

(Aus dem Pathologisch-anatomischen Institut des I. Moskauer Medizinischen Instituts [Direktor: Prof. Dr. A. I. Abrikossoff].)

Histologische Veränderungen des Zwerchfells im Zusammenhang mit der Lehre von seiner Funktion.

Von

Dr. A. I. Strukow.

Mit 13 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 23. Mai 1931.)

„Bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung wird das Diaphragma gewöhnlich recht weitgehend vernachlässigt, und die histologischen Studien über das Diaphragma ungemein spärlich sind oder überhaupt fehlen“, schreibt *Hitzenberger* in seiner umfangreichen Monographie über das Zwerchfell. In der Tat wird dieses Organ immerfort von den Röntgenologen, Therapeuten, Pathophysiologen und nur in der letzten Reihe von Pathologoanatomern erforscht, obgleich mit Hilfe der pathologisch-morphologischen Angaben viele Streitfragen auch in der Lehre von der Funktion dieses Muskels gelöst werden können. Die bis jetzt beschriebenen histologischen Veränderungen sind mehr zufällige Befunde und nicht mit Leistungsstörungen in Beziehungen gebracht, wodurch sie an Bedeutung einigermaßen einbüßen, zumal im Schrifttum bis jetzt wenig über die Rolle des Zwerchfells im Organismus festgestellt ist.

So legt eine Reihe von Verfassern (*Zahn, Falkenstein, Eppinger*) dem Zwerchfell die Bedeutung des wichtigsten Atmungsmuskels bei, dessen gestörte Tätigkeit ernste Folgen haben kann.

Keith, Mettenleiter, Wenkebach, Hasse glauben, daß das Zwerchfell eine wichtigere Rolle als blutbewegendes Organ spielt, was durch stammesgeschichtliche und anatomische Gründe bewiesen wird. Jedoch zeigten die Arbeiten der letzten Zeit, daß eine Ausschaltung der Zwerchfellbewegungsnerven weder auf die Atmung (*Žorow*) noch auf den Blutkreislauf (*Lass*) Einfluß ausübt, wodurch einige Verfasser veranlaßt wurden, sogar von einer Überschätzung der Bedeutung des Zwerchfells zu sprechen. *Fromme* zeigte durch Wägung und *Tscherepnina* durch Messung des Durchmessers der Zwerchfellmuskeln, daß in bei mit Blutkreislauf- oder Atmungsstörungen verbundenen Erkrankungen sich eine als Angleichungsvorgang anzusehende Hypertrophie entwickelt.

Die vorliegende Untersuchung hatte zur Aufgabe, einerseits den makro- und mikroskopischen Zustand des Zwerchfells sowohl bei normalen als auch bei pathologischen Verhältnissen der Lungen und des Herzens zu erforschen und andererseits diese morphologischen Veränderungen mit pathophysiologischen Angaben zusammenzustellen, um eine Vorstellung von funktioneller Bedeutung dieses Muskels zu gewinnen.

Unser Material umfaßt 106 Fälle, darunter 36 von akuten Infektionen, 14 von verschiedenen Erkrankungen (ohne Herz- und Lungenleiden), 19 mit entzündlichen Veränderungen der Bauch- und Brusthöhlen, 8 von Lungentuberkulose, 12 von ausgeglichenen Herz- und Lungenerkrankungen (Herzfehler, Kardiosklerose, Herzhypertrophie mit Emphysem; in allen diesen Fällen war die Todesursache außerhalb des Herzens, die Kranken starben von zufälligen Ursachen), 17 von dekompensierten Herz- und Lungenerkrankungen.

Zur histologischen Untersuchung wurden an einem bestimmten Zwerchfellabschnitt symmetrisch von rechts und von links 2—3 Stückchen ausgeschnitten, das Zwerchfell makroskopisch betrachtet, sein Zustand, derjenige der Rippenknorpel und der Ernährungszustand der Leiche verzeichnet und etwaige Brustfellverwachsungen vermerkt. In jedem Falle wurde der Herzmuskel untersucht.

Das Schrifttum über histologische Veränderungen des Zwerchfells ist sehr dürftig.

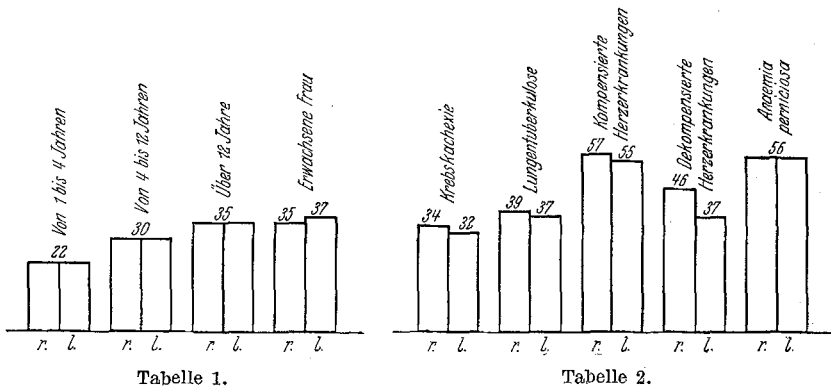
Zahn fand darin bei Lungenerkrankungen eine kernige und fettige Degeneration, einen glasartigen Zerfall und eine einfache braune Atrophie. Er verzeichnete als der erste, daß das Zwerchfell stärkere Veränderungen aufweist als andere Muskeln. *Hallender* berücksichtigt besonders die fette Degeneration der Muskelfasern. *Falkenstein* fand in Fällen von schweren Herzleiden stark ausgeprägte sklerotische degenerative Veränderungen, die Atemnot verursachen sollen. Bei Lungenkrankheiten: Emphysem, Tuberkulose, Pleuraverwachsungen sah er diffuse Hyalinose von Fasern, Sklerose und Zellinfiltrate. *Beneke* und *Stemmler* fanden hyaline und wachsartige Degeneration bei akuten Infektionen und bei anaphylaktischem Shock stärker ausgeprägt als in anderen Muskeln.

Nieuwenhuijze beobachtete bei Vergiftung von Tieren mit Diphtherietoxin wachsartige Degeneration und eine Bildung von besonderen Querstreifen, die den von *Schmidt* bei Einwirkung des elektrischen Stromes beschriebenen ähnlich waren; *Wells* beschrieb bei lobären Pneumonien eine durch Überanstrengung verursachte wachsartige Degeneration an der dem Leiden entgegengesetzten Seite. *Hitzemberger* beobachtete bei Emphysem stark ausgeprägte degenerative atrophische Veränderungen, Lipomatose, Sklerose.

Zu meinen eigenen Untersuchungen übergehend muß ich zunächst bemerken, daß es schwierig ist, bei der Betrachtung mit bloßem Auge eine Vorstellung von dem Zustande des Muskelgewebes zu gewinnen, obgleich eine blasse Farbenschattierung immer im Sinne degenerativer Veränderungen verdächtig ist. Bei Durchsicht der histologischen Materialien wurden beinahe in allen Fällen degenerative oder entzündliche Veränderungen verschiedenen Grades gefunden. Auf Grund unserer

Untersuchungen können wir behaupten, daß jede allgemeine Erkrankung im Zwerchfell Folgen nach sich zieht. Hier ist freilich die Erkrankungsart und -dauer usw. von Bedeutung. Die Veränderungen bestehen in Faser-
verfettung, fibrillären Zerfall, hyaliner Umwandlung, klumpigen Zerfall, in schweren Fällen aber auf Nekrobiose des contractilen Stoffes und auf *Zenkersche Degeneration* zurückgeführt. Im interstitiellen Bindegewebe ist ein Ödem ohne oder mit Entzündung und mit nachfolgender Bildung von Sklerosen und Lipomatosen zu beobachten.

Als Altersveränderungen wird die Bildung von perinucleärem Pigment und auf Anhäufung von Kernen in den Fasern bei Menschen von 20 bis 30 Jahren, manchmal aber auch früher beschrieben. Die gewöhnlich



hyperchromatischen Kerne sind in Reihen oder Häufchen angeordnet. Stellenweise fehlt der contractile Stoff gänzlich, und es sind nur Anhäufungen hyperchromatischer von Klümpchen braungoldigen Pigmentes umgebener Kerne zu sehen.

Die Erscheinung der Anhäufung von Kernen kommt in allen Altersgruppen vor, aber ihre Mächtigkeit nimmt mit dem Alter zu und kommt am stärksten zutage bei atrophischen Prozessen, z. B. am Ausgang der chronischen Diaphragmatitis usw. Die Anhäufung von Kernen ist also gewissermaßen ein Zeichen des Grades der Atrophie.

In der letzten Zeit zeigte *Kramer* an den Muskeln hungernder Frösche, daß diese Kerne nicht durch Teilung, sondern durch Synthese aus dem Sarkoplasma gebildet werden. In der Tat ist in einigen Fällen ausgeprägter Muskelatrophien des Diaphragmas das Auftreten kleiner mit Hämatoxylin dunkel gefärbter Körnchen zu verzeichnen, die sich zu größeren vereinigen, aber inwiefern diese Bilder der „Nucleosynthese“ nach *Kramer* entsprechen, ist schwer zu sagen. Jedenfalls werden Kernteilungsfiguren in den Fasern sehr selten beobachtet. Bei pathologischen Zuständen, besonders bei Erkrankungen mit Blutkreislaufstörungen, treten alle diese Altersveränderungen bedeutend früher und stärker auf.

Das elastische Gewebe des Zwerchfells, das in Form feiner Fäserchen im Stromagange gelegen ist, pflegt keine Veränderungen zu erleiden, und bei Atrophie und Dünnerwerden der Muskelfasern nimmt die Menge des elastischen Gewebes verhältnismäßig zu.

Mein Gesamtmaterial ist zur histologischen Beschreibung in folgende Gruppen eingeteilt:

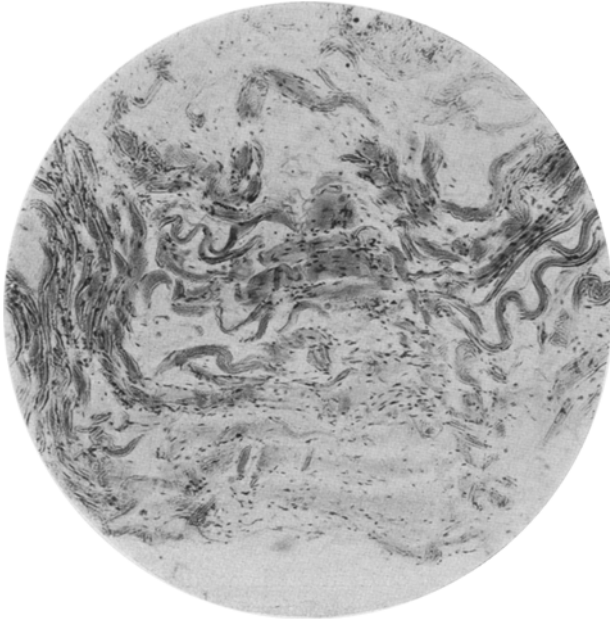


Abb. 1. Stark ausgeprägtes Ödem des intermuskulären Gewebes der linken Kuppel. Die Fasern geschlängelt dünn geworden (ein Fall des dekompensierten Herzfehlers).

1. Herz- und Lungenerkrankungen ohne Kompensationsstörungen. 2. Dieselben Erkrankungen mit Kompensationsstörungen. 3. Lungentuberkulose. 4. Allgemeine Infektionen. 5. Pleuritiden und Peritonitiden. 6. Verschiedene Erkrankungen.

1. Bei *ausgeglichenen Herz- und Lungenerkrankungen* mit Herzhypertrophie werden im Zwerchfell hauptsächlich Altersveränderungen verzeichnet. Degenerative Veränderungen einzelner Muskelfasern kommen nicht häufig vor. Die Fasern sind massiv mit gut erhaltener Querstreifung. Im interstitiellen Bindegewebe wird eine Verdickung der intermuskulären Scheidewände verzeichnet. Alle Fälle von diffuser Arteriosklerose und Atheromatose dieser Gruppe wurden von gesteigertem Fettgehalt in den Zwerchfellfasern begleitet. Die Messung des Durchmessers gab ziemlich beständige, und zwar für die rechte Kuppel etwas größere Werte (s. Tabelle 2). So beträgt der Faserdurchmesser für die rechte Kuppel durchschnittlich 57 Mikronen, für die linke

55 Mikronen. Von 2 Fällen starker Kyphoskoliose des Brustabschnittes der Wirbelsäule mit Herzhypertrophie betrug der Durchmesser der Fasern in einem Falle 56 μ , in dem anderen 64 μ . Die beiden Kranken starben von zufälligen Ursachen. In Fällen von Verödung des Herzbeutels erreicht die Faserdicke 64 μ .

2. Bei Herzfehlern mit Dekompensation und Stauungserscheinungen in der Bauchhöhle wird ausgesprochenes Ödem, besonders links (Abb. 1), manchmal mit kleinzelligen Herdchen am Stromagang, und in späteren Stadien Sklerose beobachtet. In einem Falle rheumatischer Endokarditis wurde eine knötchenförmige Reaktion am Stroma mit nachfolgender Entwicklung von Sklerose verzeichnet. Eine beständige Erscheinung ist in allen dekompensierten Fällen die Hyalinose der Muskelfasern mit Verschwindung der Querstreifung und klumpiger Zerfall und Fettdegeneration. Perinucleäres Pigment meistens in gesteigerter Menge. Bei ulcerösen Endokarditen sind degenerative Veränderungen sehr stark ausgeprägt. Hier geht es häufig so weit, daß sich *Zenkersche* Nekrose der Muskelfasern mit Kalkablagerung bildet, ganze Schichten der in dieser Weise veränderten Fasern und eine leukocytaire Reaktion (Abb. 2 und 3), um die verkalkten Herde herum erscheint. Bei Emphysem mit Herzhypertrophie und Dekompensation treten die degenerativen Veränderungen nicht so stark auf: häufig wird Hyalinose der Fasern, eine Längszerfaserung, seltener ein klumpiger Zerfall beobachtet. In den Fasern Anhäufung von Kernen, viel Pigment, im interstitiellen Bindegewebe Ödem, Lipomatose (Abb. 4 und 5), Sklerose und manchmal Entzündungsherdchen. Bei Kardiosklerose mit Dekompensation sind die atrophischen sklerotischen Veränderungen mit dünner gewordenen Fasern sehr stark ausgesprochen. Fettdegeneration wird in dekompensierten Fällen stets gefunden.

Die von *Falkenstein* beschriebenen Zwerchfellveränderungen beziehen sich auf dekompensierte Fälle und sind den meinigen sehr ähnlich, aber *Falkenstein* legte denselben eine vorherrschende Bedeutung in der Pathogenese der entstehenden Störungen bei; wie unser Material und besonders die Erforschung der kompensierten Fälle zeigte, handelt es sich hier um sekundäre sich allmählich infolge von einer Blutkreislaufstörung entwickelnde Veränderungen.

Bei Messung des Durchmessers der Muskelfasern wurden in dekompensierten Fällen ziemlich bunte Werte gewonnen, aber die Fasern des rechten Diaphragma waren immer dicker als die des linken. Weiterhin gelang es, eine Abhängigkeit der Faserdicke von der Dauer des Kompensationszustandes zu bemerken. So gaben die Fälle, die im Anfang der Dekompensationsperiode auf den Sektionstisch kamen, größere Werte, als die lange dauernden. Im Durchschnitt ist für die dekompensierten Fälle der Durchmesser der Fasern der rechten Kuppel von 46 μ , der linken von 37 μ festgestellt (Tabelle 2). Beim vesiculären Emphysem ohne Herzhypertrophie betrug der Faserdurchmesser 24—32 μ .

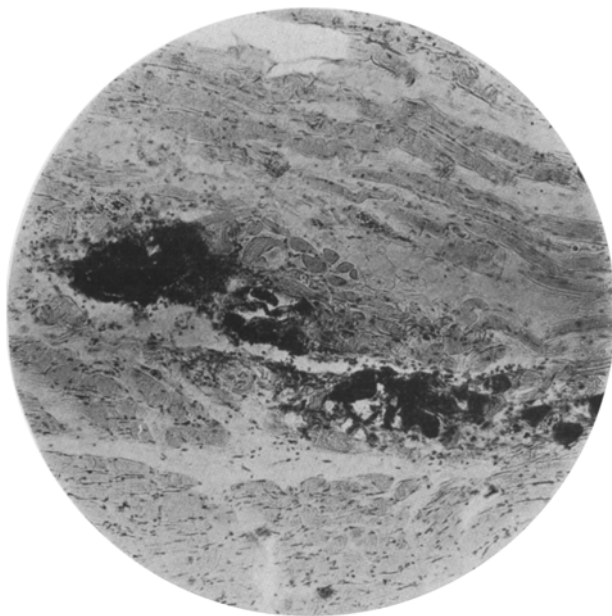


Abb. 2. *Zenkersche* Nekrose und Kalkablagerung in den Fasern (ein Fall der ulcerösen Endokarditis).

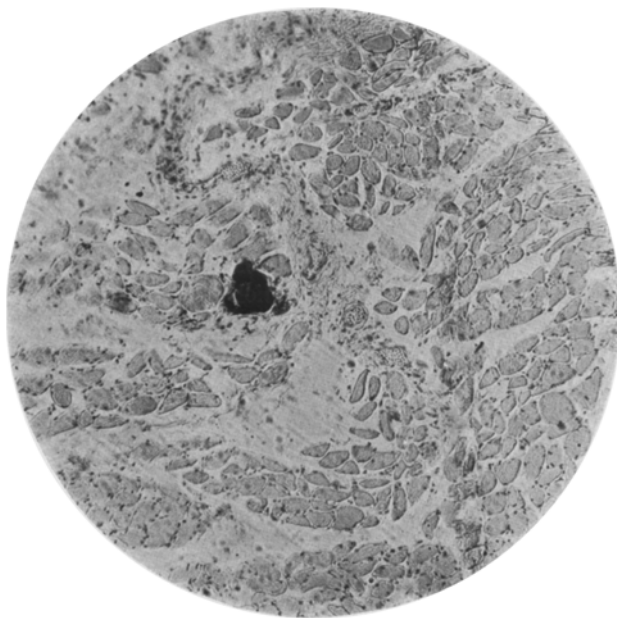


Abb. 3. Dasselbe Präparat im Querschnitt.

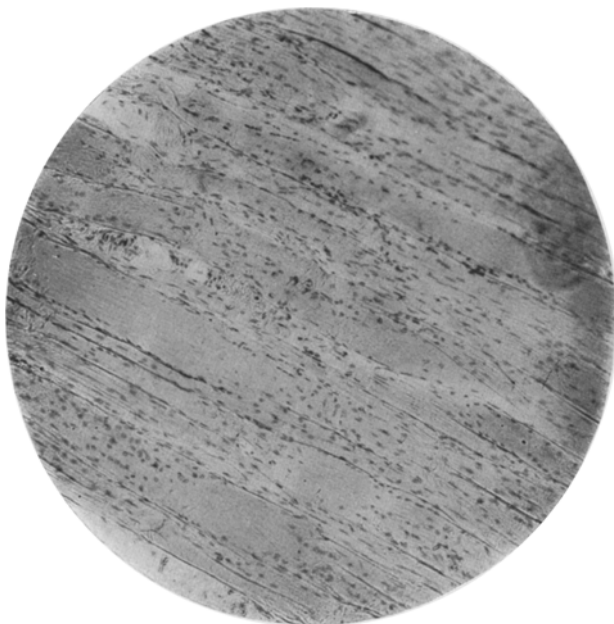


Abb. 4. Hyalinose der Zwerchfellmuskelfasern (ein Fall von Emphysem mit Kompensationsstörung).

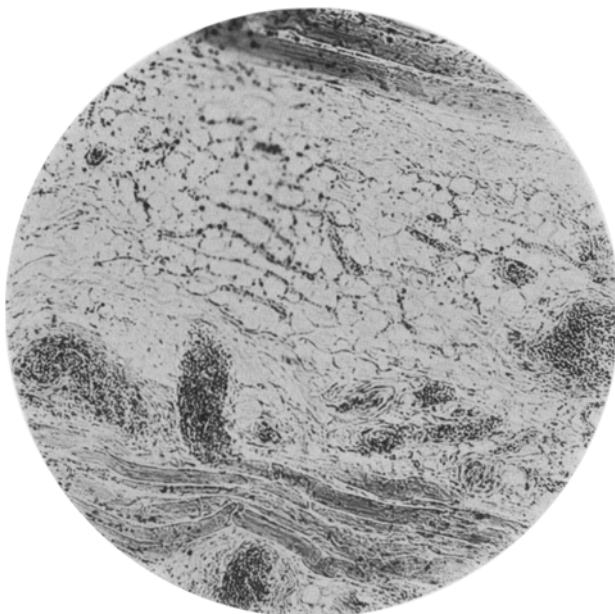


Abb. 5. Lipomatose des intermuskulären Gewebes bei Emphysem mit Herzhypertrophie und Kompensationsstörung.

3. Bei Lungentuberkulose pflegt man eine starke Pleuraverdickung zu verzeichnen, von der dicke Stränge zwischen den Muskelfasern verlaufen und diese zusammendrücken. In den Fällen der spezifischen Veränderungen sind die sklerotischen Veränderungen an der Zwerchfellpleura stärker ausgeprägt. Die Querstreifung pflegen gut erhalten zu sein, immer wird perinucleäres Pigment, zuweilen eine Anhäufung von Kernen festgestellt. Degenerative Veränderungen sind überhaupt selten.

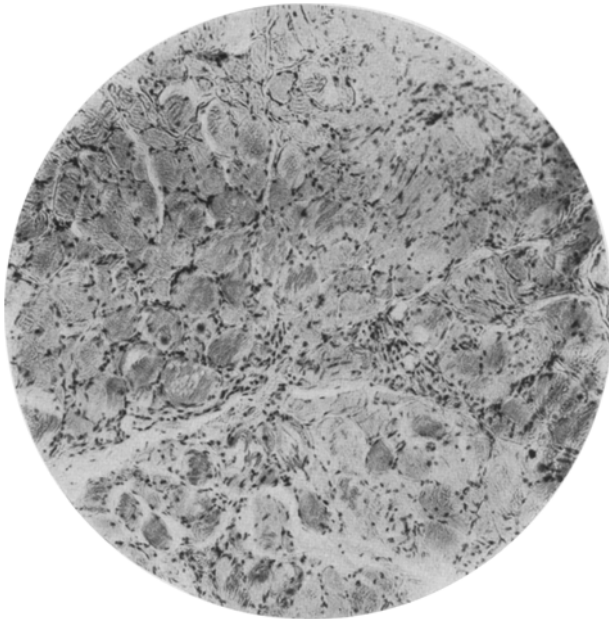


Abb. 6. Anschwellung und vacuoläre Degeneration der Zwerchfellfasern bei Lungentuberkulose.

In einem Falle wurde eine stark ausgesprochene Längszerfaserung mit korkzieherartigem Verlauf einzelner Fasern beobachtet, und in einem Falle mit Pyopneumothorax an der erkrankten Seite degenerative Veränderungen mit Anschwellung und vacuolärer Degeneration der Fasern und Nekrose des contractilen Stoffes (Abb. 6). In diesen 2 Fällen wurde eine starke Faserverfettung, in den übrigen aber Fett in einzelnen Fasern, sowie überhaupt degenerative Veränderungen verzeichnet. Die Faserdicke der rechten Kuppel beträgt durchschnittlich 39μ , die der linken 37μ .

Das Vorhandensein von Verwachsungen übt keinen Einfluß auf die Dicke des Faserdurchmessers, und eine Ausschaltung einer Hälfte des Zwerchfells läßt den Durchmesser der anderen nicht zunehmen. Nach *Fromme* steigt das Zwerchfellgewicht beim Vorhandensein von Verwachsungen. Es ist aber zu beachten, daß bei derartigen Ver-

wachungen der Zwerchfellpleura eine Bindegewebsvermehrung zwischen den Muskelfasern und dadurch eine Gewichtszunahme, aber nicht der Muskulatur, wie *Fromme* glaubt, unvermeidlich sind.

4. Bei akuten Infektionen sind die Veränderungen, deren Grad von der Infektionsstärke, dem Alter, der Krankheitsdauer usw. abhängt, immer von parenchymatösem Charakter. Für keine Infektion gelingt es, irgendwelche spezifische Bilder zu verzeichnen: im wesentlichen sind sie gleich und bestehen auf Muskelverfettung, der fibrillären Struktur, auf Hyalinose der Muskelfasern und sehr selten auf klumpigem Zerfall. Bei ausgesprochenen septischen Prozessen wird Ödem des interstitiellen Bindegewebes (Scharlach) beobachtet.

Das Material der akuten Infektionen benutzte ich zur Feststellung der Durchmesser norm der Muskelfasern, da es sich hier meistens um Personen mit gesundem Herzen und Lungen (Fehlen von chronischen Erkrankungen dieser Organe) handelte. Die Messung erfolgte in der rechten und der linken Kuppel an je einigen Fasern in 3—5 Gesichtsfeldern, und es wurden Durchschnittswerte berechnet.

Die Normfeststellung ist recht schwierig, da der Dickendurchmesser der Fasern sogar bei ein und demselben Einzelwesen großen Schwankungen unterliegt und außerdem die Entwicklung der Skelettmuskulatur, der Ernährungszustand, derjenige der Atmungs- und Kreislauforgane eine große Bedeutung haben. Für einzelne Altersgruppen mußten Personen von gleichem Körperbau und gleicher Ernährung gewählt werden. In der Tabelle 1 ist die Gesamtsumme der zahlreichen Messungen angeführt und graphisch sind die Werte für einzelne Altersgruppen dargestellt. So beträgt die Faserdicke bei 1—4jährigen Kindern $22\ \mu$, bei 4—12jährigen $30\ \mu$ und bei älteren $35\ \mu$. In allen Fällen wurden gleiche Werte für die beiden Kuppeln des Zwerchfells gewonnen. Aus dieser Tabelle sieht man also folgendes: a) Bei den Kindern besitzt das Zwerchfell verhältnismäßig dicke Fasern, b) bei normalen Herzen und Lungen haben die Fasern der rechten und der linken Kuppeln einen gleichen Durchmesser und c) es gelingt, keine Geschlechtsunterschiede der Faserdicke zu verzeichnen.

Häufig wird bei normalen Verhältnissen ein partieller Überfluß des Muskelgewebes im rechten Zwerchfell als ein eigenartiger Entwicklungsfehler verzeichnet, und stärkere Verkürzungen dieser Bündel haben eine Bildung von Leberfurchen zur Folge. *Eppinger* spricht in solchen Fällen von einer partiellen Hypertrophie, aber die Fasermessungen sowohl in den der Leberfurchen entsprechenden als auch in den benachbarten Abschnitten zeigten gleiche Werte, während makroskopisch der erstere Abschnitt immer dicker als der letztere war.

5. Bei Lungen- und Rippenfellentzündungen ist Zwerchfellentzündung unabhängig von der Art des Exsudates eine gewöhnliche Erscheinung, wobei ein Parallelismus zwischen dem Grade der Pleuraerkrankungen

und dem des Zwerchfells zutage kommt. Bei akuten eitrigen Pleuritiden findet man Ödem des Zwischenbindegewebes und Durchtränkung desselben mit serösem und zelligem Infiltrat. In Abhängigkeit von der Infektionsstärke entstehen in den Muskelfasern die einen oder die anderen degenerativen Veränderungen bis zur vollständigen Zerstörung der Muskelfasern. Der Übergang der Entzündung selbst von der Pleura auf das Zwerchfell erfolgt entweder unmittelbar (in schweren Fällen), wobei

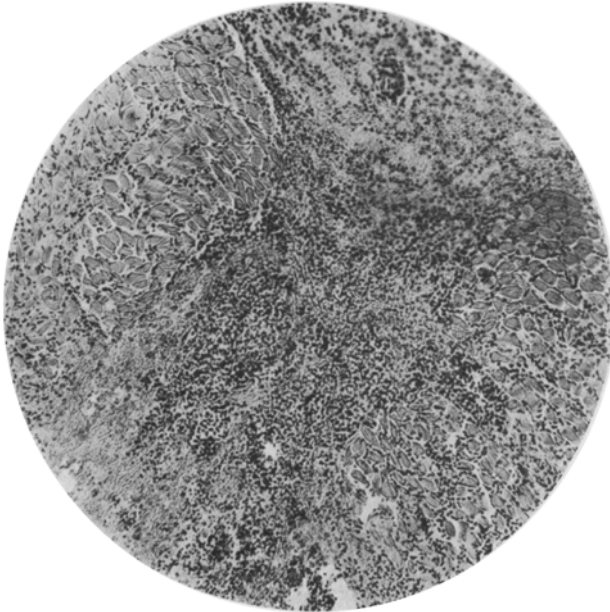


Abb. 7. Ein Bild der Mikroperforation des Zwerchfells bei eitriger Pleuritis.

sich eine Phlegmone (*Burckhardt*) entwickelt, oder im Verlauf der Lymphwege, und in diesen Fällen wird bei Geringfügigkeit der entzündlichen Veränderungen im Muskel selbst das Bauchfell in Mitleidenschaft gezogen (Lymphangitis perforans).

Das Exsudat hält sich in diesen Fällen in der Muskeldicke nicht auf, da es bei den Verkürzungen desselben in der Richtung der serösen Blättchen ausgepreßt wird. Es ist möglich, weil ein Teil der Lymphgefäße des Zwerchfells keine Klappen hat (über die Lymphgefäße des Zwerchfells siehe bei *Troizkaja*, *Iossifow*, *Iessipow*, *Ussow*, *Fischelsohn*, *Muskatello*, *Küttner*).

Dasselbe gilt auch für krebsige Lymphangitis, wo bei einer Überfüllung der Lymphgefäße der Pleura und des Bauchfells mit Geschwulstzellen der Muskel häufig nicht erkrankt ist. Aber das scheint nur für die Anfangsstadien zu gelten. Einmal beobachtete ich bei eitriger Pleuritis

eine Mikroperforation (Abb. 7): An einem beschränkten Abschnitte durchbohrte das entzündliche Infiltrat die ganze Dicke des Zwerchfells von der Pleura bis zum Bauchfell, indem es die Muskelfasern zerstörte. Die chronischen Zwerchfellentzündungen werden durch Narbenbildung, Zusammenpressung und Atrophie der Muskelfasern, von denen nur Kernkonglomerate bleiben, und durch Lipomatose des interstitiellen Bindegewebes gekennzeichnet (Abb. 8).

Bei Bauchfellentzündung hat die Erkrankung des Zwerchfells fast

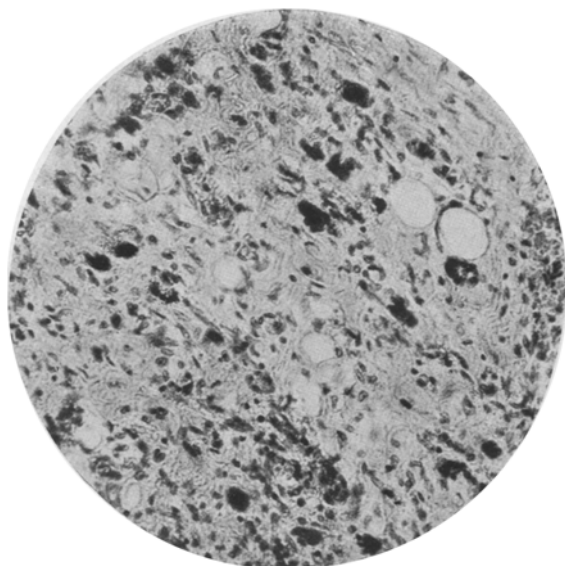


Abb. 8. Chronische Zwerchfellentzündung: Lipomatose, Sklerose des intermuskulären Gewebes, Faseratrophie, Kernkonglomerate.

immer einen totalen Charakter, wobei sowohl ein unmittelbarer Übergang des Entzündungsprozesses von dem Bauchfell auf den Muskel als auch ein mittelbarer auf dem Lymphwege beobachtet wird. In diesen Fällen sind alle Erscheinungen viel stärker als bei Pleuritiden ausgeprägt. In den Muskelfasern wird besonders bei Phlegmone eine ganze Reihe von Zerstörungsvorgängen verzeichnet: Dünnerwerden der Fasern infolge der Zusammenpressung durch das umgebende Ödemgewebe, klumpiger Zerfall, Lipomatose des interstitiellen Bindegewebes usw. (Abb. 9).

Der Unterschied zwischen den Pleura- und Peritonealdiaphragmatitiden besteht darin, daß bei diesen beinahe in der Regel in den Pleuralymphgefäßen ein entzündliches zelliges Exsudat (Lymphangitis perforans — Pleuritis) statthat. Bei eitrigen Pleuritiden ist Lymphangitis perforans seltener, Phlegmone des Zwerchfells kommt nicht

immer vor, häufiger aber befindet sich ein entzündliches Infiltrat nur in den Subpleuraabschnitten des Muskels. In den Muskelfasern wird bei Zwerchfellentzündungen eine ganze Reihe von degenerativen Veränderungen bis zur Nekrobiose beobachtet. Bei den Lymphangitides perforantes, die von dem Bauchfell ausgehen, sind Pleuritiden, wie bekannt, sehr häufig (*Tilger*), Peritonitiden aber als Komplikationen von Pleuritiden sind selten und wurden an unserem Material nicht

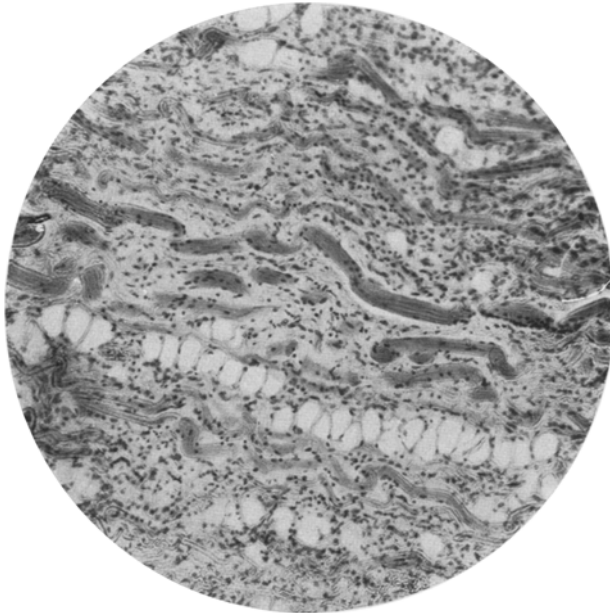


Abb. 9. Akute Phlegmone des Zwerchfells bei Peritonitis. Ödem und entzündliche Infiltration, Lipomatose des intermuskulären Gewebes, geschlängelte und dünn gewordene Fasern.

beobachtet, obgleich sie sich nach dem Charakter der histologischen Bilder unvermeidlich entwickeln müßten. So bilden sich z. B. im Falle einer Mikroperforation keine Auflagerungen auf dem Bauchfell, der Prozeß endet im subperitonealen Zellgewebe und verbreitet sich nicht weiter. Der Lymphfluß von der Bauchhöhle aus scheint sehr stark zu sein, und das ist ein sicherer Schutz. In der Tat ist es bekannt, wie rasch und wieviel rascher die Lymphgefäße des Bauchfells und des Zwerchfells mit in die Bauchhöhle eingeführten Farbstoffen angefüllt werden, als diejenigen der anderen Abschnitte (*Muskatello, Fischelson*).

Bei lobären Lungenentzündungen kommt die Abhängigkeit der Veränderungen des Zwerchfells von der Lokalisation und der Verbreitung der Erkrankung an den Tag. So entsteht bei Erkrankung eines Lungenlappens an der entsprechenden Seite Faserhyalinose, manchmal Ödem

des Zwischenbindegewebes, seltener klumpiger Faserzerfall. In schwereren Fällen der Erkrankung von bedeutenden Lungenteilen werden tiefere an der kranken Seite vorherrschende Veränderungen beobachtet: Feinkörniger Zerfall, wachstartige Degeneration usw. Bei Lungengangrän und bei Vorhandensein von Verwachsungen kann der Entzündungsprozeß auf das Zwerchfell übergehen, und hier entwickelt sich eine Entzündung mit Ödem des interstitiellen Bindegewebes und mit Nekrobiose einzelner

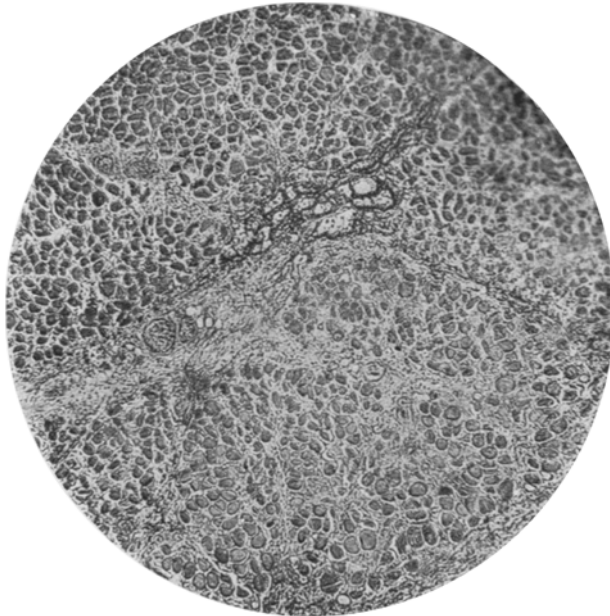


Abb. 10. Fibrinöse Zwerchfellentzündung.

Muskelfasern. In einem von solchen Gangränfällen der rechten Lunge waren die Lymphgefäße der Zwerchfellpleura und des Zwerchfells mit Eiterkörperchen und Fibrin angefüllt. Das Zwerchfellstroma war überall mit Fibrinfäden und -körnern und mit leukocytärem Exsudat durchtränkt, daß man von fibrinöser Diaphragmatitis sprechen konnte (Abb. 10).

6. Von der Gruppe verschiedener Erkrankungen will ich Nierenkrankheiten und kachektische Zustände berühren. Bei Urämie entstehen im Zwerchfell sehr schwere Veränderungen bis zur *Zenkerschen* Nekrose (Abb. 11) ganzer Schichten von Muskelfasern mit Kalkablagerung.

In leichten Fällen beschränkt sich der Prozeß mit Längszerfaserung, vollständigem Verschwinden der Querstreifung, vacuolärer Degeneration, Hyalinose und fetter Degeneration. In einer Reihe von Fällen chronischer

Nierenentzündungen kamen an den Tag verschiedene degenerative Faser-
veränderungen, sehr häufig mit Kalkablagerung, besonders bei Urämie
mit Colitis.

Bei Krebskachexie gelingt es, keine degenerative entzündliche Ver-
änderungen zu verzeichnen außer den Fällen, wo Metastasen im Zwerchfell
vorhanden sind, welche die Muskelfasern zerstören. Die Messungen
des Faserdurchmessers bei der Krebskachexie ergab im Durchschnitt



Abb. 11. *Zenkersche Nekrose der Muskelfasern bei Urämie.*

für die rechte Kuppel 34μ , für die linke 32μ . Überhaupt weicht die
Faserdicke des Zwerchfells bei allen atrophischen Zuständen des Organis-
mus von den festgestellten Normalwerten wenig ab.

Eine besondere Stelle nehmen 3 Fälle von perniziöser Anämie ein,
bei der größere Werte des Faserdurchmessers, durchschnittlich 56μ ,
gewonnen wurden. Im Herzen wurde ein dieser Erkrankung eigenes
Bild der Muskelverfettung gefunden, in den Fasern des Diaphragmas
aber kein Tropfen Fett, die Fasern bewahrten die Querstreifen und
hatten ein normales Äußere.

Zum Schluß will ich etwas genauer die Häufigkeit des Vorkommens
von Fett in den Zwerchfellfasern berühren. Ich habe diese Frage ab-
sichtlich ausgeschieden, da überhaupt über die Verfettung der Musku-
latur und im einzelnen des Zwerchfells 2 Meinungen bestehen: Die einen
halten dieses Fett für physiologisch und bezeichnen es als Verbrauchsfett,

die anderen legen der Fettbildung die Bedeutung eines degenerativen Merkmals bei. *Wegelin* und seine Schüler — *Surbeck* und *Lipska-Mlodowska* — zeigten durch eine Reihe von Experimentalarbeiten die Abhängigkeit der Verfettung der Muskelfasern von der Menge des mit Speise eingeführten Fettes. Diese sog. alimentäre Fettinfiltration hat nichts gemeinsames mit der Degeneration und ist am stärksten im Herzen und im Zwerchfellmuskel ausgeprägt. Beim Hungern verschwindet das Fett aus den Muskeln. Indem *Surbeck* das Diaphragma von ganz gesunden Menschen (die durch zufällige Ursachen starben) untersuchte, fand er Fett in den Fasern desselben beim völligen Fehlen der Degenerationsmerkmale und bezeichnete dieses Fett als Verbrauchsfett. Weiterhin zeigte *Surbeck*, daß das Fett in den Zwerchfellfasern in 97% von allen Fällen vorkommt. *Hotzen* hält die Fettinfiltrationen der Zwerchfellfasern für ein degeneratives Merkmal, als eine Vorstufe weiterer tieferer degenerativer Faserveränderungen. Die sog. alimentäre Infiltration in den Versuchen *Wegelins* ist nach *Hotzen* ein Ergebnis der Giftwirkung von einer großen Menge des einzuführenden Fettes, da die quergestreiften Muskeln sehr schnell auf allerlei toxische Momente in der ersten Reihe durch Bildung der Fettinfiltrationen in den Fasern reagieren. *Kolodny*, der unter *Lubarsch* arbeitete, behauptet, daß das Zwerchfell sich unter den anderen quergestreiften Muskeln durch die Häufigkeit der fettigen Degeneration auszeichnet (an seinen Materialien wurde das Fett im Zwerchfell in 55%, in dem Zungenmuskel in 25%, in den Dammuskeln in 2% gefunden) und hält die Verfettung für das sicherste Degenerationsmerkmal. Dieselbe Ansicht spricht *Tscherepnina* aus. *Lubarsch* hält die Ansicht *Kolodnys* nicht für erwiesen und will nur zugeben, daß das Auftreten von Fett in die Muskelfasern keine physiologische Erscheinung sei und wie es scheint, in den tätigen Muskeln am stärksten auftrate.

Tabelle 3. Prozentverhältnis der Fälle mit der fetten Degeneration der Zwerchfellfasern zur Gesamtzahl der untersuchten Fälle.

	Gesteigert		Bedeutend		Einzelne Fasern		Negativ	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Gesamtsumme	18	14	23	27	55	53	4	5
Kompensierte Herzerkrankungen	27	18	18	27	36	36	18	18
Dekompensierte „	40	10	50	40	10	40	0	10
Lungentuberkulose	7	0	24	31	69	69	0	0
Infektionskrankheiten der Erwachsenen	7	0	21	28	64	64	7	7
Infektionskrankheiten der Kinder	24	24	30	34	42	38	3	3

Man sieht aus meiner Tabelle 3, daß in 96% von allen untersuchten Fällen in den Zwerchfellfasern Fett gefunden wurde, wobei die rechte Kuppel die linke übertrifft. Der Verfettungsgrad der Fasern wurde in

3 Feldern verzeichnet: „Gesteigert“, wenn alle Fasern im Gesichtsfelde mit Fetttropfen angefüllt sind, „bedeutend“, wenn der größere Teil von Fasern leidet, und „einzeln“, wenn das Fett nicht in jedem Gesichtsfelde ist. Diese Methode ist freilich gewissermaßen subjektiv, doch läßt sie einige Gesetzmäßigkeiten bemerken.

Bei Einteilung aller Materialien in einzelne Gruppen der Erkrankungen finden Verschiebungen des Fettgehaltes in den Zwerchfelfasern statt. Bei Herzfehlern mit Erscheinungen der Kompensationsstörung wird eine starke Verfettung beobachtet, wobei die rechte Kuppel dort vorherrscht, wo es sich um die Rubriken „gesteigert“ und „bedeutend“ handelt. Kompensierte Herzerkrankungen geben einen höheren Hundertsatz von negativen Fällen. Bei Lungenerkrankungen ist das Fett stets da, aber in einzelnen Fasern, die Kinderinfektionskrankheiten Scharlach, Masern und Diphtherie verlaufen mit gesteigertem Fettgehalt, wobei bei Scharlach der höchste Verfettungsgrad in der Zeit zwischen 4 und 15 Erkrankungstagen, beim Vorhandensein von stark belastenden Momenten aber später beobachtet wird. Akute Infektionskrankheiten der Erwachsenen werden immer von einer unbedeutenden Faserverfettung begleitet. Bei entzündlichen Veränderungen in der Bauchhöhle wird ein gesteigerter Fettgehalt in den beiden Kuppeln beobachtet, aber dabei eine Abhängigkeit der Verfettung von dem Grade der Zwerchfellentzündung verzeichnet: Je stärker diese ausgeprägt ist, desto größer ist die Verfettung. Einen Zusammenhang zwischen dem Grade der Faserverfettung und dem Ernährungszustande und dem Alter festzustellen, gelang nicht.

In allen Fällen mit gesteigertem Fettgehalt im Zwerchfell wurden bei histologischer Untersuchung bedeutende Veränderungen beobachtet. Die Erkrankungen, bei denen die Menge des sich bildenden Fettes mäßig ist (Tuberkulose, Infektionskrankheiten der Erwachsenen), werden überhaupt von unbedeutenden degenerativen entzündlichen Veränderungen begleitet.

Morphologisch kommt das Fett an den Tag entweder in der Form feinsten Tröpfchen oder häufiger in der Form von kleinen Tropfen, die in Reihen sowohl quer als auch lang durch die Fasern liegen. An ein und demselben Präparate lassen sich alle Verfettungsgrade von den feinsten Körnchen miterhaltenen Querstreifen bis zu großen Fetttropfen mit Verschwinden der Querstreifung verzeichnen. Manchmal sieht man alle diese Bilder an einer Faser.

In einer Reihe von Fällen wurden, neben dem Zwerchfell, die *Muscles intercostales, scaleni et rectus abdominis* auf Fett untersucht.

Am häufigsten und in der größten Menge im Vergleich zum Zwerchfell wird das Fett in den *Muscles intercostales* und am seltensten in dem *Musculus rectus abdominis* gefunden. Degenerative Veränderungen und ihr Stärkegrad gehen vor sich in derselben Richtung. Morphologisch

pfllegt das Fett in diesen Muskeln zum Unterschied vom Zwerchfell in Form von feinsten Körnchen und außerordentlich selten in der Form von richtigen Tropfen vorzukommen.

Die Verfettung in den Zwerchfellfasern hängt also direkt von der Erkrankungsart und dem Zwerchfelleiden ab. Bei den Erkrankungen der Blutkreislauforgane aber wird eine deutliche stärkere Verfettung in den Fasern der rechten Zwerchfellhälfte verzeichnet. Es scheint natürlich hieraus den Schluß zu ziehen, daß die Fettbildung in den Zwerchfellfasern ein degenerativer Vorgang ist.

Aus der angeführten Übersicht meiner Untersuchungen sieht man, daß der Zwerchfellmuskel auf allerlei toxische infektiöse Zustände des Organismus durch pathomorphologische Veränderungen leicht reagiert. Der Umstand, daß das Zwerchfell unter den anderen Muskeln eine besondere Stellung nach dem Grade der degenerativen Veränderungen einnimmt, hat keine befriedigende Erklärung im Schrifttum erfahren. *Bencke* und *Stemmler* vermuten, daß dem Zwerchfell als einem ununterbrochen arbeitenden Muskel eine große Blutmenge und zugleich eine große Menge von Toxinen, die im Blute kreisen, zufließen. Die Autoren zogen diesen Schluß, indem sie die wachsartige Degeneration in den Muskeln bei verschiedenen Infektionen und Intoxikationen erforschten, und verzeichneten, daß im Zwerchfell alle diese Veränderungen am stärksten ausgeprägt sind. In der Tat, je tätiger der Muskel ist, desto stärker sind die Veränderungen darin, und am wahrscheinlichsten ist das in Zusammenhang mit der Stärke der Lebenstätigkeit des Muskels selbst und mit der Anhäufung von großen Mengen der die entsprechenden Veränderungen des Sarkoplasmas verursachenden Stoffwechselprodukte unter dem Einfluß einer Infektion oder Intoxikation zu bringen.

Wenn wir die morphologischen Bilder mit den physiologischen Angaben zusammenstellen, müssen wir sagen, daß die ersteren nicht immer zur Beurteilung der Organfunktion ausreichen, jedenfalls aber ist es zu verzeichnen, daß bei so häufiger Zwerchfellerkrankung weder Blutkreislauf noch Atmungsstörungen beobachtet werden, welche von Störung der Zwerchfelltätigkeit abhängen. Vielleicht wurde eben dadurch eine Reihe von Verfassern berechtigt, über die Überschätzung der Zwerchfellrolle zu sprechen, worauf im Anfang der vorliegenden Arbeit hingewiesen wurde.

Jedoch zeigen die morphologischen Angaben, daß bei pathologischen Herzverhältnissen sich im Zwerchfell Ausgleichsvorgänge entwickeln. Die Messung des Faserdurchmessers zeigte, daß zwischen dem Herzen und dem Zwerchfell ein enger Zusammenhang in dem Sinne besteht, daß alle Störungen der Herzarbeit von einer kompensatorischen Zwerchfellohypertrophie begleitet werden. Besonders deutlich stellt es sich heraus bei Erforschung der Gruppe sog. kompensierter Fälle, wo

bei einer Messung des Faserdurchmessers hohe Werte gewonnen wurden (s. Tabelle 2).

Beim Eintritt der Herzdekompensation entwickeln sich im Zwerchfell Ödem und im Zusammenhang mit der Ernährungsstörung sekundäre indurative und atrophische Veränderungen und hieraus Dünnwerden der Fasern. Besonders schnell atrophieren die Fasern der linken Kuppel, die weniger aktiv zu sein scheint. Dasselbe läßt sich bei allgemeinen kachektischen Zuständen sehen.

Bei Lungenemphysem mit Herzhypertrophie im kompensierten Zustande fand eine Hypertrophie der Zwerchfellfasern immer statt; bei Emphysem ohne Herzhypertrophie, bei Lungentuberkulose, bei Pleuraadhäsionen, mit einem Worte, bei allen mit Atmungsbeschwerden verbundenen Zuständen ist keine Hypertrophie der Zwerchfellfasern gefunden.

Es wird der Eindruck gemacht, daß kompensatorische Zwerchfelfähigkeiten bei Herzerkrankungen und in der rechten Kuppel stärker als bei Lungenerkrankungen und in der linken Kuppel ausgeprägt sind, woraus sich der Schluß aufdrängt, daß die Rolle des Zwerchfells für den Blutkreislauf wichtiger als für die Atmung ist.

Schlüsse.

1. Im Zwerchfellmuskel werden bei verschiedenen Erkrankungen degenerative-entzündliche Veränderungen, die bei Kreislaufstörungen und bei Urämie besonders stark ausgeprägt sind, stets verzeichnet.

2. Die Verfettung in den Zwerchfellfasern ist auf einen degenerativen Prozeß zurückzuführen, da eine Abhängigkeit der Verfettung von dem Grade aller Veränderungen des Diaphragmas, von der Erkrankungsart und -dauer besteht.

3. Bei Kindern hat das Zwerchfell verhältnismäßig dicke Muskelfasern, und bei normalen Herz- und Lungenverhältnissen haben die Fasern des rechten und des linken Diaphragmas einen gleichen Durchmesser bei allen Altersgruppen.

4. Bei Herzfehlern und Emphysem mit Herzhypertrophie ohne Kompensationsstörung, bei Perikardadhäsionen wird eine Hypertrophie der Zwerchfellmuskelfasern beobachtet. Histologisch herrschen in diesen Fällen die Altersveränderungen über den degenerativen entzündlichen vor.

5. Bei denselben Erkrankungen, aber mit Erscheinungen der Kompensationsstörung, entwickeln sich infolge von Stauung sekundäre degenerative entzündliche und atrophische Prozesse, von denen die letzteren in den linken Diaphragma stärker ausgesprochen sind, wodurch eine größere Aktivität des rechten Diaphragmas bei diesen Erkrankungen bezeugt wird.

6. Die Erkrankungen, die von Beschwerden der Atmungsorgane (Tuberkulose, Emphysem ohne Herzhypertrophie, Pleuraadhäsionen, Thoraxstarre) begleitet werden, verursachen eine sehr unbedeutende Faserverdickung.

7. Die Beständigkeit der Hypertrophie der Zwerchfellfasern und besonders des rechten Diaphragma bei pathologischem Zustande des Herzmuskels, die Unbeständigkeit dieser Erscheinung bei Erkrankungen der Atmungsorgane weisen auf die wichtige kompensatorische Bedeutung des Zwerchfells und besonders der rechten Hälfte für die Herztätigkeit bei seinen Erkrankungen hin.

8. Bei marantischen Krankheiten ist das Zwerchfell der Atrophie sehr wenig ausgesetzt.

9. Bei Peritonitiden und Pleuritiden sind die Diaphragmatitiden gewöhnlich und werden dabei von einer ganzen Reihe von Zerstörungsvorgängen der Muskelfasern begleitet.

Schrifttum.

- Beneke*: Verh. dtsch. path. Ges. **16**. — *Blumenthal*: Vestn. Sowr. Chir. (russ.) **1929**, 1. *Borchers*: Virchows Arch. **218**. — *Broman*: Grundr. d. Entwicklgesch. d. M. **1921**. — *Burckhardt*: Bruns' Beitr. **30**. — *Elias u. Fell*: Angef. nach *Hitzenberger*. — *Engelhardt*: Dtsch. Arch. klin. Med. **145**. — *Eppinger*: Allg. u. spez. Pathol. d. Z. **1911**. — *Essipow*: Das lymphatische System (russ.). **1926**. — *Eyslein*: Virchows Arch. **218**. — *Falkenstein*: Ein Beitrag zur Pathologie des Zwerchfells. **1904**. — *Felix*: Z. exper. Med. **33**. — *Fischelson*: Nov. chir. Arch. (russ.) **46**. — *Fromme*: Virchows Arch. **221**. — *Gallender*: Angef. nach *Zahn*. — *Hasse*: Angef. nach *Eppinger*. — *Henke-Lubarsch*: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie. IX, 1. — *Hitzenberger*: Klin. Wschr. **21** (1919). — Das Zwerchfell im gesunden und pathologischen Zustande. **1927**. — *Hoffmann*: Angef. nach *Mettenleiter*. — *Hönigmann*: Das künstliche Zwerchfell paralysis (russ.). **1926**. — *Hotzen*: Beitr. path. Anat. **60**. — *Katase*: Verh. jap. Ges. inn. Med. **1914**. — *Keith*: Angef. nach *Eppinger*. — *Kramer*: Virchows Arch. **74**. — *Kolodny*: Virchows Arch. **236**. — *Kure*: Pflügers Arch. **194**. — *Kütner*: Bruns' Beitr. **40**. — *Lange*: Angef. nach *Hönigmann*. — *Lipska-Młodowska*: Beitr. Path. Anat. **64**. — *Loeschke*: Verh. dtsch. path. Ges. **1913**. — *Lass*: Med.-biol. Ž. (russ.) **1929**. — *Lubarsch*: Virchows Arch. **236**. — *Mettenleiter*: Dtsch. Z. Chir. **188**. — *Muskatello*: Virchows Arch. **142**. — *Noll*: Angeführt nach *Borchers*. — *Nieuwenhuijze*: Verh. dtsch. path. Ges. **1925**. — *Sawwatims-kaja*: Vestn. Sowr. Chir. (russ.) **1929**, 1. — *Schiefferdecker*: Pflügers Arch. **139**. — *Seefeld*: Beitr. Klin. Tbk. **15**. — *Stemmler*: Virchows Arch. **216**. — *Surbeck*: Frankf. Z. Path. **19**. — *Tilger*: Virchows Arch. **138**. — *Troizkaja*: Moskau med. Ž. (russ.) **1925**. — *Tscherepnina*: Moskau med. Ž. (russ.) **1926**. — *Wegelin*: Berl. klin. Wschr. **1913**, 46. — *Wells*: Zbl. Pathol. **42**. — *Zahn*: Virchows Arch. **73**.