

Zur Kenntnis der Verdauungs- und Resorptionsgesetze.

VII. Mitteilung.

Die Neutralisationsgesetze der Verdauungssäfte.

Von

E. S. London und O. J. Golmberg.

Aus dem pathologischen Laboratorium des K. Institutes für experimentelle Medizin
zu St. Petersburg.)

(Der Redaktion zugegangen am 30. Juli 1910.)

In der III. Mitteilung dieser Serie hat N. Dobrowolskaja mit dem einen von uns gezeigt, daß die Gesamtmenge der Duodenalsäfte bei Fleischverdauung der Quadratwurzel des sich absondernden Magensaftes entspricht. In den betreffenden Versuchen fingen wir die Säfte aus den beiden Papillen gesondert in einzelnen Portionen, welche den einzelnen Magenbreiinjektionen folgten, auf. Wir untersuchten nun, inwieweit die erwähnte Gesetzmäßigkeit für die einzeln aufgefangenen Säfteportionen Geltung hatte, und kamen zu einem negativen Resultat. Das darf aber keineswegs wundernehmen, denn einerseits stellt der Magenbrei ein Gemisch dar, welches während der ganzen Verdauungszeit keine einheitliche Zusammensetzung aufweist: zweitens waren beim damaligen Versuchshund die natürlichen Verhältnisse absichtlich unverändert gelassen, indem der Pankreassaft teilweise durch den zweiten Ausführungsgang abfloß, teilweise aber sich durch den ersten Pankreasgang der Galle beimischte und aus diesem Grunde quantitativ nicht gesondert abgeschätzt werden konnte. Endlich muß noch in Erwägung gezogen werden, daß die Beförderungsgeschwindigkeit des keineswegs einheitlich zusammengesetzten Magenbreies auf die Sekretion der Duodenalsäfte nicht ohne Einfluß bleiben konnte. Es lag also auf der Hand, von neuem Versuche unter einfacheren Bedingungen vorzunehmen, um das bunte Bild der Säftesekretionen aufzuklären.

Vor allem wollten wir uns orientieren, nach welcher Gesetzmäßigkeit die Sekretion der alkalischen Duodenalsäftegalle und Pankreassaft durch den sauren Magensaft beeinflusst wird.

Das Übertreten des reinen Magensaftes in den Darm ist keine seltene Erscheinung. Der leere Magen sezerniert periodisch Magensaft; bei reiner Kohlenhydrat- oder Fettkost und auch bei gemischter eiweißhaltiger Kost (hauptsächlich im Beginn der Verdauung) wird ebenfalls fast reiner Magensaft ins Duodenum befördert.

Unsere Versuche wurden an einem «polychymotischen» Hunde angestellt, bei welchem der erste Pankreasgang unterbunden war. Es floß bei ihm somit aus der oralen Kanülenhälfte reine Galle und aus der analen Hälfte reiner Pankreassaft. Selbstredend mischte sich sowohl der Galle als auch dem Pankreassaft ein wenig Darmsaft bei. Die Menge des letzteren ist aber verschwindend klein und kann daher keine nennenswerte Bedeutung für das quantitative Studium haben. Beobachtet man z. B. die Ausscheidung aus der oralen Kanülenhälfte, so sieht man vor dem Beginn der Gallenabsonderung und nach Beendigung derselben nur höchst seltene helltrübe Darmsafttropfen kommen; meistens bleiben dieselben aber ganz aus. Dasselbe läßt sich von der analen Kanülenhälfte sagen, umsomehr als das erfahrene Auge mit Leichtigkeit den trüben Darmsaft vom wasserhellen Pankreassaft unterscheidet.

Der in den Darm gelangte Magensaft ruft bekanntlich eine Absonderung von Galle und Pankreassaft hervor, was hauptsächlich der Salzsäurewirkung zuzuschreiben ist. Die zufließenden alkalischen Duodenalsäfte neutralisieren die Salzsäure des Magensaftes und vermindern dabei die Konzentration des wirksamen Agens.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob auch hier bei den quantitativen Verhältnissen sich bestimmte Gesetze geltend machen.

Zur Lösung dieser Frage stellten wir am erwähnten Hunde eine Reihe von Versuchen an. Wir führten ihm steigende Mengen reinen natürlichen bei Scheinfütterung gewonnenen Magensaftes in den Darm ein. Die Gesamtmenge der eingeführten

Tabelle I.

Nummer des Ver- suches	Konzentration des Magen- saftes in %	Beginn der Galle- absonde- rung nach dem An- fange der Kin- spritzung in Min.	Menge der gewonnenen Säfte in ccm			Alkaligehalt (in ccm) der Säfte, titriert mit der zugeführten Magen- saftlösung						Stickstoff der gewonnenen Säfte in g		
			Galle	Pan- kreas- saft	zu- sam- men	Galle		Pankreassaft		zu- sam- men	Galle	Pan- kreas- saft	zu- sam- men	
						in 1 ccm	im ganzen	in 1 ccm	im ganzen					
I	10	—	1,3	16	17,3	—	—	7,6	121,6	—	—	0,027	—	
II	20	1 1/2	6	26	32	1,6	9,6	4,5	117	126,6	0,035	0,036	0,071	
III	30	1 1/2	8	37	45	1,0	8,0	2,8	103,6	116,6	—	—	—	
IV	40	3 1/2	12	39,5	51,5	1,1	13,2	2,5	98,8	111,6	0,040	0,030	0,070	
V	50	—	17	43	60	0,6	10,2	1,8	77,4	87,6	—	—	—	
VI	60	2 1/2	10	44	54	0,9	9,0	1,5	61	70,0	0,032	0,055	0,087	
VII	70	2 1/2	11	47	58	0,8	8,8	1,3	61,1	69,9	—	—	—	
VIII	80	2	12	48	60	0,8	9,6	1,1	52,8	62,4	—	—	—	
IX	90	1 1/2	26	50	76	0,5	13,0	0,8	40	53,0	—	—	—	

Flüssigkeit war in jedem Versuch gleich 100 ccm; die Dauer der Einspritzung war stets 10 Minuten. Die gewonnenen Daten sind in der Tabelle I zusammengestellt. Diese Daten bearbeiteten wir rechnerisch¹⁾ und stellten die Tabellen II, III und IV auf.

Tabelle II.

Nummer des Versuches	Konzentration des Magensaftes in %	Menge des gewonnenen Pankreassaftes		
		beobachtet	berechnet	Differenz
I	10	16	18	- 2
II	20	26	26	0
III	30	37	31	+ 6
IV	40	39,5	36	+ 3,5
V	50	43	40	+ 3
VI	60	44	44	0
VII	70	47	47	0
VIII	80	48	51	- 3
IX	90	50	54	- 4

Tabelle III.

Nummer des Versuches	Konzentration des Magensaftes in %	Verbrauchte Magensaftlösungsmenge zur Neutralisation 1 ccm Pankreassaft		
		beobachtet	berechnet	Differenz
I	10	7,6	9,0	- 2,4
II	20	4,5	4,5	0
III	30	2,8	3,0	- 0,2
IV	40	2,5	2,3	+ 0,2
V	50	1,8	1,8	0
VI	60	1,5	1,5	0
VII	70	1,3	1,3	0
VIII	80	1,1	1,1	0
IX	90	0,8	1,0	- 0,2

¹⁾ Die Berechnungen knüpfen sich teilweise an diejenigen, welche Svante Arrhenius (Diese Zeitschr., Bd. LXIII, S. 360) mit den Zahlen von Becker, Dolinsky und Walter ausgeführt hat.

Die Tabelle II zeigt, daß das Auslösen des Pankreassaftes durch den reinen Magensaft sich nach der Formel

$$P_s = k \sqrt{M_{sc}}$$

vollzieht, wo P_s die Menge des ausgelösten Pankreassaftes bedeutet; M_{sc} die Konzentration des Magensaftes, d. h. die Menge des Magensaftes in den zugeführten 100 ccm Flüssigkeit; k ist die Konstante, welche sich 5,71 gleich erwiesen hat. Die Übereinstimmung der beobachteten Zahlen mit den berechneten ist als eine ganz gute zu betrachten.

Tabelle IV.

Nummer des Versuches	Konzentration des Magensaftes in %	Menge der zugeführten Magensaftlösung, welche durch die Galle und den Pankreassaft neutralisiert werden konnte		
		beobachtet	berechnet	Differenz
II	20	127	127	0
III	30	117	110	+ 7
IV	40	112	95	+ 7
V	50	88	85	+ 3
VI	60	70	77	- 7
VII	70	70	72	- 2
VIII	80	62	67	- 5
IX	90	58	63	- 5

Bezeichnet man ferner durch A_{lk} die Alkalinität des Pankreassaftes, welche durch die zur Neutralisation eines Kubikzentimeters des letzteren erforderliche Menge der zugeführten Magensaftlösung ausgedrückt ist, und durch M_s die Menge des zugeführten Magensaftes, so macht sich für das quantitative Verhältnis zwischen ihnen folgende Formel geltend:

$$k A_{lk} = \frac{100}{M_s}$$

Die Tabelle III zeigt, daß die Übereinstimmung hier im allgemeinen eine vortreffliche ist. Die Konstante k gleicht 1,1.

Die Tabelle IV lehrt uns, daß der Magensaft bald mit Überschuß durch die ausgelösten Duodenalsäfte (Galle, Pankreas- und teilweise Darmsaft) neutralisiert wird, bald aber von

50%iger Konzentration an beginnend nicht ganz gedeckt wird. Bedeutet A_g die Gesamtalkalinität der Duodenalsäfte und M_{sc} die Konzentration des Magensaftes d. h. dessen Menge in 100 ccm, so bekommt man befriedigende Übereinstimmung zwischen der Beobachtung und Berechnung, wenn man folgende Formel anwendet:

$$A_g = k \frac{1}{\sqrt{M_{sc}}}$$

Die Konstante k ist gleich 600.

Nach dem Gesagten läßt sich folgendes dreifache Gesetz der Verdauungssäfteneutralisation aufstellen:

1. Die Menge des ausgelösten Pankreassaftes ist direkt proportional der Quadratwurzel aus der auslösenden Magensaftkonzentration. 2. Die Alkalinität des Pankreassaftes ist umgekehrt proportional der auslösenden Magensaftkonzentration. 3. Der Gesamtgehalt des Alkalis in den Duodenalsäften ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Magensaftkonzentration.

Der reine nicht verdünnte Magensaft weicht von den dargelegten Gesetzen ab und ruft pathologische Erscheinungen hervor.