

Überwachung des Notfall- und Intensivpatienten : einfach diagnostische Hilfsmittel

Autor(en): **Spreng, D.E. / Spreng, R. / Kirby, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für
Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine
Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **138 (1996)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593162>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Überwachung des Notfall- und Intensivpatienten: Einfache diagnostische Hilfsmittel

D. E. Spreng¹, R. Spreng¹, R. Kirby², P. Schawalder¹

Zusammenfassung

Es werden zusammenfassenderweise die Anwendung und Interpretation von indirektem Blutdruck, zentralvenösem Blutdruck, Körpertemperatur, Pulsoximetrie, endexpiratorischer CO₂-Messung, Puls- und Herzfrequenz, Urinproduktion und Notfall-Laborwerte dargestellt. Die meisten dieser Parameter geben direkt oder indirekt Hinweise über die zentrale und periphere Perfusion des Patienten. Die Optimierung dieser Werte ist eines der wichtigsten Ziele in der Notfall- und Intensivmedizin.

Schlüsselwörter: Notfallmedizin – periphere Perfusion – Doppler – endexpiratorisches CO₂ – Pulsoximetrie

Emergency and critical care monitoring: simple diagnostic tools

This article describes in short sections the use and interpretation of indirect blood pressure measurements, central venous pressure, body temperature, pulse oximetry, end tidal CO₂ measurements, pulse and heart rate, urine production and emergency laboratory values. Most of these parameters are directly or indirectly linked to the perfusion of the patient. Optimizing these values are one of the most important goals in emergency and critical care medicine.

Key words: emergency medicine – peripheral perfusion – doppler – end tidal CO₂ – pulsoximetry

Einleitung

Die Kleintiernotfallmedizin und die Behandlung von kritisch erkrankten Patienten verlangen ein zusätzliches Engagement des Tierarztes und seines Teams. Der zeitliche Aufwand pro Patient steigt, die normalen Routinearbeiten in der Praxis müssen trotzdem erledigt werden, und darüber hinaus ist die Behandlung kritischer Patienten trotz des grossen psychischen und physischen Aufwandes häufig nicht von Erfolg gekrönt. Dies gilt allerdings für die Veterinär- und die Humanmedizin gleichermaßen. Ein grosser Unterschied zwischen human- und tiermedizinischer Intensivpflege besteht schon im zur Verfügung stehenden apparativen Aufwand zur Überwachung der Patienten. Zum Beispiel sind invasive Methoden zur Messung der Herzauswurfleistung in der Behandlung des septischen Schocks in der Veterinärmedizin wohl durch den hohen Aufwand an Kosten und Ausbildung nur einigen grossen Kliniken vorbehalten.

In diesem Beitrag sollen die einfachen, aber gleichzeitig wesentlichsten Parameter, die zur Überwachung von Notfall- und Intensivpatienten angewendet werden können, zusammengefasst werden.

Durch das Erkennen der pathophysiologischen Vorgänge, die bei der Veränderung von Parametern wie Herzfrequenz, Atemfrequenz, Schleimhautfarbe, Urinproduktion, Hämatokrit und Totalprotein sowie von Blutdruck und zentralvenösem Druck entstehen, kann mit therapeutischen Massnahmen die Lebenserwartung der kritisch erkrankten Patienten erhöht werden. Einfache und kostengünstige Monitoring-Apparate wie Pulsoximeter, Kapnograph und EKG ergänzen die Überwachungsparameter und ermöglichen es, durch die Analyse von wiederholt durchgeführten Messungen einen Trend zu erkennen. Durch eine Trendanalyse können frühzeitig klinische Veränderungen erkannt und entsprechend behandelt werden.

Die verschiedenen Parameter sollen im folgenden einzelnen diskutiert werden.

Die Herzfrequenz und die «Kapilläre Füllungszeit»

Die Pulsfrequenz und -intensität geben eine rasche Information über die Herzfrequenz und den Perfusionsdruck. Die *Herzfrequenz* ist ein guter Parameter zur Überwachung der Therapie eines hypovolämischen Schockpatienten. Die Hypovolämie führt zu einer kompensatorischen Tachykardie, um die minimale Herzauswurfleistung zu erhalten, die zur Durchblutung (Oxygenierung) der lebenswichtigen Organe wie Gehirn und Niere notwendig ist. Differentialdiagnostisch muss bei einer Tachykardie an ein primäres kardiales Problem, an eine Sepsis und beim Notfallpatienten vor allem an Schmerz und Stress gedacht werden. Die Tachykardie per se wird zum Problem, wenn Herzfrequenzen von über 160 Schlägen pro Minute beim Hund und über 240 bei der Katze auftreten. Frequenzen in diesem Bereich führen zu einer verminderten diastolischen Füllung und einer schlechten Koronargefässperfusion. Dies kann zu einer gefährlichen Verminderung der Durchblutung des Herzmuskels führen.

Herzfrequenzen unter 60 sind beim Hund (unter 50 bei der Katze) mit einer ungenügenden Herzleistung verbunden. Tiefe Herzfrequenzen entstehen bei Reizleitungsstörungen am Herzen, im Extremfall beim drohenden Herzstillstand, im Endstadium eines Schocks, bei Hypothermie, oder sie können Ausdruck einer vagalen Stimulation sein.

Die häufigste Veränderung der Herzfrequenz ist jedoch sicherlich die Tachykardie im Zusammenhang mit Hypovolämie oder Sepsis. Mit Hilfe einer intravenösen Infusionstherapie kann die Hypovolämie korrigiert werden. Die Herzfrequenz sollte dabei wieder in den Normbereich fallen und ist Gradient des Therapierfolges. Details einer adäquaten Flüssigkeitstherapie können den Veröffentlichungen von Purvis und Kirby (1994) und Rudloff und Kirby (1994) entnommen werden.

Die «Kapilläre Füllungszeit» kann als Indikator für die periphere Perfusion benützt werden. Eine verzögerte kapilläre Füllung (> 2 Sek.) kann im Zusammenhang mit einem Schock und peripherem «shunting» gefunden werden.

Die verlängerte «Kapilläre Füllungszeit» ist eines der ersten Symptome, welches beim Unfallpatienten auf eine ungenügende Perfusion hinweist. Die ungenügende Perfusion entsteht meist durch eine Hypovolämie. Bei Unfallpatienten, die eine verlängerte kapilläre Füllung zeigen, sollten deshalb die Ursachen der Hypovolämie abgeklärt werden. Massive Blutungen, vor allem im Bereich der Abdominalhöhle, müssen ausgeschlossen werden. Eine Verbesserung der peripheren Perfusion wird mit Hilfe einer intravenösen Infusionstherapie erreicht. Eine verkürzte «Kapilläre Füllungszeit» kann bei Tachykardie, pochendem Puls und im hyperdynamischen septischen Schockstadium beobachtet werden. Die verkürzte «Kapilläre Füllungszeit» wird deshalb häufig bei kritisch erkrankten Patienten gesehen, die mit einer Sepsis

zu kämpfen haben. Als Beispiel seien die Peritonitis, die Endometritis oder eine Aspirationspneumonie erwähnt.

Der Blutdruck

Der arterielle Blutdruck ist das Produkt von Herzleistung, vaskulärer Kapazität und Blutvolumen. Der arterielle Blutdruck kann mittels direkten blutigen und indirekten Methoden erfasst werden.

Die direkte arterielle Methode erfordert einen arteriellen Katheter, speziell druckresistente Katheterverlängerungen, einen Transducer und ein Oszilloskop. Diese Methode ergibt die besten und exaktesten Ergebnisse durch die kontinuierliche Angabe von systolischem, diastolischem und mittlerem Blutdruck. Die Form der Druckkurve auf dem Oszilloskop gibt Auskunft über die Position des Katheters im arteriellen Gefässsystem. Die Vorteile der direkten Blutdruckmessung sind die akkuraten und zuverlässigen Werte und der leichte Zugang zu arteriellem Blut für die Blutgas-Analyse. Leider sind die Apparaturen für die direkte Blutdruckmessung relativ teuer, und Komplikationen wie Thrombosen, Embolien, Blutungen und Infektionen können nicht ganz ausgeschlossen werden (Kaplan, 1992). Bei einem hypotensiven Patienten kann ein kleiner chirurgischer Eingriff notwendig werden, um eine Arterie zur Punktion darstellen zu können. Indirekte Methoden zur Messung des arteriellen Blutdrucks sind ungenauer, aber einfacher in ihrer Anwendung. Jedoch kann durch die wiederholte Messung ein hilfreicher Trend beobachtet werden.

Der systolische Blutdruck kann sehr einfach durch *Palpation* der Femoralarterie, der A. metatarsalis dorsalis und der Ulnararterie geschätzt werden. Wenn der metatarsale Puls spürbar ist, darf ein systolischer Blutdruck um 70 mmHg oder höher angenommen werden. Wenn der femorale Puls schwach fühlbar ist und der metatarsale Puls nicht fühlbar ist, kann ein systolischer Blutdruck zwischen 50 und 70 mmHg vermutet werden. Wenn kein femoraler Puls gefühlt werden kann, ist der systolische Druck wahrscheinlich kleiner als 50 mmHg. Diese Vereinfachung entspricht einer schnellen, notfallmässigen Groborientierung und ist sehr ungenau. Der Blutdruck sollte, wenn immer möglich, in einem zweiten Schritt mit indirekten Blutdruckmessgeräten überprüft werden.

Die *Oszillometrie- und die Ultraschall-Doppler-Blutdruckmessung* sind die beiden häufigsten indirekten Messmethoden. Dabei wird mittels einer Druckmanschette der Blutfluss in einer peripheren Arterie unterbrochen und graduell wieder eröffnet, um entweder den Blutfluss (Ultraschall Doppler) oder den Druckunterschied der Arterienwand zur Blutdruckmanschette (Oszillometrie) zu erfassen (Hansen, 1995).

Die *oszillometrische Blutdruckmessung* (1) basiert auf einer Mikrocomputer-gesteuerten Druckmanschette, die oszillierend Druckdifferenzen misst. Diese Messmethode hat sich vor allem bei grossen und mittleren Hun-

derassen bewährt. Dabei wird der Patient am besten in rechter Seitenlage auf dem Untersuchungstisch festgehalten und eine für das Tier passende Druckmanschette am Vorder- oder Hinterbein im Bereich des Metacarpus bzw. Metatarsus befestigt. Die Breite der Druckmanschette sollte ungefähr 40% des Umfangs der Gliedmasse ausmachen und die Länge der Manschette sollte etwa 150% des Gliedmassenumfangs betragen (Ross, 1992). Der grosse Nachteil dieser Methode liegt in ihrer Anfälligkeit auf Bewegungsartefakte. Ein zitterndes oder unruhiges Tier verunmöglicht die Messungen der Arterienwandbewegungen. Auch geringe Gefässdurchmesser bei Katzen und kleinen Hunden stellen häufig unüberbrückbare Probleme für die oszillometrische Blutdruckmessung dar (Crowe, 1989).

Für die *Ultraschall-Doppler-Blutdruckmessung* werden ein Doppler-Blutfluss-Detektor und ein aufladbarer Empfänger-Verstärker (Abb.1) benötigt. Die zwei gebräuchlichsten peripheren Arterien, die zur indirekten Doppler-Blutdruckmessung verwendet werden, sind die A. metatarsalis plantaris auf der plantaren Seite der Metatarsalia und die A. metacarpi palmaris auf der palmaren Seite der Metacarpalia. Zur Messung müssen die Haare in dieser Region entfernt werden. Der Doppler-Blutfluss-detektor (2) wird mit Ultraschallgel bedeckt und über der Arterie mit einem Klebeband stabil fixiert (Abb. 2). Die Positionierung des Transducers ist korrekt, wenn ein Rauschen im Pulstakt vernehmbar ist. Zusätzlich wird eine Blutdruckmanschette proximal des Doppler-Transducers am Bein angebracht und aufgepumpt, bis der arterielle Puls obliteriert ist. Der Manschettendruck wird unter Beobachtung des Zeigers auf dem Manometer langsam gelöst. Beim ersten hörbaren Blutflusston des



Abbildung 2: Fixation des Dopplers am palmaren Metacarpus zusammen mit einer Blutdruckmanschette zur nichtinvasiven Blutdruckmessung.



Abbildung 1: Doppler-Blutfluss-Detektor mit Flachsonde für Kleinkinder

Dopplers wird die Zahl auf dem Manometer notiert, sie entspricht dem systolischen Blutdruck. Beim weiteren Verringern des Manschettendrucks kann eine Änderung der Tonfrequenz festgestellt werden, welche dem diastolischen Druck entspricht (Crowe und Spreng, 1995). Aus eigener Erfahrung ist die Messung des diastolischen Drucks jedoch sehr unzuverlässig. Bei Katzen scheint nur der systolische Druck mit der notwendigen Genauigkeit erfassbar zu sein (Grandy, 1992). Da die Druckmessungen durch Atmung, Herzfrequenz und Bewegung des Tieres von Minute zu Minute variieren können, sollten mehrere Ablesungen durchgeführt werden und der Mittelwert als Endresultat verwendet werden.

Auf weitere Anwendungen dieses Dopplers weisen Crowe und Spreng (1995) in ihrer Publikation hin. Die häufigsten technischen Fehler bei der indirekten Doppler-Blutdruckmessung sind: die Wahl einer inadäquaten Grösse der Blutdruckmanschetten (zu grosse Druckmanschetten ergeben falsch-tiefe und zu kleine Druckmanschetten falsch-hohe Resultate), eine falsche Positionierung des Doppler-Transducers und ein schlechter Kontakt zwischen dem Transducer und der Haut durch eine ungenügende Ultraschallgel-Menge.

Der hier vorgestellt Doppler (2) wird mit verschiedenen Schallköpfen (3, 4) in Europa verkauft. Beste Resultate werden mit der «Flachsonde für Kinder» erhalten. In der Schweiz sollten nur Geräte mit Frequenzen von 9,5 MHz bis 10 MHz verwendet werden, um mit den lokalen Radiowellen nicht in Konflikt zu kommen.

Indirekte Blutdruckmessungen dürfen nur als Annäherungswerte und nicht als Absolutwerte interpretiert werden. «Normale» Blutdruckmessungsergebnisse sind keine Garantie für ein stabiles kardiovaskuläres System. Für den Kliniker relevant und wegleitend für die Therapie sind nur seriell durchgeführte Messungen, die einen Blutdruckanstieg oder -abfall zeigen.

Der Blutdruck sollte immer zusammen mit Laboruntersuchungen, wie Hämatokrit und Hämoglobin, evaluiert werden. Gleichermassen ist auch die Überwachung der Urinproduktion, die Berücksichtigung des Infusionsvolumens, der Herzfrequenz, des Pulses und der Körpertemperatur essentiell.

Beim Notfall- und Intensivpatienten ist ein systolischer Blutdruck von über 100 mmHg erwünscht. Besondere Aufmerksamkeit muss jedoch einem polytraumatisierten Patienten (z.B. nach einem Autounfall) geschenkt werden. Der angestrebte systolische Druck soll in diesem Fall nicht grösser als 120 mmHg werden, da sonst die Gefahr besteht, durch Lösung eines bereits gebildeten Blutpfropfs eine stehende Blutung im Abdomen oder Thorax wieder zu aktivieren. Überinfusionen, die zum Lungenödem führen, sind beim Traumapatienten im allgemeinen jedoch ein eher seltenes Problem. Ein systolischer Blutdruck unter 80 mmHg ist alarmierend und verlangt intensive Überwachung. Bei einem mittleren Druck von 60 mmHg muss bereits mit einer ungenügenden Nierenperfusion und Oligurie gerechnet werden. Die zerebrale Durchblutung ist gefährdet, wenn der systolische Druck unter 50 mmHg fällt (Bryan-Brown, 1988). Wenn der systolische Blutdruck für längere Zeit unter 30–35 mmHg fällt, muss mit einer zerebralen Ischämie gerechnet werden. Eine optimale Koronargefässperfusion ist bereits bei einem systolischen Druck von weniger als 70 mmHg nicht mehr genügend gewährleistet (Bryan-Brown, 1988). Besonders gross ist die Gefahr bei einer vorliegenden Anämie oder erniedrigten Hämoglobinkonzentration, einer Hypoxie oder bei einer gleichzeitigen Nierenerkrankung.

Wenn eine Hypotension festgestellt wird, muss diese auch therapiert werden. Die initiale Therapie besteht wiederum aus intravenösen Infusionen, die durch Gaben von Sauerstoff und Verabreichung von Schmerzmitteln ergänzt wird. Vasoaktive Substanzen und positiv inotrope Medikamente wie Dobutamine sollten erst nach dieser Vorbehandlung eingesetzt werden (Purvis und Kirby, 1994; Rudloff und Kirby, 1994). Eine Ausnahme bildet der Herzpatient mit drohender Volumenüberladung. Wenn bei diesen Fällen eine aggressive Flüssigkeitstherapie durchgeführt wird, besteht eine erhöhte Gefahr eines Lungenödems.

Eine akute Hypertension mit einem systolischen Druck von über 200 mmHg kann im hyperdynamischen, septischen Schock oder bei exzessiver Reninproduktion, wie auch im Zusammenhang mit exzessiven exogenen oder endogenen sympatomimetischen Agentien angetroffen werden. Eine schwerwiegende Hypertension kann zu Gefässschäden, Hämorrhagien und zu einer ungenügenden Organperfusion führen.

Der zentrale Venendruck

Der zentralvenöse Blutdruck (ZVD), so genannt, weil er zentral vor dem rechten Vorhof gemessen wird, stellt den hydrostatischen Druck der intrathorakalen Hohlvene dar und wird in der Vene auf der Höhe des rechten Vorhofes gemessen. Der ZVD ist ein ausserordentlich wichtiges Hilfsmittel im Rahmen der Flüssigkeitstherapie des Intensiv- und Notfallpatienten. Seine Werte müssen immer zusammen mit der aktuellen Herzfrequenz, dem Bewusstseinsgrad, der Atemfrequenz und beim künstlich beatmeten Patienten mit dem Respirationsdruck interpretiert werden. Die Beurteilung eines einzelnen Wertes ist nicht sinnvoll. Erst wiederholte ZVD-Messungen, die eine Trendanalyse erlauben, ergeben zusammen mit der Analyse anderer kardiovaskulärer Funktionsparameter die aussagekräftigsten Ergebnisse.

Der Zugang zur Hohlvene wird durch Punktion der Jugularvene oder der Femoralvene erreicht (Machon et al., 1994). Zur Messung des ZVD werden ein möglichst weitlumiger zentralvenöser Katheter, eine Katheterverlängerung, ein Dreiweghahn, eine Infusionslösung und ein Flüssigkeitssteigrohr (Abb. 3) benötigt.

Kommerzielle zentralvenöse Katheter sind in verschiedenen Grössen für Hunde und Katzen erhältlich (5). Mit Hilfe eines grosslumigen Katheters (14 Gauge) und eines Ernährungstubus kann für grosse Hunde ein zentralvenöser Katheter selber hergestellt werden (Rivera et al., 1994).

Die Druckmessungen werden mittels eines Wassermanometer-Steigrohrs durchgeführt (Abb. 3). Als luxuriöse Alternative sind aus der Humanmedizin verschiedene kardiovaskuläre Monitorsysteme vorhanden, die neben EKG, Herzfrequenz und Temperatur auch die verschiedensten Blutdruckmessungen durchführen. Der Nullpunkt des Wassermanometers wird auf Höhe des rechten Vorhofs eingestellt und das Messgerät vertikal an der Käfigwand des Patienten fixiert. Das Manometer wird mit einem Dreiweghahn verbunden. Ein weiterer Infusionsschlauch führt vom Dreiweghahn zu einer Infusionsflasche. Der dritte Infusionsschlauch führt vom Dreiweghahn zum zentralvenösen Katheter des Patienten. Während der Patient eine Dauertropinfusion erhält, ist der Dreiweghahn zum Manometer hin geschlossen. Um den ZVD zu messen, wird das Manometersteigrohr mit Infusionslösung aus der Infusionsflasche bis zur oberen Begrenzung des Manometers gefüllt. Der Dreiweghahn wird anschliessend zur Infusionsflasche hin ge-

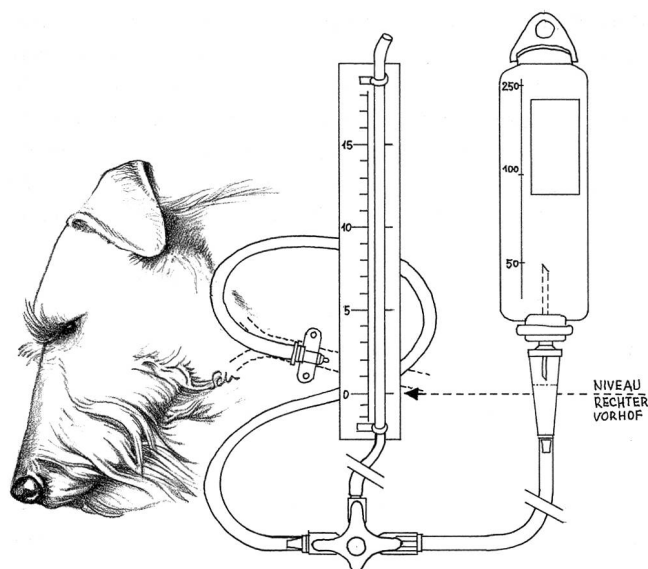


Abbildung 3: Aufbau zur zentralvenösen Druckmessung. Das Steigrohr ist über einen Dreiweghahn mit zwei Infusionsschläuchen zur Infusionsflasche bzw. zum Patienten verbunden.

geschlossen. Die Flüssigkeitssäule wird beobachtet und der Spiegel im Steigrohr registriert, nachdem sich die Flüssigkeitssäule mit dem Druck in der Hohlvene des Patienten equilibriert hat. Der Flüssigkeitsspiegel kann wegen Atmung und Herz Tätigkeit einige Zentimeter variieren. Die Messung wird mindestens dreimal wiederholt und der Mittelwert in Zentimeter Wassersäule angegeben. Eine falsche Positionierung des zentralvenösen Katheters führt zu falschen Absolutwerten. Wenn zum Beispiel die Spitze des Katheters extrathorakal liegt, sind die Ab-

solutwerte relativ niedrig. Deshalb gehört die röntgenologische Kontrolle der Katheterposition vor der definitiven Fixation zum Standardprotokoll. Um eine Veränderung des ZVD auch richtig interpretieren zu können, sollte dieser immer bei gleicher standardisierter rechter Seitenlagerung des Patienten und durch dieselbe Person gemessen werden.

Abgesehen von den Druckmessungen, kann das gleiche System auch für Dauerinfusionen (bis zu 5 Tage) und zur Blutentnahme benützt werden. Letzteres ist zum Beispiel bei einem diabetischen Patienten mit regelmässigen Blutentnahmen zur Kontrolle des Blutglukosespiegels besonders vorteilhaft.

Der ZVD misst die Adaptationsfähigkeit der rechten Herzseite gegenüber dem venösen, zum rechten Atrium zurückfliessenden Blutvolumen. Vier unabhängige Kräfte sind für den ZVD verantwortlich (Rudloff und Kirby 1994):

1. Das Volumen und der Blutfluss in den zentralen Venen
2. Die Dehnbarkeit und die Kontraktionsfähigkeit des rechten Vorhofs und der rechten Herzkammer
3. Die motorische Aktivität der zentralen Venen
4. Der intrathorakale Druck

Normalwerte für initiale ZVD-Messungen werden in der Literatur für gesunde und junge Tiere zwischen 0 und 5 cm Wassersäule angegeben (Kaplan, 1992). Bei den Notfall- und Intensivpatienten sehen wir den ZVD gerne etwas höher, nämlich zwischen 3 und 10 cm Wassersäule. Die Tabellen 1 und 2 fassen die Gründe für niedrige und hohe Werte zusammen.

Der ZVD reflektiert ausschliesslich die Rechtsherzkapazität, währenddem die Funktion des linken Herzes mit diesem System nicht evaluiert werden kann. Ein normaler ZVD-Wert schliesst somit eine Überinfusion, eine Hy-

Tabelle 1: Ursachen und Behandlung des tiefen zentralvenösen Drucks

Ursache	Behandlung
extrathorakale Lage der Katheterspitze	Kontrollröntgen zur Lagebeurteilung. Falls der Katheter extrathorakal liegt, sollen nur «Trends» analysiert werden.
starker Blutverlust	Volumenersatz mit kristalloiden Infusionslösungen, künstlichen Kolloiden und Blutprodukten
Dehydratation	Volumenersatz mit kristalloiden und kolloidalen Infusionslösungen
Tiefe Isofluran-Narkose	Infusionstherapie, eventuell Änderung des Narkoseprotokolls
Endotoxin-Schock	Infusionstherapie, Bekämpfung der Ursache
α-Antagonisten-Überdosierung	Bekämpfung der Vasodilatation durch Infusionstherapie

Tabelle 2: Ursachen und Behandlung des hohen zentralvenösen Drucks

Ursache	Behandlung
Technische Probleme ausschliessen: Steigerung um mehr als 3 cm Wassersäule oder initialer Wert höher als 14 cm H ₂ O während der Infusionstherapie = Überinfusion	Verstopfte Katheter, Knicken der Infusionsschläuche, zu fest angelegte Katheterverbände. Gefahr eines Lungenödems: Infusion stoppen, bis der ZVD um 1–2 cm Wassersäule gefallen ist oder der absolute Wert unter 10 liegt. Mit geringerer Infusionsrate weiterbehandeln.
Pneumothorax	Thoraxpunktion oder Drainage
Perikarderguss, Rechtsherzinsuffizienz	Ursache beheben
aufgeblähtes Abdomen	Ursache beheben
Druck-gesteuerte Ventilation	zu erwartender Effekt der Ventilation
Initialer Wert höher als 16	Herz- und Niereninsuffizienz und obige Gründe vor einer Infusionstherapie ausschliessen

potension oder eine Herzinsuffizienz nicht aus. Deshalb müssen noch weitere diagnostische Hilfsmittel zur Anwendung kommen.

Beim septischen Patienten ist der ZVD ein gutes Hilfsmittel zur Beurteilung der Wirksamkeit der Infusionstherapie. Diese Patienten zeigen häufig eine periphere Vasodilatation mit entsprechender Blutversackung und/oder einen Flüssigkeitsverlust in die peripheren Gewebe und Körperhöhlen. Die Infusionsgeschwindigkeit und das -volumen müssen, um eine genügende zentrale Perfusion zu gewährleisten, so reguliert werden, dass der ZVD wenigstens im messbaren Bereich (einige Zentimeter Wassersäule) bleibt.

Eine Schätzung der venösen Füllung und damit des zentralvenösen Drucks kann folgendermassen erreicht werden:

1. Der Jugularvenen-Druck: Nach Abscheren der Haare am Hals eines Tiers kann die Füllung der Jugularvene beobachtet werden. Im Normalfall sollte die Jugularvenen nicht sichtbar sein. Beim stark erhöhten Venendruck wird man im seitlichen Halsbereich eine hervorstehende Vene sehen und palpieren können. Differentialdiagnostisch muss neben dem erhöhten ZVD auch an einen erhöhten intrathorakalen Druck gedacht werden. Beim Traumatpatienten muss sicherlich ein Pneumothorax, ein Pneumomediastinum oder ein Hämothorax als Grund für einen erhöhten intrathorakalen Druck ausgeschlossen werden.

Bei der Beobachtung des Jugularvenendrucks handelt es sich um eine sehr ungenaue Messung, die allerdings beim Traumatpatienten eine Aussage über die thorakalen Druckverhältnisse erlaubt. Insbesondere beim kardialen Patienten kann dadurch rasch eine Rechts Herzüberladung diagnostiziert werden.

2. Der Druck in der abdominalen Vena cava: Das Einlegen eines Jugularvenenkatheters ist nicht immer von Erfolg besichert. Als Ausweichmöglichkeit kann dann die Femoralvene auf der medialen Seite der Hintergliedmassen punktiert werden. Die kommerziell hergestellten Katheter werden jedoch in diesem Fall meistens nicht bis in die intrathorakale Hohlvene vordringen. Wenn jedoch eine Platzierung der Katheterspitze im Bereich der abdominalen Vena cava erreicht werden kann, ist es auch mit diesem Katheter möglich, verbindliche ZVD-Druckmessungen durchzuführen. Besonders bei Katzen konnte eine gute Korrelation zwischen effektivem ZVD und abdominalem Venendruck festgestellt werden (Machon et al. 1994).

Die Körpertemperatur

Eine normale Körpertemperatur ist das Resultat von Wärmeverlust über die Haut und Lunge einerseits und Wärmebildung in der Skelettmuskulatur und Leber andererseits. Körpertemperaturveränderungen beim Notfall- und Intensivpatienten können einerseits auf eine extreme Umgebungstemperatur oder sekundär auf den

Krankheitsverlauf (z. B. Hyperthermie bei einem Status epilepticus) zurückgeführt werden. Eine länger dauernde abnormale Körpertemperatur kann ernsthafte Folgen (akutes Nierenversagen, Säure-Base-Störung, Herzrhythymien oder disseminierte intravasale Koagulation) haben. Bei einem Notfall- und Intensivpatienten muss deshalb diesem einfach messbaren Parameter grosse Beachtung geschenkt werden. Die Körpertemperatur wird normalerweise rektal gemessen. Bei Patienten mit Verletzungen im Beckenbereich oder Anusregion kann die infrarote tympanische Temperaturmessung als Alternative benutzt werden. Der Unterschied zwischen der tympanischen und rektalen Körpertemperatur beträgt ungefähr 0,1 °C (Kaplan 1992). Die Temperatur der Zehenzwischenhaut (Hauttemperatur) widerspiegelt nicht die eigentliche Körpertemperatur, sondern gibt lediglich einen Hinweis auf die periphere Perfusion. Kalte Akren sind ein Zeichen einer schlechten peripheren Perfusion. Kälteexposition, Vasokonstriktion oder Blutversackung aus der Peripherie in den gastrointestinalen Trakt infolge einer verminderten Herzleistung kann zu einer *Hypothermie* (> 35 °C) führen (Kaplan, 1992).

Wenn ein Temperaturabfall bei einem ursprünglich kreislaufstabilen Patienten erkannt wird, müssen die Ursachen für eine verminderte Herzleistung gesucht werden. Das Infusionsvolumen, die Herzfunktion, die Urinproduktion und auch klinische Parameter müssen neu beurteilt werden. Der Grund für die ungenügende Perfusion muss sofort korrigiert werden. Wird die Aufwärmung vor der Perfusionsverbesserung durchgeführt, besteht die Gefahr einer peripheren Vasodilatation mit darauffolgender Hypotension.

Eine Hypothermie hat verschiedene Auswirkungen. Sie unterdrückt beispielsweise die Reizleitung im HIS-Bündel und führt zu einer Bradykardie und/oder reduziert die Stoffwechselforgänge und bewirkt eine Abnahme des Sauerstoffverbrauchs. In der Aufwachphase nach einer Operation kann diese Hypothermie zu Kältezittern, das mit einer starken Zunahme der Stoffwechselforgänge verbunden ist, führen (Paatsama, 1975).

Nachdem der intravaskuläre Raum durch das entsprechende Flüssigkeitsvolumen aufgefüllt ist, kann mit einer langsamen Aufwärmung der Körperoberfläche begonnen werden. Die Tiere sollten auf einer isolierenden Unterlage liegen und mit warmen Decken oder warmen Bettflaschen langsam extern erwärmt werden. Auch mit warmem Wasser gefüllte Operationshandschuhe eignen sich als Wärmequelle. Vom Gebrauch von Wärmelampen und elektrischen Wärmekissen ist abzuraten, da es bei unsachgemässer Anwendung durch Wärmestau zu oberflächlichen Verbrennungen kommen kann. Im Extremfall können körperwarmer intravenöse Infusionen, warme Harnblaseninfusionen oder eine warme intraabdominale Infusionslösung verabreicht werden. Herzfrequenz, Pulsqualität, EKG, Harnproduktion und Blutparameter sollten während der Aufwärmung beurteilt und, falls von der Norm abweichend, behandelt werden.

Ursachen, die zu einer *Hyperthermie* ($> 39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) führen können, sind der Hitzschlag, längerdauernde Konvulsionen, der Status epilepticus, eine ungenügende Raumbelüftung, eine Pyrogen-Freisetzung mit Entzündungen oder eine Störung im Thermoregulationszentrum.

Eine gute Anamnese, eine sorgfältige klinische Untersuchung, Laboruntersuchungen und mikrobiologische Kulturen ergeben Hinweise über die möglichen Ursachen.

Hyperventilation, Dehydratation, Konvulsionen, Schock, Azidose, akute Niereninsuffizienz, eine zerebral kortikale Nekrose oder eine disseminierte intravasale Koagulation sind mögliche Folgen der Hyperthermie (Lee-Parritz und Pavletic, 1992).

Eine rasche Kühlung wird durch Eisbäder, mit Hilfe eines Kaltwasserklistiers oder durch kühle Lüftung erreicht. Die Körpertemperatur sollte regelmässig gemessen und die externe Abkühlung bei einer Körpertemperatur um $39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingestellt werden.

Die Pulsoximetrie und die Kapnographie

Bei kleineren Patienten ist die arterielle Blutentnahme oft sehr schwierig. Die Pulsoximetrie (Messung der Oxihämoglobinmenge), die Kapnographie (Messung der endexpiratorischen CO_2 -Menge) und die venöse Blutgasbestimmung können eine arterielle Blutgasbestimmung weitestgehend ersetzen.

Die Pulsoximetrie gibt eine Angabe über den Grad der Sauerstoffsättigung in der peripheren arteriellen Strombahn und korreliert mit dem Sauerstoff-Partialdruck (pO_2) des arteriellen Blutes (Parameter der *Oxygenierung*).

Die endexpiratorische CO_2 -Messung ist eine Funktionsprüfung des Respirationssystems und kann mit dem Kohlendioxid-Partialdruck (pCO_2) des Blutes verglichen werden (Parameter der *Ventilation*).

Zur Pulsoximetrie

Das Pulsoximeter (6) bestimmt die Sauerstoffsättigung und die Pulsfrequenz in einer Endarterie der peripheren Gewebe mit Hilfe von zwei Lichtstrahlen, die mit unterschiedlichen Wellenlängen (rot und infrarot) durch das Gewebe auf einen Photodetektor projiziert werden. Das Pulsoximeter verarbeitet diese Signale und trennt die konstanten Parameter (Gewebsdicke, Hautfarbe, Lichtintensität, und venöses Blut) von den variablen Parametern (arterielles Blutvolumen und Sauerstoffsättigung), um die Pulsfrequenz zu identifizieren und die Sauerstoffsättigung auszurechnen (Vet/Ox SDI operation manual). Mit Hilfe des Pulsoximeters kann eine generelle Aussage über die Funktionsfähigkeit des kardiovaskulären Systems und des Respirationssystems gemacht werden. In der Anästhesie ist das Pulsoximeter schon seit mehreren Jahren als ausgezeichnetes Hilfsmittel im Gebrauch. Da

das Anklebmen der Sonde an der Zunge von den meisten Tieren im wachen Zustand nicht toleriert wird, können neuere Sonden rektal appliziert oder an der feinen Haut zwischen der distalen Tibia und der Achillessehne befestigt werden. Sie erlauben so eine pulsoximetrische Überwachung bei kritisch-kranken Kleintierpatienten.

Die Genauigkeit der Messung ist bei extrem hypotensiven Patienten fraglich (Temper und Barker, 1989). Als Faustregel gilt, dass der Pulsoximetriewert des Monitors nur aussagekräftig ist, wenn die ebenfalls angezeigte Pulsfrequenz mit der manuell gemessenen Pulsfrequenz übereinstimmt.

Eine tiefe oder fallende Sauerstoffsättigung kann mit dem Pulsoximeter erst nach einer wesentlichen Verminderung des effektiven arteriellen pO_2 gemessen werden (White et al., 1994). Ein Pulsoximeterwert von 90% entspricht einem arteriellen pO_2 von weniger als 60 mmHg. Ein solcher Wert ist an unserer Klinik Indikation für eine Therapie. Bei einem Pulsoximetriewert von 95–92% sollte der Patient häufig klinisch kontrolliert werden. Bei weiter fallenden Werten muss eine Ventilations- oder Sauerstofftherapie in Betracht gezogen werden.

Die endexpiratorische CO_2 -Messung

CO_2 -Messungen können am anästhesierten, mechanisch ventilerten Patienten problemlos mit einem Kapnographen (7) durchgeführt werden. Neuere Untersuchungen (Hendricks und King, 1994) zeigen, dass die exhalierete CO_2 -Menge auch beim wachen Patienten gemessen werden kann. Dabei wird der Tubus mit der CO_2 -Sonde 3–7 mm in eine Nasenöffnung geführt und beide Nasenöffnungen vorsichtig komprimiert, um die Raumluftaspiration zu verringern. Das Maul wird, falls nötig, geschlossen um eine nasale Atmung zu erzwingen.

In der Studie von Hendricks und King (1994) konnten im Gegensatz zur humanmedizinischen Literatur gute Korrelationen zwischen nasalen CO_2 -Messungen und arteriellen CO_2 -Messungen beim wachen Kleintier gefunden werden. Bei hechelnden Hunden ist diese Messmethode jedoch nicht möglich.

Normalerweise unterscheiden sich der arterielle CO_2 -Wert und der endexpiratorische CO_2 -Wert nur um einige mmHg. Relativ grosse Variationen können jedoch vorkommen. Auf Grund dieser Variationen sollte der endexpiratorische CO_2 -Wert nicht als einziger Messwert zur Änderung der Ventilationstherapie benützt werden (Hendricks und King, 1994; Meyer und Short, 1985). Ein endexpiratorisches CO_2 von $40\text{ mmHg} \pm 4\text{ mmHg}$ darf auf Grund eigener unpublizierter Messungen als Normalwert verwendet werden. Tabelle 3 zeigt verschiedene mögliche Indikationen für die endexpiratorische CO_2 -Messung.

Tabelle 3: Indikationen für die endexpiratorische CO₂-Messung

1. Identifikation einer ungenügenden Ventilation mit einem CO₂-Wert > 45 mmHg.
2. Kontinuierliche Messung von CO₂ zwischen arteriellen Blutgasbestimmungen.
3. Reduktion von arteriellen Blutgasmessungen.
4. Sicherstellung von freien Atemwegen.
5. Anwendung als Apnoe-Monitor.
6. Gibt Anhaltspunkte über CO₂-Werte bei denjenigen Patienten, bei denen eine arterielle CO₂-Messung nicht möglich ist.

Die Harnproduktion

Die Harnproduktion ist abhängig von der Herzleistung, dem intravaskulären Volumen sowie der Funktion der Nieren und der harnabführenden Wege. Wiederholte Messungen der Harnmenge sollten bei denjenigen Patienten durchgeführt werden, bei denen eine Erkrankung dieser Systeme vorliegen könnte. Während kritischen und längeren chirurgischen Eingriffen ist die Kontrolle der produzierten Urinmenge ein bewährtes Hilfsmittel, die intraoperative Infusionstherapie zu steuern. Dabei wird ein Harnverweilkatheter unter möglichst sterilen Verhältnissen durch die Urethra in die Harnblase geführt und sicher verankert. Ein weicher Gummikatheter ist einem harten Plastikkatheter vorzuziehen. Die Harnblase wird anschliessend entleert und ein steriles geschlossenes Auffangsystem mit dem Katheter verbunden. Ein Infusionschlauch, der mit einer leeren Infusionsflasche verbunden ist, kann dazu benutzt werden. Dieser Auffangbeutel sollte immer tiefer als der Patient liegen, um den durch die Schwerkraft bedingten retrograden Harnfluss in die Harnblase zu verringern. Dadurch wird die Gefahr von Harnwegsinfektionen, die im Zusammenhang mit Harnverweilkatheter gesehen werden, vermindert.

Die minimale Harnproduktion beträgt 1–2 ml/kg/h. Falls dies nicht erreicht wird, sollte man folgende Ursachen einer verminderten Harnproduktion in der angegebenen Reihenfolge ausschliessen:

1. Die häufigste Ursache einer verminderten Harnproduktion beim Patienten mit einem Verweilkatheter ist eine *Obstruktion des Katheters*. Durch Spülung des Katheters und anschliessende Aspiration der Restharnmenge kann dies erkannt oder ausgeschlossen werden.
 2. Eine verminderte Harnproduktion kann beim Schockpatienten häufig angetroffen werden. Durch eine *verminderte Nierenperfusion* entsteht eine Oligurie (weniger als 1 ml/kg/h Harnproduktion). Eine Oligurie stellt sich in der Regel bei Patienten mit einem systolischen Blutdruck, der tiefer als 60 mmHg ist, ein. Bevor die Nierenfunktion untersucht wird, sollte in diesem Fall zuerst die Hypotension korrigiert werden (Osborn und Low, 1972). Im Zuge der Schockbehandlung wird die Infusionstherapie die Perfusion der Nieren verbessern. Die Harnproduktion sollte sich dabei ebenfalls normalisieren.
 3. Erst nach Ausschluss von Hypovolämie, Hypotension oder Katheterverlegung darf die Oligurie als Zeichen eines *primären Nierenproblems* interpretiert werden. Eine Oligurie im Zusammenhang mit Überinfusion, Isostenurie, Azotämie und einem tiefen Urin/Plasma-Kreatinin-Verhältnis lässt auf eine Niereninsuffizienz schliessen.
- Eine Polyurie beim Notfall- und Intensivpatienten ist nicht sehr häufig. Sie kann im Zusammenhang mit einer Überinfusion, nach Diuretika-Gaben oder in der polyurischen Phase einer Niereninsuffizienz auftreten.

Surveillance du patient d'urgence et du patient avec soins intensifs: les moyens simples de diagnostic

L'utilisation et l'interprétation de la tension artérielle indirecte, de la pression veineuse centrale, de la température corporelle, de l'oxymétrie pulsatile, de la mesure du CO₂ expiratoire, de la fréquence du pouls et de la fréquence cardiaque, de la production urinaire et des valeurs sanguines d'urgence sont exposées. La plupart de ces paramètres donnent des indications directes ou indirectes sur la perfusion centrale et périphérique du patient. L'optimisation de ces valeurs est un des buts les plus importants de la médecine intensive et d'urgence.

Sorveglianza del caso urgente e del paziente bisognoso di cure intense: aiuti diagnostici facili

Viene presentata l'utilizzazione e l'interpretazione della pressione del sangue indiretta, della pressione venosa centrale, della temperatura corporea, della oxymetria del polso, della misurazione del CO₂ espiratorio, della frequenza del polso e del cuore, della produzione urinaria, e dei valori sanguigni d'urgenza. La maggior parte di questi valori da un'indicazione diretta o indiretta sulla perfusione centrale e periferica del paziente. L'ottimizzazione di questi valori è uno dei obiettivi più importanti della medicina intensa e d'urgenza.

Laboruntersuchungen

Eine minimale Datenbasis sollte folgende Werte beinhalten: Hämatokrit, Gesamtprotein, Blutglukose, Harnstoff, Natrium, Kalium und vorzugsweise auch Kalzium und Blutgaswerte (HCO_3 , pCO_2 , pO_2 und pH). Wiederholt durchgeführte Laboruntersuchungen ermöglichen eine Beurteilung des Therapieerfolges oder geben die Indikation eine adäquate Therapie einzuleiten. Eine Normalisierung der Laborwerte ist anzustreben.

Als Beispiel seien der Hämatokrit und das Gesamteiweiss genauer erklärt.

Eine Hämatokrit- und Gesamtproteinabnahme kann im Zusammenhang mit einer Überinfusion oder bei einem Blutverlust beobachtet werden.

Patienten mit einem abfallenden Gesamtproteinwert können auf Grund des tiefen vaskulären onkotischen Drucks grosse Flüssigkeitsmengen aus dem intravaskulären Raum in den interstitiellen Raum verlieren. Wenn der Gesamtproteinwert unter 3,5 g/dl oder der Albuminwert unter 2,0 g/dl fällt, sollte eine Plasmatransfusion in Betracht gezogen werden.

Wenn bei einem anämischen Patienten eine chirurgische Intervention geplant ist, sollte der Hämatokrit mit Hilfe einer Bluttransfusion auf einen Wert von über 20% gebracht werden. Dadurch wird das Narkoserisiko drastisch verringert.

Bei Hämatokrit-Werten von über 60% wird die Blutviskosität gefährlich hoch. Eine Infusionstherapie zur Senkung des Hämokrits sollte so rasch als möglich eingeleitet werden.

1. z. B. Dynamap[®]Critikon oder Vet/BP[™] 6000, SDI[®] über ProVet AG, CH-3421 Lyssach
2. z. B. Model 811B Parks Medical Electronics[®] über 3 oder 4
3. Laubscher & Co AG, CH-4434 Hölstein
4. Eickemeyer, D-7200 Tuttlingen
5. z. B. Central Venous Catheter Sets von COOK[®] Veterinary Products, CH-6207 Nottwil
6. z. B. Vet/OxPlus, SDI[®] über ProVet AG, CH-3421 Lyssach, oder Eickemeyer, D-7200 Tuttlingen
7. z. B. Vet/Cap, SDI[®] über ProVet AG, CH-3421 Lyssach, oder Eickemeyer, D-7200 Tuttlingen

Literatur

- Bryan-Brown C.W.* (1988) : Blood flow to organs: Parameters for function and survival in critical illness. *Crit Care Med* 16, 170-178.
- Crowe D.T.* (1989) : Performing life-saving cardiovascular surgery. *Vet Med* 84, 152-180.
- Crowe D.T., Spreng D.* (1995) : Doppler assessment of blood flow in CPR and surgical patients. In: KIRK/BONAGURA (eds.), *Current Veterinary Therapy XII*, Saunders. 113-117.
- Grandy J.L.* (1992) : Evaluation of the Doppler ultrasonic method of measuring systolic arterial blood pressure in cats. *Am J Vet Res* 53, 1166-1169.
- Hansen B.* (1995) : Blood pressure measurement. In : Kirk/Bonagura (eds.), *Current Veterinary Therapy XII*, Saunders. 110-112.
- Hendricks J.C., King L.G.* (1994) : Usefulness and limits of end-tidal carbon dioxide monitoring in critical small animal patients. *J Vet Emerg and Crit Care* 4, 29-39.
- Kaplan P.M.* (1992) : Monitoring. In: Murthaugh R.J., Kaplan P.M. (eds.), *Veterinary Emergency and Critical Care*, Mosby Year Book, 21-37.
- Lee-Parritz D.E., Pavletic M.M.* (1992) : Physical and chemical injuries: Heatstroke, hypothermia, burns, and frostbite. In: Murthaugh R.J., Kaplan P.M. (eds.), *Veterinary Emergency and Critical Care*, Mosby Year Book, 194.
- Machon R.G., Raffé M.R., Robinson E.P.* (1994) : The caudal vena cava is an alternative site for the measurement of central venous pressure (ZVD) in cats. Abstract, *Proceedings Int. Vet. Emergency and Critical Care Symposium*, San Antonio, Texas, 4, 699.
- Meyer R.M., Short C.E.* (1985) : Arterial to end-tidal CO₂ tension and alveolar dead space in halothane or isoflurane-anesthetized ponies. *Am J Vet Res* 46: 597-599.
- Osborn C.A., Low D.G.* (1972) : The application of principles of fluid and electrolyte therapy to patients with renal failure. *J Am Anim Hosp Assc* 8, 181.
- Paatsama S.* (1975) : Kälteschäden. In: Schebitz H. und Brass W. (eds.), *Allgemeine Chirurgie*, Verlag Paul Parey, 505.
- Purvis D., Kirby R.* (1994) : Systemic inflammatory response syndrome: Septic Shock. *Vet Clin North Am Sm Anim Pract* 24, 1225-1247.
- Rivera A., Spreng R., Kirby R., Crowe D.T.* (1994) : An adapted central venous catheter suitable for large breed dogs (30 kg). Abstract, *Proceedings Int. Vet. Emergency and Critical Care Symposium*, San Antonio, Texas, 696.
- Ross L.* (1992) : Hypertension. In: Murthaugh R.J., Kaplan P.M. (eds.), *Veterinary Emergency and Critical Care*, Mosby Year Book, 648-656.
- Rudloff E., Kirby R.* (1994) : Hypovolemic shock and resuscitation. *Vet Clin North Am Sm Anim Pract* 24, 1015-1039.
- Tremper K.K., Barker S.J.* (1989) : Pulse oximetry. *Anesthesiology* 70, 98-108.
- White G.A., Matthews N.S., Hartsfield S.M., Walker M.A., Slater M.R.* (1994) : Pulse oximetry for estimation of oxygenation in dogs with experimental pneumothorax. *J Vet Emerg and Crit Care* 4, 69-76.

Korrespondenzadresse: Dr. D. E. Spreng, Abteilung für Chirurgie und Orthopädie, Klinik für Kleine Haustiere, Universität Bern, Länggass-Strasse 128, CH-3012 Bern