



Revisión

La presión intraperitoneal en diálisis peritoneal

Vicente Pérez Díaz^{a,b,*}, Sandra Sanz Ballesteros^a, Esther Hernández García^c,
Elena Descalzo Casado^d, Irene Herguedas Callejo^d y Cristina Ferrer Perales^a

^a Servicio de Nefrología, Hospital Clínico Universitario de Valladolid, Valladolid, España

^b Departamento de Medicina, Dermatología y Toxicología, Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid, Valladolid, España

^c Servicio de Nefrología, Complejo Asistencial Universitario de Palencia, Palencia, España

^d Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid, Valladolid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 29 de junio de 2016

Aceptado el 22 de mayo de 2017

On-line el 22 de julio de 2017

Palabras clave:

Presión intraperitoneal

Presión hidrostática

Ultrafiltración

Fallo de ultrafiltración

Problemas mecánicos en diálisis peritoneal

Volumen de infusión

R E S U M E N

La medida de la presión intraperitoneal en diálisis peritoneal es muy sencilla y aporta claros beneficios terapéuticos. Sin embargo, su monitorización todavía no se ha generalizado en las unidades de diálisis peritoneal de adultos. Esta revisión pretende divulgar su conocimiento y la utilidad de su medida. Se realiza en decúbito antes de iniciar el drenaje de un intercambio manual con bolsa en Y, elevando la bolsa de drenaje y midiendo la altura que alcanza la columna de líquido desde la línea medio-axilar. Los valores habituales son 10 a 16 cmH₂O y nunca debe superar los 18 cmH₂O. Aumenta de 1 a 3 cmH₂O por litro de volumen intraperitoneal sobre valores basales que dependen del índice de masa corporal y varía con la postura y la actividad física. Su aumento provoca malestar, alteraciones del sueño y de la respiración, y se ha relacionado con la aparición de fugas de líquido, hernias, hidrotórax, reflujo gastroesofágico y peritonitis por gérmenes intestinales. Menos conocida y valorada es su capacidad para disminuir la eficacia de la diálisis contrarrestando, sobre todo, la ultrafiltración y, en menor grado, el aclaramiento de solutos. Por su facilidad de medida y potencial utilidad, debería ser uno de los factores que investigar en los fallos de ultrafiltración, pues su elevación podría contribuir a ellos en algunos pacientes. Aunque todavía no se menciona en las guías de actuación en diálisis peritoneal, sus claros beneficios justifican su inclusión entre las mediciones periódicas que considerar para la prescripción y seguimiento de la diálisis peritoneal.

© 2017 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/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: vperez5651@gmail.com (V. Pérez Díaz).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.05.014>

0211-6995/© 2017 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/>).

Intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis

ABSTRACT

Keywords:

Intraperitoneal pressure
Hydrostatic pressure
Ultrafiltration
Ultrafiltration failure
Mechanical complications of peritoneal dialysis
Infusion volume

The measure of intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis is easy and provides clear therapeutic benefits. However it is measured only rarely in adult peritoneal dialysis units. This review aims to disseminate the usefulness of measuring intraperitoneal pressure. This measurement is performed in supine before initiating the drain of a manual exchange with “Y” system, by raising the drain bag and measuring from the mid-axillary line the height of the liquid column that rises from the patient. With typical values of 10-16 cmH₂O, intraperitoneal pressure should never exceed 18 cmH₂O. With basal values that depend on body mass index, it increases 1-3 cmH₂O/L of intraperitoneal volume, and varies with posture and physical activity. Its increase causes discomfort, sleep and breathing disturbances, and has been linked to the occurrence of leaks, hernias, hydrothorax, gastro-esophageal reflux and enteric peritonitis. Less known and valued is its ability to decrease the effectiveness of dialysis significantly counteracting ultrafiltration and decreasing solute clearance to a smaller degree. Because of its easy measurement and potential utility, should be monitored in case of ultrafiltration failure to rule out its eventual contribution in some patients. Although not yet mentioned in the clinical practice guidelines for PD, its clear benefits justify its inclusion among the periodic measurements to consider for prescribing and monitoring peritoneal dialysis.

© 2017 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

El volumen de infusión en diálisis peritoneal (DP) se calcula en los niños con criterios objetivos adaptados al tamaño o a la presión intraperitoneal (PIP), pero en adultos las guías de actuación no dan orientaciones concretas y la prescripción del volumen de infusión suele realizarse teniendo en cuenta el tamaño del paciente, su peso y su superficie corporal, sin tener en cuenta la PIP. En todo caso, ese volumen de llenado aumenta la PIP y esa elevación puede provocar molestia, plenitud, trastornos del sueño, alteraciones hemodinámicas y de la respiración y se cree que contribuye a ciertas complicaciones mecánicas (fugas, hernias, etc.)^{1,2}. Es menos conocido su efecto sobre la eficacia de la diálisis, al reducir principalmente la ultrafiltración (UF)³⁻⁵, y este es el aspecto que queremos presentar aquí con más detalle. Convencidos de las ventajas que puede aportar su sencilla determinación, queremos divulgar su conocimiento y promover su utilización rutinaria en la prescripción del volumen de infusión en DP y en el manejo de los trastornos de UF.

¿Cómo se mide la presión intraperitoneal en la diálisis peritoneal?

Para medir la PIP en DP se utilizan métodos no invasivos; el más simple e inocuo es el difundido por Durand en 1992^{6,7} (fig. 1), que mide la PIP con abdomen lleno antes del drenaje. El paciente debe estar en decúbito supino sobre un plano horizontal, relajado y con la cabeza apoyada para no ejercer presión sobre el abdomen. Se conecta una bolsa de DP con sistema en Y y se mantiene la bolsa de drenaje en un soporte elevado poniendo una regla graduada junto a la línea que sube

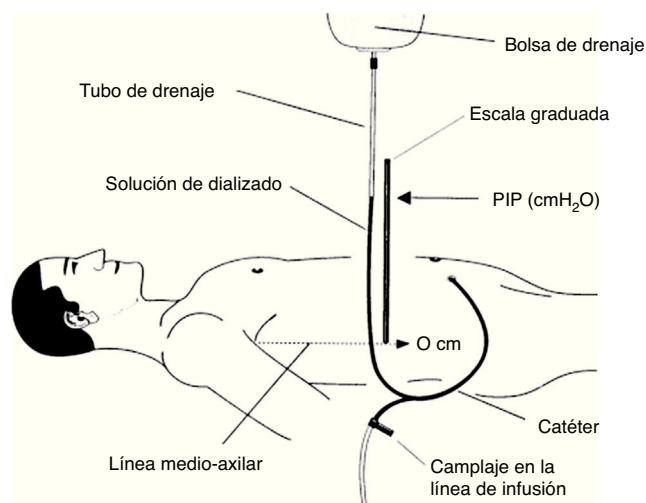


Figura 1 – Esquema de medición de la presión intraperitoneal (PIP) utilizando una regla y la línea de drenaje de una bolsa de DP con sistema en Y.

Fuente: Mathieu et al.⁷, con permiso.

desde el paciente hasta la bolsa, y alineando el nivel 0 con la línea medio-axilar. Se abre la conexión del catéter (en los sistemas con rueda, tipo stay-safe[®], se alinea esta en la posición de drenaje) y la columna de líquido asciende hasta un nivel en que se estabiliza con una oscilación respiratoria de 1-2 cmH₂O que garantiza una medida correcta. La PIP será el punto medio de esa oscilación, y se expresa en cm de H₂O^{1,7}. Después de realizar la medición, se drena el abdomen y se anota el volumen. Para medir la PIP sentado o en bipedestación, se considera el punto 0 en la línea medio-axilar en el

punto medio entre xifoides y sínfisis del pubis^{8,9} o en la espina iliaca anterosuperior¹⁰. Para medir la PIP en momentos del intercambio diferentes al previo al drenaje, se precisa conectar al catéter, directamente o mediante una llave de 3 vías, un sistema convencional de medición de presión venosa.

Consideramos que en la rutina clínica debería medirse la PIP como parte de la valoración inicial del aclaramiento y función peritoneal de cada paciente, y cada vez que modifiquemos el volumen de infusión. Convendría asociarla a la realización de la prueba de equilibrio peritoneal, para correlacionarla con los datos de UF y aclaramiento de solutos. Debe medirse siempre que surjan problemas de UF.

Valores normales de presión intraperitoneal en diálisis peritoneal

En adultos estables en DP con 2 L de dializado se consideran aceptables valores entre 10 y 16 cmH₂O sobre la línea medio-axilar^{1,6,11-15}. Debe mantenerse por debajo de 18 cmH₂O pues, a partir de esta cifra, comienza a aparecer sintomatología^{4,12,16}. Algunos autores utilizan el ombligo u otros puntos como punto cero. Otros expresan la PIP en mmHg (1 mmHg = 1,3 cmH₂O).

Aunque valores bajos de PIP suelen permitirnos aumentar sin riesgo el volumen intraperitoneal (VIP) y, con ello, los aclaramientos¹⁷, la PIP afecta en cierto grado a la eficacia de la DP ya desde cifras muy bajas dentro del rango normal¹⁸ y pacientes en el límite de Kt/V, de UF o de tolerancia personal podrían mejorar su situación con valores más bajos^{19,20}.

En niños rigen la mismas cifras de 5 a 15 cmH₂O y el máximo de 18 cmH₂O, aunque hay que atender con más frecuencia a la tolerancia personal, debido a la mayor variación individual que induce un índice de masa corporal (IMC) más variable^{4,19-22}.

Factores que influyen en la presión intraperitoneal

Sus valores en vacío dependen del tamaño corporal y del IMC²³ y aumentan con el VIP, la postura y la actividad física (figs. 2-4), y dependen en menor medida de otros factores:

- 1) El VIP: suma del residuo previo, el volumen infundido y la UF, es el principal factor que influye sobre la PIP^{6,8,14,22,24,25}. Se eleva de 1 a 3 cmH₂O (media de 2,2 cmH₂O) por litro sobre la PIP en vacío¹⁶. Esta elevación es muy regular entre los pacientes, por lo que, con una medida de PIP con un VIP conocido, puede deducirse la PIP con otros volúmenes para el mismo paciente¹⁵. Pero en cada paciente no la podemos deducir sin medirla, pues la gran variación individual hace que veamos diferencias de más de 10 cmH₂O en la PIP de distintos pacientes con el mismo volumen, o de más de 6 L de volumen con la misma PIP (figs. 2 y 3)^{12,24}.
- 2) Postura: la PIP es menor acostado, aumenta en bipedestación de 2 a 4 cmH₂O (más cuanto mayor es el VIP) y aún más sentado (otros de 1,5 a 2 cmH₂O) (fig. 3)⁸⁻¹⁰. Así, en DP automática (DPA) se aprovechan las horas de menor PIP.

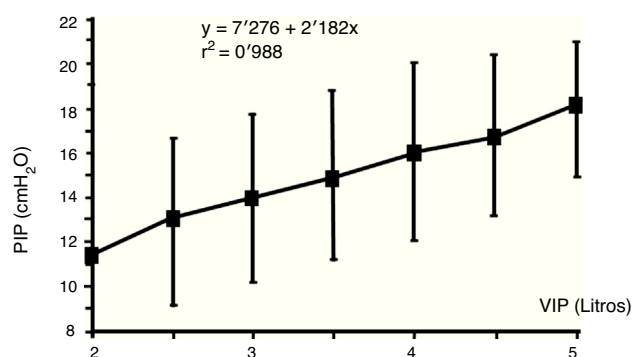


Figura 2 – Relación entre la presión hidrostática peritoneal (PIP) y el volumen intraperitoneal (VIP). Nótese cómo diferentes pacientes obtienen la misma PIP con volúmenes de llenado peritoneal muy variables, de 2 a 5 L.

Fuente: Durand et al.¹², con permiso.

- 3) Actividad física: es el factor que provoca mayores aumentos de la PIP (fig. 4), pues llega a multiplicar por 15 los valores basales proporcionalmente a la intensidad del esfuerzo; se mantiene la relación de posturas *sentado* > *de pie* > *tumbado*²⁵. Las complicaciones relacionadas con hiperspresión, como hernias, fugas de líquido, etc., seguramente están más relacionadas con estos grandes aumentos puntuales de la PIP, máximos con la tos y el ejercicio isométrico, que con un aumento sostenido de los moderados niveles basales. Esto marca también diferencias entre diálisis peritoneal continua ambulatoria (DPCA) y la DPA, sobre todo con día seco.

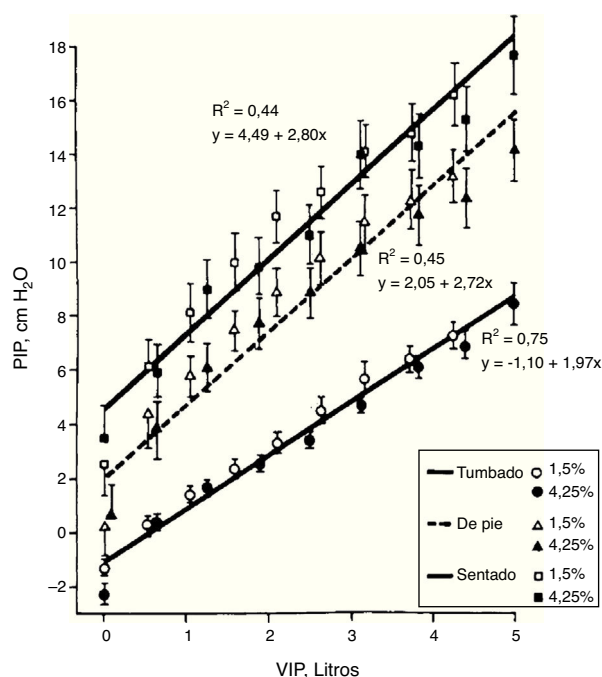


Figura 3 – Correlación entre presión intraperitoneal (PIP) y volumen intraperitoneal (VIP) en diferentes posturas, con soluciones de glucosa 1,5 y 4,25% (media ± ESM).

Fuente: Tomado de Twardowski et al.⁸, con permiso.

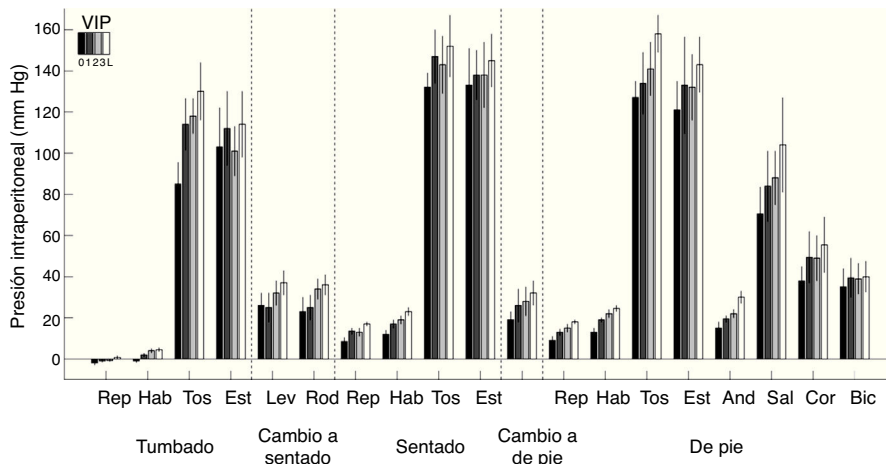


Figura 4 – Presión intraperitoneal (PIP) durante actividades naturales con diferentes volúmenes intraperitoneales (VIP) (0, 1, 2 y 3 L) en 6 pacientes. Nótese la gran diferencia de los valores basales en reposo, a la izquierda, con todos los demás. And: andando; Bic: en bicicleta estática; Cor: trotando; Est: estirando; Hab: hablando; Lev: incorporándose a sentado; Rep: reposo; Rod: girándose; Sal: saltando; Tos: tosiendo. Fuente: Twardowski et al.²⁵, con permiso

- 4) IMC (peso/talla²): tanto en niños^{4,21} como en adultos^{1,14,15,26}, la PIP tiene una intensa correlación con el IMC, de modo que, a mayor grado de obesidad encontramos mayor PIP. Esta correlación es tan fuerte que, dada la variación interpersonal del IMC, explicaría en gran parte la variación interpersonal de la PIP tanto en niños²¹ como en adultos (datos propios no publicados). Algunos autores no encuentran esta correlación^{11,20}.
- 5) Otros factores: en adultos se ha relacionado una mayor superficie corporal con menor PIP²⁷. No suelen encontrarse diferencias con el sexo^{14,15,26}. Quizá por contractura refleja, la PIP es más elevada en los primeros días postimplantación del catéter¹⁸ y en la primera hora de intercambios con volúmenes superiores a 2 L^{28,29}. También se han visto pequeñas diferencias utilizando diferentes soluciones de DP^{19,20}.

Efectos de la presión intraperitoneal elevada en diálisis peritoneal

Clínica derivada

En los pacientes en DP, la PIP elevada induce mayor morbilidad²⁹, mortalidad y paso a hemodiálisis por fallo de técnica²⁶. Al ir aumentando la PIP en reposo, en cierto momento los índices respiratorios disminuyen bruscamente^{8,12,16,30} y es a partir de ese punto cuando, a veces, aparece sintomatología¹² que se manifiesta como malestar²⁷, dolor abdominal o de espalda, respiración superficial y trastornos del sueño, incluso apnea del sueño^{12,27,30}; todo ello es más intenso en decúbito y se hace más patente en DPA. Aparte de su repercusión en la calidad de vida, puede inducir una falta de cumplimiento que provoque déficit de diálisis^{16,22}. En asociación a sobrellenado en DP por malfunción del catéter o de la cicladora, errores del paciente, etc.,

se han registrado complicaciones mayores y muertes²⁹ que probablemente estén relacionadas con el aumento de PIP y quizá pudieran ponerse en relación con las importantes disfunciones derivadas de los efectos hemodinámicos de las elevaciones de la PIP que se ven en pacientes quirúrgicos o con fallo multiorgánico²³.

Hay complicaciones mecánicas de la DP que relacionamos con un aumento de PIP como son hidrotórax, hernias, fugas, hidrocele peritoneo-vaginal, edema genital, reflujo gastroesofágico, hemorroides, etc.^{1,2}. Se ha visto que las hernias son más frecuentes en DP que en hemodiálisis¹³ y más en DPCA que en DPA³¹, sobre todo con PIP basales superiores a 20 cmH₂O¹, aunque no siempre se han logrado asociar a PIP basales más elevadas²⁶. Estas complicaciones parecen estar más influidas por la técnica de implantación del catéter, las grandes PIP por la tos u otros ejercicios físicos (fig. 4), un menor tamaño corporal, predisposición individual^{1,32} u otras características^{2,16,33}. A las PIP elevadas se ha asociado también una mayor incidencia de peritonitis causadas por gérmenes de origen intestinal¹⁵ y también un aumento de la producción local de endotelina, que se relaciona con el deterioro peritoneal a largo plazo².

Cuando intentemos aumentar los aclaramientos en DP aumentando los volúmenes de llenado, debemos evitar complicaciones manteniendo la PIP < 18 cmH₂O^{4,27,30}. Unos pacientes alcanzarán esa PIP con 2 L y otros con más de 5 L (fig. 2)^{12,24} y medir directamente la PIP es la única manera de conocerlo.

Efectos sobre eficacia de la diálisis peritoneal

La PIP modula de forma significativa la eficacia de la DP afectando sobre todo a la UF, pero también a la depuración de solutos.

Ultrafiltración

La capacidad de UF de la DP es mucho menor que la de la hemodiálisis, lo que explica una mayor incidencia de sobrehidratación en los pacientes en DP, que aumenta la morbimortalidad, es la segunda causa de paso a hemodiálisis³⁴ y es mejor índice del resultado del tratamiento que el aclaramiento de solutos³⁵. Por esta limitación de la DP, el clínico debe conocer y explotar al máximo cualquier factor que influya sobre la UF en DP para aprovecharlo en su favor. Aunque tendemos a creer que en DP la UF se lleva a cabo únicamente por gradiente osmótico, influyen también en ella otras fuerzas como la PIP y las fuerzas de Starling, que rigen el transporte transcápilar de fluidos (presiones hidrostática y oncótica intra- y pericapilares).

1) PIP: se sabe desde 1981 que la disminución de la UF neta que sucede en los intercambios largos de DP se debe a reabsorción del líquido peritoneal³⁶. En 1983 se demostró que esa reabsorción era proporcional al aumento de la PIP³⁷ y en 1992 Durand alertó de que, en adultos en DP, el aumento de PIP dentro del rango normal de 8 a 18 cmH₂O disminuye proporcionalmente la UF neta de la solución de glucosa 3,86%⁶. Fischbach, en niños con VIP bajos (1.000 mL/m²) y PIP también bajas, inferiores a 8 cmH₂O, ve que estas presiones no merman la gran UF de la glucosa 3,86%, pero sí la más escasa UF de la glucosa 1,36%¹⁸. Se suman similares experiencias en las que la PIP contrarresta la UF desde valores muy bajos, aunque en ellos aún pueda superarse su efecto aumentando el gradiente osmótico³⁸. Desde entonces se ha confirmado que el aumento de PIP en DP contrarresta de forma muy significativa la UF producida por el gradiente osmótico^{3,4,6,18,20,22,38-40}, aunque, utilizando icodextrina, que provoca UF más lenta, este efecto no se manifiesta en las primeras 4 h de permanencia²⁰. Sin que este efecto de la PIP sobre la UF haya sido nunca discutido, ha sido generalmente ignorado y se ha puesto en cuestión su intensidad^{41,42} y su significación en la práctica clínica, en la que solo encontramos evidencias indirectas de su efecto en estudios centrados en el comportamiento de la UF con distintos volúmenes^{28,38,43-46} o posturas⁴⁷, o en situaciones especiales⁴⁸.

Con respecto al volumen de infusión, al aumentar el VIP aumenta el tiempo en que se mantiene el gradiente osmótico⁴³ y, con ello, la UF en una proporción que debería ser superior al aumento de VIP, pero como con el VIP aumenta la PIP^{38,43}, el efecto osmótico solo prevalece cuando es intenso y así vemos, en general, una disminución de la UF neta utilizando glucosa 1,36%⁴⁴ y de la UF relativa (en porcentaje del VIP) con 2,27%^{28,45}, y hay que llegar a usar glucosa 3,86% para obtener más UF neta con VIP más altos³⁸, aunque Paniagua, en 30 pacientes no seleccionados documenta con 1,36% un aumento de la UF neta con el VIP, a pesar del aumento de PIP⁴³.

El escepticismo de algunos estudiosos del transporte peritoneal hacia la PIP proviene también del hecho de que esta no parece afectar significativamente al transporte transcápilar de fluidos en el peritoneo^{41,42}, sino que sus efectos parecen explicarse por los mecanismos de reabsorción de líquido peritoneal que parecen de más difícil estudio. Parecen ser 3 los mecanismos por los que la PIP contrarresta la UF osmótica en DP^{5,41,49}:

- A) Reabsorción de líquido peritoneal por aumento de la tasa de absorción linfática. Contribuye en un 15-25% a la reabsorción total⁵⁰, la absorción y la circulación linfáticas dependen directamente de la presión hidrostática^{9,11} y así, cuanto mayor es la PIP, mayor es el flujo linfático y menor la UF neta^{4,19,27,41}.
- B) Reabsorción tisular: la salida por difusión a los tejidos circundantes, como el músculo de la pared abdominal^{5,37,39,50}, parece ser el mecanismo que condiciona la reabsorción más importante al aumentar la PIP.
- C) Disminución de la filtración transcápilar: este aspecto, que parece tener menor importancia cuantitativa, se realizaría por un doble mecanismo a través de las 2 fuerzas del equilibrio de Starling:
 - a) el aumento de PIP, al transmitirse al intersticio peritoneal, hace que disminuya el gradiente de presión hidrostática transcápilar, una de las fuerzas de Starling, evitando la salida de agua de los capilares⁴⁰, aunque Rippe⁴¹ explica que este aumento de PIP se neutraliza a sí mismo al aumentar no solo la presión del intersticio sino también la presión venosa, anulando o reduciendo mucho la disminución del gradiente de presión transcápilar.
 - b) En todo caso, la entrada de líquido al intersticio peritoneal inducido por la PIP provoca edema, con la correspondiente disminución dilucional de la presión oncótica intersticial, que aumenta el gradiente coloido-osmótico transcápilar, la otra fuerza de Starling, lo que aumentaría la reabsorción capilar⁴¹.

Sea por la dificultad de encontrar una explicación fisiopatológica o por otro motivo, el hecho es que este efecto de la PIP que contrarresta la UF osmótica en la DP no ha calado todavía entre los clínicos y la PIP se mide muy raramente en adultos en DP y, salvo alguna excepción^{51,52}, no se menciona en las publicaciones sobre las causas y el tratamiento del fallo de UF ni tampoco aparece todavía en las diferentes guías de actuación en DP.

2) Las fuerzas de Starling (presiones hidrostática y oncótica intra- y pericapilares) que rigen el transporte transcápilar de fluidos. A) Presión hidrostática intracapilar: aumenta con la sobrecarga hídrica, se suma al gradiente osmótico para incrementar significativamente la UF^{46,48} y disminuye en situaciones de depleción. B) Presión oncótica intracapilar: la hipoalbuminemia, muy frecuente en nuestros pacientes en DP por defectos nutricionales, pérdidas peritoneales y dilución por sobrehidratación, condiciona una bajada del gradiente oncótico transcápilar que disminuye la reabsorción de líquidos y favorece la UF^{41,42}.

Así, la UF neta en DP sería la resultante de 4 fuerzas: 1) la fuerza osmótica, la más intensa, la única que controlamos deliberadamente y, por ello, la única que tenemos en cuenta, y las otras 3 fuerzas moduladas por factores que no consideramos relacionados con la UF: 2) la PIP modulada por el VIP, el propio volumen de UF, la postura, el IMC, la actividad física, etc.; 3) la presión hidrostática capilar modulada por el grado de sobrecarga hídrica y 4) la presión oncótica capilar proporcional a la hipoalbuminemia, relacionada a su vez con

la sobrecarga hídrica. Las 4 fuerzas se mezclan e interaccionan en cada momento en proporciones que desconocemos, por lo que resulta explicable que la importancia clínica de la PIP, la presión hidrostática transcápsular y la presión oncótica sigan pasando desapercibidas para los clínicos. Estaríamos en mejor situación para interpretar cada una de ellas si, además de anotar la concentración del líquido que infundimos, midiéramos la PIP, consideráramos el nivel de la albúmina sérica y mejoráramos nuestro conocimiento sobre la presión hidrostática transcápsular, valorando el grado de hidratación con métodos más objetivos como la bioimpedancia vectorial. De esta manera, ante un fallo de UF podremos diferenciar mejor todos sus componentes y mejorar la estrategia de manejo, complementando las modificaciones de solución de DP y tiempo de permanencia, con cambios del volumen peritoneal, postura (DPCA-DPA), actividad física o, a más largo plazo, combatiendo la obesidad (IMC) o la hipoalbuminemia.

Los fallos de UF se atribuyen a defectos de la membrana peritoneal si, descartadas las causas mecánicas y reversibles, la UF conseguida con la prueba del equilibrio peritoneal 3,86% es inferior a 400 mL^{52,53}. Entonces, si el paciente no es alto (fallo de membrana de tipo I) o bajo transportador (tipo II) y el cribado de sodio descarta anomalía de acuaporinas, se postula por exclusión un «alto transporte linfático» (tipo III^{52,54,55} o tipo IV³⁴) que se confirmaría mediante pruebas de aclaramiento de macromoléculas impracticables en clínica⁵⁶ y que lo que miden en realidad es la suma de reabsorción linfática y difusión tisular, precisamente las vías principales por las que el aumento de PIP contrarresta la UF neta, aunque no haya defecto de la membrana peritoneal. Si al realizar la prueba del equilibrio peritoneal midiéramos la PIP, sabríamos si tiene un papel en estos fallos de UF y si puede abordarse un manejo más específico.

Igualmente, son todavía escasas en la bibliografía las aportaciones clínicas sobre aplicación de la PIP para tratar fallos de UF^{5,33,46,48}. La «DPA adaptada» de Fischbach³⁵ intenta optimizar el aclaramiento y la UF de la DP combinando intercambios cortos de bajo volumen con otros más largos y de mayor volumen e intentando, precisamente con los primeros, mejorar la UF, no solo porque acortando el tiempo de permanencia mantiene el gradiente osmótico sino porque, al bajar el volumen, disminuye la PIP. De nuevo, Rippe duda de la eficacia de esa estrategia⁴². Todas estas experiencias constituyen el indicio de que el conocimiento de la importancia del efecto de la PIP sobre la UF puede mejorar su manejo y evitar, en muchos casos, el paso a hemodiálisis, al considerar irreversible un fallo de UF que no lo es.

En definitiva, la PIP en los valores habituales en DP disminuye clara y significativamente la UF, y podría contribuir al fallo de UF de algunos pacientes que podría revertirse con la actuación adecuada. Esta revisión pretende divulgar las ventajas de medir la PIP para la prescripción y seguimiento de los pacientes en DP, en especial en situación de fallo de UF y sobrecarga hídrica.

Aclaramiento de solutos

Hay abundantes trabajos sobre la influencia del aumento de la PIP sobre el aclaramiento de los solutos de bajo peso molecular (urea, creatinina, sodio, potasio, fosfatos). Cuando la PIP se aumenta mediante compresiones externas o cambios

de postura sin modificar el VIP, se obtiene sistemáticamente una disminución significativa de los aclaramientos^{9,40,47}. Pero cuando el aumento de PIP es por efecto de un aumento del VIP —en DP es frecuente intentar aumentar los aclaramientos por ese medio— el incremento del aclaramiento debido al volumen compensa parcialmente su disminución por la PIP, con lo que los aclaramientos netos pueden ser más altos, sobre todo con alta concentración de glucosa^{17,28,38,43}, aunque el aclaramiento porcentual al volumen siempre disminuya^{17,28,30,38,57}.

Conclusiones

La medición de la PIP es muy recomendable para la prescripción y seguimiento de la DP, pues es sencilla e inocua y constituye una ayuda adicional para mantener VIP adecuados que no favorezcan complicaciones mecánicas ni disminuyan la UF. La elevación de la PIP es una causa poco conocida del fallo de UF y, por su fácil diagnóstico y tratamiento, debería ser descartada en los casos de sobrehidratación en DP.

Conceptos clave

En DP el líquido peritoneal aumenta la PIP y eso puede ocasionar molestias y alteraciones y disminuye la eficacia de la DP, especialmente la UF.

La medida de la PIP en DP se realiza fácilmente en decúbito antes de iniciar el drenaje de un intercambio manual con bolsa en Y, elevando la bolsa de drenaje y midiendo la altura a que asciende el líquido sobre la línea medio-axilar. Son cifras habituales 10-16 cmH₂O y, a partir de 18 cmH₂O, aparecen molestias.

La PIP aumenta unos 2-2,5 cmH₂O por cada litro de VIP de modo muy regular entre pacientes. Pero como la PIP basal es muy variable de unos a otros, debemos medirla para estar seguros de no sobrepasar los niveles máximos de 18 cmH₂O al aumentar el VIP.

La PIP es proporcional al IMC, es más baja en decúbito, aumenta de pie, aún más sentado y, sobre todo, con la actividad física.

El aumento por efecto del VIP causa malestar y alteraciones del sueño y la respiración y se ha relacionado con hernias, fugas de líquido, hidrotórax y reflujo gastroesofágico.

La PIP aumenta la reabsorción del líquido peritoneal y disminuye significativamente la UF, incluso con niveles de PIP normales. En pacientes altos transportadores o anúricos puede provocar fallo de UF que, una vez detectada la causa, podrían mejorar valorando disminuir el VIP si pueden mantenerse aclaramientos suficientes.

Así, debería considerarse el efecto de la PIP sobre la UF entre las causas reversibles de fallo de UF, para descartar su existencia en los primeros momentos del proceso diagnóstico de esas situaciones.

Conflicto de intereses

Ninguno de los autores declara conflicto de intereses en relación con el contenido de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blasco-Cabañas C, Ponz-Clemente E, Betancourt-Castellanos L, Otero-López S, Marquina-Parra D, Gran-Pueyo C, et al. Relación entre la presión intraabdominal en diálisis peritoneal con las hernias y fugas. *Enferm Nefrol.* 2012;2:94-100.
2. Paniagua Sierra JR, Ventura García MJ, Vázquez Hernández R. Aumento de la presión intraabdominal y otras complicaciones. En: Montenegro J, Correa-Rotter R, Riella M, editores. *Tratado de diálisis peritoneal.* Barcelona: Elsevier España SL; 2009. p. 349-60.
3. Durand PY, Chanliou J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Intraperitoneal hydrostatic pressure and ultrafiltration in CAPD. *Adv Perit Dial.* 1993;9:46-8.
4. Fischbach M, Terzic J, Laugel V, Escande B, Dangelser CI, Helmstetter A. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure: A useful tool for the improvement of dialysis dose prescription. *Pediatr Nephrol.* 2003;18:976-80.
5. Flessner MF. Peritoneal ultrafiltration: Physiology and failure. *Contrib Nephrol.* 2009;163:7-14.
6. Durand PY, Chanliou J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Intraperitoneal pressure, peritoneal permeability and volume of ultrafiltration in CAPD. *Adv Perit Dial.* 1992;8:22-5.
7. Mathieu B, Pillot A. ALTIR nursing team. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Adv Perit Dial.* 1994;10:59-62.
8. Twardowski ZJ, Prowant BF, Nolph KD, Martínez AJ, Lampton LM. High volume, low frequency continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Kidney Int.* 1983;23:64-70.
9. Imholz AL, Koomen GM, Voorn WJ, Struijk DG, Arisz L, Krediet RT. Day to day variability of fluid and solute transport in upright and recumbent positions during CAPD. *Nephrol Dial Transplant.* 1998;13:146-53.
10. Betancourt Castellanos L, Ponz Clemente E, Blasco Cabañas C, Marquina Parra D, Bolós Contador M, Oliva JC, et al. Clinical relevance of intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int.* 2017, en prensa.
11. Abensur H, Romao JE Jr, Brandao de Almeida Prado E, Kakehashi E, Sabbaga E, Marcondes M. Influence of the hydrostatic intraperitoneal pressure and the cardiac function on the lymphatic absorption rate of the peritoneal cavity in CAPD. *Adv Perit Dial.* 1993;9:41-5.
12. Durand PY, Chanliou J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. APD: Clinical measurement of the maximal acceptable intraperitoneal volume. *Adv Perit Dial.* 1994;10:63-7.
13. Aranda RA, Romão Júnior JE, Kakehashi E, Domingos W, Sabbaga E, Marcondes M, et al. Intraperitoneal pressure and hernias in children on peritoneal dialysis. *Pediatr Nephrol.* 2000;14:22-4.
14. Scanziani R, Dozio B, Baragetti I, Maroni S. Intraperitoneal hydrostatic pressure and flow characteristics of peritoneal catheters in automated peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2003;18:2391-8.
15. Dejardin A, Robert A, Goffin E. Intraperitoneal pressure in PD patients: Relationship to intraperitoneal volume, body size and PD-related complications. *Nephrol Dial Transplant.* 2007;22:1437-44.
16. Durand PY, Chanliou J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure: A necessary routine test in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 1996;16 Suppl 1:S84-7.
17. Fischbach M, Terzic J, Gaugler C, Bergere V, Munch K, Hamel G, et al. Impact of increased intraperitoneal fill volume on tolerance and dialysis effectiveness in children. *Adv Perit Dial.* 1998;14:258-64.
18. Fischbach M, Desprez P, Donnars F, Geisert J. Hydrostatic intraperitoneal pressure in children on peritoneal dialysis: Practical implications An 18 month clinical experience. *Adv Perit Dial.* 1994;10:294-6.
19. Fischbach M, Dheu C. Hydrostatic intraperitoneal pressure: An objective tool for analyzing individual tolerance of intraperitoneal volume. *Perit Dial Int.* 2005;25:338-9.
20. Rusthoven E, van der Vlugt ME, van Lingen-van Buereb LJ, van Schaijk TC, Willems HL, Monnens LA, et al. Evaluation of intraperitoneal pressure and the effect of different osmotic agents on intraperitoneal pressure in children. *Perit Dial Int.* 2005;25:352-6.
21. Fischbach M, Terzic J, Provost E, Weiss L, Bergere V, Menouer S, et al. Intraperitoneal pressure in children: Fill-volume related and impacted by body mass index. *Perit Dial Int.* 2003;23:391-4.
22. Fischbach M, Warady BA. Peritoneal dialysis prescription in children; bedside principles for optimal practice. *Pediatr Nephrol.* 2009;24:1633-42.
23. Sanchez N, Tenofsky P, Dort J, Shen L, Helmer S, Smith R. What is normal intra-abdominal pressure? *Am Surg.* 2001;67:243-8.
24. Gotloib L, Mines M, Garmizo L, Varka I. Hemodynamic effects of increasing intraabdominal pressure in peritoneal dialysis. *Perit Dial Bull.* 1981;1:41-3.
25. Twardowski ZJ, Khanna R, Nolph KD, Scalomogna A, Metzler MH, Schneider TW, et al. Intraabdominal pressures during natural activities in patients treated with continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Nephron.* 1986;44:129-35.
26. Outerelo MC, Gouveia R, Teixeira-Costa F, Ramos A. Intraperitoneal pressure has a prognostic impact on peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int.* 2014;34:652-4.
27. Ventura Mde J, Amato D, Correa-Rotter R, Paniagua R. Relationship between fill volume, intraperitoneal pressure, body size and subjective discomfort perception in CAPD patients. *Perit Dial Int.* 2000;20:188-93.
28. Fukatsu A, Komatsu Y, Senoh H, Myai H, Tanaka Y, Oiwa T, et al. Clinical benefits and tolerability of increased fill volumes in Japanese peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int.* 2001;21:455-61.
29. Davis I, Cizman B, Mindt K, Wu L, Childers R, Mell R, et al. Relationship between drain volume/fill volume ratio and clinical outcomes associated with overfill complaints in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int.* 2011;31:148-53.
30. Durand PY, Balteau P, Chanliou J, Kessler M. Optimization of fill volumes in automated peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 2000;20 Suppl 2:S83-8.
31. Del Peso G, Bajo MA, Costero O, Hevia C, Gil F, Díaz C, et al. Risk factors for abdominal wall complications in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int.* 2003;23:249-54.
32. García-Toledo M, Borrás-Sans M, Gabarrell A, Durán J, Fernández-Giráldez E. Factores de riesgo para desarrollar hernias abdominales en enfermos en diálisis peritoneal. *Nefrología.* 2011;31:218-9.
33. Oviedo-Gómez V, Sánchez-García L, Martín-Escuer P, Hernández-García E, Martín-Gago J, Sousa Pérez F, et al. Hidrotórax en diálisis peritoneal: Una rara complicación de la peritonitis. *Nefrología.* 2010;30:594-5.
34. Teitelbaum I. Ultrafiltration failure in peritoneal dialysis: A pathophysiologic approach. *Blood Purif.* 2015;39:70-3.
35. Fischbach M, Zaloszc A, Schaefer B, Schmitt CP. Optimizing peritoneal dialysis prescription for volume control: The importance of varying dwell time and dwell volume. *Pediatr Nephrol.* 2014;29:1321-7.
36. Twardowski Z, Janicka L. Three exchanges with 2.5-L volume for continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Kidney Int.* 1981;20:281-4.

37. Flessner MF, Parker RJ, Sieber SM. Peritoneal lymphatic uptake of fibrinogen and erythrocytes in the rat. *Am J Physiol.* 1983;244:H89-96.
38. Wang T, Heimburger O, Cheng HH, Waniewski J, Bergström J, Lindholm B. Effect of increased dialysate fill volume on peritoneal fluid and solute transport. *Kidney Int.* 1997;52:1068-76.
39. Flessner MF, Fenstermacher JD, Dedrick RL, Blasberg RG. A distributed model of peritoneal-plasma transport: Tissue concentration gradients. *Am J Physiol.* 1985;248:F425-35.
40. Imholz ALT, Koomem GMC, Struijk DG, Arisz L, Krediet RT. The effect of an increased intraperitoneal pressure on fluid and solute transport during CAPD. *Kidney Int.* 1993;44:1078-85.
41. Rippe B. Is intraperitoneal pressure important? *Perit Dial Int.* 2006;26:317-9.
42. Rippe B, Öberg CM. Is adapted APD theoretically more efficient than conventional APD? *Perit Dial Int.* 2017;37:212-7.
43. Paniagua R, Ventura Mde J, Rodriguez E, Sil J, Galindo T, Hurtado M, et al. Impact of fill volume on peritoneal clearances and cytokine appearance in peritoneal dialysis. *Perit Dial Intern.* 2004;24:156-62.
44. Krediet RT, Boeschoten EW, Struijk DG, Arisz L. Differences in the peritoneal transport of water, solutes and proteins between dialysis with two- and with three-litre exchanges. *Nephrol Dial Transplant.* 1988;3:198-204.
45. Pérez-Díaz V, Sanz-Ballesteros S, Hernández-García E, Sánchez-García L, Oviedo-Gómez V, Pérez-Escudero A, et al. La influencia de la presión intraperitoneal (PIP) sobre la UF en diálisis peritoneal es relevante en la clínica. *Nefrología.* 2016;36 Supl 1:115.
46. Kuriyama S, Otsuka Y, Iida R, Matsumoto K, Hosoya T. Icodextrin with small and short dwell enhances ultrafiltration in peritoneal dialysis patients with severe overhydration. *Perit Dial Int.* 2006;26:508-9.
47. Fischbach M, Terzic J, Dangelser C, Schneider P, Roger ML, Geisert J. Effect of posture on intraperitoneal pressure and peritoneal permeability in children. *Pediatr Nephrol.* 1998;12:311-4.
48. Pérez-Díaz V, Pérez-Escudero A, Sanz-Ballesteros S, Rodríguez-Portela G, Valenciano-Martínez S, Palomo-Aparicio S, et al. A new method to increase ultrafiltration in peritoneal dialysis: Steady concentration peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 2016;36:555-61.
49. Shockley TR, Ofsthun NJ. Pathways for fluid loss from the peritoneal cavity. *Blood Purif.* 1992;10:115-21.
50. Flessner M. Peritoneal ultrafiltration: mechanisms and measures. *Contrib Nephrol.* 2006;150:28-36.
51. Teixidó J. Implicaciones clínicas del transporte peritoneal. *Nefrología.* 2000;20 Suppl 2:53-61.
52. Teixidó Planas J. Fisiología peritoneal: modelos teóricos de la diálisis peritoneal y su implicación en la clínica. En: Montenegro J, Correa-Rotter R, Riella MC, editores. *Tratado de diálisis peritoneal.* Barcelona: Elsevier España SL; 2009. p. 51-79.
53. Machado Lopes D, Rodriguez-Carmona A, Garcia Falcon T, Lopez Muñoz A, Ferreiro Hermida T, Lopez Iglesias A, et al. Analysis of ultrafiltration failure diagnosed at the initiation of peritoneal dialysis with the help of peritoneal equilibration tests with complete drainage at sixty minutes. A longitudinal study. *Perit Dial Int.* 2016;36:442-7.
54. Mujais S, Smit W. Ultrafiltration failure. En: Khanna R, Krediet RT, editores. *Nolph and Gokal's textbook of peritoneal dialysis.* 3rd ed. LLC: Springer Science+ Business Media; 2009. p. 505-22.
55. Boudville N, Blake PG. Volume status and fluid overload in peritoneal dialysis. En: Daugirdas JT, Blake PG, Ing TS, editores. *Handbook of dialysis.* 5th ed Philadelphia (PA): Wolters Kluwer, Lippincott, Williams & Wilkins; 2015. p. 483-9.
56. Parilova A, Smit W, Struijk D, Krediet R. Analysis of fluid transport pathways and their determinants in peritoneal dialysis patients with ultrafiltration failure. *Kidney Int.* 2006;70:1988-94.
57. Mactier RA, Khanna R. Absorption of fluid and solutes from the peritoneal cavity: Theoretic and therapeutic implications and applications. *ASAIO Trans.* 1989;35:122-31.