

## Atualização em Diálise: Adequação em hemodiálise crônica

Sérgio A Draibe, Miguel Cendoroglo e Marco A Nadaletto

Disciplina de Nefrologia da Universidade Federal de São Paulo/  
Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP  
Endereço para correspondência: Sérgio A. Draibe  
Hospital do Rim e Hipertensão  
R. Borges Lagoa, 960 4º andar  
04038-002 São Paulo, SP  
E-mail: uremia@uol.com.br

### Introdução

A quantificação da hemodiálise representa um dos maiores avanços recentes no tratamento dialítico, exercendo um grande impacto sobre a morbidade e a mortalidade de pacientes renais crônicos. Conceitualmente, diálise adequada seria uma quantidade ótima de diálise a ser oferecida rotineiramente, passível de verificação e que minimizasse a morbidade e a mortalidade de um paciente.

O termo adequação refere-se hoje em dia especificamente aos princípios e cálculos que são utilizados para se medir a dose de hemodiálise que é proposta e aquela que realmente foi administrada a um paciente durante o procedimento hemodialítico.

### Histórico

A dose e a quantidade de diálise a ser oferecida a um paciente é uma antiga preocupação dos nefrologistas. No final dos anos 60 e início dos 70, com base na observação de que pacientes em diálise peritoneal não desenvolviam neuropatia apesar de exibirem elevados níveis de uréia e creatinina, imaginou-se que a membrana peritoneal fosse capaz de remover com maior eficiência, toxinas urêmicas de peso molecular mais elevado do que o da uréia<sup>1,2</sup> e que seriam determinantes da neuropatia. Nessa época já se sabia do acúmulo, na insuficiência renal, de um sem-número de solutos tóxicos de diferentes pesos moleculares, sem se saber, contudo, qual o peso específico de cada soluto no desenvolvimento da síndrome urêmica. Assim, solutos de pequeno peso molecular, tendo como marcador a uréia, seriam pouco necessários e não suficientes para o desenvolvimento da uremia. Poder-se-ia esperar, portanto, a ocorrência de uma situação de elevada concen-

tração sérica de uréia em pacientes bem dialisados. Essa proposição culminou com o desenvolvimento da hipótese do metro-quadrado-hora de Babb e Scribner,<sup>3</sup> no qual a eficiência da hemodiálise seria tanto maior quanto maior fosse o valor do número de horas de hemodiálise oferecidas semanalmente a um paciente, multiplicadas pela área da membrana utilizada. Por essa hipótese, os solutos de pequeno peso molecular passariam facilmente pelos poros da membrana e seu *clearance* seria dependente apenas dos fluxos de sangue e do banho de diálise. Os de peso molecular mais elevado (posteriormente referidos como solutos de peso molecular médio) teriam dificuldade em achar poros apropriados para ser depurados e seus *clearances*, independentes dos fluxos de sangue e do banho, seriam dependentes do número de horas semanais de diálise (maior tempo = maior chance de o soluto achar o poro de maior tamanho) e da área da membrana utilizada (maior área = maior número de poros de maior diâmetro). Chegou-se a desenvolver até índices de diálise adequados relacionados ao produto metro-quadrado-hora, que não foram, entretanto, validados por estudos epidemiológicos.<sup>4</sup> Na ausência de estudos epidemiológicos objetivos, a adequação da diálise era medida pela velocidade de condução nervosa motora, eletroencefalograma e estado nutricional do paciente.

O desenvolvimento do estudo prospectivo americano "National Cooperative Dialysis Study – NCDS", no final dos anos 70,<sup>5</sup> reduziu a importância da depuração das moléculas médias, modificando substancialmente esses conceitos. O estudo foi estabelecido no sentido de se verificar a importância da depuração de moléculas pequenas, tendo como marcador a uréia, medida como BUN (Blood Urea Nitrogen; BUN = Uréia/2,14) e expressa em concentração média (ponderada) durante a semana ( $TAC_{uréia}$ ) e a depuração de moléculas médias, medida indiretamente pelo tempo de hemodiálise. Cerca de 165 pacientes, após randomização, submeteram-se a quatro estratégias de hemodiálise conduzidas três vezes por semana: hemodíálises que reduziam a concentração de uréia e com tempos reduzido ou prolongado de diálise e hemodíálises determi-

nantes de elevada concentração de uréia, com tempos de procedimento reduzido ou prolongado. As variáveis epidemiológicas estudadas inicialmente foram ingestão protéica, retirada do estudo e hospitalizações (morbidade) e, subseqüentemente, mortalidade.<sup>6</sup> Hemodiálises com reduzidas depurações de uréia, indutoras de elevadas TAC, independentemente do tempo do procedimento promoveram aumento significativo da morbidade e da mortalidade, ressaltando de modo claro a importância da depuração de pequenas moléculas na determinação de complicações urêmicas.<sup>7</sup> Por outro lado, a taxa de hospitalização foi maior nos grupos de reduzido tempo de diálise, permitindo entrever, secundariamente, a importância da depuração de moléculas médias.

A análise da ingestão protéica, medida pelo PCR ("Protein Catabolic Rate"), também revelou que, apesar de críticas metodológicas, a ingestão protéica constituiu um importante preditor de morbidade e de mortalidade. Pacientes com PCR = <0,6 g/kg/dia tiveram 35% de chance de apresentar insuficiência do tratamento, independentemente de tempo adequado de diálise. Ao contrário, aqueles com PCR = >1,2 g/kg/dia tiveram menos de 15% de chance de deixarem o tratamento, mesmo com elevada concentração de uréia.<sup>6</sup>

A análise da eficiência da hemodiálise no NCDS foi feita posteriormente, utilizando-se o Kt/V da uréia,<sup>8</sup> que representa o *clearance* fracional de uréia durante a hemodiálise, quantificação diferente da concentração plasmática média semanal da uréia (TAC), que sofria interferência, entre outras, da ingestão protéica dos pacientes. Verificou-se assim que os pacientes com reduzido Kt/V de uréia tiveram maior taxa de hospitalização e mortalidade que aqueles com Kt/V elevado. É importante ressaltar que esse índice somente foi validado devido ao acompanhamento das variáveis epidemiológicas definidas no NCDS. Constituiu-se assim, pela primeira vez, uma medida objetiva da dose de hemodiálise que permitiu equacionar a adequação do procedimento. O estudo do NCDS apresenta várias limitações, sobretudo se quisermos utilizá-lo como orientação nos dias atuais. Não foi idealizado utilizando-se o Kt/V para se estabelecer as estratégias de hemodiálise, excluiu pacientes com mais de 60 anos, diabéticos e aqueles com comorbidade, utilizou apenas membrana de celulose e o período de seguimento não se estendeu por tempo prolongado. Por outro lado, deixou estabelecida a importância do Kt/V e da nutrição (PCR) como preditores de morbidade e mortalidade em pacientes dialisados.

### Quantificação da Hemodiálise

#### *Clearance fracional de uréia – Kt/V*

O principal método de quantificação da hemodiálise é a medida do Kt/V. Sua fórmula deriva daquela que rege a queda da concentração de um soluto distribuído em um volume uniforme (single pool) e que é depurado por um só sistema em um determinado tempo:<sup>9</sup>

$$C_t = C_0 \cdot e^{-K.t/V} \text{ onde}$$

$C_0$  e  $C_t$  representam as concentrações do soluto nos tempos 0 e t; K representa o *clearance* do soluto e V, seu volume de distribuição. A letra *e* é o número de Neper. Na hemodiálise e utilizando a uréia como soluto, essa fórmula nos diz que a concentração da uréia de um paciente em um determinado tempo t de diálise é função de sua concentração inicial, reduzida por um fator exponencial (negativo) composto pelo *clearance* do dialisador multiplicado pelo tempo t, dividido pelo volume total de distribuição da uréia (V) que equivale à água total do paciente. Rearranjando a fórmula e aplicando o logaritmo neperiano (*ln*) em ambos os termos da equação teremos:

$$\ln(C_t / C_0) = \ln(e^{-K.t/V})$$

Resolvendo o segundo termo da equação,

$$\ln(C_t / C_0) = -K.t/V$$

Multiplicando a equação por -1 e invertendo os termos da equação, teremos

$$K.t/V = \ln(C_0 / C_t)$$

Essa foi a primeira fórmula utilizada para se medir o Kt/V, bastando aplicar *ln* sobre a relação concentração inicial sobre a final de uréia ( $C_0 / C_t$ ) para se obter o Kt/V. Essa fórmula foi logo abandonada porque não levava em consideração as variações do volume de distribuição da uréia e a depuração de uréia pela ultrafiltração. Alternativamente, o Kt/V pode ser calculado multiplicando-se o *clearance* de uréia efetivo durante a hemodiálise pelo tempo do procedimento, dividido pelo volume de água total de um paciente (aproximadamente 58% do peso corporal). O volume de plasma depurado de uréia é parte integrante do volume de distribuição da uréia. Assim, analisando o primeiro termo da última equação verifica-se facilmente que o Kt/

Sérgio A Draibe - Adequação em hemodiálise crônica

V nada mais representa que o *clearance* fracional de uréia, ou seja, o volume total de plasma que foi depurado totalmente de uréia durante a diálise, dividido pelo volume total de água do paciente. Em outras palavras, representa quantas vezes o *clearance* de uréia ( $K$ ) de uma hemodiálise conduzida durante um tempo  $t$  ( $K \cdot t$ ) foi maior (ou menor) que o seu volume de distribuição ( $V$ ). É um número puro, pois

$Kt/V = mL/min \cdot min / mL = mL/mL \cdot min/min = \text{número sem dimensão}$

O  $Kt/V$  pode ser maior que 1 devido ao fato da circulação do sangue ser fechada durante a hemodiálise, fazendo com que o plasma depurado momentaneamente da uréia (por completo ou não) dilua continuamente a concentração de uréia residual no organismo. Some-se a isso a contínua geração de uréia e os desequilíbrios de concentração de uréia existentes entre os compartimentos intracelular, intersticial e intravascular.

#### Métodos para se medir o $Kt/V$

##### Modelo formal da cinética da uréia ("Urea Kinetic Modeling" – $U_{km}$ )

É o método mais acurado para se medir o  $Kt/V$ , sendo indicado até o momento como primeira opção pela "Renal Physicians Association" (RPA) e pelo comitê de qualidade da "National kidney Foundation" (NKF-DOQI).<sup>10</sup> Assumindo o modelo unicompartimental ("single pool") de volume variável, calcula as três variáveis fundamentais do modelo da cinética, ou seja:

- $V$  = volume de distribuição da uréia, obtido por iteratividade entre duas fórmulas diferenciais  $e$ /ou por antropometria;<sup>11-13</sup>
- $K$  = *clearance* do dialisador nas condições de fluxos de sangue e banho utilizados no procedimento, obtido a partir do *clearance* de uréia por unidade de área da membrana do dialisador ( $K_0A$ ), fornecido pelo fabricante;
- $G$  = ritmo de geração de uréia no período interdialítico, que permite calcular o PCR do mesmo período.<sup>11</sup>

Entre suas vantagens cita-se o fato de calcular o volume de distribuição de uréia (que varia constantemente em pacientes renais crônicos), levar em consideração a ultrafiltração, a função renal residual e também o PCR. Além disso, armazena os dados dos pacientes exercendo uma vigilância contínua sobre os resultados obtidos, principalmente sobre o volume de distribuição da uréia. Por outro lado necessita compu-

tador, software e três dosagens consecutivas de uréia tomadas pré e pós a primeira hemodiálise e pré-segunda diálise da semana, concomitante à medida das variações de peso nos mesmos momentos.

As fórmulas antropométricas de Watson et al<sup>12</sup> permitem calcular o volume total de água corporal:

$$V_{\text{homens}} = 2,447 - (0,09156 \cdot \text{idade}) + (0,1074 \cdot \text{altura}) + (0,3362 \cdot \text{peso})$$

$$V_{\text{mulheres}} = -2,097 + (0,1069 \cdot \text{altura}) + (0,2466 \cdot \text{peso})$$

Foram obtidas, entretanto, em pessoas normais, reduzindo sua precisão em pacientes dialisados. Fórmulas obtidas em renais crônicos, com bioimpedância, foram também estabelecidas, mas sua aplicabilidade fica restrita a centros que praticam esse método.<sup>13</sup>

A comparação entre os volumes obtidos pelas fórmulas iterativas e antropométricas permite a alguns softwares acusarem imprecisões no procedimento dialítico.<sup>14</sup> Atualmente, critica-se a permanência do volume nas fórmulas de  $Kt/V$ , dado o fato que ele na verdade é uma variável mais relacionada ao estado nutricional (massa muscular) do que ao volume puro de distribuição de uréia.

##### Fórmula logarítmica natural

Também conhecida como fórmula logarítmica de 2ª geração ou Daugirdas II, constitui o único método alternativo à cinética de uréia, endossada pelo DOQI. Em nossa opinião representa o melhor e mais reprodutivo método de obtenção de  $Kt/V$ . Devido à simplicidade e à não exigência de aparelhos para sua realização, encontra-se largamente utilizada pelos centros de hemodiálise. Leva em consideração análise unicompartimental e os *clearances* difusivo e convectivo, integrando também a geração de uréia durante o procedimento. Seus resultados apresentam excelentes índices de identidade e correlação com os valores obtidos pelo modelo da cinética da uréia.<sup>15</sup> Sua fórmula:

$$Kt/V = -\ln(R - 0,008 \cdot t) + (4 - 3,5 \cdot R) \cdot UF/\text{peso},$$

onde  $\ln$  = logaritmo natural;  $R$  = relação da concentração de uréia pós/pré diálise;  $t$  = duração da hemodiálise (horas) e  $UF$  = ultrafiltração (D peso em litros) e peso em kg. Pode ser obtido em qualquer diálise, bastando medir-se a concentração de uréia antes e após a hemodiálise, o tempo exato do procedimento e a ultra-

filtração (ou a diferença de peso pré e pós hemodiálise). Essa fórmula não leva em consideração a função renal residual do paciente que, quando existente, deve ser incorporada ao Kt/V de acordo com a seguinte equação:<sup>16</sup>

$$KT/V_{(total)} = Kt/V + 5,5 \cdot Kru/V \text{ (hemodiálise 3Xs/semana)}$$

$$KT/V_{(total)} = Kt/V + 9,5 \cdot Kru/V \text{ (hemodiálise 2Xs/semana),}$$

onde  $KT/V = \textit{clearance}$  fracional total de uréia, resultado da soma do Kt/V da hemodiálise e do “Kt/V” renal do paciente;  $Kru = \textit{clearance}$  de uréia em urina de 24 horas. Para a obtenção do PCR, pode-se utilizar os nomogramas que necessitam o KT obtido na primeira diálise da semana e o nitrogênio uréico do sangue (BUN = Uréia/2,14). O resultado será dado em termos de PCRn (g/kg/dia). Deve-se tomar o cuidado de utilizar o nomograma apropriado para pacientes que realizam duas ou três sessões de hemodiálise semanais.<sup>16</sup>

#### Redução percentual de uréia

Consiste na obtenção percentual da queda da concentração de uréia durante o procedimento dialítico, de acordo com a seguinte fórmula:

$$URR (\%) = 100 \cdot (1 - C_t / C_o) \text{ onde}$$

$URR =$  redução percentual da uréia;  $C_t$  e  $C_o$  já foram definidos. Apesar desse índice correlacionar-se com o Kt/V, havendo inclusive nomogramas para se obter esse último valor e, ainda, correlacionar-se com a mortalidade de pacientes em estudos longitudinais,<sup>17,18</sup> ele não é recomendado para o seguimento de pacientes em hemodiálise por não levar em conta o volume de distribuição de uréia e não incorporar a depuração obtida pela ultrafiltração.<sup>19</sup> Por esses motivos não é recomendado pelo DOQI.

#### Redução fracional de uréia

Apresenta o mesmo resultado numérico que o índice anterior, não sendo convertido em percentagem:

$$RF = (C_o - C_t) / C_o \text{ onde}$$

$RF =$  redução fracional de uréia. Pode ser utilizado também para se obter o  $Kt/V^{20}$  mas não é recomendado como índice isolado de dose ou eficiência de hemodiálise, pelas mesmas razões mencionadas para a URR.

Resumindo, apoiados em estudos epidemiológicos e em análises matemáticas, apenas os Kt/Vs obtidos pelo modelo da cinética da uréia e pela fórmula Daugirdas II devem ser empregados até o momento para se medir a dose e a eficiência da hemodiálise de um paciente. A obtenção do PCRn serve para monitorizar a ingestão protéica e prevenir a desnutrição, reconhecido fator preditivo de mortalidade em hemodiálise.<sup>6,21</sup>

#### Valores aceitáveis de Kt/V

O NCDS demonstrou que hemodíalises conduzidas com  $Kt/V \leq 0,8$  proporcionavam maior morbidade aos pacientes. Estudo subsequente demonstrou que a mortalidade decresce à medida que se aumenta o Kt/V, a partir de 0,8 chegando a 1,2, não havendo efeito demonstrável sobre a redução da mortalidade de pacientes ao se elevar o Kt/V acima desse valor.<sup>22,23</sup> Dados do “United States Renal Data System” (USRDS) demonstraram que para cada incremento de 0,1 no Kt/V havia um decremento na taxa de mortalidade de pacientes americanos de 7%, com Kt/Vs se aproximando do valor de 1,2.<sup>24</sup> Por outro lado, estudos com menor força epidemiológica têm sugerido que Kt/Vs >1,2 se associam a menor mortalidade.<sup>25-30</sup> Assim, não há na literatura estudos que definam com clareza uma dose ótima de Kt/V. O NKF-DOQI sugere, portanto, que hemodíalises crônicas conduzidas três vezes por semana tenham Kt/V proposto de 1,3 (para se evitar erros estatísticos) e medido de no mínimo 1,2.<sup>10</sup> Não existem estudos epidemiológicos em programas de hemodiálise duas vezes por semana.

#### Kt/V proposto e Kt/V medido

O modelo da cinética da uréia (UKM) e a fórmula Daugirdas II permitem calcular o Kt/V a ser proposto para um paciente. O software do UKM contém o  $K_0A$  e o  $\textit{clearance in vitro}$  de uréia dos diferentes dialisadores disponíveis no mercado. Esses mesmos valores podem ser obtidos na bula do fabricante que acompanha o dialisador. Eles permitem calcular o  $\textit{clearance in vivo}$  de uréia, para um determinado fluxo de sangue e de banho, a ser proposto a um paciente, diretamente no software do UKM ou através de nomogramas, quando se utiliza a fórmula Daugirdas II.<sup>16</sup> O volume de distribuição da uréia pode ser obtido calculando-se o volume total de água do paciente a partir das fórmulas de Watson<sup>12</sup> ou até mesmo calculando-se como volume 58% do peso corporal. Assim, fixando-se o valor do Kt/V a ser oferecido a um paciente e aplicando a fórmula:



Sérgio A Draibe - Adequação em hemodiálise crônica

$$t = (Kt/V)_{\text{fixado}} \cdot V/K,$$

obtém-se o tempo de diálise a ser oferecido a um paciente. Note que esse nada mais é do que o Kt/V a ser oferecido, e não aquele utilizado efetivamente pelo paciente.

O Kt/V medido é aquele realmente utilizado na hemodiálise de rotina a que o paciente foi submetido e é medido obtendo-se pré e pós-primeira hemodiálise da semana, o peso e a concentração de uréia do paciente (Daugirdas II e UKM) e a uréia e o peso pré na segunda sessão da semana (UKM). Além disso, deve-se medir com precisão o tempo da primeira hemodiálise. Aplicando-se esses valores ao software ou à fórmula de Daugirdas, obtém-se o Kt/V medido. Esses valores permitem também calcular o PCRn do paciente, diretamente pelo software do UKM ou por nomogramas (Daugirdas II).

Deve-se ter em mente que o Kt/V é proposto ocasionalmente e deve ser medido mensalmente, de acordo com os cuidados abaixo relacionados.

#### Cuidados na obtenção do Kt/V medido

Os principais erros na medição do Kt/V são decorrentes da obtenção das amostras de sangue pré e pós-hemodiálise. A análise da fórmula de Daugirdas permite ver que a diluição do sangue pré-hemodiálise com heparina, soro fisiológico, obtenção da amostra após o início do procedimento e amostra de sangue-pré obtida no set venoso reduzem a concentração inicial de uréia ( $C_0$ ) e levam a um Kt/V reduzido. Por outro lado, a obtenção do sangue pós-hemodiálise no set venoso, colheita com o fluxo máximo de sangue, sobretudo com recirculação ao nível da fístula arteriovenosa e diluição da amostra por soro fisiológico ou outra solução levam à redução da concentração final de uréia ( $C_t$ ), que por sua vez aumenta erroneamente o Kt/V. Como se verá em seguida, a principal causa de erro na medida do Kt/V reside na obtenção da amostra de sangue após o término da hemodiálise. A Tabela indica o procedimento a ser realizado na obtenção da amostra pós hemodiálise.<sup>16</sup>

#### Fatores inerentes ao procedimento que aumentam o Kt/V Recirculação na fístula arteriovenosa

A recirculação na fístula ocorre quando o fluxo de sangue para a circulação extracorpórea ultrapassa o fluxo de sangue da fístula disponível para ser aspirado pelo set arterial. Essa condição ocorre em estenoses de

Tabela

#### Coleção do sangue pós-hemodiálise

##### Fístula arteriovenosa

- reduza o fluxo da bomba de sangue a 50 ml/min por 2 minutos
- feche totalmente o fluxo de banho
- colete o sangue no set arterial

##### Acesso veno-venoso

- reduza o fluxo da bomba de sangue a 50 ml/min por 30 segundos
- feche totalmente o fluxo de banho
- colete o sangue do segmento arterial do cateteer

##### Método alternativo

- pare completamente a bomba de sangue
- clampeie o set arterial e a cânula da agulha arterial (proximal à fístula)
- espere 2 minutos
- aspire, com o auxílio de uma seringa de 10 ml, o conteúdo de sangue da cânula arterial
- colha a amostra de sangue da cânula arterial, em seringa de 5 ml
- devolva o conteúdo da seringa de 10 ml à cânula arterial

fístulas, em situações de proximidade das agulhas, agulha do set venoso a montante da do set arterial e em hemodiálises conduzidas com alto fluxo de sangue. Assim, uma parte do sangue que está voltando à circulação do paciente pelo set venoso volta e entra novamente no set arterial. Essa situação também ocorre com o uso de cateteres centrais. Todas essas condições ocorrem durante alguns segundos após o término da hemodiálise e levam a uma excessiva redução da concentração de uréia pós-hemodiálise, elevando erroneamente o Kt/V. Podem ser contornadas esperando-se cerca de 30 segundos antes de se retirar a amostra de sangue pós-diálise da cânula da agulha do set arterial.

#### Recirculação cardiopulmonar

Essa ocorre devido à volta ao set arterial de um volume de sangue recém-dialisado que passou apenas pela circulação pulmonar e não passou pelos tecidos ricos em uréia. Em outras palavras, esse sangue que volta ao dialisador não foi suficientemente mesclado ao sangue proveniente de todo o organismo. Como no caso anterior, a amostragem imediata do sangue após a hemodiálise pode levar a uma reduzida concentração final de uréia, elevando erroneamente o Kt/V. Essa recirculação desaparece cerca de 2 a 3 minutos após o término da hemodiálise. Assim, para uma correta amostragem do sangue pós-hemodiálise, deve-se esperar em torno de 2 minutos, como aquela detalhada na Tabela. Essa recirculação não existe quando se utiliza cateteres centrais.

### Desequilíbrio compartimental

Esse ocorre de 30 a 60 minutos após a hemodiálise, representado pela elevação da concentração de uréia que ocorre após o término da mesma. Inicialmente pensou-se que esse "rebound" de uréia era devido apenas à lentidão de transferência da uréia do compartimento intracelular para o extracelular, consubstanciando, inclusive, a hipótese da existência de uma distribuição bi-compartimental da uréia no organismo.<sup>11</sup> Mais recentemente, entretanto, verificou-se outra causa, talvez mais importante, de desequilíbrio, qual seja, aquele existente entre as concentrações de uréia de fluxos regionais de sangue que acaba se estabelecendo ao longo do procedimento dialítico. Durante a hemodiálise, sangue proveniente de regiões de alto fluxo sanguíneo e com baixa produção de uréia (rins, pulmões, cérebro e outras vísceras) é dialisado com maior frequência que aquele proveniente de tecidos com maior produção de uréia e também sujeitos a vasoconstrição (músculo, pele e osso).<sup>31</sup> É sensato, portanto, imaginar que durante a hemodiálise estabelecem-se vários compartimentos de distribuição de uréia. Estudos de cinética de uréia utilizando análises multicompartmentais, entretanto, não adicionaram maior correção ao Kt/V que os que consideram a distribuição de uréia em até dois compartimentos, que contempla convenientemente esse "rebound" de uréia acima descrito.<sup>11,32</sup> Todo esse raciocínio deu origem a um Kt/V denominado equilibrado – eKt/V – de conformação matemática bi-compartimental, em oposição ao Kt/V inicial que passou a ser denominado spKt/V.<sup>32</sup> A relação entre os dois Kt/V é a seguinte:

$$eKt/V = spKt/V - 0,6 \cdot spKt/V / \text{horas} + 0,03^{33}$$

Assim, não é preciso esperar 30 ou mais minutos para se obter um eKt/V. Colhendo-se as amostras de sangue pós-hemodiálise, conforme a Tabela, evita-se os efeitos da recirculação do acesso vascular e o do cardiopulmonar; calculando-se o eKt/V, corrige-se o desequilíbrio compartimental. Dessa maneira, as três causas de aumento do Kt/V inerentes ao procedimento são evitadas. É importante salientar que esse novo índice de eficiência de hemodiálise não pode ainda ser utilizado, pois não foi ainda validado por estudos epidemiológicos. O "Hemo Study", recém-estruturado e já em andamento, deverá avaliar sua utilidade, pois mede simultaneamente o spKt/V e o eKt/V.<sup>32</sup> Trata-se de estudo prospectivo multicêntrico randomizado, duplo-

cego em vários aspectos, delineado com o objetivo de analisar a dose e a qualidade de depuração da hemodiálise (Kt/V e Fluxo da membrana), sobre a morbidade e a mortalidade de pacientes. Uma das principais hipóteses a ser testada é se diálises de alta eficiência (spKt/V= 1,65 ou eKt/V= 1,45) reduzem a morbidade e a mortalidade dos pacientes quando comparadas com diálises standard (spKt/V=1,25 ou eKt/V=1,05). Vale a pena ressaltar que o eKt/V tem importância principalmente nas hemodíalises curtas de alta eficiência, com elevados fluxos de sangue e banho, onde o desequilíbrio compartimental é bastante expressivo. Assim, em futuro próximo teremos mais um índice baseado em estudos epidemiológicos que nos orientará quanto à dose correta de diálise para um paciente submetido a um determinado tipo de hemodiálise.

### Referências

1. Tenckhoff H, Shlipetan G, Boen ST. One year's experience with home peritoneal dialysis. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1965;11:11-4.
2. Tenckhoff H, Curtis FK. Experience with maintenance peritoneal dialysis in the home. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1970;16:90-9.
3. Babb AL, Popovich RP, Christopher TG, Scribner BH. The genesis of the square meter-hour hypothesis. *Trans Am Soc Artif Organs* 1971;17:81-91.
4. Babb AL, Strand MJ, Uvelli DA, Milutinovic J, Scribner BH. Quantitative description of dialysis treatment: A dialysis index. *Kidney Int* 1975;1(Suppl 2):23-9.
5. Lowrie EG, Laird NM, Parker TF, Sargent JA. Effect of the hemodialysis prescription on patient morbidity: Report from the National Cooperative Dialysis Study. *N Engl J Med* 1985;305:1176-80.
6. Lowrie EG, Laird NM, editors. The National Dialysis Cooperative Study. *Kidney Int* 1983;23(Suppl13):1S-122S.
7. Parker TF, Laird NM, Lowrie EG. Comparison of the study groups in the NCDS and a description of morbidity, mortality, and patient withdrawal. *Kidney Int* 1983;4(Suppl 23):42-9.
8. Gotch FA, Sargent JA. A mechanistic analysis of the National Cooperative Dialysis Study. *Kidney Int* 1985;28:526-34.
9. Sargent JA, Gotch FA. Principles and Biophysics of Dialysis. In: Claude Jacobs, Carl M Kjellstrand, Karl M Koch, James F. Winchester, editors. *Replacement of Renal Function by Dialysis*. 4th ed. Holanda: Kluwer Academic Publishers; 1996. p. 34-102.
10. NFK-DOQI. NKF-DOQI clinical practice guidelines for hemodialysis adequacy. *Am J Kidney Dis* 1997;50(Suppl 2):15S-66S.

## Sérgio A Draibe - Adequação em hemodiálise crônica

11. Gotch FA. Kinetic modeling in hemodialysis. In: Nissenson AR, Fine RN, Gentile DE, editors. *Clinical Dialysis*. 3rd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall; 1995. p. 156-89.
12. Watson PE, Watson ID, Batt RD. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1980;33:27-39.
13. Chertow GM, Lowrie EG, Lew NL, Lazarus JM. Development of a population-specific regression equation to estimate total body water in hemodialysis patients. *Kidney Int* 1997;51:1578-82.
14. Lau TWL, Owen WF. Hemodialysis adequacy. In: Brady and Wilcox, editors. *Therapy in nephrology and hypertension. A companion to Brenner and Rector's the Kidney*. WB Saunders Company; 1999. p. 535-50.
15. Daugirdas JT. Second generation logarithm estimates of single-pool variable volume Kt/V: An analysis of error. *J Am Soc Nephrol* 1993;4:1205-13.
16. Daugirdas JT. Chronic hemodialysis prescription a urea Kinetic Approach. In: Daugirdas JT, Ing TS, editors. *Handbook of Dialysis*. 2nd ed. Little: Brown and Company; 1994. p. 92-120.
17. Owen WF, Lew NL, Liu Y, Lowrie E, Lazarus M. The urea reduction ratio and serum albumin concentration as predictors of mortality in patients undergoing hemodialysis. *N Engl J Med* 1993;329:1001-6.
18. Held PJ, Port FK, Wolfe RA, Stannard DC, Carroll CE, Daugirdas JT, et al. The dose of hemodialysis and patient mortality. *Kidney Int* 1996;50:550-6.
19. Sherman RA, Cody RP, Rogers ME, Solanchick JC. Accuracy of the urea reduction ratio in predicting dialysis delivery. *Kidney Int* 1995;47:319-21.
20. Basile C, Casino F, Lopez T. Percent reduction in blood urea concentration during dialysis estimates Kt/V in a simple and accurate way. *Am J Kidney Dis* 1990;15:40-5.
21. Lowrie EG, Lew NL. Death risk in hemodialysis patients: The predictive value of commonly measured variables and an evaluation of death rate differences between facilities. *Am J Kidney Dis* 1990;15:458-82.
22. Hakim RM, Breyer J, Ismail N, Shulman G. Effects of dose of dialysis on morbidity and mortality. *Am J Kidney Dis* 1994;23:661-9.
23. Levin NW, Stannard DC, Gotch FA. Comparison of mortality risk by Kt/V single-pool versus double-pool analysis in diabetic and non-diabetic hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 1995;6:626.
24. US Renal Data System. *USRDS 1996 Annual Data Report*. Bethesda (MD): National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases; 1996.
25. Charra B, Caemard E, Ruffet M, Chazot C, Terrat JC, Vanel T, et al. Survival as an index of adequacy of dialysis. *Kidney Int* 1991;41:1286-91.
26. Collins AJ, Ma JZ, Umen A, Keshaviah P. Urea index and other predictors of hemodialysis patients survival. *Am J Kidney Dis* 1994;23:272-82.
27. Parker TF 3rd, Husni L, Huang W, Lew N, Lowrie EG. Survival of hemodialysis patients in the United States is improved with a greater quantity of dialysis. *Am J Kidney Dis* 1994;23:670-80.
28. Hakim RM, Depner TA, Parker TF. Adequacy of hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 1992;20:107-23.
29. Hakim RM, Breyer J, Ismail N, Schulman G. Effects of dose of dialysis on morbidity and mortality. *Am J Kidney Dis* 1994;23:661-9.
30. Held PJ, Port FK, Wolfe RA, Stannard DC, Carroll CE, Daugirdas JT, et al. The dose of hemodialysis and patient mortality. *Kidney Int* 1996;50:550-6.
31. Heineken FG, Evans MC, Keen ML, Gotch FA. Intercompartmental fluid shifts in hemodialysis patients. *Biotechnol Progr* 1987;3:69-73.
32. Daugirdas JT et al. Comparison of methods to predict equilibrated Kt/V in the HEMO pilot study. *Kidney Int* 1997;52:1395-405.
33. Daugirdas JT. Simplified equations for monitoring Kt/V, PCRn, eKt/V and ePCRn. *Adv Ren Replace Ther* 1995;2(4):295-304.

---

Fontes de financiamento: CNPq e Fundação Oswaldo Ramos.  
Conflito de interesses inexistente.

---