



# Resultados del seguimiento de la dosis de hemodiálisis en tiempo real y en cada sesión

F. Maduell, V. Navarro, H. García y C. Calvo

Servicio de Nefrología. Hospital General de Castellón. Castellón.

## RESUMEN

La dosis de diálisis ha sido relacionada con el estado nutricional, HTA, anemia y respuesta a la eritropoyetina y, lo más importante, con la supervivencia global en hemodiálisis. La determinación mensual, trimestral o semestral (2, 4 o 12 sesiones/año) de la dosis de diálisis no parece suficiente para el seguimiento de este parámetro en el que muchos factores influyen en cada sesión. Monitorizar la dosis de HD en tiempo real y en cada sesión es la mejor opción. El objetivo del estudio era valorar el cumplimiento del tratamiento prescrito mediante un seguimiento continuado de la dosis con un sensor (Diascan, Hospal) que mide de forma no invasiva la dializancia iónica efectiva, equivalente al aclaramiento de urea (K), que permite conocer la dosis de HD en tiempo real y así realizar correcciones para alcanzar la dosis prescrita.

Se analizaron 1.089 sesiones de HD convencional realizadas a 10 pacientes, siete varones y tres mujeres, en un período de 20 meses. Todas las diálisis se realizaron con monitor Integra (Hospal) equipado con Diascan. Cada paciente tenía prescrita una dosis individualizada a alcanzar por el Diascan (Kt entre 32-48 litros) que equivalía al Kt/V deseado. Durante la sesión de HD se modificaba, por este orden, el QD, QB y Td (máximo 20 minutos) si no se alcanzaba la dosis estipulada.

En 846 sesiones (77,7%) se alcanzó el Kt prescrito o superior y no se logró en las 243 restantes (22,3%). De estas últimas, en 79 hubo un error mínimo de un litro, en 56 fue de dos, en 42 fue de tres y en 66 era superior a tres litros respecto al Kt prescrito. Observamos una buena correlación entre el Kt del Diascan y el Kt/V mensual en sangre. En el 45% de las sesiones se realizaron modificaciones (QD en el único paciente pautado a 500 ml/min, QB en casi la totalidad y del Td en la mitad) consiguiendo alcanzar la dosis prescrita en el 70% de las mismas. En un 6% de las diálisis en las que no se varió la pauta no se alcanzó la dosis prescrita.

Concluimos que el Diascan es una herramienta precisa y práctica para el seguimiento de la dosis de HD en tiempo real. Ha permitido alcanzar la dosis pautada en un 78% de las sesiones gracias a que en un 31% se intervino sobre el QD, QB y/o Td. Se ha identificado un 6% de las sesiones con un déficit de dosificación de consideración clínica.

Palabras clave: **Dializancia iónica. Dosis de diálisis. Eficacia. Monitorización no invasiva.**

Recibido: 16-IV-99.

En versión definitiva: 6-IX-99.

Aceptado: 9-IX-99.

**Correspondencia:** Dr. Francisco Maduell Canals  
Servicio de Nefrología  
Hospital General de Castellón  
Avda. Benicasim, s/n  
12004 Castellón

## RESULTS OF MONITORING THE DOSE OF HEMODIALYSIS IN REAL TIME AT EVERY TREATMENT SESSION

### SUMMARY

*The dialysis dose has been shown to correlate with nutrition, anemia and global survival in hemodialysis patients. Monthly, quarterly or twice-yearly measurement of dialysis dose not seem sufficient for this parameter which is influenced by many factors at each dialysis. A better option is to monitor hemodialysis in real time at each dialysis. In this study we carried out a continuous follow-up of dialysis dose with a non-invasive sensor (Diascan, Hospal) which measures effective ionic clearance, equivalent to the urea clearance (K). It displays the dialysis dose in real time and permits us to make adjustments to achieve the prescribed dose.*

*We analyzed 1,089 conventional hemodialysis sessions performed on ten patients, seven male and three female, over twenty months. All treatments were performed with an Integra (Hospal) monitor equipped with Diascan. Each patient was prescribed an individualized dose to reach by Diascan (Kt 32-48 litres) corresponding to the desired Kt/V. During each dialysis session we modified QD, QB or dialysis time (maximum change 20 minutes), in that order, if the stipulated dose was not being achieved.*

*In 846 sessions (77,7%) the prescribed Kt or more was reached but in the remaining 243 (22,3%) it was not achieved. Of these 243, 79 sessions fell short of the prescribed Kt by one litre, 56 by two litres, 42 by three litres and in 66 by more than three. We found a good correlation between Diascan Kt and monthly Kt/V, measured on blood. In 45% of treatments modifications were made (QD in only one patient, to the standard 500 ml/min, QB in all and dialysis time in half) which achieved the prescribed dose in 70%. In 6% of dialyses in which the initial settings were not changed, the prescribed dose was not achieved.*

*We concluded that the Diascan is a precise and practical tool for the follow-up of the hemodialysis dose in real time. It has allowed us to reach the prescribed dose in 78% of sessions, in 32% thanks to changes in QD, QB or dialysis time in response to Diascan readings. It has also identified 6% of sessions with clinically important underdialysis.*

Key words: **Dialysis dose. Ionic dialysance. Non-invasive monitoring. Efficacy.**

### INTRODUCCION

La dosis de diálisis es un buen marcador de diálisis adecuada y ha sido relacionada con la corrección de la anemia<sup>1</sup>, con el estado nutricional<sup>2-4</sup>, con el control de la HTA<sup>5</sup> y, lo que es más importante, con la supervivencia global en diálisis<sup>5,6</sup>. La determinación mensual, bimensual, trimestral o semestral (2, 4, 6 ó 12 sesiones/año) de la dosis de diálisis no parece suficiente para el seguimiento de la misma. En cada hemodiálisis intervienen múltiples factores que pueden influir en la eficacia dialítica, por lo que parece lógico que se hayan creado sistemas de control que cuantifiquen en cada sesión y en tiempo real la dosis que el paciente recibe.

En la actualidad, los avances tecnológicos en hemodiálisis nos permiten un seguimiento, en tiempo real, de la dosis de diálisis en cada sesión mediante dispositivos que miden de forma no invasiva la dosis de diálisis durante el tratamiento, informando continuamente tanto de la dosis real alcanzada, como de la dosis final prevista a alcanzar si no hay modificaciones de los parámetros de diálisis.

El objetivo del presente trabajo era valorar el cumplimiento del tratamiento prescrito mediante un seguimiento continuado de la dosis de diálisis en tiempo real y en cada sesión, realizando correcciones intradiálisis para intentar lograr la dosis pautada.

## PACIENTES Y METODOS

Se estudiaron 1.089 sesiones de hemodiálisis convencional realizadas a 10 pacientes (entre 52-190 sesiones por pacientes), siete varones y tres mujeres, de  $54,5 \pm 12$  años de edad (intervalo entre 33-74), en programa regular de hemodiálisis durante un período de seguimiento de 20 meses. Las etiologías de la insuficiencia renal crónica eran 4 glomerulopatías crónicas, dos nefropatías tubulointersticiales, dos nefroangiosclerosis, una poliquistosis renal del adulto y una de origen no filiado. La función renal residual era despreciable.

Los pacientes se dializaron con monitor Integra (Hospal) equipado con Diascan. El Diascan es un dispositivo que mide de forma no invasiva, utilizando las propias sondas de conductividad de las máquinas de hemodiálisis, la dializancia iónica efectiva que es equivalente al aclaramiento de urea. Mediante dos medidas de la conductividad del líquido de diálisis a la entrada y a la salida del dializador se aplica un modelo matemático, de dos ecuaciones para dos incógnitas, que nos permite conocer la dializancia iónica efectiva —que es el valor de dializancia de electrolitos corregidos para la ultrafiltración y la recirculación del acceso vascular— y la conductividad del agua plasmática. Si se conoce la dializancia iónica efectiva, equivalente al K, el tiempo (t) y el volumen de distribución de la urea (V) permite calcular el Kt/V o dosis de diálisis<sup>7-9</sup>.

Las características de diálisis eran las siguientes: dializador de hemofán de 2,0 m<sup>2</sup> (H 32 Idemsa), tiempo de diálisis 180-210 min, QB 350-450 ml/min, QD 750 ml/min, excepto en un paciente que era de 500 ml/min. Cada paciente tenía pautada una dosis individualizada de diálisis a alcanzar por el Diascan, Kt entre 32-48 litros, que equivalía a la dosis deseada según determinaciones mensuales habituales que se realizan en nuestra unidad de diálisis: Kt/V Daugirdas segunda generación<sup>10</sup> mayor o igual a 1,3, Kt/Vr (corregido para el rebote) según Maduell<sup>11</sup> mayor o igual a 1,1 o un porcentaje de reducción urea (PRU) mayor o igual al 70% (tabla I).

Durante la sesión de hemodiálisis se modificaba, por este orden, el QD, el QB y el tiempo de diálisis (máximo 20 min) si las previsiones del Diascan no alcanzaban la dosis estipulada. EL QD sólo se modificó en el paciente con 500 ml/min, ya que el Diascan no permite aumentar a 1.000 ml/min el baño de diálisis.

Se realizó un seguimiento de la dosis de diálisis administrada, del número de sesiones que se realizaron intervenciones ya fuese del QD, QB y/o del tiempo, y se anotaba el día de la semana. Con estos resultados se calcularon el porcentaje de sesiones que se alcanzó o no el tratamiento pautado, las sesiones que precisaron intervención intradiálisis, cuan-

**Tabla I.** Dosis individualizada a alcanzar por el Diascan y equivalencias de Kt/V, Kt/Vr y PRU obtenidas en sangre

	Peso (kg)	Diascan Kt (litros)	Kt/V Daug. ( $\geq 1,3$ )	Kt/Vr Mad. ( $\geq 1,1$ )	PRU ( $\geq 70\%$ )
1. Varón	64	42	1,31	1,11	70
2. Varón	71	42	1,35	1,11	70
3. Mujer	43	32	1,68	1,40	77
4. Varón	65	42	1,32	1,10	69
5. Varón	73	40	1,30	1,10	70
6. Mujer	46	36	1,71	1,42	76
7. Varón	62	40	1,53	1,26	73
8. Varón	50	42	1,41	1,19	71
9. Mujer	54	34	1,39	1,16	72
10. Varón	52	48	1,53	1,29	73

tificar la magnitud del error de la dosis pautada no recibida y por último valorar si está influenciado por el día de la semana de diálisis.

Los resultados se expresan como la media aritmética  $\pm$  desviación típica. Para el análisis de la significación estadística de parámetros cuantitativos se ha empleado el test de la *t* de Student y para la correlación se empleó el método de Pearson. Se ha considerado estadísticamente significativa una *p* < 0,05.

## RESULTADOS

De las 1.089 sesiones analizadas, en 846 (77,7%) se alcanzó el Kt prescrito o superior y no se alcanzó en las 243 sesiones restantes (22,3%). De las sesiones en que no se alcanzó la dosis pautada en 79 hubo un error mínimo de un litro, en 56 el error fue de dos litros, en 42 fue de tres y en 66 fue igual o superior a cuatro litros (fig. 1). En la tabla II se presentan los valores individualizados de Kt pautados y porcentajes de

**Tabla II.** Dosis individualizada pautadas y resultados reales obtenidos

	Sesiones	Sesiones en las que se alcanzó el Kt	Sesiones en las que no se alcanzó el Kt
1. Varón	190	159 (83,7%)	31 (16,3%)
2. Varón	125	75 (60,0%)	50 (40,0%)
3. Mujer	154	123 (79,9%)	31 (20,1%)
4. Varón	111	86 (77,5%)	25 (22,5%)
5. Varón	117	71 (60,7%)	46 (39,3%)
6. Mujer	126	109 (84,5%)	17 (15,5%)
7. Varón	76	62 (81,6%)	14 (18,4%)
8. Varón	68	55 (80,9%)	13 (19,1%)
9. Mujer	70	59 (84,3%)	11 (15,7%)
10. Varón	52	47 (90,4%)	5 (9,6%)
<b>Total</b>	<b>1.089</b>	<b>846 (77,7%)</b>	<b>243 (22,3%)</b>

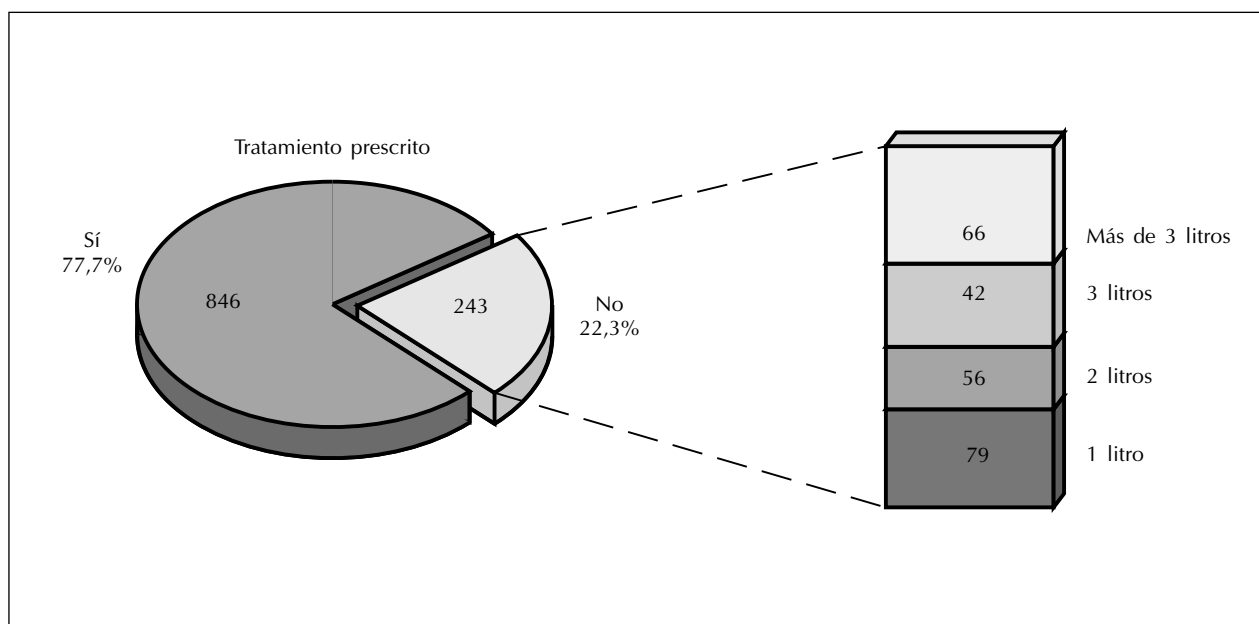


Fig. 1.—Sesiones de hemodiálisis que no se alcanzó el tratamiento prescrito y especificación del déficit del número de litros de Kt.

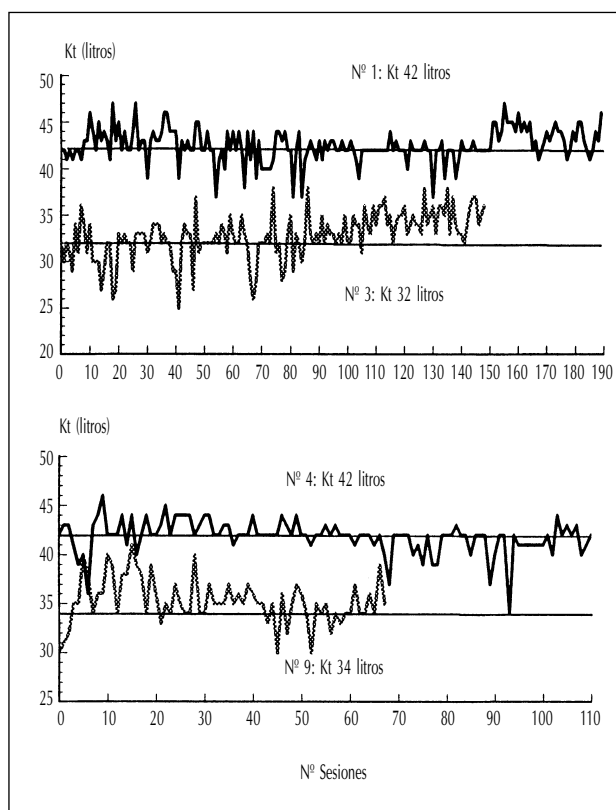


Fig. 2.—Seguimiento evolutivo del Kt con Diascan en varios pacientes.

los resultados obtenidos y en la figura 2 se muestra la evolución individualizada de varios pacientes.

En el 45% de las sesiones se realizaron modificaciones, del QD en 29 sesiones (en un solo enfermo), del QB en casi la totalidad (98%) y del tiempo en la mitad, consiguiendo alcanzar la dosis prescrita en el 70% de las mismas. En el 55% de las sesiones no se realizaron modificaciones y se alcanzó el tratamiento prescrito en el 93%.

De las 243 sesiones en las que no se alcanzó el tratamiento prescrito, en 65 (un 5,9% del total) no se realizaron modificaciones, en 86 (un 7,8% del total) se varió sólo el QB y en 95 (un 8,6% del total) se aumentó tanto el QB como el tiempo (fig. 3).

No se observó ninguna correlación entre las sesiones en las que no se alcanzó el tratamiento prescrito con el día de la semana de tratamiento. Así el 34% fueron durante el primer día, el 35% en el segundo día y el 31% en el tercer día de la semana.

Observamos una buena correlación entre el Kt del Diascan con el Kt/Vr mensual medido en sangre para cada uno de los pacientes estudiados, con un coeficiente de correlación (r) que osciló entre 0,65-0,89.

## DISCUSION

La dosis de diálisis es uno de los mejores indicadores de diálisis adecuada y por tanto es de gran interés conocer la dosis real que el paciente recibe en

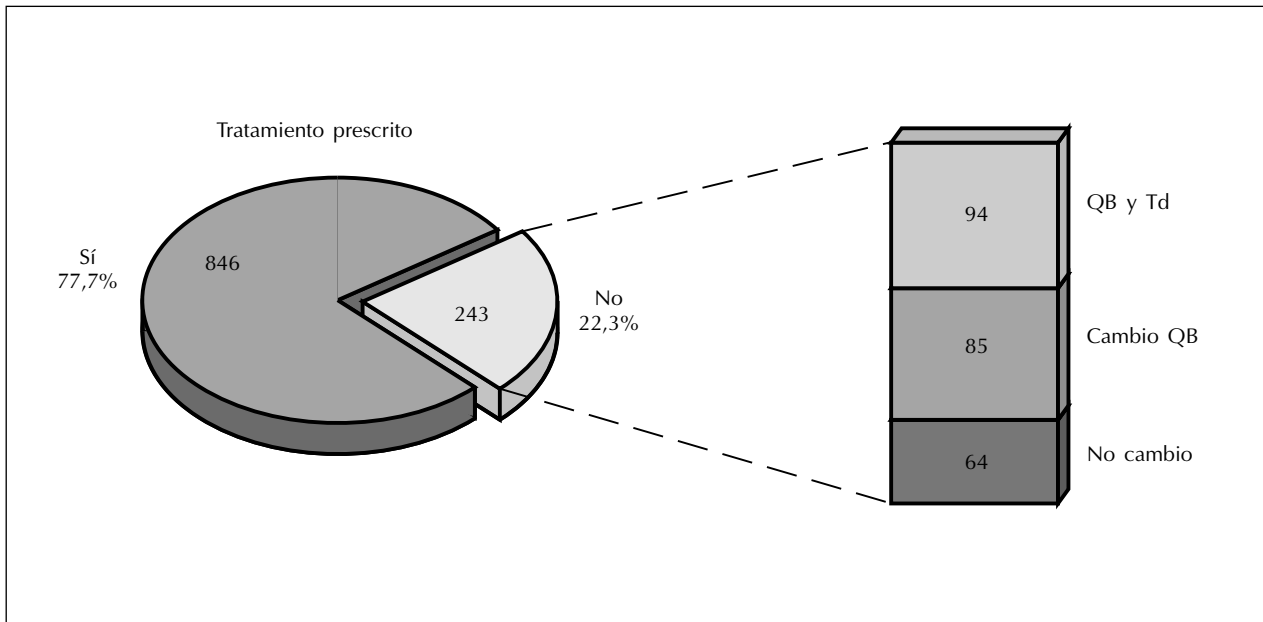


Fig. 3.—Modificaciones de los parámetros de diálisis realizadas en las sesiones que no se alcanzó el tratamiento prescrito.

cada tratamiento dialítico. Las determinaciones mensuales, bimensuales o trimestrales de la dosis no parecen suficientes dada la importancia del parámetro que se trata y, lo más importante, en cada proceso dialítico intervienen multitud de factores que lo pueden variar, como pueden ser defectos de fabricación, cebado del dializador, líneas o conectores invertidos, recirculación, heparina y problemas de coagulación, variaciones del hematocrito, incumplimiento de la pauta indicada, etcétera. En nuestro estudio hemos comprobado cómo en un 22,3% de las sesiones no se administró el tratamiento deseado a pesar de realizar un seguimiento en cada sesión de diálisis con correcciones intrasesión en el 45% de las mismas.

Parece razonable que la próxima generación de máquinas de diálisis incorporen estos biosensores. Los primeros fueron los llamados monitores de urea, capaces de determinar periódicamente (cada 15 segundos, cada minuto o cada cinco minutos) la concentración de urea. Unos determinan las variaciones de concentración de urea en el líquido de diálisis<sup>12-13</sup> y otros, en técnicas de PFD (hemodiafiltración en cámaras separadas), en el ultrafiltrado del plasma<sup>14</sup> entre la cámara de convección y la de difusión. Estos monitores procesan los resultados de estas mediciones en un ordenador que permiten calcular los parámetros habituales del modelo cinético de la urea y por tanto la dosis de diálisis. Son monitores de fácil utilización, no precisan de muestras sanguíneas y permiten el seguimiento de la dosis de diálisis en tiem-

po real y por tanto realizar las modificaciones oportunas para alcanzar el tratamiento que se desee. El principal inconveniente de estos monitores es que precisan consumo de reactivo (ureasa, enzima que hidroliza la urea produciendo iones amonio) para la medición de la urea y por tanto un incremento en el coste total del proceso. El Diascan mide de forma no invasiva, utilizando las propias sondas de conductividad de las máquinas de hemodiálisis, la dializancia iónica efectiva que es equivalente al aclaramiento de urea<sup>7-9</sup>. Las principales ventajas de este biosensor son que está incorporado al monitor de diálisis, no supone sobrecarga de trabajo ni coste adicional.

En nuestra unidad de diálisis preferimos trabajar con el Kt, ya que tiene las siguientes ventajas: en primer lugar, tanto el K como el t son reales y medidos por el monitor. Si pautamos el Kt/V debemos introducir el V y por tanto un valor que puede ser rectificado, es decir, manipulable. El V es un valor más o menos erróneo en relación al cálculo que se realice, V según fórmula de Watson (el más utilizado), V calculado mediante recolección del baño de diálisis. En un estudio previo<sup>15</sup> calculamos el V mediante el cociente del Kt del Diascan por el Kt/Vr obtenido en sangre en varias sesiones obteniendo buenos resultados. Varios autores<sup>15-17</sup> han observado que el Kt o el Kt/V (independientemente del V empleado) obtenidos por el Diascan se correlacionan con el Kt/V medidos en sangre. Coevet y cols.<sup>18</sup> han observado cómo el Diascan detecta las variaciones de eficacia del dializador a cambios de recircula-

ción (10, 20 ó 30%), anticoagulación (con o sin heparina) y la posición de los conectores del líquido de diálisis (misma dirección o en contracorriente).

Las recomendaciones actuales, según el Estudio Multicéntrico Americano<sup>6</sup>, de dosis de diálisis son Kt/V (Daugirdas monocompartimental 2ª generación) igual o superior a 1,3 y/o un PRU del 70%. Según la guía práctica para hemodiálisis (DOQI) de la «National Kidney Foundation» un Kt/V igual o superior a 1,2 y/o un PRU del 65%<sup>19</sup>. Para una adecuada comparación entre los tipos de hemodiálisis —baja, media o alta eficacia— deberíamos utilizar el Kt/Vr (corregido para el rebote) y las recomendaciones de Kt/V de 1,3 o un PRU del 70% serían equivalentes a un Kt/Vr de 1,1 o un PRUr del 64%, respectivamente<sup>11</sup>. En nuestro estudio la dosis de diálisis indicada se ajustaba a estos criterios.

En este estudio hemos comprobado cómo alcanzar la dosis pautada no es siempre fácil y, de hecho, en un 22% de las sesiones no se alcanzó. Esta deficiencia afectó a la totalidad de los pacientes estudiados con una variabilidad individual que osciló entre el 10 y el 40%. Para el correcto uso del Diascan se tiene que prestar atención a las previsiones del mismo para realizar los cambios oportunos cuanto antes. En este sentido en este trabajo se observó cómo en un 6% de las sesiones no se alcanzó el tratamiento y no se realizó ninguna modificación para remediarlo. Esta situación ocurriría fruto de unas previsiones por el Diascan que eran inicialmente adecuadas y al final resultaron no serlo (pérdida de eficacia, coagulación...), y/o no estar atento al resultado del Diascan justo al final de la sesión. Por tanto, podríamos decir que los resultados obtenidos pueden ser mejorados y que si la organización de la Unidad de Diálisis lo permite, la sesión de diálisis puede ser alargada el tiempo suficiente hasta conseguir la dosis pautada, ya que en este estudio estuvo limitado a un máximo de 20 min.

En cuanto a la magnitud de dosis prescrita, se ha identificado un 6% de las sesiones con un déficit de dosificación de consideración clínica, con un error en los litros de Kt igual o superior a cuatro litros. Estas diálisis nos pueden alertar de un posible problema del acceso vascular en el peor de los casos o de alteraciones puntuales como un cebado incorrecto o coagulación de un porcentaje importante de los capilares, errores conexión de líneas y conectores del líquido de diálisis. Un incremento considerable del hematocrito también puede ser la causa de un déficit progresivo en la dosis que se alcance.

Concluimos que el Diascan es una herramienta precisa y práctica para el seguimiento de la dosis de HD en tiempo real. Ha permitido alcanzar la dosis pautada en un 78% de las sesiones gracias a que en un 31% se intervino sobre el QD, QB y/o Td intrasesión. Estos resultados son mejorables si se optimiza el uso del Diascan

respondiendo de inmediato a los cambios de las previsiones y, como es lógico, si la organización de la Unidad lo permite, alargando la duración el tiempo necesario para conseguir el objetivo de dosis predeterminada.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ifudu O, Feldman J, Friedman EA: The intensity of hemodialysis and the response to erythropoietin in patients with end-stage renal disease. *N Engl J Med* 334: 420-425, 1996.
2. Bergström J, Lindholm B: Nutrition and adequacy of dialysis. How do hemodialysis and CAPD compare? *Kidney Int* 43 (Supl. 41): S39-S50, 1993.
3. Lindsay RM, Spanner E, Heidenheim P, Kortas C, Blake PG: PCR, Kt/V and membrane. *Kidney Int* (Supl. 41): S268-S273, 1993.
4. Burrows DD, Lyons TA, Kafman AM, Levin NW: Improvement in serum albumin with adequate hemodialysis. *J Renal Nutr* 3: 171-176, 1993.
5. Charra B, Calemard E, Ruffet M, Chazot C, Terrat JC, Vanel T, Laurent G: Supervival as an index of adequacy in dialysis. *Kidney Int* 41: 1286-1291, 1992.
6. Held PJ, Port FK, Wolfe RA, Stannard DC, Carrol CE, Daugirdas JT, Bloembergen WE, Greer JW, Hakim RM: The dose of hemodialysis and patient mortality. *Kidney Int* 50: 550-556, 1996.
7. Peticlerc T, Goux N, Reynier AL, Bene B: A model for non invasive estimation of in vivo dialyzer performance and patient's conductivity during hemodialysis. *Int J Artif Organs* 16: 585-591, 1993.
8. Steil H, Kaufman AM, Morris AT, Levin NW, Polaschegg HD: In vivo verification of an automatic non invasive system for real time Kt evaluation. *ASAIO* 39: M348-352, 1993.
9. Peticlerc T, Bene B, Jacobs C, Jaudon MC, Goux N: Non-invasive monitoring of effective dialysis dose delivered to the hemodialysis patient. *Nephrol Dial Transplant* 10: 212-216, 1995.
10. Daugirdas JT: Second generation logarithmic estimates of single-pool variable volume Kt/V: An analysis of error. *J Am Soc Nephrol* 4: 1205-1213, 1993.
11. Maduell F, García H, Giner R, Hernández J, Pozo C, Sigüenza F, Moll R, Garrigós E: Métodos de estimación del Kt/V corregido para el rebote. *Nefrología* 17: 554-560, 1997.
12. Keshaviah PR, Ebben JP, Emerson PF: On-line monitoring of the delivery of the hemodialysis prescription. *Pediatr Nephrol* 9: S2-S8, 1995.
13. Sternby J, Olde B: Measuring dialysate urea- A new technology with many possibilities. *J Am Soc Nephrol* 7: 1526, 1996.
14. Santoro A, Tetta C, Mandolfo S, Arrigo S, Berti M, Colasanti G, D'Amico G, Imbasciati E, Mazzocchi C, Pacini G, Spongano M, Thomaseth K, Wratten ML, Zucchelli P: On-line urea kinetics in haemodiafiltration. *Nephrol Dial Transplant* 11: 1084-1092, 1996.
15. Maduell F, Hernández-Jaras J, García H, Calvo C, Navarro V: Seguimiento de la dosis de hemodiálisis en tiempo real. El futuro inmediato. *Nefrología* 17 (Supl. 2): 51, 1997.
16. Holgado R, Martín-Malo A, Alvarez-Lara MA, Rodríguez A, Soriano S, Espinosa M, Aljama P: Estudio comparativo entre dialisis iónica y el aclaramiento de pequeñas moléculas con diferentes dializadores. *Nefrología* 18: 401-407, 1998.
17. De Francisco ALM, Escalada R, Fernández Fresnedo G, Rodrigo E, Setién M, Heras M, Ruiz JC, Arias M: Medida continua de la dosis de diálisis mediante dialisis iónica. *Nefrología* 18: 408-414, 1998.
18. Coevet B, Peticlerc T, Bene B, Aazib L, Brasseur J: Detection of depuration decreasing factors by measuring in vivo ionic dialysance. Book of abstract ASN, 1995.
19. NKF-DOQI Hemodialysis Adequacy Work Group Membership: Guidelines for hemodialysis adequacy. *Am J Kidney Dis* 30 (Supl. 2): S22-S63, 1997.