

- Kupffer, Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 1, 1865.
 Lejars, Thèse de Paris, 1888. (Zitiert nach Bunting.)
 Meyer, Münch. med. Wochenschr., 18, 1903, und dieses Arch., Bd. 172, 1903.
 von Mutach, dieses Arch., Bd. 142, 1895.
 Nauwerk und Hufschmid, Zieglers Beiträge, Bd. 12, 1893.
 Remak, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere. Berlin 1855.
 (Zitiert nach Huber.)
 Ribbert, Verhandl. d. Deutsch. Pathol. Gesellsch., 2. Tagung, 1899.
 Ruckert, Festschr. f. Orth., 1903.
 Schreiner, Zeitschr. wissenschaft. Zool., Bd. 72, 1902.
 Springer, Inaug.-Diss. Zürich 1897. (Zitiert nach Herxheimer.)
 Toldt, Ref. Huber, Amer. Journ. of Anat., Vol. 4 (Supplement), 1905.
 Waldeyer, Eierstock und Ei. Leipzig 1870.
 Wigand, Inaug.-Diss. Marburg 1899. (Zitiert nach Dunger.)

XXIII.

Über die muskuläre Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel (das Hissche Bündel) im normalen Herzen und beim Adams-Stokesschen Symptomkomplex.¹⁾

(Aus dem Pathologisch-Anatomischen Institut des Hafenkrankenhauses zu Hamburg.)

Von

Dr. Fahr, Prosektor.

(Hierzu Taf. XII.)

Nachdem man weiß, daß das Herz losgelöst vom übrigen Körper noch geraume Zeit zu schlagen vermag, wird an der Automatie des Herzens wohl niemand mehr zweifeln. Dagegen ist es bis jetzt noch nicht gelungen eine endgültige Entscheidung der Frage herbeizuführen, ob das auslösende Moment für diese automatische Bewegung in den Herzganglien zu suchen ist, oder ob man dem Herzmuskel selbst die Kräfte zuschreiben muß, die das Herz zu seiner rhythmischen und koordinierten Tätigkeit befähigen, mit andern Worten: der Kampf der Meinungen, ob die neurogene oder die myogene

¹⁾ Nach einem Vortrag, gehalten in der biologischen Abteilung des ärztlichen Vereins zu Hamburg am 29. Januar 1907.

Theorie der Herztätigkeit zu Recht besteht, ist noch nicht entschieden. Es kann natürlich nicht meine Absicht sein, im einzelnen die Gründe anzuführen, welche die Physiologen bewogen haben, teils für die neurogene, teils für die myogene Theorie einzutreten, nur etwas möchte ich, als Einleitung zu meinem eigentlichen Thema, das Für und Wider dieser Streitfrage, soweit es auf anatomischem Gebiet liegt, anschneiden.

Als Hauptargument ist von den Anhängern der myogenen Theorie auf Grund der Untersuchungen von His jun.¹ geltend gemacht worden, daß beim Säugetierembryo das Herz schon zu einer Zeit schlägt, in der auch die genauesten Untersuchungen noch keine nervösen Elemente, sei es im Herzen selbst, oder in dessen nächster Umgebung, nachzuweisen vermögen, ferner daß es gewisse wirbellose Tiere gibt, deren Herz auch nach vollendeter Entwicklung keinerlei Nervenapparate besitzt.

Dagegen werfen die Anhänger der neurogenen Theorie ein, daß man aus diesen Befunden beim Wirbellosen und beim Säugetierembryo noch keineswegs folgern dürfe, daß auch beim erwachsenen Säugetier die gleiche Unabhängigkeit des Herzens von nervösen Elementen vorhanden sei. Wenn man auch, so folgert dieser Gedankengang, beim Wirbellosen ein Herz findet, das keinerlei nervöse Elemente enthält, so kann doch im weiteren Verlauf der phylogenetischen Entwicklung eine Änderung dieses Zustands, eine Arbeitsteilung in der Weise eingetreten sein, daß die Funktion, die ursprünglich dem Muskel immanent war, im Laufe der Zeit auf die nervösen Apparate überging, und tatsächlich geben auch sehr wohlwollende Beurteiler der myogenen Theorie wie Langendorff² zu, daß beim Herzen des erwachsenen Säugetiers ganglienfreie Abschnitte der Muskulatur zur Kontraktion nicht fähig sind, wenn man sie durch Abklemmen z. B. vom ganglienhaltigen Teil des Herzens trennt. Wenn im embryonalen Zustand auch das Säugetierherz ohne Ganglien zu schlagen vermag, so soll dies nach den Anhängern der neurogenen Theorie in der Weise zu erklären sein, daß es sich hier in Analogie mit der vorübergehenden Anlage der Kiemenspalten und andern durch das

biogenetische Grundgesetz erklärten Vorgängen um eine phylogenetische in der ontogenetischen Entwicklung sich wiederholende Phase handelt.

Für die Anhänger der myogenen Theorie gilt es also hier, noch einen gewichtigen Einwurf zu widerlegen. Ein anderer Einwand dagegen, der, wie es schien, der myogenen Theorie mit besonderer Berechtigung gemacht wurde, ist in jüngster Zeit in einwandsfreier Weise entkräftet worden.

Ist die myogene Theorie richtig, nach der an der Eintrittsstelle der großen Körperven in den rechten Vorhof die Kontraktionswelle beginnen und von da auf muskulärem Wege nach den Kammern weiterschreiten soll, so ist es natürlich auch notwendig, daß eine muskuläre Verbindung zwischen Vorhof und Kammern besteht. Bis in die neueste Zeit nahm man an, daß es eine solche muskuläre Verbindung nicht gebe, daß vielmehr die Vorhöfe von den Kammern durch eine bindegewebige Schicht, den sog. *annulus fibrosus*, vollständig getrennt seien. Im Jahre 1893 gab nun zwar His¹ an, daß er ein Muskelbündel gefunden habe, das Vorhof- und Ventrikelmuskulatur miteinander verbände, doch war es ihm zunächst keineswegs gelungen, die Existenz dieses Muskelbündels in überzeugender Weise darzutun. Er stieß vielmehr zunächst auf heftigen Widerspruch, und noch im Jahre 1902 sagt Langendorff² in seinem großen Referat „über Herzmuskel und intrakardiale Innervation“:

„Von den Verfechtern der Blockfasern — so nennt er die Muskelfasern, welche die Kontraktionswelle vom Vorhof zum Ventrikel leiten sollen — ist der objektive, sichere Beweis für deren Existenz zu verlangen, eine Forderung, deren Erfüllung die gegenwärtigen histologischen und mikrophotographischen Methoden unbedingt gewachsen sein müßten.“

Die Erfüllung dieser Forderung von Langendorff hat denn auch nicht lange auf sich warten lassen. Im Jahre 1904 erschienen fast gleichzeitig aber unabhängig voneinander zwei Arbeiten, eine von Bräunig³ und eine unter der Leitung von Spalteholz entstandene von Retzer⁴, durch die in einwandfreier Weise das Vorhandensein einer muskulären Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel dargetan wurde. Die Unter-

suchungen dieser beiden Autoren wurden am Herzen des Menschen, sowie an dem mehrerer Tierarten vorgenommen und ergaben in übereinstimmender Weise, daß in der Gegend der pars membranacea septi atriorum ein Muskelbündel den annulus fibrosus durchsetzt und so Vorhof und Ventrikelmuskulatur miteinander verbindet. Das Bündel beginnt im Vorhofsystem zwischen fossa ovalis und pars membranacea septi und endet im Ventrikelseptum, nachdem es sich vorher dicht unterhalb des annulus fibrosus in zwei Schenkel geteilt hat. Nach der Schätzung von Retzer soll das Bündel beim erwachsenen Menschen etwa 18 mm lang, 2,5 mm breit und 1,5 mm dick sein.

Etwa gleichzeitig mit Bräunig und Retzer hatte auch ein Schüler von Aschoff, der Japaner Tawara⁵, auf sehr breiter Basis Untersuchungen über die atrioventrikuläre Muskelverbindung am Herzen von Hunden, Katzen, Schafen, Kälbern etc. begonnen. Seine Resultate, die etwa 2 Jahre nach denen von Bräunig und Retzer in Buchform erschienen, waren sehr eigenartige:

Er gibt nämlich an, daß das Bündel nicht, wie Bräunig und Retzer gefunden haben, bald nach seinem Durchtritt durch den annulus fibrosus mit der Muskulatur des linken Ventrikels verschmilzt, er behauptet vielmehr, daß die beiden Schenkel, in die das Bündel sich teilt, subendokardial, stets streng durch Bindegewebe von der eigentlichen Ventrikelmuskulatur getrennt, weiterziehen, sich allmählich baumförmig verzweigen und erst in ihren letzten Endausbreitungen mit der Kammermuskulatur in Verbindung treten. Den Beweis für diese Angaben hat er in vollem Umfang freilich nur für das Schafherz erbringen können. Bei den übrigen Herzen gelang es ihm nie, das Bündel bis zu seiner Vereinigung mit der Ventrikelmuskulatur zu verfolgen. Er sah nur, daß es sich nach seinem Durchtritt durch den annulus fibrosus in zwei Schenkel teilte und subendokardial weiterzog, doch soweit er das Bündel auch verfolgte, er fand es immer durch Bindegewebe von der eigentlichen Ventrikelmuskulatur getrennt. Daß das Bündel sich weiterhin baumförmig verzweigt und in seinen letzten Endausbreitungen doch noch mit der Ventrikelmuskulatur in Verbindung tritt,

schließt er aus den Befunden, die er am Schafherzen erhoben hat. Dort, beim Schafe, gelang es ihm nachzuweisen, daß das Bündel, nachdem es in das Ventrikelseptum übergetreten ist und sich in zwei Schenkel geteilt hat, in die sog. Purkinjeschen Fäden übergeht, jene gallertigen fädigen Gebilde, die man in netzförmiger Ausbreitung an der Innenfläche des Schafherzens gewahrt und deren Bedeutung seither völlig dunkel war. Diese Purkinjeschen Fäden sind auch im großen und ganzen durch Bindegewebszüge von der Muskulatur getrennt, doch lassen sich an manchen Stellen auch deutliche Übergänge von diesen Fäden zur Ventrikelmuskulatur beobachten. Histologisch unterscheiden sie sich deutlich von der Herzmuskulatur. Man hat die Zellen der Fäden nicht unzutreffend mit Kürbiskernen verglichen. Das Protoplasma der Zellen ist heller, wie das der Muskelfasern, ebenso die Kerne, das Gefüge scheint lockerer zu sein. Auffallend ist nun, daß die beiden Schenkel des Atrioventrikulärbündels nicht nur in diese Purkinjeschen Fäden auslaufen, sondern daß sie schon vor diesem Übergang die Struktur der Purkinjeschen Fäden annehmen. Schon während des Durchtritts durch den annulus fibrosus bemerkt man diese Umwandlung, die sich allmählich vollzieht und vollendet ist, wenn das Bündel auf der Ventrikelseite ankommt.

Aus diesen Befunden: Übergang des Atrioventrikulärbündels in die Purkinjeschen Fäden, Verzweigung dieser Fäden an der Herzinnenfläche, Anastomosen ihrer Endausbreitungen mit der Ventrikelmuskulatur zieht Tawara den Schluß, daß im Herzen des Säugetiers ein besonderes System vorhanden sei, dessen Aufgabe lediglich darin bestehe, die Reizwelle vom Vorhof zum Ventrikel zu leiten, und er nennt dieses System das Reizleitungssystem des Säugetierherzens.

Die Befunde am Schafherzen übertrug nun Tawara auch auf die übrigen Säugetierarten. Obwohl es ihm, wie bereits erwähnt, speziell beim Menschenherzen nicht gelungen war, die Schenkel des Bündels bis zu ihrer schließlichen Vereinigung mit der Ventrikelmuskulatur zu verfolgen, und obwohl er beim Menschenherzen keinen so eklatanten Unterschied in der Struktur zwischen Atrioventrikulärbündel und

der übrigen Herzmuskulatur wahrnehmen konnte, schloß er trotzdem, daß hier die Verhältnisse denen beim Hammel analog seien.

Er war, nachdem er die Befunde am Schafherzen erhoben hatte, seiner Sache so sicher, daß er weiterhin darauf verzichten zu können glaubte, das Bündel an Serienschnitten zu verfolgen, vielmehr unternahm, es makroskopisch darzustellen.

Er gelangte dabei zu der Überzeugung, daß auch beim Menschen die Purkinjeschen Fäden, freilich in etwas veränderter Form noch vorhanden sind und auch hier die Ausstrahlungen des Atrioventrikulärbündels darstellen. Diese Analoga der Purkinjeschen Fäden sucht er in gewissen streifigen Figuren, die an der Innenfläche der Ventrikel dicht unter dem Endokard mehr oder weniger deutlich hervortreten und daselbst ein individuell sehr verschiedenes kompliziertes Netzwerk bilden. Diese Tawaraschen Angaben haben etwas sehr Verlockendes. Ihre Richtigkeit vorausgesetzt, wäre nicht nur eine plausible Darstellung der Reizüberleitung vom Vorhof zum Ventrikel auf muskulärem Wege gegeben, sondern es wäre auch, wenn die Reizwelle, um vom Vorhof zum Ventrikel zu gelangen, erst ein so kompliziertes Gewirre von Bahnen durchlaufen müßte, in der ungezwungensten Weise erklärt, woher die meßbare Pause kommt, die zwischen Vorhof und Ventrikelkontraktion sich einschiebt und deren Deutung den Physiologen schon viel Kopfzerbrechen gemacht hat. Im Prinzip halte auch ich den Gedankengang, die Pause zwischen Vorhof und Ventrikelkontraktion durch das anatomische Verhalten des Hisschen Bündels zu erklären, für richtig, wenn auch die Tawaraschen Ausführungen, wie gleich gezeigt werden soll, einer gewissenhaften Nachprüfung nicht in allen Stücken standzuhalten vermögen.

Schon etwa $\frac{3}{4}$ Jahre vor dem Erscheinen des Tawaraschen Buches habe auch ich — ich war damals noch Assistent am allgemeinen Krankenhause St. Georg — auf Anregung von Herrn Direktor Dr. Deneke mit dem Studium des Atrioventrikulärbündels begonnen. Ich habe diese Studien auch nach meiner Übersiedelung zum Hafenkrankenhause fortgesetzt mit liberalster Unterstützung von Herrn Direktor Deneke und Herrn Dr.

Simmonds, die mir in liebenswürdigster Weise das Material des allgemeinen Krankenhauses St. Georg zur Verfügung stellten und denen ich dafür zu großem Danke verpflichtet bin.

Im Hafenkrankenhause kam mir bei meinen Untersuchungen das hier reichlich zuströmende embryologische Material sehr zustatten.

Den ersten Anlaß zum Beginn dieser Untersuchungen gab ein Fall von Adams-Stokesschem Symptomkomplex, der im Sommer 1905 auf der Abteilung von Herrn Direktor Deneke zur Beobachtung und später auch zur Sektion kam. Unter Adams-Stokesschem Symptomkomplex versteht man, um dies kurz zu wiederholen, ein anfallsweise auftretendes Krankheitsbild, das charakterisiert ist durch eine plötzlich einsetzende Bewußtlosigkeit verbunden mit Irregularitäten der Atmung und einer auffallenden Bradykardie. Sucht man diese Bradykardie näher zu analysieren, so findet man, daß am Herzen nur die Ventrikel sich so selten kontrahieren, während die Vorhöfe 2—3mal so häufig schlagen. Diese Dissoziation zwischen Vorhof- und Ventrikelkontraktion war bei dem erwähnten Fall in außerordentlich schöner Weise sowohl klinisch festzustellen, als auch direkt im Röntgenbilde zu sehen. Da es nun Hering⁶ gelungen war, durch eine Durchschneidung des Verbindungsbündels am überlebenden Tierherzen eine ebensolche Dissoziation zu erzeugen, so tauchte der Gedanke auf, ob vielleicht auch hier in Analogie mit diesen Versuchen die Ursache der Dissoziation zwischen Vorhof- und Ventrikelkontraktion in einer anatomisch nachweisbaren Schädigung des Übergangsbündels zu suchen sei.

Ehe ich jedoch daran ging, diesen Fall näher zu untersuchen, beschäftigte ich mich zunächst damit, die topographische Lage und die Struktur des Hisschen Bündels am normalen Herzen aus eigener Anschauung kennen zu lernen.

Diese Untersuchungen brachten eine volle Bestätigung der Befunde von Bräunig und Retzer. Auch ich fand, daß ein Muskelbündel oder vielmehr eine Gruppe von Muskelbündeln in der Gegend der *pars membranacea septi* den *annulus fibrosus* schräg durchsetzt und so eine muskuläre Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel herstellt.

Das Bündel zieht, nachdem es auf der Ventrikelseite des annulus fibrosus angekommen ist, noch eine Zeitlang horizontal unter ihm weiter und ist während dieser Zeit noch völlig durch Bindegewebe von der Ventrikelmuskulatur getrennt, dann teilt es sich in zwei Schenkel, die ziemlich steil nach abwärts ziehen, noch eine Zeitlang sich deutlich durch lockeres Bindegewebe von der Ventrikelmuskulatur sondern, aber schließlich völlig mit ihr verschmelzen, ohne sich vorher noch einmal weiter geteilt zu haben.

Der Verlauf des Bündels unterliegt individuellen Verschiedenheiten, doch ist das Verhalten im großen und ganzen das gleiche. Ich fand das Bündel etwas länger, als Retzer. Ich würde die Länge, vom Eintritt in den annulus fibrosus bis zur Vereinigung mit der Ventrikelmuskulatur berechnet, auf 35—40 mm angeben.

Nachdem ich einige Schnittserien angefertigt hatte, war Herr Prof. Spalteholz in Leipzig, den ich zu diesem Zwecke aufgesucht hatte, so liebenswürdig, die Präparate durchzusehen. Er bestätigte mir, daß meine Befunde völlig mit denen seines Schülers Retzer übereinstimmten.

Einige Monate später erschien die Monographie von Tawara, dessen Angaben einen so auffallenden Gegensatz zu den Befunden der früheren Autoren und zu meinen eigenen bildeten.

Nachdem das Tawarasche Buch in meine Hände gelangt war, sah ich natürlich meine Präparate noch einmal sorgfältig durch, doch fand ich nichts, was mich hätte veranlassen können, meine ursprüngliche Auffassung zu ändern und die Tawaraschen Angaben zu bestätigen.

Auch bei weiteren Untersuchungen, die an Herzen von Menschenembryonen der verschiedensten Entwicklungsstadien, an solchen von Kindern und von Erwachsenen unternommen wurden, kam ich immer zu dem gleichen Resultat, daß das Bündel sich nach seinem Durchtritt durch den annulus fibrosus zwar in zwei Schenkel teilt, dann aber nicht, wie Tawara es angibt, weiterhin sich netzförmig an der Herzinnenfläche ausbreitet, sondern bald völlig mit der Ventrikelmuskulatur verschmilzt. Dagegen fand ich bei der Untersuchung des Schaf-

herzens die Tawaraschen Angaben völlig bestätigt. Auch ich konnte hier feststellen, daß die Fasern des Bündels, während sie durch den annulus fibrosus hindurchtreten, allmählich den Bau der Purkinjeschen Fäden annehmen. Sie stellen, nachdem sie den annulus fibrosus durchzogen haben, geradezu ein Konvolut Purkinjescher Fäden dar. Nachdem dieses Konvolut sich in zwei Schenkel geteilt hat, ziehen diese beiden Schenkel schräg nach unten unter das Endokard und verschmelzen hier mit den an der Herzzinnenfläche sichtbaren Purkinjeschen Fäden.

Nun ist es zweifellos eine Schwäche der Tawaraschen Ausführungen, daß er diese Befunde am Schafherzen so ohne weiteres auf das Menschenherz übertragen hat. Er hat, wie bereits erwähnt, allerlei streifige Figuren an der Innenfläche des Menschenherzens als Analoga der Purkinjeschen Fäden gedeutet, ohne diese Vermutung durch mikroskopische Untersuchungen zu kontrollieren und zu sichern. Er hat überhaupt darauf verzichtet, das Herz eines erwachsenen Menschen mit zur mikroskopischen Untersuchung heranzuziehen, angeblich weil die Schwierigkeiten hier zu groß seien und weil beim erwachsenen Menschen das Bündel in seiner Struktur zu wenig von der übrigen Herzmuskulatur abweiche. Er sagt auf Seite 61 und 62 seiner Monographie wörtlich:

„Beim Schaf, Hund und bei der Katze habe ich den ganzen linken Ventrikel in Serien geschnitten und sehr genau den ganzen Verlauf des linken Schenkels beschrieben; aber beim Menschen habe ich diese Methode nicht angewandt, weil einerseits diese Methode eine sehr schwierige und zeitraubende ist und sich trotz dieser Mühe gute Resultate kaum erwarten lassen, da eine zu große histologische Ähnlichkeit zwischen den gewöhnlichen Herzmuskelfasern und den Muskelfasern des Verbindungsbündels besteht, und andererseits weil es sich inzwischen herausgestellt hatte, daß der linke Schenkel schon makroskopisch fast bei allen, sowohl frischen als gehärteten Menschenherzen ziemlich gut wahrnehmbar ist.“

Nun muß man aber doch billig sagen, daß etwas, was man makroskopisch sehen kann, sich auch mikroskopisch darstellen lassen muß, und bei dem Bündel müßte dies, auch

wenn es sich in der Struktur überhaupt nicht von der Ventrikelmuskulatur unterscheidet, unter allen Umständen der Fall sein, wenn es, wie Tawara ja angibt, bis in seine letzten Verzweigungen von der übrigen Herzmuskulatur durch Bindegewebe getrennt wäre. Tatsächlich gelingt es auch sehr gut, das Bündel in Schnittserien auch beim erwachsenen Menschen mikroskopisch darzustellen. Allerdings muß man bei der Vorbereitung der Präparate mit großer Vorsicht zu Werke gehen, da die Stücke, die zu Serien verarbeitet werden müssen, beim Erwachsenen sehr groß sind und der Herzmuskel ohnedies zu den Organen gehört, bei denen man sehr mit der Tücke des Objekts rechnen muß.

Aber nicht nur beim Erwachsenen, sondern auch beim Kind und beim Fötus, bei denen ja auch Tawara mikroskopische Untersuchungen vorgenommen hat, differieren die Tawaraschen Angaben und die meinigen in gleicher Weise und hier vermag ich eine ausreichende Erklärung für diese Divergenz nicht zu geben. Doch kann ich auf Grund meiner Präparate die Richtigkeit der von Tawara in bezug auf den Verlauf des Hisschen Bündels aufgestellten Behauptungen nicht anerkennen. Speziell von Föten habe ich die Herzen aus den verschiedensten Entwicklungsstadien geschnitten und dabei im großen und ganzen die gleichen Befunde wie beim Erwachsenen erhoben. Bei zwei ganz kleinen Föten freilich, einem von 3 und einem von 6 cm Länge, war die Entwicklung des Herzens noch zu wenig vorgeschritten, als daß ich von dem Bündel als solchem schon hätte etwas erkennen können. Dagegen gelang es bei einem Fötus von 16 cm Länge schon sehr gut das Bündel in Serien darzustellen, ebenso gut natürlich bei zwei noch älteren Föten, einem von 22 und einem von 30 cm Länge. Das Bündel ist beim Fötus verhältnismäßig sehr viel umfangreicher als beim Erwachsenen, sein Verlauf dagegen ist im großen und ganzen der gleiche. Nachdem es den annulus fibrosus durchzogen hat und auf der Ventrikelseite angekommen ist, zieht es noch eine Zeitlang dicht unter dem annulus fibrosus horizontal weiter und teilt sich dann in zwei Schenkel, die sich schon nicht mehr deutlich von der übrigen Ventrikelmuskulatur abgrenzen lassen und bald völlig mit ihr verschmelzen. Eins

ist dabei noch zu bemerken. Die Teilung in zwei Schenkel ist erst beim älteren Fötus zu beobachten. Bei dem 16 cm langen Embryo war sie noch nicht zu sehen. Das Bündel bleibt dort auch nach dem Durchtritt durch den annulus fibrosus dauernd eine rundliche Masse; eine Zeitlang grenzt diese sich noch durch Bindegewebe von der übrigen Ventrikelmuskulatur ab, um bald völlig mit ihr zu verschmelzen.

Wenn ich nach dem, was ich seither ausgeführt habe, Tawara auch darin nicht beipflichten kann, daß das Atrio-ventrikulärbündel beim Menschen ein ebenso kompliziertes System darstellt wie beim Schaf, so stimme ich ihm trotzdem darin bei, daß die anatomische Anordnung des Hisschen Bündels auch beim Menschen eine Erklärung für die Pause bietet, die man zwischen Vorhof- und Ventrikelkontraktion beobachten kann, vorausgesetzt natürlich die Richtigkeit der Annahme, daß das Hissche Bündel Träger der Reizwelle ist.

Wenn auch der Umweg, den die Reizwelle machen muß, um vom Vorhof zum Ventrikel zu gelangen, beim Menschen kein so großer ist wie beim Schaf, so ist doch immerhin ein solch meßbarer Umweg vorhanden, der vom Eintritt des Bündels in den annulus fibrosus bis zu seiner Verschmelzung mit der Ventrikelmuskulatur etwa 40 mm beträgt.

Dieser Umweg wird noch vergrößert durch das Verhalten des Bündels vor seinem Eintritt in den annulus fibrosus. Bevor das Bündel sich anschickt, in den annulus einzutreten, schwillt es allmählich aus wenigen Fasern zu einem größeren Muskelkomplex an. Dieser Komplex ist von der übrigen Vorhofmuskulatur durch eine mehr oder weniger breite Fettschicht getrennt, die auch beim älteren Embryo schon deutlich sichtbar ist. Durch diese Fettschicht ziehen lange dünne Muskelfibrillen, die eine Verbindung zwischen Vorhof und Bündelmuskulatur darstellen. Auch auf der Vorhofseite ist also der Zusammenhang zwischen dem Bündel und der übrigen Herzmuskulatur kein direkter und kompakter, das Bündel läuft auch hier schon eine Zeitlang sichtbar in eigener Bahn und der Umweg, den die Reizwelle zu machen hat, erscheint dadurch, wie gesagt, noch einmal vergrößert. Schließlich ist aber noch ein Moment zu beachten. Wenn der Bau des Bündels beim erwachsenen

Menschen von der übrigen Herzmuskulatur auch nicht grundsätzlich verschieden ist, so sind gewisse Unterschiede doch nicht von der Hand zu weisen. Das Bündel ist bindegewebsreicher, als der übrige Herzmuskel, seine Fasern sind deutlich schmaler, als die übrigen Muskelfasern. Wenn es nun für eine Tierart, für das Schaf, sicher steht, daß das Atrioventrikulärbündel hier sozusagen ein eigenes System darstellt, so liegt der Gedanke nahe, dem Bündel auch bei den andern Tierarten eine gewisse Selbständigkeit, die sich in einer besonderen physiologischen Eigentümlichkeit, einer verminderten Leitungsfähigkeit äußern könnte, zuzuschreiben, wenn auch die anatomische Selbständigkeit, die das Reizleitungssystem beim Schafherzen besitzt, beim Menschen nur eben noch durch gewisse Unterschiede der übrigen Herzmuskulatur gegenüber angedeutet ist. Dabei ist zu bemerken, daß beim Menschen die Strukturunterschiede zwischen Bündel und übriger Herzmuskulatur nur beim Erwachsenen erkennbar sind. Beim Fötus unterscheidet sich das Bündel in seinem Bau in nichts von der übrigen Herzmuskulatur.

Bei den Abbildungen, welche die Beweisunterlage dieser Arbeit bilden sollen, ist der normale Verlauf des Bündels nur am Herzen eines älteren Embryos etwas ausführlicher dargestellt. Es erwies sich leider als zu kostspielig, außerdem auch eine Serie von normalen Herzen eines Erwachsenen in guten Bildern zu illustrieren, doch habe ich in der biologischen Gesellschaft zu Hamburg vor einer größeren Versammlung zum Beweis meiner Ausführungen mehrere Serien möglichst ausführlich mit dem Epidiaskop projiziert.

Ich wende mich nun zu den Befunden, die ich am Bündel beim Adams-Stokesschen Symptomkomplex erhoben habe. Die Vermutung, daß die Dissoziation zwischen Vorhof und Ventrikelkontraktionen in anatomischen Veränderungen des Atrioventrikulärbündels begründet sei, und das Bestreben, solche anatomischen Veränderungen aufzudecken, bildete ja, wie ich schon erwähnte, den Ausgangspunkt meiner Untersuchungen.

Auf die klinischen Daten der in Betracht kommenden Fälle will ich nicht näher eingehen, da sie in einer demnächst

erscheinenden Arbeit von Herrn Direktor Deneke ausführlich besprochen werden sollen, zum Teil schon besprochen sind.⁸ Ich will mich vielmehr auf den Nachweis beschränken, daß sich tatsächlich beim Adams-Stokesschen Symptomkomplex anatomische Veränderungen im Übergangsbündel nachweisen lassen. Im ganzen standen mir 3 Fälle zur Verfügung. Alle waren sie im allgemeinen Krankenhause St. Georg auf der Abteilung von Herrn Direktor Deneke beobachtet worden und hier zur Sektion gekommen, ein Fall Sommer 1905, einer im Oktober 1906, der 3. Fall stammt aus dem Jahre 1901 und ist von Luce⁷ schon früher aufs eingehendste beschrieben. Die Lehre vom Atrioventrikularbündel war damals noch so wenig anerkannt, daß Luce darauf verzichtete, eine anatomische Untersuchung des Bündels vorzunehmen. Doch hat auch er damals schon an eine Leitungsunterbrechung im Sinne der myogenen Theorie gedacht, wenn er auch in erster Linie noch in einer Störung des nervösen Apparats die Ursache der Adams-Stokesschen Krankheit suchte. Das betreffende Herz war glücklicherweise noch in der Sammlung des allgemeinen Krankenhauses St. Georg vorhanden und stand mir nebst den zwei anderen Herzen zur mikroskopischen Untersuchung zur Verfügung. Leider muß von diesen 3 Fällen der erste ausscheiden, da die Untersuchung hier nicht mit der nötigen Vollständigkeit vorgenommen wurde. Ich beging hier die Unvorsichtigkeit, daß ich, nachdem ich das Stück des Septums, in dem ich nach den bis dahin ausgeführten Untersuchungen das Bündel vermutete, herausgeschnitten hatte, die Beseitigung des übrigen Herzens gestattete. Als ich aber mit meiner Serie am Grund des eingebetteten Präparats angekommen war, gewahrte ich zu meinem Bedauern, daß das in diesem Falle abnorm lange Bündel noch nicht zu Ende war. Ich dachte zunächst daran, daß es sich hier um einen Verlauf des Bündels handeln könne, wie ihn Tawara beschrieben hat, und ich habe diesem Gedanken in einer Notiz zu der Arbeit von Direktor Deneke:⁸ „Zur Röntgendiagnostik seltenerer Herzleiden“ in der Festschrift für Ebstein Ausdruck gegeben. Doch bei näherer Überlegung und beim Vergleich mit den Serien, bei denen ich das Bündel bis zu seiner Vereinigung

mit der Ventrikelmuskulatur verfolgt habe, kam ich zu dem Schluß, daß diese Vermutung doch nicht hinreichend begründet sei. Das Bündel war in diesem Falle freilich länger, als in der Norm von der übrigen Herzmuskulatur durch Bindegewebe getrennt, doch von einer baumförmigen Auffaserung, wie sie Tawara beschreibt, konnte ich nichts entdecken. Ich kann natürlich auch, da ich das Bündel nicht bis zu Ende verfolgt habe, nichts darüber aussagen, wie es sich in den letzten Abschnitten seines Verlaufs verhält, und verzichte deshalb wohl am besten darauf, diesen Fall mit zur Verwertung heranzuziehen.

Glücklicher war ich bei der Untersuchung der beiden andern Fälle. In dem Fall von Luce hatte sich schon bei der Sektion im Ventrikelseptum ein Tumor, wie ich vermute ein Gumma, mit stark infiltrierten Rändern gefunden. Dieser Tumor schob sich bis zu der Stelle heran, an der das Atrio-ventrikularbündel aus dem annulus fibrosus auszutreten pflegt. Die Fasern des Bündels werden infolgedessen von hier an völlig von dem Tumor zerstört, der das Ventrikelseptum in ganzer Breite durchsetzt hat.

Bei dem 3. Fall fand ich an der Stelle, an der das Bündel sich in zwei Schenkel zu teilen pflegt eine Schwiele, welche den Anfangsteil des linken Schenkels völlig ersetzt hat, der rechte Schenkel zieht zunächst noch unversehrt weiter, doch an der Stelle, an welcher er sich anschickt, mit der Ventrikelmuskulatur zu verschmelzen, ist er gleichfalls schwielig verändert.

In diesen beiden Fällen ist also durch anatomische Prozesse die Kontinuität der Bündelfasern unterbrochen, und wir haben hier in sichtbarer Weise ein Analogon zu den Heringschen Versuchen. Während dort die Durchschneidung des Bündels eine Dissoziation zwischen Vorhof- und Ventrikelskontraktion zur Folge hatte, haben wir hier den gleichen Effekt hervorgerufen durch anatomische Veränderungen, die ein Einstrahlen der Bündelfasern in die Ventrikelmuskulatur unmöglich machten.

Kurz bevor ich meine eigenen Untersuchungen abgeschlossen hatte, erschien eine wertvolle Bestätigung meiner eigenen Be-

funde durch eine Arbeit von Schmoll.⁹ Auch diesem Autor ist es gelungen, in einem Fall von Adams-Stokesschem Symptomkomplex eine schwierige Entartung des Bündels bald nach seinem Durchtritt durch den annulus fibrosus nachzuweisen.

Wenn ich nun zum Ausgangspunkt meiner Auseinandersetzungen zurückkehre, so darf ich den Versuch, eine anatomische Erklärung für die Anomalien der Herztätigkeit beim Adams-Stokesschen Symptomkomplex zu finden, wohl als gelungen betrachten.

Weiterhin sind die Befunde aber auch geeignet, wenigstens etwas zur Klärung der Frage beizutragen, ob die neurogene oder die myogene Theorie der Herztätigkeit richtig ist. Sie vermögen freilich nicht alle Bedenken, die von neurogener Seite geltend gemacht werden können, zu zerstreuen. Auch nach völliger Durchschneidung des Verbindungsbündels sistieren ja die Kontraktionen der Ventrikel nicht durchaus; der diese Kontraktionen auslösende Reiz muß also in den Ventrikeln selbst seinen Ursprung finden, und ich lasse die Frage offen, ob er von den Ganglien oder von den muskulären Elementen der Ventrikel abhängig ist.

Dagegen kann nach den mitgeteilten Befunden, namentlich, wenn man sie mit den Heringschen Versuchen zusammenhält, daran kaum ein Zweifel sein, daß die Koordination der Vorhofs- und Ventrikelkontraktionen an das Verhalten des Hisschen Bündels, also an muskuläre Elemente, gebunden ist.

Literatur.

1. His jun., Die Tätigkeit des embryonalen Herzens und dessen Bedeutung für die Lehre von der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arb. a. d. med. Klinik Leipzig I, 1893.
2. Langendorff, Herzmuskel und intrakardiale Innervation. Ergebnisse d. Physiologie (Asher-Spiro), I. Jahrg., 2. Abt., 1902.
3. Bräunig, Über muskulöse Verbindungen zwischen Vorkammer und Kammer bei verschiedenen Wirbeltierherzen. Inaug.-Diss., Berlin 1904.
4. Retzer, Über die muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel des Säugetierherzens. Arch. f. Anatomie und Physiolog., anat. Abt., 1904.
5. Tawara, Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens. Jena, bei Gust. Fischer, 1906.

6. Hering, Nachweis, daß das Hissche Übergangsbündel Vorhof und Kammer des Säugetierherzens funktionell verbindet. Pflügers Archiv, Bd. 108.
7. Luce, Zur Klinik u. pathologischen Anatomie des Adams-Stokesschen Symptomkomplexes. Deutsch. Arch. f. klin. Mediz., Bd. 74.
8. Deneke, Zur Röntgendiagnostik seltenerer Herzleiden. Deutsch. Arch. f. klin. Med., Festschrift f. Ebstein, 1906, Bd. 89.
9. Schmoll, Zwei Fälle von Adams-Stokesscher Krankheit mit Dissoziation von Vorhof- und Kammerrhythmus und Läsion des Hisschen Bündels. Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 87.

Technisches.

Bei Herstellung der mikroskopischen Präparate wurde in folgender Weise verfahren:

Zunächst wurde das Herz in toto in 4 prozentigem Formalin gehärtet, dann wurden die Seitenwände des Herzens abgetragen, an dem auf diese Weise isolierten Herzseptum ein frontaler Schnitt zwischen fossa ovalis und pars membranacea septi angelegt und dann das Vorhofseptum auf etwa 2, das Ventrikelseptum auf etwa 3 cm Höhe abgetragen. Der so erhaltene Block wurde sorgfältig in steigendem Alkohol weiter gehärtet, zur Erhöhung der Schnittfähigkeit 2×24 Stunden mit Anilinöl behandelt und dann in Paraffin eingebettet. Die Einbettung wurde in der Weise vorgenommen, daß die Präparate Frontalschnitte durch das Septum darstellen mußten, und nun wurde der Block in der Richtung von hinten nach vorn in lückenlose Serien zerlegt. Die Dicke der Schnitte betrug 10 μ . Jeder 10. bis 15. Schnitt wurde aufgeklebt und nach der van Giesonschen Methode gefärbt. Bei Föten wurde das ganze Herz eingebettet und in der eben angegebenen Weise frontal von hinten nach vorn in Serien geschnitten.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1—5 stellt den Verlauf des Hisschen Bündels (bei den Abbildungen mit H. B. bezeichnet) bei einem 30 cm langen Fötus dar.
- Fig. 1 zeigt die Anfänge des Bündels, das auf der Vorhofseite des Herzseptums dicht oberhalb des annulus fibrosus allmählich aus einzelnen Muskelfasern zu einem größeren Komplex anschwillt. Es ist von dem übrigen Vorhofseptum durch Fettgewebe getrennt. Schmale Muskelfibrillen vermitteln den Zusammenhang zwischen den Fasern des Bündels und dem übrigen Vorhofseptum.
- Auf Fig. 2 ist das Bündel bereits in Form eines größeren rundlichen Muskelkomplexes sichtbar, der sich schärfer gegen die übrige Vorhofmuskulatur absetzt und in den annulus fibrosus einzudringen beginnt.
- Fig. 3 zeigt das Bündel während seines Durchtritts durch den annulus fibrosus.

- Auf Fig. 4 ist das Bündel auf der Ventrikelseite des Septums angekommen.
 Auf Fig. 5 teilt es sich in zwei Schenkel, die in die Ventrikelmuskulatur ausstrahlen. Auf dieser letzten Etappe seines Verlaufs verhält sich das Bündel beim Erwachsenen etwas anders als beim Fötus. Beim Erwachsenen sind die beiden Schenkel, in die das Bündel sich teilt, von der übrigen Ventrikelmuskulatur noch eine Zeitlang deutlich durch Bindegewebe getrennt. (Fig. 1—5 sind bei schwacher Vergrößerung, Obj. A, Okul. I [Zeiß] gezeichnet.)
- Fig. 6 stellt das Bündel im normalen Herzen des Erwachsenen an der Stelle dar, an der es auf der Ventrikelseite des Herzseptums angekommen sich anschickt, sich in zwei Schenkel zu teilen.
- Fig. 7 zeigt etwa die gleiche Stelle des Septums bei dem dritten von mir untersuchten Fall von Adams-Stokesschem Symptomkomplex. Der Anfangsteil des linken Schenkels ist hier schwierig verändert.
- Fig. 8 zeigt beim normalen Herzen des Erwachsenen die Stelle, an welcher der rechte Schenkel des Hisschen Bündels in die Ventrikelmuskulatur einstrahlt.
- Fig. 9 stellt die korrespondierende Stelle aus dem Herzen des Falls von Adams-Stokesschem Symptomkomplex dar, der auch durch Fig. 7 illustriert ist. Der rechte Schenkel strahlt hier, statt sich mit der Ventrikelmuskulatur zu vereinigen, in einen bindegewebigen Strang aus. (Fig. 6—9 sind bei Lupenvergrößerung gezeichnet.)
- Fig. 10 und 11 beziehen sich auf den Fall von Adams-Stokesschem Symptomkomplex, bei dem ein Tumor im Herzseptum gefunden war.
- Fig. 10 zeigt das Bündel im Begriff, aus dem annulus fibrosus auszutreten. Im großen und ganzen ist es noch unversehrt, nur in den Randpartien finden sich einige Infiltrate, welche die Nähe des Tumors ankündigen.
- Auf Fig. 11 ist nur noch an der erhalten gebliebenen bindegewebigen Umrahmung die Stelle zu sehen, an der das Bündel liegen sollte. Der Tumor hat hier das Ventrikelseptum in ganzer Breite durchsetzt und das Bündel völlig zerstört. (Fig. 10 und 11 sind bei schwacher Vergrößerung gezeichnet.)

Berichtigung.

Die letzte Gleichung auf S. 311 muß heißen:

$$\frac{dQ_i}{dt} = b_i (N - L_i) (p - p_1).$$
