

Beiträge zur Muskelchemie.

I. Mitteilung.

Der durch Formol titrierbare Gesamtaminostickstoff in der glatten, der quergestreiften und in der Herzmuskulatur der Säugetiere.

Von

G. Buglia und A. Costantino.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Neapel.)

(Der Redaktion zugegangen am 22. August 1912.)

I.

Die Unterschiede zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur sind in chemischer Hinsicht noch zum großen Teil unbekannt. Auf jeden Fall haben neuere Untersuchungen ganz bedeutende Differenzen in den chemischen Eigenschaften der glatten und quergestreiften Muskulatur ergeben.

Wir erwähnen hier die Untersuchungen über die anorganischen Bestandteile der glatten und quergestreiften Muskeln höherer Tiere,¹⁾ und ferner die Untersuchungen über die organischen Bestandteile, sowohl in bezug auf die allgemeinen Eigenschaften der Muskelproteine,²⁾ als auch hinsichtlich bestimmter organischer Substanzen wie Kreatinin, Purinbasen usw. Schon diese Arbeiten zeigen deutlich den Unterschied der beiden genannten Muskelgruppen.

Es sind jedoch weitere und vollständigere Studien notwendig, und zwar nicht nur um zu bestätigen, daß der verschiedenen Struktur des glatten und quergestreiften Muskels eine verschiedene chemische Zusammensetzung entspricht,

¹⁾ Tadasu Saiki, Journ. of Biolog. Chem., Bd. 4, S. 483, 1908. — A. Costantino, Biochem. Zeitschr., Bd. 37, S. 52, 1911.

²⁾ O. v. Fürth, Chemie des Muskelgewebes. In Oppenheims Handb. d. Biochemie, Bd. II, S. 244, 1909. — P. Saxl, Hofmeisters Beitr., Bd. 9, S. 1, 1906. — A. Costantino, Biochem. Zeitschr., Bd. 43, S. 165, 1912. — A. Costantino, Diese Zeitschrift (im Druck).

sondern auch um eventuell gewisse Beziehungen ausfindig zu machen zwischen der chemischen Zusammensetzung und der allgemeinen Funktion beider Muskelarten, und zwar unabhängig von der Struktur. Auf diese Weise würde es vielleicht gelingen, die Ansicht einiger Autoren¹⁾ zu stützen, die sich mehr für eine Unterscheidung zwischen der visceralen Muskulatur und den Muskeln des «Beziehungslebens» als für eine Unterscheidung zwischen glatten und quergestreiften Muskeln ausgesprochen haben.

Gerade in ebengenannter Hinsicht haben wir ein vergleichendes systematisches Studium der organischen Substanzen der glatten und gestreiften Muskulatur begonnen, und zwar sowohl der Muskulatur in toto als auch der einzelnen Muskelproteine. Wir beabsichtigen, fortlaufend unsere experimentellen Resultate zu veröffentlichen, indem wir im folgenden zunächst über den Amidostickstoffgehalt des glatten Muskels (retractor penis), des quergestreiften Muskels und des Herzmuskels des Stieres berichten.

II.

In der Literatur finden sich viele Angaben über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der verschiedenen Aminosäuren, die aus der quergestreiften Muskulatur und deren Proteinen gewonnen worden sind.²⁾ Ebenso interessant sind in dieser Hinsicht die Arbeiten Soaves,³⁾ der die Hexonbasen in der Muskulatur des Ochsen und des Kaninchens, sowie in den daraus dargestellten Proteinen (Myosin und Myogen) bestimmt hat, fernerhin die Beobachtungen über den Schwefelgehalt der Myoproteine, welche der eine von uns⁴⁾ untersucht hat. Es sind dies mit die ersten Untersuchungen, die wichtige Unterschiede hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der beiden Muskeleiweißkörper ergeben haben.

¹⁾ J. Uexkuell, Zeitschr. f. Biolog., Bd. 33, S. 1, 1896; F. Bottazzi, Zeitschr. f. allgem. Physiol., Bd. 9, S. 368, 1909.

²⁾ O. v. Fürth, in C. Oppenheim, l. c. (Bd. II., S. 277, 1909). — O. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, 2. Aufl., 1904.

³⁾ M. Soave, Atti della R. Accad. Torino, Bd. 40, S. 831, 1905.

⁴⁾ A. Costantino, Diese Zeitschrift (im Druck).

Neueren Datums sind die zahlreichen Bestimmungen des Mono- und Diaminostickstoffs in der quergestreiften Muskulatur. Barker und Cohoe¹⁾ studierten die Beziehungen zwischen Ammoniakstickstoff, Melaninstickstoff, Mono- und Diamidostickstoff der Hydrolysenflüssigkeit des Muskelfleisches. Unter Monamidostickstoff verstehen sie den nicht durch Phosphorwolframsäure fällbaren Stickstoff nach Abzug des Ammoniakstickstoffs, und unter Diaminostickstoff den durch Phosphorwolframsäure fällbaren Stickstoff nach Abzug des Melaninstickstoffs. Aus ihren Resultaten folgt, daß der Monamidostickstoff den Diaminostickstoff stets übertrifft; der Ammoniakstickstoff beträgt im Mittel 1,08% auf Trockensubstanz berechnet.

Zu analogen Resultaten kamen die obengenannten Autoren, wie auch andere,²⁾ bei Bestimmungen des Mono- und Diaminostickstoffs in der Hydrolysenflüssigkeit verschiedener Organe.

Wenige Untersuchungen existieren hingegen über den Aminostickstoff der glatten Muskeln resp. deren Proteine. Sie beziehen sich vielmehr auf den Aminostickstoff der Extraktionsflüssigkeit oder auf den sogenannten freien Aminostickstoff.³⁾

Unsere Bestimmungen des Aminostickstoffs, die hier folgen, wurden mit der Hydrolysenflüssigkeit (Hydrolyse mittels rauchender Salzsäure) des frischen, feingehackten Muskels gemacht, und hieran schließen sich einige an, die sich auf das sogenannte Stroma und auf die extrahierbaren Eiweißkörper der glatten und der quergestreiften Muskulatur beziehen. Für die Bestimmung des Aminostickstoffs benutzten wir die Formolmethode,⁴⁾ die mit hinreichender Genauigkeit die Werte für den Stickstoff der Amidosäuren liefert. Unsere auf diese Weise erhaltenen Werte stimmen in der Tat mit den Werten überein, die bei quantitativen Bestimmungen nach der E. Fischerschen Veresterungsmethode erhalten worden sind. Bekanntlich erhält

¹⁾ Lewellys, J. Barker und B. A. Cohoe, Journ. of Biol. Chemistr., Bd. 1, S. 229, 1905—06.

²⁾ J. Pol, Das Arbeiten mit Organeiß. In E. Abderhaldens Handb. d. Biochem. Arbeitsmeth., Bd. 5, S. 659, 1911.

³⁾ O. v. Fürth, In C. Oppenheim, l. c.

⁴⁾ S. P. L. Sörensen, Biochem. Zeitschr., Bd. 7, S. 45, 1908.

man nach letzterer Methode ca. 60—70% Stickstoff, der den Aminosäuren entspricht, vom Gesamtstickstoff. In gleicher Weise sind auch die von uns nach der Formolmethode für den Diaminostickstoff erhaltenen Werte in Übereinstimmung mit denen von Soave¹⁾ erhaltenen Zahlen für die Hexonbasen der quergestreiften Muskulatur des Ochsen.

Genannter Autor fand auf den Gesamtstickstoff bezogen in Prozenten: für Histidin 3,65, für Arginin 9,67, für Lysin 11,64 oder insgesamt 24,96 g Hexonbasenstickstoff.

Hand in Hand mit den Bestimmungen des Aminostickstoffs des frischen Muskels wurden auch Bestimmungen des Wassergehalts und des Gesamtstickstoffs (nach Kjeldahl) des Muskels gemacht, so daß die für den Aminostickstoff erhaltenen Zahlen sowohl in Prozenten auf frische Substanz als auf Trockensubstanz, als auch auf Gesamtstickstoff berechnet, ausgedrückt werden können.

Das Material wurde aus dem Schlachthaus von eben getöteten Tieren genommen.²⁾ Ehe es benutzt wurde, wurde es zunächst sorgfältig von Bindegewebe und Fett befreit und dann durch eine Fleischhackmaschine passiert. Der homogene Muskelbrei wurde sodann für die verschiedenen Bestimmungen aufgeteilt, welche jedoch nicht stets alle an dem am gleichen Tage gesammelten Material ausgeführt wurden. Das Material für die glatte Muskulatur stammte von mehreren retractor penis, das für die quergestreifte Muskulatur von Muskeln verschiedener Lokalitäten.

A. Bestimmungen des durch Formol titrierbaren Amidostickstoffs der Hydrolysenflüssigkeit des Muskelbreies (Aminosäurestickstoff).

5 g Muskelbrei wurden mit 20 ccm rauchender Salzsäure 15 Stunden am Rückflußkühler gekocht. Dieser Hydrolysenflüssigkeit wurden 5 ccm Phenolphthalein (1 g Phenolphthalein

¹⁾ M. Soave, l. c.

²⁾ Die Materialbeschaffung wurde uns durch Herrn Prof. Dentice, Direktor des öffentlichen Schlachthofes in Neapel, erleichtert, dem wir zu bestem Dank verpflichtet sind.

in 100 ccm Alkohol und 100 ccm Wasser) und 3 g festes Chlorbaryum zugefügt und dieselbe zunächst mit Soda nahezu neutralisiert und dann mit Baryt alkalisch gemacht. Die Flüssigkeit wurde hierauf auf 250 ccm aufgefüllt und nach 15 Minuten filtriert. 160 ccm davon wurden mit Azolithmin genau neutralisiert und mit kochendem Wasser auf 200 ccm aufgefüllt.¹⁾ Hiervon dienten 50 ccm, die auf 100 ccm verdünnt wurden, für die Formoltitrierung (50 ccm 40%iges Formol und 1 ccm Phenolphthalein) und 100 ccm für die Bestimmung des Ammoniakstickstoffs. Letztere wurde in der Weise ausgeführt, daß der Flüssigkeit zunächst 25 ccm einer gesättigten methylalkoholischen Barytlösung zugefügt wurden und dieselbe hierauf im Vakuum bei 40° bis zur Trockene destilliert wurde.

Durch Subtraktion des Ammoniakstickstoffs von dem sich aus der Formoltitrierung ergebenden Stickstoff erhält man den Totalaminostickstoff (Aminosäurestickstoff).

Einige Male wurde der Aminostickstoff auch in dem bei der Ammoniakdestillation verbleibenden Rückstand bestimmt, wie von einigen Autoren angegeben wird.²⁾ Wir konnten im Laufe unserer Untersuchung keinen Unterschied zwischen diesen beiden Arbeitsweisen feststellen.

B. Bestimmungen des durch Formol titrierbaren Amidostickstoffs der Hydrolysenflüssigkeit des Muskelbreis nach der Fällung mit Phosphorwolframsäure (Monoaminosäurestickstoff).

Der durch Hydrolyse von 5 g Muskelbrei erhaltenen Flüssigkeit setzt man 2 ccm Phenolphthaleinlösung zu, neutralisiert mit Soda in der Kälte und verdünnt auf 50 ccm, worauf man, ohne zu filtrieren, mit einem gleichen Volumen Phosphorwolframsäure (20%ige Lösung plus 5 ccm Schwefelsäure) fällt.

Man läßt hierauf eine Woche unter Toluol stehen, filtriert auf einem Buchnerschen Filter und wäscht den Niederschlag

¹⁾ Diese Flüssigkeit war leicht gelblich gefärbt. Ein Tropfen einer 1%igen Bismarckbraunlösung in 20 ccm Wasser gab die gleiche Färbung.

²⁾ In E. Abderhaldens Handbuch d. Biochem. Arbeitsmethode. Nachträge III, S. 1347, 1910.

wiederholt in der von Donald van Slyke¹⁾ angegebenen Weise. Die Menge der zum Waschen angewandten 2%igen Phosphorwolframsäurelösung betrug nicht mehr als 150 ccm.

Das den Monoaminostickstoff enthaltende Filtrat wurde mit gepulvertem Baryt (20—30 g) behandelt, um die Phosphorwolframsäure zu entfernen, der entstehende Niederschlag filtriert und vollständig mit Wasser ausgewaschen. In das Filtrat samt den Waschwässern wurde zur Entfernung des Baryts Kohlen-säure eingeleitet, worauf nach abermaliger Filtration schwach mit Salzsäure angesäuert und auf dem Wasserbade bis zum Volumen von ca. 180 ccm eingengt wurde.

Diese Flüssigkeit, der man 2 ccm Phenolphthalein zusetzte, wurde genau neutralisiert unter Anwendung von Azolithmin und auf 200 ccm mit gekochtem Wasser aufgefüllt. 100 ccm davon dienten zur Bestimmung des durch Formol titrierbaren Stickstoffs und 100 ccm zur Ammoniakbestimmung nach der oben beschriebenen Methode. Auf diese Weise erhielten wir den durch Formol titrierbaren Monoaminostickstoff (Monoaminosäurestickstoff). Die Differenz vom Gesamtaminostickstoff ergab den durch Formol titrierbaren Diaminostickstoff (Diaminosäurestickstoff).

Einige Male wurde auch in der Hydrolysenflüssigkeit nach der Phosphorwolframsäurefällung, also in dem fällbaren Teil, der Gesamtstickstoff bestimmt, wodurch sich durch Subtraktion vom Gesamtstickstoff des Muskelbreis der Wert für den durch Phosphorwolframsäure fällbaren Stickstoffanteil ergab.

Die Bestimmungen des Gesamtstickstoffs und des durch Formol titrierbaren Aminostickstoffs des Muskelstromas und der extrahierbaren Myoproteine nach der Hydrolyse mit rauchender Salzsäure wurden mit den bei 100° getrockneten Substanzen ausgeführt. Auf 1 g Trockensubstanz kamen zur Hydrolyse 5 ccm Wasser und 20 ccm rauchende Salzsäure.

Ehe wir die Resultate der Bestimmungen des durch Formol titrierbaren Aminostickstoffs des Muskelbreis folgen lassen, geben wir die Werte für Trockenrückstand und Gesamtstickstoffgehalt der verschiedenen Muskeln.

¹⁾ Donald D. van Slyke, Journ. of Biolog. Chem., Bd. 10, S. 15, 1911.

Glatter Muskel (retractor penis)			Quergestreifter Muskel			Herzmuskel		
Trocken- rück- stand (110°) in % des Muskels	Wasser in % des Mus- kels	Total-N in % des Muskels (Kjeldahl)	Trocken- rück- stand (110°) in % des Muskels	Wasser in % des Mus- kels	Total-N in % des Muskels (Kjeldahl)	Trocken- rück- stand (110°) in % des Muskels	Wasser in % des Mus- kels	Total-N in % des Muskels (Kjeldahl)
19,14	80,86	2,968	22,23	77,77	3,550	19,26	80,74	2,868
		2,968			3,530			2,681
		2,800			3,284			
		2,800			3,251			
		2,904			3,404			2,778

Durch Formol titrierbarer Gesamt-Aminostickstoff in Prozenten
des frischen Muskels.

Be- stimmung	Glatter Muskel (retractor penis)			Quergestreifter Muskel			Herzmuskel		
	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N
1	2,120	0,197	1,923	2,485	0,271	2,214	2,017	0,244	1,773
2	2,190	0,197	1,993	2,485	0,271	2,214	2,214	0,231	1,983
3	2,200	0,227	1,973	2,485	0,262	2,223			
4	2,121	0,198	1,923	2,412	0,264	2,148			

Durch Formol titrierbarer Monaminostickstoff in Prozenten
des frischen Muskels.

Be- stimmung	Glatter Muskel (retractor penis)			Quergestreifter Muskel			Herzmuskel		
	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N	Durch Formol titrier- barer N	Am- moniak- N	Amino- N
1	1,071	0,016	1,055	1,288	0,005	1,283	1,055	0,022	1,033
2	1,086	0,011	1,075	1,410	—	1,410	1,130	0,011	1,119
3	1,176	0,022	1,154	1,310	0,010	1,320			
4	1,209	0,022	1,187	1,305	0,016	1,289			
5	1,014	—	1,014	1,490	0,011	1,479			
6	1,092	—	1,092	1,349	0,010	1,339			

Durch Phosphorwolframsäure nicht fällbarer Gesamtstickstoff
in Prozenten des frischen Muskels.

Bestimmung	Glatter Muskel (retractor penis)	Quergestreifter Muskel	Herzmuskel
1	1,344	1,542	1,205
2	1,288	1,521	1,377
3	1,286	—	

In den folgenden Tabellen a, b, c sind die Mittelwerte der einzelnen Bestimmungen wiedergegeben und zwar bezogen auf 100 g frischen Muskelbrei, auf 100 g bei 110° getrockneter Substanz und auf 100 g Gesamtstickstoff:

Tabelle a.

Werte in Prozenten des frischen Muskels.

Muskel	Am- moniak- N	Durch Formol titrierbarer Amino-N			Nicht durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N ¹⁾	Durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N (aus Differenz)
		Ge- samt	Monamino (Monamino- säuren)	Diamino (Diamino- säuren) (aus Differenz)		
Glatt (retractor penis)	0,205	1,953	1,096	0,857	1,286	1,618
Quergestreift	0,267	2,199	1,353	0,846	1,531	1,873
Herz	0,237	1,878	1,076	0,802	1,291	1,483

Tabelle b.

Werte in Prozenten des Gesamtstickstoffs.

Muskel	Ge- samt-N in % des Muskels	Am- moniak- N	Durch Formol titrierbarer Amino-N			Nicht durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N ¹⁾	Durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N (aus Differenz)
			Ge- samt	Monamino (Mon- amino- säuren)	Diamino (Diamino- säuren) (aus Differenz)		
Glatt (retractor penis)	2,904	7,05	67,25	37,74	29,51	44,28	55,72
Quergestreift	3,404	7,78	64,57	39,74	24,83	44,97	55,03
Herz	2,774	8,54	67,70	38,71	28,99	46,53	53,07

¹⁾ Die Fällung erfolgte in der Hydrolysenflüssigkeit in Gegenwart der Melanoidsubstanzen.

Tabelle c.

Werte in Prozenten des bei 110° getrockneten Muskels.

Muskel	Trocken- rück- stand in % des Muskels	Am- moniak- N	Durch Formol titrierbarer Amino-N			Nicht durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N ¹⁾	Durch Phosphor- wolfram- säure fällbarer N (aus Differenz)
			Ge- samt	Monamino (Mon- amino- säuren	Diamino (Diamino- säuren) (aus Differenz)		
Glatt (retractor penis)	19,14	1,07	10,20	5,72	4,47	6,72	8,45
Quergestreift	22,23	1,20	9,89	6,08	3,80	6,88	8,43
Herz	19,26	1,23	9,70	5,58	4,12	6,70	7,70

Aus der Tabelle a, in der die Werte auf 100 g frischen Muskel bezogen sind, ergibt sich, daß der Stickstoff in den von uns untersuchten Formen (Ammoniakstickstoff, durch Formol titrierbarer Gesamtaminostickstoff, d. h. Amidosäurestickstoff, durch Phosphorwolframsäure fällbarer und nicht fällbarer Stickstoff) stets größer ist in den quergestreiften Muskeln als in den glatten Muskeln. Die niedrigsten Werte, ausgenommen der Ammoniakstickstoff, finden sich in der Herzmuskulatur. Analoge Differenzen ergeben sich bei Betrachtung der Tabelle b, in der die Beziehungen zwischen den verschiedenen Formen des Stickstoffs und des in 100 Teilen frischer Substanz enthaltenen Gesamtstickstoffs zusammengestellt sind. Nur der in dieser Tabelle b für den durch Formol titrierbaren Gesamtaminostickstoff gegebene Wert ist für die glatte Muskulatur höher als für die quergestreifte.

Aus der einen wie aus der anderen Tabelle ergibt sich die evidente Tatsache, daß sowohl in dem glatten, wie in dem quergestreiften Muskel als auch im Herzmuskel der durch Formol titrierbare Monaminostickstoff (Monaminosäurestickstoff) einen höheren Wert hat, als der durch Formol titrierbare Diaminostickstoff (Diaminosäurestickstoff).

¹⁾ Die Fällung erfolgte in der Hydrolysenflüssigkeit bei Gegenwart der Melanoids-substanzen.

Um jedoch die verschiedenen Muskeln in chemischer Hinsicht mit einander vergleichen zu können, ist es von größerer Wichtigkeit, die Resultate der einzelnen Analysen auf die Trockensubstanz zu beziehen, wodurch die Unterschiede, die sich aus dem verschiedenen Wassergehalt der einzelnen Muskelarten ergeben, in Wegfall kommen.

Betrachten wir daher die Werte der Tabelle c, die sich auf 100 g Trockensubstanz (110°) beziehen, so verschwinden die Differenzen zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur fast vollständig, die in den beiden vorhergehenden Tabellen ganz bedeutend erschienen. Hieraus ergibt sich der Schluß, daß in Wirklichkeit zwischen glatter, quergestreifter und Herzmuskulatur keine nennenswerten Unterschiede existieren in bezug auf den Ammoniakstickstoff, den gesamten durch Formol titrierbaren Aminostickstoff, sowie den durch Phosphorwolframsäure fällbaren und nicht fällbaren Stickstoff.

III.

Anschließend an diese an dem Muskel in toto gemachten Versuche lassen wir einige an dem Muskelstroma und an den extrahierbaren Muskelproteinen der glatten und quergestreiften Muskulatur gemachten Bestimmungen des Gesamtstickstoffs und des durch Formol titrierbaren Totalaminostickstoffs folgen.

Für die Trennung dieser Substanzen befolgten wir die Methode von Saxl mittels Chlorammonium.¹⁾

Aus 56,48 g glatten feingehackten Muskels wurden 6,09 g bei 100° getrockneten «Stromas» erhalten, d. h. 10,78% des Muskelbreis und ferner 4,50 g trockenen extrahierbaren Myoproteins, also 7,96% des Muskelbreis.

Aus 57,03 g quergestreiften feingehackten Muskels wurden 2,89 g trockenen «Stromas», d. h. 5,06% des Muskelbreies gewonnen und außerdem 6,945 g trockenen, extrahierbaren Myoproteins, was 12,17% des Muskels in toto entspricht.

Ehe die ebengenannten Substanzen getrocknet wurden, wurden sie wiederholt mit heißem Wasser gewaschen und zwar bis zum Verschwinden der Chlorreaktion.

Die auf 100 g Trockensubstanz berechneten Werte sind in nachstehender Tabelle vereinigt.

¹⁾ P. Saxl, l. c. — Bei Extraktion der glatten Muskulatur war die Flüssigkeit bei weitem opalescenter und viscöser als bei der quergestreiften.

Muskel		Gesamt-N	Gesamter durch Formol titrierbarer Amino-N	Durch Formol titrierbarer Monamino-N	Durch Formol titrierbarer Diamino-N
Glatt (retractor penis)	«Stroma»	16,02	12,12	—	—
	«Extrahierbare Myoproteine»	16,03	10,83	6,58	4,25
Quer- gestreift	«Stroma»	16,10	11,18	—	—
	«Extrahierbare Myoproteine»	15,95	11,77	8,12	3,65

Die Bestimmungen des durch Formol titrierbaren Aminostickstoffs des Muskelstromas, der glatten Muskelsubstanz und des extrahierbaren Myoproteins der quergestreiften Muskulatur wurden auch wiederholt an den vorher mit Alkohol und Äther entfetteten und dann mit Wasser gewaschenen und bei 100° getrockneten Substanzen vorgenommen. Wir erhielten dabei folgende Resultate:

Durch Formol titrierbarer Gesamt-Amino-N.

Extrahierbares Myoprotein der quergestreiften Muskulatur	«Stroma» der glatten Muskulatur
13,68	13,92

Diese Resultate zeigen demnach, daß zwischen dem Betrag an Gesamtstickstoff und dem durch Formol titrierbaren Aminostickstoff, sowohl des Stromas als des durch Extraktion gewonnenen Myoproteins desselben Muskels,¹⁾ als auch des Stromas und Myoproteins der glatten und quergestreiften Muskulatur keine in Betracht kommenden Unterschiede existieren.

¹⁾ J. F. v. Holmgren (Malys Jahrb., Bd. 23, S. 360, 1893) zeigte, daß die prozentische Zusammensetzung des Stromas der quergestreiften Muskulatur nichts Bemerkenswertes ergab.