

Individualización del sodio en hemodiálisis

Joaquim Casals Urquiza^{1,2}, Laura Morantes Hernández^{1,2}, José Jesús Broseta Monzó¹, Francesc Maduell Canals¹

¹Servicio de Nefrología y Trasplante Renal. Hospital Clínic de Barcelona. Barcelona

²Servicio de Nefrología. Hospital General de Granollers. Granollers. Barcelona

NefroPlus 2025;17(1):30-36

© 2025 Sociedad Española de Nefrología. Servicios de edición de Elsevier España S.L.U.

RESUMEN

La prescripción en diálisis va dirigida cada vez más a un abordaje *multitarget*, donde se intentan optimizar no solo la dosis de diálisis, sino una individualización en la prescripción de todos los parámetros modificables para conseguir un correcto balance hidroelectrolítico y un correcto ajuste del peso seco, y reducir el impacto general de la morbilidad cardiovascular. En este sentido, la prescripción individualizada de sodio (Na) ha ganado protagonismo los últimos años, puesto que las desregulaciones en este catión, así como en el balance hídrico, desempeñan un papel fundamental en la supervivencia de nuestros pacientes en hemodiálisis. Por ello, la presente revisión busca contextualizar la problemática en relación con el Na de los pacientes en hemodiálisis, así como el enfoque que se da actualmente a la terapia individualizada de Na y el papel clave que desempeñan los nuevos biosensores y módulos que permiten monitorizar y optimizar la prescripción de nuestros pacientes.

Palabras clave: Sodio. Hemodiálisis. Prescripción de diálisis. Módulo de sodio. Biosensores.

Individualized sodium prescription in hemodialysis patients

ABSTRACT

Dialysis prescription is increasingly focused at a multitarget approach, where the goal is to optimize not only the dialysis dose but also the individualization of all modifiable prescription parameters to achieve proper both hydroelectrolytic balance and dry weight adjustment, thereby reducing the overall impact of cardiovascular morbimortality. In this regard, individualized sodium (Na) prescription has gained relevance in recent years, as disturbances in Na homeostasis and fluid balance play a fundamental role in the survival of hemodialysis patients. This review aims to contextualize the clinical challenges related to Na in hemodialysis patients, as well as the current approach to individualized Na therapy and the key role of new biosensors and modules that allow clinicians to monitor and optimize treatment prescriptions.

Keywords: Sodium. Hemodialysis. Dialysis prescription. Sodium module. Biosensors.

INTRODUCCIÓN

El sodio (Na) es el catión más abundante del compartimento extracelular y constituye uno de los factores más determinantes de la osmolaridad plasmática, así como de la volemia¹. En los

pacientes en hemodiálisis (HD) y, especialmente, en aquellos sin diuresis residual, el balance de Na depende básicamente de la cantidad de sal ingerida y la cantidad de Na eliminada durante la HD. El control del balance de Na durante la sesión de hemodiálisis es complejo, puesto que depende en gran medida de transporte convectivo (de la ultrafiltración que se le haga al paciente), así como del transporte difusivo (este se estima que representa alrededor del 15-20% del total de Na eliminado)².

Hace más de una década se comenzó a estudiar la importancia de conseguir una diálisis isonatémica, pero siempre ha sido un reto de notable dificultad para la comunidad de nefrólogos³. El hecho de no conseguir un balance de sodio cercano a 0 se asocia a efectos deletéreos, tanto por exceso como por defecto.

Correspondencia: Joaquim Casals Urquiza

Servicio de Nefrología y Trasplante Renal.

Hospital Clínic de Barcelona.

C./Villarroel, 170. 08036 Barcelona

joacasals@clinic.cat

Revisión por expertos bajo la responsabilidad de la Sociedad Española de Nefrología.

Así, un gradiente positivo de Na aumenta la osmolaridad plasmática y, por consiguiente, la sed, favoreciendo la ganancia de peso interdialítico, hipertensión arterial o hipertrofia ventricular izquierda. En cambio, un gradiente negativo de Na se relaciona con más episodios de hipotensión intradiálisis e hipoperfusión tisular^{4,5}. En un estudio más reciente, además se observó que no solo la hiponatremia prediálisis es un factor de mal pronóstico, sino también una diferencia acentuada entre la concentración de sodio al final de la diálisis y la inicial. Esto se conoce como delta de sodio (ΔNa) y, si es superior a 4 mmol/l, confiere un peor pronóstico y se asocia a mayor mortalidad⁶. Asimismo, otro efecto deletéreo del ΔNa excesivo intradiálisis tiene que ver con cambios cíclicos a nivel cerebral (edema y contracción) debido a los cambios osmóticos que se van produciendo⁷. En algunos centros, con el objetivo de atenuar estos efectos nocivos, se prescribe Na en el líquido de diálisis basado en el Na sérico del paciente prediálisis, modificándose, por tanto, de forma periódica la prescripción de Na según los hallazgos analíticos. En estos casos, se debe tener en cuenta el gradiente dializado-plasma de Na, más que la concentración de Na aislada^{8,9}.

La incorporación reciente de monitores de diálisis con el módulo de control de Na representa una oportunidad para ajustar mejor la prescripción de Na. Lo que la máquina intenta realizar automáticamente y de forma periódica, en esencia, es modificar la concentración de Na del dializado para mantener un balance difusivo cercano a 0. Así, por un lado, se lleva a cabo una prescripción personalizada del Na y, por el otro, se evita la necesidad de realizar controles analíticos para ir ajustando el Na periódicamente^{10,11}.

En los siguientes apartados se van a desarrollar elementos esenciales para comprender bien la necesidad de una correcta prescripción del Na en hemodiálisis y una aproximación práctica de cómo hacerlo.

CONSIDERACIONES FISIOPATOLÓGICAS

La fisiopatología del sodio y el balance hídrico, bien conocidos por la comunidad nefrológica, tiene algunos matices que cabe considerar en la población en diálisis, sobre todo en aquellos pacientes con escasa función renal residual o en anúricos, donde desempeña un papel casi tan importante la ingesta hídrica como la de sal en el balance total de Na del paciente. En la revisión de Canaud et al.¹² se replantea la visión clásica del sodio y se nos ofrecen nuevas perspectivas. Una de las más destacables es que en estudios mediante resonancia magnética de los depósitos de sodio (²³NaRMN) se muestran algunas novedades respecto a la concepción tradicional de la distribución del sodio en el organismo. Así, se acepta que el Na se distribuye en 3 compartimentos: el espacio extracelular, correspondiente al modelo tradicional del Na, osmóticamente activo e implicado en el volumen extracelular y la respuesta hemodinámica; el compartimento óseo y cartilaginoso, que corresponde a un pequeño almacén intercambiable de Na, y el intersticio del tejido muscular y cutáneo, que correspondería a un almacén de Na «libre de agua»¹³. En definitiva, se puede tratar el Na desde dos grandes perspectivas: el extracelular (osmóticamente activo) y el tisular

(no osmóticamente activo de forma directa), pero con otras funciones, entre las cuales destacan las de actividad inmunológica o linfangiogénesis. Sin embargo, no debemos olvidar que, al final, el sodio tisular no deja de ser un almacén de Na, con lo que contribuye a la carga total de sodio del organismo y, por tanto, también acaba desempeñando un papel en el desarrollo de la hipertensión o la cardiopatía, entre otros órganos diana. Además, se ha comprobado que este depósito de sodio en la piel aumenta de forma considerable con la edad, la enfermedad renal crónica o la diabetes^{14,15}. Para monitorizar el balance de sodio de nuestros pacientes en HD, podemos basarnos en parámetros clínicos (presión arterial, peso seco o síntomas del paciente), biomarcadores (péptidos natriuréticos, antígeno del cáncer 125, etc.) o instrumentales (VExUS, la monitorización de los cambios de volumen sanguíneo, p. ej., con sistemas como el *Blood Volume Monitor*, durante la HD o bioimpedancia), todos ellos destinados a monitorizar sobre todo el sodio osmóticamente activo, es decir, el que tiene que ver con los cambios de volumen de los pacientes. En cambio, para el sodio tisular tenemos menos herramientas, una de las propuestas es la antes comentada ²³NaRMN, si bien su aplicación en la práctica clínica no está estandarizada. Como dato interesante, en un estudio mediante esta técnica de imagen, se demostró que el sodio tisular se puede perder con las sesiones de hemodiálisis¹⁶, con lo cual, con cada sesión de hemodiálisis estaremos influyendo tanto sobre el sodio osmóticamente activo como sobre el tisular. Por último y debe tenerse en cuenta, también podemos influir en el depósito tisular de Na mediante la ingesta de sal, especialmente en los pacientes con enfermedad renal crónica avanzada o en diálisis, la cual se detalla en el apartado correspondiente de esta revisión.

COMPOSICIÓN DEL DIALIZADO

Entender cómo está compuesto el líquido de diálisis y cómo la máquina utiliza la conductividad es esencial para prescribir correctamente el Na a los pacientes. Como se ha comentado en la introducción, la eliminación del sodio en hemodiálisis depende primordialmente del transporte convectivo mediante la ultrafiltración que se realiza al paciente, pero también de la difusión. Esta última, aunque contribuya en menor medida, desempeña un papel en el balance final de Na y conlleva una pérdida o ganancia neta al final de la diálisis, según el gradiente de Na del dializado respecto al plasma. En dos estudios distintos se observa cómo el componente difusivo del Na del paciente varía en función del Na prescrito en el dializado. Así, el grupo de Basile et al.², con una prescripción fija media de 138,7 mmol/l de Na, observó cómo este componente difusivo del Na era el 17% del total, mientras que en el estudio de Odudu et al.³ el componente difusivo alcanzaba el 29%, con una prescripción media de 140 mmol/l. De este modo, se comprueba cómo con la prescripción de Na, influimos en la cantidad de Na que se transporta mediante difusión y, por tanto, merece la pena considerar.

Asimismo, es importante tener en cuenta que el Na prescrito no tiene por qué ser el mismo Na del dializado, con lo cual podemos tener cierta variabilidad que merece la pena tener en cuenta. En una revisión sistemática¹⁷, se intentó comprobar, con limitacio-

nes, por el pequeño tamaño muestral de los estudios y por la gran variabilidad metodológica entre ellos, la correlación entre el Na prescrito y el que finalmente se detectaba en el líquido del dializado. El resultado fue que, en general, había buena correlación, pero, si se recogían las muestras de forma individual, en muchos casos había diferencias y el Na del dializado solía ser 2 mmol/l de media menor que el prescrito, por lo que los mismos autores reconocen la falta de precisión en la prescripción del Na en general y la necesidad de tener mejores métodos.

La máquina de diálisis, para generar un líquido de diálisis específico, realiza una dilución que parte de un sistema de 2 bombas, una del concentrado ácido y otra del concentrado de bicarbonato, junto al agua purificada. Hay que tener en cuenta que el sistema de bombas está unido para que el flujo final sea constante, de tal forma que, si aumenta la velocidad de la bomba de concentrado ácido, disminuye la del concentrado básico, y viceversa¹⁸. Con estos elementos se elabora la mezcla final y se puede acabar individualizando la prescripción. Si nos centramos en la prescripción de sodio en concreto, es algo más complejo, puesto que es el resultado final de la concentración de sodio de ambos concentrados (ácido y bicarbonato) y el sistema se basa en la conductividad como variable subrogada del Na, puesto que es el ion que mayor contribuye a la conductividad. Como sistema controlador, hay una célula de conductividad a la salida del líquido que monitoriza que la mezcla esté bien. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta célula tiene un margen de permisividad o de error de 0,3-0,5 mS/cm, con lo cual puede haber cierta fuente de variabilidad¹⁹. Además, aunque el Na sea el ion que más contribuye en la conductividad, no significa que el resto no intervengan. En la tabla 1 se muestra un ejemplo de cómo distintos líquidos de diálisis tienen la misma conductividad, pero puede variar la concentración de Na (ACF3

frente a Smartbag), a expensas de variar la concentración de potasio y cloruro, por ejemplo²⁰. Por último, hay más factores que pueden modificar la concentración de sodio del dializado, como son la temperatura, el propio proceso de fabricación del líquido de diálisis (se acepta cierto margen de error), la calibración de la máquina, etc. Por ello, en resumen, hay muchos factores que acaban provocando diferencias entre el Na que se prescribe y el que finalmente está en el dializado. El nuevo módulo de sodio que incorporan algunas máquinas, en cierto modo, disminuye o menosprecia esta fuente de variabilidad, puesto que al final es la propia máquina la que va modificando de forma dinámica la concentración de sodio, y así se minimiza el riesgo de error.

PRESCRIPCIÓN DE SODIO INDIVIDUALIZADA

El manejo de la sal y el agua en los pacientes en diálisis recae sobre tres elementos teóricos fundamentales: la evaluación precisa del estado de volemia y natremia; la adecuada eliminación del exceso de sal y agua, y la restricción de sal dietética en los contextos pertinentes¹². La correcta optimización de este balance de Na y agua es crucial para mantener la correcta homeostasis de fluidos y tonicidad del medio extracelular. El proceso de eliminación del Na recae tanto en la convección como la difusión, como se ha comentado previamente. El Na total eliminado es, por tanto, la suma del sodio perdido con la ultrafiltración de agua junto con el difusivo, que depende esencialmente del gradiente entre el sodio plasmático y el sodio del dializado. Más que considerar la concentración de Na en el dializado de cara a la prescripción (hemos comentado previamente también las dificultades para determinarlo con precisión), lo que nos interesa es el gradiente de Na a que vamos a someter al paciente con la sesión de hemodiálisis⁹.

Tabla 1. Composición en ficha técnica de distintos concentrados de líquido de diálisis

	ACF3 A4	ACF3 A2	Smartbag 211.5	Smartbag 211.25
Sodio (mmol/l)	140	140	138	138
Potasio (mmol/l)	1,5	1,5	2,0	2,0
Calcio (mmol/l)	1,5	1,25	1,5	1,25
Magnesio (mmol/l)	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloro (mmol/l)	106,5	106,0	109,0	108,5
Bicarbonato (mmol/l)	35	35	32	32
Acetato (mmol/l)	4	4	3	3
Glucosa (g/l)	1	1	1	1
Conductividad (mS/cm)	13,9	13,9	13,9	13,8

Modificada con permiso del Dr. Maduell: Maduell F, Broseta JJ, Casals J, et al. Variaciones de la conductividad y cambios en el sodio plasmático durante hemodiálisis relacionado con el cambio de monitor. *Nefrología*. 2023;43:750-6.

Otro aspecto que debe considerarse es el de la variabilidad del Na entre pacientes y las fluctuaciones en un mismo paciente. Se ha demostrado que las fluctuaciones de Na prediálisis en un mismo paciente son muy pequeñas, lo que defiende la teoría de un *set point* de sodio individual. Sin embargo, la variabilidad entre pacientes es muy amplia (dieta, estilo de vida, comorbilidades, etc.), por lo que una prescripción fija de sodio nos puede ofrecer, en algunos pacientes, márgenes demasiado amplios con gradientes difusivos inaceptables⁶. Por tanto, salvo por la facilidad que conlleva en la práctica clínica una prescripción fija, no hay justificación científica para realizarla. Respecto a la variabilidad del Na preHD y postHD, también existen diferencias. En este caso, el Na postHD tiene un rango de distribución mucho más estrecho que el de prediálisis²¹, lo cual parece lógico por el propio proceso de difusión del Na y la corrección hacia la normalidad del propio proceso de diálisis.

Con la llegada de nueva tecnología en las máquinas de diálisis, hoy se puede realizar una prescripción del sodio mucho más personalizada, eso es, mediante el módulo de sodio que tienen algunos dispositivos modernos. Con este módulo de sodio se consigue, de forma automática, que la máquina vaya adaptando la concentración de Na del dializado a la del plasma del paciente, de manera periódica y para intentar disminuir al máximo el Δ Na plasma-dializado, que es lo que interesa¹⁰. Con esta herramienta, podemos ofrecer una diálisis mucho más individualizada y adaptada a lo que creemos conveniente para el paciente. A la espera de más ensayos que demuestren los beneficios en cada caso, *a priori* se podrían establecer tres patrones de prescripción. El primero, una diálisis hipertónica (gradiente positivo de Na), que podría estar indicada en pacientes con hipertensión crónica y mala tolerancia a las diálisis, sin alcanzar un gradiente excesivamente positivo de Na. Una diálisis hipotónica (gradiente negativo), en paciente con hipertensión, hipertensión intradiálisis o sobrecarga hídrica de difícil manejo. Por último, una diálisis isotónica o isonatémica, la que podríamos pautar a la mayoría de los pacientes para intentar que el Δ Na sea cercano a 0²².

Todas estas premisas aparecen tras asumir que el Na plasmático del paciente estimado por el monitor de diálisis es correcto. Otra cuestión es si se puede superponer la medición del Na sérico que realiza la máquina de diálisis (estimación mediante dialisanza iónica) a la medición que realiza el laboratorio a partir de la muestra venosa (mediante potenciometría indirecta habitualmente). En un estudio publicado por este mismo grupo se observó que existe una buena correlación entre ambas mediciones. Por tanto, en general, son superponibles y podemos fiarnos de la estimación de la máquina de diálisis, por lo que el módulo de sodio actúa según un Na plasmático fidedigno. Además, como explicábamos antes, el hecho de una monitorización continua y un ajuste dinámico minimizan el efecto de una potencial desviación de los valores por el margen de error del monitor. A pesar de ello, este grupo recomienda no dejar de lado la analítica sanguínea convencional, especialmente en los casos de valores de natremia extremos o sospecha de manifestaciones clínicas atribuibles a dichos valores, como por ejemplo en el caso de una hiponatremia grave²³.

En los siguientes apartados se tratará específicamente la individualización de la ingesta de sal, así como del módulo de sodio que incorporan algunos monitores de hemodiálisis de nueva generación, sus ventajas y aplicabilidad clínica.

INGESTA DE SAL EN PACIENTES DE HEMODIÁLISIS

Los pacientes en diálisis con función renal residual mínima o nula son incapaces de excretar las cargas de Na, por lo que la eliminación durante la diálisis es esencial para mantener el equilibrio de Na^{2,24}. Durante la hemodiálisis, el Na se elimina principalmente a través de la convección y, en menor medida, a través de la difusión, en relación con el gradiente entre el sodio sérico del paciente y el Na prescrito en el líquido de diálisis².

Es común que a los pacientes en diálisis se les recomiende una ingesta baja de sal. Las guías de práctica clínica europeas recomiendan una ingesta de sal de 5-6 g/día, las estadounidenses recomiendan 5 g/día y las japonesas recomiendan 6 g/día²⁵. Estas recomendaciones se basan en estudios que han demostrado que la alta ingesta de sodio se ha asociado con el aumento de peso interdialítico²⁶, el cual se relaciona directamente con el riesgo de eventos cardiovasculares, como hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda e insuficiencia cardiaca congestiva²⁷.

A pesar de los beneficios establecidos de la restricción de sal en estos pacientes, su implementación en la práctica clínica habitual ha sido desde siempre un desafío, principalmente debido a la mala adherencia del paciente a unas recomendaciones dietéticas tan estrictas, sobre todo en una sociedad que cada vez consume más alimentos procesados. Teniendo en cuenta que los pacientes en HD deben adherirse a una amplia gama de restricciones dietéticas, no solo es difícil su cumplimiento, sino que es probable que estas recomendaciones estrictas puedan afectar negativamente a su calidad de vida a largo plazo y a su estado nutricional²⁸. Un análisis japonés de 2018 que incluía a 88.115 pacientes en hemodiálisis demostró que la ingesta baja de Na (< 6 g de sal/día) se asociaba con aumento de la mortalidad por todas las causas, como muerte cardiovascular; en cambio, el menor riesgo de mortalidad se observó entre pacientes con una ingesta estimada de sal de 9 g/día, y un riesgo aumentado entre aquellos con una ingesta mayor de 15 g/día, lo que generó una curva de asociación en forma de U²⁵. Se sabe que los esfuerzos para intensificar la restricción de Na pueden aumentar el riesgo de limitar la ingesta calórica²⁹. En la misma línea, otro estudio demostró que una baja ingesta diaria de sodio < 1,5 g/día se asoció con una ingesta insuficiente de calorías, proteínas, minerales, oligoelementos y vitamina B1³⁰. Igualmente, un estudio europeo que incluyó a más de 8.000 pacientes en hemodiálisis demostró que la hiponatremia prediálisis estaba asociada con la desnutrición, la inflamación y la sobrecarga de líquidos³¹.

Con toda esta información podemos concluir que, si bien la reducción de la ingesta de Na puede ser un componente importante de un enfoque integral para el manejo del sodio en la diálisis y, por tanto, de sus complicaciones, como pueden ser la hipertensión arterial o la excesiva ganancia de peso interdialítico, una restricción excesiva en la dieta puede no ser apropiada

para todos los pacientes, en particular para aquellos con tendencia a la hiponatremia y a la desnutrición. Así, probablemente deberíamos ser más permisivos con pacientes añosos y con una baja ingesta proteico-calórica, ajustando bien el peso seco.

PRESCRIPCIÓN DE DIÁLISIS CON EL MÓDULO DE SODIO

Como se ha comentado anteriormente, existe gran variabilidad de Na prediálisis entre pacientes. Esto conlleva el riesgo de someter a los pacientes con valores más alejados de la natremia normal a ΔNa inaceptables (recordemos que un $\Delta\text{Na} > 4$ mmol/l ya se asocia con un incremento de la mortalidad) si no individualizamos su prescripción. En algunos pocos centros, se prescribe un Na en el dializado de forma más personalizada, basándose en el Na plasmático prediálisis de la analítica del paciente. Este método, si bien es preferible a la prescripción preestablecida y fija de Na, conlleva la labor de realización de analíticas periódicas y no siempre es factible⁸, y, además, asume una natremia constante durante el tratamiento, cuando esta varía, incluso con la pequeña ingesta habitual durante la sesión. Asimismo, existe la opción en máquinas de diálisis modernas de activar el módulo de sodio. Este módulo se basa en la combinación de mediciones de los sensores (células de conductividad) ubicados en las corrientes de entrada y de salida del dializado junto a varios algoritmos y cálculos matemáticos que permiten a la máquina estimar el Na del paciente y el que aporta el dializado, para ajustarlo de tal forma que el gradiente difusivo sea el deseado, normalmente el menor posible para buscar un tratamiento isonatremico³². Para activar este módulo, desde un punto de vista práctico, hay que fijar, aparte de la ultrafiltración deseada para el paciente, dos aspectos clave del módulo de Na: el objetivo de balance difusivo y el rango de seguridad. Normalmente, en la mayoría de los pacientes normonatremicos interesa un balance difusivo de 0 mmol/l. Hay que tener en cuenta que solo con la convección de la propia ultrafiltración, el paciente ya hará un balance negativo de Na corporal total sin modificar su concentración plasmática, por lo que más allá de este Na, lo más probable es que nos interese que el paciente no retenga Na por culpa de un gradiente difusivo desde el líquido de diálisis hasta el plasma. Además, el rango de variabilidad nos sirve para definir entre qué valores podrá oscilar la concentración de Na del dializado. Típicamente se sitúa entre 135 y 141 mmol/l, pero se puede usar un margen más ancho de 134-142, por ejemplo. Así, el módulo de Na irá modificando la mezcla del líquido de diálisis dentro de esa horquilla prefijada para buscar el objetivo de gradiente difusivo marcado. Esta horquilla se busca para evitar concentraciones de sodio en el líquido de diálisis que induzcan mala tolerancia intradiálisis, como el desarrollo de calambres musculares en el caso de descender mucho la concentración de sodio en el líquido de diálisis.

En un estudio piloto inicial para probar este módulo de Na, uno de los hallazgos más remarcables fue demostrar cómo se minimizaba de forma llamativa el número de sesiones de HD en que había ΔNa alejados de 0, así como observar cómo la distribución de la muestra se homogeneizaba y conseguían reducir su desviación estándar el 36%. Esto demuestra que se conseguía atenuar el efecto de la variabilidad interindividual de Na prediálisis¹⁰. Pos-

teriormente, en un estudio publicado por este grupo²¹, se comprobaron las posibles ventajas del nuevo módulo de Na respecto al hecho de no activarlo. Se usaron como controles las sesiones tanto con monitores Fresenius 5008 CorDiox® como con Fresenius 6008 CAREsystem® sin activar el módulo de Na. Además, dentro de las sesiones con 6008 y módulo de Na activado, se distinguió entre márgenes de seguridad de 135-141 mmol/l y 134-142 mmol/l. El estudio mostró que, tras activar el módulo de Na, había menos balance difusivo de Na en los pacientes, así como menos cambios en el Na sérico en la sesión de diálisis. En números, se observó que el 89% de las sesiones con el módulo obtenían un $\Delta\text{Na} < 2$ mmol/l, mientras que solo el 10% tenían un $\Delta\text{Na} 2-4$ o > 4 mmol/l. En cambio, el grupo control tenía el 64% con $\Delta\text{Na} < 2$ y el 35% con ΔNa entre 2 y 4 o > 4 . Además, en el estudio se observó que había una tendencia a disminuir la ganancia de peso interdialisis, así como la presión arterial sistólica. Por lo respecta a la tolerancia, los pocos casos de rampas o hipotensión que hubo revirtieron todos al ajustar al alza el margen inferior del Na del dializado 1 o 2 mmol/l.

Por último, un dato del estudio muy ilustrativo para la práctica clínica real fue comprobar qué subgrupos de pacientes, según el Na prediálisis, podían alcanzar un balance difusivo de Na de 0-30 mmol (el mínimo). El resultado era que de los pacientes con Na entre 139 y 145, el 93% conseguían este balance difusivo mínimo y este porcentaje iba cayendo a medida que el Na prediálisis era menor. Así, con un Na prediálisis entre 125,5 y 136, solo el 9% alcanzaban un balance difusivo de 0-30 mmol. Ello hace hincapié en el reto del manejo del paciente con hiponatremia crónica, que *per se* ya tiene un riesgo de morbilidad aumentado y, además, difícilmente no recibirá una sobrecarga de Na por el balance difusivo positivo.

En resumen, el módulo de sodio facilita la prescripción personalizada de Na a los pacientes, aporta la ventaja de disminuir el balance difusivo de sodio junto a una tendencia a disminuir la ganancia de peso interdialítico y la presión arterial. Se puede usar como una herramienta más en la práctica clínica habitual y hay que tener en cuenta qué pacientes se podrán beneficiar más y con cuáles podremos tener más dificultad para implantarlo o directamente no ponerlo.

CONCLUSIONES

El concepto de «diálisis adecuada» ha evolucionado a lo largo de los años. Actualmente no solo nos centramos en el Kt o Kt/V, sino que se aboga por una diálisis *multitarget*, donde intentamos optimizar varios aspectos del medio interno, así como de la percepción del paciente, y no solo dar la dosis adecuada. En este afán por la individualización, también buscamos un correcto balance de sodio. Este balance, si bien no es una tarea sencilla, actualmente se ha evolucionado de tal forma que podemos ofrecer una prescripción más precisa. Así, se ha pasado de buscar el peso seco o teórico del paciente como únicas variables indirectas de control del Na a poder monitorizar en directo el balance de Na, mediante el nuevo módulo que nos ofrecen las máquinas de diálisis. De esta forma, nos acercamos al concepto de medicina personalizada también para los pacientes en diálisis.

Conflicto de intereses

Francesc Maduell ha recibido honorarios de Amgen, Baxter, Fresenius Medical Care, Medtronic, Nipro y Vifor. José Jesús Broseta ha recibido honorarios de Fresenius Medical Care. El resto de los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Títulos de lectura obligatoria

1. Odudu A, Lambie S, Taal MW, et al. Use of online conductivity monitoring to study sodium mass balance in chronic haemodialysis patients: Prospects for treatment individualisation. *Kidney Blood Press Res.* 2011;34:439-46.

2. Stragier A, Lopot F, Svára F, et al. Fallacies and pitfalls of dialysis sodium prescription and control. *Blood Purif.* 2018;46:27-33.
3. Canaud B, Kooman J, Selby NM, et al. Sodium and water handling during hemodialysis: new pathophysiologic insights and management approaches for improving outcomes in end-stage kidney disease. *Kidney Int.* 2019;95:296-309.
4. Marcelli D, Basile C. Does the relationship between measured and prescribed dialysate sodium matter in the nephrology community? *Nephrol Dial Transplant.* 2021;36:577-80.
5. Maduell F, Broseta JJ, Rodríguez-Espinosa D, et al. Practical implementation and clinical benefits of the new automated dialysate sodium control biosensor. *Clin Kidney J.* 2023;16:859-67.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bie P. Mechanisms of sodium balance: Total body sodium, surrogate variables, and renal sodium excretion. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2018;315:R945-62.
2. Basile C, Libutti P, Lisi P, et al. Sodium setpoint and gradient in bicarbonate hemodialysis. *J Nephrol.* 2013;26:1136-42.
3. Odudu A, Lambie S, Taal MW, et al. Use of online conductivity monitoring to study sodium mass balance in chronic haemodialysis patients: Prospects for treatment individualisation. *Kidney Blood Press Res.* 2011;34:439-46.
4. Cook NR, Cutler JA, Obarzanek E, et al. Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *BMJ.* 2007;334:8858.
5. MacEwen C, Sutherland S, Daly J, et al. Relationship between hypotension and cerebral ischemia during hemodialysis. *J Am Soc Nephrol.* 2017;28:2511-20.
6. Fujisaki K, Joki N, Tanaka S, et al. Pre-dialysis hyponatremia and change in serum sodium concentration during a dialysis session are significant predictors of mortality in patients undergoing hemodialysis. *Kidney Int Rep.* 2021;6:342-50.
7. Canaud B, van der Sande F, Kooman J. Predialysis hyponatremia and positive change of natremia within hemodialysis sessions are strong indicators of poor cardiovascular outcome in hemodialysis patients. *Kidney Int Rep.* 2021;6:248-51.
8. Raimann JG, Ficociello LH, Usvyat LA, et al. Effects of dialysate to serum sodium (Na(+)) alignment in chronic hemodialysis (HD) patients: retrospective cohort study from a quality improvement project. *BMC Nephrol.* 2018;19:75.
9. Canaud B. A personal and practical answer from a clinical perspective. *Kidney Dial.* 2021;1:149-51.
10. Kuhlmann U, Maierhofer A, Canaud B, et al. Zero diffusive sodium balance in hemodialysis provided by an algorithm-based electrolyte balancing controller: a proof of principle clinical study. *Artif Organs.* 2019;43:150-8.
11. Ságová M, Wojke R, Maierhofer A, et al. Automated individualization of dialysate sodium concentration reduces intradialytic plasma sodium changes in hemodialysis. *Artif Organs.* 2019;43:1002-13.
12. Canaud B, Kooman J, Selby NM, et al. Sodium and water handling during hemodialysis: new pathophysiologic insights and management approaches for improving outcomes in end-stage kidney disease. *Kidney Int.* 2019;95:296-309.
13. Titze J. A different view on sodium balance. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2015;24:14-20.
14. Johnson RS, Titze J, Weller R. Cutaneous control of blood pressure. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2016;25:11-5.
15. Helle F, Karlsen TV, Tenstad O, et al. High-salt diet increases hormonal sensitivity in skin pre-capillary resistance vessels. *Acta Physiol (Oxf).* 2013;207:577-81.
16. Dahlmann A, Dörfelt K, Eicher F, et al. Magnetic resonance-determined sodium removal from tissue stores in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2015;87:434-41.
17. Ng JKC, Smyth B, Marshall MR, et al. Relationship between measured and prescribed dialysate sodium in haemodialysis: A systematic review and meta-Analysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2021;36:695-703.
18. Lew SQ, Kohn OF, Cheng Y-L, et al. Three-stream, bicarbonate-based hemodialysis solution delivery system revisited: with an emphasis on some aspects of acid-base principles. *Artif Organs.* 2017;41:509-18.
19. Stragier A, Lopot F, Svára F, et al. Fallacies and pitfalls of dialysis sodium prescription and control. *Blood Purif.* 2018;46:27-33.
20. Maduell F, Broseta JJ, Casals J, et al. Variaciones de la conductividad y cambios en el sodio plasmático durante hemodiálisis relacionado con el cambio de monitor. *Nefrología.* 2023;43:750-6.
21. Maduell F, Broseta JJ, Rodríguez-Espinosa D, et al. Practical implementation and clinical benefits of the new automated dialysate sodium control biosensor. *Clin Kidney J.* 2023;16:859-67.
22. Canaud B, Kooman J, Maierhofer A, et al. Sodium First Approach, to Reset Our Mind for Improving Management of Sodium, Water, Volume and Pressure in Hemodialysis Patients, and to Reduce Cardiovascular Burden and Improve Outcomes. *Frontiers in Nephrology.* 2022; 2.
23. Casals J, Broseta JJ, Fernández RM, et al. Correlation of plasmatic sodium determined by the laboratory and that determined by the dialysis machine. *Nefrología.* 2024;44:417-22.
24. Mc Causland FR, Waikar SS, Brunelli SM. The relevance of dietary sodium in hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2013;28:797-802.
25. Ikenoue T, Koike K, Fukuma S, et al. Salt Intake and All-Cause Mortality in Hemodialysis Patients. *Am J Nephrol.* 2018;48:87-95.

26. Buchares SGE, Wallbach KKS, Moraes TP, Pecoits-Filho R. Hypertension in patients on dialysis: diagnosis, mechanisms, and management. *J Bras Nefrol.* 2019;41:400-11.
27. Flythe JE, Kimmel S, Brunelli SM. Rapid fluid removal during dialysis is associated with cardiovascular morbidity and mortality. *Kidney Int.* 2011 Jan 79:225-37.
28. Maduell F, Cholbi E, Morantes L, et al. Results of Salt Intake Restriction Monitored with the New Sodium Control Biosensor. *Am J Nephrol.* 2023;54:291-8.
29. Suzuki N, Hitomi Y, Takata H, et al. Association between salt intake and long-term mortality in hemodialysis patients: a retrospective cohort study. *PLoS One.* 2021;16 (12).
30. Bossola M, Di Stasio E, Viola A, et al. Dietary daily sodium intake lower than 1,500 mg is associated with inadequately low intake of calorie, protein, iron, zinc and vitamin B1 in patients on chronic hemodialysis. *Nutrients.* 2020 Jan 12:1260.
31. Dekker MJE, Marcelli D, Canaud B, et al. Unraveling the relationship between mortality, hyponatremia, inflammation and malnutrition in hemodialysis patients: results from the international MONDO initiative. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70:779-84.
32. Ponce P, Pinto B, Wojke R et al. Evaluation of intradialytic sodium shifts during sodium controlled hemodialysis. *Int J Artif Organs.* 2020;43:620-4.