



Papel del control del volumen extracelular en el control de la tensión arterial en diálisis

J. M. López Gómez

Hospital General Universitario «Gregorio Marañón». Madrid.

La patogenia de la hipertensión arterial (HTA) en diálisis es multifactorial (tabla I), pero la retención de sodio y agua juega el papel más importante. La HTA se encuentra habitualmente en alrededor del 80% de los pacientes en diálisis.

PAPEL DEL SODIO Y DEL VOLUMEN EXTRACELULAR EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL

El agua del organismo representa aproximadamente el 60% del peso corporal, aunque este porcentaje puede variar con la edad, el sexo y la distribución de la grasa corporal. El agua corporal está distribuida en dos grandes compartimentos: el volumen intracelular (VIC) donde se encuentran las 2/3 partes del agua corporal total y el volumen extracelular (VEC) que contiene el tercio restante. A su vez, este último está constituido por el volumen intravascular y el espacio intersticial. La transferencia de agua entre los compartimentos intra y extracelular se realiza a través de las membranas celulares, por medio de poros y canales específicos, merced a un gradiente osmótico.

El sodio es el catión más importante del VEC y junto con sus aniones acompañantes, cloro y bicarbonato, constituyen los determinantes más importantes de la tonicidad del VEC, con lo que las variaciones en la concentración de sodio suponen los cambios más importantes del VEC.

En condiciones normales, el contenido total de sodio y el VEC se mantienen constantes gracias a la regulación que el riñón es capaz de ejercer. Este equilibrio puede mantenerse hasta fases avanzadas de insuficiencia renal, pero en estadios terminales de insuficiencia renal, la excreción de sodio disminuye, dando lugar a un balance positivo de sodio y a una expansión del VEC. El aumento del volumen intravascular ocasiona un aumento del gasto cardíaco, que se acompaña de un descenso de las resistencias vasculares periféricas, con lo que la tensión arterial tiende a mantenerse estable. Sin embargo, en pacientes hipertensos en diálisis, este mecanismo de adaptación no se produce. A ello también contribu-

Tabla I. Principales factores implicados en la patogenia de la hipertensión arterial de pacientes en diálisis

- Retención de sodio y agua.
- Estimulación del sistema renina-angiotensina-aldosterona.
- Estimulación del sistema adrenérgico.
- Disminución de sustancias vasopresoras dependientes del endotelio (Oxido nítrico).
- Aumento de sustancias vasoconstrictoras dependientes del endotelio (endotelina).
- Uso de Eritropoyetina.
- Aumento del calcio citosólico.
- Alteraciones estructurales de la pared arterial.

yen niveles inapropiadamente elevados de angiotensina II y un incremento en la concentración de sodio en la célula muscular lisa que facilita el aumento en la concentración de calcio intracelular, elevando así el tono vascular y las resistencias vasculares periféricas. Las consecuencias del aumento del VEC señalan en la tabla II.

PESO SECO

El balance de sodio viene dado por la diferencia entre la ingesta y la eliminación en diálisis, fundamentalmente por ultrafiltración. Cuando la ingesta es superior a la eliminación en diálisis se produce una expansión del VEC que juega un papel clave en el desarrollo de la HTA. Surge entonces el concepto de peso seco, que ha sido definido como el menor peso que un paciente puede tolerar sin sintomatología en diálisis ni hipotensión, en ausencia de sobrecarga líquida. Sin embargo, es bien conocido que la máxima ultrafiltración en hemodiálisis depende de la tasa de rellenado plasmático, que refleja el paso de líquido desde el compartimento intersticial hasta el intravascular y que puede variar con las características de la sesión de hemodiálisis. En este sentido, el grupo de Tassim define el peso seco como aquel obtenido postdiálisis, que permite que la tensión arterial pre-diálisis permanezca normal (< 130/80 mmHg) inde-

Tabla II. Problemas asociados al aumento del volumen extracelular

- Hipertensión arterial.
- Accidente cerebro-vascular agudo.
- Hipertrofia de ventrículo izquierdo.
- Cardiopatía isquémica.
- Insuficiencia cardíaca congestiva.
- Disfunción diastólica.
- Muerte súbita.
- Intolerancia a ultrafiltración.
- Mayor mortalidad.

pendientemente de la ganancia de peso interdialisis y sin necesidad de medicación antihipertensiva. Es por tanto una realidad que la mayor parte de los pacientes que actualmente están en hemodiálisis presentan una situación crónica de sobrecarga líquida, que condiciona una alta prevalencia de HTA. Actualmente, más de las 2/3 partes de la población que está en hemodiálisis están hipertensos, lo que refleja un alto grado de error en la apreciación del peso seco de los pacientes.

DETERMINACIÓN DEL PESO SECO

Es evidente que una adecuada estimación del peso seco en diálisis es de importancia crítica. Sin embargo, que hasta la actualidad y a pesar de los grandes avances experimentados en la tecnología aplicada a la diálisis, no existe un procedimiento preciso para su determinación. En la gran mayoría de las unidades de diálisis, la determinación más habitual del peso seco es de tipo clínico, valorando la presencia de edemas, cefaleas e HTA fundamentalmente. Sin embargo, en los últimos años, se han descrito distintos procedimientos para su determinación que pueden ayudar de forma importante a la valoración del estado de hidratación del paciente en diálisis (tabla III).

Los *procedimientos invasivos* como las determinaciones de la presión venosa central o la presión de la arteria pulmonar dan una idea bastante aproximada del estado de hidratación del paciente, aunque desde el punto de vista práctico, son de poca utilidad para la valoración periódica del paciente en diálisis.

Entre los *marcadores bioquímicos*, destacan el péptido natriurético atrial (PNA) y el 3'5'guanosa monofosfato cíclico (GMP_c). El PNA es segregado por la aurícula cardíaca en respuesta a los cambios de la presión transmural. Sus niveles plasmáticos están muy aumentados en prediálisis, disminuyendo al final de la sesión de hemodiálisis. Por otro lado, sus niveles se correlacionan con la presión arterial aun-

que también se sabe que están sistemáticamente aumentados al final de la hemodiálisis en pacientes con insuficiencia cardíaca, lo que hace que en estos pacientes sea un marcador de difícil interpretación. El GMP_c es otro marcador de comportamiento similar y se correlaciona mejor con la presión arterial. No obstante, ambos solo son de cierta utilidad en situación de sobrecarga de volumen, mientras que en pacientes próximos a su peso seco o discretamente depleccionados, son de poca utilidad. Además, resultan costosos y de imposible utilización en el momento de su extracción, ya que son determinados mediante radioinmunoensayo, lo que lleva un cierto tiempo.

El *diámetro anteroposterior de vena cava inferior* medido por ecografía, a la altura del segmento hepático, da una buena idea del volumen intravascular. Es un procedimiento simple, rápido y no invasivo, aunque tiene el inconveniente de las variaciones tan importantes que se producen durante las dos primeras horas después del final de la hemodiálisis, debido al relleno intravascular que se produce durante este período. Aparte de la falta de estandarización de la técnica, otra de las limitaciones que presenta es la dificultad de su interpretación en pacientes con insuficiencia cardíaca o con insuficiencia tricuspídea. En cualquier caso, puede dar una idea más aproximada del estado de hidratación del paciente que los marcadores bioquímicos.

La *bioimpedancia eléctrica* (BIE) multifrecuencia es un procedimiento basado en la distinta resistencia que ofrecen los diferentes tejidos del cuerpo humano al paso de una corriente eléctrica alterna. Así, tejidos con gran contenido de agua como el líquido cefalorraquídeo, sangre o el músculo, son altos conductores, mientras que grasa, huesos y pulmón son altamente resistentes al paso de la corriente. Las determinaciones de la BIE multifrecuencia con aplicación de distintas fórmulas descritas hasta la actualidad, permite obtener información del agua corporal total y del VEC, con lo que indirectamente se puede calcular el VIC. Su empleo junto las variaciones del volumen plasmático durante las sesiones de hemodiálisis por medio

Tabla III. Técnicas para la determinación del peso seco

- Valoración clínica.
- Técnicas invasivas: presión venosa central y presión de arteria pulmonar.
- Bioquímicas: PNA, GMP_c, adrenomedulina, calcineurina.
- Ecografía de vena cava inferior.
- Bioimpedancia eléctrica.
- Técnicas isotópicas.

de sensores que determinan la reducción del volumen plasmático según aumenta la concentración de hemoglobina, hematocrito o proteínas, permite hacer una valoración bastante aproximada de los movimientos de fluidos que se producen entre los distintos compartimentos a lo largo de una sesión de diálisis.

Métodos isotópicos. La determinación de deuterio marcado con isótopos es el procedimiento de mayor exactitud en la valoración del VEC. Sin embargo, resulta evidente que su empleo está muy limitado por la complejidad de la técnica. No obstante, existen estudios en los que la correlación de los hallazgos isotópicos y los obtenidos por BIE es muy alta por lo que en la actualidad, el uso simultáneo de la BIE multifrecuencia con la valoración clínica se convierten en la herramienta más adecuada para la valoración del peso seco.

CONTROL DEL VOLUMEN EXTRACELULAR

Las estrategias a seguir ante la sobrecarga de volumen en pacientes en diálisis están dirigidas en dos direcciones: dieta hiposódica y ultrafiltración adecuada.

Un estricto control del VEC con una dieta con restricción severa de sal junto con una ultrafiltración en diálisis convencional de cuatro horas permite obtener un adecuado control de la tensión arterial sin necesidad de medicación antihipertensiva, como ha sido demostrado por algunos autores. Es importante destacar que después de haber alcanzado el VEC adecuado, en algunos pacientes, la presión arterial no se normaliza de forma inmediata, sino que es necesario un período de adaptación de las resistencias periféricas, también conocido como período de retraso.

La optimización de la ultrafiltración en la hemodiálisis debe ir dirigida hacia la obtención de la mayor tasa por sesión con buena tolerancia. Los factores que más fácilmente contribuyen a la hipotensión en hemodiálisis y que constituyen el factor limitante más importante para la adecuada ultrafiltración quedan reflejados en la tabla IV.

ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA ULTRAFILTRACIÓN

Temperatura. El empleo de bajas temperaturas en el líquido de diálisis (35° en lugar de los 37° habituales) permite obtener una mejor tolerancia hemodinámica a la ultrafiltración. El incremento de las resistencias vasculares periféricas y la mejoría de la contractilidad cardíaca son dos de los factores im-

Tabla IV. Causas más frecuentes que contribuyen a la hipotensión en hemodiálisis

- Ultrafiltración rápida.
- Disminución de osmolalidad plasmática.
- Neuropatía autonómica.
- Disfunción ventricular.
- Menor concentración de sodio del líquido de diálisis.
- Ingesta de antihipertensivos.
- Ingesta de comida antes o durante la diálisis.
- Arritmias.
- Reacciones alérgicas a membranas de diálisis.
- Diálisis con acetato.
- Líquido de diálisis con calcio bajo o magnesio alto.
- Hipertermia.
- Betabloqueantes.

plicados en la mejor tolerancia hemodinámica, evidenciada principalmente por un menor número de accidentes hipotensivos.

Tiempo. Las hemodiálisis de larga duración propugnadas por el grupo de Tassim permiten obtener de una forma eficaz una ultrafiltración adecuada, como consecuencia de una menor velocidad de ultrafiltración y de mayor tiempo para el rellenado plasmático desde el espacio intersticial, lo que da lugar a una menor incidencia de hipotensiones. De este modo, se obtiene un buen control de la presión arterial, hasta el punto de que menos del 5% de los pacientes precisan tratamiento con antihipertensivos. Además, se consigue una buena tolerancia y una buena dosis de diálisis con $KT/V > 1,8$, sin necesidad de emplear flujos sanguíneos elevados y con una supervivencia superior a la obtenida con hemodiálisis convencional de 4 horas. A pesar de que este esquema de hemodiálisis aparentemente solo goza de ventajas con respecto a la diálisis de menor duración, es una técnica que no se ha llegado a generalizar por la imposibilidad estratégica de las unidades de diálisis actuales, junto con su baja productividad.

Frecuencia. La diálisis diaria de 2-3 horas de duración durante 6 ó 7 días semanales constituye la forma más fisiológica de hemodiálisis de las conocidas hasta la actualidad. Aunque se comenzó a utilizar hace más de 15 años, en los últimos años, ha vuelto a cobrar un cierto auge de la mano de la experiencia italiana. Entre sus ventajas, destaca la obtención de un KT/V semanal superior a la hemodiálisis convencional, junto con una mayor eliminación de fosfatos y moléculas de mediano-gran tamaño y sobre todo, permite una normalización en casi todos los casos de la presión arterial, sin necesidad de medicación antihipertensiva asociada. Esta disminución de la presión arterial se encuentra íntimamente relacionada con la disminución del VEC. Por otro lado,

este procedimiento se ha asociado a una disminución de la hipertrofia del ventrículo izquierdo, un descenso de las necesidades de eritropoyetina para corregir la anemia y una mejoría en la calidad de vida de los pacientes.

Transporte convectivo. Las modernas técnicas de hemodiafiltración (AFB, HDF en línea o PFD) presentan una menor incidencia de hipotensión, calambres, vómitos y cefaleas, lo que permite alcanzar los objetivos de ultrafiltración más fácilmente que con la hemodiálisis convencional.

Perfiles. Cuando con los procedimientos descritos no es posible obtener una adecuada ultrafiltración, los modernos monitores de hemodiálisis permiten modificar a lo largo de cada sesión la conductividad, la concentración de sodio o la tasa de ultrafiltración. El aumento de la concentración de sodio en el líquido de diálisis favorece la difusión de sodio hacia el espacio intravascular, con el consiguiente aumento de la osmolalidad y con ello, un desplazamiento del agua intersticial hacia el lecho vascular. Este movimiento de fluido genera un nuevo gradiente osmolal intra/extracelular, que puede contribuir incluso a una salida del agua intracelular.

El mayor volumen intravascular alcanzado con la diálisis hipertónica mejora la tolerancia y permite una mayor ultrafiltración. En cambio, el riesgo de este procedimiento es un balance neto de sodio acumulado, que da lugar a mayor sed, mayor ingesta líquida, mayor VEC y por tanto, una mayor incidencia de HTA. Por ello, es necesario que la concentración alta de sodio en el líquido de diálisis vaya seguida de una disminución de la misma, que garantice una pérdida de sodio por difusión hacia el dializado, pero por otro lado, la concentración baja de sodio da lugar a una disminución de la osmolalidad en el VEC que origina un desplazamiento de agua hacia el compartimento intracelular, con lo que disminuye el VEC, aumentando la tendencia a la hipotensión. Por ello, los perfiles variables de sodio deben ir sincronizados con perfiles de ultrafiltración, de modo que esta sea mayor con concentraciones altas de sodio en el baño de diálisis y disminuya al mínimo cuando se descende la concentración de sodio en el líquido de diálisis al final de la sesión.

VOLUMEN EXTRACELULAR EN DIÁLISIS PERITONEAL

Recientes estudios con BIE han demostrado que los pacientes con diálisis peritoneal (DP) presentan un estado crónico de hiperhidratación, comparable al que existe en pacientes en HD antes de cada sesión. Este mayor contenido hidrosalino se encuentra sobre todo en el compartimento extracelular. Este hecho es fácilmente detectable cuando un paciente es transferido desde DP a HD, situación en la que habitualmente puede disminuir el peso seco en 2-3 kilogramos a lo largo de las primeras sesiones. Con frecuencia, esta sobrecarga hidrosalina es subclínica ya que la exploración física suele ser totalmente normal.

Aunque tradicionalmente se ha descrito un más fácil control de la presión arterial en DP que en HD, esta característica está referida a los primeros años de tratamiento con DP. Sin embargo, pasada esta primera fase, la prevalencia de HTA en pacientes con DP es también alta. En un reciente estudio multicéntrico italiano, con más de 500 pacientes en DP, se demuestra que la prevalencia de HTA definida según criterios del JNC es del 88%. Entre los factores descritos relacionados con el incremento del VEC destacan la pérdida de función renal residual así como la disminución de la capacidad de ultrafiltración peritoneal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Charra B, Laurent G, Chazot C y cols.: Clinical assessment of dry weight. *Nephrol Dial Transplant* 11 (Supl 2): 16-19, 1996.
2. Jaeger JQ, Metha RL: Assessment of dry weight in hemodialysis: an overview. *J Am Soc Nephrol* 10: 392-403, 1999.
3. Katzarsky KS, Charra B, Luik AJ y cols.: Fluid state and blood pressure control in patients treated with long and short hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 14: 369-375, 1999.
4. Lorenzo I, López Gómez JM, Jofré R: Balance hidrosalino en pacientes en hemodiálisis y su repercusión cardiovascular. En: Valderrábano F (Edit.). Tratado de hemodiálisis. Cap. 21. pp. 301-313. Editorial Médica JIMS. Barcelona, 1999.
5. Movilli E, Camerini C, Viola BF y cols.: Blood volume changes during three different profiles of dialysate sodium variation with similar intradialytic sodium balances in chronic hemodialyzed patients. *Am J Kidney Dis* 30: 58-63, 1997.
6. Santoro A, Mancini E, Paolini F y cols.: Blood volume regulation during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 32: 739-748, 1998.
7. Segal KR, Gutin B, Presta E y cols.: Estimation of human body composition by electrical impedance methods. *J Appl Physiol* 58: 1565-1571, 1985.