

Cambios en el volumen plasmático y en la presión coloidosmótica en hemodiálisis con acetato versus bicarbonato

A. Franco, R. Pérez García, J. Luño, E. Junco, R. Robles y F. Valderrábano

Servicio de Nefrología. Hospital General Gregorio Marañón. Madrid.

RESUMEN

La ultrafiltración asociada a difusión produce una disminución del volumen intravascular que puede llevar a la hipovolemia e hipotensión. El grado de hipovolemia depende de la rápida extracción de volumen y de la tasa de repleción vascular (TRV). La TRV se relaciona con la presión coloidosmótica (PCO), siendo ésta un parámetro importante para estimar los cambios del volumen plasmático (VP).

Se ha valorado el efecto sobre la PCO, VP y la estabilidad hemodinámica del volumen ultrafiltrado durante cinco pautas de diálisis: hemodiálisis (HD) con líquido con acetato de tres y cuatro horas, HD con bicarbonato de tres y cuatro horas y hemodiafiltración (HDF) de tres horas en 10 pacientes. Las HD de tres horas se realizaron con dializadores de cuprofan de 1,4 m² y 8 µ; las de cuatro horas, con 1,3 m² y 11 µ, y la HDF, con PAN e infusión de 3 litros de una solución rica en bicarbonato. Se utilizó líquido de diálisis con acetato 35 mmol/l., Na 138 mmol/l. y Osm. 294 mOsm/kg. y con bicarbonato 39 mmol/l., Na 138 mmol/l. y Osm. 294 mOsm/kg. Todas las pruebas se realizaron en máquinas de ultrafiltración controlada volumétricamente.

Las HD con acetato de tres horas presentaron una incidencia significativamente mayor de hipotensiones que las otras técnicas. No se han encontrado diferencias significativas en los cambios de la PCO entre los distintos métodos dialíticos evaluados. El incremento de la PCO durante la diálisis dependió del volumen ultrafiltrado (VU), $p < 0,01$, variando entre un 20 y un 40 %, con una basal entre 24 y 26 mmHg. en relación con pérdidas entre 1,9 y 2,5 kg., 3,7-4,1 % del peso corporal. No se han encontrado diferencias en la disminución del VP en relación con el VU entre las HD con bicarbonato y acetato de tres horas.

La PCO depende del volumen extraído. No parece que la diferencia en la estabilidad hemodinámica entre las HD con acetato y bicarbonato dependa de cambios diferentes en la TRV y en el VP.

Palabras clave: **Hemodiálisis con bicarbonato. Presión coloidosmótica. Repleción vascular. Estabilidad hemodinámica en hemodiálisis.**

Recibido: 24-XII-87.
En versión definitiva: 3-III-88.
Aceptado: 4-IV-88.

Correspondencia: Dr. R. Pérez García.
Servicio de Nefrología.
Hospital Gregorio Marañón.
Doctor Esquerdo, 46
28007 Madrid

EFFECT OF BICARBONATE AND ACETATE DIALYSATE ON COLOID OSMOTIC PRESSURE AND PLASMA VOLUME DURING HEMODIALYSIS

SUMMARY

Ultrafiltration (UF) associated with diffusion may produce hypovolemia and hypotension. The degree of hypovolemia is determined by the rapidity of fluid removal and the vascular refilling rate (VRR). The VRR is related to the value of colloid osmotic pressure (COP). COP is a major factor to evaluate plasma volume change.

We have studied, in ten patients, the effect of 5 schedules of Dialysis on COP, plasma volume change and vascular instability in order to evaluate a possible different effect of Acetate (AC) and Bicarbonate (BI) buffers on extravascular fluid mobilization to explain a different hemodynamic stability during hemodialysis (HD).

Dialysis schedules were: 1. HD; 3 hours(h); dialyzer 1.4 m² cuprophan 8 μ; dialysate with: AC 35, Ca 1.75 mmol/l., Na 138 mmol/l, Osm. 294 mOsm/kg. 2. HD = 1 h except to BI 39 mmol/l instead of AC. 3. HD; 4 h; cuprophan 1.3 m² 11 μ; dialysate = 1, with AC. 4. HD; 4 h; cuprophan 1.3 m², 11 μ; dialysate = 2, with BI. 5. Hemodiafiltration (HDF); 3 h; dialysate: AC 35, Na 134; 1.65 mmol/l; Osm 294 mOsm/kg; dialyzer: PAN 1,2 m²; substitution fluid 3 l, Na 145, BI 100 mmol/l. All dialysis session were performed in UF machines with controlled ultrafiltration (Monitral®).

Basal COP (23,6-26,2 mmHg) increases during HD or HDF session in relation to volume UF (20-40 %/1,9-2,5 l. UF) $p < 0.01$, without any differences between AC versus BI HD, 3 or 4 h. nor HDF (fig. 1), although vascular instability was less during BIC HD. A correlation $p < 0.001$ was found between plasma volume decrease calculated from Hematocrit change and COP; similar with AC&BI ($n = 20$; $r = 0.95$; $y = 1,64 \times + 5,25$) (fig. 3). Improved hemodynamic stability utilizing BI may not be due to a greater plasma refilling and better preservation of plasma volume (HD 3 or 4 h, D: 138 mmol/l.).

Key words: Bicarbonate hemodialysis. Colloid osmotic pressure. Hemodynamic stability during hemodialysis. Vascular refilling rate.

Introducción

La inestabilidad hemodinámica durante la sesión de hemodiálisis (HD) se ha atribuido a diferentes causas, como son: hipovolemia, resistencia vascular periférica inapropiada y depresión de la función cardíaca¹⁻⁷. Estas dos últimas causas se han relacionado con la presencia de acetato en el líquido de diálisis⁷⁻⁹, por lo que su sustitución por bicarbonato llevaría a un mejor mantenimiento de las resistencias vasculares y de la función miocárdica, que explicarían la mayor estabilidad hemodinámica de algunos pacientes en HD con líquido con bicarbonato¹⁰⁻¹².

La hipovolemia, como responsable de la diferente estabilidad hemodinámica durante la HD con acetato o con bicarbonato, ha sido menos estudiada¹².

La disminución del volumen plasmático (VP) depende de la extracción de volumen por ultrafiltración y del grado de repleción del espacio vascular por lí-

quido procedente del espacio extracelular¹³, dependiendo esta repleción principalmente de la presión coloidosmótica del plasma (PCO)¹⁴. La PCO depende fundamentalmente de la concentración de las proteínas plasmáticas, principales coloides del plasma, según una relación exponencial^{15, 16}; al tratarse de una actividad química de las mismas¹⁷, depende de otros factores, como pueden ser: cationes divalentes, pH, etc., factores que pueden verse modificados de diferente forma según el tipo de diálisis.

En este trabajo se estudia el efecto del volumen ultrafiltrado (VU) sobre la PCO y sobre el volumen plasmático en cinco pautas de diálisis, unas con bicarbonato y otras con acetato en el líquido de diálisis. Se trata de valorar si el bicarbonato versus acetato en el líquido de diálisis modifica las relaciones: VU-PCO, PCO-VP, VU-VP, para estudiar si en las dos técnicas existe una diferente tasa de repleción vascular (TRV) que justifique en parte la posible diferente estabilidad hemodinámica.

Material y métodos

Hemos sometido a 10 insuficientes renales crónicos estables, incluidos en nuestro programa de HD, secuencialmente a cinco esquemas distintos de diálisis:

1. HD 3 AC: HD de tres horas con dializador capilar de cuprofan (CU) de 1,4 m² de superficie, 8 μ de espesor y con acetato en el líquido de diálisis.

2. HD 3 BI: HD de tres horas, con dializador capilar de CU de 1,4 m², 8 μ de espesor y con bicarbonato en el líquido de diálisis.

3. HD 4 AC: HD de cuatro horas, con dializador capilar de CU de 1,3 m², 11 μ de espesor y con acetato.

4. HD 4 BI: HD de cuatro horas, con dializador capilar de CU de 1,3 m², de 11 μ y con bicarbonato.

5. BF: Hemodiafiltración de tres horas, con dializador de poliacrilonitrilo en placa, con 1,2 m² de superficie, usando líquido de diálisis con acetato e infundiendo 3 litros de reposición con 145 mmol/l. de Na y 100 mmol/l. de bicarbonato.

El líquido de diálisis con acetato contenía 35 mmol/l. de dicha sustancia, 138 mmol/l. de Na, 1,75 mmol/l. de Ca, 109 mmol/l. de Cl, 0,75 mmol/l. de Mg, 1,5 mmol/l. de K y 5,5 mmol/l. de glucosa, con una osmolaridad de 294 mOsm/kg. El de bicarbonato contenía 39 mmol/l. de esta sustancia en sustitución del acetato y 105 mmol/l. de Cl, siendo el resto de la composición igual al anterior. El líquido de diálisis utilizado en la BF contenía: Na, 134 mmol/l.; acetato, 35 mmol/l., y Ca, 1,65 mmol/l., con una osmolaridad de 294 mOsm/kg.

Se utilizaron en todas las sesiones máquinas Monitor con ultrafiltración controlada volumétrica. El flujo de sangre fue de 300 ml/mn. y el del líquido de diálisis de 500 ml/mn. Se midió el peso pre y postdiálisis, así como el volumen ultrafiltrado. Los pacientes se mantuvieron sin ingesta durante las sesiones de HD. La inestabilidad hemodinámica se valoró en función de la presencia de uno o más episodios de hipotensión definidos como la caída de la tensión arterial media por debajo de 50 mmHg. acompañada de sintomatología.

Los pacientes estudiados tenían una edad de 51,6 ± 9,9 años, siendo seis varones y cuatro hembras. Su peso teórico era de 57,7 ± 7,5 kg.; su superficie corporal, de 1,63 ± 0,44 m², y su tiempo de estancia en HD, de 45,5 ± 25 meses.

La PCO se midió antes de la sesión de HD y a las tres y cuatro horas de comenzar ésta. La medición de PCO en plasma se realizó mediante un oncómetro BMT 921 Messtechnik GmbH Berlin. El método, previamente probado en nuestro laboratorio, tiene un error de medición del 1,5 % y un coeficiente de variación del 2,8 %. El hematocrito (Hto.) se determinó al comienzo y final de las técnicas de hemodiálisis

de tres horas y se cuantificó mediante centrifugación a 3.500 r.p.m. durante veinte minutos en tubo de Wintrobe.

Los cambios del VP intradiálisis se cuantificaron en base a las variaciones del Hto. registradas durante la sesión mediante la fórmula ¹⁴:

$$VP = \frac{100}{(100-Hto_1)} \times \frac{100 (Hto_1-Hto_2)}{Hto_2}$$

donde Hto₁ es el hematocrito prediálisis y Hto₂ el obtenido al terminar ésta. La validez de este método para calcular los cambios de VP ha sido demostrada por diversos autores ^{14, 18-20}.

Los cálculos estadísticos se realizaron mediante regresión lineal, ajuste de curvas y comparación de rectas de regresión. Para comparar la frecuencia de hipotensiones en las distintas técnicas de diálisis se recurrió a la tabla de contingencia, X². Para buscar significación estadística en los datos de las dos tablas se recurrió a análisis de varianza. Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar (X ± DE).

Resultados

En los pacientes estudiados, la PCO basal estaba entre 25 y 26,2 mmHg., sin diferencias significativas en las diferentes técnicas. Esta PCO se elevó a lo largo de la diálisis, oscilando el incremento al final de la sesión entre el 22,6 y el 31,8 % de la cifra basal, p < 0,01. No objetivamos diferencias significativas entre las técnicas estudiadas (tabla I). El tanto por ciento de pérdida ponderal durante la sesión de HD estaba entre el 3,5 y el 4,1 %, con un volumen ultrafiltrado entre 1.950 y 2.540 c.c. La disminución del VP en las HD3HAC y HD3HBI fue del 13,2 y 12,8 %, respectivamente (tabla II).

Hemos objetivado una correlación significativa entre el VU durante la sesión de HD y el incremento de la PCO en todas las técnicas estudiadas, no existiendo diferencias significativas entre esta correlación en las cinco técnicas evaluadas (fig. 1).

También encontramos una correlación significativa entre el VU y la disminución del VP en las HD con acetato y con bicarbonato de tres horas, sin existir diferencias entre ambas técnicas (fig. 2).

Del mismo modo, tampoco observamos ninguna diferencia en la correlación existente entre el incremento de la PCO y la disminución del VP durante la HD de tres horas con bicarbonato respecto a la de acetato en el líquido de diálisis (fig. 3).

La incidencia de hipotensión en las cinco técnicas fue: del 10 % en la HD 4 AC; del 0 % en la HD 4 BI; del 40 % en la HD 3 AC; del 10 % en la HD 3 BI y del 30 % en la BF. Existiendo una diferencia signifi-

Tabla I. Cambios en la presión coloidosmótica durante cinco técnicas de diálisis

Técnica diálisis	N	PCO basal ($\bar{X} \pm DE$)	PCO 3 h. ($\bar{X} \pm DE$)	PCO 4 h. ($\bar{X} \pm DE$)	F ANOVA
Tres h. acetato	10	25,0 ± 1,5	31,0 ± 2,4*		(1, 1, 18) 38,6
Tres h. bicarbonato	10	25,4 ± 1,9	32,6 ± 3,6*		(1, 1, 18) 29,4
Cuatro h. acetato	10	24,2 ± 2,5	29,7 ± 4,1*	31,9 ± 5,1*	(1, 2, 27) 8,6
Cuatro h. bicarbonato	9	23,5 ± 1,2	27,1 ± 2,7*	28,8 ± 3,3*	(1, 2, 24) 9,8
Biofiltración	10	26,2 ± 2,1 (mmHg.)	33,5 ± 3,9*		(1, 1, 18) 24,1

PCO: Presión coloidosmótica. h: horas. * p < 0,01.

ANOVA: Análisis de varianza entre último período de los cinco grupos: F (1, 4, 44) 2,13. No significativo.

Tabla II. Cambios en peso, volumen ultrafiltrado y plasmático en cinco técnicas de diálisis

Técnica diálisis	N	% peso ($\bar{X} \pm DE$)	Vol. UF. (c.c.) ($\bar{X} \pm DE$)	% vol. plas. ($\bar{X} \pm DE$)
Tres h. acetato	10	-3,9 ± 1,5	2.280 ± 840	-13,2 ± 8,4
Tres h. bicarbonato	10	-3,6 ± 1,2	1.950 ± 624	-12,8 ± 5,1
Cuatro h. acetato	10	-3,8 ± 0,6	2.470 ± 615	
Cuatro h. bicarbonato	9	-3,5 ± 1,0	2.180 ± 645	
Biofiltración	10	-4,1 ± 1,0	2.540 ± 606	-14,9 ± 6,3

Vol.: volumen. UF: ultrafiltrado. Plas.: plasmático. h: horas.

No diferencia significativa en ninguno de los tres parámetros entre las diferentes técnicas.

cativa en su incidencia, $\chi^2 = 6,74$, p < 0,05, debida a la mayor frecuencia de hipotensiones en la HD 3 AC que en el resto, 4/6 respecto a 2/27, $\chi^2 = 6,26$, p < 0,05.

Discusión

Nuestros resultados no apoyan la hipótesis de que una mayor tasa de repleción vascular (TRV) juegue un papel importante en la mejor estabilidad hemodinámica de la HD con bicarbonato respecto a la HD con acetato, al menos en las condiciones de aplicación de este estudio.

El VU durante la HD implica una disminución del VP, parcialmente paliada por la repleción vascular (RV) con líquido extracelular, inducida por el aumento de la PCO, en relación con la hemoconcentración. Lo anterior se puede resumir, para una unidad de tiempo, como: VU = disminución VP + RV. En este trabajo hemos valorado los tres términos de la ecuación: el VU directamente, confirmandose por la pérdida de peso; la disminución del VP a través del incremento en el hematocrito, cuya validez ya se ha discutido^{14, 18-20}, y el RV a través de la PCO del plasma, aceptada como el método más sensible de la tasa de repleción vascular^{14, 16}.

En este estudio se ha examinado esta triple relación entre VU, VP y RV en diferentes tipos de diálisis.

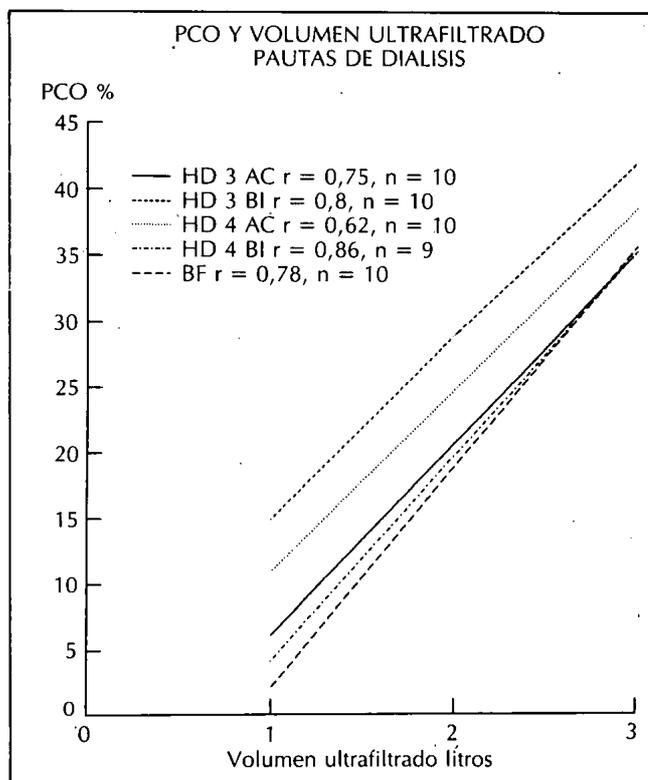


Fig. 1.—Correlación entre el incremento de la presión coloidosmótica (PCO) y el volumen ultrafiltrado (VU) en las cinco pautas de diálisis evaluadas. 3 = 3 horas; 4 = 4 horas; AC = acetato; BI = bicarbonato; BF = biofiltración. NS: Diferencia no significativa respecto a los anteriores.

HD 3 AC. % PCO = 14,65 (± 2,59) VU - 8,51 (± 7,28).

HD 3 BI. % PCO = 14,08 (± 2,45) VU + 0,94 (± 5,02) NS.

HD 4 AC. % PCO = 13,87 (± 3,84) VU - 2,86 (± 9,78) NS.

HD 4 BI. % PCO = 15,66 (± 2,36) VU - 11,44 (± 5,33) NS.

BF. % PCO = 16,86 (± 3,13) VU - 14,7 (± 8,17) NS.

sis. Cuatro de ellas, dos a dos, se diferenciaban únicamente en la utilización de bicarbonato versus acetato como alcalinizante, sin que se hayan encontrado diferencias significativas entre sus rectas de regresión ni a las tres ni a las cuatro horas de hemodiálisis. De esto se puede deducir que para un cierto VU se produce una disminución semejante del VP tanto con

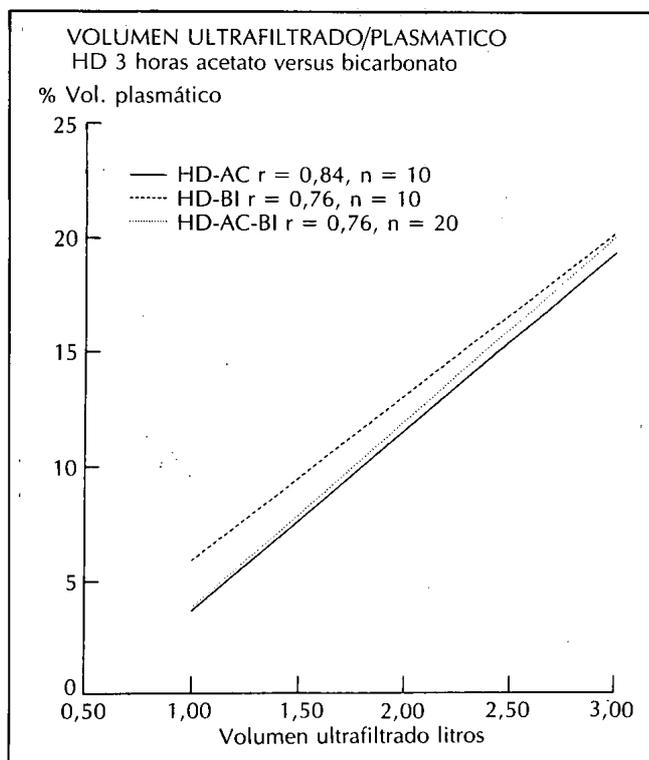


Fig. 2.—Correlación entre la disminución del volumen plasmático (VP) y el volumen ultrafiltrado (VU) en hemodiálisis (HD) de tres horas con acetato (AC) o bicarbonato (BI). NS: Diferencia no significativa respecto al anterior.
 HD 3 AC. % VP = $7,91 (\pm 0,71)$ VU - $4,18 (\pm 1,91)$.
 HD 3 BI. % VP = $7,23 (\pm 0,65)$ VU - $1,31 (\pm 1,65)$ NS.

acetato como con bicarbonato. No parece, por tanto, que un diferente efecto del acetato respecto al bicarbonato sobre la TRV pueda explicar la diferente tolerancia de estos dos tipos de HD. La hemodiafiltración BF aquí realizada tampoco se diferencia en TRV de las HD estudiadas.

Lógicamente, otros efectos del alcalinizante utilizado, como puede ser la modificación de la capacidad vascular por el acetato o por la diferente curva de corrección del pH, no han sido estudiados y, por tanto, no se pueden descartar como factores influyentes en la diferente tolerancia.

Se ha sugerido que los cambios de la osmolaridad durante la HD juegan un papel importante en el mantenimiento de la volemia²¹. Este efecto sólo sería posible a través de una diferente TRV, y se podría producir o bien actuando directamente sobre la PCO o facilitando su acción. No parece existir un efecto relevante directo¹⁴, y el efecto indirecto sólo se produciría en algunas circunstancias, fundamentalmente ante concentraciones de Na elevadas, > 140 mmol/l., o bajas, < 134 mmol/l., en el líquido de diálisis; en estas dos condiciones la relación líquido intra/extracelular, gobernada por la osmolaridad, se hace positiva para el líquido extracelular con Na alto

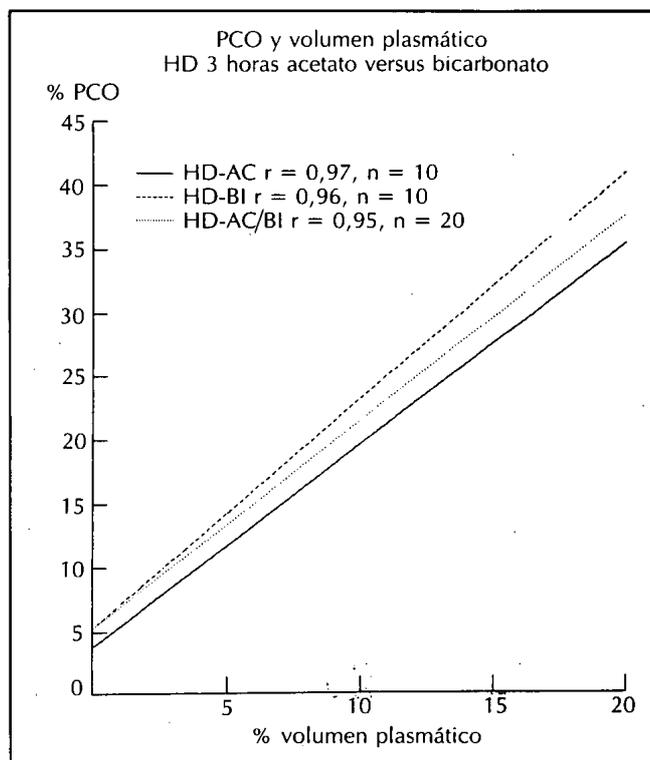


Fig. 3.—Correlación entre el incremento de la presión coloidosmótica (PCO) y la disminución del volumen plasmático (VP) en hemodiálisis (HD) de tres horas con acetato (AC) o bicarbonato (BI). NS: Diferencia no significativa respecto al anterior.
 HD 3 AC. % PCO = $1,59 (\pm 0,14)$ VP + $3,78 (\pm 2,27)$.
 HD 3 BI. % PCO = $1,8 (\pm 0,65)$ VP + $5,28 (\pm 2,68)$ NS.

y negativa con Na bajo²², siendo más fácil la RV en el primer supuesto y más difícil en el segundo. Para evitar este efecto hemos utilizado una concentración de Na intermedia, 138 mmol/l., que minimiza los efectos dependientes del Na, condicionante fundamental de los cambios de la osmolaridad, ya que la urea, por su gran difusibilidad, apenas influye en las relaciones volumen intra/extracelular²¹. A favor de lo anterior estaría el que Rodríguez y cols.¹⁴ demuestran que la capacidad de repleción vascular, valorada por los cambios en la PCO, es similar en la diálisis convencional ([Na] = 135 mmol/l.) que en la ultrafiltración aislada para una tasa de ultrafiltración igual, siendo los cambios osmolares diferentes en estas dos técnicas.

Los resultados de este estudio se circunscriben a las tres y cuatro horas de hemodiálisis, no habiéndose estudiado tiempos más precoces, aunque al tratarse de una ultrafiltración programada al principio de la HD y uniforme en el tiempo, se supone que el estímulo de la PCO es lineal a lo largo de toda la HD. En todo caso, al final de la sesión es cuando la presión hidrostática intersticial será menor, por lo que la TRV estará más comprometida¹⁴, y de tener un efecto el acetato sobre la tolerancia a través de este me-

canismo, debería ponerse en evidencia en este momento, justo cuando son más frecuentes las hipotensiones.

Aunque el objetivo primordial de este trabajo no era objetivar la tolerancia de las cinco técnicas utilizadas, destaca una frecuencia mayor de hipotensiones en la diálisis corta con acetato; estas hipotensiones, salvo una, sucedieron todas en la última hora, por lo que no creemos que su justificación se encuentre, fundamentalmente, en la hipovolemia, no objetivada aquí por un incremento no lineal de la PCO; tampoco en una menor TRV, por ser una diálisis rápida, con mayor disminución de la presión hidrostática intersticial, pues habría sucedido de igual forma en la diálisis corta con bicarbonato.

Hsu y cols.¹² encuentran una mejor TRV, con menor incremento en la concentración de las proteínas plasmáticas, durante la HD con bicarbonato que con la de acetato. Dos circunstancias experimentales hacen compatibles sus resultados con los nuestros: que a las tres horas de HD no encuentran ya diferencia en la TRV entre los dos tipos de alcalinizante, diferencia que encontraban en la primera y segunda horas, y que la peor TRV aparecía sólo con la HD con acetato y bajo contenido de Na, 134 mmol/l., y no con la de acetato y Na = 144 mmol/l. o con la de bicarbonato y Na = 134 mmol/l. Nuestros resultados no presuponen que en circunstancias con mayor compromiso del espacio extracelular se pongan de manifiesto efectos del acetato/bicarbonato que no aparecen en las condiciones habituales de la HD, como las utilizadas en nuestro protocolo. La explicación de la diferente tolerancia de estos tipos de HD en algunos pacientes debe residir en otro mecanismo. Tres de los cuatro pacientes que presentaron hipotensiones durante la hemodiálisis corta con acetato eran mujeres con pequeña superficie corporal, 1,5-1,44-1,57 m², habiéndose descrito que serían este tipo de pacientes los que con mayor frecuencia presentarían el llamado síndrome de intolerancia al acetato²³, que probablemente se manifiesta fundamentalmente por el efecto vasodilatador e inotropeo negativo del mismo.

Bibliografía

- Henrich LW, Woodard TD, Blachley JD, Gómez-Sánchez C, Pettinger W y Cronin RE: Role of osmolality in blood pressure stability after dialysis and ultrafiltration. *Kidney Int* 18:480-488, 1980.
- Azaricot I, Degoulet P, Juillet Y, Rottemburg J y Legrain M: Hemodynamic evaluation of hipotension during chronic hemodialysis. *Clin Nephrol* 8:312-316, 1977.
- Rouby J, Rottembourg J, Basset J, Degoulet P, Glaset P y Legrain M: Hemodynamic changes induced by regular hemodialyzers and sequential ultrafiltration hemodialysis. A comparative study. *Kidney Int* 17:801-810, 1980.
- HAMPL H, Paepre H, Under V, Fischer C, Resa I y Kessel M: Hemodynamic changes during hemodialysis, sequential ultrafiltration and hemofiltration. *Kidney Int* 18:S83-S88, 1980.
- Kim KE, Neff M, Cohen B, Somerstein M, Chinitz J, Onesti G y Swartz C: Blood volume changes and hypotension during hemodialysis. *Trans Am Soc Artif Int Organs* 16:508-514, 1970.
- Baldamus CA, Ernst W, Frei V y Koch KM: Sympatic and hemodynamic response to volume removal during different forms of renal replacement therapy. *Nephron* 31:324-332, 1982.
- Aizawa Y, Ohmori T, Imai K, Nara I, Matsuoka M e Hirajawa Y: Depressant action of acetate upon the human cardiovascular system. *Clin Nephrol* 8:477-480, 1977.
- Kirkendal PL, Pearson JE, Bower JD y Holbert RD: Myocardial depressant effects on sodium acetate. *Cardiovasc Res* 12:127-136, 1978.
- Kirkendal PL, Robie NW, González FM y Devia CJ: Cardiac and vascular effects of infused sodium acetate in dogs. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 24:714-718, 1978.
- Mansell MA y Wing AJ: Acetate or bicarbonate for hemodialysis? *Br Med J* 287:308-309, 1983.
- Okuja MD y Landwehr DM: Comparison of blood pressure stability with acetate and bicarbonate hemodialysis. *Trans Soc Artif Intern Organs* 28:518-521, 1982.
- Hsu CH, Swartz RD, Somermeyer MG y Rag A: Bicarbonate hemodialysis: influence on plasma refilling and hemodynamic stability. *Nephron* 38:202-208, 1984.
- Henderson LW: Symptomatic hypotension during dialysis. *Kidney Int.* 17:571-576, 1980.
- Rodríguez M, Pederson JA y Llach F: Effect of dialysis and ultrafiltration on osmolality, colloid osmotic pressure and vascular refilling rate. *Kidney Int* 28:808-813, 1985.
- Landid EM y Pappenheimer JR: Exchange of substances through the capillary walls. In: *Handbook of Physiology*. Edited by Hamilton WR. The American Physiologic Society, 961-1034, Washington DC, 1963.
- Rodríguez M, Llach F, Pederson JA y Palma A: Changes in plasma oncotic pressure during isolated ultrafiltration. *Kidney Int* 21:519-523, 1981.
- Curran PF y Schultz SG: Some thermodynamic and kinetic principles governing solvent and solute transport across membranes. In: *Kidney*, edited by Brenner B, Rector F. WB Saunders, 104-125, Philadelphia, 1976.
- Van Beaumont W: Evaluation of hemoconcentration from hematocrit measurement. *J Appl Physiol* 32:712-713, 1972.
- Dill DB: Calculations of percentage changes in volumes of bloods, plasma and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 37:247-248, 1974.
- Tanaka Y, Morimoto T, Miki K, Nose H y Miyazak M: On-line control of circulating blood volume. *Jpn J Physiol* 31:427-431, 1981.
- Fleming SJ, Wilkinson JS, Greenwood RN, Aldridge C, Baker LRI y Cattel WR: Effect of dialysate composition on intercompartmental fluid shift. *Kidney Int* 32:267-273, 1987.
- García M, Carrera M, Píera C, Deulofeu R, Company X, Pons JM, Montolíu J, Setoain J y Revert L: Change in body compartments on different types of haemodialysis. *Proc. ED-TA-ERA* 21:235-240, 1984.
- Torrente J, Ruiz-González MC, Díez Baylón JC, Coronel F y Barrientos A: «Malos metabolizadores» de acetato: ¿Un fenómeno real? *Nefrología (Resumen)* 7 supl. 2:69, 1987.