

## Blutreinigungsverfahren an der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München

Seit 2011 werden an unserer Klinik verschiedene Verfahren der extrakorporalen Reinigung des Blutes durchgeführt. Das Prinzip besteht darin, das Blut aus dem Körper des Tieres zu leiten, über eine Maschine zu reinigen und dem Tier wieder zurückzuführen. Dies wird immer dann notwendig, wenn der Körper des Tieres es selbst nicht mehr schafft, sich von einem Schadstoff zu befreien. Dieser Schadstoff kann von außen kommen, wie zum Beispiel eine Vergiftung, oder auch von innen, wenn ein natürlich anfallendes Stoffwechselprodukt nicht mehr ausgeschieden werden kann. Je nach Größe und Eigenschaft des Schadstoffes wird ein anderes Verfahren notwendig:

### Hämodialyse:

**Prinzip:** Das Blut wird innerhalb der Maschine über eine feine Membran geleitet, auf deren anderer Seite die Dialysatflüssigkeit läuft. Die Schadstoffe aus dem Blut werden über Diffusion in das Dialysat geleitet. Da die Membran bei diesem Verfahren sehr fein ist, eignet sich die Hämodialyse vor allem zur Entfernung sehr kleiner Moleküle.

**Indikationen:** Eine Dialyse wird zum Beispiel bei der akuten Nierenerkrankung oder Nierenversagen angewendet. Die wird häufig durch Infektionserkrankungen wie Leptospirose ausgelöst. Andere Gründe sind Nierendurchblutungsstörungen durch vorangegangene Narkosen oder die Gabe von für Tiere nicht geeignete Medikamente wie Ibuprofen oder Aspirin. Andere Ursachen, die zu Nierenversagen führen können sind Vergiftungen mit Rosinen, Weintrauben, Lilien, Medikamenten, oder auch Frostschutzmittel (Ethylenglykol). Bei akuten Nierenerkrankungen ist die Funktion der Nieren hochgradig vermindert. Urinpflichtige Substanzen sammeln sich im Körper an, was zu einer lebensbedrohlichen Urämie führt.

Weitere Indikationen für eine Hämodialyse sind Vergiftungen mit Stoffen wie Schneckenkorn oder Medikamenten. Diese Stoffe sind sehr klein und können deswegen gut mithilfe der Dialyse aus dem Blut entfernt werden.

Für Tiere mit chronischen Nierenerkrankung ist die Dialyse nicht geeignet, da diese für den Rest ihres Lebens alle 2 bis 3 Tage an die Dialyse müssten.

**Voraussetzungen:** Bei akuten Nierenerkrankungen wird die Dialyse bei Kreatininwerten über 500  $\mu\text{mol/l}$  (5,6 mg/dl) durchgeführt. Die meisten Tiere sind bei geringeren Kreatininwerten noch mit konventionellen Therapiemethoden wie Infusionstherapie behandelbar. Falls die betroffenen Tiere keine Urinproduktion haben (Anurie) oder das Kalium sehr stark erhöht ist, muss die Dialyse möglichst zügig durchgeführt werden, um die betroffenen Tiere zu retten.

Mit unserer aktuellen Dialysemaschine können wir ohne größere Probleme Tiere ab einem Körpergewicht von 4 kg behandeln. Mit etwas mehr Aufwand sind auch Tiere ab 1,5 kg behandelbar. Unter diesem Körpergewicht ist eine Dialyse nur mit ausreichend Bluttransfusionen möglich.

Bei der Dialyse aufgrund von Vergiftungen sollte das Toxin klein genug und möglichst wasserlöslich sein. Hierfür komme Alkohol, Ethylenglycol, Lithium, Phenobarbital und Metaldehyd (Schneckenkorn) aber auch andere Toxine in Frage.

**Ablauf:** Für die Dialyse wird ein zentralvenöser Zugang (ZVK) benötigt. Während der Dialyse wird der Hund oder die Katze auf einer Decke auf einem Behandlungstisch platziert. Kleine Tiere werden zusätzlich gewärmt. Während der gesamten Dialyse wird eine Überwachung von Herzfrequenz, Atmung und Blutdruck durchgeführt.

Die Dauer und Häufigkeit der Dialysesitzungen richten sich nach der Ursache: Bei der akuten Nierenerkrankungen wird täglich dialysiert, später in zwei- oder drei Tagesabständen und je nach Zustand des Patienten. Je nach Ursache des Nierenversagens kann es nötig sein die Dialyse für mehrere Wochen durchzuführen. Bei vielen Ursachen der Nierenschädigung sieht man nach ca. 3 Wochen eine meist langsame Verbesserung. Bei Vergiftungen, bei denen man das Gift direkt mit der Dialyse entfernen kann, bevor es zum Nierenversagen kommt, reicht häufig eine intensive Dialysesitzung aus.

**Erfolgsaussichten:** Der Erfolg der Behandlung ist abhängig vom Zeitpunkt der Vorstellung, dem Status des Patienten und der zugrundeliegenden Ursache. Die Überlebensrate liegt bei Leptospirose z. B. bei 80%, bei Infektionen und Vergiftungen bei ca. 60%. Bei Vergiftungen mit Schneckenkorn können ca. 95% der Hunde wieder entlassen werden.

### **Plasmapherese:**

**Prinzip:** Das Blut des Patienten wird aus dem Körper geleitet und in seine verschiedenen Kompartimente aufgeteilt – in diesem Fall wird das sogenannte Plasma (welches die Blutproteine, Antikörper und Entzündungsmediatoren u.a. enthält) vom restlichen Blut abgetrennt, entfernt und danach durch neues Plasma ersetzt.

Da bei diesem Verfahren Proteine entfernt werden können, wird die Plasmapherese primär bei Toxinen verwendet, die proteingebunden im Körper vorliegen oder eine ähnliche Größe aufweisen. Zudem können Auto-Immunkomplexe, Entzündungsmediatoren oder Antikörper, welche gegen den eigenen Körper arbeiten, entfernt werden.

**Indikationen:** Je größer das Molekül, desto eher ist eine Plasmapherese indiziert (Im Gegensatz zur Dialyse). Einerseits zu betrachten sind endogene Stoffe wie Autoimmun-Antikörper, oder die zu starke Ausbildung von Entzündungsmediatoren, welche in diesem Moment die körpereigenen Zellen schädigen. Als Beispiele zu nennen sind Autoimmunerkrankungen wie die Immunmedierte-hämolytische Anämie, Lupus erythematosus, Pemphigus und Myasthenia gravis. Aber auch Infektionserkrankungen wie die Leishmaniose können eine Plasmapherese notwendig machen.

Andererseits gibt es Toxine, die sich innerhalb des Blutes an das größte Protein binden, das Albumin. Hierzu gehören unter anderem Medikamente wie die Nicht-Steroidale-Antiphlogistika (kurz NSAIDs oder Entzündungshemmer), welche überdosiert verabreicht worden sind. Vergiftungen mit Ibuprofen, Carprofen, Meloxicam sind die häufigsten Intoxikationen, welche nur mit der Plasmapherese entfernt werden können. Aber auch Vergiftungen mit kardialen Medikamenten (z. B. Digoxin) oder Chemotherapeutika (z.B. Cisplatin) sind bekannt und mit der Plasmapherese behandelbar.

**Voraussetzungen:** Für eine Plasmapherese muss eine sichere Diagnose der Intoxikation oder einer der oben genannten Grunderkrankungen vorliegen.

**Ablauf:** Für die Plasmapherese wird ein zentralvenöser Zugang (ZVK) benötigt. Während der Plasmapherese wird der Hund auf einer Decke auf einem Behandlungstisch platziert. Während der gesamten Plasmapherese, welche zwischen 1,5-3 Stunden andauert, wird eine

Überwachung von Herzfrequenz, Atmung und Blutdruck durchgeführt. In der Regel benötigt der Patient bei Vergiftungen nur eine Plasmapherese, bei Autoimmunerkrankungen eine oder nur wenige.

**Erfolgsaussichten:** Der Erfolg der Behandlung ist abhängig vom Zeitpunkt der Vorstellung, dem Status des Patienten und der zugrundeliegenden Ursache.

### **Immunadsorption:**

**Prinzip:** Die ersten Schritte der Immunadsorption gleichen jenen der Plasmapherese, das Blutplasma wird in der ersten Maschine vom restlichen Blut separiert. Danach wird das Plasma jedoch an eine zweite Maschine weitergeleitet und dort durch einen speziellen Adsorber von Antikörpern befreit. Das nun antikörperfreie Blut wird wieder zurück zum Patienten geleitet. Es ist damit kein Einsatz von Fremdplasma nötig.

**Indikationen:** Die Immunadsorption ist bei schweren Verläufen von Autoimmunerkrankungen in Betracht zu ziehen, wenn konventionelle Therapien nicht mehr greifen. Bei diesen Erkrankungen bildet das eigene Immunsystem Antikörper, die gegen den eigenen Körper arbeiten. Als Beispiele sind auch hier hämatologische Erkrankungen wie die immunmedierte hämolytische Anämie und die immunmedierte hämolytische Thrombozytopenie, aber auch dermatologische Erkrankungen wie Pemphigus foliaceus, kardiologische Erkrankung wie die dilatative Kardiomyopathie, als auch neurologische Erkrankungen wie Myasthenia gravis oder Polyradikuloneuritis und immunvermittelte Encephalopathien. Auch bei Infektionserkrankungen wie Leishmaniose sind Immunkomplexe für das Fortschreiten der Erkrankung verantwortlich. Durch die Immunadsorption werden somit die Immunreaktionen gebremst und die Krankheitssymptome vermindert. Eine Therapie der zugrundeliegenden Erkrankung muss parallel erfolgen.

**Voraussetzungen:** Eine Immunadsorption wird dann durchgeführt, wenn der Patient auf konventionelle Therapien bei oben genannten Erkrankungen nicht mehr anspricht. Bei unserer aktuellen Maschine ist ein Mindestgewicht von 15 kg des Hundes notwendig, da sonst die Kreislaufbelastung für das Tier zu groß ist.

**Ablauf:** Für die Immunadsorption wird ein zentralvenöser Zugang (ZVK) benötigt. Während der Immunadsorption wird der Hund auf einer Decke auf einem Behandlungstisch platziert. Während der gesamten Immunadsorption wird eine Überwachung von Herzfrequenz, Atmung und Blutdruck durchgeführt. In der Regel wird die Immunadsorption nur wenige Male (1 – 4 Mal) durchgeführt.

**Erfolgsaussichten:** Der Erfolg der Behandlung ist abhängig vom Zeitpunkt der Vorstellung, dem Status des Patienten und der zugrundeliegenden Ursache.

### **Hämoperfusion/Cytosob® Therapie:**

Eine weitere, völlig neue Therapieform ist die Hämoperfusion mit dem Cytosoba® Adsorber. Dieser entfernt Entzündungsmediatoren aus dem Blutkreislauf. Daher wird diese Therapieform bei Patienten mit schwerer Sepsis (Blutvergiftung) eingesetzt. In der Humanmedizin wird diese Therapie erfolgreich bei COVID19 Patienten verwendet. Neben den Entzündungsmediatoren könne auch verschiedene Giftstoffe eliminiert werden. Dazu zählen auch Giftstoffe die beim Leberversagen entstehen. Die Liste der mit der Cytosoba Therapie entfernbaren Giftstoff ist bereits recht lang und permanent kommen neue Giftstoffe dazu.

Die meisten Tiere die ein Blutreinigungsverfahren benötigen sind schwer krank und müssen daher auf der Intensivstation behandelt werden. Der Aufenthalt auf der Intensivstation und die weiteren notwendigen Laborkontrollen, Medikamente und Untersuchungen sind sehr kostenintensive Maßnahmen. Die anfallenden

Behandlungskosten sowie der aktuelle Kostenstand werden daher selbstverständlich täglich mit dem Besitzer der erkrankten Tiere abgesprochen.