

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Ueber die in Folge von Athmungshindernissen eintretenden Störungen der Respiration.

Von

O. Langendorff und **A. Seelig.**

Hierzu 2 Holzschnitte.

Es ist eine Klinikern und Experimentatoren geläufige Thatsache, dass Verengerungen oder Verschliessungen der Athemwege eine Vertiefung und Verlangsamung der Respiration herbeiführen. So einfach es ist, die Vertiefung theils aus der zur Ueberwindung des Hindernisses in vermehrtem Masse aufzuwendenden Athemanstrengung, theils aus der durch das Hinderniss hervorgebrachten dyspnoischen Beschaffenheit des Blutes zu erklären, so wenig klar sind die Ursachen der Athemverlangsamung. Experimentell scheint diese Frage wenig in Angriff genommen zu sein, wenigstens vermochten wir in der Literatur zwar mancherlei mehr oder minder annehmbare Meinungsäusserungen, aber nur sehr spärliche und zum Theil nicht einwurfsfreie Versuche aufzufinden¹⁾.

Wir haben deshalb eine grössere Reihe von Experimenten an Kaninchen ausgeführt²⁾, die, wie wir glauben, eindeutige und die Sache wohl aufklärende Ergebnisse geliefert haben. Wir stellen die wesentlichsten Resultate unserer Untersuchung hier voran.

1. Vollständige Verschliessung der Luftröhre hat Verlangsamung der Athembewegungen zur Folge.

1) Bemerkenswerth sind die in ähnlicher Richtung wie von uns angestellten Versuche von Breuer und Riegel (s. sp.)

2) Schon Herr Dr. R. Cohn hatte auf meine Veranlassung diese Versuche begonnen und bis zu einem gewissen Punkte geführt. Durch die Uebernahme einer anderen Untersuchung wurde er an der Fortsetzung derselben verhindert. L.

2. Aehnlich, wenn auch schwächer wirkt Verengerung der Athemwege.

3. Die Athemverlangsamung ist bedeutender, wenn die Verschliessung oder Verengerung auf der Höhe der Inspiration, als wenn sie in der expiratorischen Phase erfolgt.

4. Hindernisse, die nur die Einathmung, nicht die Ausathmung beschränken, bewirken keine Verlangsamung der Athmung; dagegen tritt bei rein expiratorischen Hindernissen eine bedeutende Herabsetzung der Athemfrequenz ein.

5. Bei phasischen wie bei totalen Hindernissen bleibt jede Athemverlangsamung aus, wenn vorher die N. vagi durchschnitten wurden.

1. Die Athemverlangsamung nach Verschliessung der Luftwege.

Die Versuche wurden an chloralisirten Kaninchen angestellt, die tracheotomirt waren und deren Athmung von der Speiseröhre aus mittelst einer in diese eingeführten und mit einer Zeichentrommel verbundenen weiten Metallsonde oder auch mittelst einer Knoll'schen Mediastinalcanüle aufgeschrieben wurde. Ein Doppelsekundenmagnet und ein Signalschreiber controlirten die Umdrehungsgeschwindigkeit des berussten Cylinders und markirten die Versuchseingriffe unter der Athmungscurve. Ein mit der Trachealcantüle verbundenes kurzes Stück Gummischlauch konnte momentan durch einen Quetschhahn verschlossen werden. In zahlreichen Versuchen hatte die Abklemmung des Trachealschlauches jedes Mal eine Herabsetzung der Athmungszahl zur Folge. Die Frequenzverminderung konnte so beträchtlich sein, dass die während des Verschlusses erfolgenden Athmungen nicht einmal die Hälfte der Normalzahl erreichten. Beispiele anzuführen scheint uns überflüssig, weil die Thatsache nicht neu ist und weil in den später anzuführenden Versuchen solche Beispiele zur Genüge enthalten sind.

Ueber die gleichzeitige Athemvertiefung geben unsere Aufzeichnungen aus leicht ersichtlichen Gründen keinen verwertbaren Aufschluss; zwar sieht man an unseren Curven die Athmungstiefe während des Verschlusses beträchtlich wachsen, doch würde das auch der Fall sein, wenn gar keine Zunahme der Tiefe stattgefunden hätte, denn bei Verschliessung des Lungenzuganges muss

selbst bei völlig normal bleibender Athemanstrengung der intrathoracale Druck — und diesen zeichnen wir ja auf — stärkere Schwankungen zeigen, wie bei offenen Luftwegen. Indessen war wirklich, wie schon der einfache Anblick lehrte, eine Athemvertiefung hohen Grades zweifellos vorhanden.

2. Die Athemverlangsamung bei Verengerung der Luftwege.

Zum Zwecke der Verengerung der Luftwege hat man vielfach die Luftröhre durch enger oder loser um sie geschlungene Bleidrähte oder durch Fingerdruck constringirt. Da wir den Grad der Verengerung nicht variiren wollten, zogen wir, ähnlich wie Riegel¹⁾, ein Verfahren vor, welches die sensiblen Trachealnerven nicht der Gefahr einer mechanischen Reizung aussetzte, die nach den bekannten Erfahrungen am Kehlkopfe zu schliessen, an sich schon die Athemzahl hätte herabsetzen können. In die Trachea banden wir eine zweischenklige Glascanüle ein, deren einer Schenkel kurz und weit mit einem verschliessbaren Schlauchstückchen versehen ist, während der andere unter einem spitzen Winkel sich ansetzende Schenkel eine enge Lichtung (0,5 oder 1,25 mm) besitzt. Wird das weite Rohr verschlossen, so ist das Thier gezwungen durch das enge zu athmen. Die Aufzeichnung der Athmung geschah wieder vom Oesophagus aus.

Die Verlangsamung der Athmung war in allen Fällen sehr deutlich, doch erreichte sie niemals so hohe Werthe, wie bei völligem Verschlusse, so sank sie in einem Falle von 4,5—4,75 Athmungen in der Zeiteinheit (1 cm Papierlänge) auf 2,75—3,0, in einem anderen von 14 auf 8, von 15 auf 8,5 (in 2 cm), von 8—9 auf 5—5,5 (in 1,5 cm), von 7 auf 4 (in 1 cm). Die halbe Athmungszahl wurde niemals erreicht.

3. Einfluss der Athemphase, in welcher der Verschluss erfolgt.

Auf den Erfolg der Verschliessung oder Verengerung der Luftwege, so wie derselbe sich in der Herabminderung der Athemzahl zeigt, ist von grossem Einflusse die Athemphase, in der das

1) Ziemssen's Handbuch d. spec. Pathologie u. Therapie. Bd. IV. 2. Hälfte. S. 217.

Hinderniss eingefügt wird. Am geringsten ist die Wirkung, wenn die Verschliessung oder Verengerung nach Beendigung der Athmung geschieht, am beträchtlichsten, wenn dieselbe auf der Höhe mit Inspiration erfolgt. Wie Hering und Breuer¹⁾ gezeigt haben, hat besonders die erste nach inspiratorischer Verschliessung der Athemwege auftretende Pause eine lange Dauer. Da dieser grosse Werth das Ergebniss in allzugrossem Masse beeinflussen musste, wurde bei den hier mitgetheilten Vergleichszählungen die erste Athmung nach der inspiratorischen Verschliessung fortgelassen. Als Beispiel diene ein Versuch, bei dem die vollständige Verschliessung der Trachea in den verschiedenen Athmungsphasen ausgeführt wurde. Die Athmungszahl ohne Abklemmung ist = 10 gesetzt; dann beträgt in 10 Einzelversuchen die Athemfrequenz während der Abklemmung:

Bei inspiratorischem	Bei expiratorischem
Verschluss.	
6,1	7,2
5,3	6,8
4,2	7,5
5,4	6,7
	7,5
	8,0
Mittel = 5,25	Mittel = 7,28.

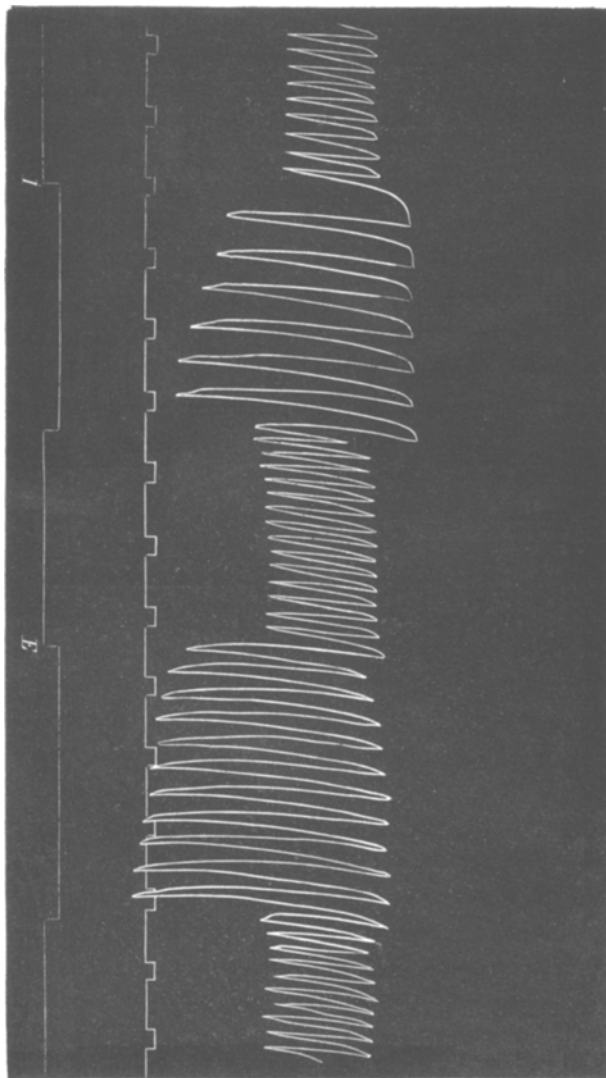
Figur 1 möge einen andern Versuch dieser Art graphisch erläutern (s. S. 227).

War die Verschliessung eine unvollständige, so war der Unterschied zwischen den Erfolgen in- und expiratorischer Verschliessung geringer, wie folgende beiden Beispiele zeigen.

1. Athemfrequenz vor der Verengerung = 10
 „ während der Verengerung } Expir. = 7,5
 } Inspir. = 6,7
2. „ vor der Verengerung = 10
 „ während der Verengerung } Expir. = 6,3
 } Inspir. = 6,1

Natürlich ist hier der Grad der Verengerung von grossem Einfluss.

1) Breuer, Die Selbststeuerung der Athmung u. s. w. Sitzb. der Wien. Akad. LVIII. Bd. 1868.



Figur 1.

Mittelgrosses Kaninchen. Chloralhydrat.

Knoll'sche Mediastinalcanüle.

Bei *I* inspiratorische, bei *E* expiratorische Verschlussung der Luftröhre.

Zeitmarken = 5".

4. Einschaltung von phasischen Hindernissen.

Als phasische Hindernisse bezeichnen wir solche, die nur die eine Athmungsphase, Einathmung oder Ausathmung, nicht beide

gleichzeitig beschränken. Die dazu benutzte Versuchsanordnung war folgende:

Die Trachealcantüle des Thieres ist mit einer dreizinkig gegabelten Metallröhre in Verbindung, deren mittelster Schenkel mit einem kurzen Schlauch versehen ist, der schnell verschlossen werden kann. Die beiden anderen Schenkel communiciren mit zwei kleinen Steheylindern, die nach Art Müller'scher Ventile hergerichtet und mit Wasser gesperrt sind; das eine erlaubt nur Einathmung, das andere nur Ausathmung. Der jedes Gefäß schliessende Kork gewährt noch je einer dritten bis auf den Boden reichenden Glascantüle Durchtritt. Durch passende Anordnung kann jede dieser Röhren mit einem kleinen Wasserreservoir in Verbindung gesetzt und dadurch je nach der Niveaustellung des Reservoirs die Sperrflüssigkeit der Müller'schen Flaschen vermehrt oder verringert werden. Eine an der Aussenfläche beider Steheylinder angebrachte Theilung lässt ablesen, wie viel Centimeter Wasser der In- oder Expirationsstrom zu überwinden hat. Auf diese Weise können inspiratorische und expiratorische Widerstände, jeder für sich oder beide zugleich um messbare Werthe verändert werden. Zum Zwecke graphischer Darstellung stehen die beiderseitigen freien Athmungsrohren der Ventilflaschen nicht mit der freien Luft, sondern mit einer grossen Luftflasche in Verbindung, die ihrerseits mit einer Marey'schen Zeichentrommel verbunden ist. In vielen Fällen wurde aber auch hier an Stelle der Athmungsflasche die Oesophaguscantüle verwendet.

Vor dem Beginne des Versuchs athmet das Thier unbehindert durch den mittelsten Schenkel der erwähnten Gabelröhre, dann wird dieser geschlossen und das Thier muss durch die Ventile athmen, deren Widerstände beliebig verändert werden können.

Zunächst zeigt sich, dass auch bei Minimalsperrung der Ventile und trotz möglichster Kürze und Weite der Verbindungsstücke die Einschaltung derselben in den Athmungsweg die Respiration verlangsamt: Die Frequenz sank in mehreren Einzelversuchen bei sehr geringer Wasserhöhe in beiden Flaschen von 5 auf 3 Athmungen in 6 Sec.

Wurde nun der expiratorische Widerstand gesteigert, während der inspiratorische auf seinem Minimalwerth blieb, so entstand eine Zunahme der Athemverlangsamung, und zwar war die Frequenz um so geringer, je höher die vor dem Ausathmungsstrom

zu überwindenden Hindernisse waren; vermehrte man dagegen den Inspirationswiderstand bei Minimalstand des expiratorischen, so trat nicht nur keine Verlangsamung ein, sondern in einzelnen Fällen unzweifelhaft eine Frequenzzunahme gegenüber der bei Minimalwiderständen herrschenden Frequenz. Waren endlich beide Widerstände gross, so war die dadurch verursachte Herabsetzung der Athmungszahl nicht ganz so bedeutend, wie sie bei Einschaltung des gleichen expiratorischen und bei gleichzeitigem inspiratorischen Minimalwiderstand gewesen war. Endlich war bei hohem In- und Expirationswiderstand die Verlangsamung beträchtlicher, wenn die Einschaltung des Hindernisses während der Inspiration — besonders auf der Höhe derselben — stattfand, während bei einseitigen Hindernissen ein solcher Unterschied sich nicht deutlich herausstellte. Folgende Versuchsbeispiele dürften genügend sein, um das Gesagte zu illustriren.

Versuch 1. Kleines schwarzes Kaninchen. Chloralnarkose. Trachea in angegebener Weise mit den Müller'schen Ventilen verbunden, deren Minimalwiderstand 1—2 ccm H₂O beträgt. Aufzeichnung der Athmung mittelst der Oesophagussonde.

Die erste Tabelle giebt die angestellten Versuche in ihrer natürlichen Reihenfolge wieder. Die Einschaltung der Ventile geschah durch Schliessung des freien Schenkels des gegabelten Trachealrohres und zwar stets in der Expiration.

Zu jedem Einzelversuche ist aus den unmittelbar der Einschaltung vorangehenden Zeichnungen die Normalfrequenz berechnet, und zwar für eine Zeitdauer, die in der Regel der Dauer der Abklemmung nahezu entsprach, so dass also die Zahlen der 3. und 4. Kolumne bedeuten: auf *a* Athmungen mit Widerstand kommen *b* Athmungen bei ganz frei gegebener Respiration. Die zweite Columne enthält die Widerstände. Die Höhe der eingeschalteten Wassersäule ist als Index dem Inspirations- oder Expirationszeichen (*J* oder *E*) beigefügt.

Die fünfte Columne endlich bringt die für die Normalfrequenz 10 berechneten Widerstandsfrequenzen.

Tabelle I.

No.	Widerstand	Normal- frequenz	Widerstands- frequenz	Auf 10 Normal- athm. kommen nach Einschalt- ung des Widerstandes
1.	J ₂ E ₂	12,5	7	5,6
2.	J ₂ E ₆	22	5	2,3
3.	J ₂ E ₄	40	10	2,5
4.	J ₄ E ₂	15,5—16	10	6,4—6,2
5.	J ₆ E ₂	16,5	11	6,7
6.	J ₇ E ₄	8,5	6—5,25—4,5—3,25 ¹⁾	7,0—3,8
7.	J _{1,6} E _{1,1}	15	10	6,7
8.	J ₇ E _{1,1}	14	10—11	7,1—7,8
9.	J ₇ E ₄	15	10	6,7
10.	J _{1,6} E ₄	20—24	6—8 ²⁾	3,0—3,3
11.	J _{1,6} E ₄	18,5	5	2,7

Tabelle II stellt die auf 10 Normalathmungen berechneten Athmungen nach Einschaltung der Widerstände zur Uebersicht systematisch zusammen.

Tabelle II.

Widerstände	Auf 10 Normalathmungen kommen nach Einschaltung der Widerstände
J _{1,6} E _{1,1}	6,7
J ₂ E ₂	5,6
J ₂ E ₄	2,5
J _{1,6} E ₄	3,0—3,3
J _{1,6} E ₄	2,7
J ₂ E ₆	2,3
J ₄ E ₂	6,2—6,4
J ₆ E ₂	6,7
J ₇ E _{1,1}	7,1—7,8
J ₇ E ₄	3,8—7,0 (successiv)
J ₇ E ₄	6,7

Die durch die Minimalwiderstände 1,1—2 ccm H₂O an sich schon veränderte Frequenz erleidet somit eine bedeutende Ver-

1) Die Verlangsamung ist hier eine progressive, die Abklemmung dauerte hier c. 75".

2) d. h. die 8 Athmungen der ersten Abklemmungsperiode entsprechen 24 ohne Widerstand, der zweiten Periode mit 6 Athmungen 20 ohne Widerstand.

ringerung, wenn einseitig der Ausathmungswiderstand — selbst nur um wenige Centimeter — gesteigert wird. Nimmt dagegen allein der Einathmungswiderstand zu, so ist die Frequenz sogar grösser, wie wenn bei gleichem Expirationswiderstand der inspiratorische auf dem Minimalwerth verharret hätte. Diese Frequenzzunahme wird um so deutlicher, je höher der Inspirationswiderstand steigt.

NB. Während J_6 und J_7 noch gut überwunden wurden, vermochte das kleine Versuchsthier den gleichen expiratorischen Widerstand nicht zu bezwingen; selbst E_4 wurde erst nach mehreren Einathmungen durchbrochen.

Versuch 2. Mittलगrosses graues männliches Kaninchen. Chloralnar-kose. Vorbereitungen wie oben. Anfangswiderstand des Ventils = 3 cm H_2O .

In der folgenden Tabelle ist noch eine Kolumne eingefügt, aus der zu ersehen ist, ob die Einschaltung des Widerstandes in der In- oder Expiration erfolgt.

Tabelle.

No.	Widerstand	Normal-frequenz	Widerstand-frequenz	Phase der Einschaltung der Widerstände	Auf 10 Normal-athm. kommen nach Einschaltung der Widerstände
1.	$J_3 E_3$	10,5	7		6,7
2.	$J_8 E_3$	10,25	7		6,8
3.	„ „	14,75	10	E	6,8
4.	„ „	7,5	5		6,7
5.	„ „	7,25	5	J	6,0
6.	$J_8 E_8$	9	5	J	5,5 ¹⁾
7.	„ „	14	7	E	5,0
8.	„ „	8	4	J	5,0
9.	„ „	8	4	E	5,0
10.	$J_8 E_8$	7,5	5		6,7
11.	„ „	10	6	J	6,0
12.	„ „	7	6	E	8,6
13.	„ „	9—9,5	8	E	8,9
14.	„ „	3,75	2	J	5,3

1) Wird die erste Athmung nach der Abklemmung mit berücksichtigt, so wird dieser Werth zu 5,2.

Wir machen besonders auf die letzte Spalte aufmerksam, welche die auf 10 Normalathmungen berechnete Frequenz angiebt. Man sieht, wie die durch den von vorne herein gesetzten Widerstand verminderte Athemfrequenz sich nicht ändert, wenn der inspiratorische Theil desselben sich beträchtlich erhöht, dass dagegen eine bedeutende Frequenzverminderung statthat, wenn bei gleichbleibendem inspiratorischem der Ausathmungswiderstand steigt. Endlich ist aus der Tabelle zu ersehen, dass wenn beide Widerstände wachsen, die Frequenz weniger sinkt, wie wenn der expiratorische sich allein in demselben Sinne und um denselben Werth geändert hätte, ja dass, wenn die Einschaltung der Widerstände nicht in der inspiratorischen Phase geschah, die Frequenzverminderung geringer sein konnte, wie bei Einschaltung der Minimalwiderstände: die Einschaltung des hohen Einathmungswiderstandes muss also sogar beschleunigend gewirkt haben.

Ein ganz ähnliches Ergebniss erhielten wir, als wir statt der Wasserventile leichtgehende Klappenventile (nach dem Muster der von Ewald und Kobert¹⁾ angegebenen) verwendeten, bei denen durch Verengerung der mit der Luft communicirenden Oeffnungen In- oder Expiration in beliebigem Grade erschwert werden konnte. Auch hier setzte Verengerung der Expirationsöffnung die Athmungszahl herab, während bei Beschränkung des Inspirationsweges die Zahl derselben sich nicht änderte.

Die hier mitgetheilten Versuchsergebnisse stehen im Widerspruch mit Angaben von Marey²⁾. Seine Versuche sind am Menschen angestellt. Die Versuchsperson athmet in der ersten Versuchsreihe durch eine enge Röhre. Die Athmung wird in Folge dessen verlangsamt und vertieft, die Respirationsdauer wächst. In einer zweiten Reihe von Versuchen konnte durch eine eigenthümliche Vorrichtung beliebig die Einathmung oder die Ausathmung erschwert werden. In beiden Fällen sah Marey die Athmung langsamer werden, und zwar war diejenige Athmephase verlängert, für die das Hinderniss bestand: bei expiratorischen Hindernissen zog sich die Ausathmung, bei inspiratorischen die Einathmung in die Länge.

1) Ewald und Kobert, Ist die Lunge luftdicht. Pflüger's Archiv Bd. 31. S. 167.

2) Marey, La méthode graphique 1878 p. 553.

Die Exactheit der Marey'schen Angaben, die er auch durch Kurven belegt, kann nicht in Zweifel gezogen werden, offenbar sind aber die beiderseitigen Versuchsbedingungen zu verschieden. Für uns handelte es sich darum, einen Mechanismus zu studiren, der selbstthätig auf die Einschaltung von Athmungshindernissen reagirt, und während Marey Menschen zu den Versuchen benutzte, die willkürlich ihre Athmung den veränderten Bedingungen und dem veränderten Bedürfniss anzupassen im Stande waren, haben wir, um jegliches Eingreifen des Willens zu hindern, ausschliesslich gut narkotisirte Thiere zu unsern Versuchen verwandt.

Das wichtigste Ergebniss der bisher mitgetheilten Versuche ist, dass, während Ausathmungshindernisse die Athmung beträchtlich zu verlangsamen im Stande sind, Einathmungshindernisse jedenfalls keine Frequenzverminderung, unter Umständen sogar eine Zunahme der Athmungszahl herbeiführen. Daraus folgt, dass, wenn Hindernisse im Athmungsschlauch für **beide** Phasen bestehen, wie das z. B. der Fall ist, wenn durch ein enges Rohr geathmet wird, nicht, wie vielfach angenommen wird, die Beschränkung der Einathmung, sondern die der Ausathmung es ist, die zu der bekannten, von uns oben genauer studirten Athemverlangsamung führt.

5. Einfluss der Vagusdurchschneidung.

Waren bei einem Thiere vor der Anstellung der in den vorangehenden Abschnitten geschilderten Versuche die N. vagi durchschnitten, so blieb bei Einschaltung aller Art von Hindernissen die sonst sicher eintretende Frequenzänderung aus. Schon die Thatsache, dass Verengerung oder Verschlussung der Athemwege die Athmung verlangsamt, mehr noch die Erfahrung, dass die Verschlussung auf der Höhe der Einathmung wirksamer ist wie die expiratorische, und dass rein inspiratorische Hindernisse wirkungslos, expiratorische dagegen sehr wirksam sind, alle diese Ergebnisse machten es wahrscheinlich, dass bei der Entstehung der untersuchten Athemverlangsamung die durch den Versuchseingriff veränderte Spannung des Lungengewebes und die peripherische Ausbreitung der Nv. vagi in ihm betheiligt sei. Im Sinne der

bekannten Hering-Breuer'schen Experimente liess sich die ganze Erscheinung bequem erklären. In der That finden sich in der Breuer'schen¹⁾ Abhandlung bereits Andeutungen dieser Art (wir verweisen besonders auf den Schlussparagraphen derselben), aber systematische Versuche, wie wir sie angestellt, fehlen gänzlich.

Es braucht nicht im Einzelnen ausgeführt zu werden, wie gerade diejenigen Bedingungen, unter denen wir die Athmung sich verlangsamen sahen, eine gesteigerte Lungengewebspsspannung und damit Vaguszerrung herbeiführen mussten. Hier sei nur folgendes erwähnt. Es ist selbstverständlich, dass die Spannung am grössten sein muss, wenn der Trachealverschluss in die Inspirationshöhe fällt, am geringsten, wenn er im Momente tiefster Ausathmung stattfindet. Ist nämlich das erstere der Fall, so wird die durch die inspiratorische Aufblähung schon stark gespannte Lunge bei den vergeblichen Aus- und Einathmungsbestrebungen²⁾ in noch stärkere Spannung gerathen müssen. Für die vor der Verschlussung collabirte Lunge wird die Gesammtspannung viel geringer sein. Es ist weiter verständlich, dass diese Einflüsse sich nicht in gleichem Masse geltend machen werden, wenn der Verschluss nur ein theilweiser ist. Es ist ferner klar, dass eine Vermehrung der Lungenspannung, in Folge deren auch eine Athemverlangsamung nicht eintreten wird, wenn bei freigegebener Ausathmung nur die Zufuhr von Inspirationsluft erschwert wird. Hier wird sogar eine Entlastung der Lunge eintreten können, in Folge deren unter Umständen eine Vermehrung der Athemfrequenz (s. o.) entstehen muss. Umgekehrt muss die Spannung einen sehr hohen Grad erreichen, wenn die Einathmungsluft frei eintreten kann, während die Ausathmung beschränkt wird (dieser Versuch ist übrigens in ähnlicher Weise wie von uns schon von Breuer und zwar mit gleichem Resultate angestellt).

1) a. a. O.

2) Es ist wahrscheinlich, dass hierbei beide Phasen die Lungenspannung steigern. Die an sich schon inspiratorisch ausgedehnte Lunge muss sich, obwohl von der äusseren Luft abgeschlossen, bei einer weiteren Vergrösserung des Thoraxraumes und der dadurch herbeigeführten Verringerung des sie umgebenden Druckes weiter dehnen. Tritt expiratorische Verkleinerung des Thoraxraumes ein, so wird die Spannung in Folge des vergeblichen Verkleinerungsbestrebens der Lunge gesteigert werden.

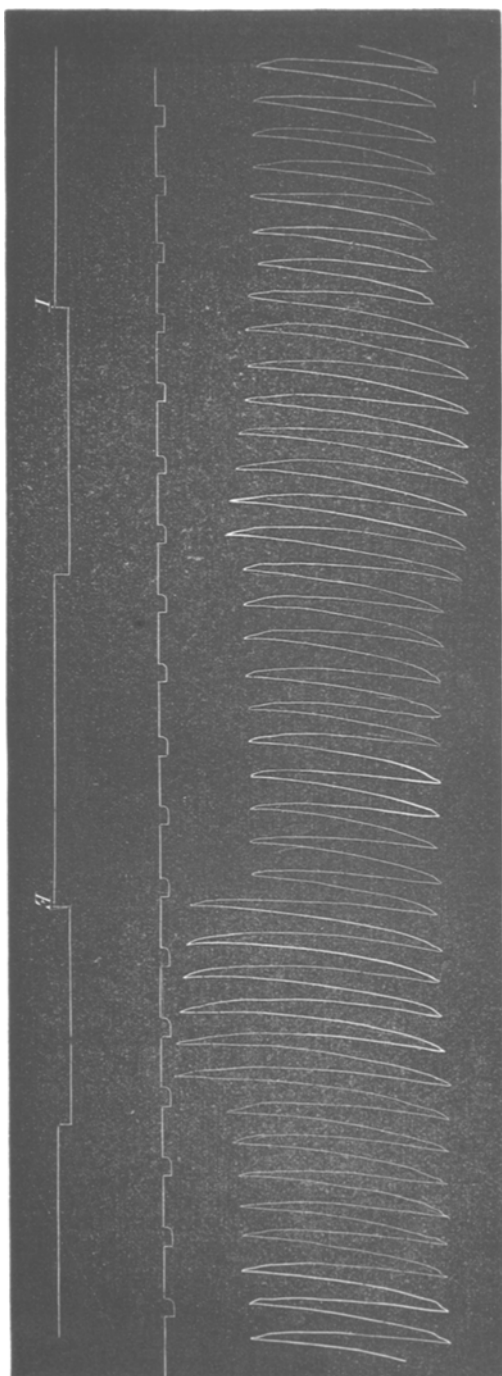
Beruhet nun das Zustandekommen der Athemverlangsamung auf einer solchen Spannungszunahme, so muss nothwendig Durchschneidung der Vagi dieselbe unmöglich machen. Dass das wirklich der Fall ist, davon haben wir uns in zahlreichen Versuchen überzeugt. In allen Fällen, in denen die zuerst geschilderten Erscheinungen bei Einschaltung von Widerständen aufgetreten waren, blieben sie nach Vagusdurchschneidung ausnahmslos fort: weder Verschliessung noch Verengerung, gleichgiltig ob sie expiratorisch oder inspiratorisch geschah, weder Einschaltung von Einathmungs- noch von Ausathmungshindernissen führte zu irgend einer Aenderung der Athmungszahl.

Wurde nur ein Vagus durchschnitten, so blieb die Verlangsamung nicht vollständig aus, war aber meist geringer wie bei Integrität beider Nerven. So war die Verlangsamung bei Abklemmung der Trachea in einem Falle 4,5—4,7 : 10, nach Durchschneidung des einen N. vagus betrug sie nur 6,25 : 10. Doch ist die Veränderung in manchen anderen Fällen unbedeutender gewesen, und fehlte wohl auch ganz: der noch unverletzte Nerv ersetzte den durchschnittenen.

Die in Fig. 2 (S. 236) wiedergegebene Kurve entstammt demselben Thiere, dessen Verhalten vor der Vagusdurchschneidung Fig. 1 illustrierte. Jetzt sind die Vagi beide durchschnitten: weder die inspiratorische noch die expiratorische Verschliessung hat jetzt Erfolg.

Ein Zweifler könnte gegen die Beweiskraft dieser Versuche etwa folgendes einwenden. Die Athemverlangsamung, könnte er sagen, die der Einschaltung von Athemhindernissen folgt, beruht nicht auf einer Vaguszerrung, sondern lediglich darauf, dass die Ueberwindung des Hindernisses mehr Zeit kostete, wie die Ueberwindung der normalen Athmungswiderstände¹⁾. Wird nun durch Vagusdurchschneidung die Athmung verlangsamt, so ist zu der Ueberwindung des Hindernisses eine weitere Verlangsamung nicht mehr nöthig; die Erscheinung fällt daher fort. Diese Ueberlegung wird schon dadurch unwahrscheinlich, dass, wie wir gezeigt haben, inspiratorische Hindernisse die Athmung gar nicht verlangsamen.

1) Offenbar wird Marey durch derartige Voraussetzungen geleitet. Siehe auch Riegel (a. a. O. S. 211): „Diese Verlangsamung erklärt sich leicht insofern, als nun auf die Inspiration wesentlich längere Zeit denn normaler Weise verwendet wird.“



Figur 2.

Thier und Versuchsanordnung wie in Fig. 1.

Die Vagi sind durchschnitten.

Bei *I* inspiratorische, bei *E* expiratorische Verschlussung der Luftröhre.
Zeitmarken = 5".

Um sie gänzlich zurückzuweisen, haben wir noch folgenden Versuch angestellt. Ein Kaninchen wird durch combinirte Vergiftung mit Chloralhydrat und Morphin in einen Zustand aussergewöhnlich verlangsamter Athmung versetzt. Die Respirationszahl war tief unter die nach Vagusdurchschneidung gewöhnlich vorhandene gesunken. Dennoch wirkte Verschliessung der Athemwege ganz ebenso weiter verlangsamend, wie bei Thieren mit normaler Athemfrequenz, und erst nach Durchtrennung der Vagi war nichts von einer Verlangsamung zu sehen.

Ob und wie weit die durch das Vorangehende nachgewiesene Regulationsthätigkeit der Vagi dem Organismus zu Nutze kommt, ist nicht leicht zu übersehen. Da das an der Aufnahme von Luft durch Verschliessung der Luftwege gehinderte Thier doch nur vergebliche Athemanstrengungen machen würde, verhütet vielleicht die Athemhemmung oder Verlangsamung eine unnöthige Kraftvergeudung. Dagegen könnte sie allem Anschein nach bei blosser Verengerung der Luftwege nur Schaden bringen, hier wäre eine rasche und kräftige Athmung vielleicht eher am Platze.

Es ist indessen müssig, über diese Fragen zu verhandeln, denn die im Organismus unter verschiedenen, künstlich variirten Bedingungen selbstthätig spielenden Mechanismen lassen sich wohl zum Theil, keineswegs aber durchweg unter dem Gesichtspunkte der Zweckmässigkeit betrachten.

(Aus dem physiologischen Institut in Königsberg i. Pr.)

Ueber den Athmungsdruck des Kaninchens.

Von

Albert Seelig, cand. med.

Bei Gelegenheit der in der vorhergehenden Abhandlung geschilderten Versuche wurde die Beobachtung gemacht, dass die Versuchs-Kaninchen Wasserwiderstände, die sie inspiratorisch mit Leichtigkeit überwandten, durch die kräftigsten Expirationsanstrengungen nicht zu besiegen vermochten. Ich schloss daraus