

## Original

# Variaciones de la conductividad y cambios en el sodio plasmático durante hemodiálisis relacionado con el cambio de monitor

Francisco Maduell\*, José Jesús Broseta, Joaquim Casals, Miquel Gómez, Lida M. Rodas, Marta Arias-Guillén, Manel Vera y Néstor Fontseré

Servicio de Nefrología y Trasplante Renal, Hospital Clínic Barcelona, Barcelona, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 3 de marzo de 2022

Aceptado el 1 de agosto de 2022

On-line el 19 de agosto de 2022

## Palabras clave:

Hemodiálisis

Sodio

Conductividad

Biosensores

Prescripción de diálisis

## RESUMEN

**Introducción:** El gradiente de sodio durante las sesiones es uno de los factores clave en el balance de este ion en los pacientes en hemodiálisis; sin embargo, hasta la aparición de los nuevos monitores con módulos de sodio, las diferencias entre el sodio prescrito y el medido han sido poco estudiadas. El objetivo del presente estudio fue comparar el impacto del cambio del monitor 5008 Cordiax al nuevo monitor 6008 Cordiax sobre los resultados de la conductividad real medida, del sodio plasmático inicial y final.

**Material y métodos:** Se incluyeron 106 pacientes en hemodiálisis. Cada paciente recibió dos sesiones de diálisis en las que solo se varió el monitor. Las variables recogidas fueron: el concentrado, sodio y bicarbonato prescritos, conductividad real, sodio plasmático inicial y final medidos por dialisancia iónica y se calculó el cambio de la concentración de sodio plasmático durante el tratamiento o delta de sodio ( $\Delta_PNa$ ).

**Resultados:** El cambio de monitor de diálisis mostró pequeñas diferencias, aunque significativas, en el sodio plasmático inicial (138,14 mmol/L con 5008 vs. 138,81 mmol/L con 6008) y final (139,58 mmol/L vs. 140,97 mmol/L), así como en la conductividad real obtenida (13,97 vs. 14,10 mS/cm). El  $\Delta_PNa$  también aumentó significativamente.

**Conclusión:** El cambio de monitor 5008 a 6008 se asocia a un aumento en la conductividad, un sodio plasmático más elevado y un incremento en el  $\Delta_PNa$ . El conocer y confirmar este cambio permitirá individualizar la prescripción de sodio, evitar posibles efectos indeseables y podría ser el estudio preliminar para explorar el nuevo biosensor de control de sodio incorporado en la nueva generación de monitores.

© 2022 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Española de Nefrología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [fmaduell@clinic.cat](mailto:fmaduell@clinic.cat) (F. Maduell).

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2022.08.001>

0211-6995/© 2022 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Española de Nefrología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Conductivity variations and changes in serum sodium concentration during dialysis related to monitor switching

### ABSTRACT

#### Keywords:

Hemodialysis  
Sodium  
Conductivity  
Biosensors  
Dialysis prescription

**Introduction:** The sodium gradient during hemodialysis sessions is one of the key factors in sodium balance in patients with dialysis-dependent chronic kidney disease; however, until the appearance of the new monitors with sodium modules, the differences between prescribed and measured sodium have been understudied. The present study aimed to compare the impact on the measured conductivity and the initial and final plasma sodium after changing the 5008 Cordiax to the new 6008 Cordiax monitor.

**Material and methods:** 106 patients on hemodialysis were included. Each patient underwent 2 dialysis sessions in which only the monitor was varied. The variables collected were dialysate, sodium and bicarbonate prescribed, real conductivity, initial and final plasma sodium measured, and the calculated sodium gradient ( $\Delta_PNa$ ).

**Results:** The change of dialysis monitor showed small but statistically significant differences in the initial (138.14 mmol/L with 5008 vs. 138.81 mmol/L with 6008) and final plasma sodium (139.58 mmol/L vs. 140.97 mmol/L), as well as in the actual conductivity obtained (13.97 vs. 14.1 mS/cm). The  $\Delta_PNa$  also increased significantly.

**Conclusión:** The change from 5008 to 6008 monitor is associated with increased conductivity, leading the patient to end the sessions with higher plasma sodium and  $\Delta_PNa$ . Knowing and confirming this change will allow us to individualize the sodium prescription and avoid possible undesirable effects. It could be the preliminary study to explore the new sodium biosensor incorporated into the new generation of monitors.

© 2022 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Sociedad Española de Nefrología.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

El sodio (Na) es el principal ion extracelular que define la osmolaridad y la cantidad de volumen extracelular. La prescripción del Na en el dializado es uno de los puntos claves en el tratamiento dialítico<sup>1</sup>. La hiponatremia ( $Na < 136$  mmol/L) se asocia a una mayor mortalidad en la población en diálisis<sup>2-5</sup>, que también se ha asociado más recientemente a la variación de la concentración de Na durante el tratamiento dialítico, es decir la diferencia entre Na plasmático final y el inicial o también denominado delta de sodio ( $\Delta_PNa$ )<sup>6</sup>.

El balance de Na en el paciente en hemodiálisis depende esencialmente de la ingesta de sal y de su eliminación durante el tratamiento dialítico. La pérdida de Na durante hemodiálisis (HD) es esencialmente a expensas de la convección (de la ultrafiltración relacionada con la ganancia interdiálisis) y, en menor medida, de la difusión, en relación con el gradiente entre el Na plasmático del paciente y el Na prescrito en el líquido de diálisis<sup>7</sup>. Un gradiente positivo de Na durante la HD favorece la estabilidad hemodinámica, reduce el riesgo de hipotensión intradiálisis y favorece una adecuada perfusión de órganos vitales<sup>8</sup>; sin embargo, produce un aumento de la osmolaridad, la sed y aumento del volumen extracelular y, consecuentemente, hipertensión arterial, mayor hipertrofia ventricular izquierda y se asocia a efectos cardiovasculares adversos<sup>1</sup>. Por el contrario, un gradiente negativo de Na, con prescripciones de Na bajas se ha asociado a una reducción de ganancia de peso interdiálisis y control de la presión

arterial a expensas de un incremento de episodios de hipotensión intradiálisis e hipoperfusión tisular<sup>8</sup>.

La medida de la conductividad del dializado por el monitor es esencial, en primer lugar, por seguridad, ya que asegura que la mezcla de concentrado ácido, bicarbonato y agua tratada se realiza correctamente. Además, la conductividad del dializado está totalmente relacionada con el Na del líquido de diálisis, ya que es su principal determinante, de forma que la variación de 1 mmol/L de Na normalmente se asocia a una variación en 0,1 mS/cm de conductividad. La individualización o ajustes en la prescripción de Na durante HD se ven reflejados en la conductividad del líquido de diálisis medida por el monitor de diálisis, que muestra esta medición en tiempo real, independientemente de la conductividad teórica o esperable que debería tener.

El médico prescribe un concentrado de diálisis y puede individualizar la concentración de sodio y/o bicarbonato. Sin embargo, la máquina de diálisis no mide sodio, sino conductividad, por lo que a través de un algoritmo que liga el sodio y la conductividad para la fórmula del concentrado elegido, fabrica un líquido de diálisis con esta conductividad y, se supone, con la concentración de sodio prescrita. Un tema realmente poco estudiado es la relación entre el Na o conductividad del líquido de diálisis prescritos y la medida por el monitor de diálisis, ya que se suponen iguales. Ng et al.<sup>9</sup> publicaron que el Na medido en el líquido de diálisis fue inferior en casi 2 mmol/L al prescrito, según el tipo de máquina de diálisis o tipo de concentrado, concluyendo que la prescripción de Na requiere más precisión en el resultado final obtenido en el líquido de diálisis.

**Tabla 1 – Composición en ficha técnica de los concentrados del líquido de diálisis utilizados en el estudio**

	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)	1,50	1,25	1,50	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

Recientemente, la incorporación de máquinas de diálisis con módulos de control de sodio del líquido de diálisis, que intentan evitar las diferencias entre el sodio prescrito y el obtenido mediante un sistema de individualización automática del Na del dializado<sup>10</sup>, ha despertado mayor interés en el tema. Como valoración preliminar, el objetivo del presente estudio fue comparar el resultado del cambio del monitor 5008 Cordiax al nuevo monitor 6008 Cordiax (Fresenius Medical Care AG & Co., Bad Homburg, Alemania) que dispone de este módulo, sobre los resultados de la conductividad del dializado, del Na plasmático inicial y final.

## Material y métodos

Estudio observacional unicéntrico en pacientes en programa crónico de HD. Se incluyeron 106 pacientes (69 varones y 37 mujeres) con una edad media de 68,6±16 años (intervalo 19-96 años) que se encontraban en programa de HD con un promedio de 40±45 meses (intervalo 3-314 meses). La etiología de la insuficiencia renal crónica fue 14 con glomerulonefritis crónica, 14 con nefropatía diabética, 11 con poliquistosis, 27 con nefropatía vascular, cuatro con nefropatía túbulo intersticial, 12 de causa urológica, cinco con síndrome cardiorrenal, tres con enfermedad sistémica y 16 de etiología no filiada. Los pacientes se dializaron a través de fistula arteriovenosa en el 65%, a través de fístula protésica en un 4% y el 31% restante a través de un catéter central tunelizado.

Cada paciente recibió dos sesiones de tratamiento, con la misma prescripción de diálisis en la que solo se varió el monitor 5008 Cordiax vs. monitor 6008 Cordiax. Se mantuvieron constantes, por tanto, en cada paciente, la prescripción de concentrado ácido y la concentración de sodio y bicarbonato. La prescripción individualizada se realizó a través del programa Nefrolink (Fresenius Medical Care España S.A.U., Madrid, España) que transmite automáticamente esta prescripción directamente a la máquina de diálisis. Se mantuvieron constantes en cada una de las sesiones los parámetros dialíticos: tiempo de diálisis, 319±72 min (240-480 min); flujo sangre (Qb) 417±33 min (300-450 min); flujo del baño de diálisis (Qd) 400 mL/min; modalidad hemodiafiltración en el 94% y diálisis extendida en el 6% restante. Los parámetros de diálisis recogidos en cada sesión fueron: tipo de concentrado, Na y bicarbonatos prescritos en el líquido de diálisis, conductividad del líquido de diálisis medida por el monitor real obtenida, Na plasmático inicial y final estimados medidos por el propio monitor de diálisis mediante el biosensor módulo de dialisan- cia iónica y, finalmente, se calculó la diferencia entre el Na

inicial y final o delta de Na (el  $\Delta_PNa$ ). Se utilizaron cuatro tipos de concentrado de diálisis: 41 ACF3 A4 (39%), 11 ACF3 A2 (10%), 44 Smartbag 211.5 (42%) y 10 Smartbag 211.25 (9%). La composición electrolítica completa de los concentrados de diálisis utilizados están recogidas en la tabla 1. Al inicio del estudio se realizó una comprobación de las conductividades obtenidas en ambas máquinas mediante un conductímetro externo, confirmando que las medidas de conductividad obtenidas por el monitor se correspondían con una medida real.

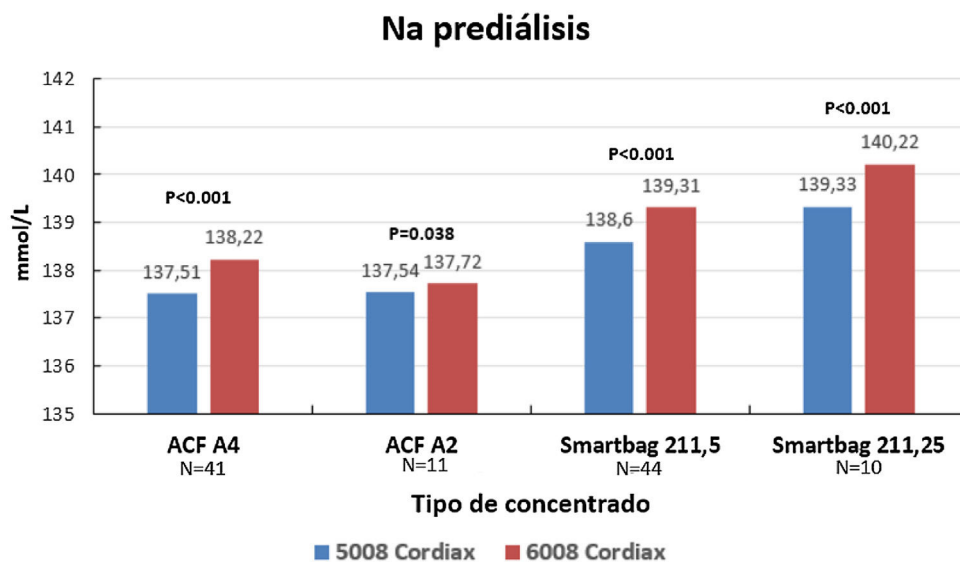
Los resultados se expresan como la media aritmética±desviación típica. Para el análisis de la significación estadística de parámetros cuantitativos se ha empleado el test de t de Student para datos pareados y el coeficiente de correlación de Spearman. El  $\Delta_PNa$ , tanto pre como posdiálisis, se separó en cuatro grupos: <0, entre 0-1,99, 2-3,99 y  $\geq 4$  mmol/L; las diferencias en la distribución de casos en estos grupos entre ambos monitores se analizaron mediante el test de  $\chi^2$  de Pearson. Se ha considerado estadísticamente significativa una  $p < 0,05$ . Los análisis se realizaron con el programa SPSS versión 23 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.).

## Resultados

Todas las sesiones de diálisis se realizaron sin incidencias clínicas destacables, sin episodios de hipotensión intradiálisis que precisaran reposición de volumen ni tampoco se manifestaron síntomas de calambres o sed.

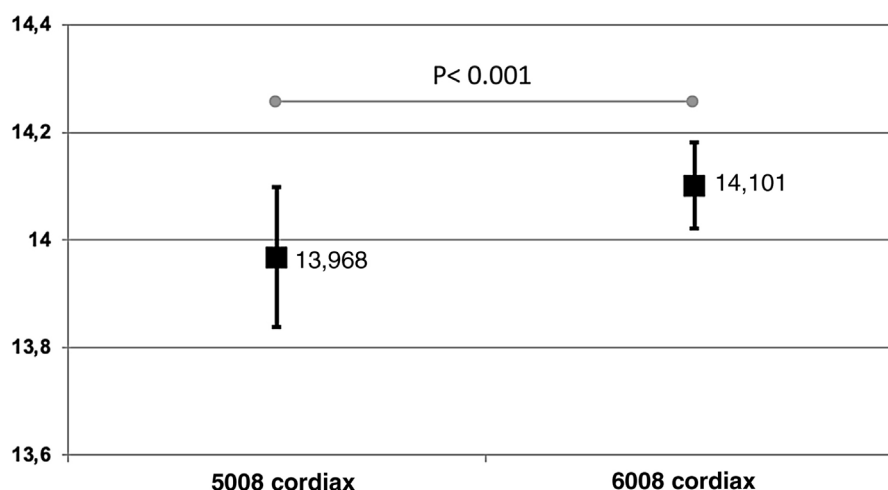
La mayoría de los pacientes recibieron una prescripción individualizada de bicarbonato, especialmente aquellos que usaron el concentrado ACF3 A4 y ACF3 A2, en los cuales se disminuyó el bicarbonato de 35 a 32 mmol/L y el Na de 140 a 139 mmol/L, para mantener una conductividad teórica de 13,9 mS/cm. La distribución final en la prescripción de Na fue de 138 mmol/L en el 18%, 139 en el 69% y 140 mmol/L en el 13% restante. La distribución de bicarbonato fue de 32 mmol/L en el 82%, 33 en el 8%, 34 en el 7% y 35 mmol/L en el 3% restante, que equivaldría a una conductividad teórica alrededor de 13,9 mS/cm, como se puede ver en la composición en ficha técnica de los concentrados del líquido de diálisis utilizados en el estudio (tabla 1).

El cambio de monitor de diálisis mostró pequeñas diferencias, aunque significativas, en el Na plasmático inicial calculado por el monitor, 138,14±1,95 mmol/L con monitor 5008 vs. 138,81±2,69 mmol/L con monitor 6008 ( $p < 0,001$ ), diferencias que se mantuvieron independientemente del tipo de concentrado utilizado (fig. 1). Se observó una buena correlación entre los valores de Na plasmático inicial entre ambos



**Figura 1** – Comparación entre el sodio plasmático prediálisis estimado por los monitores 5008 vs. 6008 Cordiax (datos pareados). Diferencias entre el sodio plasmático prediálisis según el tipo de concentrado utilizado.

### Conductividad líquido de diálisis (mS/cm)



**Figura 2** – Comparación de la conductividad del líquido de diálisis medida por los monitores 5008 vs. 6008 Cordiax (datos pareados).

monitores ( $Na_{inicial5008} = 0,509 \times Na_{inicial6008} + 67,45$ ,  $R = 0,702$ ,  $p < 0,001$ ).

El cambio de monitor de diálisis mostró diferencias significativas en la conductividad del líquido de diálisis medida por el monitor de diálisis (fig. 2). Se incrementó la conductividad al cambiar al monitor 6008, a pesar de mantener el mismo tratamiento y prescripción de concentrado. Estas diferencias se mantuvieron independientemente del concentrado utilizado (fig. 3).

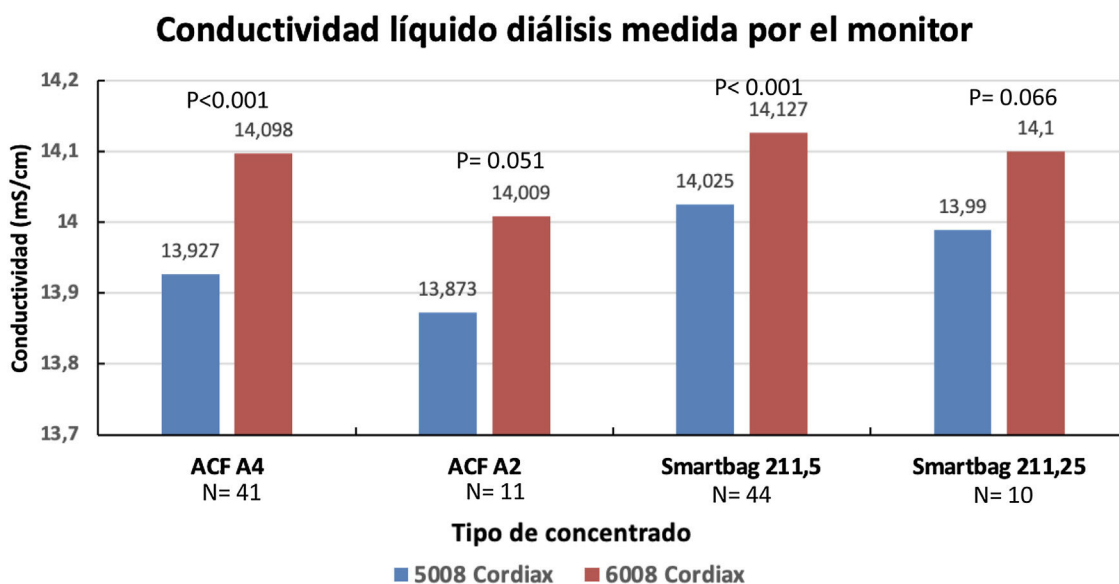
El Na plasmático final, consecuentemente, también mostró diferencias significativas entre ambos monitores, siendo de  $139,58 \pm 1,27$  mmol/L con monitor 5008 vs.  $140,97 \pm 0,88$  mmol/L con monitor 6008 ( $p < 0,001$ ), diferencias que se mantuvieron independientemente del tipo de concentrado utilizado (fig. 4). También se mantuvo una correlación significativa entre

los valores de Na plasmático final entre ambos monitores ( $Na_{inicial5008} = 0,68 \times Na_{inicial6008} + 43,97$ ,  $R = 0,57$ ,  $p < 0,001$ ).

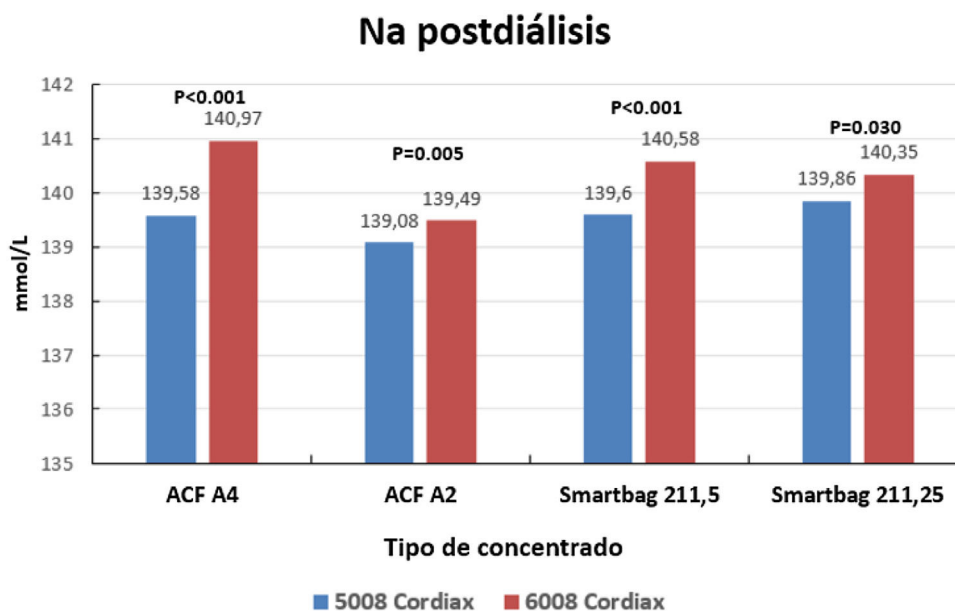
La media de los valores del  $\Delta_p Na$  fueron de  $1,426 \pm 1,67$  mmol con monitor 5008 vs.  $1,793 \pm 2,57$  con monitor 6008,  $p = 0,037$ . La distribución del  $\Delta_p Na$  fue inferior a 0 mmol/L en 19 pacientes (17,9%) vs. 26 (24,5%); entre 0 y 1,99 mmol/L en 44 pacientes (41,5%) vs. 30 (28,3%); entre 2 y 3,99 mmol/L en 36 pacientes (34%) vs. 25 (23,6%); y superior a 4 mmol/L en siete pacientes (6,6%) vs. 25 (23,6%), con el monitor 5008 vs. 6008, respectivamente, ( $p < 0,001$  test  $\chi^2$ ).

## Discusión

El presente estudio muestra que el cambio de monitor de diálisis 5008 a 6008 se acompaña de un aumento de la



**Figura 3** – Comparación de la conductividad del líquido de diálisis medida por los monitores 5008 vs. 6008 Cordiax según el tipo de concentrado utilizado (datos pareados).



**Figura 4** – Comparación entre el sodio plasmático postdiálisis estimado por los monitores 5008 vs. 6008 Cordiax y diferencias entre los tipos de concentrados utilizados (datos pareados).

conductividad del líquido de diálisis y de los valores de Na plasmático pre y posdiálisis. Este aumento de la osmolaridad y del Na plasmático al final de la sesión puede tener implicaciones clínicas y asociarse a un aumento de sed, a una mayor ganancia interdiálisis y, consecuentemente, a cambios en la presión arterial. Sin embargo, conocer este cambio permite ajustar la prescripción de Na con el fin de mantener unos valores de conductividad similares a los previos. Este sería el primer paso o el punto de partida para poder utilizar el nuevo biosensor de control de Na del líquido de diálisis que se ha incorporado en la nueva generación de monitores 6008 que, mediante un ajuste automático del Na, intenta conseguir que el balance difusivo de Na durante la sesión sea mínimo<sup>10</sup>.

El líquido de diálisis es el resultado de tres factores, el concentrado ácido, el concentrado de bicarbonato y el tratamiento de agua, actualmente en la proporción de 1 (concentrados): 44 (agua). El control del resultado final del líquido de diálisis se monitoriza mediante la conductividad (como alternativa al Na) y permite realizar pequeños ajustes en la proporción de concentrados, alarmas o dejar en situación de baipás si es conveniente<sup>11</sup>. Sin embargo, los monitores tienen una ventana de seguridad bastante amplia en la conductividad, entre 0,3-0,5 mS/cm y, por tanto, una fuente de variabilidad<sup>12</sup>. En este artículo hemos apreciado cómo un mismo fabricante aporta un nuevo monitor que presenta un incremento en la conductividad de entre 0,1-0,2 mS/cm, ante una misma prescripción.

Aunque esta variación esté dentro de los márgenes de seguridad aceptables, parece razonable que el nefrólogo pueda corregir esta desviación mediante ajuste en la prescripción de Na del líquido de diálisis y la monitorización de la conductividad medida por el monitor de diálisis en el pase de visita. Cada bomba de extracción de concentrado permite pequeñas modificaciones para individualizar la prescripción de bicarbonato ( $\pm 8$  mmol/L) y/o de Na ( $\pm 15$  mmol/L). Sin embargo, con el paso del tiempo, estas bombas se pueden deteriorar, cogiendo una cantidad inferior a la deseada y, consecuentemente, una disminución en la conductividad del líquido de diálisis, por lo que, al cabo de los años, podría ser necesario reemplazarlas.

La relación entre el Na o conductividad del líquido de diálisis prescrito y el que realmente recibe el paciente, se presupone erróneamente que es el mismo. Ng et al.<sup>9</sup> realizaron una revisión sistemática de estudios que miden el contenido de Na del dializado administrado y comparan con el prescrito, o en otras palabras, exploran la diferencia media entre los valores de Na del líquido de diálisis medidos y los prescritos (independientemente del Na sérico). El estudio mostró que aunque no había una diferencia en el promedio entre los valores de Na del dializado medidos y prescritos, entre las muestras informadas individualmente, el Na medido fue inferior en casi 2 mmol/L al prescrito, según el tipo de máquina de diálisis o tipo de concentrado. Los autores concluyeron que la prescripción de Na requiere más precisión en el resultado final medido<sup>9</sup>. Las diferencias significativas entre las concentraciones de Na prescritas y medidas pueden tener efectos beneficiosos o perjudiciales sobre los resultados clínicos<sup>13</sup>.

Las fluctuaciones del Na plasmático prediálisis en cada paciente son normalmente pequeñas, lo que apoya la hipótesis de un punto de referencia individual de sodio de cada paciente (*Na setpoint*)<sup>7,14</sup>. Sin embargo, la variabilidad del Na plasmático prediálisis entre los pacientes es muy alta, mostrando las diferencias en la dieta, estilo de vida y comorbilidades<sup>15</sup>, como en el presente estudio que mostraba una variabilidad entre 131 y 143 mmol/L. Asimismo, Albalade et al.<sup>16</sup> observaron que la natremia de los pacientes en hemodiálisis tiene un coeficiente de variabilidad bajo, pero no muestra un valor constante, más aún, en aquellos pacientes con hiponatremia. Además, observaron la falta de asociación entre la natremia y el estado de volemia, subrayando la necesidad de valorar de forma independiente cuáles son los balances de sodio que cada paciente necesita e insistiendo en la importancia de una prescripción individualizada. En nuestro estudio, la prescripción del Na solo oscilaba entre 138 y 140 mmol/L, reflejando una prescripción de Na casi constante con mínimos ajustes relacionados con la individualización del bicarbonato. Este es el proceder de la mayoría de los centros de diálisis, una prescripción fija o estándar de Na<sup>17</sup>. Las nuevas máquinas de diálisis con módulos de control de sodio permitirán, de una forma automática, individualizar el Na del dializado, con el objetivo de que este influya lo menos posible sobre el balance de Na durante el tratamiento<sup>10,18,19</sup>. Como demostraron Shendi et al., es importante tener en cuenta también que existen diferencias entre los niveles de sodio prediálisis dependiendo del método de determinación (fotómetro de llama, autoanalizador o aparato de gases)<sup>20</sup>.

El cambio de monitor 5008 a 6008 se ha asociado con un aumento en la conductividad del líquido de diálisis y, consecuentemente, a que el paciente finalice con un Na plasmático más elevado; y por tanto, posibles efectos indeseables como aumento de la osmolaridad, la sed, del volumen extracelular y, consecuentemente, hipertensión arterial, mayor hipertrofia ventricular izquierda y efectos cardiovasculares adversos<sup>1</sup>. Es, por tanto, importante tener en consideración que más que fiarse de la prescripción del concentrado de diálisis (con un Na, bicarbonato y conductividad especificada por el fabricante), lo más importante es tener en cuenta y fiarse de la monitorización de la conductividad medida por el monitor de diálisis. Este seguimiento puede mostrar diferencias a las conductividades del líquido de diálisis a las esperadas, a veces entre monitores similares, a veces entre monitores de la misma marca, pero generaciones diferentes (como el presente estudio), y a veces entre monitores de diferentes marcas que, además, posiblemente, utilizan concentrados diferentes. Esta monitorización de la conductividad del líquido de diálisis medida por el monitor durante el pase de visita durante el tratamiento en tiempo real, permite realizar ajustes individualizados de Na del concentrado para corregir y obtener la conductividad prescrita y deseada.

Fujisaki et al.<sup>6</sup>, con los datos del registro japonés de diálisis y trasplante, mostraron que tanto la hiponatremia como una variación  $\Delta_p\text{Na}$  superior a 4 mmol/L se asociaba a un aumento de la mortalidad en pacientes en HD (especialmente la combinación de ambos), sugiriendo que el incremento en el  $\Delta_p\text{Na}$  puede ser causa de daño orgánico. El efecto nocivo del  $\Delta_p\text{Na}$  intradiálisis puede reflejar cambios cíclicos de la estructura cerebral (hinchazón y contracción) con los cambios osmóticos inducidos por la diálisis<sup>21</sup>. En el presente estudio, el  $\Delta_p\text{Na}$  superior a 4 mmol/L incrementó del 6 al 22% con el cambio de monitor, que con la constatación del incremento de la conductividad real y del Na plasmático final, sugería una reducción en la prescripción de Na del líquido de diálisis.

La diálisis adecuada debe permitir la eliminación completa de la ganancia de sodio interdiálisis y evitar la carga de sodio intradiálisis y, en consecuencia, una mayor ganancia de peso interdiálisis<sup>22</sup>. Solo la proporción ionizada de sodio está disponible para la difusión, por lo tanto, su movimiento está determinado por el gradiente entre las concentraciones de iones electroquímicamente activos desde el plasma hacia el dializado, así como por la temperatura y la acidez. El efecto Gibbs-Donnan se refiere a un fenómeno causado por proteínas plasmáticas aniónicas demasiado grandes para atravesar la membrana de diálisis, creando un campo eléctrico que atrae cationes y que reduce la cantidad de sodio difusible en plasma<sup>23</sup>. Esta es la razón por la que, en ocasiones, se puede observar que los valores de Na plasmático se corrigen y acercan a los del dializado, y pueden incluso llegar a sobrepasarlos por el efecto Gibbs-Donnan.

Concluimos que el cambio de monitor 5008 a 6008 se asocia con un aumento en la conductividad del líquido de diálisis y, consecuentemente, a que el paciente finalice con un Na plasmático más elevado. El conocer y confirmar este cambio permite individualizar la prescripción de Na y evitar posibles efectos indeseables. Este podría ser el estudio preliminar, para mantener a los pacientes en una situación similar a la

máquina de diálisis previa, y así explorar los posibles beneficios del nuevo biosensor de control de sodio incorporado a la nueva generación de monitores, que podrían reducir el gradiente de sodio intradiálisis.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

## Conflictos de interés

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

## Agradecimientos

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a todos los pacientes que han participado, así como a todo el personal de la Sección de diálisis del Hospital Clínic de Barcelona por su colaboración y entusiasmo en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cook NR, Cutler JA, Obarzanek E, Buring JE, Rexrode KM, Kumanyika SK, 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;334:885-8.
- Ye X, Kooman JP, van der Sande FM, Canaud B, Stuard S, Etter M, et al. Increased Mortality Associated with Higher Pre-Dialysis Serum Sodium Variability: Results of the International MONitoring Dialysis Outcome Initiative. *Am J Nephrol*. 2019;49:1-10.
- Sato N, Gheorghide M, Kajimoto K, Munakata R, Minami Y, Mizuno M, et al. Hyponatremia and in-hospital mortality in patients admitted for heart failure (from the ATTEND registry). *Am J Cardiol*. 2013;111:1019-25.
- Waikar SS, Mount DB, Curhan GC. Mortality after hospitalization with mild, moderate, and severe hyponatremia. *Am J Med*. 2009;122:857-65.
- Pérez-García R, Palomares I, Merello JI, Ramos R, Maduell F, Molina M, et al. Hyponatraemia, mortality and haemodialysis: An unexplained association. *Nefrologia*. 2016;36:42-50.
- Fujisaki K, Joki N, Tanaka S, Kanda E, Hamano T, Masakane I, 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*. 2020;6:342-50.
- Basile C, Libutti P, Lisi P, Vernaglione L, Casucci F, Losurdo N, et al. Sodium setpoint and gradient in bicarbonate hemodialysis. *J Nephrol*. 2013;26:1136-42.
- MacEwen C, Sutherland S, Daly J, Pugh C, Tarassenko L. Relationship between Hypotension and Cerebral Ischemia during Hemodialysis. *J Am Soc Nephrol*. 2017;28:2511-20.
- Ng JKC, Smyth B, Marshall MR, Kang A, Pinter J, Bassi A, et al. Relationship between measured and prescribed dialysate sodium in haemodialysis: a systematic review and meta-analysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2021;36:695-703.
- Ságová M, Wojke R, Maierhofer A, Gross M, Canaud B, Gauly A. Automated individualization of dialysate sodium concentration reduces intradialytic plasma sodium changes in hemodialysis. *Artif Organs*. 2019;43:1002-13.
- 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.
- Stragier A, Lopot F, Švára F, Polakovič V. Fallacies and Pitfalls of Dialysis Sodium Prescription and Control. *Blood Purif*. 2018;46:27-33.
- Gul A, Miskulin DC, Paine SS, Narsipur SS, Arbeit LA, Harford AM, et al. Comparison of Prescribed and Measured Dialysate Sodium: A Quality Improvement Project. *Am J Kidney Dis*. 2016;67:439-45.
- Keen ML, Gotch FA. The association of the sodium «setpoint» to interdialytic weight gain and blood pressure in hemodialysis patients. *Int J Artif Organs*. 2007;30:971-9.
- Odudu A, Lambie S, Taal MW, Fluck RJ, McIntyre CW. 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.
- Albalade M, de Sequera P, Pérez-García R, Ruiz-Álvarez MJ, Corchete E, Talaván T, et al. Set-point de sodio en hemodiálisis: ¿es lo que vemos en la clínica? *Nefrologia*. 2013;33:808-15.
- Basile C, Lomonte C. It is Time to Individualize the Dialysate Sodium Prescription. *Semin Dial*. 2016;29:24-7.
- Ponce P, Pinto B, Wojke R, Maierhofer AP, Gauly A. Evaluation of intradialytic sodium shifts during sodium controlled hemodialysis. *Int J Artif Organs*. 2020;43:620-4.
- Kuhlmann U, Maierhofer A, Canaud B, Hoyer J, Gross M. 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.
- Shendi AM, Davenport A. The difference between delivered and prescribed dialysate sodium in haemodialysis machines. *Clin Kidney J*. 2021;14:863-8.
- 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.
- Davenport A. Audit of the effect of dialysate sodium concentration on inter-dialytic weight gains and blood pressure control in chronic haemodialysis patients. *Nephron Clin Pract*. 2006;104:c120-5.
- Nguyen MK, Kurtz I. Quantitative interrelationship between Gibbs-Donnan equilibrium, osmolality of body fluid compartments, and plasma water sodium concentration. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100:1293-300.