

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Universität
Marburg a. d. Lahn (Direktor: Prof. Dr. A. FÖRSTER)

Die Entwicklung der elastischen Fasern in der menschlichen Lunge

Von

H.-J. GOLDBACH

(Eingegangen am 16. Februar 1956)

Der Zeitpunkt des Auftretens elastischer Fasern in der menschlichen Lunge, vor allen Dingen an den Alveolen, wird im Schrifttum nicht ganz einheitlich angegeben.

Die eingehendsten Untersuchungen über das zeitliche Auftreten der elastischen Fasern in der Lunge haben LINSER und TEUFFEL durchgeführt. Letzterer nimmt nach Feststellungen am Schweineembryo an, daß die Entstehung der elastischen Fasern in der Zelle aus Körnchen erfolgt. Das Elastin liegt hiernach bald in größeren, bald in feineren Körnchen in der Zelle, die sich dann zu einer Faser zusammenfügen (so auch GARDNER). TEUFFEL räumt zwar die Möglichkeit ein, daß die elastischen Fasern auch aus fibrillärer Substanz hervorgehen, hat dies aber selbst bei seinen Untersuchungen nicht gesehen. LENGYL und andere Autoren dagegen stehen auf dem Standpunkt, daß sie durch die Umbildung von Bindegewebsfibrillen entstehen. Eine endgültige Klärung konnte unserer Ansicht nach auch durch die moderne elektronenoptische Forschung (WOLPERS, GROSS u.a.) noch nicht herbeigeführt werden. TEUFFEL sah im dritten Monat die Bildung von elastischen Fasern in den Lungengefäßen, im vierten Monat greifen sie nach seinen Forschungsresultaten von dort auf die Bronchien über und im sechsten Monat sind elastische Fasern schon an einzelnen Bronchioli und Alveolen zu erkennen. Auch LINSER beobachtete die erste Entwicklung von elastischen Fasern im dritten Monat an den Gefäßen, zu Anfang des vierten Monats an den größten Bronchien, Mitte des fünften Monats an den Alveolen und im siebenten Monat im Stroma. Beide halten die volle Ausbildung der elastischen Fasern etwa Ende des zehnten Monats für abgeschlossen, wenn auch nicht immer alle Alveolen schon ganz von elastischen Fasern umschlossen sind. Demgegenüber will LOESCHKE die elastischen Fasern an den Alveolen des Neugeborenen überhaupt noch nicht gefunden haben. Nur an den Bronchioli und den Alveolargängen sind nach seinen Angaben die elastischen Fasern voll ausgebildet.

Wenn man diese sich zwar zum Teil widersprechenden Meinungen kritisch betrachtet, so scheint es doch Ansicht der meisten Autoren zu sein, daß bei Feten, die eine Länge von ungefähr 40 cm erreicht haben, die elastischen Fasern deutlich im Stroma und an den Alveolen feststellbar sind und die Menge der elastischen Fasern beim Neugeborenen in direkter Beziehung zu seinem Entwicklungszustand steht (STAEMMLER).

*Eigene Untersuchungen über die Entwicklung der elastischen Fasern
in der menschlichen Lunge*

Für forensische Zwecke interessiert vor allem die Entwicklung und Ausbildung des elastischen Fasersystems zum Zeitpunkt der verschiedensten Reifegrade, weil eine genaue Kenntnis hierüber bei der gerichtsärztlichen Begutachtung einer menschlichen Frucht einmal von Bedeutung sein kann und die bisherigen Veröffentlichungen sich nur auf wenig Material stützen und vielleicht deshalb in ihren Angaben nicht ganz einheitlich sind. In dieser Arbeit soll dabei auf die Gestaltungsform und Aufgaben der Fasern nicht näher eingegangen werden.

Tabelle 1

Länge der Frucht in cm	Zahl der Fälle	Elastische Fasern an				
		Gefäßen	Bronchien	Bronchiolen	Alveolen (Stroma) schwach	Alveolen (Stroma) mittel
10—15	6	in 4 Fällen (zart)	—	—	—	—
16—20	9	in 8 Fällen	—	—	—	—
21—25	12	in allen Fällen	in 3 Fällen	1 Fall (24 cm)	—	—
26—30	17	desgl.	in 15 Fällen	in 7 Fällen	in 2 Fällen	in 1 Fall
31—35	11	"	in allen Fällen	in 9 Fällen	in 7 Fällen	in 4 Fällen
36—40	19	"	desgl.	in allen Fällen	in 14 Fällen	in 11 Fällen
41—45	13	"	"	desgl.	regelmäßig	regelmäßig in 2 Fällen
46—50	21	"	"	"	"	" in 8 Fällen
51—55	23	"	"	"	"	" in 19 Fällen
56—60	11	"	"	"	"	regelmäßig

Insgesamt wurden in mehreren Jahren 142 Lungen untersucht, und zwar Feten von 13 cm an aufwärts, Frühgeburten und rechtzeitig geborene Kinder, die schon vor der Geburt, höchstens aber 8 Tage nach der Geburt verstorben waren. Die mikroskopische Untersuchung erstreckte sich auf alle Lungenlappen, wobei die Schnittführung jeweils quer durch den ganzen Lappen vorgenommen wurde. Die elastischen Fasern wurden durch zwei Färbungen, und zwar erstens nach der WEIGERTSchen Methode mit Resorcin-Fuchsin und zweitens mit der Orceinfärbung dargestellt, wobei wir der letzteren den Vorrang geben möchten. Für die einzelnen Reifegrade, gemessen und geordnet nach der Fruchtlänge, wurden folgende Ergebnisse gewonnen (s. Tabelle 1).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse über das Auftreten der elastischen Fasern zeigen deutlich, daß diese zuerst an den Gefäßen ausgebildet sind. Bei Fruchtlängen von 10—15 cm fand sich unter vier von sechs Fällen schon eine zarte Ausbildung der elastischen Fasern an den Gefäßen, während unter den Fällen mit einer Länge von über 16 cm nur einer war, bei dem keine elastischen Fasern im Gefäßsystem beobachtet werden konnten. Die elastische Faserbildung setzt am Gefäßsystem offenbar sehr viel früher ein als an den Bronchien, Bron-

chiolen und vor allen Dingen an den Alveolen, wobei die kritische Grenze bei 15 cm Länge zu liegen scheint.

An den Bronchien scheint die Faserbildung regelmäßig bei einer Länge des Feten von 25 cm zu erfolgen, und zwar hauptsächlich wohl nur an den stärkeren Ästen, wobei sie in drei Fällen schon bei einer Länge von nur 21—25 cm beobachtet werden konnte. Wird die Länge von 30 cm überschritten, so sind die elastischen Fasern anscheinend ständig auch an den Bronchiolen vorhanden (mit 2 Ausnahmen), aber in Einzelfällen sieht man auch im Lungenstroma selbst schon eine echte Faserbildung.

Um nun aber die elastischen Fasern diagnostisch für forensische Zwecke heranziehen zu können, müssen sie vor allem an den Alveolen deutlich ausgebildet sein. Wenn auch schon bei einer Länge von 26 cm an ein mehr oder minder deutliches elastisches Fasernetz im Stroma beobachtet werden kann (s. Tabelle), so pflegt dieses regelmäßig und diagnostisch verwertbar erst bei einer Fruchtgröße von 35—40 cm der Fall zu sein. Wird die Länge von 40 cm überschritten, nimmt das Fasermaterial weiterhin zu. Bei über 45 cm Fruchtlänge werden die elastischen Fasern stärker; und bei einer Größe von über 50 cm kann man annehmen, daß das elastische Fasersystem sowohl an den Gefäßen, den Bronchien und Bronchiolen als auch vor allem an den Alveolen kräftig ausgebildet ist.

Diskussion der Ergebnisse

Bei einem Vergleich dieser Ergebnisse mit den Angaben aus dem Schrifttum findet man übereinstimmend, daß die erste Ausbildung der elastischen Fasern an den Gefäßen, später an den Bronchien und Bronchiolen erfolgt. Die Beurteilung der Faserentwicklung an den Alveolen ist dagegen bei den verschiedenen Autoren uneinheitlich. WIRSEL, der ein kleineres Material daraufhin untersucht hat, kommt zu dem Ergebnis, daß vor einer Fruchtlänge von 35 cm elastische Fasern an den Alveolen nicht auftreten. Seine Ansicht dürfte durch den „Fehler der kleinen Zahl“ entstanden sein, denn je mehr Material untersucht wird, desto größer wird wahrscheinlich die Streuungsbreite für das Auftreten der elastischen Fasern sein. Bei unseren Untersuchungen konnten wir dagegen in 2 Fällen schon bei Fruchtlängen von 26—30 cm im Lungenstroma und an den Alveolen elastische Fasern sicher nachweisen. Dies würde mit den Ergebnissen SUDSUKIS übereinstimmen, der bereits an einem 25 cm langen Feten elastische Fasern an den Alveolen beschrieben hat. Es handelt sich somit sicherlich nicht nur um einen einzelnen Fall, wie WIRSEL glaubt, zumal auch STAEMMLER und LINSER beide elastische Fasern an den Alveolen „von der Mitte der Gravidität an“

gesehen haben. Auch TEUFFEL hat einzelne elastische Fasern an Alveolen bereits im 6. Schwangerschaftsmonat, d.h. bei einer ungefährten Kindeslänge von 30 cm, beobachtet. Die elastischen Fasern treten keinesfalls also erst kürzere Zeit vor der Geburt auf. Sicherlich wird es jedoch auch unter den Neugeborenen mit einer Länge von über 50 cm Einzelfälle geben, bei denen das elastische Fasersystem noch nicht voll ausgeprägt ist. Unter keinen Umständen aber kann man der Ansicht bestimmen, daß die elastischen Fasern an den Alveolen selbst bei reifen und lebensfähigen Neugeborenen noch gänzlich fehlen können. Wir konnten an keiner Lunge reifer Neugeborener mit einer Länge von 48 cm und darüber Befunde in diesem Sinne erheben.

Nach unseren Feststellungen tritt bei einer Fruchtlänge von ungefähr 40 cm eine deutliche Vermehrung der elastischen Fasern ein. Auch hatten wir in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von STAEMMLER und TEUFFEL den Eindruck, daß vor allem in den ersten Tagen nach der Geburt eine nochmalige starke Entwicklung des elastischen Fasersystems zu erfolgen scheint, wobei nach STAEMMLER und TEUFFEL diese postembryonale Weiterentwicklung des elastischen Gewebes bei Frühgeburten langsamer als bei ausgetragenen Feten erfolgen soll.

Die Dicke und Stärke der elastischen Fasern ist dagegen bei einem Vergleich von Lungen entsprechenden Reifegrades, wie auch manchmal sogar innerhalb derselben Lunge oft außerordentlich unterschiedlich. Die Dicke der elastischen Fasern scheint vielmehr starken individuellen Schwankungen unterworfen zu sein. LOESCHKE nimmt sogar an, daß das elastische Fasersystem des Unterlappens in der normalen Lunge schwächer entwickelt ist als dasjenige des Oberlappens. SUDSUKI gibt als Maß für die Dicke der elastischen Fasern $1\text{--}4,5 \mu$ an und betont dabei ebenfalls, daß diese sehr unterschiedlich sein kann. Auch uns fiel immer wieder die unterschiedliche Dicke der Fasern auf. Wir hatten dagegen nicht den Eindruck, daß die Färbbarkeit der elastischen Fasern im beatmeten und atelektatischen Gewebe verschieden ist, wie dies von BÖHMER diskutiert wurde. Wir sind vielmehr mit STAEMMLER u. a. der Ansicht, daß die Menge der elastischen Fasern in direkter Beziehung zum Reifezustand des Neugeborenen steht, so daß man auch aus ihrer Lokalisation und Zahl Rückschlüsse auf den Reifegrad des Neugeborenen ziehen darf.

Zusammenfassung

An einem größeren Material wurde die Entwicklung der elastischen Fasern in der menschlichen Lunge in ihren Beziehungen zur Fruchtlänge untersucht. Bei einer Fruchtlänge von mehr als 16 cm sieht man die elastischen Fasern fast regelmäßig in den Lungengefäßen. Mit

zunehmender Fruchtlänge findet man sie an den Bronchien und Bronchiolen. Zuletzt werden sie bei einer Länge des Feten von 35—40 cm im Stroma und an den Alveolen gesehen, wo sie bei einer Länge von über 50 cm regelmäßig beobachtet werden. Lokalisation und Menge stehen somit in direkter Beziehung zur Reife der Frucht und sind deshalb an der Neugeborenenleiche als Reifezeichen verwertbar.

Literatur

- BÖHMER, K.: Beitrag zur histologischen Lungenprobe. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **20**, 396 (1933). — GROSS, J.: The structure of elastic tissue as studied with the electron microscope. J. of Exper. Med. **89**, 699 (1949). — LENGYL, J.: Beziehungen der Zellen und Fasern des Bindegewebes in der auf Kollagen-nährboden gezüchteten Gewebekultur. Zbl. Path. **79**, 269 (1942). — LINSER, P.: Bau und Entwicklung des elastischen Gewebes in der Lunge. Anat. H. **13**, 307 (1900). — LOESCHKE, H.: Die Morphologie des normalen und emphysematischen Acmus der Lunge. Beitr. path. Anat. **68**, 213 (1921). — SUDSUKI, K.: Über Lungemphysem. Virchows Arch. **157**, 438 (1899). — STAEMMLER, M.: Die Bedeutung der elastischen Fasern in den Lungenalveolen von Neugeborenen für Klinik und gerichtlich-medizinische Beurteilung. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **25**, 202 (1935). — TEUFFEL, E.: Zur Entwicklung der elastischen Fasern in der Lunge des Foetus und des Neugeborenen. Arch. f. Anat. **1902**, 377. — WIRSEL, K.-H.: Über Untersuchungen der elastischen Fasern in der Neugeborenenlunge. Med. Diss. Köln 1949. — WOLPERS, C.: Zur elektronenmikroskopischen Darstellung elastischer Gewebs-elemente. Klin. Wschr. **1944**, 169.

Prof. Dr. H.-J. GOLDBACH, Marburg a. d. Lahn, Emil-Mannkopf-Str. 2