

# Über die Ausbreitungsbündel des Sinusknotens

## Eine kritische Analyse der wichtigsten Arbeiten

BENEDICTO CHUAQUI J.\*

Pathologisches Institut der Universität Heidelberg (Direktor: Prof. Wilhelm Doerr)

Eingegangen am 13. Oktober 1971

### On the Expansions Bundles of the Sinus Node

#### A Critical Analysis of the Principal Publications

*Summary.* 1. This article analyses the most important papers on the expansions of the sinus node. It compares the original descriptions of the various bundles with the findings of modern authors, indicates the resulting problems of interpretation, and gives the author's point of view.

2. Wenckebach's bundle was supposed by its discoverer to be a broad band of muscle which passes from the vena cava superior over the sulcus terminalis into the right atrium. Only recently has its relationship with the sinus node been described. The bundle seems to be identical with the subepicardial part of Papez' intercaval fascicle. Contrary to the classical descriptions, James thinks Wenckebach's bundle passes through the septum atriorum over Lower's torus to the atrioventricular node (James' middle internodal tract). Conceived in this way, the bundle is identical with Lowers's fascicle (Tandler), the intraseptal portion of the intercaval fascicle (Papez) and the muscle band of Condorelli, who also thinks it to be an internodal fascicle. At its left the classical Wenckebach's bundle has further muscle bands that pass from the left to the right atrium (fasciculus interauricularis verticalis of Luschka and Tandler, Papez' septopulmonary fascicle and Wolhynski's muscle bands).

3. The fasciculus interauricularis horizontalis, described in the last century, is identical with the fascicle of Bachmann, whose importance for the conduction impulse in dogs Bachmann investigated. Condorelli and James described the anterior internodal tract as a band descending from that fascicle. Other authors conceive of this vertical band as a fiber bundle that rises from the lower front part of the septum atriorum, thus accompanying the fasciculus horizontalis in its course to the left atrium. According to this last view, the vertical fascicle is not a connecting bundle between the nodes.

4. A fiber system discovered by Thorel was shown microscopically to be a specific pathway connecting the nodes. Tandler though he could substantiate Thorel's findings and described further muscle fibers arising from the posterior part of Thorel's bundle and passing to the left atrium (Tandler's bundle). However, most of the classical authors were unable to confirm Thorel's findings, even histologically. Yet, according to James, the bundle may be dissected and shown to be the posterior internodal tract. The end of that tract coincides with Todaro's tendon, a structure which proves to be identical with the substrate of Koch's sinus stria and the tendon-cord of Orsos.

5. The raphe of the septum atriorum described by Papez is identical with the zone which Condorelli has described as the „carrefour des voies internodales". This region coincides also with the point where, according to James, the three internodal tracts converge.

6. Although the classical authors were unable to prove macroscopically or microscopically specific, discrete connecting fiber-systems between the nodes, Condorelli first found in dogs easily dissectable muscle bundles linking the sinus nodes with the A-V node; later Franco James, Meredith and Titus confirmed these results in man. The contradictory results are probably due to different interpretations of a connecting bundle.

7. As regards the expansions of the sinus node, only two original papers are available (Mönckeberg and Condorelli), and these do not study the problem exhaustively.

\* Derzeit Humboldt-Stipendiat.

*Zusammenfassung.* 1. Die wichtigsten Arbeiten über die Ausbreitungszüge des Sinusknotens werden analysiert. Den Originaldarstellungen der verschiedenen Bündel werden die von modernen Autoren erhobenen Befunde gegenübergestellt. Es wird auf die sich daraus ergebenden Interpretationsprobleme hingewiesen und zu diesen Fragen Stellung genommen.

2. Das Wenckebachsche Bündel wurde von seinem Entdecker als ein breiter Muskelzug dargestellt, der von der Vena cava superior über den Sulcus terminalis zum rechten Vorhof zog. Sein Zusammenhang mit dem Sinusknoten wurde in neuer Zeit beschrieben. Das Bündel scheint dem subepikardialen Teil des intercavalen Faszikels von Papez identisch zu sein. Den klassischen Beschreibungen gegenüber nimmt James für das Wenckebachsche Bündel einen Verlauf durch das Septum atriorum über den Torus Loweri bis zum Atrioventrikularknoten an (mittlere internodale Verbindung von James). So aufgefaßt entspricht dieser Muskelzug dem Fasciculus Loweri (Tandler), dem intraseptalen Teil des intercavalen Faszikels (Papez) und der Condorellischen Muskelbahn, die auch von dem letztgenannten Autor als ein internodales Bündel angesehen wird. Das klassische Wenckebachsche Bündel wird in seiner linken Seite von weiteren Muskelzügen begleitet, die vom linken zum rechten Vorhof verlaufen (Fasciculus interauricularis verticalis von Luschka u. Tandler, septopulmonale Bündel von Papez und Wolhynskis Muskelzüge).

3. Der schon im vergangenen Jahrhundert von Luschka beschriebene Fasciculus interauricularis horizontalis entspricht dem Bündel von Bachmann, der diese Struktur in ihrer Bedeutung für die Reizleitung beim Hunde untersuchte. Als ein von diesem Bündel senkrecht absteigender Ast wird von Condorelli und von James die vordere internodale Verbindungsbahn beschrieben. Von anderen Autoren wird dieser senkrechte Ast als ein Faserzug dargestellt, der vom unteren und vorderen Teil des Septum atriorum aufsteigt und so den Fasciculus interauricularis horizontalis in dessen Verlauf zum linken Vorhof begleitet. Dieser letzten Ansicht nach erweist sich das vertikale Bündel als keine Verbindungsbahn zwischen den Knoten.

4. Das Thorelsche Fasersystem wurde von seinem Entdecker mikroskopisch als eine spezifische Verbindungsbahn zwischen den Knoten dargestellt. Tandler glaubte, den Befund von Thorel nachweisen zu können und beschrieb weitere Muskelfasern, die vom hinteren Teil des Thorelschen Fasersystems ausgingen und zum linken Vorhof zogen (das Tandlersche Bündel). Die meisten klassischen Autoren haben jedoch den Thorelschen Befund selbst histologisch nicht bestätigt. Nach James aber läßt sich das Bündel abpräparieren und es erweist sich als die hintere internodale Verbindungsbahn. Der Endabschnitt des Thorelschen Bündels (nach James) fällt mit dem Tendo Todaro zusammen. Diese Struktur zeigt sich als das Substrat des Sinusstreifens von Koch und dem von Orsos beschriebenen Sehnenstrang identisch.

5. Die von Papez beschriebene Raphe des Septum atriorum entspricht der Zone, die von Condorelli als „carrefour des voies internodales“ bezeichnet wurde. Dieser Bezirk fällt auch mit dem Punkt zusammen, wo die drei internodale Verbindungsbahnen nach James zusammenlaufen.

6. Während nach den klassischen Autoren sich weder makroskopisch noch mikroskopisch abgrenzbare spezifische Verbindungsbahnen zwischen beiden Knoten nachweisen lassen, finden zuerst Condorelli beim Hunde, später Franco, James und Meredith et al. beim Menschen leicht abpräparierbare Muskelzüge, die den Sinusknoten mit dem Atrioventrikularknoten verbinden. Diese widersprüchlichen Ergebnisse lassen sich vermutlich auf unterschiedliche Ausfassungen von einem Verbindungsbündel zurückführen.

7. Auf dem Gebiet der Systematik der Ausbreitungszüge des Sinusknotens liegen nur zwei Originalarbeiten (Mönckeberg und Condorelli) vor, in denen das Problem nicht erschöpfend durchgearbeitet erscheint.

Versucht man, die Literatur über die Ausstrahlungsbündel des Sinusknotens zu überblicken, dann erweist sich noch heute die in der ausführlichen Abhandlung von Schiebeler u. Doerr (1963) ausgesprochene Ansicht als zutreffend, es liege eine so verwirrende Fülle von Beschreibungen und Benennungen vor, daß eine grundsätzliche Durcharbeitung des Problems dringend sei. Eine selbständige Weiter-

arbeit wäre mit den hierüber erschienenen Veröffentlichungen kaum zu koordinieren.

Die Frage, ob es Verbindungsbündel zwischen dem Sinus- und A-V-Knoten gibt, erweckt immer wieder ein besonderes Interesse. Die Literatur zu diesem Problem bietet uns jedoch ganz widersprüchliche Ergebnisse in zwei Forschungsperioden. Die kurz nacheinander erschienenen Monographien Mönckebergs (1921) und Kochs (1922) fassen die Ergebnisse von rund einem Vierteljahrhundert stetiger Forschung zusammen. Nur das Thorelsche Fasersystem (1909, 1910a, b) kam damals als ein sehr zweifelhaftes Verbindungsbündel in Frage. Es wurde aber von den meisten Autoren, unter ihnen von beiden erwähnten Forschern, selbst in der mikroskopischen Dimension nicht bestätigt. Somit ist die klassische Forschungsperiode zum Abschluß gekommen, obgleich sie in der Doerrschen Schule eine Erneuerung erfahren hat. Den klassischen Ergebnissen gegenüber glaubt jedoch Condorelli (1929a, 1936) drei anatomisch definierbare Verbindungsbündel beim Hunde nachgewiesen zu haben, indem er sich auf eine Untersuchung von Mönckeberg (1910a) berufen möchte. Franco (1951) sieht diese Befunde beim Menschen bestätigt. 1963 beschreibt James beim Menschen auch drei, makroskopisch leicht abpräparierbare Faszikel, die den Sinusknoten mit dem A-V-Knoten verbänden und anhand von Halbserienschnitten verfolgt worden seien. Unter diesen Faszikeln fänden sich nicht nur das Thorelsche Fasersystem, sondern auch das Wenckebachsche Bündel (1906, 1907), von dessen Verbindung mit dem A-V-Knoten bei den klassischen Beschreibungen keine Rede ist (Aschoff, 1910; Doerr, 1969; Keith u. Flack, 1907; Koch, 1909, 1922; Mönckeberg, 1921; Schiebeler u. Doerr, 1963; Schönberg, 1909; Tandler, 1913; Wenckebach, 1906, 1907; Wolhynski, 1928). Den Befunden von James schließen sich jedoch Meredith u. Titus (1968) an. Diese Ergebnisse erscheinen so widersprüchlich, daß vermutlich bei den Untersuchungen von *Bündel* und *Verbindungen* jeweils verschiedene Phänomene zugrundelagen. Aus den Beschreibungen von Condorelli, Franco, James und Meredith et al. läßt sich vermuten, daß dabei Faszikel, die in der klassischen deskriptiven Anatomie als Muskelzüge der gewöhnlichen Muskulatur der Vorhöfe galten (Keith 1902, 1904; Luschka, 1863; Papez, 1920; Tandler, 1913) für Bestandteile der RLS gehalten worden sind.

Bei dieser Ungewißheit fragt man sich, was wirklich beschrieben wurde, wo die Faszikel verlaufen sollten, wie sie sich erkennen ließen und wann die ersten Beschreibungen erfolgten. So erschien unvermeidlich, die einzelnen Arbeiten zu sichten und unvoreingenommen zu besprechen. Die gesamten *Leitbefunde*, so z. B. das Wenckebachsche Bündel, das Thorelsche Fasersystem, usw., werden in der vorliegenden Darstellung kapitelweise diskutiert. Innerhalb der einzelnen Kapitel wird aber möglichst chronologisch vorgegangen. Schließlich sei betont, daß diese Arbeit nicht ein Referat der gesamten einschlägigen Literatur sein soll, sondern vielmehr der Versuch, auf diesem schwierigen Gebiet die wichtigsten Probleme abzugrenzen.

## I. Das Wenckebachsche Bündel (1906, 1907)

1. *Die Originaldarstellung* (Abb. 1). Wenckebachs Beschreibung: „Man findet an der Vena cava sup., soweit sie innerhalb des Pericards liegt, immer zahlreiche aneinandergeschlossene, oberflächlich liegende Muskelbündel, welche etwas blässer erscheinen als die Vorhofmuskulatur.

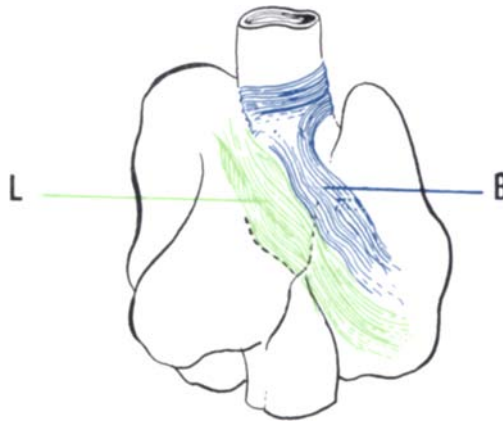


Abb. 1. Hinterfläche der Vorhöfe und der Venae cavae. Das Wenckebachsche Bündel (B) und „limbic band“ (L). (nach Wenckebach (1907) (verändert)

Dieselben verlaufen kreis- und schlingenförmig um den proximalen Teil der Vene. Einzelne Bündel steigen bis hoch an der Venenwand empor. Besonders deutlich sind sie an hypertrophischen Herzen ausgeprägt, wie die nebenstehende Figur zeigt. Die ganze rechte Herzhälfte und die linke Vorkammer sind außerordentlich stark hypertrophisch infolge langwährender Mitralkstenose, die Venae cavae sind stark erweitert, die obere ließ einen starken Mannesdaumen durch. Die mit S angedeuteten Venenmuskelbündel reichen bis mehr als 2,5 cm hoch an die Vene hinauf; einzelne Bündel umspinnen die Vene bis noch höher. Dieser Muskelkomplex ist vom rechten Vorhof deutlich geschieden durch ein eigentümliches Fett- und Bindegewebe, das sich in einer Art Rinne befindet. In der Figur ist dasselbe wegpräpariert, die Stelle ist punktiert. In der Rinne verlaufen einige kranzartig angeordnete Gefäße, so daß das Ganze einem kleinen Sulcus coronarius ähnlich sieht. *Die Gefäße und das Bindegewebe werden überbrückt, das letztere auch teilweise durchsetzt von einem flachen Muskelstreifen der im Bereich der Venenmuskulatur entspringend in die Vorhofsmuskeln übergeht* (Textfig. B) (von mir unterstrichen). Teilweise (nach hinten und links) schließt sich dieses Muskelbündel dem hinteren, von Keith früher beschriebenen ‚limbic band‘ (Textfigur L) an, welcher einen muskulösen Zusammenhang zwischen rechter und linker Vorkammer darstellt. Die Form dieser Muskelverbindung ist nicht immer genau die gleiche, es kommen Variationen vor. Ich habe dieselbe aber an allen von mir präparierten Herzen gefunden und zwar immer genau an der nämlichen Stelle“ (S. 2—3, 1907).

2. *Das Wenckebachsche Bündel nach Schönberg (1909)* (Abb. 2). Schönbergs Beschreibung. „Ich fand, wenn ich nun das Ergebnis meiner makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungen kurz rekapituliere, daß fast in allen meiner ca. 50 Fälle eine meist deutliche Grenze zwischen der Muskulatur des Vorhofs und der oberen Hohlvene besteht. An dieser Grenze liegt der aus Fett und Bindegewebe bestehende, mit Gefäßen und nervösen Elementen reich ausgestattete Sulcus, der vom rechten Herzhorn schräg nach hinten unten gegen das Vorhofseptum zieht.

An den makroskopischen Präparaten zeigt sich fast immer deutlich, daß *dieser Sulcus in einem hinteren seitlichen Drittel überbrückt wird von einem Bündel, das vom Vorhof nach hinten oben auf die Vena cava superior steigt und hier zum Teil verstärkt wird durch Fasern, die von den zirkulär verlaufenden Muskelfasern des untersten Teils der Vene herkommen* (von mir unterstrichen). Dieses Bündel ist auch mikroskopisch gut ausgeprägt, doch sieht man neben diesem noch zahlreiche größere und kleinere Fasern nach aufwärts ziehen. Nur in einem Falle bestand eine breitere Kommunikation der Vorhofsmuskulatur mit der Venenwand. Im allgemeinen sind die von mir gefundenen Bilder ziemlich analog den Resultaten Wenckebachs mit der

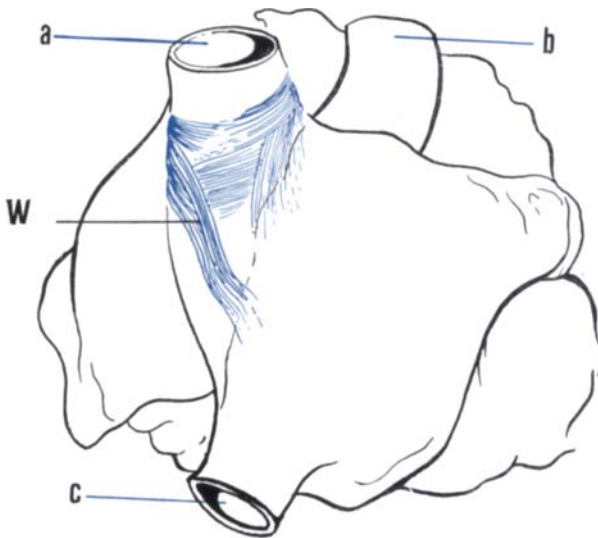


Abb. 2a—c. Das Wenckebachsche Bündel (*W*) nach Schönberg (1909). a Vena cava superior, b Pulmonalarterie und c Vena cava inferior (verändert)

Einschränkung, daß neben dem von ihm beschriebenen Bündel noch weitere schmalere Kommunikationen zwischen Vorhof und Venenwand bestehen, wie sie auch von Keith beschrieben wurden“ (S. 176—177, 1909).

*Bemerkungen.* Nach den angegebenen Darstellungen handelt es sich um ein breites Muskelbündel, das von der hinteren und unteren Wand des rechten Vorhofs über den Sulcus terminalis an die linke Seite der oberen Hohlvene gelangt. Es verläuft dicht unter dem Epikard (Koch, 1909) des rechten Vorhofs. Die Bedeutung, die diesem Bündel zukäme, wurde von Koch (1909) folgenderweise synthetisiert: „Dieses Muskelsystem sollte als einzige Verbindung zwischen der Cavamuskulatur und dem Vorhof bestehen und eine ähnliche Funktion erfüllen wie das Hissche Bündel zwischen Vorhof und Kammer, und Wenckebach glaubte, Überleitungsstörungen zwischen Sinus und Vorhof auf eventuelle Veränderungen in diesem Muskelsystem beziehen zu können“ (S. 86). Solche Veränderungen glaubte Schönberg (1909) gefunden zu haben. Will man aber das Wenckebachsche Bündel als eine der Ausstrahlungen des Sinusknotens ansehen, dann muß man die anatomischen Verhältnisse anders interpretieren, da ein Ausstrahlungszug des Sinusknotens den Sulcus terminalis, in dem der Knoten selbst liegt, nicht überbrücken kann. Die Lage des Sinusknotens in bezug auf das Wenckebachsche Bündel ist in einer Abbildung nach Aschoff (1910) (Abb. 3) dargestellt. So sollte der obere Anteil des ursprünglichen Bündels, also das über dem Sulcus terminalis und an der Cavawand gelegene Segment, zur sinucavalen Muskulatur gehören; es würde sich eigentlich um einen Fasciculus sinucavalis (Condorelli, 1919a) handeln. Das kurze Segment, das im Sulcus liegt, wäre zwar der Sinusknotenschwanz und nur der unterste Anteil sollte als eine Ausstrahlung des Sinusknotens an der Vorhofswand entlang angesehen werden. So scheint das Wenckebachsche

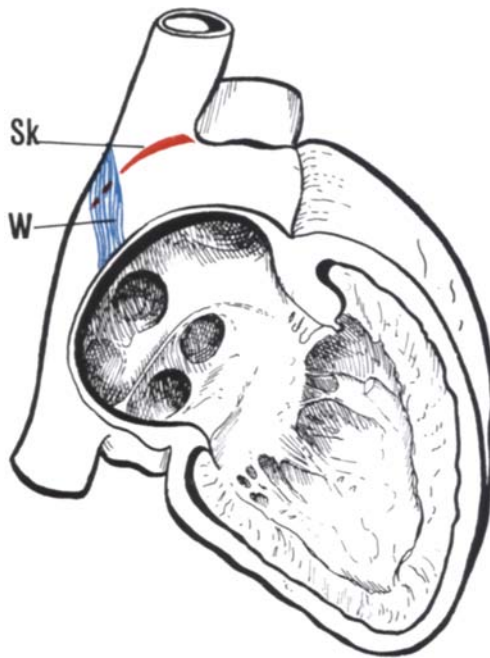


Abb. 3. Das Wenckebachsche Bündel (*W*) und der Sinusknoten (*Sk*) nach Aschoff (1910). Ansicht von rechts (verändert)

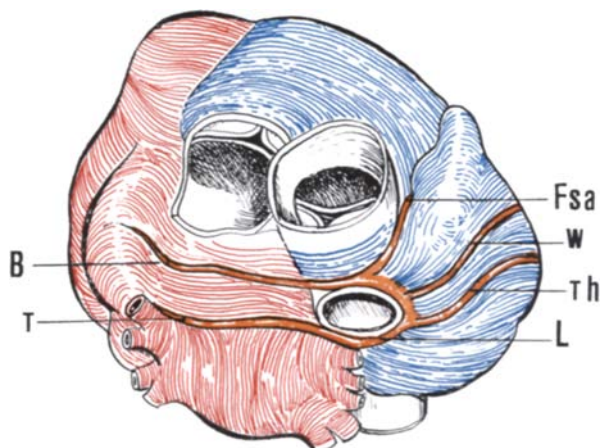


Abb. 4. Die Ausbreitungszüge des Sinusknotens nach Schiebler und Doerr (1963). *W* Wenckebachsches Bündel, *B* Bachmannsches Bündel, *L* „limbic band“, *Fsa* fasc. sino-auricularis, *T* Tandler'sches Bündel, *Th* Thorelsches Bündel. Ansicht von oben (verändert)

Bündel in der modernen Literatur interpretiert gewesen zu sein: man läßt das Bündel vom Sinusschwanz ausgehen (Abb. 4). Von einem Wenckebachschen Bündel an der Cavawand ist keine Rede. Andererseits scheint mir die Inter-

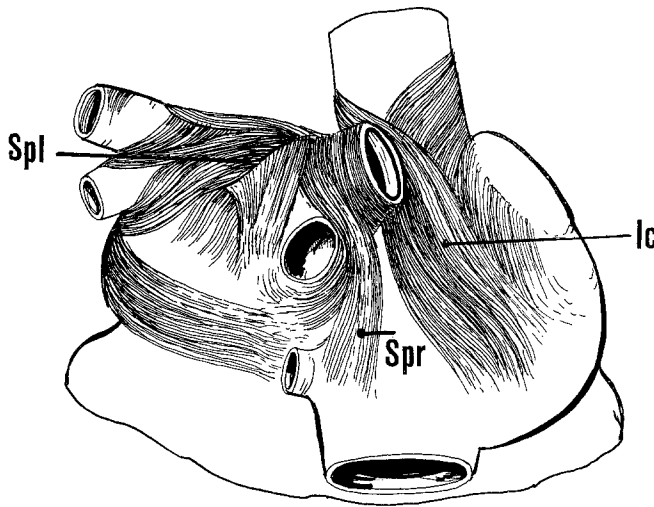


Abb. 5. Hinterfläche der Vorhöfe und der Venae cavae. *Ic* „intercaval bundle“, *Spl* „left septopulmonary bundles“, *Spr* „right septopulmonary bundles“. Nach Papez (1920) (verändert)

pretation des Befundes von Wenckebach deshalb schwierig zu sein, weil das nicht ausführlich beschriebene Bündel den Verhältnissen der Zeichnungen nach — Meßwerte sind weder bei Wenckebach noch bei Schönberg angegeben — so breit ist, daß man es kaum für einen Ausstrahlungszug des zarten Sinusknotens halten kann. Beide Darstellungen, die von Wenckebach und die von Schönberg, entsprechen dem „intercaval bundle“ von Papez (1920).

3. „*The intercaval bundle*“ (Papez, 1920) (Abb. 5). Papez Beschreibung: „The intercaval bundle is a large flat one that passes obliquely in the posterior fibrous wall of the sinus venosus. It arises in the front and left side of the orifice of the superior vena cava from the head of the sino-auricular node and from the uppermost limit of the septal raphe and in many cases a large slip arises in front of the orifice of the right upper pulmonary vein, as shown by Keith and Flack (Fig. 5, 7, 1907). The upper margin of the intercaval bundle is in series with the bundles that encircle the orifice of the superior vena cava, the lower margin is in series with the right leaf of the septum secundum. It curves obliquely backward and downward and to the right in the fibrous posterior wall of the sinus venosus. It forms an oblique constriction between the orifices of the venae cavae in the region of the tubercle of Lower. Crossing the sino-auricular junction and the right posterior crest, it spreads out as a fibrous expansion over the external surface of the lower portion of the right atrium where it forms a superficial stratum. A portion of it covers the posterior and right side of the orifice of the inferior vena cava. Where it crosses the tail of the node it may receive accessions from the node. It intimate attachment to the posterior crest and the node render its relation to these difficult to determine. Some of its bundles overlap the right surface of the orifice of the inferior vena cava and are inserted into an external fibrous sheath. The more proximal of these pass around the orifice to the region of the coronary sinus. The extent to which this musculature extends onto the inferior vena cava varies in different hearts, most often it is absent. The entire intercaval bundle is often absent or so feebly developed that it cannot be defined with certainty.

Keith and Flack (1907) have clearly illustrated this bundle in the human heart. It is to be noted that the apparent origin of the upper portion of this bundle in front of the orifice of the upper right pulmonary vein seems anomalous. However, a T-stem connects this bundle with the septum; and it seems likely that this portion of the bundle is a developing in both directions of its narrow stem“ (S. 266–267).

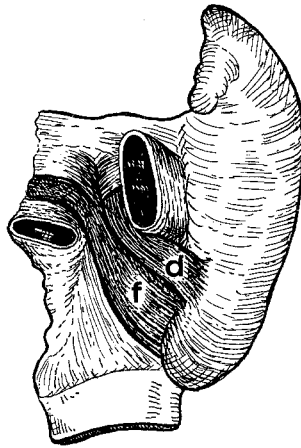


Abb. 6. Das Wenckebachsche Bündel (d) nach Keith und Flack (1907). Ansicht von oben.  
Zu f s. im Text (verändert)

In dieser Beschreibung weist Papez auf die folgende Abbildung nach Keith u. Flack (1907) hin: (Abb. 6).

Dabei ist das Wenckebachsche Bündel mit „d“ bezeichnet (die erste Mitteilung von Wenckebach (1906) wird von Keith u. Flack zitiert). Zu „f“ steht in der Legende: „musculature of the interauricular septum submerging sinus“. Im Text geben aber Keith u. Flack weder eine nähere Beschreibung noch eine bestimmte Benennung für diesen letzten Faszikel. Es ist möglich, daß er dem Bündel entspricht, das in der Abbildung nach Wenckebach (Abb. 1) vom linken Vorhof zum rechten Vorhof zieht. Schwierig zu erklären ist der Hinweis von Wenckebach, Keith habe früher diesen Faszikel als „limbic band“ beschrieben. Ein derartiger Fasciculus limbicus ist jedoch in den von Wenckebach zitierten Arbeiten Keiths (1902, 1904) nicht zu finden. Es ist auch offenbar, daß Papez der Wenckebachsche Befund nicht bekannt war. Im Zusammenhang mit dem Wenckebachschen Bündel ist auch wichtig, auf weitere Muskelzüge, die beide Vorhöfe verbinden, hinzuweisen. Es handelt sich um das „septopulmonary bundle“ von Papez, das auch in der Abb. 5 eingetragen ist. Diese Bündel werden von Papez (1920) folgenderweise beschrieben: „Septopulmonary bundles are the large flat external bundles that cover the upper and posterior surface of the left atrium between the pulmonary veins and encircle the orifices of the veins. They arise deeply from the left surface of the septal raphe behind the interatrial band and curve upward and to the left, chiefly in front of the orifice of the upper right pulmonary vein, and above the interatrial band, where they come to the external surface. They spread out as six bands, over the upper and posterior surface of the left atrium“ (S. 273). Von diesen Bündeln erreichen zwei Muskelzüge nämlich der „right posterior septopulmonary bundle“ und der „right septopulmonary bundle“ die untere Hohlvene. Der erst genannte verläuft hinter der unteren rechten Pulmonalvene, der zweite vor und rechts der oberen rechten Pulmonalvene. Zusammenfassend wären also an der Hinterfläche der Vorhöfe drei Muskelzüge



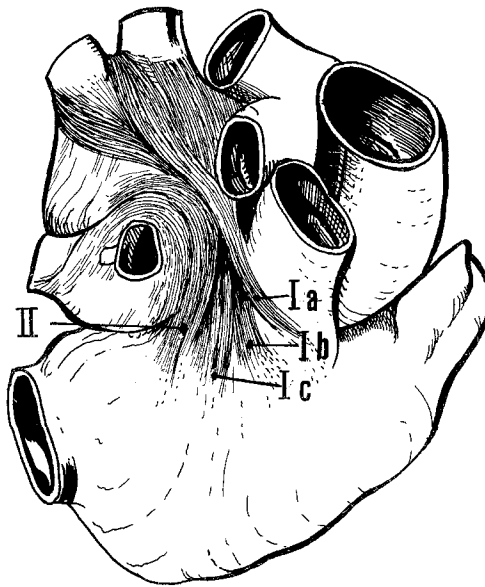


Abb. 7. Die Verbindungsbündel zwischen beiden Vorhöfen nach Wolhynski (1928). Ia, Ib, Ic Äste des ersten Faszikels; II zweiter Faszikel. Ansicht von oben rechts (verändert)

zu unterscheiden, die in die untere Hohlvene ausstrahlen sollten: a) das Wenckebachsche Bündel, wahrscheinlich dem „intercaval bundle“ von Papez identisch; b) der von Papez „right septopulmonary“ genannte Muskelzug, den Keith u. Flack mit „f“ bezeichnet hätten und auch Wenckebach abgebildet habe; c) der von Papez als „right posterior septopulmonary bundle“ beschriebene Muskelzug.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Wolhynski (1928), der die beiden Vorhöfe verbindenden Muskelzüge folgenderweise darstellt (Abb. 7): „Es gibt stets zwei Bündel. Ihre Form ist flach, bandförmig. Sie liegen parallel zueinander. Ein Bündel liegt höher, näher zur Mündung der oberen Hohlvene, das andere tiefer, näher zur unteren Hohlvene. Die Abgangsstelle der Bündel ist verschieden.

Das erste, breitere und längere Bündel springt von den Vv. pulmonales sinistr. ab, bei deren Einmündung in das Atrium sinistr.; in gleicher Höhe mit der Stelle, wo der Ramus sin. art. pulm. dem Vorhof anliegt, vereinigen sich die Fasern zu einem Bündel. Die Richtung des Bündels ist von oben nach unten und von links nach rechts.

Das Bündel geht durch den Sulcus interatriosus, gibt diesem einen geringen Teil seiner Fasern ab, erreicht die Wandung des rechten Vorhofs und zerstreut sich auf dieser fächerartig nach 3 Richtungen:

a) Ein geringer Teil der Muskelfasern des Bündels begibt sich zur hinteren, rechten Rundung der oberen Hohlvene, und schickt zirkuläre Fasern um die Einmündungsstelle dieser Vene in den rechten Vorhof herum;

b) der bedeutendste Teil des Bündels befindet sich in der hinteren Partie des Raumes zwischen der unteren und der oberen Hohlvene; die Fasern verlaufen ein

wenig von links nach rechts und abwärts und erreichen den Sulcus terminalis atrii dextr., um sich dann in der äußeren Wand des Vorhofes zu verlieren;

c) der dritte, spärlichste Teil zieht zum oberen äußeren Teil der Mündung der unteren Hohlvene, wo er mit der Eigenmuskulatur des Vorhofes verschmilzt.

Das beschriebene Bündel wurde zuerst von Wenckebach und dann von Tandler unter dem Namen Fasciculus interauric. verticalis beschrieben, aber unsere Beobachtungen weichen von den Angaben dieser Autoren etwas ab.

Unsere Differenzen bestehen in folgendem: 1. Das Bündel geht mit seinem größten Teil vom linken Vorhof auf den rechten über, mit seinem kleineren Teil dagegen senkt er sich in die Furche zwischen den Vorhöfen (bei Tandler ist es umgekehrt); 2. die Fasern des Bündels, nachdem sie durch den Sulcus interatr. hindurchgegangen sind, zerfallen in 3 Teile, und 3. Tandler gibt nicht genau die Anfangsstelle dieses Bündels an. Das zweite, konstant vorhandene und stets isolierte Bündel ist bedeutend schwächer als das erste. Es ist von uns erstmalig nachgewiesen worden. Es nimmt seinen Ursprung von der oberflächlichsten Schicht der Muskulatur des linken Vorhofs und von der linken Rundung der V. pulm. dextr. ant. an deren Einmündungsstelle in den Vorhof. Dieses Bündel ist parallel der dritten Portion des ersten Bündels gerichtet.

Durch den Sulcus interatr., dem es ebenfalls einen Teil seiner Fasern abgibt, hindurchgehend, nimmt es die Bahn zur oberen äußeren Peripherie der unteren Hohlvene zu ihrer Einmündungsstelle hinziehend, und, indem es durch Fasern der dritten Portion (c) des ersten Bündels verstärkt wird, verliert es sich in der Wand der oben genannten Vene“ (S. 536—538).

Es ist so klar, daß das zweite Bündel von Wolhynski, das dieser Autor als erster gefunden zu haben meint, schon von Keith u. Flack („f“, 1097) dargestellt, von Wenckebach („L“, 1907) vermutlich bestätigt und von Papez (1920) ausführlich als „right posterior septopulmonary bundle“ beschrieben wurde. Ein Teil des ersten Bündels von Wolhynski („a“) entspricht dem Wenckebachschen Bündel, Teile b und c dem Fasciculus interauricularis verticalis von Tandler (1913): „Ein zweiter, den beiden Vorhöfen gemeinsamen Faserzug, *Fasciculus interauricularis verticalis*, fast senkrecht auf den eben beschriebenen gerichtet, kommt hinter der Aorta zum Vorschein und zieht, über die vordere Fläche des linken Vorhofes aufsteigend, zwischen den Lungenvenen der beiden Seiten hindurch, um an die Hinterfläche des Vorhofes zu gelangen. Hier verschwindet er mit seinem größten Anteil in der Spalte zwischen beiden Vorhöfen, während ein kleiner Teil desselben an den rechten Vorhof, und zwar an die Hinterwand der Vena cava inferior gelangt“ (S. 154). Wie Tandler sagt, wurde dieser Faszikel schon von Luschka (1863) beschrieben. Zumindest ein Teil des Fasciculus interauricularis verticalis entspricht den übrigen Komponenten des septopulmonalen Bündels von Papez („anterior, left intervenous, left posterior, right intervenous“).

In bezug auf das Wenckebachsche Bündel ist von besonderer Bedeutung, die Beschreibung, die James (1963) für diesen Faszikel gibt, zu besprechen. Dazu ist es zweckmäßig, von dem „intercaval bundle“ von Papez auszugehen. Papez Beschreibung weicht von der von Wenckebach und Schönberg in einem wichtigen Punkt ab: das intercavale Bündel vertieft sich von hinten gesehen in das Septum atriorum und verläuft über den Torus Loweri bis auf den A-V-Knoten und die Rhapshe des Septum. Nur so könnte man sich erklären, daß James, sich auf die

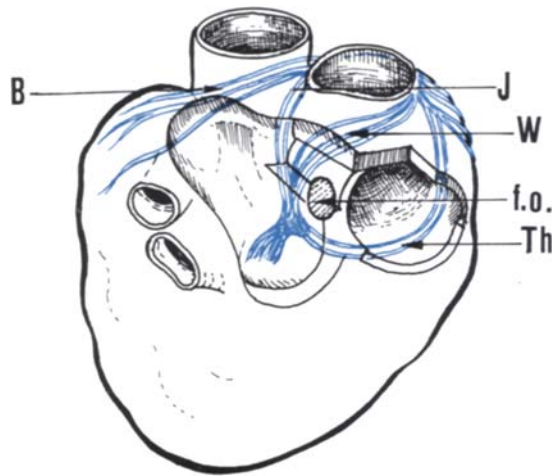


Abb. 8. Das Wenckebachsche Bündel (*W*) nach James (1963). *B* Bachmannsches Bündel, *J* das Bündel von James, *Th* das Thorelsche Bündel, *f.o.* Fossa ovalis. Ansicht von links hinten (verändert)

Arbeit von Papez berufend, einen so unklassischen Verlauf für das Wenckebachsche Bündel annimmt: er habe das intraseptale Segment des intercavalen Faszikels auch für das Wenckebachsche Bündel gehalten. Ob dieses intraseptale Segment dem „septal band“ von Keith (1902, 1904) entspricht, läßt sich anhand der unübersichtlichen, technisch unvollkommenen Skizzen und der knappen Beschreibungen Keiths nicht erkennen.

4. *Das Wenckebachsche Bündel nach James (1963)* (Abb. 8). „Middle internodal tract. The middle internodal tract, corresponding to Wenckebach's bundle, leaves the dorsal and posterior margins of the sinus node and curves behind the superior vena cava to course through the sinus intercavarium into the dorsal portion of the interatrial septum. Fibers in this tract descend from the sinus intercavarium along the right atrial side of the upper interatrial septum into the superior margin of the A-V node“ (S. 500—501).

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, daß man die anatomischen Verhältnisse auf dem Gebiet des Torus Loweri jetzt von der inneren Seite des rechten Vorhofes zu erkennen versucht. Dazu dienen zwei Abbildungen, eine nach Papez (1920) (Abb. 9), die andere nach Tandler (1913) (Abb. 10).

5. *Das Gebiet des Torus Loweri nach Tandler.* „Der Fasciculus limbicus superior entspringt ebenfalls am Trigonum fibrosum dextrum, jedoch unter dem eben erwähnten Muskelzug. Seine Bündel verlaufen am Septum bogenförmig nach aufwärts und bilden hier das Substrat des vorderen und oberen Schenkels des Limbus Vieussenii. An der oberen Zirkumferenz des Foramen, teilt sich dieser Muskelzug in zwei Abschnitte. Der eine mächtige Anteil, welcher an der hinteren Vorhofswand lateralwärts läuft, wirft daselbst den Torus Loweri auf. Seine Fasern enden an der Crista terminalis. Es ist dies der als Fasciculus Loweri bezeichnete Faserzug. Der zweite Anteil, die eigentliche Fortsetzung des Fasciculus limbicus superior, umgreift weiterhin die Fovea ovalis, zieht längs der medialen und der hinteren Wand des Vorhofes nach abwärts und verliert sich in der hinteren und äußeren Wand der Vena cava inferior“ (S. 157).

Die beiden Fasciculi limbici, superior und inferior, und der Torus Loweri wurden auch von Keith (1902, 1904) ganz knapp beschrieben.

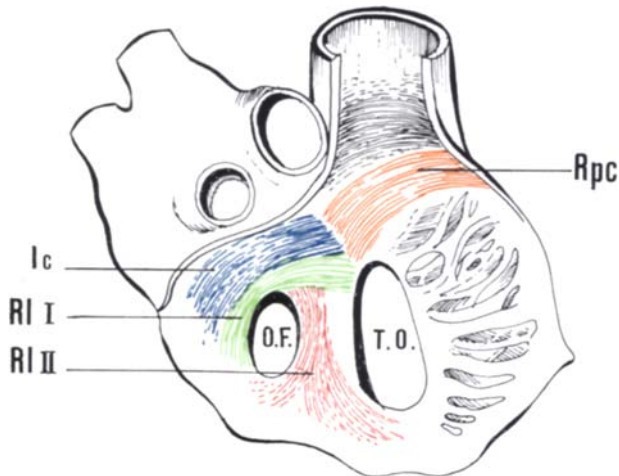


Abb. 9. Das Gebiet des Torus Loweri nach Papez (1920) *Ic* „intercaval bundle“, *RI I* „right leaf of septum primum“, *RI II* „right leaf of septum secundum“, *Rpc* „right posterior crest“ (verändert)

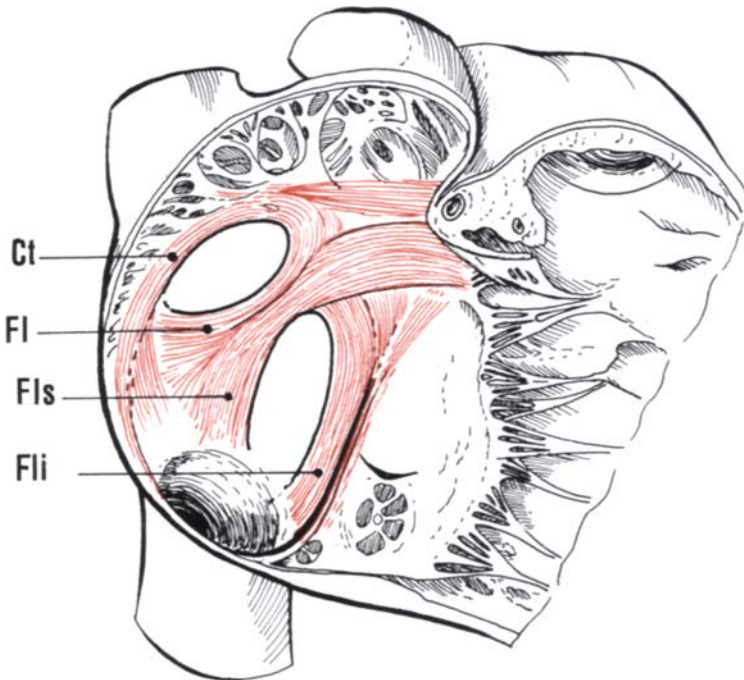


Abb. 10. Der Torus Loweri nach Tandler (1913). *Ct* Crista terminalis, *Fl* Fasciculus Loweri, *Fls* Fasciculus limbicus superior, *Fli* Fasciculus limbicus inferior (verändert)

Man ersieht also, daß zumindest ein Teil des intraseptalen Segmentes des „intercaval bundle“ dem Fasciculus Loweri identisch zu sein scheint.

Es erhebt sich aber wiederum die Frage, ob die mächtigen Faszikel, die alle in die vor der Fovea ovalis und über dem A-V-Knoten gelegene Rhapshe zusammen-

laufen, wirklich zu den Ausstrahlungen des Sinusknotens und überhaupt zum RLS gehören. Es ist auch denkbar, daß solche Ausstrahlungen *durch* die erwähnten Muskelzüge verlaufen, ohne daß es sich dabei um eine Identität handelt. Darauf, daß die zwischenknotigen Bahnen gut entwickelte Bündel seien, weist James (1963) hin: "These were well enough developed and of sufficient size to be followed *without difficulty* (von mir unterstrichen) in the additional hearts dissected grossly ... in a manner similar to that by Papez" (S. 499).

## II. Das Bachmannsche Bündel (1916)

1. *Die Originaldarstellung* (Abb. 11). Bachmanns Beschreibung: "*The interauricular bands* In a dog's heart of average size the right extremity of the band originates about 5 mm to the mesial side of the auriculo-caval angle and in a direct line with it. The extremity of the band is immediately back of the aorta and spreads in a fan-like manner onto the mesial (right) auricular wall and the root of the superior vena cava. From this origin the band sweeps in an almost straight line to the base of the left auricular appendage but, so far as superficial appearance indicates, its fibers can be traced to near the tip of the left appendage. The band is thinnest near its origin on the right side where it has an angular appearance. It then broadens gradually as it passes to the left auricle. The band is slightly concave from right to left, the concavity being directly upward. It has a length of about 20 mm" (S. 314).

*Bemerkungen.* Es unterliegt keinem Zweifel, daß Bachmann nicht der erste war, der diesen Faserzug beschrieben hat. Er selbst weist auf Lewis, Meakins und White hin, die 1914 auf diesen Faszikel auch beim Hunde aufmerksam gemacht hätten. Diese Autoren haben sich mit dem RLS von einem physiologischen Standpunkt aus, wie Bachmann, ausführlich beschäftigt. Sie erwähnen das Bündel nur im Zusammenhang mit den Strecken, wodurch die Geschwindigkeit der elektrischen Welle gemessen wurde: „Interauricular band: On the band of muscle which leads from angle formed by S.V.C. and appendix to the left appendix“ (S. 381). Und weiter: „The rates to the intercaval and band region are relatively high; in the main, we attribute these to the straight course which the muscle fibres pursue to these regions“ (S. 395). Die Verfasser kommen also zu folgendem Schluß: „Our belief is that the excitation passes in all directions from the node“ — gemeint ist der Sinusknoten — „by similar connections with the surrounding muscular tissue; that it passes with equal facility along all these paths, and that there are no paths which may be demonstrated as of specially high or low conducting power; and that, once in the auricular muscle, the general course of the muscle fibre bands is taken at uniform speeds“ (S. 398).

Die Morphologie des Fasciculus interauricularis horizontalis beim Menschen war aber Luschka (1863) und Tandler (1913) gut bekannt (Abb. 12 und 13).

2. *Der Fasciculus interauricularis horizontalis (nach Tandler)*. „Derselbe kommt nahe dem Sulcus coronarius aus dem Sulcus interauricularis posterior zum Vorschein und biegt nach links an die hintere Fläche des linken Vorhofes ab. Er bezieht dabei noch Fasern vom Annulus fibrosus dexter, vor allem aber vom Annulus fibrosus sinister. Durch diese Fasern verstärkt, umgreift der Faszikel den linken Vorhof bandartig in der Nähe des Sulcus coronarius und gelangt nach vorn bis an das Herzohr, wo er sich in zwei Züge spaltet, welche das Herzohr kaudal und kranial umgreifen und gegen den Sulcus interauricularis anterior weiterziehen. Der eine der beiden Faszikel, welcher unter der Auricula vorbeizieht, vereinigt sich mit einem geringen Anteil des darüber gelegenen, traversiert die vordere Längsfurche und gelangt auf den rechten Vorhof. An diesem verläuft er von der oberen Hohlvene lateralwärts, um in der Vorderwand des rechten Vorhofes sein Ende zu finden. Einzelne Fasern dieses Bündels lassen sich noch längs der medialen Seite des rechten Herzohres gegen dessen Spitze verfolgen. Der

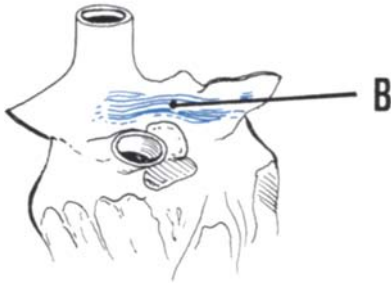


Abb. 11

Abb. 11. „The inter-atrial band“ (*B*) nach Bachmann (1916) (verändert)

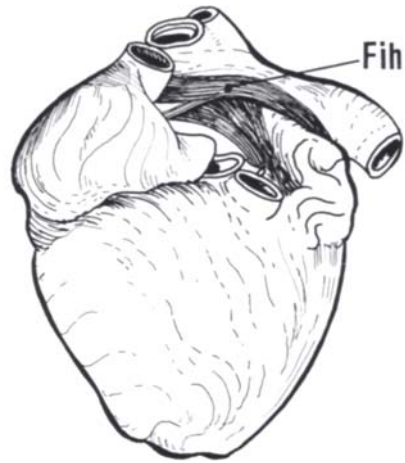


Abb. 12

Abb. 12. Der Fasciculus interauricularis horizontalis (*Fih*) nach Luschka (1863) (verändert)

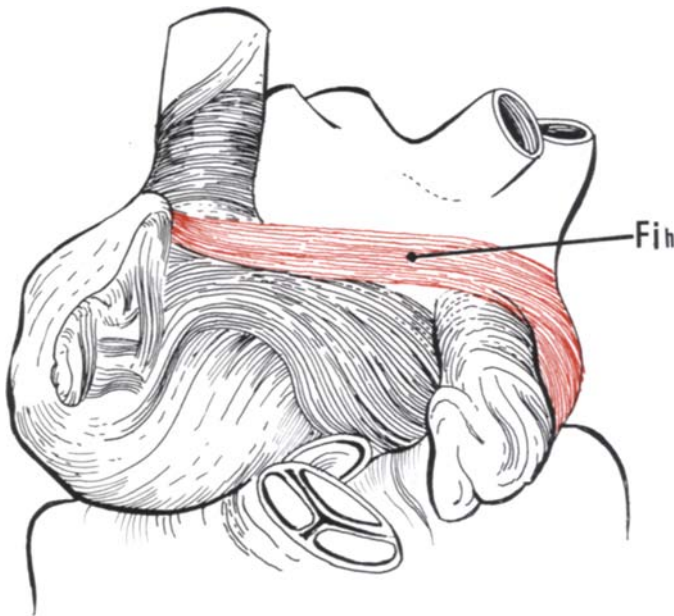


Abb. 13. Der Fasciculus interauricularis horizontalis (*Fih*) nach Tandler (1913) (verändert)

zweite Anteil des Faszikels, welcher über dem linken Auricula vorbeizog, schickt einen Teil seiner Fasern, wie schon erwähnt, zu dem darunter gelegenen. Die übrigen Fasern tauchen in der Auricularfurche unter, enden zum Teil im Septum, zum Teil überbrücken sie die Zwischen-vorhofs-furche und gelangen an die Rückseite der Vena cava superior“ (S. 153—154). Eine ähnliche, nicht aber so ausführliche Beschreibung findet sich bei Luschka (1863).

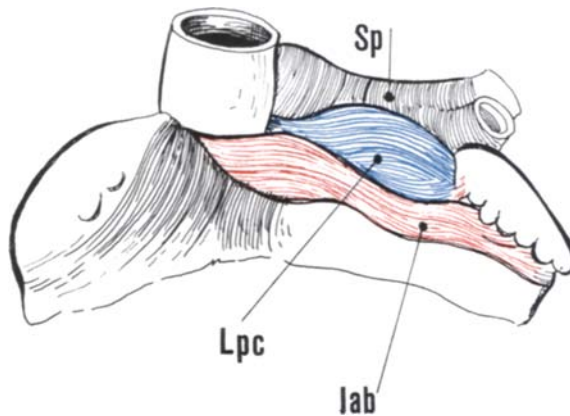


Abb. 14. „The interatrial band“ (*Iab*) nach Papez (1920). *Lpc* „left posterior crest“, *Sp* „septopulmonary bundles“ (verändert)

Bemerkenswert erscheint es mir bei dieser Beschreibung, daß ein Ast des Fasciculus interauricularis horizontalis die obere Hohlvene umgreift, ein anderer im vorderen Teil des Septum sein Ende findet. Was Ende und was Ursprung ist, läßt sich nicht leicht bestimmen. Diese Beziehung zum Septum und zu anderen benachbarten Muskelzügen, die in der vorderen Raphe des Septum enden bzw. entspringen, wird bei Papez (1920) beschrieben.

3. „*The interatrial band*“ (nach Papez, 1920) (Abb. 14). „It arises by its deep surface from the head of the sino-auricular node in front of the orifice of the superior vena cava. This origin extends along a diagonal line, the left end of which terminates in the atrial septum. The bulk of the fibers arises near the septum below the band. Some of the bundles arise above the head of the node on the front of the vena cava and are distinctly traceable into the fiber bundles of the node. These upper fiber bundles, from the upper part of the band, extend to the left atrium and form a small part of the left posterior crest encircling the base of the left atrial appendage. Behind them is the large left septopulmonary bundle. The larger portion of the fiber bundles that arises from the head of the sino-auricular node along the diagonal line extends to the front of the left atrial appendage and divides to encircle the appendage midway between the tip and the base“ (S. 261). „The left posterior crest is a broad bundle, the superficial portion of which is a continuation of the upper part of the interatrial band, and the deep portion of which arises from the septum in series with the septoatrial bundle. It passes to the left around the base of the left atrial appendage in front of the orifices of the left pulmonary veins. It gives origin to the small posterior set of pectinate muscles. Posteriorly it interdigitates with the left anterior crest, forming the triangular area which is attached to the inferior margin of the atrioventricular ring. It lies in front of the septopulmonary bundles and forms a distinct constriction around the base of the atrial appendage“ (S. 272). In derselben Seite fügt Papez hinzu: „Bachmann has indicated that the spread of the excitation process to the left atrial appendage is along the interatrial band. This forms the superficial stratum of the left posterior crest. *The deeper stratum, however, arises from the septal raphe*“ (von mir unterstrichen).

Wie erwähnt, nehmen auch die von Papez „septopulmonary bundle“ genannten Muskelzüge ihren Ursprung in der Septumraphe. Aus diesen Beschreibungen läßt sich feststellen, einmal daß der Fasciculus interauricularis horizontalis Tandlers mindestens aus dem „interatrial band“, der „left posterior crest“ und

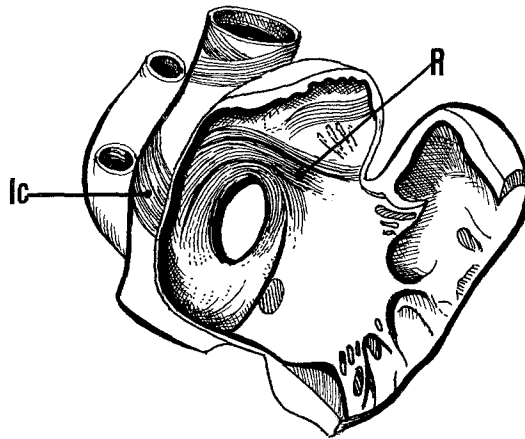


Abb. 15. Die Raphe des Septum atriorum nach Papez (1920). *R* Septumraphe, *Ic* „intercaval bundle“ (verändert)

einem Teil der „septopulmonary bundles“ von Papez besteht; zum anderen, daß dieser Faszikel mit Faserzügen eng verbunden ist, die in einer vertikalen Ebene die sog. Raphe erreichen. Es ist also wichtig, für dieses letzte Gebiet eine nähere Beschreibung zu geben.

4. Die sog. *Raphe des Septum atriorum* nach Papez (Abb. 15). “The septal raphe forms an irregular line in the septum that extends from the front of the atrioventricular node of Tawara to the front of the superior vena cava where it turns to the right to join the head of the sino-auricular node. This continuity is along the external or anterior surface of the right posterior crest. On the right surface of the septum the principal portion of the raphe is about 1.5 cm above and in front of the atrioventricular node region and is covered by superficial strata of the right posterior crest and right leaf of the septum secundum, which have a lower a variable origin. These strata have a variable origin in different hearts and obscure the raphe. From the right side of the raphe arise the right anterior crest, right posterior crest, right leaf of the septum secundum, right leaf of the septum primum, septocoronary bundle, intercaval bundle and the left radiate bundles of the superior vena cava. On the left surface of the septum the raphe, as seen from the surface, extends along a long s-shaped line. The upper end of it is situated just behind the interatrial band, which is on the anterior surface of the atrial junction. This portion of the raphe gives origin to the septopulmonary bundles, and the upper portion of the intercaval bundle and the left leaf of the septum secundum. The middle portion of it is situated in front of the oval fossa adjacent to the principal portion on the right side and gives origin to the large left septoatrial bundle. The lower portion of it is situated below the oval fossa opposite the region of the atrioventricular node close to the junction of the atrial and ventricular septa and gives origin to the large left leaf of the septum primum” (S. 258).

Verknüpft mit der Raphe ist das sog. Bündel von James, das vermutlich den erwähnten vertikalen Faserzügen entspricht.

5. Das Bündel von James (1963) (Abb. 8). “The anterior internodal tract leaves the sinus node in forward direction and curves about the superior vena cava and anterior wall of the right atrium into Bachmann’s bundle, where it divides into two bundles of fibers. It should be noted that Bachmann described only one of these divisions, since he was concerned only with interatrial conduction, and made no mention of internodal conduction from this direction. The division which Bachmann studied continues into left atrium, whereas the other division curves back into the anterior portion of the interatrial septum. In the septum this latter division of fibers *descends*- von mir unterstrichen- obliquely behind the root of the aorta (the non coronary sinus) to enter the anterior part of the superior margin of the A-V node” (S.500).



In dieser Beschreibung läßt sich der Grund nicht erkennen, aus welchem man von *absteigenden* Fasern gesprochen hat, und zwar stünde man vor einer ganz anderen Situation, wenn es sich um *aufsteigende* Fasern handelte. Nehmen wir an, es handelt sich um Fasern, die *aus* der Raphe her in den linken Vorhof ausstrahlen und sich so mit der „Bachmannschen Verzweigung“ von unten her mischen. Dann wird die Verbindung, welche man vom Sinusknoten über die von James angenommenen absteigenden Fasern bis zum A-V-Knoten zu sehen glaubte, verschwinden. Beide Möglichkeiten lassen sich folgenderweise schematisieren:



Für die zweite Situation spricht die oben gegebene Beschreibung nach Papez der Septumraphe und des interatrialen Bündels, ferner ganz explicit die Darstellung des letzten Bündels nach Rothberger u. Scherf (1926): „Vom rechten Herzohr zieht eine nahezu horizontal verlaufende Muskelplatte zum linken Vorhof hinüber, die als Fasciculus auricularis horizontalis bezeichnet wird (Tandler); sie entspringt rechts mit zwei Armen, die vom Winkel zwischen V. cava sup. und rechtem Herzohr sowie von der unteren Fläche des letztgenannten ausgehen. *Diese vereinigen sich, fächerförmig einander zustrebend, in der Höhe des Septum mit einem aus dessen Tiefe kommenden vertikalen Muskelbalken und ziehen zum linken Vorhof hinüber* (von mir unterstrichen). Der obere, vom Herzohr-Cava-Winkel entspringende Teil dieser Platte, welche die direkte Fortsetzung des Sinusknotens zu bilden scheint, wird Interauricular band (Bachmannsches Bündel) genannt“ (S. 796—797). Die Autoren beschreiben auch den Fasciculus Loweri und den Fasciculus limbicus superior als mit dem Sinusknotenschwanz in Verbindung stehende Muskelzüge. Die Arbeit wurde auch beim Hunde durchgeführt.

Der Schluß Bachmanns war: „The clamping experiments here reported have demonstrated, I believe, the special importance of the inter-auricular band as a path of conduction between the auricles, for in all the experiments there was a considerable amount of uninjured tissue. This band, however, has not the same importance as a conducting medium as the auriculo-ventricular bundle for while in the latter, crushing leads to a complete block, in the former, the same injury causes only a prolongation in the time conduction“ (S. 319).

Man kann sich trotzdem nur schwer vorstellen, ähnlich den Verhältnissen beim Wenckebachschen Bündel, daß das ganz dicke Muskelbündel einen Ausläufer des Sinusknotengewebes darstellt. Es ist plausibler, daß ein solcher Ausläufer *im Inneren* des Muskelzuges verläuft.

### III. Das Thorelsche Fasersystem (1909, 1910a, b)

Thorel glaubte, einen dem Hisschen Bündel analogen Muskelzug von der oberen Hohlvene bis zum Coronartrichter ziehend histologisch nachweisen zu können (1909, 1910a, b) (Abb. 16). Er beschäftigte sich vorwiegend mit der Mikroarchitektur dieses Muskelgefüges. In keiner seiner drei Veröffentlichungen wird die Topographie des Muskelzuges genau angegeben. Vielleicht die beste Beschreibung des Bündelverlaufes findet sich in seiner ersten, jedoch vorläufigen Mitteilung (1909):

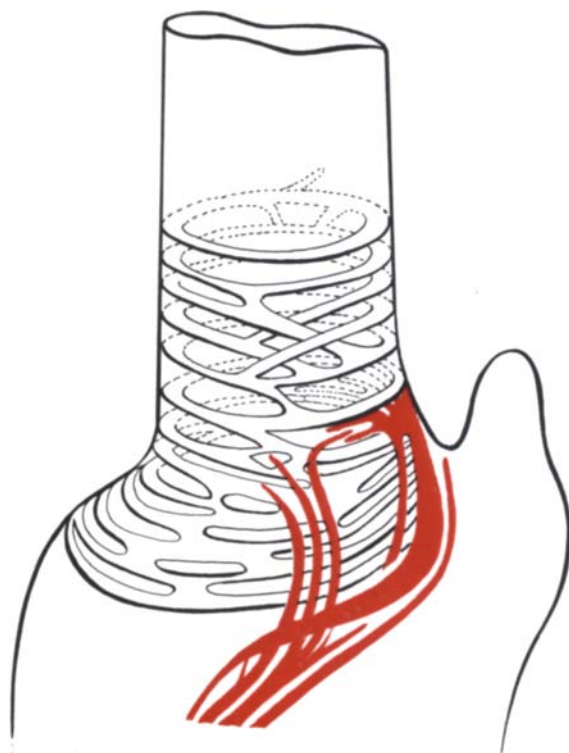


Abb. 16. Das Thorelsche Fasersystem (nach Thorel, 1910) (verändert)

1. *Die Originalbeschreibung:* „Die Untersuchung hat ergeben, daß sich zwischen dem sog. Keith-Flackschen Sinusknoten an dem hinteren oberen Ansatzrande des Herzohres und dem Aschoff-Tawaraschen Knoten eine kontinuierlich in Serien zu verfolgende, besondere muskulöse Verbindung findet, die unter Begleitung von mehr oder weniger reichlichem Bindegewebe — das Herz in situ gedacht — schräg über die hintere seitliche Vorhofsfläche zum oberen vorderen Rand der Cava inferior herunterzieht und dann nach Umbiegung um den vorderen Ansatzrand (\*) derselben nach einwärts zur Coronarvene herüberläuft, um sich hier mit den schon von Aschoff beschriebenen Ausläufern des Tawaraschen Knotens im Coronarvenentrichter zu vereinigen. (\*) Am aufgehängten Herzen, also unteren Ansatzrand“ (S. 2159).

In der zweiten Mitteilung wird nichts Näheres über die Topographie des Bündels hinzugefügt. Mit einer Fußnote weist Thorel in seiner zweiten Arbeit (1910a) darauf hin, daß dieses absteigende Muskelfasersystem sich makroskopisch nicht darstellen lasse: „Ob diese absteigenden Fasersysteme mit dem sog. Wenckebachschen Bündel identisch sind, ist schwer zu sagen, doch bemerke ich, daß die ersteren nicht makroskopisch präparierbar sind“ (S. 80). Auch in seiner letzten Mitteilung besteht er nicht so gewaltsam auf der Kontinuität der Verbindung: „Wenn ich nun diesen Standpunkt weiterhin vertreten möchte, so nehme ich doch keinen Anstand, auf Grund der erneuten Durchsicht meiner Serien zuzugeben, daß diese Verbindung in meinen Präparaten wegen der von mir vorgenommenen Fixierung lediglich jeden 5.—6. Schnittes nur sprungweise angedeutet ist,

so daß noch weitere verdichtete Serien mit Fixierung jedes einzelnen Schnittes nötig sind, um die ununterbrochene Verbindung der in den Ansatzrand der Cava inferior eingetretenen spezifischen Muskelbündel mit dem Tawaraschen Knoten zu beweisen“ (S. 84).

*Bemerkungen.* Die Untersuchungen von Thorel scheinen in bezug auf die Anordnung der Ringmuskulatur an der Cava superior wichtig zu sein, eine Muskulatur, die anscheinend zu dem Sinus venosus gehört; ihr Zusammenhang mit dem Sinusknoten erweist sich vielleicht als die sog. *sinocavalen Bündel*. Tandler (1913) war einer der wenigen Forscher, der sich der Auffassung von Thorel anschloß, zumal er Purkinjesche Fasern im Vorhofe mehrere Jahre vor dem Thorelschen Befund beobachtet hatte (s. S. 209, 1913). Bei seinen Untersuchungen über das Thorelsche Fasersystem beschrieb er den später (s. Schiebeler u. Doerr, 1963) als das Tandlersche Bündel bekannten Faszikel: „Ich kann nur angeben, daß, abgesehen von den mehr zirkulär verlaufenden Bündeln an der oberen Hohlvene, solche an der Übergangsstelle der medialen in die hintere Vorhofswand nach abwärts ziehen. Sie gelangen dabei in die Nähe der Mündung des Sinus coronarius. Sie scheinen häufiger und konstanter zu sein als der von Thorel beschriebene Zug an dem lateralen Umfang der unteren Hohlvene. Deutliche solche Züge sieht man auch am oberen Rand des rechten Vorhofs die Furche zwischen beiden Vorhöfen überbrücken und zum linken Vorhof gelangen“ (S. 212).

Aber in all diesen Untersuchungen findet man keinen Beweis für ein Verbindungsbündel zwischen Sinus- und A-V-Knoten. Diese Situation ist mit den Ergebnissen von James in dem Sinne widersprüchlich, daß dieser Autor die von ihm mikroskopisch dargestellten Faserzüge, unter ihnen das „Thorelsche Bündel“, als leicht abpräparierbaren Faszikel ansieht.

2. *Das Thorelsche Bündel nach James (1963) (Abb. 8).* „The posterior internodal tract leaves the posterior margin of the sinus node to enter the crista terminalis, following it through its entire course to the region of the Eustachian ridge. Lateral extensions from these fibers arborize over the dorsum of the right atrium and probably deliver the sinus signal to it. The fan-like distribution of myocardial trabeculae from the crista terminalis to the body of the right atrium forms an interesting geometric design consonant with the function of these trabeculae in distributing the sinus impulse. Fibers which continue from the crista terminalis into the Eustachian ridge follow this structure to the A-V node. As they enter the septum, these fibers cross over the coronary sinus and arrive at a point above the posterior margin of the A-V node, turning down rather sharply to enter the node or bypass it. The size of the Eustachian ridge varies considerable in different hearts, and in some it is a thin fold resembling a false tendon<sup>1</sup>; in such cases it is composed largely of Purkinje fibers. In essence, this is the tract described by Thorel and more recently suggested by Söderström to be an important route of internodal conduction. Fibers in this tract do not continue directly to the left atrium, except via their connections with the other two tracts at the level of the A-V node. Like the anterior internodal tract, this one is usually so well developed that it is demonstrable by simple gross dissection<sup>1</sup> specially in hearts with a prominent Eustachian ridge“ (S. 501).

In bezug auf den „falschen Tendo“ zeigt James in der Abb. 5 seiner Arbeit „einen pathologischen fibrösen Herd“, womit das Thorelsche Bündel in der Nähe des A-V-Knotens ende. Aus der Legende: „The short broad black arrow points to fibers in the posterior internodal tract as they approach the A-V node from the Eustachian ridge (ER); there is a pathologic focus of fibrosis near the A-V nodal end of this tract“. Wenn in dieser Gegend eine „falsche Sehne“ mit einem „fi-

<sup>1</sup> Vom Verfasser unterstrichen.

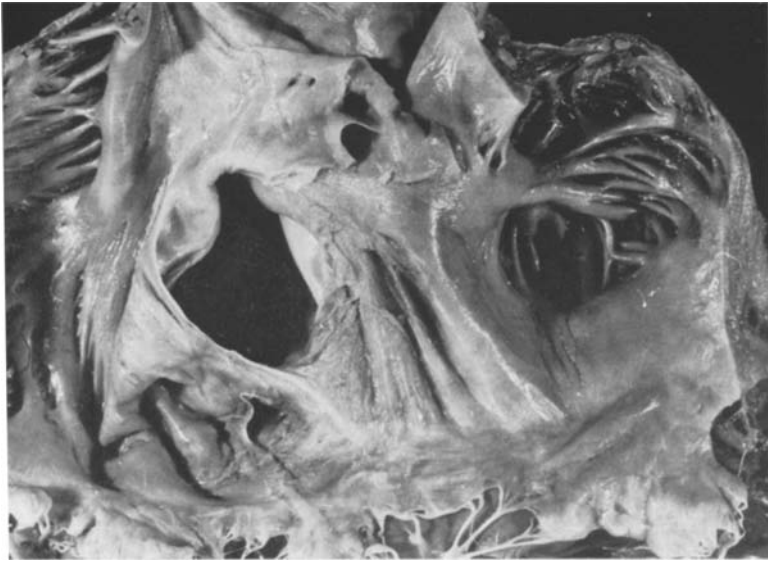


Abb. 17. Ansicht von rechts in das abpräparierte Septum atriorum zur Darstellung des Tendo Todaro (als weißer Strang vom unteren Ende der Valvula Eustachii zum Annulus tricuspidalis erkennbar). S/393/71. Heidelberger Pathologisches Institut

brösen Herd“ zusammenfällt, dann läßt sich vermuten, es handelt sich eigentlich um den Tendo Todaro (Abb. 17 und 18).

3. *Der Tendo Todaro nach Tandler (1913)* (Abb. 19). „Die Todarosche Sehne stellt einen flachen Bindegewebsfaden von ca. 1 mm Breite dar, welcher vom Trigonum fibrosum dextrum bis zum freien Rand der Valvula Eustachii reicht, indem sie sich daselbst auffasert und in dem Bindegewebe der Klappe endet. Auf ihrem Zuge ist sie gegen den Vorhof durch variabel starke Vorhofsmuskeltzüge geschieden. Nahe der Klappe wird sie subendocardial“ (S. 57).

Diese Struktur scheint Koch und Orsos nicht bekannt gewesen zu sein, als sie unabhängig voneinander den „Sinusstreifen“ bzw. den „intramuralen Sehnenstrang“ beschrieben.

4. *Der Sinusstreifen nach Koch und der Kochsche Punkt (1907)* (Abb. 20). „Spannt man durch Zug mit einer Pinzette die untere Randfalte der Fossa ovalis, d.h. den Sporn, welcher durch Zusammenfluß der Valvula Eustachii und der Valvula Thebesii entsteht, kräftig an, so läßt sich derselbe zunächst als immer niedriger werdende Falte, weiterhin als grauweißer Streifen verfolgen, der über die Septumwand fast senkrecht auf die Ansatzstelle des hinteren Tricuspidalsegels zuläuft. Stößt man an der Stelle, wo der Streifen auf die Tricuspidalansatzstelle anstößt, eine Nadel durch die Pars membranacea septi ventriculorum, so sieht man, besonders bei durchfallendem Lichte von links her, daß die Verlängerung dieser Falte bzw. Streifens die Pars membranacea halbieren und auf das Septum ventriculorum an einer Stelle aufstoßen würde, wo nach Tawara das Reizleitungsbündel auf dem Septum reitet, um sich von dort aus zu gabeln“ (S. 219).

Der Aschoff-Tawarasche Knoten liegt also in dem dreieckigen Feld, das vorn von dem Sinusstreifen, hinten von der Mündung des Sinus coronarius und unten vom Ansatzrand der Tricuspidalis begrenzt ist.

5. *Der intramurale Sehnenstrang nach Orsos (1910)* (Abb. 21). „In ihrer häufigsten Form bildet die Sehne einen zwirn- bis fadendicken, abgeplatteten, ausgesprochenen fibrösen,

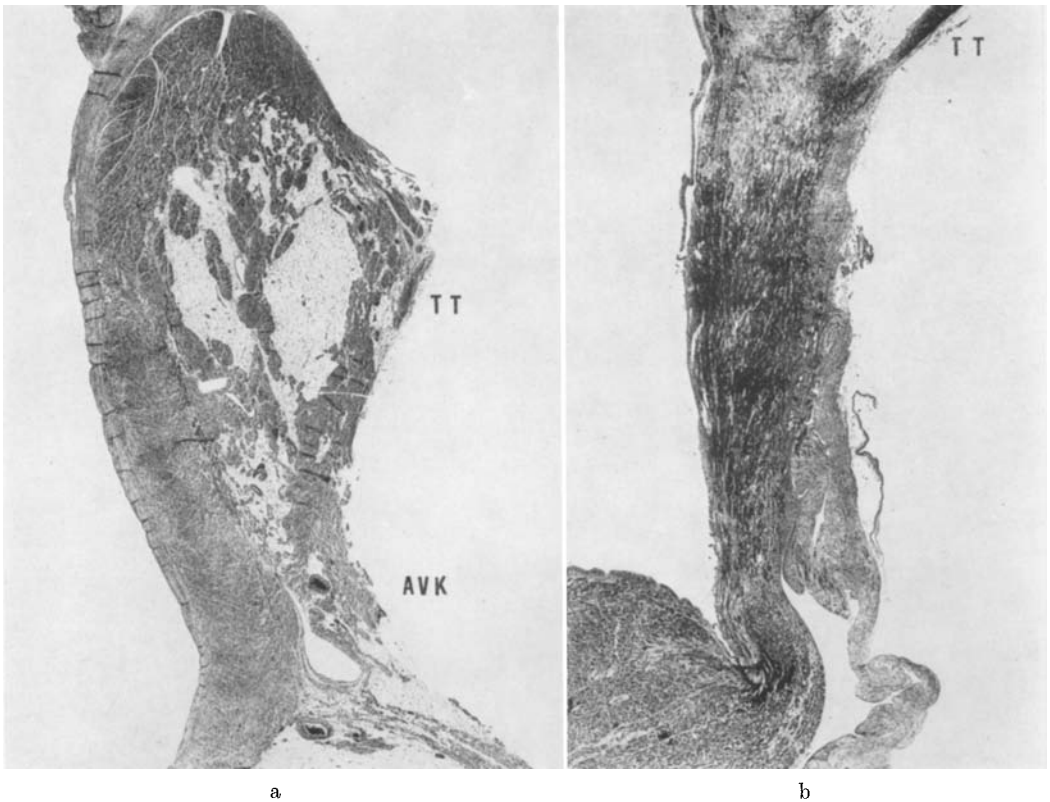


Abb. 18. a Querschnitt durch das Septum atriorum und den Tendo Todaro (*TT*). Der Tendo liegt im Fettgewebe über dem A-V-Knoten (*AVK*). Färbung nach Masson-Goldner. ca. 10fach. b Querschnitt durch das Septum atriorum und entlang des Tendo. Die Sehne endet in dem dichten Kollagengewebe des Septum membranaceum. Rechts im Bilde rechter Vorhof und Septalsegel der Tricuspidalis. Färbung nach Masson-Goldner. ca. 10fach. S/393/71. Heidelberger Pathologisches Institut

glänzenden Strang, der aus dem linken Ende des Randes oder der muskulösen Basis der Valvula Eustachii hervorsticht, die Mündung des Sinus coronarius bogenförmig umkreist und nach unten hin an dem Vorhofsteil des Septum membranaceum inseriert. Nicht selten wird die Sehne durch einen mehr oder weniger bindegewebsreichen, ähnlich verlaufenden Muskelzug ersetzt. Ist sie deutlich ausgebildet, so markiert sie sich äußerlich als ein durch das Endocardium deutlich durchscheinender weißer Streifen. Die Sehne ist vom Endocardium völlig unabhängig und versenkt sich oft in das Myocardium, so daß sie von außen überhaupt nicht zu sehen ist, kann aber nach Ablösung des Endocardiums und der oberflächlichen Muskelschichten leicht, meist ohne Messer und Schere, stumpf freigelegt werden“ (S. 98).

Ich bin also der Meinung Tandlers, der Tendo Todaro bilde das Substrat des Kochschen Sinusstreifens und sei dem Sehnenstrang von Orsos identisch.

#### IV. Der Kreuzungspunkt der sinonodalen Bahnen (Condorelli, 1929)

Der Zweck der zu besprechenden Arbeit von Condorelli (1929a) war es, die Reizleitungsbahnen durch Abklemmungen bestimmter Faszikel experimentell zu

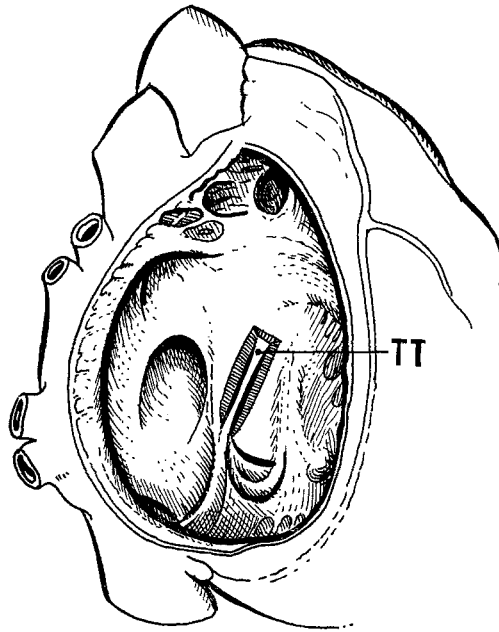


Abb. 19. Der Tendo Todaro nach Tandler (1913) (verändert)

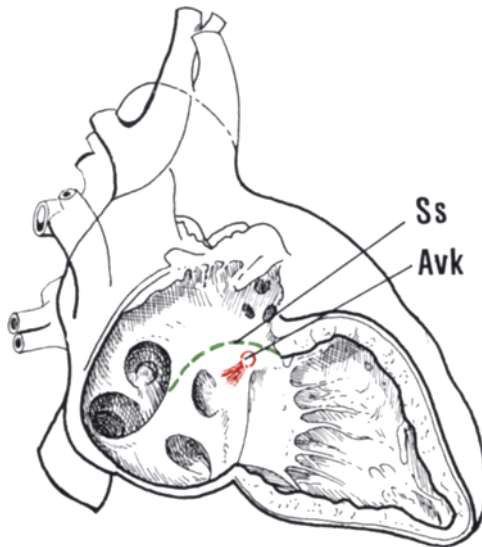


Abb. 20. Der Sinusstreifen (*Ss*) nach Koch (1907). *Avk* Atrioventrikularknoten (verändert)

prüfen und nicht eigentlich die Muskelbündel anatomisch darzustellen. Die verschiedenen Faszikel werden in der Einleitung anhand einer Abbildung ganz knapp beschrieben. Die Untersuchung erfolgte beim Hunde. In bezug auf die angewandte

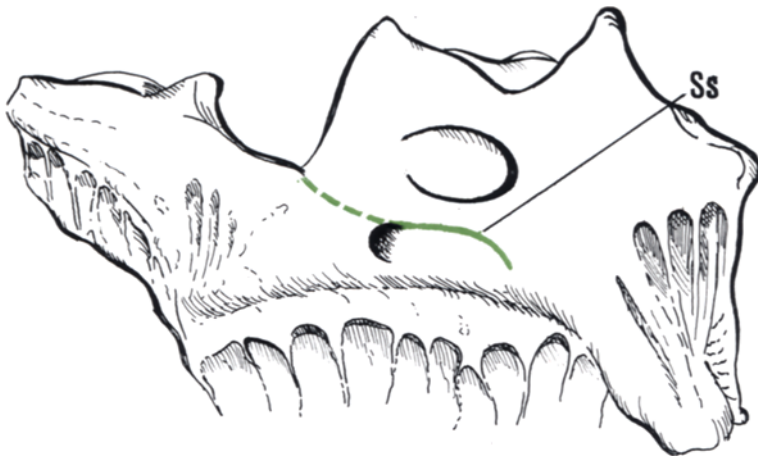


Abb. 21. Der intramurale Sehnenstrang (Ss) nach Orsos (1910) (verändert)

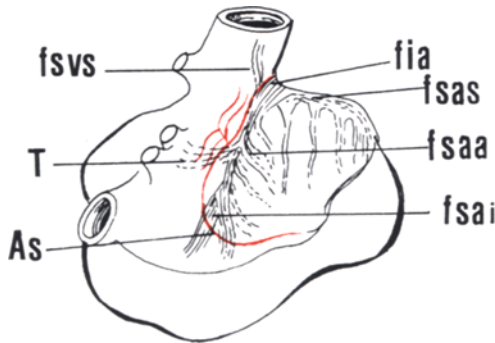


Abb. 22. Ausbreitungszüge des Sinusknotens nach Condorelli (1929a). *fsvs* Fasciculus sino-venosus superior, *fia* Fasc. interauricularis, *fsas* Fasc. sino-auricularis sup., *fsaa* Fasc. sino-auricularis ant., *fsai* Fasc. sino-auricularis inf., *T* Torus Loweri, *As* Arteriola sini (verändert)

Einteilung der Faszikel wird auf die Arbeit von Mönckeberg (1910a) hingewiesen. Die erwähnte Abbildung bietet anscheinend — weder Legende noch Beschreibung im Text — eine Ansicht von dorsal (Abb. 22). Darauf folgt die Beschreibung der einzelnen Faszikel:

*Die Ausbreitungszüge des Sinusknotens nach Condorelli (1929a)*

1. Einige Fasern ziehen vom Kopf des Sinusknotens nach oben und verlieren sich in der Wand der Vena cava superior. Wir werden dieses Faserbündel *Fasciculus sino-venosus superior* nennen. Die Fasern sind sehr spärlich und nur auf einer Strecke von 1—2 cm im oberen vom Vorhof und Vena cava gebildeten Winkel zu sehen.

2. Ein ansehnliches Faserbündel entspringt vom Kopf des Sinusknotens und verläuft längs des oberen Randes vom rechten Vorhof. Von diesem Bündel gehen fast senkrecht zu seiner Verlaufsrichtung Äste ab, die sich auf der Außenseite des rechten Vorhofs ausbreiten. Wir nennen dieses Bündel *Fasciculus sino-auricularis superior*.

3. Eine dritte Gruppe von Fasern verläuft vom Sinusknoten zur Vena cava superior und umgibt ringförmig ihre Einmündungsstelle. Es sind dies nur wenige Fasern; wir wollen sie in ihrer Gesamtheit *Fasciculus sino-venosus inferior* nennen.

4. Ein sehr wichtiges Faserbündel geht vom hinteren Teil des Keith-Flackschen Knotens aus. Diese Fasern verlaufen zuerst zwischen der Einmündungsstelle der Vena cava superior und Vena cava inferior und wenden sich vom unteren Teil der Einmündung der Vena cava inferior rückläufig zur Vena coronaria, von da zum Septum interatrium und enden im Kopf des Tawaraschen Knotens. An der Stelle, wo dieses Faserbündel zwischen beiden Hohlvenen verläuft, erhebt sich an der Innenwand des Vorhofs ein zartes Balkengerüst. Diese etwas erhabene Stelle ist der Torus Loweri.

5. Fasern, die dem mittleren Teil des Sinusknotens entspringen, verlaufen zuerst senkrecht nach unten und breiten sich im Septum interatrium aus. Wir nennen dieses Faserbündel *Fasciculus septi posterior*.

6. Einige Fasern gehen, zu einem kleinen Bündelchen vereint, vom Sinusknoten aus, bilden mit ihm in ihrem Verlauf einen mehr oder weniger spitzen Winkel und verteilen sich an der vorderen Wand des rechten Vorhofs. *Fasciculus sino-auricularis anterior*.

7. Vom unteren Pol des Sinusknotens gehen Fasern aus, die sich bald nach ihrem Ursprung aufsplintern und sich in der vorderen, zur Hauptsache in der unteren Wand des rechten Vorhofs aufteilen. Wir schlagen vor, diese Fasern mit dem Namen *Fasciculus sino-auricularis inferior* zu bezeichnen.

8. Vom Kopf des Keith-Flackschen Knotens entspringt ein Faserbündel, das anfänglich nach hinten in einer von der Wand des rechten Vorhofs und der Einmündungsstelle der Vena cava superior gebildeten Furche bis zum Septum der Vorhöfe verläuft. Hier angelangt, zweigt sich ein senkrecht verlaufendes Bündelchen ab. Der senkrechte Ast verläuft im Septum interatrium zum Tawaraknoten. Der größte Teil des Bündels verläuft zum linken Vorhof und bildet so den von Bachmann beschriebenen *Fasciculus interauricularis*.

Zusammenfassend können wir sagen, daß der Keith-Flacksche Knoten außer den indirekten Verbindungen durch die von ihm ausgehenden Muskelfaserbündel mit dem Tawaraschen folgende *direkte Verbindungen* hat:

- a) Das Muskelbündel, welches in seinem Verlauf den Torus Loweri bildet.
- b) Der *Fasciculus septi posterior*.
- c) Der senkrechte Ast des Bachmannschen Bündels.

Alle zum Tawaraschenknoten verlaufenden Muskelbündel vereinigen sich an dieser Stelle am unteren Teil des Septum interatrium, die hinten an die Einmündung der Coronaria, vorn an die Fossa ovalis grenzt“ (S. 497—498). Dann folgt der experimentelle Teil (darüber s. auch Condorelli 1929b).

*Bemerkungen.* Leider läßt sich der Verlauf der einzelnen Faszikel anhand der vorgelegten Abbildung nicht näher erkennen. Man möchte meinen, wie gesagt, daß es sich um eine Ansicht von dorsal handelt, in der beide Venae cavatae und die rechte Pulmonalvene sichtbar sind. Der Torus Loweri ist auch dabei eingetragen. Dann muß man annehmen, daß die Adjektive „superior“, „inferior“, „anterior“ und „posterior“ einmal komparativ — *Fasciculus sinoauricularis superior* dem inferior gegenüber —, einmal absolut — *Fasciculus sinoauricularis anterior* — gebraucht worden sind. Für den letztgenannten Faserzug kann man jedoch schwierig die Beifügung „anterior“ begründen, da er der Abbildung nach an der hinteren Wand des rechten Vorhofes verläuft. Der Beschreibung nach zieht er aber an der vorderen Wand der Vorkammer. Handelt es sich also für diesen Faszikel um eine Transparenzdarstellung? Eine besondere Bedeutung dieser Arbeit liegt in der Behauptung, es bestünden zwischen beiden Knoten drei direkte, anatomisch abgrenzbare Verbindungsbahnen, die in einen bestimmten Punkt an den A-V-Knoten zusammenlaufen würden. Diesen Punkt nennt Condo-



relli (1936) den „crocicchio delle vie sino-nodali“. In dieser Veröffentlichung, in Form eines Vortrages (ohne Literaturangaben), berichtet Condorelli über seine früheren Untersuchungen. Franco (1951), der sich auf diese Publikation berief, veröffentlichte seine Arbeit in französischer Sprache und bezeichnete den erwähnten Kreuzungspunkt als „carrefour des voies sino-nodales“. Es ist nahelegend, daß dieser „carrefour“ der von Papez (1920) beschriebenen Septumraphe entspricht. Es ist auch bemerkenswert, daß James (1963), unabhängig von Condorelli und Franco, ebenfalls drei Verbindungsbahnen zwischen den Knoten zu erkennen glaubte. Aus beiden Arbeiten kann man eine gewisse Parallele ersehen:

*Die drei Verbindungsbahnen würden erfolgen*

Nach Condorelli durch		Nach James durch
a) den Fasciculus über den Torus Loweri	—	„the middle internodal tract“ (Wenkebachsches Bündel)
b) den senkrechten Ast des Bachmannschen Bündels	—	„the anterior nodal tract“ (das Bündel von James)
c) den Fasciculus septi posterior	?	„the posterior internodal tract“ (Thorelsches Bündel)

Es unterliegt also keinem Zweifel, daß die Parallele für b) und sehr wahrscheinlich auch für a) gilt. Leider ist die Beschreibung des Fasciculus septi posterior so knapp, daß sich sein genauer Verlauf nicht erkennen läßt. Der Fasciculus über den Torus Loweri ist auch als das Condorellische Bündel bezeichnet worden (Schiebler u. Doerr, 1963; Doerr, 1969). Dieser Faserzug wurde jedoch, wie gesehen, schon von Tandler (1913) einfach als der Fasciculus Loweri beschrieben. Es sei hier betont, daß dieser Faszikel eher dem Verlauf des „middle internodal tract“ von James entspricht als dem klassischen Wenkebachschen Bündel. Condorelli käme das Verdienst zu, sich als erster mit der Reizleitung durch den genannten Faszikel befaßt zu haben so wie Bachmann mit der durch den Fasciculus interauricularis horizontalis.

1951 glaubte Franco, die Befunde von Condorelli beim Menschen bestätigen zu können. Im ersten Teil der Arbeit befaßt er sich mit der normalen Anatomie der Ausbreitungszüge des Sinusknotens, im zweiten Teil mit Problemen der Pathologie dieser Faszikel. Bei deren Einteilung wird auf die Arbeiten von Rothberger u. Scherf (1926) und Condorelli (1936) hingewiesen. In der Tat haben sich Rothberger u. Scherf (1926) mit funktionellen Fragen der Reizleitungsbahnen beschäftigt. Einige Faszikel, wie bei der Besprechung des Bachmannschen Bündels erwähnt, werden nur beiläufig anatomisch charakterisiert. Nach Franco (1951) sind also folgende Faszikel zu unterscheiden:

a) *De la tête du noeud*: 1. le faisceau sino-auriculaire supérieur; 2. le faisceau interauriculaire ou faisceau de Bachmann; 3. le faisceau sino-septal inférieur; 4. le faisceau sinocaval supérieur.

b) *De la queue du noeud*: 1. le faisceau sino-auriculaire inférieur; 2. le faisceau sino-nodal inférieur qui, dans la paroi endocardique, forme une travée connue sous le nom de Torus Löweri; 3. les fibres sino-veine cave inférieure.

c) *De la partie postérieure de noeud*: les fibres sino-septales postérieures.

d) *De la partie antérieure de noeud*: les fibres sino-auriculaires antérieures.

Quant à leur destination, tous ces faisceaux doivent se diviser en trois groupes qui constituent donc autant de voies de connexion spéciales, c'est-à-dire:

a) un groupe qui représente la voie la plus directe de conduction entre le noeud sinusal et le noeud de Tawara (fasciculus septi posterior, Torus Löweri, petit faisceau septal de faisceau de Bachmann); *c'est la voie sino-nodale*.

b) un groupe qui constitue la voie directe du noeud sinusal à l'oreillette droite (faisceau sino-auriculaire supérieur, antérieur et inférieur); *c'est la voie sino-auriculaire*.

c) un groupe, ou pour mieux dire un ensemble de faisceaux qui forment la voie de conduction directe entre oreillette droite et oreillette gauche (d'abord le faisceau de Bachmann et secondairement les différents faisceaux sino-septaux); *c'est la voie interauriculaire*.

Si l'on veut préciser davantage ce dernier fait, il résulte qu'à la cloison interauriculaire parviennent des fibres qui, depuis la région sinusale, sont divisées en trois faisceaux séparés; ce sont:

a) les fibres du faisceau septi posterior;

b) les fibres qui parcourent le Torus Loweri;

c) les fibres qui, après avoir abandonné le fasciculus interauricularis, vont à la cloison interauriculaire.

Sous la dénomination de „*carrefour des voies sino-nodales*“, Condorelli entend la zone qui, dans le coeur de chien, est placée au-dessous de la petite fosse ovale, à quelques millimètres en dessus et en arrière de la tête de noeud de Tawara, où les trois faisceaux sino-septaux se réunissent“ (S. 288—289).

Zur Erläuterung des Textes dienen, außer einer Abbildung nach Condorelli, sieben Übersichtsbilder von technisch unvollkommenen Herzschnitten. Die ersten fünf Schnitte zeigen, wie aus der Legende ersichtlich, gut bekannte Verhältnisse der Vorhöfe und Venae cavae. An den letzten zwei Schnitten läßt sich jedoch keinerlei Beleg für die Existenz der verschiedenen Faszikel finden. Bemerkenswert ist außerdem, daß der Fasciculus sinoseptalis inferior (a. 3 in der Einleitung nach Franco) von Condorelli überhaupt nicht erwähnt wird.

Zwischen den erörterten Ergebnissen von Condorelli, Franco und James und den Untersuchungen von Robb u. Petri (1961) bestehen Übereinstimmungen, jedoch sind diese nur partiell:

“One such route extends from the medial head of the S-A node directly distal in the interatrial septum to reach the anterior portion of the A-V node, coursing anterior to the foramen ovale. A second pathway courses from the S-A node and great vessels backward over the atrial walls extending posterior to the foramen ovale, to reach the proximal and inferior curves of the coronary sinus. A third possible pathway, *even more diffuse*, (von mir unterstrichen) is over the roofs of the atria to the far lateral curvates and back along the floor of the appendages and lateral walls of the atria to the bundle which follows the A-V groove” (Robb u. Petri, 1961; S. 8).

Die erste Bahn entspricht dem vertikalen Ast des Bachmannschen Bündels, die zweite dem Thorelschen Bündel. Die genannten Autoren beschreiben die Muskelbahnen als mikroskopisch darstellbare, spezifische Muskelfasern, die in der gewöhnlichen Muskulatur verstreut und nicht eigentlich in scharf abgegrenzte Bündel verpackt sind. Diese Auffassung läßt sich kaum mit den leicht abpräparierbaren Faszikeln von Condorelli und James in Einklang bringen. Auf demselben Colloquium (Rio de Janeiro, 1960), wo Robb u. Petri über diese Befunde berichteten, teilte aber Truex (1961) mit: “All of our attempts to establish a discrete

and continous muscle bundle pathway between the sinoatrial and the atrio-ventricular nodes have, to the present time, been unsuccessful" (S. 24).

Als Anhaltspunkt für die von Condorelli und Franco dargestellte Systematisierung der Ausbreitungszüge des Sinusknotens sei schließlich die Arbeit von Mönckeberg (1910a) kurz erörtert. In dieser Arbeit, die keine Abbildung enthält, wird der Thorelsche Befund, es bestehe eine direkte Verbindung aus spezifischer Muskulatur zwischen beiden Knoten, besprochen. Mönckeberg kommt zu folgendem Schluß: „Aus den Präparaten dieser Serien geht mit Sicherheit hervor, daß der Sinusknoten mit der „gewöhnlichen“ Vorhofsmuskulatur anscheinend konstant an verschiedenen Stellen in direkter Verbindung steht; eine mikroskopisch isolierbare direkte Bahn zwischen ihm und dem Atrioventrikularknoten habe ich nicht nachweisen können. Die von mir in allen Serien wieder beobachteten Verbindungen zwischen Sinusknoten und Vorhofsmuskulatur sind folgende: 1. Fasern, die an der Cava superior parallel zu deren Längsachse abwärts verlaufen, etwas hinter dem oberen Abschnitte des Sinusknotens nach vorn umbiegen und in diesen sich dann von hinten her einsenken; 2. subepicardial am oberen Rande des Herzohres verlaufende Züge, die sich von vorn her mit dem vorderen oberen Ende des Knotens vereinigen; 3. subendocardiale und intramurale zur Ringmuskulatur des Cavatriichters gehörige Fasern, die ebenfalls ziemlich weit oben und vorn von links her mit dem Knoten in Verbindung treten; 4. Fasern, die die direkte Fortsetzung des Knotens nach hinten bilden, unter dem Wenckebachschen Bündel, wenn dieses vorhanden, verlaufen und weit bis zur Hinterfläche des Vorhofs, zuweilen bis ins Septum hinein zu verfolgen sind, dabei aber weit oberhalb des *oberen* Randes der Cava inferior liegen; 5. Fasern, die etwa von der Mitte des Knotens aus ziemlich senkrecht abwärts ziehen. Alle diese Fasern haben in einiger Entfernung vom Knoten durchaus den Charakter der „gewöhnlichen“ Vorhofsmuskulatur und bilden keine geschlossenen Züge, sondern verlieren sich mehr oder weniger schnell im Myokard. Der Übergang in die schmalen Elemente des Sinusknotens scheint in durchaus analoger Weise zu erfolgen, wie es beim Übergang der Vorhofsfasern in den Atrioventrikularknoten beschrieben worden ist“ (S. 3).

Abgesehen davon, daß Mönckeberg überhaupt keine spezifischen Verbindungsbahnen zwischen beiden Knoten nachweisen konnte, läßt sich nicht klar erkennen, welche Faserzüge jeweils den von Condorelli beschriebenen Faszikeln entsprechen.

Somit läßt sich folgern, daß nur zwei Originalarbeiten vorliegen, in denen einmal Mönckeberg (1910a) beim Menschen, zum anderen Condorelli (1929a) beim Hunde das Problem der Ausbreitungszüge des Sinusknotens umfassend, jedoch, wie aus den Beschreibungen ersichtlich nicht erschöpfend behandeln.

## V. Schlußbetrachtungen

In der Fragestellung der Arbeiten über die internodalen Bahnen läßt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen der Auffassung der klassischen und der der modernen Autoren feststellen: die klassischen Forscher suchten nach morphologisch spezifischen Verbindungszügen, die neuzeitlichen Wissenschaftler haben dagegen vom Charakter der Spezifität abgesehen. So wird verständlich, daß Muskelzüge, die den alten Anatomen gut bekannt waren und als Verbindungsbündel nicht in Frage kamen, später für internodale Bahnen gehalten worden sind.

Dies betrifft den Fasciculus interauricularis horizontalis (vordere internodale Bahn), den Fasciculus Loweri (mittlere internodale Bahn) und die Crista terminalis (hintere internodale Bahn), ferner den Fasciculus interauricularis verticalis, das klassische Wenkebachsche Bündel und den Fasciculus limbus superior, die auch Abschnitte der mittleren Bahn darstellen könnten. Nach Kochs Untersuchungen besteht das Wenkebachsche Bündel aus gewöhnlicher Vorhofsmuskulatur (1909).

Es unterliegt keinem Zweifel, daß beide Knoten in der Muskulatur der Vorhöfe eingelagert sind und daß man in der makroskopischen Dimension von einer Verbindung der Knoten zu dem benachbarten Muskelgewebe ohne weiteres sprechen darf. Darauf hat Mönckeberg (1910b) ausdrücklich hingewiesen. So handelt es sich nicht eigentlich um die Frage, ob die Knoten mit der Umgebung — und dadurch indirekt untereinander — verbunden sind, da eine solche Fragestellung sogar trivial erscheint, sondern vielmehr darum, ob und gegebenenfalls wie sich das *Knotengewebe* in die Umgebung ausbreitet. Nach Robb u. Perti (1961), James (1963) und Meredith u. Titus (1968) sind in den von ihnen beschriebenen Verbindungsbahnen Muskelzellen vorhanden, die den Purkinjeschen Fasern entsprechen. Dieser Befund erweist sich jedoch nicht als ein Beweis dafür, daß solche Elemente kontinuierliche Faserzüge zwischen den Knoten darstellen, zumal Röhrenfasern in der Vorhofsmuskulatur verstreut vorkämen (Koch, 1922; Doerr, 1969, 1970).

Mönckeberg (1910b) verlangte von einer „besonderen Verbindung“, daß sie sich als geschlossene Bahn verfolgen lasse. Er bezog sich damit auf die mikroskopische Untersuchung, die an Serienschnitten erfolgen sollte. Aber auch makroskopisch ist ein „Bündel“ ohne seitliche Grenzen nicht denkbar. Man soll auch damit rechnen, daß ein Bündel sich nur durch eine verschiedene Richtung seiner Fasern gegenüber der benachbarten Muskulatur abgrenzen läßt. Dann ist die Prüfung der geweblichen Kontinuität mit den Knoten besonders wichtig, da die übliche Muskulatur der Vorhöfe, insbesondere des Septum atriorum, von Faszikeln, die gerade nur durch die verschiedenen Richtungen der Faserzüge unterschieden werden, gebaut ist.

Die verschiedenen Faszikel (Fasciculus interauricularis horizontalis, Fasciculus interauricularis verticalis, Fasciculus Loweri, Crista terminalis, Fasciculus limbus superior und das klassische Wenkebachsche Bündel), die von einigen Autoren als internodale Bahnen aufgefaßt worden sind, stellen *als solche* unseres Erachtens keine Ausbreitungszüge der Knoten dar. Es bleibt jedoch offen, ob *in* den genannten Faszikeln Gewebeausstrahlungen aus den Knoten enthalten sind.

### Literatur

- Aschoff, L.: Referat über die Herzstörungen in ihren Beziehungen zu dem spezifischen Muskelsystem des Herzens. Verh. dtsh. path. Ges. **14**, 3—35 (1910).
- Bachmann, G.: The inter-auricular time interval. Amer. J. Physiol. **41**, 309—320 (1916).
- Condorelli, L.: Über die Bahnen der Reizleitung vom Keith-Flackschen Knoten zu den Vorhöfen. Z. ges. exp. Med. **68**, 493—515 (1929a).
- Experimentelle Untersuchungen über die intraurikuläre Reizleitung. Z. ges. exp. Med. **68**, 516—528 (1929b).
- Dieci anni di ricerche sul meccanismo di conduzione dello stimolo nel miocardio atriale. Folia med. (Neapel) **22**, 99—117 (1936).

- Doerr, W.: Normale und pathologische Anatomie des reizbildenden und erregungsleitenden Gewebes. *Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch.* **35**, 1—36 (1969).
- Allgemeine Pathologie der Organe des Kreislaufs. In: *Handbuch der allgemeinen Pathologie*, redigiert von H. Meessen u. F. Roulet, Bd. III/4. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1970.
- Franco, P. M.: Recherches sur les faisceaux de connexion auriculaire dans les conditions normales et pathologiques. *Arch. Mal. Coeur* **44**, 287—302 (1951).
- James, T. N.: The connecting pathways between the sinus node and A-V node and between the right and left atrium in the human heart. *Amer. Heart J.* **66**, 498—508 (1963).
- Keith, A.: The anatomy of the valvular mechanism round the venous orifices of the right and left auricles, with some observations on the morphology of the heart. *Proc. Anat. Soc. Great Brit. and Ireland. J. Anat. and Physiol.* **37**, ii-xxxvi (1902).
- The evolution and action of certain muscular structures of the heart (Abstract of the Hunterian Lectures. Lecture I). *Lancet* **19041**, 555—559.
- Flack, M.: The form and nature of the muscular connections between the primary divisions of the vertebrate heart. *J. Anat. and Physiol.* **41**, 172—189 (1907).
- Koch, W.: Über das Ultimum moriens des menschlichen Herzens. *Beitr. path. Anat.* **42**, 203—224 (1907).
- Weitere Mitteilungen über den Sinusknoten des Herzens. *Verh. dtsch. path. Ges.* **13**, 85—92 (1909).
- Der funktionelle Bau des menschlichen Herzens. Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg 1922.
- Lewis, T., Meakins, J., White, P. D.: The excitatory process in the dog's heart. Part I. The auricles. *Phil. Trans. B* **205**, 375—420 (1914).
- Luschka, H.: Die Anatomie des Menschen, Bd. I/2. Tübingen: Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung. Laupp & Siebeck 1863.
- Meredith, J., Titus, J. L.: The anatomic atrial connections between sinus and A-V node. *Circulation* **37**, 566—579 (1968).
- Mönckeberg, J. G.: Zur Frage der besonderen muskulären Verbindung zwischen Sinus- und Atrioventrikularknoten des Herzens. *Zbl. Herz- u. Gefäßkr.* **1**, 1—5 (1910a).
- Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Herzens. *Verh. dtsch. path. Ges.* **14**, 64—71 (1910b).
- Das spezifische Muskelsystem im menschlichen Herzen. *Ergebn. allg. Path. path. Anat.* **19**, 328—474 (1921).
- Orsos, F.: Ein intramuraler Sehnenstrang des rechten Vorhofes. *Verh. dtsch. path. Ges.* **14**, 98—102 (1910).
- Papez, W.: Heart musculature of the atria. *Amer. J. Anat.* **27**, 255—282 (1920).
- Robb, S. J., Petri, R.: Expansions of the atrio-ventricular system in the atria. In: *The specialized tissues of the heart. Proceedings of the symposium on the specialized tissues of the heart.* Rio de Janeiro 1960, eds. A. P. De Carvalho, W. C. Mello and B. F. Hoffman. Amsterdam-London-New York-Princeton: Elsevier Pub. Co. 1961.
- Rothberger, C. J., Scherf, D.: Zur Kenntnis der Erregungsausbreitung vom Sinusknoten auf den Vorhof. *Z. ges. exp. Med.* **53**, 792—835 (1926).
- Schiebler, Th. H., Doerr, W.: Orthologie des Reizleitungssystems. In: *Das Herz des Menschen.* Herausgegeben von W. Bargmann-W. Doerr, Bd. I. Stuttgart. G. Thieme 1963.
- Schönberg, S.: Über Veränderungen im Sinusgebiet des Herzens bei chronischer Arrhythmie. *Frankfurt. Z. Path.* **2**, 462—484 (1909).
- Tandler, J.: Anatomie des Herzens. Jena: G. Fischer 1913.
- Thorel, Ch.: Vorläufige Mitteilung über eine besondere Muskelverbindung zwischen der Cava superior und dem Hisschen Bündel. *Münch. med. Wschr.* **19**, 2159 (1909).
- Über den Aufbau des Sinusknotens und seine Verbindung mit der Cava superior und den Wenckebachschen Bündeln. *Münch. med. Wschr.* **19**, 183—186 (1910a).
- Über die supraventrikulären Abschnitte des sog. Reizleitungssystems. *Verh. dtsch. path. Ges.* **14**, 71—90 (1910b).

- Truex, R. C.: Comparative anatomy and functional considerations of the cardiac conduction system. In: The specialized tissues of the heart. Proceedings of the symposium on the specialized tissues of the heart. Rio de Janeiro 1960, eds. A. P. De Carvalho, W. C. Mello and B. F. Hoffman. Amsterdam-London-New York-Princeton: Elsevier Pub. Co. 1961.
- Wenckebach, K. F.: Beiträge zur Kenntnis der menschlichen Herztätigkeit. Arch. Anat. u. Physiol. I. Teil: 297—354 (1906). II. Teil: 1—24 (1907).
- Wolhynski, F. A.: Zur Frage von den muskulären Verbindungen der Vorhöfe beim Menschen. Z. ges. Anat. **86**, 532—539 (1928).

Prof. Dr. B. Chuaqui J.  
Pathologisches Institut der  
Universität Heidelberg  
D-6900 Heidelberg 1, Berliner Straße 5  
Deutschland