

LA DIALISI PERITONEALE: NON SOLO PER L'INSUFFICIENZA RENALE*

MELISSA GARCIA-LACAZE, DVM
REBECCA KIRBY, DVM, DACVIN, DACVECC
ELKE RUDLOFF, DVM, DACVECC
Animal Emergency Center - Glendale, Wisconsin

Riassunto

Le intossicazioni potenzialmente letali, il sovraccarico di fluidi e gli eccessi estremi di temperatura corporea possono essere trattati in modo rapido ed efficace con la dialisi peritoneale. Se necessario, è possibile realizzare un catetere peritoneale ed un fluido da dialisi (dialisato) servendosi dei mezzi facilmente disponibili nella maggior parte delle cliniche veterinarie. Regolando la composizione, la temperatura ed il tempo di permanenza del liquido in addome, è possibile portare ai massimi livelli la velocità degli scambi di soluti e di temperatura. La decisione di interrompere la dialisi peritoneale va presa dopo che le anomalie cliniche siano state corrette o che le concentrazioni sieriche delle sostanze tossiche siano rientrate entro limiti accettabili.

Summary

Life-threatening toxicities, fluid overload, and body temperature extremes can be rapidly and effectively treated with peritoneal dialysis. If necessary, a peritoneal catheter and dialysate fluid can be made using supplies readily available in most veterinary clinics. By adjusting dialysate composition, temperature, and dwell time, the rate of solute and temperature exchanges is maximized. The decision to stop peritoneal dialysis should be made once clinical abnormalities have been corrected or serum concentrations of the toxin are within an acceptable range.

La dialisi peritoneale (PD) può svolgere un ruolo critico per la sopravvivenza dei pazienti con problemi potenzialmente letali. L'accumulo nel sangue di fluidi, elettroliti o sostanze tossiche di basso peso molecolare può causare complicazioni in grado di mettere in pericolo la sopravvivenza del paziente. Inoltre, livelli estremamente elevati ed estremamente bassi della temperatura corporea possono influire sul metabolismo e sulla vitalità cellulare. L'inserimento della dialisi peritoneale come terapia aggiuntiva nei primi stadi della stabilizzazione può fare la differenza per salvare la vita dell'animale. Comprendere il meccanismo con cui avviene, il modo in cui viene effettuata e ciò che ci si può aspettare da essa consente ai clinici di scegliere i pazienti adatti al trattamento.

MECCANISMO DELLA DIALISI PERITONEALE

Durante la dialisi peritoneale, un fluido cristalloide detto *liquido da dialisi* o *dialisato* viene riscaldato fino alla

temperatura corporea ed introdotto in addome. Fra il sangue ed i liquidi di qualsiasi tipo presenti all'interno della cavità peritoneale si stabilisce un equilibrio fra soluti di basso peso molecolare e temperatura. La direzione del movimento dipende dal gradiente di concentrazione fra sangue e fluido peritoneale, andando da un'area di concentrazione o temperatura più elevata ad una di concentrazione o temperatura più bassa. Il movimento delle particelle di basso peso molecolare avviene per osmosi e diffusione attraverso le membrane semipermeabili del peritoneo e dei capillari. Il riscaldamento o raffreddamento del sangue ad opera del fluido peritoneale è dovuto a correnti di convezione.

La maggior parte dei dialisati è costituita da cristalloidi isotonici ai quali viene aggiunto del destrosio in concentrazione superiore a quella presente nel sangue normale. Questa composizione determina il movimento dell'acqua e delle piccole particelle dai capillari nello spazio peritoneale seguendo il gradiente di concentrazione. Il dialisato viene quindi drenato e sostituito da un nuovo fluido per ripristinare la differenza di concentrazione o di temperatura.

Oltre al gradiente di concentrazione, gli scambi di soluti fra plasma e fluido peritoneale dipendono dalle dimensioni della molecola, dalla perfusione del peritoneo, dalle condi-

*Da "The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian", Vol. 24, N. 10, ottobre 2002, 758. Con l'autorizzazione dell'Editore.

zioni della sua membrana e dal tempo necessario al movimento dei soluti. È stato riferito che, quando la membrana peritoneale è sana e la perfusione ematica è adeguata, le molecole di peso medio ed elevato possono raggiungere velocità di scambio paragonabili a quelle dell'emodialisi.¹

Con la dialisi peritoneale è possibile trattare molte intossicazioni da sostanze endogene ed esogene. Ad elevate concentrazioni plasmatiche, potassio, magnesio, sodio e calcio possono diventare tossine endogene capaci di essere allontanate dal plasma attraverso la dialisi peritoneale. Creatinina, azoto ureico ed altre molecole metaboliche intermedie dell'uremia (a livelli elevati) possono causare gravi stati di malattia. Quando non rispondono alla tradizionale diuresi mediante fluidoterapia IV, queste tossine uremiche possono essere rimosse dal plasma con la dialisi peritoneale. Le tossine esogene dializzabili comprendono litio, metanolo, etanolo, pentobarbital, fenobarbital e aminoglicosidi, nonché glicol etilenico e suoi metaboliti.

La durata del periodo di tempo in cui il dialisato viene lasciato rimanere in addome per consentire il raggiungimento dell'equilibrio viene detta *tempo di permanenza*. Il tempo di permanenza varia a seconda delle dimensioni della molecola da sottoporre a dialisi. Quelle più grandi (ad es., creatinina, fenobarbital) necessitano di periodi di maggiore durata.² Inoltre, per la regolazione del tempo di permanenza può essere necessario tenere conto di fattori legati al paziente.

FATTORI LEGATI AL PAZIENTE

La dialisi peritoneale va considerata un'integrazione della terapia per la rimozione di sostanze tossiche di basso peso molecolare, la correzione controllata delle variazioni estreme di temperatura e degli innalzamenti dei livelli di elettroliti e l'eliminazione di un volume eccessivo di fluidi intravascolari o interstiziali dovuto all'oliguria. Per la preparazione dell'animale alla dialisi peritoneale è importante tenere in considerazione alcuni fattori legati al paziente, come la perfusione ematica e le condizioni del peritoneo.

Prima di iniziare la dialisi peritoneale, è necessario correggere l'ipotensione e la disidratazione per garantire un'adeguata perfusione sistemica e peritoneale. La diminuzione del flusso ematico a livello del peritoneo riduce la velocità di scambio delle molecole di maggiori dimensioni.^{3,4} Un'eventuale compromissione respiratoria può imporre la ventilazione assistita o la riduzione del volume di infusione del dialisato perché la pressione sul diaframma può diminuire il volume tidale.

Condizioni come la fibrosi della membrana peritoneale o la presenza di aderenze intraaddominali possono diminuire la superficie di scambio ed intrappolare il dialisato, imponendo un prolungamento del tempo di permanenza.^{2,4} L'infiammazione delle membrane peritoneali o una vasculite può determinare un aumento della perfusione ed un incremento della permeabilità capillare. Ciò provoca una miglioramento del movimento delle molecole, che passano dal sangue nel dialisato lungo il gradiente di concentrazione, il che può ridurre il tempo di permanenza necessario.^{1,5-8} È importante riconoscere quando è presente una peritonite o una vasculite, perché è più probabile che si verifichi il movimento di sostanze dal dialisato nel flusso sanguigno.

Altre condizioni che possono richiedere una modificazione nella procedura di dialisi peritoneale sono le ernie (ad es., diaframmatica, ombelicale, inguinale) e le affezioni respiratorie.^{3,9} Le ernie diaframmatiche ed inguinali devono essere riparate prima di iniziare la dialisi peritoneale. È importante ricordare che la sede di riparazione rappresenta un'area di debolezza attraverso la quale il dialisato può filtrare. Per ridurre al minimo la pressione sul diaframma può essere necessario infondere un minor volume di fluido.

Una volta determinato che un paziente può trarre vantaggio dalla dialisi peritoneale e stabilizzate le sue condizioni, è possibile preparare il dialisato. Quindi, si sceglie il catetere da dialisi peritoneale e lo si introduce asetticamente nella cavità.

DIALISATO ED ADDITIVI

La concentrazione di destrosio del dialisato determina l'intensità del gradiente osmotico e la velocità del movimento del fluido nello spazio peritoneale. Le concentrazioni di destrosio variano tipicamente dall'1,5% al 4,25%. Quando si intende ottenere la rapida eliminazione di un soluto potenzialmente letale o il trattamento di un sovraccarico di fluidi, è possibile utilizzare per brevi periodi un dialisato contenente concentrazioni di destrosio più elevate (2,5%-4,5%). Tuttavia, ciò può portare ad ipovolemia, disidratazione e squilibri elettrolitici, che richiedono delle correzioni nella fluidoterapia endovenosa (velocità di infusione e composizione). Per evitare rapidi spostamenti di fluidi ed elettroliti, viene tipicamente scelta una concentrazione di destrosio compresa fra 1,5 e 2%.^{1,6,10-12} La concentrazione di destrosio può essere regolata durante la dialisi sulla base della risposta del paziente al trattamento. Se si desidera soltanto ottenere l'equilibrio della temperatura, è possibile scegliere un dialisato dalla composizione simile a quella del plasma (senza destrosio o altri soluti osmotici). Prima di essere instillato in addome il dialisato va riscaldato sino alla temperatura corporea.

Se si intende ottenere la loro rimozione dal plasma, i soluti di basso peso molecolare come il potassio, il sodio, il calcio, il bicarbonato ed il magnesio devono essere presenti in basse concentrazioni o assenti dal dialisato. Quando non si desidera determinare lo spostamento di un soluto, la concentrazione di quest'ultimo nel dialisato deve essere identica a quella del plasma. Concentrazioni di sodio superiori a 150 mEq/l nel dialisato possono portare ad ipernatremia e a deleteri spostamenti di fluidi fra plasma, interstizio e dialisato. La maggior parte dei dialisati è caratterizzata da una concentrazione di sodio compresa fra 130 e 134 mEq/l.^{3,4,13} Un metodo standard utilizzato per evitare la rimozione di farmaci o elettroliti nel dialisato consiste nell'aggiungere il medesimo agente al fluido nella stessa concentrazione che si desidera ottenere nel plasma (ad es., in mEq/l). I livelli di potassio nel dialisato devono essere compresi fra 3,5 e 4,5 mEq/l per prevenire un rapido declino delle concentrazioni plasmatiche di questo elemento, a meno che non sia presente un'iperkalemia.^{1,3,6,10,13,14} Questa tecnica può anche essere utilizzata per trattare la peritonite, con l'aggiunta di antibiotici al dialisato per prevenire il calo dei livelli di questi farmaci nel plasma.^{1,14,15}

Quando non è disponibile un dialisato del commercio, è possibile utilizzare una soluzione elettrolitica bilanciata e tamponata, come quella di Ringer lattato. A questa si possono aggiungere asetticamente destrosio, elettroliti ed eparina sino ad arrivare alle concentrazioni desiderate. L'eparina può essere aggiunta al dialisato (250-1000 U/l) per ridurre la formazione di fibrina, che potrebbe occludere il catetere peritoneale.^{1,2,6,16}

SCelta DEL CATETERE

I cateteri di produzione commerciale utilizzati per la dialisi peritoneale di breve durata (inferiore a 3-5 giorni) devono essere semirigidi, presentare molteplici fenestrazioni a livello della punta ed essere dotati di un mandrino o di un filo metallico a J per favorirne l'inserimento (Acute Peritoneal Dialysis Sets and Cohen Acute Pediatric Peritoneal Dialysis Set [Cook Critical Care]; Impersol Peritoneal Catheter [Abbott Laboratories]; Trocath Peritoneal Dialysis Catheter [B. Braun]). Nel gatto e nei cani di piccola taglia, può essere necessario accorciare alcuni cateteri commerciali prima di introdurli. Quando si prevede che la dialisi continui per più di 3-5 giorni, l'ideale è servirsi di cateteri da dialisi peritoneale commerciali con manicotti Dacron (Tenckhoff Acute Peritoneal Dialysis Catheters and Sets [Cook Critical Care]). Questi ultimi determinano una chiusura ermetica a tenuta d'acqua inducendo una risposta infiammatoria locale ed inibiscono la migrazione dei batteri.^{1,11,17}

Quando non è possibile disporre immediatamente degli strumenti del commercio, si può realizzare un catetere da dialisi peritoneale d'emergenza partendo da deflussori o cateteri IV. È possibile utilizzare un tubo piatto in silicone con molteplici fenestrazioni (Silicon, Radiopaque Flat Drain Kit [Sil-Med Corporation] del tipo impiegato per il drenaggio mediante aspirazione chiusa delle ferite. L'inserimento di questo drenaggio piatto in silicone può essere facilitato dall'impiego di un mandrino sterile o di un paio di pinze sterili per guidarne l'estremità distale in addome. In alternativa, è possibile impiegare un catetere endovenoso ad ago interno di grosso calibro (Angiocath [Becton Dickinson]). Bisogna praticare le fenestrazioni lungo l'estremità distale del catetere servendosi di una lama da bisturi sterile (Fig. 1). Questi cateteri da dialisi peritoneale improvvisati sono suscettibili di ostruzione da parte dell'omento, nel qual caso è necessario sostituirli.

INSERIMENTO DEL CATETERE

Prima di inserire il catetere, bisogna svuotare la vescica ed il colon del paziente. Inoltre, occorre effettuare un'anestesia preventiva con un'associazione di un narcotico e un tranquillante, come il butorfanolo (0,2-0,4 mg/kg IV, IM o SC) o l'idromorfone (0,1-0,4 mg/kg IV, IM o SC) e l'acepromazina maleato (0,1-0,2 mg/kg IV sino ad effetto), da abbinare ad un'anestesia locale, come quella con lidocaina (2 mg/kg infiltrati nell'area da operare), allo scopo di facilitare l'inserimento del catetere. Se è necessario un ulteriore contenimento, è possibile ricorrere ad un anestetico ad azione breve, come il propofolo (4-6 mg/kg IV). La scelta degli agenti da impiegare va basata sulla funzione



FIGURA 1 - È possibile realizzare un catetere da dialisi peritoneale praticando con una lama da bisturi delle fenestrazioni ellittiche in un catetere ad ago interno. I fori devono essere distanziati di almeno 2-3 mm e bisogna stare attenti ad evitare di lasciare margini taglienti che potrebbero impigliarsi nella parete corporea nel corso della rimozione. Durante questa procedura si devono indossare guanti sterili.

renale, cardiovascolare e respiratoria del paziente. Quest'ultimo deve essere sottoposto ad un'adeguata rianimazione volumetrica e monitorato prima e durante la somministrazione di analgesici ed anestetici.

Durante l'inserimento del catetere da dialisi peritoneale, è indispensabile utilizzare una tecnica asettica. Bisogna preparare chirurgicamente e delimitare con teli sterili la parte ventrale dell'addome. Il personale che effettua l'inserimento del catetere deve indossare camici, guanti, copricapo e maschere chirurgiche sterili. L'animale va posto in decubito dorsale per consentire alla milza e agli altri organi addominali di allontanarsi dalla parte ventrale dell'addome, riducendo il rischio di perforazione durante l'inserimento del catetere. Attraverso la cute, 1-2 cm caudalmente all'ombelico ed a 1-2 cm di distanza dalla linea mediana per evitare il grasso falciforme, si pratica un'incisione delle stesse dimensioni del diametro del catetere. I muscoli addominali devono essere attraversati con un foro non più grande del diametro del tubo impiegato, per ridurre al minimo la fuoriuscita di materiale e la contaminazione. Il catetere peritoneale va inserito con la punta diretta verso l'ingresso del bacino, al di sotto della muscolatura addominale, utilizzando una tecnica percutanea alla cieca o una laparoscopia con invasività minima.

L'inserimento laparoscopico del catetere consente al clinico di visualizzare l'operazione, prelevare biopsie, lacerare aderenze e, in caso di necessità, eseguire una parziale omentectomia.^{2,17} Quest'ultima, praticata sotto controllo laparoscopico attraverso una piccola incisione addominale, può eliminare una delle principali cause di ostruzione del catetere. Una volta terminata la procedura laparoscopica, durante la chiusura della breccia nel punto di penetrazione del tre quarti e in corrispondenza di ogni eventuale incisione addominale è necessario stare attenti ad ottenere una buona apposizione della parete per evitare la fuoriuscita del dialisato.

Prima di fissare il catetere, è importante assicurarsi che tutte le fenestrazioni si trovino all'interno dello spazio peri-

toneale, per prevenire le complicazioni derivanti dalla diffusione del dialisato a livello sottocutaneo. Il catetere va fissato alla cute ed ai muscoli addominali con opportuni punti di sutura (Fig. 2). Al di sopra del punto di penetrazione bisogna applicare una pomata antibiotica sterile ed una garza sterile seguita da un bendaggio addominale, anch'esso sterile. Se si prevede una fuoriuscita di materiale, è possibile disporre anche dei tamponi da laparotomia sterili per assorbire i fluidi e al tempo stesso fornire un mezzo per misurare le perdite dei fluidi stessi attraverso la determinazione del peso dei tamponi durante la loro sostituzione.

Se in addome è già presente un fluido, prima di dare inizio alla procedura di scambio bisogna drenarlo e prelevare dei campioni da destinare alle opportune analisi, nonché alla valutazione citologica ed alle prove colturali per la ricerca di batteri.

PROCEDURA DI SCAMBIO

Alla sacca del dialisato si deve raccordare un set da infusione endovenosa che va connesso al catetere da dialisi peritoneale utilizzando un deflussore ed una valvola a tre vie. La terza porta di quest'ultima deve essere collegata al sistema di raccolta del liquido di recupero (Fig. 3). Tutte le connessioni di questo sistema chiuso di dialisi peritoneale vanno coperte con tamponi di garza sterile impregnati di una soluzione di polivinilpirrolidone iodio, per ridurre il rischio di contaminazione batterica. Prima dell'infusione, il dialisato va quindi riscaldato sino alla normale temperatura corporea.

Il riscaldamento del fluido può essere effettuato con diversi metodi. Un apposito apparecchio commerciale automatizzato controlla la temperatura del dialisato ed effettua il monitoraggio della quantità instillata e drenata dall'addome. Quando non è possibile disporre di questa apparecchiatura, il dialisato può essere riscaldato inizialmente in un incubatoio o in un fornello a microonde ed il calore può essere mantenuto avvolgendo un cuscinetto termico intorno alla sacca del dialisato. Per i clinici può essere opportuno

prendere in considerazione la possibilità di riscaldare il fluido prima di iniziare l'inserimento del catetere, in modo da consentire un adeguato periodo di riscaldamento. Il deflussore può essere riscaldato utilizzando un fluido più caldo o facendolo passare attraverso l'acqua calda. Tuttavia, se l'infusione viene effettuata rapidamente può darsi che con il solo riscaldamento del deflussore non si riesca ad ottenere un adeguato aumento di temperatura del dialisato. Queste tecniche modificate del riscaldamento del dialisato rendono difficile monitorare l'esatta temperatura del fluido. È importante tenere sotto controllo la temperatura rettale del paziente e rilevare ogni eventuale segno di disagio durante l'instillazione. L'introduzione di un dialisato a temperature superiori o inferiori a quella corporea normale deve essere considerata una potenziale causa di disagio per il paziente.

Prima di ogni infusione, bisogna lasciar defluire nella sacca di raccolta una piccola quantità di fluido dalla sacca del dialisato, in modo da consentire il lavaggio di ogni eventuale contaminante che possa essere presente nella linea di deflusso. Il primo scambio dialitico deve iniziare con l'introduzione di 10-20 ml/kg di dialisato riscaldato nello spazio peritoneale. Durante i primi scambi può essere necessario il contenimento farmacologico. Il dialisato deve essere lasciato defluire in addome per gravità e non infuso sotto pressione. Una volta effettuata l'introduzione, bisogna chiudere la valvola a tre vie in prossimità del catetere peritoneale ed avviare un timer regolato per il tempo di permanenza desiderato (in media, 45 minuti). Dopo i primi scambi, il volume del dialisato infuso va regolato in

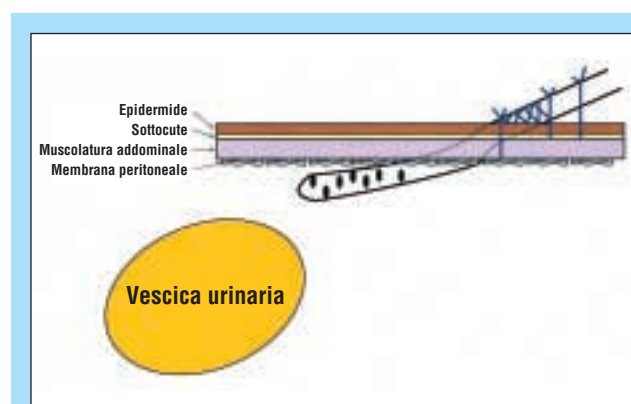


FIGURA 2 - Prima di immobilizzare il catetere in posizione, è necessario assicurarsi che tutte le sue fenestrazioni si trovino all'interno della cavità addominale. Il catetere va fissato alla muscolatura della parete addominale in corrispondenza della sua fuoriuscita realizzando dei nodi antiscivolo a livello delle estremità distali e prossimali, in modo da impedire lo slittamento della sutura. Un ulteriore punto va applicato sulla cute cranialmente alla sede del catetere per ridurre la tensione nel punto di uscita.

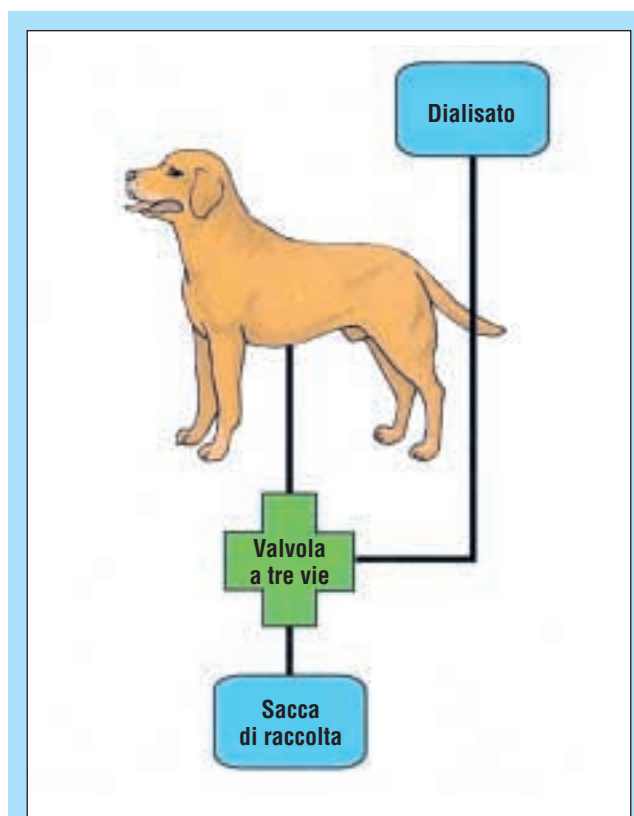


FIGURA 3 - Durante l'infusione del dialisato, la valvola a tre vie va aperta in modo da mettere in comunicazione il deflussore del dialisato con il catetere da dialisi peritoneale. Al termine del tempo di permanenza, la valvola va chiusa in direzione del deflussore del dialisato ed aperta fra il catetere da dialisi peritoneale e la sacca di raccolta.

modo da assicurare il completo riempimento dello spazio peritoneale, senza causare tensione della parete addominale o del diaframma.

Al termine del tempo di permanenza, il fluido peritoneale deve essere lasciato drenare sino a che il flusso non rallenta o non si arresta. La durata di questo drenaggio è tipicamente di 15 minuti. Una volta terminata questa operazione, si avvia un nuovo processo di scambio. Per tutto il ciclo della dialisi peritoneale, è necessario rispettare dettagliate regole di assistenza infermieristica, allo scopo di mantenere a proprio agio il paziente e minimizzare il rischio di infezione.

REGOLE DI ASSISTENZA INFERMIERISTICA

Tutto il personale infermieristico e medico che si occupa del paziente deve essere ben cosciente del fatto che questo va tenuto in un ambiente pulito prestando una rigorosa attenzione alla tecnica asettica. Tutto il personale deve lavarsi le mani ed indossare dei guanti prima di trattare il paziente o toccare le linee di deflusso. Se si utilizzano flaconi multidose, prima di prelevare campioni e somministrare sostanze farmacologiche bisogna ripulite con una soluzione di polivinilpirrolidone iodio il tappo perforabile del flacone impegnato ed il deflussore IV. I deflussori devono essere sostituiti con tecnica asettica ogni 24 ore.

Il bendaggio addominale va controllato ogni 4 ore per rilevare eventuali segni di fuoriuscita di liquidi e sostituito almeno una volta al giorno e ogni volta che si verificano delle contaminazioni. Bisogna esaminare il punto di penetrazione del catetere per rilevare segni di arrossamento, tumefazione o scolo ed applicarvi una pomata antibiotica ogni volta che si sostituisce il bendaggio. Almeno una volta al giorno, e con maggiore frequenza se si sospetta una peritonite, si deve effettuare l'esame citologico del fluido addominale.

È necessario tenere delle registrazioni accurate, riportando l'entità del dialisato introdotto in addome e del fluido drenato ad ogni scambio. Durante i primi 3 o 4 cicli, è normale che il volume di drenaggio sia inferiore a quello infuso. Successivamente, la quantità drenata dall'addome deve essere almeno pari al 90% di quella introdotta.¹⁸ Se i volumi di infusione o di drenaggio sono inferiori al previsto, è necessario effettuare le opportune indagini per identificare il problema (Tab. 1). Quando si sta utilizzando un dialisato ipertonico per trattare un edema o un sovraccarico di fluidi, si prevede che il volume di liquido rimosso sia superiore a quello infuso nei primi tre o quattro scambi.

COMPLICAZIONI

Le complicazioni della dialisi peritoneale possono essere metaboliche o meccaniche (Tabb. 1 e 2). La "regola del 20" [una lista di 20 parametri da esaminare 1-2 volte al giorno nei pazienti in condizioni gravi; N.d.T.] per il monitoraggio dei pazienti in condizioni critiche fornisce un metodo per una valutazione organizzata e sistematica.¹⁹ Le più comuni complicazioni descritte nei cani e nei gatti sottoposti a dialisi peritoneale sono rappresentate da ipoalbuminemia, ritenzione del dialisato, complicazioni a livello

del catetere, peritonite e squilibri elettrolitici.²⁰

Per ridurre al minimo il disagio durante gli scambi, si raccomanda la somministrazione di analgesici. Il dialisato deve essere riscaldato sino ad una temperatura prossima a quella corporea e si deve utilizzare una soluzione tampone. Quando si aggiunge il destrosio ad un dialisato commerciale, il pH di quest'ultimo deve restare moderatamente acido per prevenire la caramellizzazione del destrosio. Il pH acido del dialisato può causare disagio all'animale durante l'infusione. Per ridurre al minimo questo problema, è stata suggerita l'aggiunta al fluido del 7,5% di bicarbonato di sodio (5 ml/l), come tampone.^{10,11} Nel caso che il disagio dovesse persistere, può essere necessario riposizionare il catetere da dialisi peritoneale.

I problemi riferibili alla procedura sono rappresentati da riduzione del volume di drenaggio del dialisato, rallentamento del drenaggio di reflusso, rallentamento del flusso in entrata del dialisato, rottura di un organo cavo, diminuzione della produzione di urina e peritonite. Per trovare e correggere i problemi scatenanti, è necessario adottare un approccio sistematico (Tab. 2).

La peritonite viene sospettata nei casi in cui sono presenti disagio addominale continuo, febbre o torbidità del fluido di drenaggio. Inoltre, il paziente può sviluppare un aumento o diminuzione del numero dei leucociti e/o uno spostamento a sinistra. Il dialisato deve essere sottoposto ad esame microscopico per la ricerca di batteri intracellulari. Si può formulare una diagnosi di peritonite se i campioni di fluido contengono più di 100 cellule/ μ l o se il 50% della popolazione cellulare è costituito da neutrofili.^{1,2,15,16,21}

CESSAZIONE DELLA DIALISI PERITONEALE

La dialisi peritoneale va cessata quando la concentrazione sierica della sostanza tossica endogena o esogena è al di sotto dei limiti tossici e/o si è ottenuta la stabilizzazione della temperatura corporea interna. Se non è possibile effettuare la misurazione dei livelli sierici della sostanza tossica, si deve utilizzare l'emivita della stessa per stimare i tempi di *clearance*. Occorre anche tenere presenti le caratteristiche farmacocinetiche e la distribuzione del composto tossico, perché alcuni di questi vengono rilasciati dalle riserve adipose dopo la cessazione della dialisi.

Il paziente va monitorato per rilevare l'insorgenza di segni clinici riferibili alla sostanza tossica ed il catetere peritoneale va lasciato in sede per almeno 24 ore dopo la sospensione della dialisi, nell'eventualità che questa dovesse essere ripresa. Quando il paziente si stabilizza, il catetere da dialisi peritoneale può essere rimosso. È necessario praticare un'analgesia iniettabile o locale e tagliare i punti di fissazione. Dopo aver delicatamente sfilato il catetere da dialisi peritoneale, sul punto di penetrazione si applica un bendaggio con una pomata antibiotica sterile. La breccia va lasciata guarire per seconda intenzione.

IMPIEGO CLINICO

La dialisi peritoneale può essere utilizzata come tecnica aggiuntiva nel trattamento di numerose intossicazioni e disturbi metabolici.^{2,6,7,10,20,22-24} La frequenza degli scambi ed

il gradiente di concentrazione fra siero e dialisato determinano la rapidità con cui la sostanza viene rimossa dal sangue. In presenza di composti tossici e caratterizzati da ef-

fetti più gravi o potenzialmente letali, è auspicabile una velocità di *clearance* più elevata (ad es., grave iperkalemia, glicol etilenico). Per una rapida rimozione di soluti o ac-

Tabella 1
Cause meccaniche e trattamento delle complicazioni metaboliche della dialisi peritoneale

<i>Complicazioni</i>	<i>Cause</i>	<i>Trattamento</i>
Anomalo tempo di flusso del dialisato^a		
Flusso in entrata normale, flusso in uscita normale, volume di drenaggio ridotto (situazione prevista nei primi 4-6 scambi)	Riassorbimento dei fluidi (siero iperosmolare rispetto al dialisato, ipovolemia, disidratazione) Perdite di fluido (scarsa tenuta della chiusura a livello della sede del catetere da dialisi peritoneale) Compartimentalizzazione	Calcolare e ripristinare il deficit di fluidi Pesare il volume di fluidi nel bendaggio Assicurare la chiusura ermetica nel punto di penetrazione del catetere Regolare la concentrazione di destrosio nel dialisato Continuare la dialisi a meno che non insorga una difficoltà respiratoria
Flusso in entrata normale, flusso in uscita rallentato, volume del drenaggio variabile	Ostruzione del catetere o della linea di deflusso (omento, fibrina, piegatura, organi addominali, colon colmo di feci) Compartimentalizzazione	Lavaggio forzato del catetere peritoneale con soluzione fisiologica sterile Aggiungere eparina al dialisato; riposizionare il catetere Rimpiazzare il catetere ed eseguire un'omentectomia Somministrare lassativi/clismi
Flusso in entrata lento, nessun flusso in uscita	Ostruzione del catetere (rivestimento fibroso, piegatura, tappi nel lume, tappo omentale)	Aggiungere eparina al dialisato; riposizionare il catetere Lavaggio forzato del catetere peritoneale con soluzione fisiologica sterile Rimuovere e/o rimpiazzare il catetere
Perforazione intestinale	Iatrogena (durante l'inserimento del catetere) Patologia sottostante	Aumentare la frequenza degli scambi per facilitare il lavaggio peritoneale Eseguire l'esplorazione e riparazione chirurgica Trattare per la peritonite (vedi oltre)
Perforazione della vescica	Iatrogena (durante l'inserimento del catetere) Ostruzione del deflusso urinario Patologia sottostante	Eseguire l'esplorazione e riparazione chirurgica Trattare per la peritonite (vedi oltre)
Diminuzione della produzione di urina (si può avere durante i primi 4-6 scambi ^b)	Metabolica (ipotensione, ipovolemia, disidratazione, insufficienza renale oligurica/anurica) Ostruzione del deflusso urinario Perforazione della vescica	Inserire un catetere urinario e quantificare la produzione di urina Se il catetere urinario è in posizione, assicurarsi che i morsetti lungo la linea di deflusso siano aperti; calcolare e ripristinare il deficit di fluido Trattare la patologia primaria; eseguire la riparazione chirurgica
Peritonite	Iatrogena (perdita di asepsi della tecnica, perforazione degli organi cavi) Patologia sottostante	Somministrazione di antibiotici sistemici • Cefalosporine di prima generazione/aminoglicosidi per i batteri Gram-positivi/Gram-negativi • Somministrazione di metronidazolo per i batteri anaerobi Rivalutare in funzione degli esami colturali/antibiogrammi Diminuire il tempo di permanenza; aumentare la frequenza degli scambi Aumentare l'eparina nel dialisato; aggiungere antibiotici al dialisato (nella stessa concentrazione desiderata nel plasma) Sostituire il catetere peritoneale se il suo punto di penetrazione è infetto o se l'infezione non risponde al trattamento dopo 24 ore Considerare il ricorso alla chirurgia esplorativa se si è verificata la rottura di un organo cavo o se non è possibile risolvere l'infezione

^a In presenza di qualsiasi anomalia del tempo di flusso del dialisato, bisogna esaminare il catetere alla ricerca di piegature ed ostruzioni ed aprire tutti i morsetti lungo la linea di deflusso

^b Uno degli autori (R. K.) ha rilevato nella propria esperienza una diminuzione della produzione di urina entro i primi 4-6 scambi.

CASO CLINICO

Spot è un cane meticcio di 5 mesi di età e 6 kg di peso che ha ingerito glicol etilenico più di 12 ore prima di essere portato alla visita. Nel corso dell'esame clinico, il cane si presentava in stato stuporoso, con temperatura rettale di 36,7°C, frequenza cardiaca di 160 battiti al minuto e respirazione superficiale con una frequenza di 36 atti/minuto. I dati di laboratorio determinati prima del trattamento rivelavano iperglicemia, iperfosfatemia, ipernatremia ed iperosmolalità. È stato calcolato un gap osmolare di 304 mOsm/kg. L'analisi dei gas presenti nel sangue arterioso ha evidenziato una grave acidosi respiratoria. L'esame delle urine ha fatto riscontrare un peso specifico di 1,016, una concentrazione di glucosio di 100 mg/dl, l'occasionale presenza di cilindri granulari e l'assenza di cristalli.

Il cane è stato intubato e sottoposto a ventilazione manuale fino ad ottenere il miglioramento del volume tidale e la risoluzione dell'acidosi respiratoria. Nell'arco di 15 minuti, è stata somministrata una dose di carico IV di 0,6 g/kg di etanolo al 7% in soluzione di NaCl allo 0,45%. È stata poi infusa una soluzione di etanolo al 7% alla velocità costante di 100 mg/kg/ora in aggiunta ad una soluzione elettrolitica bilanciata per il mantenimento del volume intravascolare. Il paziente è stato trattato con molteplici vitamine del gruppo B, come una fonte di piridossina e tiamina, cofattori della via metabolica che trasforma il glicol etilenico in sostanze meno tossiche, glicina ed α -idrossi- β -chetoadipato (vedi Figura).

La dialisi peritoneale è stata iniziata utilizzando un dialisato all'1,5% di destrosio contenente 250 U/l di eparina. Il dialisato riscaldato è stato infuso alla dose di 20 ml/kg all'ora con un periodo di permanenza di 45 minuti ed un tempo

di drenaggio di 15 minuti. La dose di etanolo IV è stata raddoppiata durante la dialisi peritoneale.

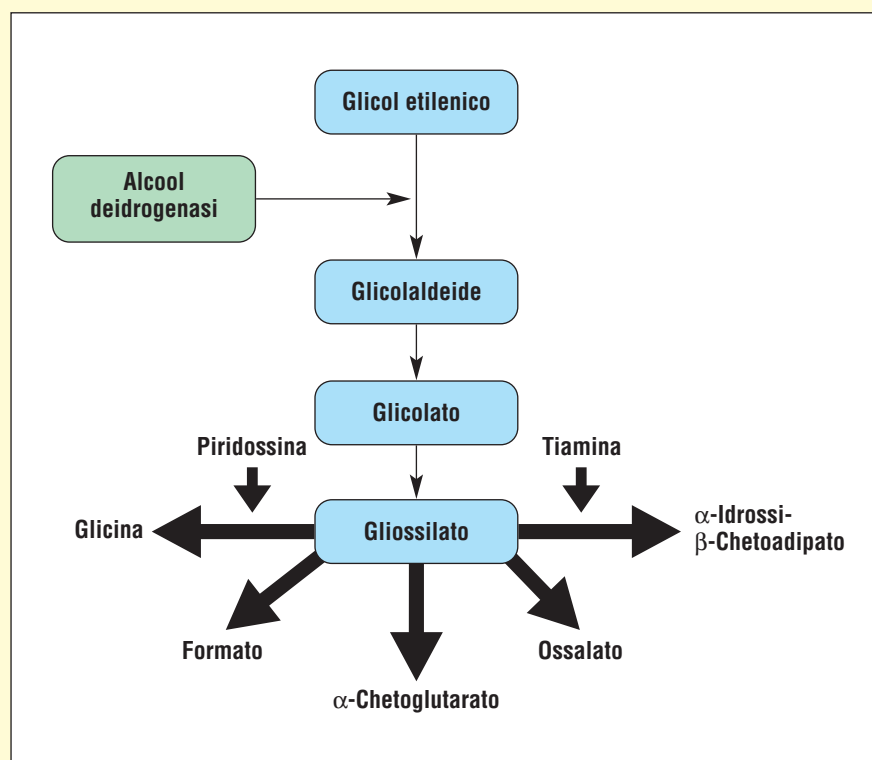
A fini di ricerca, è stata effettuata la misurazione delle concentrazioni di glicol etilenico nel plasma e nel dialisato, utilizzando un metodo di reazione enzimatica (University of Pennsylvania Health Systems; vedi Tabella). Dieci ore dopo il ricovero i parametri renali erano normali. Dopo 24 ore, la dialisi peritoneale è stata sospesa mentre la somministrazione di etanolo IV è stata continuata alla dose di 100 mg/kg/ora. A questo punto, il cane si presentava mentalmente vigile ed in grado di mangiare volontariamente. La somministrazione della soluzione elettrolitica bilanciata, delle vitamine del gruppo B e della soluzione di etanolo è stata continuata per 10 ore dopo la sospensione della dialisi, mentre il glicol etilenico veniva rilasciato dalle riserve adipose. Al terzo giorno, l'acidemia si era risolta ed i livelli sierici di creatinina erano normali. La fluidoterapia IV venne gradualmente ridotta ed il cane fu dimesso al quinto giorno, mantenendo il normale livello sierico di creatinina con l'idratazione per via orale.

Questo caso illustra come la combinazione dell'inibizione con etanolo del metabolismo del glicol etilenico e la rimozione del composto tossico (e molto probabilmente dei suoi metaboliti) mediante dialisi peritoneale abbia determinato il rapido allontanamento della sostanza dal sangue ed abbia consentito di prevenire l'insufficienza renale. In quindici cani da esperimento ai quali erano stati fatti assumere con il cibo 9,5 ml/kg di glicol etilenico, a distanza di tre ore dalla somministrazione è stata riscontrata una concentrazione ematica di picco di 931 mg/dl, rivelatasi fatale.²⁵ La concentrazione ematica iniziale di questo cane era di 2253 mg/dl almeno 12 ore

dopo l'ingestione. Nel dialisato in questo cane, è stata calcolata una *clearance* plasmatica per il glicol etilenico di 2,66 ml/min. L'esperienza di uno degli autori (R. K.) ha dimostrato che l'impiego di una concentrazione più elevata di destrosio nel dialisato ha portato ad una più rapida velocità di *clearance* in pazienti trattati con un protocollo simile.

È stato riferito che, in assenza di terapia, l'emivita del glicol etilenico nel siero è di 3 ore nell'uomo e di 6-16 ore nel cane, esitando in un'insufficienza renale fatale.²⁶⁻²⁸ Quando viene effettuato il trattamento con etanolo, nell'uomo l'emivita aumenta sino a 17 ore.²⁸ Sempre nell'uomo, quando viene instaurata una terapia con emodialisi e somministrazione di etanolo, l'emivita è di 2,5 ore ed il glicol etilenico viene rimosso immutato dall'organismo.²⁸ Nel caso in esame, l'emivita del glicol etilenico con la terapia con etanolo e dialisi peritoneale è stata di circa 5 ore ed ha consentito di prevenire l'insufficienza renale.

Segue



Il metabolismo del glicol etilenico. La somministrazione di piridossina e tiamina lo sposta in direzione di metaboliti meno tossici.

CASO CLINICO - Seguito

Valori di laboratorio e confronto dei livelli di glicol etilenico (mg/dl) nel siero e nel dialisato a vari intervalli di tempo dopo l'inizio della diagnosi

Parametri	Normale	Iniziale	4 Ore	8 Ore	10 Ore	12 Ore	24 Ore	29 Ore
Sodio (mEq/l)	146-156	177		164	166		152	
Potassio (mEq/l)	3,9-5,5	4,5		3,8	3,6		4,3	
Cloro (mEq/l)	113-123			123				
Gap anionico	9-22			30				
Osmolalità sierica	302-325	685		475				
Calcio (mg/dl)	9,0-11,9	11,3			11,4			
Fosfato (mg/dl)	1,9-7,9	11,0			9,7			
Azotemia (mg/dl)	7-32	24			23			
Cromo (mg/dl)	0,5-1,4	0,7			0,5		1,1	
ALT (U/l)	10-94	33			55			
Glucosio (mg/dl)	53-117	209			153			
Hct/ST (%/g/dl)	43,3-59,3/ 5,3-7,6	40/7,6						
pH	7,34-7,46	6,981	7,248	7,160				7,321
pCO ₂ (mm Hg)	32-49	66,7	66,7	39,4				29,7
pO ₂ (mm Hg)	24-48	42,2	42,2	422,9				113
Bicarbonato (mEq/l)	20-29	16,01	16,3	14				15,1
Livelli di glicol etilenico nel siero (mg/dl)	0	2,253	930			403	79	50
Livelli di glicol etilenico nel dialisato (mg/dl)	0	0	557	401		284		

ALT = alanina aminotransferasi; pCO₂ = pressione parziale di biossido di carbonio; Hct = ematocrito; pO₂ = pressione parziale di ossigeno; ST = solidi totali.

qua dal sangue sono generalmente necessari scambi ad intervalli orari.

Quando una rapida *clearance* può indurre la comparsa di complicazioni, è necessario diminuire la frequenza dello scambio ed il gradiente di concentrazione del destrosio. Ad esempio, se si utilizza la dialisi peritoneale in presenza di una grave ipernatremia (= 175 mEq/l) gli scambi sono meno frequenti utilizzando una concentrazione di destrosio nel dialisato simile a quella del plasma. Le correzioni nella frequenza degli scambi e nella concentrazione di destrosio sono finalizzate a minimizzare la perdita d'acqua nel dialisato ed a prevenire il rapido assorbimento della stessa dal dialisato nel plasma. Per correggere l'ipernatremia, la concentrazione plasmatica di sodio va abbassata soltanto di 1-2 mEq/ora per minimizzare le complicazioni neurologiche associate ai rapidi spostamenti osmotici.

Prima della dialisi peritoneale, è necessario prendere in considerazione la farmacocinetica di qualsiasi antidoto, antibiotico o altro farmaco somministrato. È possibile che questi agenti siano rimossi dal sangue mediante dialisi, richiedendo una correzione del dosaggio IV durante la dialisi peritoneale, o la loro aggiunta al dialisato per prevenirne la rimozione. Ad esempio, quando si utilizza la dialisi peritoneale per il trattamento dell'intossicazione da glicol

etilenico, la dose di etanolo IV va raddoppiata per raggiungere le concentrazioni terapeutiche nel sangue, perché l'etanolo passa nel dialisato. Inoltre, una volta sospesa la dialisi peritoneale, l'infusione di etanolo va continuata ai normali dosaggi consigliati, per competere con il glicol etilenico rilasciato dalle riserve adipose.

La dialisi peritoneale può essere utilizzata per stabilizzare gli animali con sovraccarico di fluidi, iperazotemia, iperkalemia, acidosi ed iperfosfatemia causata da insufficienza renale oligurica. Gli scambi possono essere effettuati ad intervalli orari nella fase iniziale se il sovraccarico di fluido e l'iperkalemia sono potenzialmente letali.² Man mano che i segni clinici e le concentrazioni sieriche migliorano, la frequenza degli scambi può essere ridotta a 2-4 ore. La dialisi peritoneale può essere particolarmente utile per la stabilizzazione del paziente quando sia stato iniziato il trattamento definitivo della causa primaria dell'insufficienza renale. Quando la dialisi peritoneale viene instaurata in previsione di un trapianto renale, è necessario attenersi rigorosamente alla tecnica asettica, perché in questi animali immunocompromessi esiste un aumento del rischio di complicazioni e infezioni.

La dialisi peritoneale può essere utilizzata per correggere ad una velocità controllata gli estremi potenzial-

Tabella 2
Cause e trattamento delle complicazioni metaboliche della dialisi peritoneale^a

<i>Complicazioni</i>	<i>Cause</i>	<i>Trattamento</i>
Ipovolemia	Spostamento di fluidi (aumento della permeabilità capillare, diminuzione della pressione colloidosmotica, elevata concentrazione di destrosio nel dialisato); inadeguata somministrazione di fluido; aumento della perdita di fluido (vomito, diarrea, febbre, diuresi)	Ripristinare il volume intravascolare utilizzando una combinazione di fluidi cristalloidi e colloidi; regolare la velocità di infusione del volume IV in modo da mantenere la pressione venosa centrale a valori compresi fra 5 ed 8 cm H ₂ O e la pressione arteriosa media > 80 mm Hg; valutare il contenuto di destrosio nel dialisato e modificarlo se necessario; valutare l'eventuale presenza di sepsi o peritonite
Disidratazione	Spostamenti di fluidi (aumento della permeabilità capillare, elevata concentrazione di destrosio nel dialisato); inadeguata somministrazione di fluidi; aumento delle perdite di fluidi (vomito, diarrea, febbre, diuresi)	Calcolare il deficit di fluidi e ripristinarlo con cristalloidi isotonici; valutare il contenuto di destrosio nel dialisato e modificare se necessario
Ipernatremia	Aumento della concentrazione di sodio (dialisato, fluidi IV); perdite idriche prive di soluti	Diminuire la concentrazione di sodio nel dialisato; una volta che il paziente è stato riperso e reidratato, calcolare il deficit di acqua priva di soluti e ripristinarlo nell'arco di 12-24 ore
Ipokalemia	Perdita nel dialisato; mancanza di assunzione nutrizionale; alcalosi metabolica	Integrare con potassio i fluidi IV; integrare con potassio il dialisato (3,5-4,5 mEq/l); garantire un adeguato supporto nutrizionale; correggere l'alcalosi
Iperglicemia	Assorbimento dal dialisato; carenza/resistenza insulinica	Diminuire la concentrazione di destrosio nel dialisato; somministrare una bassa dose di insulina amorfa ^b
Ipomagnesemia	Perdita nel dialisato; mancata assunzione con la nutrizione	Somministrare un'integrazione con magnesio IV (solfato di magnesio 50%, 0,75-1,0 mEq/kg/die a velocità di infusione costante in destrosio al 5%); garantire un adeguato supporto nutrizionale
Ipoalbuminemia	Perdita nel dialisato; aumento della permeabilità capillare	Somministrare colloid; effettuare la trasfusione di plasma per mantenere i livelli di albumina > 2,0 g/dl; valutare l'eventuale presenza di sepsi o peritonite

^a Complicazioni non correlate alla malattia o al problema primari.

^b Questa misura deve essere attuata con estrema cautela solo dopo aver eliminato il destrosio dal dialisato.

mente letali della temperatura corporea interna. La composizione del dialisato viene basata sulle concentrazioni sieriche di sodio, potassio e destrosio, nel tentativo di evitare rapidi spostamenti fra il sangue ed il fluido introdotto. È possibile utilizzare una soluzione elettrolitica bilanciata e tamponata senza destrosio ed integrata per avvicinarsi alle concentrazioni plasmatiche di elettroliti. Il dialisato può essere a temperatura ambiente quando viene utilizzato per trattare i pazienti con colpo di calore oppure riscaldato a 37,8-38,9°C per i soggetti con grave ipotermia. Inizialmente, la temperatura del peritoneo si pone rapidamente in equilibrio con quella del dialisato, per cui è necessario un tempo di permanenza più breve di quello raccomandato per la rimozione delle sostanze tossiche.

CONCLUSIONI

In medicina veterinaria, la dialisi peritoneale è stata tipicamente riservata al trattamento degli animali oligurici

con insufficienza renale acuta. Esistono altre indicazioni cliniche per il suo impiego potenzialmente in grado di salvare la vita dei pazienti, come il trattamento di iperkalemia, ipernatremia o altre anomalie elettrolitiche, oltre che per la correzione del sovraccarico di fluido, ipertermia/ipotermia ed intossicazioni (ad es., glicol etilico). La comprensione dei processi fisiologici necessari per una dialisi peritoneale efficace consente ai clinici di adattare la composizione del dialisato e la sua procedura di infusione alle necessità di ogni specifico paziente, aumentando così le probabilità di successo della terapia. I cateteri ed i dialisati ideali sono quelli reperibili in commercio, tuttavia è possibile improvvisare un catetere peritoneale di base partendo dai materiali presenti nella maggior parte delle cliniche veterinarie e si può realizzare un dialisato con fluidi contenenti destrosio e cristalloidi quando i prodotti commerciali non sono facilmente disponibili. Ciò consente di instaurare rapidamente una dialisi peritoneale nei casi in cui è necessario per stabilizzare i pazienti affetti da condizioni patologiche potenzialmente letali.

Bibliografia

1. Cowgill LD: Application of peritoneal dialysis and hemodialysis in the management of renal failure, in Osborne CA, Finco DR (eds): *Canine and Feline Nephrology and Urology*. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 1995, pp 573-596.
2. Labato MA: Peritoneal dialysis in emergency and critical care medicine. *Clin Tech Small Anim Pract* 15(3):120-135, 2000.
3. Schoenfeld P: Care of the patient on peritoneal dialysis, in Cogan MG, Schoenfeld P (eds): *Introduction to Dialysis*, ed 2. New York, Churchill Livingstone, 1991, pp 181-237.
4. Sorkin MI: Peritoneal physiology, in Van Stone JC (ed): *Dialysis and the Treatment of Renal Insufficiency*. New York, Grune and Stratton, 1983, pp 165-178.
5. Arfeen S, Khanna R, Nolph K: Ultrafiltration and sclerosing peritonitis, in Nissenson AR, Fine RN (eds): *Dialysis Therapy*, ed 2. St. Louis, Hanley & Belfus, 1993, pp 176-180.
6. Grauer GF: Peritoneal dialysis, in Morgan RV (ed): *Handbook of Small Animal Practice*, ed 3. Philadelphia, WB Saunders, 1997, pp 516-519.
7. Lane IF, Carter LJ, Lappin MR: Peritoneal dialysis: An update on methods and usefulness, in Kirk RW (ed): *Current Veterinary Therapy XI*. Philadelphia, WB Saunders, 1992, pp 865-869.
8. Lindholm B, Bergstrom J: Nutritional management of patients undergoing peritoneal dialysis, in Nolph KD (ed): *Peritoneal Dialysis*, ed 3. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 230-251.
9. Spinowitz B, Charytan C: Peritoneal dialysis: Intraabdominal pressure related complications, in Nissenson AR, Fine RN (eds): *Dialysis Therapy*, ed 2. New York, Hanley & Belfus, 1993, pp 187-188.
10. Rubin J: Comments on dialysis solution, antibiotic transport, poisonings, and novel uses of peritoneal dialysis, in Nolph KD (ed): *Peritoneal Dialysis*, ed 3. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 199-210.
11. Sorkin MI: Clinical aspects of peritoneal dialysis, in Van Stone JC (ed): *Dialysis and the Treatment of Renal Insufficiency*. New York, Grune and Stratton, 1983, pp 179-215.
12. Thornhill JA: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, in Kirk RW (ed): *Current Veterinary Therapy VIII: Small Animal Practice*. Philadelphia, WB Saunders, 1983, pp 1028-1033.
13. Lau TWL, Chertow GM, Own Jr WF: Dialysis therapy in the intensive care setting, in Irwin RS, Cerra RS, Rippe JM (eds): *Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine*, ed 4. Philadelphia, Raven Publishers, 1999, pp 1024-1050.
14. Sorkin MI: Peritoneal dialysis solutions, in Nissenson AR, Fine RN (eds): *Dialysis Therapy*, ed 2. New York, Hanley & Belfus, 1993, pp 156-159.
15. Vas SI: Peritonitis, in Nolph KD (ed): *Peritoneal Dialysis*, ed 3. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 261-288.
16. Carter LJ, Wingfield WE: Clinical experience with peritoneal dialysis in small animals. *Compend Contin Educ Pract Vet* 11(11):1335-1343, 1989.
17. Ash SR: Peritoneal access devices and placement techniques, in Nissenson AR, Fine RN (eds): *Dialysis Therapy*, ed 2. New York, Hanley & Belfus, 1993, pp 23-28.
18. Bovee KC: Peritoneal dialysis, hemodialysis, and prospects of renal transplantation. *Nephrology, urology, and diseases of the urinary tract*, no 61. *Proc Univ Sydney Post Graduate Committee Vet Sci*:299, 1982.
19. Kirby R: Septic shock, in Bonagura JD, Kirk RW (eds): *Current Veterinary Therapy XII Small Animal Practice*. Philadelphia, WB Saunders, 1995, pp 139-146.
20. Crisp SM, Chew DJ, DiBartola SP, Birchard SJ: Peritoneal dialysis in dogs and cats: 27 cases (1976-1987). *JAVMA* 195(9):1262-1266, 1989.
21. Thornhill JA: Peritonitis associated with peritoneal dialysis: Diagnosis and treatment. *JAVMA* 182(7):721-724, 1983.
22. Aweeka FT, Gambertiglio JG: Drug overdosage and pharmacologic considerations in dialysis, in Cogan MG, Schoenfeld P (eds): *Introduction to Dialysis*, ed 2. New York, Churchill Livingstone, 1991, pp 329-352.
23. Dydzban LA, Labato MA, Ross LA, Murtaugh RJ: Peritoneal dialysis: A tool in veterinary critical care. *J Vet Emerg Crit Care* 10(2):91-102, 2000.
24. Van Stone JC: Treatment of drug intoxications with dialysis and hemoperfusion, in Van Stone JC (ed): *Dialysis and the Treatment of Renal Insufficiency*. New York, Grune and Stratton, 1983, pp 271-284.
25. Grauer GF, Thrall MA, Henre BA, Grauer RM: Early clinicopathologic findings in dogs ingesting ethylene glycol. *Am J Vet Res* 45:2299-2303, 1984.
26. McChesney EW, Goldberg L, Parekh CK, et al: Reappraisal of the toxicology of ethylene glycol IV. The metabolism of labeled glycolic and glyoxalic acids in the rhesus monkey. *Food Cosmet Toxicol* 10:21-38, 1971.
27. Nunamaker DM, Medway W, Berg P: Treatment of ethylene glycol poisoning in the dog. *JAVMA* 159:310-313, 1971.
28. Peterson CD, Collins AJ, Himes JM, et al: Ethylene glycol poisoning. Pharmacokinetics during therapy with ethanol and hemodialysis. *N Engl J Med* 304:21-23, 1981.