

# Die Totenstarre der menschlichen Magenmuskulatur.

Von

Prof. Dr. Ernst Mangold.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.)

Mit 3 Textabbildungen.

(Eingegangen am 24. Januar 1921.)

Die Totenstarre der menschlichen Magenmuskulatur hat bisher keinerlei physiologische Bearbeitung erfahren, während Anatomen und Pathologen bereits mehrfach die Frage behandeln, wieweit die bei der Sektion der menschlichen Leiche gefundenen Kontraktionszustände des Magens auf einem Bestehenbleiben der letzten intravitalen Zusammenziehungen und wieweit sie auf postmortalen Verkürzungen durch Totenstarre beruhen. Beide Anschauungen haben eine Reihe von Vertretern gefunden.

Einen vermittelnden Standpunkt nimmt Aschoff<sup>1)</sup>, der die bis dahin vorliegenden Angaben kritisch beleuchtet, mit der Annahme ein, daß die Totenstarre am Magen zwar keine neuen Kontraktionszustände schafft, wohl aber den letzten intravitalen Kontraktionszustand fixiert. Daß etwas derartiges vorkommt, ist wenigstens für die mit einer gewissen Häufigkeit auftretenden Teilkontraktionszustände des menschlichen Magens nachgewiesen, die von Aschoff<sup>2)</sup> als Isthmus ventriculi beschrieben wurden, und deren Fixierung durch die Totenstarre er am zunächst noch reizbaren Magen beobachtete. Auch Elze<sup>3)</sup> hält es für möglich, daß der Magen einen vor Eintritt des Todes innegehabten Zustand seiner Muskulatur durch die Totenstarre beibehält, und zwar wenn er sich im Ruhezustand bei äußerster Verkürzung der Muskelzellen befand. Hiermit kann offenbar nur ein tonisch kontrahierter Magen gemeint sein, dessen Muskeltonus gemäß unseren Anschauungen über die Funktion der glatten Muskulatur als eine neue Ruhelage bezeichnet werden kann. Nur in solchen Fällen erscheint ein Übergang in Totenstarre ohne weiteren Kontraktionszuwachs — und dadurch auch ohne Formänderung — physiologisch denkbar, und zwar in der

<sup>1)</sup> Aschoff, Über den Engpaß des Magens (Isthmus ventriculi). Jena 1918.

<sup>2)</sup> Aschoff, l. c. und Med. Klin. 1920, Nr. 38.

<sup>3)</sup> Elze, Über Form und Bau des menschlichen Magens. Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-Nat. Kl. Abt. B. 1919.

Weise, daß die infolge der postmortalen Milchsäurebildung einsetzenden Kontraktionsvorgänge, die wir als Totenstarre bezeichnen, bei ihrem Fortschreiten ständig gerade den sinkenden Tonus der überlebenden und allmählich absterbenden Muskulatur ersetzen und ausgleichen. Andernfalls wird entweder die Erschlaffung oder die Starreverkürzung den intramortalen Zustand überwiegen.

In diesen letzteren, weitaus häufigeren Fällen muß die graphische Registrierung eine genaue Verfolgung der physiologischen Vorgänge gestatten. Ich habe an frisch reseziertem Material vom menschlichen Magen eine derartige Untersuchung durchgeführt, indem ich daraus Muskelstreifen von 12—20 mm Länge und 3—4 mm Breite herstellte und ihre postmortalen Veränderungen in feuchter Kammer mittels einer modifizierten Engelmannschen Suspensionsmethode am langsamen Kymographion aufzeichnete. Die physiologische Brauchbarkeit solcher Magenstreifenpräparate hatte sich mir in ausgedehnten Untersuchungen am Magen anderer Säugetiere, besonders Ratten, bewährt<sup>1)</sup>, nach Analogie mit den Magenringbandpräparaten von Bernstein und Paul Schultz vom Frosch. Die Methodik war die gleiche, wie ich sie am Rattenmagen und auch schon P. Hecht<sup>2)</sup> bei mir für seine Versuche über Automatie und Totenstarre am Froschmagen benutzte. Die untersuchten 28 Präparate wurden aus Resektionsmaterial von sieben menschlichen Magen hergestellt, das in 5 Fällen vom Canalis pyloricus und in je einem vom Pylorus bzw. Corpus stammte. Die Streifen wurden meist aus der ganzen Muscularis (mit Serosa, ohne Mucosa) in der Richtung der Längs- oder Ringmuskulatur oder nur aus Faserzügen von einer dieser beiden geschnitten, einige Male aber allein aus der Schleimhaut, um auch deren Beteiligung an der Totenstarre beurteilen zu können. Die graphische Aufzeichnung begann fast ausnahmslos noch in der ersten halben Stunde nach der Resektion. Die Umdrehung der Schreibtrommel vollzog sich mit einer Geschwindigkeit von 1 mm pro 2,6 (bzw. 2,5)', eine ganze Umdrehung war in  $21\frac{1}{2}^h$  (bzw.  $20\frac{1}{2}^h$ ) vollendet. Entsprechend lassen sich die übereinanderstehenden Teile der mit mehreren Umdrehungen bis zu vier Tage lang weitergeschriebenen Kurven in zeitliche Beziehung zueinander setzen (s. d. Kurvenabschnitte in Abb. 1—3).

Diese Abbildungen geben an drei Beispielen von Präparaten verschiedener menschlicher Magen im wesentlichen das Verhalten bei der postmortalen Registrierung wieder. Es ist darin auch die anfängliche Verlängerung ausgeprägt, die gewöhnlich zu Beginn auftritt, von Nagel<sup>3)</sup> auch am Anfang der Totenstarrekurve vom Skelettmuskel

<sup>1)</sup> Arch. f. d. ges. Physiol. 1921.

<sup>2)</sup> Hecht, Arch. f. d. ges. Physiol. **182**, 178. 1920.

<sup>3)</sup> Nagel, Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 1894. 279.

verzeichnet, für das Herz von Rothberger<sup>1)</sup> als primäre Dilatation beobachtet und von Eckstein<sup>2)</sup> registriert wurde, und die nach meinen Untersuchungen am Ratten- und Froschmagen selbst bei geringer

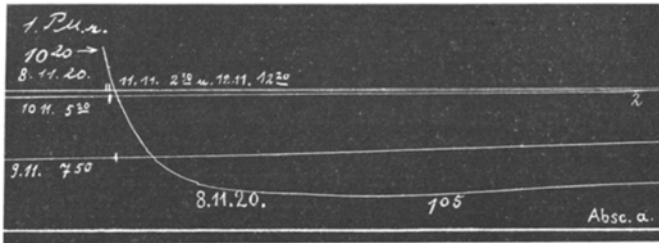


Abb. 1. Menschlicher Magen. Grenze von Vestibulum und Canalis pyloricus. Muskelstreifenpräparat in Richtung der Ringmuskulatur.

Belastung des Schreibhebels durch Dehnung bedingt ist, für die folgende Starreverkürzung aber keine wesentliche Rolle spielt.

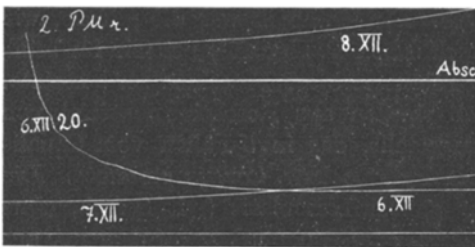


Abb. 2. Menschlicher Magen. Sphincter pylori. Muskelstreifenpräparat in Richtung der Ringmuskulatur.

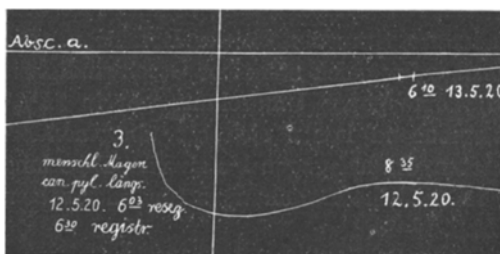


Abb. 3. Menschlicher Magen. Canalis pyloricus. Streifenpräparat aus Längsmuskulatur.

Abb. 3 zeigt einen erstmaligen Anstieg, der 1<sup>h</sup> 20' nach der Resektion beginnt, nach 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>h</sup> seinen Höhepunkt erreicht und wieder zurückgeht; nach 10<sup>h</sup> post resectionem folgte dann ein zweiter Anstieg,

<sup>1)</sup> Rothberger, Arch. f. d. ges. Physiol. **99**, 385. 1903.

<sup>2)</sup> Eckstein, Arch. f. d. ges. Physiol. **181**, 184. 1920.

dessen weiteres Fortschreiten wieder oben auf dem Kurvenausschnitt erscheint, und bis zum Schluß der Registrierung bei 38<sup>h</sup> noch anhielt

Der verschiedene zeitliche Beginn der Totenstarre, das bei einzelnen Präparaten völlige Ausbleiben und ebenso die beträchtlichen quantitativen Verschiedenheiten der registrierten Verkürzung können in unseren Versuchen nach den bekannten Erfahrungen am Skelettmuskel nicht überraschen. Auch ergab die verschiedenartige Herstellung der Muskelpräparate als Längs- oder Ringstreifen der gesamten Muscularis oder als isolierte Streifen allein der Längs- oder der Ringmuskulatur keine typischen Unterschiede.

Die drei in den abgebildeten Kurven wiedergegebenen Haupttypen für den Verlauf der Totenstarre lassen sich charakterisieren als 1. frühzeitige Totenstarre; 2. späte Totenstarre; 3. Totenstarre mit zweimaligem Anstieg. Der letztgenannte Verlauf ist in der Physiologie der Totenstarre keine unbekannte Erscheinung, da die wiederholte oder doppelgipflige Totenstarre für den Skelettmuskel bereits von Bierfreund<sup>1)</sup> und Nagel<sup>2)</sup>, von Oppenheimer und Wacker<sup>3)</sup> insbesondere für menschliche Muskeln und von Meirowsky<sup>4)</sup> für die glatte Muskulatur beschrieben wurde. Dieselbe läßt sich auch mit den anderorts<sup>5)</sup> auf Grund neuerer Ergebnisse geäußerten Anschauungen über das Wesen der Totenstarre durchaus vereinigen.

Die Auswertung sämtlicher Kurven ergibt nun folgendes: von 20 Muscularispräparaten zeigten 16 einen einmaligen Anstieg, 5 noch einen zweiten Anstieg. Bei 4 blieb jegliche Starreverkürzung aus; diese hielten sich mehrere Tage bei der gleichen Länge oder zeigten ein Überwiegen des Erschlaffungsvorganges, wie sich aus dem tagelang fortschreitenden Abfalle der Kurven ergab.

Der erste Anstieg begann durchschnittlich nach 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub><sup>h</sup>, der zweite viermal zwischen 20<sup>1</sup>/<sub>2</sub> und 23<sup>h</sup>, im Durchschnitt nach 21<sup>h</sup> 50'. Besonders auffallend war die Häufigkeit des Anstiegs in der Zeit zwischen 20<sup>1</sup>/<sub>2</sub> und 26<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>h</sup> post resectionem. In dieser Zeit begann die erste oder zweite Verkürzung bei sieben Präparaten von der Muscularis, bei zwei von der Mucosa und auch bei dem einzigen zum Vergleich registrierten von der Muscularis des Duodenum unterhalb des Pylorus; im ganzen bei 21 Präparaten mit Starreanstieg zehnmal und durchschnittlich nach 23<sup>h</sup>, darunter fünfmal als erster und fünfmal als zweiter Anstieg. Diese zeitliche Übereinstimmung legt die Vermutung nahe, daß bei denjenigen Präparaten, die allein diese späte Totenstarre zeigten, die frühzeitige

<sup>1)</sup> Bierfreund, Arch. f. d. ges. Physiol. **43**, 205. 1888.

<sup>2)</sup> Nagel, ebenda **58**, 279. 1894.

<sup>3)</sup> Oppenheim und Wacker, Berl. klin. Wochenschr. 1919, Nr. 42.

<sup>4)</sup> Meirowsky, Arch. f. d. ges. Physiol. **78**, 84. 1899.

<sup>5)</sup> Mangold, Arch. f. d. ges. Physiol. **182**, 205. 1920 und Deutsche Physiol. Ges. 1920, s. Ber. über d. ges. Physiol. **2**, Nr. 2. 1920.

Verkürzung nicht auftrat, sei es infolge zu geringgradiger Starreentwicklung, sei es durch Überwiegen des Erschlaffungsvorganges, und daß ihre späte Totenstarre demnach nicht als erster Anstieg zu betrachten, sondern mit den zweiten Anstiegen zusammenzustellen ist. Nimmt man dementsprechend diese später und erst nach 20<sup>h</sup> (durchschnittlich auch wieder nach 23<sup>h</sup>) auftretenden Anstiege aus den vorhin als erste Anstiege aufgeführten heraus, so begann der erste Anstieg bei den übrigen zwölf Muskelpräparaten durchschnittlich nicht nach 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub>, sondern bereits nach 4<sup>h</sup> 40'.

So gelangen wir für den Beginn der Totenstarreverkürzung der menschlichen Magenmuskulatur zu zwei besonders kritischen Zeitpunkten, die bei 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub><sup>h</sup> und 23<sup>h</sup> post mortem bzw. post resectionem liegen und von denen der zweite die geringere Schwankungsbreite zeigt.

Ebenso lassen sich für den zeitlichen Höhepunkt der Totenstarreverkürzung zwei Durchschnittswerte gewinnen, für den der frühzeitigen Starre 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>h</sup>, für den der späten 31<sup>h</sup>; bei dieser Berechnung ergeben sich jeweils die gleichen Zeiten, wenn für den ersten alle ersten Anstiege oder nur die mit wirklich frühem Beginn, und wenn für den zweiten alle späten oder nur alle zweiten Anstiege zusammengenommen werden.

Fast stets trat zwischen dem ersten und zweiten Anstiege eine Wiederverlängerung und danach eine Pause mit gleichbleibender Muskellänge auf; gelegentlich aber fehlte die Verlängerung und setzte der zweite Anstieg auf der gleichgebliebenen Höhe des ersten ein.

Die definitive Lösung der Totenstarre, so wechselvoll wie die der Skelettmuskulatur, habe ich trotz 3—4 Tage langer Registrierung nur bei sieben Muskelstreifen wenigstens in ihrem Beginne beobachten können. Derselbe trat, ohne regelmäßige zeitliche Beziehung zum erreichten Höhepunkt der Starre, einmal 26<sup>h</sup>, dreimal zwischen 30<sup>h</sup> und 35<sup>h</sup> und zweimal 65<sup>h</sup> post resectionem ein, während sonst selbst nach 40, 72 und 96<sup>h</sup> noch nichts davon zu bemerken war. Diese Erfahrungen lassen sich durchaus mit den Beobachtungen von Aschoff<sup>1)</sup> über die tagelange Persistenz von Kontraktionszuständen am menschlichen Magen in Einklang zu bringen.

Über die Totenstarre der Magenschleimhaut ist von den registrierten neun Schleimhautstreifen zu sagen, daß nur bei vier davon überhaupt ein Anstieg (darunter dreimal nach etwa 1<sup>h</sup>) und bei einem auch ein zweiter beobachtet wurde, der auch wieder nach 23<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>h</sup> eintrat, wie auch einer der ersten Anstiege erst nach 24<sup>1</sup>/<sub>4</sub><sup>h</sup> begann. Im Gegensatz zu den Muskelpräparaten war das häufige Ausbleiben einer postmortalen Verkürzung und der in vier von fünf Fällen beobachtete

<sup>1)</sup> l. c. Engpaß des Magens, S. 24.

relativ häufige, tagelang fortschreitende Abfall der Kurven bemerkenswert. Die Versuche bestätigen die von Aschoff<sup>2)</sup> hervorgehobene nicht unerhebliche eigene Kontraktionsfähigkeit der *Muscularis mucosae*, lassen indessen die Beteiligung derselben an den Formänderungen des ganzen Magens durch die Totenstarre neben derjenigen seiner eigentlichen Muskulatur gering erscheinen.

Weiter möchte ich noch über ergänzende Versuche am menschlichen Magen berichten, deren lediglich auf Messung mit Zirkel und Maßstab beruhende Methodik sie besonders für eine Durchführung größeren Stiles von seiten der Chirurgen und Pathologen geeignet machen, und die mir einen Weg zu bieten scheinen, bei genügend großem Material die Fragen nach den postmortalen Formänderungen des Magens und den Verkürzungsvorgängen seiner Muskulatur durch die Totenstarre weiter zu klären.

Möglichst bald post mortem bzw. post resectionem werden größere rechteckige Stücke aus der Magenwand geschnitten, deren Hauptrichtungen tunlichst mit denen der Längs- und Ringmuskulatur zusammenfallen. Dieselben werden auf eine Porzellan- oder Glasplatte gelegt, dann werden sofort die Längen der vier Seiten gemessen, die Messungen in geeigneten Zeiträumen wiederholt und die Präparate im übrigen durch Bedecken mit einer innen feucht belegten Glasglocke vor Austrocknen geschützt. So kann man die postmortalen Längenänderungen in der Richtung der Längs- und Ringmuskulatur über Tage hinaus bis zum völligen Absterben verfolgen. Auch bei diesen Versuchen empfiehlt sich die Abtrennung der Schleimhaut und die gesonderte Messung ihrer entsprechenden Stücke. Die erhaltenen Maße werden für jedes gemessene Magenwandstück auf Millimeterpapier entsprechend den einzelnen Beobachtungszeiten eingetragen; die so entstehenden Kurven zeigen den Verlauf der Verkürzungen und Verlängerungen in den beiden Richtungen.

Ich habe derartige Messungen an sechs *Muscularis*- und drei Schleimhautrechtecken, sämtlich vom *Canalis pyloricus* stammend und mit einer Seitenlänge von 18—44 mm, durchgeführt. Gewisse Übereinstimmungen, die auch hier auf Gesetzmäßigkeiten deuten, veranlassen mich, die Methode zu empfehlen. Bei allen sechs Muskelstücken war nach 2—4<sup>h</sup> eine Verkürzung in der Längsrichtung (d. h. der Richtung der Längsmuskelzüge) festzustellen; in vier von diesen Fällen gleichzeitig eine Verlängerung im Sinne der Ringmuskelzüge. Offenbar standen beide Längenänderungen in Abhängigkeit voneinander und war die letztere durch die erstere physiologisch bedingt, da sie bei den zwei anderen Präparaten ausblieb, wo auch die erstere fehlte, und da die Verkürzungstendenz der Längsmuskulatur vorherrschte. Nach 2—6

<sup>2)</sup> l. c. S. 12.

Stunden setzte aber allenthalben auch die Verkürzung im Sinne der Ringmuskulatur ein, so daß sich der Beginn der allgemeinen Kontraktion durchschnittlich auf 3<sup>h</sup> 45' post mortem berechnete. Dieser Zustand blieb, meist unter stetiger Zunahme, bis zu der Messung nach 31—32 Stunden bestehen. Danach trat bis zur nächsten Messung — nach 47 oder 48<sup>h</sup> — in 5 von 6 Fällen eine Verlängerung in der Längsrichtung ein, während die Maße in der Ringmuskelrichtung bis dahin gleich blieben und sich dann nach 56 und 72<sup>h</sup> verkürzt erwiesen, wohl wieder in Abhängigkeit von der sich bis dahin meist noch weiter verlängernden Längsmuskulatur.

Von besonderem Interesse mußte die Vergleichung dieser Messungsversuche, soweit sie das Material gestattete, mit dem Ergebnis der Registrierversuche sein. In dieser Beziehung sei daran erinnert, daß der Beginn der Totenstarre (1. Anstieg) nach letzteren durchschnittlich nach 4<sup>h</sup> 40' begann, was gegenüber 3<sup>h</sup> 45' bei den Messungsversuchen in Anbetracht der individuell großen zeitlichen Schwankungen, wie sie vom Verlauf jeglicher Totenstarreerscheinungen bekannt sind, nicht als sehr beträchtlicher Unterschied gerechnet werden kann. Eine weitere Übereinstimmung scheint darin zu liegen, daß der Höhepunkt der späten Totenstarre nach den graphischen Versuchen durchschnittlich bei 31<sup>h</sup> erreicht war, und auch die Messungsversuche jenseits 31—32<sup>h</sup> keine weitere Zunahme des allgemeinen Kontraktionszustandes ergaben.

So ergänzen sich die graphisch-registrierenden und die messenden Versuche, ohne die eine weitere Klärung des Totenstarreproblems für den menschlichen Magen wohl kaum zu erwarten ist.