

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Programa de Doctorado en Medicina

Departamento de Medicina

Facultad de Medicina

Tesis doctoral

**Relevancia clínica de la Presión Intraperitoneal en los enfermos en Diálisis Peritoneal.
Implicación de la Presión Intraperitoneal elevada en las complicaciones de la pared abdominal, en el fallo de ultrafiltración y la falta de eficacia de la Icodextrina.**

Loreley Ana Betancourt Castellanos

2024

UAB
**Universitat Autònoma
de Barcelona**

Programa de Doctorado en Medicina

Departamento de Medicina

Facultad de Medicina

Tesis doctoral

**Relevancia clínica de la Presión Intraperitoneal en los enfermos en Diálisis Peritoneal.
Implicación de la Presión Intraperitoneal elevada en las complicaciones de la pared
abdominal, en el fallo de ultrafiltración y la falta de eficacia de la Icodextrina.**

Tesis presentada por:

Loreley Ana Betancourt Castellanos

Para optar al grado de Doctor

Directores:

Esther Ponz Clemente y Jaume Almirall Daly

Tutora:

Assumpta Caixàs Pedragos

2024

Hay muchas personas dispuestas a hacer grandes cosas, pero hay muy pocas personas dispuestas a hacer las cosas pequeñas.

Madre Teresa de Calcuta.

A mis padres, a mi familia

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin el ímpetu y el gran trabajo del Equipo de Diálisis Peritoneal del Hospital Parc Taulí, con la dirección de la incansable y luchadora Dra Esther Ponz.

Llegué al Hospital Parc Taulí a realizar la residencia de Nefrología en el año 2006, en aquel entonces el jefe de servicio era el Dr Manuel García y mi tutor de residencia el Dr Ángel Rodríguez Jornet. Ambos depositaron su confianza en mí al igual que el resto del equipo de Nefrología: Dr José Ibeas, Dra Thaís López, Dra Cuyi Valenzuela, Dr Juan Carlos Martínez-Ocaña, Dr Jaume Almirall y Dra Esther Ponz me acompañaron durante toda mi formación. Al finalizar la residencia tuve la oportunidad de trabajar como adjunta en el servicio y continuar creciendo como nefróloga acompañada de compañeros que se incorporaron más tarde al equipo como la Dra Eva Márquez, Dra Daniela García-Agreda y el Dr Diego Navazo. A todos los considero mi gran familia nefrológica.

Creció mi interés por la Diálisis Peritoneal y me vinculé al equipo en la colocación del catéter y en el estudio de la presión intraperitoneal de estos pacientes. Al inicio para estudiar su implicación en los síntomas de dispepsia aumentados en estos enfermos y después con una visión más amplia para conocer los factores implicados y las consecuencias de una presión intraperitoneal elevada. De manera que el estudio de la Presión intraperitoneal merecía ser objeto de una tesis Doctoral.

Siempre he tenido el apoyo incondicional de las enfermeras del equipo de DP, Dolors Marquina, Conchita Blasco, María José Gordo, Anna Liesa, Carmen Grau y Fanny Rojas. Todas expertas en DP y formadas en la medición de la PIP, sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo. También quiero agradecer a todo el equipo de enfermería de la unidad de Hemodiálisis de la Albada por el cuidado y la dedicación con la que tratan a los pacientes de diálisis peritoneal y su interés por esta técnica.

En este largo recorrido me han acompañado muchos residentes del servicio que han defendido en multitud de foros y congresos este trabajo y los resultados obtenidos; Sol Otero, Mabel Bolos, Andrea Ibarra, Lily Otálora, Ignacio Manzur, Úrsula Vadillo, Claudia

Guzmán, Sandy Pico, Yanel Acosta, Patricia Jiménez, Carla Comas, Joan Vidiella. Agradezco a todos ellos su profesionalidad y su interés en este tema.

Durante todo este proceso hemos tenido el apoyo del Grupo de trabajo de la presión intraperitoneal de Castilla y León, en especial del Dr Vicente Pérez y la Dra Alicia Sobrino, gracias por compartir sus resultados con nosotros y por animarnos en este trabajo para continuar luchando juntos.

Este trabajo ha recibido el soporte estadístico de la Fundación Parc Taulí, en especial del Juan Carlos Oliva, estadístico y compañero excelente que nos ha ayudado de forma incondicional para obtener el mayor rendimiento de nuestros resultados y bases de datos. Gracias por su paciencia y por sus clases de estadística de las que aprendí muchísimo.

Todos los pacientes de diálisis peritoneal han jugado un papel fundamental, sin ellos no hay motivación para investigar y no tendríamos estos resultados. Gracias a todos por su colaboración y entusiasmo para participar.

A mi Tutora en este proyecto la Dra Assumpta Caixàs, a mis directores de Tesis Dr Jaume Almirall y a la Dra Esther Ponz en parte madre de este estudio que amablemente me entregó, entusiasta de la investigación clínica en Diálisis Peritoneal. También agradecer al Grupo Catalano-Balear de Diálisis Domiciliaria por ayudar a difundir nuestros resultados y a dar importancia a la presión intraperitoneal en especial a la Dra Mercé Borrás y al Dr Manel Vera que ya no está con nosotros.

Agradecer a mis abuelos que me enseñaron el amor por la lectura, la geografía, la poesía y la medicina. A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional tanto para escribir una tesis como para clases de costura o de idiomas, siempre están allí para lo que necesite. A mi esposo y mis hijos a quienes les he robado mucho tiempo y han tenido mucha paciencia para esperarme y acompañarme.

Finalmente, gracias a la vida que me ha dado tanto.

LISTADO DE ABREVIATURAS

CVP: Capacidad vital pulmonar

DM: Diabetes Mellitus

DP: Diálisis peritoneal

DPA. Diálisis peritoneal automática

DPCA: Diálisis peritoneal continua ambulatoria

ERC: Enfermedad renal crónica.

FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo

FP: Fugas precoces

FRA: Fracaso renal agudo

FT: Fugas tardías

FTDP: Fallo de la técnica de diálisis peritoneal

FU: Fallo de ultrafiltración

HD: Hemodiálisis

HIA: Hipertensión intrabdominal

HTA: Hipertensión arterial

ICCH: Índice de comorbilidad de Charlson

IMC: Índice de masa corporal

PA: Perímetro abdominal

PCR: Proteína C reactiva

PIA: Presión intraabdominal

PIP: Presión intraperitoneal

PQR: Poliquistosis renal

PVC: Presión venosa central

RT: Rápido transportador

SC: Superficie corporal

SCA: Síndrome compartimental abdominal

TAL: Transporte de agua libre

TEP: Test de equilibrio peritoneal

THD: Transferencia a hemodiálisis

TR: Trasplante renal

UCI: Unidades de cuidados Intensivos

UF: Ultrafiltración

VIP: Volumen intraperitoneal

VU: Volumen de ultrafiltración

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características basales de los pacientes (pág.80)

Tabla 2: Análisis Univariante de la PIP con las variables de la muestra (pág.84)

Tabla 3: Relación de la PIP con las variables del seguimiento en DP (pág.86)

Tabla 4: Porcentaje de aumento en relación con la PIP Basal (N=45) (pág.88)

Tabla 5: Comparativa de los pacientes que presentaron o no hernias en DP (pág.90)

Tabla 6: Factores de riesgo independientes para el desarrollo de hernias (análisis multivariante) (pág.91)

Tabla 7: Tabla resumen de los tipos de fugas (fugas precoces/fugas tardías) (pág.92)

Tabla 8: Tabla comparativa de las fugas precoces y fugas tardías (pág.93)

Tabla 9: Distribución de la fuga según la técnica de colocación del catéter de DP (pág.93)

Tabla 10: Ultrafiltración a las 4 horas con PIP < y \geq 20 cmH₂O (pág.95)

Tabla 11: Evolución del fallo de ultrafiltración en función de la PIP < o \geq de 20 cm H₂O (pág.95)

Tabla 12: Valores de UF a las 4, 8 y 16 horas en el TEP con Icodextrina (pág.98)

Tabla 13: Comparación de los pacientes que fueron o no exitus en DP (pág.100)

Tabla 14: Factores de riesgo independiente de exitus en diálisis peritoneal (pág.100)

Tabla 15: Comparación de los pacientes que fueron o no transferidos a hemodiálisis (pág.101)

Tabla 16: Factores de riesgo independiente de transferencia a hemodiálisis (pág.101)

Tabla 17: Comparación de los pacientes que fueron o no exitus en DP/transferencia a HD (pág.102)

Tabla 18: Factores de riesgo independiente de exitus en DP/transferencia a HD (pág.102)

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Triángulo del manejo de la HIA y el SCA en el paciente en la UCI (pág.35)
- Figura 2:** Evolución de la PIP después de la colocación de catéter de DP (pág.36)
- Figura 3:** Medición de la PIP con un transductor conectado al catéter de DP (pág.38)
- Figura 4:** Medición de la PIP según el “Método de Durand” (pág.39)
- Figura 5:** Correlación de la PIP según el “Método de Durand” y un sistema de PVC (pág.40)
- Figura 6:** A mayor VIP, mayor PIP: por cada 500 mL de VIP aumenta la PIP 2,2 cmH₂O (pág.41)
- Figura 7:** Correlación positiva entre el IMC y la PIP (pág.41)
- Figura 8:** Regresión lineal por cada incremento de la PIP 1cmH₂O se reducen 70 mL de VU en 2h (pág.45)
- Figura 9:** Diferencias en la UF con 2.5L y 1.5L y la PIP (pág.46)
- Figura 10:** Predictores de muerte y transferencia a HD. Análisis mutivariante (pág.49)
- Figura 11:** Localización del catéter de DP en la cavidad peritoneal (pág.64)
- Figura 12:** Medición de la PIP en la unidad de DP (pág.66)
- Figura 13:** PIP en decúbito y en bipedestación (pág.78)
- Figura 14:** Hernias durante el seguimiento en DP (pág.80)
- Figura 15:** Fugas durante el seguimiento en DP (pág.81)
- Figura 16:** Fin de seguimiento de los pacientes del estudio (pág.82)
- Figura 17:** Transferencia definitiva a Hemodiálisis (pág.83)
- Figura 18:** Exitus en el programa de DP (pág.83)
- Figura 19:** Correlación de la PIP y el IMC en esta serie (pág.85)

Figura 20: PIP media de los pacientes que tenían 3 determinaciones de PIP durante el seguimiento (N=21) (pág.87)

Figura 21: Evolución de las determinaciones de PIP en pacientes con PIP < o \geq de 20 cmH₂O (pág.88)

Figura 22: PIP y aparición de hernias en diálisis peritoneal (pág.91)

Figura 23: TEP en el seguimiento de los pacientes en DP (pág.94)

Figura 24: Relación de la UF con Icodextrina con el IMC (pág.96)

Figura 25: Relación de la UF con Icodextrina con la PIP (pág.96)

Figura 26: Relación de la UF con Icodextrina con el D/p creatinina a las 4h (pág.97)

Figura 27: Perfiles de UF con Icodextrina y el papel del volumen residual. Línea verde (volumen residual < 350mL), línea roja (volumen residual \geq 350mL) (pág.97)

Figura 28: Curvas de supervivencia con PIP < o \geq de 18cmH₂O. Transferencia a hemodiálisis y supervivencia de la técnica de DP (pág.104)

Figura 29: Curvas de supervivencia con PIP < o \geq de 20cmH₂O. Transferencia a hemodiálisis (pág.104)

Figura 30: Curva ROC de la PIP para predecir el fallo de la técnica de DP (pág.105)

Figura 31: Curvas de supervivencia con PIP < o \geq de 16 cmH₂O. Supervivencia de la técnica de DP (pág.105)

ÍNDICE

ÍNDICE.

RESUMEN	27
SUMMARY	29
1. INTRODUCCIÓN	31
1.1. La presión intrabdominal en el paciente de la unidad de críticos	34
1.2. La presión intraperitoneal en el paciente en diálisis peritoneal	36
1.2.1. Medición de la presión intraperitoneal en diálisis peritoneal	37
1.2.2. Factores relacionados con la presión intraperitoneal	40
1.3. Efectos secundarios de la presión intraperitoneal elevada en diálisis peritoneal ..	43
1.3.1. Presión intraperitoneal y complicaciones de la pared abdominal	43
1.3.2. Presión intraperitoneal y fallo de ultrafiltración	44
1.3.3. Presión intraperitoneal y la falta de eficacia de la Icodextrina	46
1.3.4. Presión intraperitoneal y supervivencia del paciente y de la técnica de DP	49
1.4. Herramientas en la práctica clínica habitual para modificar la presión intraperitoneal en el programa de diálisis peritoneal	50
2. HIPÓTESIS	51
3. OBJETIVOS	55
3.1 Objetivo principal	57
3.2 Objetivos secundarios	57
4. MATERIAL Y MÉTODOS	59
4.1. Metodología de la creación de la cohorte	61
4.1.1. Diseño del estudio	61
4.1.2. Criterios de inclusión y exclusión	61
4.1.3. Visita médica y evaluación del paciente	62

4.2. Colocación del catéter de DP.....	64
4.3. Medición de la presión intraperitoneal y realización del test de equilibrio peritoneal.....	65
4.4. Variables del estudio.....	67
4.4.1. Variables demográficas y antropométricas.....	67
4.4.2. Variables relacionadas con la historia clínica y antecedentes patológicos.....	67
4.4.3. Variables relacionadas con la colocación del catéter de DP.....	68
4.4.4. Variables relacionadas con la prescripción, adecuación y el seguimiento en DP...68	
4.4.5. Variables relacionadas con la presión intraperitoneal.....	69
4.4.6. Variables de laboratorio.....	69
4.5. Análisis estadístico.....	71
4.6 Aspectos Éticos.....	73
5. RESULTADOS	75
5.1. Características basales de los pacientes de la cohorte.....	77
5.1.1. Variables demográficas y comorbilidad.....	77
5.1.2. Características de la presión intraperitoneal.....	78
5.1.3. Variables analíticas y relacionadas con la prescripción, adecuación y TEP basal...79	
5.1.4. Variables recogidas durante el seguimiento de los pacientes.....	80
5.2. Características de la PIP y factores relacionados con la PIP elevada en DP.....	84
5.3. Variabilidad de la PIP en el paciente en DP.....	87
5.4. Factores relacionados con las alteraciones de la pared abdominal (Hernias /Fugas). El papel de la PIP.....	89
5.4.1. Hernias en DP.....	89
5.4.2. Fugas en DP.....	91

5.5. Factores relacionados con la Ultrafiltración y la falta de eficacia de la Icodextrina.	
El papel de la PIP.....	94
5.6. La PIP y la supervivencia de la técnica y del paciente el DP.....	99
6. DISCUSIÓN.....	107
6.1. La PIP elevada y su relación con las alteraciones de la pared abdominal (Hernias/Fugas)	109
6.2. La PIP y su relación con la ultrafiltración del peritoneo y la falta de eficacia de la Icodextrina.....	114
6.3. La PIP y la supervivencia de la técnica y del paciente en DP.....	117
6.4. Limitaciones del estudio.....	123
7. CONCLUSIONES	125
8. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	129
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
10. ANEXOS.....	153
10.1 Publicación 1.....	155
10.2 Publicación 2.....	163

RESUMEN

RESUMEN

La diálisis peritoneal (DP) produce un aumento de la presión intraperitoneal (PIP) con posibles efectos negativos hemodinámicos, respiratorios, en la pared abdominal y en transporte peritoneal, sobre todo en la ultrafiltración (UF). Se considera que una PIP > 18-20 cmH₂O puede ser patológica. La PIP medida con el catéter peritoneal es equivalente a la que se obtiene a través de una sonda urinaria. La determinación de la PIP no se realiza de manera universal en todas las unidades de DP de adultos, aunque se recomienda como parámetro adicional en el estudio del fallo de la membrana peritoneal. La PIP aumenta con el volumen intraperitoneal (VIP), la bipedestación, las maniobras de Valsalva y con los movimientos, sobre todo con los saltos. Está ampliamente demostrado que la PIP tiene una gran variabilidad individual y que depende fundamentalmente del índice de masa corporal (IMC).

Pocos estudios valoran la relación entre una PIP elevada con la aparición de hernias, fugas, disminución de la UF o la supervivencia en DP.

OBJETIVO: Estudiar la relación de una PIP elevada en los pacientes en DP con la aparición de complicaciones de la pared abdominal (hernias y fugas), el déficit de UF, y la supervivencia del enfermo y de la técnica de DP, considerada como muerte o transferencia a hemodiálisis (HD).

MATERIAL Y MÉTODOS: Estudio observacional, prospectivo, de los enfermos incidentes en DP desde enero de 2010 a diciembre de 2020, con seguimiento hasta diciembre de 2021. La PIP se midió con el método de Durand a los 3 meses del inicio de la DP. Se recogió la evolución en DP y la aparición de hernias y fugas. Así mismo, se analizó la relación de la PIP con los diferentes factores demográficos, clínicos y de función peritoneal, mediante el test de equilibrio peritoneal (TEP) con glucosa al 3,86 y el estudio de la UF con Icodextrina según el tiempo de permanencia.

RESULTADOS: Se han estudiado 124 pacientes con una edad media de $62,1 \pm 15,53$ años, 68% varones, 44% diabéticos, con un IMC de $27,7 \pm 4,62$ Kg/m² y una PIP en decúbito supino de $16,6 \pm 4,6$ cmH₂O, con un VIP de 2047 ± 359 mL. La aparición de hernias se relacionó positivamente con la PIP ($p=0,037$), la edad ($p=0,008$), el IMC ($p=0,034$), el antecedente de hernias previas ($p=0,016$), la colocación del catéter por laparoscopia ($p=0,026$) y el fallo de la técnica ($p=0,012$). No se encontró relación de la PIP con el desarrollo de fugas.

La PIP no tuvo relación con ninguna medida de la función peritoneal registradas en el TEP, tanto el transporte de solutos como de agua. Si que se observó una tendencia a más fallo de UF en los enfermos con una PIP > 20 cmH₂O. Los enfermos con PIP más alta, más IMC y un transporte peritoneal más lento tuvieron menor UF con Icodextrina, pero solo el IMC y el transporte lento mantuvieron la significación en el estudio multivariante.

Fueron factores independientes del fallo de la técnica (muerte o transferencia a HD): una mayor PIP (OR:1,133, $p=0,026$), una mayor edad (OR: 1.082, $p=0,001$), una mayor comorbilidad (OR: 1,651, $p<0,001$) y tener más peritonitis (OR: 3,745, $p=0,001$). Una PIP > 16 cmH₂O fue el valor que mejor predijo la supervivencia de la técnica.

CONCLUSIÓN: Una mayor PIP en DP se relacionó con la aparición de hernias, pero no de fugas durante el seguimiento. No se ha encontrado relación de la PIP con la UF con glucosa, ni con Icodextrina, pero si se observó una tendencia a una menor UF con una PIP más alta. Una PIP elevada se relacionó de manera independiente con el fallo de la técnica de DP considerada como muerte o transferencia a HD.

SUMMARY

Peritoneal dialysis (PD) causes an increase in intraperitoneal pressure (IPP) with possible negative haemodynamic and respiratory effects, in the abdominal wall and peritoneal transport, especially in ultrafiltration (UF). An IPP > 18-20 cmH₂O can be considered pathological. IPP measured with the peritoneal catheter is the same as the IPP obtained through the urinary catheter. IPP determination is not universally performed in all adult PD units, although it is recommended as an additional parameter in the study of peritoneal membrane failure. IPP increases with intraperitoneal volume (IPV), standing, Valsalva manoeuvre and other kinds of movements, especially jumping. IPP is widely shown to have a great individual variability and basically depends on body mass index (BMI).

Few studies assess the relationship between high IPP and the appearance of hernias, leaks, reduction of UF and PD survival.

OBJECTIVE: To study the relationship between high IPP in patients on PD and the appearance of complications in the abdominal wall (hernias and leaks), UF deficit, patient survival and PD technique survival, defined as death or transfer to haemodialysis (HD).

MATERIAL AND METHODS: Observational study, prospective, of patients in PD from January 2010, to December 2020, with follow-up until December 2021. Durand's method was used to measure IPP at 3 months following the onset of PD. Likewise, the relationship between IPP and different demographic and clinical factors, as well as peritoneal function, was analysed using the peritoneal equilibration test (PET) with 3.86 glucose and the study of UF with Icodextrin, depending on dwell time.

RESULTS: 124 patients with a mean age of 62.1 ± 15.53 , 68% male, 44% diabetics, with a BMI of 27.7 ± 4.62 Kg/m² and an IPP in supine position of 16.6 ± 4.6 cm H₂O, with a IPV of 2047 ± 359 mL, were studied. The appearance of hernias was positively related to IPP ($p=0.037$), age ($p=0.008$), BMI ($p=0.034$), a history of prior hernias ($p=0.016$),

catheter placement using laparoscopy ($p=0.026$) and technique failure ($p=0.012$). No relationship between IPP and development of leaks was found.

There was no relationship between IPP, and any measurement of peritoneal function recorded in PET, both in solutes and water transport. What was observed was a trend to greater UF failure in those patients with an IPP > 20 cmH₂O. Patients with a higher IPP, greater BMI and slower peritoneal transport had lower UF with Icodextrin, but BMI and slow transport alone maintained significance in the multivariate study.

Independent factors of technique failure (death or transfer to HD) were higher IPP (OR:1.133, $p=0.026$), older age (OR: 1.082, $p=0.001$), increased comorbidity (OR 1.651, $p<0.001$) and increased number of peritonitis episodes (OR: 3.745, $p=0.001$). IPP > 16 cmH₂O was the value that best predicted the technique survival.

CONCLUSION: Higher IPP in PD was related to the appearance of hernias, but not leaks during follow-up. No relationship between IPP and UF with glucose nor with Icodextrin was established, but there was a trend to lower UF with higher IPP. High IPP was independently related to technique failure of PD, considered to be death or transfer to HD.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El abdomen es una caja cerrada formada por paredes rígidas y elásticas como son la pared abdominal y el diafragma. El contenido del abdomen y la elasticidad de la pared determinan la presión intrabdominal (PIA). Esta presión puede afectarse por condiciones relacionadas con la expansión de sus paredes y el volumen interno; como puede ser el aumento de los órganos intrabdominales, lesiones ocupantes de espacio o la presencia de contenido líquido como la ascitis. Se considera normal una PIA de 7 cmH₂O en adultos y hay estados fisiológicos como el embarazo y la obesidad que se pueden asociar a elevaciones transitorias o crónicas de la PIA que oscilan entre 13-20 cmH₂O, sin una gran traducción patológica posiblemente debido a la adaptación fisiológica (1).

Actualmente se continúa recomendando la medición de la PIA en las unidades de críticos utilizando una sonda urinaria de tres vías que se conecta a una perfusión continua de suero salino al transductor de presión, con el nivel 0 en cresta iliaca y la línea media axilar (1–3). Se han propuesto métodos alternativos con sensores transcutáneos, pero con lecturas muy variables de la PIA y baja sensibilidad (4). Buscando alguna variable indirecta para medir la PIA, se ha intentado relacionar el perímetro abdominal (PA) con la PIA, pero tiene una pobre correlación sin valor predictivo, por lo que consideran que el PA no puede predecir la PIA (5). En cambio, en pacientes post operados se encontró una buena correlación entre la PIA y el máximo diámetro sagital abdominal (6).

La PIA es imprescindible en las unidades de cuidados Intensivos (UCI) en el diagnóstico de la hipertensión intraabdominal (HIA) (1–3,7). Una PIA elevada se relaciona con el fracaso renal agudo (FRA) en este ámbito (8). En pacientes con obesidad se ha observado elevaciones de este parámetro y lo consideran un reflejo de la obesidad visceral y de la hipertensión sistémicas (9,10). Hay muy pocos estudios que valoren este parámetro en población sana, aunque si hay alguno que lo analiza en población hospitalaria fuera de las UCI (11)

1.1. La presión intrabdominal en el paciente de la unidad de críticos

La HIA y el síndrome compartimental abdominal (SCA) se han considerado siempre diagnósticos propios del paciente politraumatizado. En la actualidad se reconoce como una importante causa de morbilidad en el paciente de UCI, afectando a pacientes con patologías médicas y quirúrgicas en igual proporción. La HIA se define como una PIA ≥ 16 cmH₂O repetida en 3 determinaciones espaciadas entre 4 y 6 horas. Se divide en 4 grados en función del valor de la PIA y de la velocidad de instauración (2). El SCA se produce cuando la PIA sigue aumentando progresivamente con PIA >27 cmH₂O asociado a disfunción y daño orgánico (1)

Existen numerosos factores de riesgo para presentar HIA como son la acidosis, hipotermia, politraumatismos, coagulopatía, sepsis, bacteriemia y cirugías abdominales. La diálisis peritoneal se menciona como una posible causa de HIA (2). También existen condiciones que pueden favorecer el desarrollo de HIA como el aumento del volumen intraabdominal, afectación de la pared abdominal por cirugías y la combinación de ambas circunstancias (7). Los pacientes con HIA presentan mayor estancia en UCI, FRA y mortalidad intrahospitalaria (12,13). Tanto la HIA como el SCA son factores del riesgo de presentar FRA, no todo se explica por la reducción del gasto cardiaco, la perfusión venosa renal también se ve afectada y finalmente la perfusión en el córtex renal (7). Algunos autores hablan de medir la PIA como screening para anticipar el FRA(14). La paracentesis en pacientes con PIA elevada en la unidad de críticos mejora la función renal(15)

Para el manejo en la UCI del HIA, primero debe identificarse mediante la medición sistemática de la PIA si existen factores de riesgo. Se deben realizar estrategias de prevención de la HIA siempre que sea posible. Los niveles de PIA, se deben valorar juntamente con las posibles causas y el impacto y severidad de la disfunción de órganos que está produciendo. Si la causa se relaciona con el aumento de volumen intraabdominal la ecografía nos puede ayudar al diagnóstico y posible tratamiento de evacuación mediante un catéter de drenaje. Cuando el aumento de la PIA se debe a disminución de la compliance de la pared abdominal, favorecida por una mayor edad y

IMC, se deben considerar diferentes patologías que afectan a la pared abdominal y algunas medidas adoptadas en la UCI como la posición en decúbito prono.

La decisión de intervenir depende siempre de la afectación del órgano diana y de los beneficios de la posible intervención, se considera urgente el paciente con un SCA primario (16). Una de las medidas utilizadas es la laparotomía descompresora cuando todos los tratamientos fallan; un metaanálisis en 2018 que incluía pacientes de UCI de adultos y pediátricas encontró beneficios en la reducción de la PIA, mejoría de parámetros hemodinámicos, respiratorios y de función renal. Sin embargo, la mortalidad a pesar de todo se mantuvo muy elevada(17).

En resumen, la HIA y el SCA presenta una alta frecuencia y elevada mortalidad en pacientes en UCI. En general el tratamiento agresivo lo define la velocidad de ascenso de la PIA y la disfunción de órganos. Se necesitan estudios para saber el impacto del screening de la PIA y de las intervenciones precoces en estos pacientes.

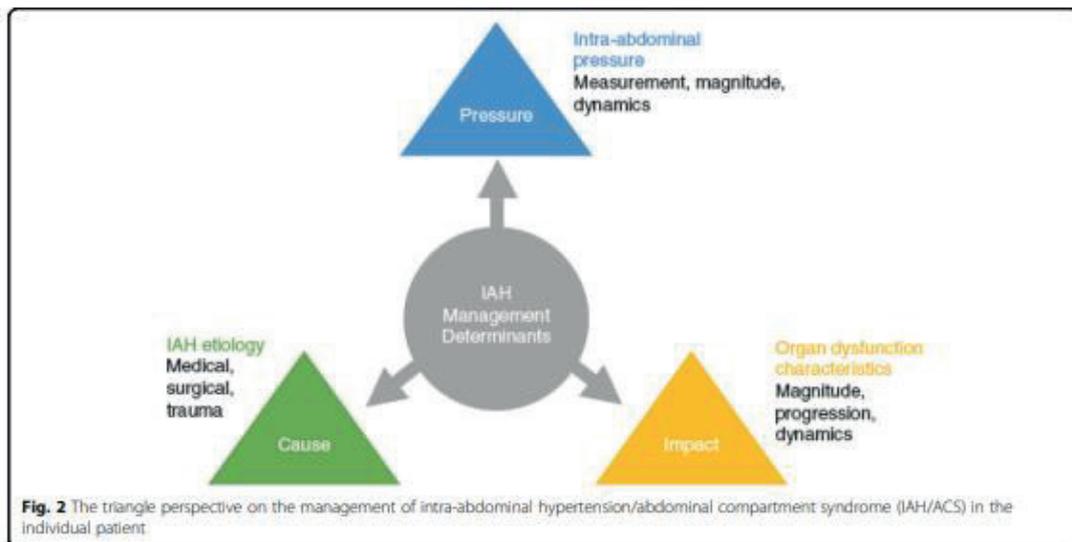


Figura 1: Triángulo del manejo de la HIA y el SCA en el paciente en la UCI

Fuentes de datos: Laet y Malbrain (16)

1.2. La presión intraperitoneal en el paciente en diálisis peritoneal

La DP es una causa de aumento de la PIA, ya referenciado en el consenso de expertos el HIA / SCA en 2006 (2). La DP es una terapia habitual de diálisis que utiliza el peritoneo del paciente como una membrana de intercambio. Para realizar el tratamiento utilizamos un catéter de DP que comunica la cavidad peritoneal con el exterior. En el año 2010 se comprobó que la PIA medida a través de una sonda vesical y la PIP medida a través del catéter de DP en decúbito supino eran equivalentes (18). Inicialmente la medida de la PIP se limitaba su uso a estudios de experimentación; en el año 1992 Durand propuso y validó un método de medición de la PIP a través del mismo catéter de DP y de la bolsa de intercambio de DP (19). Se estudió que la PIP post colocación del catéter de DP podía presentar elevaciones importantes secundarias a la lesión de la musculatura abdominal. Esta elevación era muy significativa entre 1er y 5to día y posteriormente descendía progresivamente. No es recomendable su medición hasta después de 15 días post colocación del catéter(20).

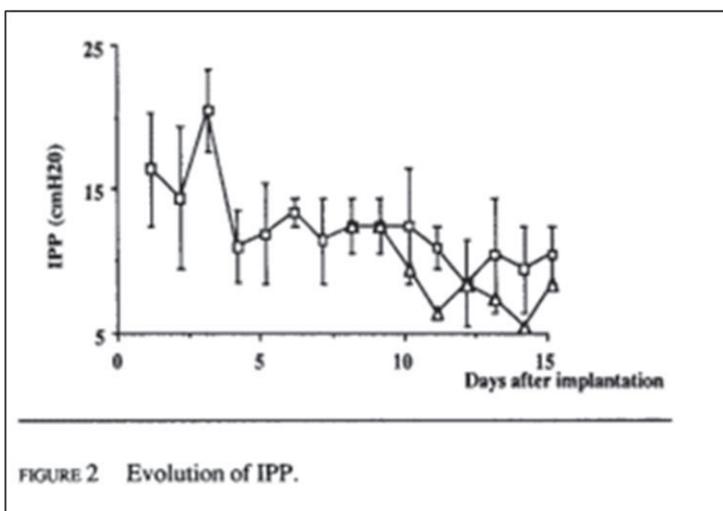


Figura 2: Evolución de la PIP después de la colocación de catéter de DP

Fuentes de datos: Ourand y Chanliou (20)

Los primeros estudios en la década de los 90 donde se estudió la PIP se realizaron en adultos, considerando la medición de la PIP importante para determinar en máximo volumen intraperitoneal (VIP) tolerado y determinaron que la PIP debía ser menor de 20 cmH₂O (21,22). También se comenzó a medir la PIP en población infantil en DP con

el método descrito para adultos; se constató que esta población tenía una PIP media más baja y menor en población menor de 2 años, El ajuste de volumen es más importante en población infantil en DP, para mejorar la tolerancia y evitar las complicaciones de la pared abdominal (23–25). En población infantil se observó que a mayor IMC había mayor PIP, pero también otros factores como el sexo masculino y el VIP se relacionaron con ella. Se comenzó a considerar la PIP como un parámetro necesario para la prescripción y para determinar el mejor VIP tolerado (26–28). En el caso de la población infantil en DP el rápido incremento de la PIP puede favorecer hernias, fugas y baja UF por lo que se consideró la PIP una herramienta básica de prescripción (29). La recomendación en esta población es medirla para prescribir la DP(30), las guías de prescripción de DP en niños del año 2020 recomiendan la medición de la PIP para poder ajustar el VIP (31).

En población adulta estudios recientes han relacionado una PIP elevada con problemas de la pared abdominal y déficit de ultrafiltración, aunque sin conseguir la significación estadística (32). La tolerancia al volumen intraperitoneal de los pacientes en DP no predice una mayor PIP (33–35) solo está recomendada la medición de la PIP para la evaluación de la disfunción de la membrana peritoneal en adultos como test adicional (36). En la actualidad la medición de la PIP no se realiza de rutina en las unidades de DP de adultos.

1.2.1. Medición de la presión intraperitoneal en diálisis peritoneal

En estudios antiguos la PIP en DP se ha considerado un factor predisponente de patologías de la pared abdominal y de alteraciones hemodinámicas. Twardowski en 1986 realizó mediciones de la PIP durante las actividades de la vida diaria en paciente en programa de DP, para estas mediciones utilizó un transductor conectado al catéter de diálisis peritoneal. Se registró la PIP con el paciente realizando diferentes actividades físicas y los resultados fueron expresados en mmHg. Las maniobras de valsalva, los saltos y la tos eran los que más aumentaban la PIP (37). Un grupo canadiense en el año 2019 utilizó un monitor “Stryker pressure monitor” inicialmente diseñado para el síndrome compartimental en el músculo, con resultados desfavorables y poco fiables(38) . En el

último año un grupo del continente asiático ha desarrollado varias fórmulas para estimar la PIP en DP utilizando el PA, pero de momento tienen escasa utilidad (39,40). En el año 1992 el grupo de Durand describió el método que se utiliza en la actualidad (19,41).

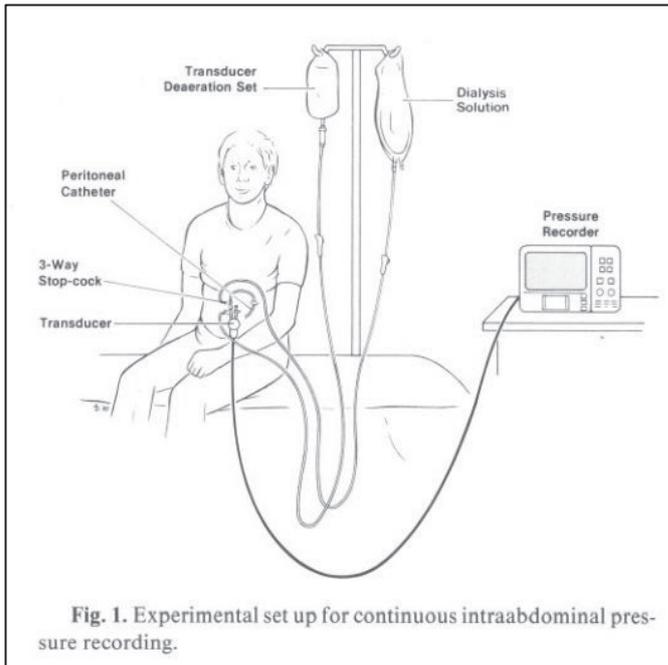


Figura 3: Medición de la PIP con un transductor conectado al catéter de DP

Fuentes de datos: Twardowski y Khanna (37)

La cavidad peritoneal es una esfera con paredes flexibles que se llena con el líquido de diálisis; esta cavidad se considera que está todo el tiempo en una situación dinámica secundaria a los cambios de posición y los movimientos respiratorios. Para realizar la medición de la PIP tenemos el catéter de DP en la cavidad peritoneal lo cual nos facilita tener una conexión directa con la cavidad abdominal. Para la medición contamos con varios líquidos de diálisis peritoneal todos válidos para realizar esta medición. Las mediciones se realizarán con el paciente en decúbito supino en un plano horizontal. La primera medición se realiza indicando al paciente que realice una inspiración profunda y la segunda en espiración. El resultado final será la media de las dos mediciones expresado en cmH_2O .

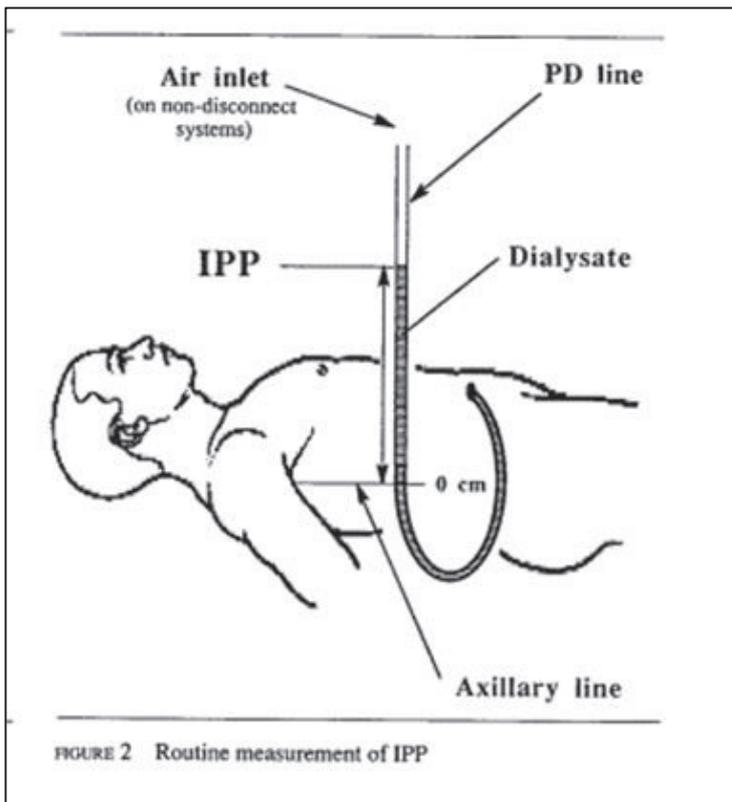


Figura 4: Medición de la PIP según el “Método de Durand”

Fuentes de datos: Durand y Chanliau (19)

Pasos para la correcta medición de la PIP

- 1- Paciente en decúbito supino con el abdomen lleno del líquido peritoneal habitual.
- 2- Conexión de la doble bolsa del líquido peritoneal al catéter de diálisis peritoneal.
- 3- Determinar el nivel 0: línea media axilar a nivel de la cresta iliaca.
- 4- Conectar la bolsa de drenaje en un soporte elevado con regla graduada.
- 5- Abrir la llave del catéter de diálisis peritoneal.
- 6- Acercar la columna de agua a la regla graduada y esperar a que se estabilice.
- 7- Realizar dos mediciones en inspiración y espiración y apuntar ambas mediciones.
- 8- Apuntar el resultado de la PIP = (PIP inspiración + PIP espiración) /2 expresado en cmH₂O.

En el año 2021 el grupo de trabajo de la PIP de Castilla y León validó el método de Durand con un sistema de medición de la presión venosa central (PVC). Para realizar el estudio

se utilizó el sistema de medición de la presión venosa central con una llave de tres vías que conectaba el catéter de diálisis peritoneal a la bolsa de drenaje. La PIP medida por el método de Durand y por el método de PVC fueron equivalentes (42)

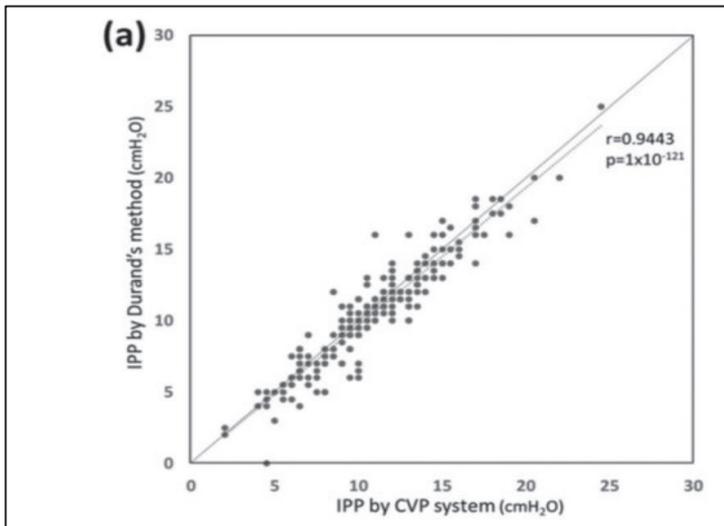


Figura 5: Correlación de la PIP según el “Método de Durand” y un sistema de PVC
Fuentes de datos: Sobrino-Pérez y Pérez-Escudero (42)

1.2.2. Factores relacionados con la presión intraperitoneal

En el año 1986 se realizó un estudio para valorar la influencia de las actividades de la vida diaria en la presión intraperitoneal de los pacientes en programa de DP. Se valoró en decúbito supino, sentado y de pie. Se utilizaron diferentes VIP desde 0 a 3 litros. En general la PIP aumento con el aumento de VIP, con los saltos y las maniobras de valsalva (37). Sin embargo, destaca que no siempre este aumento de PIP se traduce en una sensación de disconfort en el paciente en programa de DP (43,44).

El mayor VIP está relacionado con una mayor PIP tanto en niños como en adultos, por cada 500 mL de VIP, la PIP aumentará 2,2 cmH₂O (22,24). En población adulta en DP, un mayor IMC se consolida como la variable que más se relaciona con una PIP elevada con resultados concordantes en todas las series publicadas hasta el momento (28,32,45–50). A pesar de que los resultados iniciales de Twardowski en 1986 no hay series que relacionen una mayor edad con mayor PIP en población adulta en DP, aunque los niños tienen menor PIP que los adultos (28). Nosotros en el estudio publicado con 49

pacientes en DP no encontramos relación de la PIP con una mayor edad (46). El Grupo Italiano de Claudio Ronco ha publicado recientemente una revisión en 2020 donde tampoco encontró relación con la edad (48).

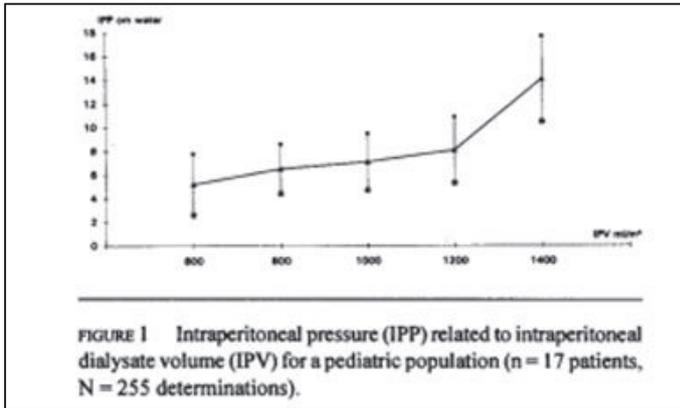


Figura 6: A mayor VIP, mayor PIP: por cada 500 mL de VIP aumenta la PIP 2,2 cmH₂O

Fuentes de datos: Fischbach y Terzic (24)

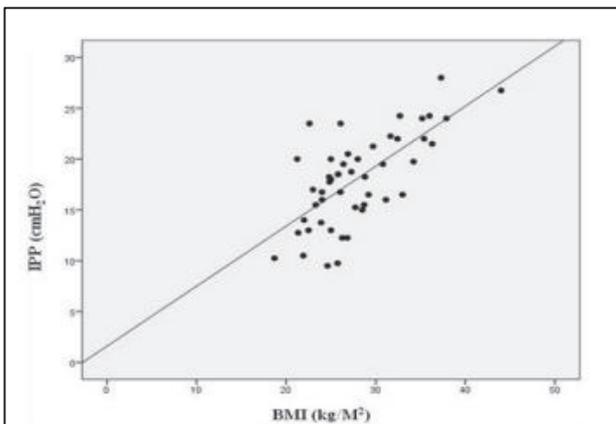


Figura 7: Correlación positiva entre el IMC y la PIP

Fuentes de datos: Castellanos y Clemente (46)

Si revisamos las comorbilidades de los pacientes un Índice de comorbilidad de Charlson (ICCH) elevado, se ha relacionado con una mayor PIP (46,49). En el caso de la presencia de diabetes mellitus (DM) un dato registrado en todas las series no se ha encontrado relación con una PIP elevada (32,45,49). Merece especial atención el antecedente de poliquistosis renal (PQR), con dos publicaciones recientes que encuentran una relación entre el antecedente de PQR y la PIP elevada en DP (48,49). En relación con el sexo los estudios en pacientes pediátricos en DP relacionan el sexo masculino con mayor PIP (28). En adultos en el año 2000 el grupo de Ventura encontró que el sexo masculino tenía

mayor PIP que el sexo femenino (51), pero estos resultados no se han vuelto a reproducir en adultos.

En resumen, la PIP es una variable individual. Una mayor PIP se relaciona con un mayor IMC y mayor comorbilidad según las publicaciones hasta el momento. Posiblemente se relacione también con una mayor edad, condición asociada a mayor comorbilidad por definición, pero los resultados son contradictorios. Hasta el momento no hay estudios contundentes que corroboren que el sexo masculino tiene mayor PIP, aunque hay que recordar que la distribución de la grasa corporal es de predominio abdominal en esta población. Es indiscutible que a mayor VIP habrá mayor PIP.

1.3. Efectos secundarios de la presión intraperitoneal elevada en diálisis peritoneal

Gotloib en el año 1981 estudio los efectos hemodinámicos deletéreos de la elevación de la PIP en 17 pacientes en DP, constató la reducción de la capacidad vital pulmonar (CVP) en los pacientes con PIP elevada (52,53), resultados también descritos por Twardowski en 1983 (54). Un estudio piloto en población infantil no observó efectos cardio-respiratorios con el incremento de la PIP (55) . Durand en 1994 constató en adultos que la PIP mayor de 20 cmH₂O se asoció con una disminución de la CVP de un 25% en especial en pacientes de mayor edad, razón por la que se aconsejó que la máxima PIP tolerada debía ser de 18 cmH₂O (21) . También se ha observado efectos hemodinámicos centrales en pacientes en DP mediante la medición del “Augmentation Index”, que podrían estar relacionados con los cambios en la PIP(56).

Se han descrito efectos sobre la UF en DP y se postula que posiblemente se produce por un aumento de la absorción linfática o la reabsorción transcápilar, que da lugar a una UF neta resultante menor a la obtenida por los fenómenos de ósmosis y convección de la DP (25,57–59). Las complicaciones de la pared abdominal también se han asociado a la PIP sobre todo en población infantil (60). En población adulta la PIP elevada también históricamente se ha relacionado con las hernias y las fugas en DP (61), aunque esa asociación no ha tenido confirmación estadística (32,46). Hay que destacar un estudio en población adulta que relacionó la PIP elevadas con las peritonitis por microorganismos entéricos (45). El estudio consideraba la posibilidad de que la PIP alta favoreciera la translocación bacteriana de la luz del intestino al peritoneo. Estos resultados no se han vuelto a comunicar.

1.3.1. Presión intraperitoneal y complicaciones de la pared abdominal

Es conocido que en DP hay una elevada incidencia de hernias, es más frecuente que en HD. Las causas son multifactoriales, pero siempre se ha considerado como un factor primordial el aumento de la PIP, aunque sin una evidencia clara (62,63). Los enfermos en DP tienen una PIP variable muy determinada por su IMC, aumenta con el VIP y que

según demostró Twardowski en su estudio sobre la PIP y las actividades de la vida diaria, aumenta mucho con la sedestación, la bipedestación, las maniobras de valsalva, la tos y sobre todo con los saltos. Todas estas situaciones pueden aumentar de manera brusca la PIP y producir problemas en la pared abdominal (37).

Las hernias son una complicación frecuente en población infantil en DP (64), con una incidencia muy superior a la población adulta en DP a pesar de que la PIP en adultos es mayor que en niños. Posiblemente la debilidad de la pared abdominal y los desórdenes metabólicos en población infantil juega un papel importante(29,60). En población adulta en DP se han estudiados factores relacionados con la aparición de las hernias y fugas entre los que se encuentran el antecedente de PQR y DM, mayor edad y mayor IMC, pero sin incluir la PIP en estas revisiones, ni en ningún estudio (65–71). Algunos estudios han encontrado un aumento porcentual de la aparición de hernias en DP en relación con una PIP elevada., aunque sin una diferencia estadísticamente significativa (32,46). No hay publicaciones que encuentren relación de la PIP con las fugas en DP a pesar de que históricamente se ha asumido que esta relación también existe.

1.3.2. Presión intraperitoneal y fallo de ultrafiltración

El rol que juega la PIP en la permeabilidad de la membrana peritoneal ha sido motivo de estudio e investigaciones desde hace más de 30 años. Durand en 1992 realizó un estudio en 23 pacientes donde encontró que el volumen de ultrafiltración (VU) era inversamente proporcional a la PIP media del paciente en DP; por cada 1 cmH₂O que se incrementaba la PIP se reducía 70 mL el VU en 2 horas (72). Esta relación también se estudió en población infantil en DP donde se reprodujeron estos resultados con bolsas de líquido de DP con concentración de glucosa a 1,36%, pero estos resultados no se reproducían con la concentración de glucosa al 3,86% (23–25). Además, se estudió el efecto sobre de la postura del paciente respecto a la eficacia de la diálisis, los resultados favorecen al decúbito por varias razones y una de ellas es que en esta posición la PIP es menor (19).

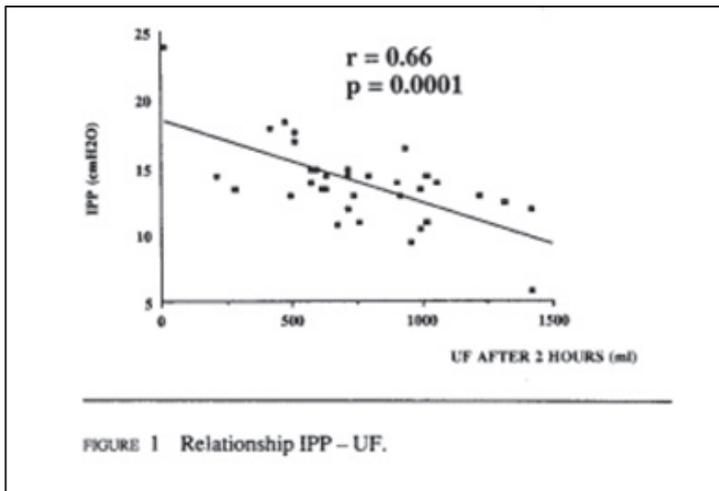


Figura 8: Regresión lineal por cada incremento de la PIP 1 cmH₂O se reducen 70 mL de VU en 2h

Fuentes de datos: Durand y Chanliou (72)

Varias revisiones publicadas realizan recomendaciones para la optimización del volumen en DP recordando la importancia de la PIP para obtener la mejor UF y evitar el disconfort del paciente (28,57,73). En contraposición hay algún estudio que ha encontrado que el aumento de PIP se asoció a aumento del UF y del aclaramiento de pequeñas moléculas. No se observó el mismo resultado con moléculas de mayor tamaño (74). Por esto hay que destacar que el efecto de la PIP sobre la UF depende en parte de los líquidos de DP y sus características, la misma regla no se puede aplicar a todos (75).

Nuestro grupo en 2017 observó que los pacientes con mayor PIP tenían mayor fallo de UF (definido como una UF < 400mL en el TEP de 4h con glucosa al 3,86%). La UF del TEP no mostraba mejoría en los TEP de seguimiento, en contra de lo que ocurría con los enfermos con PIP más bajas(46). Recientemente el grupo de Estudio de la PIP de Castilla y León en 2020 realizó un estudio con liquido con concentración de glucosa al 2,27% encontrando que el aumento de la PIP descendía la UF junto con otros factores como el sexo y el IMC entre otros (58). Recordemos que las recomendaciones para evaluar la disfunción de la membrana peritoneal en adultos, recomienda la PIP como test adicional, pero no como un test habitual (36).

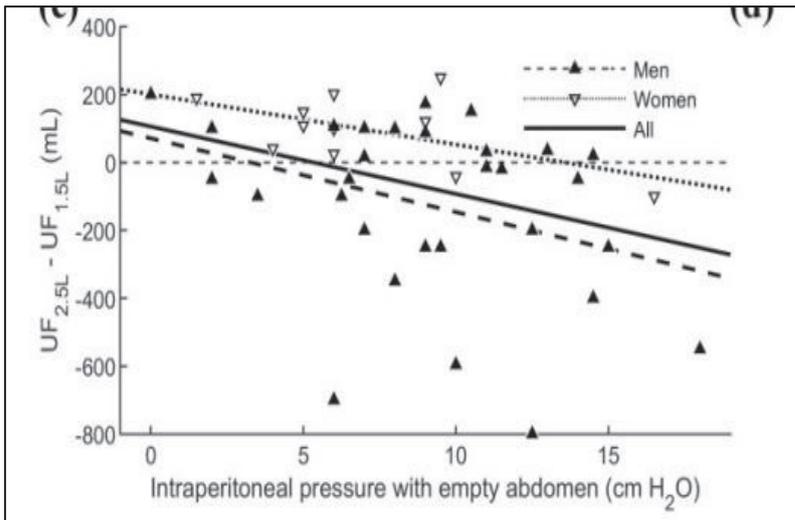


Figura 9: Diferencias en la UF con 2.5L y 1.5L y la PIP

Fuentes de datos: Pérez-Díaz V y Pérez-Escudero (58)

1.3.3. Presión intraperitoneal y falta de eficacia de la Icodextrina

La introducción de la Icodextrina desde hace más de 25 años como nuevo componente osmótico del líquido peritoneal ha supuesto un gran avance para la DP al facilitar la UF y la extracción de sodio en las permanencias largas (77,78). La Icodextrina es un polímero de la glucosa con un peso molecular variable que oscila entre 1.638 y 45.000 daltons, con gran poder convectivo que actúa sobre los poros pequeños y medianos y no sobre las aquaporinas, por lo que no produce el fenómeno de dilución del sodio de los líquidos con glucosa (76,77). Presenta un efecto coloide en contraposición del efecto cristaloiide de las soluciones peritoneales basadas en glucosa. Su eficacia sobre la UF depende en gran medida a que permanece en el peritoneo al no difundir al plasma debido a su alto peso molecular, pasando a la circulación general a través de los vasos linfáticos donde se metaboliza a maltosa mediante la alfa-amilasa circulante (78–81).

La Icodextrina se muestra eficaz para cualquier tipo de transporte peritoneal, siendo algo más favorable en los transportadores rápidos (82). Para evitar acúmulos de maltosa se recomienda su utilización solo en un intercambio diario, aunque hay experiencias favorables usando dos intercambios (83–85)

La Icodextrina es isoosmolar respecto al plasma, tiene pocos productos de degradación de la glucosa, pero está tamponada con lactato, con un pH final bajo por lo que no se clasifica como un líquido peritoneal biocompatible (86–88). Estudios in vitro y ex vivo demuestran que la Icodextrina es más favorable para la integridad de la membrana peritoneal que los líquidos bioincompatibles con glucosa alta, pero menos que los líquidos biocompatibles (79, 80).

A nivel clínico está demostrado que el uso de la Icodextrina, a través de su capacidad de UF y de ahorro del uso de glucosa hipertónica, mejora el estado de hidratación, disminuye los episodios de sobrecarga hídrica y mejora el perfil metabólico y el control glicémico (89–93) Otro aspecto importante de esta solución es que no tiene efectos negativos sobre la diuresis del paciente, inicialmente se pensó con el aumento de ultrafiltración podría reducirse la diuresis residual, pero no se ha demostrado(94–97). Las guías clínicas de adecuación y prescripción en DP publicadas en 2024 concluyen que su utilización regular no compromete la diuresis de los pacientes.(98)

A pesar de que la utilización de la Icodextrina ha facilitado en gran medida el manejo de los enfermos en DP, las consecuencias positivas en la supervivencia del enfermo y de la técnica de la DP son poco sólidas, debido a que la mayoría se sostienen en registros o en estudios no randomizados u observacionales con poca potencia estadística (98). En 2022 en una publicación del registro PDOPPS, con 5617 pacientes en 5 países, no consiguió demostrar que la Icodextrina mejorara la supervivencia de los pacientes en DP (99). En 2024 se ha publicado un estudio observacional en población asiática donde encuentran que los pacientes en tratamiento con Icodextrina tenían menor mortalidad, menor número de peritonitis y mayor supervivencia de la técnica(100). Estos resultados aislados se deben analizar con cautela y esperar a ver si se reproducen en investigaciones futuras. El uso de Icodextrina se ha relacionado también con una mejor supervivencia de la técnica en un ensayo clínico y tres estudios observacionales (101–104)

La guía de adecuación y prescripción de la DP (98) recomienda utilizar la Icodextrina en los casos que no sea posible alcanzar la normohidratación o una buena UF, teniendo en cuenta las características de transporte peritoneal de los enfermos.

Aunque nadie duda de la eficacia en la UF de la Icodextrina, es conocida la variabilidad interindividual que presenta. Se ha estudiado el efecto en la UF del tiempo de permanencia y de la técnica de DP. En un estudio en DP automática (DPA) se constató que permanencias mayores de 10 horas no aumentaban la UF (96). Otro estudio observó que la UF obtenida con DP continua ambulatoria (DPCA) o manual era mayor, atribuyendo este efecto a la posición en decúbito y a una menor PIP (95). Posteriormente Venturoli estudió la UF de la Icodextrina respecto al tiempo de permanencia y describió cuatro patrones de comportamiento: en ascenso, en descenso, en ascenso-descenso, en U invertida, plano o negativo (105). Recientemente se han descrito varios modelos de hidrólisis y cinética de Icodextrina en DP (106).

El transporte peritoneal se suele estudiar a través del llamado TEP modificado con glucosa al 3,86% que permite además de la valoración del transporte de solutos, estudiar la UF estándar (107). Experiencias recientes consideran que el uso de Icodextrina en el TEP predice mejor los patrones de transporte peritoneal que el TEP habitual con glucosa al 3,86% (108).

La variabilidad de la UF con Icodextrina puede explicarse por varios motivos: el tipo de transporte peritoneal, más favorable con el rápido transporte (106,109,110), diferencias individuales en la actividad de la alfa-amilasa que degrada la Icodextrina y es menor en mujeres y diabéticos(111–114). Hay variaciones en el aclaramiento peritoneal de macromoléculas a través de los linfáticos, diferencias intrínsecas de la propia Icodextrina debidas a la polidispersidad (variabilidad de pesos moleculares en la propia producción) y la presencia de volúmenes residuales variables que condicionan la UF final y que en gran medida dependen de la posición corporal en el drenaje (decúbito o bipedestación) (115). Recientemente se han descrito en población infantil algunos factores relacionados con la capacidad de ultrafiltración con Icodextrina encontrando que disminuye en pacientes con baja talla (116) en adultos no están estudiados estos factores.

Algunas de estas condiciones pueden estar influidas por la PIP, fundamentalmente el aclaramiento de macromoléculas a través de los vasos linfáticos(110,117). En las unidades de DP hay pacientes con baja ultrafiltración con Icodextrina y en ocasiones retrofiltración sin conocer exactamente la causa y con escasas soluciones para ellos. No

existen estudios publicados en relación con el efecto de la PIP en la eficacia de UF de la Icodextrina.

1.3.4. Presión intraperitoneal y supervivencia del paciente y de la técnica de DP

Los registros y metaanálisis que analizan la supervivencia en DP tienen una media de seguimiento que oscila entre los 12 y 24 meses. En estos registros de forma sistemática incluyen variables antropométricas, comorbilidad y variables relacionadas con la diálisis peritoneal pero no existen registros que incluyan la PIP. Las variables más relacionadas con la mortalidad en DP son la edad y las comorbilidades (118–122). Hay que destacar una publicación que relaciona el síndrome metabólico con la mortalidad en DP (123), y otra que relaciona directamente el sexo femenino y la nefropatía diabética (124).

Sabemos que la PIP elevadas se ha relacionado con mayor comorbilidad (46,49) y mayor riesgo de peritonitis por microorganismos entéricos (45). Gotloib estudió los efectos hemodinámicos negativos y la reducción de la capacidad vital pulmonar en pacientes en DP con PIP elevada (52,53). Pocos estudios relacionan la PIP con el pronóstico y la supervivencia en DP; Solo Outerelo en 2014 encontró una relación entre la PIP > 13 cmH₂O con la muerte en diálisis a la transferencia a HD (32).

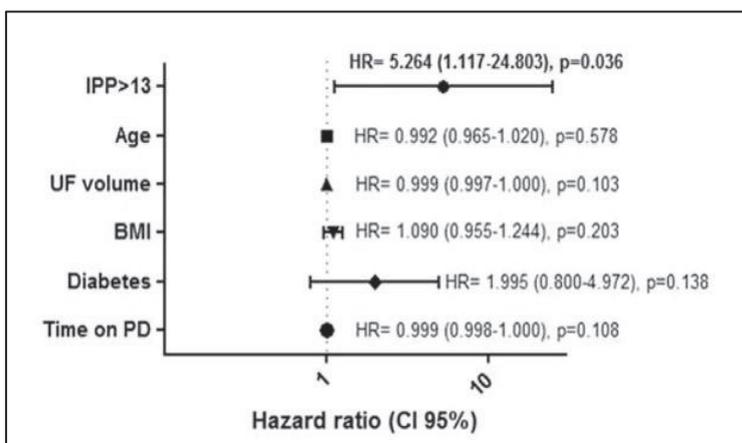


Figura 10: Predictores de muerte y transferencia a HD. Análisis multivariante

Fuentes de datos: Outerelo y Gouveia (32).

1.4. Herramientas en la práctica clínica habitual para modificar la presión intraperitoneal en el programa de diálisis peritoneal

Para poder conocer las herramientas que tenemos como nefrólogos para reducir o evitar elevaciones importantes de la PIP, debemos recordar los factores que se relacionan con su incremento. Fischbach en el año 2005 hizo una revisión de todos estos posibles factores en la edad pediátrica (33). En población adulta en DP, un mayor IMC es la variable que más se relaciona con una PIP elevada (28,32,45–50). No hay ningún estudio que demuestre que la reducción del peso del paciente en DP reduzca la PIP, pero las recomendaciones de control del peso y reducción de este en caso de obesidad son universales en la práctica médica y también para población en DP.

Twardowski en el año 1986 observó cambios de la PIP en la vida diaria habitual de los pacientes en DP. Los saltos y las maniobras de Valsalva producían grandes aumentos puntuales de la PIP, esta era más baja siempre que el paciente estaba en decúbito supino en comparación con la sedestación y la bipedestación (37). Sin embargo, un metaanálisis publicado en 2018 no encontró riesgos para realizar ejercicio físico en pacientes en DP (125). Ya de forma habitual se intenta evitar en DP el estreñimiento, además parece razonable que pacientes con la PIP elevada realicen la técnica de DP en posición de decúbito en la medida de lo posible. No existen estudios que demuestren que estas medidas puedan reducir las complicaciones derivadas de una PIP elevada, pero posiblemente ayuden a tener una menor PIP al paciente y menos efectos deletéreos.

Se han observado pequeñas diferencias en cuanto al transporte de los líquidos infundidos y su relación con la PIP (126), pero quizás la variable que más podemos modificar es el VIP. Sabemos que está relacionado con una mayor PIP tanto en niños como en adultos; por cada 500 mL de VIP que aumentamos la PIP 2,2 cmH₂O (22,24). Ajustar el VIP se hace sobre todo en niños, pero en adultos se debe valorar la tolerabilidad, y también que si se utilizan VIP más bajos puede que disminuyamos la eficacia de la técnica (98)

HIPÓTESIS

2. HIPÓTESIS

2. Hipótesis

La PIP es un parámetro poco estudiado en la actualidad en población adulta en DP; con posibles efectos negativos para los pacientes en esta técnica de diálisis.

Nuestra hipótesis es que una PIP elevada en los pacientes en DP se relaciona con:

- 1) El desarrollo de alteraciones de la pared abdominal en DP como son las hernias y las fugas.
- 2) El déficit de ultrafiltración peritoneal y la falta de eficacia de la Icodextrina.
- 3) El pronóstico de la DP, valorado como la muerte en DP o la transferencia a HD.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo principal:

Estudiar la relación de una PIP elevada en pacientes en DP con las complicaciones de la pared abdominal (hernias y fugas) y el déficit de UF con glucosa e Icodextrina.

3.2 Objetivos secundarios:

1. Describir en nuestra población de DP los niveles de PIP y los factores que influyen en su variabilidad individual.
2. Estudiar la variabilidad temporal de la PIP en el paciente en DP.
3. Estudiar la relación de una PIP elevada con la supervivencia del enfermo y de la técnica de DP.

MATERIAL Y MÉTODOS

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Desde el año 2010 en el programa de DP se realiza la medición de la PIP de forma rutinaria a todos los pacientes incidentes. Es un registro activo que se realiza a los 2-3 meses de iniciado el programa de DP coincidiendo con el primer TEP. Se realiza la medición a todos los pacientes de forma ambulatoria y en situación de estabilidad clínica. Se excluyen los pacientes con ingresos recientes o algún episodio de peritonitis al inicio de la técnica de DP. El procedimiento lo realiza la enfermería de DP experta y entrenada en la técnica.

Al inicio del programa de DP los pacientes firman el consentimiento informado de inclusión en programa de DP y de realización de la medición de la PIP, los resultados se anotan en la historia clínica y posteriormente en la base de datos.

4.1. Metodología de la creación de la cohorte

4.1.1. Diseño del estudio

Se trata de un estudio observacional prospectivo de valoración de la PIP en los enfermos incidentes, estables con más de tres meses en DP. Reclutamiento durante los años 2010-2020 y finalización del seguimiento de los participantes en diciembre de 2021.

4.1.2. Criterios de inclusión y exclusión.

Se incluyeron adultos mayores de 18 años que iniciaron programa de DP a partir del 2010 y se les realizó una medición de la PIP a los 2-3 meses de inicio del programa de DP. Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Investigación con medicamentos (CEIm) del Parc Taulí de Sabadell (Barcelona). Todos los participantes fueron informados verbalmente por el médico y la enfermera y firmaron el consentimiento para la medición de la PIP al inicio del programa de DP.

Entre enero de 2010 y diciembre de 2020 se realizó el reclutamiento de los pacientes. Se registraron los datos clínicos y analíticos coincidiendo con el seguimiento habitual del paciente en DP.

Se excluyeron todos los pacientes menores de 18 años en programa de DP, con inestabilidad clínica o peritonitis en los primeros 3 meses. También se excluyen aquellos pacientes con indicación de DP paliativa por síndrome cardio-renal y paciente con cirrosis hepática Child B-C. Los pacientes con trasplante renal en los primeros 6 meses de iniciar la técnica fueron excluidos.

4.1.3. Visita médica y evaluación del paciente.

Se realizó una evaluación y primera visita del paciente antes de la colocación del catéter de DP. Se entregó el consentimiento informado del estudio para la medición de la PIP, la inclusión en programa de DP y de la colocación del catéter. Se registró la fecha de colocación del catéter de DP, la técnica de colocación y las complicaciones inmediatas y posteriores, durante los entrenamientos se registraron las complicaciones.

Se realizó una visita del paciente a los 7 días del inicio de la DP y se registró la fecha de inicio y la aparición de incidencias. A los 2-3 meses se realizó la primera evaluación del transporte peritoneal mediante el TEP, en situación de estabilidad clínica. Durante la visita se realizó la medición de la PIP en decúbito supino y en bipedestación y se midió el PA. Se realizó el seguimiento en DP con visitas rutinarias cada 2 meses, según el protocolo habitual del programa de la unidad.

Los pacientes podían contactar con el equipo de DP a través del teléfono habitual de la unidad, para informar de las complicaciones relacionadas con la técnica y así poder registrarlas y solucionarlas. Se recogió la aparición de hernias, fugas, peritonitis, hemoperitoneo o cualquier acontecimiento que pudiera afectar a la pared abdominal o la capacidad de ultrafiltración de la membrana peritoneal.

Finalmente, en el momento de terminar el seguimiento en diciembre de 2021 se registró el estado del paciente: permanencia en programa de DP, transferencia definitiva a hemodiálisis (fecha y causa de la transferencia), trasplante renal (TR) (fecha del TR) y defunción en DP (fecha y causa de la defunción). Se registraron todas las incidencias hasta diciembre de 2021.

4.2. Colocación del catéter de DP

El catéter de DP se colocó mediante técnica de punción por nefrología, o a través de una laparoscopia o mini-laparotomía por parte de cirugía.

La colocación por punción se realizó por dos nefrólogos entrenados en la unidad de DP con anestesia local y analgesia-sedación consciente. Se utilizaron dos técnicas de punción para la colocación del catéter: trocar Y-TEC y técnica de Seldinger. Se utilizó en todos los pacientes un catéter Tenckhoff con dos topos de dacrón/cuff, trayecto subcutáneo en cuello de cisne y extremo distal en espiral o recto. El catéter de DP se introdujo en la cavidad peritoneal a través de una incisión paramedial en el músculo recto abdominal izquierdo a la altura del ombligo. El cuff interno del catéter se colocó en el espesor del músculo recto. El cuff externo se colocó en el túnel subcutáneo, a más de 2 cm del orificio de salida del catéter que se orientó en dirección caudal. No siempre se realizó una bolsa de tabaco en la zona de inserción.

La colocación por laparoscopia se realizó por el equipo de cirugía por un cirujano entrenado en el quirófano y con anestesia general. Se utilizó un trocar de localización umbilical para la cámara con un diámetro de 10 mm. El laparoscopio se utilizó para controlar la posición de la punta del catéter dentro del peritoneo y se colocó el catéter paramedial en el espesor del músculo recto utilizando un trocar de laparoscopia, no siempre se fijó el catéter con bolsa de tabaco al músculo recto abdominal. Las colocaciones por mini-laparotomía fueron anecdóticas y las realizó el cirujano.

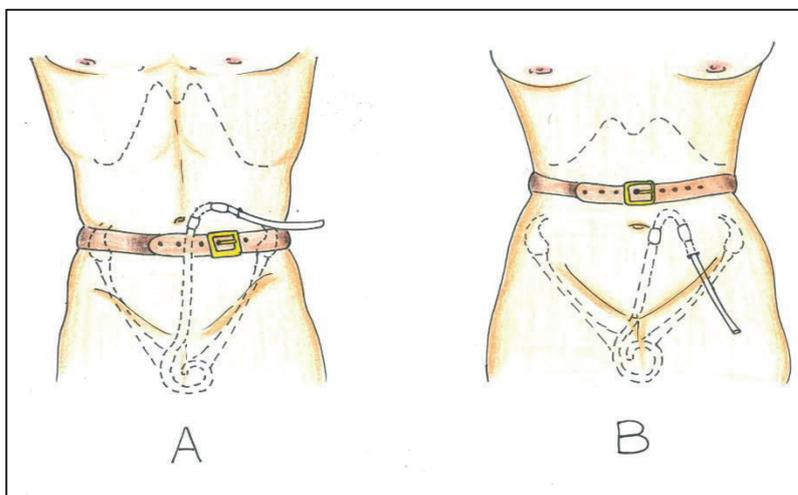


Figura 11: Localización del catéter de DP en la cavidad peritoneal

4.3. Medición de la presión intraperitoneal y realización del test de equilibrio peritoneal

En el momento de la medición los pacientes no tenían ningún proceso intercurrente que pudiera alterar el nivel basal de este parámetro y se encontraban en régimen ambulatorio.

La medición de la PIP se realizó a los 2-3 meses de iniciada la técnica, coincidiendo con el primer TEP basal en la unidad de DP. Los pacientes en el momento de la medición tenían el abdomen lleno de líquido peritoneal de una bolsa de glucosa al 2,27% (Physioneal 2.27%; Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA) con una permanencia de 12 horas. La PIP se determinó mediante el método descrito por P.Y. Durand en 1992 (19); con el paciente en decúbito supino y relajado, con el abdomen lleno se conectó una doble bolsa de DP. La bolsa de drenaje se colocó en un soporte elevado sobre una regla graduada, con el nivel cero enrasado a la línea media axilar. Se realizaron dos medidas de PIP, una durante la inspiración profunda y la otra con la espiración; la PIP final fue la media de ambas medidas y se expresó en cmH₂O. Se repitió el procedimiento con el paciente en bipedestación y el nivel 0 enrasado a la espina iliaca anterosuperior. Después de realizar la medición se procedió a vaciar el abdomen anotando el volumen drenado. La medición se realizó siempre por parte de la enfermería de DP entrenada.

Para la realización del TEP se utilizó el TEP modificado de Twardowski con glucosa al 3,86% (Physioneal 3,86%; Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA) y bioquímica del líquido peritoneal en los tiempos 0, 1, 2, y 4 horas y se definió como fallo de ultrafiltración, una UF < 400 mL a las 4 horas (107). A partir del año 2014 se añadió al TEP modificado, un drenaje de líquido peritoneal a la hora, para determinar la UF a la hora y permitir el cálculo del Transporte de Agua Libre (TAL).

En 37 enfermos de la cohorte se realizó un subestudio que consistió en analizar los factores que determinaban la UF con Icodextrina. Se recogió la UF habitual en la permanencia larga con Icodextrina, así como los datos demográficos, clínicos, de prescripción de DP, de función peritoneal y la PIP basal en decúbito y bipedestación y se estudió su influencia en la UF con Icodextrina.

En un grupo de 25 enfermos se realizó un TEP modificado con Icodextrina, registrando la UF a las 4, 8 y 16 horas. Se realizó una valoración del perfil de UF. Además, se estudió el efecto que tenía el volumen residual en la UF con Icodextrina. El volumen residual se calculó mediante la diferencia de concentración de urea y creatinina en el tiempo 0 del intercambio de Icodextrina y el drenaje previo con glucosa de 2.27%. Se definió el fallo de ultrafiltración (FU) con Icodextrina como una ultrafiltración neta menor de 250 mL a las 12h.



Figura 12: Medición de la PIP en la unidad de DP

4.4. Variables del estudio

Se detallan a continuación las variables que se ha recogido en el estudio. Los datos fueron registrados en una hoja de recogida de datos y se introdujeron codificados en la base de datos.

4.4.1. Variables demográficas y Antropométricas

- Edad (años)
- Sexo (masculino/femenino).
- Peso (kg), Altura (m), Perímetro abdominal (cm)
- IMC (Kg/m^2) calculado como $(\text{Peso en Kg}) / (\text{Altura en m}^2)$
- Superficie corporal (SC) (m^2) calculado según la fórmula de Dubois (127).

4.4.2. Variables relacionadas con la historia clínica y antecedentes patológicos

- Causa de la enfermedad renal crónica (ERC) (hipertensión arterial (HTA), Glomerular, PQR, DM, Obstructivo, Intersticial, otros)
- Antecedente de PQR
- Antecedente de DM (tipo 1/tipo 2)
- Antecedente de HTA (tratamiento hipotensor)
- Índice de Comorbilidad de Charlson sin edad
- Paridad en mujeres (número de embarazos a término)
- Antecedentes de cirugías abdominales
- Antecedentes de hernias previas reparadas o no
- Ecografía cardiaca: fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI)

4.4.3. Variables relacionadas con la colocación del catéter de DP

- Fecha de colocación del catéter de DP
- Técnica de colocación del catéter (Punción Y-Tec, Punción Seldinger, Laparoscopia, Mini-laparotomía)
- Complicaciones inmediatas de la colocación del catéter, primeras 24 horas de la colocación.
- Complicaciones precoces (< 1 mes) y tardías (> 1 mes) post colocación (fecha y tipo de complicación)

4.4.4. Variables relacionadas con la prescripción, adecuación y el seguimiento en DP

- Fecha de inicio de la técnica de DP
- Tipo de técnica DPA/DPCA
- Volumen del líquido de peritoneal (mL) (Volumen de día, Volumen de noche, Volumen total)
- Diuresis residual (mL)
- UF total habitual (mL)
- Tipo de líquido de DP pautado
- Tratamiento con Icodextrina (si/no)
- Adecuación de diálisis (Kt/V total)
- TEP (fecha de realización, D/P creatinina a las 4 horas, TAL, dilución de Na, UF a la primera hora y UF a las 4 horas (mL))
- TEP con Icodextrina (UF a las 4, 8 y 16 horas (mL))
- Hernias (tipo de hernia, fecha de la hernia, volumen intraperitoneal (mL))
- Fugas (tipo de fuga, fecha de la fuga, volumen intraperitoneal (mL)).
- Peritonitis (fecha, microorganismo)
- Finalización del seguimiento: permanencia en el programa de DP/ Transferencia definitiva a HD (fecha y causa de la transferencia) / trasplante renal) (fecha del TR) / Exitus en programa de DP (fecha y causa del exitus).

4.4.5. Variables relacionadas con la presión intraperitoneal

- Fecha de realización de la PIP
- PIP en decúbito supino (cmH₂O). Dos medidas de PIP una durante la inspiración y la otra con la espiración profunda. La PIP final es la media de ambas medidas
- PIP en bipedestación (cmH₂O). Dos medidas de PIP una durante la inspiración y la otra con la espiración profunda. La PIP final es la media de ambas medidas
- Volumen intraperitoneal (mL). Se registró el volumen drenado después de la medición de la PIP

4.4.6. Variables de Laboratorio

En la visita a los 2-3 meses del inicio de la técnica de DP, coincidiendo con la realización del TEP se realizó la analítica del estudio con orina de 24h. Los pacientes en el momento de la realización de la analítica tenían el abdomen lleno con una permanencia de 12 horas con un líquido peritoneal con glucosa al 2,27% (Physioneal 2.27%; Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA). Las muestras se analizaron en el laboratorio de Bioquímica Clínica de nuestro hospital por el circuito habitual.

- Analítica de Sangre: hemoglobina (g/L), albúmina (g/L), glucosa (mg/dL), creatinina (mg/dL), urea (mg/dL), sodio (mEq/L), potasio (mEq/L), calcio (mg/dL), fósforo (mg/dL), PTHi (pg/mL), Proteína C reactiva (PCR) (mg/dL).
- Orina de 24h: Volumen total (mL), creatinina (g/24h), urea (g/24h), concentración de creatinina (mg/dL), concentración de urea (mg/dL), Aclaramiento de creatinina (ml/min), Aclaramiento de urea (ml/min).
- Líquido Peritoneal (Physioneal 2.27% y Glucosa 3,86%): Muestra del TEP. Se determina glucosa (mg/dL), urea (mg/dL), creatinina mg/dL, sodio (mEq/L), potasio (mEq/L) y proteínas(g/L) en el líquido peritoneal previo y en las muestras de las 0,1,2 y 4 horas.

- El Kt/V total semanal (peritoneal + renal) y el Aclaramiento de creatinina /1.73 m² (mL/min) se calculó con la orina de 24 horas y el volumen total de líquido peritoneal drenado en 24h, en una determinación próxima a la realización del TEP y la medición de la PIP.

4.5. Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se describieron como media \pm desviación estándar y las variables cualitativas como frecuencias y porcentajes.

La asociación univariante entre la aparición de hernias y fugas con las variables cualitativas se evaluó mediante la prueba de Chi-cuadrada y para variables cuantitativas mediante la prueba de T de student. La $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativa. Las variables significativas con un valor de p de $<0,2$ se introdujeron en un modelo logístico multivariante y solo aquellas con un valor de P de nivel significativo $<0,05$ se mantuvieron en el modelo final. La significación estadística se consideró con una p inferior a $0,05$.

Se estudió el efecto que tienen sobre la PIP los factores demográficos, clínicos, de prescripción de DP y función peritoneal, mediante un estudio univariante y un estudio multivariante con los test estadísticos adecuados.

Se analizó si una $PIP \geq 20$ cmH₂O tenía efecto sobre la UF habitual y sobre la UF del TEP basal con glucosa al 3.86% y en la evolución en los enfermos que tenían TEPs seriados. Se compararon las medias con una T de student. Se repitió el análisis con la UF con Icodextrina y el volumen residual.

Para estudiar los factores relacionados con el exitus en DP, la transferencia a HD y el fallo de la técnica (muerte o transferencia a HD) se realizó un estudio univariante y multivariante para cada situación. En el análisis univariante el exitus en DP, la transferencia a hemodiálisis (THD), el fallo de la técnica de diálisis peritoneal (FTDP) y el TR en DP, se relacionaron con las variables categóricas mediante la Chi-cuadrada y las variables continuas mediante la T de student. La $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativa. Las variables con $p < 0,2$ fueron incluidas en el modelo logístico multivariante, y solo se mantuvieron en el modelo final aquellas con una $p < 0,05$. Los end-points binarios muerte en DP, THD y FTDP frente a la $PIP > 0 \leq 18$ cmH₂O, $< 0 \geq 20$ cmH₂O se estudiaron mediante curvas de Kaplan-Meier y las medianas de los tiempos de supervivencia se compararon mediante la prueba del Log-rank.

Para evaluar la capacidad de la PIP para predecir el fallo de la técnica se realizaron curvas ROC y se calculó el área bajo la curva. Se determinó el mejor punto de corte por el método de YODEN.

El análisis estadístico se realizó con el SPSS18.0; SPSS Inc, Chicago IL.

4.6. Aspectos Éticos

Este estudio fue aprobado por el Comité de ética e investigación con medicamentos (CEIm) de la Corporación Sanitaria Parc Taulí, Sabadell, Barcelona y ha sido realizado de acuerdo con los principios éticos para la investigación biomédica y protección de datos de carácter personal. Todos los pacientes que han participado en el estudio recibieron información sobre el mismo y firmaron el consentimiento informado. Los pacientes durante el seguimiento podían rechazar su participación en el estudio sin repercutir en la atención, cuidados o tratamientos recibidos. Se ha mantenido en todo momento la confidencialidad de los datos.

Los pacientes durante todo el seguimiento han podido estar en contacto con el investigador principal mediante un teléfono de la unidad de DP, donde han podido consultar dudas y posibles complicaciones relacionadas con la técnica y el seguimiento de la DP.

Este estudio no ha contado con financiación, la realización de las mediciones y visitas médicas se han realizado durante el seguimiento habitual del paciente y forman parte de la práctica clínica habitual.

No existen conflictos de interés de los investigadores participantes en el estudio en relación con el mismo.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Características basales de los pacientes de la cohorte

El reclutamiento de los pacientes se inició en febrero de 2010 hasta diciembre de 2020 y finalizó el seguimiento en diciembre de 2021. Todos los pacientes que iniciaban diálisis peritoneal se consideraron candidatos y firmaron el consentimiento informado. Finalmente se incluyeron un total de 124 pacientes. Se excluyeron un total de 11 pacientes, 4 por DP indicada por síndrome cardio-renal, 2 por recibir un trasplante renal en las primeras semanas de iniciar DP, y el resto por inestabilidad clínica, cirrosis hepática descompensada y presentar episodios de peritonitis en los primeros 3 meses de DP.

5.1.1. Variables demográficas y comorbilidad

Los pacientes estudiados tenían una media de edad de $62,1 \pm 15,23$ años con un predominio de varones (68,5%). El IMC medio fue de $27,7 \pm 4,82$ kg/m² con una SC media de $1,84 \pm 0,24$ m² y un PA de $106,83 \pm 14,0$ cm. En relación con la comorbilidad, el índice de Charlson medio (sin edad) fue de $4,8 \pm 1,92$, un 43,5% de los enfermos eran diabéticos y un 4% tenían antecedentes de PQR. La principal causa de ERC fue la DM o la HTA, en un 61,3%, pocos pacientes tenían confirmación por biopsia renal. Solo en el 18,5% la causa de la ERC era una enfermedad glomerular confirmada por biopsia renal. Al analizar los antecedentes quirúrgicos, el 13% tenía cirugías abdominales previas y el 8,9% antecedentes de hernias abdominales reparadas, el 66% inguinales.

El 76,9% de las mujeres en programa de DP habían tenido embarazos previos; el 38% más de 3 embarazos a término.

La mediana del tiempo de seguimiento de los pacientes de 24,5 meses con un rango de 6 a 96 meses.

5.1.2. Características de la presión intraperitoneal

Se realizó la medición de la PIP en nuestros enfermos adultos en DP a los 2-3 meses del inicio de la técnica de DP. La mediana hasta la primera medición de la PIP fue de 3,04 meses (rango: 2,1-4,7).

La PIP en decúbito supino presentaba una media de $16,6 \pm 4,6$ cmH₂O (rango: 6,5 - 28,5), para un VIP medio de 2047 ± 359 mL. El 25,8% de los pacientes tenían una PIP igual o superior a 20 cmH₂O que se puede considerar como una PIP elevada y tener consecuencias desfavorables.

La PIP en bipedestación tuvo una media de $27,8 \pm 5,2$ cmH₂O (rango: 15,5-41,0), con una excelente correlación con la PIP en decúbito ($r=0,644$, $P<0,001$). La PIP en bipedestación presentó un aumento porcentual medio del $75 \pm 40\%$ respecto a la PIP en supino.

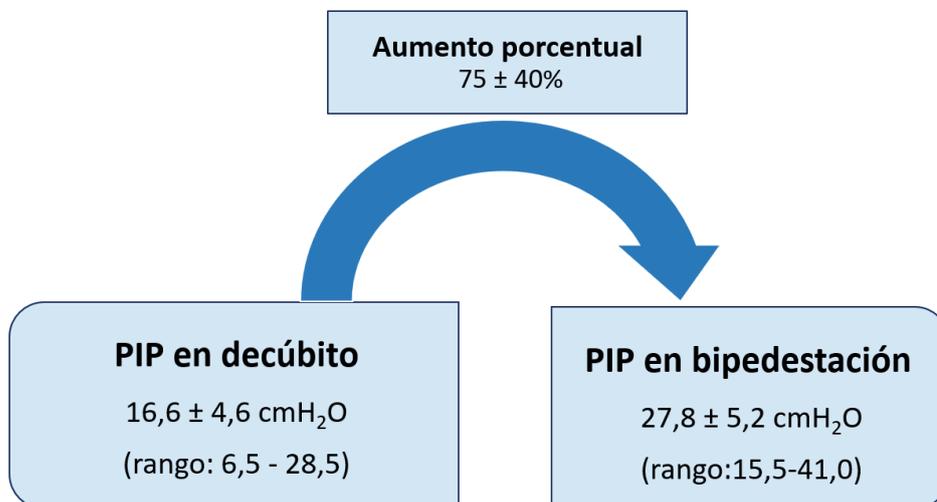


Figura 13: PIP en decúbito y en bipedestación

5.1.3. Variables analíticas y relacionadas con la prescripción, adecuación y TEP basal

Los parámetros analíticos medios registrados en sangre fueron: hemoglobina $12,2 \pm 4,9$ g/L, creatinina de $7,31 \pm 6,8$ mg/dL, urea $130,9 \pm 35,2$ mg/dL, albúmina $38,2 \pm 3,5$ g/dL, glucosa $125 \pm 61,7$ mg/dL, sodio $139 \pm 3,2$ mEq/L, potasio $4,62 \pm 0,6$ mEq/L, calcio $9,02 \pm 0,8$ mg/dL, fósforo $4,7 \pm 1,15$ mg/dL, PCR $3,25 \pm 24,5$ mg/dL y PTHi de 277 ± 159 pg/mL. La diuresis residual media fue de 1367 ± 781 mL en 24h, con un aclaramiento de creatinina de $8,58 \pm 5,38$ ml/min.

Las variables relacionadas con el programa de DP: El 70% de los catéteres se colocaron por técnica de punción (Y-Tec / Seldinger) por dos nefrólogos entrenados en la unidad de agudos de nefrología, el 29% se realizó por laparoscopia por un cirujano entrenado y solo un 1% por mini-laparotomía. El tiempo medio desde la colocación del catéter hasta iniciar la DP fue de $40,6 \pm 17,6$ días.

En el momento de medir la PIP, el 61,2% de los enfermos estaban en DPCA y el 38,7% en DPA con cicladora. El 75,8% de los pacientes iban con día húmedo con un volumen de día medio de 1528 ± 798 mL. El uso de Icodextrina se registró en el 68,5% de los casos. La UF total media habitual fue de 753 ± 459 mL. El Kt/V total semanal (peritoneal + renal) medio fue de $2,22 \pm 0,45$.

Los resultados medios de la función peritoneal estudiada mediante el TEP modificado con glucosa al 3.86% fueron: D/P creatinina a las 4 horas de $0,74 \pm 0,09$, UF a la hora de $278,7 \pm 184,1$ mL, dilución de Na $4,7 \pm 3,3$, TAL $136,7 \pm 84,0$ mL, UF a las 4 horas $241,9 \pm 159,0$ mL. El 28.2% de los pacientes tenían un D/P creatinina a las 4 horas igual o mayor a 0,81 por lo que se podían catalogar como rápidos o altos transportadores, según la clasificación clásica de Twardowski.

Variables	N (N=124)
Demográficos	
Edad (años)	62,1±15,23
Género masculino Nº (%)	85 (68,5)
IMC (kg/m ²)	27,7±4,82
Comorbilidades	
Índice de Comorbilidad de Charlson	4,8±1,92
Diabetes Mellitus Nº (%)	54(43,5)
Causas de IRC (DM/HTA) Nº (%)	76 (61,3)
Antecedentes de Hernias Nº (%)	11(8,9)
Antecedentes de PQR Nº (%)	5 (4)
Variables relacionadas con la DP	
DPCA Nº (%)	76 (61,2)
Día húmedo Nº (%)	94(75,8)
Uso de extraneal Nº (%)	85(68,5)
Volumen (PIP) (mL)	2047,1±359,19
Volumen Día (mL)	1527,8±798,06
Volumen Noche (mL)	2064,8±220,85
Diuresis residual (mL)	1367,8±781,01

Tabla 1: Características basales de los pacientes

5.1.4. Variables recogidas durante el seguimiento de los pacientes

Hernias

Durante el seguimiento, 23 pacientes (18,5%) presentaron hernias en DP: el 57% inguinales, el 33% hernias y en un 10% una combinación de ambas.

La mediana de tiempo desde la colocación del catéter de DP hasta la aparición de la hernia fue de 7,9 meses (rango: 3,1 - 17,4).

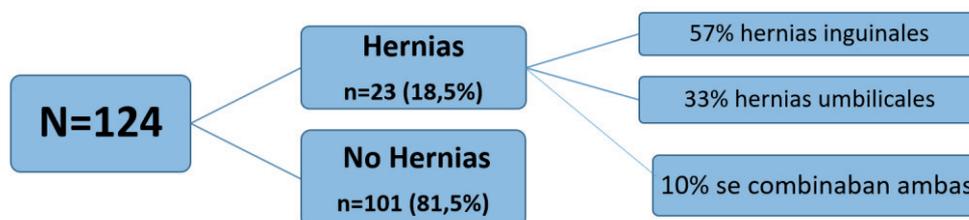


Figura 14: Hernias durante el seguimiento en DP

Fugas

Se registraron 25 episodios de fugas (20,1%) durante el seguimiento de los pacientes en DP. Fueron 9 fugas precoces (< mes) que representan el 36% del total, en dos casos se trataba de la persistencia del conducto peritoneo-vaginal. En los 16 casos restantes fueron fugas tardías, 64% del total.

La mediana de tiempo desde la colocación del catéter de DP hasta la aparición de la fuga fue de 83 días (rango: 1-357).

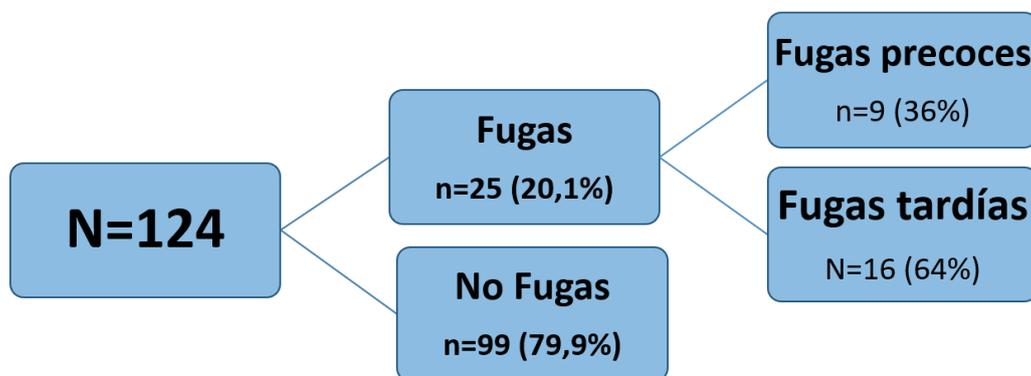


Figura 15: Fugas durante el seguimiento en DP

Peritonitis

Se han registrado un total de 68 episodios de peritonitis en 40 pacientes, 9 pacientes tuvieron 3 episodios durante el seguimiento. El 64,7% de las peritonitis fueron por microorganismos gram positivos y se registró un episodio de peritonitis por *Candida albicans*. No hubo ninguna muerte directamente relacionada con la peritonitis, pero en 5 enfermos fue motivo de transferencia definitiva a HD. La mediana desde el inicio de la técnica hasta la presentación de la primera peritonitis fue de 17 meses con un rango entre 8 y 30 meses. La tasa global de peritonitis en este periodo fue de 1 episodio cada 39 meses-paciente.

Transporte Peritoneal

Durante el seguimiento se realizaron TEPs de seguimiento anuales o cuando la situación clínica del paciente lo requería. De los 124 pacientes, 50 pacientes disponían de dos TEPs y 28 pacientes de 3 TEPs.

Finalización del seguimiento

El estudio finalizó en diciembre de 2021 con una mediana del tiempo de seguimiento de 24,5 meses con un rango intercuartil de 6 a 96 meses. A final del seguimiento, 28 pacientes habían sido exitus en DP, 28 pacientes fueron transferidos a hemodiálisis crónica, 56 recibieron un trasplante renal y 12 enfermos seguían en programa de DP. Los motivos de exitus fueron: un 61% por causas cardiovasculares, un 15% por causas infecciosas no relacionadas con la técnica de DP, un 14% por retirada de DP en situación de deterioro grave irreversible y un 10% por causa neoplásica. Los motivos de transferencia definitiva a HD fueron: un 43% por diálisis inadecuada (en general por imposibilidad para alcanzar la normohidratación, mala tolerancia o falta de adaptación a la técnica), un 18% por mala evolución de una infección peritoneal, un 18% por enfermedades asociadas acompañadas de pérdida de autonomía y un 15% por auténtico fallo de la membrana peritoneal. Se registraron dos transferencias por: un caso por fuga peritoneo-pleural y otro por cirugía abdominal compleja.

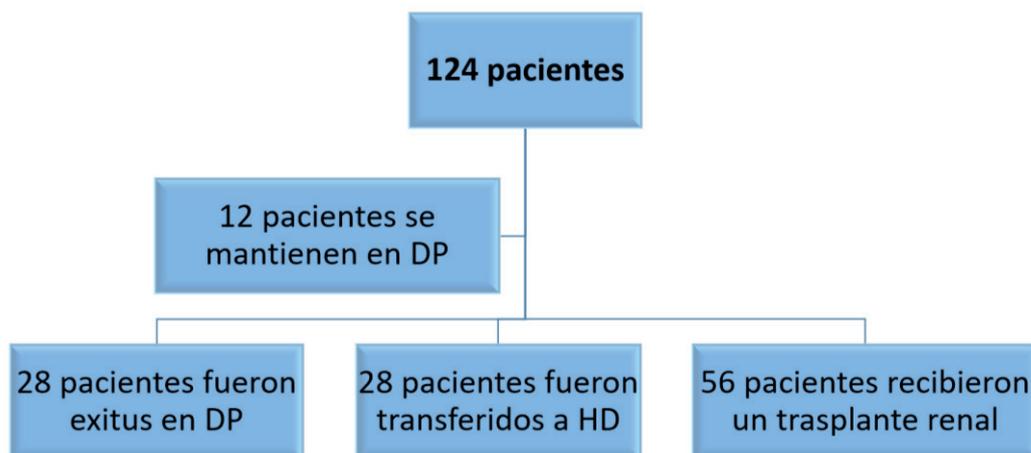


Figura 16: Fin de seguimiento de los pacientes del estudio

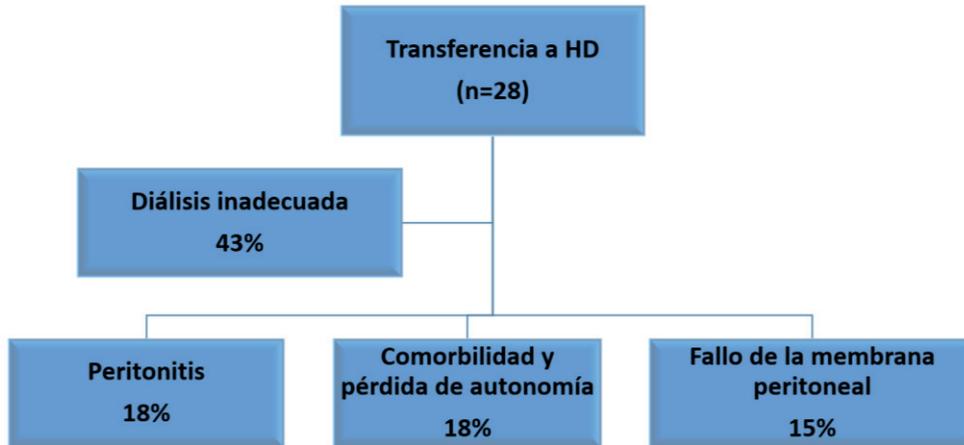


Figura 17: Transferencia definitiva a Hemodiálisis

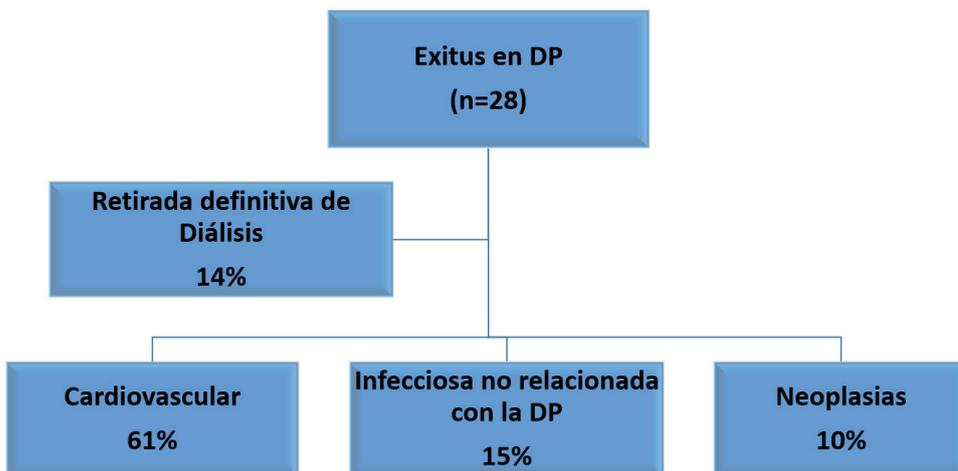


Figura 18: Exitus en el programa de DP

5.2. Características de la PIP y factores relacionados con la PIP elevada en DP

En nuestra serie la PIP se relacionó positivamente con la edad ($r=0,290$, $p<0,001$), el IMC ($r=0,569$, $p<0,0001$), el ICCH ($r=0,344$, $p<0,0001$), el aclaramiento de creatinina ($r=0,217$, $p=0,0199$), la diuresis residual ($r=0,214$, $p=0,017$), la función renal residual ($r=0,208$, $p<0,019$) y destaca una correlación negativa de la PIP y la creatinina en sangre ($r=0,210$ y $p=0,019$). Los enfermos con DM tenían una PIP más alta ($p < 0,001$), así como las mujeres con embarazos previos ($p=0,034$), en mujeres con más de 3 embarazos la correlación fue mayor ($p < 0,0001$). No se observó relación de la PIP con el sexo, los antecedentes de PQR, las causas de la ERC, el antecedente de hernias previas, las cirugías abdominales previas, el uso de Icodextrina, ni con el tipo de diálisis peritoneal, manual o automática.

Variables	Estimated value β	R	P
Edad (years)	0,088	0,290	0,001
IMC (kg/m ²)	0,538	0,569	0,0001
Creatinina en sangre (mg/dL)	-0,143	0,21	0,019
Clearance creatinina orina (mL/minuto)	0,187	0,217	0,019
Índice de comorbilidad de Charlson	0,803	0,344	0,0001
Volumen Día (mL)	-0,001	0,113	0,216
Volumen total(mL)	-7,515	0,058	0,523
Volumen PIP (mL)	0,001	0,110	0,222
Diuresis residual (mL)	0,001	0,214	0,017
Función renal residual	0,253	0,208	0,020

Tabla 2: Análisis univariante de la PIP con las variables de la muestra.

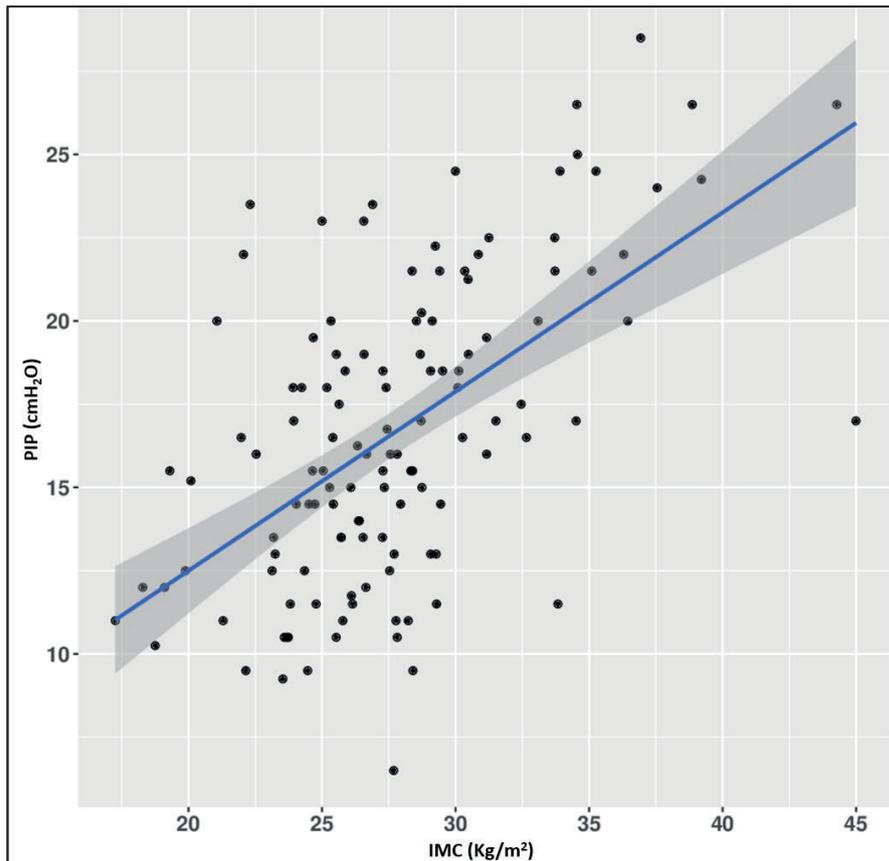


Figura 19: Correlación de la PIP y el IMC en esta serie

La PIP se relacionó de forma positiva con la aparición de hernias en DP ($p=0,037$), la transferencia a hemodiálisis ($p=0,003$) y de forma negativa con el trasplante renal ($p=0,004$), es decir el paciente en DP que recibía un trasplante tenía una PIP más baja respecto al que no se trasplantaba. La PIP elevada mostró una tendencia a relacionarse con la muerte en DP, pero no alcanzó la significación estadística ($p=0,077$). No hubo relación de la PIP ni con las fugas ($p=0,439$) ni con las peritonitis ($P=0,161$).

Variables de seguimiento	Pacientes (n=124)	PIP media	P
Hernias en DP			0,037
Si	23	18,46±4,58	
No	101	16,25±4,52	
Fugas en DP			0,439
Si	25	17,3±5,07	
No	99	16,48±4,48	
Peritonitis en DP			0,161
Si	40	17,49±4,52	
No	84	16,2±4,60	
Transferencia a HD			0,003
Si	28	18,9±4,23	
No	96	15,9±4,50	
Exitus en DP			0,077
Si	24	18,16±4,48	
No	100	16,3±4,57	
Trasplante renal			0,004
Si	52	15,2±4,61	
No	72	17,6±4,34	

Tabla 3: Relación de la PIP con las variables del seguimiento en DP

5.3. Variabilidad de la PIP en el paciente en DP

Analizamos la variabilidad de la PIP en nuestra población de DP. Se estudiaron todos los enfermos que disponían de dos o más determinaciones de PIP durante el seguimiento en DP.

Se analizaron 45 pacientes del total que tenían las siguientes características: 71% varones, media de edad $61,8 \pm 16,14$ años, IMC $28,1 \pm 4,54$ kg/m², ICCH (sin edad) $5,06 \pm 1,9$, un 46% eran diabéticos, un 4% tenían antecedentes de PQR, el 70% conservaban una diuresis residual superior a 1 L/24h. La mediana de tiempo entre la primera y la segunda determinación fue de 6 meses (rango: 3-60 meses).

Todos los pacientes tenían dos determinaciones de PIP separadas en el tiempo y 21 pacientes tenían 3 determinaciones. La media de las 3 determinaciones se muestra en a continuación.

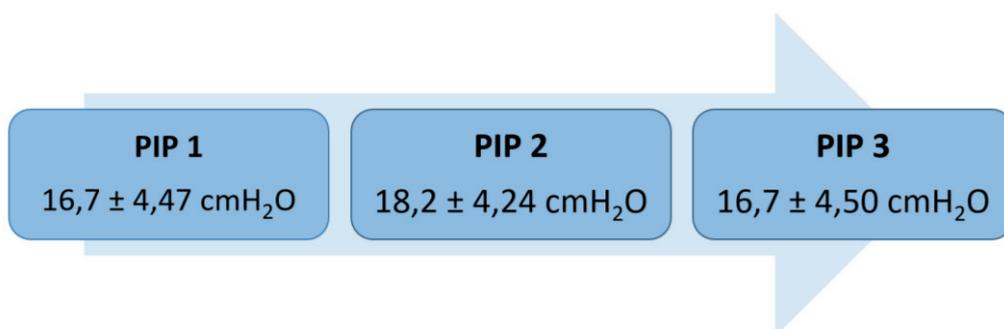


Figura 20: PIP media de los pacientes que tenían 3 determinaciones de PIP durante el seguimiento (N=21)

Se analizó la variabilidad de la PIP según el tiempo transcurrido entre la primera y la segunda determinación de PIP, entre < de 6 meses (N=21) y \geq de 6 meses (n=24). La PIP se ajustó por el volumen intraperitoneal, utilizando el factor de conversión ($2,12 \pm 0,86$ cmH₂O/L). La media de las diferencias entre la PIP inicial de seguimiento de < 6 meses fue de $-0,116 \pm 4,4$ y de \geq 6 meses de $1,11 \pm 3,7$ cmH₂O, sin diferencias estadísticamente significativas.

Periodo	Incremento PIP ≥ 1 cmH ₂ O	Incremento PIP ≥ 2 cmH ₂ O	Incremento PIP ≥ 3 cmH ₂ O	Incremento PIP ≥ 4 cmH ₂ O
Seguimiento < 6 meses	76,1%	66,6%	47,6%	19,1%
Seguimiento ≥ 6 meses	70,8%	58,3%	45,8%	20,8%

Tabla 4: Porcentaje de aumento en relación con la PIP Basal (N=45)

En ambos grupos; el 76,1% y el 70,8% presentaron modificaciones de la PIP de >1 cmH₂O, sin embargo, solo el 19,1% y el 20,8% presentaron modificaciones de >4 cmH₂O entre la primera y la segunda medición. En resumen, solo entre un 19-20% de los pacientes se han producido variaciones superiores a >4 cmH₂O entre las dos mediciones de PIP.

Dividimos el grupo en pacientes con PIP $< 0 \geq$ de 20 cmH₂O. El grupo con PIP ≥ 20 cmH₂O tenía una PIP media basal de $23,21 \pm 2,4$ cmH₂O y en la segunda medición mejoraba con una PIP media de $21,22 \pm 3,5$ cmH₂O. En cuanto al grupo con PIP < 20 cmH₂O tenían una PIP media basal de $14,52 \pm 2,9$ cmH₂O que se mantenía estable en la segunda medición con una media de $15,31 \pm 3,4$ cmH₂O. No se observan modificaciones importantes de la PIP que produzcan cambios de grupo de PIP alta o normal.

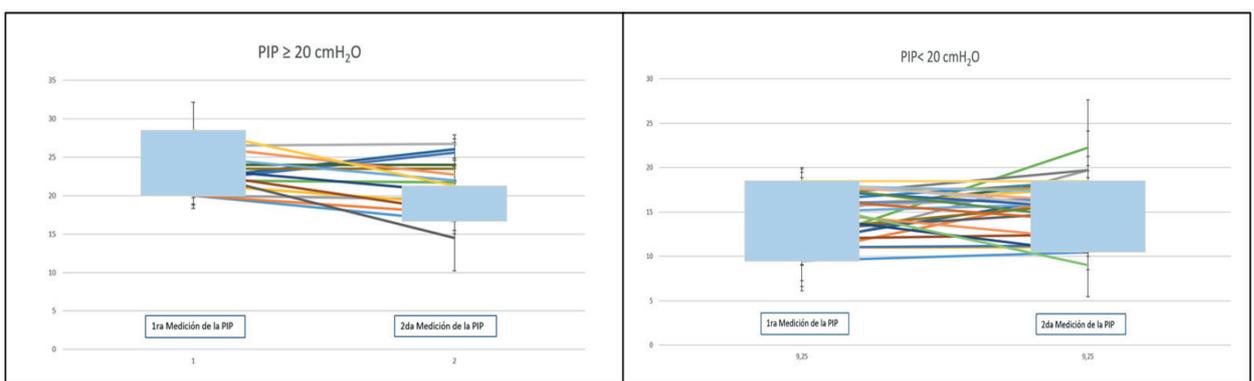


Figura 21: Evolución de las determinaciones de PIP en pacientes con PIP $< 0 \geq$ de 20cmH₂O

5.4. Factores relacionados con las alteraciones de la pared abdominal (Hernias/Fugas). El papel de la PIP

5.4.1. Hernias en DP

Durante el seguimiento, 23 pacientes (18,5%) desarrollaron hernias de nueva aparición. En su mayoría fueron hernias inguinales (57%), seguidas de las umbilicales (33%) y en un 10% de una combinación de ambas. No se diagnosticaron hernias incisionales en el punto de entrada del catéter en el abdomen. La mediana de tiempo desde la colocación del catéter de DP hasta que apareció la hernia fue de 7,9 meses con un rango entre 3,1 y 17,4 meses. El 48% de las hernias se presentaron durante los primeros 6 meses.

La aparición de hernias se relacionó positivamente con la PIP en decúbito ($p=0,037$), la edad ($p=0,008$), el IMC ($p=0,043$), la historia de hernias previas ($p=0,016$), la colocación del catéter por laparoscopia ($p=0,026$). Las hernias se asociaron con frecuencia a la aparición de fugas, rozando la significación estadística ($p=0,053$). El 21,2% de los varones presentaron esta complicación, respecto a un 12,8% de las mujeres, sin significación estadística ($p=0,22$). Ninguna de las mujeres sin antecedentes de embarazos previos desarrolló una hernia. No se encontró relación con la etiología de la ERC, con la DM, el ICCH, la PQR, ni los antecedentes de cirugías abdominales previas. Los enfermos con PQR no tuvieron estadísticamente más hernias, pero destacamos que un 40% de ellos presentaron hernias estando en DP.

En el análisis multivariante fueron factores independientes de desarrollo de hernias una PIP más alta ($p=0,028$) y un D/P de Creatinina a las 4 horas más bajo ($p=0,042$). Los pacientes que tuvieron hernias en DP presentaron más fallo de la técnica, considerada como muerte o transferencia a HD, un 65% vs 36.6% ($p=0,02$).

A destacar la implicación de la laparoscopia como técnica de colocación del catéter en el desarrollo de hernias, sobre todo umbilicales. De los 37 pacientes sometidos a

laparoscopia, 11 (30%) presentaron hernias ($p=0,026$), con 5 hernias umbilicales (14,5 de los enfermos), 4 inguinales y 2 umbilicales e inguinales. En los 87 pacientes donde el catéter de DP se colocó por punción sólo se registraron 4 hernias umbilicales (4,5% de los enfermos). No se desarrolló ninguna hernia incisional en el lugar de entrada del catéter de DP.

Las mujeres sin embarazos previos no tuvieron hernias, su escaso número impidió la confirmación estadística.

Finalmente destacamos que los pacientes que presentaron hernias en DP con mayor frecuencia tuvieron fallo de la técnica, considerada como exitus en DP o transferidos a HD crónica ($p=0,012$).

Variable	Con Hernias (N=23)	Sin Hernias (N=101)	P
Edad (años)	67,6±9,02	60,9±16,10	0,008
Hombres/mujeres n (%)	18 (21,2) / 5 (12,8)	67 (78,8) / 34 (87,2)	0,266
Diabetes mellitus (Si/No) n (%)	9 (16,4) / 14 (20,3)	46(83,6) / 55(79,7)	0,576
Antecedentes de hernias abdominales (Si / No) n (%)	5 (45,5) / 18 (15,9)	6(54,5) / 95(84,1)	0,016
Historia de PQR (Si/No) n (%)	2 (40) / 21 (17)	3(60,0) / 98(82,4)	0,208
Embarazo previo (Si /No) n (%)	5 (16,7) / 0 (0)	25 (83,3) / 9(100)	0,190
IMC (kg/m ²)	29,5±5,36	27,3±4,67	0,043
Creatinina sérica (mg/dL)	6,8±2,15	6,7±2,54	0,851
índice de comorbilidad de Charlson	5,1±2,38	4,7±1,86	0,392
PIP en decúbito supino (cm H ₂ O)	18,4±4,58	16,2±4,52	0,037
PIP sentado (cm H ₂ O)	29,7±5,04	27,3±5,19	0,071
Inserción de catéter de DP n (%)			0,026
Laparoscopia	11 (30,6)	25 (69,4)	
Técnica percutánea (Y-TEC)	9 (20,0)	36 (80,0)	
Técnica percutánea (Seldinger)	3 (7,0)	40 (93,0)	
DPCA/DPA n (%)	13 (16,5) / 10 (22,2)	66 (83,5) / 35 (77,8)	0,427
Fuga peritoneal (Si/ No) n (%)	8 (32,0) / 15(15,2)	17 (68,0) / 84 (84,8)	0,053
Peritonitis (Si/No) n (%)	13 (25,0) / 10 (15,5)	30 (75,0) / 71 (84,5)	0,202
Muerte /Transferencia a HD (Si/No) n (%)	15 (28,8) / 8 (11,5)	37 (71,2) / 64 (88,5)	0,012

Tabla 5: Comparativa de los pacientes que presentaron o no Hernias en DP.

	Odds Ratio	95% Intervalo de confianza	P
D/P creatinina	0,003	(0,000 – 0,649)	0,034
PIP	1,131	(1,014 – 1,262)	0,028

Tabla 6: Factores de riesgo independientes para el desarrollo de hernias (análisis multivariante)

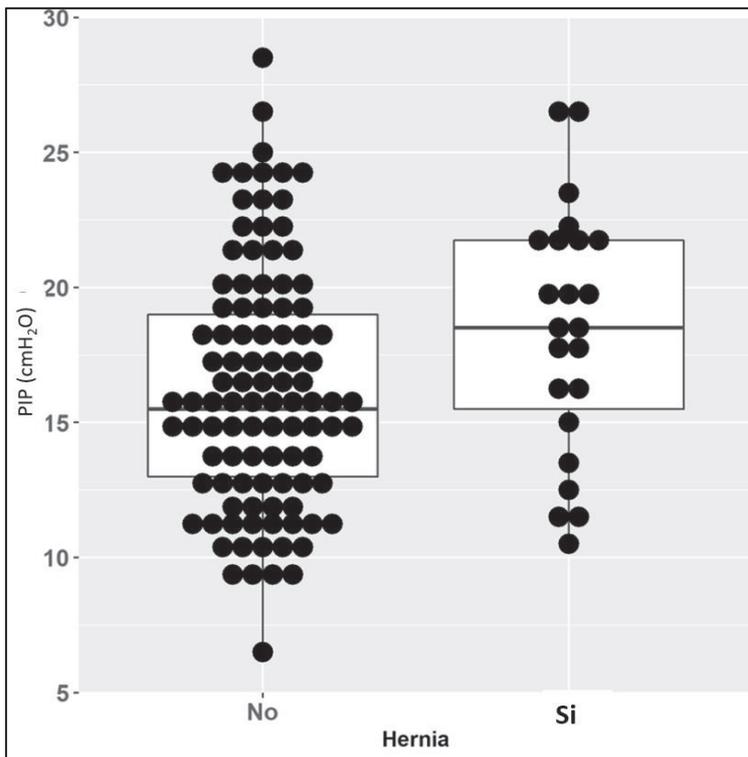


Figura 22: PIP y aparición de hernias en diálisis peritoneal

5.4.2. Fugas en DP

Se registraron 25 (20,1%), durante el seguimiento de los pacientes en DP. Se presentaron 9 fugas precoces (FP) que representan el 36% del total, 7 fueron salidas precoces de líquido peritoneal alrededor del orificio del catéter, 3 en las primeras 24 horas. Dos FP correspondían a persistencias del conducto peritoneo-vaginal en varones y se diagnosticaron tras la colocación del catéter y la infusión de líquido dentro de la cavidad abdominal.

Se registraron 16 fugas tardías (FT) que representan el 64% del total: 11 fugas en la pared abdominal, 3 fugas genitales y 2 fugas peritoneo-pleurales.

La mediana de tiempo desde la colocación del catéter de diálisis peritoneal hasta la aparición de la fuga fue de 83 días (rango: 1-357).

Fugas Precoces (N=9)	Fugas Tardías (N=16)
<ul style="list-style-type: none"> • 7 fugas peri-catéter (3 de ellas en las primeras 24h) • 2 persistencias del conducto peritoneo-vaginal. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 fugas genitales • 2 fugas peritoneo-pleural • Resto de fugas relacionadas con la pared abdominal.

Tabla 7: Tabla resumen de los tipos de fugas (fugas precoces/fugas tardías)

No se encontró relación de la aparición de fugas con el sexo, la edad, la comorbilidad, el antecedente de hernia ni cirugías abdominales previas. La PIP era discretamente más elevada en los pacientes que presentaron fugas, con una media de $17,3 \pm 5,07$ vs $16,4 \pm 4,48$ cmH₂O, pero sin diferencias estadísticamente significativas ($p=0,577$). El 35% de los pacientes con fugas también presentaron hernias durante el seguimiento en DP, y la existencia de fuga era un factor casi estadísticamente significativo para presentar hernias ($p=0,056$).

Al analizar por separado las FP y FT destacamos algunos hallazgos relevantes: las FP se presentaron en pacientes de mayor edad $65,5 \pm 18,20$ vs $60,6 \pm 16,60$ ($p=0,503$) y que las mujeres tuvieron con más frecuencia una FT, representando el 87,5% de los casos ($p=0,099$). De las 6 mujeres que presentaron embarazos previos, 5 (83%) habían tenido FT ($p=0,537$). Los pacientes con FT presentaron una PIP discretamente más alta, $17,7 \pm 4,99$ vs $16,5 \pm 5,43$ cmH₂O ($p=0,577$).

Variables	Fuga precoz (n=9)	Fuga Tardía (n=16)	P
Edad (años)	65,5±18,20	60,6±16,60	0,503
IMC (kg/m ²)	27,6±2,79	28,1±5,27	0,767
Genero Mujer n (%) Varón n (%)	1 (12,5) 8(47,1)	7(87,5) 9(52,9)	0,099
Diabetes mellitus Si n(%) No n(%)	3(42,9) 6(33,3)	10(57,1) 12(66,7)	0,656
Antecedente de Hernias Si n(%) No n(%)	0(0) 9(39,1)	2(100) 14(60,9)	0,269
Cirugía abdominal previa Si n (%) No n (%)	0(0) 9(42,9)	4(100) 12(57,1)	0,102
Embarazo previo Si n(%) No n (%)	1(16,7) 0(0)	5(83,3) 2(100)	0,537
Antecedente de PQR Si(%) No(%)	0(0) 9(37,5)	1(100) 15(62,5)	0,444
Creatinina en sangre (mg/dL)	5,5±2,00	6,7±1,96	0,164
Índice de comorbilidad de Charlson	4,4±2,29	4,3±2,33	0,943
Volumen total (mL)	6333±2345	8731±2770	0,039
PIP supino (cm H2O)	16,5±5,43	17,7±4,99	0,577
PIP bipedestación (cm H2O)	27,0±5,43	29,5±6,46	0,336
Albumina (g/L)	39,7±3,15	38,8±4,19	0,560
KT/v	2,3±0,65	2,1±0,53	0,464

Tabla 8: Tabla comparativa de las fugas precoces y las fugas tardías

Dado que las FP están muy relacionadas con las técnicas de colocación del catéter de DP se analizaron en función de la técnica de colocación. Con la técnica por laparoscopia se presentaron 6 fugas (24%), con la punción Y-TEC hubo 10 fugas (40%) y con la punción Seldinger 9 fugas (36%). A destacar que 7 (77,8%) de las 9 FP se presentaron cuando el catéter se colocó por punción Seldinger (p=0,004).

Técnica de colocación	Fuga precoz (n=9)	Fuga Tardía (n=16)	Total
Laparoscopia	0 (0%)	6 (100%)	6 (24%)
Punción Y-TEC	2 (20%)	8 (80%)	10 (40%)
Punción Seldinger	7 (77,8%)	2 (22,2%)	9 (36%)

Tabla 9: Distribución de la fuga según la técnica de colocación del catéter de DP

5.5. Factores relacionados con la Ultrafiltración y la falta de eficacia de la Icodextrina. El papel de la PIP

En nuestra serie disponemos de TEP basal en 116 pacientes, 50 enfermos tienen dos TEPs y 28 enfermos tienen 3 TEPs de seguimiento.

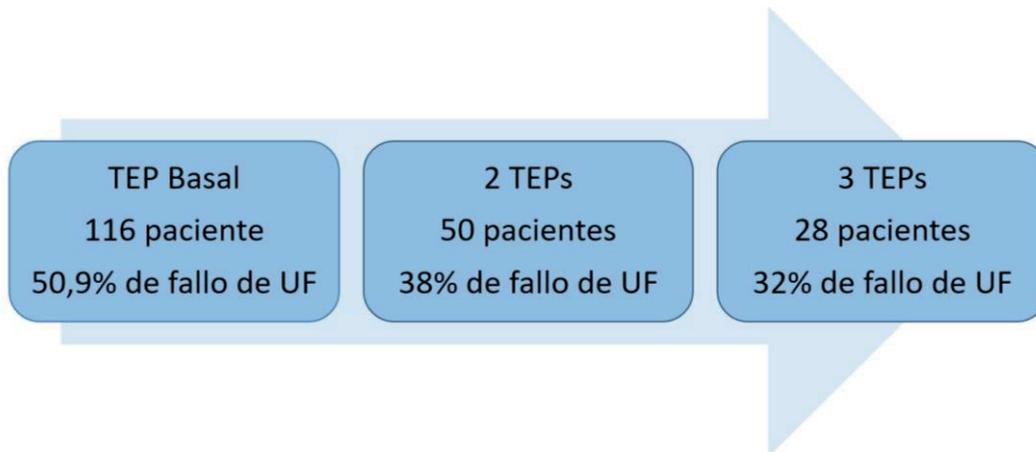


Figura 23: TEP en el seguimiento de los pacientes en DP

En el TEP basal un 50,9% de los enfermos tenía FU y el 28,2% de estos eran rápidos transportadores (RT) (RT definido como un D/P de Creatinina a las 4 horas $\geq 0,81$). En el segundo TEP un 38% tenían FU. No se encontró relación de la PIP con la UF del TEP ni a la 1 h ni a las 4h, el D/P creatinina, la dilución del Na, ni con el TAL en ninguno de los TEPs ni el basal ni en los de seguimiento de la DP.

Al dividir en dos grupos los pacientes con $PIP < y \geq 20$ cmH₂O se pudo observar que los pacientes con $PIP \geq 20$ cmH₂O tenían una menor UF en todos los TEPs, sin significación estadística.

Ultrafiltración	PIP < 20 cmH ₂ O	PIP ≥ 20 cmH ₂ O	p
UF- TEP1	(N=85) 411,1 ± 295,66 mL	(n=31) 364,8 ± 266,97 mL	0,470
UF- TEP2	(n=33) 480,3 ± 273,94 mL	(n=17) 382,9 ± 237,93 mL	0,530

Tabla 10: Ultrafiltración a las 4 horas con PIP < y ≥ 20 cmH₂O

Cuando se analiza la evolución de la UF en los TEPs de seguimiento, aquellos enfermos con PIP ≥20 cmH₂O, no mejoraban el fallo de UF inicial que se mantenía en el mismo rango, pasando del 51 al 52,9%, mientras que en los enfermos con PIP <20 cmH₂O el fallo de UF pasaba del 50,6% al 30,3%.

	UF < 400 mL (TEP1)	UF < 400 mL (TEP2)	UF ≥ 400 mL (TEP1)	UF ≥ 400 mL (TEP2)
PIP < 20 cmH ₂ O	43(50,6%)	10(30,3%)	42(49,4%)	23(69,7%)
PIP ≥ 20 cmH ₂ O	16(51,6%)	9(52,9%)	15(48,4%)	8(47,1%)

Tabla 11: Evolución del fallo de ultrafiltración en función de la PIP < o ≥ de 20 cmH₂O

El 68,5% de los pacientes estaban en tratamiento con Icodextrina. Durante el seguimiento se estudiaron 37 de estos pacientes y se analizó el papel de los diferentes factores que pudieran afectar a la UF de la permanencia larga con Icodextrina, entre ellos la PIP.

La ultrafiltración media con Icodextrina fue de 310,2 ± 240 mL para un tiempo permanencia medio de 12,14 ± 2,5 horas. El fallo de ultrafiltración con Icodextrina se definió como una ultrafiltración neta menor de 250 mL a las 12h. Los pacientes

presentaron un 24,3% de FU con Icodextrina. En el análisis univariante la baja UF con Icodextrina se relacionó con una PIP más alta ($p=0,04$), un mayor IMC ($p=0,05$), y un menor D/P de creatinina a las 4 horas. En el análisis multivariante solo se mantuvo significativo el D/P de creatinina y el IMC.

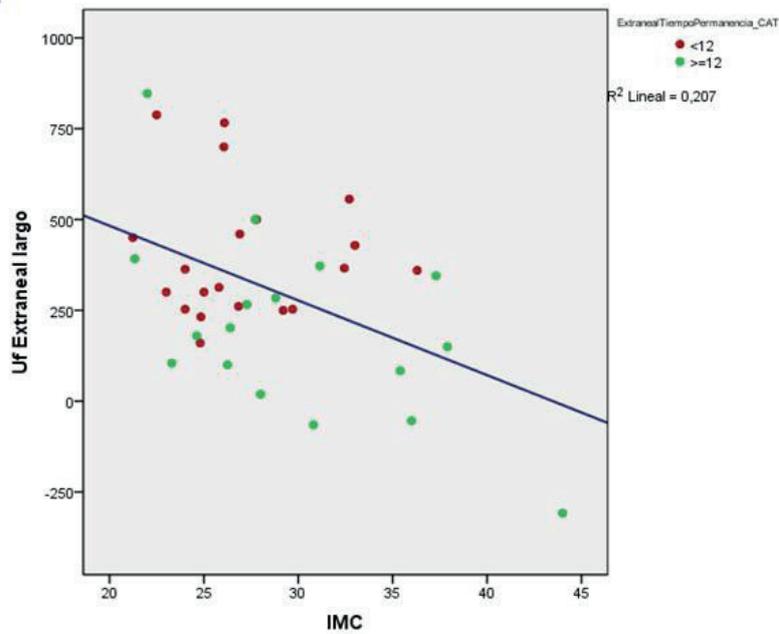


Figura 24: Relación de la UF con Icodextrina con el IMC

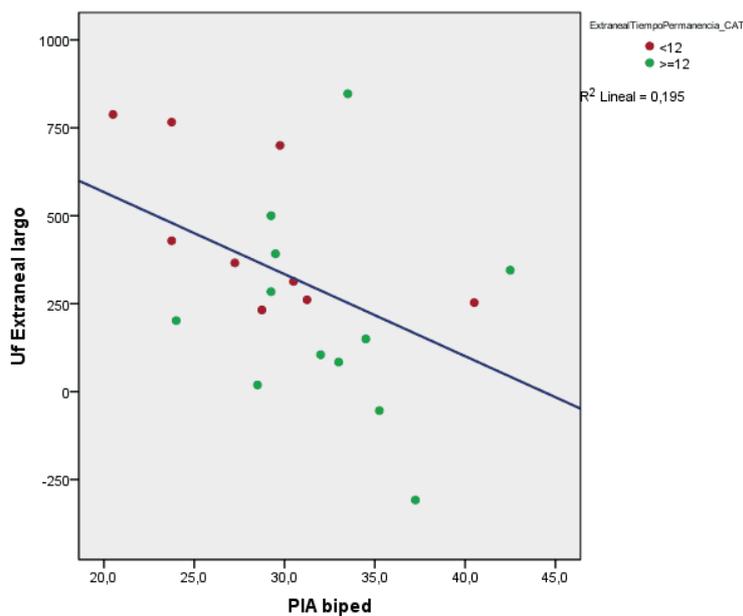


Figura 25: Relación de la UF con Icodextrina con la PIP

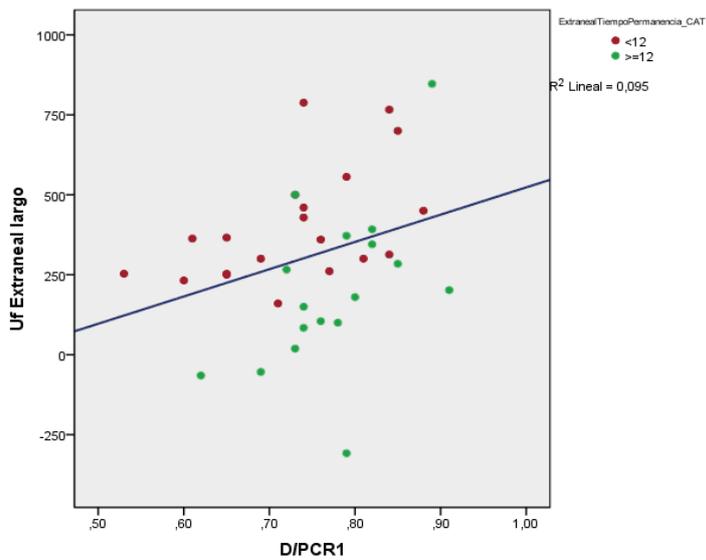


Figura 26: Relación de la UF con Icodextrina con el D/P de creatinina a las 4h

En 25 enfermos se realizó un TEP con Icodextrina, con evaluación de la UF a las 4, 8 y 16 horas. Se analizó el perfil de UF de los enfermos, así como el efecto del volumen residual del intercambio previo con glucosa al 2.27%. Se obtuvieron datos válidos en 21 enfermos. Representados en la gráfica con la línea verde el comportamiento con un volumen residual menor de 350mL y con la línea roja con un volumen residual \geq 350mL.



Figura 27: Perfiles de UF con Icodextrina y el papel del volumen residual. Línea verde (volumen residual < 350mL), línea roja (volumen residual \geq 350mL)

El volumen residual medio fue de 341 mL (rango:142-1149). No hubo relación estadísticamente significativa entre el volumen residual y la UF con Icodextrina, pero se ha observado una tendencia a tener más UF con Icodextrina con un mayor volumen residual. Los enfermos con un mayor volumen residual tenían más UF con Icodextrina con un perfil de UF diferente (ascendente en lugar de ascendente/descendente), en contra de lo esperado.

	4h	8h	16h
VR≥350mL	306 mL	487 mL	510 mL
VR<350mL	210 mL	360 mL	215 mL

Tabla 12: Valores de UF a las 4, 8 y 16 horas en el TEP con Icodextrina

5.6. La PIP y la supervivencia de la técnica y del paciente el DP

La mediana del tiempo de seguimiento fue de 24,5 meses con un rango intercuartil de 6 a 96 meses. A final del seguimiento 12 pacientes permanecían en programa de DP y 56 pacientes recibieron un trasplante renal.

En el análisis univariante, el exitus en DP se relacionó positivamente con: una mayor edad ($P < 0,001$), mayor ICCH ($P < 0,001$), la DM ($p < 0,001$), una ERC secundaria a DM o HTA ($P < 0,01$), la aparición de hernias en DP ($p = 0,035$), un fósforo sérico bajo ($p < 0,005$), una FEVI deprimida ($p = 0,030$) y tener peritonitis ($p = 0,022$). Se observó una tendencia a que los enfermos con una PIP elevada tuvieran más mortalidad, cercana a la significación estadística ($p = 0,077$).

Variables	Exitus en DP (n=28)	No Exitus en DP (n=96)	P
Género Nº (%) Varón Mujer	22(25,9) 6 (15,4)	63(74,1) 33(84,6)	0,194
Edad (años)	72,2±9,78	59,2±15,33	<0,001
IMC (kg/m ²)	28,9±5,88	27,2±4,42	0,105
Índice de comorbilidad de Charlson	6,5±1,73	4,3±1,74	<0,001
Diabetes mellitus Nº (%) Sí No	20 (36,4) 8 (11,6)	35(63,6) 61(88,4)	0,001
Causa de IRC Nº (%) DM/HTA Otras causas	23 (30,3) 5 (10,4)	53(69,7) 43(89,6)	0,010
Antecedente de Hernias Nº (%) Sí No	2 (18,0) 26 (23,0)	9(81,8) 87(77,0)	0,715
FE del VI (%)	54,8±12,19	60,4± 9,64	0,030
PIP supino (cm H ₂ O)	17,9 ±4,22	16,2±4,65	0,077
Modalidad de DP Nº (%) DPCA DPA	17(21,1) 11(22,2)	60(78,9) 35(77,8)	0,179
Creatinina en sangre (mg/ dL)	6,1±1,70	7,6±7,76	0,085
K en sangre (mEq/L)	4,4±0,77	4,6±0,66	0,052
P en sangre (mg/ dL)	4,2±1,07	4,9±1,13	0,005
Fugas Nº (%) Sí No	5(20,0) 23 (23,2)	20(80,0) 76(76,8)	0,730
Hernias Nº (%) Sí No	9(39,1) 19(18,8)	14(60,9) 82(81,2)	0,035
Peritonitis Nº (%) Sí No	14 (35,1) 14 (16,7)	26 (65,0) 70 (83,3)	0,022

Tabla 13: Comparación de los pacientes que fueron o no exitus en DP

En el análisis multivariante fueron factores independientes de exitus en DP una mayor edad (OR=1,090; p=0,004), mayor ICCH (OR=2,065; p<0,001) y el potasio sérico bajo (OR=0,421, p=0,039).

	Odds Ratio	95% intervalo de confianza	P
Edad	1,090	(1,028 to 1,156)	0,004
Charlson	2,065	(1,465 to 2,065)	<0,001
K en sangre	0,412	(0,178 to 0,958)	0,039

Tabla 14: Factores de riesgo independiente de exitus en diálisis peritoneal

La transferencia definitiva a hemodiálisis se relacionó positivamente con una mayor PIP ($p=0,003$), una mayor edad ($P=0,006$) y negativamente con la creatinina ($p=0,021$) y la albúmina sérica ($p=0,022$).

VARIABLES Nº (%)	Transferencia a HD si (n=28)	Transferencia a HD no (n=96)	P
Género Nº (%) Varón Mujer	18(21,2) 10(25,6)	67(78,8) 29(74,4)	0,581
Edad (años)	67,7± 10,27	60,5±16,08	0,006
IMC (kg/m ²)	28,3±3,74	27,4±5,09	0,403
Índice de comorbilidad de Charlson	5,2±1,45	4,7±2,08	0,148
Diabetes mellitus Nº (%) Si No	16 (29,1) 12 (17,4)	39(70,9) 57(82,6)	0,122
Causa de IRC Nº (%) DM/HTA Otras causas	19 (25,0) 9 (18,8)	57(75,0) 39(81,3)	0,417
Antecedente de Hernias Nº (%) Si No	2(18,2) 26 (23,0)	9(81,8) 87(77,0)	0,715
PIP supino (cm H ₂ O)	18,9±4,23	15,9±4,50	0,003
Modalidad de DP Nº (%) DPCA DPA	19(23,1) 9(20,0)	58(76,3) 36(80,0)	0,809
Albumina en sangre (g/L)	37,02±2,94	38,6± 3,68	0,022
Uso de Icodextrina Nº (%) Si No	23(27,1) 5 (12,8)	62(72,9) 34(87,2)	0,078
Fugas Nº (%) Si No	5(20,0) 23(23,2)	20(80,0) 76(76,8)	0,730
Hernias Nº (%) Si No	6(26,1) 22(21,8)	17(73,9) 79(78,2)	0,656
Peritonitis Nº (%) Si No	13(32,5) 15 (17,5)	27(67,5) 69(82,1)	0,068

Tabla 15: Comparación de los pacientes que fueron o no transferidos a hemodiálisis

En el análisis multivariante fueron factores independientes de THD una mayor PIP (OR=1,155; $p=0,005$) y una menor albúmina sérica que roza la significación estadística (OR=0,881; $p=0,054$).

	Odds Ratio	95% intervalo de confianza	P
PIP	1,155	(1,044 to 1,278)	0,005
Albumina en sangre	0,881	(0,774 to 1,002)	0,054

Tabla 16: Factores de riesgo independiente de transferencia a hemodiálisis

El fallo de la técnica se definió como una variable compuesta por el exitus en programa de DP o la THD. Se relacionó positivamente con una mayor PIP ($p<0,001$), una mayor

edad ($p < 0,001$), mayor ICCH ($p < 0,001$), el antecedente de DM ($p < 0,001$), la aparición de hernias en DP ($p = 0,032$), tener peritonitis ($p < 0,001$) y negativamente con el potasio ($p = 0,003$), el fósforo ($p = 0,004$) y la albúmina sérica ($p = 0,003$). A destacar la correlación negativa con la creatinina sérica ($p = 0,029$) y con la menor FEVI ($p = 0,003$).

Variables Nº (%)	Exitus/ transferencia a HD si (n=56)	Exitus/ transferencia a HD no (n=68)	P
Género Nº (%)			0,531
Varón	40(47,1)	45(52,9)	
Mujer	16(41,0)	23(59,0)	
Edad (años)	69,9±10,19	55,7±15,74	<0,001
IMC (kg/m ²)	28,6±4,91	26,8±4,63	0,038
Índice de comorbilidad de Charlson	5,9±1,71	3,9±1,73	<0,001
Diabetes mellitus Nº (%)			0,001
Si	36 (65,5)	19(34,5)	
No	20(29,0)	49(71,0)	
Causa de IRC Nº (%)			0,004
DM/HTA	42(55,3)	34(44,7)	
Otras causas	14(29,2)	34(70,8)	
Antecedente de Hernias Nº (%)			0,539
Si	4(36,4)	7(63,6)	
No	52 (46,0)	61(54,0)	
FE del VI (%)	56,0±11,36	61,1±9,11	0,003
PIP supino (cm H ₂ O)	18,4±4,22	15,1±4,39	<0,001
Modalidad de DP Nº (%)			0,149
DPCA	34(44,7)	42(55,3)	
DPA	19(42,2)	26(57,8)	
Uso de Icodextrina Nº (%)			0,073
Si	43(50,6)	42(49,4)	
No	13 (33,3)	26(66,7)	
Albumina en sangre (g/L)	37,2±3,29	39,0±3,61	0,003
Potasio (mEq /L)	4,4±0,69	4,7±0,67	0,033
Fosforo (mg/dL)	4,4±1,04	5,0±1,18	0,004
Fugas Nº (%)			0,562
Si	10(40,0)	15(60,0)	
No	46(46,5)	53(53,5)	
Hernias Nº (%)			0,032
Si	15(65,2)	8(34,8)	
No	41(40,6)	60(59,4)	
Peritonitis Nº (%)			0,001
Si	27(67,5)	13(32,5)	
No	29(34,5)	55(65,5)	

Tabla 17: Comparación de los pacientes que fueron o no exitus en DP/transferencia a HD

En el análisis multivariante fueron factores independientes de FTDP una PIP elevada (OR=1,133; $p = 0,026$), una mayor edad (OR=1,082; $p = 0,001$), mayor ICCH (OR=1,651; $p = 0,001$) y presentar peritonitis (OR=3,745; $P = 0,011$).

	Odds Ratio	95% intervalo de confianza	P
Edad	1,082	(1,032 to 1,133)	0,001
Charlson	1,651	(1,239 to 2,199)	0,001
Peritonitis	3,745	(1,359 to 10,321)	0,011
PIP	1,133	(1,015 to 1,265)	0,026

Tabla 18: Factores de riesgo independiente de exitus en DP/transferencia a HD

Los pacientes que recibieron un TR en programa de DP tenían con una menor edad ($p < 0,001$), menor ICCH ($p < 0,001$), menor PIP ($p < 0,001$); y mayor creatinina ($p = 0,038$), potasio ($p = 0,033$), fósforo ($p = 0,019$) y albúmina sérica ($p = 0,050$).

Curvas de supervivencia

Se realizaron curvas de Kaplan-Meier dividiendo el grupo en función de la PIP $<$ o \geq de 18 cmH₂O. La mediana del tiempo hasta el exitus en DP en el grupo PIP $<$ 18 cmH₂O fue de 6,68 años (IC95%: 3,682-9,96) frente al grupo con PIP \geq 18 cmH₂O con mediana de 4,88 años (IC95%: 3,66-6,11) y $p = 0,250$ en la prueba de log-rank. La mediana del tiempo hasta la THD en el grupo PIP $<$ 18 cmH₂O fue de 6,52 años (IC95%: 4,19-8,84) frente al grupo con PIP \geq 18 cmH₂O con mediana de 6,20 años (IC95%: 1,92-10,49) y $p = 0,008$ en la prueba de log-rank. Con relación al FTDP la mediana del tiempo en el grupo PIP $<$ 18 cmH₂O fue de 4,27 años (IC95%: 3,57-4,98) frente al grupo con PIP \geq 18 cmH₂O con mediana de 2,98 años (IC95%: 1,87-4,09) y $p = 0,007$ en la prueba de log-rank.

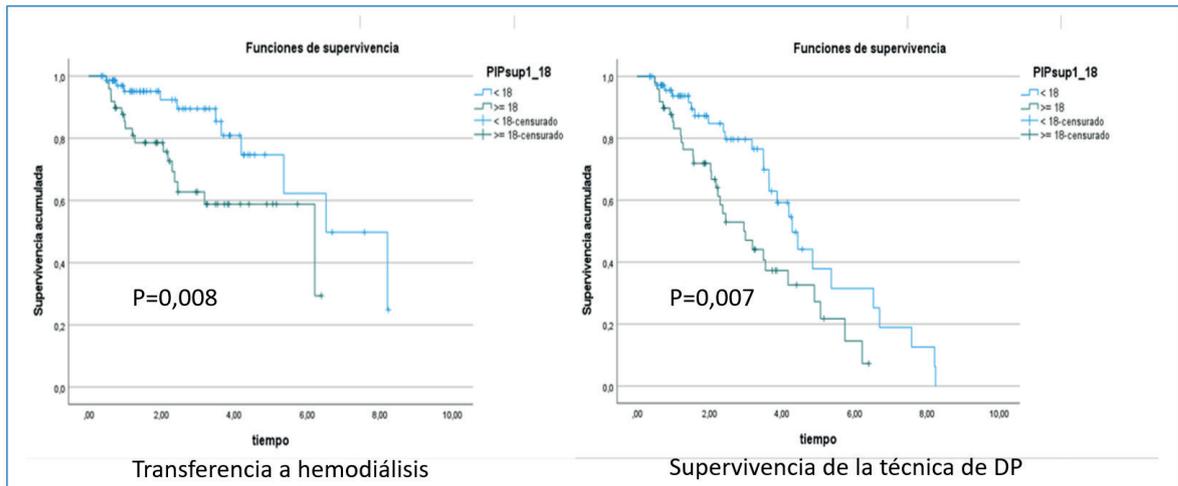


Figura 28: Curvas de supervivencia con PIP < o ≥ de 18 cmH₂O. Transferencia a hemodiálisis y supervivencia de la técnica de DP

Se realizaron curvas de Kaplan-Meier dividiendo al grupo en PIP < o ≥ de 20 cmH₂O y solo la THD mantuvo la significación estadística, la mediana del tiempo en el grupo PIP < 20 cmH₂O fue de 6,52 años (IC95%: 4,19-8,84) frente al grupo con PIP ≥ 20 cmH₂O con mediana de 6,22 años (IC95%: 0,83- 11,58) con p=0,047 en la prueba de log-rank.

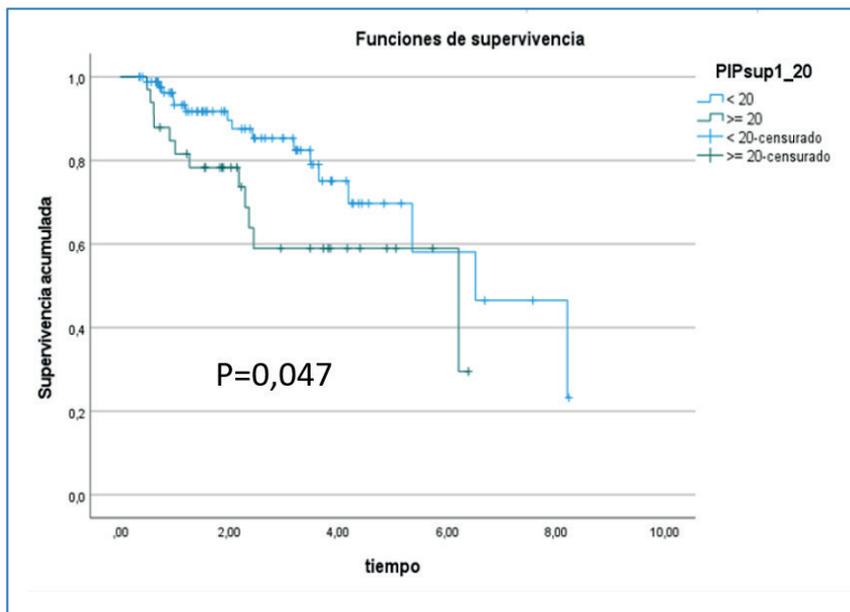


Figura 29: Curvas de supervivencia con PIP < o ≥ de 20 cmH₂O. Transferencia a hemodiálisis

Se analizó la capacidad de la PIP como predictor del FTDP mediante la curva ROC. El área bajo la curva calculada fue 0,713 (intervalo de confianza del 95%: 0,623 a 0,803, $P < 0,001$). El valor de PIP que optimizó la sensibilidad y la especificidad fue una PIP de 16 cmH₂O.

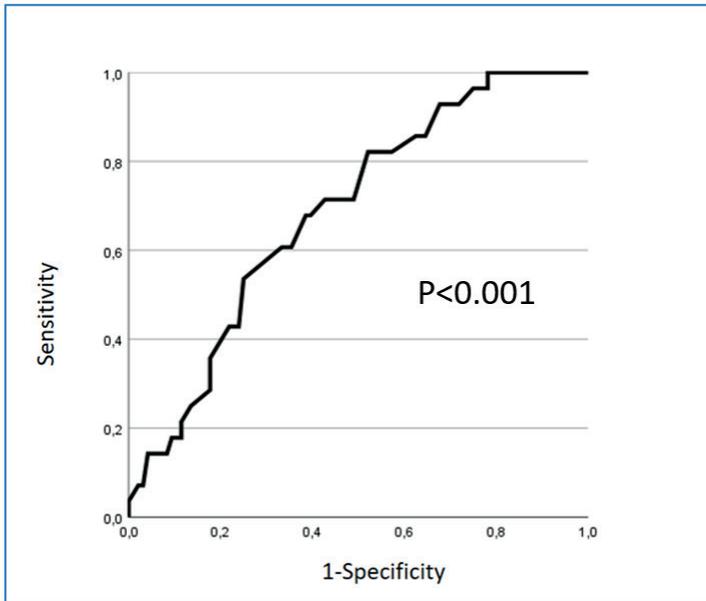


Figura 30. Curva ROC de la PIP para predecir el fallo de la técnica de DP

Dado que el valor de $PIP > 16$ cmH₂O era el que mejor predecía la evolución, se realizaron las curvas de Kaplan Meier dividiendo el grupo en $PIP < o \geq$ de 16 cmH₂O. En relación con el FTDP la mediana el tiempo el grupo con $PIP < 16$ cmH₂O fue de 5,35 años (IC 95%: 3,70-7,00) mientras que en el grupo $PIP \geq 16$ cmH₂O fue de 3,48 años (IC 95%: 2,31-4,64) con $p < 0,019$ en la prueba de log-rank.

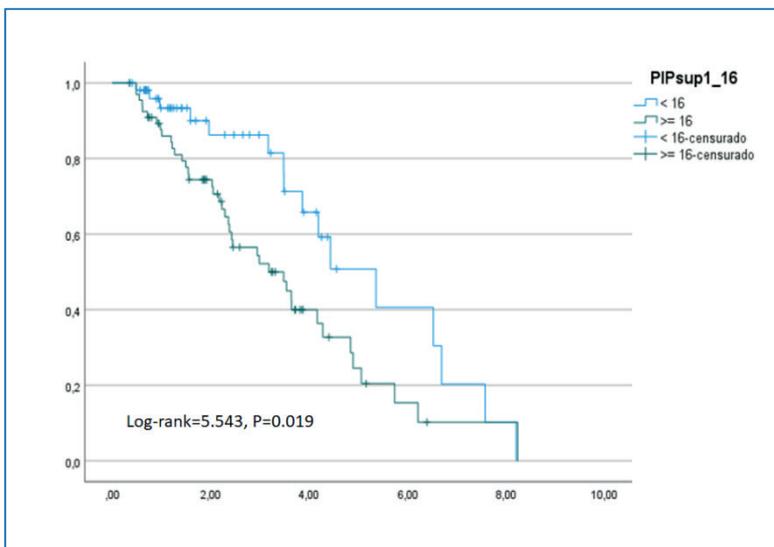


Figura 31. Curvas de supervivencia con $PIP < o \geq$ de 16 cmH₂O. supervivencia de la técnica de DP

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

6.1. La PIP elevada y su relación con las alteraciones de la pared abdominal (Hernias/Fugas)

Hernias

Los pacientes con una mayor PIP, más edad, un IMC más alto, antecedentes de hernias previas y con un catéter de DP colocado por laparoscopia tuvieron más riesgo de presentar hernias durante su permanencia en DP. La PIP se mantuvo como un factor independiente de aparición de hernias, junto con un transporte peritoneal más bajo o lento. Es la primera vez que la PIP se confirma como un factor predisponente para el desarrollo de hernias en DP de adultos.

Las hernias son una complicación no infecciosa frecuente en la DP (94) aparecen con una incidencia de entre el 11 y el 25% de los pacientes, con un predominio de hernias inguinales y umbilicales (128–130). En nuestra población encontramos una incidencia similar, del 18,5%, siendo hernias inguinales en un 57%. La mediana de tiempo transcurrido desde la colocación del catéter hasta la aparición de la hernia fue de 7,9 meses, siendo el tiempo referido en la literatura de 5 a 16 meses (62,65,131). Hemos observado una mayor frecuencia de hernias en varones que en mujeres (21,2% vs 12,8%) aunque sin significación estadística, resultado coincidente con otros estudios (63,65,70,132) y con la población adulta en general (133).

En población general hay mayor riesgo de recurrencia de hernias reparadas en mujeres en edad fértil (134), pero sin embargo el número de partos no se referencia como un factor de riesgo para presentar hernias inguinales (133,135). En DP algún trabajo describe una mayor incidencia de hernias en mujeres, aunque sin recoger el antecedente de embarazos previos a término (136). En nuestro estudio las mujeres que no tenían embarazos previos no desarrollaron hernias en DP. Se han publicado experiencias en Australia y Canadá del aumento de riesgo de padecer hernias en mujeres en DP con más de 3 embarazos (129,130). Durante el embarazo se produce un

aumento fisiológico de la PIA, con distensión y debilitamiento de la pared abdominal que puede predisponer a la aparición de hernias en DP.

Parece lógico que los pacientes con antecedentes de hernias abdominales tengan más riesgo de presentar hernias en DP, reflejo de una falta de integridad de la pared abdominal y debilidad de la musculatura. Nuestros resultados, en la misma línea que otros estudios, así lo confirman (131).

La colocación del catéter por laparoscopia constituye un factor de riesgo de desarrollo de hernias, un 30% de estos enfermos las presentaron. El antecedente de laparoscopia es un factor de riesgo reconocido de hernia umbilical en población adulta (137). Cuando se opta por la laparoscopia el enfermo ya tiene alguna contraindicación para la colocación por punción: obesidad, antecedentes de cirugías previas o precisar realizar alguna otra cirugía abdominal. Cuando el catéter se colocó por laparoscopia, un 14,5% de los enfermos desarrollaron hernias umbilicales, mientras que solo aparecieron en un 4,5% de los que el catéter se había colocado por punción. La utilización del ombligo como puerto de entrada de la óptica de la laparoscopia es una causa facilitadora para presentar hernias umbilicales, a pesar de que siempre se realiza una sutura de la fascia muscular. Recordemos que en general se desaconseja la inserción del trocar laparoscópico con localización umbilical durante la colocación del catéter de DP para evitar futuras hernias umbilicales (129,130).

No se encontró relación con la etiología de la ERC, ser diabético, ni con el antecedente de PQR. Un 40% de los pacientes con PQR de nuestra serie tuvieron hernias estando en DP, su escaso número impide alcanzar la significación estadística. Son conocidas las manifestaciones extrarrenales de la PQR y una de ellas es su riesgo incrementado de sufrir hernias de predominio inguinal (138). Recientemente una publicación resume el comportamiento de los pacientes con DM, PQR y afectación hepática en DP, destacando los beneficios de esta técnica en estos pacientes (139) opinión que también compartimos.

En nuestra experiencia tener más edad se ha relacionado con la aparición de hernias. Todos los estudios en DP referencian este dato, en la mayoría no consideran la edad

como un factor predisponente (65,68,70,131,132,136), aunque algún estudio señala un aumento del riesgo en los enfermos mayores de 40 años (129,130). La edad media de 62 años de nuestros enfermos, superior a otras series, podría explicar en parte nuestros resultados.

Un mayor IMC en población general sí que se ha visto asociado a un riesgo incrementado de hernias, sobre todo de localización umbilical (140), las hernias inguinales se han relacionado con mayor edad, mayor altura, tos crónica y antecedentes familiares de hernias (141,142). En DP también un IMC alto se ha relacionado con problemas de la pared abdominal, en concreto con las fugas (65). Un IMC bajo en DP en población más joven y desnutrida, también se ha citado como un factor de riesgo de presentar hernias (136).

No tenemos una clara explicación para el hallazgo de que un transporte peritoneal bajo o lento se relacione de manera independiente con la aparición de hernias. Los enfermos con un transporte más lento suelen tener más UF en los intercambios de DP, pero no estamos hablando de grandes diferencias de volumen (143). No Hemos realizado un análisis de los factores propios de los enfermos que se relacionan con el tipo de transporte peritoneal.

Las hernias se incluyen de forma sistemática en la relación de complicaciones atribuidas al incremento de la PIP en DP (144), pero en población adulta no se había publicado una evidencia estadística hasta el momento. Aranda en el 2000 observó que una PIP elevada se relacionaba con la aparición de hernias en niños (60). En el año 2017 nosotros ya observamos que los pacientes con una PIP ≥ 20 cmH₂O tenían un mayor porcentaje de hernias (46), lo mismo comunicó Outerelo en 2014 (32), pero sin alcanzar la significación estadística. Con este trabajo se describe por primera vez en población adulta en DP una relación estadísticamente significativa de la influencia de la PIP en la aparición de hernias. Se confirma un concepto ampliamente aceptado y difundido, pero que no había sido demostrado.

Fugas

No hubo relación de la PIP con las fugas en DP. Sabemos que las fugas son una complicación frecuente de la pared abdominal y pueden coexistir con las hernias en DP. Las hernias y las fugas comparten factores de riesgo en común y aparecen en el mismo enfermo por defectos de la pared abdominal (144,145). Al analizar las fugas de manera global no encontramos ningún factor predisponente en nuestros pacientes. Ya se ha citado que un estudio encontró una mayor edad e IMC como factores predisponentes para presentar fugas en DP, sin diferenciarlas entre las fugas precoces o las fugas tardías (65). Otros refieren la predisposición a las fugas de las mujeres en programa de DP (146).

En cuanto a la PIP, los pacientes que presentaron fugas tenían una PIP discretamente más alta que los otros, pero sin significación estadística. A pesar de la importancia del buen funcionamiento del catéter de DP y de evitar complicaciones relacionadas con este (147,148) , nunca se había estudiado la relación de la PIP con las fugas en DP.

Hay aspectos diferenciales importantes entre las fugas y las hernias, y entre las fugas precoces y las tardías. El método de colocación del catéter es determinante y requiere una técnica adecuada, siguiendo las recomendaciones de expertos (149–151). En nuestra experiencia, el uso de la técnica de punción por Seldinger provocó un mayor número de fugas precoces. Es conocida la mayor incidencia de fugas precoces en las técnicas por punción a ciegas en comparación con la laparoscopia, en relación con el tamaño del orificio de entrada al abdomen (145) y la fijación con sutura del manguito interno del catéter. No siempre se ha realizado una bolsa de tabaco después de la colocación de catéter por punción, y este dato no se ha analizado. Estas observaciones nos hacen plantear mejorar las técnicas de colocación del catéter, introduciendo valoraciones de la pared muscular con ecografía previa a la colocación del catéter, basándonos en alguna experiencia publicada y en la introducción de la ecografía en el seguimiento del paciente en DP (152,153) . Además, se deberá valorar el uso sistemático de la bolsa de tabaco para sujetar el cuff interno al músculo recto del abdomen.

Las FT no dependen tanto de la colocación del catéter, sino de las características de la pared abdominal, algunas revisiones las consideran impredecibles y otras las relacionan con el sexo femenino (146,154). En nuestra población las mujeres presentaron más FT y esta diferencia se hacía más evidente si habían tenido embarazos previos, pero sin significación estadística.

En resumen, nuestra prevalencia de fugas fue de 21% muy similar a otras series publicadas (1-27%) (65,155). A pesar de no encontrar ningún factor predisponente las FP se presentaron más en pacientes añosos y las FT en mujeres con embarazos previos en ambos casos posiblemente por una pared muscular débil.

Las fugas y las hernias comparten factores predisponentes relacionados con la calidad de la pared abdominal, pero en base a nuestros resultados, parece que la PIP es un factor más implicado en el desarrollo de hernias que de fugas en DP.

6.2 La PIP y su relación con la ultrafiltración del peritoneo y la falta de eficacia de la Icodextrina

No encontramos una relación significativa entre una PIP elevada y el déficit de ultrafiltración, valorado a través del TEP (una prueba estandarizada de función peritoneal), ni con la falta de eficacia de la Icodextrina, pero si encontramos una tendencia.

En la actualidad las Guías de evaluación de la disfunción de la membrana peritoneal en adultos recomiendan la medición de la PIP como test adicional pero aún no se recomienda de forma rutinaria en las unidades de DP (36).

Varios estudios confirman que una mayor PIP reduce la capacidad de ultrafiltración del peritoneo, la mayoría de ellos realizados en población infantil (23,26,28,72,75). Se hipotetiza que un aumento de la PIP contrarresta la ultrafiltración osmótica e hidrostática en DP a través de un aumento de la reabsorción linfática y del tejido intersticial peritoneal, disminuyendo la UF neta resultante (59,117,156–158).

Recientemente el grupo de Grupo de trabajo de la presión intraperitoneal de Castilla y León analizó los factores relacionados con el déficit de UF en DP, encontrando que la PIP elevada es uno de ellos (58). Nosotros en el año 2017, con menor número de pacientes, ya observamos que aquellos con una PIP mayor de 20 cmH₂O presentaban más déficit de UF y que la UF no mejoraba durante el seguimiento en DP, sin significación estadística (46). Sorprende el diferente comportamiento evolutivo de la UF en el TEP de los enfermos con PIP > 20 cmH₂O cuando lo habitual es que la UF mejore con el tiempo. En estos momentos, con un número de pacientes mayor y 50 pacientes con dos TEPs de seguimiento, se confirma esta tendencia, aunque sin alcanzar una significación estadística. Al ampliar las variables analizadas relacionadas con la UF peritoneal, como la dilución del Na o el TAL, no observamos tampoco relación con la PIP. Estos resultados nos orientan a pensar que el principal mecanismo por el que un aumento de la PIP reduce la capacidad de UF del peritoneo no depende del transporte de solutos y agua basado en la Teoría de los 3 poros, sino más bien de un posible aumento de la reabsorción linfática y del tejido intersticial, como ya se ha sugerido. La

reabsorción linfática del líquido peritoneal reduce la UF neta y es un parámetro difícil de medir, ya que requiere de la adición al líquido peritoneal de macromoléculas como el Dextrano o de marcadores isotópicos, como la albúmina marcada(110)

Sabemos que hay un porcentaje de enfermos en DP que presentan un FU con Icodextrina, que en nuestra serie supone un 24,3% de los pacientes, con una definición arbitraria del FU con Icodextrina: UF menor de 250 mL con una media de 12h de permanencia.

La falta de eficacia en UF de la Icodextrina es una realidad conocida en las unidades de DP, pero poco recogida en la literatura. Cuando se revisan los datos de UF media en los diferentes artículos se constata que a veces la UF con Icodextrina puede ser muy baja, pero sigue siendo ventajosa en contraposición con la glucosa hipertónica al 3.86% (97,101). Se recomienda ajustar el tiempo de permanencia en el peritoneo, dado que en ocasiones permanencias de 11-12 horas son más eficientes que las de 14 o 16 horas (105). La UF media con Icodextrina de un estudio fue de 278 ± 43 mL para permanencias largas (159), mientras que nuestra UF media fue de $310,2 \pm 240$ mL para una permanencia media de 12 h.

Encontramos que la baja UF con Icodextrina se relacionó con una mayor PIP, más IMC, y menor D/P de creatinina a las 4 horas, aunque en el análisis multivariante la PIP no se mantuvo significativa como variable independiente.

Se ha considerado que la UF con Icodextrina en DPCA manual está favorecida por la posición en decúbito del intercambio nocturno, con menos PIP (160), aunque la UF siempre mejora al utilizar la gravedad de los drenajes manuales, en contraposición con la cicladora. La PIP podría favorecer el incremento de la reabsorción linfática o transcapilar hacia el intersticio y sabemos que esta es la vía para la desaparición de la Icodextrina de la cavidad peritoneal y su posterior metabolización (110). No hay estudios que valoren la relación de la PIP y la enzima alfa-amilasa responsable de la degradación de la Icodextrina. Los niveles bajos de esta enzima se han relacionado con la obesidad, el género femenino y la diabetes(111–114).

El D/P de creatinina a las 4 horas es el parámetro más utilizado para medir el transporte de solutos y sabemos que aquellos pacientes con un transporte peritoneal alto o rápido tienen una mayor UF con Icodextrina, un resultado constante en la literatura (161). Recientemente se ha planteado que la Icodextrina pueda predecir mejor los patrones de UF del paciente en DP que el TEP con glucosa al 3,86% (108). No hemos encontrado estudios, ni registros que relacionen un mayor IMC con una baja UF con Icodextrina (162,163) y no hay estudios que analicen específicamente las características de los pacientes con mayor déficit de UF con la Icodextrina.

Los enfermos con más PIP tienen una tendencia a tener menos UF, pero no se observan diferencias en el transporte de solutos ni de agua, aunque en base a todos los resultados obtenidos pensamos que la PIP puede ser responsable de una mayor reabsorción linfática y secundariamente de una UF menor neta, aunque esta conclusión necesita ser confirmada. Consideramos que ante situaciones de fallo de UF general o de falta de eficacia en la UF con Icodextrina sería recomendable realizara la medición de la PIP.

6.3 La PIP y la supervivencia de la técnica y del paciente en DP

Una mayor PIP se relacionó de forma independiente con la transferencia a HD y el fallo de la técnica (FTDP), considerado como exitus o transferencia a HD (THD); pero no de manera aislada con la mortalidad en DP. El valor de la PIP que consiguió optimizar la sensibilidad y especificidad para predecir el fallo de la técnica fue 16 cm H₂O. Una mayor edad, comorbilidad y presentar peritonitis durante el seguimiento, también se relacionaron con el fallo de la técnica.

El tiempo de seguimiento de nuestra cohorte ha sido similar a otras series y registros (118–122), con una mediana de tiempo de 2 años. También las características globales de los enfermos, con una edad media de 62 años, predominio de varones, con un gran porcentaje de diabéticos y elevada comorbilidad, es parecida a otras series (32,121,122,164,165). Como característica diferencial respecto a otros estudios, destacamos que nuestros enfermos eran más obesos, con un IMC medio de 27.7 kg/m² (32,121).

La muerte en DP se relacionó de forma independiente con una mayor edad, comorbilidad (recogida con el índice de Charlson sin edad) y un potasio sérico más bajo, resultados ya conocidos y registrados previamente (32,119,121,122,164). El síndrome metabólico se relaciona con aumento de mortalidad en ERC (166) y alguna serie ha relacionado específicamente la muerte en DP (123). No registramos específicamente este antecedente y desconocemos su prevalencia en esta serie. Otro estudio relaciono el sexo femenino y la DM con la muerte en DP (124) pero a pesar del elevado porcentaje de diabéticos en nuestra cohorte, ser diabético no fue un factor independiente de mortalidad. El potasio sérico bajo se ha relacionado con la mortalidad general en DP, reflejo de un deficiente estado nutricional y fragilidad (167). También se considera un factor predisponente para sufrir peritonitis (168,169) al favorecer el estreñimiento y con ello la translocación bacteriana intestinal. Estudios recientes plantean la suplementación con potasio oral a los pacientes en DP con niveles inferiores a 3.5 mEq/L (170,171).

La transferencia a HD se relacionó de manera independiente con una PIP más elevada y en el borde de la significación con una menor albúmina sérica. Estudios clásicos en DP asocian una albúmina baja con un peor pronóstico y mayor número de peritonitis (172,173). En una revisión sistemática de 2021 una albúmina elevada fue un factor protector en los pacientes en DP (119). En resumen, la albúmina es un reflejo de malnutrición, inflamación y fragilidad del paciente en DP, factores todos ellos implicados en la transferencia a HD y el fallo de la técnica.

Casi el 50% de las transferencias a HD en nuestra serie se relacionaron con una inadecuación de diálisis y dificultades para conseguir la normohidratación, aún en ausencia de fallo de membrana. El efecto que tiene una PIP elevada en disminuir la UF en DP es ya conocido (36,46) y se atribuye a una mayor reabsorción linfática y a la alteración de la presión hidrostática transcapilar (161). Así pues, una PIP elevada, con menor UF, podría favorecer la sobrecarga hídrica que es un predictor de mortalidad y de fallo de la técnica en DP (174).

El fallo de la técnica de DP, considerado como exitus o transferencia a HD. Tuvo una relación independiente con una mayor PIP. Solo el estudio de Outerelo en 2014 encuentra la implicación de la PIP con el fallo de la técnica (32). También fueron factores independientes del FTDP una mayor edad, comorbilidad y más número de peritonitis, resultados coincidentes con la mayoría de las publicaciones (32,119,121,122,124,164,175,176). Se sabe que tener peritonitis en DP favorece el fallo de la técnica (175), sobre todo si se presentan en los primeros 6 meses de DP (177), aunque las peritonitis se mantienen como causa de fallo de la técnica durante todas las etapas de la DP (178).

Hemos querido analizar el fallo de la técnica como muerte o transferencia a HD y también por separado. Es difícil discernir si una inadecuación de la técnica de DP conduce a una muerte precoz o no. Este tipo de análisis, incluir la muerte en el fallo de la técnica es habitual en los estudios de supervivencia en DP.

Tradicionalmente se ha considerado que una PIP superior a 18-20 cmH₂O es patológica (41). Gotloib demostró que una PIP>18 cmH₂O reduce un 25% la capacidad vital

pulmonar (21). Por este motivo analizamos las diferencias en los puntos de corte de la PIP de 18 y 20 cmH₂O, sin embargo, en nuestra población el valor de la PIP que predijo mejor el fallo de la técnica fue 16 cmH₂O. Solo contamos con una referencia en la literatura donde una PIP >13 cmH₂O se relacionó con la mortalidad en DP y la transferencia a HD (32), aunque en una población más joven, con menor IMC y comorbilidad. Posiblemente se deberá replantear los valores históricos que se han considerado patológicos en la PIP en DP.

Para explicar la relación de la PIP con el FTDP analizamos aquellos factores que en nuestra serie estaban implicados con una PIP elevada. El IMC es la variable que tiene una relación más intensa con la PIP, siendo una observación constante en la mayoría de los estudios (28,32,45–50). La fuerte asociación entre IMC y PIP podría hacernos pensar que el fallo de la técnica estaría mediado a través de un IMC elevado. Se ha descrito que pacientes con síndrome metabólico tienen mayor mortalidad en diálisis (123), pero también se da la paradoja de que enfermos con un IMC elevado, una gran masa muscular y un mejor estado nutricional, tienen una mayor supervivencia en tratamiento renal sustitutivo(179). En distintos registros, tanto un IMC alto como muy bajo son predictores de fallo de la técnica, aunque por razones muy diferentes (119,175). Recientes estudios en hemodiálisis relacionan la grasa intrabdominal (evaluada mediante tomografía axial computarizada) con la mortalidad(180,181), y se ha demostrado el aumento de esta en pacientes en DP (182). Nosotros no hemos evaluado la masa magra de los pacientes, ni evaluado la disposición de la grasa corporal total en nuestros pacientes. Estas dos variables posiblemente nos podrían dar más información que el IMC de manera aislada, insuficiente para poder valorar la composición corporal del paciente.

Otro resultado de interés ha sido que los enfermos con una PIP elevada tenían una menor creatinina sérica, hallazgo que podríamos interpretar como un dato indirecto de una menor masa muscular. Habitualmente la composición corporal en DP se evalúa mediante la bioimpedancia (183) y sabemos que la prevalencia de sarcopenia en DP es del 25,6% (184). Hay estudios que relacionan el grosor del músculo Psoas en DP con la creatinina sérica (185) y existen estudios en diálisis que utilizan el valor de la creatinina

en sangre y orina como marcador de la composición corporal, en concreto de la masa muscular(186).

Recientemente, se ha publicado por primera vez la influencia de una mayor PIP con la pérdida más rápida de la función renal residual en DP (187). Estos resultados deben ser tomados con precaución, pero aportan una hipótesis atractiva: un aumento de la PIP afecta a la fisiología renal, de manera que se pierde la función renal más rápidamente, igual que en el fracaso renal agudo de los enfermos críticos (7). Es conocido que la pérdida de la función renal residual en DP se relaciona con la mortalidad y la supervivencia de la técnica, lo que iría en consonancia con nuestros resultados. No hemos analizado la evolución de la función renal en el tiempo en nuestra serie.

Una valoración de la composición corporal y del estado de hidratación de nuestros enfermos mediante bioimpedancia hubiera aportado más información a nuestros resultados. Sabemos que la sobrehidratación es un predictor de mortalidad y de fallo de la técnica en DP (174). Además de la bioimpedancia tenemos otras herramientas actualmente para valorar la composición corporal: la ecografía del musculo recto para detectar sarcopenia y fuerza muscular (188), el POCUS (Point of Care Ultrasonography) para realizar una valoración más completa de la situación de congestión (189–191). De esta manera tendríamos una evaluación más exacta del estado de hidratación intra y extravascular del enfermo y de su composición corporal. No existen estudios que relacionen la PIP ni con la bioimpedancia, la ecografía muscular ni el POCUS. Actualmente la unidad de Hemodiálisis y DP del Hospital Germans Trias i Pujol de Badalona lidera un estudio nacional multicéntrico para valorar la sobrecarga hídrica mediante VEXUS de los enfermos en diálisis, y se ha incluido la PIP en DP como una variable a analizar, medida coincidiendo con el TEP basal.

Creemos que la PIP es una variable individual que engloba diferentes factores de riesgo pronóstico como la obesidad, la comorbilidad, la composición corporal, la sobrehidratación, la grasa abdominal y la masa muscular, lo que podría explicar su relación con el fallo de la técnica de DP. La PIP es un variable clínica de fácil

determinación para tener en cuenta en el seguimiento de los pacientes en DP y puede ayudarnos a anticiparnos al fallo de la técnica, además de planificar de manera segura para el paciente una transferencia a hemodiálisis en centro o hemodiálisis domiciliaria.

En enfermos con PIP elevada se deberían considerar estrategias para disminuir el IMC e individualizar la prescripción de DP, utilizando la DP automática con cicladora y disminuyendo el volumen de infusión diurno. De esta manera se podrían minimizar las consecuencias sobre el desarrollo de hernias, el déficit de UF y mejorar la supervivencia de la técnica de DP, aunque la confirmación de los beneficios de esta intervención deberían ser objetivo de otro estudio.

6.4. Limitaciones del estudio

- 1- Los resultados se basan en una única determinación de la PIP a los 3 meses del inicio de DP, no se han realizado determinaciones periódicas de la PIP en todos los pacientes del estudio. La mayor parte de los trabajos que valoran la PIP se basan en una única determinación y hay pocos estudios que realicen determinaciones de la PIP seriadas. En nuestra experiencia con el análisis de evolución temporal de la PIP en 45 enfermos, observamos que los enfermos no cambiaban su clasificación.

- 2- No se han tenido en cuenta otros factores que pueden modificar la determinación de la PIP como la ingesta, el estreñimiento o el contenido de la vejiga urinaria.

- 3- No se ha medido la reabsorción linfática de manera directa.

- 4- No se ha registrado el estado de hidratación ni de composición corporal de los enfermos.

- 5- No se ha registrado el estado nutricional, la masa muscular ni la fragilidad de los enfermos.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

1. Una PIP elevada en DP se relacionó con la aparición de hernias durante la evolución en DP. No encontramos relación entre la PIP y la aparición de fugas.
2. No se demostró relación de la PIP con el transporte de solutos, agua y el fallo de UF en el TEP con glucosa al 3.86%. Se observó una tendencia a que los enfermos con una PIP > 20 cmH₂O tuvieran más fallo de UF, sin constatar una mejoría evolutiva, en contraposición con el resto de los pacientes.
3. No se ha podido demostrar el efecto de la PIP en el déficit de UF con Icodextrina. No obstante; se ha observado una tendencia a que los enfermos con PIP elevada presentaran una menor UF con Icodextrina.
4. Confirmamos que la PIP tiene una gran variabilidad interindividual, siendo el IMC elevado el factor que tiene más influencia. Otros factores que también se relacionaron con la PIP fueron: una mayor comorbilidad, ser diabético y el antecedente de embarazos en mujeres.
5. La variabilidad intraindividual de la PIP aumenta con el transcurso del tiempo en DP, pero no determina cambios de clasificación entre PIP normal o alta.
6. Los enfermos con una PIP más elevada tuvieron más riesgo de fallo de la técnica (exitus o transferencia a HD), pero no de muerte en DP de manera aislada. El valor que mejor predijo el fallo de la técnica fue 16 cmH₂O.

PERSPECTIVAS FUTURAS

8. PERSPECTIVAS FUTURAS

Como perspectivas futuras nos planteamos afianzar la PIP en nuestra práctica clínica habitual:

1. Medir la PIP de forma periódica para confirmar su estabilidad o variabilidad a largo plazo y añadir a la medición la valoración de la hidratación y la composición corporal del enfermo.
2. Realizar un estudio de la implicación de la PIP en la pérdida de la función renal residual en DP.
3. Plantear un estudio de intervención en los casos de PIP inicial elevada para reducir el IMC, controlar la sobrehidratación y utilizar prescripciones de DP con bajo volumen diurno con el objetivo de valorar su efecto en evolución general del enfermo en DP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Milanesi R, Caregnato RCA. Intra-abdominal pressure: an integrative review. *Einstein (Sao Paulo)*. 2016;14(3):423–30.
2. Malbrain MLNG, Cheatham ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, De Waele J, et al. Results from the International Conference of Experts on Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. I. Definitions. *Intensive Care Med*. 2006; Nov;32(11):1722-32.
3. Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain MLNG, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: Updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med*. 2013;39(7):1190–206.
4. Kušar M, Djokić M, Djordjević S, Hribernik M, Krašna S, Trotošek B. Preliminary study of reliability of transcutaneous sensors in measuring intraabdominal pressure. *Sci Rep*. 2022;12(1):1–11.
5. Malbrain MLNG, De Laet I, Van Regenmortel N, Schoonheydt K, Dits H. Can the abdominal perimeter be used as an accurate estimation of intra-abdominal pressure? *Crit Care Med*. 2009;37(1):316–9.
6. Sugerman H, Windsor A, Bessos M, Wolfe L. Intra-abdominal pressure, sagittal abdominal diameter and obesity comorbidity. *J Intern Med*. 1997;241(1):71–9.
7. De Waele JJ, De Laet I, Kirkpatrick AW, Hoste E. Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. *American Journal of Kidney Diseases*. 2011;57(1):159–69.
8. Sun J, Sun H, Sun Z, Yang X, Zhou S, Wei J. Intra-abdominal hypertension and increased acute kidney injury risk: a systematic review and meta-analysis. *Journal of International Medical Research*. 2021;49(5). 3000605211016627.
9. Lambert DM, Marceau S, Forse RA. Intra-abdominal pressure in the morbidly obese. *Obes Surg*. 2005;15(9):1225–32.
10. Varela JE, Hinojosa M, Nguyen N. Correlations between intra-abdominal pressure and obesity-related co-morbidities. *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2009;5(5):524–8.
11. Sanchez NC, Tenofsky PL, Dort JM, Shen LY, Helmer SD, Smith RS. What is normal intra-abdominal pressure? *American Surgeon*. 2001 Mar;67(3):243-8.

12. Murtaza G, Pal KMI, Jajja MRN, Nawaz Z, Koondhar R, Nasim S. Intra-abdominal hypertension; incidence, prevalence and outcomes in a mixed intensive care unit: Prospective cohort study. *International Journal of Surgery*. 2015;19(2015):67–71.
13. Khot Z, Murphy PB, Sela N, Parry NG, Vogt K, Ball IM. Incidence of Intra-Abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome: A Systematic Review. *J Intensive Care Med*. 2021;36(2):197–202.
14. Mohmand H, Goldfarb S. Renal dysfunction associated with intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome. *J Am Soc Nephrol*. 2011 Apr;22(4):615–21.
15. Savino JA, Cerabona T, Agarwal N, Byrne D. Manipulation of ascitic fluid pressure in cirrhotics to optimize hemodynamic and renal function. *Ann Surg*. 1988 Oct;208(4):504–11.
16. De Laet IE, Malbrain MLNG, De Waele JJ. A Clinician's Guide to Management of Intra-Abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome in Critically Ill Patients. *Crit Care*. 2020;24(1):1–9.
17. Van Damme L, De Waele JJ. Effect of decompressive laparotomy on organ function in patients with abdominal compartment syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2018;22(1):1–11.
18. Al-Hwiesh A, Al-Mueilo S, Saeed I, Al-Muhanna FA. Intraperitoneal pressure and intra-abdominal pressure: Are they the same? *Peritoneal Dialysis International*. 2011;31(3):315–9.
19. Durand PY, Chanliau J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Routine measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Adv Perit Dial*. 1992;8(3):108–12.
20. Pierre Yves Ourand, Jacques Chanliau, Joel Gamberoni, Dominique Hestin MK. Evolution of Intraperitoneal Hydrostatic Pressure Following Peritoneal Catheter Implantation. *Adv Perit Dial*. 1993; 9:233–5.
21. Pierre Yves Durand, Jacques Chanliau, Joel Gamberoni, Dominique Hestin MK. APD: clinical measurement of the maximal acceptable intraperitoneal volume. *Perit Dial Int*. 1994; 10:63–7.
22. Durand PY, Chanliau J, Gambéroni J, Hestin D KM. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure: a necessary routine test in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 1996;16(Suppl 1):84–7.
23. Michel Fischbach, Philippe Desprez, Françoise Donnars JG. Hydrostatic intraperitoneal pressure in children on peritoneal dialysis: practical implications. An 18-month clinical experience. *Adv Perit Dial*. 1994; 10:294–6.

24. Michel Fischbach, Joelle Terzic, François Becmeur, Ahmed Lahlou, Philippe Desprez, Djamila Battouche JG. Relationship between intraperitoneal hydrostatic pressure and dialysate volume in children on PD. *Adv Perit Dial.* 1996; 12:330–4.
25. Fischbach M, Desprez P, Terzic J, Lahlou A, Mengus L, Geisert J. Use of intraperitoneal pressure, ultrafiltration and purification dwell times for individual peritoneal dialysis prescription in children. *Clin Nephrol.* 1996;46(1):14–6.
26. Fischbach M, Terzic J, Provot E, Weiss L, Bergere V, Menouer S SK. Intraperitoneal Pressure in children: FiLL- volume related and impacted by body mass index. *Peritoneal Dialysis International*; 2003 Jul-Aug;23(4):391-4.
27. Michel Fischbach, Joelle Terzic, Socaya Menouer, Valérie Bergere, Lilia Ferjani BH. Impact of fill volume changes on peritoneal dialysis tolerance and effectiveness in children. *Adv Perit Dial.* 2000; 16:321–3.
28. Fischbach M, Terzic J, Laugel V, Escande B, Dangelser C, Helmstetter A. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure: A useful tool for the improvement of dialysis dose prescription. *Pediatric Nephrology.* 2003. p. 976–80.
29. Schmitt CP, Zaloszc A, Schaefer B, Fischbach M. Peritoneal Dialysis Tailored to Pediatric Needs. *Int J Nephrol.* 2011:2011:940267.
30. Fischbach M, Terzic J, Menouer S, Haraldsson B. Optimal volume prescription for children on peritoneal dialysis. *Peritoneal Dialysis International.* 2001;20(6):603–6.
31. Warady BA, Schaefer F, Bagga A, Cano F, McCulloch M, Yap HK, et al. Prescribing peritoneal dialysis for high-quality care in children. *Peritoneal Dialysis International.* 2020;40(3):333–40.
32. Outerelo MC, Gouveia R, Teixeira F RA. Intraperitoneal Pressure Has a Prognostic Impact on Peritoneal Dialysis Patients. 2014; 34:652–4.
33. Fischbach M DC. Hydrostatic intraperitoneal pressure: an objective tool for analyzing individual tolerance of intraperitoneal volume. *Perit Dial Int.* 2005;25(4):338–9.
34. Sarkar S, Bernardini J, Fried L, Johnston JR, Piraino B. Tolerance of large exchange volumes by peritoneal dialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases.* 1999;33(6):1136–41.
35. Ferreira AC. Intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis patients: a need for treatment individualization. *Clin Kidney J.* 2023 Sep;16(9):1367–8.

36. Morelle J, Stachowska-Pietka J, Öberg C, Gadola L, La Milia V, Yu Z, et al. ISPD recommendations for the evaluation of peritoneal membrane dysfunction in adults: Classification, measurement, interpretation and rationale for intervention. *Peritoneal Dialysis International*. 2021;41(4):352–72.
37. Twardowski ZJ, Khanna R, Nolph KD, Scalamogna A, Metzler MH, Schneider TW, et al. Intraabdominal Pressures during Natural Activities in Patients Treated with Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. *Nephron*. 1986;44(2):129–35.
38. Thangarasa T, Foisy D, Leidecker J, Corsi DJ, Meggison H, Blew B, et al. In Search of a Simple and Reliable Method of Measuring Intra-abdominal Pressure in Peritoneal Dialysis Patients. *Can J Kidney Health Dis*. 2019; 6:2054358119892695.
39. Ma T, Li X, Hao J, Song D, Wang H, Liu T, et al. The prognostic values of estimating intraperitoneal pressure in the occurrence of abdominal wall complications in peritoneal dialysis patients. *J Nephrol*. 2024 Mar 21; DOI: 10.1007/s40620-024-01913-y.
40. Li X, Ma T, Hao J, Song D, Wang H, Liu T, et al. Novel equations for estimating intraperitoneal pressure among peritoneal dialysis patients. *Clin Kidney J*. 2023 Sep;16(9):1447–56.
41. Mathieu B PA. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Altir Nursing Team. Adv Perit Dial*. 1994; 10:59-62.
42. Sobrino-Pérez A, Pérez-Escudero A, Fernández-Arroyo L, Dorado-García A, Martín-Alcón B, Gutiérrez-Martín C, et al. Intraperitoneal pressure: Stability over time and validation of Durand's measurement method. *Perit Dial Int*. 2021 Jul;41(4):427–31.
43. María de Jesús Ventura, Dante Amato, Ricardo Correa–Rotter and RP. Relationship between fill volume intraperitoneal pressure, body size and subjective discomfort perception in CAPD patients. 2000 Mar-Apr;20(2):188-93.
44. Kevin P.G. Harris, Anne M. Keogh LA. PERITONEAL DIALYSIS FILL VOLUME: CAN THE PATIENT TELL THE DIFFERENCE? *Perit Dial Int*. 2001;21(suppl 3): S144-7.
45. Dejardin A, Robert A, Goffin E. Intraperitoneal pressure in PD patients: Relationship to intraperitoneal volume, body size and PD-related complications. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2007;22(5):1437–44.
46. Castellanos LB, Clemente EP, Cabañas CB, Parra DM, Contador MB, Morera JCO, et al. Clinical relevance of intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis patients. *Peritoneal Dialysis International*. 2017;37(5):562–7.

47. Scanziani R, Dozio B, Baragetti I, Maroni S. Intraperitoneal hydrostatic pressure and flow characteristics of peritoneal catheters in automated peritoneal dialysis. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2003;18(11):2391–8.
48. Giuliani A, Milan Manani S, Crepaldi C, Domenici A, Gastaldon F, Corradi V, et al. Intraperitoneal Pressure in Polycystic and Non-Polycystic Kidney Disease Patients, Treated by Peritoneal Dialysis. *Blood Purif*. 2020;49(6):670–6.
49. Sigogne M, Kanagaratnam L, Mora C, Pierre M, Petrache A, Marcus C, et al. Identification of the Factors Associated With Intraperitoneal Pressure in ADPKD Patients Treated With Peritoneal Dialysis. *Kidney Int Rep*. 2020;5(7):1007–13.
50. Pérez Díaz V, Sanz Ballesteros S, Hernández García E, Descalzo Casado E, Herguedas Callejo I, Ferrer Perales C. Intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis. Vol. 37, *Nefrologia*. 2017. p. 579–86.
51. María de Jesús Ventura, Dante Amato, Ricardo Correa–Rotter and RP. Relationship between fill volume, intraperitoneal pressure, body size, and subjective discomfort perception in CAPD patients. 2000; Mar-Apr;20(2):188–93.
52. Gotloib L, Mines M, Garmizo L, Varka I. Hemodynamic effects of increasing intraabdominal pressure in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 1981; 1:41–3.
53. Gotloib L, Garmizo L, Mines M. Reduction of vital capacity due to increased intra-abdominal pressure during peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 1981; 1:63–4.
54. Twardowski ZJ, Prowant BF, Nolph KD, Martinez AJ, Lampton LM. High volume, low frequency continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Kidney Int*. 1983;23(1):64–70.
55. Morris KP, Butt WW, Karl TR. Effect of peritoneal dialysis on intra-abdominal pressure and cardio-respiratory function in infants following cardiac surgery. *Cardiol Young*. 2004 Jun;14(3):293–8.
56. Verbeke F, Van Biesen W, Pletinck A, Van Bortel LM, Vanholder R. Acute central hemodynamic effects of a volume exchange in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 2008;28(2):142–8.
57. Durand, P. Y. Balteau P, Chanlianu J KM. Optimization of fill volumes in automated peritoneal dialysis. *Peritoneal Dialysis International*. 2000;20 Suppl 2:S83-8.
58. Pérez-Díaz V, Pérez-Escudero A, Sanz-Ballesteros S, Sánchez-García L, Hernández-García E, Oviedo-Gómez V, et al. Clinical relevance of marginal factors on ultrafiltration in peritoneal dialysis. *Peritoneal Dialysis International*. 2021;41(1):86–95.

59. Rippe B. IS INTRAPERITONEAL PRESSURE IMPORTANT? *Perit Dial Int.* 2006; 26:317–9.
60. Aranda RA, Romão JE, Kakehashi E, Domingos W, Sabbaga E, Marcondes M, et al. Intraperitoneal pressure and hernias in children on peritoneal dialysis. *Pediatric Nephrology.* 2000;14(1):22–4.
61. Mahase AS, Katyal A KR. Complication of peritoneal dialysis related to increased intra-abdominal pressure. *Advance in peritoneal dialysis.* 2003; 19:130–5.
62. Engeset J, Youngson GG. Ambulatory peritoneal dialysis and hernial complications. *Surgical Clinics of North America.* 1984;64(2):385–92.
63. Wetherington GM, Leapman SB, Robison RJ, Filo RS. Abdominal wall and inguinal hernias in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. *The American Journal of Surgery.* 1985;150(3):357–60.
64. Lilien TV, Salusky IB, Yab HK, Fonskalsrud EW FR. Hernias: a frequent complication in children treated with continuous peritoneal dialysis. *Am J Kidney Dis J Kidney Dis.* 1987;10(5):356–60.
65. Del Peso G, Bajo MA, Costero O, Hevia C, Gill F, Díaz C, et al. Risk factors for abdominal wall complications in peritoneal dialysis patients. *Peritoneal Dialysis International.* 2003;23(3):249–54.
66. Modi KB, Grant AC, Garret An RRS. Indirect inguinal hernia in CAPD patients with polycystic kidney disease. *Adv Perit Dial.* 1989; 5:84–6.
67. Morris-Stiff G, Coles G, Moore R, Jurewicz A, Lord R. Abdominal wall hernia in autosomal dominant polycystic kidney disease. *British Journal of Surgery.* 1997;84(5):615–7.
68. Afthentopoulos IE, Panduranga Rao S, Mathews R OD. Hernia development in CAPD patients and the effect of 2.5 l dialysate volume in selected patients. *Clin Nephron.* 1998;49(4):251–7.
69. Sarah I. Hussain, Judith Bernardini BP. The risk of hernia with large exchange volumes. *Adv Perit Dial.* 1998; 14:105–7.
70. Martinez-Mier G, Garcia-Almazan E, Reyes-Devesa HE, Garcia-Garcia V, Cano-Gutierrez S, Mora Y Fermin R, et al. Abdominal wall hernias in end-stage renal disease patients on peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 2008;28(4):391–6.
71. Hadimeri H, Johansson AC, Haraldsson B, Nyberg G. CAPD in patients with autosomal dominant polycystic kidney disease. *Perit Dial Int.* 1998;18(4):429–32.

72. Durand PY, Chanliau J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M. Intraperitoneal Pressure, Peritoneal Permeability and Volume of Ultrafiltration In CAPD. *Adv Perit Dial.* 1992; 8:22–5.
73. Enoch C, Aslam N, Piraino B. Intra-abdominal pressure, peritoneal dialysis exchange volume, and tolerance in APD. In: *Seminars in Dialysis.* 2002 Nov-Dec;15(6):403-6.
74. Paniagua R, Ventura Mde J, Rodríguez E, Sil J, Galindo T, Hurtado ME, Alcántara G, Chimalpopoca A, González I, Sanjurjo A, Barrón L, Amato D, Mujais S. IMPACT OF FILL VOLUME ON PERITONEAL CLEARANCES AND CYTOKINE APPEARANCE IN PERITONEAL DIALYSIS. *Perit Dial Int.* 2004;24(2):156–62.
75. Rusthoven E, van der Vlugt ME, van Lingen-van Bueren LJ, van Schaijk TC, Willems HL, Monnens LA, Schröder CH. EVALUATION OF INTRAPERITONEAL PRESSURE AND THE EFFECT OF DIFFERENT OSMOTIC AGENTS ON INTRAPERITONEAL PRESSURE IN CHILDREN. *Perit Dial Int.* 2005;25(4):352–6.
76. Ho-dac-Pannekeet MM, Schouten N, Langendijk MJ, Hiralall JK, de Waart DR, Struijk DG, et al. Peritoneal transport characteristics with glucose polymer-based dialysate. *Kidney Int.* 1996 Sep;50(3):979–86.
77. Olszowska A, Waniewski J, Stachowska-Pietka J, Garcia-Lopez E, Lindholm B, Wańkiewicz Z. Long Peritoneal Dialysis Dwells with Icodextrin: Kinetics of Transperitoneal Fluid and Polyglucose Transport. *Front Physiol.* 2019 Oct 29:10:1326.
78. Moberly JB, Mujais S, Gehr T, Hamburger R, Sprague S, Kucharski A, et al. Pharmacokinetics of icodextrin in peritoneal dialysis patients. *Kidney Int Suppl.* 2002;62(81): S23–33.
79. Guerrero A, Montes R, Martín-Herrera C, Ruiz A, Gallego T, Delgado-Pecellín C, et al. Test de equilibrio peritoneal con icodextrina y glucosa a distintas concentraciones. *Nefrologia.* 2002;22(4):340–7.
80. Akonur A, Holmes CJ, Leyboldt JK. Predicting the peritoneal absorption of icodextrin in rats and humans including the effect of α -amylase activity in dialysate. *Peritoneal Dialysis International.* 2015;35(3):288–96.
81. Leyboldt JK, Hoff CM, Akonur A, Holmes CJ. Low-polydispersity glucose polymers as osmotic agents for peritoneal dialysis. *Peritoneal Dialysis International.* 2015;35(4):428–35.
82. Finkelstein F, Healy H, Abu-Alfa A, Ahmad S, Brown F, Gehr T, et al. Superiority of icodextrin compared with 4.25% dextrose for peritoneal ultrafiltration. *J Am Soc Nephrol.* 2005 Feb;16(2):546–54.

83. Dousdampanis P, Trigka K, Chu M, Khan S, Venturoli D, Oreopoulos DG, et al. Two icodextrin exchanges per day in peritoneal dialysis patients with ultrafiltration failure: one center's experience and review of the literature. *Int Urol Nephrol*. 2011 Mar;43(1):203–9.
84. Awuah KT, Gorban-Brennan N, Yalamanchili HB, Finkelstein FO. Patients initiating peritoneal dialysis started on two icodextrin exchanges daily. *Adv Perit Dial*. 2013; 29:1–3.
85. Gobin J, Fernando S, Santacroce S, Finkelstein FO. The utility of two daytime icodextrin exchanges to reduce dextrose exposure in automated peritoneal dialysis patients: a pilot study of nine patients. *Blood Purif*. 2008;26(3):279–83.
86. Bajo MA, del Peso G, Sánchez-Villanueva R, Castro MJ, Aroeira L, Selgas R. [New peritoneal dialysis solutions and their combinations]. *Nefrologia*. 2008;28 Suppl 6:59–66.
87. Low S, Liew A. Peritoneal dialysis fluids. *Semin Dial*. 2024;37(1):10–23.
88. Htay H, Johnson DW, Wiggins KJ, Badve S V, Craig JC, Strippoli GF, et al. Biocompatible dialysis fluids for peritoneal dialysis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Oct 26;10(10):CD007554.
89. Oba I, Mori T, Chida M, Kurasawa N, Naganuma E, Sato E, et al. Glucose and Insulin Response to Peritoneal Dialysis Fluid in Diabetic and Nondiabetic Peritoneal Dialysis Patients. *Adv Perit Dial*. 2015; 31:11–6.
90. Babazono T, Nakamoto H, Kasai K, Kuriyama S, Sugimoto T, Nakayama M, et al. Effects of icodextrin on glycemic and lipid profiles in diabetic patients undergoing peritoneal dialysis. *Am J Nephrol*. 2007;27(4):409–15.
91. Lee SY, Chen YC, Tsai IC, Yen CJ, Chueh SN, Chuang HF, et al. Glycosylated hemoglobin and albumin-corrected fructosamine are good indicators for glycemic control in peritoneal dialysis patients. *PLoS One*. 2013;8(3): e57762.
92. Dasgupta MK. Strategies for managing diabetic patients on peritoneal dialysis. *Adv Perit Dial*. 2004; 20:200–2.
93. Bajo MA, Selgas R, del Peso G, Castro MJ, Hevia C, Gil F, et al. [Use of icodextrin for diurnal exchange in patients undergoing automatic peritoneal dialysis. Comparison with glucose solutions]. *Nefrologia*. 2002;22(4):348–55.
94. Cho Y, See EJ, Htay H, Hawley CM, Johnson DW. Early peritoneal dialysis technique failure: Review. *Peritoneal Dialysis International*. 2018;38(5):319–27.
95. Cho Y, Johnson DW, Badve S, Craig JC, Strippoli GFK, Wiggins KJ. Impact of icodextrin on clinical outcomes in peritoneal dialysis: a systematic review of

- randomized controlled trials. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2013 Jul;28(7):1899–907.
96. Yoon HE, Chang YK, Shin SJ, Choi BS, Kim BS, Park CW, et al. Benefits of a continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) technique with one icodextrin-containing and two biocompatible glucose-containing dialysates for preservation of residual renal function and biocompatibility in incident CAPD patients. *J Korean Med Sci*. 2014 Sep;29(9):1217–25.
 97. Konings CJAM, Kooman JP, Schonck M, Gladziwa U, Wirtz J, van den Wall Bake AW, et al. Effect of icodextrin on volume status, blood pressure and echocardiographic parameters: a randomized study. *Kidney Int*. 2003 Apr;63(4):1556–63.
 98. Borràs Sans M, Ponz Clemente E, Rodríguez Carmona A, Vera Rivera M, Pérez Fontán M, Quereda Rodríguez-Navarro C, et al. Guía clínica de adecuación y prescripción de la diálisis peritoneal. *Nefrología*. 2024 May; 44:1–29.
 99. Perl J, Fuller DS, Bieber BA, Boudville N, Kanjanabuch T, Ito Y, et al. Peritoneal Dialysis–Related Infection Rates and Outcomes: Results From the Peritoneal Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (PDOPPS). *American Journal of Kidney Diseases*. 2020;76(1):42–53.
 100. Wang IK, Chan CI, Lin AHF, Yu TM, Yen TH, Lai PC, et al. The impact of icodextrin on the outcomes of incident peritoneal dialysis patients. *PLoS One*. 2024;19(3): e0297688.
 101. Takatori Y, Akagi S, Sugiyama H, Inoue J, Kojo S, Morinaga H, et al. Icodextrin increases technique survival rate in peritoneal dialysis patients with diabetic nephropathy by improving body fluid management: a randomized controlled trial. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2011 Jun;6(6):1337–44.
 102. Han SH, Ahn SV, Yun JY, Tranaeus A, Han DS. Effects of icodextrin on patient survival and technique success in patients undergoing peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2012 May;27(5):2044–50.
 103. Wang IK, Li YF, Chen JH, Liang CC, Liu YL, Lin HH, et al. Icodextrin decreases technique failure and improves patient survival in peritoneal dialysis patients. *Nephrology (Carlton)*. 2015 Mar;20(3):161–7.
 104. Wang IK, Lu CY, Muo CH, Chang CT, Yen TH, Huang CC, et al. Analysis of technique and patient survival over time in patients undergoing peritoneal dialysis. *Int Urol Nephrol*. 2016 Jul;48(7):1177–85.

105. Venturoli D, Jeloka TK, Ersoy FF, Rippe B, Oreopoulos DG. The variability in ultrafiltration achieved with icodextrin, possibly explained. *Perit Dial Int.* 2009;29(4):415–21.
106. Stachowska-Pietka J, Waniewski J, Olszowska A, Garcia-Lopez E, Wankowicz Z, Lindholm B. Modelling of icodextrin hydrolysis and kinetics during peritoneal dialysis. *Sci Rep.* 2023 Apr 21;13(1):6526.
107. Twardowski ZJ, Nolph KD, Khanna R, Prowant BF, Ryan LP, Moore HL. Peritoneal equilibration test. *Perit Dial Bull.* 1987; 7:138–47.
108. Pereira L de J, Guimarães ÉA, Mohrbacher S, Pereira BJ, Elias RM, Abensur H. Use of icodextrin solution to evaluate peritoneal transport capacity. *Ther Apher Dial.* 2022 Feb;26(1):197–204.
109. Liakopoulos V, Zarogiannis S, Eleftheriadis T, Dovas S, Stefanidis I. Significant intra- and interpatient variation in ultrafiltration achieved by icodextrin in APD patients. *Perit Dial Int.* 2007;27(1):97–8.
110. Imholz AL, Brown CB, Koomen GC, Arisz L, Krediet RT. The effect of glucose polymers on water removal and protein clearances during CAPD. *Adv Perit Dial.* 1993; 9:25–30.
111. Paniagua R, García-López E, Ávila-Díaz M, Ventura M de J, Orihuela O, Prado-Urbe MDC, et al. Sex Modulates Cardiovascular Effects of Icodextrin-Based Peritoneal Dialysis Solutions. *Front Physiol.* 2022; 13:911072.
112. Viljakainen H, Andersson-Assarsson JC, Armenio M, Pekkinen M, Pettersson M, Valta H, et al. Low Copy Number of the AMY1 Locus Is Associated with Early-Onset Female Obesity in Finland. *PLoS One.* 2015;10(7): e0131883.
113. Nakajima K. Low serum amylase and obesity, diabetes and metabolic syndrome: A novel interpretation. *World J Diabetes.* 2016 Mar 25;7(6):112–21.
114. Al-Akl NS, Thompson RI, Arredouani A. Reduced odds of diabetes associated with high plasma salivary α -amylase activity in Qatari women: a cross-sectional study. *Sci Rep.* 2021 Jun 1;11(1):11495.
115. Leypoldt JK, Hoff CM, Piscopo D, Carr SN, Svatek JM, Holmes CJ. Ultrafiltration characteristics of glucose polymers with low polydispersity. *Perit Dial Int.* 2013;33(2):124–31.
116. Mikami N, Hamada R, Harada R, Hamasaki Y, Ishikura K, Honda M, et al. Factors related to ultrafiltration volume with icodextrin dialysate use in children. *Pediatric Nephrol.* 2023 Apr;38(4):1267–73.

117. A L Imholz 1, G C Koomen, D G Struijk, L Arisz RTK. Effect of an increased intraperitoneal pressure on fluid and solute transport during CAPD. *Kidney Int.* 1993;44(5):1078–85.
118. Beddhu S, Pappas LM, Ramkumar N, Samore M. Effects of body size and body composition on survival in hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology.* 2003;14(9):2366–72.
119. Zhang J, Lu X, Li H, Wang S. Risk factors for mortality in patients undergoing peritoneal dialysis: a systematic review and meta-analysis. *Ren Fail.* 2021;43(1):743–53.
120. Tao S, Zeng X, Liu J, Fu P. Socioeconomic status and mortality among dialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *Int Urol Nephrol.* 2019;51(3):509–18.
121. See EJ, Johnson DW, Hawley CM, Pascoe EM, Badve S V., Boudville N, et al. Risk Predictors and Causes of Technique Failure Within the First Year of Peritoneal Dialysis: An Australia and New Zealand Dialysis and Transplant Registry (ANZDATA) Study. *American Journal of Kidney Diseases.* 2018;72(2):188–97.
122. Chidambaram M, Bargman JM, Quinn RR, Austin PC, Hux JE, Laupacis A. Patient and physician predictors of peritoneal dialysis technique failure: A population based, retrospective cohort study. *Peritoneal Dialysis International.* 2011;31(5):565–73.
123. Upala S, Sanguankeo A. Metabolic syndrome increases mortality risk in dialysis patients: A systematic review and meta-analysis. *Int J Endocrinol Metab.* 2018 Feb 7; 16(2):e61201.
124. Chen JHC, Johnson DW, Wong G, Boudville N, Borlace M, Walker R, et al. Associations between diabetes and sex with peritoneal dialysis technique and patient survival: Results from the Australia and New Zealand Dialysis and Transplant Registry cohort study. *Peritoneal Dialysis International.* 2021;41(1):57–68.
125. Thangarasa T, Imtiaz R, Hiremath S, Zimmerman D. Physical Activity in Patients Treated with Peritoneal Dialysis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Can J Kidney Health Dis.* 2018; 5:2054358118779821.
126. Rusthoven E, van der Vlugt ME, van Lingen-van Bueren LJ, van Schaijk TC, Willems HL, Monnens LA, Schröder CH. EVALUATION OF INTRAPERITONEAL PRESSURE AND THE EFFECT OF DIFFERENT OSMOTIC AGENTS ON INTRAPERITONEAL PRESSURE IN CHILDREN. *Perit Dial Int.* 2005;25(4):352–6.

127. Ruggieri G, Rocca AR. Analysis of past and present methods of measuring and estimating body surface area and the resulting evaluation of its doubtful suitability to universal application. *Blood Purif.* 2010;30(4):296–305.
128. Engeset J, Youngson GG. Ambulatory peritoneal dialysis and hernial complications. *Surgical Clinics of North America* [Internet]. 1984;64(2):385–92.
129. Afthentopoulos IE, Panduranga Rao S, Mathews R OD. Hernia development in CAPD patients and the effect of 2.5 l dialysate volume in selected patients. *Clin Nephron.* 1998;49(4):251–7.
130. O'Connor JP, Rigby RJ, Hardie IR, Wall DR, Strong RW, Woodruff PWH, et al. Abdominal hernias complicating continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Am J Nephrol.* 1986;6(4):271–4.
131. Gracia Toledo M, Borràs Sans M, Gabarrell A, Durán J, Fernández Giráldez E. Factores de riesgo para desarrollar hernias abdominales en enfermos en diálisis peritoneal. *Nefrologia.* p. 218–9.
132. Van Dijk CMA, Ledesma SG, Teitelbaum I. Patient characteristics associated with defects of the peritoneal cavity boundary. *Perit Dial Int.* 2005 Jan 1;25(4):367–73.
133. Hernia Surge Group. International guidelines for groin hernia management. *Hernia.* 2018 Feb;22(1):1–165.
134. Louie M, Strassle PD, Moulder JK, Overby W. Risk factors for repeat hernia repair in women of childbearing age. *Hernia.* 2020 Jun;24(3):577–85.
135. Pivo S, Huynh D, Oh C, Towfigh S. Sex-based differences in inguinal hernia factors. *Surg Endosc.* 2023 Nov;37(11):8841–5.
136. Tokgoz B, Dogukan A, Guven M, Unluhizarci K, Oymak O, Utas C. Relationship between different body size indicators and hernia development in CAPD patients. *Clin Nephrol.* 2003;60(3):183–6.
137. Tanaka H, Kitazawa M, Miyagawa Y, Muranaka F, Tokumaru S, Nakamura S, et al. Risk factors for umbilical incisional hernia after laparoscopic colorectal surgery. *ANZ J Surg.* 2022 Dec;92(12):3219–23.
138. Pirson Y. Extrarenal manifestations of autosomal dominant polycystic kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2010 Mar;17(2):173–80.
139. Agarwal S, Gillis L, Wilkie M. Peritoneal Dialysis Care for People with Diabetes, Polycystic Kidney Disease, or Advanced Liver Disease. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2024 Jan 8; DOI: 10.2215/CJN.0000000000000420.

140. Sazhin A, Zolotukhin I, Seliverstov E, Nikishkov A, Shevtsov Y, Andriyashkin A, et al. Prevalence and risk factors for abdominal wall hernia in the general Russian population. *Hernia*. 2019;23(6):1237–42.
141. Ruhl CE, Everhart JE. Risk factors for inguinal hernia among adults in the US population. *Am J Epidemiol*. 2007 May 15;165(10):1154–61.
142. Jansen PL, Klinge U, Jansen M, Junge K. Risk factors for early recurrence after inguinal hernia repair. *BMC Surg*. 2009 Dec 9; 9:18.
143. Stachowska-Pietka J, Poleszczuk J, Flessner MF, Lindholm B, Waniewski J. Alterations of peritoneal transport characteristics in dialysis patients with ultrafiltration failure: tissue and capillary components. *Nephrol Dial Transplant*. 2019 May 1;34(5):864–70.
144. Mahale AS, Katyal A, Khanna R. Complications of peritoneal dialysis related to increased intra-abdominal pressure. *Adv Perit Dial*. 2003; 19:130–5.
145. Leblanc M, Ouimet D P, V. Dialysate leaks in peritoneal dialysis. *Semin Dial*. 2001; 14:50–4.
146. Albaz M, Kantarci G, Tuglular S, Tercüman N, Tetik G, Özener C. Causes of late leaks in peritoneal dialysis patients. *EDTNA-ERCA Journal*. 2002;28(4):170–2.
147. Twardowski ZJ. Peritoneal access: the past, present, and the future. *Contrib Nephrol*. 2006; 150:195–201.
148. Glavinovic T, Kashani M, Al-Sahlawi M, Anderson E, Freeman M, Dacouris N, et al. A Peritoneal Dialysis Access Quality Improvement Initiative: A Single-Center Experience. *Perit Dial Int*. 2019;39(5):437–46.
149. Cullis B, Al-Hwiesh A, Kilonzo K, McCulloch M, Niang A, Nourse P, et al. ISPD guidelines for peritoneal dialysis in acute kidney injury: 2020 update (adults). *Peritoneal Dialysis International*. 2021;41(1):15–31.
150. Crabtree JH, Shrestha BM, Chow KM, Figueiredo AE, Povlsen J V., Wilkie M, et al. Creating and Maintaining Optimal Peritoneal Dialysis Access in the Adult Patient: 2019 Update. *Perit Dial Int [Internet]*. 2019 Sep 1;39(5):414–36.
151. Tzamaloukas AH, Gibel LJ, Eisenberg B, Goldman RS, Kanig SP, Zager PG, Elledge L, Wood B, Simon D. Early and late peritoneal dialysate leaks in patients on CAPD. *Adv Perit Dial*. 1990; 6:64–71.
152. Shanmugalingam R, Makris A, Hassan HC, Li Y, DeGuzman I, Nandakoban H, et al. The Utility of Sonographic Assessment in Selecting Patients for Percutaneous Insertion of Peritoneal Dialysis Catheter. *Perit Dial Int*. 2017;37(4):434–42.

153. Granata A, Rahbari E, Di Nicolò P, Battaglia Y, Campo I, Fresilli D, et al. The Underrated Role of Ultrasound in Peritoneal Dialysis. *J Ultrasound Med.* 2022 Feb;41(2):301–10.
154. Hirsch DJ JK. late leaks in peritoneal dialysis patients. *Nephrology Dialysis Transplantation.* 1990; 6:670–1.
155. Leblanc M, Ouimet D, Pichette V. Dialysate Leaks in Peritoneal Dialysis. *Semin Dial.* 2008;14(1):50–4.
156. Flessner MF. Peritoneal ultrafiltration: physiology and failure. *Contrib Nephrol.* 2009;3(163):7–14.
157. T Wang 1, O Heimbürger, H Cheng, J Waniewski, J Bergström BL. Effect of increased dialysate fill volume on peritoneal fluid and solute transport. *Kidney Int.* 1997;52(4):1068–76.
158. M F Flessner, R L Dedrick JSS. A distributed model of peritoneal-plasma transport: theoretical considerations. *Am J Physiol.* 1984;246(4 pt 2):597–607.
159. Plum J, Gentile S, Verger C, Brunkhorst R, Bahner U, Faller B, et al. Efficacy and safety of a 7.5% icodextrin peritoneal dialysis solution in patients treated with automated peritoneal dialysis. *Am J Kidney Dis.* 2002 Apr;39(4):862–71.
160. Davies S, Zhao J, McCullough KP, Kim YL, Wang AYM, Badve S V., et al. International Icodextrin Use and Association with Peritoneal Membrane Function, Fluid Removal, Patient and Technique Survival. *Kidney360.* 2022;3(5):872–82.
161. Dart A, Feber J, Wong H, Filler G. Icodextrin re-absorption varies with age in children on automated peritoneal dialysis. *Pediatric Nephrol.* 2005 May;20(5):683–5.
162. Rangaswamy D, Guddattu V, Webster AC, Borlace M, Boudville N, Clayton P, et al. Icodextrin use for peritoneal dialysis in Australia: A cohort study using Australia and New Zealand Dialysis and Transplant Registry. *Perit Dial Int.* 2020 Mar;40(2):209–19.
163. Jeloka TK, Ersoy FF, Yavuz M, Sahu KM, Camsari T, Utaş C, et al. What is the optimal dwell time for maximizing ultrafiltration with icodextrin exchange in automated peritoneal dialysis patients? *Perit Dial Int.* 2006;26(3):336–40.
164. Hayat A, Saweirs W. Predictors of technique failure and mortality on peritoneal dialysis: An analysis of New Zealand peritoneal dialysis registry data. *Nephrology.* 2021;26(6):530–40.
165. Ben Salem M, Ayed A, Taieb SK, Handous I, Ben Saleh M, Hamouda M, et al. Peritoneal dialysis in Tunisia: Complications, technique and patient's survival

- (twenty-seven years of experience in a single center). *Pan African Medical Journal*. 2021 Jul 7:39:179.
166. Sanguankeo A, Upala S. Metabolic Syndrome Increases Mortality Risk in Dialysis Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Endocrinol Metab*. 2018 Apr;16(2): e61201.
 167. Keshaviah R, Louise M, Jindal K, Wayne D, Thorpe E, Bargman M, et al. Adequacy of Dialysis and Nutrition in Continuous Dialysis: Association with Clinical Outcomes. *J Am Soc Nephrol*. 1996;7(2):198–207.
 168. Ribeiro SC, Figueiredo AE, Barretti P, Pecoits-Filho R, De Moraes TP. Low serum potassium levels increase the infectious-caused mortality in peritoneal dialysis patients: A propensity-matched score study. *PLoS One*. 2015;10(6):1–13.
 169. Torlén K, Kalantar-Zadeh K, Molnar MZ, Vashistha T, Mehrotra R. Serum potassium and cause-specific mortality in a large peritoneal dialysis cohort. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2012;7(8):1272-84.
 170. Virojanawat M, Puapatanakul P, Chuengsaman P, Boonyakrai C, Buranaosot S, Katavetin P, Praditpornsilpa K, Eiam-Ong S, Kanjanabuch T. Hypokalemia in peritoneal dialysis patients in Thailand: the pivotal role of low potassium intake. *Int Urol Nephrol*. 2021;53(7):1463–71.
 171. Pichitporn W, Kanjanabuch T, Phannajit J, Puapatanakul P, Chuengsaman P, Parapiboon W, et al. Efficacy of Potassium Supplementation in Hypokalemic Patients Receiving Peritoneal Dialysis: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*. 2022;80(5):580-588.e1.
 172. Prasad N, Gupta A, Sharma RK, Sinha A KR. Impact of nutritional status on peritonitis in CAPD patients. *Peritoneal Dialysis International*. 2007;27(1):42–7.
 173. Tamayo Isla RA, Mapiye D, Swanepoel CR, Rozumyk N, Hubahib JE, Okpechi IG. Continuous ambulatory peritoneal dialysis in Limpopo province, South Africa: Predictors of patient and technique survival. *Peritoneal Dialysis International*. 2014;34(5):518–25.
 174. Shu Y, Liu J, Zeng X, Hong HG, Li Y, Zhong H, et al. The effect of overhydration on mortality and technique failure among peritoneal dialysis patients: A systematic review and meta-analysis. *Blood Purif*. 2018;46(4):350–8.
 175. Da Luz LG, Ankawi G, Digvijay K, Rosner MH, Ronco C. Technique Failure in Peritoneal Dialysis: Etiologies and Risk Assessment. *Blood Purif*. 2021;50(1):42–9.
 176. Kolesnyk I, Dekker FW, Boeschoten EW, Krediet RT. Time-dependent reasons for peritoneal dialysis technique failure and mortality. *Peritoneal Dialysis International*. 2010;30(2):170–7.

177. Lobbedez T, Verger C, Ryckelynck JP, Fabre E, Evans D. Is assisted peritoneal dialysis associated with technique survival when competing events are considered? *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2012;7(4):612–8.
178. Lan PG, Clayton PA, Johnson DW, McDonald SP, Borlace M, Badve S V., et al. Duration of hemodialysis following peritoneal dialysis cessation in Australia and New Zealand: Proposal for a standardized definition of technique failure. *Peritoneal Dialysis International*. 2016;36(6):623–30.
179. Park J, Ahmadi SF, Streja E, Molnar MZ, Flegal KM, Gillen D, et al. Obesity paradox in end-stage kidney disease patients. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014;56(4):415–25.
180. Kojima S, Usui N, Shigetake M, Uehata A, Inatsu A, Ando S, et al. Intramuscular and abdominal fat measured by computed tomography and mortality of hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2024 Jan 31;39(2):286–96.
181. Iida T, Morimoto S, Okuda H, Amari Y, Yurugi T, Nakajima F, et al. Impact of Abdominal Fat Distribution on Mortality and Its Changes Over Time in Patients Undergoing Hemodialysis: A Prospective Cohort Study. *J Ren Nutr*. 2023 Jul;33(4):575–83.
182. Fernström A, Hylander B, Moritz A, Jacobsson H, Rössner S. Increase of intra-abdominal fat in patients treated with continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 1998;18(2):166–71.
183. Do JY, Kang SH. Association Between Peritonitis and Low Muscle Mass in Peritoneal Dialysis Patients. *J Ren Nutr*. 2020 Jul;30(4):341–6.
184. Wathanavasin W, Banjongjit A, Avihingsanon Y, Praditpornsilpa K, Tungsanga K, Eiam-Ong S, et al. Prevalence of Sarcopenia and Its Impact on Cardiovascular Events and Mortality among Dialysis Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022 Sep 30;14(19).
185. Hirata M, Ito K, Ookawara S, Tanno K, Morino J, Minato S, et al. Factors Affecting Psoas Muscle Mass Index in Patients Undergoing Peritoneal Dialysis. *Cureus*. 2024 Mar;16(3): e56347.
186. De Mattos AM, Ovidio PP, Jordão AA, Da Costa JAC, Chiarello PG. Association of body fat with inflammation in peritoneal dialysis. *Inflammation*. 2013;36(3):689–95.
187. Zhang J, Song L, Ma Z, Sun L, Wang X, Liu D, et al. Intra-abdominal pressure and residual renal function decline in peritoneal dialysis: a threshold-based investigation. *Ren Fail*. 2024 Dec;46(1):2312535.

188. De Luis Roman D, García Almeida JM, Bellido Guerrero D, Guzmán Rolo G, Martín A, Primo Martín D, et al. Ultrasound Cut-Off Values for Rectus Femoris for Detecting Sarcopenia in Patients with Nutritional Risk. *Nutrients*. 2024 May 21;16(11):1552.
189. Paudel K, Kausik T, Visser A, Ramballi C, Fan SL. Comparing lung ultrasound with bioimpedance spectroscopy for evaluating hydration in peritoneal dialysis patients. *Nephrology (Carlton)*. 2015 Jan;20(1):1–5.
190. Soomro QH, Amerling R. Point-of-care ultrasound in nephrology. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2021 Mar 1;30(2):176–83.
191. Romero-González G, Manrique J, Slon-Roblero MF, Husain-Syed F, De la Espriella R, Ferrari F, et al. PoCUS in nephrology: a new tool to improve our diagnostic skills. *Clin Kidney J*. 2023 Feb;16(2):218–29.

ANEXOS

10. ANEXOS

10.1. Publicación 1

Castellanos LB, Clemente EP, Cabañas CB, Parra DM, Contador MB, Morera JCO, Daly JA.
Clinical Relevance of Intraperitoneal Pressure in Peritoneal Dialysis Patients. Perit Dial
Int. 2017 Sep-Oct; 37(5):562-567.doi: 10.3747/pdi.2016.00267. Epub 2017 Jul 11.
PMID: 28698250

CLINICAL RELEVANCE OF INTRAPERITONEAL PRESSURE IN PERITONEAL DIALYSIS PATIENTS

Loreley Betancourt Castellanos,¹ Esther Ponz Clemente,¹ Conchita Blasco Cabañas,¹ Dolors Marquina Parra,¹ Mabel Bolós Contador,¹ Juan Carlos Oliva,² and Jaume Almirall Daly¹

Department of Nephrology,¹ Statistics Unit,² Parc Taulí Sabadell, Department of Medicine UAB, University Hospital, Barcelona, Spain

◆ **Introduction:** Intraperitoneal pressure (IPP) in peritoneal dialysis (PD) increases in sitting and upright positions and is related to some individual characteristics. Adverse effects can appear with IPP > 20 cm H₂O. Few studies about peritoneal transport or abdominal wall problems have directly measured IPP. We measured IPP in our prevalent PD patients to identify the clinical factors related to its variability and its possible association with peritoneal transport and abdominal wall complications.

◆ **Methods:** We performed a retrospective, observational study of our stable PD patients. Intraperitoneal pressure was measured using the Durand's method in supine, sitting, and upright position.

◆ **Results:** Forty-nine patients were included, 70 % males, mean age 61.1 ± 15 years, body mass index (BMI) 27.9 ± 5.2 kg/m². The mean of supine IPP was 18.0 ± 4.4 cm H₂O. Intraperitoneal pressure in sitting and upright positions were similar and higher than in supine. Supine IPP showed a positive correlation with BMI ($p < 0.0005$) and comorbidity ($p < 0.05$). A multivariate linear regression analysis showed that BMI and comorbidity ($p < 0.005$) had a positive correlation with IPP; time on PD and daily total ultrafiltration (UF) ($p < 0.005$) showed a negative correlation. Patients with an IPP ≥ 20 cm H₂O had more hernias (35% vs 17%) and leakages (21% vs 8%) without statistical significance.

◆ **Conclusion:** Our supine IPPs were higher than others published in adults. Intraperitoneal pressure has an individual value associated with body size. Greater IPP was correlated with lower daily total UF and more hernias and leakages. The measurement of IPP is a simple technique and can help with PD prescription, especially in obese patients.

Perit Dial Int: inPress

<https://doi.org/10.3747/pdi.2016.00267>

KEY WORDS: Intraperitoneal pressure; peritoneal dialysis; leaks; hernias; peritoneal transport; ultrafiltration failure.

Intra-abdominal pressure (IAP) is the pressure created within the abdominal cavity. It has become an important clinical parameter in surgical and intensive care units (1). Increased IAP may lead to hemodynamic complications. An IAP level

Correspondence to: L. Betancourt, Parc Taulí Sabadell, University Hospital, Parc Taulí 1, 08208, Barcelona, Spain.

LBetancourt@tauli.cat

Received 21 October 2016; accepted 2 March 2017.

above 12 cm H₂O is considered pathological. A transient increase in IAP may occur during Valsalva manoeuvres such as coughing and sneezing, and IAP progressively rises during pregnancy or in the presence of ascites. Peritoneal dialysis (PD) is also associated with increased IAP (2). A recent study performed on PD patients demonstrated that IAP measured through an intravesical catheter and intraperitoneal pressure (IPP) measured through peritoneal catheter with the patient in supine position were equivalent (3).

Several authors have analyzed the clinical factors involved in IPP variations in PD patients (2,4–7). The method described by Durand *et al.* (8) is the most frequently used for IPP measurement with 0 point located on the axillary line of the subject in strict supine position. Normal IPP with an intraperitoneal volume (IPV) of 1,000 mL/m² is 10 ± 2 cm H₂O in children and 12 ± 2 cm H₂O in adults for 2 L intraperitoneal volume (IPV) (9,10). An IPP above 18 – 20 cm H₂O is considered pathological. During the last 2 decades of the 20th century, attention was drawn to IPP and its clinical effects. Currently, it is only routinely determined in pediatric PD units. Present guidelines do not recommend the IPP measurement in adults and it is rarely recorded.

Intraperitoneal pressure is position-dependent (supine, sitting, and upright) and increases with any manoeuvre that contracts the abdominal wall. Twardowski demonstrated that coughing and jumping were the physical activities that most elevate IPP (2). Intraperitoneal pressure correlates positively with the increase of IPV (11,12). Other factors, such as age, gender, body mass index (BMI), and body surface area (BSA), can have an impact on IPP for a fixed IPV, determining an individual IPP based on personal characteristics (5,9,13).

The possible consequences of a high IPP in PD patients are diverse: hemodynamic alterations that affect cardiopulmonary function and peritoneal transport with a reduction of net ultrafiltration (UF) and incidence of complications of the abdominal wall such as hernias and leakages (7,14–17). Most studies published point to the possible implication of IPP in the development of hernias and leakages, but only few studies directly measure IPP. Consequently, the results obtained are inconclusive.

The objective of our study was to measure the IPP level in our prevalent PD patients and identify the individual clinical factors

involved in its variability and its possible association with complications of the abdominal wall and peritoneal transport.

MATERIALS AND METHODS

This was a retrospective, transversal, observational study of our prevalent PD patients during 2010–2012. Intraperitoneal pressure was measured in all our stable patients on PD for more than 3 months; patients with complications were excluded (heart and liver failure, fluid overload, and peritonitis). The present study corresponds to the first descriptive phase of a broader study about the correlation between IPP and dyspepsia in PD patients. The project was approved by the Institutional Research and Ethical Committee of our center. Written informed consent was obtained from all patients.

Intraperitoneal pressure was measured using the technique described by Durand *et al.* in 1992 (8), with patients in strict supine position and the abdomen full of the daily usual IPV. A twin-bag is connected to the catheter and the empty drainage bag is hung in a stand with a scale graduated in centimeters and a perpendicular stick. Zero level is set at the medial axillary line. The connection catheter is then opened and the drainage line is filled with dialysis fluid. Once the column level is stabilized, IPP values are recorded at inspiration and expiration and mean is calculated, expressed in cm H₂O. At the same time, IPP measurements in sitting and upright position are repeated, considering 0 level the anterosuperior iliac spine. We opted to consider the 0 level in sitting/upright position on the anterosuperior iliac spine because it is easier and more reproducible than other positions such as symphysis pubis. Once measurements were taken, drainage was performed and drain volume recorded. In some patients, another IPP measurement was taken after a period of 4–8 weeks.

The procedure was performed during a morning routine visit at the PD unit by an expert nurse with the IPV prescribed for the daytime dwell. If patients were on dry day dwell, 2 L of PD solution (Physioneal 1.36%; Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA) were infused.

The following data were recorded: demographic (age, sex), anthropometric (BMI, BSA, waist circumference), chronic kidney disease (CKD) etiology, Charlson comorbidity index (including age), polycystic kidney disease, previous abdominal surgery and presence of hernias, catheter technique placement, time on PD, type of PD, prescribed day and night IPV, adequacy and peritoneal function using peritoneal equilibration test (PET) data, number of peritonitis episodes, hernias, and leakages developed during PD treatment. A PET was performed using 2 L of Physioneal of 3.86 % glucose at 2–3 months after PD starts and every year, or when considered convenient because of clinical changes.

STATISTICAL ANALYSIS

Data are expressed as mean and standard deviation (SD) for quantitative variables and relative frequencies for qualitative variables. The relationship between IPP and the clinical variables

was analyzed by univariate and multivariate linear regression. A Chi-squared test was used to compare qualitative variables and a Mann-Whitney test was used for quantitative variables.

Significant variables in univariate analyses were used to develop appropriate multiple linear regression. The variables were: age, BMI, BSA, waist circumference, Charlson comorbidity index, months on PD, daily usual UF, IPV, leaks, and hernias. A backward step procedure was used to build the multivariate model. A statistical significance level of 0.05 was used. All analyses were made using a standard statistical package (SPSS 18.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTS

A total of 49 patients were studied, 70 % males, mean age 61.1 ± 15 years. The etiology of CKD was diabetic nephropathy in 16 patients, glomerulopathy in 6; polycystic disease in 3; nephroangiosclerosis in 10, unknown in 7, and other in 7. Twenty-eight patients were diabetic (57%). The mean Charlson comorbidity index was 7.73 ± 3.3, BMI was 27.9 ± 5.2 kg/m², average time on PD was 16 ± 14 months and 41% of patients were on automated PD, and 67% used icodextrin. The average prescribed IPV was 1,602 ± 652 mL during the day and 2,063 ± 257 mL during the night. The placement of catheters was performed by laparoscopic surgical technique in 56% of patients; the remainder were placed by the nephrology PD staff using a percutaneous technique. Twenty-seven percent of patients had abdominal surgery and only 4% had hernias before starting PD (Table 1). During 2010–2012, the incidence of peritonitis was 1 episode every 41.8 months.

The main IPP in supine position was 18.0 ± 4.4 cm H₂O (range: 9.5–28.0 cm H₂O) with a mean IPV of 2,171 ± 406 mL;

TABLE 1
Patient Characteristics

Variable (n=49)	Mean±SD	Range
Age (years)	61.1±15	23–84
Gender (women/men)	15/34	—
BMI (kg/m ²)	27.9±5.2	19–44
BSA (m ²)	1.8±0.24	1.48–2.38
Waist circumference (cm)	106±14	76–134
Charlson comorbidity index	7.73±3.3	2–15
Diabetes (yes/no)	28/21	—
CAPD/APD	29/20	—
Months on PD	16±14	3–58
Urine volume (mL)	1,265±998	0–3,800
IPV day (mL)	1,602±652	100–2,100
IPV night (mL)	2,063±257	1,500–2,800
PD catheter insertion (percutaneous/laparoscopy)	22/27	—

SD = standard deviation; BMI = body mass index; BSA = body surface area; CAPD = continuous ambulatory peritoneal dialysis; APD = automated peritoneal dialysis; PD = peritoneal dialysis; IPV = intraperitoneal volume.

33% of patients had an IPP ≥ 20 cm H₂O. Intraperitoneal pressure was measured simultaneously in supine and in sitting and upright positions in 28 patients (57%), with a mean of 30.06 ± 6.14 cm H₂O and 29.48 ± 5.8 cm H₂O, respectively, with an excellent correlation with IPP in supine position ($r = 0.59, p < 0.005$). The IPP measurement in supine position was repeated in 50% of patients, obtaining a good correlation ($r = 0.66, p < 0.0005$).

Intraperitoneal pressure correlated positively with weight ($r = 0.68, p < 0.005$), BMI, ($r = 0.69, p < 0.0005$), BSA ($r = 0.45, p < 0.005$), waist circumference ($r = 0.67, p < 0.005$), and comorbidity ($r = 0.35, p < 0.05$) (Figure 1).

No correlation was observed between IPP and age, gender, CKD etiology, presence of diabetes, prescribed day and night IPV, and IPV during IPP measurement, catheter insertion technique, PD technique, peritoneal transport, UF failure, number of peritonitis episodes, and the new onset of hernias and leakages during PD. The results did not change after repeating data analysis considering the adjustment of IPP with IPV (IPP/IPV) (results not shown).

The multivariate analysis considering supine IPP as a dependent variable showed that BMI and comorbidity maintain their positive significance ($p < 0.005$). Two variables showed

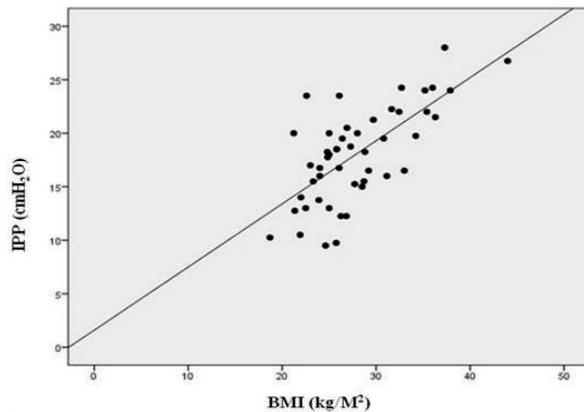


Figure 1 — Positive correlation between IPP and BMI in the whole population. IPP = intraperitoneal pressure; BMI = body mass index.

TABLE 2
Multiple Regression Analysis of Predictors of High IPP in All Study Subjects

Variable	B	Standard Error	P
Constant	5.820	2.507	0.025
BMI	0.462	0.089	0.0005
Charlson	0.387	0.140	0.009
Months of PD	-0.096	0.030	0.003
Daily usual UF	-0.002	0.001	0.044

IPP = intraperitoneal pressure; BMI = body mass index; PD = peritoneal dialysis; UF = ultrafiltration.

a negative correlation with IPP: months on PD and total daily UF ($p < 0.005$) (Table 2).

Patients with an IPP ≥ 20 cm H₂O had a higher BMI (31.67 ± 6.1 kg/m²) compared with those with an IPP < 20 cm H₂O (25.9 ± 3.4 kg/m², $p < 0.005$), higher BSA (1.92 ± 0.2 m² vs 1.78 ± 0.2 m², $p < 0.05$), and greater waist circumference (117.38 ± 14 cm vs 101.33 ± 10.5 cm, $p < 0.005$). There were no differences between age, gender, and IPV in IPP measurement ($2,167 \pm 466$ mL vs $2,180 \pm 271$ mL) (Table 3).

A retrospective study of the complications of the abdominal wall recorded 11 hernias and 6 pericatheter leakages in 15 patients (30.6%). When IPP was considered as a continuous variable, there was no correlation with the presence of hernias or leakages, although patients with an IPP ≥ 20 cm H₂O had a higher rate of hernias (35% vs 17%) and pericatheter leakages (21% vs 8%) without statistical significance (Table 3). Patients with laparoscopic catheter insertion suffered from more hernias (30% vs 13%) and leakages (19% vs 4%) than those whose catheters were inserted by nephrology staff (non-statistical significance).

Complete baseline PET data regarding peritoneal transport was available for 43 of the 49 patients (88%), and 21 patients (43%) had 2 PETs: at baseline and at 1-year follow-up. No statistical relationship between peritoneal transport and IPP considering baseline PET was observed. These results were probably not statistically significant because of the small sample. It is important to stress that patients with IPP ≥ 20 cm H₂O are more frequently high or high-average transporters (14 PET in 16 patients, 4 high transporters, and 9 high-average transporters, 92%) than patients with IPP < 20 (29 PET in 33 patients, 4 high transporters, and 16 high-average transporters, 69%). Furthermore, the patients with IPP ≥ 20 cm H₂O had a higher prevalence of UF failure at PD start (7 out of 14, 50%) that did not improve at 15 – 36 months

TABLE 3
Comparison of Patients' Characteristics with IPP ≥ 20 cm H₂O or < 20 cm H₂O

Variable	IPP ≥ 20 cm H ₂ O (n=16)	IPP < 20 cm H ₂ O (n=33)	P value
Age (years)	60.72 \pm 12	61.28 \pm 17	0.9
BMI (kg/m ²)	31.67 \pm 6.1	25.9 \pm 3.4	<0.005
BSA (m ²)	1.92 \pm 0.2	1.78 \pm 0.2	<0.05
Waist circumference (cm)	117.38 \pm 14	101.33 \pm 10.5	<0.005
Charlson comorbidity index	8.18 \pm 2.9	7.5 \pm 3.6	0.48
Months on PD	12.24 \pm 9.7	19.19 \pm 15.4	0.06
Daily usual UF (L)	662.5 \pm 345	954 \pm 379	<0.05
IPV (mL)	2,167 \pm 466	2,180 \pm 271	0.44
Leaks (%)	35	17	0.40
Hernias (%)	21	8	0.48

IPP = intraperitoneal pressure; BMI = body mass index; BSA = body surface area; PD = peritoneal dialysis; UF = ultrafiltration; IPV = intraperitoneal volume.

follow-up. Conversely, patients with an IPP < 20 cm H₂O had less prevalence of UF failure at PD start (12 of 29, 41%) and presented a partial correction of the UF deficit with an increase of UF of 35% compared with baseline values. These results were not statistically significant. Table 4 shows the comparison of the average UF in baseline PET and during evolution according to IPP value \geq or < 20 cm H₂O in patients with complete data.

DISCUSSION

Our results show that our PD patients presented a supine mean IPP of 18.0 ± 4.4 cm H₂O for a mean IPV of $2,171 \pm 406$ mL, and a very similar IPP in sitting and upright positions (30.06 ± 6.14 cm H₂O and 29.48 ± 5.8 cm H₂O, respectively). Supine IPP showed a positive correlation with BMI, BSA, waist circumference, and comorbidity. After a multivariate logistic regression analysis, 2 variables had an independent positive correlation with IPP: BMI and comorbidity, and 2 had a negative correlation: time on PD and daily total UF. No correlation was found between IPP and IPV, complications of the abdominal wall, and peritoneal transport.

The normal values considered for supine IPP in adults are 12 ± 2 cm H₂O for an IPV of 2 liters (10). Our IPP measurements in supine are higher than those observed in other studies in adults (4,8,17–19), except in a Mexican study of 81 patients where the mean IPP was 18.9 ± 5.9 cm H₂O in men and 16.5 ± 5.7 cm H₂O in women (6). These discrepancies may be explained by a different 0 level from the technique described by Durand *et al.* Classical studies report that IPP is higher in the sitting than in the upright position, and lowest in supine (2,20,21). Our results showed an average increase in sitting and upright IPP with respect to supine IPP of 12 cm H₂O. However, similar levels of IPP in sitting and upright position were observed. These differences may be explained by the measurement method, as classical studies use a direct transducer while we opted for the Durand method.

An IPP higher than 18 – 20 cm H₂O is considered pathological (4,6,8,11,14). Surprisingly, 33% of our patients had an IPP ≥ 20 cm H₂O. As IPP has a strong correlation with BMI, excess weight (mean BMI 27.9 ± 5 kg/m²) may explain these differences. Durand *et al.* refer to an IPP of 13.4 ± 2.3 cm H₂O in 27 patients with a mean BMI of 23.8 kg/m² and Scanziani an IPP of 13.3 ± 2.6 cm H₂O in 20 patients with a mean BMI of 25.3 kg/m² (8,19). Recently, Outerelo *et al.* found an IPP of 18.8 ± 5.2 cm H₂O, very close to our results, in 54 patients who were thinner than ours (mean BMI 24.7 ± 3.4 kg/m²) but with a higher IPV of $2,749 \pm 308$ mL (22). It is known that IPP increases about 2 – 4 cm H₂O for each liter of IPV. These results are consequently concordant with ours: IPP increases linearly with IPV and BMI.

Intraperitoneal pressure is influenced by different patient-specific factors, not all related to IPV. In our observation, IPP was not related to any IPV (day or night prescription or IPV during IPP measurement), but showed a strong association with BMI. This association between IPP and BMI has already

TABLE 4
Evolution of UF in PET

	UF–PET 1 (3 months)	UF–PET 2 (15–36 months)
IPP ≥ 20 cm H ₂ O (n=5)	300 \pm 188 mL	341 \pm 125 mL
IPP < 20 cm H ₂ O (n=16)	438 \pm 206 mL	594 \pm 285 mL

UF = ultrafiltration; PET = peritoneal equilibration test; IPP = intraperitoneal pressure.

been described in children and adults (2,7,9,19). No correlation of IPP with age and gender was observed in our sample, although some authors encountered a high IPP in males and in older adults and older children (2,5,6,9). Intraperitoneal pressure was also associated with waist circumference, an indicative parameter of central obesity, and never previously studied in PD patients, while it was related to IAP in critical and surgical patients (23). Our results show that IPP decreased with time on PD. This phenomenon has already been described in children and adults and may be explained by the accommodation of the abdominal wall (5,10). Regarding comorbidity, few studies have recorded this variable, and only 1 showed no relationship between IPP and diabetes mellitus (7). Likewise, in patients from intensive care or with previous abdominal surgery, IAP was higher in the more comorbid patients and especially in the obese (23). In our study, the Charlson comorbidity index maintained this positive relation with IPP in the multivariate analysis.

Complications of the abdominal wall, especially hernias, have been associated with older males with a high BMI and polycystic disease (24,25). Some authors found that only a previous history of hernia favors the appearance of a new hernia during PD (26). Although all the studies conducted so far describe high IPP as a possible cause of abdominal wall complications, only a few authors directly measured IPP (7,8,17). To our knowledge, only 1 pediatric study associated a higher IPP with the development of hernias (17). Eleven of our 49 patients developed hernias and 6 pericatheter leakages. Patients with an IPP ≥ 20 cm H₂O presented a greater prevalence of hernias and leakages but without statistical significance. Only 3 of the patients were polycystic, and pericatheter leakage occurred in 2. Pericatheter leakage was more frequent in women with 2 to 4 pregnancies. Hernias were more frequent in obese men. In our sample, hernias and leakages were often the consequence of a sudden IPP increase resulting from Valsalva manoeuvres and/or catheter dysfunction. Finally, we did not observe any statistically significant association between IPP and the appearance of hernias and leakages, although they were more frequent in patients with IPP ≥ 20 cm H₂O. Other factors, such as individual characteristics of the abdominal wall, may be more determining.

The negative consequences of an elevated IPP in PD patients can affect hemodynamic vascular parameters and peritoneal transport, favouring UF failure. In our study, patients with

lower levels of total daily UF had a higher IPP. Furthermore, patients with higher IPP had a worse UF during PET with a higher prevalence of UF failure and did not improve with evolution. Ultrafiltration failure related to a higher IPP may be explained by the decrease of transcapillary UF and the increase of lymphatic reabsorption and fluid absorption to adjacent tissues.

Currently, adult PD units do not use IPP measurements in their routine schedule, and IPV prescription is based on BSA (27). As IPP is strongly associated with BMI, it seems reasonable to individualize prescriptions according to BMI. We suggest considering BMI for PD prescription, above all in obese patients, controlling IPV during the daytime in order to minimize abdominal wall complications and UF failure. As demonstrated by Outerelo *et al.* (22), an elevated IPP is associated with high mortality and technical failure that may be related to its effect on the peritoneal transport, favouring volume overload and enhancing the increase of inflammatory substances.

Several limitations of our study should be mentioned: the small number of patients in a single center; the few complications of the abdominal wall evaluated retrospectively; intraperitoneal pressure was measured only once and without a prospective survey of IPP variations with time on PD and with different IPV.

CONCLUSION

The supine IPP levels recorded in the present study were higher than those published in adults, and 33% were ≥ 20 cm H₂O. Higher BMI, waist circumference, and comorbidity were associated with a higher IPP. More time on PD and more total daily UF correlated with lower IPP. No association between IPP and IPV was observed. Patients with an IPP ≥ 20 cm H₂O have more hernias and leakages.

We conclude that IPP has an individual value, more associated with patients' individual characteristics such as body size, especially BMI, than with IPV. Each patient has a baseline level of IPP, sometimes higher than 20 cm H₂O, and an increase of IPV prescription, especially in the daytime, may be deleterious.

The measurement of IPP is a simple technique that may be performed during the first PET. The results obtained may be useful for PD prescription to adjust daytime IPV, especially in obese patients and in those with predisposing factors to develop hernias and/or leakages. Considering body size, particularly BMI, is important to optimize IPV prescription and avoid complications of the abdominal wall and UF failure.

DISCLOSURES

The authors have no financial conflicts of interest to declare.

REFERENCES

1. Malbrain ML, Cheatham ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, De Waele J, *et al.* Results from the International Conference of Experts on Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. I. Definitions. *Intensive Care Med* 2006; 32:1722–32.
2. Twardowski ZJ, Khanna R, Nolph KD, Scalapogna A, Metzler MH, Scheineider TW, *et al.* Intraabdominal pressures during natural activities in patients treated with continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Nephron* 1986; 44:129–35.
3. Al-Hwiesh A, Al-Mueilo S, Saeed I, Al-Muhanna FA. Intraperitoneal pressure and intra-abdominal pressure: are they the same? *Perit Dial Int* 2011; 31:315–9.
4. Durand PY, Chanliou J, Gambéroni J, Hestin D, Kessler M. APD: clinical measurement of the maximal acceptable intraperitoneal volume. *Adv Perit Dial* 1994; 10:63–7.
5. 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.
6. Ventura MJ, 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.
7. De Jardin 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.
8. Durand PY, Chanliou J, Gambéroni J, Hestin D, Kessler M. Routine measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Adv Perit Dial* 1992; 8:108–12.
9. Fischbach M, Terzic J, Provot E, Weiss L, Bergere V, Menouer S, Soulamli K. Intraperitoneal pressure in children: fill-volume related and impacted by body mass index. *Perit Dial Int* 2003; 23:391–4.
10. Durand PY, Chanliou J, Gambéroni J, Hestin D, Kessler M. Measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure: a necessary routine test in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 1996; 16(Suppl 1):84–7.
11. Fischbach M, Terzic J, Menouer S, Bergere V, Ferjani L, Haraldsson B. Impact of fill volume change of peritoneal dialysis tolerance and effectiveness in children. *Adv Perit Dial* 2000; 16:321–3.
12. Durand PY, Balteau P, Chanliou J, Kessler M. Optimization of fill volume in automated peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 2000; 20:601–2.
13. Fischbach M, Dheu C. Hydrostatic intraperitoneal pressure: an objective tool for analyzing individual tolerance of intraperitoneal volume. *Perit Dial Int* 2005; 25:338–9.
14. Gotloib L, Garmizo L, Varak I, Mines M. Reduction of vital capacity due to increased intraabdominal pressure during peritoneal dialysis. *Perit Dial Bull* 1981; 1:63–4.
15. Gotloib L, Mines M, Garmizo L, Varak I. Hemodynamic effects of increasing intraabdominal pressure during peritoneal dialysis. *Perit Dial Bull* 1981; 1:41–4.
16. Durand PY, Chanliou J, Gambéroni J, Hestin D, Kessler M. Intraperitoneal hydrostatic pressure and ultrafiltration volume in CAPD. *Adv Perit Dial* 1993; 9:46–8.
17. Aranda RA, Romão JE Jr., 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.
18. Harris KP, Keogh AM, Alderson L. Peritoneal dialysis fill volume: can the patient tell the difference? *Perit Dial Int* 2001; 21(Suppl 3):S144–7.
19. 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.
20. Twardowski ZJ, Prowant BF, Nolph KD, Martinez AJ, Lampton LM. High volume, low frequency continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Kidney Int* 1983; 23:64–70.
21. Imholz AL, Koomen GC, Voorn WJ, Struijk DJ, 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.
22. Outerelo MC, Gouveia R, Teixeira e Costa F, Ramos A. Intraperitoneal pressure has a prognostic impact on peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2014; 34:652–4.
23. Sugerman H, Windsor A, Bessos M, Wolfe L. Intra-abdominal pressure, sagittal abdominal diameter and obesity comorbidity. *J Intern Med* 1997; 241(1):71–9.

BETANCOURT *et al.**inPress*

PDI

24. 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.
25. Martínez-Mier G, García-Almazan E, Reyes-Devesa HE, García-García V, Cano-Gutiérrez S, Mora y Fermin R, *et al.* Abdominal wall hernias in end-stage renal disease patients on peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 2008; 28: 391–6.
26. Gracia M, Borràs M, Gabarrell A, Durán J, Fernández E. Risk factors for abdominal hernias in patients undergoing peritoneal dialysis. *Nefrología* 2011; 31:218–9.
27. II. NKF-K/DOQI clinical practice guidelines for peritoneal dialysis adequacy: update 2000. *Am J Kidney Dis* 2001; 37(Suppl 1):65–136.

10.2. Publicación 2

Betancourt L, Pico S, Rojas E, Gordo MJ, Oliva JC, Almirall J, Ponz E. **“Relationship between intraperitoneal pressure and the development of hernias in peritoneal dialysis: confirmation for the first time of a widely accepted concept”**. Int Urol Nephrol. 2024 Feb; 56 (2):759-765. doi: 10.1007/s11255-023-03663-5. Epub 2023 Aug 11. PMID: 37566322



Relationship between intraperitoneal pressure and the development of hernias in peritoneal dialysis: confirmation for the first time of a widely accepted concept

Loreley Betancourt^{1,2} · Sandy Pico^{1,2} · Estefania Rojas^{1,2} · Maria Jose Gordo^{1,2} · Juan Carlos Oliva³ · Jaime Almirall^{1,2} · Esther Ponz^{1,2}

Received: 24 March 2023 / Accepted: 6 June 2023 / Published online: 11 August 2023
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2023

Abstract

Background Intraperitoneal pressure (IPP) in peritoneal dialysis (PD) is an individual characteristic that can be modified by posture and intraperitoneal volume (IPV). It is considered one of the predisposing factors for complications in the abdominal wall, such as the appearance of hernias. No studies to date have confirmed this. The main aim of this study was to assess the relationship between the development of hernia in incident PD patients and IPP measured at PD onset.

Methods A prospective observational study of incident patients in a PD programme between 2010 and 2020. IPP was measured using the Durand's method.

Results One hundred and twenty-four incident patients on PD, 68% male, mean age 62.1 ± 15.23 years, body mass index (BMI) 27.7 ± 4.82 kg/m², 44% were diabetic. IPP in supine was 16.6 ± 4.60 cm H₂O for a mean IPV of 2047.1 ± 359.19 mL. Hernias were reported in 18.5% of patients during PD follow-up: 57% were inguinal hernias, 33% umbilical, and a further 10% presented in a combined form. PD hernias correlated positively with IPP in supine position ($p=0.037$), patient age ($p=0.008$), BMI ($p=0.043$), a history of prior hernia (0.016), laparoscopic catheter placement ($p=0.026$), and technique failure ($p=0.012$). In the multivariate analysis, a higher IPP was independently related to the development of hernias ($p=0.028$).

Conclusions The development of hernias in PD was related to a higher IPP at PD onset, older age, higher BMI, history of prior hernia, catheter placement by laparoscopy, and technique failure.

Keywords Abdominal wall · Hernias · Intraperitoneal pressure · Leaks · Peritoneal dialysis

Introduction

One of the complications of peritoneal dialysis (PD) is the increase of intra-abdominal pressure (IAP). A study conducted among PD patients showed that IAP measured through a urinary catheter is equivalent to the intraperitoneal pressure (IPP) that is measured through the PD catheter with the patient in supine position [1]. The most widely used method for measuring IPP in PD units is that described

by Durand, connecting a twin bag to the PD catheter with the patient in supine position [2]. This method was recently validated by a Spanish study group who connected a central venous pressure system open to atmospheric pressure to a three-way connector located between the peritoneal catheter and the PD bag [3].

IPP is an individual variable in patients on PD. The IPP is influenced by several factors: it increases with the Body Mass Index (BMI), [4–10], comorbidities [6, 9], and the prescribed intraperitoneal volume (IPV). An increase of 1 cm H₂O for every 500 mL of IPV can be observed on the basal value of IPP [4]. Similarly, upright position, physical activity, Valsalva manoeuvres, and jumping also produce an increase in IPP [11].

IPP is valued systematically in paediatric PD units to prevent abdominal wall complications [12], adjust dialysis infusion, and optimise ultrafiltration [13]. In adult PD units, IPP is not routinely measured, although recent guidelines for

✉ Loreley Betancourt
lbetancourt@tauli.cat

¹ Department of Nephrology, Parc Tauli Sabadell, University Hospital, Parc Tauli 1, 08208 Sabadell, Barcelona, Spain

² Department of Medicine UAB, Barcelona, Spain

³ Department of Medicine UAB, Statistics Unit, Parc Tauli Sabadell, University Hospital, Barcelona, Spain

assessing dysfunction of the peritoneal membrane in adults recommend measuring IPP as an additional test in research studies [14].

In adults, IPP is considered pathological if it is higher than 18–20 cm of H₂O and associated with a reduction in vital lung capacity [15]. Possible consequences of a high IPP in patients on PD include: harmful haemodynamic effects, decrease in vital lung capacity [16, 17], lower ultrafiltration rate [13, 18, 19], and abdominal wall complications [4, 12, 16, 17].

Abdominal wall complications are more frequent in PD than in haemodialysis (HD), and are consequently attributed to the prescribed IPV that increases IPP. Abdominal wall complications in PD are related to technique failure, especially in the first few months [20]. Anatomical and hydrostatic factors intervene in the aetiology of hernia in the PD population [21]. Other factors include: older age, polycystic kidney disease (PKD), BMI, multiparity, and a history of prior hernia [22–24]. IPP has always been considered a predisposing factor for abdominal wall complications, but no studies in adults have confirmed this hypothesis.

A high IPP has been related to the appearance of hernias and leakages in the paediatric PD population [12].

The main aim of our study was to assess the relationship between the IPP measured at the start of the technique and the appearance of hernias in incident patients on PD. The secondary aim was to study the factors related to IPP in our PD population.

Materials and methods

This was a prospective, observational study of our stable PD incident patients during the years 2010–2020. IPP was measured at 2–3 months after starting PD, coinciding with the first peritoneal equilibration test (PET). This study was approved by the Institutional Ethics and Research Committee (CEIm) of the Parc Taulí University Hospital in Sabadell (Barcelona), reference number: 2020/700. Written informed consent was obtained from all patients.

Two puncture techniques were used for catheter placement: Y-TEC trocar and Seldinger technique. The peritoneal dialysis catheter was inserted into the peritoneal cavity through a paramedian incision; the catheter passed through the body of the rectus muscle. The deep catheter cuff was placed in the thickness of the rectus muscle. The external cuff was placed in the subcutaneous tunnel and the exit site was oriented, so that the catheter is directed either inferiorly.

Laparoscopic procedures were performed under general anesthesia in operating room environment. A trocar with umbilical location was used for the camera with a diameter of 10 mm. The laparoscope was used to simply monitor the positioning of the catheter tip within the peritoneal.

IPP was measured using the technique described by Durand et al. in 1992 [2]. Two measurements are made, while the patient remains in supine position and horizontal plane. The IPV being the volume drained prior to PET. A twin bag is connected to the catheter and an empty drainage bag is hung on a stand with a scale graduated in centimetres and a perpendicular stick. Zero level is set at the medial axillary line. The connection catheter is then opened and the drainage line is filled with dialysis fluid. After stabilisation of the column level, IPP values are recorded the first after deep inspiration and the second after deep expiration and the mean is calculated. Once measured, the patient's abdominal fluid is emptied and the drain volume recorded. Results are expressed in cm of H₂O. The procedure is repeated in a sitting position, considering the anterior superior iliac spine as level 0. The measurement is taken by trained nurses in the PD unit, following a long dwell of 2 L of PD solution (Physioneal 2.27%; Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA).

The following data were recorded: demographic (age, gender), anthropometric (weight, size, and BMI), history of arterial hypertension, diabetes mellitus (DM), aetiology of chronic kidney disease (CKD), Charlson Comorbidity Index (CCI) (excluding age), history of PKD, number of pregnancies, prior abdominal surgery, prior abdominal hernia, and catheter placement technique. At the end of the monitoring, the following information was recorded: prescribed PD technique, peritoneal function, number of peritonitis episodes, appearance of hernias, and leakages. End of treatment was recorded and technique failure was defined as death or transfer to HD.

Statistical analysis

Quantitative variables were described as mean \pm standard deviation (SD) and qualitative variables as frequencies and percentages. Univariate association between the appearance of hernias and qualitative variables was evaluated with the Chi-squared test and for quantitative variables by means t-student test. Significant variables at *p* value of <0.2 were introduced in a multivariate logistic model and only those with significant level *p* value <0.05 were retained in the final model.

Results

A total of 124 incident patients on PD were studied, 68% were male with a mean age of 62.1 ± 15.23 years, BMI of 27.7 ± 4.82 kg/m²; 44% were diabetic, and 4% had a history of PKD. With reference to comorbidity, they presented a mean CCI of 4.8 ± 1.92 . A history of previous surgery was found in 13% and 8.9% had a history of treated abdominal

hernias. PD catheter was placed in 71% of cases by a trained nephrologist by percutaneous technique and in 29% by laparoscopy. The mean follow-up time was 21.36 months (range: 9.56–40.7). In 38.3% of patients, automated peritoneal dialysis was initially performed, and 76% began on a wet day with mean daily volume of 1527.8 ± 798.06 mL. Mean residual diuresis was 1367.8 ± 781.01 mL (Table 1).

IPP in supine position presented a mean of 16.6 ± 4.60 cm H₂O (range: 6.5–28.5) per mean IPV of 2047.1 ± 359.19 mL, 25.8% had an IPP ≥ 20 cm H₂O. Mean IPP in a seated position was 27.8 ± 5.22 cm H₂O (range: 15.5–41.0) with an excellent correlation between both ($r = 0.644$, $P < 0.001$). In seated position, IPP increase was $75 \pm 40\%$ compared to supine.

Hernias developed in 18.5% of the patients during PD follow-up: 57% inguinal, 33% umbilical, and 10% presented a combination of both. A mean time of 7.9 months (range: 3.1–17.4) was calculated from PD catheter placement to the appearance of the hernia and 48% of the recorded hernias presented in the first 6 months following PD onset. The coincidence of hernias and leaks almost reached significant levels ($p = 0.053$) in 32% of patients. Leaks appeared in the first 30 days of catheter placement in 36% of cases.

Table 1 Patient characteristics

Variable	N (n = 124)
Demographics	
Age (years)	62.1 ± 15.23
Gender men, n (%)	85 (68.5)
BMI (kg/m ²)	27.7 ± 4.82
Comorbidities	
Charlson Comorbidity Index	4.8 ± 1.92
Diabetes mellitus, n (%)	54 (43.5)
Cause of renal disease (DM/HTA), n (%)	76 (61.3)
History of prior hernia, n (%)	11 (8.9)
History of PKD n (%)	5 (4.0)
History of abdominal surgery, n (%)	17 (13.7)
Variables related to PD	
CAPD, n (%)	76 (61.2)
Icodextrin use, n (%)	85 (68.5)
IPV day (mL)	1527.8 ± 798.06
IPV night (mL)	2064.8 ± 220.85
Urine volume (mL)	1367.8 ± 781.01
IPP supine position (cm H ₂ O)	16.6 ± 4.60
IPP upright position (cm H ₂ O)	27.8 ± 5.22
IPV (IPP) (mL)	2047.1 ± 359.19
Hernias in PD n (%)	23 (18.5)
Peritoneal Leaks n (%)	25 (20.1)

BMI body mass index, *DM* diabetes mellitus, *HTA* arterial hypertension, *PKD* polycystic kidney disease, *CAPD* continuous ambulatory peritoneal dialysis, *IPV* intraperitoneal volume, *IPP* intraperitoneal pressure, *PD* peritoneal dialysis

In relation to gender, 21% of males developed hernias vs. 12.8% of females, without statistical significance ($p = 0.22$). No woman without previous pregnancy developed hernias during PD follow-up. History of hernia prior to PD correlated positively with the development of hernias in PD ($p = 0.016$). Regarding catheter placement technique, 30.6% of patients whose catheter was placed using laparoscopy developed hernias, versus 20% ($p = 0.026$) when placement was done by percutaneous technique. The peritoneal dialysis catheter was placed by laparoscopy in 37 patients; 11 of them developed hernias. Five patients (13.5%) presented umbilical hernias and two of them combined umbilical and inguinal hernias. The peritoneal dialysis catheter was placed by puncture techniques in 87 patients; only 4 (4.5%) umbilical hernias were recorded. No incisional hernia was developed in the entry site of the peritoneal catheter.

The appearance of hernias in PD correlated positively with IPP in supine position ($p = 0.037$), patient age ($p = 0.008$), and BMI ($p = 0.043$). There was no relationship with CKD aetiology, DM, CCI, history of PKD, or prior abdominal surgery (Table 2). In the multivariate analysis, the presence of hernia in PD was considered the dependent variable, and a lower D/P creatinine ($p = 0.042$) and higher IPP ($p = 0.028$) were significant (Table 3) (Fig. 1). We studied the variables related to the D/P creatinine and found that the D/P creatinine inferior to 0.70 was associated with female gender ($p = 0.024$) and a history of PQR ($p = 0.023$). Patients with hernias in PD presented more technique failure (death or transfer to HD) compared to patients without hernias, 65% vs. 36.6% ($p = 0.012$).

IPP was positively related to age ($r = 0.290$, $p = 0.001$), BMI ($r = 0.569$, $p < 0.001$), CCI ($r = 0.344$, $p < 0.001$), a history of DM ($p = 0.001$), pregnancies ($p = 0.034$), and females with 3 or more pregnancies ($p = 0.001$). It is interesting to highlight a negative correlation between IPP and serum creatinine ($r = 0.210$ and $p = 0.019$). There was no relationship of IPP to gender, history of PKD, causes of CKD, history of prior hernia, prior abdominal surgery, or type of PD (Table 4, Fig. 2).

Discussion

The appearance of hernias in patients on PD has been related to older age, higher BMI, and a history of prior abdominal hernia. According to available published studies, a relationship between high IPP and the development of hernias has been shown in PD for the first time in adults. High IPP is related to higher BMI, older age, greater comorbidity, history of DM, and multiparity.

Hernias are a frequent complication in the adult PD population; several series document an incidence of between 11 and 25%, with a predominance of inguinal

Table 2 Comparative characteristics of patient with and without hernias

Variable	With hernias (N=23)	Without hernias (N=101)	P
Age (years)	67.6 ± 9.02	60.9 ± 16.10	0.008
Men/women n (%)	18 (21.2)/5 (12.8)	67 (78.8)/34 (87.2)	0.266
Diabetes mellitus (Si/No) n (%)	9 (16.4)/14 (20.3)	46 (83.6)/55 (79.7)	0.576
History of previous hernia (Si/No) n (%)	5 (45.5)/18 (15.9)	6 (54.5)/95 (84.1)	0.016
History of PKD (Si/No) n (%)	2 (40)/21 (17)	3 (60.0)/98 (82.4)	0.208
Pregnancy (Si /No) n (%)	5 (16.7)/0 (0)	25 (83.3)/9 (100)	0.190
BMI (kg/m ²)	29.5 ± 5.36	27.3 ± 4.67	0.043
Serum creatinine (mg/dL)	6.8 ± 2.15	6.7 ± 2.54	0.851
Charlson Comorbidity Index	5.1 ± 2.38	4.7 ± 1.86	0.392
IPP supine position (cm H ₂ O)	18.4 ± 4.58	16.2 ± 4.52	0.037
IPP upright position (cm H ₂ O)	29.7 ± 5.04	27.3 ± 5.19	0.071
PD catheter insertion n (%)			
Laparoscopy	11 (30.6)	25 (69.4)	0.026
Percutaneous (Y-TEC)	9 (20.0)	36 (80.0)	
Percutaneous (Seldinger)	3 (7.0)	40 (93.0)	
CAPD/APD n (%)	13 (16.5)/10 (22.2)	66 (83.5)/35 (77.8)	0.427
Peritoneal leaks (Si/ No) n (%)	8 (32.0)/15(15.2)	17 (68.0)/84 (84.8)	0.053
Peritonitis (Si/No) n (%)	13 (25.0)/10 (15.5)	30 (75.0)/71 (84.5)	0.202
Death/transfer to HD (Si/No) n (%)	15 (28.8)/8 (11.5)	37 (71.2)/64 (88.5)	0.012

PKD polycystic kidney disease, BMI body mass index, PD peritoneal dialysis, IPP intraperitoneal pressure, CAPD continuous ambulatory peritoneal dialysis, APD automatic peritoneal dialysis, HD haemodialysis

Table 3 Risk factor for hernias development

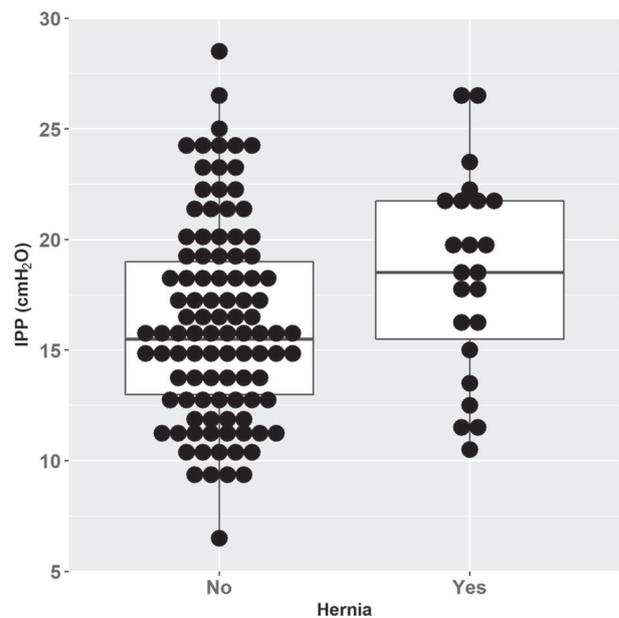
	Odds ratio	95% Confidence interval	P value
D/P creatinine	0.003	(0.000–0.649)	0.034
IPP	1.131	(1.014–1.262)	0.028

Multivariate model

IPP intraperitoneal pressure

and umbilical hernias [21, 22, 25, 26]. A similar incidence (18.5%) was found in our population, with a predominance of inguinal (57%) and umbilical (33%) hernias. The mean time from catheter placement to the appearance of hernia was 7.9 months, while in the literature, there is a great variability of time, which fluctuates between 5 and 16 months [22–24]. Hernias were more frequently found in males, 21.2% vs. 12.8% in females, without reaching statistical significance, in concordance with most authors [23, 27, 28]. In our study, females without previous pregnancies did not develop hernias in PD. An increase in hernias in women with more than three pregnancies was observed [22, 25]. Pregnancy produces a physiological increase in IAP and may be a predisposing factor for future abdominal wall problems.

Patients with a history of abdominal hernias are considered at risk of developing hernias in PD. This finding is in agreement with the previous studies [22, 24].

**Fig. 1** IPP and development of hernias in PD. IPP intraperitoneal pressure

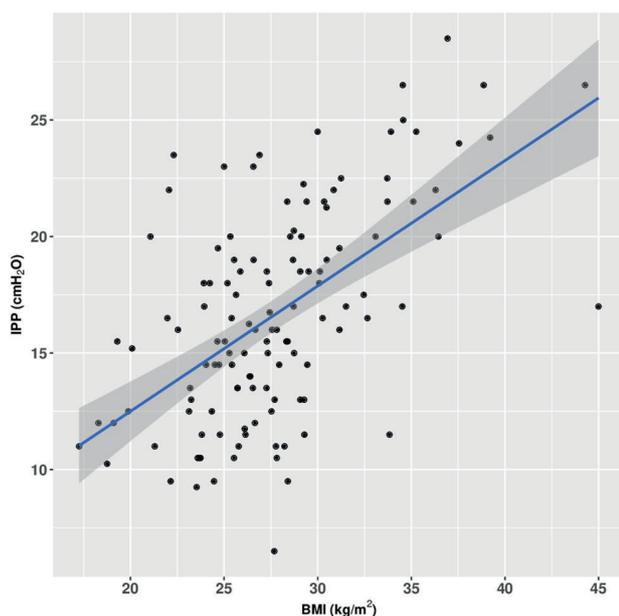
In relation to catheter placement, 30% of patients with catheters placed by laparoscopy developed hernias in comparison to 20% where a percutaneous technique was used, with a statistically significant relationship. The laparoscopic

Table 4 Risk factor for high IPP

Variable	Estimated value β	R	P
Age (years)	0.088	0.290	0.001
BMI (kg/m ²)	0.538	0.569	<0.001
Serum creatinine (mg/dL)	-0.143	0.21	0.019
Creatinine clearance (mL/minute)	0.187	0.217	0.019
Charlson comorbidity index	0.803	0.344	<0.001
IPV day (mL)	-0.001	0.113	0.216
IPV night (mL)	-7.515	0.058	0.523
IPV (IPP) (mL)	0.001	0.110	0.222
Urine volume (mL)	0.001	0.214	0.017

Univariate model

BMI body mass index, IPV intraperitoneal volume, IPP intraperitoneal pressure

**Fig. 2** Positive correlation between IPP and BMI. BMI body mass index, IPP intraperitoneal pressure

technique increases the appearance of umbilical hernias in comparison of puncture technique (14.5% vs. 4.5%), although some patients had a combined hernia (umbilical and inguinal). It is not recommended to use insert the laparoscopic trocar with umbilical location to avoid the future incisional hernias [29]. This is a possible explanation for this result in addition to patients' comorbidity, and it advises us to review our technical procedures.

No relationship was established with CKD aetiology, history of DM or of PKD: of the five patients with PKD in our series, two presented hernias. It is well known that 10% of PKD patients may present abdominal hernias among

possible extra-renal manifestations [40]. Several studies report that a history of PKD predisposes the development of hernias in PD [23, 30–32]. The small number of patients with PKD in our series and the short follow-up may determine the absence of statistical significance in our results.

A relationship with older age, higher BMI, and higher IPP was found in the appearance of hernias. With regard to age, one study found that patients over 40 have a higher risk of presenting hernias [22]; the remaining series do not consider it a predisposing factor [23–25, 28, 33, 34]. These results may be related to our mean age of 62 years, higher than other series. BMI in the general population is associated with greater risk of hernia, especially umbilical [23], and is consistent with our results. In 2003, del Peso et al. found BMI to be a factor of risk for presenting complications in the abdominal wall, but was more closely associated to leakages [33]. However, in some PD patients, low weight has been reported to be a risk factor for presenting hernias, possibly associated with muscular wall weakness and malnutrition [33]. In 2011, Gracia et al. failed to find any relationship between hernias and BMI [24].

We must note that high IPP has a statistically independent relationship to hernias in PD. Hernias are included systematically in all reviews on complications related to the IPP increase in PD [35]. This relationship has been studied and shown in the paediatric population [12] but has not been confirmed in the adult PD population, although several authors have recorded a trend towards statistical significance [5, 6]. Multivariate analysis found that a lower D/P creatinine in the first PET is associated with hernias in PD. To our knowledge, no similar results have been reported in other studies.

The development of hernias in PD was related to technique failure defined as death or transfer to HD. Approximately 9% of the causes of early failure were related to abdominal wall complications such as hernias [29, 30]. In our PD patients, hernias were related to older age and higher BMI, factors of mortality risk in the general population which also account for these results.

Patient with hernias in PD also presented leaks in 32%, often simultaneously. This may be related to abdominal wall defect [36, 37]. Late leakages are considered unpredictable, and are related to female gender in some reviews [38, 39]. In our series, 36% of the recorded leakages appeared in the first 30 days following catheter placement. Some studies have reported that older age and high BMI are predisposing factors to leakages [23], but there are no published studies that relate them to IPP. We also failed to establish this relationship.

With reference to IPP, the mean was 16.6 ± 4.6 cm H₂O, which is higher compared to other published series [2, 4, 7–9, 19]. The relationship between IPP and BMI is frequently described [4–10], in accordance with our data.

Older patients in our sample had higher IPP, unlike other published studies [4, 5, 8, 9], possibly because they include younger patients. IPP correlates to CCI and a recent multi-centre study presented similar results [9]. There are no records relating IPP with a history of DM [4, 5, 8], but in our patients, DM was related to greater IPP. We failed to find a relationship between PKD and high IPP. A recent study found that kidney volume in PKD does not correlate with patient's IPP [9].

The IPP correlated negatively to serum creatinine: the higher the serum creatinine, the lower the IPP. A few studies have documented these parameters, which is why we have failed to find any precedents to these results. Serum creatinine is a nutritional marker and an indirect marker of the PD patient's muscular mass. Two studies that use serum creatinine as a body composition marker in patients on PD have found that patients with a high BMI and greater excretion of creatinine in urine present a greater survival rate [40, 41]. IPP may be related to the patients' nutritional status; however, these results should be analysed with caution.

The presence of hernia in PD was associated with low D/P creatinine. We have not found any reference in the literature. In our study, a low D/P creatinine was associated with women and a history of PQR. In addition, patients with a low D/P creatinine have increased ultrafiltration in PD and higher IPV, and both conditions could explain this relationship.

Finally, we must highlight the fact that multiparous females have a higher IPP which increases in cases of over three pregnancies. This has only been analysed in one study where the authors failed to find any relationship with IPP [9]. This was the first study that related multiparity with a high IPP in PD. This finding is of great interest and should be validated.

Limitations

No repeated IPP measurements were taken periodically in the follow-up. Factors that may modify IPP, such as previous prior food intake, bladder volume, and constipation, were not taken into account.

Conclusions

The present study is the first to show that high IPP at PD onset is related to the development of hernias in PD in a statistically significant way. Other factors have been found to be involved in their development, namely BMI, older age, a history of prior hernia, and catheter placement by laparoscopy. The presence of hernias in PD was significantly related to technique failure.

BMI is still the factor that has the greatest influence on high IPP, but other factors such as older age, greater comorbidity, multiparity, and a history of DM are also involved. Measurement of IPP in adult PD is recommended, as it may help us to prevent complications in the abdominal wall.

Acknowledgements Committee of Ethics and Research with Medications (CEIM) of the Parc Taulí de Sabadell (Barcelona). The authors wish to thank Sylva-Astrik Torossian for her support in redacting this document.

Data availability The datasets generated during and analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

References

1. Al-Hwiesh A, Al-Mueilo S, Saeed I, Al-Muhanna FA (2011) Intraperitoneal pressure and intra-abdominal pressure: are they the same? *Perit Dial Int* 31(3):315–319
2. Durand PY, Chanliau J, Gamberoni J, Hestin D, Kessler M (1992) Routine measurement of hydrostatic intraperitoneal pressure. *Adv Perit Dial* 8(3):108–112
3. Sobrino-Pérez A, Pérez-Escudero A, Fernández-Arroyo L, Dorado-García A, Martín-Alcón B, Gutiérrez-Martín C et al (2021) Intraperitoneal pressure: Stability over time and validation of Durand's measurement method. *Perit Dial Int* 41(4):427–431
4. Dejardin A, Robert A, Goffin E (2007) Intraperitoneal pressure in PD patients: Relationship to intraperitoneal volume, body size and PD-related complications. *Nephrol Dial Transplant* 22(5):1437–1444
5. Outerelo MC, Gouveia R, Teixeira FRA (2014) Intraperitoneal pressure has a prognostic impact on peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 34:652–654
6. Castellanos LB, Clemente EP, Cabañas CB, Parra DM, Contador MB, Morera JCO et al (2017) Clinical relevance of intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 37(5):562–567
7. Scanziani R, Dozio B, Baragetti I, Maroni S (2003) Intraperitoneal hydrostatic pressure and flow characteristics of peritoneal catheters in automated peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 18(11):2391–2398
8. Giuliani A, Milan Manani S, Crepaldi C, Domenici A, Gastaldon F, Corradi V et al (2020) Intraperitoneal pressure in polycystic and non-polycystic kidney disease patients, treated by peritoneal dialysis. *Blood Purif* 49(6):670–676
9. Sigogne M, Kanagaratnam L, Mora C, Pierre M, Petrache A, Marcus C et al (2020) Identification of the factors associated with intraperitoneal pressure in ADPKD patients treated with peritoneal dialysis. *Kidney Int Rep [Internet]* 5(7):1007–1013. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2020.04.012>
10. Pérez Díaz V, Sanz Ballesteros S, Hernández García E, Descalzo Casado E, Herguedas Callejo I, Ferrer PC (2017) Intraperitoneal pressure in peritoneal dialysis. *Nefrología* 37:579–586
11. Twardowski ZJ, Khanna R, Nolph KD, Scalamogna A, Metzler MH, Schneider TW et al (1986) Intraabdominal pressures during natural activities in patients treated with continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Nephron [Internet]* 44(2):129–135
12. Aranda RA, Romão JE, Kakehashi E, Domingos W, Sabbaga E, Marcondes M et al (2000) Intraperitoneal pressure and hernias in children on peritoneal dialysis. *Pediatr Nephrol* 14(1):22–24
13. Fischbach M, Zaloszc A, Schaefer B, Schmitt CP (2014) Optimizing peritoneal dialysis prescription for volume control: the

- importance of varying dwell time and dwell volume. *Pediatr Nephrol* 29(8):1321–1327
14. Morelle J, Stachowska-Pietka J, Öberg C, Gadola L, La Milia V, Yu Z et al (2021) ISPD recommendations for the evaluation of peritoneal membrane dysfunction in adults: classification, measurement, interpretation and rationale for intervention. *Perit Dial Int* 41(4):352–372
 15. Durand PY, Chanliou J, Gamberoni J, Dominique Hestin MK (1994) APD: clinical measurement of the maximal acceptable intraperitoneal volume. *Perit Dial Int* 10:63–67
 16. Gotloib L, Mines M, Garmizo L, Varka I (1981) Hemodynamic effects of increasing intraabdominal pressure in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 1:41–43
 17. Gotloib L, Garmizo L, Mines M (1981) Reduction of vital capacity due to increased intra-abdominal pressure during peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 1:63–64
 18. Fischbach M, Terzic J, Provot E, Weiss L, Bergere V, Menouer S, Soulami K (2003) Intraperitoneal pressure in children: fill-volume related and impacted by body mass index. *Perit Dial Int* 23(4):391–394
 19. Pérez-Díaz V, Pérez-Escudero A, Sanz-Ballesteros S, Sánchez-García L, Hernández-García E, Oviedo-Gómez V et al (2021) Clinical relevance of marginal factors on ultrafiltration in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 41(1):86–95
 20. Cho Y, See EJ, Htay H, Hawley CM, Johnson DW (2018) Early peritoneal dialysis technique failure: review. *Perit Dial Int* 38(5):319–327
 21. Engeset J, Youngson GG (1984) Ambulatory peritoneal dialysis and hernial complications. *Surg Clin North Am* [Internet] 64(2):385–392. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(16\)43292-5](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(16)43292-5)
 22. O'Connor JP, Rigby RJ, Hardie IR, Wall DR, Strong RW, Woodruff PWH et al (1986) Abdominal hernias complicating continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Am J Nephrol* 6(4):271–274
 23. Del Peso G, Bajo MA, Costero O, Hevia C, Gill F, Díaz C et al (2003) Risk factors for abdominal wall complications in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 23(3):249–254
 24. Gracia Toledo M, Borràs Sans M, Gabarrell A, Durán J, Fernández Giráldez E (2011) Risk factors for abdominal hernias in patients undergoing peritoneal dialysis. *Nefrología* 31(2):218–219
 25. Afthentopoulos IE, Panduranga Rao S, Mathews ROD (1998) Hernia development in CAPD patients and the effect of 2.5 l dialysate volume in selected patients. *Clin Nephron* 49(4):251–257
 26. Burke KA, Mather PT (2012) Crosslinkable liquid crystalline copolymers with variable isotropization temperature. *J Mater Chem* 22(29):14518–14530
 27. Wetherington GM, Leapman SB, Robison RJ, Filo RS (1985) Abdominal wall and inguinal hernias in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. *Am J Surg* 150(3):357–360
 28. Martínez-Mier G, García-Almazan E, Reyes-Devesa HE, García-García V, Cano-Gutiérrez S, Mora Y, Fermin R et al (2008) Abdominal wall hernias in end-stage renal disease patients on peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 28(4):391–396
 29. Crabtree JH, Shrestha BM, Chow K-M, Figueiredo AE, Povlsen JV, Wilkie M et al (2019) Creating and maintaining optimal peritoneal dialysis access in the adult patient: 2019 update. *Perit Dial Int J Int Soc Perit Dial* 39(5):414–436
 30. Morris-Stiff G, Coles G, Moore R, Jurewicz A, Lord R (1997) Abdominal wall hernia in autosomal dominant polycystic kidney disease. *Br J Surg* 84(5):615–617
 31. Li L, Szeto CC, Kwan BCH, Chow KM, Leung CB, Kam-Tao LP (2011) Peritoneal dialysis as the first-line renal replacement therapy in patients with autosomal dominant polycystic kidney disease. *Am J Kidney Dis* 57(6):903–907
 32. Dupont V, Kanagaratnam L, Sigogne M, Bechade C, Lobbedez T, Portoles J et al (2018) Outcome of polycystic kidney disease patients on peritoneal dialysis: systematic review of literature and meta-analysis. *PLoS One* 13(5):1–12
 33. Tokgoz B, Dogukan A, Guven M, Unluhizarci K, Oymak O, Utas C (2003) Relationship between different body size indicators and hernia development in CAPD patients. *Clin Nephrol* [Internet] 60(3):183–186
 34. Van Dijk CMA, Ledesma SG, Teitelbaum I (2005) Patient characteristics associated with defects of the peritoneal cavity boundary. *Perit Dial Int* [Internet] 25(4):367–373
 35. Mahase AS, Katyal AKR (2003) complications of peritoneal dialysis related to increased intra-abdominal pressure. *Adv peritoneal Dial* 19:130–135
 36. Mahale AS, Katyal A, Khanna R (2003) Complications of peritoneal dialysis related to increased intra-abdominal pressure. *Adv Perit Dial* 19:130–135
 37. Leblanc M, Ouimet DPV (2001) Dialysate leaks in peritoneal dialysis. *Semin Dial* 14:50–54
 38. Hirsch DJJK (1990) Late leaks in peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 6:670–671
 39. Albaz M, Kantarci G, Tuglular S, Tercüman N, Tetik G, Özener C (2002) Causes of late leaks in peritoneal dialysis patients. *EDTNA-ERCA J* 28(4):170–172
 40. Beddhu S, Pappas LM, Ramkumar N, Samore M (2003) Effects of body size and body composition on survival in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 14(9):2366–2372
 41. Ramkumar N, Pappas LS, Beddhu S (2005) Effect of body size and body composition on survival in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 25(5):461–469

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

