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

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 112 (1970)

Heft: 11

Artikel: Untersuchungen der Dehnbarkeit (Compliance) des Lungengewebes bei gesunden und emphysemkranken Pferden

Autor: Denac-Sikiri, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-592875

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Aus dem Veterinär-Physiologischen Institut der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. H. Spörri)

Untersuchungen der Dehnbarkeit (Compliance) des Lungengewebes bei gesunden und emphysemkranken Pferden

Von M. Denac-Sikirić

1. Einleitung

Untersuchungen über die normale und pathologische Physiologie des Herzkreislaufsystems sowie über die Atmungsphysiologie wurden in der Veterinärmedizin lange Zeit vernachlässigt. Hinsichtlich des kardiovaskulären Systems hat sich die Situation in den letzten Jahren wesentlich verbessert. Die Herzkatheteruntersuchung und die Elektrokardiographie zum Beispiel sind an vielen Orten zur Routineuntersuchung geworden. Zu dieser Wandlung hat auch das Veterinär-Physiologische Institut Zürich wesentlich beigetragen. Bei der Herzkreislaufforschung sieht man sich immer wieder vor die Aufgabe gestellt, auch die Lungenfunktion zu prüfen, denn Blutzirkulation und Respiration sind so eng miteinander verflochten, daß gewisse Fragen des Herzkreislaufsystems nur bei genauer Kenntnis der Lungenfunktion beantwortet werden können und umgekehrt. Deshalb hat man sich an unserem Institut auch an die Bearbeitung atmungsmechanischer Probleme gemacht. Dabei wurde dem Pferd besondere Beachtung geschenkt, weil es oft gleichzeitig Herzkreislauf- und Lungenaffektionen aufweist, die durch die starke körperliche Beanspruchung bedingt sind.

Im Laufe der Jahre wurde eine umfangreiche Untersuchungsmethodik ausgearbeitet (zum Beispiel Spirographie, Pneumotachographie, Registrierung des CO_2-Gehaltes in der Atmungsluft, Messung des Intrapleuraldruckes, Ventilationstest). Über die praktische Durchführung dieser Untersuchungsmethoden wurde mehrmals berichtet [4, 5, 6, 7, 8].

In dieser Arbeit haben wir uns vorgenommen, über die Compliance-Bestimmungen bei gesunden und emphysemkranken Pferden zu berichten.

2. Die Compliance der Lunge

Die Lunge ist ein elastisches und dehnbares Gebilde. Bei der Inspiration wird das Lungengewebe gedehnt, bei der Exspiration kann sich die Lunge wieder etwas entspannen. Die Lunge kann sich aber nicht vollständig retrahieren, weil in den Alveolen ein Druck herrscht, der viel größer ist als die pulmonale Retraktionskraft. (Der Druck in den Alveolen entspricht – von gewissen pathologischen Zuständen abgesehen – bei Beginn und am Ende der Inspiration, das heißt im Moment, wo keine Luftströmung herrscht, dem Atmosphärendruck.) Je tiefer die Einatmung, desto stärker wird das Lungengewebe gedehnt, das heißt, um so größer wird auch die Retraktionskraft der Lunge. Die elastischen Kräfte der Lunge (Dehnbarkeit) kann man mit Hilfe der intrapleuralen Druckmessung berechnen, mit anderen Worten, die Größe der intra-

pleuralen Druckänderung ist ein Maß für die Retraktionskraft beziehungsweise der Elastizität der Lunge. Als Maß der Elastizität (Dehnbarkeit) des Lungengewebes wurde der Begriff «Compliance» eingeführt. Die Compliance sagt aus, wieviel Luft in die Lunge inspiriert werden kann, bis sich die Retraktionskraft der Lunge um 1 cm H_2O erhöht beziehungsweise der intrapleurale Unterdruck sich um 1 cm H_2O vergrößert. Die Compliance stellt demnach den Quotienten aus der Änderung der Luftfüllung der Lunge gemessen in Litern (Δ Vol. Lg) und der Änderung ihrer Retraktionskraft, gemessen als Änderung des Intrapleuraldruckes in cm H_2O (Δ Ppl), dar.

$$C = \frac{\Delta \text{ Vol, Lg}}{\Delta \text{ Ppl}}$$

Wenn man die Volumen-Druck-Verhältnisse in ein Koordinatensystem einträgt (Änderung des Lungenvolumens auf der Abszisse; Änderung des Intrapleuraldruckes auf der Ordinate), so bekommt man ein Volumen-Druck-Diagramm. Man unterscheidet eine sogenannte statische Volumen-Druck-Beziehung (statische Compliance), die man in der Weise mißt, indem die Patienten stufenweise ein- oder ausatmen, wobei bei jeder Stufe, das heißt bei verschiedenen Füllungsgraden der Lunge, der Atem kurz angehalten und dabei der Intrapleuraldruck gemessen wird.

Die statische Compliance kann bei den Tieren nicht gemessen werden, weil die aktive Mitarbeit der Patienten fehlt. Dagegen ist die Bestimmung der sogenannten dynamischen Compliance beim Tier relativ leicht möglich. Dies geschieht in der Weise, daß die Änderungen des Lungenvolumens während eines Atemzuges (Δ Vol. Lg) auf der Abszisse und die Änderungen des Intrapleuraldruckes (Δ Ppl) auf der Ordinate abgetragen werden. Dabei erhält man eine schleifenförmige Kurve, die als Atmungsschleife bezeichnet wird (Abb. 1 und 2). Wenn man den Punkt des Intrapleuraldruckes

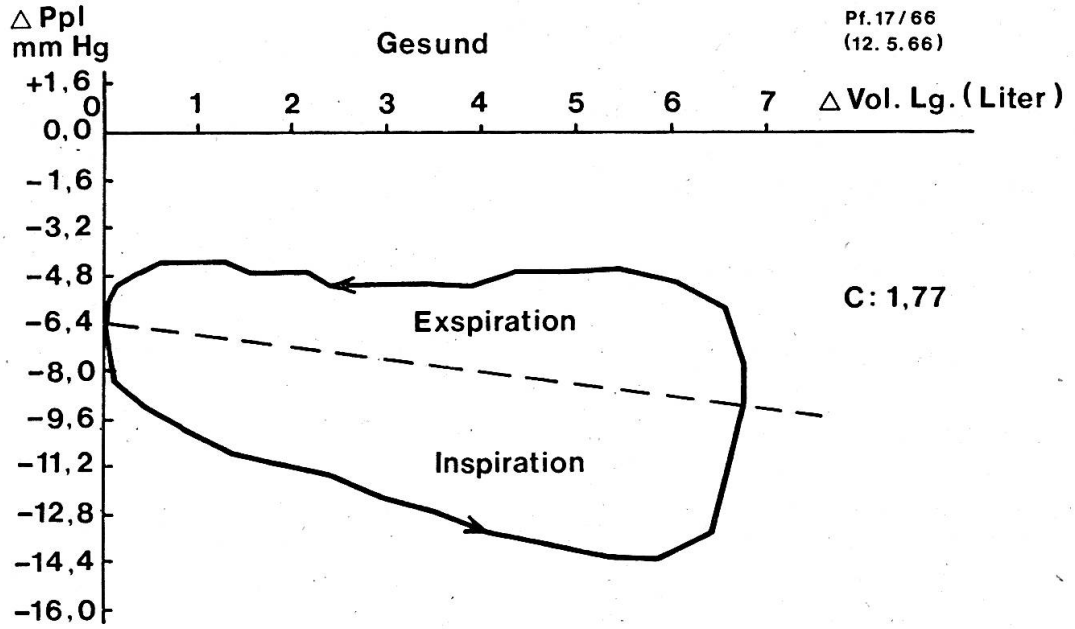

Abb. 1 Dynamisches Volumen-Druck-Diagramm (Atmungsschleife) von einem gesunden Pferd. Als Abszisse ist das Atemvolumen in Liter (Δ Vol. Lg.), als Ordinate die Änderung des Intrathorakaldruckes in mm Hg (Δ Ppl) eingetragen. Die Schleifendiagonale verläuft sehr flach, da die Compliance relativ groß (C = 1,77) ist.

am Ende der Exspiration mit demjenigen am Ende der Inspiration verbindet, so erhält man die Schleifendiagonale (Abb. 1 und 2). Die Schleifendiagonale gibt Auskunft über die Dehnbarkeit des Lungengewebes. Verläuft die Schleifendiagonale flach (Abb. 1),

so bedeutet das eine leichte Dehnbarkeit (große Compliance), verläuft die Schleifendiagonale hingegen steil, so bedeutet das eine geringe Dehnbarkeit (kleine Compliance) des Lungengewebes (Abb. 2).

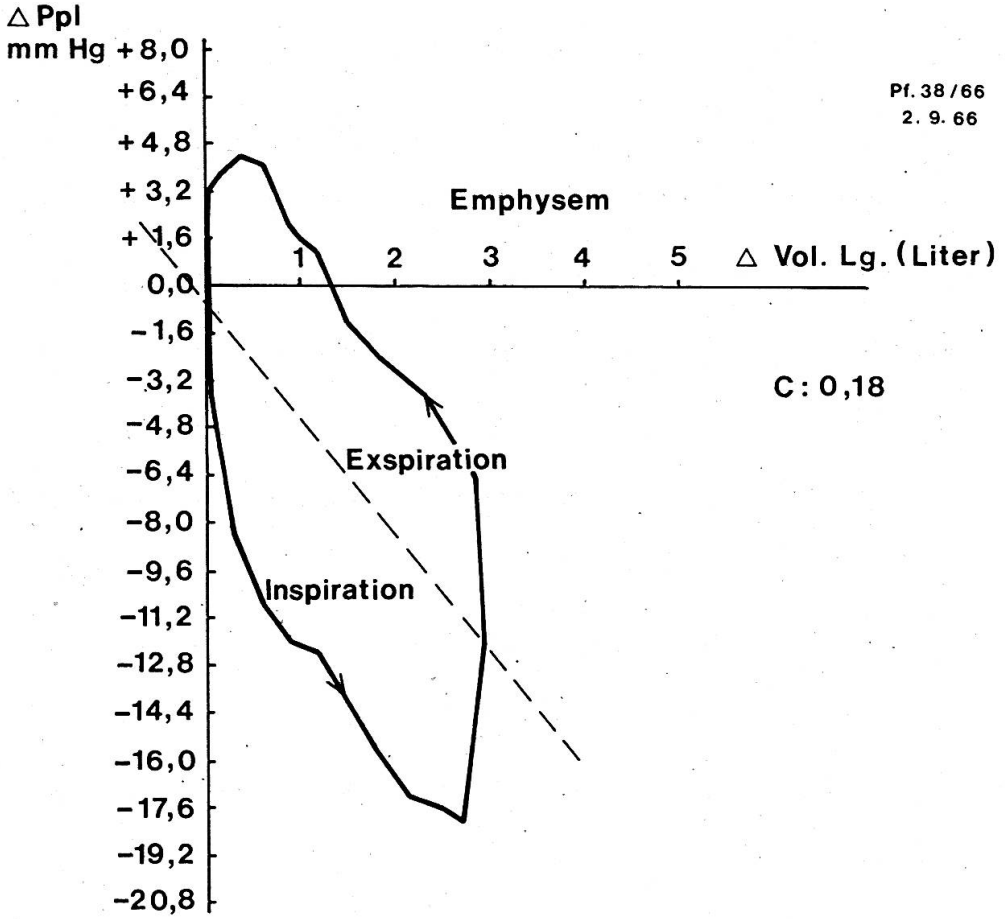

Abb. 2 Dynamisches Volumen-Druck-Diagramm (Atmungsschleife) von einem emphysemkranken Pferd. Der Intrapleuraldruck übersteigt während der zweiten Hälfte des Exspiriums den Atmosphärendruck (Ppl 0 bedeutet Atmosphärendruck). Die Schleifendiagonale verläuft ziemlich steil; denn die Compliance ist abnorm klein (C = 0,18).

Es ist zu betonen, daß die Compliance-Werte miteinander nur dann vergleichbar sind, wenn die Lungen der verschiedenen Tiere gleich groß sind oder wenn man die Compliance (C) in Relation zur funktionellen Residualkapazität setzt, also den Compliance-Wert durch den Wert der funktionellen Residualkapazität (FRK)[1] dividiert. Auf diese Weise erhält man die spezifische Compliance.

$$\text{spez, C} = \frac{\text{FRK}}{\text{C}}$$

3. Ergebnisse

Unsere Untersuchungen umfassen einerseits gesunde, anderseits emphysemkranke Pferde und Ponys. Von insgesamt 45 Tieren waren 12 Pferde ohne klinisch feststellbare Symptome einer Lungenerkrankung, 25 Pferde

[1] Die FRK entspricht dem Luftvolumen, welches sich am Ende einer normalen Exspiration noch in der Lunge befindet.

und 8 Ponys wiesen klinisch ein mittel- bis hochgradiges Lungenemphysem auf. In 18 Fällen wurde die Compliance vor und nach Atropingabe berechnet. Die dynamische Compliance variierte bei gesunden Pferden zwischen 0,69 und 2,15 (Mittelwert: 1,27, s. Tabelle 1). Bei emphysemkranken Pferden schwankte der gleiche Parameter zwischen 0,15 bis 1,36 (Durchschnittswert: 0,55, s. Tabelle 2). Bei emphysemkranken Ponys schwankten die Complianceswerte zwischen 0,08 und 0,84 (Durchschnittswert: 0,37, s. Tabelle 3). Nach Atropingabe wurde die Compliance bei 16 von 18 emphysemkranken Tieren größer, bei 2 hingegen kleiner (Tabelle 4).

Tab. 1 Compliance-Werte (Liter/cm H_2O) bei 12 Pferden ohne klinisch feststellbare Symptome einer Lungenerkrankung. Bei den mit * markierten Fällen wurde das Körpergewicht nicht eruiert.

Protokoll-Nummer	Compliance 1/cm H_2O	Körpergewicht kg
7/64	1,56	450
8/64	2,15	*
12/64	1,09	383
13/64	0,97	*
17/66	1,77	572
26/66	10,2	*
1/67	0,95	680
2/67	0,69	790
3/67	0,98	632
4/67	1,12	432
5/67	1,79	*
13/67	1,22	490
Mittelwerte	1,27	553,6

4. Besprechung der Ergebnisse

Überblicken wir unsere Untersuchungsresultate, so stellen wir sowohl bei den gesunden als auch bei den emphysemkranken Pferden eine ziemlich große Streubreite der Compliance fest. Diese relativ große Streuung ist zum Teil auf die unterschiedliche Körper- beziehungsweise Lungengröße zurückzuführen. Wie schon erwähnt, nimmt der Compliance-Wert proportional zum Lungenvolumen zu. Compliance-Werte verschiedener Tiere dürfen deshalb nur miteinander verglichen werden, wenn die Tiere etwa die gleiche Lungengröße aufweisen oder wenn die Compliance auf die funktionelle Residualkapazität bezogen wird.

Unser Institut besitzt erst seit kurzer Zeit die zur Bestimmung der FRK notwendigen Apparaturen. In den Fällen, welche der Kasuistik dieser Arbeit zugrunde liegen, wurde die FRK nicht bestimmt. Bei einigen Pferden haben wir die spezifische Compliance untersucht. Die bisherigen Ergebnisse besagen, daß die FRK (in Liter) gesunder Pferde 4% des Körpergewichtes (in kg) ausmacht.

Tab. 2 Compliance-Werte (Liter/cm H_2O) bei 25 Pferden mit Lungenemphysem. Bei den mit * markierten Fällen wurde das Körpergewicht nicht bestimmt.

Protokoll Nummer	Compliance l/cm H_2O	Körpergewicht kg
26/63	0,74	*
27/63	1,34	*
36/63	0,42	*
3/64	0,39	*
11/64	0,42	*
14/64	0,36	*
32/64	0,41	*
14/65	0,45	*
20/65	0,23	*
25/65	0,40	*
5/66	0,34	*
6/66	0,67	*
13/66	0,31	*
19/66	0,38	*
23/66	0,15	*
34/66	0,37	*
38/66	0,18	430
52/66	0,30	*
12/67	0,30	542
17/67	0,41	500
11/70	0,62	605
17/70	1,36	535
29/70	1,18	465
30/70	1,18	587
37/70	0,84	535
Mittelwerte	0,55	524,8

Nach der Tabelle 1 beträgt das mittlere Körpergewicht der gesunden Pferde unserer Untersuchungsreihe 553,6 kg und die Compliance im Durchschnitt 1,27 l/cm H_2O. Die FRK dieser Tiere ist somit im Mittel auf etwa 21 Liter zu veranschlagen. Für die spezifische Compliance ergibt sich somit

Tab. 3 Compliance-Werte (Liter/cm H_2O) bei 8 Island-Ponys mit Lungenemphysem.

Protokoll-Nummer	Compliance l/cm H_2O	Körpergewicht kg
28/66	0,08	292
6/67	0,41	285
10/68	0,21	305
2/70	0,23	342
9/70	0,29	300
16/70	0,84	350
24/70	0,28	270
35/70	0,70	330
Mittelwerte	0,37	309,2

Tab. 4 Compliance-Werte (Liter/cm H_2O) bei 18 Pferden mit Lungenemphysem vor und nach Atropin (5 mg i.v. pro Tier).

Protokoll-Nummer	Compliance l/cm H_2O	
	vor Atropin	nach Atropin
14/64	0,36	0,53
14/65	0,45	0,57
20/65	0,23	0,25
25/65	0,40	2,11
5/66	0,34	0,74
6/66	0,67	0,97
13/66	0,31	1,25
19/66	0,38	1,80
23/66	0,15	0,29
34/66	0,37	0,64
38/66	0,18	0,20
52/66	0,30	0,42
12/67	0,30	1,30
17/67	0,41	0,87
11/70	0,62	0,64
17/70	1,36	1,51
29/70	1,18	0,96
30/70	1,18	0,84
Mittelwerte	0,51	0,88

ein Wert von 0,060 l/cm H_2O pro 1 Liter FRK. Aus Untersuchungen beim Menschen ist bekannt, daß die FRK beim Lungenemphysem in der Regel vergrößert ist. Analoge Verhältnisse dürfen auch beim Pferd vorliegen. Bleibt die emphysembedingte Vergrößerung der FRK unberücksichtigt, so erhält man für die Emphysem-Pferde unserer Kasuistik (Tabelle 2) eine spezifische Compliance von 0,026 l/cm H_2O pro 1 FRK und für die emphysemkranken Ponys (Tabelle 3) eine spezifische Compliance von 0,030 l/cm H_2O pro 1 FRK. Vergleichen wir die Compliance-Werte der Emphysem-Tiere mit denjenigen der gesunden Pferde, so stellen wir fest, daß die Dehnbarkeit des Lungengewebes bei den kranken Tieren nur noch etwa halb so groß ist wie die der gesunden.

Die Atropinisierung der Pferde (5 mg Atropinum sulfuricum i.v. pro Tier) hat eine erhebliche Zunahme der Compliance von 0,51 l/cm H_2O auf 0,88 l/cm H_2O zur Folge (Tabelle 4). Dieser Effekt dürfte in erster Linie auf eine Abnahme des Tonus der Bronchialmuskulatur beruhen. Vielleicht spielt dabei auch eine Verminderung der Oberflächenspannung an der Phasengrenzfläche (Luft/Alveolar- beziehungsweise Bronchialepithel) der Atemwege eine Rolle, denn Atropin reduziert nicht nur den Tonus der Bronchialmuskulatur, sondern auch die Sekretion der Bronchialdrüsen und damit die Beschaffenheit, welche die Grenzfläche zwischen der Luft und dem eigentlichen Lungengewebe bildet.

Die verminderte Dehnbarkeit[1] dürfte – wenigstens teilweise – auch die häufig anzutreffenden Abnormitäten des Pneumotachogramms (PTG) emphysematöser Lungen erklären. Bei lungengesunden Pferden erreicht das PTG zu Beginn der Exspiration rasch seine maximale Höhe und verbleibt dann nach einem geringen Abfall bis kurz vor dem Ende der Exspiration auf der gleichen Höhe (Abb. 3). Bei vielen emphysemkranken Pferden zeigt das

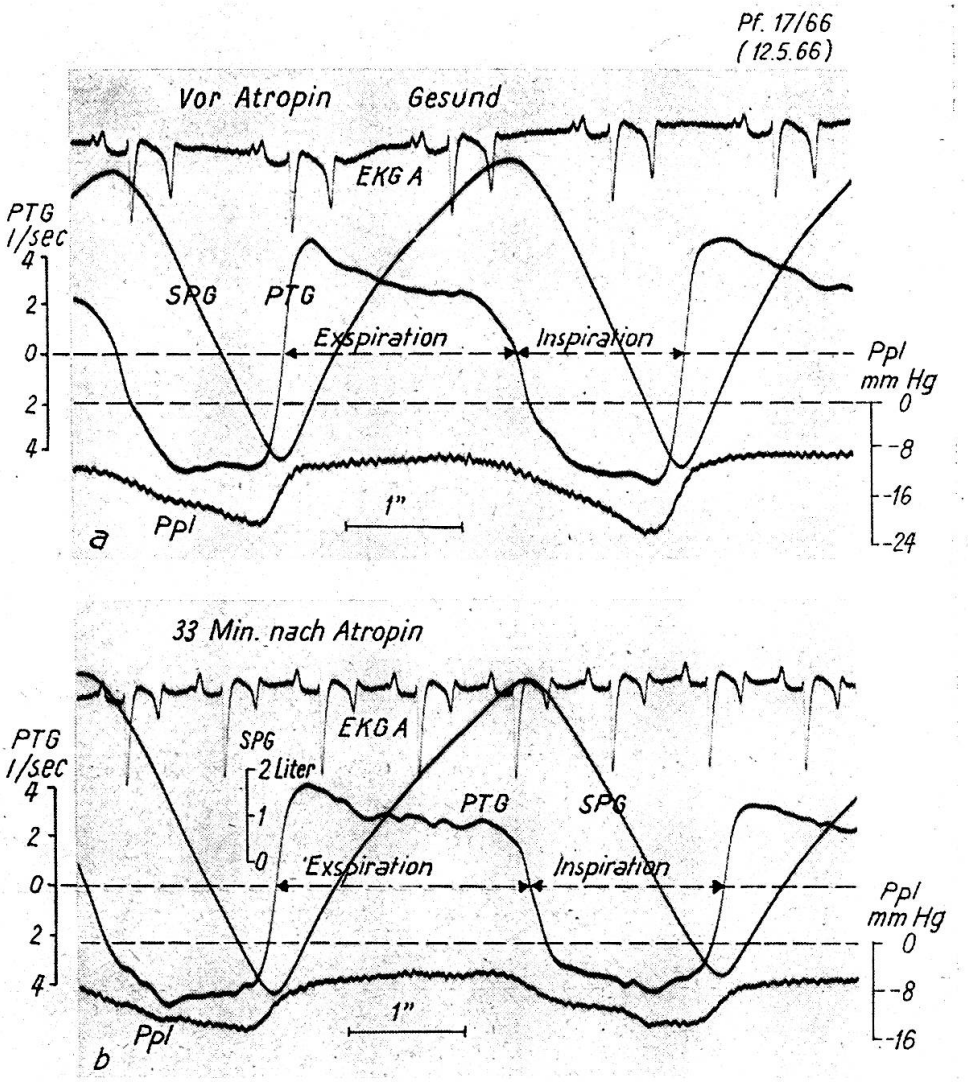

Abb. 3 Atmungsmechanische Untersuchung eines lungengesunden Pferdes (Prot. Nr. 17/66). Die Kurven bedeuten (von oben nach unten): EKG, Spirogramm (SPG), Pneumotachogramm (PTG), Intrapleuraldruckkurve (Ppl). Die Kurven der Abb. a wurden vor, diejenigen der Abb. b 33 Minuten nach der i.v. Applikation von 5 mg Atropin aufgezeichnet. Vor der Atropinapplikation weist das PTG eine maximale exspiratorische Stromstärke von 4,7 l/sec und nach der Atropinisierung von 4,2 l/sec auf. Der intrapleurale Druck (Ppl) ist vor und nach der Atropinapplikation stets subatmosphärisch (vgl. Atmungsschleife der Abb. 1 vom gleichen Tier).

[1] Die Dehnbarkeit des Lungengewebes wird bekanntlich nicht nur durch die Dehnbarkeit der pulmonalen Gewebselemente bestimmt, sondern in erheblichem Maße auch von der Oberflächenspannung an der Innenfläche der Alveolen und Bronchuli [1, 2, 3].

PTG zu Beginn der Exspiration eine sehr hohe Zacke und fällt dann während des ganzen Exspiriums steil ab (Abb. 4). Das bedeutet eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit der Luft während der initialen Exspirationsphase. Diese ist durch die starke Spannung des Lungengewebes am Ende der Inspiration beziehungsweise zu Beginn der Exspiration bedingt. Bei gegebenem Atemzugvolumen nimmt die Gewebsspannung in einer Lunge

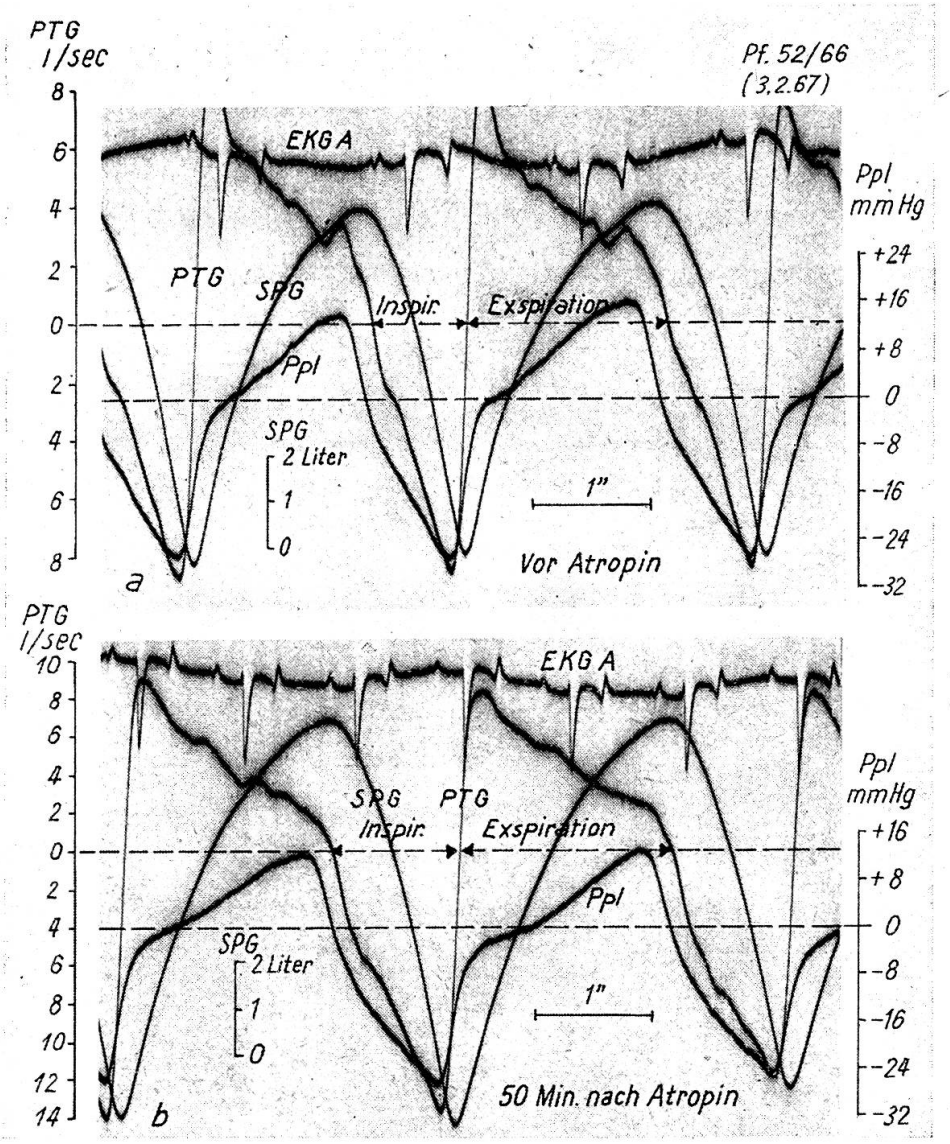

Abb. 4 Atmungsmechanische Untersuchung eines Pferdes (Prot. Nr. 52/66) mit Lungenemphysem. Die Kurven bedeuten: EKG, Pneumotachogramm (PTG), Spirogramm (SPG), Intrapleuraldruckkurve (Ppl). Die Kurven der Abb. a wurden vor, diejenigen der Abb. b 50 Minuten nach der i.v. Applikation von 5 mg Atropin registriert. Das PTG weist insbesondere vor der Atropinapplikation (Abb. a) eine sehr hohe Spitze zu Beginn der Exspiration auf. Vor der Atropinverabreichung weist das PTG eine maximale exspiratorische Stromstärke von 9,2 l/sec und nach der Atropinisierung von 9,0 l/sec auf. Die intrapleurale Druckkurve (Ppl) zeigt während der zweiten Hälfte der Exspiration sowohl vor der Atropinisierung als auch nach derselben starke Überdrucke an.

mit geringer Dehnbarkeit (kleine Compliance infolge Verlust von elastischen Fasern) mehr zu als in einer Lunge mit großer Dehnbarkeit (große Compliance). Straff gespanntes Lungengewebe besitzt naturgemäß eine große Retraktionskraft, die sich in Form einer sehr raschen Deflation und einer hohen Luftströmung zu Beginn der Exspiration äußert.

In einer solchen Lunge mit wenig elastischen Fasern fällt die Spannung aber schon nach einer kleinen Volumenverminderung auf den Nullwert ab. Dies manifestiert sich darin, daß der Intrapleuraldruck (Ppl) den Nullwert (Atmosphärendruck) erreicht, wie dies zum Beispiel im Fall der Abb. 4 zu sehen ist. Um weitere Luft auszutreiben, muß die Thoraxwand die Lunge unter Druck setzen (aktive Ausatmung), wobei der Intrapleuraldruck den Atmosphärendruck übersteigt (Abb. 4). In einer Lunge mit viel elastischen Fasern und guter Dehnbarkeit hält bei einer exspiratorischen Volumenverminderung der Spannungszustand länger an. Das hat zur Folge, daß die Luftströmung während fast der ganzen Exspiratiosphase beinahe gleich stark ist und das PTG während der Ausatmung ein Plateau bildet, wie dies die Abb. 3 zeigt.

Die verminderte Compliance macht auch verständlich, daß Pferde mit einem Lungenemphysem häufig eine frequente, aber oberflächliche Atmung (kleines Atemzugvolumen) aufweisen. Steifes Lungengewebe setzt einer starken inspiratorischen Blähung einen außerordentlich hohen Widerstand entgegen, denn die Retraktionskraft einer solchen Lunge nimmt während der Inspiration nicht linear, sondern progressiv zu. Unter solchen Umständen ist es ökonomischer, flache und schnelle als tiefe und langsame Atemzüge zu machen.

Zusammenfassung

Bei 12 lungengesunden sowie 25 emphysematösen Pferden und 8 emphysematösen Island-Ponys wurde die sogenannte dynamische Compliance (Dehnbarkeit des Lungengewebes) untersucht. Bei den emphysematösen Tieren ist die Compliance nur etwa halb so groß wie bei den gesunden. Atropinapplikation erhöhte bei 16 von 18 emphysematösen Pferden den Compliance-Wert. Die Verkleinerung der Compliance macht – wenigstens teilweise – die Abnormitäten des Pneumotachogramms (Atemstromstärke) sowie die oft auftretende flache und frequente Atmung bei Tieren mit Lungenemphysem verständlich.

Résumé

L'auteur a examiné la compliance dynamique (élasticité du tissu pulmonaire) chez 12 chevaux aux poumons sains, ainsi que chez 25 chevaux et 8 poneys d'Islande emphysémateux. Il a constaté que la compliance est réduite de moitié chez les animaux emphysémateux par rapport aux animaux sains. Une application d'atropine a rehaussé la valeur de la compliance chez 16 chevaux emphysémateux sur 18. La

diminution de la compliance explique, au moins partiellement, l'anomalie du pneumotachygramme (puissance du débit ventilatoire) et la respiration fréquente et superficielle chez les animaux atteints d'emphysème pulmonaire.

Riassunto

In 12 cavalli sani ed in 25 bolsi, nonché in 8 ponies islandesi bolsi, venne ricercata l'estensione dinamica (Compliance). Negli animali bolsi la Compliance è circa la metà che in quelli sani. L'atropina rialza in 16 su 18 cavalli bolsi il valore della Compliance. La diminuzione della Compliance – almeno parzialmente – spiega le anormalità del pneumotacogramma (intensità del flusso dell'aria), come pure la spesso subentrante respirazione superficiale e frequente negli animali con enfisema polmonare.

Summary

In 12 healthy-lunged and 25 emphysematous horses and 8 emphysematous Iceland ponies the so-called dynamic compliance (tensibility of the lung tissue) was examined. In emphysematous animals the compliance is only about half as great as that in healthy ones. Application of atropin increased the compliance value in 16 out of 18 emphysematous horses. The decrease in the compliance explains – at least partially – abnormalities in the pneumotachogram (strength of breath flow) as well as the frequently-met shallow quick breathing of animals with lung emphysema.

Literatur

Bühlmann A.A. und Rossier P.H.: Klinische Pathophysiologie der Atmung. Verlag Springer Berlin-Heidelberg-New York 1970. – Comroe J.H.: Physiologie der Atmung. Verlag F.K.Schattauer Stuttgart-New York 1969. – Comroe J.H., Forster R.E., Dubois A.B., Briscoe W.A. und Carlsen E.: Die Lunge. Verlag F.K.Schattauer Stuttgart 1968. – Purchase J.T.H.: The Measurement of Compliance and other Respiratory Parameters in Horses. Vet. Rec. *78*, 613–616 (1966). – Spörri H. und Leemann W.: Zur Untersuchung der Lungenmechanik bei Großtieren. Schweiz. Arch. Tierheilk. *106*, 699–714 (1964). – Spörri H. und Denac M.: Lungenfunktionsprüfungen bei Großtieren. Schweiz. Arch. Tierheilk. *109*, 252–259 (1967). – Spörri H. und Denac M.: Untersuchungen über die Atmungsmechanik beim Pferd. Publikation des XVIII. Welttierärztekongresses, 17.–22. Juli 1967, in Paris. – Spörri H. und Denac M.: Zur Diagnostik intrapulmonaler Ventilationsstörungen. Schweiz. Arch. Tierheilk. 1970 (im Druck).

Anschrift der Verfasserin: Frau Dr.M.Denac-Sikirić, Institut für Veterinär-Physiologie der Universität Zürich, Winterthurerstraße 260, CH-8057 Zürich.