

Zur Histologie der spezifischen Muskelsysteme im menschlichen Herzen.

Von Dr. Franz Burian
ehem. Assistent am histologischen Institut der deutschen
Universität in Prag.

(Mit 6 Abbildungen.)

I

Über den feineren Bau der spezifischen Muskelsysteme, Sinusknoten und atrioventrikuläres Verbindungssystem des Herzens, welche die anatomische Grundlage für die myogene Theorie von der Entstehung und Koordination des Herzschlages darstellen, herrschen auch heute noch vielfach unklare Vorstellungen. Demgegenüber muß betont werden, daß diese Systeme ganz unzweifelhaft aus quergestreiften Muskelfasern bestehen, die — trotz mancher Besonderheiten in Struktur und Anordnung, welche eben ihre spezifische Eigenart bedingen — im wesentlichen den Charakter von Herzmuskelfasern zeigen, der am deutlichsten in der netzartigen Verbindung verzweigter sarkoplasmareicher Fasern und in der achsialen Lage der Kerne zum Ausdruck kommt. (Abb. 1) Die Feststellung dieses gemeinsamen Grundcharakters erscheint notwendig, um über die Verschiedenheiten der einzelnen Abschnitte des Systems die Hauptsache nicht aus dem Auge zu verlieren. Denn es unterscheiden sich, wie wir weiter sehen werden, nicht nur die beiden genannten Hauptabschnitte von einander, sondern es bestehen auch selbst innerhalb des atrioventrikulären Systems noch ziemlich weitgehende Verschiedenheiten.

II.

Das atrioventrikuläre Verbindungssystem.

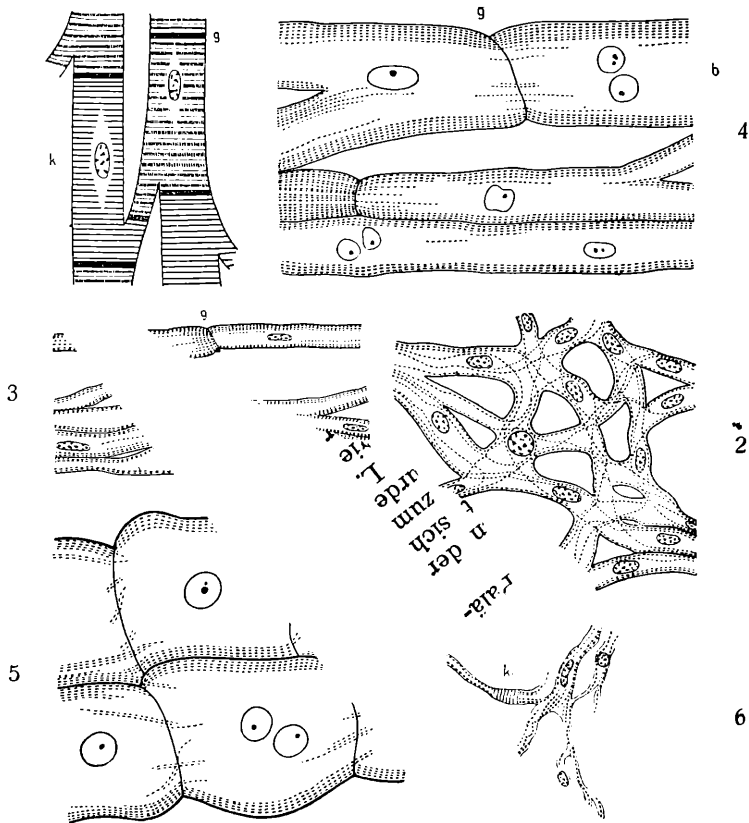
Dieses System beginnt mit dem Tawaraknoten (s. Abb. 2), dessen Elemente in direktem Zusammenhang mit der Muskulatur des rechten Vorhofes stehen.

Der Nachweis, daß seine Fasern dem Typus der Herzmuskelfasern entsprechen, gelingt sehr leicht, denn gerade die Verzweigungen und der netzförmige Zusammenhang der Fasern treten hier sehr deutlich in Erscheinung. Weiters sprechen dafür die

achsiale Lage der Kerne und das Vorkommen von Glanzstreifen. Und doch unterscheidet sich diese Knotenmuskulatur von der gewöhnlichen Herzmuskulatur und zeigt ein ganz eigenartiges Gepräge. Am auffallendsten ist die Regellosigkeit des Netzwerkes, das teils überhaupt keine, teils eine nur mangelhafte Orientierung in der Längsrichtung des Knotens erkennen läßt. Die Fasern verlaufen nämlich nach den verschiedensten Richtungen, da die in kurzen Abständen auftretenden Verzweigungen unter großen Winkeln erfolgen. Die Fasern selbst sind im allgemeinen schmaler als gewöhnliche Herzmuskelfasern (vgl. Abb. 1 und 2), doch ist die Breite der einzelnen Fasern recht verschieden und selbst im Verlaufe ein und derselben Faser wechselnd. Die Kerne liegen in sehr kurzen Abständen, sodaß schon bei schwacher Vergrößerung der Knoten sehr kernreich erscheint. Ihre Form ist bald rund, besonders an den Knotenpunkten des Netzwerkes, bald mehr ellipsoidisch, bald mehr stäbchenförmig, meist sind sie plumper als in den Myokardfasern. Die Querstreifung ist ohne weiteres sichtbar, aber nicht so schön wie in den Myokardfasern. Der Grund dafür liegt in der geringeren fibrillären Differenzierung und dem oft unregelmäßigen Verlaufe der Fibrillen, welche die sarkoplasmareichen Fasern keineswegs in durchwegs paralleler Richtung durchziehen. So kommt es häufig zu einer unregelmäßigen Längsstreifung, wobei die Querstreifung aber immer erkennbar bleibt. An den Knotenpunkten des Netzwerkes, wo häufig viele Fasern in sternförmiger Anordnung zusammentreffen, zeigen die Fibrillen oft einen sehr wirren Verlauf. Hervorzuheben wäre noch der größere Reichtum des Knotens an faserigem Bindegewebe, das ihn auch, soweit er nicht direkt mit der Vorhofmuskulatur zusammenhängt, umscheidet. In diesem, auch elastische Fasern führenden Bindegewebe, das die Maschen des Muskelnetzwerkes ausfüllt, liegen auch zahlreiche kleinere Blutgefäße und insbesondere ein dichtes Kapillargeflecht.

Der Knoten steht nach vorn zu in fortlaufendem Zusammenhang mit dem Crus commune. (S. Abb. 3.)

Im histologischen Bilde vollzieht sich der Übergang in der Weise, daß durch Streckung des Netzwerkes in die Längsrichtung des Systems allmählich eine Annäherung an das Crus commune erfolgt. Die Änderung der Anordnung und des Verlaufes bilden den hauptsächlichsten Unterschied gegenüber dem vorhergehenden Abschnitte. Alle Fasern ziehen nun ungefähr parallel der Achse des Bündels. Die Maschen des Netzwerkes werden langgestreckt und die Verzweigungen viel seltener. Die Kerne liegen nun ebenfalls in größeren Abständen. Die Breite und das Sarkoplasma-Fibrillenverhältnis der Fasern sind nicht viel anders als im Knoten. Häufig liegen die Fibrillen innerhalb der Fasern



- Abb. 1. Herzmuskelfasern (Myokard) vom Menschen. Schematisch. r = Ruhezustand, k = Kontraktionszustand; g = Glanzstreifen.
- Abb. 2. Aus dem Tawaraknoten (Atrioventrikularknoten) des Menschen. Schmal-faseriges, dichtes Netzwerk; radienartige Ausstrahlung der Fasern aus den Knotenpunkten.
- Abb. 3. Aus dem atrioventikulären Bündel (Crus commune) des Menschen. g = Glanzstreifen. Längsverlauf der Fasern; spärliche Verzweigungen; bündelweise Aneinanderlagerung.
- Abb. 4. Aus der ventrikulären Ausstrahlung des Bündels. (Sog. Purkinje-fasern) Mensch. b = breite, s = schmale Fasern, welche bei ü in die Myokardfasern übergehen. g = Glanzstreifen, welche eine segmentale Gliederung der Fasern andeuten.
- Abb. 5. Aus einem Purkinjefaden des Kalbherzens. Plumpe, zellenartige Segmente, deren Grenzen den Glanzstreifen der Fasern entsprechen dürften; unmittelbare Aneinanderlagerung der segmentierten Fasern, wodurch die (makroskopisch sichtbaren) Purkinjefäden der Huftierherzen zustandekommen.
- Abb. 6. Aus dem Sinusknoten des Menschen. Sehr schmale Fasern, mit allen wesentlichen Merkmalen von Herzmuskelfasern: Deutliche Querstrei-fung (Ruhe- und Kontraktions-Zustand bei k), Verzweigung, binnens-tändige vereinzelte Kerne.

randständig, nicht selten sind sie aber auch diffus durch die ganze Faser verteilt, immer aber sind sie viel spärlicher als in den gewöhnlichen Herzmuskelfasern. Auch Glanzstreifen sind vorhanden (g). Bemerkenswert erscheint ein Befund, der auch in den folgenden Abschnitten öfters zu erheben ist: die Fasern liegen nicht selten bündelweise beisammen. In diese Faserbündel dringt das sonst reichliche gefäßführende Bindegewebe manchmal nur noch in Form eines feinen Fäserchenwerkes ein, manchmal aber ist selbst dieses nicht mehr nachweisbar, sodaß die Fasern unmittelbar aneinandergelagert erscheinen, wodurch sie auch in ihrer Ernährung benachteiligt werden.

Die beiden Schenkel, die aus der Teilung des Crus commune hervorgehen, zeigen anfangs noch denselben Bau wie dieses, aber in einiger Entfernung von der Teilungsstelle ändert sich das Bild dadurch, daß die Systemfasern, die bisher den Myokardfasern an Breite nachstanden, im Durchmesser so zunehmen, daß sie jene meist weit, oft um ein mehrfaches an Stärke übertreffen. (S. Abb. 4.)

Daneben gibt es aber auch immer solche Fasern, die in ihrer Stärke von gewöhnlichen Muskelfasern nur wenig oder gar nicht abweichen. Diese Verbreiterung erfolgt nicht in allen Fasern gleichzeitig, sodaß man in der Übergangszone noch schmale und schon sehr breite Fasern nebeneinander sehen kann. Sie setzt auch an den beiden Schenkeln nicht in der gleichen Entfernung von der Teilungsstelle ein, sondern im linken bald, nachdem seine Lage eine subendokardiale geworden ist, im rechten erst am Ende des intramuskulären Abschnittes, also dort, wo er zum zweiten Male und endgültig unter das Endokard zu liegen kommt, somit viel später als im linken.

Da die Endausbreitungen der Schenkel in den Ventrikeln, die man als ventrikuläre Ausstrahlung des Systems bezeichnen könnte, sich histologisch von dem breitfaserigen Abschnitt der Schenkel nicht unterscheiden, kann ihre Beschreibung gemeinsam erfolgen. Die Fasern in diesem Teile des Systems zeichnen sich, abgesehen von der schon erwähnten Breite, durch ihren außerordentlichen Sarkoplasmareichtum aus. (S. Abb. 4.) Die spärlichen, aber deutlich quergegliederten Fibrillen liegen häufig randständig. Auf Querschnitten sieht man dann in der Peripherie radiär gestellte schmale Fibrillenbündel, sodaß ein sehr zierliches Bild entsteht. Doch ist diese Art der Fibrillen-anordnung durchaus nicht die Regel, in anderen Fasern sind sie durch die ganze Breite der Faser diffus verteilt. An Längsschnitten sind oft sehr deutliche Querlinien sichtbar (g), die in ziemlich regelmäßigen Abständen auftreten, so zwar, daß zwischen je zwei von ihnen ein Kern, manchmal auch zwei oder drei dicht nebeneinandergelagert in einer achsialen Sarkoplasma-

anhäufung zu liegen kommen. Meist sind die Fasern an der Stelle der Querlinien, die wohl den Glanzstreifen der Myokardfasern gleichzusetzen sind, eingeschnürt, so daß eine segmentale deutliche Gliederung zustande kommt. In der Literatur wird dieser Anteil des Systems als Purkinjische Fasern bezeichnet. Dieser Name sollte besser vermieden werden, da die im menschlichen Herzen so bezeichneten Gebilde den Purkinjischen Fäden im Huftierherzen (s. Abb. 5) zwar homolog sind, sich aber in ihrem makro- und mikroskopischen Aussehen erheblich von ihnen unterscheiden.

Von den Schenkeln gegen die ventrikuläre Ausstrahlung hin nimmt die Zahl der Fasern beträchtlich zu. Diese Vermehrung erfolgt durch dichotomische e n d s t ä n d i g e Aufteilung, die — neben den s e i t e n s t ä n d i g e n Verzweigungen, durch welche die Fasern untereinander zusammenhängen und wodurch sie ihre Natur als Herzmuskelfasern ebenfalls wieder erweisen — häufig deutlich beobachtet werden kann.

Die ventrikuläre Ausstrahlung steht in direkter Verbindung mit der Kammermuskulatur. Der Übergang vollzieht sich in der Weise, daß die Systemfasern allmählich die Beschaffenheit der Myokardfasern annehmen (Abb. 4 Ü). Indem sie wieder schmaler werden, rücken auch ihre Fibrillen näher zusammen, vielleicht nehmen diese auch wirklich an Zahl zu. Im allgemeinen sind die Übergänge subendokardial anzutreffen, doch erfolgen sie auch hin und wieder erst innerhalb des Myokards.

Dieser unmittelbare Zusammenhang des Systems mit dem Myokard, hergestellt durch die Verbindung des Tawaraknotens mit der Vorhofmuskulatur einerseits, der Endausbreitungen mit der Muskulatur der Kammern andererseits, spricht auch dafür, daß das spezifische Muskelsystem des Herzens nach Bau und Wirkungsweise zum Herzmuskelgewebe gehört.

Das ganze System ist fast bis zu den letzten Ausläufern von einer Bindegewebshülle umgeben, mit der das sehr lockere, gefäßführende Bindegewebe zusammenhängt, das sich im Gegensatz zur Myokardmuskulatur überall in ziemlich reichlicher Menge zwischen den spezifischen Elementen findet. Dieser strafferen Bindegewebsscheide ist es zu danken, daß das System sich anatomisch auspräparieren läßt. Das lockere, interstitielle Bindegewebe mit seinen weiten Gewebsspalten hingegen ermöglicht (wenigstens bei ganz frischen Herzen mancher Tiere) eine andere makroskopische Darstellung, durch Injektion einer farbigen Flüssigkeit in dieses Bindegewebe, dessen lockere Fügung ein Vordringen der Injektionsflüssigkeit längs des Systems erleichtert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß im A. V. Verbindungssystem der erste Abschnitt, bestehend aus Knoten,

Stamm und proximalen Anteilen der Schenkel, schmalfaserig ist, während die distalen Abschnitte, der Schenkel und die ventrikuläre Ausstrahlung aus breiten Fasern aufgebaut sind. Gemeinsam ist dem ganzen System der Sarkoplasmareichtum und die damit in Zusammenhang stehende geringere fibrilläre Differenzierung, worin sich gegenüber der Myokardmuskulatur der primitivere Charakter des Systems ausdrückt. Dafür sprechen auch gewisse Eigentümlichkeiten in der Anordnung. Das regellose Netzwerk des Tawaraknotens mit den wir verlaufenden Fibrillen erinnert sehr an das histologische Bild eines früheren Entwicklungsstadiums des Herzmuskels, wo in einem noch völlig ungeordneten, zelligen Reticulum in der zusammenhängenden Protoplasmamasse — dem Sympasma mancher Autoren — die in noch geringer Anzahl ausdifferenzierten Fibrillen ganz wirr zu verlaufen scheinen. Mit diesem Vergleich ist nicht beabsichtigt, die Muskulatur des Knotens als ein auf embryonaler Stufe stehengebliebenes Gewebe zu bezeichnen, wie es früher von manchen Autoren für das ganze System geschehen ist. Aber das Endstadium seiner Differenzierung ist doch ein primitiveres als das der Herzmuskulatur, was sich nicht nur im Bau der Einzel-faser, sondern auch in der unvollkommenen Sonderung der oft unmittelbar aneinander gelagerten, zu Bündeln vereinigten Fasern ausspricht.

III.

Der Sinusknoten.

Während sich an den verschiedenen Abschnitten des atrioventrikulären Verbindungssystems trotz aller Besonderheiten unschwer nachweisen läßt, daß sein Bau in den wesentlichen Grundzügen mit dem der Herzmuskulatur übereinstimmt, stößt dieser Nachweis im Sinusknoten auf große Schwierigkeiten. (S. Abb. 6.)

Seine dünnen Fasern, die z. T. noch viel schmaler sind als die des schmalfaserigen Abschnittes im atrioventrikulären Verbindungssystem, sind in ein mächtiges, die Muskelfasern (besonders bei Bindegewebsfärbungen) nahezu ganz verdeckendes Bindegewebslager eingebettet und verlaufen nach den verschiedensten Richtungen, so daß bei jeder Schnittrichtung quer —, schräg — und auf kurze Strecken längsgetroffene Fasern gefunden werden. Diese Durchkreuzung kann man besonders im Kopfteil beobachten, während im Stammteil die Längsrichtung vorzuherrschen beginnt, die gegen die unteren Ausläufer immer ausgesprochener wird. Zunächst hat man den Eindruck, daß es sich um ein wirres F l e c h t w e r k feiner Fäserchen, die glatten Muskelfasern oft nicht unähnlich sind, handeln dürfte; gelegentlich

sieht man aber deutlich Verzweigungen, die es wahrscheinlich machen, daß die Fasern untereinander zusammenhängen und auf diese Weise ein Netzwerk bilden. (S. Abb. 6.) Daß man diesen Zusammenhang so schwer zu sehen bekommt, liegt wohl daran, daß das Netz ziemlich weitmaschig ist und die Fasern in allen Richtungen des Raumes verlaufen, Flächenbilder somit keinen genügenden Aufschluß über die Anordnung geben können. Die Fasern selbst sind, wie bereits erwähnt, sehr schmal, an Längsschnitten meist von welligem Verlauf und unregelmäßig begrenzt, so daß der Durchmesser innerhalb einer gewissen Strecke — wenigstens an den fixierten Präparaten — mehrfach wechselt. Die mit dem reichlichen Sarkoplasmagehalt einhergehende, sehr geringe fibrilläre Differenzierung und der meist unregelmäßige Verlauf der Fibrillen innerhalb der Fasern machen es verständlich, daß bei den gewöhnlichen Färbemethoden von einer Querstreifung nichts oder kaum etwas wahrzunehmen ist. Bei geeigneter Fixierung und Färbung (z. B. mit *Heidenhain's Eisenhämatoxylin*) läßt sie sich aber einwandfrei nachweisen. (S. Abb. 6.) Die achsial gelegenen Kerne sind entsprechend dem geringen Durchmesser der Fasern viel kleiner als in der Myokardmuskulatur, nehmen aber häufig fast die ganze Breite der schmalen Faser ein. Bezüglich ihrer Form herrscht dieselbe Vielgestaltigkeit wie bei der übrigen Herzmuskulatur.

Die Elemente des Knotens stehen sowohl mit der Muskulatur des Vorhofs, wie des Cavatrichters in direkter Verbindung, wobei der Übergang der einen Faserart in die andere allmählich durch Ausgleich des Durchmessers und der Strukturverschiedenheiten zustande kommt.

Ein ganz regelmäßiger Befund im Sinusknoten ist eine verhältnismäßig starke Arterie, die ihn in seiner Längsrichtung durchzieht. In seiner Nachbarschaft findet man immer auch größere Nervenstämmchen mit eingelagerten Ganglienzellen und kleine Ganglienknötchen. Häufig sieht man auch einen oder mehrere von diesen Nerven durch den Knoten hindurchtreten. Man kann aber aus dem Nebeneinander allein nicht auf eine engere Beziehung zwischen Nerven und Sinusknoten oder eine besonders reiche Innervation desselben schließen; denn über seine feinere Nervenversorgung sind wir nicht unterrichtet. Im allgemeinen sind also auch im Sinusknotengewebe die Grundzüge der Herzmuskelfasern wieder erkennbar, doch unterscheidet es sich noch mehr als das atrioventrikuläre Verbindungssystem durch seinen primitiveren Bau. Seine Fasern bilden weitmaschige, von reichlichem Bindegewebe erfüllte Netze, sind schmal und dünn wie glatte Muskelfasern, dabei sarkoplasmareich und fibrillenarm, die Querstreifung nur schwer nachweisbar, aber sicher vorhanden.

Die besonders für das atrioventrikuläre Verbindungssystem früher oft aufgeworfene, nunmehr durch physiologische Versuche befriedigend erledigte Frage, ob die spezifische Muskulatur des Herzens auch kontraktionsfähig sei, kann also auch auf Grund histologischer Befunde unbedenklich bejaht werden; denn man kann an den Fasern aller Abschnitte neben der für die Ruhestadien auch die für den Kontraktionszustand charakteristische Querstreifung beobachten (siehe Abb. 6 K), ein untrügliches Anzeichen dafür, daß das spezifische Muskelgewebe nicht nur nach seinem feineren Bau, sondern auch nach seiner Wirkungsweise dem echten quergestreiften Muskelgewebe zugehört und nicht etwa, was auch behauptet wurde, eine Zwischenstellung zwischen Muskel- und Nervengewebe einnimmt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [72](#)

Autor(en)/Author(s): Burian Franz

Artikel/Article: [Zur Histologie der spezifischen Muskelsysteme im menschlichen Herzen 289-296](#)