

Fortschritte bei der Behandlung des neugeborenen Fohlens mit respiratorischer Insuffizienz: Behandlung

A. I. Webb, T. J. Coons¹, Anne M. Koterba und P. C. Kosch²

Departments of Medical Sciences and Physiological Sciences²,
College of Veterinary Medicine, and Respiratory Care Services,
Shands Teaching Hospital¹,
University of Florida

Einführung

Die größten Probleme treten bei der Versorgung von Fohlen mit respiratorischer Insuffizienz auf. Dazu sind Widerständigkeit des Patienten, Erhaltung der Stute-Fohlen-Beziehung, Ersatz von Körperflüssigkeit und Verabreichung von zusätzlicher Nahrung sowie die Tatsache zu rechnen, daß man eine spezielle Ausrüstung und beträchtliche Kraft benötigt. Gute Grundpflegemaßnahmen und eine elementare Beatmungstherapie leisten jedoch in den meisten Fällen schon große Dienste. Einige Verfahren, die man am Veterinary Teaching Hospital des College of Veterinary Medicine der University of Florida entwickelt hat, werden hier in Einzelheiten ausgeführt und außerdem neue Methoden, die noch in Erprobung sind.

Wiederbelebung

Nach einem Kollaps hat ein Fohlen Untertemperatur, einen niedrigen Blutdruck und/oder reagiert nicht auf äußere Reize; um ein akutes Versagen des Herz-Lungen-Systems zu verhüten, muß man sofort Wiederbelebnungsmaßnahmen einleiten. Wenn das Fohlen nicht selbst atmet, ist eine Notbeatmung erforderlich, und zu diesem Zweck ist ein selbstfüllender Wiederbelebnungsatembeutel (Drager Bag Resutator Resuscitation Unit, North American Drager), der das Inspirationsgasgemisch auch mit Sauerstoff anreichern kann, sehr gut geeignet. Nach Ansicht der Autoren ist hierfür eine endotracheale Intubation erforderlich, andere haben dagegen die Anwendung einer Gesichtsmaske für Hunde befürwortet (Martens, 1982). Der Flüssigkeitsersatz geschieht mit Plasma oder Elektrolyt- und Dextroselösungen in ausgewogener Zusammensetzung, 5 bis 15 ml/kg Körpergewicht (KG)/h (Webb, 1982).

Die Atmungsinsuffizienz ist ein bedenklicher Zustand, der erhöhte Aufmerksamkeit verdient, wobei besondere Sorge der Freihaltung des Atmungstrakts zu gelten hat. Ist das Fohlen hypoxisch, so muß ein sauerstoffangereichertes Inspirationsgasgemisch appliziert werden.

Zusammenfassung

Es werden Fortschritte in der Therapie bei Fohlen mit respiratorischer Insuffizienz besprochen. Das Prinzip dieser Therapie besteht in der Erhaltung des Lebens des Fohlens durch Freihalten der Luftwege, Wiederbelebnungsmaßnahmen mit Hilfe von Flüssigkeitseratz und Wärmeapplikation, Verabreichung von Sauerstoff mit erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt zur Anhebung der anteilmäßigen Konzentration des eingeatmeten Sauerstoffs, um dadurch der Hypoxie vorzubeugen, und der Durchführung unterstützender Beatmung, wenn die Hyperkapnie einen kritischen Bereich erreicht. Zu der genannten unterstützenden Beatmung gehören assistierte und kontrollierte Ventilation, endexpiratorische Überdruckbeatmung, kontinuierliche Produktion von Überdruck im Atmungstrakt und intermittierende Wechseldruckbeatmung. Es wird auf das Ziel dieser Verfahren eingegangen, ebenso auf die jeweilige Indikation dafür, auf ihre Nachteile und eventuelle Komplikationen. Die sekundäre Therapie umfaßt Coupage, Reinhaltung der Atemwege, Arzneimitteltherapie und Streßbehandlung. Verglichen mit der humanmedizinischen Neonatologie, sind die Kenntnisse in der Neonatologie beim Pferd begrenzt. Es bedarf vermehrter Information, was die Grundlagen der Physiologie und Pharmakologie mit Bezug auf die Neonatologie beim Pferd betrifft, und die Wirkung verschiedener therapeutischer Verfahren muß in ihrem Wert erst noch bestimmt werden.

Nach einem Kollaps ist das Fohlen meist unterkühlt und muß abgetrocknet und in eine Decke gewickelt werden, um die Körperwärme zu halten. Wenn dann die Körpertemperatur zu steigen beginnt, kann man allmählich Wärme von außen mit Infrarotwärmelampen, Decken mit zirkulierendem Warmwasser und erhöhter Umgebungstemperatur zuführen. Zugluft muß vermieden werden. Die Wärmeapplikation von außen darf nicht zu rasch erfolgen, weil eine plötzliche periphere Vasodilatation schlagartig einen lebensbedrohlichen Kreislaufkollaps auslöst, indem sie den Gefäßraum vergrößert und abgelagerte Stoffwechselprodukte wieder zurück in den zentralen Blutkreislauf bringt.

Einen Kreislaufkollaps, der nicht auf Flüssigkeitseratz anspricht, kann man mit Dopamin (Intropin; Anar Stone, Puerto Rico) oder Dobutamin (Dobutrex; Eli Lilly & Co, Indianapolis) behandeln, das im Dauertropf (2 bis 5 bzw. 2 bis 10 mg/kg KG/Min.) verabreicht wird; eine paravenöse Injektion ist aber sorgfältig zu vermeiden und die Tropfgeschwindigkeit der Kreislaufreaktion anzupassen. Diese Medikamente vermindern die Reaktion des Atemzentrums auf die Hypoxie (Ward und Bellville, 1982).

Mit Hilfe der Blutgasanalyse sollte der Säure-Basen-Status bestimmt werden. Bei metabolischer Azidose (pH unter 7,3 und Bikarbonat unter 21 mVal/Liter) ist eine langsame Applikation von Natriumbikarbonat indiziert. Die theoretisch benötigte Bikarbonatdosis pro kg KG läßt sich als Differenz zwischen angestrebter und tatsächlicher Bikarbonatkonzentration, multipliziert mit 0,3 (d. h. ausgehend von einer 30prozentigen Bikarbonatverteilung im Körper) berechnen. Es sollte jedoch höchstens die Hälfte dieser Dosis verabreicht und dann der Säure-Basen-Status des Fohlens wieder überprüft werden. Sehr große Mengen darf man nicht applizieren. Auch ist die Lösung nicht zu rasch zu infundieren, da sonst die Gefahr einer Blutung im Zen-

tralnervensystem besteht (*Simmons, Adcock, Bara und Battaglia, 1974*). Die metabolische Azidose ist unter Umständen mit der Anhäufung von viel Milchsäure infolge der gestörten Sauerstoffversorgung und Durchblutung verbunden. Sind Sauerstoffversorgung und Oxygenation verbessert, so geht auch oft die Azidämie zurück; eine schwere Laktazidose stellt aber eine Indikation für die Bikarbonattherapie dar (*Frommer, 1983*).

Korrektur der Hypoxie

Die Hypoxie kann korrigiert werden: (a) indem man sicherstellt, daß die Luftwege frei sind und auch offen bleiben, und indem man das Fohlen so lagert, daß Atmung und Sauerstoffversorgung möglichst wirkungsvoll funktionieren; (b) indem man die anteilmäßige Konzentration des eingeatmeten Sauerstoffs erhöht (FI_{O_2}) und so für einen ausreichenden Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes sorgt.

Lagerung

Am besten ist die gestreckte Kopfhaltung, und einschnürende Verbände/Riemen um Kopf, Hals und Brust sind zu vermeiden. Unter den Kopf des Fohlens sollte man eine saubere gepolsterte Unterlage geben, damit es nicht versehentlich Schmutz oder Einstreu in Nase und Maul bekommt und die Augen geschützt werden. Alles, was die Atmung behindert, muß entfernt bzw. verhindert werden.

Absaugen

Bei Fohlen, die ihre Luftwege nicht selbst freihalten können, sind Nasen-Rachen-Raum und Trachea regelmäßig etwa alle 4 Stunden zu reinigen und abzusaugen. Das Absaugen sollte mit langen (56cm) 10- bis 15-auge-Absaugkathetern (D-line coude suction catheter; National Catheter Corp, Argyle, New York) geschehen. Werden diese Katheter aus den Atemwegen gezogen, entsteht ein Saugeffekt. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn man den Katheter beim Herausziehen um seine Achse dreht, um die Wände zu reinigen. Es dürfen keine langen Saugperioden entstehen, weil man damit eventuell das Kollabieren der Lunge und einen vorübergehenden, aber recht starken Abfall der arteriellen Sauerstoffkonzentration fördert (*Boutros, 1970*).

Künstlicher Luftweg

Bei einigen Patienten ist wahrscheinlich ein künstlicher Luftweg in Form eines endotrachealen Tubus und/oder einer Tracheotomie erforderlich. Der Endotrachealtubus kann entweder durch die Maulhöhle oder die Nase geschoben werden (*Webb, 1984*). Am Veterinary Medical Teaching Hospital ist man zur Überzeugung gelangt, daß der durch die Nase geschobene Tubus sich beim nichtnarkotisierten Fohlen leichter einbringen und handhaben läßt. Für Fohlen bis zum Alter von einem Monat sind Silikongummi-Endotrachealtuben (Bivona Surgical Inc, Gary, Indiana) mit 8 bis 10 mm Innendurchmesser und 45 bis 55 cm Länge zu empfehlen. Tuben in dieser Länge müssen zwar extra hergestellt werden, sichern aber optimal die Atmung. Eine Tracheotomie ist mehr die Ausnahme als die Regel, ist aber

dann angezeigt, wenn die Verlegung der Luftwege nicht anders behoben werden kann. Intubation über einen längeren Zeitraum hinweg und Tracheotomie bringen die Gefahr einer persistierenden Trachealstenose mit sich.

Im Idealfall sollten die Fohlen auf der Brust liegen, wenn immer dies möglich ist. Dies erfordert jedoch beträchtlichen Kraftaufwand. Bei Fohlen in Seitenlage ist hingegen eine gute Versorgung durch Pfleger (häufiges Wenden von einer Seite auf die andere, Kälteschutz, passive Bewegung der Gliedmaßen, Schutz der Augen sowie Reinigung und Massage der Haut am ganzen Körper) für einen günstigen Ausgang der Krankheit erforderlich.

Steigerung der anteilmäßigen Konzentration des eingeatmeten Sauerstoffs

Die FI_{O_2} läßt sich am einfachsten steigern, indem man Gas mit Sauerstoffkonzentration von 100 Prozent insuffliert. Dies ersetzt einen Teil der rückgeatmeten Totraumgase, (die in der Regel einen Sauerstoffgehalt von 15 Prozent haben) durch 100 Prozent Sauerstoff. Das Volumen des Totraums, dessen Gasinhalt ausgetauscht wird, hängt von der Sauerstoffströmungsgeschwindigkeit ab und davon, wie tief der Tubus im oberen Respirationstrakt ist. Man führt die Insufflation beim Fohlen meist durch den Nasengang hindurch aus (*Rose, Love, Amos und Bergin, 1979; Rose, Hodgson, Leadon und Rosedale, 1983*) und läßt das Gas mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 10 Litern/Min. einströmen. Es sollte einen erhöhten Feuchtigkeitsgehalt besitzen, ausgenommen wenn es sich um eine kurzzeitige Notfallbeatmung handelt (*Chalon, Loew und Malebranche, 1972*), um Austrocknung der Luftwege und Wärmeverlust zu verhindern. Nur richtig geformte, atraumatische, dünne, keinen Reiz verursachende, durch die Nase einzuführende Katheter sollten benützt werden. Man muß solche Katheter richtig im Nasopharynx plazieren und gegen Verrutschen sichern. Am Teaching Hospital werden diese Katheter mittels Klebeband und Fadenzügel an Maul und Nüstern fixiert. Trotzdem ist der Sitz häufig zu kontrollieren, um etwaige Lageveränderungen möglichst gering zu halten.

Durch die Nase eingeführte Katheter müssen mindestens einmal täglich ausgewechselt und die Nase muß auf wunde Stellen untersucht werden. Es kommt immer zu einer gewissen Irritation, und manchmal tritt am zweiten oder dritten Tag schleimig-eitriger Nasenausfluß auf. Eine andere Art vorzugehen ist die Anwendung eines Venturi-Systems (Multi-Vent IMV Set up; Hudson Oxygen Therapy Sales Co, Orange Park, Florida) (*Waeber, 1973*). Die FI_{O_2} läßt sich mit Venturi-Systemen leichter kontrollieren als bei nasaler Insufflation, aber bei Patienten, die sich bewegen können, sind die Anwendungsmöglichkeiten zum jetzigen Zeitpunkt noch begrenzt. Die tatsächliche, mit nasaler Insufflation bei unterschiedlicher Sauerstoffströmungsgeschwindigkeit erzielte FI_{O_2} hat man bisher nicht bestimmt. Die Entscheidung darüber, wann eine Therapie begonnen und wann sie abgebrochen wird, sowie die Abwägung der Gefahren, welche solche Maßnahmen in sich bergen, ist etwas subjektiv. Eine arterielle Sauerstoffspannung (Pa_{O_2}) von unter 60 mm Hg ist eine objektive Indikation für die Erhöhung der FI_{O_2} . Zu den weiteren Anzeichen gehören die

vermehrt angestrenzte Atmung, zurückgezogene Maulwinkel und zyanotische Schleimhäute. Oft bestätigt sich die Diagnose rasch, wenn nach Anhebung der FI_{O_2} die Kraftanstrengung für die Atemtätigkeit und die Unruhe geringer werden. Sehr hohe Sauerstoffspannungen sind nicht wünschenswert, und daher stellt der Anstieg des Pa_{O_2} auf über 90 bis 100 mmHg das Signal zur Verminderung der FI_{O_2} dar. Die Sauerstofftherapie kann abgebrochen werden, wenn der Pa_{O_2} im normalen Bereich bleibt und der Zustand des Fohlens stabil ist oder sich sogar noch bessert. Das Absetzen der Sauerstofftherapie sollte schrittweise erfolgen, und man sollte dabei erneut die Blutgaswerte messen, um sicherzugehen, daß der Zustand des Fohlens stabil bleibt.

Korrektur der Hypoventilation

Hypoventilation hat einen Anstieg der arteriellen Kohlendioxidspannung (Pa_{CO_2}) zur Folge. Eine leichte Erhöhung muß nicht gleich schädlich sein, weil die mit ihr einhergehende Freisetzung von Katecholaminen die Herzfunktion in positiver Weise anregt. Sekundäre Störungen des Säure-Basen-Haushalts können dagegen einen ungünstigen Einfluß auf lebenswichtige Zentren wie das Gehirn und das Myokard ausüben. Die Hypoventilation kann nur behandelt werden, indem man die Ventilation steigert — entweder chemisch oder mit Hilfe von Überdruckbeatmung.

Chemische Stimulation

Die chemische Stimulation erfolgt mit Doxapramhydrochlorid, einem Atemstimulans, das sowohl an den peripheren Chemorezeptoren als auch an den Neuronen des Atemzentrums in der Medulla wirkt. Doxapram (Dopram-V; A. H. Robins Co, Richmond, Virginia) kann man als intravenösen (iv) Bolus (0,5 bis 2,5 mg/kgKG) applizieren, um eine sofortige und vorübergehende Verstärkung der Ventilation einzuleiten, oder als iv Dauerinfusion (0,02 bis 0,05 mg/kgKG/Min.), nach Wirkung dosiert. Der Wirkstoff regt zwar das Atemzentrum an und steigert damit die Ventilation, führt aber in der Regel nicht zu einer Wiederöffnung kollabierter Alveolen oder Luftwege. Außerdem verstärkt er die Myokardtätigkeit und erhöht den Sauerstoffbedarf zu einem Zeitpunkt, zu dem die Sauerstoffversorgung an sich schon beeinträchtigt ist. Doxapram sollte nur dann angewandt werden, wenn eine Depression des Zentralnervensystems besteht und/oder keine Überdruckbeatmung durchgeführt werden kann. Theophyllin, das man herkömmlicherweise als Bronchodilatator appliziert hat, hat sich als wirksam bei der Verbesserung der Kontraktilität des Zwerchfells beim Menschen erwiesen, besonders während Ermüdungszuständen (Aubier et al., 1981).

Überdruckbeatmung

Eine verstärkte Ventilation ist durch manuelle Unterstützung mittels eines Atembeutels zu erreichen oder mit Hilfe eines automatischen Beatmungsgerätes. Auf beiden Wegen ist Überdruck (d. h. ein höherer als der atmosphärische Druck) im Atmungstrakt produzierbar.

Ziel der Überdruckbeatmung ist

- die Aufrechterhaltung einer ausreichenden Sauerstoffversorgung bei niedrigst möglicher FI_{O_2} und mittlerem physiologischem Druck in den Luftwegen;
- die Erhaltung eines normalen Pa_{CO_2} bei einem Atemzugvolumen und einem Druck in den Atemwegen, die das Kreislaufsystem so wenig wie möglich negativ beeinflussen, unter gleichzeitiger Einstellung einer optimalen arteriellen Sauerstoffkonzentration;
- das Fohlen selbst nur so lang wie unbedingt nötig dieser künstlichen Beatmung zu unterziehen. Dies ist am besten bei intermittierender Wechselluftbeatmung möglich, einem Beatmungstakt, bei welchem eine möglichst kleine Anzahl von Überdruckatemzügen vorgegeben wird, zwischen denen das Fohlen spontan atmet.

Es wurde versucht, mit Hilfe eines Nasenaufsatzes und der Produktion eines permanenten Überdrucks im Atmungsapparat die Ventilation zu verbessern (Koterba, Haibel und Grimmet, 1983), was jedoch eine unverantwortbare Gasauftreibung des Magens nach sich zog. Rückblickend glaubt man aber, daß dieses Phänomen mit einer Nasen-Magen-Sonde und Absaugen hätte unter Kontrolle gebracht werden können.

Die Durchführung der Überdruckbeatmung ist bei Fohlen einfacher nach endotrachealer Intubation durch die Nase (Webb, 1984). Die Tatsache, daß der Tubus auch im Kehlkopf zu liegen kommt, macht die Fütterung durch eine Sonde erforderlich. Eine andere Möglichkeit besteht in der Tracheotomie, die aber auch ihre Probleme aufwirft. Überdruckbeatmung kann auf mehrere Arten geschehen, jedoch hat man erst wenige beim Fohlen angewandt. Ihre detaillierte Besprechung geht über den Umfang dieser Übersicht hinaus, und der Leser wird auf die Standardwerke über Beatmungstherapie verwiesen (Egan, 1977; Shapiro, Harrison und Trout, 1979). Grundsätzlich sind es die folgenden beiden Methoden:

Assistierte Beatmung: Bei der assistierten Beatmung bestimmt das Fohlen den Beginn der Inspirationsphase, und der Atemzyklus wird unter Zuführung von Überdruck zu Ende geführt. Man kann die Größe des Atemzugs oder das Atemvolumen (V_t) erhöhen, aber das Fohlen reguliert die Frequenz. Die Anzahl der Atemzüge verändert sich meist nicht als Reaktion auf die assistierte Beatmung. Das Atemminutenvolumen ist vergrößert, weil V_t bei assistierter Beatmung dazu tendiert, höher als während einer spontanen Atmung zu sein. Außerdem ist die beim Atmen zu leistende Arbeit vermindert, wodurch der Sauerstoffbedarf sinkt. Das von Riebold, Evans und Robinson (1980) und von Waterman, Jones und Richards (1982) beschriebene Ventil kann hierbei benützt werden. Diese Klappe (Hudson Demand Valve, Model 5040; Hudson Oxygen Therapy Sales Co, Orange Park, Florida) hat man am Teaching Hospital herangezogen, um die Atmung bei einem vier Monate alten Fohlen mit schwerer Pneumonie zu unterstützen. Das Fohlen wurde im Stehen durch die Nase intubiert.

Kontrollierte Beatmung: Bei der kontrollierten Beatmung bestimmt der Ventilator den Beginn der Inspirationsphase, und so reguliert derjenige, der das Gerät bedient, die Atemfrequenz ebenso wie V_t .

Hochfrequenzbeatmung und Biofeedback-Technik versprechen, neue Entwicklungen in der Beatmungstherapie einzuleiten. Davon wird an anderer Stelle berichtet (Bunnell, 1981). Bei der mechanischen Beatmung hat man alle Faktoren wie Druck auf dem Höhepunkt der Inspiration, Geschwindigkeit der Druckzunahme, Geschwindigkeit der Druckabnahme, Druck bei der Expiration und Dauer der postexpiratorischen Atempause selbst zu regulieren. Die kontrollierte Beatmung, bei welcher die Expiration bei atmosphärischem Druck stattfindet (intermittierende Überdruckbeatmung), besitzt die größte Anwendungsbreite. Endexpiratorischer Überdruck tritt auf, wenn der Druck im Atmungstrakt am Ende der Expiration höher als der atmosphärische Druck ist. Beim Menschen wird der endexpiratorische Überdruck eingesetzt, um einen erhöhten, Dehnung verursachenden Druck in den Luftwegen aufrechtzuerhalten und dadurch einen Verschluss der kleineren Atemwege zu verhindern und die Gasverteilung und damit auch den Gasaustausch zu verbessern. In dieser Situation macht der endexpiratorische Überdruck unter Umständen eine Überdruckbeatmung und/oder eine hohe FI_{O_2} überflüssig. Bei normalen erwachsenen Pferden hat der endexpiratorische Überdruck jedoch einen ungünstigen Einfluß auf das Kreislaufsystem (Beadle, Robinson und Sorenson, 1975). Die Applikation von endexpiratorischem Überdruck bei anästhesierten normalen fünf Tage alten Fohlen, die spontan atmeten, führte zu schwerer Hypoventilation (unveröffentlichte Beobachtungen). Zu prüfen ist der endexpiratorische Überdruck noch bei Fohlen mit Erkrankung des Atmungsapparats und starrer Lunge, wo der verbesserte Gasaustausch vielleicht die nachteiligen Effekte überwiegt.

Beatmungsgeräte

Am Teaching Hospital hat es sich klar erwiesen, daß der treibende Druck, der erforderlich ist, um die bei einer Atelektase oder Pneumonie starren Lungen genügend aufzublasen, meist die Leistungsfähigkeit der in ihrem Kreislauf druckgesteuerten Beatmungsgeräte übersteigt.

Eine Maschine mit volumengesteuertem Kreislauf scheint das Gerät der Wahl zu sein. Mit einem solchen Modell (IM Ventilator Model 3-AVM; J. H. Emerson Co, Cambridge, Massachusetts), mit dem auch intermittierende Wechseldruckbeatmung durchgeführt werden kann, hat man atemungsinsuffiziente Fohlen bedarfsgerecht beatmet. Dieses Gerät besitzt mehrere günstige Eigenschaften, u. a. Befeuchtung und Erwärmung des Inspirationsgasgemischs, Produktion endexpiratorischen Überdrucks und permanenten Atmungstraktüberdrucks sowie einfache Kontrollfunktionen.

Während der Beatmung muß der Zustand des Fohlens überwacht werden. Die Wahl des Spitzendrucks in den Luftwegen und seines Zeitpunkts trifft man am besten anhand der Beobachtung des Patienten und der Blutgasanalyse.

$PaCO_2$ ist der erklärte Indikator für die Wirksamkeit einer mechanischen Beatmung, da er umgekehrt proportional zur Ventilation der Alveolen ist. $PaCO_2$ -Werte über 50 mmHg zeigen eine Hypoventilation an, die eventuell

unterstützende Beatmung erfordert, während Werte über 60 mmHg und noch ansteigende ein Hinweis dafür sind, daß das Fohlen beatmet werden muß. In Grenzfällen hilft die Reaktion auf die Sauerstofftherapie bei der Entscheidung, ob eine Überdruckbeatmung angezeigt ist oder nicht. Der PaO_2 reflektiert sowohl den Stand der alveolären Ventilation als auch die FI_{O_2} . Ein PaO_2 unter 60 mmHg bei Fohlen zeigt an, daß mehr Sauerstoff benötigt wird. Sinkt der PaO_2 unter 50 mmHg, so ist die Behandlung obligatorisch. Bei erfolgreicher Therapie und ansteigendem PaO_2 sind FI_{O_2} und Überdruckbeatmung auf die minimale Erhaltungsstufe einzustellen.

Die Fixierungsmaßnahmen am Fohlen sind ein limitierender Faktor bei der Durchführung der Atmungsüberwachung. Im Zustand schwerer Depression ist das Fohlen vielleicht zu schwach zum Strampeln, kräftigere Fohlen machen aber größere Schwierigkeiten. Hypoxische Fohlen strampeln oft, beruhigen sich aber gewöhnlich, wenn die Hypoxie sich normalisiert. In vielen Fällen muß man sie regelrecht festhalten, um zu verhindern, daß sie sich selbst verletzen. Es können sogar Sedation, Anästhesie oder neuromuskuläre Relaxation erforderlich werden, doch sind diese in der tierärztlichen Praxis schwierig über längere Zeit aufrechtzuerhalten.

Coupage

Diese Technik, bei der dem Brustkorb des Fohlens mit der hohlen Hand leichte Schläge versetzt werden, um bestehende Adhäsionen von dem Atmungstrakt entstammendem Sekret zu lösen, hat sich als nützlich erwiesen. Die Verbesserung des Sekretabflusses aus den Luftwegen durch entsprechendes Halten oder Lagern des Fohlens bleibt noch zu untersuchen.

Reinhaltung der Luftwege

Die Reinhaltung der Luftwege ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Behandlung zur Verhütung von Obstruktionen und Infektionen. Wenn Sekretmassen sich ansammeln und verfestigen, führt dies zur Verengung der Luftwege. Diese Sekrete stellen ein ideales Kulturmedium dar, und so erhalten bedingt pathogene Keime und solche, die der physiologischen Flora des Atmungstrakts entstammen, Gelegenheit, sich in den oberen Atemwegen zu vermehren. Endotracheal- und Tracheotomietuben sollte man mit Hilfe von Dampf und durch Absaugen mindestens alle 3 bis 4 Stunden reinigen und alle 24 Stunden auswechseln. Unter Umständen leistet ein mukolytischer Wirkstoff wie N-Acetylcystein (Mucomyst; Mead Johnson & Co, Evansville, Indiana) im Verdampfer gute Dienste. „Künstliche Nasen“ sind manchmal auch nützlich. Es sind kleine Befeuchtungs- und Filtervorrichtungen, die auf das Ende des Tubus gesetzt werden (Gedeon und Mebius, 1979; Weeks und Ramsey, 1983).

Medikamente

Einige Kliniker befürworten die Anwendung von Medikamenten, um damit die Erweiterung der Luftwege und das Aushusten von Schleim voranzutreiben, andere wiederum bezweifeln ihren Wert (Beech, 1979; Paterson, Woolcock und Shenfield, 1979; Zsoter, 1982). Theophyllin (Elixophyllin;

Berlex Laboratories Inc, Wayne, New Jersey) ist in einer empfohlenen Dosierung von 4 bis 7 mg/kgKG dreimal täglich der Hauptbronchodilatator. Es führt auch zur Anregung des Zentralnervensystems, zur Myokardstimulation und zur Diurese. Guaifenesin (Robitussin; A. H. Robins Co, Richmond, Virginia) ist vielleicht das Expektorans der Wahl, obwohl seine nutzbringende Wirkung beim Fohlen dadurch, daß es kaum hustet, beschränkt ist. Es wäre vorstellbar, Husten zu imitieren, indem man einer tiefen Überdruckinspiration eine verstärkte Expiration durch rasche manuelle Kompression des Brustkorbs folgen läßt.

Andere Verfahren

Neuentwicklungen stellen die hyperbare Therapie, beim Hund bereits erprobt (*Cooper, Unsworth, Turner und Ilkiw, 1976*), und die exogene Surfactant-Therapie bei der Membranerkrankung der Früh- und Neugeborenen (*Robertson, 1983*) dar, die wert sind, weiterhin untersucht zu werden. Von größter Wichtigkeit ist, das Fohlen als Ganzes und nicht nur die Lungen zu behandeln. Man hat für streßfreie, bequeme Unterbringung zu sorgen. Es darf nicht zu viel am Patienten manipuliert werden, und er braucht angemessene Nahrung. Das Futter muß ausreichend Energie und Eiweiß enthalten, ohne daß der Inhalt des Magen-Darm-Trakts hyperosmolar wird. Wenn möglich, muß man die primäre Ursache der respiratorischen Insuffizienz behandeln. In der Regel gehört dazu eine antibiotische Therapie und die Applikation von Antikörpern bei Fohlen mit Abwehrschwäche.

Komplikationen

Erhöhte anteilmäßige Konzentration des eingeatmeten Sauerstoffs

Als Folge der Therapie können eine Reihe von Komplikationen auftreten. Solche, die aus der Applikation einer hohen FI_{O_2} entstehen, reichen von einer Schädigung der Schleimhaut des Atmungstrakts durch kaltes, trockenes Gasgemisch bis zu den manifesten Erscheinungen einer Sauerstoffvergiftung. Hinsichtlich der Gefahr einer Sauerstoffvergiftung gibt es keine Zahlenangaben, sie erscheint aber gering, weil es sogar beim Menschen einer über 24stündigen Verabreichung von 100prozentigem Sauerstoff bedarf, bevor erste Anzeichen einer Vergiftung auftreten (*Clark und Lambertson, 1971*). Die Anhebung des PaO_2 kann auch zu einer Abnahme der Atemtätigkeit führen, da jeglicher hypoxisch bedingte Antrieb beseitigt wird. Dies ruft wiederum unter Umständen einen Anstieg des $PaCO_2$ hervor.

Endotracheale Intubation: Bei der Intubation traumatisiert man möglicherweise die Trachea. Außerdem kann sich der Tubus verlagern, oder der Anschluß löst sich. Dies ist ein heimtückisches Problem, weil es leicht übersehen wird. Fohlen sind oft widerspenstig und unruhig, und man muß ununterbrochen auf sie aufpassen. Es können Alarmsysteme benützt werden, die in moderne Beatmungsgeräte eingebaut sind, aber sie sind nicht absolut zuverlässig.

Überdruckbeatmung: Die Überdruckbeatmung kann die Lunge insoweit schädigen, als Luft ins extraalveoläre Gewe-

be gelangt. Dieses Risiko besteht vor allem dann, wenn mit hoher Atemfrequenz, hohem inspiratorischem Druck oder hohem mittlerem Druck im Atmungstrakt beatmet wird. Die Hauptgefahr ist ein Spannungspneumothorax, und jede Verzögerung bei der Diagnose oder Behandlung endet unter Umständen tödlich für das Fohlen. Zu den weiteren Komplikationen bei der Überdruckbeatmung gehören Kreislaufabfall und übermäßige Sekretion von antidiuretischem Hormon (*Papageorgiou und Moffat, 1976*). Das letztere Problem, das vielleicht weiter verbreitet vorkommt als ursprünglich angenommen, führt zu Hyponatriämie bei Normokaliämie.

Atemgasbefeuchtung: Die Komplikationen bestehen in Überladung mit Flüssigkeit, plötzlich eintretendem Bronchospasmus, Kontamination und Quellung von eingetrockneten festsitzenden Sekretmassen bei der Wasserabsorption.

Infektion: Jede Infektion ist energisch zu behandeln, wozu Pflege im Isolationsstall, Sterilisation aller zur Beatmung benützten Geräte und konsequente Asepsis gehören. *Koterba, Brewer und Tarplee (1984)* haben dieses Problem beschrieben.

Komprimierte Gase: Ausführungen über Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Anwendung komprimierter Gase machen *Webb und Warren (1982)*.

Zum Schluß erhebt sich die Frage, ob eine erfolgreiche Therapie womöglich lediglich dazu dient, daß „Atmungskrüppel“ aufwachsen können. Beim Menschen gibt es gewisse Hinweise darauf, daß eine Verbindung zwischen Atmungs-erkrankungen in der Kindheit und diesbezüglichen Schwierigkeiten im Erwachsenenalter besteht (*Samet, Tager und Speizer, 1983*). Wir müssen diese Fälle weiter verfolgen, um uns ein Urteil über die Verhältnisse beim Fohlen bilden zu können.

Schlußfolgerungen

Die Fortschritte in der Neonatologie beim Pferd beruhen weitgehend auf den Erkenntnissen der humanmedizinischen Neonatologie und Atemtherapie, und obgleich die Neonatologie beträchtliche Fortschritte gemacht hat, sind die Wirkungen der Therapie, auf lange Sicht betrachtet, oft unbekannt. Die Ergebnisse der Behandlung von Fohlen mit respiratorischer Insuffizienz müssen schriftlich festgehalten werden, damit weiterhin Fortschritte erzielt werden können.

Die Autoren danken ihren Kollegen am Veterinary Medical Teaching Hospital, den Studenten und dem Personal für die Fürsorglichkeit, den Enthusiasmus und die kritische Beobachtungsweise, die wir brauchen, um Fohlen mit respiratorischer Insuffizienz noch besser behandeln zu können. Die Autoren sprechen ebenfalls ihren Dank der University of Florida, der Thoroughbred Breeders' Study Group und der Florida Thoroughbred Breeders' Association aus für die finanzielle Unterstützung. Diese Arbeit wird veröffentlicht als Florida Agricultural Experimental Station Journal, Ausgabennummer 5092.

A. I. Webb,
Respiratory Care Services,
Shands Teaching Hospital,
University of Florida,
Gainesville,
Florida 32610, USA

Erschienen in *Equine Veterinary Journal* (1984) 16 (4) 319–323.
Übersetzt und veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung der British
Equine Veterinary Association.

Literatur

- Aubier, M., DeTroyer, A., Sampson, M., Macklem, P. T., und Roussos, C. (1981): Aminophylline improves diaphragmatic contractility. *New Eng. J. Med.* 305, 249–252.
- Beadle, R. E., Robinson, N. E., und Sorenson, P. R. (1975): Cardiopulmonary effects of positive end-expiratory pressure in anaesthetized horses. *Am. J. vet. Res.* 36, 1435–1438.
- Beech, J. (1979): Principles of therapy. *Vet. Clin. Nth. Am. Lrg. anim. Pract.* 1, 73–88.
- Boutros, A. R. (1970): Arterial blood oxygenation during and after endotracheal suctioning in the apneic patient. *Anesthesiol.* 32, 115–118.
- Bunnell, J. B. (1981): Respiratory assistance: A review of techniques, rationale, and problems with a glimpse at the future. *Ann. biomed. Eng.* 9, 645–657.
- Chalon, J., Loew, D. A. Y., und Malebranche, J. (1972): Effects of dry anaesthetic gases on tracheobronchial ciliated epithelium. *Anesthesiol.* 37, 338–343.
- Clark, J. M., und Lambertson, C. J. (1971): Pulmonary oxygen toxicity: A review. *Pharmac. Rev.* 23, 37–133.
- Cooper, N. A., Unsworth, I. P., Turner, D. M., und Ilkirk, J. E. (1976): Hyperbaric oxygen used in the treatment of gas gangrene in a dog. *J. small Anim. Pract.* 17, 759–764.
- Egan, D. F. (1977): *Fundamentals of Respiratory Therapy*, 2nd edn. C. V. Mosby, St Louis.
- Frommer, J. P. (1983): Lactic acidosis. *Med. Clin. Nth. Am.* 67, 815–829.
- Gedeon, A., und Mebius, C. (1979): The hygroscopic condenser humidifier. A new device for general use in anaesthesia and intensive care. *Anaesthesia* 54, 1043–1047.
- Koterba, A. M., Haibel, G. K., und Grimmet, J. B. (1983): Respiratory distress in a premature foal secondary to hydrops allantois and placentitis. *Comp. cont. Educ.* 5, 121–125.
- Koterba, A. M., Brewer, B. D., und Tarplee, F. A. (1984): Clinical and clinicopathological characteristics of the septicemic neonatal foal: A review of 38 cases. *Equine vet. J.* 16, 376–382.
- Martens, R. J. (1982): Neonatal respiratory distress: A review with emphasis on the horse. *Comp. cont. Educ.* 4, 23–33.
- Papageorgiou, A. N., und Moffatt, M. (1976): Bilateral pneumonia and inappropriate secretion of antidiuretic hormone in a premature infant. *Can. med. Ass. J.* 114, 1119–1120.
- Paterson, J. W., Woolcock, A. J., und Shenfield, G. M. (1979): Bronchodilator drugs. *Am. Rev. respir. Dis.* 120, 1149–1188.
- Riebold, T. W., Evans, A. T., und Robinson, N. E. (1980): Evaluation of the demand valve for resuscitation of horses. *J. Am. vet. med. Ass.* 176, 623–626.
- Robertson, B. (1983): Lung surfactant for replacement therapy. *Clin. Physiol.* 3, 97–110.
- Rose, R. J., Hodgson, D. R., Leadon, D. P., und Rosedale, P. D. (1983): Effect of intranasal oxygen administration on arterial blood gas and acid base parameters in spontaneously delivered, term induced and induced premature foals. *Res. vet. Sci.* 34, 159–162.
- Rose, R. J., Love, D. N., Amos, A., und Bergin, M. (1979): Intranasal oxygen in the treatment of staphylococcal pneumonia in a foal. *Vet. Rec.* 104, 437.
- Samet, J. M., Tager, I. B., und Speizer, F. E. (1983): The relationship between respiratory illness in childhood and chronic air-flow obstruction in adulthood. *Am. Rev. respir. Dis.* 127, 508–523.
- Shapiro, B. A., Harrison, R. A., und Trout, C. A. (1979): *Clinical Application of Respiratory Care*, 2nd edn. Year Book Medical Publishers, Chicago.
- Simmons, M. A., Adcock, E. W., Bara, H., und Battaglia, F. C. (1974): Hypernatremia and intracranial hemorrhage in neonates. *New Eng. J. Med.* 291, 6–10.
- Ward, D. S., und Bellville, J. W. (1982): Reduction of hypoxic ventilatory drive by dopamine. *Anesth. Analg.* 61, 333–337.
- Waterman, A. E., Jones, R. S., und Richards, D. L. S. (1982): Use of a demand valve for postoperative administration of oxygen to horses. *Equine vet. J.* 14, 290–292.
- Weaver, B. M. Q. (1973): An oxygen therapy mask for cattle. *Vet. Rec.* 92, 133–136.
- Webb, A. I. (1982): Fluid therapy in hypotensive shock. *Vet. Clin. Nth. Am.* 12, 515–531.
- Webb, A. I. (1984): Nasotracheal intubation in the foal. *J. Am. vet. med. Ass.* (In press).
- Webb, A. I., und Warren, R. G. (1982): Hazards and precautions associated with the use of compressed gases. *J. Am. vet. med. Ass.* 181, 1491–1495.
- Weeks, D. B., und Ramsey, F. M. (1983): Laboratory investigation of six artificial noses for use during endotracheal anaesthesia. *Anesth. Analg.* 62, 758–763.
- Zsoter, T. T. (1982): Clinical pharmacology of bronchodilators: A review. *J. Medicine* 13, 138–144.