

Über die zwischenzelligen Verbindungen im Sinus- und A-V-Knotengewebe beim Menschen

Zwei elektronenoptisch untersuchte Fälle

BENEDICTO CHUAQUI J.*

Departamento de Patología General y Anatomía Patológica
(Director: Professor Dr. Roberto Barahona) Universidad Católica, Santiago, Chile

Eingegangen am 8. Juni 1971

Intercellular Junctions of the Sinus- and Atrioventricular-Nodes of the Human Heart

Two Cases Examined by Electron Microscope

Summary. The intercellular junctions of the muscle fibers of the sinus and atrioventricular nodes from two children were studied electronmicroscopically soon after death. All stages of transitions between almost rectilinear cell-limits and typical intercalated discs were found. Single tight junctions were demonstrable in rudimentary intercalated discs; the nexus lay between the basement membrane and a desmosome. A strikingly irregular arrangement of the myofilaments found in both cases may be attributed to a special organisation or constitution of the sarcoplasm. In one ventricular node there were elongated cells with sparse peripheral myofibrils and numerous mitochondria. These cells may be interpreted as the equivalents of Purkinje fibers. In both nodal tissues scattered so-called „specific atrial granula“ were present. The mitochondria showed severe pathologic changes: myelin figures, swelling and cristolysis. The differences in morphology between the intercellular junctions of conducting tissue and those of working myocardium may be interpreted as quantitative variations. The findings support the view that those morphological differences are related to the different functions of these tissues and not to supposed variations in development.

Zusammenfassung. Die Morphologie der Verbindungen zwischen den Muskelfasern im Sinus- und A-V-Knotengewebe wurde bei zwei kurz nach dem Tode obduzierten Kindern untersucht, wobei sich fließende Übergänge von geradlinigen intercellulären Grenzen bis in typische Kittlinien hinein nachweisen ließen. In rudimentären Disci intercalares fanden sich vereinzelt fünfschichtige Strukturen zwischen der Basalmembran und einem Desmosom. Eine unregelmäßige Orientierung der Myofilamente war auffällig, die auf eine besondere Organisation bzw. Beschaffenheit des Cytoplasma zurückzuführen ist. Einzelne „spezifische Vorhofsggranula“ wurden im Sarkoplasma in beiden Fällen vorgefunden. Das Chondriom zeigte ausgeprägte Myelinfiguren, hochgradige Schwellung und Cristolyse. Im A-V-Knoten-gebiet eines Falles waren Muskelzellen nachweisbar, die als Äquivalent der Purkinjeschen Fasern beim Menschen angesehen werden können.

Die Unterschiede in der Morphologie der Zellverbindungen im Knotengewebe und in der Arbeitsmuskulatur des Herzens könnten sich formal als Transitionen in quantitativer Hinsicht auffassen lassen. Zur Frage nach dem Differenzierungsgrad der Disci intercalares wird die Ansicht vertreten, daß die morphologischen Unterschiede nicht auf verschiedene Entwicklungsstufen des Gewebes hinweisen, sondern auf verschiedene Funktionen.

* Derzeit Humboldt-Stipendiat am Pathologischen Institut der Universität Heidelberg (Direktor: Prof. Dr. Wilhelm Doerr).

Bei den von James et al. (1966, 1968) elektronenoptisch erhobenen Befunden an menschlichen Herzen zeigte es sich, daß die Disci intercalares an verschiedenen, in der Zentralmasse der Knoten gelegenen Zellgruppen entweder nicht zu finden oder *rudimentär* waren, wobei fließende Übergänge bis in *typische* Kittlinien eher auf Unterschiede in quantitativer Hinsicht zwischen Arbeits- und RLS-Muskulatur (Schiebler u. Doerr, 1963) hinweisen könnten. Ob an den Zellverbindungen des RLS-Gewebes außer den Maculae adhaerentes (Desmosomen) und Zonulae adhaerentes (Farquhar u. Palade, 1962) bzw. Fasciae adhaerentes (Fawcett u. McNutt, 1969) auch die sogenannten *Nexus* (Dewey u. Barr, 1964; sive Zonulae bzw. Fasciae occludentes, fünfschichtige Strukturen, "thight junction") vorkommen, scheint nicht nachgewiesen zu sein. Zweck dieser Untersuchung ist es, einmal die Morphologie der Zellverbindungen im Sinus- und A-V-Knotengewebe darzulegen, zum anderen etwa im Knotenmuskelgewebe vorhandene fünfschichtige Strukturen zu untersuchen.

Material und Methode

Material. Die Gewebestücke entstammen zwei eutrophischen, bis kurz vor der Aufnahme ins Krankenhaus anscheinend gesunden, an akuten Krankheiten gestorbenen Kindern männlichen Geschlechtes, die bald nach dem Tode obduziert wurden.

1. Fall (A/19/70): 2 $\frac{1}{2}$ jähriges Kind. Pathologisch-anatomische Diagnose: Poliomyelitis anterior acuta. Postmortale Zeitspanne bis zur Entnahme der Gewebeproben: 2 Std.

2. Fall (A/59/70): 5 Jahre alt gewordenes Kind. Pathologisch-anatomische Diagnose: akute Leberdystrophie. Postmortale Zeitspanne bis zur Entnahme der Gewebeproben: 1 Std 55 min.

Bei beiden Fällen zeigten die Routineschnitte des Herzens keine nennenswerte Veränderung.

Methodik. Nach Eröffnung des Brustkorbes wurde zuerst in situ ein etwa 1,5 cm breites, viereckiges Gewebestück aus dem Grenzbereich zwischen oberer Hohlvene und rechtem Vorhof mit einer Rasierklinge herausgeschnitten. An der vorderen Hälfte des Stückes lag der obere Recessus des Herzohres (Abb. 1a). Mit der Epikardoberfläche nach unten wurde es auf eine ad hoc modellierte Scheibe aus fest gewordenem Paraffin gelegt, mit dem Fixierungsmittel per instillationem bedeckt und mit einer Rasierklinge in etwa 1 mm abgestufte, dem Sulcus terminalis orthogonale Parallelschnitte zerlegt. Das grauweiße Sinusknotengewebe in der Umgebung der kleinen quer geschnittenen Arterie des Circulus arteriosus wurde in der Schnittoberfläche mehrerer Gewebestreifen gut sichtbar. Von dem ersten Falle wurden drei, von letzterem zwei Streifen ausgewählt, aus denen jeweils ein kleines, etwa 1,5 mm dickes Blöckchen zugeschnitten und sofort immersionsfixiert wurde (Abb. 1b). Einem ähnlichen Verfahren folgend wurden die Gewebeproben aus dem atrioventrikulären Gebiet entnommen. Der ventrale Rand des von der rechten Seite der Septa herausgeschnittenen Stückes fiel mit der hinteren Grenze der Pars membranacea zusammen (Abb. 2a). Die Parallelschnitte wurden etwa senkrecht zum Annulus fibrosus gelegt. Fest dem Annulus aufsitzend war das hellbraungelbe Gewebe des A-V-Knotens zu sehen (Abb. 2b). Es wurden zwei Gewebelöckchen von je einem Fall untersucht. Als Vergleichsmaterial wurden Gewebestücke des linken Vorhofes und der linken Kammer benutzt. Excisionsstellen waren im linken Vorhof die laterale Wand in Höhe der untersten Basisspitze des Herzohres, in der linken Kammer der axiale Mittelpunkt der größten Muskelsäule des vorderen Papillarmuskels. Die Gewebelöckchen wurden in einer 3%igen, mit Phosphat auf einen 7,3 pH-Wert gepufferten Glutaraldehydlösung auf 8°C 24 Std fixiert. Nachfixierung in 1%iger OsO₄-Lösung während 2 Std. Als Einbettungsmittel diente Epon. Mit einem MT-1 Porter-Blum-Mikrotom wurden zuerst mit Toluidinblau angefärbte Dickschnitte zur Lichtmikroskopie hergestellt. Anhand dieser Schnitte wurden die zu untersuchenden Felder auf die Schnittoberfläche des Einbettungsblöckchens abgegrenzt und zugeschnitten (Abb. 3). Die Färbung erfolgte nach Vanable (1965). Zur Ultramikroskopie diente ein Siemens Elmiskop I.

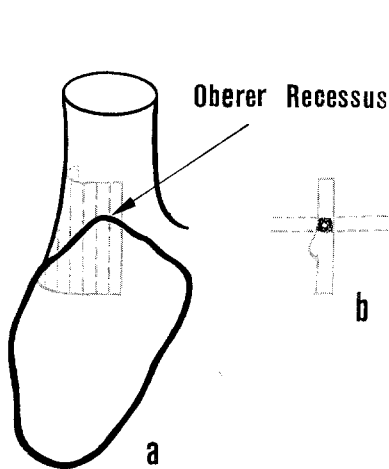


Abb. 1 a u. b

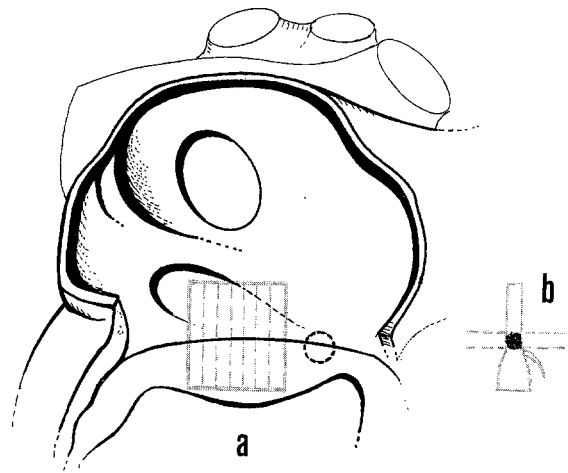


Abb. 2 a u. b

Abb. 1a u. b. Schematisch dargestellte Schnitte zur Gewinnung der Gewebeproben aus dem Sinusknoten. a Das etwa viereckige Stück und die darin durchgeführten Parallelschnitte nach dessen Entfernung. b Profil eines Gewebestreifens. Am linken Rand der Querschnitt der Crista terminalis. Horizontal zwei Parallelschnitte an dem Sinusknoten

Abb. 2a u. b. Schematische Darstellung zur Probeentnahme aus dem A-V-Knoten. a Erstes Stück im atrioventrikulären Gebiet zwischen dem Sinus coronarius und der Pars membranacea. Verlaufsrichtung der Parallelschnitte senkrecht dem Annulus fibrosus. b Profil eines Gewebestreifens (Querschnitt des Annulus fibrosus nicht eingetragen)

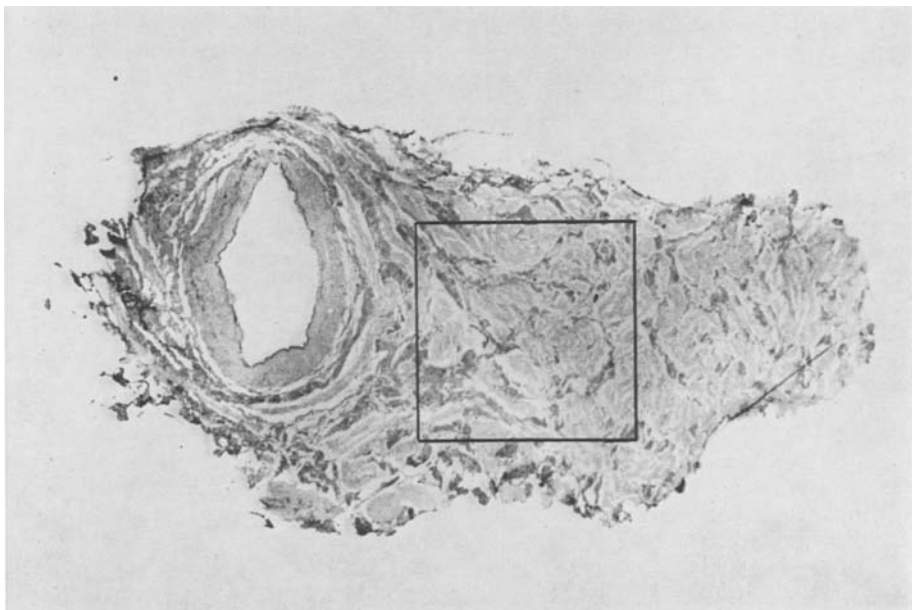


Abb. 3. Sinusknotengewebe. 1. Fall. Schnitt zur lichtmikroskopischen Kontrolle. Eingezeichnet das Feld, das elektronenoptisch untersucht wurde. Toluidinblaufärbung; ca. 90 ×

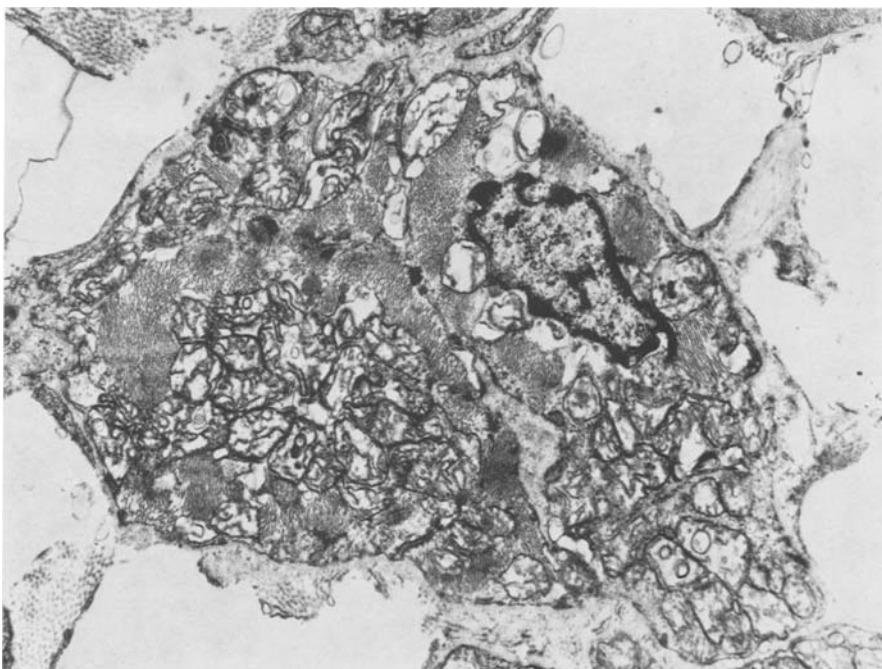


Abb. 4. Sinusknotengebiet. 1. Fall. Zellareale mit gemeinsamer Basalmembran, die unten streckenweise zwischen zwei Zellen sichtbar ist. In der Mitte ein Desmosom. Links oben Teil einer verzahnten intercellulären Verbindung. Stark verändertes Chondriom: Myelinfiguren und Cristololyse. 4000fach (Nachvergr. ca. $2\times$)

Befunde

Sinusknotengebiet. Wie von James et al. (1966) beschrieben, waren die Muskelfasern in einzelnen, aus bald polygonalen bald amöboiden Faserzügen bestehenden Arealen angeordnet. Die in reichlich kollagenes Bindegewebe eingebetteten Zellgruppen zeigten eine gemeinsame Basalmembran, die sich aber in einigen Bezirken nur streckenweise zwischen den Fasern darstellen ließ (Abb. 4). Die dicht aneinander stoßenden Plasmamembranen benachbarter Zellen verliefen bald in einer sanft gebogenen Kurve, an der vereinzelt Desmosomen vorkamen, bald in einer gewellten Linie, in deren Bereich Maculae und Zonulae adhaerentes auffällig waren (Abb. 4). Zwischen diesen Zellen und einigen umgebenden Muskelfasern erfolgte die Abgrenzung teils bogenförmig, teils zackig. Typische Kittlinien mit einer deutlichen Verzahnung konnten nur vereinzelt nachgewiesen werden. Es war auffällig, daß man in den den Basalmembranen angrenzenden Bezirken fünfschichtige Strukturen nachweisen konnte. Unmittelbar nach innen fand sich ein Desmosoma (Abb. 5). Die Nexus fanden sich sowohl in fast geradlinigen Segmenten als auch vereinzelt entlang stark verzahnter Zellverbindungen. Nur an den ersteren ließ sich ihre Topographie in bezug auf die Basalmembran und ein neben liegendes Desmosoma erkennen. In anderen Feldern und Zellarealen war eine unregelmäßigere Anordnung der unvollkommen von der Basal-

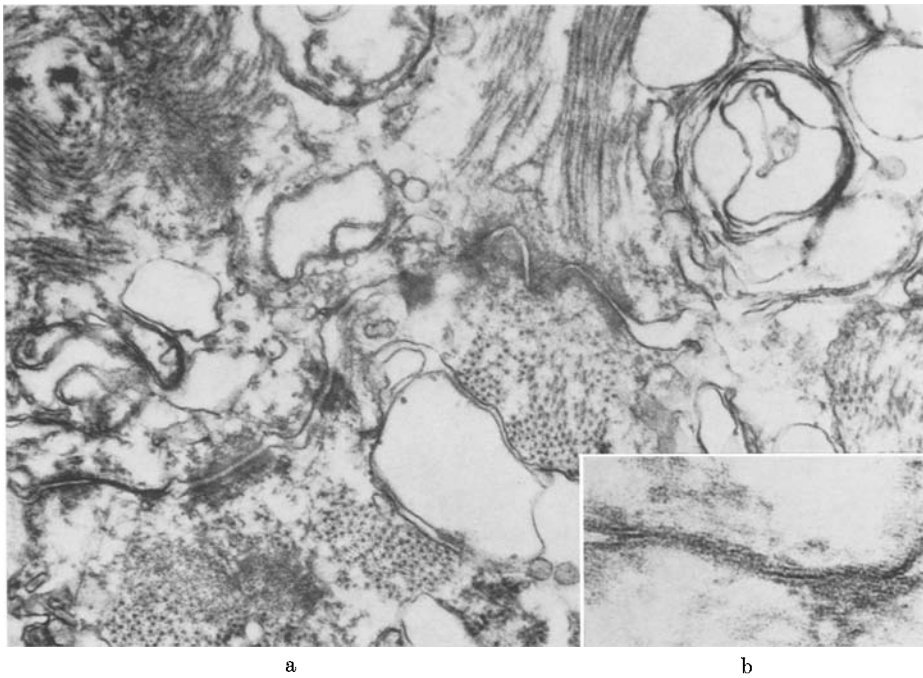


Abb. 5a u. b. Sinusknotengebiet. 2. Fall. a Teils bogenförmige, teils leicht verzahnte Zellverbindung. Ein Nexus zwischen der Basalmembran (links unten) und einem Desmosom. Quer verlaufende Myofilamente in der unteren Faser, vorwiegend longitudinal in der oberen. Hochgradige Schwellung und Cristolyse der Mitochondrien. 10000fach (Nachvergr. ca. $2,4 \times$).
b Fünfschichtige Struktur des Nexus (Nachvergr. ca. $9 \times$)

membran umgebenen Fasern auffällig, die durch plumpe, oft auch langgezogene Faserausläufer zusammenhängen. An Stellen, wo eine Zelle verankert zu sein schien, waren häufig Zonulae oder Maculae adhaerentes zu sehen (Abb. 6). Fünfschichtige Strukturen konnten auch in den Verbindungen zwischen den terminalen Segmenten der fingerförmigen Zellausläufer nachgewiesen werden. Der Nexus fand sich auch in diesem Falle zwischen der Basalmembran und einem Desmosom.

In dem Sarkoplasma war eine unregelmäßige Orientierung der Myofibrillen auffällig, so daß quer, schräg und längs getroffene Myofilamentbündel nebeneinander standen (Abb. 7). Selbst in der Nähe einer angedeuteten Kittlinie fiel die Schnittebene der Myofilamentbündel einer Zelle nicht mit der der Nachbarfaser zusammen (Abb. 5). Nur beim zweiten Falle fiel eine hochgradige Aufhellung des Cytoplasma auf, wie sie von James (1966) beschrieben wurde. Bei beiden Fällen war das Chondriom stark verändert. Beim ersten Falle zeigten die Mitochondrien ausgeprägte Myelinfiguren (Abb. 4 und 6), beim zweiten vorwiegend eine starke Schwellung und Cristolyse (Abb. 5). Nur in wenigen Zellen konnte man zarte, dem longitudinalen System des endoplasmatischen Retikulum ähnliche tubuläre Figuren erkennen. Spärliche, den sogenannten *spezifischen Vorhoftsgranula* (Jamieson u. Palade, 1964) vergleichbare Körperchen wurden

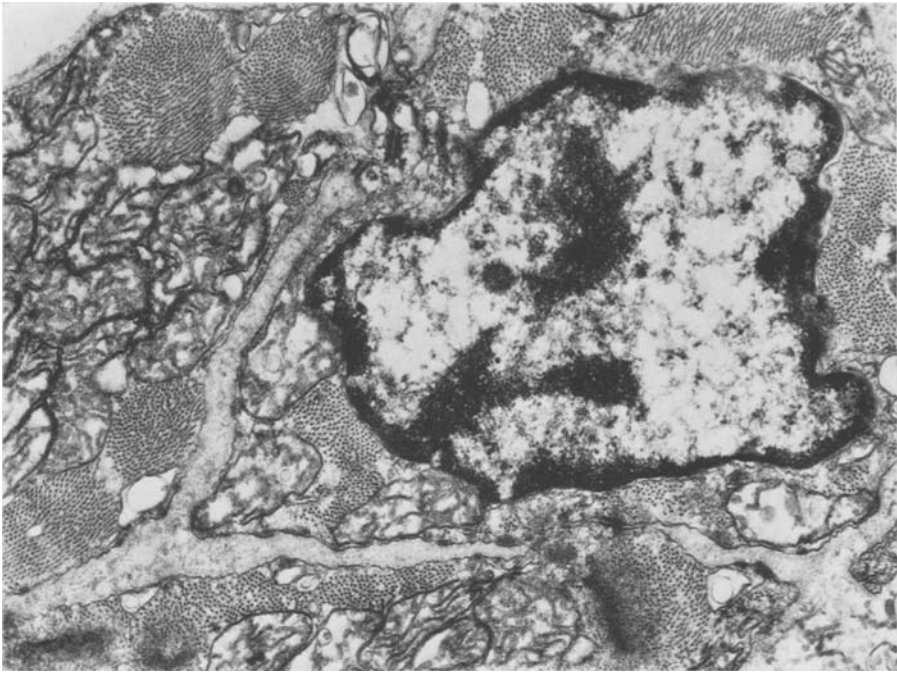


Abb. 6. Sinusknotengebiet. 1. Fall. Eine an zwei Faserausläufern verankerte Zelle. An den Verbindungszonen jeweils eine Zonula bzw. eine Macula adhaerens. Verändertes Chondriom. 10000fach (Nachvergr. ca. 1,8 ×)

im Sarkoplasma weniger Fasern von beiden Fällen vorgefunden. An der Peripherie zahlreicher Zellen kamen pinocytotische Vesikel und größere Einstülpungen der Plasmamembran vor. Nervenendigungen wurden nicht gefunden.

A-V-Knotengebiet. Die Zellareale bestanden überwiegend aus langgezogenen Muskelementen, in denen auch unregelmäßige Ausläufer zu sehen waren. Abgerundete bzw. polygonale Zellkonturen waren seltener als im Sinusknotengebiet. Es ließen sich fließende Übergänge von vereinzelt an sanft gewellten intercellulären Zellkonturen liegenden Maculae bzw. Zonulae adhaerentes bis in stark verzahnte Kittlinien erkennen, an denen auch Nexus vorgefunden wurden. Kittlinien ließen sich häufiger als im Sinusknotengebiet darstellen. Eine unregelmäßige Orientierung der Myofilamentbündel konnte man auch an den Grenzen benachbarter Fasern sehen, wobei einige Bündel nicht mit der Kittlinie zusammenhängen, sondern durch laterale Ausläufer verliefen.

In einigen Schnitten des zweiten Falles bestanden feine Bündel langgezogener, mit zahlreichen Mitochondrien ausgestatteter Muskelfasern, in denen das umfangreiche Chondriom zentral und die spärlichen Myofibrillen überwiegend peripherisch angeordnet waren (Abb. 8). Es fanden sich auch zweikernige Zellen. Hier waren nur typische Disci intercalares nachweisbar. Maculae, Zonulae und Fasciae adhaerentes fanden sich vereinzelt zwischen parallel verlaufenden Fasern. Diese Strukturen waren aber in der Nähe einiger Disci intercalares zahlreich und dort

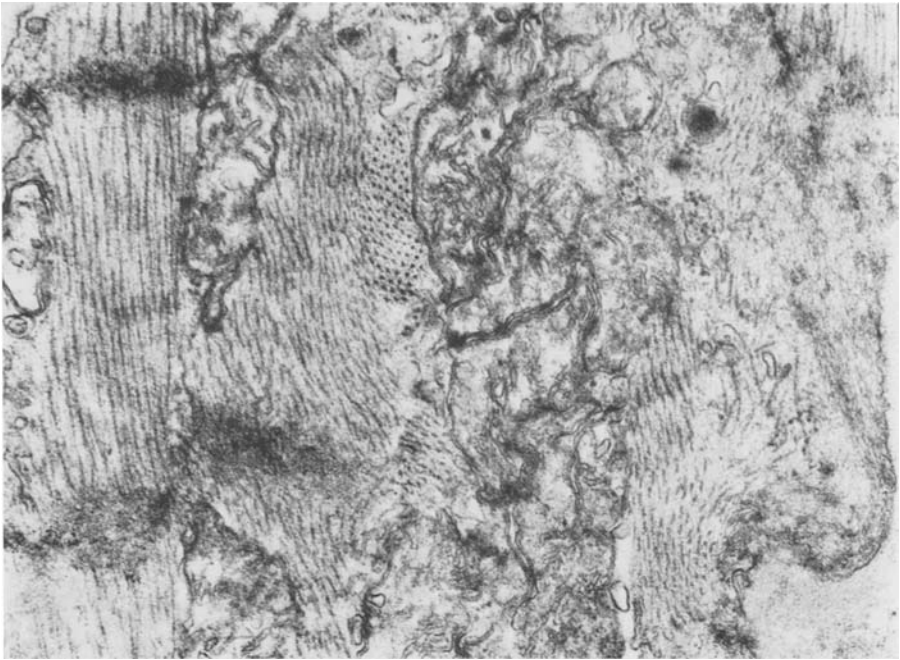


Abb. 7. Sinusknotengebiet. 1. Fall. Unregelmäßige Orientierung der Myofilamentbündel. Rechts unten die Basalmembran. 10000fach (Nachvergr. ca. $2,4 \times$)

longitudinal dicht aneinander gereiht. Manchmal setzte sich eine Kittlinie mit einer longitudinalen, zwischen zwei Parallelfasern gelegenen Zonula adhaerens fort. Nur einmal waren zwei im Abstand von je einem Sarkomer abgestufte, typische Kittlinie vorhanden.

Das Chondriom zeigte in beiden Fällen Schwellung und Cristolyse. Myelinfiguren waren beim ersten Falle nicht so ausgeprägt wie im Sinusknotengebiet. Beim zweiten Falle ließ sich auch eine Cytoplasmaaufhellung erkennen. In mehreren Muskelfasern beider Fälle lagen vereinzelt im Sarkoplasma Vorhofsgranula vor (Abb. 8).

Kontrollgebiete. In den aus dem linken Vorhof entnommenen Gewebeproben waren nur schmale, in der Längsrichtung von einer Basalmembran vollkommen umgebene Muskelfasern zu sehen, in denen regelmäßig angeordnete, der Längsachse der Fasern parallel verlaufende, jedoch manchmal spärliche Myofilamentbündel erkennbar waren. Außer typischen Disci intercalares waren auch nur angedeutet, teils als eine sanft gewellte Kurve, teils als ein zackiger Kontur erkennbare Kittlinien vorhanden. An den Muskelfasern der linken Kammer ließen sich immer ausgeprägte Disci intercalares finden, an denen Fasciae occludentes vorgefunden wurden. In den Muskelfasern des zweiten Falles wurden bis zu vier in Abständen von 1—2 Sarkomeren abgestufte Kittlinien angetroffen.

Besprechung. Soweit sich derartiges durch die lichtmikroskopische Kontrolle feststellen läßt, entsprechen die untersuchten Gewebeproben dem Sinus- bzw.

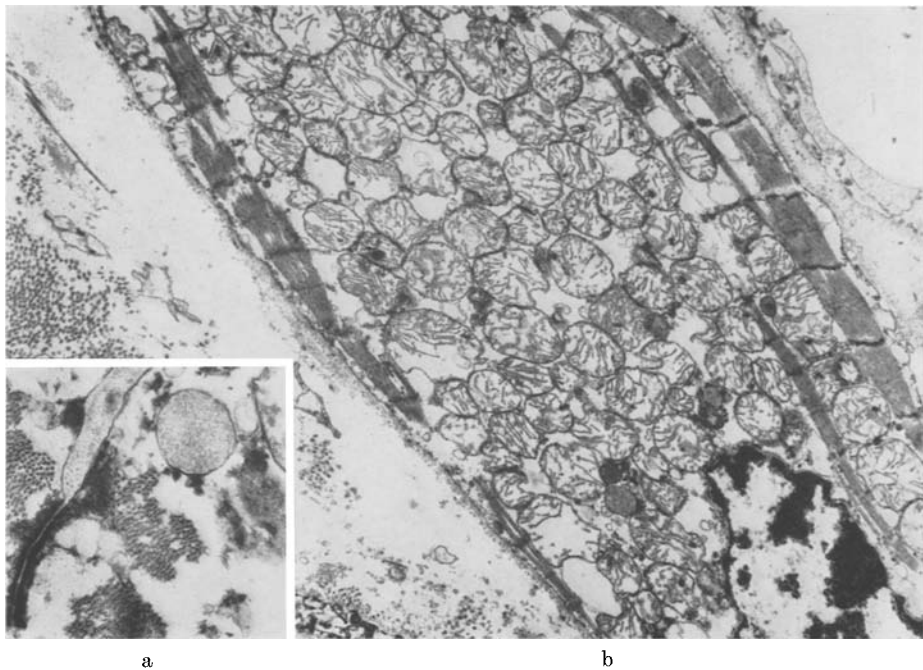


Abb. 8. a „Spezifisches Vorhofsgranulum“ an der Peripherie einer Zelle des A-V-Knotengebietes (2. Fall). 20000fach (Nachvergr. ca. $1,4\times$). b A-V-Knotengebiet. 2. Fall. Langgezogene Muskelzelle mit spärlichen, peripher verlaufenden Myofibrillen und zahlreichen Mitochondrien. Neben dem Nucleus zwei „spezifische Vorhofsgranula“. 4000fach (Nachvergr. ca. $2\times$)

A-V-Knotengewebe. Darüber hinaus stimmt im Wesentlichen das elektronenoptische Bild mit den von James et al. (1966, 1968) ebenfalls beim Menschen erhobenen Befunden überein. Obwohl Dewey u. Barr (1964) darauf hinweisen, daß der Nexus keine stabile Struktur in bezug auf die verschiedenen Fixierungsverfahren sei, konnte diese Struktur sowohl im RLS-Gewebe als auch im Kontrollmaterial nachgewiesen werden. Ob die postmortale Zeitspanne von rund 2 Std auch dabei mitwirken kann, daß vital vorhandene fünfschichtige Strukturen sich post mortem in zwei „Einheitsmembranen“ gliedern, muß offen bleiben. Es ist naheliegend, daß der autolytische Prozeß die Schwellung des Chondriom mindestens zum Teil bedingt hat. Dazu kommen weitere Veränderungen der Mitochondrien, wie die Myelinfiguren, die mechanisch bedingt sein können. Myelinfiguren treten erst nach 12 Std Autolyse ein (Caesar, 1969). Es liegt nahe, daß die starke Cristolyse unserer Fälle sub finem vitae entstanden, also nicht nur durch die Autolyse bedingt ist, da diese Veränderung im autolytischen Myokard bei Ratten und Mäusen nach 2 Std nur fleckenförmig (Caesar, 1969; Hibbs u. Black, 1963) und bei Kaninchen erst nach 180 min ausgeprägt war (Wedell et al., 1965). Die Cytoplasmaaufhellung, die bei den Fällen von James et al. (1966, 1968) und unserem zweiten zu sehen ist, kann zu postmortalen Veränderungen gehören, und es muß sich nicht unbedingt um ein Charakteristikum der RLS-

Elemente handeln, zumal sie bei ersterem Falle nicht beobachtet wurde. Wenn man das grobmechanische Verfahren, womit die Gewebeproben gewonnen wurden, in Betracht zieht, dann läßt sich die unregelmäßige Orientierung der Myofibrillen nicht ohne weiteres als *die* intra vitam vorhandene Anordnung deuten und vielmehr als ein Äquivalentbild beurteilen. Da dieses Bild in dem Kontrollmaterial, obschon es nicht so grobmechanisch gewonnen wurde, nicht zu sehen ist, läßt es sich auf eine besondere Organisation bzw. Beschaffenheit des Cytoplasma des Knotengewebes zurückführen.

Anhand der hier erhobenen Befunde kam man nicht zu der Frage, ob echte Purkinjesche Fasern beim Menschen überhaupt vorkommen (Rossi, 1969), Stellung nehmen. Sollte man sich an das lichtoptisch gewonnene Bild der menschlichen Äquivalente (Schiebler u. Doerr, 1963) halten, dann könnten die beim zweiten Falle im A-V-Knotengebiet vorgefundenen Zellen Purkinjeschen Fasern entsprechen. Zweikernige Elemente kämen bei diesen Fasern häufig vor (Mönckeberg, 1921; Rossi, 1969; Schiebler u. Doerr, 1963). Schwierig zu interpretieren sind die nacheinander gereihten Disci intercalares, die an diesen Fasern des A-V-Knotengebietes als auch an der Arbeitsmuskulatur des linken Ventrikels vorgefunden wurden. Mönckeberg (1921) weist darauf hin, daß in den spezifischen Fasern vereinzelt zwei und sogar drei Kittlinien zwischen zwei Kernen vorkommen. Eine räumliche Rekonstruktion allein könnte klären, ob es sich um keilförmig eingeschaltete Muskelzellen handelt.

Die sogenannten „spezifischen Vorhofsgranula“ (Jamieson u. Palade, 1964) sind auch an dem RLS der Ratte beschrieben worden (Bompiani et al., 1959). Ihre funktionelle Bedeutung ist nicht bekannt (Caesar, 1969). Insofern als die fünfschichtigen Strukturen Zonen niedrigen elektrischen Widerstandes darstellen (Dewey u. Barr, 1964; Fawcett u. McNutt, 1969; McNutt, 1970), hätte man erwarten dürfen, daß diese Strukturen häufiger im RLS vorkommen. Sie sind aber im RLS beim Menschen bisher nicht beschrieben worden (James et al., 1966, 1968; Yamahushi, 1965). McNutt (1970) findet sie an der Arbeitsmuskulatur menschlicher Embryonen. Die an den rudimentären Kittlinien des Knotengewebes getroffenen Nexus weisen darauf hin, daß die zu einem typischen Glanzstreifen der Arbeitsmuskulatur gehörenden Strukturen dem RLS nicht fremd sind. So werden auch die fließenden Übergänge der Verbindungsstrukturen von geradlinigen Grenzen, an denen nur spärliche Desmosomen zu finden sind, bishin zu den typischen Kittlinien der Lichtmikroskopie verständlich. In dem RLS dürfte somit eine konventionelle Frage sein, den Glanzstreifen nach seinem lichtmikroskopischen Bild elektronenoptisch auch weiterhin so scharf definiert abzugrenzen. So wären die Unterschiede zwischen der RLS- und Arbeitsmuskulatur auch in dieser Hinsicht nur quantitativen Charakters (Schiebler u. Doerr, 1963). Ob die intercelluläre Struktur lichtmikroskopisch als ein Glanzstreifen sichtbar ist, scheint mehr mit der Quantität der Verzahnung und der Dichte der anliegenden Substanz als mit den einzelnen, qualitativ charakterisierbaren Elementen zusammenzuhängen (Muir, 1956; Torii, 1961).

Die Morphologie der Disci intercalares ist ontogenetisch und phylogenetisch untersucht worden. An der Arbeitsmuskulatur bei Fischen, Amphibien und Reptilien fand Marceau (zit. nach Haeggqvist, 1931) lichtmikroskopisch keine Glanzstreifen. Anhand elektronenoptisch erhobener Befunde beschreibt Hirakow

(1970) drei Typen von Kittlinien fortschreitender Komplexität: den Embryo-, den Sauropsiden- und den Säugetiertyp. Bei der Ratte unterscheidet Muir (1956) auch einen Embryo-, einen Neugeborenen- und einen Erwachsenentyp (zu ähnlichen Befunden kommen Manasek (1970) bei Hühnern und McNutt (1970) bei Menschen und verschiedenen Tieren). Die Abbildungen der Arbeiten von Hirakow und Muir lassen eine formale Parallele beider Reihen von Kittlinientypen erkennen. Histologisch scheint das reizbildende und erregungsleitende Gewebe einen embryonalen, mit seiner Topographie (s. Doerr, 1959, 1970) übereinstimmenden Charakter beibehalten zu haben (siehe auch Schiebler u. Doerr, 1963). Histologisch käme auch der Vorhofsmuskulatur, und zwar den sogenannten Hohlfasern (s. Doerr, 1969) ein primitiver Charakter zu, zumal selbst an dem linken Vorhof wenig differenzierte Kittlinien, worauf Bompiani et al. (1959) und McNutt u. Fawcett (1969) hinweisen, vorgefunden wurden. Es ist aber auch denkbar, daß die Differenzierung der Disci intercalares eher mit der Kontraktionsfähigkeit der Herzmuskulatur zusammenhängt. Nach Marceau (zit. nach Haeggqvist, 1931), kämen an verschiedenen Herzsektoren, nämlich Vorhöfen, rechtem Ventrikel und linkem Ventrikel, in Parallele mit deren Kontraktionsfähigkeit fortschreitend häufigere und differenziertere Glanzstreifen vor. Wenn die Differenzierung der Disci intercalares mechanisch bedingt ist (Manasek, 1970; McNutt, 1970; Muir, 1956), dann weisen die morphologischen Unterschiede der Zellverbindungen nicht auf phylogenetische oder ontogenetische Entwicklungsstufen des Gewebes hin, sondern eher auf verschiedene Funktionen.

Herrn Raúl Fuentes, Oficial Mayor del Departamento de Microscopía Electrónica, Universidad Católica de Chile, danke ich für die technische Hilfe.

Literatur

- Bompiani, G. D., Roullier, C., Hatt, P. Y.: Le tissu de conduction de coeur chez le rat. Etude au microscope électronique. I. Le tronc commun du faisceau de His et les cellules claires de l'oreillette droite. *Arch. Mal. Coeur* **52**, 1257—1274, 1959.
- Caesar, R.: Gefäße und Herz im elektronenmikroskopischen Bild. In: Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie E. Kaufmann u. M. Staemmler), Erg.-Bd. I, 1 Hälfte. Berlin. W. de Gruyter 1969.
- Dewey, M. M., Barr, L.: A study of the structure and distribution of the nexus. *J. Cell Biol.* **23**, 553—585 (1964).
- Doerr, W.: Histopathologie des Reizbildungs- und Reizleitungssystems des Herzens. *Verh. dtsch. Ges. inn. Med.* **65**, 459—496 (1959).
- Normale und pathologische Anatomie des reizbildenden und erregungsleitenden Gewebes. *Verh. dtsch. Ges. Kreisf.-Forsch.* **35**, 1—36 (1969).
- Allgemeine Pathologie der Organe des Kreislaufs. In: Handbuch der allgemeinen Pathologie. Regidiert von H. Meessen u. F. Roulet, Bd. III/4. Berlin-Heidelberg-New York. Springer 1970.
- Farquhar, M. G., Palade, G. E.: Junctional complexes in various epithelia. *J. Cell Biol.* **17**, 375—412 (1962).
- Fawcett, D. W., McNutt, N. S.: The ultrastructure of the cat myocardium. I. Ventricular papillary muscle. *J. Cell Biol.* **42**, 1—45 (1969).
- Haeggqvist, H.: Herzmuskelgewebe. In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie (W. von Möllendorff), Bd. II/3. Berlin: Springer 1931.
- Hibbs, R. G., Black, C. W.: Electron microscopy of post mortem changes in the rat myocardium. *Anat. Rec.* **147**; 261—272 (1963).

- Hirakow, R.: Ultrastructural characteristics of the mammalian and sauropsidan heart. *Amer. J. Cardiol.* **25**, 195—203 (1970).
- James, T. N., Sherf, L.: Ultrastructure of the human atrioventricular node. *Circulation* **37**, 1049—1070 (1968).
- — Fine, G., Morales, A. R.: Comparative ultrastructure of the sinus node in man and dog. *Circulation* **34**, 139—163 (1966).
- Jamieson, J. D., Palade, G. E.: Specific granules in atrial muscle cells. *J. Cell Biol.* **23**, 151—172 (1964).
- Manasek, F. J.: Hitsogenesis of the embryonic myocardium. *Amer. J. Cardiol.* **25**, 149—168 (1970).
- McNutt, N. S.: Ultrastructure of the intercellular junctions in adult and developing cardiac muscle. *Amer. J. Cardiol.* **25**, 169—183 (1970).
- Fawcett, D. W.: The ultrastructure of the cat myocardium. II. Atrial muscle. *J. Cell Biol.* **42**, 46—67 (1969).
- Mönckeberg, I. G.: Das spezifische Muskelsystem im menschlichen Herzen. *Ergebn. allg. Path. path. Anat.* **19**, 328—574 (1921).
- Muir, A.: An electron microscope study of the embryology of the intercalated disc in the heart of the rabbit. *J. biophys. biochem. Cytol.* **3**, 193—201 (1957).
- Rossi, L.: Histopathologic features of cardiac arrhythmias. Milano: Casa editrice Ambrosiana 1969.
- Schiebler, Th., Doerr, W.: Orthologie des Reizleitungssystems. In: *Das Herz des Menschen* (W. Bargmann und W. Doerr), Bd. I. Stuttgart. Thieme 1963.
- Torii, H.: Electron microscope observations of the S-A and A-V nodes and Purkinje fibers of the rabbit. *Jap. Cir. J.* **26**, 39—57 (1962).
- Venable, J. H.: A simplified lead citrate stain for the use in electron microscopy. *J. Cell Biol.* **25**, 407—408 (1965).
- Wedell, J., Merker, H.-J., Neubert, D.: Mitochondrienstruktur und Atmungskettenphosphorylierung im Herzmuskel nach vollständiger Kreislaufunterbrechung. *Virchows Arch. path. Anat.* **338**, 355—370 (1965).
- Yamahashi, A.: Electron microscopic observations on the development of the S-A and A-V nodal tissue in the human embryonic heart. *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.* **124**, 562—587 (1965).

Dr. B. Chuaqui J.
Departamento de Patología
Universidad Católica
Marcoleta 347
Santiago, Chile