

Der Gaswechsel der Muskulatur des Dünndarms.¹⁾

Von

Otto Cohnheim und Dimitri Pletnew.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

(Der Redaktion zugegangen am 4. August 1910.)

Mit dem in der vorigen Abhandlung beschriebenen Respirationsapparat läßt sich von allen Organen die Muskulatur des Dünndarms am leichtesten untersuchen. Ihre Kohlensäureproduktion ist früher bereits von dem einen von uns bestimmt worden,²⁾ die Methode bestand damals darin, daß Katzen, die in voller Verdauung sich befanden, getötet wurden, indem sie mit Äther betäubt und ihnen dann die Halsgefäße durchgeschnitten wurden. Dann wurde die Bauchhöhle eröffnet, der Dünndarm schnell der Länge nach vom Mesenterium losgerissen und in Ringersche Lösung geworfen. Dann wurde er zweimal mit Ringerscher Lösung ausgespült und mit einer Sublimatlösung von 0,17% gefüllt, an beiden Enden zugebunden, mit Ringerscher Lösung abgospült und kam in das Versuchsgefäß. Wir bedienten uns derselben Methode. Die Katzen hatten vorher immer reichlich Milch gesoffen, der Darm wurde mit Sublimat soweit gefüllt, daß er ziemlich prall aussah, dann sind die Bewegungen besser. Das Sublimat hat den Zweck, Bakterienentwicklung im Darm während der Versuchsdauer zu verhindern und außerdem das Darmepithel abzutöten. Die Muskulatur und das die Bewegungen beherrschende Nervensystem werden von dem eingespritzten Sublimat nicht geschädigt; da sie aber außerordentlich empfindlich gegen kleinste Sublimatmengen sind, die in die Ringersche Lösung hereingeraten, so beruht diese Unempfindlichkeit offenbar darauf, daß das Sublimat an das Eiweiß des Epithels gebunden wird und die Muskulatur gar nicht erreicht. Am Schluß des einstündigen Versuchs ist das Epithel

¹⁾ Mit Unterstützung der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Stiftung Heinrich Lanz).

²⁾ O. Cohnheim, Diese Zeitschrift, Bd. LIV, S. 461, 1908.

immer vollständig von dem übrigen Darm abgelöst und läßt sich leicht herausdrücken, sodaß man den Darm ohne Epithel und Inhalt wiegen kann; man wiegt dann Muskeln, Nerven und Serosa, wovon natürlich die Muskeln den weitaus größten Teil ausmachen. Die Ringersche Lösung enthielt im Liter 0,3 g NaHCO_3 , 0,24 g CaCl_2 , 0,42 g KCl , 9,0 g NaCl .

Der mit Sublimat gefüllte Darm kam in das Durchleitungsgefäß des Apparates, das mit 500 ccm Ringerscher Lösung gefüllt war, und führte darin während der ganzen Versuchsdauer äußerst lebhaft Bewegungen aus. Hauptsächlich sieht man die sogenannten Pendelbewegungen, die vermutlich dem Forttransport von Flüssigkeit dienen, außerdem aber sieht man von Zeit zu Zeit peristaltische Einschnürungen über den Darm hinkriechen.¹⁾

Die Resultate der Sauerstoff- und Kohlensäurebestimmungen seien im folgenden zusammengefaßt. Die Versuchsdauer betrug, wo nichts anderes angegeben ist, immer eine Stunde, die Temperatur etwa 39°.

Ver- such	Ge- wicht g	Sauer- stoff mg	Kohlen- säure mg	Sauer- stoff für 100 g u. 1 Std. mg	Kohlen- säure mg	Resp.- Quot.	Bemerkungen
1	63	23,4	34,5	37	55	1,07	
2	77	—	50,1	—	65	—	
3	41	24,1	25,8	59	63	0,78	Bewegungen schlecht. Tier war hungrig.
4	79	—	64,4	—	81	—	
5	64	38,6	57	60	89	1,07	
6	47	22,7	36,9	48	78,5	1,17	
7	56	—	50,1	—	87	—	
8	48	32	57	44,4	79	1,29	Dazu 11 mg Kohlensäure ausd. Ringerschen Lös. Versuchsdauer 90 Min.
9	49	—	56,2	—	114	—	Bewegungen ungewöhn- lich lebhaft.

¹⁾ Vgl. O. Cohnheim, Zeitschrift f. Biol., Bd. XXXVIII (1899). — R. Magnus, Pflügers Archiv, Bd. CII, CIII, CVIII, CIX (1904 u. 1905).

Die Kohlensäurewerte liegen also durchweg höher, als sie in den früheren Versuchen von Cohnheim waren, sie sind etwa 2—3mal so hoch. Zum Teil könnte das daran liegen, daß die Versuche damals meist zwei Stunden liefen, jetzt aber nur eine Stunde, und daß in der zweiten Stunde ein Absinken des Gaswechsels eingetreten ist. Hauptsächlich kommt es aber, wie spätere Versuche beweisen, daher, daß in den damaligen Versuchen der Sauerstoff, der aus der Bombe herausströmte, nur durch die Flüssigkeit perlte, bei unseren jetzigen Versuchen aber ein sehr viel rascherer Strom durch die Ringersche Lösung jagte, die Sauerstoffversorgung ist damals zweifellos ungenügend gewesen. Wir waren aber auch jetzt zunächst nicht sicher, daß der Darm wirklich genügend Sauerstoff erhielt, unter physiologischen Verhältnissen erhalten die Muskeln den Sauerstoff ja von den Kapillaren her, in unseren Versuchen muß er durch die Darmwand hindurch diffundieren. Wir haben daher noch eine weitere Versuchsreihe angestellt, in der wir versuchten, den Sauerstoff direkt durch die Kapillaren strömen zu lassen. Daß das bei einzelnen Organen möglich ist, haben die Versuche von Magnus¹⁾ gezeigt, der Sauerstoff durch die Kranzgefäße des Herzens strömen ließ und das Herz dabei normale Bewegungen ausführen sah. Wir haben die Versuche nun so angestellt, daß wir bei einer gut gefütterten Katze in Äthernarkose das Abdomen öffneten, den Dünndarm am oberen und unteren Ende durchschnitten und ihn zweimal mit Ringerscher Lösung ausspülten. Alsdann wurden die Gefäße, die zum Duodenum und zum Dickdarm gehen, unterbunden, weil Anastomosen zwischen den Gefäßen des Dünndarms einerseits und denen des Magens und des Dickdarms bestehen. Alsdann suchten wir die Arteria mesenterica superior auf, die bei der Katze leicht zu finden ist, und banden eine Kanüle in sie ein. Dann wurde der Dünndarm mit seinem Mesenterium und der in der Arterie befestigten Kanüle herausgenommen und in Ringersche Lösung gelegt. Die Venen des Mesenteriums werden bei der Herausnahme durchschnitten. Nun wurden von der Kanüle aus

¹⁾ R. Magnus, Archiv f. exper. Path. u. Pharmak., Bd. XLVII, 1902.

die Darmgefäße zunächst mit Ringerscher Lösung und dann mit Sauerstoff durchspült, dann wurde der Darm mit Sublimat gefüllt, zugebunden, gut ab gespült und in das Versuchsgefäß des Respirationsapparates gelegt. Die Kanüle wurde mit dem arteriellen Zuleitungsrohr des Apparates verbunden. Wenn nun der Apparat in Gang gesetzt wurde, so lief der Sauerstoff zunächst durch die Gefäße des Darms und trat dann erst aus den Venen in die Ringersche Lösung über, von wo er in der oben geschilderten Weise zu den Absorptionsgefäßen ging.

Bei dieser Versuchsanordnung dauerte es gewöhnlich einige Minuten, bis die Bewegungen des Darms in Gang kamen, dann aber erfolgten sie in genau derselben Weise, meist noch etwas lebhafter als bei den früheren Versuchen. Da der Apparat rhythmisch arbeitet, sieht man die Pulsation der Mesenterialgefäße wie an einem normalen Tiere mit eröffneter Bauchhöhle.

Die experimentellen Schwierigkeiten bei diesen Versuchen sind nicht allzugroß, dagegen kann es im Laufe des Versuches zu einem Hindernis kommen, das dann nicht mehr zu überwinden ist. Wenn der Darm sich in der Flüssigkeit umherwälzt, kann es geschehen, daß bei den sehr lebhaften Bewegungen die Arterie verdreht wird, und damit ist die Pulsation des Sauerstoffs durch die Blutgefäße natürlich unterbrochen. Da man der Sauerstoffbestimmung wegen das Gefäß nicht mehr öffnen kann, läßt sich dem Übelstand nicht mehr abhelfen, die Gefäße werden nach einiger Zeit undicht und damit ist die Sauerstoffbestimmung verloren. Daher erklären sich zum Teil die fünf Versuche, in denen wir nur die Kohlensäure haben bestimmen können. Was den Druck anlangt, mit dem der Sauerstoff durch die Gefäße strömt, so erwies es sich als zweckmäßig, ihn auf etwa 70 mm Quecksilber zu bemessen. Als wir einmal auf 90 mm stiegen, begann sich der Darm mit Sauerstoff zu füllen, die Kapillaren waren undicht geworden. Bei geringerem Drucke ist der Widerstand zu groß.

Bei dieser Versuchsanordnung ist die Sauerstoffversorgung des Darms nun zweifellos hinreichend, da er unter höherem Drucke durch die Kapillaren läuft, als es im Leben der Fall ist. Wie die folgende Tabelle beweist, ist der Gaswechsel dabei

im allgemeinen nicht höher als bei den Versuchen mit einfacher Sauerstoffdurchleitung durch die Lösung; auch bei diesen ist die Sauerstoffversorgung also genügend.

Ver- such	Ge- wicht g	Sauer- stoff mg	Kohlen- säure mg	Sauer- stoff für 100 g mg	Kohlen- säure u. 1 Std. mg	Resp.- Quot.	Bemerkungen
1	75	—	69,3	—	192	—	
2	40	—	64,8	—	162	—	
3	55	—	53,4	—	98	—	
4	46	—	68,0	—	148	—	
5	56	—	47,4	—	85	—	
6	52	42,1	62	61	89	1,05	80 Minuten, dazu 9 mg Kohlensäure aus der Ringer-Lösung.
7	90	43,2	76,4	48	85	1,28	
8	76	37,1	63,8	49	84	1,24	
9	54	37,2	—	69	—	—	

Im Versuch 7 wurde der Sauerstoffverbrauch für die erste und zweite halbe Stunde getrennt bestimmt, er betrug 22,6 mg für die erste, 20,6 mg für die zweite Halbstunde, sinkt also nur ganz unerheblich, sodaß die erste Stunde als richtig angenommen werden kann. Ob ein stärkeres Herabgehen in der zweiten Stunde stattfindet, haben wir nicht geprüft, in den beiden Versuchen, die länger als eine Stunde dauerten, fand sich, daß Kohlensäure aus der Ringerschen Lösung ausgetrieben war, der Darm also Säure abgegeben hatte, was für abnorme Verhältnisse spricht. Sonst war das niemals der Fall.

Besprechung der Zahlen.

Was nun zunächst die absoluten Werte anlangt, so liegen sie bei beiden angewandten Methoden um 80—90 mg Kohlensäure für 100 g Muskeln in einer Stunde. Nur wenige Zahlen liegen etwas ab. Die Sauerstoffwerte schwanken um 40—60 mg pro 100 g und 1 Stunde. Die Werte sind also 2—3 mal höher als in den früheren Versuchen, immerhin aber von derselben unvergleichlich niedrigeren Größenordnung als die Werte für

Drüsen und Skelettmuskeln, die 300—3000 mg für 100 g und Stunde betragen.¹⁾

Die respiratorischen Quotienten haben wir im ganzen nur in 8 Fällen bestimmen können, nur in einem Falle findet sich ein Quotient von 0,78. Dieser Versuch fällt ohnehin aus dem Rahmen heraus, da das Tier hungrig war und der Darm sich ganz schlecht bewegte. In allen übrigen Fällen liegen die respiratorischen Quotienten ein wenig über 1,0; die Tiere waren immer reichlich mit Milch gefüttert, hatten also Milchzucker in ihrem Darm, sodaß ein respiratorischer Quotient von 1 zu erwarten war. Daß die Sauerstoffwerte ein wenig zu klein sind, ist in der vorigen Abhandlung ausgeführt, dadurch muß der respiratorische Quotient ein wenig steigen. Ob der Darm etwaige Besonderheiten zeigt, ob es sich gegen Ende der Versuche um Spuren Kohlensäure handelt, die mit dem beginnenden Absterben zu tun haben, das läßt sich einstweilen nicht sagen.

Zusammenfassung.

1. Die Darmmuskulatur produziert 80—90 mg Kohlensäure pro 100 g und Stunde und verbraucht eine entsprechende Menge Sauerstoff.

2. Es gelingt, einen guten Gaswechsel herbeizuführen, wenn man statt des Blutes Sauerstoff direkt durch die Kapillaren leitet.

¹⁾ Vgl. O. Cohnheim. l. c.