

Über die Verdauung der Fette im tierischen Organismus.

II. Teil.

Von

S. Levites.

(Aus dem pathologischen Laboratorium am K. Institut für experimentelle Medizin zu St. Petersburg.)

(Der Redaktion zugegangen am 19. August 1907.)

Im ersten Teile¹⁾ dieser Arbeit über die Verdauung der Neutralfette im tierischen Organismus konnten wir folgende Tatsachen feststellen:

1. Die Verdauung beginnt mit einem Abbau des Fettes in seine Grundbestandteile, d. h. das Fett wird gespalten in Fettsäuren und Glycerin.

2. Der Abbau beginnt in ganz geringem Maße schon im Magen, schreitet allmählich im Darne weiter fort und in der Nähe des Coecums erreicht der Prozentsatz der frei gewordenen Säuren sein Maximum.

3. Die frei gewordenen Fettsäuren werden zum Teil im Darne in die entsprechenden Natronsalze verwandelt.

4. Die Resorption der Fette verläuft parallel der Fettverseifung (Fettspaltung).

5. Die Resorption beginnt erst vom Dünndarme an und ist beim Coecum so gut wie vollendet.

Diese Ergebnisse führen zu folgendem Schlusse: Das Neutralfett kann nicht anders resorbiert werden, als entweder in Gestalt der freigewordenen Fettsäuren oder in Gestalt ihrer löslichen Salze; sonst bliebe das ganze Verhalten des Fettes im Verdauungstraktus unverständlich.

Daß ein Teil des Neutralfettes in Form freier Fettsäuren zur Resorption gelangt, haben wir durch unsere früheren Ver-

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. XLIX.

suche wahrscheinlich gemacht. Ob jedoch alles Fett in dieser Form oder in Form von Seifen resorbiert wird, dafür sind noch keine experimentelle Beweise erbracht. Zur Entscheidung dieser Frage haben wir die Verdauung der wichtigeren Fettsäuren — Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure — in Vergleich zu ihren Natronsalzen und gelegentlich auch des Glycerins untersucht.

Schon früher haben sich viele hervorragende Forscher bemüht, die Frage über die Gestalt, in welcher das Fett zur Resorption gelangt, aufzuklären. Fast alle kamen auf Grund ihrer Versuche über die Verdauung der Fettsäuregemische aus Hammeltalg, Schweinefett, Rindertalg usw. zu dem Schluß, daß die Fettsäuregemische minder gut vom Tiere ausgenützt werden als die entsprechenden Neutralfette, und daß besonders der Schmelzpunkt der Fette in diesem Falle maßgebend sei, daß insbesondere Fette oder Fettsäuren, deren Schmelzpunkt weit oberhalb der Körpertemperatur liegt, wenig resorbiert werden. Als prägnantes Beispiel dafür möchten wir auf einige Versuche von Arnschink¹⁾ hinweisen. Nach diesem Autor werden:

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------|----------|
| vom Tristearin, | Schmelzp. 63° C. = 9—14 % | } resor- | |
| » » + Mandelöl (Gemisch), | » 55° C. = 89,6 % | | } biert. |
| » Olivenöl, | » flüssig = 97,7 % | | |

Nach unseren früheren Versuchen werden Butter und Rindertalg rein, ohne Beimengung anderer Nahrung, bis 96 % resorbiert usw. Es ist aber nicht zu verkennen, daß bei diesen Versuchen die Art der Verabreichung der Nahrung von großer Bedeutung ist, besonders für diejenige Art Nahrung, die wir gewöhnlich als schwer verdaulich bezeichnen. Als Beispiel möchten wir folgenden Versuch vorführen: einem Hunde mit einem Fistel im Jejunum ein Meter vor dem Coecum gaben wir 20 g Palmitinsäure mit 150 g Weißbrot; es wurden die Entleerungen gesammelt und der Fettsäuregehalt ermittelt. Es fanden sich darin 16,06 g Palmitinsäure, also 80,30 % Palmitinsäure waren unresorbiert geblieben. Wurde aber die Palmitin-

¹⁾ Zeitschrift für Biologie, Bd. XXVI.

säure verflüssigt, mit 65 g Weizenmehl in Form eines Teiges innig verrieben, etwas Kochsalz hinzugefügt und dann zu einem Kuchen gebacken dem Tiere dargeboten, so fanden wir in den Entleerungen nur 7,4 g Fettsäure, d. h. 37 % waren unresorbiert. Als wir diese Erfahrung gemacht hatten, verfahren wir bei unseren weiteren Versuchen wie eben beschrieben. In den so bereiteten Kuchen sind die Fettsäuren so fein verteilt, daß sie kaum mit dem bloßen Auge wahrnehmbar sind.

Die fettsauren Salze, die Ölsäure und das Glycerin wurden gewöhnlich mit 150 g Weißbrot vermengt, dem Tiere dargeboten.

Die Untersuchungen wurden mit zwei Fistelhunden, die uns unser Kollege E. S. London lebenswürdigerweise zur Verfügung stellte, ausgeführt: ein Jejunioileumfistelhund mit einer Fistel 1 m weit vom Coecum, und ein Ileocoecalfistelhund 1—1,5 cm vor dem Coecum. Zu den Versuchen wurden die besten Handelspräparate von Kahlbaum verwandt. Die fetten Säuren waren von ausgezeichneter Reinheit; ihre Schmelzpunkte waren folgende:

| | | |
|---------------|---|----------|
| Stearinsäure | = | 69,2° C. |
| Palmitinsäure | = | 62,0° C. |
| Ölsäure | = | 14,0° C. |

Die Natronsalze dieser Säuren waren noch erheblich wasserhaltig. Der Prozentgehalt an Säure für:

| | | | |
|----------------------|----------|-------|-------------------|
| Stearinsaures Natron | beträgt: | 90,57 | $C_{18}H_{36}O_2$ |
| Palmitinsaures | » | 85,27 | $C_{16}H_{32}O_2$ |
| Ölsaures | » | 72,24 | $C_{18}H_{34}O_2$ |

Die Resultate der Untersuchungen sind in der beifolgenden Tabelle I zusammengestellt.

Das erste, was bei diesen Versuchen auffällt, ist die enorme Menge der Verdauungssäfte, die hier ausgeschieden werden. Solche Quantitäten bis zu 1 k von Verdauungssäften sind bei verschiedenen und sehr mannigfaltigen Verdauungsversuchen, die im hiesigen Laboratorium ausgeführt waren und bei so geringer Speisemenge, nie beobachtet worden. Den bei weitem größten Teil der verfütterten Fettsäuren findet man in den Entleerungen als solche wieder auf, nur geringe Mengen sind an Alkali gebunden.

Tabelle I.

Jejunnoileumfistelhund, die Fistel ca. ein Meter vor dem Coecum.

| Verfüttert | Quantität in g | Gewicht der Ent- leerungen in g | Nicht resorbiert | | Fettsäuren gebunden an Alkali | | Trocken- rückstand der Entleerungen in % | N-Gehalt der Entleerungen in % |
|-----------------------------------|-------------------|---|----------------------------|-------|-------------------------------------|-------|--|---|
| | | | Fettsäuren frei in g | in % | in g | in % | | |
| Stearinsäure | 20 | 649 | 15,33 | 76,65 | 0,84 | 4,20 | 46,79 | 4,10 |
| Stearinsaures Natrium | 25 (= 22,31 S.S.) | 945 | — | — | 10,53 | 46,56 | 32,0 | 4,60 |
| Palmitinsäure | 20 | 960 | 6,95 | 34,75 | 0,45 | 2,25 | 37,3 | 4,30 |
| Palmitinsäure (mit Brot vermengt) | 20 | 432 | 13,65 | 68,45 | 2,38 | 11,90 | 12,93 | 4,06 |
| Palmitinsaures Natrium | 25 (= 21,32 P.S.) | 1030 | — | — | 7,20 | 33,77 | 33,0 | 4,60 |
| Ölsäure | 20 | 555 | — | — | 3,27 | 16,35 | 24,87 | 4,93 |
| Ölsaures Natrium | 25 (= 18,06 Öls.) | 725 | — | — | 1,71 | 9,4 | 27,50 | 4,00 |

Resorbiert waren:

| | |
|---------------|---------|
| Stearinsäure | 19,15 % |
| Palmitinsäure | 63,00 % |
| Ölsäure | 83,15 % |

Diese Zahlen verhalten sich, wenn die resorbierte Menge der Stearinsäure gleich Eins gesetzt wird, zueinander annähernd, wie:

$$S : P : \ddot{O} = 1 : 3 : 4.$$

Von der Ölsäure war also viermal mehr resorbiert, als von der Stearinsäure. Die Palmitinsäure nahm eine Mittelstellung ein.

Von den Natronsalzen der drei eben geschilderten Säuren waren stets ausnahmslos mehr resorbiert, als von den entsprechenden Säuren; so war von dem

| | | |
|-----------------------|---------|------------|
| stearinsauren Natrium | 53,47 % | resorbiert |
| palmitinsauren | » | 67,28 % » |
| ölsauren | » | 90,60 % » |

Als Maß für eine annähernde Schätzung der Resorptionsgröße eines Fettes kann die Quantität der Entleerungen aus der Ileocoecalfistel dienen. Ist sie groß, so ist die resorbierte Menge des Fettes gering; umgekehrt, ist die Entleerungsmenge gering, so ist die resorbierte Menge des Fettes genug groß. Diese Tatsache wurde schon von uns bei den Fütterungsversuchen mit Neutralfetten beobachtet und wiederholte sich wieder mit derselben Schärfe auch bei diesen Versuchen. Besonders bei den Fettfütterungsversuchen sind die entleerten Mengen sehr variabel. Bei zwei Versuchen unter sonst gleichen Bedingungen mit 25 g palmitinsaurem Natrium waren die entleerten Mengen in einem Fall 230 g mit 12,19 % Palmitinsäure darin, in einem anderen Fall nur 90 g mit 6,54 % Palmitinsäure. Die größten Mengen waren bei Stearinsäurefütterung über 400 g und hier fanden sich überhaupt die größten Mengen von unresorbierter Nahrung. In Bezug auf die verfütterte Menge Stearinsäure waren ca. 65 % unresorbiert. Die Resorptionsgrößen für die Säuren ordnen sich, wie es beim Jejunumfistelhund beschrieben war.

| | | |
|---|---|---------|
| Resorbiert war von der Stearinsäure im Mittel | = | 35,06 % |
| » » Palmitinsäure » » | = | 78,30 % |
| » » Ölsäure » » | = | 98,20 % |

Die größte Menge der in den Entleerungen aufgefundenen Säuren war an Alkali gebunden.

Tabelle II.

Neocoecefistelhund (1—1,5 cm vor dem Coecum).

| Verfüttert | Menge in g | Gewicht der Entleerungen in g | Nicht resorbiert | | | | Trocken- rückstand der Entleerungen in % | N-Gehalt des Trocken- rückstandes in % |
|---------------------------|-------------------|--|--------------------|------|-------------------------------------|-------|--|--|
| | | | Fettsäuren frei | | Fettsäuren gebunden an Alkali | | | |
| | | | in g | in % | in g | in % | | |
| Stearinsäure | 25 | 469 | 1,92 | 7,68 | 14,20 | 56,80 | 20,24 | 5,01 |
| Stearinsäure | 20 | 412 | 1,72 | 8,50 | 11,40 | 57,00 | 17,1 | 4,77 |
| Stearinsaures Natrium . . | 20 (= 18,11 S.S.) | 156 | — | — | 2,27 | 12,53 | 11,50 | 5,88 |
| Stearinsaures Natrium . . | 25 (= 22,54) | 140 | — | — | 2,70 | 12,13 | 14,20 | 6,06 |
| Palmitinsäure | 20 | — | 1,24 | 6,20 | 3,23 | 16,15 | — | — |
| Palmitinsäure | 25 | 238 | 1,92 | 7,68 | 3,34 | 13,36 | 16,0 | 6,56 |
| Palmitinsaures Natrium . | 25 (= 21,32 P.S.) | 230 | — | — | 2,62 | 12,28 | 19,0 | 4,86 |
| Palmitinsaures Natrium . | 25 (= 21,32) | 90 | — | — | 1,40 | 6,57 | 12,13 | 6,00 |
| Ölsäure | 20 | 89 | — | — | 0,36 | 1,80 | 11,0 | 5,56 |

Die Resorption der Natronsalze der fetten Säuren verläuft parallel der Säureresorption. Von dem ölsauren Natron war schon alles resorbiert.

Von dem palmitinsauren Natrium waren im Mittel 89,66% resorbiert
» » stearinsauren » » » 86,65% »

Wichtig ist die Tatsache, daß das stearinsaure Natron fast um zweieinhalbmahl mehr resorbiert wird, als die Säure selbst.

Über das Verhalten des Glycerins. Dem Jejunioileumfistelhund wurden 50 g Glycerin und Weißbrot verfüttert; es wurden aus der Fistel ca. 300 g Entleerungen aufgefangen. Um darin das Glycerin zu bestimmen, wurde wie folgt verfahren: Die Flüssigkeit mit Bleiacetat versetzt, vom entstandenen Niederschlage abfiltriert und die klare, rotbraune Flüssigkeit im Vakuum im Ölbad bei 150°—160° C (Temp. des Bades) bei 10 mm Druck überdestilliert. Das klare, sauer reagierende, etwas nach Essigsäure riechende Destillat wurde neutralisiert und in dieser neutralen Flüssigkeit das Glycerin nach Benedickt-Szygmondy durch Oxydation mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung bestimmt. Mit Sicherheit konnten aber keine nennenswerten Mengen von Glycerin nachgewiesen werden. Man muß annehmen, daß alles Glycerin vor dem Ileum schon resorbiert war.

Die Untersuchungen werden weiter fortgesetzt.
