

# Balance ácido-base en hemodiafiltración en línea: efectos de la difusión y la convección

J. Hernández-Jaras, H. García, F. Maduell, C. Calvo, V. Navarro y J. Villatoro

Servicio de Nefrología. Hospital General de Castellón.

## RESUMEN

La hemodiafiltración (HDF) en línea es una técnica de HDF que utiliza el propio líquido de diálisis como reinfusión. Para evaluar el balance ácido-base en esta técnica se estudiaron 13 pacientes en dos sesiones realizadas de manera aleatoria: HD de alto flujo y HDF en línea (Qinf:  $117,6 \pm 16$  ml/min.). En HD el bicarbonato sérico se elevó de  $22,6 \pm 2,1$  al comienzo de la sesión a  $27,8 \pm 1,9$  mEq/l al final ( $p < 0,001$ ). La ganancia de bicarbonato (GB) intradiálisis fue de  $135,3 \pm 77,2$  mEq y la generación de H<sup>+</sup> (GH<sup>+</sup>) interdiálisis de  $105,4 \pm 61,2$  mEq. En HDF el bicarbonato se elevó de  $23,1 \pm 1,8$  a  $28,4 \pm 1,3$  mEq/l ( $p < 0,001$ ). La GB fue de  $128,3 \pm 48,5$  mEq y la GH<sup>+</sup> de  $131,1 \pm 50,2$  mEq.

En 11 de estos pacientes se estudió durante la sesión de HDF la transferencia de bicarbonato (Jbic) intradializador y post-infusión. El estudio se realizó con la recogida simultánea de muestras de sangre a los 30' y 150', pre-dializador (preD), post-dializador (posD) y post-infusión (posI), para la determinación de pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, bic, Hto y prot.tot. También se recogieron muestras del líquido de reinfusión. El cálculo de la concentración de bic. se realizó mediante la ecuación de Henderson-Hasselbach. En las muestras de líquido se realizaron correcciones del pK y coef. de solubilidad del CO<sub>2</sub> para soluciones salinas bicarbonatadas.

Se apreció un descenso significativo en el pH sanguíneo en los valores posD y posI vs.preD, así como un incremento significativo en la pCO<sub>2</sub> y bic. La Jbic. posD fue de  $-1,45 \pm 0,72$  y  $-2,31 \pm 0,54$  mEq/min. a los 30' y 150' respectivamente ( $p < 0,01$ ). La infusión de bic fue de  $3,45 \pm 0,53$  mEq/min. La Jbic total posI fue de  $1,99 \pm 0,55$  y  $1,20 \pm 0,62$  mEq/min a los 30' y 150' respectivamente ( $p < 0,01$ ).

Concluimos que la HDF en línea logra un balance ácido-base equilibrado con niveles de bic. pre y postHD adecuados. La elevada tasa de UF origina una Jbic intradializador negativa que se compensa adecuadamente con la posterior reinfusión.

Palabras clave: **Hemodiafiltración. Acido-base. Bicarbonato.**

Recibido: 16-I-98  
En versión definitiva: 15-IV-98  
Aceptado: 20-IV-98

Correspondencia: Dr. J. Hernández-Jaras  
Servicio de Nefrología  
Hospital General de Castellón  
Avda. de Benicassim, s/n  
12004 Castellón

## ACID-BASE BALANCE DURING HEMODIAFILTRATION ON-LINE: EFFECTS OF DIFFUSION AND CONVECTION

### SUMMARY

*HDF with on-line production of substitution fluid from ultrapure bicarbonate dialysate, is a new dialysis modality, which simplifies the procedure and reduces the cost of treatment. To evaluate the changes in Ph and blood gases we studied 13 patients during two sessions, one of Hd and the other of HDF on-line. During HD plasma  $\text{HCO}_3^-$  rose from  $22.6 \pm 2.1$  pre-HD to  $27.8 \pm 1.9$  mEq/l post-HD ( $p < 0.001$ ). The bicarbonate gain (BG) was  $135 \pm 77.2$  mEq and  $\text{H}^+$  generation (GH+) was  $105.4 \pm 61.2$  mEq. During HDF on-line plasma  $\text{HCO}_3^-$  increased from  $23.1 \pm 1.8$  to  $28.4 \pm 1.3$  mEq ( $p < 0.001$ ). BG was  $128.3 \pm 48.5$  mEq and GH+  $131.1 \pm 50.2$  mEq.*

*In a second phase we studied 11 of these patients treated with HDF on-line. Blood pH,  $\text{pCO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Hct and total protein concentration were determined simultaneously at dialyzer inlet and outlet and after the reinfusion at 30' and 150'. Bicarbonate concentration was also determined in reinfusion liquid by the Henderson-Hasselbach equation, with the values for pK and solubility coefficient of  $\text{CO}_2$  replaced by those for saline bicarbonate solution.*

*Blood pH drops significantly during the passage through the filter and after reinfusion.  $\text{pCO}_2$  and  $\text{HCO}_3^-$  concentration increased both during blood passage through filter and after reinfusion. Bicarbonate flux ( $J_{\text{bic}}$ ) through the filter was  $-1.45 \pm 0.72$  and  $-2.31 \pm 0.54$  mEq/min. ( $p < 0.01$ ) at 30' and 150' respectively. However the  $J_{\text{bic}}$  after reinfusion was  $1.99 \pm 0.55$  and  $1.20 \pm 0.62$  mEq/min ( $p < 0.01$ ) at 30' and 150' respectively. There were no differences between HD and HDF on-line. The acidosis was corrected effectively with bicarbonate concentration, approximately 23 mEq/l before HDf and 28 mEq/l after session. High ultrafiltration rates will tend to decrease  $J_{\text{bic}}$  through the filter. However the convective bicarbonate loss was adequately counterbalanced by the bicarbonate content of dialysis fluid used as reinfusion.*

Key words: **Hemodiafiltration. Acid-base. Bicarbonate.**

### INTRODUCCION

La hemodiafiltración (HDF) en línea es una nueva modalidad de diálisis que ofrece altos aclaramientos de pequeñas y grandes moléculas, a través de la combinación de elevados flujos difusivos y convectivos. Esta técnica simplifica de manera importante la convección porque permite la producción en línea del líquido de reinfusión mediante un proceso de filtración esterilizante del propio líquido de diálisis<sup>1,2</sup>.

El líquido de diálisis utilizado dispone de bicarbonato y pequeñas cantidades de acetato como fuente de base.

El balance ácido-base en este tipo de técnica depende por una parte de la transferencia de bicarbonato del líquido de diálisis a la sangre durante la sesión, a esto habrá que sumar la transferencia de

acetato. Por otra parte habrá que restar la generación de hidrogeniones ( $\text{H}^+$ ) interdiálisis y las pérdidas de aniones orgánicos (lactato, citrato,  $\beta\text{OH}$ -butirato) que se producen durante la sesión y que son fuente de base potencial una vez que se oxidan en las vías del metabolismo intermedio (ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa).

Durante la HDF en un único dializador se establecerán influencias recíprocas entre la difusión y la convección que condicionan la transferencia de bicarbonato a través de la membrana de diálisis<sup>3</sup>.

El objetivo de este estudio es valorar las diferencias en el balance ácido-base entre la HD de alto flujo y la HDF en línea. Asimismo se pretende evaluar las transferencias de bicarbonato intradializador y a través del líquido de infusión en esta última técnica.

## MATERIAL Y METODOS

1.<sup>a</sup> Fase: se estudian 13 pacientes (10 v/3 m) con una edad media de  $58,4 \pm 9,3$  años y un peso seco de  $61,8 \pm 9$  kg. El tiempo de permanencia en HD era de  $69,9 \pm 47,1$  meses. Todos ellos habían permanecido en HDF en línea durante al menos tres meses. A cada paciente se le realizó de forma aleatoria una sesión de HD de alto flujo y otra de HDF en línea. Las características de cada sesión se muestran en la [tabla I](#). Las características a destacar son un flujo de infusión (Qinf.) de  $117 \pm 16$  ml/min en HDF en línea que ha de sustraerse del flujo de líquido de diálisis (Qd), por tanto disminuye en esta misma cantidad el Qd en esta técnica. El líquido empleado de diálisis tenía la siguiente composición teórica: Na 140; K 1,5; Cl 107; CO<sub>3</sub>H- 39 y acetato 4 (mEq/l). En HDF en línea este mismo líquido se empleó como líquido de reinfusión.

**Tabla I.** Características de la diálisis

|                              | HD               | HDF-online       |
|------------------------------|------------------|------------------|
| UF (ml/min)                  | 12,5 ± 4,3       | 12,4 ± 6,0       |
| Dializador (m <sup>2</sup> ) | Polisulfona 1,89 | Polisulfona 1,89 |
| Tiempo diálisis (min)        | 180              | 180              |
| Qb (ml/min)                  | 461 ± 56         | 461 ± 56         |
| Qinf. (ml/min)               | 0                | 117 ± 16         |
| Qd (ml/min)                  | 800              | 800-Qinf         |

Qb: flujo sanguíneo; Qinf: flujo infusión = flujo convectivo.  
Qd: flujo dializado.

Se recogieron muestras de sangre de la línea arterial preHD, postHD (después de enlentecer el flujo a 50 c.c. durante 1 min.), rebote (Reb) (después de 45' postHD), preHD de la siguiente sesión (preHD<sub>2</sub>). se determinaron pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>H-.

2.<sup>a</sup> Fase: en 11 de estos pacientes durante la HDF en línea se tomaron, a los 30' y 150' intradiálisis, muestras pre-dializador (preD), post-dializador (posD) y post-infusión (posI). En cada muestra se determinó pH, PO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>H-, Hto y proteínas totales.

Cálculos: ganancia de bicarbonato intraHD<sup>4</sup>:

- Gan.Bic.: (PesoPost\*0,5\*CO<sub>3</sub>H-Reb) – (PesoPre\*0,5CO<sub>3</sub>H-PreHD).

Generación de hidrogeniones interHD:

- Gen.H+: (PesoPost\*0,5\*CO<sub>3</sub>H-Reb) – (PesoPre\*0,5\*CO<sub>3</sub>H-PreHD<sub>2</sub>).

Transferencia de bicarbonato a través de dializador (Jbic)<sup>5</sup>:

- Jbic: (QEo\*BicPosD) – (QEi\*BicPreD).
- QEi (flujo efectivo PreD):  
Qbi(0,94 – 0,443Hto/100).
- QEo (flujo efectivo PosD): QEi – 0,94 UF.

Bicarbonato infundido (Bic.Inf.):

- Bic.Inf. (mEq/min.): CDi\*Qinf.

La determinación de pH, pO<sub>2</sub> y Bic se realizó en un analizador de gases sanguíneos (IL 1640) en los 10' siguientes a su extracción. La concentración de bicarbonato en el líquido de diálisis se calculó mediante la ecuación de Henderson-Hasselbach con corrección del pK y el coef. de solubilidad de CO<sub>2</sub> para soluciones salinas bicarbonatadas<sup>6</sup>:

- Log Bic: pH – 5,98 + Log (0,0247\*pCO<sub>2</sub>).

## ANALISIS ESTADISTICOS

Los resultados se expresan como media ± desviación típica. El ajuste de las variables a una distribución normal se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias preHD vs. postHD, postHD vs. Reb, Reb vs. preHD<sub>2</sub> y las diferencias entre ambas técnicas en cada tiempo, se analizaron mediante t-Student para datos apareados. Las diferencias preD, posD, posI se analizaron mediante análisis de la varianza y si el contraste resultó significativo se aplicó la técnica de Neuman-Keuls. P < 0,05 se consideró significativo.

## RESULTADOS

Parámetros ácido-base ([tabla II](#)): en ambas técnicas se aprecia un ascenso significativo del pH postHD y un descenso preHD<sub>2</sub>. El pH postHD fue  $7,45 \pm 0,03$  en HD y  $7,48 \pm 0,02$  en HDF (p < 0,001).

**Tabla II.** Valores de pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> y Bic en HD y HDF on-line.

|                       | Pre-HD      | Post-HD      | Reb.                     | PreHD <sub>2</sub> |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| pH-HD                 | 7,38 ± 0,02 | 7,45 ± 0,03* | 7,46 ± 0,03 <sup>+</sup> | 7,39 ± 0,03**      |
| pH-HDF                | 7,38 ± 0,03 | 7,48 ± 0,02* | 7,47 ± 0,02              | 7,38 ± 0,02**      |
| pO <sub>2</sub> -HD   | 95,5 ± 20,9 | 87,4 ± 14,9* | 87,6 ± 15,8              | 95,6 ± 17,5        |
| pO <sub>2</sub> -HDF  | 92,2 ± 16,9 | 87,5 ± 13,2  | 83 ± 14,5                | 92,3 ± 16,5        |
| pCO <sub>2</sub> -HD  | 35,6 ± 6    | 38,4 ± 2,2   | 37,4 ± 3,4               | 38,4 ± 2,8         |
| pCO <sub>2</sub> -HDF | 38,6 ± 3,5  | 37,2 ± 3,8   | 37,2 ± 3,1               | 37,8 ± 3,2         |
| CO <sub>3</sub> H HD  | 22,6 ± 2,1  | 27,8 ± 1,9*  | 27,8 ± 1,7               | 23,6 ± 1,6**       |
| CO <sub>3</sub> H HDF | 23,1 ± 1,8  | 28,4 ± 1,3*  | 27,9 ± 1,5               | 22,9 ± 1,6**       |

\*p < 0,01 vs.PreHD;

\*\*p < 0,01 VS. REB;

<sup>+</sup>p < 0,01 vs.HDF.

No se aprecian diferencias en la pO<sub>2</sub> ni en la pCO<sub>2</sub>. El Bic se eleva en HD de  $22,6 \pm 2,1$  mEq/l (17,6-25,5) a  $27,8 \pm 1,9$  mEq/l (25,2-32) (p < 0,001) durante la sesión. En HDF se incrementa de  $23,1 \pm 1,8$  (19,5-26,5) a  $28,4 \pm 1,3$  mEq/l (26,4-30,5) (p < 0,001). No se aprecian cambios con respecto al Reb. De

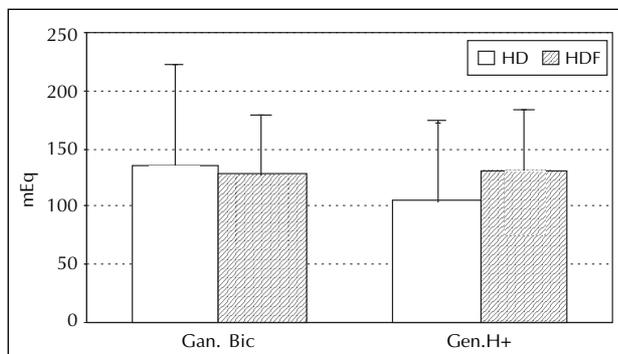


Fig. 1.—Ganancia de bicarbonato intradiálisis y generación de H+ interdiálisis en HD y HDF.

nuevo descendiendo a  $23,6 \pm 1,6$  (21,1-26,4) preHD<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ) en HD y a  $22,9 \pm 1,6$  mEq/l (19,9-25,9) ( $p < 0,001$ ) en HDF. No se aprecian cambios significativos entre ambas técnicas.

La GanBic fue de  $135 \pm 77,2$  mEq en HD y  $128,3 \pm 48,5$  en HDF (N.S.). La Gen.H+ fue de  $105,4 \pm 61,2$  mEq en HD y  $131,1 \pm 50,2$  en HDF (N.S.) (figura 1).

Los parámetros gasométricos en el líquido de diálisis fueron: pH:  $7,29 \pm 0,02$ , pCO<sub>2</sub>:  $66,19 \pm 7,22$  mmHg y bicarbonato:  $33,45 \pm 2,93$  mEq/l.

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran los cambios a los 30' y 150' de diálisis en los parámetros gasométricos como consecuencia del paso de la sangre

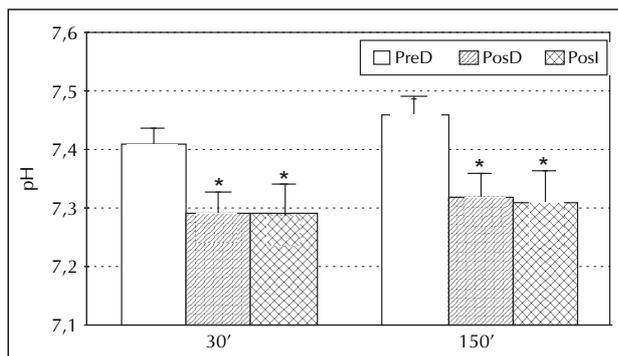


Fig. 2.—Valores de pH preD, posD y posl a los 30' y 150' en pacientes en HDF. \* $p < 0,01$  vs. preD.

a través del dializador y la posterior infusión en HDF en línea. A los 30' el pH descende de  $7,41 \pm 0,02$  a  $7,29 \pm 0,02$  ( $p < 0,01$ ) a su paso por el filtro y se mantiene en  $7,29 \pm 0,04$  posl. A los 150' se observa un descenso similar. La pCO<sub>2</sub> y el Bic se elevan de manera significativa posD ( $p < 0,01$ ) y se mantienen posl tanto a los 30' como a los 150'.

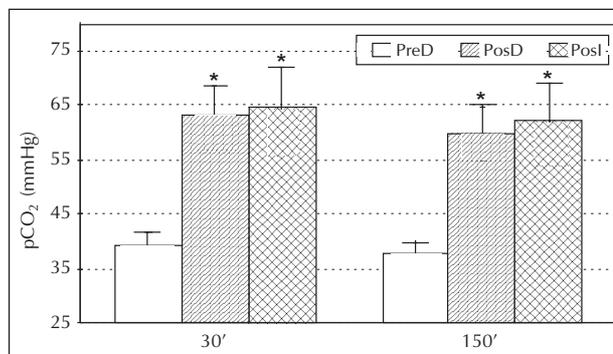


Fig. 3.—Valores de pCO<sub>2</sub> preD, posD y posl a los 30' y 150' en pacientes en HDF. \* $p < 0,01$  vs. preD.

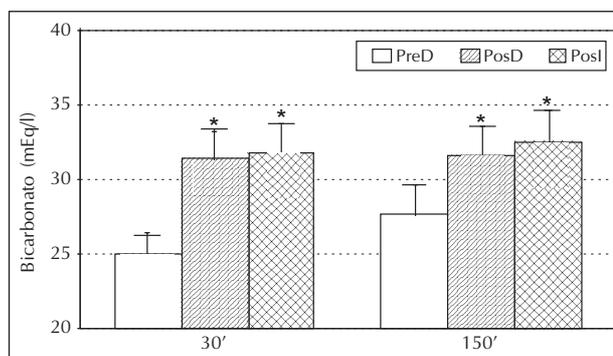


Fig. 4.—Valores de bicarbonato preD, posD y posl a los 30' y 150' en pacientes en HDF. \* $p < 0,01$  vs. preD.

La Jbic fue de  $-1,45 \pm 0,73$  y  $-2,31 \pm 0,54$  mEq/min a los 30' y 150' respectivamente ( $p < 0,01$ ). El Bic.Inf fue de  $3,45 \pm 0,53$  mEq/min. Esto genera una transferencia de bicarbonato total una vez realizada la infusión de  $1,99 \pm 0,55$  y  $1,20 \pm 0,62$  mEq/min a los 30' y 150' respectivamente ( $p < 0,01$ ) (figura 5).

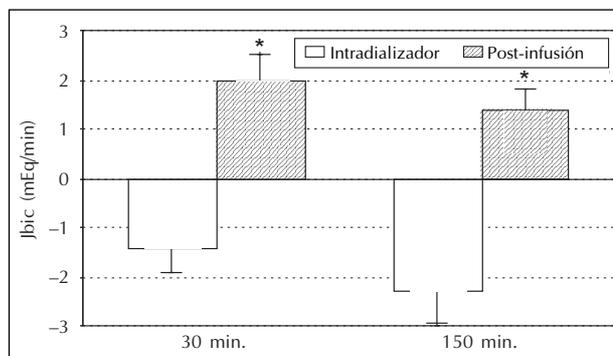


Fig. 5.—Transferencia de bicarbonato intradializador y post-infusión a los 30' y 150' en pacientes en HDF. \* $p < 0,01$  vs. intradializador.

En la [tabla III](#) se aprecia el incremento en el Hto que fue de 37,1 y 39,8% posD a los 30' y 150'. Las Prot.Tot. aumentaron a su paso por el dializador un 65,6% y 79,6% a los 30' y 150' respectivamente.

**Tabla III.** Valores de Hto y Prot.Tot, preD, posD y posl a los 30' y 150' en HDF.

|                | PreD       | PosD        | Posl       | % preD-posD |
|----------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Hto 30'        | 34,2 ± 5,8 | 46,9 ± 7,5* | 37,8 ± 5,9 | 37,13%      |
| Hto 150'       | 37,6 ± 7,3 | 52,6 ± 7,2* | 38,2 ± 6,7 | 39,8%       |
| Prot.Tot. 30'  | 7,1 ± 0,2  | 11,8 ± 1,8* | 7,8 ± 0,9  | 65,4%       |
| Prot.Tot. 150' | 7,6 ± 0,6  | 13,6 ± 2*   | 8 ± 0,7    | 79,6%       |

\*p < 0,01 vs. preD y posl.

## DISCUSION

La ganancia de bicarbonato en los pacientes en HD se lleva a cabo a través de la difusión de este anión desde el líquido de diálisis a la sangre<sup>7</sup>. Este proceso dependerá del gradiente de concentración entre ambos compartimentos y de la transferencia de masa de dializador<sup>5,8</sup>.

Durante la hemodiálisis con baño de bicarbonato se producirá una transferencia de este anión desde el baño a la sangre. Esta transferencia será mayor durante la primera hora de diálisis e irá disminuyendo a medida que transcurre la sesión<sup>11</sup>. No obstante en toda sesión de HD no sólo intervienen los procesos difusivos sino que en el mismo dializador se genera un proceso convectivo destinado a eliminar el exceso de agua y Na del paciente. Este proceso convectivo se ve extraordinariamente incrementado en las técnicas de HDF.

La conjunción de difusión y convección interactuando en el mismo dializador hace que aquellas sustancias que siguen un gradiente difusivo sangre-baño se vean claramente mejoradas y por el contrario aquellas cuyo gradiente difusivo sigue una dirección baño-sangre se vean dificultadas. En este último caso se encuentran el calcio y el bicarbonato<sup>3,9,10</sup>. La separación de convección y difusión en dos filtros en serie puede solucionar esta interacción, compensando el segundo filtro difusivo las pérdidas convectivas del primero<sup>11</sup>.

La ganancia de base intradiálisis puede verse, por tanto, seriamente comprometida si los líquidos de reinfusión empleados no contienen la concentración y el tipo de base adecuada<sup>12,13</sup>.

La HDF en línea al utilizar el propio líquido de diálisis como reinfusión aporta bicarbonato como fuente de base principal y pequeñas cantidades de acetato.

Los valores de pH y bicarbonato aumentan a lo largo de la sesión de HDF en línea en niveles similares a la HD de alto flujo. La ganancia de bicarbonato durante la sesión estuvo en equilibrio con el consumo de bicarbonato debido a la amortiguación de hidrogeniones durante el período interdiálisis. Este equilibrio además se logra manteniendo unos niveles de bicarbonato pre y post-sesión considerados aceptables (22-23 mEq/l preHD y 27-28 mEq/l postHD)<sup>8,12,14,15</sup>.

El paso de la sangre a través del dializador y la posterior infusión del propio líquido de diálisis generan unos cambios llamativos. La pCO<sub>2</sub> se incrementa posD y posl como consecuencia de los altos niveles de este gas presentes en el líquido de diálisis de bicarbonato<sup>16,17</sup>.

El bicarbonato se eleva posD quizá más en relación con la hemoconcentración que con la difusión, ya que la transferencia de bicarbonato intradiálizador fue negativa. Esta transferencia se va haciendo más negativa a medida que transcurre la sesión como consecuencia del menor gradiente baño-sangre. Una vez infundido el líquido de diálisis, se mantienen los niveles de bicarbonato a pesar del efecto dilucional. Como se comprueba en la transferencia de bicarbonato posl, es en este momento cuando se produce la ganancia real de bicarbonato.

La hemoconcentración se pone de manifiesto en el gran incremento en el hematocrito y las proteínas plasmáticas posD. El mayor incremento de las proteínas plasmáticas sería debido a que es el volumen plasmático el que soporta toda la retirada de agua plasmática como consecuencia de la alta convección que se establece a lo largo del dializador.

El pH desciende de manera significativa postD y posl quizá en relación con la transferencia y posterior infusión del líquido de diálisis que contiene importantes cantidades de CO<sub>2</sub><sup>17</sup>.

Nuestros resultados están de acuerdo con los mostrados por Feriani y cols.<sup>12,18</sup> en los que se demuestra una adecuada corrección del balance ácido-base en técnicas de HDF con baño de bicarbonato y líquido de reinfusión en solución bicarbonatada. Las cifras de bicarbonato logrados en sus pacientes fueron de 23 y 27 mEq/l pre y posHD respectivamente. Estos mismos autores reconocen la superioridad del empleo de soluciones bicarbonatadas sobre aquellas que contienen lactato en la técnica de HDF.

Memoli y cols.<sup>19</sup> refieren también una buena corrección ácido-base con una adecuada compensación de las pérdidas convectivas con los líquidos de reinfusión de bicarbonato empleados.

En HDF en línea la presencia de pequeñas cantidades de acetato tanto en el líquido de diálisis

como en el de reinfusión pueden contribuir a la ganancia de base, pero ocasionarán una alteración de las principales vías metabólicas (ciclo de Krebs, cetogénesis) como consecuencia de su posterior metabolismo<sup>20</sup>.

Concluimos que la HDF en línea logra un balance ácido-base equilibrado con unos niveles de bicarbonato pre y postHD que evitan la acidosis y alcalosis excesiva, todo ello de una forma sencilla y económica en relación a otros tipos de HDF.

La elevada tasa de UF origina una transferencia de bicarbonato intradializador negativa que se compensa adecuadamente en la posterior reinfusión.

## BIBLIOGRAFIA

1. Canaud B, Kerr P, Argiles A, Flavier JL, Stec F, Mion CH: Is hemodiafiltration the dialysis modality of choice for the next decade? *Kidney Int* 43 (Suppl. 41): S296-S299, 1993.
2. Ahrenholz P, Winkler RE, Ramlow W, Tiess M, Muller W: On-line hemodiafiltration with pre and postdilution: a comparison of efficacy. *Int J Artif Organs* 20 (2): 81-90, 1997.
3. Feriani M, Ronco C, Fabris A, La Greca G: Organ and metabolic complications acid-base. En: *Replacement of renal function by dialysis*. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1014-1033, 1996.
4. Zuchelli P, Santoro A: Correction of acid-base balance by dialysis. *Kidney Int* 43 (Suppl. 41): S179-S183, 1993.
5. Gotch FA, Sargent JA, Keen ML: Hydrogen ion balance in dialysis therapy. *Artif Organs* 6 (4): 388-395, 1982.
6. Engelhardt I, Flemming B, Glatzel E, Precht K: Determination of the acid-base status in blood of patients on chronic haemodialysis and of bicarbonate in dialysate: comparison of three techniques and their mathematically derived values. *Nephrol Dialysis Transplant* 3: 641-646, 1988.
7. Gennari FJ: Acid-base balance in dialysis patients. *Kidney Int* 28: 678-688, 1985.
8. Leunissen KML, Claessens PJM, Mooy JMV, Van Hooff JP, Shaldon S: Chronic haemodialysis with bicarbonate dialysate. *Blood Purification* 8: 347-358, 1990.
9. Sargent JA, Gotch FA: Principles and biophysics of dialysis. En: *Replacement of renal function by dialysis*. Ed. Kluwer Academic Publishers, 34-102, 1996.
10. Ward RA, Wathen RL: Utilization of bicarbonate for base repletion in hemodialysis. *Artif Organs* 6 (4): 396-403, 1982.
11. Hernández-Jaras J, Galán A, Martín J: Mass transfer of bicarbonate and acetate in paired-filtration (PFD) and high-flux dialysis (Abstract). *Kidney Int* 46 (2): 570-571, 1994.
12. Feriani M, Ronco C, Biasioli S, Gragantini L, La Greca G: Effect of dialysate and substitution fluid buffer on buffer flux in hemodiafiltration. *Kidney Int* 31: 711-717, 1990.
13. Panichi V, Parrini M, Bianchi AM, Andreini B, Ciranvi C, Finato V, Palla R: Mechanisms of acid-base homeostasis in acetate and bicarbonate dialysis, lactate hemofiltration and hemodiafiltration. *Int J Artif Organs* 17: 315-321, 1994.
14. Uribarri J, Oh MS: Acid-base balance in dialysis patients: a reassessment. *Seminars Dialysis* 8 (2): 68-71, 1995.
15. Leunissen KML, Kooman JP, Van Kuijk WHM, Van Hooff JP: Bicarbonate dialysis: a review and future perspectives. *Seminars Dialysis* 7 (3): 186-191, 1994.
16. Ronco C, Fabris A, Feriani M: Hemodialysis fluid composition. En: *Replacement of renal function by dialysis*. Ed. Kluwer Academic Publishers, 256-276, 1996.
17. Veech RL: The untoward effects of the anions of dialysis fluid. *Kidney Int* 34: 587-597, 1988.
18. Feriani M, Biasioli S, Bragantini L, Dell'Aquila R, Fabris A, Ronco C, Chiamont S, Brendolan A, Milan M, La Greca: Buffer balance in bicarbonate hemodiafiltration. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 32: 422-424, 1986.
19. Memoli B, Gazzotti RM, Dello Russo A, Libetta C, Andreucci VE: Bicarbonate and calcium kinetics in postdilutional hemodiafiltration. *Nephron* 58: 174-179, 1991.
20. Hernández-Jaras J, Estrada E, García-Cantón C, Traver JA: Equilibrio ácido-base y aniones orgánicos: diferencias entre biofiltración con acetato y hemodiálisis con bicarbonato. *Neurología* 14 (5): 591-597, 1994.