

Aus der Anatomischen Anstalt der Freien Universität Berlin (Direktor: Prof. Dr. E. v. HERRATH) und aus der Forschungsabteilung der Freien Universität am Institut für Mikromorphologie.

ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN DER INTERZELLULARSUBSTANZ DES MENSCHLICHEN
SEHNENGEWEBES*.

Von

GÜNTER PAHLKE.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 10. August 1953.)

Einleitung.

In der lichtmikroskopischen Histologie wird seit langem die Auffassung vertreten, daß sich die kollagenen Fasern des Sehnen Gewebes aus argyrophilen Fasern differenzieren. Man spricht daher in diesem Zusammenhang auch von präkollagenen Fasern (vgl. WASSERMANN 1929). Die Ansicht, daß die unterschiedliche Versilberung von argyrophilen und kollagenen Fasern nur auf *physikalischen* Faktoren beruhe, ist durch Untersuchungen mit Hilfe der Perjodsäure-Leukofuchsinreaktion sehr fraglich geworden. In letzter Zeit haben nämlich GERSH und CATCHPOLE (1949), CLARA (1952) und GRAUMANN (1952) mit dieser Methode histochemische Unterschiede beider Faserarten feststellen können.

Wie elektronenmikroskopische Untersuchungen gezeigt haben, bestehen kollagene und argyrophile Fasern aus Fibrillen mit einer genuinen Querstreifung von etwa 64 μ und einer Kittsubstanz (cementing substance). Der unterschiedliche Ausfall der Perjodsäure-Leukofuchsinreaktion kann demnach sowohl auf einem differenten Verhalten der Fibrillen als auch der Kittsubstanz oder auch beider Komponenten der Fasern beruhen. Elektronenoptische Untersuchungen verschiedener Autoren zeigten, von gewissen Dickenunterschieden abgesehen, ein gleichartiges Verhalten der Fibrillen von argyrophilen und kollagenen Fasern (GROSS und SCHMITT 1948; GROSS 1950; WASSERMANN 1951; BAIRATI, MASSARI und MARSICO 1952). Demnach wäre zu erwarten, daß sich lediglich die Kittsubstanzen beider Faserarten unterscheiden. Demgegenüber lassen sich mit Hilfe der Bindegewebsversilberung nach GÖMÖRI gerade die *Fibrillen* beider Faserarten elektronenmikroskopisch voneinander trennen (v. HERRATH und DETTMER 1951; DETTMER, NECKEL und RUSKA 1951). Auch Differenzierungsvorgänge an den

* Durchgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Arbeit unter Leitung von Prof. Dr. W. SCHWARZ.

Fibrillen lassen sich mittels der Gömöri-Methode nachweisen, wie dies am Beispiel der Cornea und Sklera (SCHWARZ 1953) und am Knochen (SCHWARZ und PAHLKE 1953) gezeigt wurde. Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich mit den Differenzierungsvorgängen am Sehnenkollagen. Sie sollen vor allem die Frage entscheiden, ob die an der Sklera erhobenen Differenzierungsbefunde für das kollagene Gewebe Allgemeingültigkeit haben oder nicht. Es wäre nämlich durchaus denkbar, daß im submikroskopischen Bereich Verschiedenheiten im Ablauf der Differenzierungsvorgänge auftreten, die histologisch nicht faßbar sind. Da auch funktionelle Faktoren hierbei eine Rolle spielen könnten, scheint die Achillessehne als Untersuchungsobjekt besonders geeignet.

Material und Methoden.

Es wurden menschliche Achillessehnen von 6 Feten (8 cm Scheitel-Steißlänge bis 52 cm Gesamtlänge), 4 Kindern und Jugendlichen (1 Jahr, 1³/₄ Jahre, 4 Jahre, 13 Jahre) und 4 Erwachsenen (35—79 Jahre) berücksichtigt. Das Material wurde teils frisch, teils nach Fixierung in Formol 1:4 auf einem Gefriermikrotom zweimal geschnitten (10 μ) und anschließend im Siemens-Beschallungsgerät bei etwa 10 kH (WOLFF 1952) mit hochfrequentem Schall zerzupft. Ein Teil des formolfixierten Materials wurde nach mehrmaligem Waschen in der Zentrifuge ohne weitere Behandlung untersucht. Der Rest wurde nach der von GÖMÖRI (1937) angegebenen Methode für Bindegewebe versilbert.

Ferner fand die Perjodsäure-Silbertetramminmethode von DETTMER und SCHWARZ (1953) Verwendung. Hierbei werden bestimmte chemische Gruppen zu Aldehydgruppen oxydiert, die dann durch Silberreduktion nachgewiesen werden. Für diese histochemische Methode wurde sowohl fixiertes wie unfixiertes Material benutzt. Das unfixierte Gewebe wurde vor der Perjodsäureeinwirkung 30—75 Std bei 37° C mit einer konzentrierten Testes-Hyaluronidase (Apertase [Hoechst] 200 E auf 20 cm³ 0,9%iger Kochsalzlösung) behandelt.

Ein Kontrollpräparat wurde jeweils für die gleiche Zeit bei 37° C lediglich in 0,9%ige Kochsalzlösung eingebracht. Beide Lösungen wurden mehrmals gewechselt. Zu allen mit Perjodsäure behandelten Objekten wurden Kontrollpräparate angefertigt, die nicht mit Perjodsäure behandelt wurden.

Sämtliche Präparate wurden aus ihrer wäßrigen Suspension auf befilmten Objektblenden aufgetrocknet. Ein Teil von ihnen wurde mit Wolfrämoxyd schräg bedampft¹. Alle Aufnahmen erfolgten im Siemens-Übermikroskop Typ 100 b bei einer Strahlenspannung von 80 kV.

Befunde

Schon an unfixiert oder formolfixiert aufgeblendeten Präparaten sind deutliche Unterschiede zwischen den Sehnen von Feten einerseits und denen von Jugendlichen und Erwachsenen andererseits nachzuweisen. Bei den fetalen Sehnen findet sich gegenüber den erwachsenen wesentlich mehr amorphe Kittsubstanz zwischen den Fibrillen. Werden entsprechende Präparate zusätzlich mit Metalldampf im Vakuum beschattet, so werden die Unterschiede besonders deutlich (Abb. 1a u. b).

¹ Für die Durchführung der Bedampfung danke ich Herrn E.-G. BERGANSKY.

Die relative Menge der interfibrillären Kittsubstanz ist bei den jüngsten Stadien am größten. Im Verlauf der Differenzierung verschiebt sich dann das Mengenverhältnis von Kittsubstanz zu Fibrillen immer mehr zugunsten der letzteren. Während der fetalen und der ersten Zeit der postfetalen Entwicklung sind diese Veränderungen zwar nachweisbar,

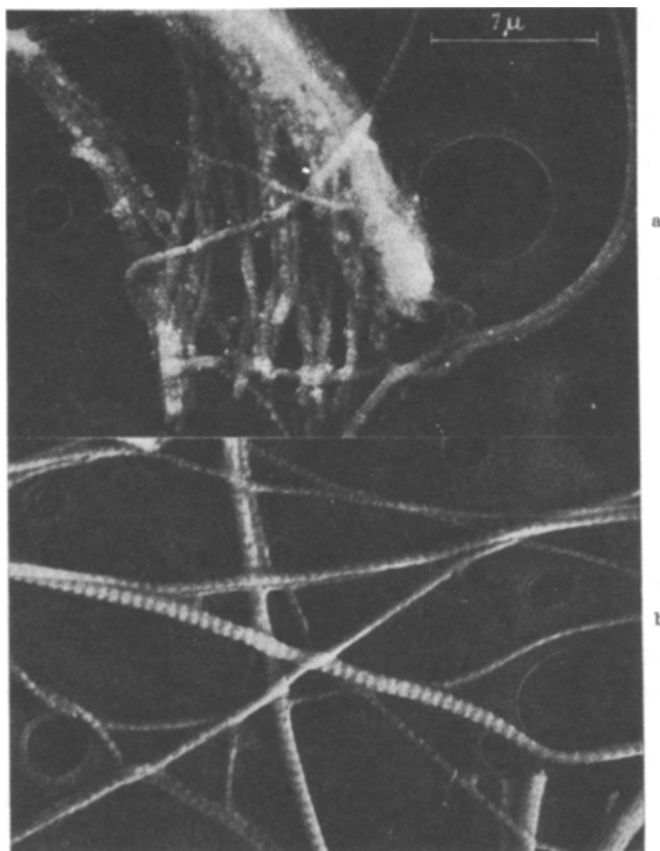


Abb. 1a u. b. a Achillessehne eines Feten von 17 cm Gesamtlänge. Fixiert in Formol, 5 min beschallt. Bedampfung mit Wolframoxyd. 21600:1. b Achillessehne 13 Jahre. Fixiert in Formol, 5 min beschallt. Bedampfung mit Wolframoxyd. 21600:1.

jedoch nicht sehr erheblich. Erst gegen Ende des 2. Lebensjahres tritt sehr rasch ein Rückgang der Kittsubstanzmenge ein, so daß dann die erhaltenen Bilder den Befunden an erwachsenen Sehnen schon sehr ähnlich sehen. Bei einem 13jährigen lassen sich gegenüber den Verhältnissen bei Erwachsenen keine Unterschiede mehr nachweisen (Abb. 1b). Neben der Verschiebung der Mengenverhältnisse ist im Sehngewebe auch die Verbindung von Kittsubstanz und Fibrillen

während der Entwicklung Veränderungen unterworfen. Bei den jüngsten fetalen Stadien haftet die Kittsubstanz besonders fest an den Fibrillen. Während bei den Sehnen Erwachsener eine Beschallungszeit von 3 bis 5 min genügt, um die Kittsubstanz zu entfernen, sind bei denen kleinerer Feten 10—20 min zur Darstellung nackter Fibrillen erforderlich. Etwa proportional der oben beschriebenen Mengenabnahme der Kittsubstanz während der Entwicklung wird auch die Verbindung zwischen Kittsubstanz und Fibrillen immer lockerer. Über die Art und Weise

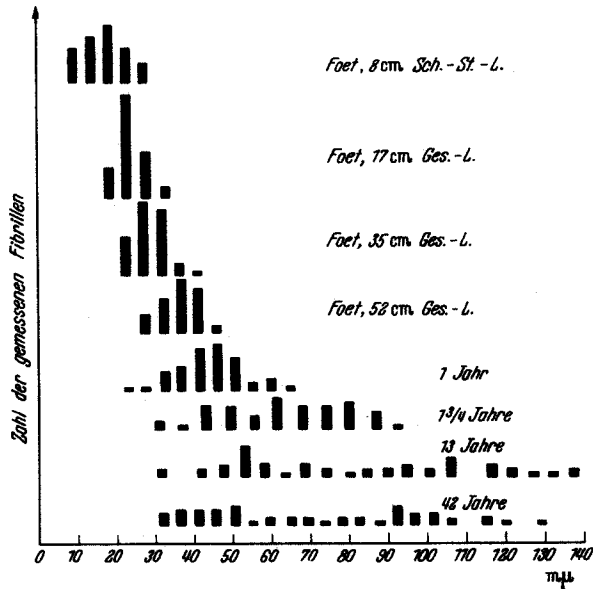


Abb. 2. Verteilungskurve der Fibrillendicken von menschlichen Achillessehnen verschiedener Entwicklungs- und Altersstufen.

dieser Verbindung kann bislang nichts Näheres ausgesagt werden, jedoch ist wohl anzunehmen, daß hier nicht nur physikalische Faktoren im Spiele sind.

Auch hinsichtlich der *Verteilung der Fibrillendicken* lassen sich bei den verschiedenen Entwicklungsstufen der untersuchten Sehnen Unterschiede feststellen. An Hand einer tabellarischen Übersicht (Abb. 2) sollen die erhobenen Befunde besprochen werden. Die Fibrillendicke in der Achillessehne eines Feten von 8 cm Scheitel-Steißlänge schwankt zwischen 10 und 25 mμ, wobei das Maximum bei 18 mμ liegt. Dieser durch eine geringe Schwankungsbreite der Fibrillendicken und ein einziges Maximum ausgezeichnete Kurvenverlauf ist für alle fetalen Stadien charakteristisch. Die Fibrillendifferenzierung während der Fetalzeit findet ihren Ausdruck in einer Verschiebung der Gesamt-

kurve in Richtung auf höhere Werte, so daß z. B. das Maximum der Fibrillendicken am Ende der Fetalzeit (52 cm Gesamtlänge) bei $38\text{ m}\mu$ liegt. Bei einem 1jährigen zeigt sich im Vergleich zu den fetalen Stadien eine merkliche Zunahme der Schwankungsbreite der Fibrillendicken. Bei dem $1\frac{3}{4}$ jährigen Kind geht der bisher beschriebene typische Kurven-

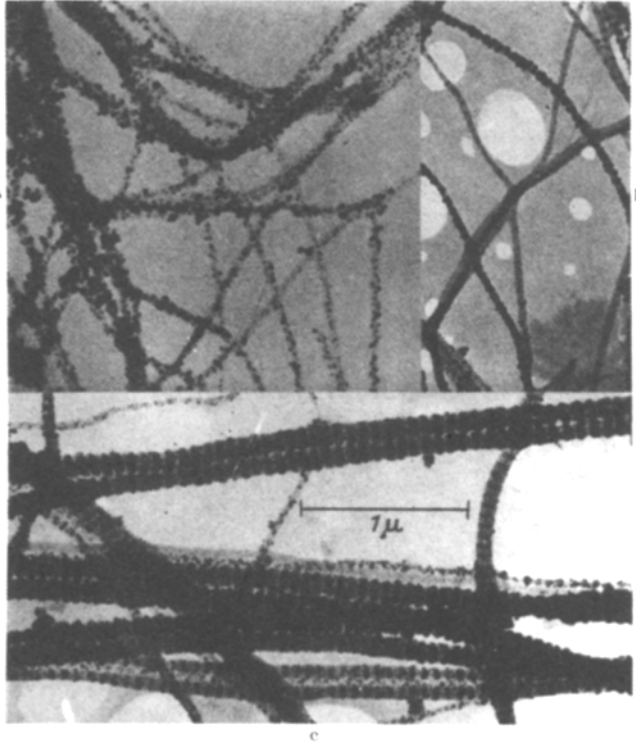


Abb. 3a—c. a Achillessehne eines Feten von 17 cm Gesamtlänge. Fixiert in Formol, Versilberung nach GÖMÖRI. 21 600:1. b Achillessehne eines Feten von 52 cm Gesamtlänge. Fixiert in Formol. Versilberung nach GÖMÖRI. 21 600:1. c Achillessehne 13 Jahre. Fixiert in Formol, Versilberung nach GÖMÖRI. 21 600:1.

verlauf verloren. Die Schwankungsbreite hat weiter zugenommen und von einem deutlichen Maximum kann nicht mehr gesprochen werden. Bei einem 13jährigen, dessen Kurvenverlauf bereits dem bei Erwachsenen entspricht, zeigt die Kurve bei einer sehr großen Schwankungsbreite der Fibrillendicken (von $32\text{--}138\text{ m}\mu$) 2 ausgeprägte Maxima.

Eine weitere Möglichkeit, die Differenzierung der Sehnenfibrillen zu verfolgen, ergibt sich durch die Anwendung der *Bindegewebsversilberung nach GÖMÖRI*. Mit dieser Methode zeigen die Sehnenfibrillen der jüngsten fetalen Stadien eine völlig unregelmäßige Ablagerung

von Silberkörnern an der Oberfläche der Fibrillen (Abb. 3a). Im Zuge der weiteren Entwicklung macht diese *ungeordnete Außenversilberung* immer mehr einer *regelmäßigen Außenversilberung* Platz. Hierbei werden die Silberteilechen in periodischen Gruppen an die Fibrillenoberfläche angelagert. Abb. 3b zeigt derartig versilberte Sehnenfibrillen von einem Fetus von 52 cm Gesamtlänge. Der gleiche Versilberungsmodus

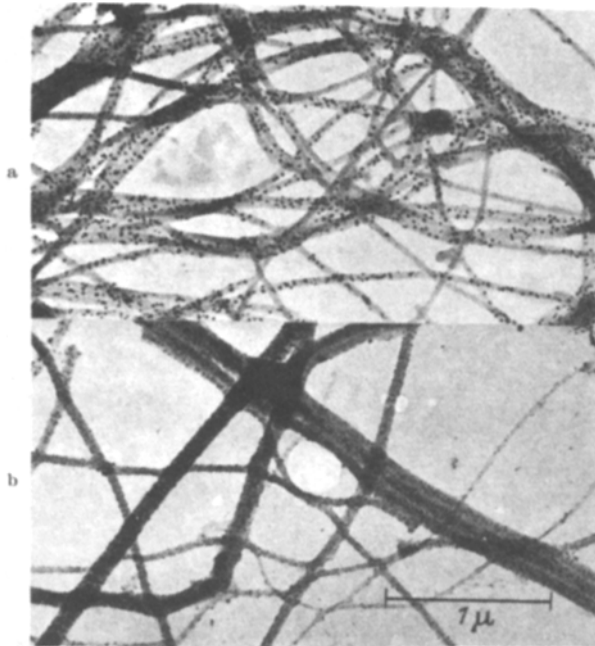


Abb. 4a u. b. a Achillessehne eines Feten von 35 cm Gesamtlänge. Fixiert in Formol, Perjodsäure-Silbertetrammin. 21600:1. b Achillessehne 79 Jahre. Fixiert in Formol, Perjodsäure-Silbertetrammin. 21600:1.

ist auch noch beim 1jährigen vorhanden. Bemerkenswerterweise tritt bei dem $1\frac{3}{4}$ jährigen Kind neben den bereits oben beschriebenen Veränderungen auch ein anderer Versilberungsmodus auf. Die Fibrillen zeigen vorwiegend die für „reifes“ Kollagen typische *periodische Innenversilberung*, wobei das Silber im Bereich der D-Teile abgelagert wird. Diese *periodische Innenversilberung* ist auch bei der Mehrzahl der Fibrillen von jugendlichen und erwachsenen Sehnen vorhanden (Abb. 3c). Es sind jedoch stets auch einige Fibrillen zu finden, deren Versilberungsmodus dem der vorangehenden Differenzierungsstadien entspricht. Es handelt sich hierbei im allgemeinen um Fibrillen mit geringerem Durchmesser.

Mit der *Perjodsäure-Silbertetramminteknik* läßt sich die Differenzierung der Interzellulärschicht des Sehnenwesens auch *histochemisch*

verfolgen. So wird bei einem Fetus von 35 cm Gesamtlänge das Silber in Form feiner Körnchen in die die Fibrillen umgebende Kittsubstanz eingelagert (Abb. 4a). Bei Erwachsenen findet man dagegen, vor allem bei den dickeren Fibrillen, auch eine Silbereinlagerung in die Fibrillen selbst. Das Silber ist dann vorwiegend im Bereich des D-Teiles lokalisiert, so daß die genuine Querstreifung verstärkt hervorgehoben wird (Abb. 4b). Gelegentlich sind die Silberkörnchen im D-Teil in 2 voneinander getrennten Streifen angeordnet, die den δ -Scheiben von WOLPERS (1943) entsprechen könnten. Die vorhergehende Einwirkung von Hyaluronidase hat auf die Stärke der Versilberung und auf den Versilberungsmodus im Vergleich zu nur mit physiologischer Kochsalzlösung behandelten Präparaten keinen Einfluß. Die zu allen Versuchen angesetzten Kontrollpräparate, welche nicht mit Perjodsäure behandelt wurden, zeigen keine Silberablagerungen.

Die bereits von SCHMITT, HALL und JAKUS (1942) und von WOLPERS (1943) beschriebene „Kollagen“-querstreifungsperiode von etwa 64 m μ ist in sämtlichen dargestellten Fibrillen aller von mir untersuchten Sehnen vorhanden. Strukturlose Filamente oder Fibrillen sind ebenso wie „long-spacing“-Fibrillen (HIGHBERGER, GROSS und SCHMITT 1951) nicht nachweisbar.

Diskussion.

Alle erhobenen Befunde lassen auf einen echten Differenzierungsprozeß der Sehnenfibrillen während der Entwicklung der Achillessehne zur funktionstüchtigen Sehne schließen. Grundsätzlich sind 2 Kriterien bei der Fibrillendifferenzierung elektronenmikroskopisch faßbar, nämlich einmal die Änderung der Fibrillendicken, ferner die Änderung des Versilberungsmodus. Man könnte annehmen, daß die Änderung des Versilberungsmodus von der Fibrillendicke abhängig sei. Vergleicht man die von SCHWARZ (1953) an der Sklera erhobenen Befunde mit den an der Achillessehne gewonnenen, dann ergibt sich aber folgendes: Bei der Sklera tritt die für Kollagen charakteristische Innenversilberung bereits bei sehr dünnen Fibrillen auf, die bei der Achillessehne noch Außenversilberung zeigen. Eine Innenversilberung zeigt sich in der Achillessehne erst bei Fibrillen, die dicker sind als die in der Sklera befindlichen. Somit muß man die Zunahme der Fibrillendicke und Änderung des Versilberungsmodus als 2 voneinander unabhängige Differenzierungsmerkmale werten. Während bei der Sklera die Beurteilung funktioneller Faktoren außerordentlich schwierig ist, ist dies bei der Achillessehne verhältnismäßig einfach möglich. Die Hauptbelastung der Achillessehne beginnt mit dem Stehen und Gehen beim Kleinkind. Zu dieser Zeit tritt sowohl die Innenversilberung als auch das vermehrte Dickenwachstum der Fibrillen auf.

Gross (1950) fand bei Untersuchungen über die Entwicklung des Coriums der Rattenhaut ebenfalls eine Zunahme der Fibrillendicke mit zunehmendem Alter. Jedoch entsprechen seine Kurven nicht den von mir an der Achillessehne gewonnenen. Daraus geht hervor, daß die Befunde am Corium der Rattenhaut nicht mit denen am Sehngewebe des Menschen zu vergleichen sind, obwohl beide Gewebe dem kollagenen Bindegewebe zugerechnet werden. Man darf also offensichtlich die an einem bestimmten Organ des Bindegewebes erhobenen Befunde nicht als allgemeingültig für das gesamte Bindegewebe ansehen, wenn sich auch einige gemeinsame Merkmale feststellen lassen.

Auffallend ist die weitgehende Übereinstimmung der Befunde bei Anwendung der Gömöri-Methode und der Perjodsäure-Silbertetrammin-technik. Diese Übereinstimmung läßt gewisse Rückschlüsse auf den Wirkungsmechanismus der Gömöri-Methode zu. In beiden Fällen wird nämlich das Präparat vor der Versilberung mit einem Oxydationsmittel behandelt. Von der Perjodsäure wissen wir, daß sie die 1,2-Glykolgruppen zu Aldehyden oxydiert, die dann Silberkomplexe zu reduzieren imstande sind. Das bei der Gömöri-Methode zur „Sensibilisierung“ verwendete Kaliumpermanganat entspricht in seiner Wirkung weitgehend der Perjodsäure (LILLIE 1951). Dies und die prinzipiell übereinstimmenden Befunde bei beiden Methoden lassen darauf schließen, daß für den Ausfall der Gömöri-Methode auch chemische Vorgänge bedeutsam sind.

Im Verlaufe der Differenzierung ist mit beiden Silbermethoden eine Verlagerung von Reduktionsorten aus der Kittsubstanz bzw. von der Fibrillenoberfläche in die D-Teile der Fibrillen festzustellen. Welches Substrat den Reduktionsorten zugrunde liegt — daß es sich um ein Kohlenhydrat handelt, ist wahrscheinlich (GRASSMANN und TRUPKE 1951) — und ob das Substrat in der Kittsubstanz dem in den Fibrillen entspricht, bedürfte einer Untersuchung von chemischer Seite. Dabei müßte man Kittsubstanz und Fibrillen unter elektronenmikroskopischer Kontrolle voneinander trennen und gesondert einer chemischen Analyse unterwerfen. Fest steht, daß die Reifung der Fibrillen mit einer Lageveränderung der Reduktionsorte verbunden ist. Damit finden chemische Unterschiede der einzelnen Differenzierungsstadien der Fibrillen ihren Ausdruck. Es erscheint daher nicht gerechtfertigt, alle periodisch querstreiften Bindegewebsfibrillen als „Kollagenfibrillen“ zu bezeichnen. Ich möchte mich an Hand meiner Befunde an der Achillessehne der von SCHWARZ (1953) geprägten Definition der Kollagenfibrille anschließen. Danach sind nur periodisch innenversilberte Fibrillen als Kollagenfibrillen anzusprechen. Sie sind als das Reifestadium der Fibrillen im kollagenen Bindegewebe zu betrachten. Alle Fibrillen des kollagenen Gewebes, die einen anderen Versilberungsmodus zeigen,

sind als „unreife“ Stadien anzusprechen. Für diese Fibrillen scheint mir der Ausdruck „*präkollagene Fibrillen*“ durchaus gerechtfertigt zu sein. Wenn eine Bindegewebsfaser überwiegend aus außenversilberten präkollagenen Fibrillen besteht, so erscheint sie im Lichtmikroskop schwarz, während eine kollagene Faser im wesentlichen aus innenversilberten Fibrillen zusammengesetzt ist und braun imponiert. Diese lichtmikroskopischen Unterschiede sind auf die verschiedene Körnchengröße und -verteilung des Silbers zurückzuführen. Das lichtmikroskopische Bild der Silberfärbung einer Bindegewebsfaser ist also in gewisser Hinsicht ein Kriterium für den fibrillären Aufbau dieser Faser. Damit sind die aus der lichtmikroskopischen Histologie bekannten Begriffe der präkollagenen und kollagenen Faser durch elektronenmikroskopische Untersuchungen klarer umrissen worden und behalten nach wie vor ihre Gültigkeit.

Zusammenfassung.

Die Interzellulärsubstanz menschlicher Achillessehnen verschiedener Entwicklungs- und Altersstufen wurden elektronenmikroskopisch untersucht. Das Mengenverhältnis und die Verbindung von Fibrillen und Kittsubstanz ändern sich im Verlauf der Entwicklung. Die Fibrillendicken nehmen während der Entwicklung zu, und zwar liegen bei einem Keimling von 8 cm Scheitel-Steißlänge die Fibrillendicken im Bereich von 10—25 $m\mu$, während sie bei Erwachsenen 25—140 $m\mu$ betragen. Bei den fetalen Stadien haben die Kurven eine geringe Schwankungsbreite und ein einziges Maximum. Bei einem $1\frac{3}{4}$ jährigen Kind ist die Streuung wesentlich größer, ein deutliches Maximum ist nicht vorhanden. Die Kurven der Erwachsenen haben 2 Maxima und eine große Schwankungsbreite. Bei Anwendung der Versilberungsmethode nach GÖMÖRI zeigen die jüngsten Stadien eine völlig *unregelmäßige Außenversilberung*, die während der Entwicklung über eine *periodische Außenversilberung* in eine *periodische Innenversilberung* übergeht. Bei einem $1\frac{3}{4}$ jährigen Kind ist bereits die Mehrzahl der Fibrillen innenversilbert. Nur die periodisch innenversilberten Fibrillen werden als „reife“ Kollagenfibrillen angesehen. Für alle außenversilberten Fibrillen wird die Bezeichnung „präkollagene Fibrillen“ vorgeschlagen. Ein Zusammenhang zwischen dem Differenzierungsablauf in der Interzellulärsubstanz der menschlichen Achillessehne und der funktionellen Beanspruchung ist nachweisbar. Es besteht eine auffallende Übereinstimmung zwischen den Befunden der empirischen Gömöri-Methode und den mit einer histochemischen Perjodsäure-Silbertetramintechnik erhobenen. Die Bedeutung dieser Untersuchungsergebnisse für das Verständnis des Wirkungsmechanismus der Gömöri-Methode wird erörtert.

Die Befunde an einem Teil des kollagenen Bindegewebes lassen sich nicht ohne weiteres verallgemeinern. Wenn auch elektronenmikro-

skopisch einige übereinstimmende Merkmale bestehen, so sind doch zum Teil erhebliche Unterschiede vorhanden. Das gilt besonders für den Ablauf der Differenzierung. Die Verwendung der Begriffe der präkollagenen und kollagenen Faser erscheint weiterhin gerechtfertigt, da die Bestandteile dieser Faserarten auch elektronenmikroskopisch ein differentes Verhalten zeigen.

Literatur.

- BAIRATI, A., F. MASSARI u. G. MARSICO: *Experientia* (Basel) 8, 341 (1952). — CLARA, M.: *Z. Zellforsch.* 37, 389 (1952). — DETTMER, N., I. NECKEL u. H. RUSKA: *Z. Mikrosk.* 60, 290 (1951). — DETTMER, N., u. W. SCHWARZ: *Z. Mikrosk.* 1953. — GERSH, J., and H. R. CATCHPOLE: *Amer. J. Anat.* 85, 457 (1949). — GÖMÖRI, G.: *Amer. J. Path.* 13, 993 (1937). — GRASSMANN, W., u. J. TRUPKE: In *Physiologische Chemie*, herausgeg. von B. FLASCHENTRÄGER u. E. LEHNARTZ, Bd. 1. Berlin: Springer 1951. — GRAUMANN, W.: *Anat. Anz.* 99, 19 (1952). — GROSS, J.: *Amer. J. Path.* 26, 708 (1950). — GROSS, J., and F. O. SCHMITT: *J. of Exper. Med.* 88, 555 (1948). — HERRATH, E. v., u. N. DETTMER: *Z. Mikrosk.* 60, 282 (1951). — HIGHBERGER, J. H., J. GROSS and F. O. SCHMITT: *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 37, 286 (1951). — LILLIE, R. D.: *J. Nat. Canc. Inst.* 12, 229 (1951). — SCHMITT, F. O., C. E. HALL and M. A. JAKUS: *J. Cellul. a. Comp. Physiol.* 20, 11 (1942). — SCHWARZ, W.: *Z. Zellforsch.* 38, 78 (1953). — SCHWARZ, W., u. G. PAHLKE: *Z. Zellforsch.* 38, 475 (1953). — WASSERMANN, F.: In v. MÖLLENDORFFS *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen*, Bd. I/2. 1929. — WASSERMANN, F.: *Anat. Rec.* 111, 145 (1951). — WOLFF, O.: *Z. Mikrosk.* 61, 180 (1952). — WOLFERS, C.: *Klin. Wschr.* 1943, 624.

GÜNTER PAHLKE, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Str. 15,
Anatomische Anstalt der Freien Universität.