

HEMODIÁLISE VETERINÁRIA: CONSIDERAÇÕES DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NEFROLOGIA E UROLOGIA VETERINÁRIAS

Priscylla Tatiana Chalfun Guimaraes Okamoto¹

Júlio César Cambraia Veado²

Karine Kleine Figueiredo dos Santos³

Suellen Rodrigues Maia¹

Luciano Henrique Giovaninni⁴

Caio Teixeira Machado⁵

Fabiana Valle de Souza⁶

RESUMO

Sendo parte integrante do arsenal de opções terapêuticas na nefrologia veterinária, a hemodiálise aplicada aos animais se popularizou e avançou consideravelmente nos últimos anos, não só no mundo como no Brasil. Neste contexto, visando apresentar as características principais da hemodiálise, o Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV), em nome da sua subcomissão de Técnicas Dialíticas, traz, neste documento, as informações necessárias para embasar os conhecimentos sobre o tema.

Palavras-chave: diálise, extracorpóreo, uremia, animais, Brasil

VETERINARY HEMODIALYSIS: CONSIDERATIONS OF THE BRAZILIAN COLLEGE OF VETERINARY NEPHROLOGY AND UROLOGY

ABSTRACT

Being an integral part of the arsenal of therapeutic options in veterinary nephrology, hemodialysis applied to animals has become popular and has advanced considerably in recent years, not only in the world but in Brazil. In this context, intending to present the main characteristics of hemodialysis, the Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV), on behalf of its subcommittee on Dialytic Techniques, brings, in this document, the necessary information to base knowledge on the subject.

Keywords: dialysis, extracorporeal, uremia, animals, Brazil

HEMODIÁLISIS VETERINARIA: CONSIDERACIONES DEL COLEGIO BRASILEÑO DE NEFROLOGÍA Y UROLOGÍA VETERINARIA

¹ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista - Presidente da subcomissão de técnicas dialíticas do Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV). Correspondência: tatiana.okamoto@unesp.br

² Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Membro da diretoria; da subcomissão de técnicas dialíticas e coordenador das comissões do Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV). juliocambraia@gmail.com

³ DOK Hospital Veterinário - Membro da subcomissão de técnicas dialíticas do Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV). drakarinekleine@hotmail.com

⁴ UnicPet Centro Veterinário Nefrologia e Urologia - Presidente do Colégio de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV) lhgiovaninni@yahoo.com.br

⁵ Ourofino Saúde Animal - Membro da subcomissão de técnicas dialíticas do Colégio Brasileiro de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV).

⁶ S.O.S. Animais Clínica Veterinária - Membro do Colégio de Nefrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV). fabianavalle73@gmail.com

RESUMEN

Siendo parte integral del arsenal de opciones terapéuticas en nefrología veterinaria, la hemodiálisis aplicada a animales se popularizó y avanzó considerablemente en los últimos años, no solo en el mundo sino también en Brasil. En ese contexto, con el fin de presentar las principales características de la hemodiálisis, el Colégio Brasileiro de Nephrologia e Urologia Veterinárias (CBNUV), en representación de su subcomité de Técnicas Dialíticas, trae, en este documento, las informaciones necesarias para fundamentar el conocimiento sobre el tema.

Palabras claves: diálisis, extracorpórea, uremia, animales, Brasil

INTRODUÇÃO

A hemodiálise (HD) é uma modalidade de terapia de substituição renal utilizada de forma adjuvante para correção das alterações de excreção corpórea, desequilíbrios hídrico-eletrolítico e ácido-base, advindos principalmente do grave comprometimento das funções renais, nos casos de injúria/lesão renal aguda (IRA) e doença renal crônica (DRC), intoxicação e sobrecarga de volume (1).

A primeira implementação desta terapia ocorreu em cães, em um ensaio experimental no ano de 1913 realizado por John Abel (2), servindo de base para os avanços da hemodiálise em seres humanos realizados por Georg Hass que, em 1924, realizou a primeira hemodiálise em humanos (3). Embora seu emprego na veterinária tenha sido documentado há cerca de 50 anos, seu progresso tecnológico e científico, assim como sua prática clínica foram realmente intensificados apenas a partir dos anos 90, pelo primeiro serviço aberto na Universidade da Califórnia em Davis (4), sendo posteriormente expandida para diversos países, inclusive para o Brasil (5) em 1999, pelo Grupo de Pesquisa em Nefrologia e Hemodiálise Veterinárias - GPNHV da UFMG. Atualmente nota-se cada vez mais a evolução da técnica e sua aplicabilidade à pacientes veterinários, demonstrando ser segura e eficaz para diversas espécies de variados tamanhos (5).

O Brasil está entre os primeiros países a realizar a técnica de hemodiálise em animais. No mesmo período em que o prof. Larry Cowgill, da Universidade da Califórnia - Davis e um grupo de pesquisadores no Japão realizavam estudos com hemodiálise em pequenos animais, o prof. Júlio César Cambraia Veado, em 1995 realizava hemodiálise em suínos com objetivo de extração de césio 133 de organismos vivos. Em 1999 Prof. Júlio e sua equipe, profs. Álvaro Enéas Falcão de Almeida, Juliana de Oliveira e Priscylla Tatiana Chalfun Guimarães Okamoto, iniciaram os primeiros ensaios experimentais de hemodiálise em cães, tendo sido considerado, este feito, como os primeiros trabalhos em hemodiálise realizados na América Latina. Em 2003 e 2005 os professores André Marcelo Conceição Meneses e profa. Alessandra Melchert, respectivamente, realizaram trabalhos com hemodiálise em cães na Unesp de Botucatu-SP. Neste mesmo período, Karine Kleine Figueiredo dos Santos, junto com sua equipe, iniciava suas atividades com hemodiálise, sendo considerada a primeira profissional a realizar, de forma comercial, hemodiálise em cães na América Latina.

A primeira dissertação de mestrado em hemodiálise defendida no Brasil, estudo realizado em cães, é de autoria da profa. Juliana de Oliveira, tendo sido ela também, a responsável pela primeira tese de doutorado em hemodiálise, desenvolvendo uma adequação hemodialítica para equinos (6). A profa. Priscylla Tatiana Chalfun Guimarães Okamoto foi a responsável por defender a quarta dissertação de mestrado envolvendo o tema hemodiálise e a primeira no Brasil com a técnica de hemoperfusão em cães, posteriormente publicada (7). A orientação das dissertações da profa. Juliana de Oliveira e da profa. Tatiana Okamoto foram feitas pelo prof. Júlio César Cambraia Veado.

O “Simpósio de Nefrologia” que ocorreu em Belo Horizonte em 2002, organizado pelo GPNHV, foi o primeiro evento que trouxe a público a técnica de hemodiálise e que realizou procedimento prático em um cão e um cavalo, simultaneamente, para uma plateia de cerca de 40 participantes, tendo como responsáveis pela prática as profas. Juliana de Oliveira e Tatiana Okamoto.

O crescimento e aplicabilidade da hemodiálise na Medicina Veterinária reforça a importância da confecção deste documento. Sabe-se que pacientes doentes renais crônicos humanos, são submetidos com frequência a sessões de hemodiálise, enquanto aguardam um transplante. Os que não podem ser transplantados, ficam nesta dependência por toda a vida. Mas porque é assim na medicina? Como esta não é a nossa realidade, como podemos utilizar desta importante técnica para os nossos pacientes?

Este documento tem como objetivo apresentar as características principais da hemodiálise, envolvendo conceito, princípios, indicações e contraindicações, equipamentos e materiais necessários, prescrições, avaliação da eficiência, ultrafiltração, complicações, prognóstico, equipe e conclusão.

DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

Conceito

A Hemodiálise é uma técnica de substituição renal extracorpórea, que utiliza uma solução, chamada dialisato, com a concentração semelhante a concentração do plasma do paciente, constituído principalmente por água e minerais, confeccionado por uma máquina de hemodiálise (8–10). A técnica realizada ao longo de um tempo, permite a retirada de solvente e solutos de baixo peso molecular, garantindo, ao final da sessão de hemodiálise, que o paciente tenha as concentrações reduzidas de certos compostos que estavam em excesso em sua corrente sanguínea. O sangue do paciente é retirado por um sistema de estruturas tubulares- linha arterial, impulsionado por uma bomba peristáltica, passa pelo dialisador, também chamado de rim artificial, hemodialisador ou capilar (uma estrutura constituída por membranas semipermeáveis, que permite a retirada de solutos de baixo peso molecular) retornando para o paciente pelo seguimento venoso deste mesmo sistema tubular. Para que o animal não tenha um desequilíbrio hidroeletrólítico é necessário que o procedimento seja realizado de forma lenta com sucesso na depuração sanguínea (1,9)

Princípios

A intensidade da depuração das substâncias indesejáveis depende das características estruturais da membrana como, tamanho dos poros, área de superfície e material utilizado; do dialisato, das pressões e da prescrição da diálise (fluxo sanguíneo e tempo de sessão). A movimentação das moléculas durante esse processo ocorre a partir de três processos físicos: a difusão, a convecção e a adsorção, sendo que na rotina a difusão assume prevalência sobre as demais (9,11).

A difusão é a força que promove a movimentação dos solutos de acordo com a concentração dos meios, ou seja, há o movimento de moléculas do meio mais concentrado para o de menor concentração (1,11). Na hemodiálise esse movimento ocorre entre o sangue do paciente e o dialisato ou vice-versa, de modo que os solutos se difundem entre tais fluídos considerando o gradiente de concentração da própria molécula entre eles. Ureia, creatinina e eletrólitos sanguíneos são exemplos de solutos que se difundem para o dialisato; já bicarbonato e determinados eletrólitos podem se mover do dialisato para o sangue a depender de sua concentração no meio dialisato (11). Além do gradiente de concentração, o tamanho da

molécula e a permeabilidade da membrana também são determinantes para a troca por difusão, sendo que são os solutos de baixo peso molecular, que se deslocam predominantemente (1,11)

Ultrafiltração é o processo que envolve o princípio físico da convecção onde a água é impulsionada por uma força hidrostática ou osmótica e empurrada através da membrana. Junto a água, solutos de intermediários e de baixo peso molecular também atravessam a membrana (12). Nesse processo não é mais o gradiente de concentração o fator determinante para as trocas, mas sim a pressão hidrostática positiva transmembrana (1,11,12). Uma característica importante desta técnica é que ela permite a extração de água do organismo, além de extrair algumas moléculas que não são passíveis de extração pela simples difusão (12).

Indicações e contraindicações

A principal indicação da hemodiálise na veterinária envolve os quadros de uremia, consequências de condições de injúria renal aguda ou crônica. Nestes casos a hemodiálise contribui, tanto para a remoção de substâncias que se encontram em excesso em virtude de uma excreção ruim, quanto para corrigir condições de desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido-base (1).

Intoxicações, envenenamento, superdosagem de fármacos e sobrecarga de volume também são indicações passíveis desta terapia (1,11). O quadro 1 descreve as principais indicações da hemodiálise na veterinária, de acordo com diferentes autores.

O sucesso da hemodiálise depende muito do momento de sua indicação. Indicações tardias implicam, na maioria das vezes, em insucesso. Quanto mais tardiamente for aplicada, mais difícil de se obter bons resultados, em virtude das consequências da uremia. Entretanto, antes de indicar hemodiálise, deve-se realizar os primeiros procedimentos para minimizar o quadro da uremia, principalmente os que envolvem a correção de fatores pré-renais, como a correção da desidratação e estabilização da pressão sanguínea. O insucesso do tratamento clínico sobre a condição de azotemia grave ou uremia é a principal justificativa para a indicação da hemodiálise. Reforça-se aqui a importância da realização do procedimento no momento inicial do quadro, antes de que as consequências graves da uremia se instalem, como as vasculites, por exemplo. Quanto mais grave o caso, mais difícil a obtenção de bons resultados e reversão do quadro. O sucesso da hemodiálise depende muito de sua realização no momento ideal e, este momento, certamente está relacionado a precocidade de sua indicação (11).

Em casos de indicação para animais que sofreram danos tubulares, pode ser necessário um número importante de sessões. Nesse caso a hemodiálise fornece suporte para que haja tempo suficiente para a recuperação e os rins retomem sua capacidade funcional, à medida que o animal responda a terapia da causa base (1,13).

Nos casos de doença renal crônica na medicina, a hemodiálise é empregada para minimizar as crises urêmicas. Em virtude disto, ela é aplicada respeitando um padrão de uma sessão (tempo necessário para a realização de uma hemodiálise) de 4-6 horas, realizada a cada 48 horas. Este padrão humano de aplicação da hemodiálise ainda não é visto na veterinária e, muitas vezes, confundido pela sociedade, que vê a hemodiálise para animais como uma “utopia”, em virtude desta dependência criada na medicina entre o doente e a máquina. A hemodiálise ajuda a remover solutos e água retidos, incrementando a limitada capacidade de excreção renal, melhorando o estado clínico do paciente, proporcionando maior período de estabilidade e melhor qualidade de vida em seus dias subsequentes (8,9,11,13).

Quadro 1. Indicações para hemodiálise na literatura veterinária.

REFERÊNCIAS	INDICAÇÃO PARA HEMODIÁLISE
COWGILL AND ELLIOTT, 2000	<p>Injúria Renal Aguda</p> <p>Insucesso na terapia clínica dos distúrbios de azotemia, fluidoterapia, eletrolíticos e ácido-base</p> <p>Em oligúria ou anúria severa em que uma diurese eficaz não pode ser mantida com fluidos de reposição, diuréticos osmóticos ou químicos e vasodilatadores renais</p> <p>Doença Renal Crônica</p> <p>Em uremia crônica severa (BUN > 90 mg/dL, creatinina > 7 mg/dL) quando excede a eficácia da terapia clínica, e os proprietários desejam pequenos períodos de suporte dialítico para melhorar a azotemia e outras complicações da DRC</p> <p>Períodos finitos de hemodiálise podem ser indicados para o tratamento pré-operatório de animais que aguardam transplante renal</p>
LANGSTON, 2002	<p>Injúria Renal Aguda</p> <p>Manifestações bioquímicas ou clínicas não controladas de uremia</p> <p>Distúrbios eletrolíticos: hipercalemia, hiponatremia, hipernatremia</p> <p>Sobrecarga de volume: edema pulmonar, Insuficiência cardíaca congestiva, hipertensão sistêmica</p> <p>Azotemia severa ou refratária (BUN > 100 mg/dL, creatinina > 10 mg/dL) que não responde à terapia clínica agressiva em 12 a 24 horas</p> <p>Doença Renal Crônica</p> <p>Uremia refratária (BUN > 100 mg/dL, creatinina > 8 mg / dL)</p> <p>Sinais clínicos intratáveis relacionados à uremia</p> <p>Estabilização pré-operatória para transplante renal</p>
ELLIOTT, 2000	<p>Azotemia refratária (BUN > 90 mg/dL, creatinina > 6 mg/dL)</p> <p>Sinais urêmicos não responsivo ao tratamento clínico</p> <p>Hipercalemia</p> <p>Sobrecarga de fluido</p> <p>Acidose metabólica grave</p> <p>Condicionamento pré-operatório para transplante renal</p> <p>Função no pós-operatório de transplante</p> <p>Rejeição aguda do enxerto renal</p> <p>Exacerbações agudas de Doença Renal Crônica</p>
GROMAN, 2010	<p>Sobrecarga de fluido</p> <p>Doenças imunomediadas</p> <p>Remoção de mediadores inflamatórios</p> <p>Aférese</p> <p>Fígado artificial</p>

Modificado de Bloom e Labato (11).

As contraindicações da hemodiálise incluem, principalmente: anemia importante; intolerância à terapia anticoagulante, com risco de hemorragia; condições de instabilidade, envolvendo principalmente o estado neurológico, gastrointestinal e hemodinâmico (hipotensão e hipovolemia) (14).

Acesso vascular

Um bom acesso vascular é o requisito mínimo para sustentar a realização do procedimento dialítico extracorpóreo e, na veterinária, este é representado, na grande maioria das vezes, pela implantação do cateter de hemodiálise de duplo lúmen no leito venoso jugular, na junção entre a veia cava e o átrio direito (11,15). Dependendo do objetivo da terapia a obtenção do acesso vascular pode considerar o uso de um cateter temporário ou de um cateter permanente. As diferenças básicas entre eles envolvem, o tempo que permanecem, que vai de poucas semanas com um cateter temporário e, até dois anos com um cateter permanente. A forma de implantação pela técnica de Seldinger modificada, com sedação ou apenas bloqueio local é a preferida para cateter temporário. Já a técnica cirúrgica com tunelização, sob anestesia geral, é a indicada para cateter permanente (4,9,11,16,17).

Ao selecionar o cateter de hemodiálise, é preciso considerar tanto a diâmetro do lúmen quanto o comprimento do cateter, pois estes são fatores que influenciam o fluxo sanguíneo (4,11,17). Recomenda-se sempre o maior diâmetro possível, desde que seja seguro ao paciente (12); e com relação ao comprimento, prioriza-se que este seja calculado para que atinja com precisão o local adequado, pois, quanto mais próximo da junção veia cava-átrio direito, maior a captação de sangue pelo cateter e conseqüentemente melhor fluxo sanguíneo (11).

É importante ressaltar que deve ser aplicado cuidado rigoroso à manipulação do cateter, para que se mantenha a sua patência e evite complicações. Tais cuidados incluem o uso exclusivo do acesso para o procedimento dialítico, assim como, pela equipe da diálise (1,11,17). Nos períodos pré e pós sessão deve ser feita assepsia criteriosa, mantendo-se curativo local entre as sessões. Da mesma forma, solução tampão anticoagulante de heparina na concentração de 500 a 1000 U/mL em gatos e de 1000 a 5000 U/mL em cães deve ser mantida no interior dos lumens (17), durante o período interdialítico, para evitar a coagulação do acesso, sendo posteriormente removida previamente ao início do próximo procedimento (11,17).

Anticoagulação

Durante a hemodiálise o sangue extracorpóreo é exposto a diversas superfícies, como o cateter, linhas de sangue e dialisador, com diferentes graus de trombogenicidade (18). A interface “sangue-ar” presente nas câmaras de pressão, assim como a própria membrana dialisadora, em conjunto com a turbulência sanguínea e a tensão de cisalhamento durante o transporte, são alguns dos principais responsáveis pela ativação da coagulação (19,20). As substâncias com ação anticoagulante mais comumente empregadas são representadas pela heparina não fracionada ou pelo citrato. O protocolo inicial de heparinização geralmente inclui a administração em bolus do anticoagulante na dose de 25-50UI/kg em cães e 10-25UI/kg em gatos, no sangue presente na linha arterial do circuito (bomba de heparina) antes do dialisador. Durante o procedimento preconiza-se, pela da monitoração do TCA (a cada 30-60 minutos ou de forma mais espaçada), administração de bolus na dose 10-50UI/kg objetivando a manter valores do TCA entre 150 (gatos) /160 (cães) e 180 segundos (5,18). A anticoagulação pode ser descontinuada de acordo com o risco de sangramento ou coagulação, mas em geral esta ocorre de 30-60 minutos antes do término do procedimento, possibilitando que os valores de TCA retornem a valores próximos ao basal (9).

A anticoagulação com citrato difere da heparina por ser uma anticoagulação regional; apenas o circuito extracorpóreo é anticoagulado e não o paciente (11). O protocolo inclui além da infusão do anticoagulante no circuito extracorpóreo, na linha arterial, a infusão de cloreto de cálcio na linha venosa, evitando que quantidade residual de citrato retorne ao paciente (9,19). A dose deve ser ajustada com base no cálcio ionizado coletado no circuito após o filtro e também por meio da avaliação do TCA, preconizando manter valores de 200 segundos na linha

arterial (18). A monitoração do paciente neste caso envolve avaliações seriadas de cálcio plasmático, assim como do pH sanguíneo, visto que o citrato residual que chega à corrente sanguínea é metabolizado em bicarbonato de sódio podendo induzir à alcalose metabólica (10,12).

Equipamentos e materiais necessários

Máquina de hemodiálise

Existem diferentes tipos de máquinas de hemodiálise, sendo que todas foram desenvolvidas para uso humano, mas podem ser empregadas em animais de modo seguro, confiável e eficaz, variando de acordo com o fabricante e a modalidade terapêutica (9,10,15,21). Embora existam diferentes fabricantes e máquinas, os seguintes recursos padrões são inerentes a todas: bomba de sangue, bomba de seringa, gerenciamento de ultrafiltração, sistema de sensores e alarmes integrados e, em grande maioria, tela de exibição (11,21,22).

Os modelos atuais são conhecidos como máquinas intermitentes ou de proporção, pois são capazes de produzir o dialisato ao longo da sessão.

As máquinas de hemodiálise intermitentes, diferente das plataformas contínuas, apresentam um sistema de sucção, o qual possibilita que haja a formação da solução dialisante combinando o concentrado de eletrólitos e a solução tampão (bicarbonato) com água ultra purificada (1,9–11,21). Há, neste processo, uma entrega separada do bicarbonato, já que tal componente pode quelar o cálcio da solução de eletrólitos, de modo que, este tampão pode ser ajustado de forma independente de acordo com o pH do paciente (11,21).

Ainda que a tecnologia destas máquinas permita informar e interromper o procedimento ao mínimo sinal de complicações, sua operação somente deve ser conduzida por profissionais capacitados que saibam manejar adequadamente tais ocorrências (9,21).

Dialisato

A solução dialítica utilizada para promover a depuração é denominada dialisato, e trata-se de uma solução formada pela combinação de solutos concentrados (eletrólitos e solução tampão de bicarbonato) e água ultra pura (1,9–11). Convencionalmente, o dialisato utilizado em cães e gatos é constituído por sódio, potássio, cloreto, cálcio, magnésio, dextrose e bicarbonato, sendo este último adicionado à mistura de forma isolada, devido sua capacidade de quelar o cálcio da solução (5,11,21). Embora, obtenha-se comercialmente quantidades padronizadas dos componentes descritos acima, estes podem ser ajustados de acordo com as características individuais do paciente (11,21). O dialisato passa pela máquina em um fluxo constante, regulado pela máquina, que é de 500 ml/min. Dependendo da máquina é possível alterar este fluxo (5,11).

Estação de tratamento de água

É necessária uma estação de tratamento de água pois, na modalidade intermitente, o dialisato final é preparado durante o procedimento, pela mistura dos solutos concentrados e água ultrapura (1,21). Nela, a água é conduzida por diversos compartimentos que envolve o filtro de sedimento, tanque de troca iônica, tanque de carbono e filtro de osmose reversa, sendo que neste este último realmente ocorre a etapa final do processo (1,9,21).

Dialisador

Também denominado filtro, capilar, cartucho ou hemodializador esse dispositivo trata-se de um compartimento selado feito de plástico rígido que apresenta em seu interior, milhares de fibras tubulares ocas, revestidas por membrana semipermeável sintética. O material utilizado para a confecção destes tubos ocas é, principalmente, a polissulfona. Pelo interior do tubo passa o sangue, que foi retirado do paciente, conduzido pela linha arterial. Ao sair do dialisador, o sangue retorna ao paciente pela linha venosa (1,9,11). Ainda no interior do dialisador, por fora dos tubos ocas, o dialisato preenche este compartimento, o que permite, embora sem que haja contato direto entre os fluídos, que a filtração de substâncias, entre o plasma e o dialisato ocorra pelos poros desta membrana de revestimento (1,11). Para que haja a entrada e saída de sangue e dialisato neste compartimento, quatro conexões de fluxos se localizam em suas extremidades: conexões de ápice e de base (arterial e venosa), responsáveis pela entrada e saída do sangue respectivamente e conexões laterais inferior e superior, que possibilitam a entrada e saída do dialisato, assumindo fluxo contracorrente ao do sangue (9,11).

Atualmente uma variada gama de dialisadores, com diferentes características, encontra-se disponível comercialmente permitindo diferentes possibilidades dialíticas. Os fatores que influenciam neste quesito envolvem o tamanho do dialisador e conseqüentemente sua superfície de troca (0,2 – 2,0 m²) e capacidade sanguínea (11). Os dialisadores podem ser classificados em alto ou baixo fluxo, possuindo, respectivamente, poros grandes que permitem trocas de moléculas intermediárias ou pequenos que possibilitam apenas o transporte de solutos de baixo peso molecular (11).

Circuito extracorpóreo

O circuito extracorpóreo é o sistema de linhas que leva o sangue desde o cateter até o dialisador, conhecido como linha arterial e identificações em cor vermelha; e deste, novamente ao paciente, a linha venosa, com identificações em cor azul (1,9,11). É essencial que estas vias sejam confeccionadas em materiais não trombogênicos (9). Cada linha apresenta uma quantidade preestabelecida de sangue necessária para que ocorra seu completo preenchimento, que em conjunto com a capacidade de sangue do dialisador totalizam o volume extracorpóreo durante o procedimento, conhecido como *priming* (11). Conhecer essa informação é muito importante para a escolha destes materiais de forma individualizada para cada paciente (9), visto que, para minimizar os riscos hemodinâmicos associados à técnica, recomenda-se que um volume menor do que 10% da volemia do animal seja direcionado para fora do corpo (1,11).

A interação das linhas à plataforma de hemodiálise possibilita que o procedimento seja conduzido de forma mais segura, isto porque, qualquer alteração que envolva o fluxo do sangue no interior da linha, será reconhecida pela máquina que emitirá imediatamente um alerta (9). Para tal, algumas regiões ao longo das linhas apresentam particularidades como os segmentos específicos para atuação de bombas de pressão, detector de ar e bomba de seringa (1).

Cateteres

Componentes indispensáveis à obtenção de um acesso vascular adequado e manutenção de fluxo contínuo, os cateteres de hemodiálise são, na maioria das vezes, formados por duplo lúmen, os quais permitem, mesmo em leito venoso, a existência de uma via de saída denominada via arterial, e uma via de entrada denominada via venosa (9,17). Quando não possui duplo lúmen, o cateter de hemodiálise é disposto no leito venoso central, garantindo a via de saída, e outro acesso vascular, geralmente periférico, é obtido para receber o sangue de retorno (11). Duas apresentações de cateteres existem a depender dos objetivos: cateteres temporários e cateteres permanentes; e os materiais empregados na fabricação destes visam diminuir a trombogenicidade atribuída a eles, dentre os quais inclui o polietileno, utilizado

principalmente em cateteres temporários e o poliuretano, utilizado principalmente em cateteres permanentes (17).

Além disso, cateteres permanentes possuem pequeno balonete (*cuff*) em sua extremidade proximal que visa aumentar a fixação destes durante a implantação, uma vez que haverá uma permanência maior de sua manutenção (9).

Monitores de pressão

É possível monitorar a pressão no interior do sistema durante o procedimento de hemodiálise, pois as linhas de sangue apresentam dispositivos que podem ser acoplados ao aparelho e, assim, medir as pressões das linhas arteriais e venosas. Esta medida é importante para que se possa verificar alterações do volume de sangue que está entrando no aparelho, bem como do volume de sangue que está saindo do dialisador. Caso não se esteja retirando o volume de sangue pretendido e ajustado na máquina, bem como haja problema de obstruções por coágulos no dialisador, por exemplo, ocorrerá mudanças de pressão das linhas arteriais e venosas, respectivamente (21).

Prescrição

Definir quais serão os alvos terapêuticos e como gerenciar o manejo dialítico para alcançá-los é uma etapa que varia tanto entre pacientes como entre sessões de um mesmo indivíduo, devendo ser baseada nas características físicas, clínicas e laboratoriais do animal no momento do procedimento (8–10). De forma geral, a determinação da intensidade, fluxo sanguíneo e do tempo de sessão são os parâmetros mínimos que devem constar em uma prescrição de hemodiálise (1,8,9).

Calcular a intensidade do tratamento, ou seja, a eficiência desejada da sessão é o ponto chave da prescrição, de modo que, a partir desse resultado derivam-se os demais parâmetros que devem ser definidos, como quantidade de sangue a ser processado, tempo de sessão e o fluxo sanguíneo extracorpóreo (11). A determinação da eficiência da sessão baseia-se na taxa de redução de ureia (URR) sérica e, embora haja uma fórmula específica para essa finalidade, atualmente existe disponível descrições, com base na experiência de grandes centros de hemodiálise veterinária, que funcionam como guia para facilitar essa abordagem, de acordo com a sessão e a gravidade da uremia (Quadro 2). No entanto, é importante ressaltar alguns princípios gerais que se aplicam à prescrição e devem ser respeitados. Embora a hemodiálise seja capaz de reduzir as concentrações séricas de ureia rapidamente, uma diminuição marcada na osmolalidade plasmática se instala o que pode resultar em complicações neurológicas potencialmente fatais (síndrome do desequilíbrio). Dessa forma, é importante considerar que, sendo a difusão a força prevalente na hemodiálise intermitente, quanto mais pronunciada for a uremia do paciente, o que ocorre geralmente nas primeiras sessões, maior será a eficiência de trocas e, conseqüentemente, a rapidez de redução dos solutos (1,11). Portanto, as sessões iniciais são projetadas para serem menos eficientes, o que inclui sessões mais curtas e taxas de fluxo sanguíneo mais lentas (1,8,11).

Sendo indispensáveis às terapias de substituição renal extracorpórea, a prescrição da dose da hemodiálise assim como o monitoramento dos resultados obtidos, devem ser devidamente mensurados. Porém, fatores como mensurações imprecisas, coagulação do filtro, recirculação de acesso, saturação incompleta do dialisato e outras intercorrências podem superestimar ou subestimar o valor real do tratamento, afetando o resultado projetado (23).

Quadro 2. Guia de recomendação para a URR de acordo com a sessão e a gravidade da uremia.

TRATAMENTO	CONCENTRAÇÃO DE BUN PLASMÁTICO	RECOMENDAÇÃO DE URR TOTAL	TAXAS DE URR RECOMENDADAS
TRATAMENTO INICIAL	< 200 mg/dL	< 0,5	< 0,1 URR/h
	200 a 300 mg/dL	0,5 – 0,3	< 0,1 URR/h
	> 300 mg/mL	≤ 0,4	0,05 – 0,07 URR/h
SEGUNDO TRATAMENTO	< 200 mg/mL	0,6 – 0,7	0,12 – 0,15 URR/h
	200 a 300 mg/dL	0,6 – 0,4	0,05 – 0,1 URR/h
	> 300 mg/dL	≤ 0,4	0,05 – 0,1 URR/h
TRATAMENTO SUBSEQUENTES	< 150 mg/dL	> 0,8	> 0,15 URR/h
	150 – 300 mg/dL	0,5 – 0,6	0,1 – 0,15 URR/h
	> 300 mg/dL	0,5 – 0,6	< 0,1 URR/h

URR – taxa de redução de ureia

BUN – nitrogênio ureico

Adaptado de Cowgill (8).

O Kt/V - concentração da ureia, multiplicado pelo tempo de tratamento, dividido pelo volume de distribuição - calcula com precisão a depuração e distribuição de ureia, avaliando a qualidade da diálise. É o método atualmente empregado na medicina para cálculo de prescrição de diálise (24).

Os resultados da URR, padrão utilizado como base de prescrição em terapias veterinárias, podem conter erros na avaliação do tratamento (23). Por exemplo, um atraso na amostragem pós-tratamento causa um aumento na concentração de UREIA de rebote em comparação com amostras coletadas imediatamente após o tratamento. Um aumento de 5% a 25% na concentração de UREIA devido ao atraso na amostragem causaria uma diminuição correspondente na URR da sessão e um tratamento aparentemente inadequado. Em contraste, a diluição da amostra pós-tratamento por recirculação de acesso diminuiria a concentração de UREIA medida e aumentaria artificialmente a URR medida para a sessão (25).

A aplicação da relação URR versus Kt/V ureia para estabelecer metas de prescrição ignora muitas suposições importantes incorporadas à quantificação de Kt/V ureia por modelagem cinética de ureia. No entanto, essa relação é suficientemente robusta para direcionar a prescrição de terapias que estão inerentemente sujeitas a variáveis clínicas e de tratamento que influenciam positiva ou negativamente os resultados do tratamento (23). A estimativa precisa do Kt/V ureia requer documentação da depuração renal residual (Kr); volume de ultrafiltração; tempo de diálise (t); medição das concentrações de ureia pré-tratamento, pós-tratamento e subsequentes pré-tratamento; depuração de ureia do hemodialisador/filtro (Kd); taxa de fluxo sanguíneo (Qb); fluxo do dialisato (Qd); estimativa iterativa da taxa de geração de ureia (G) e volume de distribuição de ureia (V) para uma sessão de tratamento (8,23,25). Por considerações práticas e econômicas, esse grau de precisão, possivelmente não guiará a diálise veterinária (23).

Sendo assim, apesar das deficiências inerentes à precisão dos resultados da URR das prescrições, provavelmente ela continuará sendo a prescrição e o padrão de prescrição para diálise veterinária no futuro próximo (23). Entretanto, é importante ter conhecimento de que essas diretrizes convencionais para a prescrição e avaliação dos resultados tornaram-se desatualizadas e é preciso ampliar a compreensão da relação inerente entre a URR e depuração fracionada (Kt/V ureia) em todas as plataformas de substituição renal e modalidades de terapia, de modo que a não consideração da influência dessas diversas variáveis na formulação do tratamento pode resultar em desvios substanciais dos resultados esperados (23).

É proposto atualmente na veterinária uma prescrição simplificada baseada na depuração de ureia, fornecendo um substituto razoável para a intensidade prescrita (Kt) e eficácia

(Kt/Vureia) da terapia administrada para atender as metas da URR em tratamentos individuais (23). Essa proposta de abordagem visa facilitar uma transição para a entrega operacional de terapias de substituição renal. Nesta abordagem o Kt/Vureia é determinado para atingir o resultado da URR selecionado para o tratamento. A prescrição de tratamentos padrão ou híbridos com base na depuração fornecida permite a formulação de parâmetros de tratamento independentemente do tamanho do paciente, grau de azotemia, plataforma disponível e duração da sessão de tratamento (23).

Essa proposta, embora recente, traz uma nova abordagem para que a prescrição forneça maior uniformidade e compreensão da diálise, ao mesmo tempo que instiga a reflexão sobre o impacto das terapias de substituição renal na terapêutica veterinária avançada. Sendo assim, torna-se necessário rever as diretrizes passadas e avaliar a aplicabilidade e relevância dessas diretrizes atuais para futuro da medicina veterinária.

Avaliação da eficácia

A eficácia de um tratamento de hemodiálise individual pode ser quantificada por uma variedade de índices com base em mudanças na concentração de ureia durante a sessão de diálise. Entre eles, geralmente usa-se como base o URR antes do início e após cada sessão (22), por meio da seguinte fórmula:

$$URR = (BUN_{\text{pré}} - BUN_{\text{pós}}) / BUN_{\text{pré}}$$

A partir do resultado obtido e considerando os valores predeterminados (Quadro 2) como alvo da terapia é possível buscar, caso o resultado não se enquadre no desejado, os possíveis pontos de falha do procedimento (22).

Ultrafiltração

Grande parte da discussão sobre hemodiálise concentra-se na remoção de solutos séricos ureia, creatinina, potássio, etc., do paciente urêmico. No entanto, durante a hemodiálise, fluido também pode ser removido da corrente sanguínea. Este processo é chamado de ultrafiltração (UF) e é de grande benefício para pacientes com sobrecarga de volume (11). Essa movimentação hídrica, é determinada pela pressão hidrostática positiva transmembrana, obtida pela redução da pressão do dialisato em oposição a alta pressão hidrostática do plasma (26). Uma vez conhecido o excesso de fluido do paciente, é possível calcular a quantidade em mililitros que a máquina deve remover de fluido, programada em mililitros por hora. A taxa de remoção de fluido do paciente não deve exceder 20 ml/kg/h (9,11).

$$\text{Mililitros de remoção} = \% \text{ de sobrecarga de volume} \times \text{peso corporal (kg)} \times 10$$

Complicações

Durante ou após a aplicação da terapia hemodialítica as eventuais complicações podem se originar tanto do próprio procedimento em si, como também ser decorrentes da condição de disfunção renal do paciente. Dentre as complicações possíveis destaca-se a síndrome de desequilíbrio de diálise, condição caracterizada por manifestações neurológicas derivadas do edema do sistema nervoso central em decorrência da queda abrupta na osmolalidade sanguínea pela rápida e intensa remoção de solutos; hipotensão ou hipertensão; hemorragias sistêmicas ou coagulação do circuito extracorpóreo, devido anticoagulação inadequada; oclusão do cateter

por trombos; infecção do acesso vascular e complicações urêmicas neurológicas, respiratórias e gastrointestinais (10,11).

Prognóstico

O melhor resultado da hemodiálise para animais em uremia aguda é a melhora das condições sistêmicas do paciente, promovendo estabilidade fisiológica e metabólica que possibilitem a sobrevivência do animal por tempo suficiente para que haja resposta ao tratamento de base e conseqüentemente recuperação da função renal. Já para os doentes renais crônicos a melhora das condições sistêmicas, garantindo maior qualidade de vida na sobrevivência destes pacientes, assim como estabilidade metabólica e nutricional, representaria o resultado que mais se almeja desta terapia (5).

No entanto, é importante salientar que existe diversas variáveis envolvidas no prognóstico, isso porque, ele se baseia no diagnóstico, na evolução da doença e na capacidade individual de resposta e não simplesmente no recurso terapêutico envolvido; ou seja, a possibilidade de recuperação da função renal não está pautada na terapia dialítica, uma vez que esta, trata-se de um tratamento adjuvante na grande maioria das vezes, mas sim na causa de base, na extensão do dano, nas comorbidades envolvidas, no comprometimento sistêmico, no diagnóstico preciso e no tratamento específico (4,5).

De toda forma, sabe-se que a demora na instituição da hemodiálise em casos em que a mesma é expressamente indicada aumenta a mortalidade dos pacientes, visto que, mesmo na possibilidade de reversão do dano infligido à funcionalidade renal, a partir do tratamento de base, esses pacientes podem evoluir à óbito, devido as complicações urêmicas, antes que exista tempo hábil para a resposta terapêutica e recuperação (1,11).

Equipe

Os avanços da hemodiálise ao longo dos anos promoveram maior segurança ao procedimento e uma melhor aplicabilidade da técnica; entretanto, este ainda é um procedimento complexo que exige profissionais que compreendam muito além da operação da máquina (15,22). Recomenda-se que os profissionais envolvidos nesta terapia passem por treinamentos específicos (15). A equipe de profissionais que compõe um serviço de hemodiálise idealmente, deve ser formada por, ao menos, dois profissionais, sendo um médico e um técnico em hemodiálise. O primeiro se encarrega em instituir a terapia e ambos devem ser capazes de monitorar o paciente, a máquina de diálise, o sistema de tratamento de água e supervisionar o sistema de entrega (11,15). De toda forma, independentemente do número, todos os profissionais que compõem a equipe devem ser capacitados para este fim, compreendendo as condições fisiológicas e metabólicas do paciente, a complexidade atrelada ao procedimento, suas reais indicações, adequada prescrição e manejo das complicações (11).

COMENTÁRIOS FINAIS

Como visto a hemodiálise é uma técnica estudada para aplicação no ser humano, que pode ser empregada nos animais. Os conhecimentos sobre suas indicações e características permite beneficiar muitos animais, que se encontram em diferentes condições. Sabe-se hoje que uma das condições que mais favorece o sucesso da técnica é a sua realização precoce. Durante muitos anos a hemodiálise foi mal interpretada e vista como um procedimento que não trazia benefícios aos pacientes. Este entendimento errôneo estava associado exatamente ao fato da indicação tardia da técnica, quando já não tinham mais o que fazer por esses animais, que se encontravam em quadro irreversível e incurável. Viam assim, a hemodiálise como a última

esperança. Na verdade, para que se tenha sucesso com seus resultados, ela não deve ser vista como a última esperança.

Hoje temos bons resultados com a aplicação da técnica, em virtude de sua indicação precoce, bem como, pela competência de equipes, que estão espalhadas por todo o país.

REFERÊNCIAS

1. Elliott DA. Hemodialysis. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2000;15(3):136-48. doi: 10.1053/svms.2000.18297.
2. Abel JJ, Rowntree LG, Turner BB. On the removal of diffusible substances from the circulating blood of living animals by dialysis. *J Pharmacol Exp Ther* [Internet]. 1914 [citado 10 Jan 2023];5(3):275-316. Disponível em: <https://jpet.aspetjournals.org/content/jpet/5/6/611.full.pdf>
3. Gordon IJ, Van Noordwijk J, Jones ES. The first successful haemodialysis. *J R Soc Med* [Internet]. 2000 [citado 10 Jan 2023];93(5):266-8. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/014107680009300516>
4. Fischer JR, Pantaleo V, Francey T, Cowgill LD. Veterinary hemodialysis: advances in management and technology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2004 [citado 10 Jan 2023];34(4):935-67. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15223210/>
5. Cowgill LD, Francey T. Hemodialysis and extracorporeal blood purification. In: DiBartola SP, editor. *Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice* [Internet]. 4th ed. Orlando: Elsevier; 2012 [citado 10 Jan 2023]. Chap. 29, p. 680-713. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4377-0654-3.00036-6>
6. Oliveira J. Adequação da hemodiálise em equinos hígidos: avaliação clínica e laboratorial [tese] [Internet]. Belo Horizonte: Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais; 2007 [citado 10 Jan 2023]. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/VETC-7ANN3Q/1/julianadeoliveira.pdf>
7. Guimarães PTC, Veado JCC, Melo MM, Oliveira J, Melo MB. Comportamento clínico e perfil hematológico de cães intoxicados experimentalmente com carbamato (Aldicarb) e submetidos à hemodiálise e hemoperfusão. *Rev Bras Cienc Vet* [Internet]. 2008 [citado 16 Jan 2023];15(1):33-9. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/rbcv/article/view/7045>
8. Cowgill LD. Urea kinetics and intermittent dialysis prescription in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2011 [citado 10 Jan 2023];41(1):193-225. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561610001567?via%3Dihub>
9. Langston C. Therapeutic techniques. In: Bartges J, Polzin DJ. *Nephrology and urology of small animals*. Malden: Wiley Blackwell Publishing; 2011. Chap. 61, p. 253-85.
10. Ross S, Langston C. Haemodialysis and peritoneal dialysis. In: Elliott J, Grauer GF, Westropp JL, editors. *BSAVA Manual of canine and feline nephrology and urology*. 3rd ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2017. Chap. 22, p. 254-62.

11. Bloom CA, Labato MA. Intermittent hemodialysis for small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2011;41(1):115-33. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.11.001.
12. Acierno MJ. Continuous renal replacement therapy in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2011;41(1):135-46. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.09.001.
13. Cowgill LD, Langston CE. Role of hemodialysis in the management of dogs and cats with renal failure. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 1996 [citado 10 Jan 2023];26(6):1347-78. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561696501324?via%3Dihub>
14. Li R, Mugford A, Humm K. Acute kidney injury in dogs and cats 2: management, treatment and outcome. In *Pract* [Internet]. 2013 [citado 10 Jan 2023];35(6):302-16. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1136/inp.f3640>
15. Cowgill LD, Guillaumin J. Extracorporeal renal replacement therapy and blood purification in critical care. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)* [Internet]. 2013 [citado 10 Jan 2023];23(2):194-204. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/vec.12028>
16. Taylor RW, Palagiri AV. Central venous catheterization. *Crit Care Med* [Internet]. 2007 [citado 10 Jan 2023];35(5):1390-6. Disponível em: https://journals.lww.com/ccmjournal/Fulltext/2007/05000/Central_venous_catheterization.27.aspx
17. Chalhoub S, Langston CE, Poeppel K. Vascular access for extracorporeal renal replacement therapy in veterinary patients. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2011 [citado 10 Jan 2023];41(1):147-61. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561610001440?via%3Dihub>
18. Ross S. Anticoagulation in intermittent hemodialysis: pathways, protocols, and pitfalls. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2011 [citado 10 Jan 2023];41(1):163-75. Disponível em: [https://www.vetsmall.theclinics.com/article/S0195-5616\(10\)00155-5/fulltext](https://www.vetsmall.theclinics.com/article/S0195-5616(10)00155-5/fulltext)
19. Suranyi M, Chow JSF. Review: anticoagulation for haemodialysis. *Nephrology (Carlton)* [Internet]. 2010 [citado 10 Jan 2023];15(4):386-92. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1440-1797.2010.01298.x>
20. Black K. Anticoagulation for haemodialysis. *Ren Soc Australas J* [Internet]. 2008 [citado 10 Jan 2023];4(3):95-9. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=18323804&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA196229380&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
21. Poeppel K, Langston CE, Chalhoub S. Equipment commonly used in veterinary renal replacement therapy. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2011 [citado 10 Jan 2023];41(1):177-91. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561610001397?via%3Dihub>

22. Acierno MJ, Labato MA. Continuous renal replacement therapy/hemodialysis. In: Ettinger SJ, Feldman EC, Côté E, editors. Textbook of veterinary internal medicine: diseases of the dog and the cat. 8th ed. Orlando: Elsevier; 2017. p. 1194-204.
23. Dufayet C, Cowgill LD. Reevaluation of prescription strategies for intermittent and prolonged renal replacement therapies. *Adv Small Anim Care* [Internet]. 2021 [citado 10 Jan 2023];2:117-29. Disponível em: <http://www.advancesinsmallanimalcare.com/article/S2666450X21000055/fulltext>
24. Ding L, Johnston J, Pinsk MN. Monitoring dialysis adequacy: history and current practice. *Pediatr Nephrol* [Internet]. 2021 [citado 10 Jan 2023];36(8):2265-77. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00467-020-04816-9>
25. Yeun JY, Depner TA. Complications related to inadequate delivered dose: recognition and management in acute and chronic dialysis. In: Lameire N, Mehta RL, editors. *Complications of dialysis* [Internet]. New York: Marcel Dekker; 2000 [citado 10 Jan 2023]. Chap. 2, p. 89-115. Disponível em: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=wMKwX_TaoEMC&oi=fnd&pg=PA89&dq=Yeun+J.Y.+Depner+T.A.+Complications+related+to+inadequate+delivered+dose:+recognition+and+management+in+acute+and+chronic+dialysis.in:+Lameire+N.+Mehta+R.L.+Complications+of+dialys
26. Sam R. Hemodialysis: diffusion and ultrafiltration. *Austin J Nephrol Hypertens* [Internet]. 2014 [citado 10 Jan 2023];1(2):1010. Disponível em: <https://austinpublishinggroup.com/nephrology/fulltext/ajnh-v1-id1010.php>

Recebido em: 06/02/2023

Aceito em: 03/05/2023