

III.

Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Darmbewegungen bei herabgesetzter Körpertemperatur.

Von Dr. Carl Lüderitz, prakt. Arzt in Berlin.

So vielfach auch, sowohl am Menschen als im Thierexperiment, die bei einer Erniedrigung der Körpertemperatur auftretenden Erscheinungen studirt sind, so bleibt doch manche Lücke auszufüllen, und wie speciell bei jener Art allgemein-paralytischen Zustandes, der durch stärkere Grade der Abkühlung herbeigeführt wird, die einzelnen Organe und Organsysteme sich verhalten, ist des Genaueren nur wenig bekannt. In der folgenden Abhandlung soll das Verhalten der Darmbewegungen, der spontanen sowohl als der durch künstliche Reize erzeugten, bei warmblütigen Thieren, deren Eigenwärme mehr oder weniger herabgesetzt worden, näher beschrieben werden.

Die Angaben der Autoren über diesen Gegenstand sind spärlich. Für den Menschen fehlen überhaupt genauere hier werthbare Angaben; begreiflicher Weise, denn bei jenem Zustande der Abschwächung aller Functionen, wie er durch allgemeine Abkühlung — beim Menschen bis zu 22,6° C. im Rectum beobachtet (Reinhardt¹) — entsteht, sind seitens des Darmtractus keine besonderen Symptome bemerkbar und auch bei ganz specieller Untersuchung nur in dürftigem Maasse zu erhalten. Das Wesentliche der bezüglichen Verhältnisse ist daher im Thierexperimente studirt. So berichtet Cl. Bernard² von einem Igel, der sich im Winterschlaf befand, also eine stark erniedrigte Eigenwärme hatte, dass seine Därme, selbst nachdem sie aus dem Körper entfernt waren, bewegungslos und abgeplattet blieben. Walther³ giebt an, dass bei stark abgekühlten Warmblütern alle Excretionen, namentlich die Harnabsonderung, aufhören. Horvath⁴ berichtet, dass die Därme von Thieren, die lebten

und deren Temperatur 25° C. zeigte, unbeweglich waren und weder durch den Inductions- noch durch den Kettenstrom zur Contraction gebracht werden konnten, während andere Muskeln des Körpers, z. B. die Schenkelmuskeln, auf den Inductionsstrom sehr gut reagierten. In einer weiteren ausführlicheren Mittheilung⁵ giebt er als untere Grenze spontaner und durch Elektrizität zu erzeugender Darmbewegungen die Temperatur von 19° an. Er kommt zu dem Schluss, dass die Kälte die glatten Muskeln bedeutend früher paralyisire als die quergestreiften⁶. Aehnlich lautet die Angabe Cohnheim's⁷, dass bei Thieren, deren Rectumtemperatur bis auf 18 — 20° heruntergegangen, die glatte Musculatur des Darmes und der Blase wie gelähmt sei, die peristaltischen Bewegungen vollständig ruhen.

Auf die nicht streng hierhergehörigen Angaben über die Wirkung local auf den Darm applicirter Kälte wird an einer anderen Stelle dieser Arbeit noch eingegangen werden.

Eine erneute Untersuchung der Frage, wie durch Abkühlung des ganzen Körpers die Darmbewegungen beeinflusst werden, schien mir bei dem mitgetheilten Stande unseres Wissens nicht überflüssig.

Als Versuchsthiere dienten mir ausschliesslich Kaninchen, meist mittelgrosse und kleinere Thiere. Für Abkühlungen unter 18° C. (Rectumtemperatur) wurden nur jüngere und ganz junge Thiere (von 700 bis 250 g Körpergewicht) benutzt, da erwachsene Thiere, wenn keine künstliche Respiration angewendet wird, bei diesen niedrigen Temperaturen zu Grunde gehen (Horvath⁶). Bei den zu stärkerer Abkühlung benutzten Thieren wurde ausserdem dafür gesorgt, dass sie vorher reichlich Nahrung bekommen hatten, denn hungernde Thiere gehen durch die Kälte leichter zu Grunde (Nasaroff⁸), auch sind ihre Darmbewegungen spärlicher. Die Zahl der abgekühlten Thiere betrug 38, im Ganzen wurden über 50 Thiere zu den Versuchen benutzt. Die geringste Temperatursenkung, bei welcher die Darmbewegungen untersucht und mit denen normal temperirter Thiere verglichen wurden, betrug $34,0^{\circ}$ C. (im Rectum gemessen); von hier abwärts kamen die verschiedensten Grade der Abkühlung, bis herab zu einer Eigenwärme von etwa $8,0^{\circ}$ C., in Anwendung. Der Umstand, dass die Messung der Temperatur im Mastdarm

vorgenommen wurde, gestattete freilich nicht, die in diesem Darmtheil spontan auftretenden Bewegungen zu studiren — häufig trat in Folge der mechanischen Reizung des Messens Defäcation auf —, aber die Zuverlässigkeit des Messungsergebnisses schien mir wichtiger. Das Verfahren des Abkühlens bestand bei den geringeren Graden, bis zu etwa 30° herab, darin, dass die auf ein Brett gespannten Thiere mit Wasser benetzt und einige Zeit, 30 bis 50 Minuten, einer kühlen Lufttemperatur ausgesetzt wurden; bei den stärkeren Abkühlungen (der grösseren Zahl der Versuche) wurden die aufgebundenen Thiere bis zum Kopfe in kaltes Wasser (von 3,5° bis 20° C.) getaucht und erreichten nach 20 Minuten bis 1 Stunde, meistens nach 30 bis 50 Minuten, die gewünschte niedrige Temperatur. Meine Beobachtungen beziehen sich also auf rasch abgekühlte Thiere und sind zunächst nur für diese von Gültigkeit. Auf eine ganz langsam geschehende Wärmeentziehung reagirt der Organismus anders, er scheint sich derselben mehr zu accommodiren, wie dies u. A. durch die interessanten Beobachtungen Loewenhardt's⁹, in denen Geistesranke sehr niedrige Temperaturen (bis zu 23,75° im Rectum) wochenlang ertragen, illustriert wird. Hatten die Thiere die gewünschte Temperatur erreicht, so wurden sie nach der Methode von Sanders und van Braam-Houckgeest¹⁰ in ein Bad von 0,6 procentiger Kochsalzlösung, welche die gleiche niedrige Temperatur hatte, gebracht, und nach Eröffnung der Bauchhöhle wurden im Kochsalzbade zunächst eine Zeit lang die etwa vorhandenen spontanen Darmbewegungen beobachtet, sodann wurde mittelst künstlicher Reizung die Erregbarkeit der Därme untersucht.

Zur Vervollständigung der hierbei gewonnenen Resultate diene ferner eine zweite Versuchsreihe, in welcher die Kälte local auf den Darm applicirt wurde und speciell sehr niedrige Temperaturen in Anwendung kamen.

1. Versuchsreihe. Abgekühlte Thiere.

Der allgemein-paretische Zustand solcher Thiere, die bei etwa 25° bis 23° eintretende stärkere Umflorung des Sensoriums, die Abschwächung und das Erlöschen der Reflexe, die starke Verlangsamung und Schwäche der Herzaction und die sonstigen auffallenden Effecte der Abkühlung sind mehrfach beschrieben wor-

den, und ich kann auf eine Wiederholung dieser Beschreibung verzichten. Nur sei hervorgehoben, dass ein stärker abgekühltes Thier häufig weniger afficirt sein kann als ein um zwei bis drei Grade wärmeres. Von den zu Abkühlungen unter 19° benutzten Thieren (14 an der Zahl) starben, obwohl dieselben sämmtlich klein und jung waren, doch mehrere während der Procedur des Abkühlens oder während der Darmuntersuchung. Waren an solchen bereits todten Thieren noch Darmbewegungen wahrzunehmen, so konnte für die entsprechende Temperatur natürlich auch während des Lebens noch eine Erregbarkeit des Darms statuirt werden. Ich bemerke jedoch, dass den nachstehenden Angaben über das Verhalten des Darms die Beobachtungen an Thieren, welche sämmtlich ausser der Herzaction auch noch Respiration zeigten, zu Grunde gelegt sind. Das kälteste Thier, bei dem noch Athmung zu bemerken war — zweimal in der Minute während 20 Minuten — hatte eine Temperatur von $10,8^{\circ}$. Die kältesten untersuchten Thiere hatten eine Temperatur von $7,6^{\circ}$ und von $8,8^{\circ}$, sie waren anscheinend todt; doch bei nachheriger Wiedererwärmung derselben (in warmer Kochsalzlösung) wurde die Herzaction wieder deutlich, die Baueingeweide wurden blutreicher und glatte wie quergestreifte Musculatur gewannen beträchtlich an Erregbarkeit.

Im Folgenden sind nun die Versuchsergebnisse, soweit sie den Darm betreffen, zusammengestellt. Es erscheint mir dies zweckmässiger, als die zahlreichen Versuchsprotocolle im Einzelnen wiederzugeben.

Die spontanen Darmbewegungen anlangend, so waren solche bei sämmtlichen Thieren, also bis zu $7,6^{\circ}$ herab, mit Sicherheit zu constatiren. Doch waren sie in mehrfacher Hinsicht von den normalen verschieden.

Schon die Farbe des Darmes wies darauf hin. Abwärts von 30° oder 28° nemlich war eine leichte Cyanose, die bei stärkerer Abkühlung immer deutlicher wurde, nicht zu verkennen. Unterhalb 20° war dieselbe, wenn auch nicht hochgradig, so doch stets recht deutlich ausgeprägt. Die Gesammtmenge des in den Därmen enthaltenen Blutes schien dabei nicht wesentlich verändert zu sein, häufig, zumal bei den stark erkalteten Thieren, waren sie mehr oder weniger blässer als normal. Eine

auffallend starke Anhäufung des Blutes in den Darmgefässen, wie dies von Horvath⁵ angegeben und wegen der dadurch bedingten Verarmung an Blut in den übrigen Theilen des Körpers von ihm sogar als Todesursache angesehen wird, war bei keinem meiner Thiere wahrzunehmen.

Im Einzelnen gilt von den Bewegungen Folgendes. Bei Abkühlungen bis auf 30° oder 28° war eine Abweichung von der Norm nicht auffallend: die Därme waren mehr ruhig oder bewegter, gelegentlich trat in dem in seiner Hauptmasse ruhigen Dünndarm heftige, den Darm wie ein Rad aufrollende und den Inhalt schnell abwärts befördernde Rollbewegung auf, auch Magen, Coecum und Colon konnten bewegt sein. Einige Male waren die Darmbewegungen entschieden lebhafter als man sie bei normal temperirten, in einem Kochsalzbade von 38,0° bis 38,5° untersuchten Thieren gewöhnlich antrifft; die schönste überhaupt von mir gesehene Magenperistaltik, bei welcher ringförmige, das Organ über grosse und kleine Curvatur umkreisende Contractionswellen nach dem Pylorus fortschritten und dort in eine energische Contraction dieses ganzen Abschnittes übergingen, wurde bei einem auf 29,2° abgekühlten Thiere beobachtet. Doch machte das Gesamtbild der untersuchten Därme, wie erwähnt, nicht den Eindruck einer etwa lebhafter als normal geschehenden Peristaltik.

Abwärts von 30°—28° wurde dagegen eine Abschwächung der Darmbewegungen mehr und mehr deutlich. Eine ganz bestimmte Temperaturgrenze hierfür anzugeben, ist unmöglich. Wenn auch die Ausbreitung der Bewegungen mit sinkender Temperatur augenscheinlich abnimmt, so kann doch bis etwa 22° herab die im Darm nunmehr herrschende grössere Ruhe bisweilen auch am normalen Thiere vorkommen, und andererseits wurde sogar noch bei 23,6° eine mehrere Decimeter weite Rollbewegung beobachtet. Dagegen trat gleichzeitig eine andere, stärker auffällige Abweichung der Bewegungen hervor: sie geschahen langsamer als normal. Für das blosse Auge wurde die Verlangsamung etwa bei 25° bemerkbar, sicherlich aber war sie schon bei höheren Temperaturen vorhanden.

Beides, die beschränkte Verbreitung der Bewegungen und ihre Langsamkeit, war bei 20° stets deutlich ausgesprochen und

erreichte bei stärkeren Abkühlungen immer höhere Grade. Entsprechend dem normalen Verhalten, bei dem der Hauptort der Bewegungen der Dünndarm und vornehmlich das Duodenum ist, während der Dickdarm und besonders das Coecum sich viel ruhiger verhalten, blieben der Dünndarm und speciell das Duodenum am längsten von dem lähmenden Effect der Abkühlung verschont; übrigens war bei 2 Thieren (mit 18,3° bzw. 15,0°) auch im Anfangstheil des Colon noch peristaltische Bewegung wahrzunehmen. Den mit sinkender Temperatur zunehmenden Grad der Verlangsamung der Darmbewegungen in bestimmte Zahlenwerthe zu fassen, ist schwierig; in dieser Beziehung sei erwähnt, dass die bei 23,6° beobachtete Rollbewegung etwa halb so rasch als normal sich vollzog und dass bei den niedrigsten Temperaturen (7,6° und 8,8°) mitunter erst nach einer Minute die Verengung oder Erweiterung einer Darmstrecke deutlich wurde, die Geschwindigkeit dieser Bewegungen also ganz bedeutend, mindestens auf $\frac{1}{3}$ der normalen Grösse, gesunken war. Bemerkenswerth ist ferner, dass von jenen kleinen Bewegungen, die das Bild des normalen Darms gleichsam verzieren, von den ringförmigen Einschnürungen, dem kurzwelligen peristaltischen Wogen, bei den starken Abkühlungen (abwärts von 18°) wenig oder nichts mehr zu bemerken war. Bei den kältesten Thieren — etwa unterhalb 12° — war gleich nach der Oeffnung der Bauchhöhle überhaupt nichts von Darmbewegungen wahrzunehmen, und erst nach genauem Zusehen, ja erst nach minutenlangem Beobachtung sah man, dass eine oder die andere Darmschlinge allmählich ihre Lage verändert oder dass eine kürzere oder längere Darmstrecke sich verengt bzw. erweitert hatte. Eine Fortbewegung des Darminhalts durch diese Bewegungen war nicht mehr sichtbar. Mehrmals erloschen sie schon während der Zeit der Beobachtung, indem wohl die längere Einwirkung der niedrigen Temperatur eine stärkere Schädigung der Gewebe zur Folge hatte, andererseits konnten sie während der ganzen Dauer der Untersuchung (30 Minuten und länger), bis zum Tode, fortbestehen. Doch dürfte bei der benutzten Versuchsanordnung eine Temperatur von 7° ungefähr die untere Grenze für spontane Darmbewegungen bilden.

Während das vorstehend Geschilderte am lebenden Thiere

zu beobachten war, trat der lähmende Einfluss der Abkühlung auf die Peristaltik bei Weitem deutlicher hervor, wenn man die postmortal auftretenden Bewegungen in's Auge fasste. Bei normalen Thieren sind dieselben bekanntlich von erheblicher Stärke, und besonders am Dünndarm wird durch sie der Inhalt mit grosser Kraft und Schnelligkeit nach abwärts getrieben. Wurden dagegen die abgekühlten Thiere, am Ende des Versuchs, nach durchschnittlich 1 Stunde währendem Aufenthalt im Kochsalzbade, durch Ertränken getödtet, so blieb schon bei Temperaturen von 34° bis 30° die typische Rollbewegung des Dünndarms aus und nur an einzelnen Stellen desselben trat schwächere rollende Bewegung auf, auch Coecum, Colon und Rectum zeigten schwächere Bewegungen als normal; bei 25° war die postmortale Verstärkung der Darmbewegungen sehr gering; abwärts von 18° war sie so gut wie erloschen. Die Ursache, dass der Contrast zwischen den Bewegungen des lebenden und des eben getödteten Thieres so sehr viel grösser ist bei normaler als bei niedriger Körpertemperatur, ist unschwer zu erkennen. Es ist die, an der Cyanose des Darms sichtbare, Kohlensäureanhäufung, die bei gesunkener Eigenwärme schon während des Lebens ihren bekanntlich erregbarkeitserhöhenden Einfluss auf die Darmmotilität geltend macht, mithin von den intra vitam vorhandenen Darmbewegungen sicherlich zum Theil die Ursache ist, und die beim Tödteten des Thieres nun nicht mehr jenes rasche und starke Anwachsen erfährt wie bei normalen Thieren, bei denen sie eine stürmische Peristaltik hervorruft.

Zur weiteren Aufklärung des am Darm abgekühlter Thiere Beobachteten wurde ferner die künstliche — mechanische, chemische, elektrische — Reizung des Darmes vorgenommen. Die nachstehend mitgetheilten Resultate derselben gelten speciell vom Dünndarm; Magen, Coecum, Colon und Rectum reagirten ähnlich, der Norm entsprechend meist schwächer als der Dünndarm.

Die mechanische Reizung (mehr oder minder starkes Zusammendrücken der Darmwand mittelst Pincette) ergab bei geringen Temperatursenkungen eine rasche und kräftige Contraction der gereizten Stelle, ganz wie normal. Bei 28° schien die Contraction ein wenig verlangsamt zu sein, bei 20° war die Ver-

langsamung stets deutlich und weiter abwärts erreichte sie immer höhere Grade. Unterhalb 13° vergingen selbst bei stärkerer Quetschung bisweilen 10 bis 20 Secunden, ehe die Contraction sichtbar wurde, oft erst nach 1 Minute erreichte sie ihre grösste Intensität und bildete sich noch viel langsamer wieder zurück. Auch die Energie der Contraction war bei starken Abkühlungen etwas vermindert.

Aehnlich wirkten die Kalisalze (Kali sulphuricum in Krystallform), die ebenfalls wesentlich direct die glatte Musculatur des Darms beeinflussen (Nothnagel¹¹, Floël¹²), nur war die Wirkung mit sinkender Temperatur deutlicher abgeschwächt als bei mechanischer Reizung, indessen auch bei den stärksten Abkühlungen überall deutlich.

Erwähnt sei dabei eine Eigenthümlichkeit, die bei 3 Thieren (mit Temperaturen von $17,2^{\circ}$ bzw. $13,6^{\circ}$ und $7,6^{\circ}$) beobachtet wurde. Hier nemlich rief die Application von mechanischen Reizen oder von Kali sulphuricum auf den Dünndarm mehrere Male nicht bloß locale Contraction hervor, sondern es erfolgte gleichzeitig, entweder nach beiden Seiten hin oder vorwiegend pyloruswärts, 1—2 cm weit eine schwache Zusammenziehung der Ringmuskeln des Darms, die bereits wieder nachliess, während an der Reizungsstelle die Contraction noch fortbestand. An allen anderen Thieren fehlte diese Erscheinung, auch an normal warmen Thieren habe ich sie bisher nicht gesehen.

Viel stärker als für die Kalisalze war die Erregbarkeit des Darms für die Natronsalze herabgesetzt. Letztere wirken, wie Nothnagel¹¹ nachgewiesen und Floël¹² dies an Warmblütern verschiedener Thierklassen weiter bestätigt hat, weniger durch directe Reizung der Musculatur als wesentlich durch Reizung der in der Darmwand befindlichen nervösen Apparate (wohl des Plexus myentericus) und erzeugen beim Kaninchen eine an der gereizten Stelle beginnende, über eine kurze oder bis mehrere Centimeter lange Strecke des Darms sich ausdehnende und zwar stets pyloruswärts gerichtete, wesentlich die Ringmuskeln betreffende Constriction. Schon bei Temperaturen von 34° bis 30° war diese Wirkung schwächer als normal. Geringe Differenzen derselben vom normalen Verhalten sicher festzustellen ist deshalb nicht leicht, weil auch beim normalen Thier die Rea-

ction nicht immer und an jeder Stelle des Darms gleich stark ausgeprägt ist. Wenn hier auch mit dem stark wirkenden kohlensauren Natron am Dünndarm stets kräftige und oft 5 cm weit aufwärts steigende Contraction zu erzielen ist, so sind doch bei dem schwächer wirkenden Chlornatrium häufig auffallende Differenzen wahrzunehmen: beim ganz gesunden normal temperirten Thiere können einzelne Stellen des Dünndarms gut aufsteigend reagiren, während an anderen die Contraction blos ringförmig oder nur schwach local ist; oder auch eine und dieselbe Stelle des Darms zeigt binnen wenigen Minuten bald eine kaum vorhandene, bald eine sehr ausgeprägte Natronreaction. Ein solcher Wechsel der Erregbarkeit des ganz gesunden Darms konnte wiederholt von mir constatirt werden. Auch bei den schwach abgekühlten Thieren war die Reaction bald schwächer, bald stärker ausgeprägt, besonders aber gegen Temperaturen von 30° hin war eine Abschwächung derselben unverkennbar.

Unterhalb 28° erzielte man mit Kochsalzkrystallen nur schwache locale Contraction oder noch häufiger gar nichts. Natron nitricum wirkte ein wenig stärker, aber kaum je aufsteigend. Natron carbonicum, das stärkstwirkende der Natronsalze, gab bis etwa 26° herab am Dünndarm noch bisweilen leicht aufsteigende, aber langsamer als normal sich entwickelnde Contraction, bei stärkeren Abkühlungen wirkte es blos ringförmig oder auch rein local gleich den Kalisalzen. Doch kann man am Darm des so eben erstickten Thieres noch bei 20° leicht aufsteigende Contraction erhalten. Abwärts von 20° ist die Wirkung kaum je ringförmig, sondern rein local und meistens sogar schwächer als die Kaliwirkung.

Es scheint also, dass die Kälte auf die nervösen Apparate des Darms stärker lähmend einwirkt als auf die glatte Musculatur, und dieser Schluss wird bekräftigt durch das Ergebniss der elektrischen Reizung. Während man am normalen Darm durch einen faradischen Strom von geringer Stärke (bei nahestehenden an den Dünndarm gelegten Platinelektroden) eine ringförmig den Darm umgebende Einschnürung an der gereizten Stelle, bei grösserer Stromstärke eine weithin sich ausdehnende aufsteigende Contraction erhält, der sich analwärts neben der gereizten Stelle eine Invagination des Darms anschliesst (Noth-

nagel¹³, Schillbach¹⁴), erzielt man mit der letztgenannten Stromstärke am Dünndarm von Thieren, die auf etwa 28° abgekühlt sind, nur eine ringförmige Constriction, bei 20° gar nichts mehr. Abwärts von 20° mussten, um überhaupt einen Effect zu bekommen, die stärksten mir verfügbaren Ströme (eines kleinen, mit Grenet'schem Element versehenen, eigentlich therapeutischen Zwecken dienenden Inductoriums) benutzt werden. Die Zusammenziehung entstand hier zuerst langsam an der Reizungsstelle, blieb auf diese beschränkt oder wurde dann langsam ringförmig, oder endlich sie schritt sogar eine kurze Strecke, bis 2 cm, sehr träge aufwärts. Bisweilen war sie noch 2 bis 3 Minuten nach Beginn der Reizung, die bis zu 10 Secunden gedauert hatte, im Weiterschreiten begriffen. Bei dem auf 7,6° abgekühlten Thiere blieb die Reaction ganz aus, bei 8,8° war sie schwach local, in beiden Fällen waren die spontanen Bewegungen bereits erloschen. Bei starken Abkühlungen war sie an spontan bewegten Theilen deutlich stärker als an ruhenden, doch konnte ringförmige oder gar aufsteigende Contraction nur an Darmstrecken, die sich so eben noch von selbst bewegt hatten, wahrgenommen werden.

Immerhin ist es recht auffallend, dass trotz des Vorhandenseins spontaner Bewegungen die experimentellen Nervenreize (Natronsalze und Elektrizität) so extrem schwach wirkten, ein Verhalten, das auch bei den weniger kalten Thieren (30° bis 20°) sich geltend machte, bei denen ebenfalls an Darmstrecken, die in peristaltischer Bewegung waren oder so eben gewesen waren, die aufsteigende Natronreaction fehlte. Der Modus der künstlichen Reizung muss also wohl, wie andererseits auch ihr Effect, die pyloruswärts schreitende Peristaltik, dies beweist, ein ganz anderer sein als die dem Darm immanente Anregung zur normalen Bewegung. Keineswegs aber wird hierdurch die Ansicht von Engelmann¹⁵, dass die Darmperistaltik ohne nervöse Einflüsse, durch blosse Fortleitung von Muskelfaser zu Muskelfaser, zu Stande komme, annehmbar gemacht. Im Gegentheil sprechen auch die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen gegen diese Ansicht.

Es bleibt noch zu erörtern, ob die geschilderte Wirkung der Kälte auf den Darm dadurch zu Stande kommt, dass die

motorischen Apparate des Darms und die für die Peristaltik wichtigen im Vagus und Splanchnicus verlaufenden Nervenfasern in gleicher Weise, nemlich direct lähmend, geschädigt werden, oder ob etwa, wenigstens bei den geringen Temperatursenkungen, Zustände erhöhter Erregbarkeit mit im Spiele sind. Letzteres ist von vornherein nicht so ganz in Abrede zu stellen, da nach den Angaben von Afanasieff¹⁶ und von Efron¹⁷ über die Einwirkung der Kälte auf den motorischen Froschnerven nicht sogleich Lähmung, sondern zunächst ein Stadium erhöhter Erregbarkeit eintritt. Aber eine sichere Entscheidung ist im vorliegenden Falle schon deshalb nicht leicht, weil auch beim normalen Thier die Beziehungen des Vagus und des Splanchnicus zur Peristaltik noch nicht genügend klar gelegt sind. Was den Vagus betrifft, so hatte bei 4 gesunden Kaninchen eine von mir vorgenommene Durchschneidung desselben jederseits am Halse keine deutliche Abnahme der Natronreaction zur Folge, ein etwa bestehender Vagustonus war also hierbei nicht ersichtlich. In Bezug auf den Splanchnicus ist zu bemerken, dass ein Verhalten, wie es oben für mässige Temperatursenkungen beschrieben wurde, — fehlende Natronreaction bei gut erhaltener Kalireaction — von Nothnagel¹⁸ als Wirkung des Morphin und von Bokai¹⁹ als Wirkung erhöhter Körpertemperatur (bis 42,5°) beobachtet und von beiden Autoren als eine Reizung des Darmhemmungsnerven, des Splanchnicus, gedeutet wurde; Aehnliches berichtet Ott²⁰ für Hirnreizung und Atropin. Die Möglichkeit, dass auch durch Abkühlung der Hemmungsnerv des Darms, der Splanchnicus, erregt werde, musste jedenfalls durch das Experiment entschieden werden. Bei vier Thieren mit Temperaturen von 34° bis 31° wurde daher, während die Därme im Kochsalzbade blieben, der N. splanchnicus jederseits in der Bauchhöhle oberhalb der Nebenniere mit der Pincette durchrissen: es trat keine deutliche Verstärkung der Darmbewegungen auf, doch zeigten drei Thiere die Natronreaction nun stärker als vorher, jedoch immer noch ein gut Theil schwächer als diese Reaction bei normal warmen Thieren nach Splanchnicusdurchtrennung zu beobachten ist. Von einem erhöhten Erregungszustande der Nn. splanchnici bei den genannten Temperaturen war also nichts zu bemerken. Auch bei stärkeren Graden der Abkühlung trat nach

Splanchnicusdurchreissung mehrmals eine geringe Verstärkung der Natronreaction auf; ob als blosser Folge der gleichzeitig erscheinenden Hyperämie des Darmtractus, die noch bei 22° recht ausgeprägt war, mag hier unentschieden bleiben.

Es scheinen mithin die für die Peristaltik wichtigen Apparate von der durch die Kälte verursachten Lähmung ziemlich gleichmässig betroffen zu werden. Speciell wird die Erregbarkeit sowohl der glatten Musculatur als der Nerven des Darms in geringerem oder höherem Grade herabgesetzt; die Muskeln bleiben erregbar, reagiren jedoch langsamer als in der Norm; die Nerven können völlig unerregbar sein, bei noch vorhandener Erregbarkeit ist die Fortpflanzung des Reizes in ihnen verlangsamt. Gegen diese letztere Behauptung dürfte kaum der Einwand erhoben werden, dass das langsame Weiterschreiten der Contraction lediglich durch die trägere Thätigkeit der Muskelfasern bedingt sei; ausserdem ist für die motorischen Nerven der Skelettmuskeln die Verlangsamung der Leitung durch Kälte seit lange erwiesen (Helmholtz²¹, L. Hermann²², Steiner²³)*).

2. Versuchsreihe. Zur Controlirung und Vervollständigung der in der 1. Versuchsreihe gewonnenen Ergebnisse wurde eine weitere Reihe von Versuchen angestellt, in denen die Kälte auf einzelne Darmschlingen, theils am normal temperirten, im warmen Kochsalzbade befindlichen Thiere, theils auf abgeschnittene Darm-

*) Wie erwähnt, wird nach der Angabe Horvath's⁶ die glatte Musculatur durch die Kälte bedeutend früher paralysirt als die quergestreifte. Eine genauere Untersuchung der Skelettmuskeln und ihrer Nerven habe ich nicht vorgenommen, sondern bloss bei den meisten Versuchsthiere am Ende des Versuchs den Ischiadicus und einzelne seiner Muskeln faradisch gereizt und habe dabei die vorliegenden spärlichen Erfahrungen (Horvath²⁴, O. Israël²⁵, Hoppe-Seyler²⁶, Grützner²⁷) bestätigen können: etwa von 15° an abwärts war der Ischiadicus für starke faradische Ströme unerregbar, wogegen die Muskeln schwächer als normal, doch noch ziemlich kräftig, sich zusammenzogen. Weiter abwärts wurde die directe musculäre Erregbarkeit immer schwächer und die Contraction war ähnlich derjenigen der glatten Muskeln, indem sie langsamer sich ausbildete und nach Aufhören des Reizes langsam verschwand; bei 7,6° war sie unendlich. Die Erregbarkeit der quergestreiften Musculatur erhält sich hiernach also nicht länger als die der glatten Muskeln.

stücke, applicirt wurde. Schon Horvath⁵ hatte ähnlich experimentirt und dabei das gleiche Resultat wie bei allgemein abgekühlten Thieren — Unerregbarkeit des Darms bei Temperaturen unter 19° — erhalten. Fubini und Luzzati²⁸ beobachteten bei localer Application der Kälte auf einzelne Darmschlingen Verlangsamung und bisweilen sogar gänzliche Unterdrückung der Darmbewegungen. Legros und Onimus²⁹ dagegen berichten, dass dabei die Peristaltik in einen Contracturzustand übergehe, und bekannt ist die Angabe von F. A. Falck³⁰, dass Wasserinjectionen in den Mastdarm um so sicherer ausleerend wirken, je mehr ihre Temperatur von der des Darmes differire, also je heisser oder kälter sie seien.

Ich bedaure nun, dass die aus diesen widerspruchsvollen Angaben sich ergebende Frage, wann die Kälte als Reiz und wann sie direct lähmend auf den Darm einwirkt, durch meine Versuche nicht beantwortet wird. Aber diese Frage lag nicht in meinem eigentlichen Thema. Ich berichte also kurz, was ich beobachtet habe. Berührt man den Darm (eine halbe bis einige Minuten lang) mit eiskaltem Metall, mit einem dünnwandigen, eine Kältemischung enthaltenden Glasgefäß, mit Eisstückchen, übergiesst man ihn mit kühlem oder kaltem Salzwasser, so sieht man an den von der Kälte getroffenen Darmtheilen die etwa bestehenden Bewegungen verschwinden, Längs- und Ringmuskeln erschlaffen; und dieser Zustand, während dessen auch die Wirkung der künstlichen Reize, ganz wie es oben beschrieben, abgeschwächt oder aufgehoben ist, bleibt bestehen, so lange die kühle Temperatur andauert. Steigt die Temperatur des Darms wieder an, so kehren die Bewegungen zurück und sind dann bisweilen stärker als sie vorher gewesen.

Speciell lag mir daran, die niedrigsten Temperaturen, bei denen die Darmmuskulatur noch erregbar ist, festzustellen. Zu diesem Zweck wurden vom lebenden Thiere Dünndarmstücke abgebunden und abgeschnitten, nach Aufhören der durch den Reiz der Abtrennung verursachten Contraction in niedrig temperirte physiologische Kochsalzlösung (400 bis 600 ccm) gebracht und hier nach 4 bis 8 Minuten, nachdem sie die Temperatur der Flüssigkeit angenommen hatten, auf ihre Erregbarkeit geprüft. Zur genauen Feststellung der Temperatur wurde vielfach

das Quecksilbergefäss des Thermometers direct in dem engen Lumen des Darms fixirt, ich glaube also für die Richtigkeit der angegebenen Temperaturen einsehen zu können. Die Benutzung abgetrennter Darmstücke war für den vorliegenden Zweck völlig ausreichend, da solche Stücke auch im warmen Bade ihre Erregbarkeit ziemlich lange behalten, noch nach 15 bis 20 Minuten gute Sodareaction zeigen. Ja, die 20 Minuten und länger erkaltet gewesenen Darmstücke gaben nach dem Wiederwarmwerden diese Reaction von Neuem sehr ausgeprägt, und dies Experiment konnte mehrere Male mit demselben Darmstück gemacht werden.

Es ergab sich nun, dass für starke faradische Ströme die untere Grenze der Contractilität etwa bei 10° sich befand. Dagegen waren mechanische Reize — mässige bis starke Quetschung mittelst Pincette — noch bei viel stärkerer Abkühlung wirksam: erst etwa bei 0° war die glatte Musculatur contractionsunfähig, mitunter blieb schon bei $+1^{\circ}$ die Wirkung aus, andere Male war sie noch bei $-0,5^{\circ}$ vorhanden. Die Contraction war schwächer, insbesondere aber viel träger als normal. Je niedriger die Temperatur, um so später wurde die Contraction sichtbar, um so langsamer erreichte sie ihren Höhepunkt, um so länger — über 20 Minuten lang — blieb sie bestehen. Die Art der Reizung verhindert freilich ein genaues Abmessen ihrer Stärke, nichtsdestoweniger kommt in den folgenden Zahlen die Abhängigkeit des Verlaufs der Contraction, wenigstens des Beginns derselben, von der Temperatur zu deutlichem Ausdruck. Sichtbar nemlich für das blosse Auge wurde die Contraction

bei $+6^{\circ}$ C.	15 Sec.	nach der Reizung,
- $+5^{\circ}$	- 20	- - - -
- $+4^{\circ}$	- 25	- - - -
- $+3^{\circ}$	- 30	- - - -
- $+1,5^{\circ}$	- 45	- - - -
- $+1^{\circ}$	- 45—60	Sec. nach der Reizung.

Zum Schluss fasse ich die wichtigsten Ergebnisse des vorstehenden Aufsatzes kurz zusammen:

Durch eine rasch erfolgende Herabsetzung der Körpertemperatur werden, wie die andern aus inneren Reizen entstehenden Bewegungen, so auch die Darmbewegungen allmählich abgeschwächt und verlangsamt. Noch bei 28° bis 26° jedoch können

sie nach Ausbreitung und Schnelligkeit den Anblick normalen Verhaltens darbieten und selbst bei Abkühlungen bis auf 7,6° sind sie, bei bereits fehlender Athmung und unmerklicher Herzaction, noch in einzelnen Darmabschnitten wahrzunehmen.

Zu Stande kommt diese Lähmung wesentlich durch die Beeinflussung der in den Darmwandungen befindlichen Substrate der Bewegungen, der nervösen und musculären Apparate daselbst, welche ihren Wärmevorrath theils durch directe Leitung theils durch den Blutstrom verlieren und gleichzeitig an Erregbarkeit einbüßen. In den motorischen Nervenapparaten des Darms erhält sich die Erregbarkeit ungefähr so lange, als noch spontane Darmbewegungen zu bemerken sind, mit zunehmender Lähmung wird dabei die nervöse Leitung beträchtlich verlangsamt. An der glatten Musculatur lässt sich die Erregbarkeit viel länger, bis 0° herab, nachweisen und durch starke mechanische Reize eine sehr träge verlaufende Zusammenziehung hervorrufen.

L i t e r a t u r.

1. Reinhard, Berl. klin. Wochenschrift. 1884. No. 34.
2. Cl. Bernard, Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux. Paris 1858. T. II. p. 363.
3. Walther, Dieses Archiv Bd. 25.
4. Horvath, Wiener med. Wochenschrift. 1870. No. 32.
5. Horvath, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. No. 38—42.
6. Horvath, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. XII. 1876.
7. Cohnheim, Allgem. Pathol. Bd. II. Berlin 1880. S. 477.
8. Nasaroff, Dieses Archiv Bd. 90.
9. Loewenhardt, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. 25. 1868.
10. van Braam-Houckgeest, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. VI. 1872.
11. Nothnagel, Dieses Archiv Bd. 88.
12. Floël, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. XXXV. 1885.
13. Nothnagel, Beiträge zur Physiol. u. Pathol. des Darms. Berlin 1884. S. 43.
14. Schillbach, Dieses Archiv Bd. 109.
15. Engelmann, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. II. 1869.
16. Afanasieff, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 691.
17. Efron, Pflüger's Archiv f. Physiologie. Bd. II. 1869.
18. Nothnagel, Dieses Archiv Bd. 89.
19. Bokai, Archiv f. experim. Path. u. Pharmak. Bd. 23. 1887.
20. Ott, citirt nach Hofmann-Schwalbe's Bericht über Anatom. und Physiol. f. das Jahr 1884.

21. Helmholtz, Archiv f. Anat., Physiol. u. wissensch. Med. 1850.
22. L. Hermann, Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. XVIII.
23. Steiner, Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1883. Suppl.-Bd.
24. Horvath, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. No. 34.
25. O. Israëli, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877.
26. Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie. Th. I. Berlin 1877. S. 17.
27. Grützner, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. XVII. 1878.
28. Fubini und Luzzati, Moleschott's Unters. z. Naturlehre. Bd XIII. 1882.
29. Legros et Onimus, Journal de l'Anatomie et de la Physiol. 1869. VI. Année.
30. F. A. Falck, Zeitschrift f. Biologie. Bd. IX. 1873.

IV.

Ueber hyaline Veränderungen der Haut durch Erfrierungen.

(Aus dem pathologischen Institut in Strassburg.)

Von Dr. H. Kriege,

Assistenzarzt an der medicinischen Klinik.

Die Veränderungen der Gewebe, welche man durch Erfrierungen derselben hervorrufen kann, sind meines Wissens histologisch bisher noch nicht genauer verfolgt worden. Samuel¹⁾ und Cohnheim²⁾ haben zwar schon im Anfang der siebenziger Jahre, bei Gelegenheit ihrer Studien über die Entzündung, Experimente der Art angestellt und genaue, zutreffende Schilderungen dieser Vorgänge, soweit sie makroskopisch erkennbar sind, gegeben. Cohnheim hat die Kaninchenohren, die er der Erfrierung ausgesetzt hatte, auch mikroskopisch untersucht (a. a. O. S. 55). Aber diese Untersuchung ist eine sehr summarische und erstreckt sich z. B. nicht auf die Veränderungen, welche an den Gefässen Platz greifen. Auch die partiellen Gewebnekrosen werden nur einfach registrirt. Es musste daher von Interesse

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 43. S. 552.

²⁾ Neue Untersuchungen über die Entzündung. Berlin 1873.