

Temperatura del dializado y estabilidad hemodinámica en hemodiálisis

C. Quereda, R. Marcén, L. Orofino, S. Lamas, J. Sabater, J. J. Villafruela y J. Ortuño

Servicio de Nefrología. Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

RESUMEN

Para estudiar la influencia de una pequeña reducción de la temperatura del líquido de hemodiálisis (HD) sobre la estabilidad hemodinámica durante el procedimiento se diseñó un protocolo doble-ciego que fue aplicado a 8 enfermos con altos índices de HD sintomáticas. Se han realizado un total de 192 HD; 96 de ellas con dializado a 37° C y otras 96 a 35° C. Al dializar a 35° C, la presión arterial (PA) durante la HD se mantiene a un nivel más alto y disminuyen significativamente los episodios de hipotensión (39 % vs 24 % $p < 0,02$) y las HD sintomáticas (36 % vs 18 %, $p < 0,01$). El procedimiento fue bien tolerado. El cambio de temperatura no modifica los parámetros de biocompatibilidad de la membrana ni su eficacia dialítica.

Concluimos que la temperatura del dializado es una de las variables que condicionan la estabilidad hemodinámica en HD, lo que debe tenerse en cuenta en enfermos con mala tolerancia al tratamiento.

Palabras clave: **Hemodiálisis. Hipotensión sintomática. Temperatura del dializado. Biocompatibilidad.**

DIALYSATE TEMPERATURE AND HEMODYNAMIC STABILITY IN HEMODIALYSIS PATIENTS

SUMMARY

We analysed hemodynamic stability, throughout the hemodialysis (HD) session in 8 patients with a high index of symptomatic hypotension. In order to investigate the influence of reducing dialysate temperature on blood pressure we performed a double blind study of 192 HD sessions, during 4 weeks, 96 with a 37° C dialysate and 96 at 35° C. When using the lower temperature, the systolic blood pressure remained higher throughout the HD procedure while the incidence of symptomatic hypotension (39 vs 24 % $p < 0.02$) and symptomatic sessions (36 vs 18 % $p < 0.01$) decreased. Leucocyte and platelet counts, values of CH_{50} , C_3 and C_4 and variation of PO_2 , PCO_2 , HCO_3^- , urea and creatinine were similar with both temperatures. Dialysate temperature is one of the factors influencing vascular stability during HD and must be decreased in patients with a bad tolerance to the procedure.

Key words: **Hemodialysis. Symptomatic hypotension. Dialysate temperature. Biocompatibility.**

Correspondencia: Dr. C. Quereda Rodríguez-Navarro.
Servicio de Nefrología.
Hospital Ramón y Cajal.
Carretera de Colmenar Viejo, km. 9,1.
28034 Madrid.

Recibido: 9-XII-86.
Versión definitiva: 29-I-87.
Aceptado: 29-I-87.

Introducción

La hipotensión sintomática (HS) es la principal causa de morbilidad durante las sesiones de hemodiálisis (HD). Aunque el tema ha sido objeto de numerosas investigaciones, aún continúa como un problema clínico de gran importancia, especialmente en ancianos, diabéticos o portadores de cardiopatía isquémica¹⁻³.

La investigación de alternativas terapéuticas para mejorar la sintomatología asociada a la HD debe tener en cuenta:

- 1) La posibilidad de que los cambios producidos se deban a un «efecto placebo».
- 2) Las grandes diferencias en la tolerancia al procedimiento entre distintos subgrupos de enfermos e incluso del mismo paciente en distintos momentos evolutivos.
- 3) El origen multifactorial de las alteraciones que determinan la estabilidad hemodinámica durante la HD.

Es, pues, necesaria la realización de estudios controlados, diseñados con técnicas doble-ciego y sobre poblaciones homogéneas. Cuando se revisa la amplia literatura sobre el tema desde este punto de vista, no abundan los trabajos que cumplan estas condiciones.

Tradicionalmente el líquido de HD se ha utilizado a una temperatura de 37° C. La elección de esta temperatura es arbitraria y superior a la que presentan, como promedio, los enfermos urémicos, para los que constituye una sobrecarga calórica⁴⁻⁷, habiéndose descrito que su disminución mejora la tolerancia hemodinámica a la HD⁴⁻¹². Sin embargo, los estudios controlados son escasos y no conocemos que haya sido publicado alguno sobre el tema en nuestro país.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la influencia de una pequeña disminución de la temperatura del dializado (de 37° C a 35° C) sobre la incidencia de HS en una población homogénea con un alto índice de HD sintomáticas, analizando la tolerancia clínica a la modificación introducida.

Material y método

El grupo en estudio está constituido por 8 enfermos (5 mujeres y 3 hombres) con altos índices de HS que no se relacionaban con excesivas ganancias de peso entre diálisis. Todos los casos presentaron resultados patológicos.¹³ al aplicarles una batería de tests no invasivos para el estudio de la neuropatía autonómica: variación latido-latido en el electrocardiograma y test R-R 30/15; variación de tensión arterial tras ortostatismo y respuesta de la misma y de la frecuencia cardíaca con la maniobra de Valsalva y tras la contracción muscular sostenida. Su edad media era de

62,7 ± 4,5 años (54-70) y el tiempo de permanencia en programa de HD, 44,5 ± 38 meses (6-104). En tres casos la enfermedad de base fue una nefropatía glomerular primitiva, en dos una nefropatía intersticial, en uno una nefroangioesclerosis y en dos casos la etiología del proceso que llevó a la IRC no fue filiada. Ninguno de ellos era diabético. Todos los enfermos permanecieron estables durante el estudio, no modificándose sustancialmente la medicación recibida durante el mismo ni la pauta de HD. Ninguno de ellos recibía hipotensores. En todos los casos se obtuvo consentimiento para la realización del protocolo diseñado.

Se han realizado 192 sesiones de HD, 96 de ellas utilizando dializado con una temperatura de 37° C y otras 96 a 35° C. Todos los enfermos fueron tratados durante un mes (12 sesiones de HD) con cada uno de los procedimientos.

La temperatura se modificaba en períodos semanales, que fueron intercalados en un orden diferente para cada enfermo, siguiendo un procedimiento aleatorio. La temperatura seleccionada era desconocida por el enfermo y por la enfermera encargada del tratamiento, siendo verificada la estabilidad de la misma, así como la resistividad del líquido de HD por el técnico de nuestra unidad, utilizando un resistímetro y un termistor de sonda situado a la entrada del dializador.

Se utilizaron dializadores capilares de cuprophan con una superficie de 1 m², realizándose sesiones de cuatro horas tres veces por semana. Los monitores eran automáticos, programándose la ultrafiltración de forma homogénea a lo largo de la sesión. La composición del líquido de diálisis no fue modificada durante el estudio y era como sigue: sodio, 134 mEq/l.; potasio, 2 mEq/l.; calcio, 3,5 mEq/l.; magnesio, 1,5 mEq/l.; cloro, 107 mEq/l.; acetato, 38 mEq/l.; glucosa, 2,5 mg/dl. Osmolalidad, 290 mOsm/kg.

Cada media hora se controló la presión arterial, frecuencia del pulso (central) y temperatura oral (durante cinco minutos). La sintomatología fue registrada sólo cuando era manifestada espontáneamente por el enfermo.

Se define hipotensión como el descenso de la presión arterial sistólica (PAS) por debajo de 90 mmHg.

El peso seco ideal se estableció en base a criterios clínicos por el médico encargado del enfermo. El peso a perder se define como la diferencia entre el peso prediálisis y el peso ideal y constituye la pérdida programada para cada HD. El peso realmente perdido durante el procedimiento fue mayor a 35° C, pero la diferencia —al igual que en el resto de los pesos— no es significativa. Todos estos datos se encuentran en la tabla I.

En 48 sesiones con cada temperatura, se han tomado muestras de sangre para determinaciones seriadas (cero, treinta, sesenta, ciento veinte y doscientos

cuarenta minutos) de leucocitos y plaquetas (auto-analizador Hemalog 6000), CH₅₀ (inmuno-hemólisis con hemáties de carnero), C₃ y C₄ (inmunodifusión radial). A los cero y doscientos cuarenta minutos se realizaron determinaciones de urea, creatinina, sodio, potasio, cloro (autoanalizador Astra 8), osmolalidad (osmómetro Fiske OS) y gasometría.

A efectos estadísticos se ha utilizado el test del chi-cuadrado, el test-t para datos pareados y el test-t para datos no pareados.

Resultados

En la tabla II puede verse cómo la incidencia de hipotensión y la de HD sintomáticas fue significativamente inferior a 35° C que a 37° C. Al considerar los síntomas aisladamente, las diferencias fueron significativas sólo para el mareo, que se presentó más frecuentemente durante las HD con líquido a 37° C, y el frío, que, por el contrario, fue manifestado más veces al utilizar dializado a 35° C. Sin embargo, esta sensación se controló fácilmente con medios físicos y no obligó a interrumpir el protocolo en ningún caso.

La respuesta individual al descenso de temperatura fue variable. En un enfermo se observó un aumento de la incidencia de HS al utilizar dializado a 35° C (+ 17 %) y en otro no se modificó. En el resto de los casos se produjo una disminución de cuantía variable (8-42 %). La incidencia de síntomas durante la sesión disminuyó en todos los pacientes (8-50 %), excepto en uno.

Tabla I. Pesos en HD ($\bar{x} \pm DS$)

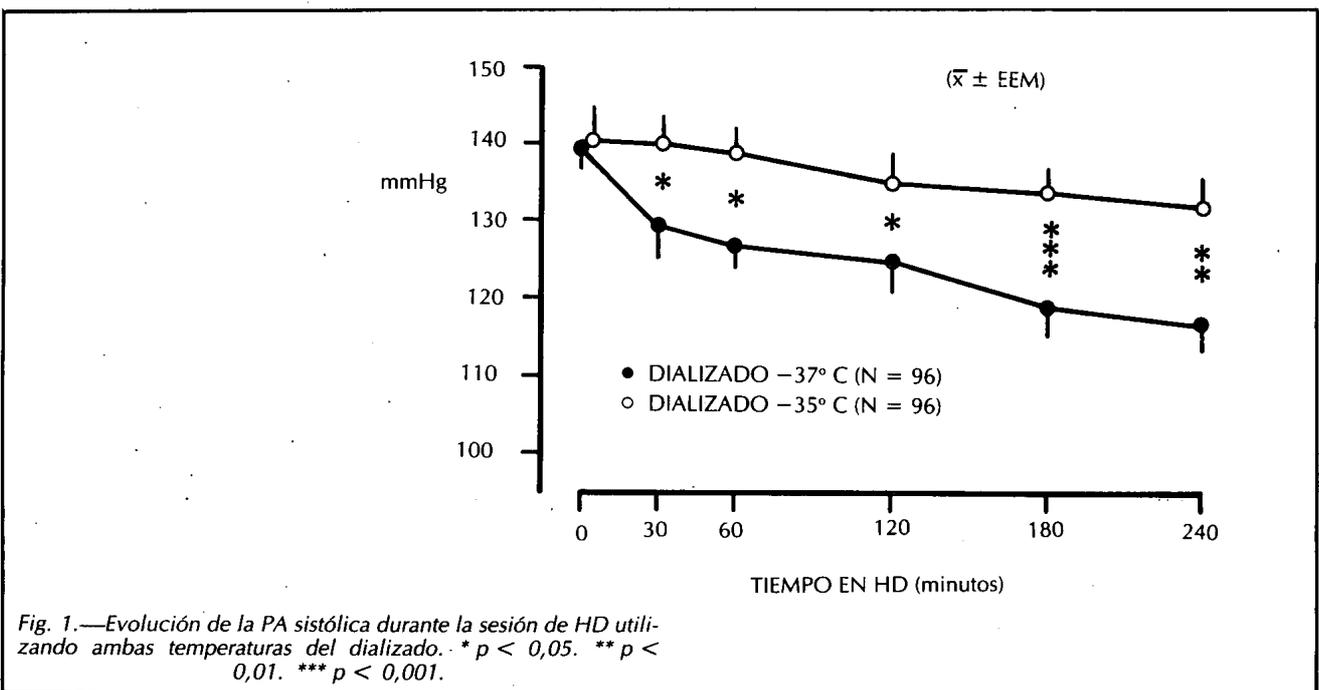
Temperatura	35° C	37° C	p
N.º casos	96	96	—
Peso ideal (kg.)	63,400 ± 15,500	63,200 ± 13,00	NS
Peso a perder (kg.)	1,432 ± 0,801	1,401 ± 839,00	NS
Peso perdido (kg.)	1,545 ± 0,824	1,340 ± 0,89	NS

Tabla II. Incidencia de hipotensión y síntomas en HD (%)

Temperatura	35° C	37° C	p <
N.º casos	96	96	—
— Hipotensión (%)	24	39	0,02
— HD sintomáticas (%)	18	36	0,01
• Mareo	8	23	0,01
• Náuseas-vómitos	1	7	NS
• Calambres	9	3	NS
• Cefalea	3	1	NS
• Otros	5	2	NS
• Frío	17	7	0,05

El suero salino infundido a lo largo de la sesión fue inferior a 35° C (401 ± 276 ml. vs 502 ± 246 ml.; p < 0,05).

La figura 1 muestra la evolución de la presión arterial sistólica a lo largo de la HD. Puede verse que fue más alta a 35° C durante todo el procedimiento. Por otra parte, la frecuencia del pulso fue ligeramente su-



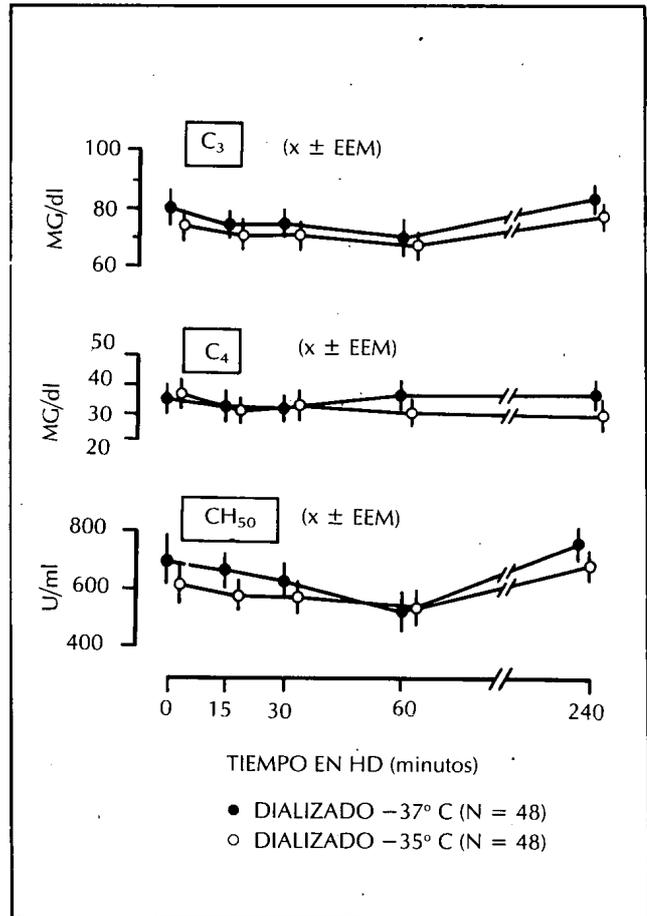
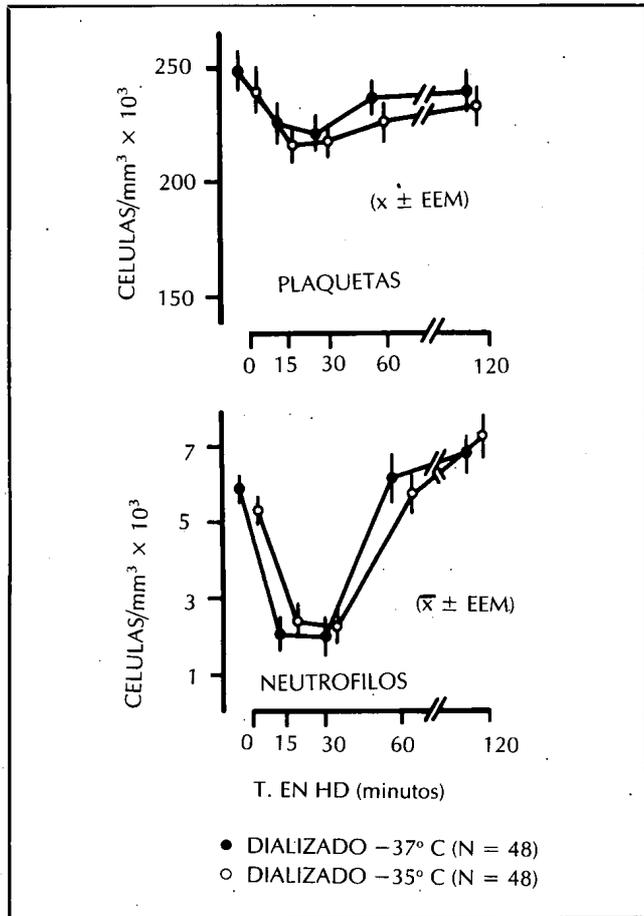
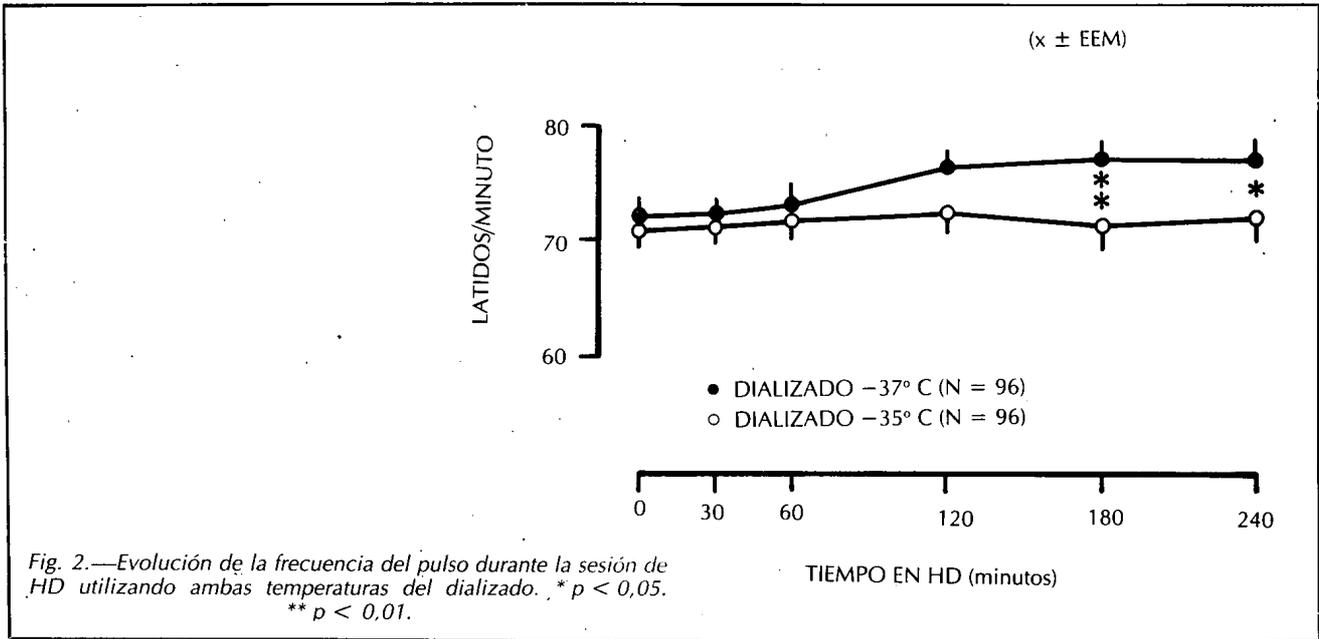


Tabla III. Parámetros analíticos ($\bar{x} \pm DS$) N = 48

Determinación	Tiempo en HD (horas)	Temperatura dializado		Diferencias p
		37° C	35° C	
Osmolaridad (mOsm/kg.)	0	319,00 ± 10,00	315,00 ± 10,00	NS
	4	296,00 ± 6,00	294,00 ± 7,00	NS
Urea (mOsm/kg.)	0	172,00 ± 37,00	167,00 ± 36,00	NS
	4	62,00 ± 18,00	59,00 ± 21,00	NS
Creatinina (mg/dl.)	0	10,30 ± 1,20	10,50 ± 1,00	NS
	4	4,70 ± 0,54	4,80 ± 0,56	NS
Sodio (mEq/l.)	0	138,00 ± 3,30	139,00 ± 2,60	NS
	4	136,00 ± 2,10	138,00 ± 1,70	NS
Potasio (mEq/l.)	0	5,34 ± 0,86	5,07 ± 0,97	NS
	4	3,19 ± 0,54	3,10 ± 0,72	NS
pH	0	7,36 ± 0,06	7,34 ± 0,05	NS
	4	7,40 ± 0,04	7,39 ± 0,08	NS
pO ₂ (mmHg.)	0	96,00 ± 12,00	93,00 ± 10,00	NS
	4	85,00 ± 8,00	84,00 ± 9,00	NS
CO ₃ H (mEq/l.)	0	19,80 ± 2,11	18,90 ± 2,40	NS
	4	21,10 ± 2,28	20,40 ± 1,85	NS

perior a 37° C, significativamente a partir de la tercera hora en HD (fig. 2).

La temperatura oral fue discretamente más alta a 37° C desde la segunda hora ($36,6 \pm 0,32^\circ\text{C}$ vs $36,1 \pm 0,34^\circ\text{C}$; $p < 0,001$).

La figura 3 indica la evolución del recuento de neutrófilos y plaquetas y la figura 4 la de CH₅₀, C₃ y C₄, mientras que en la tabla IV se muestran los valores medios de los principales parámetros analizados al comienzo y al final de la diálisis. Las diferencias no fueron significativas en ningún caso.

Discusión

Nuestro trabajo pone de manifiesto que una pequeña reducción de la temperatura del dializado mejora la estabilidad hemodinámica durante la HD y disminuye la sintomatología derivada de ésta. Resultados similares han sido obtenidos por otros en estudios previos⁴⁻¹².

La mejoría obtenida no es espectacular (descenso de un 15 % en la incidencia de hipotensión y de un 18 % la de HD sintomáticas), pero sí estadísticamente significativa y clínicamente valorable.

El pequeño grupo seleccionado para el estudio está constituido por enfermos estables y con altos índices de HD sintomáticas que no se relacionaban con incrementos excesivos del peso corporal. Sin embargo, la respuesta al descenso de temperatura del dializado fue heterogénea —aunque favorable en la mayoría

de los casos—, indicando, probablemente, el origen multifactorial de la hipotensión en HD¹⁻³.

Mejoran la mayor parte de los síntomas analizados aisladamente, algunos claramente en relación con el mantenimiento de niveles más adecuados de tensión arterial (mareo). La sensación de frío fue más frecuente durante las diálisis realizadas a 35° C (17 % vs 7 %), lo que constituye un inconveniente para la utilización rutinaria de esta temperatura del líquido de HD. Sin embargo, el número de tratamientos en los que este síntoma fue manifestado es pequeño y la sensación escasamente molesta, no obligando nunca a modificar la temperatura ni a interrumpir el protocolo. Por otra parte, al fenómeno debe probablemente contribuir un cierto componente de sugestibilidad, ya que los enfermos y las enfermeras sabían que se iba a cambiar en distintos momentos la temperatura del dializado, aunque no conocían cuándo ni cómo. Esto explica que hayan referido frío en un 7 % de las HD realizadas a 37° C. Por otra parte, las molestias por frío fueron disminuyendo en los mismos enfermos al prolongar el estudio a largo plazo y no fue percibido por otros a los que no se avisó que éste iba a producirse (observaciones no publicadas). Todas las series que analizan este dato refieren una buena tolerancia al descenso de temperatura^{5-7, 10, 12} hasta que se intenta descender por debajo de 34° C, límite a partir del cual los enfermos experimentan sistemáticamente sensación de frío y puede producirse hipotensión¹⁰.

La primera descripción del efecto beneficioso de la

temperatura del dializado sobre la estabilidad hemodinámica durante la HD se debe a Maggiore y cols.¹¹, que comprobaron que al calentar la sangre de retorno durante la práctica de la ultrafiltración aislada disminuían significativamente los beneficios sobre la presión arterial obtenidos con esta técnica y que, por el contrario, la utilización de dializado frío en la HD convencional se acompaña de menor incidencia de HS.

El aumento de la temperatura corporal por calentamiento externo en sujetos sanos produce una elevación del gasto cardíaco secundaria a un aumento de la frecuencia del pulso y una disminución de las resistencias periféricas totales por vasodilatación cutánea, siendo el resultado del reajuste hemodinámico una disminución de la tensión arterial^{14, 15}. Por otra parte, se sabe que el aumento de la temperatura corporal interfiere con los reflejos vasoconstrictores que se producen en la depleción aguda de volumen extracelular¹⁵.

Durante la HD convencional se produce una inadecuada respuesta hemodinámica a la depleción de volumen, con disminución de las resistencias periféricas, que no es compensada por las modificaciones del gasto cardíaco, lo que origina un descenso de la presión arterial^{16, 17}. En los enfermos inestables, los mecanismos de adaptación (vasoconstricción reactiva, aumento del gasto cardíaco) serían especialmente insuficientes, dando lugar a frecuentes episodios de HS¹⁻³. Como otros, encontramos que al utilizar líquido de HD a 35° C, el perfil de presión arterial durante la diálisis se sitúa a un nivel más alto⁴⁻¹² y disminuye ligeramente la frecuencia cardíaca^{4, 5, 7, 11}.

Los estudios hemodinámicos realizados durante la utilización del dializado a baja temperatura coinciden en que esta situación se acompaña de una mayor elevación de las resistencias periféricas como respuesta a la disminución del gasto cardíaco, lo que produce una mayor estabilidad tensional durante las últimas horas de la HD⁸⁻¹¹. Mahida y cols.¹² encuentran que los niveles de noradrenalina no aumentan durante la HD en un grupo de enfermos con frecuentes HS y que, por el contrario, sí se elevan en los mismos casos cuando se disminuye la temperatura del dializado. Este patrón hemodinámico y hormonal es muy similar al descrito en enfermos tratados con UF aislada¹⁸. Todos estos datos sugieren que la utilización de la temperatura convencional (37° C) durante la HD interfiere con los mecanismos fisiológicos de vasoconstricción y, por tanto, con uno de los mecanismos adaptativos ante la depleción del volumen intravascular.

Sin embargo, se han propuesto hipótesis alternativas. Enia y cols.¹⁹ encuentran que la disminución de la temperatura del dializado en contacto con la membrana de HD hasta 20,5° C, con calentamiento

posterior de la sangre que vuelve al enfermo, produce una importante reducción del descenso leucocitario producido por la interacción sangre-membrana. Esta situación experimental es muy diferente a la presente en nuestro estudio, en el que se muestra que una pequeña reducción de la temperatura del dializado no produce ninguna modificación en la biocompatibilidad de la membrana, al menos si ésta es valorada por los descensos de leucocitos y plaqueta. Por otra parte, los niveles de CH₅₀, C₃, C₄ y el gradiente pO₂ son similares con ambas temperaturas, así como la eficacia de la técnica medida por las variaciones de urea, creatinina, sodio, potasio, osmolaridad, pH y bicarbonato.

En nuestro trabajo se muestra que una pequeña disminución de la temperatura del dializado mejora la tolerancia a la depleción de volumen durante la HD en pacientes con altos índices de HD sintomáticas. Queda por estudiar si estos resultados se mantienen a largo plazo sin fenómenos indeseables y si su utilización en el resto de la población en HD (con una aceptable adaptación hemodinámica al procedimiento) resulta también beneficiosa. Por otra parte, desconocemos —y es de gran interés teórico y práctico— si la disminución de la temperatura del dializado potencia a otras medidas propuestas para mejorar la estabilidad tensional durante la HD, como aumentar la concentración de sodio en el dializado, utilizar bicarbonato o emplear membranas más bien biocompatibles¹⁻³.

En cualquier caso, de nuestro trabajo se desprende que la temperatura del dializado constituye una variable más en la regulación de la presión arterial durante la HD, requiriéndose más información clínica y experimental para poder establecer su nivel óptimo y la conveniencia de individualizarla en enfermos y situaciones particulares.

Bibliografía

1. Henrich WL: Hemodynamic instability during hemodialysis. *Kidney Int* 30:605-612, 1986.
2. Degoulet P, Reach I, Di Giulio S, Devries C y Rouby JJ: Epidemiology of dialysis induced hypotension. *Proc EDTA* 18:133-138, 1981.
3. Henderson LW: Symptomatic hypotension during hemodialysis. *Kidney Int* 17:571-576, 1980.
4. Maggiore Q, Pizarelli F, Sisca S, Zoccali G, Parlono S, Nicolo F y Creazzo G: Blood temperature and vascular stability during hemodialysis and ultrafiltration. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 28:523-527, 1982.
5. Maggiore Q, Pizarelli F, Sisca S, Catalano C y Delfino D: Vascular stability and heat in dialysis patients. *Contr Nephrol* 41:398-402, 1984.
6. Sherman RA, Faustino EF, Bernhole AS y Eisenger RP: Effect of variations in dialysate temperature on blood pressure during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 4:66-68, 1984.
7. Lindholm T, Thysell H, Yamamoto Y, Forsberg B y Gullberg C: Temperature and vascular stability in hemodialysis. *Nephron* 39:130-133, 1985.

8. Coli U, Landini S, Lucatello S, Fracasso A, Morachiello P, Righetto F, Scanferla F, Onesti G y Bazzato G: Cold as cardiovascular stabilizing factor in hemodialysis: hemodynamic evaluation. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 29:71-75, 1983.
9. Bazzato G, Coli U, Landini S, Lucatello S, Fracasso A, Morachiello P, Righetto F y Scanferla F: Vascular stability and temperature monitoring in dialysis induced hypotension. *Contr Nephrol* 41:394-397, 1984.
10. Bazzato G, Coli U, Landini S, Fracasso A, Morachiello P, Righetto F y Scanferla F: Temperature monitoring in dialysis induced hypotension. *Kidney Int (Suppl 17)*: S-161, S-165, 1985.
11. Maggiore Q, Coli U, Zoccali C, Sisca S, Nicolo F y Parlongo S: Effect of extracorporeal blood cooling on dialytic arterial hypotension. *Proc EDTA* 18:597-602, 1981.
12. Mahida BH, Dumler F, Zasuwa G, Fleig G y Levin NW: Effect of cooled dialysate on serum catecholamines and blood pressure stability. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 29:384-389, 1983.
13. Lamas S, Quereda C, Orofino L, Marcén R, García F y Ortuno: Autonomic neuropathy and symptomatic hypotension in hemodialysis patients. *Nephron* (en prensa).
14. Rowell LB: Cardiovascular aspects of human thermoregulation. *Circulation Res* 52:368-373, 1983.
15. Heistad DD, Abboud FM, Mark AL y Schmid PG: Interaction of thermal and baroreceptor reflexes in man. *J Appl Physiol* 35:581-586, 1973.
16. Freyschuss U, Asaba H, Danielson A y Bergström J: Cardiovascular adaptation to dialysis in healthy man. *Contr Nephrol* 41:376-379, 1984.
17. Jaraba M, Castillo D, Guerrero R, Martín-Malo A, González FM, Gómez J, Mayol J y Aljama P: Respuesta cardiovascular fisiológica a la hemodiálisis convencional: estudio en ausencia de uremia. *Nefrología* 5 (supl) 173, 1986.
18. Bergström J: Changes in blood pressure and hemodynamics during ultrafiltration and dialysis. *Dialysis and Transplantation* 7:1087-1091, 1978.
19. Enia G, Catalano C, Pizarelli F, Creazzo G, Zaccuri F, Mundo AM, Iellano D y Maggiore Q: The effect of dialysate temperature on hemodialysis leucopenia. *Proc EDTA* 21:167-172, 1984.