

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Rostock
[Direktor: Prof. Dr. W. Fischer].)

Über die Verteilung des Lipofuscins in der Skelettmuskulatur in ihrer Beziehung zur Funktion¹.

Von
Walter Kny.

(Eingegangen am 23. Januar 1937.)

Die Angaben über die Pigmentverhältnisse in der Bewegungsmuskulatur sind in der Fachliteratur sehr gering. Wir haben beim Nachschlagen der Literatur in den Zentralblättern bis 1900 keine Arbeit gefunden, die sich mit der Pigmentablagerung im peripheren Muskel beschäftigt. Im „Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie“ von *Henke-Lubarsch* (Bd. 9, 1) ist darüber nur zu lesen, an welchen Stellen des Sarkoplasma das Pigment abgelagert ist, und daß es sich bei dieser Ablagerung um eine Pigmentatrophie oder braune Atrophie handelt. Es ist damit also die Pigmentation des Bewegungsmuskels in Parallele zu der Pigmentablagerung im Herzmuskel gesetzt worden, die man als eine Pigmentatrophie ansah. Untersuchungen von *Böhmig*, *H. Müller* und *v. Finck* haben aber gezeigt, daß das Pigment 1. innerhalb des Herzens schwankt, 2. durch besondere muskuläre Beanspruchung zunimmt und 3. ein regelmäßiger Bestandteil schon im frühen Säuglings- und Kindesalter ist, der völlig unabhängig von Krankheiten auftritt. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß das Lipofuscin im Herzmuskel als Abnutzungspigment nicht in dem Sinne gelten kann, daß es ausschließlich oder vorwiegend mit Atrophie des Gesamtorganismus oder des betreffenden Organes vergemeinschaftet oder bei atrofischen Zuständen jederzeit besonders erhöht wäre.

Da ähnliche Untersuchungen wie die obengenannten für die Bewegungsmuskulatur nicht vorliegen, lag es nahe, auf die Pigmentbefunde auch bei dieser Muskulatur zu achten und sie in gleicher Weise einer Untersuchung zu unterziehen. Wenn das Pigment am Herzen von der Funktion abhängig ist und mit der Muskelleistung in Beziehung zu setzen ist, dann müßte der periphere Muskel das gegebene Objekt sein, die Richtigkeit dieser neuen Anschauung über die Pigmentation zu beweisen. Zur Durchführung dieses Beweises sind wir so vorgegangen, daß wir aus der Gruppe der Halte- und Bewegungsmuskulatur je zwei bei der gewöhnlichen Obduktion leicht zu erreichende Muskeln wählten. Als Haltemuskeln verwandten wir den *M. sternocleidomastoideus* und den *M. subscapularis*, als Bewegungsmuskeln den *M. sartorius* und den

¹ Doktor-Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock.

M. gracilis. Die herausgeschnittenen Muskelstücke wurden fixiert, es wurden dünne Gefrierschnitte angefertigt, und das Pigment wurde durch Fettfärbung (Sudan III) zur Darstellung gebracht. Bei Ölimmersion und 600facher Vergrößerung wurde unter Benutzung eines Okularmikrometers die jeweilige Länge und Breite der einzelnen Pigmentablagerungen und Kerne gemessen. Wir haben von jedem Muskel 10 Kerne mit ihren beiden polständigen Pigmenten (je 20 Pigmente) protokollarisch niedergelegt, und dann die Durchschnittswerte der einzelnen Muskeln ermittelt. Unser Untersuchungsmaterial haben wir nach drei größeren Altersklassen geordnet, und zwar die erste Gruppe von 0—20 Jahren, die zweite Gruppe von 20—40 Jahren und die dritte Gruppe jenseits des 50. Jahres. Innerhalb jeder Gruppe haben wir versucht, eine Trennung durchzuführen in Fälle, die eines plötzlichen Todes verstarben, und in solche, die ein längeres Krankenlager hinter sich hatten. Ebenso haben wir versucht, Fälle mit kurzdauernden Krankheiten solchen mit langen, zehrenden Krankheiten gegenüberzustellen.

Das Pigment in der Bewegungsmuskulatur ist ebenso wie bei der Herzmuskulatur meistens an den Polen der Kerne in Verlängerung der Kernachse hüttchenförmig abgelagert. Sehr oft liegen neben den Pigmentkörnchen und unter ihnen helle, stark lichtbrechende Körnchen, die eine Schwierigkeit für die Messung insofern darstellen, als man nicht sagen kann, ob es sich dabei noch um echtes Pigment oder nur um Fetttröpfchen handelt. Wir haben uns entschlossen, diese stark lichtbrechenden Gebilde nicht mehr dem echten Pigment zuzurechnen und haben uns deshalb darauf festgelegt, sie bei unseren Messungen unberücksichtigt zu lassen. Bei den Fällen jenseits des 50. Lebensjahres lag das Pigment außer an den Polen der Kerne auch oft noch an der Kernlängsseite, und die in dieser Altersklasse ziemlich häufig vorkommenden rundlichen Kerne waren ganz von einem Pigmentkranz umgeben. Solche Kerne haben wir bei den Messungen ausgelassen. Ebenso war es unmöglich, das Pigment an den Stellen zu messen, in denen eine große Anzahl von Kernen dicht hintereinander lag und die geringen Zwischenräume dicht mit Pigment ausgefüllt waren. In diesen Fällen gehört das Pigment sicher zu beiden Kernen, und eine Grenze der Zugehörigkeit zu einem Kern ließ sich nicht ziehen. Die dichte Lage der Kerne war besonders bei den Fällen jenseits des 50. Lebensjahres zu finden, wo ganze Reihen von kleineren Kernen in fast gleichem Abstand voneinander lagen. Das Pigment des Herzmuskels liegt in Hüttchen von regelmäßiger Form in der Verlängerung der Kernachse. Die Ablagerung an den Kernen der quergestreiften Muskulatur hält diese regelmäßige Anordnung nicht immer inne. Es finden sich auch kegelförmige Ablagerungen oder solche mehr rechteckiger Form. Außerdem waren in dem Gefüge der Ablagerungen Lücken zu beobachten, die einzelne Pigmentteilchen auf größere Entfernung voneinander trennten. Diese Verände-

rungen betrafen auch hauptsächlich die Fälle jenseits des 50. Lebensjahres und zwar mit einer gewissen Regelmäßigkeit, ohne daß wir bei unseren Untersuchungen irgendwelche Faktoren für dieses Verhalten feststellen konnten. Auch solche Pigmentformen haben wir in unseren Messungen unberücksichtigt gelassen.

Wir untersuchten im ganzen 48 Sektionsfälle.

Die Pigmentablagerung beginnt schon im frühesten Kindesalter. Die Pigmentwerte erreichen dann zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr einen Gipfel und sinken von diesem Alter ab wieder, ohne aber die geringen kindlichen Werte zu erreichen. Weiter ist ein Unterschied zwischen der Halte- und Bewegungsmuskulatur vorhanden, und zwar derart, daß die Bewegungsmuskulatur mehr Pigment enthält. Dieser Unterschied ist besonders auf dem Gipfel der Pigmentwerte, also zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr, deutlich. In der Jugend und im Alter verschwinden sich diese Werte mehr, und es fehlen nennenswerte Unterschiede zwischen Halte- und Bewegungsmuskulatur.

Vergleichen wir nun etwa altersgleiche Fälle, die plötzlich zu Tode gekommen sind, mit solchen, die ein langes Krankenlager hinter sich hatten, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Tabelle 1.

Nr.	Alter in Jahren	Sterno.	Subsc.	Sart.	Grac.	
<i>Plötzlicher Tod.</i>						
16	23	4,2	3,5	5,4	5,8	Unfall
20	29	4,45	5,15	5,55	5,05	Unfall
22	31	4,25	4,05	6,4	5,8	Akuter Herz tod
25	34	3,15	3,95	4,95	5,2	Unfall
26	36	6,3	5,7	8,75	8,75	Unfall
40	61	2,45	2,7	6,5	6,85	Akuter Herz tod
45	70	3,1	3,05	4,95	4,05	Akuter Herz tod
24	34	5,8	5,65	8,55	7,1	CO-Vergiftung
<i>Krankenlager.</i>						
15	20	2,35	2,15	3,45	3,0	Tbc. pulm.
19	27	2,55	2,25	2,65	2,6	Tbc. pulm.
23	33	3,6	3,0	4,1	3,9	Magencarcinom
27	36	2,2	2,4	2,8	2,7	Tbc. pulm.
31	38	2,1	2,2	2,9	2,9	Tbc. pulm.
42	63	2,75	2,75	3,15	3,05	Gallenblasencarcinom
46	71	3,9	3,4	3,6	2,85	Oesophaguscarcinom

Diese Aufstellung läßt erkennen, daß die Fälle mit plötzlichem Exitus aus voller Arbeitskraft wesentlich höhere Pigmentwerte zeigen als die Fälle nach langem Krankenlager mit Kachexie. Vergleicht man zunächst die Haltemuskulatur beider Gruppen, so finden wir bei den Fällen mit plötzlichem Tod nur einen Fall, dessen Pigmentwerte unter drei Teilstichen liegen. Bei den Fällen mit langem Krankenlager

dagegen weisen 5 Fälle Pigmentwerte unter drei Teilstichen auf. Errechnen wir aus den 8 Fällen mit plötzlichem Tod ohne Krankenlager die Mittelwerte für die Haltemuskulatur, so ergibt sich: Sternocleido 4,21, Subscapularis 4,22, gemeinsames Mittel 4,21. Demgegenüber stehen die Mittelwerte der Fälle mit langem Krankenlager mit folgenden Werten: Sternocleido 2,78, Subscapularis 2,59, gemeinsames Mittel 2,68. Der gleichartige Vergleich der Pigmentwerte der Bewegungsmuskulatur ergibt noch größere Unterschiede. Bei der Gruppe von Fällen mit plötzlichem Tod liegt mit einer Ausnahme keiner der Werte unter 5, bei der Gruppe mit langem Krankenlager dagegen liegen sämtliche Werte unter 5. Die Errechnung der Mittelwerte ergab hierbei: Fälle mit plötzlichem Tod: Sartorius 6,38, Gracilis 6,08; gemeinsames Mittel 6,23. Fälle mit langem Krankenlager: Sartorius 3,24, Gracilis 3,0; gemeinsames Mittel 3,12. Es besitzt danach die Bewegungsmuskulatur bei den Fällen mit plötzlichem Tod genau doppelt soviel Pigment als die Muskulatur von lange Zeit Bettlägerigen. Beim Vergleich der Mittelwerte der Halte- und Bewegungsmuskulatur innerhalb einer Gruppe zeigt sich folgendes: bei der Gruppe mit plötzlichem Tod stehen die Mittelwerte von Sternocleido und Subscapularis als Haltemuskeln den Bewegungsmuskeln (Sartorius und Gracilis) gegenüber mit einer Wertdifferenz von 2,01 Teilstichen, bei der Gruppe mit Tod nach langem Krankenlager dagegen ist der Unterschied um vieles geringer und beträgt nur 0,44 Teilstiche. Aus dieser Tabelle sind also wesentliche Unterschiede der Pigmentmengen erkennbar: bei Vergleich der einzelnen Muskeln der beiden Untersuchungsgruppen, bei Vergleich von Halte- und Bewegungsmuskulatur dieser beiden Gruppen, wie auch beim Vergleich von Halte- und Bewegungsmuskulatur innerhalb einer Gruppe. Es ist danach anzunehmen, daß die arbeitstrainierte Muskulatur mehr Lipofuscin ablagert als die wenig gebrauchte oder unbeanspruchte.

Zur weiteren Erfassung von Unterschieden der Pigmentablagerung haben wir gelähmte oder stillgelegte Muskelgruppen mit tätigen verglichen.

Tabelle 2.

Nr.	Alter in Jahren	Sterno.	Subsc.	Sart.	Grac.	
<i>Gelähmt oder stillgelegt.</i>						
14	19	2,5	2,6	3,25	3,25	Beine gelähmt
21	30	2,6	2,65	3,15	2,8	" "
36	50	2,7	2,3	1,75	1,8	" "
38	55	3,45	2,65	2,6	2,05	" "
47	81	2,95	2,9	3,1	3,2	" "
<i>Tätig.</i>						
16	23	4,2	3,5	5,4	5,8	
22	31	4,25	4,05	6,4	5,8	
37	55	4,8	5,45	5,0	5,2	
41	62	3,05	3,05	4,7	4,9	

Diese Gegenüberstellung zeigt, daß die ruhiggestellte, also nicht beanspruchte Muskulatur niedrigere Pigmentwerte aufweist als die tätige, und zwar unabhängig vom Alter. Aus der Tabelle sind Wertunterschiede um drei oder zwei ganze Teilstriche in jedem der Fälle ersichtlich. Die Gegenüberstellung von Fällen gleichen Alters ist ein eindeutiger Beweis für die Abhängigkeit der Pigmentwerte von der Funktion. Wäre aber die Menge des Pigmentes an eine Atrophie und an zunehmendes Alter gebunden, dann dürften die tätigen Muskeln jüngerer Personen nicht mehr Pigment enthalten als die untätigten, und es dürften sich Schwankungen hinsichtlich der Tätigkeit im Alter kaum zeigen oder bei untätigten Muskeln müßten im Gegenteil höhere Werte zu erwarten sein.

Während im Durchschnitt und der Mehrzahl der Fälle unserer Untersuchungen die Bewegungsmuskulatur (*M. sartorius* und *M. gracilis*) eine stärkere Pigmentablagerung aufweist als die Haltemuskulatur, so fallen doch 4 Fälle aus dieser Regel heraus, unter ihnen besonders deutlich der Fall Nr. 39 (57 Jahre, Ernährung mittel, Muskulatur schlecht, schweres Aortenvitium), bei dem es sich um eine lange stationär behandelte Krankheit handelte. Bei diesen 4 Fällen zeichnet sich vor allem der *M. sternocleidomastoideus* durch reichliche Pigmentation aus, wenigstens durch reichlichere als es sonst dem Alter und der erwarteten Tätigkeit des Falles entspräche. Als Ursache für diese höhere Pigmentierung nehmen wir an, daß der *M. sternocleidomastoideus* als auxiliärer Atemmuskel verwandt wurde, was nach dem klinischen und pathologisch-anatomischen Befunden anzunehmen ist.

Tabelle 3.

Nr.	Alter in Jahren	Stero.	Subsc.	Sart.	Grac.	
12	15	3,15	2,15	2,05	2,3	Nackensteifigkeit
38	55	3,45	2,65	2,6	2,05	Lähmung
39	57	3,9	3,9	2,95	2,7	Aortenvitium
46	71	3,9	3,4	3,6	2,85	Lues aortae

Auch daraus ist ersichtlich, daß die Lipofuscinablagerung kein mit einer Atrophie gekoppelter Vorgang ist, sondern ganz im Gegenteil ein Gradmesser für die Leistung des einzelnen Muskels.

Die niedrigen Pigmentwerte, die sich bei der Untersuchung der Muskeln eines Landarbeiters von 30 Jahren (Nr. 21) ergaben, veranlaßten uns, auch auf die Ausbildung der Muskulatur und deren Beziehung zur Pigmentation zu achten. Dabei ergab sich, daß eine gut ausgebildete Muskulatur mehr ablagert als eine schlechte. In einem Falle von stark atrophischer Muskulatur ergaben sich sehr geringe Werte.

Tabelle 4.

Nr.	Alter in Jahren	Sterno.	Subsc.	Sart.	Grac.
<i>Gute Muskulatur.</i>					
16	23	4,2	3,5	5,4	5,8
20	29	4,45	5,15	5,55	5,05
22	31	4,25	4,05	6,4	5,8
25	34	3,15	3,95	4,95	5,2
35	46	2,9	3,75	5,2	5,9
<i>Schlechte Muskulatur.</i>					
15	20	2,35	2,15	3,45	3,0
17	24	3,45	2,65	4,15	3,8
21	30	2,6	2,65	3,15	2,9
23	33	3,6	3,0	4,1	3,9
35	48	2,3	2,4	2,5	2,9

Da aber 2 dieser Fälle (Nr. 17 und Nr. 15) ein längeres Krankenlager hinter sich hatten, und der eine Fall (Nr. 23) eine ziemliche Kachexie zeigte, während nur der Fall Nr. 21 ein kürzeres Krankenlager durchgemacht hatte, läßt es sich nicht mit aller Bestimmtheit sagen, ob diese geringen Pigmentationen nicht nur durch die geringe Beanspruchung während der Bettlägerigkeit bedingt sind. Vielleicht ist aber die geringere Ab-lagerung an den asthenischen Typ geknüpft, zu dem alle die Fälle mit schlechter Muskulatur gehörten.

In einem Teil der Fälle finden sich größere Schwankungen der Pigmentwerte ein und desselben Falles. Schwankungen um den Mittelwert in der Größe eines Teilstreiches sind bei jedem Falle unserer Untersuchungsreihe zu beobachten. Wir haben sie unberücksichtigt gelassen, da sich bei der Zusammenstellung dieser Schwankungen zeigte, daß sie nur in einzelnen Muskeln auftraten. Irgendeine Bedeutung dieses Verhaltens konnten wir aber nicht ermitteln, da es verschiedene Altersklassen mit verschiedener Muskulatur und Funktion betraf. Anders dagegen bei den 4 in der nachfolgenden Tabelle 5 angeführten Fällen. Hier ergaben sich bei sämtlichen vier Muskeln Schwankungen und zugleich die höchsten. Bei der Feststellung dieser größeren Schwankungen der Pigmentmenge innerhalb eines Falles sind wir so vorgegangen, daß wir den Mittelwert nur aus den Pigmentmessungen eines Falles errechneten, die in ihren Werte gleich groß waren. Die schwankenden Werte haben wir dann den Mittelwerten gegenübergestellt und haben dies in der zugehörigen Tabelle 5 so angegeben, daß wir die höchsten und niedrigsten Werte des betreffenden Falles links und rechts neben den errechneten Mittelwert setzten.

Vielleicht sind die im Anschluß an die Tabelle angegebenen Hauptkrankheiten (Diabetes, Kreislaufinsuffizienz) in Beziehung zu dieser ungleichen Verteilung zu setzen in dem Sinne, daß ein gestörter

Stoffwechsel der Muskeln für dieses Verhalten hinsichtlich der Schwankungen verantwortlich zu machen wäre.

Tabelle 5.

Nr.	Alter in Jahren	Sterno.	Subsc.	Sart.	Grac.
<i>Starke Schwankungen.</i>					
28	36	10,0	5,05	2,0	3,0
39	57	1,0	3,9	5,0	1,0
46	71	7,0	3,9	1,0	7,0
47	81	1,0	2,0	5,0	1,0

Nr. 28 Diabetes. Nr. 39 Aortenvitium. Nr. 46 Lues aortae. Nr. 47 Kreislaufinsuffizienz.

Ebenso wie die Pigmentwerte in den einzelnen Altersklassen schwanken, so schwanken auch die Werte für die Kerngrößen. Die größten Kerne zeigten die Fälle zwischen 20 und 40 Jahren, und zwar mit einer Durchschnittsgröße aller Kerne der vier Muskelgruppen eines Falles von 9,62 Teilstichen. Die Kernwerte der Fälle unter 20 Jahren und über 50 Jahren zeigten im Gesamtdurchschnitt große Annäherung aneinander. Die Kerne der Jugendlichen unter 20 Jahren und der Altersklasse zwischen 20 und 40 Jahren lassen eine längsovale Form erkennen, waren in ihrer Abgrenzung scharf und hatten eine deutliche Kernstruktur. Sie lagen bei den Fällen zwischen 20 und 40 Jahren in größeren Abständen voneinander, während sie bei den Jugendlichen kleinere Entfernung voneinander aufwiesen und ihre Struktur eine etwas geballtere war. Anders verhielten sich nun die Fälle jenseits des 50. Lebensjahres. Hier lagen die Kerne meistens in geringeren Abständen voneinander und erweckten oft den Eindruck, als wenn eine große Zahl von Kernen perlenartig auf einen Faden gereiht wäre. In ihrer Form zeigten sie von längsovalen bis zu kugelrunden Gebilden alle Varietäten, und ihre Struktur war nur selten gut zu erkennen. Meistens waren es dunkle Klumpen, deren Begrenzung oft Wellenlinien oder aus der eigentlichen Kernsubstanz heraustrretende Zacken aufwies.

Die Ablagerung des Lipofuscins scheint in einem Verhältnis zur Kerngröße zu stehen. Zeigte doch die Altersklasse zwischen 20 und 40 Jahren neben den höchsten Pigmentwerten auch die größten Kerne. Ferner besitzen diejenigen Fälle dieser Altersklasse, die an einer mit Kachexie verbundenen Erkrankung litten, neben einer verminderten Pigmentablagerung auch eine Verkleinerung des Kernes.

So scheint von der Muskelfunktion neben der Ablagerung des Pigmentes auch die Größe des Kernes abhängig zu sein. Die jugendlichen Fälle unter 20 Jahren, sowie die Altersklasse über 50 Jahren haben neben einer Verkleinerung des Pigmentes auch eine solche des Kernes. Vergleicht man den Kerndurchschnittswert der Jugendlichen mit dem

der Fälle über 50 Jahren, so sind die Werte fast gleich, nämlich 8,9 zu 8,83. Anders liegen die Verhältnisse bei der Pigmentablagerung. Hier liegt der Durchschnitt sämtlicher vier Muskeln bis zum 20. Lebensjahr auf 2,1 Teilstichen, während jenseits des 50. Lebensjahres ein Durchschnittswert von 3,82 Teilstichen sich ergibt. Man könnte hierbei daran denken, daß der jugendliche Kern, oder anders die jugendliche Muskulatur in ihrer besseren Funktion noch nicht so große Ablagerungen zuläßt als die alte, weniger funktionstüchtige.

Tabelle 6.

Nr.	Alter in Jahren	Sterno.	K.L.*	Subsc.	K. L.	Sart.	K. L.	Grac.	K. L.
<i>Großer Kern.</i>									
16	23	4,2	11,2	3,5	10,5	5,4	11,8	5,8	11,9
24	34	5,8	10,4	5,65	10,3	8,55	11,0	7,1	11,1
40	61	2,45	8,4	2,7	8,3	6,5	11,1	6,8	11,3
<i>Kleiner Kern.</i>									
17	24	3,45	9,5	2,65	9,5	4,15	10,1	3,8	9,6
23	33	3,6	8,7	3,0	8,0	4,1	9,0	3,9	8,9
42	63	2,75	7,2	2,75	7,8	3,15	8,7	3,05	8,4

* K.L. Kernlänge.

Die Obduktion des Falles Nr. 35 wies eine sehr starke braune Atrophie von Leber und Herz auf, und auch die Skelettmuskulatur zeigte eine Braunkärbung, aber geringeren Grades. Die Pigmentmessungen in den vier Muskeln ergaben aber Werte, die durchaus zu unseren bisherigen Feststellungen paßten. Nun ergab sich die Frage, die auch *Jelinghoff* bespricht, wie bei den geringen Pigmentablagerungen um einen Kern eine solche Braunkärbung zustande kommt. Eine Aufklärung für dieses Verhalten konnte uns der Fall Nr. 36 geben. Auch dieser zeigte eine starke braune Atrophie der inneren Organe, vor allem aber war die braune Färbung der Muskulatur der unteren Extremitäten besonders auffallend. Bei der mikroskopischen Untersuchung der von uns gewählten Muskeln, also des M. sartorius und des M. gracilis, zeigte es sich nun, daß in dem größten Teil der Fasern die Kerne zu kleineren Haufen geballt und stark vermehrt waren. Die Pigmente der einzelnen Kerne lagen auf diese Weise auch in den Kernhaufen geballt und ergaben so die deutliche braune Verfärbung. Eine Vermehrung des Pigmentes eines einzelnen Kernes konnten wir nicht feststellen, sondern es ergaben sich bei den Kernen, die isoliert lagen und deshalb meßbar waren, sogar sehr geringe Pigmentwerte, wie aus der Tabelle zu ersehen ist. Anders bei dem Fall Nr. 27, bei dem es sich um eine lange Zeit stationär behandelte Lungentuberkulose handelte. Trotz stärkster Atrophie der Muskulatur war bei der makroskopischen Betrachtung eine wesentliche

Braunfärbung nicht zu erkennen. Mikroskopisch ergab sich, daß die Pigmentwerte aber höher lagen als bei Fall Nr. 36. Nur war bei Fall Nr. 27 eine solche Zusammenballung der Kerne nicht festzustellen. Auf Grund dieser Untersuchungen glauben wir schließen zu können, daß für das makroskopische Auftreten der braunen Atrophie neben einer Atrophie der Muskulatur auch noch eine dichte Lagerung der Kerne mit ihren Pigmentanhäufungen erforderlich ist.

Jelinghoff nimmt zu der Arbeit von *H. Müller* Stellung und nimmt an, daß die von *Müller* benutzte Methode der Pigmentfärbung mit Sudan III wegen der dabei mitgefärbten Fetttröpfchen zu falschen Ergebnissen führe. Verfasser glaubt durch eine schwache Kernfärbung mit Hämalaun-Carmin zu richtigeren Werten zu kommen. Da auch wir bei der Arbeit an der Skelettmuskulatur zur Darstellung des Pigmentes die Färbung mit Sudan III vorgenommen haben, haben wir zum Schluß noch 10 Fälle nach den beiden Methoden gefärbt, also mit Sudan III und Hämalaun-Carmin. Bei der Messung derselben nach beiden Methoden gefärbten Fällen ergab sich nun die Differenz, daß die mit Hämalaun-Carmin gefärbten Präparate einen um 0,1—1,0 Teilstreich geringeren

Wert aufwiesen als die mit Sudan III gefärbten desselben Falles, wie die nebenstehende Tabelle erkennen läßt.

Unsere Feststellungen über die Art der Verteilung des Pigmentes wurden dadurch in keiner Weise geändert. Nur bei der Messung der Pigmentwerte der Muskulatur Neugeborener ergab sich

Tabelle 7.

Nr.	Alter in Jahren		Stero.	Subsc.	Sart.	Grac.
10	10	S III	2,1	2,2	3,5	3,2
		HC	1,0	1,1	2,0	1,95
19	27	S III	2,55	2,25	2,65	2,6
		HC	1,6	1,6	2,45	2,25
30	38	S III	4,55	4,3	5,2	5,2
		HC	3,5	3,2	4,2	4,1
36	50	S III	2,7	2,3	1,75	1,8
		HC	2,6	2,3	2,0	1,95
43	66	S III	2,2	2,45	3,55	3,2
		HC	2,0	2,05	2,55	1,9

S III = Sudan III, HC = Hämalaun-Carmin.

ein Unterschied. In diesen Fällen zeigten sich bei der Sudanfärbung kleine Pigmentkörnchen, deren Wert aber noch unter 1 Teilstrich lag, während die Färbung mit Hämalaun-Carmin gar kein Pigment erkennen ließ. Bezuglich der Bedeutung dieser Unterschiede der Pigmentwerte bei den beiden verschiedenen Färbemethoden müssen wir auf die laufenden neueren Untersuchungen von *Böhmig* verweisen, der zu dieser Frage Stellung nehmen wird.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Ablagerung des Pigmentes von der Tätigkeit und dem Zustand der Muskulatur abhängt. Sie haben weiter ergeben, daß die Bewegungsmuskulatur stärker pigmentiert ist als die Haltemuskulatur. Diese beiden Ergebnisse scheinen

in einem Widerspruch zueinander zu stehen, denn nach unseren Feststellungen müßte man annehmen, daß die länger oder dauernd tätige Haltemuskulatur auch höhere Pigmentwerte aufweisen müßte. Eine Erklärung für dieses Verhalten suchten wir in der Muskelphysiologie. Nach den Untersuchungen von *Wachholder* und anderen enthält die Haltemuskulatur eine Reihe von Stoffen in größerer Menge als die Bewegungsmuskulatur. Solche Stoffe sind: Restphosphorsäure, Cholesterin, Vitamin B₂ und C, Glutathion und andere. Ferner findet sich in der Haltemuskulatur mehr Oxydase, und der Sauerstoffverbrauch in ihr ist ein höherer als in der Bewegungsmuskulatur. Den Vitaminen B₂ und C sowie dem Glutathion, die sich besonders in den Muskeln mit Dauerleistung finden, hat die Physiologie die Rolle von Stoffwechselkatalysatoren zugeschrieben, deren Leistung es ist, eine stärkere Ansammlung von Abbauprodukten zu verhindern. Vielleicht ist damit auch die geringere Ansammlung von Lipofuscin in der Haltemuskulatur im Gegensatz zur Bewegungsmuskulatur erklärt, insofern als die Stoffwechselkatalysatoren dessen Bestand vermindern.

Aus unseren Befunden geht weiter hervor, daß von einem bestimmten Alter ab die Lipofuscinablagerung ein regelmäßiger Bestandteil des peripheren Muskels ist. Grad und Menge des Lipofuscins schwanken sowohl bei einem bestimmten Muskel verschiedener Individuen wie bei den von uns untersuchten vier verschiedenen Muskeln eines Individuums. Diese Schwankungen und Verschiedenheiten bestätigen die von *Böhmig* für die Herzmuskulatur begründete Annahme, daß die Lipofuscinablagerung in der Muskelfaser — nach unseren Untersuchungen also auch in der Bewegungsmuskulatur — verschieblich ist. Wie bei der Herzmuskulatur müssen wir annehmen, daß auch in der quergestreiften Muskulatur das Lipofuscin nach Maßgabe der Muskelfunktion abnimmt und zunimmt. Eine andere Deutung läßt das unterschiedliche Verhalten der Lipofuscinablagerung beim vollkräftigen Individuum (Verkehrsunfall) einerseits, beim stillgelegten Extremitätenmuskel (Lähmung) andererseits nicht zu.

Zusammenfassung.

Unsere Untersuchungen über die Pigmentverhältnisse der quergestreiften Muskulatur ergeben, daß es sich bei der Ablagerung des Lipofuscins um keinen mit einer Atrophie verbundenen Vorgang handelt. Wäre nämlich die Ablagerung ein Zeichen von Atrophie, dann müßten die höchsten Werte im Alter zu finden sein, was aber unseren Befunden nicht entspricht. Vielmehr zeigt es sich, daß die Pigmentablagerung 1. von dem Zustand der Muskulatur abhängig ist, insofern als ein kräftiger Muskel mehr ablagert als ein schwacher, atrophischer; 2. von der funktionellen Beanspruchung des Muskels beeinflußt wird. Stillgelegte oder

gelähmte Muskeln enthalten weniger Pigment als tätige; 3. Schwankungen der einzelnen Altersstufen unterworfen ist und zwischen 30 und 40 Jahren wahrscheinlich einen Höhepunkt erreicht. In der Jugend und im Alter sind die Werte niedriger; 4. in der Bewegungsmuskulatur stärker zu sein scheint als in der Haltemuskulatur.

Literatur.

Aschoff: Pathologische Anatomie, Bd. 1, S. 337, 372; Bd. 2, S. 220. Jena: G. Fischer 1936. — *Böhmg, R.*: Klin. Wschr. **1935 II**, 1816. — *Gellhorn*: Neuere Ergebnisse der Physiologie, S. 275. Leipzig: F. C. W. Vogel 1926. — *Hotzen, A.*: Beitr. path. Anat. **60**, 485 (1915). — *Hueck, W.*: Handbuch der allgemeinen Pathologie, *Krehl-Marchand*, Bd. 3, 2, S. 451. Leipzig: S. Hirzel 1921. — *Ishida, Mitsuji*: Virchows Arch. **210**, 67 (1912). — *Jelinghoff, W.*: Beitr. path. Anat. **98**, 1, 80 (1936). — *Krüger, A.*: Diss. Physiologisches Institut Rostock 1936. — *Meyenburg, H. v.*: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie, Bd. 9, 1, S. 326. Berlin: Julius Springer 1929. — *Müller, H.*: Virchows Arch. **295**, 514 (1935). — *Sehrt, E.*: Virchows Arch. **177**, 259 (1904). — *Wachholder u. v. Ledebur*: Pflügers Arch. **225**, 625 (1930). — *Wachholder u. Quensel*: Pflügers Arch. **235**, 70 (1934). — *Wachholder, Anders u. Uhlenbroock*: Hoppe-Seylers Z. **233**, 181 (1935).
