

XI.

Aus dem Pharmakologischen Institut der medizinischen Fakultät zu
Nagasaki, Japan.

(Direktor: Prof. Dr. M. Akamatsu.)

Pharmakologische und physiologische Studien über die Schweißzentren.

II. Mitteilung: Über den Einfluß der direkten mechanischen,
thermischen und elektrischen Reizung auf die Schweiß-
sowie Wärmezentren.

Von

Dr. Bun-ichi Hasama.

(Mit 1 Abbildung.)

(Eingegangen am 17. IX. 1929.)

Der Mechanismus der zentralen Wärmeregulation ist zu wiederholten Malen Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen, ohne daß die verschiedenen Autoren zu einer ganz einheitlichen Meinung gelangt wären. Die meisten der auf diesem Gebiete vertretenen Ansichten haben sich allgemeine Geltung nicht verschaffen können. Die genaue anatomische Bestimmung der Wärmezentren ist — vieler darauf verwandten Mühe ungeachtet — noch nicht restlos gelungen. Hinsichtlich der Lokalisation der Wärmezentren stehen sich gegenwärtig zwei verschiedene Behauptungen gegenüber. Sachs und Aronson (1), die durch Verletzung der Streifenhügel speziell des Schwanzkerns mit großer Regelmäßigkeit Temperatursteigerungen erzeugen konnten, lokalisierten die Wärmezentren im Corpus striatum. Andererseits kommen aber Krehl, Isenschmid und Schnitzler (2, 3) auf Grund ihrer systematischen umfangreichen Ausschaltungsversuche der verschiedenen Hirnteile zu dem Schluß, daß die für die Wärmeregulation wichtigen Teile ventral und median in der mittleren und kaudalen Gegend des Zwischenhirns und besonders im Tuber cinereum liegen. Während früher bekanntlich das Corpus striatum und besonders der Schwanzkern für den Ort galten, von dem aus am leichtesten und am konstantesten Wärmestichhyperthermie zu erzielen sei, ist durch neuere Arbeiten erwiesen worden, daß

man durch Einstich in die Thalami optici ebenso konstant eine höhere Temperatursteigerung erzielen kann. Trotz dieser zahlreichen Beobachtungen kann die Frage, worauf die Wärmestichhyperthermie beruht, bisher als ungelöst gelten.

Jacobj (4) ist wegen des starken Einflusses, welchen in den dritten Ventrikel eingeführte Medikamente auf die Körpertemperatur haben, zu der Ansicht gelangt, daß die unmittelbar dem dritten Ventrikel anliegenden Hirnteile für die Wärmeregulation besonders bedeutungsvoll sind. Auf Grund seiner Experimente und Beobachtungen behauptete er, daß das Auftreten oder Fehlen der Wärmestichhyperthermie in erster Linie davon abhängt, ob auf die Wände der dritten Ventrikel irgendwo ein Reiz ausgeübt wird oder nicht. Isenschmid und Schnitzler (2) vermuteten, daß jener Teil des Vorderhirns Impulse entsende, welche für die Wärmeregulation nicht unwichtig sind und vielleicht dem Tuber cinereum zugeleitet werden. Sie teilten ferner mit, daß im Vergleich zum Tuber cinereum die Bedeutung aller anderen Teile des Zentralnervensystems, speziell des Vorderhirns, für die Wärmeregulation eine geringe, untergeordnete ist, denn sie fanden, daß ein Tier ohne Vorderhirn, Streifenhügel und Großhirnhemisphären seine Körpertemperatur ebensogut wie ein normales reguliert, während bei operativer Ausschaltung des Tuber cinereum das Wärmeregulationsvermögen vernichtet wird. Trotz der großen Fortschritte, die während der letzten Jahrzehnte in der Erforschung der zentralen Wärmeregulation gemacht worden sind, klaffen noch zahlreiche Lücken in unserer Kenntnis von dem Einfluß des Zentralnervensystems auf die Schweißsekretion. Nach den Arbeiten der jüngsten Zeit kann man wohl als festgestellt betrachten, daß im Gehirn ein Zentrum liegt, das die Schweißsekretion beherrscht. Seitdem zuerst Karplus und Kreidl (5) und dann auch Winkler (6) gezeigt haben, daß ein solches Schweißzentrum in der Regio subthalamica liegt, deren elektrische Reizung bei der Katze eine profuse Schweißsekretion an den vier Pfoten hervorbringt, stellt die Frage, von wo die Kontrolle der Schweißsekretion ausgeht, und wie sie funktioniert, ein interessantes und wichtiges Problem dar. Die oben erwähnten Versuchsergebnisse sprechen dafür, daß das Zwischenhirn für die Wärmeregulation wie auch für die Schweißsekretion eine bedeutungsvolle Rolle spielt. Durch meine früheren Versuche (12) mit intrazerebraler Injektion von Krampfgiften konnte ebenfalls eine bemerkenswerte Beziehung einer bestimmten Stelle der Regio subthalamica zur Wärmeregulation sowie zur Schweißsekretion festgestellt werden. Bisher ist hauptsächlich versucht worden, das Wärmezentrum

durch Anwendung der Ausschaltungsmethode aufzufinden, während Reizversuche, bei unversehrtem Gehirn die Lokalisation der Wärmerezentren festzustellen, bisher wenig angewandt wurden. Zur näheren anatomischen Bestimmung der Zentren der Wärmeregulation sowie der Schweißsekretion im Zwischenhirn sind weitere Untersuchungen mit feineren mechanischen Reizungen des Zwischenhirns notwendig, besonders müßte die Reizung des Tuber cinereum und seiner nächsten Umgebung versucht werden. Alle Verfahren, welche durch das Großhirn hindurch die basal gelegenen Gebilde angreifen, sind insofern wenig befriedigend, als man dabei die Großhirnhemisphären und die Ammonshörner in mehr oder weniger großem Umfange verletzt. Bei einer operativen Technik ähnlich derjenigen, welche Karplus und Kreidl (5) bei ihren Reizversuchen in dieser Gegend angewandt haben, wird dies vermieden.

Ich habe deshalb versucht, bei unversehrtem Gehirn zu operieren, d. h. die intakte Hemisphäre seitlich so weit von der Schädelbasis abzuheben, daß das Zwischenhirn von unten zugänglich wird. Der gegenwärtige Versuch gilt in erster Linie der Frage, ob die direkte mechanische bzw. elektrische Reizung der Regio subthalamica mit einer feineren Nadel oder Elektrode einen bestimmten Einfluß auf Körpertemperatur und Schweißsekretion ausübe. In weiterer Verfolgung des Versuchs wurde die Wirkung der thermischen Reizung der Regio subthalamica auf Körpertemperatur und Schweißsekretion untersucht. Die Versuchsergebnisse Barbours (7) wie Hashimotos (8) lehren, daß die Bluttemperatur mit ihrer von der normalen nach oben oder unten abweichenden Differenz der adäquate physiologische Erreger für die Wärmerezentren ist. Bisher ist jedoch der Einfluß kalorischer Reizung auf das Corpus striatum hauptsächlich und in ausführlicher Weise bei verletztem Gehirn untersucht worden. Ferner ist von Kahn (9) festgestellt worden, daß die Steigerung der Bluttemperatur einen adäquaten Reiz auf die Schweißzentren ausübt. Bei der Durchsicht der bisherigen Literatur finden wir jedoch keinen Versuch, die Temperatur der Schweißzentren unmittelbar zu beeinflussen. In meinem Versuche wurden verschiedene Teile der Regio subthalamica mittels einer feinen Thermode unabhängig vom Blutstrom unmittelbar erwärmt oder abgekühlt, um einerseits die physiologische Funktion der Wärme- und Schweißzentren zu beobachten, und andererseits damit die genaue Lokalisation beider Zentren zu bestimmen, denn meines Wissens sind derartige Reizversuche der Regio subthalamica bei unversehrtem Gehirn bisher nicht angestellt worden.

Methodik.

Zu den Versuchen wurden erwachsene mittelgroße Katzen bei normaler Ernährung verwendet. Weiter nahm ich nur Katzen mit weichen, nicht merklich verhornten Fußsohlen. Man kann bei diesen Tieren die Schweißsekretion an den Fußsohlen besser beobachten. Vorerst wurde an den Tieren geprüft, ob sie überhaupt zu Schweißversuchen geeignet sind, indem sämtliche Katzen, die zu den Versuchen verwandt wurden, zuerst einem Pilokarpinversuch unterworfen wurden. Gelegentlich findet man Katzen, die auf Pilokarpin mit keiner für das Auge wahrnehmbaren Schweißsekretion reagieren. Ich benutzte nur die Katzen, welche die positive Pilokarpinreaktion zeigten. Sie wurden unter möglichst gleichen äußeren Temperaturverhältnissen während jedes einzelnen Versuches gehalten. Die Versuche wurden an insgesamt 253 Katzen in den Monaten von Mai bis Juli ausgeführt. Die Zimmertemperatur während der Versuche betrug meist 21—30° C. Die Körpertemperatur wurde gemessen, indem man einen Thermometer der aufgebundenen Katze bis auf etwa 4 cm ins Rektum einführte. Die normale Temperatur der Katze ist bei verschiedenen Bedingungen individuell sehr verschieden. Bei den in den Monaten von April bis Juli beobachteten Katzen variierte bei normaler Ernährung die gewöhnliche Temperatur zwischen 37,4—38,3° C. Die höchste Temperatur war 38,9° C und die tiefste 36,5° C. Die Beobachtung der Schweißsekretion geschah stets an den Fußsohlen der beiden hinteren Extremitäten, und die Messung der Schweißmenge wurde nach Burnschem (10) Prinzip ausgeführt. Zwecks Messung der Schweißmenge wurde der Schweiß mit einem etwa 100 mg wiegenden Saugpapierchen aufgesogen, indem letzteres über die ganze Fußballen- und Zehenballenoberfläche gestrichen wurde. Nachdem das Papierchen den Schweiß aufgesogen hatte, wurde es mittels einer Torsionswaage möglichst schnell gewogen, um eine Verdunstung des Schweißes zu vermeiden.

Die Untersuchung der Schweißsekretion wurde alle 5 Minuten vorgenommen. Um die isolierte direkte Reizung der Regio subthalamica auszuführen, sind alle Verfahren, welche durch die Großhirnhemisphäre hindurch die basal gelegenen Gebilde angreifen, insofern wenig befriedigend, als dabei die Großhirnhemisphären und Ammonshörner stets mehr oder weniger verletzt werden. Ich habe dies vermieden, indem ich, nach Karplus und Kreidl (5), die intakte Hemisphäre seitlich so weit von der Schädelbasis abhob, daß das Zwischenhirn von unten zugänglich wurde. Die von Karplus und Kreidl angewandte Methode, an die Zwischenhirnbasis heranzukommen, besteht darin, daß man die Seitenwand des Schädeldaches in der Temporalgegend in möglichst weitem Umfange öffnet, die störenden Weichteile mit einer Schere entfernt und nach Entfernung der Dura die Schläfenlappenspitze mit einem geeigneten Spatel vorsichtig nach unten und außen zieht und die Hemisphäre von der Schädelbasis ablöst. Man gewinnt so einen klaren Überblick über die Hirnbasis. Es gelingt auf diese Weise, das Chiasma des Sehnerven, Tubercinerum und Infundibulum sichtbar und zugänglich zu machen. Anfänglich wurde das Tier auf dem Rücken liegend festgehalten, so daß das Schädeldach nach unten gerichtet war. Diese Operation wurde unter leichter Äthernarkose und streng aseptisch ausgeführt. Nachdem die Manipulationen an der Regio subthalamica beendet waren, wurde die Kopfhaut angenäht. Die Katze kann

diese Operation gut ertragen und zeigt hierbei in der Regel keine sichtbaren Störungen in ihrem Verhalten. Die so operierten Tiere lebten gewöhnlich länger als 10 Tage nach der Operation. Die meisten Katzen fraßen nach der Operation mit gutem Appetit. Zwecks der mechanischen Reizung wurde der Stich in die Hirnsubstanz etwa 3 mm tief senkrecht ausgeführt. Den Stich machte ich mit einer feineren Nadel unter gleichzeitiger Kontrolle der Stichstelle. Sofort nach dem Einstich wurde die Nadel herausgezogen. Stets wurde im Anschluß an die Versuche die Untersuchung der Stichstelle am Gehirn ausgeführt, indem direkt nach dem Versuche die Tiere abgetötet, das Gehirn in toto herausgenommen und in Formalinlösung fixiert wurde. Um den feinen Stichkanal der Nadel dabei wieder zu finden, wurde diese vor dem Stich mit Tusche bestrichen. Um die Zwischenhirnbasis direkt zu erwärmen oder abzukühlen, habe ich nach dem Barbourschen (7) Prinzip ein dünnwandiges Doppelmetallröhrchen benutzt, durch welches man heißes wie kaltes Wasser beliebig strömen lassen kann. Die Metallröhrchenspitze, deren Weite etwa 2 mm beträgt, wurde ohne Gewalt an der gewünschten Gegend der Regio subthalamica in den meisten Fällen 30 Minuten lang angesetzt. Die eine Öffnung des Metallröhrchens wurde durch einen Gummischlauch mit einer großen Flasche Wasser verbunden. Die andere Öffnung wurde ebenfalls mit einem Gummischlauch verbunden, der zum Ausfließen des Wassers diente. Die Flasche mit Wasser wurde auf einen Dreifuß in etwas höherer Lage als der Kopf des Tieres gesetzt, und die Temperatur des Wassers wurde durch eine Flamme geregelt. Das heiße Wasser wurde gewöhnlich bei einer Temperatur von 48—52° C appliziert und in dem oberen Gefäß gemessen; bevor das Wasser in den Kopf des Tieres eintrat, verloren sich gewöhnlich 2° C, so daß die Hitze, welche in die Zentren gebracht wurde, in der Regel 46—50° C betrug. Als kalte Reizung wurde Eiswasser verwendet und dieses erreichte das Gehirn gewöhnlich bei 5—8° C. Man ließ je nach Bedarf mit kaltem oder heißem Wasser durch das ganze System bei einer Geschwindigkeit von 35—40 cem pro Minute fließen. Bei elektrischer Reizung führte ich die Reizung an verschiedenen Stellen mit dem Induktionsstrom aus, indem ich das Du Bois-Reymondsche Schritteninduktorium und Platinelektrode benutzte.

Versuchsergebnisse.

1. Der Einfluß direkter mechanischer Reizung der verschiedenen Gegenden der Regio subthalamica auf die Körpertemperatur und die Schweißsekretion.

Die Versuchsergebnisse von Jacobj und Römer (4), die bei Verletzung der Wände des dritten Ventrikels und Einführung von Reizmitteln in den dritten Ventrikel eine Temperatursteigerung fanden, sind nach ihnen so zu erklären, daß hierbei eine Reizung des naheliegenden Wärmezentrums stattfand. Insbesondere spricht die Tatsache, daß die Einführung von Quecksilber in das Infundibulum zu einer sehr starken, lange anhaltenden Hyperthermie führte, dafür, daß das Wärmezentrum in der naheliegenden Wand des Tuber cinereum liegt. Sie behaupteten,

daß die Wärmestichhyperthermie in erster Linie von dem Reiz abhängt, der auf die Wände der Ventrikel ausgeübt wird. Handelt es sich tatsächlich um eine thermogenetische Stelle, so scheint es mir wahrscheinlich, daß sie auf einen Einstich mit Temperatursteigerung reagiert. Um die Richtigkeit dieser Hypothese experimentell festzustellen, wurden die vorliegenden Versuche ausgeführt. Die Regio subthalamica läßt bei der Katze auf den ersten Blick drei Teile erkennen: Vorn liegt die Kreuzung der Sehnerven, unmittelbar hinter ihr springen das Infundibulum mit Hirnanhang sowie das Tuber cinereum vor und dahinter liegt das Corpus mammillare, das bei diesem Tiere wie beim Menschen in zwei Hälften geteilt ist und paarige halbkugelig vorspringende Körper bildet. Entsprechend ihrer Lage führte ich die mechanische Reizung an den drei genannten Gebilden aus.

a) Reizung des Tuber cinereum.

Schon früher hat Ott (11) darauf hingewiesen, daß durch Reizung an der Basis des Zwischenhirns, speziell des Tuber cinereum, eine stärkere Beeinflussung der Körpertemperatur als an anderen Stellen des Zentralnervensystems zu erzielen ist. Weitere Untersuchungen von Isenschmid und Schnitzler (2) mit der Fragestellung, an welchen Stellen kleinste Verletzungen die Wärmeregulation völlig aufheben, ergaben, daß das Regulationsvermögen in dem Tuber cinereum zu lokalisieren ist, und zwar möglicherweise in den vorderen Teilen und einer Gegend, die ein bis mehrere Millimeter von der Mittellinie entfernt ist. In meinen eigenen Versuchen (12) ist mir ebenfalls der Nachweis gelungen, daß die intrazerebrale Injektion der Krampfgifte in die Periinfundibulargegend eine intensive Temperatursenkung zur Folge hat, während bei dieser Injektion an anderen Stellen die Temperatur fast unverändert blieb. Das Tuber cinereum besteht im wesentlichen aus grauer nervenzellenhaltiger Substanz. Sein Lumen bildet die ventrale Aussackung des dritten Ventrikels. Nach der operativen Freilegung der Hirnbasis erfolgt gewöhnlich eine vorübergehende Temperatursenkung, deren Dauer und Tiefe von zahlreichen Faktoren abhängig ist, unter anderem von der Dauer der Narkose, der Temperatur des Zimmers und des Operationstisches sowie auch von dem Grade des sogenannten Shocks. Um eine starke Abkühlung des operierten Tieres zu vermeiden, wurde dasselbe zeitweise sofort nach der Operation im Wärmeschrank, wo die Temperatur 25° bis 30° C betrug, warm gehalten. Nachdem die Temperatur zu ihrem Anfangsgrade ganz oder fast ganz zurückgekehrt war, was meist innerhalb von 2—3 Stunden nach der Operation der Fall war, wurde der Ein-

stich in verschiedene Gegenden gemacht. Beim Einstich zeigte das Tier geringe Unruhe oder Abwehrbewegung.

Von den Isenschmid und Schnitzlerschen Angaben (2) ausgehend, führte ich zuerst den Einstich in die Mittellinie aus, ohne daß dabei bedeutende Temperatursteigerung erzielt wurde. Im Anschluß an den Einstich in eine Gegend, die von der Mittellinie 1—3 mm lateral entfernt gelegen ist, trat dagegen, wie erwartet, eine intensive Temperatursteigerung auf. Nach dem Einstich geht gewöhnlich die Temperaturkurve ziemlich scharf in die Höhe, das Maximum nach etwa 2 Stunden erreichend. Die Temperatur sinkt aber meistens innerhalb von 8 Stunden, vom Beginn des Stiches gerechnet, auf die anfängliche Höhe. 12 Versuche, welche in den Monaten April und Mai gemacht wurden, erzielten, wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, eine durchschnittliche Erhöhung von 2° C über der Anfangstemperatur. Die Dauer der Temperatursteigerung ist in diesem Fall kürzer als die der Wärmestichhyperthermie beim Kaninchen. Im Anschluß an den Einstich kommen auch Pupillendilatation sowie Gefäßkontraktion der Ohrklappen zur Erscheinung, die an die Sympathikusreizung erinnern. Diese Erscheinungen dauern etwa 3 Stunden und pflegen innerhalb 5 Stunden ganz zu verschwinden. Obgleich das Tuber cinereum auf die mechanische Reizung mit bedeutender Temperatursteigerung reagierte, war eine schweißtreibende Wirkung nicht zu beobachten. Diese Ergebnisse sprechen dafür, daß die mechanische Reizung für die Wärmezentren eine adäquate Ursache der Fiebersteigerung, für die Schweißzentren dagegen kein adäquater Reiz ist. Ich habe noch weitere Versuche unternommen, in der Absicht, genauer festzustellen, wie weit die thermogenetisch wirkende Gegend lateral ausgedehnt ist. Der Stich an den von der Mittellinie 4 mm lateral entfernt liegenden Teilen ruft auch Temperatursteigerung hervor. Diese ist jedoch weniger deutlich und kürzer als diejenige, die bei der Reizung der vorigen Stelle eintrat. Wenn man aber den Stich in die von der Mittellinie etwa 5 mm lateralwärts gelegenen Teile ausführt, so tritt keine bedeutende Temperaturveränderung mehr ein. Das Untersuchungsprotokoll ist auf S. 136 tabellarisch zusammengestellt.

Betrachten wir nun an der Hand der Protokolle die einzelnen Versuche, so können wir trotz der individuellen Differenzen folgende gemeinsame Punkte erkennen. Die Gegend des Tuber cinereum, soweit sie nicht mehr als etwa 4 mm von der Mittellinie lateral entfernt liegt, stellt eine thermogenetische Stelle dar, während der Einstich in den Teil, der von der Mittellinie nicht weniger als 1 mm und nicht mehr

Tabelle 1.
Ergebnisse beim Nadelstich in die verschiedenen Gegenden des Tuber cinereum.

Stichstelle	Mittellinie		Lateral von der Mittellinie																					
	1 mm					2 mm			3 mm			4 mm			5 mm									
Versuch Nr. . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Körpergewicht in g	2370	2600	2100	2570	1980	3000	2200	2350	2250	2400	1970	2100	2580	1900	1890	2470	2850	1990	2100	2130	2270	2800	1990	2130
Geschlecht . . .	♂	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♂	♂	♂	♂	♀	♀	♂	♂	♂	♀	♀	♂	♀
Zimmertempera- tur in ° C . . .	20 bis 22	19 bis 21	18 bis 19	21 bis 23	23 bis 26	20 bis 22	19 bis 20	22 bis 24	20 bis 22	20 bis 23	22 bis 25	20 bis 22	18 bis 19	17 bis 18	22 bis 24	20 bis 23	21 bis 24	19 bis 22	20 bis 22	21 bis 23	20 bis 22	21 bis 23	20 bis 22	22 bis 25
Steigerung der Körpertempe- ratur in ° C . .	0,8	1,0	0,6	1,1	1,9	2,3	2,1	1,7	2,0	1,5	1,9	2,6	2,1	2,0	1,8	1,9	0,9	1,2	0,9	0,6	0,2	—	—	0,2
Dauer d. Steige- rung in Stun- den	5	3	2	4,5	7,5	8,5	9	7	6,5	8	9	9,5	8	7	7,5	8,5	5,5	6	4	3	1	—	—	0,5

als 3 mm lateral entfernt gelegen ist, den bedeutendsten Erfolg bringt. Je weiter der Stich von dieser Region medial wie auch lateral entfernt geschieht, um so geringer ist sein Erfolg.

b) Reizung des Infundibulum.

Nach den bisherigen Beobachtungen der Krehlschen Schule steht fest, daß der Querschnitt vor dem Infundibulum bzw. dem Tuber cinereum die Wärmeregulation nicht wesentlich beeinträchtigt, dagegen der durch diese Gehirnteile und kaudal von ihnen geführte Querschnitt die Wärmeregulation immer vollständig aufhebt. Durch diese Versuche wurde bewiesen, daß nicht nur das Tuber cinereum, sondern auch das Infundibulum für die Wärmeregulation von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die vorliegende Versuchsreihe gilt der Frage, ob das Tuber cinereum oder das Infundibulum thermogenetisch stärker wirkt. Ich führte den Stich zunächst vorsichtig am Infundibulum allein aus, ohne das unmittelbar benachbart gelegene Tuber cinereum mit zu verletzen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe sind in der Tabelle 2 (s. S. 138) verzeichnet.

Blickt man auf die in der Tabelle eingetragenen Resultate, so fällt auf, daß nach dem Einstich die Temperatur eine rapide starke Steigerung erfährt. Die Körpertemperatur beginnt schon nach 30 Minuten anzusteigen, erreicht innerhalb 2 Stunden nach dem Einstich ihr Maximum, um dann allmählich zur ursprünglichen Höhe zurückzukehren, was meist nach 7—8 Stunden der Fall war. Vier Versuche ergaben eine durchschnittliche Steigerung von $2,1^{\circ}\text{C}$ über die Anfangstemperatur. Wenn man die höchste Temperatursteigerung in diesem Falle mit derjenigen beim Einstich in das Tuber cinereum vergleicht, so beobachtet man keine deutliche Differenz. Dieses Verfahren bewirkt außerdem auch keine Steigerung der Schweißsekretion. Man beobachtet jedoch Pupillendilatation sowie Gefäßkontraktion der Ohrklappen. Die weitere Untersuchung ergab, daß die Partie in der Höhe des Infundibulum, soweit sie von demselben nicht mehr als 3 mm lateral entfernt liegt, auf den Einstich mit Temperatursteigerung reagiert, und daß die thermogenetische Wirkung um so schwächer wird, je weiter entfernt von dem Infundibulum der Einstich erfolgt.

c) Reizung des Corpus mammillare.

Wie schon erwähnt, haben Isenschmid und Schnitzler (2) bestätigt, daß der Querschnitt kaudal vom Tuber cinereum vollständiges Aufheben der Wärmeregulation zur Folge hat. Auf Grund dieser Beob-

Tabelle 2.
Ergebnisse beim Nadelstich in die verschiedenen Gegenden des Infundibulum.

Stichstelle	Dem Infundibulum am nächstbenachbart	Lateral von dem Infundibulum																		
		1 mm					3 mm					4 mm								
Versuch Nr. . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Körpergewicht in g	1990	2650	2360	1980	1780	2550	2370	2600	2180	2570	2800	2670	2470	2380	2370	2500	2430	2000	2170	2230
Geschlecht . . .	♂	♂	♂	♀	♂	♀	♀	♂	♂	♂	♀	♀	♂	♀	♂	♂	♂	♀	♀	♂
Zimmertempera- tur in ° C . . .	20 bis 23	22 bis 24	23 bis 25	21 bis 23	20 bis 23	19 bis 22	18 bis 21	21 bis 22	18 bis 21	17 bis 19	19 bis 21	16 bis 18	20 bis 23	21 bis 24	22 bis 24	20 bis 22	18 bis 19	21 bis 22	22 bis 24	20 bis 23
Steigerung der Körpertempe- ratur in ° C . .	1,8	2,5	2,3	1,9	1,6	2,0	1,8	1,9	1,6	1,5	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,8	—	0,2	0,3	—
Dauer d. Steige- rung in Stun- den	8	8,5	9,5	7,5	7,5	8,5	7,5	8	6,5	6	5	5,5	2	2	3	2,5	—	0,5	1,5	—

Tabelle 3.
Ergebnisse beim Nadelstich in die verschiedenen Gegenden des Corpus mammillare.

Stichstelle	Mittellinie		Lateral von der Mittellinie																					
	1 mm			2 mm			3 mm			4 mm			5 mm											
Versuch Nr. . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Körpergewicht in g	1900	2210	2000	1890	1970	2400	2630	2270	2350	2290	2630	2200	2000	1970	1890	2200	2100	1900	2480	2500	2380	2290	1980	2100
Geschlecht . . .	♂	♀	♂	♂	♀	♂	♀	♂	♂	♀	♂	♂	♂	♀	♂	♀	♀	♂	♀	♀	♂	♀	♂	♂
Zimmertempera- tur in ° C . . .	23	22	20	22	23	22	22	21	22	23	23	22	22	23	24	25	24	22	23	22	23	22	21	22
	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis
	25	25	22	25	24	25	25	23	25	25	26	25	25	24	27	27	27	25	26	25	26	25	23	25
Steigerung der Körpertempe- ratur in ° C . .	0,5	0,8	0,3	0,6	1,5	1,7	0,9	0,8	1,1	1,3	1,7	1,2	1,5	1,0	0,9	0,8	0,3	0,4	0,1	0,5	—	—	0,2	0,2
Dauer d. Steige- rung in Stun- den	1,5	2,5	2	1,5	4,5	5,5	3	4	4,5	5	5,5	3,5	4	4	5,5	3,5	2	2	0,5	1,0	—	—	0,5	0,5

achtung nahmen sie an, daß kaudal vom Tuber cinereum kein Teil des Zentralnervensystems liegt, der allein ohne Mitwirkung des Tuber cinereum die Wärmeregulation in nachweisbarer Stärke ausüben könnte. In meiner früheren Arbeit habe ich jedoch darauf hingewiesen, daß die Einführung der Krampfgifte in das Corpus mammillare sowohl wie die Injektion in das Tuber cinereum eine intensive Temperaturherabsetzung zur Folge hat. Um weiter Klarheit darüber zu schaffen, ob das Corpus mammillare auch eine thermogenetisch wirksame Stelle darstellt, wurde hier ebenfalls ein Einstich gemacht. In erster Linie wurde der Stich in der Mittellinie selbst ausgeführt, aber ohne daß bedeutende Temperatursteigerung folgte. Wie die Tabelle 3 zeigt, ist es mir jedoch in der Tat gelungen durch den Einstich in die von der Mittellinie 1 bis 3 mm lateral entfernt liegenden Gegenden einen mäßigen Temperaturanstieg auszulösen. In allen diesen Fällen trat die Temperatursteigerung schon nach 30 Minuten ein und erreichte nach 1—2 Stunden ihr Maximum, welches durchschnittlich $1,2^{\circ}\text{C}$ über der Initialhöhe lag. Die Temperatur kehrte dann allmählich zur ursprünglichen Höhe zurück. In dieser Versuchsreihe sind jedoch die Intensität und Dauer der Temperatursteigerung im Vergleich mit derjenigen beim Einstich in das Tuber cinereum oder das Infundibulum geringer. Auch war bei dieser Versuchsreihe keine deutliche Veränderung der Pupille und der Gefäße der Ohrklappen festzustellen.

Weiterhin konnte beobachtet werden, daß der Einstich, sofern er in die von der Mittellinie nicht mehr als 4 mm lateral entfernt liegenden Teile gemacht wird, immer eine Temperatursteigerung herbeiführt. Die Intensität ist jedoch beim Einstich in die von der Mittellinie 1—3 mm lateral entfernt gelegenen Gegenden am stärksten. Je weiter der Stich von dieser Region medial wie auch lateral entfernt geschieht, um so geringer ist sein Erfolg. Man ist somit berechtigt anzunehmen, daß das Corpus mammillare auch eine thermogenetisch wirksame Stelle darstellt und deshalb einen gewissen Einfluß auf die Wärmeregulation hat, der aber an Stärke hinter dem des Tuber cinereum sowie des Infundibulum zurücksteht.

d) Reizung der vom Corpus mammillare kaudal gelegenen Gegenden.

Meine früheren Versuche haben bereits gezeigt, daß durch intrazerebrale Injektion der Krampfgifte in diese Gegend keine wesentliche Temperaturveränderung zu erzielen ist. Isenschmid und Schnitzler waren ebenfalls der Meinung, daß im Mittelhirn keine für die Wärme-

regulation wichtigen Zentren vorhanden seien, da ein vollständiger Querschnitt durch die mittleren und hinteren Teile des Zwischenhirns die Wärmeregulation völlig aufhebt. Der hintere Rand des Corpus mammillare entspricht der Grenze von Zwischenhirn und Mittelhirn. In der hier vorliegenden Versuchsreihe wurde der Einstich in ähnlicher Weise wie bei den vorher beschriebenen Versuchen an den verschiedenen zwischen dem kaudalen Rande des Corpus mammillare und dem frontalen Rande des Pons gelegenen Partien ausgeführt. Eine erhebliche Änderung der Körpertemperatur stellte sich aber in keinem Fall ein, und zwar gilt dies sowohl für den Einstich in die streng median gelegenen wie auch für den in die weiter lateral gelegenen Teile. Der von mir festgestellte Befund spricht also dafür, daß die vordersten Teile des Mittelhirns keine thermogenetisch wirksame Stelle sind und somit auf den Wärmehaushalt keinen Einfluß ausüben.

e) Reizung der vom Infundibulum frontal liegenden Gegenden.

Isenschmid und Krehl (3) haben bereits nachgewiesen, daß die Zerstörung des vordersten Teils des Zwischenhirns keine Schädigung der Wärmeregulation zur Folge hat. Ferner haben Isenschmid und Schnitzler (2) festgestellt, daß der Teil des Zwischenhirns, welcher über der Sehnervenkreuzung liegt, soweit er frontal vom hinteren Rande des Chiasma gelegen ist, für die Wärmeregulation entbehrlich ist. Meine früheren Versuche (12) haben gezeigt, daß die Injektion der Krampfgifte in die vom Infundibulum frontal gelegenen Teile keine Temperaturschwankung zur Folge hat. Nunmehr habe ich versucht, genauer festzustellen, wie weit die thermogenetisch wirksame Gegend frontal ausgedehnt ist. Zur besseren Einsicht in die Hirnbasis wurden in dieser Versuchsreihe die Sehnerven durchschnitten und beseitigt. Die Versuche ergaben, daß durch Einstich an die vom Infundibulum frontal gelegenen Gegenden, auch wenn man streng median oder lateral sticht, keine wesentliche Temperaturschwankung zu erzielen ist.

2. Die Wirkung direkter Erwärmung bzw. Abkühlung der Regio subthalamica auf die Schweißsekretion und die Körpertemperatur.

Zahlreiche von der Regio subthalamica ausgehende Erregungen äußern sich in einer Beeinflussung sympathisch innervierter Funktionen wie Pupillendilatation, Vasokonstriktion, Schweißsekretion, Temperatursteigerung und Glykogenabbau. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß in der Regio subthalamica außer den Wärmezentren auch die Er-

regungszentren für Schweißsekretion, Gefäßkontraktion, glatte Muskulatur und Stoffwechselforgänge liegen. Was aber die Kenntnis der genauen Lokalisation der einzelnen Funktionen anbelangt, so stehen wir zur Zeit noch in den allerersten Anfängen, und auch die Frage, welchem System die im Zwischenhirn liegenden Zentren zuzuzählen sind, ist noch ungelöst. Bekanntlich schützt sich der Organismus gegen Überhitzung, indem er einerseits durch Erweiterung der Blutgefäße, andererseits durch Verdunstung des reichlich sezernierten Schweißes die Wärmeabgabe verstärkt. Gegen Abkühlung schützt sich der Körper durch Einschränkung der Wärmeabgabe, und zwar durch Verengung der Hautgefäße und Herabsetzung der Schweißsekretion, sodann durch erhöhte Wärmeproduktion. Auf Grund dieser Tatsachen ist es selbstverständlich, daß die Wärmeregulation durch Zentren geschieht, die ihrerseits unter dem Einflusse der Schweiß- sowie Vasomotorenzentren stehen. Von pharmakologischer Seite, insbesondere von H. H. Meyer (13), wurde angegeben, daß die thermoregulatorische Einrichtung der homöothermen Tiere aus zwei verschiedenen aktionsfähigen Zentralapparaten, einem Kühl- und einem Wärmezentrum bestehe, von denen das erstere ein wärmeentbindendes Zentrum mit der Befähigung zum Antrieb der Vasodilatation der Haut, der Schweißdrüsen und der Atmungsfrequenz, und das letztere ein wärmeerzeugendes Zentrum mit der Befähigung zum Antrieb der Stoffwechselforgänge, der Muskelbewegung und der Vasokonstriktion der Haut ist. Ob beide morphologisch trennbar sind, wissen wir nicht, funktionell sind sie es aber wahrscheinlich, insofern sie sich antagonistisch verhalten und dadurch einander balancieren, d. h. kontrollieren und hemmen. Meyer hat ferner angegeben, daß natürlich jede Temperaturschwankung in entgegengesetztem Sinn auf die antagonistischen Zentren wirkt; Erwärmung beruhigt das Wärmezentrum und erregt das Kühlzentrum, Abkühlung wirkt umgekehrt. Vorher hatte Kahn (9) bereits bei Erwärmung des durch die Carotis zum Gehirn strömenden Blutes Vasodilatation der Haut, Schweißsekretion und Wärmedyspnoe, also alle Symptome der physikalischen Reaktion gegen Überhitzung gefunden. Zuleitung von kühlem Blut führte dagegen zu einer Steigerung der Verbrennung in den Muskeln und den inneren Organen, d. h. zur Auslösung der chemischen Wärmeproduktion. Einen weiteren Beweis erbrachten Barbour (7) und Hashimoto (8) durch Einführung feiner Röhren in das Gehirn, durch die sie verschieden temperiertes Wasser leiteten; sie konnten auf diese Weise durch kaltes Wasser die Körpertemperatur erhöhen und durch warmes erniedrigen. Nach diesen Versuchsergebnissen kann man an-

nehmen, daß die Bluttemperatur mit ihrer von der normalen nach oben oder unten abweichenden Differenz der adäquate physiologische Erreger des Wärme- sowie Schweißzentrums ist.

Auf Grund früherer Versuche von Karplus und Kreidl (5) wird die Zwischenhirnbasis als zentraler Erregungsort für Schweißsekretion betrachtet. Die genaue Lokalisation der Schweißzentren ist aber zur Zeit noch nicht gelungen. Was die physiologische Funktion der Schweißzentren anbetrifft, so ist diese bisher wenig beachtet worden. Für die weitere gründliche Erforschung der Schweißzentren dürfte es aber außerordentlich wichtig sein, die physiologische Bedeutung der Schweißzentren für die Wärmeregulation systematisch zu untersuchen. Obgleich der von der Temperatur des Blutes ausgeübte Reiz als adäquate Ursache für die Schwitzung betrachtet wird, ist meines Wissens bisher kein Versuch ausgeführt worden, welcher eine isolierte Erwärmung oder Abkühlung der Regio subthalamica unabhängig vom Blutstrom vorgenommen hätte. Ich habe mir daher in dem vorliegenden Versuche die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, ob die direkte thermische Reizung der Regio subthalamica eine Schweißsekretion hervorbringt. In meiner Versuchsreihe wurde der Einfluß kalorischer Reizung auf das Zwischenhirn allein untersucht und deren Einfluß auf sonstige Hirnteile ausgeschaltet. Nachdem sich die Katze vom Operationsschock erholt hatte und die Temperatur zur initialen Höhe zurückgekehrt war, wurde die Thermospitze vorsichtig 30 Minuten lang an das Tuber cinereum angesetzt. Bei der Durchleitung des heißen Wassers beobachtet man an der Katze öfter leichte Unruhe und Atemfrequenz.

Die Erwärmung (48° — 52° C) des Tuber cinereum hatte, mit den Angaben Hashimotos übereinstimmend, eine Temperaturniedrigung zur Folge. Sonst beobachtete man, wie zu erwarten war, eine bedeutende Schweißsekretion an der gleichseitigen sowie gegenseitigen Fußsohle. Die Schwitzung beginnt nach der Erwärmung, erreicht ihren Maximalpunkt innerhalb 5—10 Minuten und dauert nach dem Aufhören der Erwärmung noch 5—10 Minuten. Gleichzeitig mit der Schweißsekretion sinkt gewöhnlich die Temperaturkurve ziemlich langsam ab und erreicht 20—30 Minuten nach der Erwärmung den tiefsten Punkt. Nach dem Aufhören der Erwärmung kehrt die Temperatur allmählich zur initialen Höhe zurück, was meist nach 30 Minuten der Fall ist. Die Erwärmung wurde fünfmal hintereinander an derselben Stelle vorgenommen und veranlaßte immer reichliches Schwitzen. Die Schweißmenge sowie die Temperatursenkung waren in jedem Falle fast gleich groß. Dieses Verhalten weist zweifellos darauf hin, daß, mit meinen

früheren Angaben übereinstimmend, im Tuber cinereum eine Zentralstelle für Schweißsekretion sowie Wärmeregulation liegt, welche auf Erwärmung mit bedeutender Schweißsekretion sowie mit Temperatursenkung reagiert. In der folgenden Reihe von Versuchen trachtete ich, darüber Klarheit zu schaffen, ob das Tuber cinereum allein das Zentrum für die Erregung der Schweißsekretion sowie der Körpertemperatur darstelle oder ob die gesamte Basis des Zwischenhirns mit der Schweiß-erregung sowie der Körpertemperatur im Zusammenhang stehe. Es wurden zu diesem Zwecke verschiedene Stellen der Regio subthalamica in Intervallen von 1 Stunde erwärmt, um zu erkennen, welche Stelle der Basis bei der Erwärmung die reichlichste Schweißsekretion und Körpertemperatursenkung bewirkt. Zur besseren Übersicht ist das Resultat eines typischen Beispiels in der Tabelle 4 (s. S. 145) verzeichnet worden.

Blickt man nun auf diese, so fällt auf, daß an der Regio subthalamica die auf Erwärmung mit Schweißsekretion sowie Temperatursenkung reagierende Zone liegt, welche vom kaudalen Ende des Corpus mammillare bis zum frontalen Rande des Infundibulum ausgedehnt ist. Die den stärksten Erfolg erzielte Gegend liegt aber von der Mittellinie 1—3 mm lateral entfernt. Je weiter ich von dieser Gegend lateralwärts gegen die Basis des Lobus temporalis kam, desto geringer wurden die Schweißsekretion und Temperatursenkung und endlich gelang es mir, eine Stelle an der Hirnbasis zu finden, von der aus weder die eine noch die andere bewirkt werden konnte. Diese schweißtreibende sowie temperaturerniedrigende Zone ist etwa 4 mm lateral von der Mittellinie ausgedehnt. Es ist bemerkenswert, daß die vom Tuber cinereum sowie Infundibulum ausgelöste Schweißsekretion und Temperatursenkung bedeutender ist als die durch Erwärmung der übrigen Teile der Regio subthalamica veranlaßte. In welcher Reihenfolge auch immer die Erwärmung gemacht wird, wir erhalten stets den gleichen Erfolg. Die Grenze für die Erwärmung der Regio subthalamica, bis zu welcher noch Temperaturerniedrigung und Schweißsekretion erzielt wurde, ist annähernd 42° C. Dieses Verhalten weist zweifellos darauf hin, daß der Wärmereiz auf Schweißzentrum wie auch Wärmezentrum (wenn es erlaubt ist, schon jetzt diesen Ausdruck der Kürze wegen zu gebrauchen) als adäquater physiologischer Erreger zu betrachten ist. Es wurde auch ferner untersucht, ob Kälte an sich ein aktives Reizmittel zur Erhöhung der Temperatur sowie zur Schweißsekretion ist. Unter dem Einfluß von Kälte auf das Tuber cinereum stieg die Temperatur, trat Schweißsekretion ein und kamen auch Pupillendilatation sowie Vaso-

Tabelle 4.

Versuch mit unmittelbarer Erwärmung der verschiedenen Gegenden der Regio subthalamica.
 Katze, 2710 g Gewicht, ♂. Zimmertemperatur 20—22° C.

Stelle der Erwärmung	Vor der Erwärmung	Während der Erwärmung										Nach der Erwärmung						Temperatur- senkung, Summe der Schweißmenge					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20		25	30	35	40	45
Tuber cinereum	37,5	Körpertemperatur in ° C	37,4	37,1	37,0	36,8	36,7	36,5	36,5	36,3	36,3	36,3	36,4	36,7	37,1	37,2	37,4	1,2					
		Schweiß- menge in mg	5	6	7	8	7	7	7	2	2	2	—	—	—	—	—	42					
Infundibulum	37,5	Körpertemperatur in ° C	37,3	37,1	36,7	36,6	36,5	36,4	36,4	36,4	36,4	36,6	36,6	36,9	37,2	37,3	1,1						
		Schweiß- menge in mg	5	7	8	6	6	6	2	2	—	—	—	—	—	—	41						
Corpus mammillare	37,6	Körpertemperatur in ° C	37,6	37,5	37,3	37,1	37,1	37,0	37,0	37,0	37,0	37,2	37,4	37,5	37,5	37,5	0,6						
		Schweiß- menge in mg	3	5	4	5	5	4	2	2	—	—	—	—	—	—	28						
Kaudal vom Corpus mammillare	37,6	Körpertemperatur in ° C	37,6	37,5	37,6	37,7	37,6	37,6	37,6	37,7	37,7	37,5	37,6	37,7	37,7	37,6	—						
		Schweiß- menge in mg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Frontal vom Infundibulum	37,7	Körpertemperatur in ° C	37,8	37,7	37,7	37,6	37,6	37,7	37,7	37,7	37,7	37,6	37,5	37,6	37,7	37,7	—						
		Schweiß- menge in mg	3	5	5	4	5	5	2	2	—	—	—	—	—	—	29						

Die einzelne Erwärmung (50° C) wurde von der Mittellinie 1 mm rechts lateral entfernt in Intervallen von 1 Stunde ausgeführt.

konstriktion der Ohrklappen zum Vorschein. Ließ man kaltes Wasser (1—2° C) 30 Minuten durch das Röhrchen durchfließen, so stieg während der nächsten 20—30 Minuten die Temperatur durchschnittlich um 1,5° C. Als Folge der Abkühlung kommt auch der Schweißausbruch prompt an der gleichseitigen sowie gegenseitigen Fußsole zum Vorschein. Die Abkühlung wurde an derselben Stelle fünfmal mit fast gleichem Erfolg wiederholt. Die Grenze für die Abkühlung der Regio subthalamica, bis zu welcher noch Temperatursteigerung erzielt wurde, ist annähernd 25° C und die, bis zu welcher Schweißsekretion erfolgte, 8° C. Wenn man die Schweißmenge, die bei Kälteeinwirkung auftritt, mit der bei Wärmeeinwirkung vergleicht, so findet man, daß die erstere weit geringer als die letztere ist (s. Tabelle 5). Bei weiteren Versuchen, die ich zur Klärung der

Tabelle 5.

Versuch mit unmittelbarer Erwärmung bzw. Abkühlung des Tuber cinereum (von der Mittellinie 1 mm rechts lateral entfernt). Katze, 2630 g Gewicht, ♂. Zimmertemperatur 19° C.

Arten der Reize	Vor der Reizung	Während der Reizung								Nach der Reizung						Temperaturveränderung, Summe der Schweißmenge
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Minuten	Minuten	
Wärmereiz (50° C)	37,8	37,7	37,4	37,1	36,9	36,5	36,3	36,2	36,2	36,6	36,9	37,0	37,4	—1,6 46 43		
		5	6	8	7	9	8	3	—	—	—	—	—			
		4	5	7	9	8	8	2	—	—	—	—	—			
Kältereiz (3° C)	37,7	37,9	38,0	38,1	38,4	38,5	38,7	38,5	38,7	38,4	38,2	38,2	38,0	+1,0 13 15		
		1	2	3	2	2	2	1	—	—	—	—	—			
		1	3	2	2	3	3	1	—	—	—	—	—			

Die einzelne Reizung wurde im Intervall von 1 Stunde ausgeführt.

Frage unternahm, welche Stelle der Zwischenhirnbasis bei Abkühlung die reichlichste Schweißsekretion sowie bedeutendste Temperatursteigerung erzielen lasse, fand ich, daß die Abkühlung der vom kaudalen Rande des Corpus mammillare bis zum frontalen Ende des Infundibulum ausgedehnten Gegend, insoweit die Reizung an den nicht mehr als 4 mm von der Mittellinie lateral entfernt liegenden Teilen ausgeführt wird, immer eine Temperatursteigerung und Schweißsekretion hervorbringt.

Die Abkühlung des Tuber cinereum sowie des Infundibulum bringt Schweißsekretion und Temperatursteigerung von gleicher Stärke hervor, die ihrerseits jedoch bedeutend stärker sind als diejenigen, welche bei der Reizung des Corpus mammillare sowie der vom Infundibulum frontal gelegenen Gegend auftreten. Die Abkühlung der vom Corpus mammillare kaudal liegenden Gegend konnte weder Schweißsekretion noch Temperatursteigerung auslösen. Der von mir festgestellte Befund weist darauf hin, daß auf die Wärmezentren der Regio subthalamica ein Kältefieber erzeugt und die Anwendung von Wärme temperaturerniedrigend wirkt. Es wurde somit klargestellt, daß für die Wärmezentren in der Regio subthalamica diejenigen Verhältnisse gelten, welche Barbour und Hashimoto für das Corpus striatum feststellten. Es ist ferner nachgewiesen worden, daß nicht nur Wärme, sondern auch Kälte einen adäquaten physiologischen Reiz auf Schweißzentren ausübt.

3. Die Wirkung direkter Erwärmung sowie Abkühlung des Frontallappens auf Schweißsekretion sowie Körpertemperatur.

Noch ungeklärt und viel umkämpft ist die Frage, ob noch weitere Schweißzentren in der Großhirnrinde vorhanden sind. Die Arbeit von Gribojedow (14), die unter der Leitung von Bechterew ausgeführt wurde, hat gezeigt, daß bei der Katze von dem vorderen Teil des Gyrus antecruciatum aus eine Schweißsekretion an den Pfoten angeregt werden kann, und daß nach Abtragung derselben sich bei Erwärmung und bei Bewegung die Sekretion auf der entgegengesetzten Seite schwächer als auf der entsprechenden Seite erweist. Auf Grund weiterer Beobachtung von Winkler (6) ist festgestellt worden, daß die von hier auszulösende Schweißsekretion inkonstant und unbedeutend ist. Winkler hat ferner angegeben, daß sich bei der Katze eine Stelle im medialen Teile der Frontallappenbasis befindet, von der aus die Schweißsekretion konstanter und reichlicher ausgelöst wird als von anderen Teilen der Hirnrinde. Wie schon erwähnt, waren die Versuche, auf experimentellem Wege eine genaue Lokalisation der weiteren Schweißzentren in der Hirnrinde

zu erhalten, lange Zeit erfolglos. Bisher ist hauptsächlich und in ausführlicher Weise der Einfluß der elektrischen Reizung auf Schweißzentren studiert worden. Meines Wissens ist der Einfluß der physiologischen thermischen Reizung auf die Schweißzentren in der Hirnrinde, trotz ihrer Wichtigkeit und Bedeutung, noch nicht untersucht worden. Von der Bechterewschen Anschauung ausgehend wurde zuerst die Wirkung der kalorischen Reizung der motorischen Region auf die Schweißsekretion untersucht. Das Gehirn wurde bloßgelegt und durch die Fortnahme der oberen Orbitalwand der Weg zur Basis des Frontallappens freigemacht. Die operierten Tiere wurden in Wärmekasten bei 30° C gehalten, bis die durch die Operation bedingte Temperatursenkung zur Anfangshöhe zurückgekehrt war. Bei Herausnahme des Tieres aus dem Wärmekasten waren die Pfoten ganz trocken. Bei Wärmereizung des freigelegten Gyrus antecruciatatus mit einer Thermode konnte ich bisweilen einen geringen und inkonstanten Schweißausbruch auslösen, wozu aber eine erheblich höhere Temperatur (über 50° C) notwendig ist. Der Schweißausbruch wurde gleichzeitig von epileptiformen Krämpfen begleitet. Nicht nur von dem Gyrus antecruciatatus, sondern auch von der ganzen motorischen Regio aus konnte ich dieselben Ergebnisse erzielen. Die weitere Abtastung der Oberfläche der ganzen Hirnrinde mit der Thermode zeigte, daß in dem basalen Felde des Frontallappens auch eine Region liegt, die mit der Schweißsekretion in Beziehung steht, während von keiner sonstigen Stelle Schweißsekretion bewirkt wurde.

Bei vorsichtiger Abtastung der freigelegten Frontallappenbasis wurde festgestellt, daß eine geringere Temperatur als im vorigen Falle, reichlichere und konstantere Schweißsekretion herbeiführt. Es wurde die Frontallappenbasis systematisch erwärmt und dabei festgestellt, daß diejenige Stelle des Frontallappens, von welcher die reichlichste Schweißsekretion bei niedrigstem Temperaturgrad ausgelöst werden kann, vor dem Chiasma liegt. Zum ersten Male wurde die unmittelbar vor dem Infundibulum gelegene Gegend der Frontallappenbasis, d. h. die suprachiasmatische Gegend, erwärmt. Zur besseren Übersicht über diese Gegend wurde der Tractus opticus durchschnitten und beseitigt. Im Anschluß an die Erwärmung trat in allen Fällen an den beiden hinteren Fußsohlen gleichmäßig und gleichzeitig ein sehr starkes Schwitzen auf, dessen Höhepunkt nach 10 Minuten erreicht wurde. Das Schwitzen trat prompt in Erscheinung und hielt noch mehrere Minuten nach dem Aussetzen der Erwärmung an. Die Erwärmung wurde fünfmal hintereinander vorgenommen und war immer von dem gleichen Erfolg

begleitet. Ich habe mich weiter bemüht festzustellen, ob sich eine bestimmte Stelle des basalen Rindenfeldes des Frontallappens als Zentrum für die Erregung der Schweißsekretion auffinden lasse oder ob die gesamte Basis des Frontallappens mit der Schweißsekretion im Zusammenhang stehe. Je weiter ich mich von der Mittellinie lateralwärts gegen die Seitenfläche der Hirnrinde und vom Chiasma frontal entfernte, desto inkonstanter und unbedeutender wurden die Versuchsergebnisse und schließlich gelang es mir, eine Stelle an der Hirnbasis zu finden, von der aus keine Schweißsekretion angeregt werden konnte. Die schweißtreibende Zone breitet sich etwa 4 mm lateral von der Mittellinie und etwa 4 mm frontal vom Chiasma aus. Diese Ergebnisse stimmen mit den Winklerschen Angaben fast überein. Im Gegensatz zu dem starken Einfluß auf die Schweißsekretion wurde von keiner Stelle der Frontallappenbasis Temperaturschwankung, Pupillenveränderung oder Gefäßveränderung der Ohrlappen bewirkt. Zur Klarstellung dieser Ergebnisse verweise ich auf die Tabellen 6 und 7.

Tabelle 6.

Versuch mit unmittelbarer Erwärmung der Frontallappenbasis.
Katze, 2720 g Gewicht, ♂. Zimmertemperatur 20—22° C.

Stelle der Erwärmung	}	Mittellinie	2 mm lateral von der Mittellinie	4 mm lateral von der Mittellinie	6 mm lateral von der Mittellinie
		Schweißmenge in mg	rechts	30	25
	links	29	23	14	—

Die Thermode wurde an der dem Chiasma opticum direkt vorgelagerten Stelle von median nach lateral verschoben. Die einzelne Erwärmung (50° C) wurde in Intervallen von 1 Stunde, 30 Minuten lang ausgeführt.

Tabelle 7.

Versuch mit unmittelbarer Erwärmung der Frontallappenbasis.
Katze, 1970 g Gewicht, ♂. Zimmertemperatur 20—22° C.

Stelle der Erwärmung	}	Unmittelbar hinter dem Chiasma	Oberhalb des Chiasma	Unmittelbar frontal vom Chiasma	2 mm frontal vom Chiasma	4 mm frontal vom Chiasma	6 mm frontal vom Chiasma
		Schweißmenge in mg	rechts	31	31	32	20
	links	32	30	30	22	15	2

Die Thermode wurde an der Mittellinie von kaudal nach frontal verschoben. Die einzelne Erwärmung (50° C) wurde in Intervallen von 1 Stunde, 30 Minuten lang ausgeführt.

Auf Grund der jetzigen Versuche liegt die Annahme nahe, daß der zentrale Erregungsort für Schweißsekretion nicht in der Regio subthalamica allein lokalisiert, sondern auch nach der medialen und basalen Gegend des Frontallappens ausgedehnt ist.

Es wurde ferner nachgewiesen, daß die schweißtreibende Zone in keiner deutlichen Beziehung zur Wärmeregulation steht, obgleich eine innige Beziehung der Regio subthalamica zur Wärmeregulation festgestellt wurde. Es ergab sich nunmehr die weitere Frage, ob auch Kälte ein aktives Reizmittel für die Schweißsekretion ist. Die Versuche, welche ich zur Beantwortung dieser Frage angestellt habe, zeigen, daß in Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen bei der Abkühlung der Regio subthalamica dieselbe Zone, welche bei Erwärmung beeinflußt wurde, auch unter dem Einfluß von Kälte mit Schweißsekretion reagiert. Was die hier erzielte Schweißmenge anlangt, so ist sie auffallend geringer als diejenige, die bei Erwärmung beobachtet wurde. Die Körpertemperatur blieb auch bei Abkühlung unbeeinflußt.

4. Einfluß des Atropins sowie Ergotoxins auf die von dem Kältereiz bzw. Wärmereiz bedingte Schweißsekretion.

Die Frage nach der Innervation der Schweißdrüsen ist — vieler darauf verwandter Mühe ungeachtet — noch immer nicht restlos aufgeklärt, da dem positiven Ausfall sympathischer Reizungsversuche das parasympathische (Pilocarpin usw.) Schwitzen bei nicht nachweisbaren parasympathischen Schweißbahnen diametral gegenüberzustehen scheint. Für die physikalische Beeinflussung der Schweißzentren habe ich auf Grund meines vorausgehenden Versuchs Veranlassung, zwei verschiedene Reizmittel, d. h. Wärmereiz und Kältereiz, anzunehmen, dem ersteren folgt reichliche Schweißsekretion mit Temperatursenkung, und dem letzteren geringe Schweißabsonderung mit Temperatursteigerung. Die vom Kältereiz bedingten Erscheinungen erinnern an die Reizerscheinungen der sympathischen Wärmezentren, und die aus dem Wärmereiz resultierenden Erscheinungen erinnern an die Reizerscheinungen der parasympathischen Kühlzentren. Die wichtige Erkenntnis, daß der Charakter der Schweißsekretion bei Kältereizung und Wärmereizung nicht der gleiche ist, wurde übrigens durch verschiedene klinische Erfahrungen bestätigt. Erfahrungsmäßig kann man auch zwei Arten von Schwitzungen, nämlich Kälteschweiß und Wärmeschweiß, unterscheiden. Diese Tatsache veranlaßte mich zu der Vermutung, daß der Kälteschweiß mit den sympathischen Wärmezentren und andererseits der Wärmeschweiß mit den Kühlzentren in engem Zusammenhang stehe.

Table 8.

Versuch mit unmittelbarer Erwärmung (50° C) des Tubercinereum nach subkutaner Injektion des Atropins bzw. des Ergotoxins.
Katze, 2150 g Gewicht, ♂. Zimmertemperatur 20° C.

Arten der Gifte		Vor der Erwärmung	Während der Erwärmung						Nach der Erwärmung						Temperaturveränderung, Summe der Schweißmenge
			Minuten						Minuten						
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Nach der Ergotoxininjektion (3 mg pro Kilogramm)	Körpertemperatur in °C.	37,5	37,5	37,3	37,0	36,8	36,5	36,2	36,2	36,5	36,7	37,0	37,2	37,3	-1,3 32 36
	Schweißmenge in mg (rechts)		3	4	5	6	6	6	2	—	—	—	—	—	
	„ (links)		2	5	6	7	6	7	2	—	—	—	—	—	
Nach der Atropininjektion (4 mg pro Kilogramm)	Körpertemperatur in °C.	37,4	37,4	37,3	37,2	37,2	37,2	37,1	37,2	37,2	37,3	37,4	37,4	37,4	-0,3 4 4
	Schweißmenge in mg (rechts)		—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	„ (links)		—	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	

Table 9.

Versuch mit unmittelbarer Abkühlung (3° C) des Tubercinereum nach subkutaner Injektion des Atropins bzw. des Ergotoxins.
Katze, 2000 g Gewicht, ♀. Zimmertemperatur 21° C.

Arten der Gifte		Vor der Abkühlung	Während der Abkühlung						Nach der Abkühlung						Temperaturveränderung, Summe der Schweißmenge
			Minuten						Minuten						
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Nach der Atropininjektion (4 mg pro Kilogramm)	Körpertemperatur in °C.	37,2	37,3	37,5	37,7	37,8	38,0	38,1	38,2	38,4	38,4	38,2	38,0	37,6	+1,2 12 11
	Schweißmenge in mg (rechts)		1	2	2	3	2	1	1	—	—	—	—	—	
	„ (links)		1	2	2	2	2	1	1	—	—	—	—	—	
Nach der Ergotoxininjektion (3 mg pro Kilogramm)	Körpertemperatur in °C.	37,4	37,4	37,5	37,4	37,4	37,5	37,4	37,4	37,5	37,5	37,4	37,4	37,4	— — —
	Schweißmenge in mg (rechts)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	„ (links)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Da die Schweißsekretion, ähnlich wie die Speichelsekretion sowohl durch sympathische — unter besonderer Bedingung — als auch durch parasympathische Endgifte angeregt wird, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Schweißdrüsen, für die bisher anatomisch nur sympathische Fasern nachgewiesen sind, wie andere autonome Organe doppelt innerviert seien. Freilich ist diese Überlegung heute noch hypothetisch. Es ist aber vom pharmakologischen Standpunkte aus von großer Wichtigkeit, die Frage zu klären, ob die durch die Reizung der Schweißzentren bedingten schweißtreibenden Impulse durch die parasympathischen Bahnen den Erfolgsorganen zugeleitet werden. Aus diesem Grunde beschäftigte ich mich zuerst mit dem Einfluß des Ergotoxins sowie Atropins auf die Schweißsekretion bei Kältewirkung. Nachdem die subkutane Injektion des Ergotoxins 3 mg pro Kilogramm eine vollständige Sympathikuslähmung bewirkt hatte, wurde das Tuber cinereum mittels einer Thermode 30 Minuten lang abgekühlt. Während durch Ergotoxin die durch Kältereiz bedingte geringe Schweißsekretion und Temperatursteigerung aufgehoben wurden, blieben beide bei Atropininjektion fast unverändert. Im Gegensatz hierzu wurde die von der Wärmewirkung hervorgebrachte reichliche Schweißsekretion und Temperatursenkung durch Vorbehandlung mit Atropin 4 mg pro Kilogramm gehemmt, durch Ergotoxin dagegen nicht.

Diese Tatsache legt nun die Vermutung nahe, daß die Schweißdrüsen von zwei verschiedenen Nerven, d. h. Parasympathikus und Sympathikus, doppelt innerviert werden (s. Tabelle 8 und 9, S. 151).

Das Auftreten der zwei verschiedenen Arten von Schweißsekretion ist davon abhängig, ob der Sympathikus oder der Parasympathikus angeregt wird oder nicht.

5. Einfluß der elektrischen Reizung der Regio subthalamica sowie Frontallappenbasis auf Körpertemperatur und Schweißsekretion.

Bei dieser Untersuchung führte ich die Reizung an verschiedenen Stellen mit dem Induktionsstrom aus, indem ich das Schritteninduktorium und die Platinelektrode benutzte. Die Abtastung des Tuber cinereum mit dem Elektrodenpaar veranlaßte auch in der Regel reichliche Schweißsekretion, Temperatursteigerung, Pupillendilatation und Vasokonstriktion. Die auf elektrische Reizung schweißtreibend sowie temperatursteigernd wirkende Zone liegt, wie bereits festgestellt, nicht nur im Tuber cinereum, sondern erstreckt sich auch vom kaudalen Rande des Corpus mammillare bis zum frontalen Rande des Infundibulum und ist 4 mm von der Mittellinie lateral ausgedehnt. In der Höhe des

Tabelle 10.
 Versuch mit direkter elektrischer Reizung der verschiedenen Gegenden der Regio subthalamica.
 Katze, 2370 g Gewicht, $\bar{\sigma}$. Zimmertemperatur 19—21° C.

Stelle der Reizung		Vor der Reizung		Während der Reizung								Nach der Reizung			Temperatur- steigerung, Summe der Schweißmenge
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Minuten	
Tuber cinereum	Körpertemperatur in °C Schweiß- menge in mg { rechts links	37,8	37,9	38,3	38,7	39,0	39,1	39,3	39,3	39,1	38,8	38,5	38,2	38,0	1,5
			3	6	7	7	6	8	2	2	—	—	—	—	—
			2	7	6	8	6	7	2	—	—	—	—	—	38
Infundibulum	Körpertemperatur in °C Schweiß- menge in mg { rechts links	37,9	37,9	38,1	38,5	38,8	39,0	39,1	39,2	39,1	38,7	38,6	38,3	38,1	1,3
			2	5	6	7	6	8	3	3	—	—	—	—	37
			2	6	7	8	7	2	2	—	—	—	—	38	
Corpus mammillare	Körpertemperatur in °C Schweiß- menge in mg { rechts links	37,7	37,7	37,9	38,0	38,2	38,3	38,4	38,4	38,4	38,2	38,1	38,0	37,9	0,7
			2	4	4	5	6	5	2	2	—	—	—	—	28
			2	3	5	4	4	3	3	—	—	—	—	28	
Kaudal vom Corpus mammillare	Körpertemperatur in °C Schweiß- menge in mg { rechts links	37,8	37,8	37,8	37,9	37,8	37,8	37,7	37,9	37,8	37,7	37,8	37,7	37,8	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Frontal vom Infundibulum	Körpertemperatur in °C Schweiß- menge in mg { rechts links	37,8	37,8	37,7	37,8	37,9	37,8	37,8	37,7	37,8	37,8	37,8	37,8	37,7	—
			2	5	4	4	5	4	2	2	—	—	—	—	27
			3	5	5	4	6	2	2	—	—	—	—	30	

Die Reizung wurde von der Mittellinie 1 mm rechts lateral entfernt in Intervallen von 1 Stunde ausgeführt.
 Stromstärke der Batterie 5 Volt, Rollenabstand 8 cm.

Tuber cinereum wie auch Corpus mamillare ist die den stärksten Schweißausbruch sowie die bedeutendste Temperatursteigerung auslösende Zone von der Mittellinie 1—3 mm lateral entfernt. Je näher und je weiter von solchem Gebiete der Mittellinie die Reizung erfolgt, um so unbedeutender ist sein Erfolg. In der Höhe des Infundibulum reagiert jedoch die demselben am nächsten liegende Stelle mit intensivstem Schweißausbruch und stärkster Temperatursteigerung.

Die weitere Abtastung des Frontallappens bestätigte, daß der Erregungsort für die Schweißsekretion nach den medialen und basalen Gegenden ausgedehnt ist. Je weiter die Reizung lateral von der Mittellinie und frontal vom Chiasma ausgeführt wird, desto minimaler und unregelmäßiger wird die Schweißabsonderung, und schließlich konnte ich eine Stelle finden, die auf Abtastung mit dem Elektrodenpaar mit keiner Schweißsekretion reagierte (s. Tabelle 10, S. 153).

Diese auf elektrische Reizung mit Schweißsekretion reagierende Zone entspricht der in den Versuchen mit kalorischer Reizung gefundenen. Entgegen dem bedeutenden Einfluß auf die Schweißsekretion wurde von dem basalen Felde des Frontallappens aus keine Temperaturveränderung ausgelöst. Wenn man die Regio subthalamica sowie das basale Rindenfeld des Frontallappens mit 10%iger Kokainlösung bestreicht, so bleibt die Wirkung der elektrischen sowie kalorischen Reizung auf die Schweißsekretion, Temperatursteigerung und sonstige Sympathikusreizerscheinungen aus. Die Reizung der motorischen Region, besonders des Gyrus antecruciatas, bringt ebenfalls Schweißsekretion hervor, die von epileptiformen Krämpfen begleitet wird. Sie ist aber gering und inkonstant, und auch zur Auslösung der Schweißsekretion ist erheblich stärkerer Strom notwendig als bei der Reizung der Frontallappenbasis. Deshalb handelt es sich dabei wahrscheinlich um die als Begleiterscheinung der Krämpfe bekannte geringe Schweißsekretion.

6. Einfluß der Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration in den Schweißzentren auf die Schweißsekretion.

Die bekannte Tatsache, daß Schweißsekretion von einer Atembeschleunigung begleitet wird, führt uns zu der Vermutung, daß die Schweißzentren auch durch vermehrten Kohlensäuregehalt des Blutes, d. h. durch die Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration im Blute nach der sauren Seite, zur Tätigkeit angeregt werde. Handelt es sich dabei wirklich um den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentrationsveränderung des Blutes auf die Schweißzentren, so müßte es

gleiche Erscheinung hervorgebracht. Dagegen übt die starke alkalische Lösung (p_H 10) fast keinen Einfluß auf Schweißsekretion sowie Körpertemperatur aus. In Tabelle 11 (s. S. 155) soll am typischen Beispiele die Folge der direkten Applikation der sauren Ringerlösung in das Tuber cinereum gezeigt werden.

Diskussion der Ergebnisse.

Durch eine Reihe der vorausgehenden Versuche gelang es mir, in einem bestimmten Teile der Regio subthalamica ein Gebiet zu lokalisieren, welches auf mechanische wie auch elektrische Reizung thermogenetisch reagiert. Diese wärmeerzeugende Zone ist vom kaudalen Rande des Corpus mammillare bis zum frontalen Rande des Infundibulum ausgedehnt. Von derselben Zone konnte ich aus dem Tuber cinereum die anhaltendste und bedeutendste Temperatursteigerung auslösen. Neben der Temperatursteigerung kann man auch Pupillendilatation und Gefäßkontraktion des Ohrlappens beobachten, welche an die Sympathikusreizung erinnern. Diese Zone entspricht der für die Wärmeregulation unentbehrlichen Region der Krehlschen Schule. Trotz der bisherigen zahlreichen Untersuchungen kann die Frage, worauf die Wärmestichhyperthermie beruht, noch als ungelöst gelten. Während früher bekanntlich der Streifenhügel und besonders der Schwanzkern für den Ort galt, von dem aus am leichtesten und konstantesten Wärmestichhyperthermie zu erzielen sei, konnte die Wärmestichhyperthermie auf Grund meines Versuches auch von der Regio subthalamica und besonders vom Tuber cinereum am konstantesten und am stärksten ausgelöst werden. Zur Erzeugung der Wärmestichhyperthermie ist es deshalb unbedingt nötig, in das Corpus striatum zu stechen. Diese Tatsache spricht für die Annahme von Jacobj und Römer, daß die durch die Einbringung von reizenden Substanzen, z. B. Quecksilber, ins Infundibulum ausgelöste sehr intensive und lange anhaltende Hyperthermie, auf der Reizung der in der naheliegenden Wand des Tuber cinereum gelegenen Wärmezentren beruht. Die von der Regio subthalamica ausgehenden Erregungen äußern sich auch in einer Beeinflussung sympathisch innervierter Funktionen wie die Pupillendilatation und die Vasokonstriktion der Ohrlappen. Daraus muß man schließen, daß in der Regio subthalamica auch ein Zentrum für sympathisch innervierte Funktionen liegt. Da der Sympathikus an der Wärmeregulation in hohem Maße beteiligt ist, ist man berechtigt anzunehmen, daß die Bedeutung des Tuber cinereum für die Wärmeregulation der des Corpus striatum übergeordnet ist. Es liegt auch die Vermutung nahe, daß die

sogenannte Wärmestichhyperthermie davon abhängt, ob die Regio subthalamica gereizt wird oder nicht. Dies schließt aber nicht aus, daß das Corpus striatum auch auf die Wärmeregulation einen bestimmten Einfluß ausübt. Es ist vielmehr wahrscheinlicher, daß aus dem Corpus striatum Impulse zum Tuber cinereum gelangen, die für die Wärmeregulation nötig sind. Es ist besonders interessant, daß die thermogenetische Zone auch durch ihre direkte Abkühlung oder Erwärmung unabhängig vom Blutstrom diejenige Temperaturschwankung herbeiführt, welche von Barbour und Hashimoto bei thermischen Reizungen des Corpus striatum gefunden wurde; die Abkühlung dieser Zone hat Temperatursteigerung, ihre Erwärmung Temperatursenkung zur Folge. Meine Versuche, die ergaben, daß einerseits die durch Kältereizung bedingte Temperatursteigerung durch die Vorinjektion mit Ergotoxin ganz aufgehoben wird und andererseits, daß die von der Wärmerreizung auszulösende Temperatursenkung durch Atropininjektion gehemmt wird, lassen mich die Meyersche Hypothese als zu Recht bestehend annehmen, daß nämlich die thermoregulatorische Einrichtung der homöothermen Tiere aus sympathischem, thermogenetischem Wärmezentrum sowie aus parasympathischem, thermolytischem Kühlzentrum bestehe. Ob beide morphologisch trennbar sind, wissen wir nicht, funktionell sind sie es aber wahrscheinlich, insofern sie sich antagonistisch verhalten und dabei einander balancieren. Was die Lokalisation der schweißtreibenden Zone anbetrifft, so konnte ich eine bestimmte Region umgrenzen.

Diese Region dehnt sich vom kaudalen Teile des Corpus mammillare bis zum basalen Rindenfelde des Frontallappens aus, welches vom Chiasma etwa 4 mm frontal und von der Mittellinie etwa 4 mm lateral entfernt liegt. Von dieser schweißtreibenden Zone aus kann man durch kalorische wie auch galvanische Reizung profuse Schweißsekretion auslösen, während von keiner Stelle derselben durch mechanische Reizung eine Schweißsekretion erzeugt werden konnte. Von der durch kalorische Reizung bedingten Schweißsekretion konnte ich zwei Arten unterscheiden.

Hinsichtlich des Charakters der Schweißsekretion konnte ich ferner feststellen, daß die Schweißmenge bei Kältereizung sehr gering, bei Wärmerreizung dagegen sehr reichlich und profus ist. Nun ist erhöhte Bluttemperatur seit langem als einziger physiologischer adäquater Reiz auf die Schweißzentren betrachtet worden. Auf Grund meines Versuchs stellt aber auch Kältereiz einen adäquaten Reiz dar. Diese Versuchsergebnisse werden auch durch die bekannte Tatsache gestützt, daß äußere Kälte nicht absolut schweißhemmend wirkt, bei stärkster Winterkälte kann auch bei Gesunden, besonders aber bei Neurotikern, Sekretion

eines dickzähnen Schweißes von geringer Menge, des sogenannten Kälteschweißes, bei blasser Gesichtsfarbe beobachtet werden. Meine Versuchsergebnisse zeigten ferner, daß die von der Kälte ausgelöste geringe Schweißsekretion durch Atropin nicht unterdrückt, durch Ergotoxin aber ganz gehemmt wird, und daß die aus der Wärme resultierende profuse Schweißsekretion umgekehrt nicht durch Ergotoxin, wohl aber durch Atropin gehemmt wird. Dies weist darauf hin, daß es sich beim Kälteschweiß um Sympathikusreizung, dagegen beim Wärmeschweiß um Parasympathikusreizung handelt. Es ist somit wahrscheinlich, daß neben der schon nachgewiesenen sympathischen noch eine parasympathische Schweißbahn vorhanden ist. Obgleich die Schweißdrüsen — soweit bisher bekannt — nur sympathisch innerviert sind, sind ihre Endapparate doch durch jene Gifte beeinflußt, die sonst an parasympathischen Nervenendigungen angreifen. Doch erzeugt auch das spezifische sympathische Nervengift, das Adrenalin, nach neuester Untersuchung von Dieden (16) unter geeigneten Versuchsbedingungen Schweißbildung an der Katzenpfote. Da somit die Schweißsekretion, ähnlich wie die Speichelsekretion, sowohl durch sympathische als auch durch parasympathische Endgifte angeregt wird, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Schweißdrüsen, für die bisher anatomisch nur sympathische Fasern nachgewiesen sind, wie die anderen autonomen Organe, besonders die Speicheldrüse, doppelt innerviert sind. Von der Speicheldrüse wissen wir, daß bei Reizung der parasympathischen Chorda tympani und nach Einspritzung des parasympathisch wirksamen Pilocarpins reichlich dünner, dagegen bei Reizung des Halssympathikus spärlich zähflüssiger Speichel abgesondert wird. Auf Grund meiner Beobachtung sowie der klinischen Erfahrung kann man auch bei der Schweißsekretion zwei verschiedene Arten unterscheiden. Der reichliche, dünne Schweiß ist fast immer mit einer Gefäßdilatation der Haut und Temperatursenkung verbunden und ist scheinbar wie die Vasodilatation auf einen parasympathischen Reiz zurückzuführen, dafür spricht seine Auslösbarkeit durch Wärmereiz. Der spärliche, klebrig-zähe Schweiß, der mit Blässe des Gesichtes (Angst, Todesschweiß) verbunden auftritt, dürfte ebenso wie Vasokonstriktion einem Sympathikusreiz seine Entstehung verdanken. Dafür spricht seine Auslösbarkeit durch Kältereiz. Trotz genauerer Beobachtung der Schweißzentren in der Regio subthalamica ist der Einfluß des Großhirns auf die Schweißsekretion vernachlässigt worden. Erfahrungsmäßig wissen wir, daß die Schweißsekretion von der Großhirnfunktion beeinflußt wird. Doch ist die Frage, ob in der Hirnrinde ein zweites Zentrum für die Schweißsekretion zu suchen sei, noch ungeklärt und viel umkämpft.

Winkler lokalisierte die schweißtreibende Zone in der Frontallappenbasis. Neuerdings hat Pari (15) ebenfalls angegeben, daß der zerebrale Erregungsort für die Schweißsekretion in den basalen und medianen Teilen des Frontallappens liegt.

Meine Versuchsergebnisse konnten eine enge Beziehung des basalen Rindenfeldes des Frontallappens zur Schweißsekretion feststellen. Diese Tatsache beweist, daß die übergeordneten Schweißzentren in den basalen und medialen Teilen des Frontallappens liegen, die mit den untergeordneten Zentren in der Regio subthalamica in engem Zusammenhang

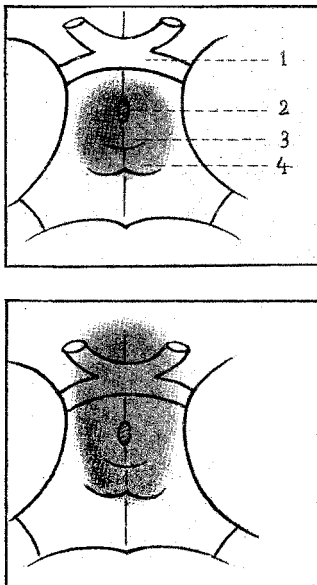


Abb. 1. Regio subthalamica der Katze (für die anatomische Beziehung der verschiedenen Teile). 1 = Chiasma opticum. 2 = Infundibulum. 3 = Tuber cinereum. 4 = Corpus mammillare. Die Schattierung in der oberen Abbildung bezeichnet die wärmereregulatorische Zone. Die Schattierung in der unteren Abbildung zeigt die schweißtreibende Zone.

stehen. Ich habe mich bei meinen Versuchen bemüht festzustellen, ob ein Überwiegen der Schweißsekretion an der einen oder anderen Fußsohle bei einseitiger Reizung der Schweißzentren auftritt. Ich konnte keine quantitativen Unterschiede zwischen den Schweißmengen an den beiden Fußsohlen feststellen. Diese Tatsache führt zu der Annahme, daß eine teilweise Kreuzung der Schweißbahnen stattfindet. Schließlich konnte ich eine innige Beziehung der Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration in den Schweißzentren zur Schweißsekretion aufweisen, indem ich beobachtete, daß die direkte Applikation der angesäuerten Ringerlösung in die schweißtreibende Zone eine profuse Schweißsekretion hervorbringt (s. Abb. 1).

Zusammenfassung.

1. An der Regio subthalamica der Katze konnte ich ein Gebiet umgrenzen, das auf mechanische sowie elektrische Reizung thermogenetisch wirkt. Dieses Gebiet erstreckt sich vom kaudalen Rande des Corpus mammillare bis zu dem direkt frontal zum Infundibulum gelegenen Teil und ist etwa 4 mm von der Mittellinie lateral ausgedehnt. In der Höhe des Tuberculum cinereum wie auch Corpus mammillare bringt die Reizung in dem Teil, der von der Mittellinie nicht weniger als 1 mm und nicht mehr als 3 mm lateral entfernt gelegen ist, den bedeutendsten Erfolg. Je weiter die Reizung von dieser Region medial wie auch lateral entfernt geschieht, um so geringer ist sein Erfolg. In der Höhe des Infundibulum reagiert jedoch die demselben am nächsten liegende Stelle mit intensivster Temperatursteigerung. Mit gleichem Verhältnisse reagiert auch solche thermogenetische Zone auf Kältereiz temperatursteigernd und auf Wärmereiz temperaturerniedrigend.

2. Es gelang mir ferner, eine bemerkenswerte Beziehung einer bestimmten Stelle der Regio subthalamica sowie des basalen Rindenfeldes des Frontallappens zur Schweißsekretion festzustellen. Diese schweißtreibende Zone dehnt sich von dem kaudalen Ende des Corpus mammillare bis zu dem Teil aus, der etwa 4 mm frontal vom Chiasma und 4 mm lateral von der Mittellinie entfernt liegt. Was die Intensität der Schweißsekretion bei der Reizung der verschiedenen Partien solcher Zone anbelangt, so habe ich gleiches Verhalten wie bei der Reizung der Wärmereize beobachtet.

3. Von dieser Zone aus wurde durch Wärmereizung eine profuse und durch Kältereizung eine nur geringe Schweißsekretion ausgelöst. Die Schweißsekretion bei Wärmereizung wird durch Ergotoxin nicht beeinflusst aber durch Atropin unterdrückt, während die Schweißsekretion bei Kältereizung durch Atropin nicht, wohl aber durch Ergotoxin unterdrückt wird. Demnach unterscheidet man zwei Arten von Schweißsekretion: Unsere Versuchsergebnisse machen wahrscheinlich, daß die durch Kälte bedingten schweißtreibenden Impulse durch den Sympathikus und die aus Wärme resultierenden durch den Parasympathikus den Erfolgsorganen zugeleitet werden.

4. Die einseitige Reizung der Schweißzentren erzeugt Schweißsekretion nicht nur an den gleichseitigen, sondern auch an den entgegengesetzten Fußsohlen. Dies spricht dafür, daß eine teilweise Kreuzung der Schweißbahnen stattfindet.

5. Die Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration in den Schweißzentren nach der sauren Seite hat eine starke Anregung

der Zentren zur Folge, während die Verschiebung der Konzentration nach der alkalischen Seite keinen Einfluß auf die Schweißzentren ausübt.

Literatur.

1. Sachs und Aronson, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1885, Bd. 37, S. 232. — 2. Isenschmid und Schnitzler, Arch. f. exp. Pathol. und Pharmakol. 1914, Bd. 76, S. 202. — 3. Isenschmid und Krehl, Ebenda 1912, Bd. 70, S. 109 — 4. Jacoby und Römer, Ebenda 1912, Bd. 70, S. 149. — 5. Karplus und Kreidl, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1909, Bd. 129, S. 138. — 6. Winkler, Ebenda 1908, Bd. 125, S. 584. — 7. Barbour, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 1912, Bd. 70, S. 1. — 8. Hashimoto, Ebenda 1915, Bd. 78, S. 394. — 9. Kahn, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1904, Suppl. S. 81. — 10. Burn, Journ. of physiol. 1922, Bd. 56, S. 232. — 11. Ott, Journ. of nerv. a. ment. dis. 1891, Bd. 16, S. 433. — 12. Bun-ichi Hasama, Folia pharmacologica japonica 1929, Bd. 8, Hft. 3, S. 8. — 13. Meyer und Gottlieb, Exp. Pharmakol. 1920, 4. Aufl., S. 520. — 14. Gribojedow, Über die kortikalen Schweißzentren. Psychiatrische Rundschau 1902, Nr. 7. — 15. Pari, Folia med. 1920, Bd. 6, S. 385. — 16. Dieden, Dtsch. Arch. f. klin. Med. 1915, Bd. 117, S. 180.