Histologische Untersuchungen über die Atemmuskeln des Menschen.

Von

Yoshi Kohashi.

(Aus dem Anatomischen Institut der Medizinischen Fakultät zu Okayama.
Vorstand: Prof. Dr. K. Yagita und Prof. Dr. M. Seki).

Mit 6 Textfiguren.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung.	201
II. Material und Methode.	202
III. Untersuchungsbefunde.	203
IV. Erörterung der Befunde.	205
V. Zusammenfassung.	209
Literaturverzeichnis.	211

I. Einleitung.

Verschiedene Skelettmuskeln des Menschen haben verschiedene Funktion, dementsprechend auch verschiedenen Bau, worüber wir schon in der vorigen Mitteilung (1937) berichtet haben. Vor uns haben schon Halban (1894), Schiefferdecker (1904, 1911, 1927), Hopf (1934) und Voss (1934) die Beziehung zwischen der Funktion und dem Bau der Muskeln untersucht, indem sie die Dicke der Muskelfasern massen. Neuerdings hat Wohlfart (1935) die Verteilung der Muskelfasern von verschiedenen Dicken innerhalb der primären Muskelbündeln untersucht. Benninghoff (1935) hat über die Bauprinzipien des Bindegewebes und der Muskeln und über ihre funktionelle Bedeutung berichtet. Die genannten Autoren haben somit viel zu der vergleichenden Myohistologie beigetragen.

Die Atembewegung ist für uns am allerwichtigsten. Ihr Mechanismus wurde von alters her von verschiedenen Seiten studiert. Insbesondere liegen über die Wirkungsweise der Zwischenrippenmuskeln viele Arbeiten vor. Bayle und Hamberger haben die Wirkungsweise der Zwischenrippenmuskeln rein geometrisch untersucht, und das Hambergersche Schema

wird heute noch in den Lehrbüchern der Physiologie angeführt. A. Fick, v. Ebner, Haller, Duchenne, R. Fick (1897) u.a.m. haben an Leichen, Lebenden und vivisektorisches an Tieren die Wirkung der Zwischenrippenmuskeln untersucht. Von den meisten Autoren wird angenommen, dass die Intercostales externi und die Intercostales interni intercartilaginei sowie das Zwerchfell inspiratorisch wirken, die Intercostales interni interossei aber expiratorisch. Es sind ausserdem viele Hilfsatemmuskeln vorhanden. Wir wollen in vorliegender Mitteilung den Zusammenhang zwischen der Funktion der Atemmuskeln und ihrem Bau näher studieren.

II. Material und Untersuchungsmethode.

Als Untersuchungsmaterial diente eine 44jährige guternährte männliche Leiche von etwa 155 cm Körpergrösse. Der Man starb an Peritonitis perforativa acuta. Die Leiche war nach dem Tode durch Einführung von Formalinlösung in die Femoralarterie durchfixiert und dann in 10%ige Formalinlösung einige Monate lang eingelegt. Man nahm kleine Muskelstücke von Atemmuskeln heraus, welche noch 2 Tage in 10%iger Formalinlösung fixiert wurden. Sie wurden nach der Methylalkohol-Celloidinmethode von Seki (1937) in Celloidin eingebettet, wonach die Schrumpfung des Gewebes überhaupt sehr gering ist. Die Celloidinschnitte der Muskeln wurden je nach dem Zweck der Untersuchung nach der Heidenhainschen Eisen-Hämatoxylinmethode, nach der von uns modifizierten Azocarmin-Pasini färbung und nach der Elastikafärbung von Weigert gefärbt.

Die Flächenmessung der Muskelfaserquerschnitte wurde in der Weise ausgeführt, dass man eine gewisse Anzahl Muskelfaserquerschnitte der nach der Heidenhainschen Methode gefärbten Objekte bei 600facher Vergrößerung mit Hilfe von Zeichenapparat möglichst genau auf einem Papier abzeichnet, dass darauf die abgezeichneten einzelnen Bilder der Muskelfaserquerschnitte mit dem Planimeter gemessen wurden. Die so erhaltenen Zahlen wurden später in absoluten Werte umgerechnet. In der Tabelle 1-4 ist ihr arithmetischer Mittelwert kurz in $\mu^2/10^2$, d.h. in Quadratmikron /100, angegeben. In diesen Tabellen werden auch die durchschnittlichen Zahlen der elastischen Fasern für eine Muskelfaser angegeben, Zahlen, welche derart gerechnet wurden, dass man in einem Flächeninhalt des Muskelquerschnittes die Zahl der elastischen Fasern durch die Zahl der Muskelfasern dividiert. Das zwischenfaserige Bindegewebe wurde ferner je nach der Reichlichkeit mit dem Zeichen +, ++, +++ usw. gezeichnet. Die untersuchten Muskeln wurden in 4 Gruppen eingeteilt, die Faserdicke 6,1-10,0, 10,1-14,0, 14,1-18,0 und 18,1-22,0 $\mu^2/100$.

III. Untersuchungsbefunde.

1. Regelmässige Einatmer.

Tabelle 1.

Name der Muskeln	Zahl der gemessenen Muskelfasern	M $\pm$ m.	σ	Bindegewebe z. d. Muskelfasern	Elastische Fasern
Intercostalis ext.	129	8,1 $\pm$ 0,28	3,21		2,7
int. intercart.	101	7,3 $\pm$ 0,26	2,58		2,1
Diaphragma (P. stern.)	108	7,9 $\pm$ 0,33	3,45		6,6
(P. cost.)	124	9,3 $\pm$ 0,34	3,81		5,6
(P. lumb.)	121	6,9 $\pm$ 0,28	3,06		7,3

In den Intercostalis externus und Intercostalis internus intercartilagineus ist der Querschnittswert durchschnittlich gross. Man findet das interstitielle Bindegewebe in diesen Muskeln reichlich, welches aber elastische Fasern spärlich enthält. Das Zwerchfell hat an drei verschiedenen Stellen Muskelfasern ungefähr derselben Dicke. Sie sind auch nicht dick.¹⁾ Sowohl das interstitielle Bindegewebe als auch die darin enthaltenen elastischen Fasern sind im Zwerchfell sehr reichlich zu sehen (Fig. 1 u. 2).

Fig. 1.

Fig. 2.

2. Hilfseinatmer.

Unter den drei Scaleni sind die Fasern im Ventralis am dicksten, indem sie 12,2 betragen. Die Fasern des Dorsalis sind am dünnsten und nur etwa $\frac{1}{2}$ so dick wie die des Ventralis. Die Muskeln sind überhaupt reich

1) Unter den drei Teilen ist die Pars costalis von den dicksten Fasern (wie bei Voss, 1937). Nach unserer vorigen Untersuchung an einer anderen Leiche war aber Pars sternalis von den dicksten Fasern.

Tabelle 2.

Name der Muskeln	Zahl der gemessenen Muskelfasern	M $\pm$ m	σ	Bindegewebe z. d. Muskelfasern	Elastische Fasern
Scalenus ventr.	120	12,2 $\pm$ 0,87	4,02	###	4,8
medius	120	8,2 $\pm$ 0,39	4,32	###	3,8
dors.	120	6,3 $\pm$ 0,19	2,06	###	3,3
Sternocleidomastoideus					
Pars cleidomast.					
(dist. Teil)	124	12,1 $\pm$ 0,33	3,72	##	1,1
Pars sternomast.					
(dist. Teil)	105	11,0 $\pm$ 0,29	2,98	###	1,6
(Bauchmitte)	120	12,9 $\pm$ 0,32	3,45	##	1,5
(prox. Teil)	117	11,3 $\pm$ 0,27	2,88	##	1,1
Serratus later. (P. sup.)	111	7,2 $\pm$ 0,16	1,68	###	2,9
(P. med.)	119	8,0 $\pm$ 0,21	2,27	##	2,9
(P. inf.)	119	7,7 $\pm$ 0,27	2,96	###	2,9
Pectoralis min. (med. Teil)	120	10,1 $\pm$ 0,22	3,24	++	2,0
(lat. Teil)	106	11,8 $\pm$ 0,31	3,24	++	2,6
Pectoralis maj. (P. st.-cost.)	109	10,1 $\pm$ 0,33	3,48	++	1,6
(P. clav.)	107	13,5 $\pm$ 0,43	4,44	##	1,5
Subclavius (med. Teil)	99	14,5 $\pm$ 0,38	3,96	++	2,2
(lat. Teil)	106	11,8 $\pm$ 0,32	3,27	##	2,0
Latissimus dorsi	114	15,3 $\pm$ 0,46	4,86	##	4,2
Trapezius (P. transv.)	120	10,9 $\pm$ 0,34	3,72	##	3,7
(P. desc.)	115	8,1 $\pm$ 0,23	2,46	##	4,7
Serratus dors. cran.	121	7,5 $\pm$ 0,29	3,18	###	3,2
Levator costae brev.	108	18,6 $\pm$ 0,58	6,03	###	8,5
Levator costae long.	119	13,9 $\pm$ 0,46	4,98	###	5,4

an interstitiellem Bindegewebe, in welchem die elastischen Fasern auch reichlich vorkommen. Die Dicke der Fasern von den drei Abschnitten des Sternocleidomastoideus ist ziemlich gross. Das Bindegewebe existiert in diesem Muskel nicht wenig, dagegen sind die elastischen Fasern nur sehr schwach entwickelt. Vom Serratus lateralis untersuchten wir eine obere, mittlere und untere Zacke. Die Muskelfasern sind überhaupt dünn. Unter den drei Zacken ist aber die mittlere von den dicksten Fasern. Das Bindegewebe zwischen den Muskelfasern ist gut gebildet, die elastischen Fasern werden aber nur spärlich angetroffen. Die Faserdicke des Subclavius ist etwas grösser als die des Pectoralis major und minor, sie beträgt 14,5 in dem medialen Abschnitt. In der Pars clavicularis major ist der Wert 13,5. Es findet sich das Bindegewebe in dem Pectoralis major und Subclavius ziemlich reichlich, in dem Pectoralis minor aber spärlicher. Die elastischen Fasern werden in den obigen Muskeln nur ganz wenig ge-

funden. Der *Latissimus dorsi* und der *Trapezius* ist etwas dickfaserig, abgesehen von der *Pars descendens* des *Trapezius*, welche aus dünnen Fasern besteht. Die Fasern des *Latissimus dorsi* sind sehr dick und betragen 15,3¹⁾. Die Muskeln enthalten ziemlich reichlich das Bindegewebe und die elastischen Fasern zwischen den Muskelfasern. Der *Serratus dorsalis cranialis* wirkt als ein Hilfseinatmer, der *Serratus dorsalis caudalis* demgegenüber als ein Hilfsausatmer. Der erstere besteht aus dünnen Muskelfasern (Mittelwert der Faserquerschnitte: 7,5). Er enthält aber das Zwischenfaserbindegewebe reichlich, die elastischen Fasern auch ziemlich reichlich. Trotz seiner unbedeutenden Grösse haben die *Levatores costarum* sehr dicke Fasern. Insbesondere ist der *Levator costae brevis* enorm dickfaserig (Mittelwert der Faserdicke: 18,6). Das

Fig. 3.

Bindegewebe und die elastischen Fasern sind auch in dem *Levator costae brevis* (Fig. 3) etwas reichlicher gefunden als in dem *Levator costae longum*.

3. Regelmässige Ausatmer.

Tabelle 3.

Name der Muskeln	Zahl der gemessenen Muskelfasern	$M \pm m$	σ	Bindegewebe z. d. Muskelfasern	Elastische Fasern
Intercostalis int. inteross.	128	$9,8 \pm 0,28$	3,12	+++	2,9
Transversus thoracis	120	$11,9 \pm 0,42$	4,62	+++	3,6

Der *Intercostalis internus interosseus*, welcher als ein regelmässiger Ausatmer wirkt, zeigt einen kleinen Muskelfaserquerschnitt. Die Menge des Bindegewebes dieses Muskels ist verhältnismässig reichlich

1) An einer anderen Leiche, welche wir früher untersucht haben, waren die Fasern des *Latissimus dorsi* dünner.

(Fig. 4), während die elastischen Fasern nur mangelhaft sind, genau wie wir oben bei dem Intercostalis externus und dem Internus intercartilagineus

Fig. 4.

gesehen haben. Die Faserdicke des Transversus thoracis ist dicker. Das interstitielle Bindegewebe und die elastischen Fasern existieren hier verhältnismässig reichlich.

4. Hilfsausatmer.

Tabelle 4.

Name der Muskeln	Zahl der gemessenen Muskelfasern	M $\pm$ m	σ	Bindegewebe z. d. Muskelfasern	Elastische Fasern
Rectus abd.	120	12,2 $\pm$ 0,37	4,02	##	3,4
Obliquus abd. ext.	125	8,3 $\pm$ 0,21	2,32	##	3,4
int.	126	9,3 $\pm$ 0,19	2,13	##	3,8
Transversus abd.	108	17,1 $\pm$ 0,52	5,37	##	4,5
Longissimus cerv.	116	14,9 $\pm$ 0,53	5,68	###	8,2
dorsi	117	15,6 $\pm$ 0,55	5,96	###	10,6
Iliocostalis lumb.	105	19,7 $\pm$ 0,63	6,48	###	9,4
dorsi	121	8,4 $\pm$ 0,25	2,71	##	6,0
cerv.	124	8,2 $\pm$ 0,25	2,79	##	5,6
Serratus dors. caud.	120	12,1 $\pm$ 0,32	3,54	###	3,6
Quadratus lumb.	110	11,3 $\pm$ 0,49	5,17	++	1,8

Unter den Bauchmuskeln führt der Rectus abdominis mässig dicke Muskelfasern. Die Fasern des Transversus abdominis sind beträchtlich dicker (Mittelwert: 17,1)¹⁾. In den Bauchmuskeln ist das interstitielle Bindegewebe im allgemeinen reichlich vorhanden. Die elastischen Fasern

1) Früher haben wir aber an einer anderen Leiche den Wert 13,3 bekommen.

sind auch hier mittelstark entwickelt; sie sind am stärksten in dem Transversus abdominis. Vom Sacrospinalis zogen wir den Longissimus dorsi und cervicis und den Iliocostalis lumborum, dorsi und cervicis in Beobachtung. Wenn man einen Blick auf Tabelle 4 wirft, so fällt uns auf, dass die Faserdicke an dem unteren Teile des Sacrospinalis beträchtlich grösser ist. Von den dicksten Fasern ist der Iliocostalis lumborum (Mittelwert der Faserdicke: 19,7). Demgegenüber findet man in dem Iliocostalis dorsi und dem cervicis einen viel dünneren Mittelwert. Ausdrücklich hervorzuheben ist auch die Tatsache, dass das Bindegewebe in den Rückenmuskeln allgemein recht gut gebildet ist (Fig. 5). Die elastischen Fasern kommen besonders stark im Longissimus vor (Fig. 6). Der ser-

Fig. 5.

Fig. 6.

ratus dorsalis caudalis ist von ziemlich dicken Fasern und reichlichem Bindegewebe, aber arm an elastischen Fasern. Wir sehen im Quadratus lumborum mittelmässig dicke Muskelfasern, armes interfaseriges Bindegewebe und sehr spärliche elastische Fasern.

IV. Erörterung der Befunde.

Wir trennen die Atemmuskeln in solche, welche den Brustraum erweitern, die Einatmer, und solche, welche den Brustraum verengern, die Ausatmer. Unter den Ein- und Ausatmern unterscheidet man wieder solche, welche bei jedem Atemzug wirken: die regelmässigen Ein- und Ausatmer, und solche, deren Hilfe praktisch nur bei verstärkter Atemtätigkeit in Anspruch genommen werden: die Hilfsein- und Hilfsausatmer.

1. Über die regelmässigen Ein- und Ausatmer.

Unter den Atemmuskeln kommen die Interkostalmuskeln in erster Linie in Frage. In jedem Zwischenrippenraum liegen zwei Interkostalmuskeln: der Intercostalis externus, dessen Fasern von kraniovertebral nach caudosternal verlaufen, und der Intercostalis internus, dessen Fasern umgekehrt von

kraniosternal nach caudovertebral ziehen. Der Intercostalis externus hebt den unteren Rippenknochen gegen den oberen, und der Intercostalis internus intercartilagineus den unteren Rippenknorpel gegen den oberen. Demgegenüber muss der Intercostalis internus interosseus den oberen Rippenknochen gegen den unteren senken. R. Fick (1911) schaltete beim Hunde alle Atemmuskeln bis auf die Intercostalmuskeln aus und fand, dass die Atmung weiter unverändert ging, ein Beweis, welcher für die ruhige Atmung dieses Tieres die Intercostales genügen. Fast alle Forscher, von Haller angefangen bis in die Neuzeit, stimmen darin überein, dass die Externi und Interni intercartilaginei sich inspiratorisch kontrahieren, synchron mit dem Zwerchfell. Der Mittelwert der Faserquerschnitte der so lebenswichtigen Muskeln ist merkwürdigerweise nicht gross (Tabelle 1). Warum?

Auf Grund der Messungen von E. Weber und v. Ebner berechnete R. Fick (1897) die Arbeitsleistung der Intercostales externi auf einer Seite bei einer einatmenden Bewegung, dieselbe soll 1,94 Kilogramm-meter betragen, die fast der des Gastrocnemius auf dem Sprunggelenk gleichkommt. Es wundert uns einmal sehr, dass die Intercostales externi bestehend aus verhältnismässig dünnen Fasern eine so grosse Arbeit treibt. Unter der genannten Arbeitsleistung versteht man aber die Summe der Arbeit der inspiratorisch maximal wirkenden ganzen Intercostales externi der einen Seite, während bei der gewöhnlichen ruhigen Einatmung die Intercostales externi nur um ein Bruchteil ihrer maximalen Arbeit leisten. Die Verkürzung der Externi bei der künstlichen Brustkorbbülung an der Leiche beträgt nach v. Ebner $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ ihrer Faserlänge. R. Fick (1897) hebte aus einer Berechnung A. Ficks hervor, dass schon eine Auswärtsbewegung der Rippen durch die Externi um 2,5 mm genügt, um eine Inhaltsänderung der Lunge um 500 cm³ herbeizuführen. Es wurde ferner von Henke und von Landerer der Nachweis erbracht, dass die elastische Gleichgewichtslage des Thoraxbänderpräparates (ohne den expiratorisch wirkenden Zug der Lungenelastizität) eine inspiratorische ist, nicht aber eine Mittellage zwischen Expiration und Inspiration oder gar eine expiratorische. Die Rippenknochen und -knorpel haben also in der Expirationsstellung das Bestreben in die Höhe zu gehen, nach oben zu federn. Durch diese Federkraft des Brustkorbes wird die Bemühung des Einatmers in einem gewissen Grad erleichtert. Aus den erwähnten Beobachtungen ersieht man, dass die Rippenheber, Intercostales externi und Intercostales interni intercartilaginei bei der ruhigen Atmung nicht schwer zu arbeiten brauchen, so dass die Muskeln von verhältnismässig dünnen Fasern sein können.

Der Intercostalis internus interosseus wirkt bei der gewöhnlichen ruhigen Respiration als ein Ausatmer. Nach der Fick'schen Berechnung (1897) ist die Arbeitsleistung der Intercostales interni auf einer Seite bei einer ausatmenden Bewegung 1,5 Kilogramm-meter, d. i. mehr als die Arbeit sämtlicher Supinatoren bei rechtwinkliger Armstellung. Die Muskelfasern des Internus interosseus sind ebenso dünn wie diejenigen des Externus und des Internus intercartilagineus.

Der Internus interosseus zieht die obere Rippenringe gegen die untere derart aktiv herab, dass er an den Rippenknochen angriff, dagegen zieht der Transversus thoracis den 3.—6. Rippenknorpel herab, woran er ansetzt. Ausser der Muskelkontraktion spielen noch andere Kräfte bei der Rippensenkung eine grosse Rolle; sie sind die elastische Kraft der Lunge, Schwerkraft usw. Der elastische Zug der auch in Expirationsstellung über ihre Gleichgewichtslage hinausgedehnten Lunge wirkt beständig senkend auf die Rippen, und sobald die Kontraktion der regelmässigen Einatmer aufhört, folgt der Brustkorb dem Gesetz der Schwere u. a.

Bei der ruhigen Atembewegung wirken also die regelmässigen in- und expiratorischen Atemmuskeln nicht kräftig. Da aber die Muskeln Tag und Nacht fortwährend arbeiten, ist der Energieumsatz in ihnen sehr gross. Es ist also eine glatte Ausführung der Energiezufuhr und Schlackenabfuhr erforderlich. Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass in den Intercostalmuskeln das interstitielle Bindegewebe mit Blutkapillaren sich sehr gut gebildet ist.

Die Ein- und Ausatmer in der Brustwand wirken abwechselnd. Sie ziehen sich zusammen und erschlaffen darauf usw. Bei der Erschlaffung brauchen sie nicht in spannendem Zustande zu bleiben (wie bei den Nackenmuskeln der Vierfüsser). Dementsprechend findet man spärlich elastische Fasern im Bindegewebe der Intercostalmuskeln.

Trotz seiner Löcher für den Durchtritt von Speiseröhre, Gefässen und Nerven bildet das Zwerchfell ein geschlossenes Ganzes. Das Zwerchfell dient als ein regelmässiger Einatmer bei der ruhigen Respiration. Es stellt eine widerstandsfähige Wand dar, indem es gegenüber den Bauchmuskeln immer mehr oder weniger stark in Spannung ist. Eine solche Anspannung des Zwerchfells kann verstärkt werden, wenn das Zwerchfell bei der Inspiration durch die Brustwandaufweitung in den Brustraum hinaufgesaugt wird. Die elastischen Fasern werden, worauf Pasqualino (1935) und wir (1937b) aufmerksam gemacht haben, allgemein in jenen Muskeln reichlich gefunden, die anhaltend statisch wirken. Durch die elastischen Fasern wird ja die Kraft der Muskeln erspart. Im übrigen werden die Muskelfasern unter Umständen durch die elastischen Fasern vor Überdehnung gestützt. So ist auch der Fall

beim Zwerchfell. Zwischen den Muskelfasern existieren die elastischen Fasern ausserordentlich reichlich. Örtliche Verschiedenheiten bezüglich der elastischen Fasern sind im Zwerchfell kaum vorhanden. Sie entwickeln sich aber, genauer gesagt, an der Pars lumbalis am stärksten.

Das Zwerchfell wirkt im übrigen zwar statisch erheblich, aber bewegt sich bei ruhiger Atmung nur wenig, wie es eine Röntgen-Durchleuchtung bestätigt. Das Zwerchfell besteht dementsprechend aus dünnen Muskelfasern und mit reichlichem interstitiellem Bindegewebe versehen, genau wie wir es bei den Intercostalmuskeln gesehen haben.

2. Über die Hilfseinatmer.

Die Hilfsatemmuskeln wirken hauptsächlich auf die oberen Gliedmassen, den Kopf und den Rücken. Sie können aber auch der Atembewegung des Brustkorbes helfen. Erst bei verstärkter Atembewegung kommen die Hilfsatemmuskeln in Tätigkeit. Duchenne hat einen interessanten Fall berichtet, dass bei einem polnischen Studenten die Intercostalmuskeln und das Zwerchfell gelähmt waren und der Patient die letzten 3 Wochen seines Lebens äusserlich nur noch mit den Kopfwendern atmete; das Sternum hob sich bei seiner Kontraktion um 2,5—3 cm.

Bei ruhiger Atmung wirkt die Scaleni praktisch nicht und erst bei einer tiefen Inspiration. Sie wirken aber beständig auf den Brustkorb, weshalb in den Muskeln das Bindegewebe mit den elastischen Fasern reichlich vorhanden ist. Die histologische Struktur des Serratus lateralis ähnelt derjenigen der Intercostalmuskeln. Der Pectoralis major und minor und der Subclavius sind als Hilfseinatmer wirksam. Sie sind von dickeren Muskelfasern, die elastischen Fasern werden aber spärlich gefunden.

Beachtungswert ist, dass die äusserlich unbedeutenden Levator costarum sehr dickfaserig sind. V. Ebener (1880) unterzog die Funktion dieser kleinen Muskeln einer genauen Untersuchung. Sie verkürzen sich ausgiebig nur bei Streckung, bei Neigung und bei Rotation der Wirbelsäule, aber in geringem Grade bei der Rippenhebung (nur um $1/50$ — $1/6$ ihrer Länge). Die Levatores costarum wirken also vielmehr als Rückenstrecker und sind somit kräftig gebaut wie der Sacrospinalis u. a. Ihre Muskelfasern sind nämlich dick, das interstitielle Bindegewebe ist mit den elastischen Fasern gut ausgebildet.

3. Über die Hilfsausatmer.

Als ein Hilfsausatmer kommt der Sacrospinalis bei der angestrengten Atembewegung in Wirksamkeit. Die durchschnittliche Faserdicke des Longissimus dorsi und des Iliocostalis lumborum ist ausserordentlich; der erstere beträgt 15,6¹⁾, der letztere 19,7. Der Iliocostalis dorsi und cervicis

ist etwas dünnfaserig. Der Sacrospinalis ist im allgemeinen mit reichlichem Bindegewebe und stark entwickelten elastischen Fasern versehen, und zwar, im Longissimus mehr als im Iliocostalis und wiederum im Iliocostalis lumborum mehr als im Iliocostalis dorsi und cervicis. Die elastischen Fasern dienen offenbar dazu, um die Muskelkraft zu ersparen.

Als Hilfsatemmuskeln wirken auch die Bauchmuskeln. Bei der einatmenden Bewegung des Zwerchfells werden die Bauchmuskeln passiv ausgedehnt, bei der Ausatmung treten sie zurück. Bei der angestrengten Ausatmung zieht aber der Obliquus abdominis internus und externus die Rippen nach abwärts, woher die Muskeln entspringen. Der Rectus abdominis zieht das Brustbein nach abwärts. Der Transversus abdominis dient als Verenger des unteren Teils des Brustkorbes und Bauchraumes. Die genannten Bauchmuskeln sind aber immer in einem mehr oder weniger stark angespannten Zustand. Das Bindegewebe zwischen den Muskelfasern ist also reichlich zu sehen, die elastischen Fasern entwickeln sich auch gut.

Zu erwähnen ist endlich ein besonderer Fall, in welchem eine kombinierte kräftige Tätigkeit der mächtigen expiratorischen Muskeln des Brustkorbes, des Rückens und der Bauchmuskeln mit einer Anspannung des Zwerchfells zustandekommt, eine Presse, wobei die Versteifung der ganzen Körperwandung als Rückhalt für die Entfaltung maximaler Kräfte nach aussen dient (wie beim Heben schwerer Last), oder die Steigerung des Abdominaldrucks die Entleerung von Hohlorganen des Abdomen fördert (wie bei der Harn- und Stuhlentleerung, bei den Presswehen beim Geburtsakt). Im übrigen treten diese Muskeln bekanntlich beim Husten, Niesen und Gesang synergisch in Tätigkeit zutage.

V. Zusammenfassung

Es wurde an den Atemmuskeln die Dicke der Muskelfasern und die Bildung des Bindegewebes und der elastischen Fasern zwischen ihnen untersucht. Die hauptsächlich interessierenden Befunde sind:

1. Die regelmässigen Ein- und Ausatmer sind, abgesehen von dem Transversus thoracis, im allgemeinen von dünnen Fasern. Unter den Interkostalmuskeln sind, genauer gesagt, die Fasern im Intercostalis internus interosseus am dicksten. Den Grund für die Dünnheit der Muskelfasern sucht man darin, dass die regelmässigen Atemmuskeln bei ruhiger Atmung schwache Kraft ausüben. Das interstitielle Bindegewebe wird in den regelmässigen Atemmuskeln meistens in guten Entwicklungszuständen ge-

1) Bei einer anderen Leiche betrug seine Faserdicke sogar 24,5.

funden. Insbesondere ist es im Zwerchfell am reichlichsten vorhanden. Die elastischen Fasern entwickeln sich in den Intercostalmuskeln und dem Transversus thoracis schlecht, im Diaphragma aber besonders gut.

2. Die Fasern der Hilfsatemmuskeln sind allgemein dicker als in den regelmässigen Atemmuskeln. Die Fasern der Hilfsausatmer sind dicker als diejenigen der Hilfseinatmer.

3. Seien es die Hilfseinatmer oder seien es die Hilfsausatmer, so sind die Rückenmuskeln im allgemeinen dickfaserig. Bemerkenswert ist, dass die Lavatores costarum, wenn sie auch kleine Muskeln sind, sehr dicke Fasern führen. Sowohl das interstitielle Bindegewebe als auch die in ihnen enthaltenen elastischen Fasern sind in den Rückenmuskeln reichlich.

4. In den Bauchmuskeln entwickelt sich das interstitielle Bindegewebe mit den elastischen Fasern verhältnismässig gut.

5. Das Bindegewebe zwischen den einzelnen Muskelfasern gehört zur Ernährung der letzteren, so dass Muskeln mit Dauerfunktion damit reichlich versehen sind. Die elastischen Fasern kommen aber in denjenigen Muskeln besonders reichlich vor, welche statisch anhaltend wirken. Die elastischen Fasern ersparen offenbar die Muskelkräfte oder aber schützen den Muskel vor der Überdehnung seiner Fasern.

Literaturverzeichnis.

- Bayle: Zit. n. R. Fick, 1911.
 Benninghoff, A.: Bauprinzipien des Bindegewebes und der Muskulatur und ihre funktionelle Bedeutung. Verh. deutsch. orthopäd. Ges. 1935.
 Duchenne: Zit. n. R. Fick, 1911.
 v. Ebner: Zit. n. R. Fick, 1897.
 Fick, A.: Zit. n. R. Fick, 1911.
 ———: Anatomie und Mechanik der Gelenke. In Bardelebens Handbuch, Bd. 2, Abt. 1, T. 3, Jena 1911.
 Felix, W.: Anatomie der Atmungsorgane. In Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 2. Berlin 1925.
 Halban, J.: Die Dicke der quergestreiften Muskelfasern und ihre Bedeutung. Anat. H. Bd. 3, 1894.
 Häggqvist, G.: Gewebe und Systeme der Muskulatur. In v. Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Bd. 2, T. 3. Berlin 1931.
 Haller: Zit. n. R. Fick, 1897.
 Hamberger: Zit. n. R. Fick, 1897.
 Henke: Zit. n. R. Fick, 1897.
 Hopf, G.: Grössenunterschiede der Muskelfaserquerschnitte zwischen den einzelnen Portionen des M. masseter beim Menschen und bei einigen Säugetieren. Z. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. 35, 1934.

- Kohashi, Y.: Histologische Untersuchungen der verschiedenen Skelettmuskeln beim Menschen.
I. Untersuchungen beim Erwachsenen. Okajimas Fol. anat. Jap., Bd. 15, 1937 a.
———: Histologische Untersuchungen der verschiedenen Skelettmuskeln. II. Elastische Fasern in den Muskeln. Okajimas Fol. anat. jap. Bd. 15, 1937b.
- Krogh, A.: The number and distribution of capillaris in muscles with calculation of the oxygen-pressure necessary for supplying the tissue. J. of Physiol. Vol. 52, 1919.
- Landerer: Zit. n. R. Fick, 1897.
- Lauber, H.: Die Muskulatur. In. v. Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. 3, T. 2. Berlin 1936.
- Pasqualino, A.: Il connettivo nei vari tipi di muscoli. Arch. ital. Anat. e Embriol. Vol. 35, 1935.
- Rohrer, F.: Physiologie der Atembewegung. In Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 2. Berlin 1925.
- Schiefferdecker, P.: 1904, zit. n. Lauber, 1936.
———: Untersuchungen über den feineren Bau und die Kernverhältnisse des Zwerchfells in Beziehung zu seiner Funktion. Pflügers Arch. Bd. 139, 1911.
———: Vergleichende Betrachtungen über 116 von mir untersuchte Muskeln. Z. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. 9, 1927.
- Seki, M.: Untersuchungen mit nichtwässrigen Flüssigkeiten. III. Erfahrungen auf dem Gebiete der Celloidineinbettung. Z. Zellforsch. Bd. 26, 1937.
- Voss,: Vergleichende Untersuchungen über den Aufteilungsgrad der kontraktile Masse in den Skelettmuskeln. Z. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. 36, 1934.
———: Vergleichende Untersuchungen über den Aufteilungsgrad der kontraktile Masse in der Skelettmuskulatur. 5 u. 6. Z. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. 42, 1937.
- Weber, E.: Zit. n. R. Fick, 1897.
- Wohlfart, G.: Untersuchungen über die Gruppierung von Muskelfasern verschiedener Grösse und Struktur innerhalb der primären Muskelbündel in der Skelettmuskulatur, sowie Beobachtungen über die Innervation dieser Bündel. Z. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. 37, 1935.
-