

Ösophagusdruckmessungen zur Beurteilung der Lungenfunktion bei Fohlen

H.-J. Klein, E. Deegen und B. Otto

Klinik für Pferde
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Interpleuraldruckmessungen beim adulten Pferd und beim Pony sind wiederholt beschrieben worden (Klein und Deegen, 1987). Der Interpleuraldruck kann entweder nach einer Thoraxpunktion an der seitlichen Brustwand direkt oder weniger invasiv mittels Ösophagussonde indirekt gemessen werden. Der Ösophagusdruck läßt sich beim Pferd mit einem transportablen Gerät registrieren (Deegen und Klein, 1987 a und b). Ergebnisse über Ösophagusdruckmessungen beim Fohlen liegen bisher nicht vor.

Zur klinischen Untersuchung des Atmungsapparates beim Fohlen wird die Atemfrequenz, der Atemtyp und der Kraftaufwand für die Atemtätigkeit bestimmt. Die Auskultation des Lungenfeldes ist in vielen Fällen zwar zur Erkennung von Atmungsanomalien erforderlich, jedoch sind die Befunde nicht immer positiv mit der Schwere der Erkrankung korreliert (Kosch et al., 1984 und 1986).

In der Pferdeheilkunde ermöglichen die traditionellen klinischen Untersuchungsmethoden keine exakte Beurteilung der Atemfunktion.

Nach Rossdale (1969 a, 1985 und 1986) kann die Beurteilung der Atemfunktion beim Fohlen nach 4 Kriterien erfolgen: 1. Messung der Atemzugvolumina, 2. arterielle Blutgasanalyse, 3. Röntgenuntersuchung des Thorax und 4. Untersuchung des Kreislaufzustandes.

Das Atemzugvolumen und das Atemminutenvolumen lassen sich mittels Atemmaske und Respirator messen (Rossdale, 1969 b und 1970). Gesunde Fohlen haben in den ersten Lebenstagen im Mittel ein Atemzugvolumen von 553 ml und ein Atemminutenvolumen von 18,7 l. Gillespie (1975) maß die dynamische Compliance bei 4 Fohlen, sie betrug im Mittel 4,4 ml/cmH₂O/kg Körpergewicht.

Die arterielle Blutentnahme zur Blutgasanalyse kann bei Raumluftatmung oder für besondere Fragestellungen nach Beatmung mit Sauerstoff erfolgen. Bei Raumluftatmung beträgt der arterielle Sauerstoffpartialdruck (P_aO₂) 70 bis 100 mmHg. Der P_aO₂ steigt nach Beatmung mit reinem Sauerstoff bei lungengesunden Fohlen auf 200 bis 400 mmHg (Rossdale, 1986). Fohlen mit anomalen Shunts zeigen einen deutlich geringeren P_aO₂-Anstieg in Abhängigkeit von der Größe der Shunts (Rossdale, 1970; Rose et al., 1983; Stewart et al., 1984 a).

Stewart und Mitarbeiter (1984 b) stellten eine Abhängigkeit

Zusammenfassung

Ösophagusdruckmessungen beim Fohlen mit einem transportablen Meßgerät werden beschrieben. Bei insgesamt 32 Fohlen erfolgte die Bestimmung der maximalen interpleuralen Druckdifferenz (Δ Pplmax). Der Δ Pplmax-Mittelwert für die 17 lungengesunden Fohlen beträgt $2,4 \pm 0,7$ cmH₂O. Die 11 Fohlen mit geringgradiger Lungenerkrankung zeigten mit $4,1 \pm 1,5$ cmH₂O höhere Δ Pplmax-Werte, der Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant. Die 4 Fohlen mit hochgradiger Lungenerkrankung weisen mit $7,6 \pm 6,1$ cmH₂O gegenüber den lungengesunden Fohlen signifikant höhere Δ Pplmax-Werte auf ($p < 0,01$). Bei 14 Fohlen wurde die Ösophagusdruckmessung im Stehen, in Seitenlage und nach dem Wiederaufstehen durchgeführt. Dabei konnte eine Abhängigkeit der Δ Pplmax von der Körperhaltung nachgewiesen werden. Bei den hier untersuchten lungengesunden Fohlen bestand keine Abhängigkeit der Δ Pplmax vom Lebensalter oder vom Körpergewicht.

Esophageal Pressure Measurements in Foals

Esophageal pressure measurements with a transportable system in foals are described. In 32 foals the maximum change in interpleural pressure (Δ Pplmax) was assessed. Mean Δ Pplmax in 17 normal foals was 2.4 ± 0.7 cmH₂O. In 11 foals suffering from low-grade lung disease the mean Δ Pplmax was insignificantly higher (4.1 ± 1.5 cmH₂O) than in normal foals. The 4 foals suffering from high-grade lung disease showed a significant increase in mean Δ Pplmax with 7.6 ± 6.1 cmH₂O ($p < 0.01$). In 14 foals esophageal pressure measurement was performed in the standing position, in lateral recumbency, and in the standing position again. These measurements proved a correlation between Δ Pplmax and the body position. In lateral recumbency Δ Pplmax increased significantly ($p < 0.001$). The Δ Pplmax of the normal foals showed no correlation with the age or the body weight.

des P_aO₂ vom Lebensalter fest, der P_aO₂ stieg von 56,3 mmHg 2 Minuten post partum auf 74,9 mmHg nach 48 Stunden und auf 86,9 mmHg am 7. Lebenstag. Allerdings ist die Sauerstoffbindung an das Hämoglobin trotz des niedrigen Sauerstoffpartialdruckes in den ersten Lebenstagen relativ hoch, da ein niedriger intraerythrozytärer 2,3-Diphosphoglyceratgehalt beim Fohlen in den ersten 3 Lebenstagen eine erhöhte Sauerstoffbindungskapazität des Hämoglobins zur Folge hat (Martens, 1982).

Der P_aO₂ ist beim Fohlen, beim erwachsenen Pferd und auch beim Pony von der Körperhaltung abhängig. In Seiten- und Rückenlage ist er deutlich kleiner als in Brustlage oder im Stehen (Schatzmann et al., 1982; Hall, 1984; Kosch et al., 1984 und 1986; Rugh et al., 1984).

Die Röntgenuntersuchung des Thorax erlaubt eine Aussage darüber, wieviel Lungengewebe krankhaft verändert ist (Kosch et al., 1984 und 1986). Beim stehenden Fohlen ist die Röntgenuntersuchung des Thorax auch mit transportablen Röntgeneräten durchführbar (Martens und Ruoff, 1982).

In der vorliegenden Arbeit werden Ösophagusdruckmessungen sowohl bei lungengesunden als auch bei lungenkranken Fohlen vorgestellt. Außerdem wird die Abhängigkeit des Ösophagusdruckes von der Körperhaltung geprüft.

Material und Methoden

Bei insgesamt 32 Warmblutfohlen im Alter von 2 bis 180 Tagen ($41,5 \pm 53,1$ Tage) wurde der Ösophagusdruck regi-

Ösophagusdruckmessungen zur Beurteilung der Lungenfunktion bei Fohlen

H.-J. Klein, E. Deegen und B. Otto

Klinik für Pferde
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Interpleuraldruckmessungen beim adulten Pferd und beim Pony sind wiederholt beschrieben worden (Klein und Deegen, 1987). Der Interpleuraldruck kann entweder nach einer Thoraxpunktion an der seitlichen Brustwand direkt oder weniger invasiv mittels Ösophagussonde indirekt gemessen werden. Der Ösophagusdruck läßt sich beim Pferd mit einem transportablen Gerät registrieren (Deegen und Klein, 1987 a und b). Ergebnisse über Ösophagusdruckmessungen beim Fohlen liegen bisher nicht vor.

Zur klinischen Untersuchung des Atmungsapparates beim Fohlen wird die Atemfrequenz, der Atemtyp und der Kraftaufwand für die Atemtätigkeit bestimmt. Die Auskultation des Lungenfeldes ist in vielen Fällen zwar zur Erkennung von Atmungsanomalien erforderlich, jedoch sind die Befunde nicht immer positiv mit der Schwere der Erkrankung korreliert (Kosch et al., 1984 und 1986).

In der Pferdeheilkunde ermöglichen die traditionellen klinischen Untersuchungsmethoden keine exakte Beurteilung der Atemfunktion.

Nach Rossdale (1969 a, 1985 und 1986) kann die Beurteilung der Atemfunktion beim Fohlen nach 4 Kriterien erfolgen: 1. Messung der Atemzugvolumina, 2. arterielle Blutgasanalyse, 3. Röntgenuntersuchung des Thorax und 4. Untersuchung des Kreislaufzustandes.

Das Atemzugvolumen und das Atemminutenvolumen lassen sich mittels Atemmaske und Respirator messen (Rossdale, 1969 b und 1970). Gesunde Fohlen haben in den ersten Lebenstagen im Mittel ein Atemzugvolumen von 553 ml und ein Atemminutenvolumen von 18,7 l. Gillespie (1975) maß die dynamische Compliance bei 4 Fohlen, sie betrug im Mittel 4,4 ml/cmH₂O/kg Körpergewicht.

Die arterielle Blutentnahme zur Blutgasanalyse kann bei Raumlufatmung oder für besondere Fragestellungen nach Beatmung mit Sauerstoff erfolgen. Bei Raumlufatmung beträgt der arterielle Sauerstoffpartialdruck (P_aO₂) 70 bis 100 mmHg. Der P_aO₂ steigt nach Beatmung mit reinem Sauerstoff bei lungengesunden Fohlen auf 200 bis 400 mmHg (Rossdale, 1986). Fohlen mit anomalen Shunts zeigen einen deutlich geringeren P_aO₂-Anstieg in Abhängigkeit von der Größe der Shunts (Rossdale, 1970; Rose et al., 1983; Stewart et al., 1984 a).

Stewart und Mitarbeiter (1984 b) stellten eine Abhängigkeit

Zusammenfassung

Ösophagusdruckmessungen beim Fohlen mit einem transportablen Meßgerät werden beschrieben. Bei insgesamt 32 Fohlen erfolgte die Bestimmung der maximalen interpleuralen Druckdifferenz (Δ Pplmax). Der Δ Pplmax-Mittelwert für die 17 lungengesunden Fohlen beträgt $2,4 \pm 0,7$ cmH₂O. Die 11 Fohlen mit geringgradiger Lungenerkrankung zeigten mit $4,1 \pm 1,5$ cmH₂O höhere Δ Pplmax-Werte, der Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant. Die 4 Fohlen mit hochgradiger Lungenerkrankung weisen mit $7,6 \pm 6,1$ cmH₂O gegenüber den lungengesunden Fohlen signifikant höhere Δ Pplmax-Werte auf ($p < 0,01$). Bei 14 Fohlen wurde die Ösophagusdruckmessung im Stehen, in Seitenlage und nach dem Wiederaufstehen durchgeführt. Dabei konnte eine Abhängigkeit der Δ Pplmax von der Körperhaltung nachgewiesen werden. Bei den hier untersuchten lungengesunden Fohlen bestand keine Abhängigkeit der Δ Pplmax vom Lebensalter oder vom Körpergewicht.

Esophageal Pressure Measurements in Foals

Esophageal pressure measurements with a transportable system in foals are described. In 32 foals the maximum change in interpleural pressure (Δ Pplmax) was assessed. Mean Δ Pplmax in 17 normal foals was 2.4 ± 0.7 cmH₂O. In 11 foals suffering from low-grade lung disease the mean Δ Pplmax was insignificantly higher (4.1 ± 1.5 cmH₂O) than in normal foals. The 4 foals suffering from high-grade lung disease showed a significant increase in mean Δ Pplmax with 7.6 ± 6.1 cmH₂O ($p < 0.01$). In 14 foals esophageal pressure measurement was performed in the standing position, in lateral recumbency, and in the standing position again. These measurements proved a correlation between Δ Pplmax and the body position. In lateral recumbency Δ Pplmax increased significantly ($p < 0.001$). The Δ Pplmax of the normal foals showed no correlation with the age or the body weight.

des P_aO₂ vom Lebensalter fest, der P_aO₂ stieg von 56,3 mmHg 2 Minuten post partum auf 74,9 mmHg nach 48 Stunden und auf 86,9 mmHg am 7. Lebenstag. Allerdings ist die Sauerstoffbindung an das Hämoglobin trotz des niedrigen Sauerstoffpartialdruckes in den ersten Lebenstagen relativ hoch, da ein niedriger intraerythrozytärer 2,3-Diphosphoglyceratgehalt beim Fohlen in den ersten 3 Lebenstagen eine erhöhte Sauerstoffbindungskapazität des Hämoglobins zur Folge hat (Martens, 1982).

Der P_aO₂ ist beim Fohlen, beim erwachsenen Pferd und auch beim Pony von der Körperhaltung abhängig. In Seiten- und Rückenlage ist er deutlich kleiner als in Brustlage oder im Stehen (Schatzmann et al., 1982; Hall, 1984; Kosch et al., 1984 und 1986; Rugh et al., 1984).

Die Röntgenuntersuchung des Thorax erlaubt eine Aussage darüber, wieviel Lungengewebe krankhaft verändert ist (Kosch et al., 1984 und 1986). Beim stehenden Fohlen ist die Röntgenuntersuchung des Thorax auch mit transportablen Röntgengeräten durchführbar (Martens und Ruoff, 1982). In der vorliegenden Arbeit werden Ösophagusdruckmessungen sowohl bei lungengesunden als auch bei lungenkranken Fohlen vorgestellt. Außerdem wird die Abhängigkeit des Ösophagusdruckes von der Körperhaltung geprüft.

Material und Methoden

Bei insgesamt 32 Warmblutfohlen im Alter von 2 bis 180 Tagen ($41,5 \pm 53,1$ Tage) wurde der Ösophagusdruck regi-

striert. Unter den 15 Stut- und 17 Hengstfohlen waren 17 Hannoveraner (53,1%). Das Körpergewicht der Fohlen lag zwischen 45 und 230 kg ($105,7 \pm 51,3$ kg).

Nach der klinischen Untersuchung des Atmungsapparates erfolgte am stehenden Fohlen eine arterielle Blutentnahme aus der A. carotis communis an der rechten Halsseite für die Blutgasanalyse. Dabei wurden der Sauerstoffpartialdruck (P_aO_2), der Kohlendioxidpartialdruck (P_aCO_2) und der Barometerdruck (P_B) bestimmt. Aus diesen Parametern wurde die alveoloarterielle Sauerstoffdifferenz ($A-aDO_2$) nach folgender Formel berechnet (Klein und Deegen, 1986): $A-aDO_2 = (P_B - 47 \text{ mmHg}) \times 0,2095 - P_aCO_2 - P_aO_2$. Dabei entsprechen die 47 mmHg dem Wasserdampfdruck der Atemluft und der Faktor 0,2095 dem Sauerstoffanteil der Raumluft. Der Untersuchungsort liegt 50 Meter über dem Meeresspiegel, und der mittlere Barometerdruck (P_B) betrug $756,7 \pm 5,1$ mmHg.

Nach der klinischen und blutgasanalytischen Untersuchung erfolgte die Einteilung der Probanden in 3 Gruppen:

- Gruppe A: Lungengesunde Fohlen (n = 17)
- Auskultation ohne besonderen Befund
 - $A-aDO_2$ bis 25 mmHg
- Gruppe B: Fohlen mit geringgradiger Lungenerkrankung (n = 11)
- Auskultation mit geringgradig pathologischen Geräuschen
 - $A-aDO_2$ zwischen 15 und 40 mmHg
- Gruppe C: Fohlen mit hochgradiger Lungenerkrankung (n = 4)
- Auskultation mit hochgradig pathologischen Geräuschen
 - $A-aDO_2$ über 30 mmHg

Die Messungen erfolgten mit dem von Deegen und Klein (1987 a und b) beschriebenen transportablen Ösophagusdruckmeßgerät* (Abb. 1). Dieses Gerät gibt den Druckver-

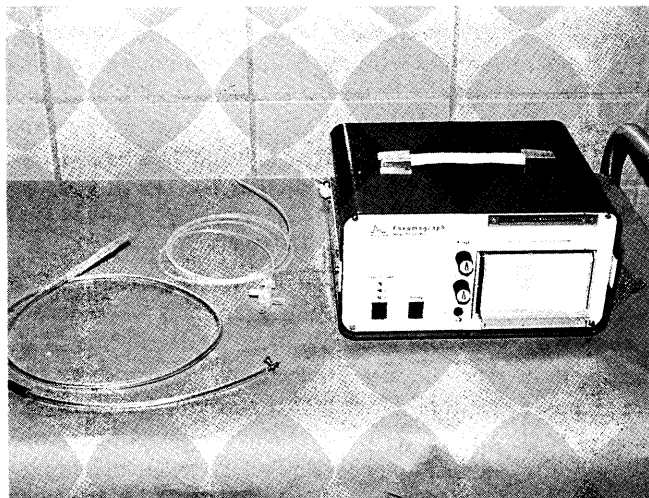


Abb. 1: Transportables Ösophagusdruckmeßgerät „Pneumograph“ einschließlich humanmedizinischer Ösophagussonde und Verbindungsschlauch.

* Pneumograph Modell PG 100/Rec, Firma Boucke, Tübingen.

lauf mittels Leuchtdiodenanzeige und Thermo-schreiber wieder. Im Abstand von etwa 40 Sekunden schreibt es jeweils eine Eichzacke, die einer Druckdifferenz von 2 cmH₂O entspricht. Drei Empfindlichkeitsstufen stehen zur Verfügung, die Eichzacken haben dabei Ausschläge von 2,5, 10 oder 20 mm. Die Schreibbreite beträgt 95 mm, der Papiervorschub wahlweise 2 oder 10 mm pro Sekunde. Die Verbindung zur Ösophagussonde wird durch einen dünnlumigen Schlauch von 200 cm Länge hergestellt.

Die hier beim Fohlen angewandte Sonde ist ein humanmedizinisches Ösophagusstethoskop*, es ist 120 cm lang und hat einen Außendurchmesser von 6 mm (Abb. 1). Zur Erleichterung des Einführens via ventralen Nasengang und Pharynx wird die Sonde gleitfähig gemacht und mit einem Mandrin aus geflochtenem Stahldraht versehen, der nach korrektem Sitz der Sonde im Ösophagus herausgezogen

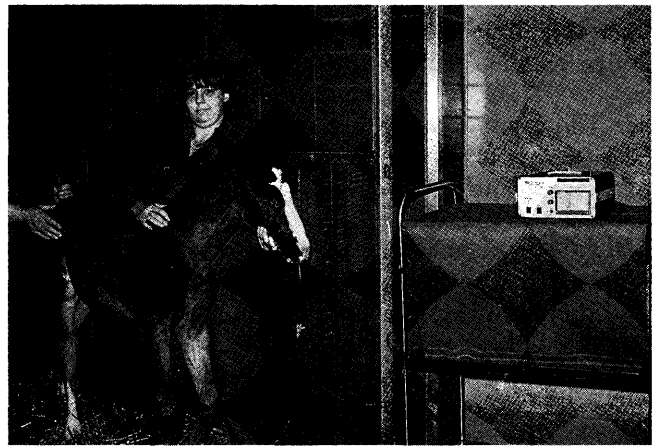


Abb. 2: Ösophagusdruckmessung mit dem „Pneumograph“ in einer Box. Die Hilfsperson fixiert die Ösophagussonde mit zwei Fingern am Nasenflügel des Fohlens.

wird. Anschließend werden die Sonde, der Verbindungsschlauch und das Druckmeßgerät miteinander verbunden. Die Sonde wird je nach Körpergröße zwischen 90 und 115 cm weit eingeführt. Eine Hilfsperson fixiert die Ösophagussonde mit zwei Fingern am Nasenflügel des Fohlens. Das Fohlen wird in einer Ecke seiner Box festgehalten, ohne seine Atmung zu behindern (Abb. 2). Der Ösophagusdruck wird etwa 10 Minuten lang mit einem Papiervorschub von 2 mm pro Sekunde aufgezeichnet. Aus einem Bereich ruhiger und gleichmäßiger Atmung werden 5 bis 10 Atemzüge ausgewählt, deren maximale Zeigerausschläge gemessen und gemittelt werden. Die ΔP_{plmax} während eines Atemzuges wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\Delta P_{plmax} (\text{cmH}_2\text{O}) = \frac{2 (\text{cmH}_2\text{O}) \times \text{mittl. max. Zeigerausschlag (mm)}}{\text{Eichausschlag (mm)}}$$

Bei 14 der insgesamt 32 untersuchten Fohlen erfolgte die Ösophagusdruckmessung sowohl im Stehen als auch in Sei-

* Vygon, Ecouen, Frankreich.

tenlage. Nach einer etwa 10minütigen Messung im Stand verbrachten zwei kräftige Hilfspersonen die Fohlen in Seitenlage und fixierten den Kopf. In dieser Position wurde der Ösophagusdruck für weitere 5 Minuten registriert. Anschließend wurde die Druckmessung 5 Minuten lang im Stehen fortgesetzt.

Statistische Auswertung

Die ΔP_{plmax} -Mittelwerte und deren Standardabweichungen wurden für jede der 3 Gruppen ermittelt. Die Mittelwertdifferenzen der Gruppen B und C wurden jeweils gegenüber der Gruppe A (lungengesunde Fohlen) auf statistische Signifikanz mit dem Student's t-Test für ungepaarte Stichproben untersucht. Außerdem wurden die Atemfre-

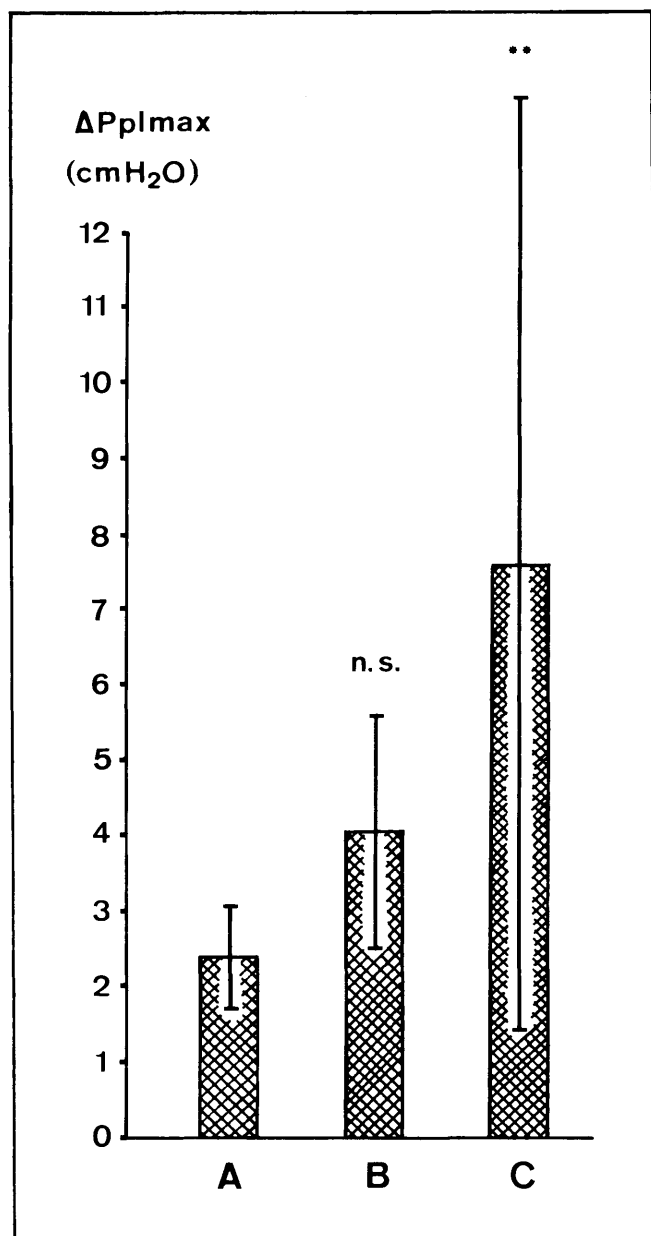


Abb. 3: ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Signifikanzstufen der Gruppen A (lungengesunde Fohlen), B (Fohlen mit geringgradiger Lungenerkrankung) und C (Fohlen mit hochgradiger Lungenerkrankung).

quenz-Mittelwerte und Standardabweichungen für jede der 3 Gruppen berechnet.

Mittels Student's t-Test für gepaarte Stichproben wurden von 14 Fohlen die Differenz des ΔP_{plmax} -Mittelwertes im Stehen mit dem ΔP_{plmax} -Mittelwert in Seitenlage und die Differenz des ΔP_{plmax} -Mittelwertes in Seitenlage mit dem ΔP_{plmax} -Mittelwert nach dem Wiederaufstehen auf statistische Signifikanz geprüft.

Bei den 17 lungengesunden Fohlen wurden die Korrelationen zwischen der ΔP_{plmax} und dem Lebensalter sowie zwischen der ΔP_{plmax} und dem Körpergewicht berechnet.

Ergebnisse

Die ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen der 3 Gruppen sind in Tab. 1 und Abb. 3 wiedergegeben. Die

	\bar{x}	s	ΔP_{plmax}		Signifikanz
			Min.	Max.	
Gruppe A (lungengesund)	2,4	0,7	1,4	4,0	–
Gruppe B (geringgradige Lungenerkrankung)	4,1	1,5	1,8	7,0	n.s.
Gruppe C (hochgradige Lungenerkrankung)	7,6	6,1	2,9	16,6	**

Tab. 1: Die Gruppenmittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s) Minima und Maxima einschließlich der Signifikanzstufen (alle Angaben in cmH₂O) (** = $p < 0,01$).

lungengesunden Fohlen (Gruppe A) wiesen einen ΔP_{plmax} -Mittelwert von $2,4 \pm 0,7$ cmH₂O auf. Die Fohlen mit geringgradiger Lungenerkrankung (Gruppe B) hatten erhöhte ΔP_{plmax} -Werte mit einem Mittelwert von $4,1 \pm 1,5$ cmH₂O, der Unterschied zu den lungengesunden Fohlen ist allerdings statistisch nicht signifikant.

Die ΔP_{plmax} -Werte der Fohlen mit hochgradiger Lungenerkrankung (Gruppe C) waren signifikant erhöht ($p < 0,01$). Der ΔP_{plmax} -Mittelwert dieser Gruppe war $7,6 \pm 6,1$ cmH₂O. Ösophagusdruckverläufe von je 1 Probanden aus jeder Gruppe sind in Abb. 4 wiedergegeben.

Die Atemfrequenz-Mittelwerte lagen für die Gruppe A bei $34,7 \pm 17,0$ Atemzügen pro Minute, für die Gruppe B bei $27,5 \pm 14,0$ Atemzügen pro Minute und für die Gruppe C bei $33,5 \pm 13,4$ Atemzügen pro Minute.

Bei 14 untersuchten Fohlen betragen die ΔP_{plmax} -Mittelwerte im Stehen $3,1 \pm 1,0$ cmH₂O, in Seitenlage $6,1 \pm 2,4$ cmH₂O und nach dem Wiederaufstehen $3,2 \pm 1,0$ cmH₂O (Tab. 2 und Abb. 5). Der Anstieg der ΔP_{plmax} in Seitenlage und der Abfall der ΔP_{plmax} nach dem Wiederaufstehen waren hoch signifikant ($p < 0,001$).

Bei den 17 lungengesunden Fohlen korrelierte weder das Körpergewicht ($r = 0,41$) noch das Lebensalter ($r = 0,35$) mit der ΔP_{plmax} .

Diskussion

Die Ösophagusdruckmessung kann beim Fohlen in ähnlicher Weise wie beim adulten Pferd durchgeführt werden.

Die Fixierung durch zwei Hilfspersonen reicht dabei aus. Das hier benutzte humanmedizinische Ösophagusstethoskop eignet sich gut zur Druckaufnahme, das Einführen wird durch einen Stahldraht-Mandrin erleichtert. Zur Druckregistrierung hat sich der „Pneumograph“ beim Fohlen ebenso wie beim adulten Pferd bewährt.

Lungengesunde Fohlen haben ein Atemzugvolumen von etwa 550 ml (Rossdale, 1969 b und 1970), adulte Pferde hingegen von 5,8 l (Sasse, 1973). Trotz des 10mal geringeren Abzugvolumens ist die ΔP_{plmax} bei den lungengesunden Fohlen (Gruppe A) mit $2,4 \pm 0,7$ cmH₂O annähernd so hoch wie die ΔP_{plmax} von lungengesunden adulten Pferden mit $2,8 \pm 0,6$ cmH₂O (Deegen und Klein, 1987 b). Die Methodik unterschied sich nur durch die Verwendung einer anderen Ösophagussonde. Die relativ hohe ΔP_{plmax} beim Fohlen kann mit der geringen Dehnbarkeit der Fohlenlunge erklärt werden. Die dynamische Compliance der Atemwege als Maß für die Lungendehnbarkeit beträgt beim Fohlen, bezogen auf das Körpergewicht, 4,4 ml/cmH₂O/kg (Gillespie, 1975); dieser Wert liegt beim adulten Pferd zwischen 3,6 und 4,6 ml/cmH₂O/kg. Bleibt das Körpergewicht unberücksichtigt, so ist die dynamische Compliance beim Fohlen sehr viel niedriger als beim adulten Pferd.

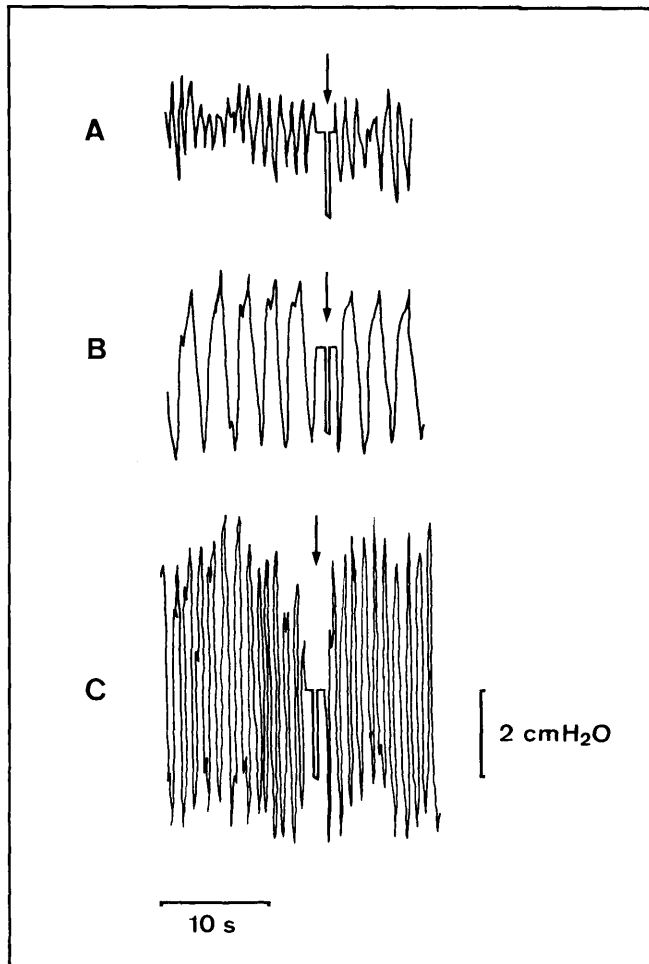


Abb. 4: Ösophagusdruckverläufe eines lungengesunden Fohlens (A), eines Fohlens mit geringgradiger Lungenerkrankung (B) und eines Fohlens mit hochgradiger Lungenerkrankung (C). Die Eichzacken (↓) schreibt der „Pneumograph“ im Abstand von 40 Sekunden.

Die fehlende Korrelation zwischen den ΔP_{plmax} -Werten und dem Körpergewicht ($r=0,41$) bzw. dem Lebensalter der Fohlen ($r=0,35$) läßt sich mit der zunehmenden altersabhängigen Lungendehnbarkeit erklären.

Fohlen mit einem Lebensalter von weniger als 48 Stunden wurden nicht in diese Untersuchung einbezogen. In den ersten Lebensstunden sind zur Entfaltung der Lunge erheblich höhere ΔP_{plmax} -Werte zu erwarten, die perinatale Lebensphase ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Fohlen	Stand	ΔP_{plmax}	
		Seitenlage	nach Wiederaufstehen
A 2	3,2	10,3	3,9
A 3	2,7	5,0	3,4
A 4	3,1	3,7	2,2
A 6	1,8	7,6	3,6
A 7	4,0	9,1	3,7
A 8	2,2	6,2	2,2
A 10	2,1	3,4	1,9
A 11	2,9	6,1	2,1
A 12	2,1	3,7	2,2
A 13	2,1	3,8	2,8
B 4	4,1	7,1	5,3
B 5	3,8	5,4	4,1
B 8	3,1	3,7	3,2
C 2	5,5	10,0	4,5

Tab. 2: Die ΔP_{plmax} -Werte von 14 Fohlen im Stand, in Seitenlage und nach dem Wiederaufstehen (Angaben in cmH₂O).

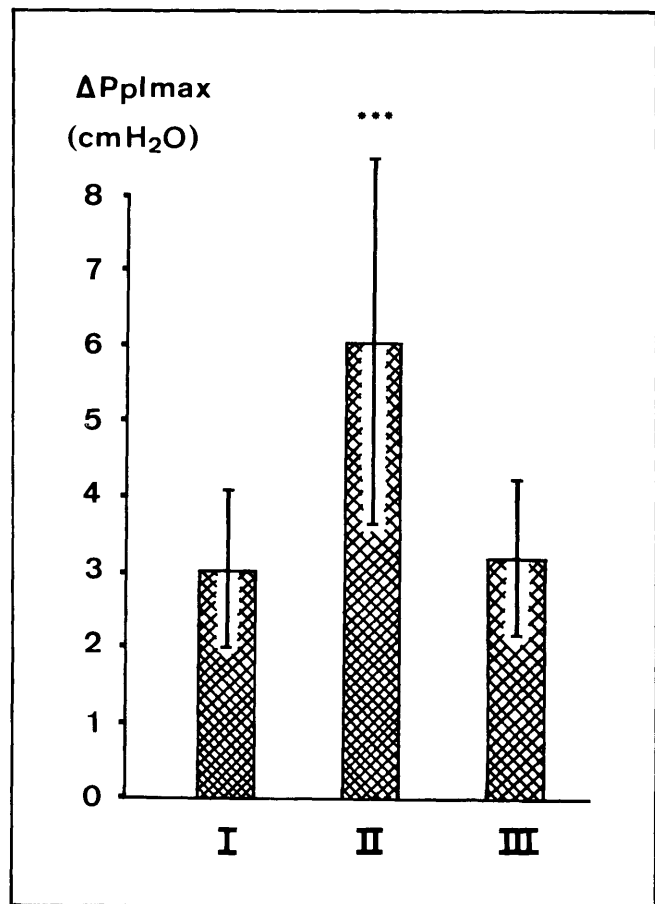


Abb. 5: ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen von 14 Fohlen im Stand (I), in Seitenlage (II) und nach Wiederaufstehen (III).

Fohlen mit Lungenerkrankungen weisen Verschlechterungen der Lungenfunktion im Sinne erhöhter ΔP_{plmax} -Werte auf. Die ΔP_{plmax} -Werte der hochgradig lungenkranken Fohlen (Gruppe C) sind statistisch signifikant erhöht ($p < 0,01$), während die Erhöhung bei den geringgradig lungenkranken Fohlen (Gruppe B) nicht signifikant ist. Somit zeigen die lungenkranken Fohlen Erhöhungen der ΔP_{plmax} -Werte, die denen lungenkranker adulter Pferde entsprechen. Bei diesen ist allerdings auch der Anstieg in der Gruppe geringgradig lungenkranker Pferde signifikant und der Anstieg bei den hochgradig lungenkranken Pferden noch ausgeprägter (Deegen und Klein, 1987 b).

Von anderen Untersuchern konnte eine Abhängigkeit des P_{aO_2} von der Körperhaltung festgestellt werden, dabei nahm der P_{aO_2} in Seiten- und Rückenlage im Vergleich zum Stehen deutlich ab (Schatzmann et al., 1982; Hall,

1984; Kosch et al., 1984 und 1986; Rugh et al., 1984). Als Ursache dafür ist eine Verschlechterung der Lungenventilation anzusehen, die an Hand der vorliegenden Untersuchung durch eine ΔP_{plmax} -Erhöhung in Seitenlage im Vergleich zum Stehen nachgewiesen werden konnte.

Rossdale (1969 a, 1985 und 1986) betont die Schwierigkeit, beim Fohlen die Atemfunktion zu beurteilen. Er nennt vier Beurteilungskriterien, nämlich die Messung der Atemvolumina, die arterielle Blutgasanalyse, die Röntgenuntersuchung des Thorax und die Untersuchung des Kreislaufzustandes. Wir halten die Ösophagusdruckmessung für eine wertvolle Ergänzung zur Beurteilung der Atemfunktion beim Fohlen.

Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob spezifische Fohlenerkrankungen mit signifikanten Veränderungen des Ösophagusdruckverlaufes einhergehen.

Literatur

- Deegen, E., und Klein, H.-J. (1987): Messung des Ösophagusdruckes zur Beurteilung der Lungenfunktion beim Pferd. VII. Tagung über Pferdekrankheiten, 13. u. 14. März, Essen, 1987.
- Deegen, E., und Klein, H.-J. (1987 b): Interpleuraldruckmessungen und Bronchospasmodysetests mit einem transportablen Ösophagusdruckmeßgerät beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 3, 213–221.
- Gillespie, J. R. (1975): Postnatal Lung Growth and Function in the Foal. *J. Reprod. Fert. (Suppl.)* 23, 667–671.
- Hall, L. W. (1984): Cardiovascular and Pulmonary Effects of Recumbency in Two Conscious Ponies. *Equine Vet. J.* 16, 89–92.
- Klein, H.-J., und Deegen, E. (1986): Beurteilung von Blutgasparametern des arteriellen Blutes von Pferden unter besonderer Berücksichtigung der alveoloarteriellen Sauerstoffdifferenz. *Pferdeheilkunde* 2, 331–336.
- Klein, H.-J., und Deegen, E. (1987): Die interpleurale Druckmessung – eine Methode zur Beurteilung der Lungenfunktion beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 3, 141–147.
- Kosch, P. C., Koterba, Anne M., Coons, T. J., und Webb, A. I. (1984): Developments in Management of the Newborn Foal in Respiratory Distress 1: Evaluation. *Equine Vet. J.* 16, 312–318.
- Kosch, P. C., Koterba, Anne M., Coons T. J., und Webb, A. I. (1986): Fortschritte bei der Behandlung des neugeborenen Fohlens mit respiratorischer Insuffizienz: Klinische Einschätzung. *Pferdeheilkunde* 2, 19–28.
- Martens, R. J. (1982): Neonatal Respiratory Distress: A Review with Emphasis on the Horse. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 4, 23–33.
- Martens, R. J., und Ruoff, W. W. (1982): Foal Pneumonia: A Practical Approach to Diagnosis and Therapy. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 4, 361–374.
- Rose, R. J., Hodgson, D. R., Leadon, D. P., und Rossdale, 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.
- Rossdale, P. D. (1969 a): Measurements of Pulmonary Ventilation in Normal Newborn Thoroughbred Foals During the First Three Days of Life. *British vet. J.* 125, 157–162.
- Rossdale, P. D. (1969 b): Clinical Studies on 4 Newborn Thoroughbred Foals Suffering from Convulsions with Special Reference to Blood Gas Chemistry and Pulmonary Ventilation. *Res. vet. Sci.* 10, 279–291.
- Rossdale, P. D. (1970): Some Parameters of Respiratory Function in Normal and Abnormal Newborn Foals with Special Reference to Levels of P_{aO_2} During Air and Oxygen Inhalation. *Res. vet. Sci.* 11, 270–276.
- Rossdale, P. D. (1985): Concepts of Critical Care in the Newborn Foal. *Equine vet. J.* 17, 343–353.
- Rossdale, P. D. (1986): Grundlagen der Überwachung bei kritischem Zustand des neugeborenen Fohlens. *Pferdeheilkunde* 2, 3–17.
- Rugh, K. S., Garner, H. E., Hatfield, D. G., und Herrold, D. (1984): Arterial Oxygen and Carbon Dioxide Tensions in Conscious Laterally Recumbent Ponies. *Equine vet. J.* 16, 185–188.
- Sasse, H. H. L. (1973): Lungenfunktionsprüfung beim Pferd. *Tierärztl. Praxis.* 1, 49–59.
- Schatzmann, U., Koebli, M., Dudan, F., Rohr, W., und Jones, R. S. (1982): Effect of Postural Changes on Certain Circulatory and Respiratory Values in the Horse. *Am. J. Vet. Res.* 43, 1003–1005.
- Stewart, J. H., Rose, R. J., und Barko, A. M. (1984 a): Respiratory Studies in Foals from Birth to Seven Days Old. *Equine vet. J.* 16, 323–328.
- Stewart, J. H., Rose, R. J. und Barko, A. M. (1984 b): Response to Oxygen Administration in Foals: Effect of Age, Duration and Method of Administration on Arterial Blood Gas Values. *Equine vet. J.* 16, 329–331.

Dr. Hans-Joachim Klein
Klinik für Pferde
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
3000 Hannover 1