste era mayor cuando se calculaba a partir de urea que de creatinina ( $p=0,001$ ), aunque ambos valores mostraban una estrecha correlación ( $r=0,78$  muestras prePEP,  $r=0,82$  muestras postPEP,  $p<0,0005$ ).

El  $V_{rpost}$  resultó significativamente mayor que el  $V_{rpre}$  (**tabla 2**). Como consecuencia lógica, la UF en la PEP corregida para  $V_r$  ( $494 \pm 362$  mL) fue significativamente superior a la estimación estándar ( $449 \pm 395$  mL) ( $p<0,0005$ ). Por otro lado,  $V_{rpre}$  y  $V_{rpost}$  mostraron una correlación significativa, pero de magnitud limitada ( $r=0,34$ ,  $p=0,001$ ) (**tabla 3**). El análisis univariante (**tabla 4**) confirmó la impresión de inconsistencia, al mostrar que ningún parámetro escrutado mostraba asociación con la doble estimación de  $V_r$ . Este análisis se realizó por separado para  $V_{rpre}$  y  $V_{rpost}$ , dada la correlación relativamente pobre entre ambas estimaciones (**tabla 4**). Tampoco observamos un efecto aparente del  $V_r$  sobre los parámetros de transporte de solutos pequeños o la caída de sodio a los 60 minutos (**tabla 4**).

Los pacientes con fallo de UF presentaban un menor  $V_{rpre}$  ( $118,6 \pm 66,4$  mL) que los que no presentaban esta complicación ( $165,6 \pm 108,0$  mL) ( $p=0,007$ ), sin diferencias en lo relativo a  $V_{rpost}$  ( $p=0,73$ ). En conjunto, 15 pacientes

**Tabla 2 – Resultados principales de las pruebas de equilibrio peritoneal (PEP)**

Peso bolsa drenada en cambio prePEP (mL)	1.757 (516)
Volumen programado para la PEP (mL)	
1.000	1 (0,9%)
1.500	40 (34,5%)
2.000	75 (64,6%)
D/P creatinina 240'	0,71 (0,11)
D/DO de glucosa 240'	0,29 (0,11)
Peso bolsa infundida PEP (g)	1.889 (377)
Peso bolsa drenada PEP (corregido) (g) <sup>a</sup>	2.340 (539)
Ultrafiltración PEP (mL)	449 (395)
Caída (dip) en concentración de sodio a los 60' (mM/L)	6,9 (5,0)
Presión intraperitoneal (cm)	12,4 (3,2)
Volumen residual medio prePEP ( $V_{rpre}$ ) (mL)	142 (92)
Distribución (%)	
< 100 mL	45 (38,8%)
100-200 mL	44 (41,4%)
200-400 mL	20 (17,2%)
>400 mL	3 (2,6%)
Volumen residual postPEP ( $V_{rpost}$ ) (mL)	183 (117)*
Distribución (%)**	
< 100 mL	27 (23,3%)
100-200 mL	54 (46,6%)
200-400 mL	26 (22,4%)
>400 mL	9 (7,8%)
UF PEP ajustada (mL) <sup>b</sup>	494 (362)
Diferencia UF 240' estándar - UF ajustada (mL)	-39 (126)
< -200 mL	12 (10,3%)
-200-0 mL	56 (48,3%)
0-200 mL	45 (38,8%)
>200 mL	3 (2,6%)

D/P: razón dializado/plasma; D/DO: razón dializado a 240'/dializado a 0';  $V_{rpre}$ : volumen residual al inicio de la prueba de equilibrio peritoneal;  $V_{rpost}$ : volumen residual al final de la prueba de equilibrio peritoneal.

<sup>a</sup> El sistema de la bolsa drenada pesa, como media, 50 gramos menos que el de infusión.

<sup>b</sup> Ultrafiltración estándar durante PEP -  $V_r$  prePEP +  $V_r$  postPEP.

\*  $p=0,001$  versus volumen residual prePEP

\*\*  $p=0,035$  versus volumen residual prePEP.

(12,9%) presentaron una variación clínicamente significativa (> 200 mL) en la estimación de la UF durante la PEP al tener en cuenta el  $V_r$ . En 12 de ellos la UF estándar subestimaba la UF real durante la PEP, y solo en tres casos la sobreestimaba. La estimación estándar de UF indicaba fallo de UF en 57 pacientes (49,1%), frente a 45 (40,9%) cuando se usaba la UF corregida ( $p<0,0005$ ). Dicho en otros términos, el 21,1% de los pacientes que presentaban fallo de UF con estimación estándar, no lo presentaban con UF corregida. Un solo paciente presentó fallo de UF con estimación corregida, sin fallo de UF por estimación estándar.

En 27 pacientes se repitió el estudio en una segunda PEP, que confirmó una vez más la inconsistencia del  $V_r$ . Así, la correlación entre  $V_{rpre}$  en primera y segunda PEP fue de 0,20 ( $p=0,35$ ), mientras que la correlación para  $V_{rpost}$  fue de 0,29 ( $p=0,19$ ).

**Tabla 3 – Principales correlaciones entre parámetros**

	Vrpost	UF PEP	UF PEP corregida	UF 24 horas	D/P creatinina	D/D0 glucosa	Dip de sodio
Vrpre	0,34 (0,001)	0,30 (0,002)	0,19 (0,04)	0,06 (0,52)	-0,14 (0,14)	0,28 (0,003)	-0,10 (0,29)
Vrpost	-	0,04 (0,70)	0,24 (0,012)	-0,02 (0,88)	-0,04 (0,66)	0,08 (0,43)	-0,04 (0,71)
UF PEP	-	-	0,94 (0,0005)	0,25 (0,007)	-0,66 (0,0005)	0,55 (0,0005)	0,13 (0,16)
UF PEP corregida	-	-	-	0,236 (0,007)	-0,62 (0,0005)	0,49 (0,0005)	0,11 (0,18)
UF 24 horas	-	-	-	-	-0,46 (0,0005)	0,41 (0,0005)	0,26 (0,006)
D/P creatinina	-	-	-	-	-	-0,77 (0,0005)	-0,21 (0,01)
D/D0 glucosa	-	-	-	-	-	-	0,27 (0,004)

Las cifras indican valores del coeficiente de correlación de Spearman (p).

Vrpre: volumen residual tras drenaje previo a la PEP; Vrpost: volumen residual al final de la PEP; UF PEP: ultrafiltración estándar a los 240' en PEP; UF PEP corregida: ultrafiltración a 240' en PEP corregida para Vrpre y Vrpost; UF 24 horas: ultrafiltración de 24 horas en entorno clínico en el momento de la PEP; D/P creatinina: razón D/P de creatinina a los 240' en PEP; D/D0 glucosa: razón D/D0 en dializado de glucosa a 240'; Dip de sodio: caída en concentración de sodio en dializado a los 60'.

**Tabla 4 – Asociación entre Vr y marcadores demográficos y clínicos**

	Vrpre	P	Vrpost	p
<b>Volumen residual prePEP (Vrpre)</b>				
<200 mL	105,7 (44,6)	0,0005	129,5 (88,9)	0,015
>200 mL	294,7 (8,3)		176,3 (94,8)	
<b>Volumen residual postPEP (Vrpost)</b>				
<200 mL	177,1 (113,0)	0,27	120,4 (41,6)	0,0005
>200 mL	208,6 (136,8)		326,5 (112,7)	
<b>Edad (años)</b>				
<200 mL	62,8 (15,6)	0,36	62,7 (15,1)	0,53
>200 mL	66,1 (12,5)		64,6 (15,2)	
<b>Sexo (% mujeres)</b>				
<200 mL	42,7	0,70	40,8	0,87
>200 mL	38,1		42,4	
<b>Diabetes (%)</b>				
<200 mL	23,6	0,578	25,0	0,61
>200 mL	19,0		18,2	
<b>Poliquistosis renal (%)</b>				
<200 mL	4,5	0,57	5,3	0,61
>200 mL	14,3		9,1	
<b>Filtrado glomerular (mL/minuto)</b>				
<200 mL	4,9 (3,7)	0,27	5,1 (4,1)	0,91
>200 mL	6,0 (4,2)		5,0 (3,4)	
<b>Índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>)</b>				
<200 mL	27,7 (5,0)	0,32	28,6 (5,1)	0,25
>200 mL	28,8 (4,7)		27,1 (5,1)	
<b>Presión intraperitoneal (cm)</b>				
<200 mL	12,4 (3,1)	0,68	12,6 (3,0)	0,41
>200 mL	12,2 (3,8)		11,9 (3,4)	
<b>Cirugía abdominal previa (%)</b>				
<200 mL	21,3	0,82	19,7	0,86
>200 mL	19,0		21,2	
<b>Antigüedad en DP (% incidentes)</b>				
<200 mL	30,3	0,79	32,9	0,36
>200 mL	33,3		24,2	
<b>Modalidad de DP (% automatizada)</b>				
<200 mL	28,1	0,40	30,3	0,33
>200 mL	19,0		21,2	
<b>Icodextrina (%)</b>				
<200 mL	77,5	0,14	72,4	0,29
>200 mL	61,9		81,8	



Tabla 4 – (continuación)

	Vrpre	P	Vrpost	p
<b>Carga peritoneal de glucosa (g/24 horas)</b>				
<200 mL	84,6 (69,0)	0,90	93,2 (72,9)	0,091
>200 mL	82,5 (73,8)		68,4 (61,2)	
<b>D/P creatinina 240'</b>				
<200 mL	0,73 (0,11)	0,33	0,72 (0,12)	0,51
>200 mL	0,70 (0,11)		0,73 (0,10)	
<b>D/DO glucosa 240'</b>				
<200 mL	0,27 (0,11)	0,10	0,28 (0,11)	0,93
>200 mL	0,31 (0,09)		0,28 (0,11)	
<b>Volumen de la PEP (Bajo [1.000-1.500 mL])(%)</b>				
<200 mL	36,0	0,82	36,8	0,51
>200 mL	33,3		30,3	
<b>Ultrafiltración PEP 240' (mL)</b>				
<200 mL	394 (330)	0,001	436 (371)	0,52
>200 mL	689 (479)		487 (391)	
<b>Ultrafiltración PEP 240' corregida para Vr*</b>				
<200 mL	471 (325)	0,13	435 (351)	0,007
>200 mL	603 (471)		636 (345)	
<b>Diferencia de ultrafiltración (estándar – corregida)(mL)</b>				
<200 mL	71 (104)	0,0005	-9 (90)	0,0005
>200 mL	-86 (134)		149 (130)	
<b>Caída (dip) en concentración de sodio 60' (mM/L)</b>				
<200 mL	7,2 (5,0)	0,29	7,0 (5,3)	0,52
>200 mL	5,9 (4,8)		6,3 (3,7)	
<b>Ultrafiltración diaria (mL/24 horas)</b>				
<200 mL	958 (348)	0,62	975 (371)	0,55
>200 mL	1002 (419)		930 (334)	

Vr: volumen residual medio; PEP: prueba de equilibrio peritoneal; Vrpre: Vr en cambio previo a la PEP; Vrpost: Vr en cambio de la PEP.  
Vrpre (izquierda) y Vrpost (derecha) categorizados según cuantía menor o mayor de 200 mL.  
\* Ultrafiltración estándar durante PEP – Vr prepEP + Vr postPEP.

## Discusión

Aunque la visión clásica del transporte peritoneal suponía una relación inversa nítida entre el transporte de solutos pequeños y la capacidad de UF, se sabe que la magnitud de esa relación es limitada<sup>15</sup>. Esta discordancia aparente se debe, fundamentalmente, a que la capacidad de UF no depende solamente de la superficie activa de ultra poros y poros pequeños, sino también de otros factores, incluyendo el carácter variable de la tasa de reabsorción linfática<sup>16</sup> y las alteraciones adquiridas en la función de la membrana, asociadas a fibrosis intersticial y vasculopatía, que modifican la capacidad de los agentes osmóticos para generar y mantener la transferencia de agua (conductancia osmótica)<sup>8</sup>. La toma de conciencia de estas cuestiones fue la que potenció el interés en estandarizar la UF durante la PEP como parámetro independiente y de clara relevancia pronóstica<sup>9</sup>. Además, otros factores pueden contribuir a la discordancia entre transporte de solutos y UF durante una PEP, así como a la incongruencia, no infrecuente, entre la capacidad de UF observada en entorno clínico y la obtenida de manera estandarizada durante una PEP. Así, la UF diaria está muy condicionada por la pauta de prescripción (modalidad de DP, carga de glucosa, duración y volumen de los cambios, uso de icodextrina); por otro lado, la UF durante

la PEP representa una estimación de punto y, por tanto, está sometida a las vicisitudes que pueden producirse durante un solo recambio de DP. La estandarización de la prueba intenta minimizar estos factores (por ejemplo, separándola en el tiempo de los episodios de infección peritoneal o disfunción de catéter, o protocolizando el procedimiento de forma meticulosa), pero no se puede predecir ni modular la mecánica del intercambio y, durante una PEP, esta mecánica debe ser adecuada en dos cambios (el previo y el de la propia PEP), para que la prueba sea válida. Una forma de controlar este factor consiste en estimar el Vr (Vrpre y Vrpost)<sup>11</sup>. El Vr se puede calcular con bastante precisión usando dextrano o albúmina como marcadores<sup>10,16,17</sup>, pero esta metodología no tiene aplicación en la práctica clínica. El uso de solutos pequeños es menos preciso<sup>11,12,18</sup>, pero permite estimaciones asequibles en la rutina clínica<sup>11</sup>. A pesar de ello, el Vr no se estima habitualmente en la mayor parte de las Unidades de DP, ya que la tendencia más habitual es a simplificar el desarrollo de la prueba.

Los resultados de nuestro estudio aportan algunos datos de interés. La cuantificación de Vr obtenida resultó congruente con una mayoría de estudios previos<sup>11,16,18,19</sup>, aunque inferior a otras estimaciones<sup>17</sup>. Cabe destacar la inconsistencia del parámetro, que varía de manera notable entre pacientes y,

sobre todo, en cada paciente individual (Vrpre vs. Vrpost y en diferentes PEP). Esta circunstancia sugiere un componente significativo de aleatoriedad en la mecánica del cambio peritoneal posiblemente ligado, al menos en parte, a la movilidad de la porción intraperitoneal del catéter. Además, el análisis epidemiológico fue incapaz de detectar predictores mínimamente consistentes de un Vr incrementado (tabla 4). En particular, el inicio reciente de DP, la obesidad, el volumen de dializado usado en la PEP, la PIP, la presencia de riñones poliquisticos o el antecedente de cirugía(s) abdominal(es) no mostraron relación consistente con el Vr. Estos resultados sugieren que solo la estimación del Vr en cada PEP permitiría controlar adecuadamente este factor. Por otra parte, el Vr no influyó significativamente, como media, en los resultados relativos al transporte de solutos<sup>16</sup>, la caída de sodio a los 60 minutos ni la UF durante la PEP, ni cambió la categorización de la capacidad de UF en la mayoría de los pacientes. Sin embargo, el 21,1% de los pacientes que presentaban fallo de UF en base a criterios estándar no entraban en esta categoría si se ajustaba la UF para Vr. La visión de conjunto sugiere que los resultados de la PEP se ven poco afectados como media por el Vr, pero pueden influir en un porcentaje relativamente bajo, pero significativo de pruebas. Este factor puede ayudar a explicar inconsistencias en las estimaciones sucesivas de la capacidad de UF de los pacientes en DP.

El presente estudio tiene limitaciones significativas. La más importante es la imprecisión inherente al uso de solutos pequeños como marcadores para estimar el Vr. Sin embargo, hay que resaltar que los métodos de mayor precisión no están al alcance de la rutina clínica en la mayoría de los centros. Aunque una buena mecánica del cambio es un requisito para una correcta valoración de una PEP, un correcto posicionamiento de la punta del catéter peritoneal puede influir en el Vr; este factor no fue analizado, en nuestro estudio. Entre las fortalezas del estudio destaca un diseño prospectivo y riguroso, un número de casos suficiente para el análisis y la inclusión de las principales variables predictivas potenciales del Vr.

En conclusión, la consideración del Vr afecta poco, como media, a la estimación de la capacidad de UF durante la PEP al 3,86/4,25%, pero puede tener un impacto significativo en algunos casos, cambiando la categorización del fallo de UF en más de la quinta parte de los pacientes así definidos a partir del criterio estándar. La cuantía del Vr muestra notables variaciones en cada paciente, y no se asocia a un perfil demográfico o clínico concreto. Los datos sugieren la conveniencia de estimar este parámetro en pacientes en los que se ha de repetir la PEP por inconsistencias inesperadas en la estimación de la capacidad de UF. Por otra parte, aunque la estimación del Vr es relativamente sencilla, aumenta la laboriosidad del protocolo de la PEP por lo que, de acuerdo con nuestros resultados, no parece procedente una monitorización sistemática de este parámetro.

## Financiación

Los autores declaran la ausencia de financiación específica para esta investigación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Al personal de enfermería de la Unidad de Diálisis Domiciliaria, por su imprescindible y entusiasta colaboración en este estudio.

## Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.nefro.2021.07.018](https://doi.org/10.1016/j.nefro.2021.07.018).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Twardowski ZJ, Nolph KD, Khanna R, Prowant BF, Ryan LP, Moore HL. Peritoneal equilibration test. *Perit Dial Int.* 1987;7:138-48.
2. La Milia V. Peritoneal transport testing. *J Nephrol.* 2010;23:633-47.
3. Virga G, Amici G, da Rin G, Vianello A, Calconi G, da Porto A, et al. Comparison of fast peritoneal equilibration tests with 1.36 and 3.86% dialysis solutions. *Blood Purif.* 1994;12:113-20.
4. Smit W, Langedijk MJ, Schouten N, van den Berg N, Struijk DG, Krediet RT. A comparison between 1.36% and 3.86% glucose dialysis solution for the assessment of peritoneal membrane function. *Perit Dial Int.* 2000;20:734-41.
5. Pride ET, Gustafson J, Graham A, Spainhour L, Mauck V, Brown P, et al. Comparison of a 2.5% and a 4.25% dextrose peritoneal equilibration test. *Perit Dial Int.* 2002;22:365-70.
6. La Milia V, Pozzoni P, Virga G, Crepaldi M, Del Vecchio L, Andrulli S, et al. Peritoneal transport assessment by peritoneal equilibration test with 3.86% glucose: a long-term prospective evaluation. *Kidney Int.* 2006;69:927-33.
7. La Milia V, Cabiddu G, Virga G, Vizzardi V, Giuliani A, Finato V, et al. Peritoneal equilibration test reference values using a 3.86% glucose solution during the first year of peritoneal dialysis: Results of a multicenter study of a large patient population. *Perit Dial Int.* 2017;37:633-8.
8. Morelle J, Stachowska-Pietka J, Öberg C, Gadola L, La Milia V, Yu Z. ISPD recommendations for the evaluation of peritoneal membrane dysfunction in adults: classification, measurement, interpretation and rationale for intervention. *Perit Dial Int.* 2021;41:352-72.
9. Mehrotra R, Ravel V, Streja E, Kuttykrishnan S, Adams SV, Katz R, et al. Peritoneal equilibration test and patient outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2015;10:1990-2001.
10. Imholz ALT, Koomen GCM, Struijk DG, Arisz SL, Krediet RT. Residual volume measurements in CAPD patients with exogenous and endogenous solutes. *Adv Perit Dial.* 1992;8:33-8.
11. Mujais S, Nolph K, Gokal R, Blake P, Burkart J, Coles G, et al. Evaluation and management of ultrafiltration problems in peritoneal dialysis. International Society for Peritoneal Dialysis Ad Hoc Committee on Ultrafiltration Management in Peritoneal Dialysis. *Perit Dial Int.* 2000;20:S5-21.
12. Chou MY, Kao MT, Lai MN, Chung SY. Comparisons of the Peritoneal Equilibration Test and Ultrafiltration in Patients with and without Diabetes Mellitus on Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. *Am J Nephrol.* 2006;26:87-90.

13. Durand PY, Chanliau J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Routine measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Adv Perit Dial.* 1992;8:108-12.
14. Perez Diaz V, Sanz Ballesteros S, Hernández García E, Descalzo Casado E, Herguedas Callejo I, Ferrer Perales C. La presión intraperitoneal en diálisis peritoneal. *Nefrología.* 2017;37:579-86.
15. Davies SJ, Mushahar L, Yu Z, Lambie M. Determinants of peritoneal membrane function over time. *Sem Nephrol.* 2011;31:172-82.
16. Parikova A, Zweers MM, Hiralall JK, Struijk DG, Krediet RT. Does residual volume after drainage matter in peritoneal dialysis treatment? *Perit Dial Int.* 2004;24:75-6.
17. Clause AL, Keddar M, Crott R, Darius T, Fillee T, Goffin E, et al. A large intraperitoneal residual volume hampers adequate volumetric assessment of osmotic conductance to glucose. *Perit Dial Int.* 2018;38:356-62.
18. Thitiarchakul S, Nilsin S. Residual volume in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients from various solute calculations. *Adv Perit Dial.* 1999;15:167-70.
19. Schmitt CP, Dotschmann R, Daschner M, Zimmering M, Greiner C, Boswald M, et al. Residual peritoneal volume and body size in children on peritoneal dialysis. *Adv Perit Dial.* 1999;15:287-90.