

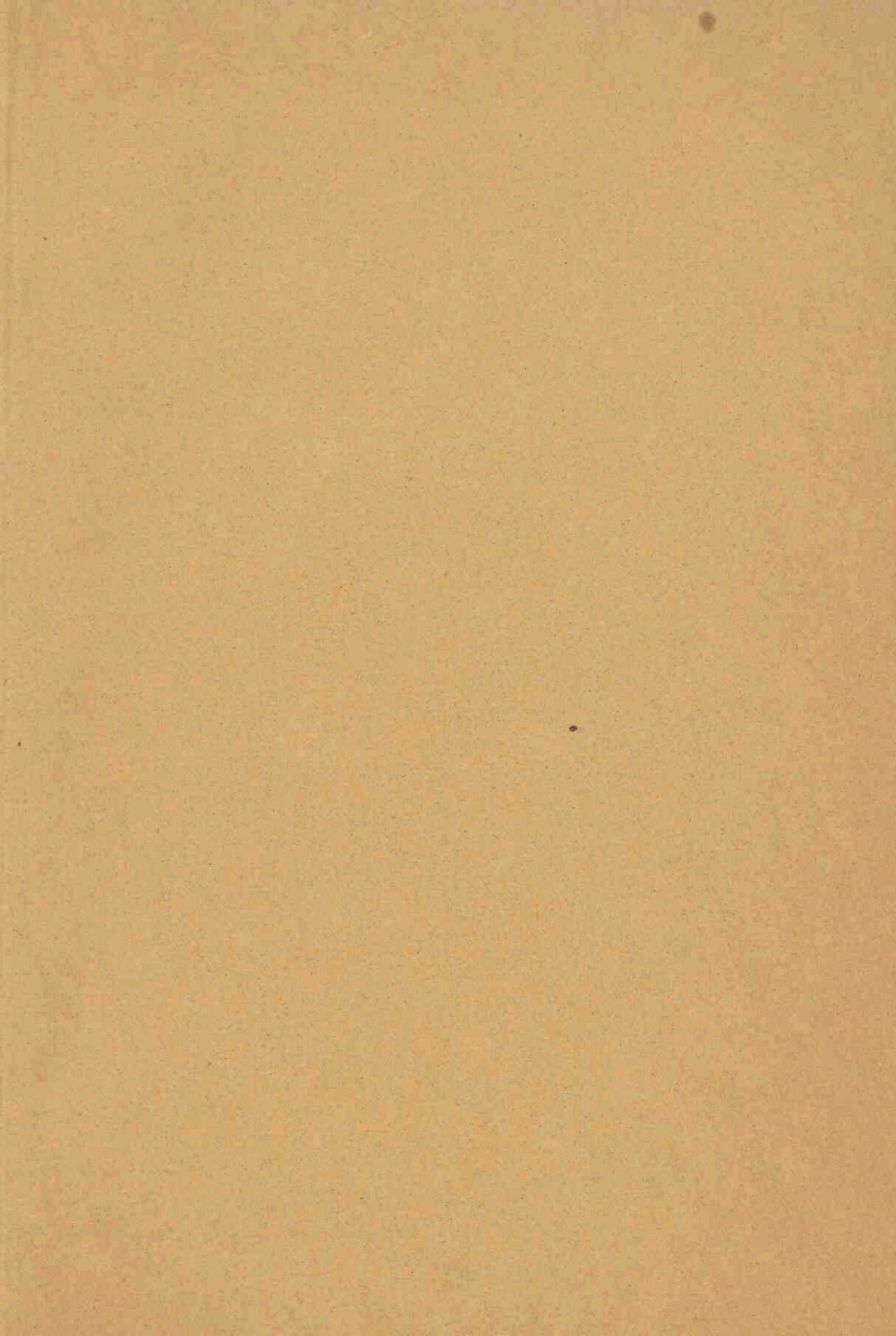


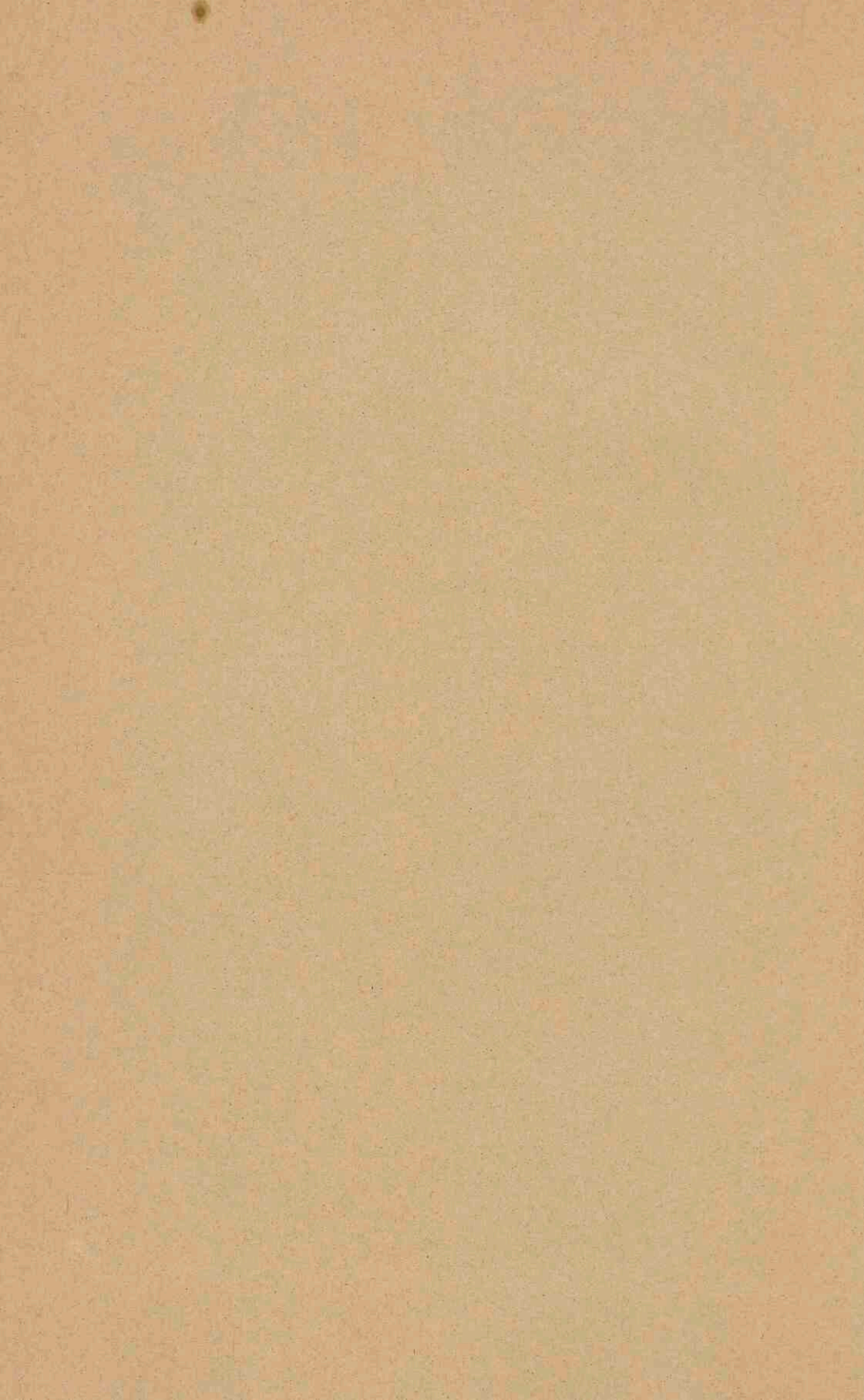
Het specifieke geleidingsweefsel in atrium en ventrikel van het hart, in het bijzonder van het paard

<https://hdl.handle.net/1874/342462>

HET SPECIFIEKE GELEIDINGSWEEFSEL IN
ATRIUM EN VENTRIKEL VAN HET HART,
IN HET BIJZONDER VAN HET PAARD

.
at





HET SPECIFIEKE GELEIDINGSWEEFSEL IN ATRIUM EN
VENTRIKEL VAN HET HART, IN HET BIJZONDER
VAN HET PAARD

Diss. Utrecht, 1939

HET SPECIFIEKE GELEIDINGSWEEFSEL IN ATRIUM EN
VENTRIKEL VAN HET HART, IN HET BIJZONDER
VAN HET PAARD

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE VEEARTSENIJKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP
GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS **DR.**

TH. M. VAN LEEUWEN, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER GENEESKUNDE, VOLGENS
BESLUIT VAN DEN SENAAAT DER UNIVERSITEIT
TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT
DER VEEARTSENIJKUNDE TE VERDEDIGEN OP

DONDERDAG 26 JANUARI 1939,
DES NAMIDDAGS TE 4 UUR DOOR

HARM TER BORG

DIERENARTS TE SLOCHTEREN
GEBOREN TE LAUDE



SLOCHTEREN
DRUKKERIJ DUURSWOLD
1939

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT,

Aan mijn Vrouw.

*Aan mijn Ouders.
Aan mijn Schoonouders.*

Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid, U, Hooggeleerden en Docenten in de Faculteit der Veeartsnijckunde voor Uw onderricht mijn dank te betuigen.

Hooggeleerde WESTER. Uw kennis en groote klinische ervaring heb ik tijdens mijn studiejaren en in den tijd, dat ik assistent was aan de Kliniek voor Interne Ziekten steeds bewonderd.

Dikwijls had ik het voorrecht te ervaren, dat Gij zeer veel belang blijft stellen in alles wat Uw leerlingen betreft.

Zeergeleerde BEIJERS. De wijze waarop Gij mij in den tijd, dat ik in bovengenoemde Kliniek werkzaam was en daarna van Uw groote kennis hebt laten profiteeren, heb ik steeds op hoogen prijs gesteld.

Voor U, Hooggeleerde KREDIET, Hooggeachte Promotor, ben ik dank verschuldigd voor het vertrouwen, dat Gij tijdens de bewerking van dit proefschrift in mij hebt gesteld. Voor Uw steun en voortdurende belangstelling ben ik zeer erkentelijk.

Hooggeachte SCHULTZE. In vele opzichten heb ik geprofi-teerd van de hartelijke wijze waarop Gij mij steeds met Uw veelzijdige kennis hebt willen bijstaan bij het bewerken van het histologische gedeelte van dit proefschrift.

Zeergeleerde MEIJLING. Uw talrijke raadgevingen en Uw opbouwende kritiek waren mij een onmisbare steun. De vriendschappelijke omgang met U zal een prettige herinnering blijven vormen aan de jaren waarin ik me met het samenstellen van dit proefschrift heb bezig gehouden.

Zeergeleerde SLIJPER. Voor de hulp die Gij mij verleende bij het verwerken van de literatuur zeg ik U hartelijk dank.

Hooggeachte VAN DER SLOOTEN. Zeer heb ik het gewaar-deerd, dat Gij mij in de gelegenheid hebt gesteld steeds materiaal uit het Abattoir te betrekken.

Tenslotte betuig ik mijn hartelijken dank aan allen, die op eenigerlei wijze mij behulpzaam zijn geweest bij het bewerken van dit proefschrift, in het bijzonder aan den Heer VAN DER ZWEEP voor de zorg die hij aan de photo's en teekeningen heeft besteed en aan de dames BALFOORT en VAN DE BILT voor de toewijding waarmee zij de microscopische praeparaten hebben vervaardigd.

INHOUD

Hoofdst.	Blz.
INLEIDING	11
I. HET ATRIO-VENTRICULAIRE SYSTEEM	16
A. Literatuur overzicht	16
B. Eigen onderzoek	36
1. Materiaal en techniek	36
a. <i>Macroscopisch onderzoek</i>	36
b. <i>Microscopisch onderzoek</i>	40
2. Knoop van Tawara, <i>crus commune</i> , <i>crus dextrum</i> en <i>crus sinistrum</i>	41
a. <i>Het paard</i>	41
b. <i>Het rund</i>	48
3. Het Purkinjenet in de ventrikelwanden bij de verschillende onderzochte dieren ..	50
4. De microscopische bouw van de verschil- lende deelen van het atrio-ventriculaire systeem, in hoofdzaak bij het paard	54
II. HET SPECIFIEKE WEEFSEL VAN DE ATRIA	60
A. Literatuur overzicht	60
1. De knoop van Keith-Flack	60
2. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium	68
B. Eigen onderzoek	75
1. Materiaal en techniek	75
2. De knoop van Keith-Flack bij het paard ..	76
3. Het Purkinjenet van het rechter atrium ..	79
a. <i>Macroscopisch onderzoek</i>	79
b. <i>Microscopisch onderzoek</i>	82
4. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium bij andere dieren	86
5. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het linker atrium van het paard	88
SAMENVATTING	90
VERKLARING VAN DE STEREOPHOTO'S	96
LITERATUURLIJST	97

INLEIDING

Voor 1893 was men algemeen van meening, dat, althans bij zoogdieren, de musculatuur van de boezems en de kamers van het hart geheel door bindweefsel - de annulus fibrosus - was gescheiden.

Wel had GASKELL reeds in 1883 aangetoond, dat er bij koudbloedige dieren een verbinding tusschen de musculatuur van de boezems en de kamers bestaat, maar HIS (1893) is de eerste geweest wien het gelukte aan te toonen, dat ook bij zoogdieren een weliswaar fijne bundel een musculieuze verbinding tusschen atria en ventriculi tot stand brengt, sindsdien de bundel van His genaamd.

Dit is de eerste stap geweest op de weg van de ontwikkeling van onze kennis van het specifieke geleidingssysteem van het hart. Dan verschijnt in 1906 uit het Instituut van ASCHOFF de belangrijke monographie van TAWARA. Deze onderzoeker heeft aangetoond, dat de bundel van His begint in de mediale wand van het rechter atrium met een gecompliceerd netwerk van een bijzonder soort spiervezelen, die ingebed liggen in veel bindweefsel. Deze bijzondere formatie heeft men later naar dezen onderzoeker de knoop van Tawara genoemd.

Ook heeft TAWARA het verband aangetoond, dat bestaat tusschen de bundel van His met reeds in 1845 door PURKINJE beschreven vezelen onder het endocard. In het septum ventriculorum n.l. deelt de bundel zich in een crus dextrum en een crus sinistrum, die zich vereenigen met de door PURKINJE beschreven vezelen, die van dezen tijd af als het eindnet van het atrio-ventriculaire systeem geïnterpreteerd konden worden.

TAWARA is dan ook de eerste geweest, die de door hem beschreven knoop en aansluitende bundel van His, de verdere vertakkingen van linker en rechter schenkel en het hierbij aansluitende Purkinjenet als één geheel, als het atrio-ventriculaire „Reizleitungssystem“ heeft beschreven.

Hij vergelijkt dit systeem met een boom waarvan de wortel (knoop van Tawara) in de mediale wand van het rechter atrium ligt; stam en hoofdtakken (crus commune, crus dextrum en crus sinistrum) de annulus fibrosus doorboren en door het

septum loopen om via de muscoli transversi (de zijtakken) de basis van de parietale papillairspier te bereiken, waar ze overgaan in de eindvertakkingen (de Purkinjenetten), die aansluiten bij de gewone hartspiervezelen.

De naam „Reizleitungssystem“ wordt door hem gebruikt omdat hij zich voorstelt, dat de contractieprikkel van de boezem naar de kamer langs dit systeem zoo geleid wordt, dat deze bij alle deelen van de musculatuur van de wand van de kamers vrijwel gelijktijdig aankomt.

Bovendien danken we aan TAWARA een nauwkeurige beschrijving van de structuur van de cellige elementen van het „Reizleitungssystem“, die later uitvoeriger zal worden nagegaan. Hij geeft reeds een zeer goede beschrijving van de microscopische bouw van de verschillende deelen van dit systeem en merkt op, dat hij niet overal dezelfde is. Bovendien verschillen bij den mensch en de verschillende dieren de overeenkomstige deelen ook onderling nog in bouw.

De Purkinjecellen liggen in rijen achter elkaar. Een Purkinjevezel bestaat uit een of meer celrijen, ingebed in veel bijzonder zenuwrijk bindweefsel. De Purkinjevezels hangen onderling weer samen en vormen op deze wijze een netwerk. Dikwijls zien we, dat de Purkinjevezels tot bundels gerangschikt zijn, terwijl de bundels ook weer door bindweefsel omgeven zijn. In het bindweefsel om de Purkinjevezel, hieraan nauw aansluitend en de Purkinjevezel in al haar vertakkingen volgend, komt een ruimte voor, die het eerst door EBERTH en BELAJEFF beschreven werd.

Deze ruimten rondom de vezelen hangen eveneens met elkaar samen, zoodat een in zich gesloten netwerk van ruimten voorkomt. Waar aan de periferie de Purkinjevezel aansluit aan de hartspiervezelen eindigt deze ruimte. Deze Eberth-Belajeffsche ruimten zetten zich ook voort om de knoopvezelen en eindigen hier, waar de knoopvezel in de boezemmusculatuur overgaat.

Deze ruimten werden het eerst beschreven door EBERTH en BELAJEFF in 1866. Bij een onderzoek van de lymphbanen van het endocard, hetwelk verricht werd door middel van injectie van gekleurde vloeistoffen, merkten ze op, dat dikwijls een netwerk te voorschijn trad, dat wat zijn bouw betreft, afwijkt van dat van de lymphbanen. Het gaf niet den indruk van een samenkomen van kleinere vertakkingen tot grootere vaten, maar de lumina bleken overal vrijwel even wijd te zijn, terwijl het geheel een meer hoekig maaswerk vormde, hetgeen microscopisch zijn verklaring vond, doordat bleek, dat de ruimten steeds de Purkinjevezelen begeleidden. Daarom vermoedden ze zelf reeds, dat het geen lymphbanen waren.

Aan deze publicatie is, wat vooral in het artikel van AAGARD en HALL goed naar voren gebracht wordt, in het algemeen onvoldoende aandacht besteed. Talrijke onderzoekers, die zich op de genoemde wijze bezig hielden met het onderzoek van de lymphbanen van het endocard, hebben dit kanalsysteem ten onrechte voor lymphbanen gehouden.

Aan LHAMON (1912) en COHN (1913), maar vooral aan AAGARD en HALL (1914) komt de eer toe opnieuw de aandacht op dit, het specifieke weefsel begeleidend kanalsysteem te hebben gevestigd. Deze onderzoekers zijn de eersten geweest, die van de Eberth-Belajeffsche ruimten gebruik hebben gemaakt om door injectie daarvan met gekleurde vloeistoffen de loop van de Purkinjevezelen te markeeren en zoo de topographie van het atrio-ventriculaire systeem te bestudeeren. Vooral werd hiermede meer inzicht verkregen in het verloop in de diepte van de Purkinje'sche vezelnetten in linker en rechter ventrikel, zoowel in de parietale wanden als in het septum.

Tot dusver was men alleen met de subendocardiale uitbreiding van het eindnet op de hoogte, daar dit bij sommige dieren reeds met het bloote oog voor een groot gedeelte onder het endocard te zien is, terwijl door een eenvoudige voorafgaande begieting met Lugol'sche solutie, de Purkinjevezelen donkerbruin te voorschijn treden op een lichtere achtergrond, waardoor de uitbreiding nog duidelijker waar te nemen is. Wel gaven verschillende onderzoekers aan, dat ze de Purkinjevezelen hier en daar meer of minder ver in de musculatuur zagen indringen, maar een beter beeld verkreeg men pas met behulp van genoemde injectiemethoden, die vooral van belang waren, omdat ze meer licht wierpen op bepaalde klinische en physiologische problemen.

Belangrijke publicaties in dit opzicht zijn die van WAHLIN (1928, '32 en '35) en CARDWELL en ABRAMSON (1931). Zij injecteerden de ruimten en gingen of door oppraepareeren (CARDWELL en ABRAMSON) of door middel van serie-coupees (WAHLIN) de uitbreiding in de musculatuur na. Zij vonden, dat het Purkinjenet zich in de diepte van de musculatuur als netwerk voortzet, waarbij vooral van belang was, dat bleek hoe de netwerken van linker en rechter ventrikel, voor zoover deze in het septum zijn gelegen, onderling door zoogenaamde interventriculaire verbindingen, continu met elkaar in verbinding staan, waaruit bleek, dat de einduitbreidingen van links en rechts niet op zichzelf staande, van elkaar gescheiden systemen zijn.

Niettemin zijn alle onderzoekers van dien tijd het met deze bevindingen van WAHLIN c.s. nog niet eens. Zoo ontkennen

MEESSEN (1935) en SANABRIA (1936) het voorkomen van dergelijke interventriculaire verbindingen, terwijl SANABRIA zelfs nog weer aangeeft, dat in het septum zoo goed als geen Purkinjenetten voorkomen.

Ook overigens heerscht er nog wel meeningsverschil over de wijze van verbinding van de bundel van His met het eindnet.

Zoo geven enkele onderzoekers aan, dat behalve via *crus commune*, *crus dextrum* en *crus sinistrum*, ook nog directe verbindingen van de in het rechter atrium gelegen deelen, dat is dus van de knoop van Tawara, met de ventrikel-musculatuur, in dit geval het septum ventriculorum, zouden bestaan. Sommigen spreken van „atypische vezelen“, anderen van „Nebensysteme“. Dit wordt echter niet algemeen aanvaard en zeker niet voor alle dieren.

Over de wijze waarop het *crus sinistrum* bij de hoefdieren zich met het eindnet verbindt zijn de onderzoekers het in groote trekken wel eens. Het deelt zich halverwege het septum in drie groepen van takken. Twee groepen gaan via de *musculi transversi* naar de parietale papillairspieren terwijl een derde groep, die echter bij het paard door sommigen over het hoofd is gezien, zich direct vereenigt met het Purkinjenet in het septum.

Over de wijze waarop het *crus dextrum* zich bij de hoefdieren met het eindnet verbindt, zijn de meeningen echter zeer uiteenlopend.

Een aantal onderzoekers zegt, dat het *crus dextrum* tijdens zijn loop op het septum geen verbindingen met het eindnet ter plaatse aangaat, maar pas, wanneer het met de *trabecula septo-marginalis* naar de parietale wand is overgestoken en aldaar aan de basis van de papillairspier in de eindnetformatie is overgegaan. Deze zou zich dan van daaruit, dus via de parietale wand, tot in het septum voortzetten.

Anderen meenen echter, dat het *crus dextrum* gedurende zijn loop op het septum wél directe verbindingen aan het netwerk in het septum afgeeft. Terwijl weer andere onderzoekers, die aangeven hoe aan de basis van de moderatorband (de *trabecula septo-marginalis*) direct takken van het *crus dextrum* aan het septum worden afgegeven, deze wellicht verwarren met de vertakkingen van een, van de parietale wand door de *trabecula septo-marginalis* teruglopende tak van het *crus dextrum*.

Waar er nu zooveel verschil van meening heerscht over allerlei belangrijke quaesties, leek mij een hernieuwd onderzoek naar de topographie van het atrio-ventriculaire systeem, door middel van de injectiemethode van de Eberth-Belajeff'sche ruimten, speciaal bij de dieren, die zich voor dat onderzoek goed leenen, zooals paard en rund, gerechtvaardigd.

In afwijking van de tot nu toe gevolgde werkwijze, werden de aldus verkregen preparaten volgens de methode van SPALTEHOLZ doorzichtig gemaakt, waardoor de bijzonderheden van ligging en structuur vaak op frappante wijze aan den dag traden. Ter aanvulling werd het systeem bestudeerd door macroscopisch praepareeren, behandeling met Lugol en microscopisch onderzoek.

In hoofdzaak is mijn onderzoek echter gewijd aan de bestudeering van het specifieke geleidingsweefsel in het rechter atrium. Speciaal wat het voorkomen van Purkinjevezelen daarin betreft, de uitbreiding daarvan en de betrekkingen van deze Purkinjecellen tot de sinu-auriculaire knoop. Want ook hieromtrent heerscht nog veel meeningsverschil. KEITH en FLACK, die de eersten waren, die de sindsdien naar hen genoemde sinu-auriculaire knoop beschreven, gaven oorspronkelijk aan, dat er in de sulcus terminalis lateralis specifiek spierweefsel voorkwam, dat in vele opzichten in structuur overeenkomt met het weefsel van de knoop van Tawara.

Latere onderzoekers gaven aan, dat deze sinusknop zich ook in de sulcus terminalis medialis zou uitstrekken.

Wat betreft het voorkomen van Purkinjecellen, was THOREL de eerste, die deze in het rechter atrium beschreven heeft, terwijl hij in een van zijn publicaties zelfs aangeeft, dat ze een bepaald systeem vormen, dat o.a. een verbinding tusschen de knoop van Keith-Flack en de knoop van Tawara tot stand brengt.

Hoewel enkele onderzoekers na THOREL ook het voorkomen van Purkinjecellen in het rechter atrium aangeven, wordt door alle onderzoekers, met uitzondering van TODD, deze verbinding door specifiek weefsel tusschen de knoop van Keith-Flack en de knoop van Tawara ontkend. TODD neemt aan, dat de Purkinjecellen in het rechter atrium in een zelfde uitbreiding voorkomen als in de ventrikel, terwijl tot op heden door zeer veel onderzoekers zelfs ieder voorkomen van Purkinjecellen in het rechter atrium ontkend wordt.

Bij mijn onderzoek van het atrium werd van dezelfde methoden gebruik gemaakt als bij dat van de ventrikels, terwijl het vooral bij het paard verricht werd, omdat dit materiaal bij uitstek geschikt bleek, doordat de Purkinjecellen van het paard zulk een uitgesproken specifieke structuur bezitten en meer nog dan bij de andere hoefdieren zich van de gewone hartspiervezelen onderscheiden.

Daarnaast werd nog materiaal van andere dieren, als varken, rund, schaap en geit onderzocht.

HOOFDSTUK I

HET ATRIO-VENTRICULAIRE SYSTEEM

A. LITERATUURVERZICHT

In zijn klassieke werk van 1893 beschrijft HIS bij mensch, hond en muis de door hem ontdekte atrio-ventriculaire bundel als volgt :

„Das Bündel entspringt von der Hinterwand des rechten Vorhofs, nahe der Vorhofscheidewand in der Atrio-ventricularfurche, legt sich der oberen Kante des Kammerscheidewandmuskels unter mehrfachen Faseraustausch an, zieht auf demselben nach vorn bis es nahe der Aorta sich in einem rechten und in einem linken Schenkel gabelt, welche letzterer in der Basis des Aortenzipfels der Mitralis endigt“.

Hiermede geeft HIS dus voor het eerst een musculieuze verbinding tusschen het rechter atrium en de ventrikels aan.

Vele schrijvers willen de prioriteit toekennen aan STANLEY KENT, die in het zelfde jaar (1893) de resultaten mededeelde van zijn uitvoerige, doelbewust opgezette onderzoeken betreffende eventueele musculieuze verbindingen tusschen boezems en kamers.

Na zich embryologisch georiënteerd te hebben, ving KENT zijn onderzoeken aan bij harten van pasgeboren ratten, omdat deze zich nog in een betrekkelijk vroeg ontwikkelingsstadium bevinden.

Hierbij zag hij duidelijke verbindingen tusschen de wanden van de boezems en de kamers, loodrecht loopend op de sulcus coronarius. Op oudere leeftijd verdwijnen veel van deze verbindingen, maar nooit geheel en zelfs bij volwassen dieren vindt hij ze terug. Zoo schrijft hij o.a. : „Thus it may be mentioned that frequently in a single coronal section the connection may be seen between the outer (left) wall of the left ventricle and the left auricle, between the septum ventriculorum and the auricle, and between the right wall of the right ventricle and the right auricle“.

Men mag m.i. hieruit vermoeden, dat hij hierbij, wat betreft

de verbinding van het septum met de boezem, deelen van de eigenlijke atrio-ventriculaire verbinding, zooals die later algemeen aangenomen werd, heeft gezien, te meer waar hij, na beschreven te hebben hoe hij dezelfde bevindingen, zij het ook in mindere mate, bij konijn, cavia, egel en aap kan doen, bijv. van het konijn zegt, dat deze verbindingen o.a. ook aanwezig zijn: „in the septum to the right side of the ring bearing the mitral valve“.

Vermeldenswaard is verder hoe hij vooral bij de aap een tweede meer gecompliceerd systeem van verbindende vezelen beschrijft, waarvan hij zegt: „a network continuous on one hand with the muscle of the auricle and on the other with the muscle of the ventricle.“

Uit zijn afbeeldingen mag men afleiden, dat hij daar met het eigenlijke knoopweefsel te doen heeft gehad.

In tegenstelling met HIS geeft hij de juiste localisatie er van echter niet aan, evenmin is zijn beschrijving van de verbinding met de ventrikelmusculatuur duidelijk.

Niettemin zijn veel latere onderzoekers als PACE (1911, 1924), RETZER (1904), TANDLER (1913), HIS (1933) de meening toegedaan, dat KENT de eigenlijke atrio-ventriculaire verbinding nooit gezien heeft. Volgens hen veranderen de spiervezelen, die in de tricuspidalis uitstralen en de spiervezelen, die eindigen aan de annulus fibrosus daarbij van structuur, waarbij ze overeenkomst zouden toonen met de door KENT beschreven bundels. Zij achten het dan ook waarschijnlijk, dat KENT deze vezelen ten onrechte voor verbindingen tusschen atrium- en ventrikelmusculatuur gehouden heeft.

Toch zijn er ook nu nog onderzoekers, waarop ik straks terug kom, die meenen, dat de bundel van HIS niet de eenige musculeuze verbinding tusschen atrium en ventrikel vormt. Zoo verdedigt ook KENT zelve nog in 1914 het bestaan van een directe specifieke verbinding in de laterale wand tusschen rechter atrium en ventrikel, op grond van zoowel histologische als physiologische onderzoekingen.

De waarneming van HIS ondervindt in de eerstvolgende 10 jaren niet de belangstelling, die ze verdiende, hetgeen, zooals hij in een vele jaren later gepubliceerd artikel (HIS, 1933) zelf aangeeft, zijn oorzaak vindt in de publicatie van zijn onderzoek in de „Arbeiten aus der med. Klinik zu Leipzig“ (1893), een tijdschrift, dat weinig gelezen werd.

Pas in 1904, vrijwel gelijktijdig, doch onafhankelijk van elkaar, bevestigen RETZER (1904) en BRAEUNIG (1904) de mededeeling van HIS. Behoudens een kleine wijziging ten op-

zichte van de plaats waar de bundel in de musculatuur van het rechter atrium begint en de wijze waarop ze in de septum-musculatuur uitstraalt, is de beschrijving, die zij van het verloop geven dezelfde als die van HIS. Het verschillend aspect, dat deze vezels toonen t.o.v. gewone hartspiervezelen schrijven ze echter niet toe aan essentiele structuurverschillen, maar aan toevalligheden als snederichting e.a.

Zoals reeds in de inleiding werd gezegd, heeft TAWARA in 1906 voor het eerst het begrip „Reizleitungssystem“ gefundeerd en hiervan voor het eerst de verschillende deelen als één geheel beschreven. Daarenboven danken we aan TAWARA de eerste beschrijving van de microscopische bouw van de verschillende deelen van het atrio-ventriculaire systeem.

Deze onderzoeker wees er op, dat het bijzondere spierweefsel van dit systeem vergeleken met het gewone hartspierweefsel een geheel andere wijze van netvorming laat zien, terwijl tevens de bouw van de cellige elementen afwijkt van dien van de gewone hartspiervezelen. Ze zijn veel sarcoplasmrijker en bevatten in het algemeen minder fibrillen. Dit specifieke spierweefsel ligt bovendien steeds ingebed in veel bindweefsel.

In de mediale wand van het rechter atrium begint het systeem met een ophooping van in veel bindweefsel gelegen spiervezelen, welke fijner zijn dan de gewone hartspiervezelen en daarbij relatief sarcoplasmrijker en fibrillenarmer. De vezelen zijn kernrijk. Ze vormen, doordat ze zich vertakken en alle onderling samenhangen, een zeer ingewikkeld netwerk. De fibrillen toonen een grillige loop in de vezel en vooral op de knooppunten van het net zag hij de fibrillen naar alle richtingen uitstralen. Dit netwerk van fijne, netvormig samenhangende spiervezelen ziet hij bij alle door hem onderzochte dieren (schaap, rund, kat, hond) en bij den mensch. Wel verschilt het bij de verschillende dieren onderling en bij den mensch in dichtheid, terwijl tevens de structuurverschillen van knoopvezel, vergeleken met gewone hartspiervezel bij ieder dier niet even uitgesproken zijn.

Caudaalwaarts, in de richting van de sinus coronarius, gaan deze knoopvezelen continu over in gewone hartspiervezelen van het rechter atrium. Daarbij wordt het netwerk minder duidelijk, doordat de knoopvezelen vóór hun overgang in gewoon hartspierweefsel een meer evenwijdige loop aan elkaar aannemen. Het zoojuist beschreven gedeelte van het atrio-ventriculaire systeem wordt door hem het boezemgedeelte („Vorhofsabschnitt“) genoemd. Het meer evenwijdig loopende deel er van op de plaats van overgang, noemt hij het „Anfangsstück“. Dit stuk is niet bij alle dieren even sterk ontwikkeld, zoodat bij

sommige, vooral bij de hond en ook bij den mensch, de knoopvezelen, zonder eerst meer evenwijdig aan elkaar te gaan loopen, direct uit het meer netvormige gedeelte (de knoop) met de gewone hartspiervezelen samenhangen. Bovendien geeft TAWARA enkele bijzonderheden over de wijze waarop de knoopvezelen continu in de gewone hartspiervezelen van de boezem overgaan bijv. eindstandig, zijdelings, enz.

Op de plaats waar de naar voren smaller wordende knoop het septum fibrosum doorboort, verandert plotseling de bouw. De vezels worden hier dikker en gaan over in vezels, die in structuur gelijken op de Purkinjevezelen van het eindnet. Ook wordt de loop van de vezelen minder geslingerd en het netwerk, dat ze vormen, eenvoudiger. Van deze plaats af spreekt TAWARA van het kamergedeelte („Kammerabschnitt“).

In het beginstuk hiervan zijn de cellen, waaruit de vezels zijn opgebouwd, veel kleiner en in van Gieson-praeparaten meer homogeen gekleurd dan die van het eindnet. Ze liggen in rijen achter elkaar. Een of meer rijen naast elkaar vormen een vezel. In dit gedeelte stellen 2-3, zelden meer, een vezel samen. Dit in tegenstelling met het perifere net, waar een Purkinjevezel dikwijls uit veel meer, soms zelfs uit 30-40 celrijen is opgebouwd.

In de basale deelen van crus dextrum en crus sinistrum wordt de loop van de vezelen t.o.v. elkaar steeds regelmatig. Ook worden ze geleidelijk dikker. De cellen, waaruit de vezelen opgebouwd zijn, zijn hier grooter, hebben een meer donker gekleurde rand en een meer helder centrum. Ze zijn hier volkomen gelijk aan de Purkinjecellen onder het endocard. Deze overgang van celtype vindt plaats op verschillende hoogten van crus dextrum en crus sinistrum. Meestal daar, waar deze takken het endocard bereiken.

Naar aanleiding van deze verschillen in bouw deelt TAWARA het kamerdeel nog weer in een begindeel en een einduitbreiding in. Een scherpe grens tusschen deze twee deelen is echter niet aan te geven in tegenstelling met die tusschen kamer- en boezemgedeelte.

De hier beschreven toestand ziet TAWARA vooral bij de hoefdieren, maar hij geeft bovendien een beschrijving bij mensch en hond, waarbij de bouw belangrijk afwijkt van dien der hoefdieren. TAWARA is n.l. de eerste geweest, die ook Purkinjecellen bij den mensch beschreven heeft; bij de hond waren ze reeds beschreven o.a. door SCHMALTZ en OBERMEIER.

Bij den mensch en de hond zijn de structuurverschillen van Purkinjecellen t.o.v. gewone hartspiervezelen veel minder duidelijk. De Purkinjecellen zijn hier, vergeleken met de hart-

spiervezelen, veel kleiner dan bij de hoefdieren, terwijl ze ook minder sarcoplasmarijk zijn; het verschil in fibrillengehalte is dan ook veel geringer.

Ook vindt men hier volgens TAWARA, in tegenstelling met de hoefdieren, geen duidelijke grens tusschen boezemgedeelte en beginstuk van het kamergedeelte. De vezelen van het beginstuk van het kamergedeelte zijn hier in tegenstelling met die der hoefdieren fijner dan de gewone hartspiervezelen en hebben een zelfde structuur als de eigenlijke knoopvezelen. Evenals bij de hoefdieren vindt ook hier de overgang in de typische Purkinjevezelen plaats op verschillende hoogte in crus dextrum en crus sinistrum. Alleen bij mensch en hond verschillen ze, zooals gezegd, minder in bouw van de gewone hartspiervezelen dan zulks bij de hoefdieren het geval is.

ASCHOFF en NAGAYO (1908), die het glycogeengehalte van het specifieke weefsel, waar straks uitvoeriger op teruggekomen zal worden, bij hoefdieren onderzochten en aantoonde, dat de vezels van het kamergedeelte bijzonder glycogeenrijk zijn, vergeleken met de gewone arbeidsmusculatuur, konden bovendien in hun Best-praeparaten vaststellen, dat er ook, wat het glycogeengehalte betreft, een scherpe grens bestaat tusschen de glycogeenarme „Vorhofsabschnitt“ en de glycogeenrijke „Kammerabschnitt“.

Bij den mensch vonden ze dat niet. In overeenstemming met het gewone microscopische beeld zagen ze, wat het glycogeengehalte betreft, geen scherpe grens, maar een geleidelijk toenemen van de glycogeenrijkdom, zoodat de perifere deelen van crus dextrum en crus sinistrum en van het eindnet glycogeenrijk zijn.

KOCH (1909-1922) geeft aan, dat bij de hoefdieren de overgang van de fijnere knoopvezelen in de Purkinjecellen van de „Kammerabschnitt“ niet, zooals TAWARA zegt, plotseling, maar meer geleidelijk plaats vindt. Wel vindt deze overgang voor de verschillende vezels op dezelfde hoogte plaats. Verder wijst hij er op, dat de grens tusschen „Vorhofs-“ en „Kammerabschnitt“ niet ligt daar, waar het atrio-ventriculaire systeem de annulus fibrosus doorboort, maar daar boven, dus in het atriumgedeelte. Naar aanleiding hiervan verdeelt hij de knoop, waaronder hij verstaat het breede, platte begin van het atrio-ventriculaire systeem, in een boezem- en kamerknoop. Het boezemgedeelte van de knoop bestaat dus uit de fijne, netvormig samenhangende knoopvezelen, terwijl in het kamergedeelte de vezelen meer het aspect van Purkinjevezelen hebben. Wat deze indeeling betreft wijst KOCH ook op de herkomst van het in het rechter atrium gelegen deel van de

kamerknoop, dat volgens hem zich ontwikkelt uit kamermusculatuur, eventueel uit overgangsmusculatuur. Onder het beginstuk van het kamergedeelte verstaat hij dan genoemde kamerknoop, crus commune en de basale deelen van crus dextrum en crus sinistrum. Ook bevestigt KOCH voor de hoefdieren het hooge glycogeengehalte.

NOEL et MORIN (1929) vinden, dat bij het rund een klein, craniaal deel van de knoop uit vezelen bestaat, die in structuur gelijken op Purkinjevezelen; het caudale deel bestaat uit fijnere knoopvezelen. In hun coupes, die zij evenals MARCHAND met jodium kleuren, vinden ze echter, dat niet alleen de vezelen van het craniale deel, maar ook die van het caudale gedeelte rijk aan glycogeen zijn.

MÖNCKEBERG (1921) wijst er op, dat histologisch een dergelijke indeeling bij den mensch niet te maken is en ook KOCH (1922) geeft in zijn latere publicatie toe, dat een dergelijke scherpe indeeling van het atrio-ventriculaire systeem wel bij de hoefdieren, maar bij den mensch toch niet door te voeren is.

KUNG (1930), die evenals KOCH een dergelijke indeeling ook physiologisch van belang acht, heeft nog eens weer een nauwkeurig onderzoek bij den mensch ingesteld, waarbij hij ter vergelijking en orientatie tevens het runderhart onderzocht. Op grond van dit onderzoek komt hij tot de conclusie, dat ook bij den mensch zeer zeker morphologisch een dergelijke indeeling gerechtvaardigd is, al zijn dan ook de histologische verschillen tusschen de diverse deelen bij den mensch veel minder uitgesproken en kan men ze eigenlijk alleen ontdekken door de praeparaten te vergelijken met die van een hoefdier, waar de verschillen wel erg duidelijk zijn.

Hiernaast zijn er nog steeds onderzoekers, die van een dergelijke indeeling niet alleen bij mensch en hond, maar ook bij de hoefdieren niets willen weten.

W. TODD (COWDRY, Special cytology, 1932) is op grond van onderzoekingen bij mensch en hond van meening, dat alle deelen van het atrio-ventriculaire systeem in wezen dezelfde structuur hebben en dat daarom de benaming Purkinjevezelen, hoewel oorspronkelijk alleen voor de perifere einduitbreiding gebruikt, voor alle deelen van het atrio-ventriculaire systeem toepasselijk is. Wel onderscheidt hij verschillende typen van Purkinjecellen. Zoo onderscheidt hij een „embryonaal“ type, dat grooter en vooral sarcoplasmrijker is en een „volwassen“ type met meer fibrillen, waartusschen allerlei overgangen liggen. Deze verschillende typen vindt hij naast elkaar in alle deelen van het systeem, zoowel in de zgn. knopen als in het

perifere net. Op grond van de netvormige rangschikking alleen mag men volgens hem niet van knoop spreken, want knooppormingen komen ook elders in het atrio-ventriculaire systeem voor, zoodat hij het onjuist acht, dat de meeste onderzoekers van Tawara- en sinusknoop spreken.

ZIMMERMANN (1923), de eenige, die een microscopisch onderzoek van het geheele atrio-ventriculaire systeem van het paard heeft verricht, is op grond van het onderzoek van dit dier en eenige andere dieren (1924) van meening, dat de vezelen van de sinusknoop, knoop van Tawara, crus dextrum en crus sinistrum zich in wezen niet onderscheiden van de Purkinjevezelen van het eindnet van de ventrikel. Volgens hem zijn het alle Purkinjevezelen, die in de verschillende deelen alleen onbelangrijke verschillen in grootte en rangschikking toonen.

Daar het glycogeengehalte van het specifieke weefsel, althans de resultaten van de Best- en Lugolkleuring, van belang zullen blijken voor de bestudeering van de uitbreiding van het atrio-ventriculaire systeem, is het op zijn plaats hier te vermelden wat in de literatuur hierover te vinden is.

MARCHAND (1885), die naar aanleiding van het onderzoek van een gezwel uit dwarsgestreepte spiervezelen bestaande, het glycogeengehalte van verschillende, in hoofdzaak foetale weefsels uitvoerig nagaat, vermeldt ook, dat bij een lam de Purkinjevezelen zich tengevolge van hun hooge glycogeengehalte bruin kleuren en dat door het aanstippen van het endocard met Lugolsche oplossing de Purkinjenetten op een buitengewoon fraaie wijze te voorschijn treden. Hij merkt reeds op, dat dit het meest eenvoudige middel is om de Purkinjenetten voor den dag te laten komen. Doordat men in dien tijd alleen de Purkinjevezelen kende en niet wist, dat ze deel uitmaken van het atrio-ventriculaire systeem, was MARCHAND zich de draagwijdte van zijn vondst niet bewust.

Het spreekt vanzelf, dat eerst nadat TAWARA het begrip „Reizleitungssystem“ ingevoerd had, de bestudeering van het glycogeengehalte van de verschillende deelen van dit systeem ter hand genomen is.

ASCHOFF (1908) meende op grond van de grof vacuolaire structuur, dat de Purkinjevezelen een hoog glycogeengehalte zouden hebben. Zijn leerling NAGAYO heeft daarom het atrio-ventriculaire systeem bij verschillende dieren en bij den mensch met behulp van de glycogeenkleding volgens Best onderzocht. Bij alle dieren en ook bij den mensch vond hij, dat de vezelen van het kamergedeelte bijzonder rijk aan glycogeen zijn in tegenstelling tot het boezemgedeelte. Met deze kleu-

ring vonden ze een scherpe grens tusschen het glycogeenarme boezem- en het glycogeenrijke kamergedeelte. Vooral bij rund en schaaap komt het diffuus verspreid als fijne korrels in het interfibrillaire sarcoplasma voor, terwijl het om de kern vaak in grootere schollen is aan te toonen. Wat de ligging in de vezel betreft, merken ze op, dat bij het fixeeren het indringen van het fixativum een verplaatsing van het glycogeen naar één zijde van de cel tengevolge heeft. Dit zien ze vooral in de periferie van het gefixeerde weefselblokje. In het centrum blijft het glycogeen meer diffuus verspreid in de cel.

Bij de verschillende dieren en den mensch bestaan onderling wel verschillen in hoeveelheid en verdeeling. Zoo vinden ze bij mensch en hond alleen daar, waar aan de periferie van het kamergedeelte de vezelen in bouw overeenkomen met de Purkinjevezelen van de hoefdieren, een hooger glycogeengehalte. Toch is het gehalte hier geringer dan bij schaaap en rund, terwijl de grootere schollen direct om de kern hier ontbreken. Bij de geit vonden ze de hoeveelheid ook geringer dan bij rund en schaaap, terwijl ten slotte bij het varken de hoeveelheid glycogeen vergelijkenderwijs het geringst is en evenals bij hond en mensch alleen wordt aangetroffen in de meest perifere deelen van *crus dextrum* en *sinistrum* en het eindnet.

Ook KOCH (1922), MÖNCKEBERG (1908 en 1921), BERBLINGER (1912), ARNOLD (1909), NEUKIRCH (1910), ZIMMERMANN (1923), BRUNI (1924), NOEL et MORIN (1929), SANABRIA (1936) bevestigen het voorkomen van veel glycogeen bij mensch en dier. Terwijl MÖNCKEBERG opmerkt, dat het alleen bij krachtige, goed gevoede menschen te vinden is, zag BERBLINGER, dat het zelfs in gevallen van cachexia niet geheel verdwijnt. NOEL et MORIN vinden, dat niet alleen de vezelen van het kamerdeel, maar ook die van het boezemdeel van het atrio-ventriculaire systeem bij het rund rijk aan glycogeen zijn. Zij kleuren, zooals gezegd, hun microscopische coupes met Lugol. ZIMMERMANN (1923) vindt ook in de Purkinjecellen van het paard veel glycogeen.

Het chemisch onderzoek naar het glycogeengehalte is niet in overeenstemming geweest met het histologisch onderzoek.

BUADZE en WERTHEIMER (1928) bepaalden langs chemischen weg het glycogeengehalte van zoo zuiver mogelijk uitgepraepareerde deelen van het *crus sinistrum* van het paard en bovendien vergelijkenderwijze dat van eenzelfde gewichtshoeveelheid spierweefsel uit de middelste lagen van het septum ventriculorum. Ze namen het spierweefsel van deze lagen van het septum, omdat ze waarschijnlijk de overtuiging hadden, dat in dit deel van het septum, zooals in dien tijd algemeen werd

aangenomen, geen Purkinjevezelen zouden voorkomen en dat dit zich voor vergelijking bij uitstek zou leenen. Zij vonden bij het paard een verhouding van glycogeen van de hartspiervezelen vergeleken met de Purkinjevezelen van het crus sinistrum van 7 : 1. Wel geven ze toe, dat in werkelijkheid dit verschil iets minder groot zal zijn, omdat het bindweefsel, dat bij het paard in groote hoeveelheid in de schenkels voorkomt, meegewogen is. Deze verhouding 7 : 1 vinden ze ook wanneer het materiaal eenigen tijd na den dood onderzocht wordt. Men mag volgens hen dus aannemen, dat bij dit dier geen verschil in snelheid van afbreken van glycogeen in de gewone hartspiervezelen en de Purkinjevezelen bestaat. Het paard werd gekozen, omdat bleek, dat het glycogeen uit het hart van het rund zeer snel verdwijnt, waardoor de uitkomsten bij dit dier verkregen minder betrouwbaar zijn.

Chemisch vinden ze dus het tegengestelde van de resultaten verkregen met de histologische methoden. De verklaring hiervoor willen ze daarin zoeken, dat de histologische reacties met karmijn en jodium niet zoo specifiek voor glycogeen zijn, als van morphologische zijde wel wordt aangenomen. Wat dit betreft wijzen ze op de vondst van ROMIEU, dat lecithine met jodium eenzelfde kleurreactie geeft als glycogeen.

De chemische onderzoekingen van YATER, HEFKE, OSTERBERG (1930) bij het paard kloppen in het geheel niet met die van BUADZE en WERTHEIMER. Zij vinden bij het paard een verhouding van glycogeen van de hartspiervezelen tot Purkinjevezelen van het crus sinistrum van 1 : 1.95 en zelfs in andere gevallen van 1 : 10.1. Dit resultaat is dus juist omgekeerd. Ook zij merken op, dat bij het paard het glycogeen niet snel wordt afgebroken, terwijl er geen verschil in snelheid van afbreken van glycogeen in hartspierweefsel en Purkinjevezel bestaat, zoodat een onderzoek enkele uren na den dood ingesteld, de verhouding nog juist zal weergeven.

Bij den mensch onderzochten ze het glycogeengehalte van crus commune en de basale deelen van crus dextrum en sinistrum, omdat het verdere crus sinistrum bij den mensch te dun, te membraanachtig is. Hier vonden ze een verhouding van het glycogeengehalte van gewoon hartspierweefsel t.o.v. dat van Purkinjevezelen van 1:0.50 en 1:1.75, gemiddeld 1:0.9, zoodat volgens hen bij den mensch de Purkinjevezelen gemiddeld iets minder glycogeen bevatten dan de gewone hartspiervezelen.

Het verschil in uitkomsten met BUADZE en WERTHEIMER willen zij toeschrijven aan de verschillende methoden, die door hen gebruikt zijn.

De interpretatie van de resultaten van BUADZE en WERTHEIMER eenerzijds, YATER, HEFKE en OSTERBERG anderzijds is van morphologische zijde zeker aanvechtbaar, want zooals uit mijn eigen onderzoek zal blijken, komt in het gewone hartspierweefsel, dat zij als vergelijkingsobject uit het septum namen, een bijzonder uitgebreid netwerk van Purkinjevezelen voor, dat bovendien hier aan de periferie bijzonder glycogeenrijk is. Als vergelijkingsobject hebben zij dan ook geen zuiver hartspierweefsel gehad. Bovendien zijn de resultaten van YATER, HEFKE en OSTERBERG van morphologische zijde aanvechtbaar, omdat ze juist dat gedeelte uit het atrio-ventriculaire systeem genomen hebben, waarin men bij den mensch ook histologisch weinig glycogeen vindt. Mijns inziens zal een dergelijk chemisch, analytisch onderzoek nooit resultaten kunnen opleveren, omdat zooals uit de beschrijvingen van de resultaten van mijn onderzoek zal blijken, nooit zuiver hartspierweefsel en specifiek weefsel voor een dergelijk onderzoek op een dergelijke eenvoudige, praeparatorische wijze te verkrijgen is.

Terwijl door de meeste morphologen althans bij de hoefdieren wordt aangenomen, dat het kamergedeelte van het atrio-ventriculaire systeem een hoog glycogeen gehalte bezit, is WAHLIN (1935) een van de weinige onderzoekers, die dit weer ontkent. Volgens hem kan de glycogeenkleuring volgens Best niet als specifiek voor de Purkinjevezelen beschouwd worden, eensdeels omdat hiermee ook andere substanties dan glycogeen gekleurd worden, anderdeels omdat zooals gezegd volgens hem het Purkinjeweeftel in geen geval een electieve glycogeenrijkdom bezit. Volgens WAHLIN komt dit dus overeen met de resultaten van het chemisch onderzoek van BUADZE en WERTHEIMER.

Zooals uit mijn eigen onderzoek zal blijken, ben ik het met deze uitspraak van WAHLIN niet eens, omdat mij een electieve kleuring van Purkinjevezelen wel mogelijk bleek; en in ieder geval kan, nog afgezien van de vraag of met Best en Lugol alleen glycogeen of ook andere substanties gekleurd worden, deze Lugol methode gebruikt worden om macroscopisch de subendocardiaal gelegen deelen van het atrio-ventriculaire stelsel te bestudeeren, zooals nader in het desbetreffende hoofdstuk zal worden uiteengezet.

* TAWARA en na hem alle onderzoekers geven aan, dat de specifieke musculatuur omgeven is door veel bindweefsel. Dit bindweefsel vormt volgens hen om iedere Purkinjevezel een scheede, terwijl de vezelen van het crus commune, dextrum en

sinistrum en ook het craniale deel van de knoop nog weer door een gemeenschappelijke scheede omgeven zijn. Veel onderzoekers zien in dat bindweefsel veel bloedvaten en zenuwen.

In de inleiding is reeds vermeld, dat in het omringend bindweefsel, onmiddellijk aan de vezel aansluitend, ruimten voorkomen, de Eberth-Belajeffsche ruimten die de Purkinjevezelen omgeven. TAWARA hield deze ruimten voor een kunstproduct, ontstaan door schrompeling van de sarcoplasmatische cellen, hoewel door EBERTH en BELAJEFF reeds in 1866 was aangegeven, dat zij deze ruimten met gekleurde vloeistoffen konden injicieeren.

Latere onderzoekers, LHAMON (1912), COHN (1913), AAGARD en HALL (1914), KING (1916), PACE (1919), PETERSEN (1918), ZIMMERMANN (1923), WAHLIN (1928, 1932 en 1935), CARDWELL en ABRAMSON (1931 en 1934), HOLMES (1921), MEESSEN (1935) hebben ook deze ruimten geïnjecteerd en aangegeven, dat het zeker gepraeformeerde ruimten zijn.

Behalve om de Purkinjevezelen, komen ze ook voor om de vezelen van de knoop van Tawara. Volgens laatstgenoemde onderzoekers eindigt de Eberth-Belajeffsche ruimte daar, waar de Purkinjevezel in de hartspiervezel overgaat en gaat de bindweefsel-scheede van de Purkinjevezel over in het perimysium van de hartspiervezel van de ventrikel. Het bindweefsel, dat de knoop omgeeft, wordt naar achteren in de richting van de sinus coronarius doorbroken door de knoopvezelen. Waar de knoopvezel overgaat in de spiervezel van de boezem gaat volgens deze onderzoekers de bindweefsel-scheede van de knoopvezel over in het perimysium, terwijl op deze plaats de Eberth-Belajeffsche ruimte om de knoopvezel eindigt. LHAMON geeft hiervan een afbeelding.

Reeds EBERTH en BELAJEFF en na hen LHAMON (1912), AAGARD en HALL (1914) en KING (1916) hebben getracht om door middel van $AgNO_3$ een endothelbekleding van deze ruimten aan te toonen, maar noch aan de binnenkant van de bindweefsel-scheede noch tegen de Purkinjecellen konden op deze wijze celgrenzen van endothelien aan den dag worden gebracht.

Verschillende onderzoekers geven aan, dat in deze Eberth-Belajeffsche ruimten een vloeistof voorkomt. Zoo vermeldden AAGARD en HALL (1914), dat bij de injectie van deze ruimten zich voor de kleurstofmassa uit een vloeistof bewoog, terwijl ze bovendien door over het endocard te strijken de vloeistof in deze ruimten in beweging konden brengen. Ook WAHLIN (1932) meent, dat in deze ruimte een vloeistof

voorkomt, die het „Reizleitungssystem“ omspoelt.

LHAMON (1912) echter ontkent, dat er vloeistof in deze ruimten zou voorkomen. Hij zag, dat wanneer hij dezelfde vezel van het crus dextrum van twee plaatsen uit injicieert, de geïnjecteerde kleurstof ongehinderd samenvloeit, wat niet mogelijk zou zijn wanneer er zich vloeistof in zou bevinden. Drukt hij op twee plaatsen op het crus dextrum en schuift dan de vingers naar elkaar toe, dan ziet hij het endocard niet uitpuilen, wat zeker het geval zou zijn wanneer vloeistof in de ruimte was.

Na TAWARA hebben verschillende onderzoekers getracht door macroscopisch praepareeren een inzicht in de topographie en uitbreiding te verkrijgen. Op deze wijze gelukt het meestal wel een grove voorstelling te verkrijgen van de knoop van Tawara, crus commune, dextrum en sinistrum. Voor de bestudeering van de uitbreiding van het eindnet is dit macroscopisch praepareeren ten eenenmale ontoereikend. Wel heeft de WITT (1909) getracht door het eindnet te praepareeren en in draadfiguur te reconstrueeren een inzicht te verkrijgen in de perifere uitbreiding, maar dit heeft zeer onvolledige resultaten opgeleverd, daar de in de diepte van de musculatuur gelegen deelen van het eindnet op deze wijze niet te vervolgen zijn.

In 1908 heeft FAHR geprobeerd reconstructies van microscopische praeparaten te maken, maar ook deze methode leverde voor de totale reconstructie van het eindnet onoverkomelijke moeilijkheden op. Reeds TAWARA (1906) wees er op, dat het ondoenlijk is op deze wijze een volledig beeld van het gecompliceerde eindnet te verkrijgen.

Met behulp van de reeds door MARCHAND (1885) aangegeven Lugol-methode zijn alleen de subendocardiaal gelegen deelen van crus dextrum, sinistrum en het eindnet te zien. PETERSEN (1918), ZIMMERMANN (1923 en '24) en UNGAR (1924) hebben van deze methode gebruik gemaakt. PETERSEN en ook ZIMMERMANN vinden, dat bij het paard de vezelen van het subendocardiaal gelegen gedeelte van het atrio-ventriculaire systeem zich daarbij als donkerbruine lijntjes tegen een lichter gekleurde achtergrond afteekenen. UNGAR gelukte het op deze wijze het subendocardiaal gelegen net bij schaap, hond en mensch te voorschijn te brengen. Bij den mensch verkreeg hij zeer onvolledige resultaten wat hij toeschreef aan het niet voldoende versch zijn van het materiaal.

Zoals reeds vermeld is, bracht de injectie van gekleurde vloeistoffen in de de Purkinjevezel-

netwerken begeleidende Eberth-Belajeffsche ruimten voor de bestudeering van de uitbreiding in de musculatuur uitkomst. In deze injectiepraeparaten zijn de subendocardiaal gelegen deelen van het atrio-ventriculaire systeem met het bloote oog door het endocard heen te zien. Door macroscopisch praepareeren of onderzoek van seriecoupes werd door verschillende onderzoekers na injectie de verbreiding in de diepte nagegaan. Evenals EBERTH en BELAJEFF hebben ook LHAMON (1912), AAGARD en HALL (1914), CARDWELL en ABRAMSON (1931) en zeer nauwkeurig WAHLIN (1935) door microscopisch onderzoek vastgesteld, dat datgene wat men na injectie te voorschijn ziet treden, inderdaad de met kleurstof gevulde ruimten rond de Purkinjevezelen zijn. Ook merken deze onderzoekers op, dat het netwerk door de Purkinjevezelen gevormd, door zijn typischen bouw reeds macroscopisch is te onderscheiden van een toevalligerwijze geïnjectieerd lymphvatenet.

Verreweg de meeste onderzoekers nemen met TAWARA aan, dat de in de mediale atriumwand gelegen knoop zich voortzet in het crus commune, dat de annulus fibrosus doorboort en zich vervolgens deelt in crus dextrum en sinistrum, welke laatsten zich op een wijze, waarover vooral wat het crus dextrum betreft zeer veel verschil van meening bestaat, met de eindnetten vereenigen.

Zooals reeds terloops werd opgemerkt meende KENT (1893, 1913, 1914), dat het crus commune niet de eenige musculieuze verbinding tusschen atrium en ventrikel vormt. Hoewel de meeste onderzoekers het in dit opzicht eens zijn met HIS en TAWARA, zijn er toch ook nog, die evenals KENT naast het crus commune ook andere verbindingen van specifieke musculatuur aannemen.

COHN en TRENDELENBURG (1910), die opmerkten, dat dikwijls na doorsnijding van het crus commune bij konijn en kat geen dissociatie in de contractie van atrium en ventrikel optrad, vermoedden, dat er behalve het crus commune nog andere verbindingen tusschen de knoop van Tawara en de ventrikel-musculatuur zouden bestaan. Inderdaad konden ze microscopisch in dergelijke gevallen bij kat en konijn vezelen aantoonen, die zij „atypische vezelen“ noemden, omdat ze langs een andere weg dan langs het crus commune de ventrikel-musculatuur bereikten. Ook MACKENZIE (1910) beschrijft dergelijke verbindingen bij kat, konijn en hond. Ook LLOYD (1930) beschrijft ze bij het konijn. OHMORI (1928) ziet ze bij rat,

cavia en konijn en verdeelt deze verbindingen van de knoop en de musculatuur van de ventrikel, die naast de bundel van His bestaan, zelfs in een dorsaal en ventraal „Nebensystem“.

CURRAN (1910) is de eenige, die vermeldt, dat hij bij de hoefdieren (rund en schaap) en ook bij den mensch door praepareeren, naast het crus commune een tak van de knoop naar het caudale deel van het septum ventriculorum kan vervolgen.

Deze bevinding van CURRAN kon evenwel door niemand bevestigd worden.

Weliswaar breekt TODD in het handboek „Special Cytology“ van COWDRY op grond van een bij mensch en hond ingesteld microscopisch onderzoek, weer een lans voor de oorspronkelijk door KENT aangegeven opvatting en lezen we bij hem op bl. 1180 :

„The fibres are concentrated into relatively small compass at the A.V. junction. This however does not mean that there is only a single bundle of Purkinje fibres passing between the right atrium and the ventricles. STANLEY KENT (1893) in his first description warned other observers that the distribution of Purkinjefibres at this site is by no means invariable but this warning has usually passed unheeded ; indeed many authors have failed to confirm KENT's statement.

This failure has resulted in one of the many pitfalls, awaiting the experimental worker for there is no doubt that KENT was right in his conclusion.

Negative evidence in the Purkinje system means inadequate observations due to the technical difficulties of the problem.“

Toch komt men na lezing van dit werk van TODD niet tot de overtuiging, dat het TODD bij zijn onderzoek gelukt is deze verbindingen inderdaad op een overtuigende wijze aan te toonen.

In het grondige werk van WAHLIN (1935) vinden we aangegeven, dat hij zoowel in injectiepraeparaten als door microscopisch onderzoek bij het rund naast het crus commune geen verbinding van boezem- en kamermusculatuur heeft kunnen aantonen.

Over de wijze, waarop het crus sinistrum zich bij de hoefdieren met het eindnet verbindt, bestaat, zoals in de inleiding reeds werd gezegd, wel overeenstemming. De oorspronkelijke door TAWARA (1906) aangegeven loop en de wijze, waarop het zich vertakt, zijn ook door latere onderzoekers althans bij de herkauwers zoowel door macroscopisch praepareeren als door microscopisch onderzoek bevestigd.

Over de wijze van vereeniging van crus dextrum met het eindnet bij de herkauwers bestaat echter wel verschil van meening. TAWARA (1906), die als eerste aangaf, dat bij schaaap en rund het crus dextrum na aftaking van het crus commune in het septum loopt om dan met de trabecula septo-marginalis naar de parietale wand over te steken, heeft zich vooral met het septale gedeelte van het crus dextrum beziggehouden en bij microscopisch onderzoek vast kunnen stellen, dat het in zijn geheele loop in het septum hieraan geen takken afgeeft, maar met de trabecula septo-marginalis naar de parietale wand oversteekt. Enkele onderzoekers als KEITH en FLACK (1906), CURRAN (1909), HOLL (1912), COHN (1913), LEWIS en ROTHSCHILD (1915) zijn het hiermede niet eens. Zoo konden KEITH, FLACK en CURRAN bij het rund, HOLL bij rund en schaaap een tak praepareeren, die juist voordat de bundel met de trabecula septo-marginalis naar de parietale wand oversteekt, aan het septum wordt afgegeven. Ook COHN, LEWIS en ROTHSCHILD zien een dergelijke directe afgifte in hun geïnjecteerde praeparaten.

De meeste onderzoekers echter, de WITT (1909), PETERSEN (1918), KAMMERMANN (1919), HOLMES (1921), LHAMON (1912), AAGARD en HALL (1914), KING (1916), CARDWELL en ABRAMSON (1931), WAHLIN (1935), SANABRIA (1936), geven, evenals TAWARA dat oorspronkelijk reeds deed, aan, dat het crus dextrum tijdens zijn loop over het septum ventriculorum hieraan geen takken afgeeft. De WITT, HOLMES, PETERSEN en KAMMERMANN gronden deze uitspraak op de resultaten verkregen door macroscopisch praepareeren van het crus dextrum bij verschillende herkauwers; SANABRIA heeft seriecoupes van het septale deel bij het schaaap onderzocht. LHAMON, KING en CARDWELL en ABRAMSON hebben runderharten, AAGARD en HALL daarnaast harten van schaaapen geïnjecteerd. Ook WAHLIN heeft dit voor het rund zeer nauwkeurig nagegaan door injectie en door onderzoek van coupes van een volledige serie en heeft daardoor op een deugdelijke wijze de oorspronkelijke opvatting van TAWARA bij het rund bevestigd. Hij ziet weliswaar een enkel takje van het septale deel afbuigen en dan „blind“ eindigen of zich weer opnieuw met de hoofdtak verbinden, maar nooit treden de vezelen van zoo'n takje in verbinding met de musculatuur ter plaatse. Ook CARDWELL en ABRAMSON (1931) hebben in hun injectie-paeparaten dergelijke blind eindigende takjes gezien.

Evenals KING (1916) en CARDWELL en ABRAMSON (1931) ziet WAHLIN in zijn injectiepraeparaten bij het rund in de trabecula septo-marginalis naast het crus dextrum Purkinje-

vézels, die van het eindnet in de parietale wand tot in de trabecula septo-marginalis terugloopen en aan de spiervezelen hiervan eindigen, maar ook vaak over de geheele lengte van de trabekel te volgen zijn tot in het septum waar ze zich verbinden met het hier aanwezige eindnet. Maar zooals hem uit seriecoupes bleek, komen nergens in de trabecula septo-marginalis verbindingen van deze teruglopende Purkinjevezelen met de stam van het crus dextrum voor.

Ook TAWARA geeft op plaat IX, fig. 2 reeds een afbeelding van dergelijke teruglopende Purkinjevezelen in de trabecula septo-marginalis van het rund, zonder dat hij zich hierover in de tekst uitlaat.

Voordat men met injectiepraeparaten begon, was men over de uitbreiding van het subendocardiale deel van het eindnet reeds vrij behoorlijk georiënteerd. Over de verbreiding in de diepte van de musculatuur bezat men slechts zeer fragmentarische gegevens.

Volgens TAWARA (1906) zijn intramyocardiale Purkinjevezelen voor het eerst beschreven door HESSLING, HOFMAN en HOYER. HOFMAN vindt ze zelfs in het direct onder het epicard gelegen hartspierweefsel. TAWARA beschrijft eveneens Purkinjevezelen in het myocard bij hoefdieren (schaap en rund). Hij kon ze echter niet tot onder het epicard nagaan, alhoewel hij de mogelijkheid toegeeft, dat enkele uitloopers in uitzonderingsgevallen tot in de musculatuur onder het epicard doorloopen. Ook OHMORI (1928) vermeldt, dat hij bij het rund de Purkinjevezelen tot vlak onder het epicard kan volgen.

Zoals reeds boven opgemerkt werd, gaven vooral de injectiepraeparaten een goed inzicht in de verbreiding in de musculatuur. De eerste onderzoekers, die injecteerden, vermelden wel, dat ze in dergelijke praeparaten Purkinjevezelen tot diep in de musculatuur kunnen vervolgen; AAGARD en HALL (1914) geven zelfs aan tot vlak onder het epicard, maar ze schenken er verder weinig aandacht aan en geven in elk geval geen beschrijving van de wijze waarop zich hier in de musculatuur de Purkinjevezelen verbreiden. CARDWELL en ABRAMSON (1931) en WAHLIN (1935) zijn de eersten geweest, die aan de hand van dergelijke injectiepraeparaten nauwkeurige beschrijvingen van het intramyocardiale Purkinjevezelsysteem opstelden; de eerste onderzoekers deden dat bij het hart van het rund, WAHLIN bij rund en schaap. CARDWELL en ABRAMSON onderzochten dit door de geïnjecteerde harten macroscopisch te praepareeren, terwijl WAHLIN reconstructies van seriecoupes vervaardigde. Zij zijn de eersten, die vonden, dat de Purkinjevezelen ook in het myo-

card netwerken vormen, die weliswaar wijdmaziger en eenvoudiger van bouw zijn dan de subendocardiaal gelegen netwerken, maar overigens daaraan volkomen gelijk zijn. Ze vinden de netwerken overal in de ventrikelwand, ook in het septum. Op alle hoogten in de musculatuur gaan van deze netwerken Purkinjevezelen af, om onder geleidelijk verlies van hun histologisch bijzondere structuur over te gaan in gewone hartspiervezelen. Bij iedere dergelijke eindiging behoort steeds een bepaalde hoeveelheid hartspierweefsel, dat verder vrij van Purkinjevezelen is. WAHLIN heeft uit zijn reconstructie bij grove berekening gevonden, dat op 4 cm² kamerwand ongeveer 2000 eindigingen voorkomen. Zoowel WAHLIN als CARDWELL en ABRAMSON geven voorts aan, dat op bepaalde gedeelten onder het endocard geen Purkinjenetten voorkomen en wel op de toppen van de papillarspieren van linker en rechter ventrikel, langs een smalle strook onder de aanhechting van bicuspidalis en tricuspidalis en onder de aanhechting van de kleppen van aorta en arteria pulmonalis, evenals ten slotte soms in een smalle zone langs crus dextrum en sinistrum. Echter zijn ze op deze plaatsen wel in het ondergelegen myocard aanwezig. Dat op genoemde plaatsen geen Purkinjenetten in het subendocardium voorkomen, is volgens genoemde onderzoekers vanzelfsprekend, omdat het eigenlijk de meest perifeer gelegen delen van het Purkinjenet van de ventrikels zijn. Wat verder de uitbreiding van deze intramyocardiale netwerken betreft, geven CARDWELL en ABRAMSON aan, dat ze in lagen gerangschikt zijn, waartusschen echter onderling verbindende vezels voorkomen; lagen, die volgens hen in de rechter ventrikel en het rechter deel van het septum ventriculorum evenwijdig met het subendocardiale net zich uitbreiden, terwijl ze in de parietale wand van de linker ventrikel en in het linker deel van het septum atriorum loodrecht op de wand staan. WAHLIN beschrijft de Purkinjenetten en de musculatuur als driedimensionaal, maar vermeldt niet, dat ze in lagen gerangschikt zijn.

Een zeer belangrijk resultaat van deze onderzoeken is voorts de bevinding, dat de Purkinjenetten van linker en rechter ventrikel continu door het septum ventriculorum heen met elkander in verbinding staan. WAHLIN (1928, '32, '35) is de eerste geweest, die dit bij het rund en het schaap door middel van reconstructies van injectiepraeparaten heeft aangetoond. Daarna hebben ook CARDWELL en ABRAMSON (1931) bij geïnjectieerd materiaal van het rund door macroscopisch praepareeren dergelijke *intervenriculaire verbindingen* gevonden. TAWARA had indertijd zelf ook wel de mogelijkheid van een dergelijke verbinding onder het oog gezien, maar aange-

zien hij bij zijn onderzoekingen van het schapehart tusschen de hoofdbundels van de eindvertakkingen van links en rechts nooit eenige communicatie had kunnen waarnemen, meende hij, dat er practisch geen verbinding bestond, of, zooals hij zich uitdrukte, hoogstens een, die door enkele kleine onbeduidende verbindingen tusschen de einduitbreidingen tot stand gebracht wordt.

De algemeene meening vòor de publicaties van WAHLIN en van CARDWELL en ABRAMSON was dan ook, dat de netwerken in linker en rechter ventrikel afzonderlijke vertakkingen van het crus sinistrum en dextrum waren, in het septum van elkaar gescheiden door gewoon hartspierweefsel. Tot op heden wordt deze oude meening nog door physiologen gehuldigd. Vrij algemeen stelt men zich daarbij voor, dat, wanneer een van beide schenkels doorgesneden wordt, de ventrikel aan die zijde niet meer langs directen weg via het specifieke weefsel zijn contractieprikkel kan ontvangen, maar alleen langs een omweg van de andere kant uit, via het gewone spierweefsel van het septum ventriculorum.

Ook van morphologische zijde worden na de publicaties van WAHLIN en CARDWELL en ABRAMSON deze interventriculaire verbindingen nog niet algemeen aanvaard. MEESEN (1935) vermeld n.l., dat het hem bij het rund noch door injectie, noch door microscopisch onderzoek van een runderfetus gelukt is, de interventriculaire verbindingen aan te toonen. WAHLIN (1935) heeft dit werk van MEESEN reeds becritiseerd. In ieder geval leent een fetus zich voor een dergelijk onderzoek in het geheel niet, omdat dergelijke interventriculaire verbindingen zich hier nog niet hebben ontwikkeld.

In een zeer recent werk van SANABRIA (1936), die vooral het hart van het schaap onderzocht, vinden we zelfs vermeld, dat het septum ventriculorum in het geheel geen Purkinjevezelen zou bevatten.

De physioloog ROTHBERGER (1933) heeft het belang van de interventriculaire verbindingen voor het verklaren van bepaalde electro-cardiogrammen ingezien. Volgens hem is het mogelijk, dat de interventriculaire verbindingen een soort beschermingsinrichting vormen tegen geleidingsstoringen in crus dextrum of sinistrum, zooals de automatie van de ventrikel een bescherming vormt tegen storingen van de geleiding van de contractieprikkel van boezem naar ventrikel. Hij neemt aan, dat in normale omstandigheden van deze nog geen gebruik gemaakt wordt, maar, evenals de collateralen tijdens gestoorde bloedsomloop vicarieerend optreden, zouden de genoemde interventriculaire verbindingen bij eventueele storingen in de bovengelegen geleidingsbanen in werking treden.

WAHLIN gelooft niet aan een dergelijke, slechts onder pathologische omstandigheden optredende functie van deze verbindingen. Op grond van de anatomische gesteldheid van het atrio-ventriculaire systeem, zooals hij dat speciaal bij het rund heeft nagegaan, meent hij te mogen aannemen, dat ze voortdurend in functie zijn.

Hij redeneert daarbij als volgt : Wanneer er geen interventriculaire verbindingen zouden zijn, dan zou, waar immers het crus dextrum geen directe takken aan het septum ventriculorum afgeeft, de contractieprikkel daar slechts langs een groote omweg via de parietale wand kunnen aankomen, waardoor overeenkomstige punten van linker en rechter deel van het septum op ongelijke tijdstippen hun contractieprikkel zouden ontvangen en geen synchrone contractie van de ventrikelwand, voor zoover het septum betreft, mogelijk zou zijn. Door het voortdurend in functie zijn van de interventriculaire verbindingen is echter dit synchronisme verzekerd.

Zooals uit het bovenstaande blijkt, heeft de methode van onderzoek door injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten belangrijk bijgedragen tot verbetering van het inzicht in het atrio-ventriculaire systeem. Men had door praepareeren en microscopisch onderzoek wel een vrij nauwkeurige voorstelling van knoop, crus commune, dextrum en sinistrum gekregen, maar voor de bestudeering van het eindnet en de kwestie van de interventriculaire verbindingen hebben de injectiepraeparaten de meeste resultaten gegeven. De injectie is den onderzoekers echter niet bij alle dieren even goed gelukt. De beste resultaten werden bij de herkauwers gekregen. Bij het varken gelukte de injectie noch aan AAGARD en HALL (1914) noch aan WAHLIN (1935). CARDWELL en ABRAMSON (1934) vermelden hier wel positieve resultaten en vinden dezelfde structuur als bij het rund. Bij den mensch en bij de hond gelukte de injectie tot nu toe in het geheel niet [AAGARD en HALL (1914)]. Ook leent het materiaal hiervan zich minder goed voor microscopisch onderzoek, omdat de Purkinjevezelen zich zoo weinig van de gewone hartspiervezelen onderscheiden. Om al deze redenen is dan ook de kennis van de wijze, waarop crus dextrum en sinistrum zich met het eindnet verbinden en de wijze, waarop dit laatste zich uitbreidt, vergeleken met wat hiervan vooral bij de herkauwers bekend is, zeer onvolledig.

Wat ten slotte het p a r d betreft, dat mij in het bijzonder interesseert, omdat mijn onderzoek in hoofdzaak op harten van dit dier gebaseerd is, zijn de tot nu toe verkregen gegevens

eveneens zeer onvolledig. RETZER (1904) geeft aan, dat praepareeren van de bundel van His bij het paard niet gelukt. HOLL (1912), PETERSEN (1918), KAMMERMANN (1922) en vooral SCHAUDER (1918) en ZIMMERMANN (1923) vermelden daarentegen, dat ook bij dit dier het macroscopisch praepareeren van de knoop, *crus commune*, *crus dextrum* en *sinistrum* zeer wel mogelijk is. Aan „atypische vezelen“ is bij het paard nooit aandacht geschonken. Op grond van praepareeren geven PETERSEN, KAMMERMANN, HOLL en SCHAUDER aan, dat ook bij het paard het *crus dextrum* tijdens zijn loop over het septum geen takken afgeeft, maar in zijn geheel met de *trabecula septo-marginalis* oversteekt. Hiertegenover staat de beschrijving van ZIMMERMANN, die zegt, dat het *crus dextrum* zich halverwege basis en apex vertakt in verschillende takken, waarbij een dikke tak met de *trabecula septo-marginalis* naar de parietale wand gaat, waar ze zich aan de basis van de parietale papillairspier verbindt met het eindnet, terwijl de andere takken echter direct in het septum indringen. Wat betreft het *crus sinistrum* meenen ZIMMERMANN, PETERSEN en KAMMERMANN, dat dit zich in twee takken splitst, die met de *musculi transversi* naar de papillairspieren van de linker ventrikel gaan, waar ze zich met het eindnet vereenigen. Echter geven SCHAUDER en METTAM (1926) aan, dat op de plaats van de splitsing, evenals bij het rund, takken naar het septum gaan en zich direct met het aldaar gelegen Purkinjenet verbinden.

De subendocardiaal gelegen deelen van het eindnet zijn door PETERSEN (1918) en ZIMMERMANN (1923) na behandeling met Lugol bestudeerd.

Onze kennis van de in de musculatuur gelegen einduitbreidingen van het Purkinjenetwerk en de wijze, waarop *crus dextrum* en *sinistrum* zich met het eindnet vereenigen, is echter zeer onvolledig; voor een groot deel is dit daaraan te wijten, dat aan de meeste onderzoekers een injectie bij harten van dit dier in het geheel niet of vrij onvolledig gelukt is. AAGARD en HALL (1914) konden een enkele maal met de vloeistof van Gerota „das Purkinjenetz in ziemlich grossem Umfang“ (bladz. 415) injicieeren; met kwik evenwel slechts enkele vezeltjes, PETERSEN (1918) en ZIMMERMANN (1923) brachten het met Berlijnsch blauw niet verder. KING (1916) kreeg bij 2 harten van doodgeboren veulens geheel negatieve resultaten.

Uit dit alles blijkt wel, dat de kennis van het atrio-ventriculaire systeem bij het paard vrij onvolledig is, terwijl er bovendien bij de verschillende onderzoekers veel tegenspraak is.

B. EIGEN ONDERZOEK.

1. Materiaal en techniek.

Onderzocht werden harten van paard, rund, schaap, geit, varken en hond.

De harten werden steeds op dezelfde wijze open gelegd. Het linker atrium werd geopend door een snede loodrecht op de sulcus coronarius, welke snede werd verlengd door de parietale wand van de ventrikel tusschen de beide parietale papillairspieren door. Daarna werden het mediale gedeelte van de mitralisklep en de aortawand ingesneden. Dan werd de rechter ventrikel geopend door een snede langs de sulcus longitudinalis dexter. Deze snede werd in het atrium verlengd. Vervolgens werd loodrecht hierop langs de sulcus coronarius gesneden tot in de wand van de arteria pulmonalis.

a. Macroscopisch onderzoek.

Macroscopisch praepareeren zonder voorbehandeling. Hoewel niet alleen bij de verschillende diersoorten, maar ook individueel sterk in duidelijkheid verschillend, ziet men de subendocardiaal gelegen Purkinjevezelen tengevolge hunner grijsgrauwe kleur vaak reeds met het bloote oog door het endocard heen schemeren. Bij het rund ziet men het crus sinistrum vrijwel over zijn geheele loop reeds met het bloote oog. Bij het paard daarentegen wordt het voor een groot gedeelte bedekt door de hier sterk ontwikkelde musculus subaorticus, zoodat men de linker schenkel hier diep onder deze spier moet oppraepareeren. Het crus dextrum vindt men in het algemeen uitgaande van de basis van de trabecula septo-marginalis. Het ligt bij het rund oppervlakkiger dan bij het paard, waarbij men het pas te voorschijn kan brengen door dieper in de musculatuur in te snijden.

Bij het paard is het zeer moeilijk door middel van macroscopisch praepareeren het crus commune en de knoop van Tawara van het hier sterk ontwikkelde, aan elastische vezelen bij-

zonder rijke bindweefsel van de annulus fibrosus en van de lichter gekleurde, bindweefselrijke boezemmusculatuur te onderscheiden. Bij het rund laten het crus commune en de knoop zich in het algemeen vrij goed door praepareeren aan den dag brengen.

Behandeling met solutio Lugoli. Deze methode is zeer geschikt voor het aantoonen van de direct onder het endocard gelegen deelen van het atrio-ventriculaire systeem. Bij het bestudeeren van de Purkinjenetten van het rechter atrium heeft dit bijzonder goede resultaten ter orientatie gegeven. Versche harten worden na opening in een 1% jood-joodkali oplossing gelegd.

Reeds na enkele minuten treden dan de Purkinjevezelen als donkerbruine lijntjes te voorschijn. Laat men de harten in deze oplossing, dan wordt de afteekening in de eerstvolgende uren nog scherper, om, afhankelijk van de temperatuur na 8 - 20 dagen te vervagen. De vloeistof moet, wanneer men het praeparaat eenigen tijd wil bewaren, voor en na ververscht worden.

Injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten met gekleurde vloeistoffen. Dit is de beste methode voor macroscopisch onderzoek. Als injectievloeistof werd gebruik gemaakt van de vloeistof van Gerota: 10 gram Pruissisch blauw en 15 gram terpentijn werden gedurende geruimen tijd flink gewreven in een mortier, daarna werd 75 gram aether toegevoegd, waarna dit mengsel gefiltreerd werd door zeemleer, dat tevoren met aether was gereinigd. Meestal werd voor iedere injectie nieuwe vloeistof bereid, hoewel eenige maanden oude Gerotavloeistof, mits in goed sluitende flesschen bewaard, na toevoeging van een weinig aether ook nog wel geschikt is. Een enkele maal werd ook O.I. inkt, 30 keer verdund met water, gebruikt om de Eberth-Belajeffsche ruimten te vullen, maar het bleek, dat deze vloeistof zich veel minder gemakkelijk in de meer perifere uitbreiding van dit kanalennet liet brengen dan de aether houdende Gerota. De meeste harten werden zoo snel mogelijk na den dood behandeld. Enkele harten lieten zich 10-12 uur na den dood nog zeer goed injicieeren, maar het beste is, zoo versch mogelijk materiaal te gebruiken.

Om een uittreden van de injectievloeistof aan de gemaakte sneevlakte te voorkomen, geven de meeste onderzoekers aan, dat het gewenscht is, deze sneevlakte af te hechten, echter bleek mij een dichtdrukken van deze sneevlakten tijdens de

injectie door een helper, bijv. met een doek, voldoende en zelfs doeltreffender.

De injectie werd verricht met een recordspuit van 20 cc. en een recordnaald no. 20. Om deze gemakkelijker te kunnen hanteren werd een stukje dunne gummieslang aan de canule bevestigd.

Het best gelukt de injectie van een vezel van het perifere net uit, bijv. aan de basis van een parietale papillairspier, wat waarschijnlijk verband houdt met de ter plaatse grootere dikte van de Purkinjevezels en de overeenkomstige bijzonder wijde Eberth-Belajeffsche ruimten. Van het crus dextrum en sinistrum uit gelukt de injectie minder goed, omdat hier de vezels veel fijner zijn. Hier steekt men dan ook veel minder gemakkelijk de naald in de hier zeer veel fijnere Eberth-Belajeffsche ruimten. Door de fijnheid prikt men soms meerdere ruimten aan, hetgeen daaraan te zien is, dat zich van de injectieplaats uit eenige ruimten tegelijkertijd met de kleurstof vullen. Ten gevolge van de fijnheid van de vezelen gebeurt het echter ook zeer vaak, dat de vloeistof in het bindweefsel geïnjectieerd wordt. Bovendien spuit men veel doeltreffender in van een vezel van het perifere net uit, omdat meestal injectie van meer plaatsen uit noodig is om het geheele systeem te vullen en omdat men het steekkanaal van zoo'n perifere vezel veel gemakkelijker en zonder schade voor het verloop van de volgende injectie kan afklemmen dan dit het geval is met een steekkanaal in een van de schenkels of hun groote takken. Ook werden pogingen gedaan om van de knoop van Tawara uit het geheele systeem op te spuiten. Hiervoor werd de naald door de bekende laag atriummusculatuur gestoken en in het gebied van de knoop tijdens de injectie meer en minder diep ingebracht. Deze pogingen mislukten echter steeds, hetgeen achteraf niet te verwonderen is, ten eerste door de groote bindweefselrijkdom, maar vooral door de fijnheid van de vezels en dienovereenkomstig van de Eberth-Belajeffsche ruimten. Steeds verbreidde de kleurstof zich diffuus in het omgevende weefsel.

Zooals dan ook reeds gezegd is, werd als injectieplaats meestal een vezel van het perifere net gekozen. In die gevallen, waar deze vezelen minder goed te zien zijn, werd tevoren een plekje met Lugol aangestipt om de vezel duidelijker zichtbaar te maken, waardoor de injectie doeltreffender verricht kon worden. In het algemeen is het gewenscht slechts een klein plekje met Lugol aan te stippen, omdat de verbreiding van de vloeistof in het niet gekleurde gedeelte beter gevolgd kan worden. Wanneer bij injectie bleek, dat alle subendocardiale netten gevuld waren, werd toch met de injectie doorgegaan om zoo-

veel mogelijk ook de Eberth-Belajeffsche ruimten van de in de diepte van de musculatuur gelegen Purkinjenetten gevuld te krijgen.

Deze netten zijn veel moeilijker te vullen. Waarschijnlijk doordat ze meer perifeer liggen en de injectiedruk zich daarvoor minder goed doet gelden, terwijl bovendien de omringende musculatuur een uitzetting van de ruimten meer tegen gaat dan het losse bindweefsel om de subendocardiaal gelegen netten.

Meerdere praeparaten werden alleen links, andere alleen rechts, weer andere zoowel links als rechts opgespoten. Soms gelukt het van één enkele injectieplaats uit het systeem over een groote uitgebreidheid opgespoten te krijgen, maar meestal waren meer injecties noodig. Vele praeparaten werden alleen van links uit opgespoten met het oog op de interventriculaire verbindingen, waarbij dan het indringen van de kleurstof in het septum bevorderd werd door zachte massage. Toch bleven bij de meeste injectieproeven, zelfs in de meeste goed gelukte praeparaten, vaak gedeelten vrij van kleurstof, maar door bestudeering van een groot aantal praeparaten kan men door combinatie zich toch een volledig beeld van het geheel vormen. Bij veel harten wilde de injectie in het geheel niet gelukken. Alhoewel de ruimte goed aangestoken was, kenbaar aan het oploopen van een gedeelte van de vezel, was het alsof er een soort rigiditeit bestond, de wand van de ruimte brak en de kleurstof verspreidde zich in het omliggende weefsel. Voor dit gedrag was geen reden, bv. ouderdom, voedingstoestand of ziekte, te vinden.

Een dergelijk geïnjectieerd praeparaat laat zich direct bestudeeren, maar dan ziet men niet meer dan de direct onder het endocard gelegen deelen. Ten einde de uitbreiding in de diepte van de musculatuur na te gaan, om zoo mogelijk daarbij door directe aanschouwing een indruk te verkrijgen van de onderlinge ligging van de diverse onderdeelen van het prikkelgeleidend systeem in het inwendige van de boezem- en ventrikelwand, werden in afwijking van de tot nog toe gevolgde werkwijzen, de geïnjectieerde praeparaten doorzichtig gemaakt volgens de methode van Spalteholz.

Hierbij wordt als volgt tewerk gegaan :

- 1e. fixatie van het praeparaat in 12% formaline gedurende een week of langer ;
- 2e. een halve dag spoelen in stroomend water ;
- 3e. bleeken in een H_2O_2 oplossing, aanvankelijk met ¼% en geleidelijk stijgende tot $\pm 6\%$; al naar de grootte van het praeparaat, gedurende eenige weken tot 1 maand ;

- 4e. spoelen in stroomend water ;
- 5e. het praeparaat watervrij maken, door de stijgende alcoholenreeks van 70 - 100%. De absolute alcohol eenige keeren ververschen. Tijd al naar de grootte van het praeparaat enkele weken tot een maand ;
- 6e. overbrengen in benzol gedurende enkele weken ; de vloeistof eenige keeren ververschen ;
- 7e. vervolgens in een mengsel van ongeveer 5 deelen salicylas methylicus en 3 deelen benzylbenzoaat. De juiste verhouding van deze 2 vloeistoffen voor het verkrijgen van een goede doorzichtigheid stelt men te voren aan kleine proefstukjes vast ;
- 8e. ten slotte wordt het praeparaat in een klok onder vacuum geplaatst door middel van een waterstraal-luchtpomp. Om het opstijgen van de zich vormende gasbellen te bevorderen is het goed zoo nu en dan eens flink op de tafel te kloppen ; in de laatstgenoemde vloeistof wordt het praeparaat bewaard. *)

b. *Microscopisch onderzoek.*

Een microscopisch onderzoek werd in de eerste plaats ingesteld om te controleeren of daar, waar in de geïnjecteerde praeparaten kleurstof te zien was, deze zich inderdaad in de Eberth-Belajeffsche ruimte bevond, met andere woorden, of hierbij inderdaad niets anders dan de Purkinjenetten opgelopen waren. In de tweede plaats om de structuurverschillen van de verschillende deelen van het atrio-ventriculaire systeem te bestudeeren. Hiervoor werden deze deelen na Carnoy-fixatie in paraffine en gedeeltelijk in celloïdine ingesloten en de coupes gekleurd volgens Best op glycogeen en met ijzeraluin-haematoxyline volgens Heidenhain. Met ijzeraluin-haematoxyline kleurt men de fibrillen in de vezelen, waardoor de typische structuurverschillen met de gewone hartspiervezelen duidelijk aan den dag treden.

Ten slotte werd een celloïdineserie gesneden van het geheele rechter atrium van een ezel. Dit atrium werd zoo ruim mogelijk uitgenomen, waardoor zoowel het geheele septum atriorum als het bovenste gedeelte van het septum ventriculorum met een deel van de rechter ventrikelwand in het praeparaat besloten

*) Op deze plaats betuig ik graag mijn hartelijken dank aan collega MEYLING, die de geïnjecteerde praeparaten op deze wijze voor mij behandeld heeft.

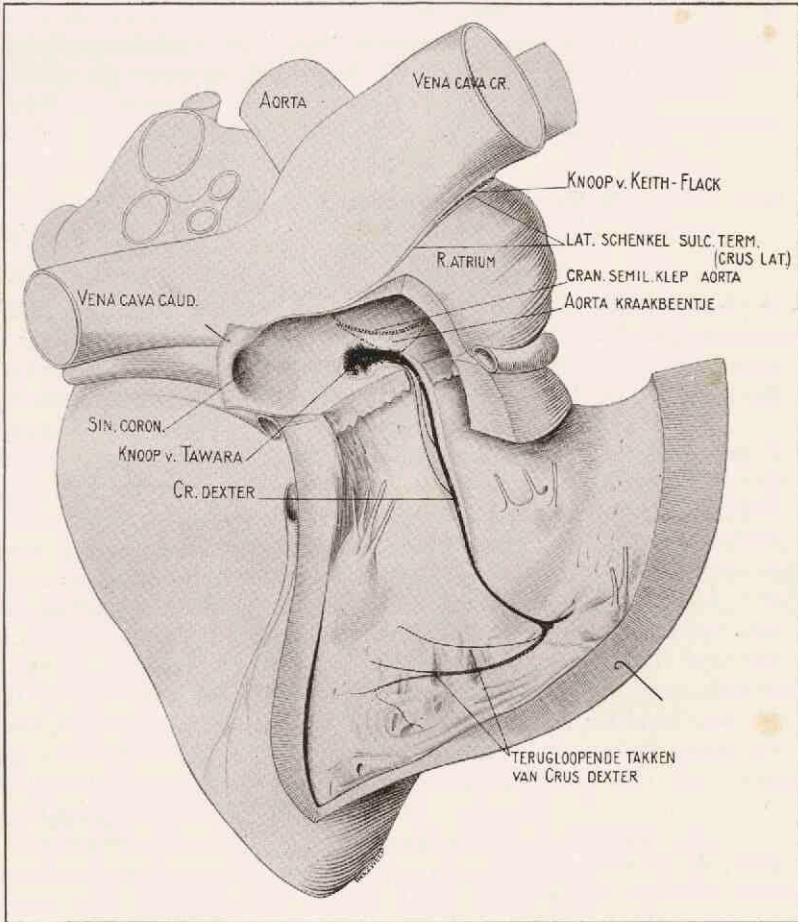


fig. 1. Hart paard. Schema van de ligging van de knoop van Tawara en de loop van crus commune en crus dextrum. In de sulcus terminalis ligt de laterale schenkel van de sinusknoop.

bleven. Dit werd verkregen door het linker atrium aan de linker zijde van het septum atriorum weg te snijden en voorts door een snede aan te brengen evenwijdig aan de sulcus coronarius en daar \pm 2 cm van verwijderd. Bovendien bleven aan het praeparaat nog behoorlijke gedeelten van de vena cava cranialis en caudalis zitten. Teneinde een collabeeren van het atrium te voorkomen werd tijdens de fixatie en het ontwateren door de stijgende alcoholenreeks, het praeparaat met watten opgevuld, waardoor de vorm en de juiste ligging van de diverse deelen behouden bleven.

De 10 - 25 μ dikke seriecoupes werden gekleurd met haematoxyline-van Gieson volgens Weigert.

2. Knoop van Tawara, crus commune, crus dextrum en crus sinistrum.

a. Het paard.

De knoop van Tawara ligt in de mediale wand van het rechter atrium iets cranio-ventraal ten opzichte van de sinus coronarius. Hij wordt bedekt door een dun laagje atriummusculatuur van ongeveer 2 - 4 mm dikte, dat ventraal uitstraalt in de septale klep van de tricuspidalis.

Bij het paard is het onmogelijk om door macroscopisch praepareeren een behoorlijke voorstelling van vorm en uitbreiding van de knoop te verkrijgen. In tegenstelling met wat men bij andere dieren ziet, breidt zich de knoop veel meer plat uit, terwijl hij bovendien wat kleur betreft weinig tegen het hem omgevende bindweefsel afsteekt; dit geeft des te meer moeilijkheden, omdat de knoop wat zijn caudaal deel betreft plat uitgebreid ligt op het bindweefsel van de annulus fibrosus en wat zijn craniaal deel betreft zelfs rondom door het bindweefsel van deze annulus fibrosus omgeven wordt. Op deze laatste bijzonderheid van ligging zal nader teruggekomen worden, wanneer aan de hand van microscopische seriesneden ligging en uitbreiding van de knoop nauwkeurig beschreven zal worden.

Ook het hulpmiddel voor macroscopisch onderzoek, door met Lugol het knoopweefsel te markeeren, laat ons hier in de steek, omdat een betrekkelijk dikke laag atriummusculatuur hem van de oppervlakte scheidt.

Wel kan men macroscopisch vorm en uitbreiding van de knoop bestudeeren wanneer men er in slaagt, hem van het perifere net uit via linker of rechter bundel geinjectieerd te krijgen. Dit gelukte slechts in enkele gevallen. Daarbij werd een eigenaardige waarneming gedaan. Voor de injectie kon men veelal ter plaatse van de knoop van Tawara aan het versch uitgenomen hart typische fibrillaire contracties waarnemen. Liep tijdens een in-

jectie de Gerotavloeistof via crus dextrum of sinistrum in de richting van de knoop, dan traden typische regelmatige en snelle meer totale contracties ter plaatse van de knoop op. Bij sterke vulling schemert de blauwe kleur eenigszins door het de knoop bedekkende spierlaagje van de boezemmusculatuur heen.

Door macroscopisch praepareeren van een dergelijk geïnjectieerd praeparaat kan men al eenigszins een indruk van vorm en grootte krijgen, maar beter kan men vorm, grootte en topografie bestudeeren, wanneer dergelijke praeparaten volgens de methode van Spalteholz doorzichtig gemaakt zijn. Op deze wijze werden een tweetal harten met goed gevolg behandeld. Bij microscopisch onderzoek van de knoop van een ander gelukt injectie-paeparaat bleek, dat de kleurstof zich inderdaad bevond in de Eberth-Belajeffsche ruimten rondom de knoopvezelen. Op de beschrijving van dit microscopische beeld kom ik straks uitvoeriger terug.

In het eene doorzichtige praeparaat is de knoop meer driehoekig en plat (stereophoto 1). In het andere geval iets meer spoelvormig (fig. 3). In fig. 1 is een schematische voorstelling van de knoop gegeven samengesteld uit resultaten van deze doorzichtige praeparaten, aangevuld met wat bij macroscopisch praepareeren na andere gelukte injecties te zien was. In het doorzichtige praeparaat (stereophoto 1) zijn aan de ventrale rand van de knoop enkele fijne uitlooptjes waar te nemen, die in de richting van de musculatuur van de septale klep van de tricuspidalis uitstralen. De caudale rand van de knoop, die naar de sinus coronarius gekeerd is, is in het algemeen scherp begrensd, hoewel ook hier, zooals in stereophoto 1 en fig. 3 duidelijk uitkomt, enkele fijne uitlooptjes in caudale richting te vervolgen zijn. Om eenigszins een voorstelling van de grootte te krijgen zij nog vermeld, dat de knoop in het praeparaat, waarnaar fig. 1 is gemaakt, 14 mm lang is en zijn grootste breedte 13 mm bedraagt. Craniaal ziet men meestal een duidelijke insnoering; op deze plaats gaat de meer platte knoop over in een meer ronde bundel, het crus commune.

Het *crus commune* is bij het paard, vergeleken met het rund, betrekkelijk kort. In het eerste doorzichtige praeparaat bedroeg de lengte 2 mm in het tweede ongeveer 5 mm. Het loopt ongeveer in dezelfde richting als de knoop van Tawara van cranio-dorsaal iets schuin naar cranio-ventraal. Bovendien wijkt het craniaal iets naar rechts af, d.w.z. komt hier meer oppervlakkig ten opzichte van het lumen van het rechter atrium te liggen. Echter is alleen in microscopische seriesneden de juiste ligging van knoop en *crus commune* ten opzichte van de omgevende deelen nauwkeurig te bestudeeren. Hiervoor leende zich

in het bijzonder de celloïdineserie van het totale rechter atrium van den ezel. De loop van het crus commune en de plaats en de wijze, waarop het zich in crus dextrum en sinistrum splitst is hier vooral van belang. In het algemeen vindt men bij de meeste onderzoekers aangegeven, dat het crus commune de annulus fibrosus doorboort om zich vervolgens te deelen in crus dextrum en sinistrum. Een dergelijke voorstelling van zaken is echter niet in overeenstemming met wat in deze serie gevonden werd. De betrekkelijk ingewikkelde topografie van deze deelen laat zich het best bespreken aan de hand van een tekening samengesteld uit enkele opeenvolgende coupes van deze plaats uit de juist genoemde serie (fig. 2).

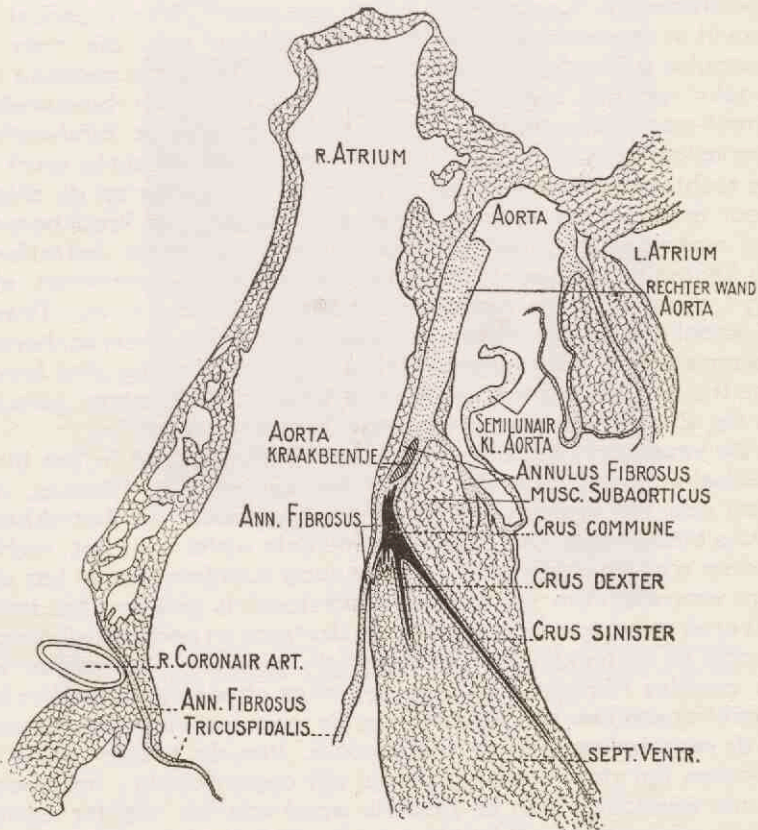


fig. 2. Hart paard. Eenigszins geschematiseerde tekening van een coupe van het rechter atrium en de aangrenzende deelen, loodrecht op de sulcus coronarius, waarin de ligging van het crus commune en zijn splitsing in crus dextrum en crus sinistrum te zien is.

Om dit duidelijk te maken moeten we in de eerste plaats wijzen op het beeld, dat de annulus fibrosus ter plaatse van het septum ventriculorum in dergelijke dwarse coupes toont. In deze tekening zien we de rechter boezem. De mediale wand van de rechter boezem ligt tegen de rechter wand van de aorta, waarvan een tweetal semilunairkleppen aangesneden zijn. Ten slotte is nog een gedeelte van de linker boezem, waarvan het overige gedeelte verwijderd is, zichtbaar. Wat nu de annulus fibrosus ter plaatse van het septum ventriculorum betreft, kunnen we zeggen, dat deze hier wordt gevormd door een tweetal bindweefselstrooken, die een voortzetting vormen van de rechter wand van de aorta. De annulus fibrosus toont hier op een dwarse doorsnede een V vorm waarvan de punt naar boven gericht is, terwijl in de ruimte van de V een spiermassa ligt, die men als musculus subaorticus aanduidt en die het bovenste gedeelte uitmaakt van het septum ventriculorum. De linker bindweefselstrook van deze annulus fibrosus zet zich als de bindweefselgrondslag van de mediale semilunairklep van de aorta voort. In de rechter bindweefselplaat ligt aan de basis, dus op de plaats, waar deze van de rechter aortawand afgaat, een kraakbeentje, het aortakraakbeentje. Voor een juiste orientatie betreffende de ligging van dit aortakraakbeentje zij tevens verwezen naar fig 1, waarin van de rechter harte helft uit, de knoop van Tawara is geteekend en bovendien de ligging van dit aortakraakbeentje schematisch is aangegeven. Het is een sikkelvormig plat kraakbeentje aan de rechterzijde van de basis van de aorta gelegen. In fig. 2 is dit kraakbeentje natuurlijk dwars getroffen.

De vezels van het crus commune liggen ingebed in het bindweefsel van deze rechter strook van de annulus fibrosus, iets meer naar het septum ventriculorum toe, zoodat een betrekkelijk dikke bindweefsellaag ze van de mediale wand van het rechter atrium scheidt en een veel dunnere laag tusschen hen en het septum ventriculorum (musculus subaorticus) is gelegen. Nu splitst het crus commune zich in een crus dextrum en een crus sinistrum. Zooals in de tekening is aangegeven gaat het bindweefsel van de annulus fibrosus mee met de linker en de rechter schenkel, terwijl bovendien bindweefsel van de annulus fibrosus uitstraalt in de septale klep van de tricuspidalis. Van de rechter kant af bekeken ligt deze splitsingsplaats vrij oppervlakkig; het bedekkende spierlaagje van de mediale wand van het rechter atrium is hier namelijk betrekkelijk dun, terwijl het zich voortzet in de septale klep van de tricuspidalis. Zou men deze splitsingsplaats bij het paard van de linker kant uit willen praepareeren, dan zou daartoe de bij dit dier sterk ontwikkelde musculus subaorticus weggenomen moeten worden. Bij den mensch zijn deze deelen

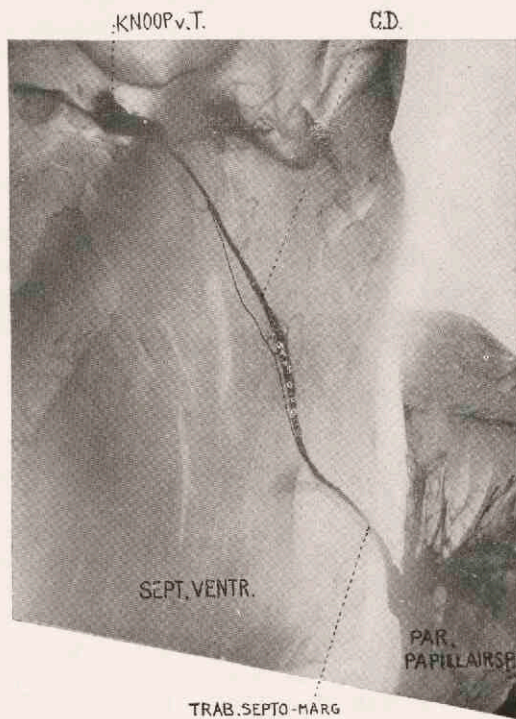


fig. 3. Hart paard. Photo van een gedeelte van een geïnjecteerd en doorzichtig gemaakt praeparaat, waarin de knoop van Tawara, het crus commune en het crus dextrum te zien zijn.

gemakkelijker bereikbaar, omdat hier de splitsingsplaats juist aan de caudo-dorsale rand van het septum membranaceum ligt. Volgens KRÜGER (1924), HOLL (1912) en ZIMMERMANN (1923) komt bij het paard in vele gevallen een septum membranaceum voor. In de ± 50 gevallen, waarin ik dit onderzocht, werd zelfs niet de minste aanduiding van een septum membranaceum gevonden.

In de volgende, meer caudaalwaarts gelegen coupes van de genoemde serie verschijnt de knoop van Tawara. Deze knoop van Tawara is een dun, plat vormsel, zoodat we in deze dwarse coupes slechts een dun laagje knoopvezelen vinden. Wat de ligging van de knoop betreft, blijkt dat ze van het rechter atrium uit bekeken meer oppervlakkig ligt dan het crus commune en in tegenstelling tot deze slechts door zeer weinig bindweefsel van de 2-4 mm dikke spierwand van het rechter atrium gescheiden is. Verder naar achteren sluit ze aan bij het gewone hartspierweefsel, terwijl, zooals uit de beschrijving van de microscopische structuur zal blijken, de knoopvezelen geleidelijk overgaan in de gewone hartspiervezelen. Van het septum ventriculorum is de knoop daarentegen door een veel dikkere bindweefsellaag gescheiden.

Doordat het crus commune in de rechter bindweefselplaat van de annulus fibrosus als het ware met deze meeloopt, daarbij weliswaar allengs meer het septum ventriculorum naderend, en doordat bovendien op de plaats van splitsing in crus dextrum en sinistrum van dit bindweefsel betrekkelijk weinig meer over is, kan van een eigenlijke doorboring van het septum fibrosum door het crus commune niet gesproken worden.

Het crus dextrum maakt met het crus commune een hoek van $\pm 120^\circ$ en loopt in cranio-ventrale richting naar de basis van de bij het paard weinig ontwikkelde voorste septale papillairspier. Hier steekt het met de trabecula septo-marginalis over naar de parietale wand, waar het zich aan de basis van de parietale papillairspier vereenigt met het eindnet (zie fig. 1 en 3). Wat het septale deel van het crus dextrum betreft, zij opgemerkt, dat het bij het paard, vergeleken met b.v. dat van het rund, diep in de musculatuur ligt. Verder naar de oorsprongsplaats van de trabecula septo-marginalis uit het septum toe, komt het meer oppervlakkig en ligt het over een betrekkelijk korte afstand subendocardiaal. Bij behandeling met Lugol treedt dan ook dit subendocardiale gedeelte duidelijk te voorschijn. Ook is van deze plaats uit, vooral na spannen van de trabecula septo-marginalis, het crus dextrum in de richting van de knoop te prae-pareeren. Behalve dat het crus dextrum bij het paard betrekkelijk

diep in de musculatuur ligt, is het ook ten opzichte van het crus dextrum van het rund een betrekkelijk dunne streng met een eigenaardige, glanzende, grijsgrauwe kleur en een doorsnede van ongeveer $1\frac{1}{2}$ - 2 mm. Ondanks de geringe dikte gelukt het niettemin bij het paard toch heel goed, het geheele crus dextrum tot aan de vereenigingsplaats met het crus commune macroscopisch te praepareeren.

De bijzonderheden over zijn loop en vooral over de eventuele afgifte van directe takken aan het septum, kunnen alleen aan praeparaten, waarin opspuiting van de Eberth-Belajeffsche ruimten van het geheele crus dextrum goed geslaagd is, bestudeerd worden. De bundel bestaat dan uit een netwerk van vezelen, dat in zijn proximale deel meer wijde, polygonale en in zijn distale deel, dus naar de trabecula septo-marginalis toe, meer langgerekte, nauwe mazen heeft. Noch door praepareeren, noch in de doorzichtig gemaakte praeparaten werden takken van het septale deel van het crus dextrum gevonden, die zich direct met het eindnet in het septum verbinden. Soms maken zich van de hoofdbundel wel fijne takjes los, die zich echter een eindweegs verder weer met de hoofdbundel vereenigen. Bijzonder fraai ziet men dit in de doorzichtige praeparaten (fig. 1 en 3; stereophoto 1).

Zooals gezegd, steekt het geheele crus dextrum met de trabecula septo-marginalis naar de parietale wand over. Deze trabecula wordt ook wel „moderatorband“ en naar degene die haar het eerst beschreef Leonardo da Vinci'sche band genoemd. Deze trabekel bestaat bij het paard meestal uit een bindweefselstreng. Slechts een enkele maal werd gevonden, dat ze evenals bij het rund een dikke streng was, hoofdzakelijk uit hartspiervezelen bestaande. Het crus dextrum loopt in deze streng meestal aan een zijde en ligt dus in hoofdzaak subendocardiaal. Soms gaat het als een geheel tot aan de basis van de parietale papillairspier om zich daar in het eindnet op te lossen.

In een van de doorzichtige praeparaten werd waargenomen, dat de trabecula septo-marginalis ongeveer $\frac{1}{2}$ cm voor haar aanhechting aan de basis van de parietale papillairspier een teruglopende tak afgaf, die zich in 3 takken splitste, welke zich aan het apicale deel van het septum hechtten (fig. 1). Het crus dextrum gaf een tak af, die langs genoemde weg naar het apicale deel van het septum terugliep om zich daar met het Purkinje-eindnet te verbinden. In andere gevallen werden in de trabecula septo-marginalis naast de vezelen van het crus dextrum Purkinjevezelen gevonden, die een verbinding tot stand brachten tusschen het eindnet van de parietale wand en het septum, doch voor zoover in de doorzichtige praeparaten met loupevergrooting waar-

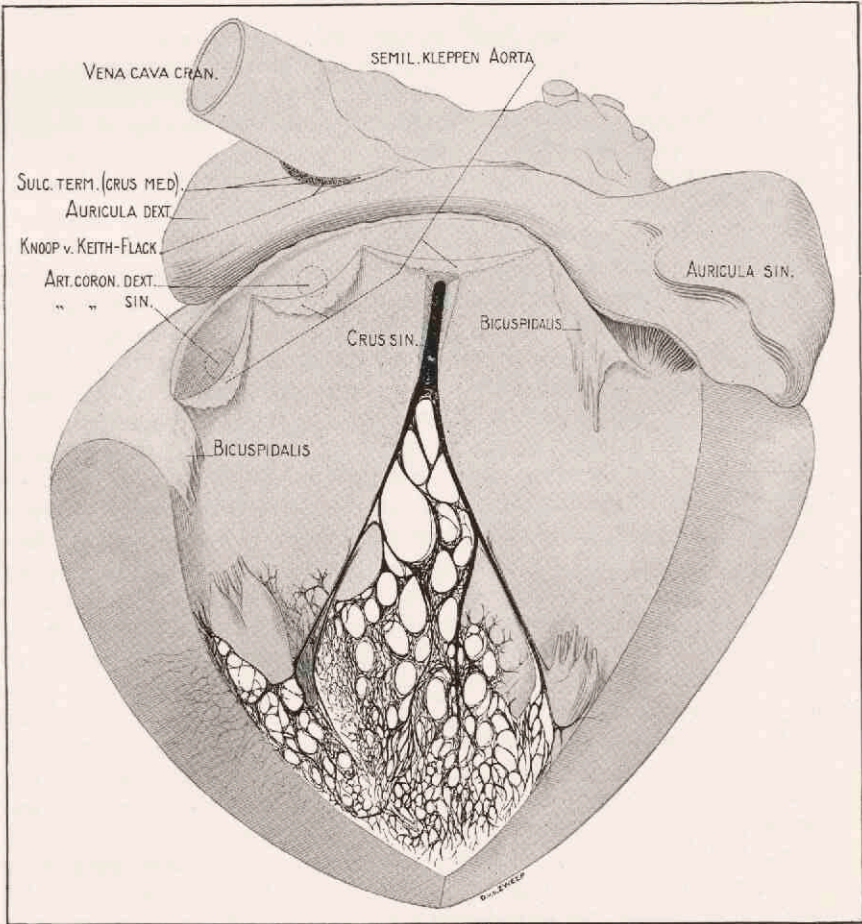


fig. 4. Hart paard. Schema van de loop van het crus sinistru en zijn verbinding met het eindnet.

genomen kon worden, nergens verbindingen met de vezels van het crus dextrum aangingen (in fig. 3 zijn deze nog juist te zien).

Om een indruk van de grootte te geven zij vermeld, dat bij een volwassen Oldenburger paard de lengte van het geheele crus dextrum $11\frac{1}{2}$ cm was. Het septale deel was in dit geval $5\frac{1}{2}$, het trabeculaire deel 6 cm.

Het crus sinistrum verlaat onder een ongeveer rechte hoek het crus commune (stereophoto 1). Van de linker ventrikel uit bekeken, ligt het beginstuk onder de bij het paard zeer dikke musculus subaorticus. Bij macroscopisch praepareeren moet men hier dan ook zeer diep insnijden om hem te bereiken (fig. 4). Heeft men hem op deze wijze gepraepareerd dan ziet men, dat hij ongeveer onder het midden van de rechter semilunairklep te voorschijn komt als een min of meer rond bundeltje van 2 - 3 mm dikte. Aan de ventrale rand van de musculus subaorticus komt het crus sinistrum direct subendocardiaal te liggen. Het is hier platter en breeder en deelt zich onmiddellijk in zijn drie groepen van eindtakken. De wijze, waarop het zich hier splitst, is het best te bestudeeren aan praeparaten, waarin het gelukt is de Eberth-Belajeffsche ruimten van het crus sinistrum vrij volledig met kleurstof gevuld te krijgen en die daarna volgens de methode van Spalteholz doorzichtig gemaakt zijn. Evenals in het crus dextrum zien we ook hier in de injectie-paerparaten, dat de vezelen van het crus sinistrum, voor zoover zij met het bloote oog zijn waar te nemen, netten vormen. Het crus sinistrum geeft voor zijn eindsplitsing in de drie groepen van eindtakken noch in de geïnjecteerde en vervolgens gepraepareerde, noch in de doorzichtig gemaakte praeparaten zijtakken af. Eenmaal kon ook hier waargenomen worden, dat een takje zich van de hoofdbundel afsplitste om er zich een eind verder weer mede te verbinden. Van de drie groepen van eindtakken verbindt de eene zich direct met het eindnet in het septum. De andere twee gaan met de musculi transversari naar de bases respectievelijk van de voorste en de achterste parietale papillairspier, waar ze in het eindnet van de parietale wand overgaan.

De lengte van het crus sinistrum, waaronder verstaan wordt het gedeelte van het crus commune tot aan de splitsing in de drie genoemde groepen, bedraagt bij volwassen dieren van middelmatige grootte gemiddeld $4\frac{1}{2}$ cm. De lengte van de musculus transversus anterior, waarmee de voorste groep van vezelen naar de basis van de voorste papillairspier loopt, is 7 cm. Die van de musculus transversus posterior bedraagt $6\frac{1}{2}$ cm. Bij het paard is dus de voorste musculus transversus steeds een weinig langer dan de achterste.

b. Het rund.

Bij het rund laat zich de knoop van Tawara in het algemeen beter praepareeren dan bij het paard. De topografie van het atrio-ventriculaire systeem is reeds door meerdere onderzoekers beschreven. De knoop ligt grootendeels op het groote hartebeentje (stereophoto II, IVa en IVb). Het crus commune loopt langs de ventrale rand van dit groote hartebeentje (stereophoto II). Het crus sinistrum splitst onder een loodrechte hoek van het crus commune af en loopt bij het volwassen rund, van het rechter atrium uit bekeken, onder het hartebeentje door naar links (stereophoto II, III, IVa). Het crus dextrum gaat nog juist onder de voorste punt van het hartebeentje door en buigt dan in cranio-ventrale richting af (stereophoto II). In tegenstelling met het paard ligt het crus dextrum bij het rund grootendeels subendocardiaal; alleen het beginstuk, onder de septale klep van de tricuspidalis, is door wat spierweefsel bedekt. Deze schenkel komt, kort voordat hij met de trabecula septo-marginalis naar de parietale wand oversteekt, dieper te liggen en wordt in tegenstelling met het paard juist hier door wat musculatuur bedekt.

In praeparaten, waarin het gelukt is de Eberth-Belajeffsche ruimten van het atrio-ventriculaire systeem met kleurstof gevuld te krijgen, zien we evenals bij het paard de knoop reeds blauwachtig door de bedekkende musculatuur heen schemeren. In tegenstelling met het paard kan men het crus commune en dikwijls ook het cranio-ventrale deel van de knoop duidelijk waarnemen, omdat deze deelen bij het rund grootendeels direct subendocardiaal gelegen zijn.

Evenmin als bij het paard konden ook bij het rund de door CUR-RAN beschreven bundels specifieke vezelen, die naast het crus commune met zijn beide takken, het crus dextrum en het crus sinistrum, een directe verbinding van de knoop met de musculatuur van het septum ventriculorum zouden vormen, in geen der geïnjecteerde en daarna gepraepareerde of doorzichtig gemaakte praeparaten worden aangetoond.

Wat de verdere loop van het crus dextrum en de wijze van verbinding met het eindnet betreft, bestaat in wezen volkomen overeenkomst met het paard. Alleen is het geheel eenvoudiger, doordat de trabecula septo-marginalis hier meestal als een enkelvoudige streng, dus zonder afgifte van zijtakken, de basis van de parietale papillairspier bereikt. De trabecula septo-marginalis bevat bij het rund meestal hartspiervezelen. Ook zijn er bij de injectiepraeparaten naast het crus dextrum Purkinjevezelen in te zien, die een verbinding tot stand brengen tusschen het

eindnet van de parietale wand en dat van het septum (stereophoto II), dus teruglopende takken.

In coupes van de trabecula septo-marginalis ziet men deze laatstgenoemde Purkinjevezelen ook dikwijls in de gewone hartspiervezelen van de trabekel overgaan. Doch evenals bij het paard verbinden deze Purkinjevezelen, voor zoover in de doorzichtige praeparaten waargenomen kon worden, zich nergens met de vezelen van het trabeculaire deel van het crus dextrum.

Voor de loop van het crus dextrum en de wijze van verbinding met het eindnet kan verwezen worden naar stereophoto II. In alle geïnjecteerde en vervolgens geprepareerde of doorzichtig gemaakte praeparaten van het rund kon waargenomen worden, dat evenals bij het paard het septale deel van het crus dextrum geen directe verbindingen met het eindnet van het septum bezit. Wel ontsprongen, evenals bij het paard, takjes uit de hoofdbundel om zich een eindweegs verder weer met deze te vereenigen. Bovendien werden aan het perifere deel van het crus dextrum in een geïnjecteerd en doorzichtig gemaakt praeparaat twee slechts 1 - 2 mm lange zijtakjes waargenomen, die plotseling blind eindigden. In de doorzichtige praeparaten was waar te nemen, dat ze in elk geval geen verbinding met het eindnet ter plaatse aangingen en bovendien, dat ze geen typische eindboompjes vormden. Waar deze eindboompjes (die straks nader beschreven zullen worden) steeds gevonden worden op plaatsen, waar Purkinjevezelen in hartspiervezelen overgaan, mag men in het ontbreken van deze vormingen aan de genoemde blind eindigende zijtakjes een aanwijzing zien, dat het geen zijtakjes zijn, die in gewone hartmusculatuur overgaan. Ook WAHLIN, CARDWELL en ABRAMSON hebben dergelijke blind eindigende zijtakjes beschreven. WAHLIN heeft ook microscopisch aangetoond, dat deze zijtakjes inderdaad blind eindigen en geen verbinding met het eindnet of met gewone hartspiervezelen ter plaatse aangaan.

Het crus sinistrum gedraagt zich in hoofdzaak als bij het paard. Voor den loop van het crus sinistrum zij verwezen naar stereophoto III en IVa. Het eenige verschil met het paard, waarop hier gewezen moet worden, is, dat de musculus subaorticus veel geringer ontwikkeld is, waardoor het beginstuk van het crus sinistrum van links gezien over een kortere afstand en ook veel minder diep in de musculatuur verscholen ligt en dus over een langere afstand subendocardiaal gelegen is.

3. Het purkinjet in de ventrikelwanden bij de verschillende onderzochte dieren.

Zonder eenige voorbehandeling kan men bij versche harten van verschillende dieren reeds eenigszins de subendocardiaal gelegen deelen van het eindnet van Purkinjevezelen waarnemen, doordat ze als min of meer grijsgrauwe netwerken door het endocard heen te zien zijn. Vooral bij de herkauwers treden ze vrij duidelijk aan den dag, omdat in het bindweefsel, dat de vezelen van dit netwerk begeleidt, betrekkelijk veel vet voorkomt. Bij het paard daarentegen ziet men deze netwerken veel minder duidelijk, doordat het endocard bij dit dier in het algemeen veel dikker is en het de vezel begeleidende bindweefsel minder vet bevat. Ook wanneer men een versch hart van een varken en een hond opent, ziet men op sommige plaatsen het grijsgrauwe netwerk van de subendocardiale einduitbreidingen van de Purkinjevezelen. Soms zijn ze bij het varken op bepaalde plaatsen extra duidelijk, omdat hier evenals bij het rund vaak veel vet in het bindweefsel van de Purkinjevezelen voorkomt.

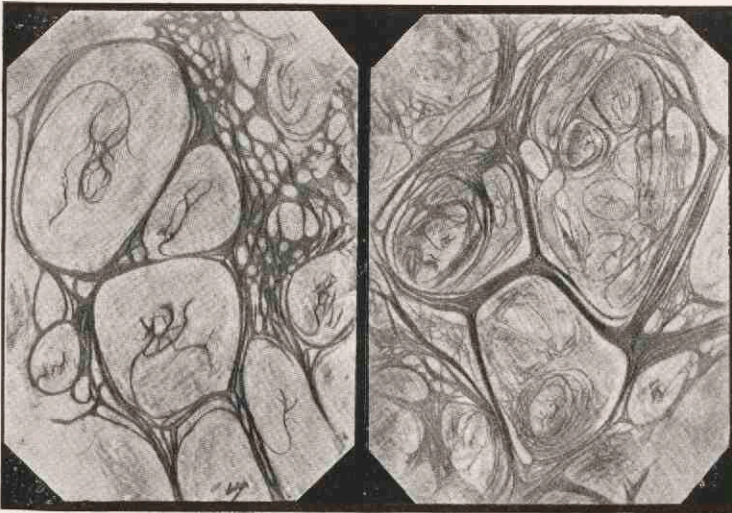
Een behandeling met Lugol doet echter dit subendocardiale netwerk bij alle dieren duidelijk aan den dag treden. De vezelen kleuren zich n.l. met de Lugol donkerbruin, terwijl de gewone hartspiervezelen een meer lichtbruine kleur krijgen. Bij het paard, waar het endocard dikwijls bijzonder dik is, treden deze subendocardiale netwerken duidelijk aan den dag, wanneer men na de behandeling het endocard verwijderd. Met Lugol kan men alleen de subendocardiale netwerken kleuren, maar de dieper in het myocard gelegene niet.

Door injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten van de Purkinjevezelen is men echter in staat behalve de subendocardiaal gelegen uitbreiding ook die in de musculatuur te voorschijn te brengen. Het best gelukt dit steeds bij de herkauwers en dan vooral weer bij het volwassen rund.

Hoewel in de literatuur vermeld wordt, dat met deze methode bij het paard geen of slechts onvolledige resultaten verkregen zijn, gelukte het mij echter bij dit dier, naast de subendocardiaal gelegen einduitbreidingen ook belangrijke deelen van het intramyocardiale eindnet zichtbaar te doen worden. Echter niet in die volledigheid als bij het rund.

Bij het varken gelukte het met deze methode slechts kleine deelen van het eindnet te injectieeren, terwijl ten slotte bij de hond deze methode van onderzoek ons geheel in de steek liet.

De uitbreiding onder het endocard. Op de plaatsen waar het crus dextrum en sinistrum bij het eindnet



Rund

Paard

fig. 5. Photo's van injectiepraeparaten, die de wijze van netvorming van de subendocardiaal gelegen Purkinjevezelen bij rund en paard weergeven.



fig. 6. Hart paard. Photo van de overgang van een Purkinjevezel in gewone hartspiervezelen van de crista terminalis, uit een met Gerotavloeistof geïnjectieerd praeparaat. Door de druk van de geïnjectieerde Gerotavloeistof is de Eberth-Belajeffsche ruimte eenigszins uitgezet, waardoor het eindigen van deze ruimte op de plaats van overgang zeer duidelijk uitkomt. De donkere rand langs de wanden van de ruimte is veroorzaakt door de neergeslagen kleurstof.

aansluiten, zien we, dat deze schenkels zich voorzetten in verschillende takken, die natuurlijk weer uit bundels Purkinjevezelen bestaan. In deze takken vormen de Purkinjevezelen door onderlinge verbinding op dezelfde wijze als in de onvertakte bundel, netwerken, die men de primaire netwerken noemt. Deze takken geven op hun beurt weer zijtakken af, bestaande uit een of meerdere Purkinjevezelen, die zich onderling tot een secundair netwerk verbinden. Op de knooppunten van dit secundaire net kan men meestal duidelijk waarnemen hoe verschillende Purkinjevezelen elkaar kruisen.

Dit subendocardiaal gelegen netwerk is, wat zijn patroon betreft, niet bij alle dieren gelijk, terwijl bovendien vooral de dichtheid op verschillende plaatsen in het zelfde hart verschillend is. In fig. 5 wordt een beeld van dit netwerk op overeenkomstige plaatsen van de onderste deelen van de parietale wanden van de rechter ventrikel van rund en paard weergegeven. Deze plaats is gekozen, omdat het netwerk hier wijdmazig is, waardoor juist hier het karakteristieke van het patroon het duidelijkst aan den dag treedt.

Bij het rund zien we, dat uit de balken van de mazen van het secundaire net zich bundeltjes vezelen los maken, die binnen het gebied van de secundaire maas in z.g.n. eindboompjes overgaan. Deze eindboompjes zijn macroscopisch waar te nemen. Bij microscopisch onderzoek blijkt, dat de takjes ervan in gewone hartspiervezelen overgaan en dat hier de Eberth-Belajeffsche ruimten eindigen. Bij de beschrijving van het microscopisch onderzoek zal hierop teruggekomen worden. In injectiepreparaten is met het bloote oog slechts een betrekkelijk grove boomvormige eindvertakking waarneembaar, omdat de fijnste eindvertakkingen, d.w.z. de Eberth-Belajeffsche ruimten, die de afzonderlijke Purkinjevezelen aan het eind van de vertakking begeleiden zoo niet te zien zijn.

Bij het paard is het patroon van dit subendocardiale net ingewikkelder, omdat de takken, die zich uit het secundaire net vrijmaken, zich niet direct boomvormig vertakken maar eerst nog weer binnen de mazen hiervan een tertiair netwerk vormen. Van de balkjes van dit laatste gaan tenslotte dan de takjes af, die in eindboompjes overgaan (fig. 5). Hierdoor is het subendocardiaal gelegen net bij het paard veel dichter en gecompliceerder.

Op de onderste en middelste deelen van de parietale wanden zijn de mazen van het netwerk in het algemeen het wijdst. Zoowel onder het endocard van het septum en de bases van de pillairspieren als onder het endocard bij de atrio-ventriculaire en semilunaire kleppen van aorta en arteria pulmonalis is het net-

werk in het algemeen veel dichter ; het meest uitgesproken bij het paard. Niet op alle plaatsen onder het endocard is het even duidelijk; onder de kleppen van de ostia atrio-ventricularia en die van aorta en arteria pulmonalis houden, evenals op de toppen van de papillairspieren en in de nabijheid van de subendocardiaal gelegen deelen van crus dextrum en sinistrum deze netwerken op en zijn alleen nog fijne boomvormige eindvertakkingen waarneembaar.

De uitbreiding in het myocard. In praeparaten, waarin de inspuiting met Gerotavloeistof in de Eberth-Belajeffsche ruimten goed gelukte en welke daarna doorzichtig zijn gemaakt, is de geweldige uitgebreidheid van het netwerk van Purkinjevezelen, zoowel in de parietale wand als in het septum, duidelijk waarneembaar. Hiervan geven de stereophoto's III, IVa, IVb en V een goede indruk. Natuurlijk ziet men bij het bekijken van de origineele praeparaten meer details, omdat het fotografieeren ervan in de groote glazen vaten met vloeistoffen veel moeilijkheden met zich meebrengt, terwijl bovendien de netwerken elkaar dikwijls bedekken.

In goed gelukte praeparaten breiden de vezelen zich als een driedimensionaal netwerk regelmatig door de geheele spierwand uit, tot vlak onder het epicardium. Van een rangschikking van de netten in bepaalde lagen, zooals CARDWELL en ABRAMSON dat aangaven, is zeer zeker geen sprake. Ook in dit, in het geheele myocardium regelmatig verspreide net van Purkinjevezelen zien we binnen de mazen de reeds bij het subendocardiale net beschreven eindboompjes, die zelfs tot vlak onder het epicardium reiken.

Uit deze beschrijving van de einduitbreiding van de Purkinjevezelen volgt dus wel, dat het zeker niet juist is om met TAWARA het eindnet op te vatten als een boomvormige vertakking van crus dextrum en sinistrum.

Hoewel, zooals reeds beschreven is, onder het endocardium van een kleine strook direct onder de atrio-ventriculaire en semilunaire kleppen van aorta en arteria pulmonalis en op de toppen van de papillairspieren de Purkinjevezelen ontbreken, komen in het myocardium op deze plaatsen nog wel Purkinjevezelen voor. In de geïnjecteerde praeparaten kunnen we goed vaststellen, dat de Purkinjevezelen in het septum, die in de nabijheid van crus dextrum en sinistrum voorkomen, op deze plaatsen geen directe verbinding hiermee aangaan, m.a.w. dat direct om de rechter en linker schenkel een strookje musculatuur van Purkinjevezelen vrij blijft.

Gelijk reeds is opgemerkt, komt ook in het septum een netwerk voor, dat daarin geheel diffuus verspreid is. Van het voorko-

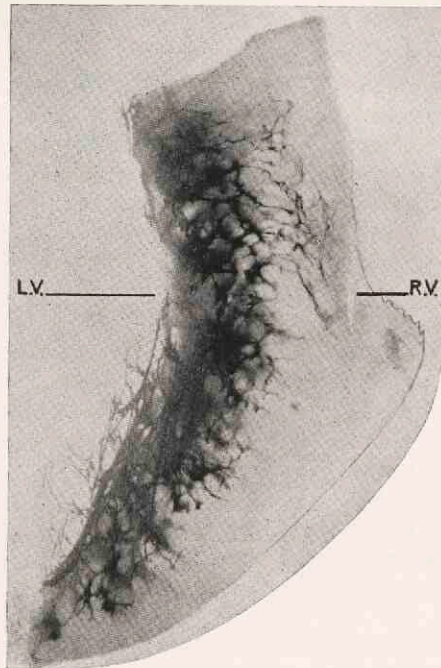


fig. 7. Hart rund. Photo van een dwarse doorsnede door het septum ventriculorum uit een geïnjectieerd en doorzichtig gemaakt praeparaat. De injectie vond plaats vanuit een vezel van het eindnet in de linker ventrikel.

men van een netwerk aan de linker en de rechter zijde, die volkomen van elkaar gescheiden zouden zijn en dus beschouwd zouden moeten worden als afzonderlijke vertakkingen van het crus dextrum en sinistrum, zooals na TAWARA ook de WITT, HOLMES, MEESEN, SANABRIA en anderen zich dat voorstellen, is dan ook geen sprake. Evenals WAHLIN en CARDWELL en ABRAMSON zag ik bij het rund na opspuiting van de linker ventrikel uit, bij het openen van het rechter hart op het septum geïnjecteerde netwerken. Omdat de vloeistof via het crus sinistrum en crus commune (waarbij ook de knoop gevuld was) slechts over een klein gedeelte in het crus dextrum doorgedrongen was, zijn deze netwerken op het septum niet retrograad via crus sinistrum, crus commune, crus dextrum en zijn eindvertakkingen gevuld, maar moeten ze via Eberth-Belajeffsche ruimten door het septum heen opgelopen zijn (interventriculaire verbindingen van WAHLIN).

Stereophoto IVa geeft een dergelijk injectiepraeparaat van links gefotografeerd weer; stereophoto IVb laat hetzelfde van rechts zien. Juist dit hart werd gefotografeerd, omdat na opening van het rechter hart bleek, dat vrijwel over de geheele oppervlakte van het septum aan de rechterkant tot zelfs in de parietale wand toe de Eberth-Belajeffsche ruimten van de Purkinjetten zich gevuld hadden met Gerota. Na doorzichtig maken was duidelijk te zien, dat deze netten door het geheele septum continu met de eindvertakkingen van de linker schenkel samenhangen. In fig. 7 wordt een afbeelding gegeven van een schijfje musculatuur dwars uit het septum gesneden, waar heel duidelijk de Purkinjetten van links tot onder het endocard van de rechter ventrikel te vervolgen zijn.

Ook bij schaaap en geit en in een enkel geval bij het paard gelukte het, de vloeistof door het septum in de Eberth-Belajeffsche ruimten van de Purkinjetten van de rechterzijde van het septum te drijven.

In totaal geïnjecteerde praeparaten van de herkauwers, die zoowel van de linker als van de rechter kant geïnjecteerd waren, kon bij het doorzichtig maken vastgesteld worden, dat de verbinding van linker en rechter helft veel uitgebreider is dan tot nog toe, o.a. door WAHLIN, is aangegeven. Want verre boven de idee van interventriculaire verbindingen uit, kunnen we in dergelijke doorzichtige praeparaten zien, dat in het geheele myocardium zoowel in de parietale wand als in het septum een diffuus Purkinjetnet voorkomt en dat er nergens sprake is van een scheiding in een linker en een rechter helft, maar dat de netwerken niet alleen via septum maar ook over de parietale wanden overal continu samenhangen. Ook

bij het paard, waar zooals reeds gezegd de in het myocardium gelegen netten zich veel moeilijker laten injicieeren, konden toch in sommige gevallen bij inspuiting zoowel van links als rechts uit, praeparaten worden verkregen, waarbij in een gedeelte van de punt van het hart een continuïteit van de netten van linker en rechter helft waargenomen werd. Door de grootte van het object gelukte het niet een behoorlijke overzichtsfoto te maken. In stereophoto V wordt een afbeelding gegeven van een gedeelte van een praeparaat, waar de Purkinjenetten in de voorste papillairspier, een gedeelte van de Purkinjenetten van het septum ventriculorum en de uitbreiding in de diepte van de musculatuur te zien zijn. Op grond van meer resultaten van opspuiten bij het paard mag men aannemen, dat ook bij dit dier de toestand in wezen gelijk is aan die bij de herkauwers.

Om een goede voorstelling van het geheel te geven doet men dan ook beter, niet te spreken van een crus dextrum en sinistrum, die zich vertakken in een rechter en linker eindnet, maar te zeggen, dat er in het geheele myocardium, zoowel van de linker als van de rechter ventrikel, één continu Purkinjenet voorkomt, waarbij het crus dextrum en sinistrum en crus commune de banen zijn waarlangs de verbindingen van dit eindnet met de knoop van Tawara tot stand gebracht worden.

4. De microscopische bouw van verschillende deelen van het atrio-ventriculaire systeem, in hoofdzaak bij het paard.

Het specifieke geleidingsweefsel is niet alleen gekenmerkt door de structuur van zijn bijzondere spiervezelementen, maar bovendien door het feit dat deze laatste overal begeleid worden door Eberth-Belajeffsche ruimten en een betrekkelijk groote hoeveelheid zenuwrijk bindweefsel. Op de vraag of de Eberth-Belajeffsche ruimten al dan niet met platte cellen bij wijze van endotheel bekleed zijn en op de vraag, op welke wijze de zenuwvezelen met de specifieke spiervezelen in verbinding treden, zal niet nader worden ingegaan, omdat dit de opzet van het onderzoek niet is. In het volgende zullen alleen de verschillen in structuur van de specifieke spierelementen van de verschillende deelen van het systeem in hoofdzaak bij het paard beschreven worden.

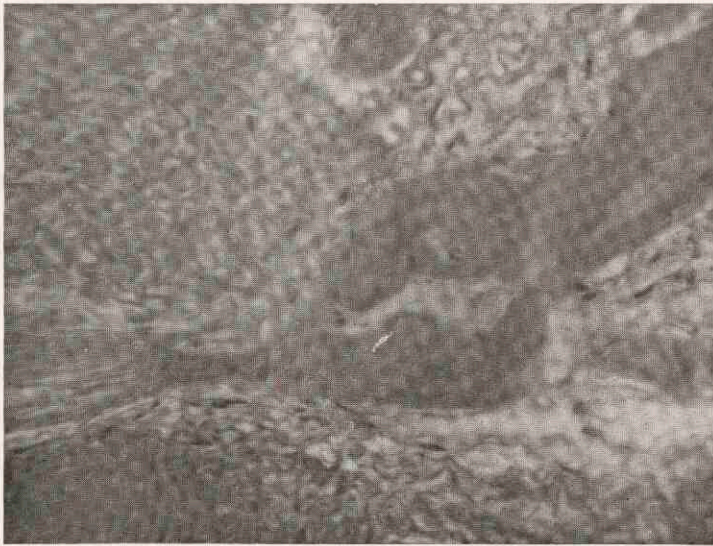


fig. 8. Hart paard. Overgang van een Purkinjevezel van het craniale gedeelte van de knoop van Tawara in enkele eigenlijke knoopvezelen van het caudale gedeelte van deze knoop.

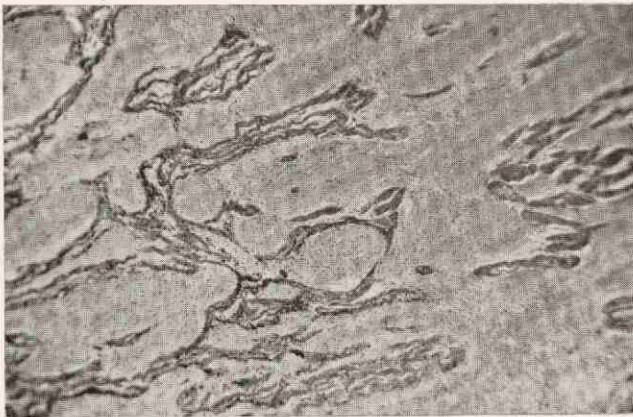


fig. 9. Hart paard. Knoop van Tawara. Glycogeenkleuring volgens Best. De eigenlijke knoopvezelen van het caudale deel van de knoop (linkerzijde photo) hebben zich in dezelfde mate electief rood gekleurd als de Purkinjevezelen van het craniale deel (rechterzijde photo).

In het breede, platte begingedeelte van het atrio-ventriculaire systeem, dat de knoop van Tawara genoemd wordt, kan men microscopisch op grond van de structuur in hoofdzaak twee deelen onderkennen. Het naar de sinus coronarius gekeerde gedeelte is door KOCH e.a. „Vorhofsknoten“ en het meer craniale gedeelte, door dezelfde onderzoekers „Kammerknoten“ genoemd.

Het eerste gedeelte bestaat uit smalle, in veel bindweefsel gelegen, sarcoplasmarijke vezels, die onderling anastomoseeren en een ingewikkeld netwerk vormen (fig. 9). Voor het verkrijgen van een goed inzicht in de structuur van deze vezelen, is het gewenscht naast een gewone kern-plasmakleuring ook een electieve myofibrillenkleuring te doen met behulp van ijzeraluin-haematoxyline. Uit dergelijke praeparaten blijkt in de eerste plaats hoe van verschillende richtingen de vezelen samenkomen; op de knooppunten vindt geen overkruisen plaats maar hangen de vezels onderling protoplasmatisch samen. In de ijzeraluin-haematoxyline-paerparaten komt vooral de grillige loop der duidelijk dwarsgestreepte fibrillen uit, die op de knooppunten in allerlei richtingen oversteken. Ook konden in deze typische fijne knoopvezelen duidelijke glansstreepen waargenomen worden. De kernen zijn, vergeleken met die van de gewone hartspiervezelen, meer kort-ovaal. Op de knooppunten van het net ligt in den regel een kern. Aan de caudale, de caudo-dorsale en ook aan de caudo-ventrale zijde van de knoop wordt het netwerk van vezelen regelmatiger. Ze gaan, hoewel ze nog wel onderling anastomoseeren en zelfs op sommige plaatsen nog wel een knooppunt vormen, meer evenwijdig aan elkaar loopen. In deze richtingen neemt de hoeveelheid bindweefsel, dat de vezel omgeeft, geleidelijk af, de vezelen worden dikker, het aantal fibrillen neemt toe; de loop van deze laatste wordt regelmatiger, waardoor de dwarse streeping van de vezels duidelijker te voorschijn treedt. Dit gedeelte, waar we een geleidelijke overgang in gewone hartspiervezelen zien, is door sommige onderzoekers wel eens het beginstuk van de knoop genoemd.

In het craniale, dus naar het crus commune gekeerde gedeelte, de „Kammerknoten“ van KOCH, zijn bij het paard de vezelen veel dikker, terwijl ze met de gewone kern-plasmakleuringen een meer cellige segmentatie vertoonen. Zoowel in dergelijke coupes als in ijzeraluin-haematoxyline-paerparaten gelijken ze, behalve dat ze wat kleiner zijn, volkomen op de Purkinjecellen van het eindnet. De Purkinjecellen gaan hier in meer rijen naast elkaar liggen, waardoor men hier al de vorming van typische Purkinjevezelen krijgt (fig. 8, 9 en 11).

Deze Purkinjevezelen loopen eerst wat meer geslingerd, terwijl ze in de richting van het crus commune een meer gestrekt verloop aannemen. Zij verbinden zich onderling doordat celrijen van de eene vezel naar de andere oversteken. In dit craniale deel van de knoop en in het crus commune vormen ze aanvanke-lijk een vrij wijdmazig netwerk, dat in het crus dextrum en sinistrum en het eindnet meer langgestrekt wordt, zoodat de Purkinjevezelen meer evenwijdig aan elkaar loopen. Hier be-staan zij bovendien in het algemeen slechts uit een of enkele celrijen, terwijl ze in het crus dextrum en sinistrum meest uit meer celrijen (6-7) zijn samengesteld. In het eindnet vindt men er zelfs 30 en meer tot een Purkinjevezel vereenigd. De Purkinje-cellen van het paard zijn in het algemeen, zelfs vergeleken met die van het rund, bijzonder groot. Vooral in haemaluin-eosine-en Weigertsche haematoxyline-van Gieson-praeparaten laten ze groote vacuolen zien (fig. 10 en 15). Zeer typisch is het fibrillenverloop in de Purkinjecellen, dat vooral in ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten aan den dag treedt (fig. 10). De myofibrillen loopen niet zoo grillig in alle richtingen als in de eigenlijke knoop, maar zijn in hoofdzaak gegroepeerd in twee systemen, waarvan het eene meer randstandig, het andere meer axiaal ge-legen is. De meeste liggen randstandig en laten in hoofdzaak een spiraalvormige loop om de lengteas van de cel zien. De meest tot bundels vereenigde, axiaal gelegen fibrillen zijn in den regel wat dikker, toonen een duidelijke dwarse streeping en loopen zuiver in de lengterichting of hebben een meer diagonaal verloop. Op de plaatsen waar in een celrij, b.v. in haemaluin-eosine-praeparaten, een soort celgrens (segmentatiegrens) op-treedt, blijkt in ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten, dat de fibrillen continu van het eene segment in het andere doorloopen. Dikwijls zien we, dat op deze plaatsen de perifeer gelegene naar de as van de vezel buigen, elkaar daar kruisen om in het volgen-de segment weer aan de periferie van de tegenoverliggende zij-de verder te loopen. Bovendien is de vezel op deze plaatsen iets ingesnoerd.

Uit bovenstaande beschrijving blijkt dus, dat, wat de verschil-lende deelen van het atrio-ventriculaire systeem betreft, er alleen werkelijk structuurverschil bestaat tusschen de spier-vezelementen van het caudale deel van de knoop eenerzijds en de rest van het atrio-ventriculaire systeem anderzijds. In het caudale deel van de knoop (Vorhofsknoten) zien we de knoop-vezelen in engeren zin, terwijl in de rest van het systeem, dus in het craniale deel van de knoop (Kammerknoten), crus com-mune, crus dextrum en crus sinistrum de spiervezelementen, afgezien van een gering verschil in grootte, geheel overeenkomen

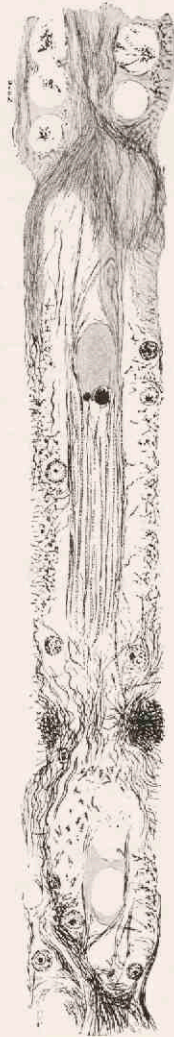


fig. 10. Hart paard. Teekening van enkele Purkinjecellen uit de trabecula septo-marginalis. Kleuring : ijzeraluin haematoxyline.

met de Purkinjevezelen van het eindnet. Het is dan ook niet gewenscht om, zooals o.a. ZIMMERMANN en TODD dit doen, de vezelen van alle deelen van het atrio-ventriculaire systeem Purkinjevezelen te noemen, omdat althans bij het paard belangrijke verschillen tusschen eigenlijke knoopvezelen en Purkinjevezelen bestaan.

Wat betreft de microscopische contrôle van de verschillende deelen van het atrio-ventriculaire systeem in praeparaten, waarin de Eberth-Belajeffsche ruimten met Gerotavloeistof gevuld waren, kan in de eerste plaats opgemerkt worden, dat overal, waar op grond van het type van het netwerk, dat te voorschijn trad, vermoed werd, dat hier Purkinjevezelen aanwezig zouden zijn, in de microscopische coupes bleek, dat dit inderdaad het geval was. Door deze microscopische contrôle mocht dus aangenomen worden, dat overal waar in de doorzichtige praeparaten deze netten gevonden werden, we te doen hadden met Purkinjevezelen begeleidende Eberth-Belajeffsche ruimten. Door verdamping van de aether vindt men de kleurstofkorreltjes overal neergeslagen langs de wanden van deze ruimten, die door de druk bij de injectie bijzonder uitgezet zijn.

Op de plaats, waar de Purkinjevezel overgaat in een gewone hartspiervezel, eindigt de Eberth-Belajeffsche ruimte. Juist in injectiepraeparaten valt dit blinde einde van de Eberth-Belajeffsche ruimte zoo duidelijk op, omdat vooral dit einde door de druk van de geïnjecteerde vloeistof min of meer ballonvormig uitgezet is (fig. 6). Nooit werd in de praeparaten waargenomen, dat de geïnjecteerde kleurstof zich aan het einde van deze ruimten langs de aansluitende hartspiervezelen verbreid had. Was er een ruptuur in de wand ontstaan en had de kleurstof zich in het omgevende weefsel verbreid, dan werd deze ruptuur nooit aan het einde maar steeds ervoor gevonden.

Uit het microscopische beeld van een goed geïnjecteerde knoop blijkt, dat ook hier de kleurstof aanwezig is in gepraeformeerde, de knoopvezelen begeleidende, ruimten. Deze Eberth-Belajeffsche ruimten rondom de knoopvezelen staan natuurlijk in continue verbinding met die van het perifere eindnet, daar ze van hieruit geïnjecteerd zijn (fig. 11).

Niet steeds was, zooals reeds macroscopisch vermoed werd, de geheele knoop geïnjecteerd, maar soms beperkte zich de vulling tot het craniale gedeelte (de Kammerknoten). Bij andere meer volledige injecties echter werden zowel de Eberth-Belajeffsche ruimten van het caudale gedeelte (Vorhofsknoten), dus die rondom de typische knoopvezelen, als die van het craniale gedeelte met Gerotavloeistof gevuld.

Typische einden op de plaats van overgang van knoopvezelen in hartspiervezelen, op de wijze, zooals ze voor het eindnet van de ventrikel beschreven zijn, werden hier nooit gevonden. Nooit kwam kleurstof voor rondom de vezelen, die als het ware een overgang vormen tusschen de typische knoopvezelen en de eigenlijke hartspiervezelen van het atrium. Of dan ook inderdaad de Eberth-Belajeffsche ruimten ophouden op de plaats, waar de typische structuur van de knoopvezel verloren gaat, kon daarom niet met zekerheid worden uitgemaakt.

Hoewel verscheidene auteurs op grond van het microscopisch beeld van injectiepraeparaten van het rund van meening zijn, dat daar, waar de vloeistof niet verder doorgelopen is, de Eberth-Belajeffsche ruimte eindigt, ben ik van meening, gezien hun beschrijvingen en afbeelding (LHAMON), dat het ook hen niet gelukt is, hier een werkelijk typisch einde, zooals men ze ziet bij de overgang van een Purkinjevezel in de musculatuur van de ventrikel, aan te toonen.

In het algemeen is men het er wel over eens, dat althans bij de hoefdieren de Purkinjevezelen zeer rijk zijn aan glycogeen. Ook bij het paard bleek in Best-paeparaten, dat ze zich zeker electief laten kleuren ten opzichte van de gewone hartspiervezelen van atrium en ventrikel. Wel vindt men in het algemeen meer glycogeen in hartspiervezelen van het atrium dan in die van de ventrikel.

In de knoop van Tawara kon bij het paard in de Best-paeparaten geen opvallend verschil in glycogeengehalte tusschen het craniale gedeelte (Kammerknoten) en het caudale gedeelte (Vorhofsknoten) gevonden worden. Ook de knoopvezelen in engeren zin van het caudale gedeelte van de knoop bevatten meer glycogeen dan de gewone spiervezelen van het atrium.

Althans wat het paard betreft wordt niet de meening van ASCHOFF, NAGAYO, KOCH e.a. gedeeld, die aangeven, dat bij hoefdieren (ze baseeren deze meening n.l. op het onderzoek van harten van herkauwers) in Best-paeparaten een scherpe grens te voorschijn treedt tusschen de glycogeenrijke Kammerknoten en de glycogeenarme Vorhofsknoten. In fig. 9 is een photo weergegeven van een Best-paeparaat waaruit blijkt, dat de Purkinjecellen van het craniale gedeelte van de knoop dezelfde tint hebben als de vezelen van het caudale gedeelte van de knoop, een afbeelding die geheel in strijd is met de klassiek geworden afbeelding van ASCHOFF (1910).

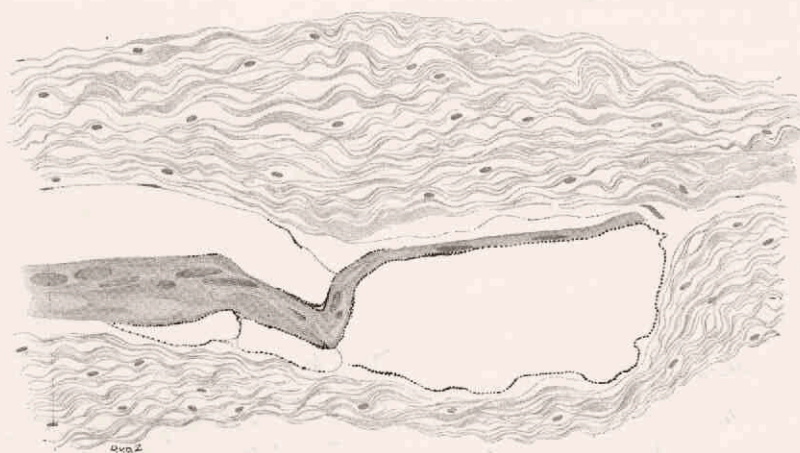


fig. 11. Hart paard. Teekening van een overgang van een Purkinjevezel van het craniale gedeelte van de knoop van Tawara in een knoopvezel van het caudale gedeelte van deze knoop, waarbij de Eberth-Belajeffsche ruimten geïnjectieerd waren. De genoemde ruimte bevindt zich zowel om de Purkinjevezel als om de eigenlijke knoopvezel.

HOOFDSTUK II
HET SPECIFIEKE WEEFSEL VAN DE ATRIA
A. LITERATUUROVERZICHT

1. De knoop van Keith-Flack.

Door de onderzoekingen van WENCKEBACH (1906-'07) werd de aandacht gevestigd op de anatomie van het inmondingsgebied van de vena cava cranialis in het rechter atrium. Dit gebied is, zooals volgens hem uit de onderzoekingen van HIS en BORN reeds blijkt, ontogenetisch te beschouwen als een derivaat van de sinus venosus. Volgens WENCKEBACH is bij den mensch de musculatuur van deze sinus venosus, ter plaatse van de sulcus terminalis, gescheiden van de musculatuur van het rechter atrium. In deze sulcus vindt hij steeds veel vet en bloedvaten. Een bundel spiervezelen echter, die nog steeds naar dezen onderzoeker de Wenckebachsche bundel wordt genoemd, overbrugt het caudale deel van de sulcus terminalis en vormt volgens hem de eenige musculieuze verbinding tusschen de sinus venosus en het eigenlijke atrium. Hij vergelijkt de sulcus terminalis met de sulcus coronarius en de juistgenoemde spierbundel met de bundel van His. Bedoelde spierbundel zou ook dezelfde functie hebben als de atrio-ventriculaire bundel en de tusschen sinus venosus en atrium voorkomende geleidingsstoornissen zouden hun oorzaak vinden in pathologische veranderingen in deze bundel.

KOCH (1909) geeft aan, dat behalve door de bundel van Wenckebach de musculatuur van sinus venosus en rechter atrium ook nog door andere, meer naar voren gelegen spierbundels, die alleen microscopisch waarneembaar zijn, wordt verbonden. Bovendien is volgens hem deze Wenckebachsche bundel in lang niet alle gevallen duidelijk aanwezig, en is het ook onjuist deze bundel op een lijn te stellen met de bundel van His, omdat deze laatste compact is, steeds door veel bindweefsel van de omgevende musculatuur gescheiden is en uit specifiek spierweefsel bestaat, terwijl de Wenckebachsche bundel daarentegen uit talrijke meer of minder dikke bundels gewone hartspiervezelen is

opgebouwd, die evenals de andere hartspiervezelen slechts door weinig bindweefsel omgeven zijn.

Ook KEITH en FLACK (1907) kwamen op grond van hun onderzoek van harten van den mensch en talrijke dieren tot de conclusie, dat WENCKEBACH slechts een deel van de musculatuur, die de sinus venosus en het atrium verbindt, heeft beschreven. Craniaal van de Wenckebachsche bundel vinden ze ter plaatse van de sulcus terminalis weer gewone hartspiervezelen, die een verbinding van sinus venosus-gebied en atrium tot stand brengen. Bovendien vestigen ze er de aandacht op, dat hier bijzondere spiervezelen voorkomen, die, ingebed in veel bindweefsel, in structuur overeenkomen met de vezels van de knoop van Tawara. Ze zeggen hiervan „the nodal fibres are cross-striated, fusiform, arranged in a plexiform manner.“ De juiste ligging ervan is volgens hen in de sulcus terminalis lateralis, iets caudaal van de cava-hartoor-hoek. Deze bijzondere spierformatie is later de sinusknop of, naar deze onderzoekers, de knoop van Keith-Flack genoemd. Ook wijzen zij op de eigen bloedvoorziening van deze knoop en de groote hoeveelheid zenuwweefsel, die men hier vindt. Zij beschouwen dit knoopweefsel bij de zoogdieren als een restant van het specifieke weefsel, dat ze vonden op de sinu-auriculaire grens van de door hen onderzochte lagere dieren. Huns inziens ontstaat normaliter in dit specifieke weefsel de impuls voor de hartcontractie.

Wat de topographie van de knoop betreft, is KOCH (1909, 1911, 1914, 1922) de eerste geweest, die hiervan een nadere beschrijving geeft. Bij den mensch ligt volgens hem de sinusknop in de laterale schenkel van de sulcus terminalis, als een onregelmatig spoelvormig lichaam. De sulcus terminalis is de reeds door WENCKEBACH beschreven groeve, die lateraal het sinus venosus-gebied van het atrium scheidt en van de hoek van de vena cava cranialis naar caudo-ventraal in de richting van de inmonding van de vena cava caudalis loopt. Wat de vorm van de knoop betreft, onderscheidt hij een breed kopgedeelte, dat in de laterale sulcus ligt, ongeveer $1\frac{1}{2}$ cm caudaal van de cava-hartoor-hoek, en een zich van hier verder caudaalwaarts uitstreckende smallere stam, die op zijn beurt zich tot een staartgedeelte verdunt. Enkele uitloopers daarvan zijn tot ongeveer halverwege de lengte van de sulcus naar caudo-ventraal te vervolgen. Naar de andere zijde zijn volgens hem van het kopgedeelte uit nog dunne vezelen te vervolgen tot de cava-hartoor-hoek. In sommige uitzonderingsgevallen kunnen zij er zich om heen uitstrekken tot in de mediale schenkel van de sulcus terminalis. Ook nadat, zooals straks zal blijken, andere

onderzoekers een veel grootere uitbreiding van knoopweefsel in de mediale sulcus terminalis hadden aangegeven, blijft KOCH (1922) bij zijn oorspronkelijke bevinding, dat knoopweefsel in de mediale sulcus terminalis slechts in uitzonderingsgevallen en in geringe mate is te vinden. Bij den mensch ligt de knoop grotendeels subepicardiaal. Alleen het caudale deel wordt hier aan de epicardzijde overbrugd door de Wenckebachsche bundel, terwijl ze van het endocard overal gescheiden wordt door de spiervezellaag, die van de sinus venosus naar het atrium oversteekt. In het centrum van de knoop vindt hij bij den mensch steeds een groot bloedvat, waaraan men zich bijzonder goed kan orienteeren. In het de knoop bedekkende subepicardiale bindweefsel ziet ook hij veel zenuwweefsel.

SCHWARTZ (1911) beschrijft voor het eerst de topographie van de sinusknop bij dieren, n.l. bij rund en schaaap. De sinusknop is bij deze dieren V-vormig en bestaat uit een laterale en een mediale tak, die craniaal aan de voorrand van de inmonding van de vena cava in het rechter atrium met elkaar verbonden zijn. De laterale tak is het gedeelte, dat door KEITH en FLACK en KOCH bij den mensch als sinusknop is beschreven. Hij volgt de loop van de sulcus terminalis en eindigt evenals bij den mensch halverwege deze sulcus. De mediale tak, die hij voor het eerst beschrijft, ligt ter plaatse van de mediale schenkel van de sulcus terminalis. Op enkele plaatsen reikt volgens hem de knoop van endo- tot epicard en vormt hier de eenige musculuze verbinding tusschen sinus venosus en atrium. De laterale schenkel is naar zijn einde, zoowel aan zijn endocardiale als aan zijn epicardiale zijde door gewoon hartspierweefsel omgeven, terwijl de mediale schenkel over zijn geheele loop subepicardiaal gelegen is. De laatste is bij het schaaap een plat strengetje, dat eindigt aan de inmondingsrand van een kleine vene, die direct in de boezem uitmondt. De juiste ligging van deze vene geeft hij echter niet aan. Bij het kalf vormt ze meer een rond strengetje, dat langzamerhand dunner wordt en op een zelfde wijze als bij het schaaap eindigt.

Voorts beschrijft hij een breede bundel gewone hartspiervezelen, die zich min of meer isoleert van de mediale wand van het linker atrium en, zelfstandig verder loopend, zich vervolgens vertakt in een ventrale en een dorsale bundel, die naar het rechter atrium gaan. De ventrale, meer platte vereenigt zich met de musculatuur van de mediale wand van het rechter hartoor. De dorsale, meer kegelvormige loopt subepicardiaal en dorsaal van de mediale tak van de sinusknop naar cranio-dorsaal, waar hij zich vereenigt met de musculatuur van de mediale wand van de sinus venosus. Deze bundel brengt zijns inziens een innig

contact tusschen de sinusknop en de musculatuur van het linker atrium tot stand. Ook SCHWARTZ vindt, dat in het subepicardiale bindweefsel de knop bedekt is door veel zenuwen en gangliencellen.

Aan deze publicatie van SCHWARTZ is weinig aandacht besteed; uit een beschrijving van de topographie van de sinusknop door een aantal Italiaansche onderzoekers (PACE, BRUNI, SEGRE, CHIODI) blijkt, dat ze het werk van SCHWARTZ niet kenden.

Volgens PACE (1924, 1929) bestaat bij het schaap de knop uit een lateraal deel (noeud sinusal I), het oorspronkelijk door KEITH en FLACK beschreven deel, dat lateraal in de sulcus terminalis ligt en een mediaal deel (noeud sinusal II), dat, zooals hij het uitdrukt, langs de tegenovergestelde wand van de cavotriale trechter opklimt, de loop van een andere sulcus, korter dan de sulcus terminalis, volgend. Het mediale deel eindigt bij het septum interatriale. Ook in zijn publicaties van 1911 en 1919 zegt hij reeds mediaal knopweefsel gezien te hebben maar hij heeft toen nooit zooals SCHWARTZ de topographie aangegeven. Ook STIENON (1926, 1930) geeft aan, dat de sinusknop bij het schaap zich niet alleen uitstrekt in het laterale, maar ook in het mediale deel van de sulcus terminalis.

BRUNI (1924) beschrijft de ontwikkeling en de volwassen toestand van de knop bij het rund. Eerst is de aanleg van de knop een knobbel in de dorsale wand van de sinus venosus. Langzamerhand ziet hij de definitieve toestand ontstaan, waarbij de knop hoefijzervormig om de hoek tusschen vena cava en harteoor grijpt en zich zoowel mediaal als lateraal in twee schenkels splitst. Lateraal vormt de eene schenkel een korte conische uitlooper, die subepicardiaal ligt; de andere is langer, ligt subendocardiaal en eindigt halverwege de sulcus terminalis, waar ze van het epicard gescheiden wordt door de Wenckebachsche bundel. Van de twee mediale schenkels ligt de korte meer subepicardiaal, terwijl de lange subendocardiaal gelegen is en tot in het septum atriorum te vervolgen is, waar ze zich zoowel met de musculatuur van het linker als van het rechter atrium verbindt. De korte subepicardiale tak geeft een uitlooper af, die dorsaal in de wand van de vena cava loopt.

CHIODI (1932), die de topografie van de sinusknop van 29 verschillende zoogdieren onderzocht, vindt bij enkele dieren (paard, varken, schaap en geit) twee sinusknoopen, een rechter en een linker. Bij het rund vindt hij evenals BRUNI, dat rechter en linker deel één geheel vormen. Ditzelfde is het geval bij buffel, dromedaris en gazelle. Bij de egel ligt alleen links in de onmiddellijke nabijheid van het septum atriorum knopweefsel.

Bij hond, kat, vos, konijn, leeuw, beer en aap bevindt zich de knoop rechts in de sulcus terminalis. Links vindt hij bij deze dieren in het septum interatriale een netwerk van gewone hartspiervezelen.

SEGRE (1926) stelt naar aanleiding van de publicaties van BRUNI en PACE een onderzoek in bij den mensch. Volgens hem bestaat de sinusknop hier uit een linker en een rechter schenkel. Bij de volwassen mensch zijn deze deelen slechts door enkele vezelen met elkaar verbonden. Bij kinderen ontbreekt deze verbinding. De vezelen van de linker schenkel gaan in de musculatuur van de sinus venosus en het rechter atrium over; de rechter schenkel loopt naar het septum atriorum en de vezelen daarvan verbinden zich zoowel met het spierweefsel van linker als rechter atrium. Deze verbindingsvezelen ontwikkelen zich volgens SEGRE pas na de geboorte. Op grond van deze morphologie vindt hij het verklaarbaar, dat door een klein proces in de verbindingsvezelen de boezems onafhankelijk van en na elkaar kunnen contraheeren, waardoor een verdubbeling in de P top van het electrocardiogram ontstaat.

Ook BLAIR en DAVIES (1935) vermelden, dat bij mensch en rund de knoop zich verder naar mediaal uitstrekt dan door vele onderzoekers wordt aangenomen. Zij hebben echter alleen het craniaal gelegen deel van de hoefijzervormige sinusknop onderzocht, zoodat ze niet aangeven waar de mediale en laterale schenkel eindigen.

Volgens SANABRIA (1936), die kort geleden nog de topografie van de sinusknop van den mensch bestudeerde, komt daar allèen het laterale deel voor; in sommige gevallen zijn de knopvezelen een eindweegs naar mediaal te volgen, waar ze zich verbinden met de musculatuur ter plaatse. Hij vindt deze zelfde toestand bij schaaap en konijn.

Ook bij het paard, het dier waar mijn eigen onderzoek over loopt, zijn de meeningen over de topografie van de sinusknop zeer verdeeld.

COHN (1913) vermeldt in aansluiting aan het werk van SCHWARTZ, dat ook bij het paard de knoop een V vorm heeft en ook hier dus een mediale schenkel voorkomt, die volgens hem korter maar volumineuzer is dan de laterale schenkel. ZIMMERMANN (1923) beschrijft de sinusknop bij het paard als volgt: hij heeft de vorm van een sikkel en ligt, grootendeels bedekt door veel vet, in de laterale sulcus terminalis tot in de hoek tusschen vena cava en harteoor. Centraal, soms iets excen-trisch, ligt volgens hem een groote arterie. De knoop is $3\frac{1}{2}$ cm lang, 1 cm breed, 3 mm dik. In het voorste deel, dus in de hoek tusschen vena cava en harteoor liggen de vezelen

grootendeels direct subepicardiaal. Caudaalwaarts, in de sulcus terminalis, dringen ze geleidelijk in het spierweefsel, dat de knoop van het endocard scheidt en liggen ze ten slotte subendocardiaal. SEGRE (1926) vindt bij het paard steeds een apart linker en rechter deel. De verbindingsvezelen, die hij bij den volwassen mensch vindt, ontbreken hier. CHIODI (1932), die ik reeds even noemde, vermeldt bij het paard evenals SEGRE ook twee sinusknoopen. De rechter knoop ligt in de sulcus terminalis lateralis en strekt zich ook links een eindweeg uit, daarbij de loop volgend van een groote arterie. Zij reikt van epi- tot endocard. De linker ligt meer oppervlakkig langs de dorsale rand van de fasciculus interauricularis horizontalis. Ook bij het paard vindt men volgens deze onderzoekers in het subepicardiale bindweefsel, dat de knoop bedekt, veel zenuwvezelen en gangliencellen. Op de ruime bloedvoorziening wordt ook steeds de aandacht gevestigd. Terwijl ZIMMERMANN in het centrum, soms iets excentrisch, de groote arterie ziet, geeft COHN aan, dat men bij het paard nooit zooals bij den mensch een groote arterie vindt, maar dat eenige kleine vaatjes in de knoop en in de directe nabijheid daarvan loopen.

De structuur van de knoop werd, zooals reeds gezegd, voor het eerst door KEITH en FLACK (1907) beschreven en komt volgens deze onderzoekers in veel opzichten overeen met de structuur van de knoop van Tawara. De eveneens fijne, in veel bindweefsel gelegen, sarcoplasmarijke vezels vormen ook hier een zeer gecompliceerd netwerk. De weinige onregelmatig in de vezel loopende fibrillen toonen een duidelijke dwarse streeping. De talrijke, meestal langgerekte, spoelvormige kernen liggen in het axiale protoplasma. Terwijl een groep van onderzoekers, o.a. TANDLER (1913), KOCH (1922), MÖNCKEBERG (1921) en WALMSLEY (1929), aan het dwarsgestreept zijn van de knoopvezelen bij den mensch twijfelt, wordt door latere onderzoekers - vooral door BURIAN - aangegeven, dat, mits met daartoe geschikte kleurmethode onderzocht, de fibrillen een duidelijke dwarse streeping laten zien. Ook BLAIR en DAVIES (1935) vermelden, dat de fibrillen in de knoopvezelen bij den mensch en ook bij het rund duidelijk dwarsgestreept zijn.

Dat de dwarse en ook de overlangse streeping in de knoopvezelen minder goed uitkomt dan in de hartspiervezelen, vindt volgens BURIAN zijn oorzaak in het geringe aantal en de onregelmatige loop van de fibrillen in de vezel. Bij het rund ziet vooral BRUNI (1924) een duidelijke dwarse streeping. Volgens CHIODI (1932), die steeds van een „rete di Purkinje“ spreekt, wanneer hij

het over knoopvezelen heeft, is er ook bij het paard een duidelijke dwarse streeping. Volgens ZIMMERMANN (1923) zou de dwarse streeping van de fibrillen in de bij het paard buitengewoon fijne, 10 - 15 μ dikke vezels „kaum merklich“ zijn. In zijn werk van 1924 geeft hij aan, dat dwarse streeping ontbreekt. COHN (1913) zegt, dat de knoopvezelen, die bij het paard in verhouding dikker zijn dan bij de andere dieren, ook een minder uitgesproken overlangse en dwarse streeping toonen.

ASCHOFF en NAGAYO (1908) vermelden, dat bij het paard, rund, schaap en varken de vezelen van de knoop van Keith-Flack in tegenstelling met de vezelen van de knoop van Tawara meer glycogeen bevatten dan de hartspiervezelen van sinus venosus en atrium, die op hun beurt weer glycogeenrijker zijn dan die van de ventrikelmusculatuur. KOCH (1910-1922) bevestigt dit voor rund en schaap, LA FRANCA (1922) voor het schaap. SCHWARTZ (1911) daarentegen vindt, dat in harten van schapen de knoopvezelen minder glycogeen bevatten dan de omliggende hartspiervezelen. Bij den mensch verkreeg KOCH (1922), zijns inziens ten gevolge van onvoldoend versch materiaal, slechts geringe resultaten met zijn onderzoek op glycogeen gehalte. SEGRE (1926) vermeldt, dat in harten van foeten van den mensch in de 9de maand het glycogeen gehalte van de boezemspiervezelen hooger is dan van de knoopvezelen. Bij het paard vindt ZIMMERMANN (1923) evenals NAGAYO, dat de knoopvezelen een hooger glycogeen gehalte hebben dan de omliggende hartspiervezelen.

Volgens de meeste onderzoekers (KEITH en FLACK, KOCH, PACE, BRUNI, CHIODI, SEGRE, SANABRIA, COHN, ZIMMERMANN, BURIAN, NAGAYO, MÖNCKEBERG e.a.) gaan de knoopvezelen over in gewone hartspiervezelen. Andere onderzoekers, tot zelfs in latere tijd, ontkennen dit. Zoo bijv. WAKEFIELD en CHANDLER (1924), die zelfs een bindweefsel scheiding aannemen. SCHWARTZ (1911) spreekt zich zeer vaag uit. Hij zag in zijn praeparaten nooit met zekerheid een sinusknopvezel overgaan in een hartspiervezel. Toch neemt hij aan, dat er een „innige Beziehung“ tusschen deze beide bestaat. Tenslotte merkt WALMSLEY in 1929 nog op, dat nog nooit met zekerheid een directe overgang van een knoopvezel in atriummusculatuur is aangetoond. Weer anderen geven een overgang van knoopvezelen in Purkinjevezelen aan. Zoo gaan volgens THOREL de knoopvezelen alleen over in Purkinjevezelen, die zooals straks beschreven zal worden, volgens hem een heel systeem vormen, dat de knoop van Tawara met de knoop van Keith-Flack verbindt. Overgangen in gewone hartspiervezelen vindt THOREL nooit. Ook ROMEIS (1914) constateert een overgang van sinusknopveze-

len in Purkinjevezelen. BLAIR en DAVIES (1935) zien in coupes van materiaal van mensch en rund de sinusknopvezelen zich direct voortzetten in gewone spiervezelen van aangrenzende deelen van het eigenlijke atrium en de sinus venosus. Bij het rund gaat volgens deze onderzoekers een deel der knopvezelen over in Purkinjevezelen, die ze in het rechter atrium vinden, en die op hun beurt weer in gewone hartspiervezelen in het rechter atrium overgaan. Terwijl ze afbeeldingen geven van de overgang van een knopvezel in een hartspiervezel en van die van een Purkinjevezel uit het rechter atrium in een gewone hartspiervezel, ontbreekt een afbeelding van de overgang van knopvezelen in Purkinjevezelen van het rechter atrium.

De onderzoekers, die ook het mediale deel van de knop onderzocht hebben, geven in het algemeen aan, dat de structuur van dat mediale deel dezelfde is als van het laterale deel. SCHWARTZ (1911) echter merkt op, dat de vezelen van de knop bij het schaap in de laterale schenkel een meer wijdmazig, mediaal een compacter netwerk vormen. SEGRE (1927) vindt in de linker tak bij den mensch naast typische knopvezelen een netwerk, dat meer op een Purkinjenet lijkt, maar uit kleinere elementen is samengesteld.

Sommige onderzoekers vermelden verschillen in de structuur van de sinusknop bij den mensch en de verschillende dieren. KOCH (1909 en 1911) merkt op, dat bij de hond de hoeveelheid bindweefsel geringer is, terwijl ook de vezelen zich niet zoo scherp onderscheiden van de omgevende musculatuur als bij den mensch en de verder onderzochte dieren (rund, schaap en kat). PACE (1924), die behalve materiaal van den mensch ook materiaal van schaap, geit en varken onderzocht, geeft aan, dat in het algemeen bij de Ungulaten de knopvezelen veel meer van de gewone hartspiervezelen verschillen dan bij den mensch. Volgens dezen onderzoeker komt de structuur van de knopvezelen in wezen overeen met die van de Purkinjevezelen. Het duidelijkst zien we dit bij het varken. Hier zijn de vezelen zeer sarcoplasmarijk en bezitten een typische perifere contractiele zone, geheel analoog aan de vezelen van de bundel van His.

Het werk van CHIUDI (1932) vraagt de aandacht wegens de structuurverschillen, die hij bij verschillende dieren beschreven heeft. Volgens hem vormen bij de hond en het konijn de vezelen een veel compacter netwerk dan bij de door hem onderzochte Perisso- en Artiodactyla. Nog wijdmaziger dan bij laatstgenoemde is het netwerk bij kat en leeuw. Bovendien hebben bij de eerstgenoemde dieren de fibrillen in de vezels geen dwarse streeping, terwijl bij de andere de dwarse streeping weer zeer duidelijk is.

2. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium.

Zij, die het eerst hiervan melding maken, strekken hun onderzoek alleen over materiaal van den mensch uit. Juist bij den mensch zijn in het algemeen de verschillende deelen van het specifieke weefsel moeilijk als zoodanig te herkennen en verschillen vooral de Purkinjevezelen in het aspect weinig, althans veel minder dan bij de hoefdieren, van de gewone hartspiervezelen, zoodat eigenlijk voor een dergelijk onderzoek de mensch m.i. het minst geschikt is. Daaraan is het dan ook te wijten, dat de beschrijvingen zoo uiteenlopend zijn en men het zelfs over de principieele vraag of er al dan niet Purkinjecellen in het atrium voorkomen, niet eens is.

SCHÖNBERG (1908) vindt Purkinjecellen bij den volwassen mensch in de bundel van Wenckebach en in eenige andere fijne spierbundels, die volgens hem met elkaar de eenige verbindingen tusschen sinus venosus en atrium vormen.

THOREL (1908, '09, '10) ziet op zeer verschillende plaatsen in het rechter atrium vezels, die hij voor Purkinjevezels houdt. Ze bestaan n.l. uit cellen, die in rijen achter elkaar gerangschikt zijn en in de praeparaten, gefixeerd met Flemming en gekleurd met Heidenhain'sche haematoxyline-van Gieson, dezelfde structuur bezitten als de Purkinjecellen van de ventrikel. Ook zijn ze evenals deze Purkinjecellen zeer rijk aan glycogeen, wat hem bleek uit Best-praeparaten. De typische Purkinjevezelen vindt hij alleen bij den volwassen mensch. Bij kinderen komen jeugdvormen voor. De differentiatie tot gewone Purkinjecellen blijft vaak zeer lang uit en hierin moet volgens hem de oorzaak gezien worden, dat bij den volwassen mensch het aantal Purkinjevezelen in de boezem dikwijls zoo buitengewoon verschillend is. Deze jeugdvormen beschrijft hij als bleeke cellen met een homogeen, slecht gekleurd sarcoplasma, waarin de eveneens meest bleek gekleurde ronde of hoekige kernen liggen. Hij vermeldt, dat deze Purkinjevezelen tot banen gerangschikt zijn. Ze vormen een systeem waarin bundels van verschillende richtingen samen komen. Dit systeem vormt volgens THOREL in wezen een verbinding tusschen de sinus- en de atrio-ventriculaire knoop.

Hij beschrijft dit systeem als volgt: Bundels Purkinjevezelen in de craniale cava-wand komen, voordat de vena cava cranialis in het atrium uitmondt, tot een reeds macroscopisch in de cava-wand waarneembare verdikking samen. Deze verdikking noemt hij de kop van de sinusknop. Van deze plaats dringen bundels Purkinjevezelen in de, in de sulcus terminalis gelegen, staart en het lichaam van de sinusknop. Hier gaan ze, gedeel-

telijk op verschillende hoogten, over in de fijne vezels van deze deelen van de knoop. Sommigen doortrekken waarschijnlijk de geheele knoop zonder in een typische knoopvezel over te gaan. Aan de staart treden dan Purkinjevezelen uit, die als een bundel in de richting van de inmonding van de vena cava caudalis loopen. Op deze plaats vereenigen ze zich met andere bundels, die eensdeels komen uit het caudale deel van de wand der vena cava en via de Wenckebachsche bundel deze plaats bereiken, anderdeels afkomstig zijn uit de wand van het rechter harteoor. Bovendien vereenigen zich met deze bundel kortere bundels, afkomstig uit de omgevende deelen van de atriummusculatuur. Langs de laterale inmondingsrand van de vena cava caudalis loopt ze boogvormig in de richting van de sinus coronarius. Oorspronkelijk (1908-'09) geeft THOREL zeer positief aan, dat hier een verbinding met de knoop van Tawara tot stand komt. In een daarop volgende publicatie (1910) zegt hij, dat hij bij nader bestudeeren van zijn praeparaten twijfelt of er hier werkelijk wel een dergelijke verbinding is. Wel ziet hij in de omgeving van de sinus coronarius Purkinjevezelen, maar deze gaan over in gewone hartspiervezelen.

Naast dit vrij constant voorkomende systeem, dat soms slecht ontwikkeld is (zijns inziens als gevolg van een nog niet voldoende differentiatie van de jeugdvormen), komen volgens hem ook op andere plaatsen, maar minder constant, Purkinjevezelen voor. Zoo zag hij bundels Purkinjevezelen in het septum atriorum, die soms ook in de richting van de sinus coronarius loopen. Ook vindt hij, dat van wat hij noemt de kop van de sinusknop af, bundels in de richting van het linker atrium gaan. In het linker atrium ziet hij ze bovendien nog rondom de inmonding van de pulmonaalvenen en daar waar de aanhechting van het linker harteoor plaats vindt. Waar de vezelen van het zoo juist beschreven systeem door veel bindweefsel omgeven zijn, missen de op constante plaatsen voorkomende bundels de bindweefselomhulling, met uitzondering van de bundels in het harteoor en het proximale deel van de vena cava. Hij kan deze op constante plaatsen voorkomende bundels dan ook alleen op grond van de structuur van de cellen als Purkinjevezelen herkennen.

Zoals beschreven is, ging hij ook in 1910 zelf aan een verbinding met de knoop van Tawara twijfelen. Toch wordt hiermee in de na dien tijd verschenen literatuur dikwijls geen rekening gehouden en spreekt men van de Thorelsche baan, waaronder dan op grond van de in 1908/'09 verschenen publicaties een verbinding door specifieke vezelen van de sinusknop en de atrio-ventriculaire knop wordt verstaan.

Vanzelfsprekend trokken deze publicaties van THOREL zeer

de aandacht en hebben talrijke onderzoekers, tot op den huidigen dag toe, bij hun onderzoek van het specifieke weefsel in het hart de bevindingen van THOREL op hun waarde getoetst.

Ook TANDLER (1913) vermeldt, dat er in de atriumwand van den volwassen, gezonden mensch Purkinjevezelen voorkomen. Evenals THOREL ziet hij ook, dat ze gedeeltelijk wel en gedeeltelijk niet door typisch bindweefsel omhuld zijn. Hij vindt ze alleen bij volwassen menschen. Bij kinderen ziet hij op de plaatsen, waar bij de volwassenen regelmatig Purkinjevezelen voorkomen, cellen, die opvallen door hun protoplasmarijkdome, dus overeenkomen met de door THOREL beschreven jeugdvormen. Hij treft de Purkinjevezelen vooral aan rondom de inmonding van de groote venen - vena cava cranialis, vena cava caudalis en de sinus coronarius - en in het septum atriorum. Bovendien vermeldt hij, dat bundels Purkinjevezelen rechter en linker atrium verbinden. Hoewel hij in de directe nabijheid van de sinusknop en de knoop van Tawara groote ophooping van Purkinjevezelen vindt, gelukt het hem niet een overgang van Purkinjevezelen in knoopvezelen vast te stellen.

Ook in de publicaties van FREUND, ROMEIS en HEDINGER vinden we het voorkomen van Purkinjevezelen in de rechter boezem van den mensch vermeld. FREUND (1912) ziet ze vooral in de buurt van de sinus coronarius, maar ze treden noch met de vezelen van de knoop van Tawara noch met gewone hartspiervezelen in verbinding. Wel opmerkelijk is, dat ze steeds liggen in de buurt van veel ganglien en zenuwvezelen. ROMEIS (1914) treft Purkinjevezelen in de directe omgeving van de sinusknop aan, zoowel fibrillenrijke als fibrillenarme. De in deze laatste aanwezige groote holten beschouwt hij als schrompelingsproducten. Genoemde Purkinjecellen staan volgens hem in verbinding met de sinusknop. HEDINGER (1910) vindt de Purkinjevezelen vooral in de sulcus terminalis, in de bundel van Wenckebach en op enkele andere plaatsen in de wand van vena cava en atrium.

Ook WALMSLEY (1929) beschrijft vezels in het rechter atrium van den volwassen mensch, die in alle opzichten overeenkomen met de Purkinjevezelen uit de ventrikel. Hij ziet ze o.a. in de sinus coronarius in de directe nabijheid van de knoop van Tawara. Of ze zich verbinden met de vezelen van deze knoop heeft hij niet kunnen uitmaken. Verder ziet hij ze rond de laterale inmondingsrand van de vena cava caudalis, daar, waar het septum atriorum zich vereenigt met de achterwand van de rechter boezem.

Zeer opvallend zijn de conclusies, waartoe WINGATE TODD komt bij zijn onderzoek van het rechter atrium van mensch en hond. Deze onderzoeker neemt aan, dat in het rechter atrium

zeker Purkinjecellen voorkomen, zelfs in een uitbreiding als in de ventrikelwand. Als karakteristiek voor zijn opvatting is het volgende overgenomen uit zijn artikel in het handboek van COWDRY (Special Cytology, 1932) : „The Purkinje system forms a network throughout the heart just as fully permeating the atrium as it does the ventricles. The model DE WITT (1909) of the ramifications in the ventricle may be taken as an illustration also of the far reaching character of Purkinje fibres in the atrium. There is no part of the right atrium which is devoid of Purkinje fibres.“

TAUSSIG (1931) vindt in de wand van de sinus venosus en in het rechter atrium van den mensch Purkinjecellen, die overgaan in de sinusknopvezelen.

De opvattingen van THOREL en de andere genoemde onderzoekers zijn vooral bestreden door KOCH, ASCHOFF, MÖNCKEBERG, FAHR en later ook door BENNINGHOFF, NOMURA en IDA, SEGRE en SANABRIA. Volgens hen hebben eerstgenoemde onderzoekers zich vergist met de vooral in de boezemmusculatuur voorkomende, sarcoplasmarijke, gewone hartspiervezelen, die bovendien dikwijls door meer bindweefsel omgeven zijn. Deze sarcoplasmarijke, maar volgens hen gewone, hartspiervezelen komen vooral voor bij oudere menschen. Zoo vermeldt MÖNCKEBERG, dat in een door hem onderzocht hart van een 100-jarige man de boezemmusculatuur vrijwel geheel uit dergelijke sarcoplasmarijke spiervezelen bestond. Bovendien komen deze in groote hoeveelheid voor bij pathologische toestanden. KOCH (1922) geeft aan, dat hij in harten van patienten met chronische arytmie heele bundels sarcoplasmarijke vezels omgeven door veel bindweefsel vond. Wil men ze wegens het aspect van de cellen als deelen van het specifieke geleidingsweefsel beschouwen, dan dient men volgens deze onderzoekers aangetoond te hebben, dat deze deelen evenals de reeds erkende deelen (sinusknop en atrio-ventriculair systeem) met het hen omgevende bindweefsel, zenuwen en bloedvaten, één aaneengesloten, in ieder hart terug te vinden systeem vormen.

FAHR (1910) maakt er op opmerkzaam, dat waar THOREL e.a. zeggen, dat bij kinderen de Purkinjecellen in de boezem niet als zoodanig gedifferentieerd zijn, in de ventrikel bij kinderen de Purkinjevezelen wel reeds duidelijk voorkomen. In seriecoupes van het rechter atrium ziet hij de vezelen van de knoop van Tawara overgaan in gewone hartspiervezelen. Van een voortzetting van specifiek weefsel in de richting van de sinusknop vindt hij niets. Ook ASCHOFF (1910) is van meening, dat de in het rechter atrium beschreven Purkinjevezelen niets anders zijn dan gewone hartspiervezelen. Hij is het dan ook niet eens met THOREL. Volgens ASCHOFF spreekt THOREL zich zelf bovendien herhaal-

delijk tegen, terwijl ook THOREL's beschrijving volgens hem zoo gecompliceerd is, dat de bedoeling van het geschrevene hem niet altijd duidelijk is. BENNINGHOFF (1930) sluit zich bij deze opvatting aan. Ook de Purkinjecellen, die beschreven zijn om de inmonding van de venae pulmonales, zijn volgens hem sarcoplasmarijke, gewone hartspiervezelen. NOMURA en IDA (1928) vinden evenmin een verbinding tusschen de knoopen van Keith-Flack en Tawara. Dat, wat er voor aangezien is, zijn volgens hen pathologisch veranderde gewone hartspiervezelen. Ook volgens SEGRE (1926) en SANABRIA (1936) komen in het rechter atrium van den mensch geen Purkinjevezelen voor.

Naast den mensch was het ook gewenscht bij de dieren het eventueel voorkomen van Purkinjevezelen in de boezem te bestudeeren.

Reeds ASCHOFF (1910) merkt op, dat dit moeilijk is, omdat de verschillen tusschen het door THOREL beschreven systeem van Purkinjevezelen en gewone hartspiervezelen zoo weinig aan den dag treden. Daarom heeft ASCHOFF dit bij het kalf bestudeerd. In zijn volgens Best gekleurde praeparaten ziet hij de glycogeenrijke knoopvezelen in gewone hartspiervezelen overgaan. Nergens ziet hij in de verbinding tusschen sinusknopvezel en hartspiervezel Purkinjevezelen ingeschakeld, die volgens hem bij het rund toch zoo gemakkelijk door hun glycogeenrijkdom te herkennen zijn. Ook ziet hij bij dit dier geen specifieke verbinding tusschen de knoopen van Keith-Flack en Tawara. Hij vindt in de boezem van het kalf slechts een geïsoleerd groepje Purkinjecellen in het septum atriorum ter plaatse van de fossa ovalis.

SCHWARTZ (1911) kan in seriecoupes van schaap en rund geen specifieke verbinding tusschen de knoopen van Keith-Flack en Tawara aantoonen. Van belang is wat hij opmerkt over het voorkomen van Purkinjevezels. Bij het schaap ziet hij sarcoplasmarijke cellen, die eenigszins doen denken aan Purkinjecellen, maar die kleiner zijn en ook minder glycogeen bevatten. Bij het rund vindt hij evenwel cellen, die in alle opzichten op de Purkinjecellen uit de ventrikel gelijken. Ze liggen in eenvoudige of meer samengestelde bundels direct onder het endocard van de musculi pectinati van het rechter harteoor en eindigen onder het endocard van het diepste punt van de crista terminalis. Ze liggen ingesloten in het subendocardiale bindweefsel. Soms gaat een vezel onder geleidelijk verlies van zijn structuur over in direct onder het endocard gelegen hartspiervezelen.

Hoewel PACE in 1911 vermeldt, dat hij bij het varken in het rechter harteoor direct onder het endocard Purkinjevezelen aantrof, die niet in verbinding treden met de knoop van Keith-Flack,

geeft hij in latere werken van hem aan, dat er bij het schaap geen Purkinjevezelen in het rechter atrium voorkomen en komt hij nergens meer, ook niet in zijn samenvattend referaat van 1924, op zijn publicatie van 1911 terug.

KEITH en MACKENZIE (1910) komen bij een onderzoek van harten van verschillende dieren tot de conclusie, dat tusschen de knoopen van Tawara en Keith-Flack geen specifieke verbindingen bestaan en dat beide knoopen afzonderlijke autonome centra zijn.

HOLMES (1921) heeft, wat de zoogdieren betreft, microscopisch alleen bij het kalf in het rechter atrium typische Purkinjevezelen gevonden.

DAVIES (1930) vindt bij vogels, dat bij de sinusknoopvezelen Purkinjevezelen aansluiten, die zich zoowel in het rechter als in het linker atrium uitbreiden en evenals in de ventrikel tot diep in de musculatuur te vervolgen zijn. Bij het rund hebben BLAIR en DAVIES (1935) Purkinjevezelen beschreven, die aan de eene kant samenhangen met de vezelen van de knoop van Keith-Flack, aan de andere kant overgaan in gewone hartspiervezelen.

SANABRIA (1936) onderzocht naast dat van den mensch het harteoor van schaap en konijn op het voorkomen van specifiek weefsel, naar aanleiding van de mededeeling van RYLANT, dat onder het endocard van het harteoor gespecialiseerde elementen, die in dienst zouden staan van het automatisme van het hart, zouden voorkomen. Door experimenten was het hem n.l. gebleken, dat deze plaatsen zich physiologisch gedragen als de knoopen van Keith-Flack en Tawara en de bundel van His. Hij vond hier echter nergens banen van Purkinjevezelen.

Betreffende het *paard*, waarover mijn onderzoek in hoofdzaak gaat, vindt men alleen een mededeeling van ZIMMERMANN (1923), die vermeldt, dat bij dit dier geen Thorelsche baan voorkomt. Hij rept in het geheel niet over een voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium, wat te verwonderen is, omdat zooals uit mijn onderzoek zal blijken, juist bij dit dier de Purkinjevezelen zoo gemakkelijk en zoo duidelijk zijn aan te toonen.

Na mijn voorloopige publicatie (Juni 1937) over het voorkomen van Purkinjecellen in het rechter atrium van het paard, verschenen er van GOORMAGHTIGH (Oct. 1937) en PANNIER (Febr. 1938) mededeelingen, waarin Purkinjecellen in het rechter atrium van de kat beschreven worden.

Terwijl GOORMAGHTIGH alleen de aanwezigheid van Purkinjecellen in het rechter atrium vermeldt, geeft PANNIER bovendien een beschrijving van hun localisatie. Hij geeft aan, dat in een serie van het hart van de kat, gekleurd volgens de

trichoom methode een tweetal bundels van Purkinjevezelen te zien zijn, welke omgeven zijn door een bindweefsel-scheede.

Bij de eene bundel kon hij geen verband met de knoop van Keith-Flack aantoonen. De tweede bundel daarentegen vormt als het ware een voortzetting van de knoop van Keith-Flack en ontspringt hieruit in de hoek tusschen vena cava en harteoor. Van hieruit wendt deze bundel zich naar caudaal en naar binnen, loopt onder het endocard van de achterwand van de rechter boezem en eindigt in de directe omgeving van het septum atriorum. Hij eindigt hier dus vlak bij de knoop van Tawara, maar een directe verbinding met de knoop heeft PANNIER niet kunnen aantoonen.

Door deze publicatie wordt de oude opvatting van THOREL, dat er specifieke musculatuur van de knoop van Keith-Flack in de richting van die van Tawara zou gaan, weer naar voren gebracht.

B. EIGEN ONDERZOEK

1. Materiaal en techniek.

In hoofdzaak werd materiaal van het paard onderzocht. Dit was afkomstig van normale volwassen slachtdieren en werd onmiddellijk na den dood uitgenomen. Bovendien waren we in de gelegenheid materiaal van tijdens de geboorte gestorven veulens te onderzoeken. Ook bij het onderzoek naar het voorkomen van Purkinjevezelen in het atrium werd weer gebruik gemaakt van de behandeling met Lugol; tevens werden op de reeds beschreven wijze de Eberth-Belajeffsche ruimten van deze vezels geïnjectieerd. Om de verbreiding in de diepte te leeren kennen werd een aantal praeparaten na injectie macroscopisch geprepareerd, terwijl een achtal volgens de methode van Spalteholz doorzichtig werd gemaakt. Voor dit onderzoek werd het rechter atrium van de ventrikel afgenomen door een snede in de sulcus coronarius. Het linker atrium werd verwijderd door een snede ter linkerzijde van het septum atriorum. De ventrale zijde van het harteoor werd ingesneden van de sulcus coronarius tot aan de punt van het harteoor.

Microscopisch onderzoek was ook hier noodig, om na te gaan of de vezelen van het netwerk, dat met Lugol gekleurd werd, werkelijk Purkinjevezelen waren en tevens om te zien, of de zich met Gerotavloeistof vullende ruimten inderdaad de bij de Purkinjevezels behorende Eberth-Belajeffsche ruimten waren. Voor dit doel werden verschillende stukjes uitgenomen. Die, welke moesten dienen voor contrôle van de Lugolbehandeling werden na fixatie met formaline ingesloten in paraffine, terwijl het met Gerota geïnjecteerde materiaal in hoofdzaak in celloïdine werd ingesloten. De stukjes werden gedeeltelijk evenwijdig aan het endocard, gedeeltelijk loodrecht hierop gesneden, om de Purkinjevezelen zooveel mogelijk in verschillende richtingen te treffen. De coupes werden gekleurd eensdeels met haematoxyline-van Gieson volgens Weigert, anderdeels met ijzeraluinhaematoxyline-van Gieson.

Tevens was microscopisch onderzoek noodig om na te gaan, of naast de macroscopisch aantoonbare netwerken ook elders

in de atriumwand wellicht nog Purkinjevezelen zouden voorkomen en om de uitbreiding en de structuur van de sinusknop te bestudeeren. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de reeds onder „materiaal en techniek van het atrio-ventriculaire stelsel“ vermelde celloïdineserie van het totale rechter atrium.

Om vooral de verbreiding van de sinusknop en eventueele aansluiting op het gevonden Purkinjenet te kunnen bestudeeren, werden bovendien enkele series gemaakt van de sulcus terminalis en aansluitende deelen van de sinus venosus en het eigenlijke atrium. Hiervoor werd eerst het uitgenomen stuk in enkele segmenten gesneden ;

- serie a werd na fixatie in formaline in paraffine ingebed en gekleurd met Weigertsche haematoxyline-van Gieson ;
- serie b werd gefixeerd in de vloeistof van Carnoy en ingesloten in paraffine ; de praeparaten werden om de ander gekleurd met ijzeraluin-haematoxyline-van Gieson en met de kleurstof van Best ;
- serie c was materiaal, waarbij de Eberth-Belajeffsche ruimten met de vloeistof van Gerota waren geïnjectieerd. Na fixatie in formaline werd het uitgenomen stuk in twee deelen ingesloten in celloïdine en gekleurd met Weigertsche haematoxyline-van Gieson.

Omdat de volgens Best gekleurde coupes van serie b niet aan de verwachtingen voldeden, werd materiaal van de sulcus terminalis en omgeving van twee gezonde slachtpaarden genomen. Dit materiaal werd direct na den dood op het abattoir in Carnoy gefixeerd, ingesloten in celloïdine en vervolgens gekleurd volgens Best.

Om de bij het paard verkregen resultaten te kunnen vergelijken, werd materiaal van rund, varken, schaap en geit met de Lugol-methode onderzocht, en het resultaat microscopisch gecontroleerd.

2. De knoop van Keith-Flack bij het paard.

De knoop van Keith-Flack (sinusknop) ligt ter plaatse van de sulcus terminalis, die de grens vormt tusschen de sinus venosus en het eigenlijke atrium. *)

Van de hoek tusschen vena cava cranialis en harteoor af loopt deze sulcus aan de laterale zijde - sulcus terminalis la-

*) Hoewel in het gebied, dat onder de sulcus terminalis gelegen is, ontogenetisch ook deelen van het oorspronkelijke sinus venosus-gebied opgenomen zijn, zal dit geheel toch maar gemakshalve als het eigenlijke atrium betiteld worden.

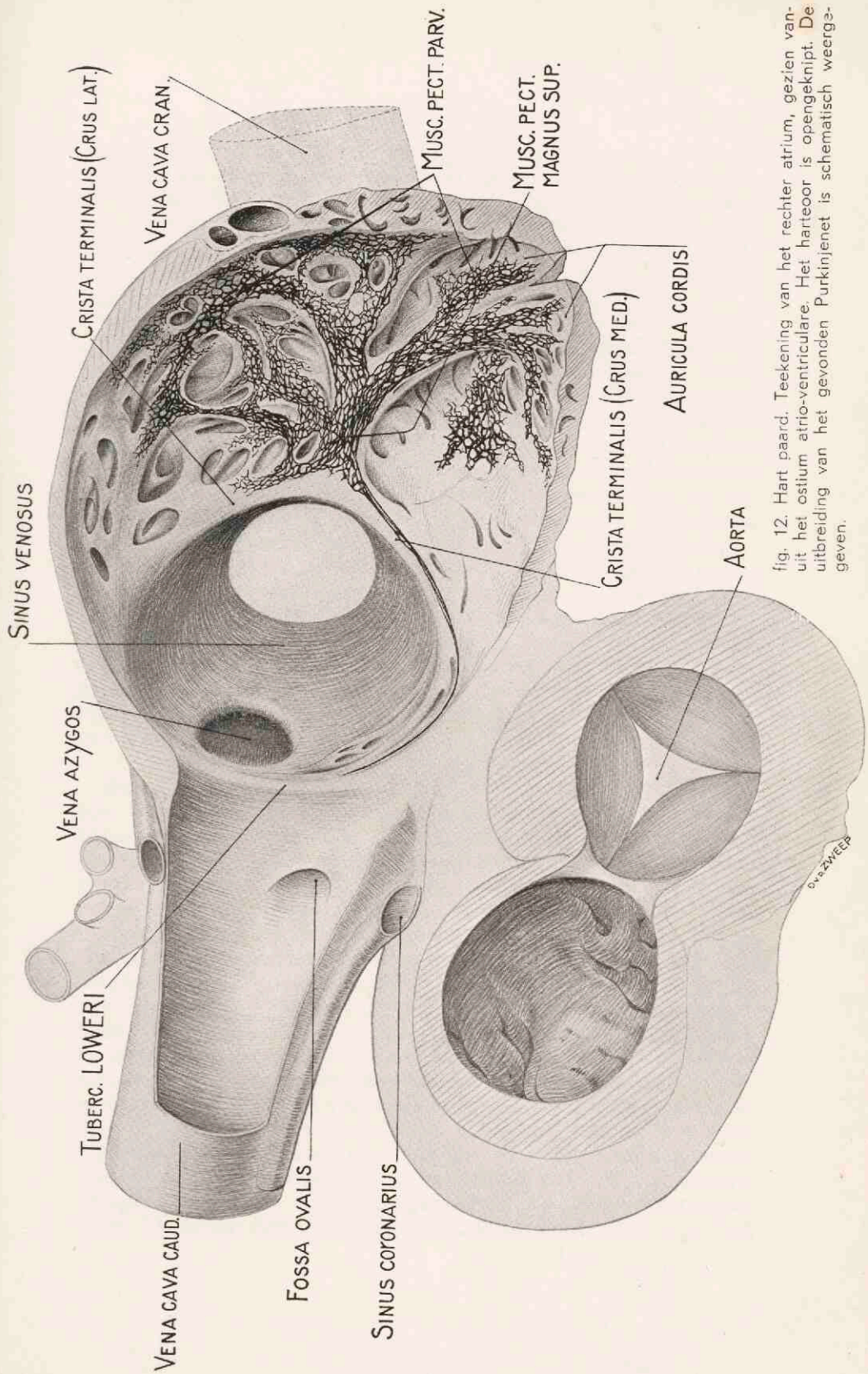


fig. 12. Hart paard. Teekening van het rechter atrium, gezien vanuit het ostium atrio-ventriculare. Het hartoor is opengeknipt. De uitbreiding van het gevonden Purkinjienet is schematisch weergegeven.

0-4-24-10-10

teralis - in caudo-ventrale richting en eindigt aan de craniale rand van de inmonding van de vena cava caudalis in het rechter atrium (fig. 1). Mediaal loopt ze langs de dorsale rand van de fasciculus interauricularis horizontalis caudaalwaarts. Deze sulcus terminalis medialis eindigt in een vetophooping, gelegen dorsaal van de fasciculus interauricularis ter hoogte van de grens tusschen linker en rechter atrium (fig. 4).

Macroscopisch kan men ligging en uitbreiding van de sinus-knoop niet bestudeeren, omdat het zelfs bij loupevergroting onmogelijk is, het knoopweefsel te onderkennen van het haar bedekkende subepicardiale bindweefsel en de in de sulcus terminalis gelegen gewone hartspiervezelen. Ook laten ons de methoden van behandeling met Lugol en injectie met kleurstoffen in den steek; de knoopvezelen treden n.l. na behandeling met Lugol niet electief te voorschijn, terwijl in tegenstelling tot de knoop van Tawara een injectie van de knoop van Keith-Flack niet gelukt. Op het al dan niet aanwezig zijn van Eberth-Belajeffsche ruimten om de knoopvezelen zal uitvoeriger teruggekomen worden. Hier zij reeds opgemerkt, dat in die gevallen, waarin geprobeerd werd eventueele ruimten rond deze vezelen te injicieeren, de kleurstof zich verspreidde in het bindweefsel of haar weg vond langs bloed- en lymphbanen. Ook bleek het niet mogelijk kleurstof van een straks nader te bespreken netwerk van Purkinjevezelen in het rechter atrium uit, rond de knoopvezelen te stuwen.

De ligging. Uit het onderzoek van seriecoupes van de sulcus terminalis met aangrenzende deelen van het eigenlijke atrium en de sinus venosus (serie a, b en c) en uit de serie van het totale atrium en de sinus venosus met snederichting loodrecht op de sulcus terminalis blijkt, dat de vorm van de sinus-knoop is te vergelijken met een hoefijzer waarvan de beide takken puntig eindigen. Het craniale gedeelte van de sinus-knoop (het toongedeelte van deze hoefijzervorm) ligt ter plaatse van het craniale deel van de sulcus terminalis en grijpt hier om de inmonding van de vena cava in het rechter harteoor heen. De laterale, dun uitlopende tak is in de sulcus terminalis lateralis te volgen tot aan het midden van de afstand tusschen de inmondingen van de beide venae cavae in het rechter atrium (fig. 1). De mediale tak van de knoop loopt ook dun uit. Zijn laatste vezelen vinden we op de overgang van middelste en achterste derde deel van de sulcus terminalis medialis (fig. 4). In sommige gevallen is de mediale tak iets dorsaal van de sulcus terminalis, dus in het gebied van de sinus venosus, gelegen. De knoop ligt grootendeels subepicardiaal en is van het

epicard alleen gescheiden door bindweefsel. Het puntige einde van de laterale schenkel wordt meestal door eenige fijne bundeltjes hartspiervezelen van het epicard gescheiden. Een uitgesproken Wenckebachsche bundel vindt men echter bij het paard nooit. Ook de mediale schenkel ziet men grootendeels subepicardiaal, maar in enkele series is ook hier gevonden, dat het puntige einde eenigszins in de onderliggende musculatuur indringt.

Van het endocard wordt bij het paard de knoop overal gescheiden door een dikke laag gewone hartspiervezelen, die de musculatuur van de sinus venosus en het eigenlijke atrium met elkaar verbinden.

De structuur. Vooral in van Gieson-coupes valt op, dat de knoopvezelen in zeer veel bindweefsel ingebed liggen. In het craniale deel van de knoop, dat de vena cava-inmonding omvat, vormen de fijne vezeltjes een duidelijk netwerk, terwijl aan de randen en ook in de schenkels de fijne vezelen meer evenwijdig aan elkaar gaan loopen. In de beide takken liggen de vezels bovendien in hoofdzaak in de lengterichting van de sulcus terminalis en zijn zij tot bundels gerangschikt. In gewone haematoxyline-van Gieson-praeparaten ziet men op de knooppunten van het netwerk, die men vooral vindt in het craniale gedeelte van de knoop, evenals in de knoop van Tawara, vaak plasmatische verbredingen. Bovendien valt in dergelijke coupes reeds op, dat de sarcoplasmarijke vezelen betrekkelijk veel vacuölen bezitten, zoowel na fixatie in de vloeistof van Carnoy als in formaline. Het meest typische aan de vezelen zijn weer de hoeveelheid en de loop van de myofibrillen. Voor bestudeering hiervan zijn weer ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten, eventueel nagekleurd met van Gieson, het meest geschikt. Vergeleken met de gewone hartspiervezelen zijn de knoopvezelen betrekkelijk arm aan fibrillen; deze hebben bovendien een zeer grillige loop. Op de plaatsen, waar het sarcoplasma vacuolair is, ziet men, dat door deze vacuölen plasmabruggetjes loopen, waarin vaak een enkele prachtig dwars gestreepte myofibril ligt. In de vezelen liggen de myofibrillen vaak vrij geïsoleerd, hoogstens zijn enkele samen tot een bundeltje vereenigd. Alle fibrillen tonen een duidelijke dwarse streeping. Omdat ze in de vezel niet alle evenwijdig aan elkaar loopen en omdat bovendien hun aantal gering is, heeft de geheele vezel als zoodanig bij gewone kernplasmakleuring niet zoo'n duidelijke dwarse streeping. Dit kan de oorzaak er van zijn, dat vele auteurs vermelden, dat de knoopvezelen geen dwarse streeping bezitten. De betrekkelijk chromatinearme kernen liggen midden in de vezels en hebben ongeveer dezelfde grootte als die van de gewone hartspiervezelen.

Overal sluit de knoop bij de gewone hartmusculatuur van de sinus venosus en het eigenlijke atrium aan, terwijl ook overal overgangen van knoopvezelen in gewone hartspiervezelen te zien zijn. Deze overgang is geleidelijk; zoowel de dikte van de vezel als het aantal fibrillen neemt geleidelijk toe.

In het subepicardiale bindweefsel, dat de knoop bedekt, vindt men steeds dikke zenuwvezelstammen, waarin vaak gangliencellen verspreid liggen. Van deze dikke zenuwen dringen takjes in de knoop, waarin men ook weer gangliencellen ziet. De mediale tak van de knoop wordt begeleid door een dikke arterie, terwijl naast de laterale tak eenige kleinere arterien liggen. Bovendien vinden we in het knoopweefsel zelve overal kleine arteriolae. Een dikke arterie, die midden in het knoopweefsel loopt, zooals bij den mensch en door ZIMMERMANN bij het paard beschreven wordt, vinden we in onze seriesneden niet. In het subepicardiale bindweefsel, dat de knoop van buiten bedekt, komt bij het paard, in tegenstelling met b.v. het rund, weinig vet voor.

In praeparaten volgens Best gekleurd teekenen zich de vezelen van de knoop van Keith-Flack evenals de vezelen van de knoop van Tawara wel een weinig intensiever rood tegen de omgevende hartspiervezelen van de sinus venosus en het eigenlijke atrium af. Toch kan men ook hier niet zeggen, dat ze, vergeleken met de gewone hartspiervezelen van atrium en sinus venosus, die in het algemeen glycogeenrijker zijn dan de hartspiervezelen van de ventrikel, bijzonder glycogeenrijk zijn. De kleuring op glycogeen is dan ook geen methode om de knoopvezelen in de praeparaten op een electieve wijze te voorschijn te brengen. Hierbij komt nog, dat het glycogeengehalte van de knoopvezelen in de verschillende harten vaak aanmerkelijk verschilt.

3. Het Purkinjenet in het rechter atrium.

a. Macroscopisch onderzoek.

Waar, zooals uit het literatuuroverzicht blijkt, tot nu toe het voorkomen van Purkinjevezelen alleen in microscopische coupes geconstateerd werd, zal hier de verbreiding vooral aan de hand van een macroscopisch onderzoek, ingesteld met behulp der behandeling met Lugol en injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten, gecontroleerd en aangevuld door een microscopisch onderzoek, weergegeven worden.

Zoals in het geheele onderzoek, werd ook hier in hoofdzaak het paard onderzocht. Bovendien werd het materiaal juist van dit dier gekozen, omdat bleek, dat dit zich hiervoor bij uitstek

leent; daarenboven verschillen bij dit dier de Purkinjecellen meer nog dan bij andere hoefdieren in structuur van de gewone hartspiervezelen. Hieronder volgt dan ook eerst de beschrijving bij het paard, terwijl daarna de vrij fragmentarische resultaten van het onderzoek bij andere dieren en de verschillen van deze met het paard zullen worden weergegeven.

Bij het paard laat zich de verbreiding van deze Purkinjevezelen in het rechter atrium, evenals dit het geval is met de verbreiding van deze vezelen in de ventrikel, macroscopisch bestudeeren.

Zonder voorafgaande behandeling van het præparaat ziet men in het rechter atrium van een versch paardenhart soms, vooral wanneer men direct zonlicht op het vochtig gehouden endocard van de musculus pectinatus magnus laat vallen, even voor diens vereeniging met de crista terminalis een vezeltje of een netwerkje, dat in kleur en vorm doet denken aan de Purkinjenetten in de ventrikel. Het rechter atrium heeft bij het paard, in tegenstelling met het linker, in het algemeen een dun endocard. De dikte ervan verschilt echter individueel, waardoor het in lang niet alle gevallen mogelijk is, deze vezels zonder meer door het endocard heen waar te nemen.

Met Lugolbehandeling treedt in het rechter atrium een netwerk te voorschijn, dat zoowel in kleur als vorm gelijk is aan het netwerk van Purkinjevezelen in de ventrikel. Van een 40-tal harten van gezonde slachtpaarden van zeer verschillende leeftijd en van een drietal gedurende de geboorte gestorven veulens, werd het rechter atrium direct na den dood met Lugol behandeld. Steeds trad in al deze harten een zelfde netwerk in dezelfde uitbreiding op dezelfde plaatsen te voorschijn.

Ook gelukt het, door het geheele atrium en bloc volgens Best te kleuren, de Purkinjenetten, hoewel niet zoo duidelijk en scherp, als een donker paarsrood netwerk op een meer lichtroode ondergrond te voorschijn te brengen.

In microscopische sneden bleek, dat het op deze wijzen te voorschijn gebrachte netwerk inderdaad een netwerk van Purkinjevezelen was, volkomen gelijk aan dat van de ventrikel en ook begeleid door Eberth-Belajeffsche ruimten. Op de microscopische structuur zal straks nader worden ingegaan. Het lag dus voor de hand om, evenals in de ventrikel, met behulp van de injectie met Gerotavloeistof de Eberth-Belajeffsche ruimten van dit net op te spuiten, om daarvan de uitbreiding niet alleen subendocardiaal maar eventueel ook in de diepte van de musculatuur te bestudeeren. De injectie werd verricht van een vezeltje op de dikke musculus pectinatus magnus uit. Was zoo'n vezelbundeltje door het endocard heen moeilijk of niet te zien, dan werd deze plaats even met een wei-



CRIST. TERM. (CRUS MED)

CRIST. TERM. (CRUS LAT.)

fig. 13. Hart paard. Photo van het rechter atrium, dat doorzichtig gemaakt is nadat de Eberth-Belajeffsche ruimten rond de Purkinjevezelen geïnjectieerd waren. De photo laat de dichtheid van het net en de wijze van verbreiding op het crus mediale van de musc. terminalis en de musc. pectinatus magnus zien.

nig Lugol aangestipt. In het algemeen kwam ook na injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten een netwerk te voorschijn van dezelfde vorm en uitbreiding als met Lugolbehandeling. Weliswaar gelukt een dergelijke injectie niet altijd even volledig (fig. 13), maar door de resultaten in verschillende praeparaten verkregen te combineeren, werd toch ook op deze wijze een goede voorstelling van het subendocardiaal gelegen gedeelte van het netwerk verkregen. Om de uitbreiding in de diepte na te gaan, werden evenals die van het atrio-ventriculaire systeem de praeparaten doorzichtig gemaakt volgens Spalteholz. Uit dergelijke praeparaten bleek, dat van een uitbreiding in de diepte geen sprake is. Het geheele net ligt, met uitzondering van enkele fijnere takken, die iets in de onderliggende musculatuur indringen, zuiver subendocardiaal. Dit in tegenstelling met de ventrikel, waar zooals beschreven is, de Purkinjevezelen een overal in de musculatuur gelegen netwerk vormen. Door deze ligging treedt reeds met Lugolbehandeling vrijwel de geheele uitbreiding van het netwerk aan den dag.

Bij microscopische contrôle van de injectiepraeparaten bleek, dat overal waar de typische netwerken opgetreden waren, de kleurstof zich bevond in de de Purkinjevezelen begeleidende Eberth-Belajeffsche ruimten. Er bleek tevens duidelijk uit, dat de enkele takjes, die in deze injectiepraeparaten iets in de diepte dringen, vezelen van het subendocardiale netwerk zijn, die overgaan in de onderliggende gewone hartspiervezelen.

Hier zij ook reeds vermeld, dat uit het microscopisch onderzoek van seriesneden van het geheele rechter atrium, dat straks uitvoeriger weergegeven zal worden, bleek, dat het met Lugol en na injectie te voorschijn gekomen Purkinjenet het geheele systeem omvat. De uitbreiding en de topografie ervan zal aan de hand van een schema (fig. 12), samengesteld uit de resultaten, verkregen door behandeling van een groot aantal met Lugol behandelde atria en gecombineerd met die van injectiepraeparaten, beschreven worden. Om de juiste topografie hiervan aan te geven, is het gewenscht eerst in korte trekken de loop en rangschikking van de musculi pectinati in het rechter atrium te beschrijven. In het blinde einde van het rechter harteoor vereenigen zich de daar aanwezige musculi pectinati parvi tot de musculus pectinatus magnus, die als een dikke spierwring, die soms dubbel is, in de dorsale wand van het rechter harteoor loopt naar de hoek, tusschen de inmonding van de vena cava cranialis en het rechter harteoor, om zich hier te vereenigen met de crista terminalis. De musculi pectinati parvi strekken zich behalve in het harteoor ook op de mediale wand van het rechter atrium uit. Wat de beide schenkels van de crista terminalis betreft, zij opgemerkt,

dat de laterale tak in caudo-ventrale richting loopt, om zich dan te vertakken in enkele fijnere spierwrongen, die zich vereenigen met de uitloopers van de laterale schenkel van de torus Loweri, waardoor een balkwerk gevormd wordt, dat zich vereenigt met dat, hetwelk gevormd wordt door de muscoli pectinati parvi. Het crus mediale loopt caudaalwaarts, stijgt iets sinuswaarts op om zich juist craniaal van de torus Loweri min of meer waaivormig in enkele fijne spierwrongetjes te vertakken.

De gevonden netwerken van Purkinjevezelen breiden zich nu vooral uit op de muscoli pectinati parvi, in hoofdzaak in de blinde harteoorzak, zijdelings afbuigend ongeveer tot aan de omranding van het ostium atrio-ventriculare. De netwerken komen samen op de dikke musculus pectinatus magnus en vormen op deze spierwring een uiterst dicht netwerk. Daar waar deze spierwring de crista terminalis bereikt, zet het netwerk zich daar op voort. Op de crista terminalis liggen de netwerken echter alleen op de naar het eigenlijke atrium gekeerde helft. Op de andere helft, die naar de sinus venosus toegekeerd is, werden nooit netwerken gevonden. Het verst strekken zich de Purkinjevezelen uit op het crus mediale van de crista terminalis. Ze vormen hier een smal, bandvormig, lang netwerk, dat op deze mediale schenkel te volgen is tot waar deze op de craniale vlakke van de torus Loweri overgaat in enkele spierwrongetjes. Op de laterale schenkel strekt het net van Purkinjevezelen zich slechts tot halverwege haar lengte uit.

De verbreiding van Purkinjevezelen in de crista terminalis zal bij de beschrijving van de microscopische beelden uitvoerig vermeld worden.

In een voorloopige publicatie (1937) is ook reeds een schema van de verbreiding van de Purkinjevezelen gegeven, dat echter, doordat toen over een minder groote hoeveelheid praeparaten beschikt werd, nog niet geheel volledig is.

Het is natuurlijk zuiver willekeurig, wanneer hier van een begin en een einde van het netwerk gesproken wordt. We zouden evengoed de vezelen op de crista terminalis en de torus Loweri het begin, en de vezelen op de muscoli pectinati parvi het einde kunnen noemen. Hier wordt dan ook alleen van een begin en een einde gesproken om de beschrijving te vergemakkelijken.

b. Microscopisch onderzoek.

Een microscopisch onderzoek werd, zooals reeds gezegd is, in de eerste plaats ingesteld om na te gaan of de met Lugol en na injectie te voorschijn getreden netten inderdaad uit specifiek weefsel bestaan, d.w.z. of ze bestaan uit cellen, die dezelfde

structuur hebben als de Purkinjecellen van de ventrikel, ingebed liggen in een zenuwrijk bindweefsel en begeleid worden door Eberth-Belajeffsche ruimten. Deze drie criteria te zamen stemmen een netwerk tot specifiek geleidingsweefsel.

De vezelen liggen, zooals uit de bestudeering van de serie van het totale rechter atrium bleek, in hoofdzaak subendocardiaal. Overal maken zich vezels van dit subendocardiaal gelegen netwerk los om zich te vereenigen met de direct onder het endocard gelegen hartspiervezelen. Slechts bij uitzondering dringt een vezel of een bundeltje vezels langs het bindweefsel rond een bloedvat iets dieper in de musculatuur in. Tot vlak onder het epicard, zooals dit in de ventrikel het geval is, zijn ze echter nooit te volgen.

Uit een tangentiele coupe van de musculi pectinati blijkt, hoe geweldig uitgebreid deze subendocardiale laag van Purkinjecellen is. De Purkinjevezelen vormen breede, platte banden, die uit veel rijen van Purkinjecellen bestaan, zich evenwijdig aan het endocard uitbreiden en een netwerk met slechts zeer nauwe mazen vormen. Men kan dus als het ware spreken van een subendocardiale uitbreiding in den vorm van een gevensterde membraan. Ook fig. 13 geeft deze indruk. Reeds in gewone haematoxylinevan Gieson-praeparaten kan men zien, dat deze breede, platte vezels uit de voor het paard zoo typische blazige Purkinjecellen bestaan, zooals we ze in de ventrikel hebben leeren kennen (fig. 15). IJzeraluin-haematoxyline-praeparaten bewijzen, dat de hoeveelheid en de loop van de myofibrillen in de celrijen volkomen gelijk zijn aan die in de ventrikel, d.w.z. dat aan de periferie van de celrij de fijnere fibrillen spiraalvormig in de lengteas van de cel loopen, terwijl in het axiale gedeelte ervan dikkere fibrillen tot bundeltjes vereenigd zijn, die of zuiver in de lengterichting of meer diagonaal in het plasma loopen. Ook de myofibrillen van deze Purkinjecellen laten met ijzeraluin-haematoxyline een duidelijke dwarse streeping zien.

Zooals reeds gezegd werd, bestaan ook hier de Purkinjevezelen uit een of meestal meer celrijen. Evenals dit het geval is in de ventrikel loopen ook hier, zooals uit de ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten blijkt, de myofibrillen van de eene cel - juister zou het zijn in plaats van cel van een segment te spreken - continu in de andere door. Deze segmentatie wordt hoofdzakelijk veroorzaakt, doordat, evenals dit ook reeds bij de Purkinjevezelen in de ventrikel beschreven is, op deze plaatsen de randstandige myofibrillen naar het centrum van de celrij loopen, elkander hier kruisen, om in het volgende segment weer aan de periferie te komen. Door deze loop van de fibrillen verkrijgt men met de gewone kernplasmakleuringen op de plaats van de segmentgrens een schijnbare celgrens.

Volgens Best gekleurde praeparaten toonen, dat ook deze Purkinjecellen, evenals die van het atrio-ventriculaire stelsel, bijzonder glycogeenrijk zijn, waardoor ze zelfs ook te midden van de glycogeenrijke hartspiervezelen van het atrium direct in het oog springen.

Reeds uit deze structuur blijkt, dat we hier zeer zeker met typische Purkinjecellen te doen hebben en niet met gewone sardoplasmarijke hartspiervezelen, zooals sommige auteurs bij de critiek op het voorkomen van Purkinjecellen in het rechter atrium van den mensch aangeven. Bovendien liggen ze ook hier ingebed in het de Purkinjevezelen begeleidente, typische, zenuwrijke bindweefsel, terwijl, zooals uit coupes van de injectiepraeparaten te zien is, ze ook begeleid worden door de voor Purkinjevezelen karakteristieke Eberth-Belajeffsche ruimten.

Evenals dit in de ventrikel het geval is, eindigen deze Eberth-Belajeffsche ruimten op de plaatsen, waar de Purkinjevezelen in gewone hartspiervezelen overgaan. Op iedere plaats van het net kan men dergelijke overgangen in de meestal direct onder het endocard gelegen hartspiervezelen vinden. Fig. 6 is een photo, afkomstig van een celloïdinecoupe van geïnjectieerd materiaal, waarop de overgang van een Purkinjevezel in gewone hartspiervezelen te zien is. Het blinde einde van de Eberth-Belajeffsche ruimte is door de druk van de injectievloeistof bijzonder uitgezet, terwijl de kleurstof door verdampen van de aether tegen de wanden van de ruimte is neergeslagen.

Dit geheel stempelt dit netwerk tot een netwerk van specifiek geleidingsweefsel. Daarenboven zijn deze vezelen, zooals uit het macroscopisch onderzoek reeds gebleken is, tot een bepaald systeem gerangschikt, dat in alle onderzochte paardenharten steeds op dezelfde plaatsen en in dezelfde uitbreiding gevonden wordt.

Injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten gelukte ook bij een pasgeboren veulen. Ook bij dit dier was deze specifieke musculatuur in het atrium reeds volledig ontwikkeld; zij bestond uit typische Purkinjevezelen.

Een belangrijke vraag nu is of dit systeem van Purkinjevezelen in verbinding staat met de knoop van Keith-Flack. Deze vraag rijst in

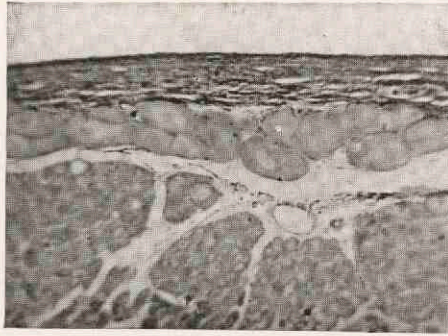


fig. 14 Purkinjecellen, ventrikel, paard.
Kleuring : haematoxyline - van Gieson.

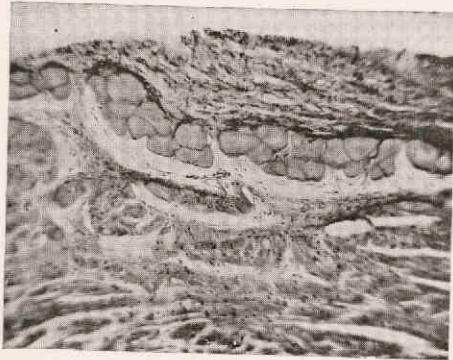


fig. 15. Purkinjecellen, rechter atrium, paard.
Kleuring : haematoxyline - van Gieson.

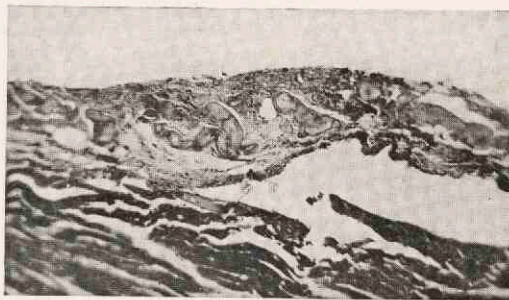


fig. 16. Purkinjecellen, linker atrium, paard.
Kleuring : haematoxyline - van Gieson.

de eerste plaats, omdat bij het macroscopisch onderzoek bleek, dat de Purkinjenetten zich uitstrekken tot op de crista terminalis in de onmiddellijke nabijheid van de knoop van Keith-Flack. Bovendien is men geneigd hier een analogie te zoeken met het atrio-ventriculaire stelsel, waar de Purkinjevezelen overgaan in de typische vezelen van de knoop van Tawara. Voor dit onderzoek werden de series a, b en c gemaakt. De meeste aandacht verdiende in dit opzicht de mediale schenkel van de crista terminalis, omdat zich hier macroscopisch de Purkinjevezelen het verst uitstrekken in de richting van de knoop van Tawara en zelfs tot op de torus Loweri te vinden zijn. Hier moet dus bovendien in de microscopische praeparaten gelet worden op een eventueele verbinding met het atrio-ventriculaire systeem.

Ook in de microscopische coupes werd overeenkomstig met de macroscopische beelden gevonden, dat de Purkinjevezelen alléén voorkomen op het naar het eigenlijke atrium gekeerde gedeelte van de crista terminalis. In de andere helft werd ook bij zorgvuldig zoeken nergens een Purkinjevezel aangetroffen. Overal waar op de crista terminalis Purkinjevezelen gevonden werden, werden overgangen gezien in de direct onder het endocard gelegen hartspiervezelen. Een diep doordringen naar de epicardiale zijde werd nergens gezien. Nergens waren er echter in de series overgangen van deze Purkinjevezelen in de typische, fijne vezelen van de knoop van Keith-Flack. Zelfs werden in de microscopische praeparaten nooit Purkinjevezelen gevonden, die direct aan de knoop grenzen. Steeds waren ze ervan gescheiden door een betrekkelijk dikke laag gewone hartspiervezelen. De knoop ligt, zooals beschreven werd, steeds subepicardiaal, terwijl de Purkinjevezelen steeds subendocardiaal liggen. Door de dikke laag gewone hartspiervezelen, die de knoop van het endocard scheidt, blijven ze steeds van elkaar gescheiden. Bovendien liggen de knoop en zijn uitloopers in den regel meer naar de kant van de sinus venosus, de op de crista terminalis gevonden Purkinjevezelen meer naar de kant van het eigenlijke atrium. Terwijl nooit overgangen gezien worden tusschen knoopvezelen en Purkinjevezelen, ziet men daarentegen in alle coupes zoowel de knoopvezelen als de Purkinjevezelen overgaan in gewone hartspiervezelen.

Het bovenstaande werd zoowel op de mediale als op de laterale schenkel gevonden. Op de mediale schenkel strekken zich de netwerken van Purkinjevezelen zelfs verder uit dan het einde van de mediale schenkel van de knoop van Keith-Flack en zijn ze tot in de musculatuur van de torus Loweri te vol-

gen, waar ze ook weer in gewone hartspiervezelen overgaan. Nooit konden in de seriecoupes vezelen van hieruit gevolgd worden tot in de nabijheid van de knoop van Tawara. Ook konden in de coupes nooit van de netwerken, voorkomende op de musculi pectinati parvi, uit vezelen gevolgd worden tot in de nabijheid van de knoop van Tawara. Het bestaan van een verbinding van de Purkinjevezelen van dit eigen systeem van het atrium met het atrio-ventriculaire stelsel kan dan ook als uitgesloten beschouwd worden.

In overeenstemming met het feit, dat het me nooit gelukt is, in de microscopische coupes overgangen van Purkinjevezelen in de vezelen van de knoop van Keith-Flack te vinden, is het feit, dat bij injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten het nooit gelukt is de knoop van Keith-Flack te injicieeren. Of er Eberth-Belajeffsche ruimten rond de vezelen van de knoop van Keith-Flack voorkomen, heb ik dan ook niet kunnen aantoonen.

Dat dit systeem van specifieke musculatuur in het atrium volkomen gescheiden is van het atrio-ventriculaire stelsel, is op zijn beurt weer in overeenstemming met de resultaten van de injecties, die bij het atrio-ventriculaire stelsel verricht werden. Na deze injecties konden n.l. in de doorzichtig gemaakte praeparaten geen vezelen in de richting van de sinusknop of het Purkinjenet van het atrium gevolgd worden. Omgekeerd waren bij injectie van het Purkinjenet in het rechter atrium geen takken, die tot in de knoop van Tawara doorliepen te zien.

Naast de algemeen erkende deelen, t.w. het begin van het atrio-ventriculaire systeem (knoop van Tawara en crus commune) en de knoop van Keith-Flack, komt er dus in het rechter atrium specifiek geleidingsweefsel voor, in den vorm van een Purkinjenet, dat constant in ieder paardenhart op dezelfde plaatsen en in dezelfde verbreiding is aan te toonen en waarvan de vezelen naar alle zijden continu overgaan in de gewone hartspiervezelen.

4. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium bij andere dieren.

Ter aanvulling werd bij varken, rund, schaap en geit getracht met Lugol Purkinjenetten in het rechter atrium aan te toonen. Waar ze gevonden werden, werd ook hier microscopisch gecontroleerd, of we werkelijk met Purkinjevezelen te doen hadden. Een uitgebreid onderzoek met behulp van injectie

en microscopische seriesneden is bij deze dieren niet verricht.

Zoo kwam bij het varken na behandeling met Lugol een netwerk te voorschijn op vrijwel dezelfde plaats en in dezelfde uitbreiding als bij het paard. Op de mediale wand van het rechter atrium strekt het zich in deze Lugolpraeparaten zelfs iets verder uit dan bij het paard. Bij microscopisch onderzoek bleek, dat ook deze netwerken uit cellen zijn opgebouwd, die zoowel in haematoxyline-van Gieson als in ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten volkomen gelijken op de Purkinjecellen uit de ventrikel.

Vermeldenswaard is, dat bij het varken in harten van vette dieren deze Purkinjenetten reeds zonder voorbehandeling te zien zijn, doordat het deze vezelen begeleidend bindweefsel zeer rijk aan vet is.

Bij het rund ziet men na Lugolbehandeling steeds twee gescheiden netwerken. Het eene ligt onder het endocard op de musculus pectinatus magnus, juist op de plaats waar deze zich vereenigt met de crista terminalis. Het andere ligt onder het endocard van het caudale deel van de mediale schenkel van de crista terminalis. Meestal was ook hier via de onderste uitlooper van het waaivormig einde van deze spierwring een takje tot in de torus Loweri te volgen.

Bij schaaap en geit was na Lugolbehandeling alleen het netwerkje op de musculus pectinatus magnus te zien. Ook bij rund, schaaap en geit bleek zoowel in haematoxyline-van Gieson- als in ijzeraluin-haematoxyline-praeparaten de structuur van de cellen, waaruit deze vezelen zijn opgebouwd, volkomen gelijk te zijn aan de structuur van de Purkinjecellen uit de ventrikel van deze dieren.

Waar hier geen uitgebreid onderzoek met behulp van injectiepraeparaten en seriesneden is ingesteld, kan natuurlijk niet met zekerheid gezegd worden, dat de met Lugol aangetoonde netten de geheele uitbreiding van de Purkinjenetten in het rechter atrium weergeven. Mogelijk is, dat we slechts een partieele kleuring gekregen hebben, waardoor bij het rund twee schijnbaar volkomen gescheiden netten te voorschijn komen.

In dit verband moet nog opgemerkt worden, dat in het algemeen bij de herkauwers en het varken de resultaten van de Lugolbehandeling niet zoo goed zijn als bij het paard. Terwijl enkele uren na den dood bij het paard nog goede resultaten te verkrijgen zijn, kleuren de vezelen zich bij deze dieren dan in het geheel niet meer. Zelfs direct na den dood kan dit soms het geval zijn. Het glycogeen of een andere stof, die deze kleurreactie met Lugol veroorzaakt, verdwijnt dus blijkbaar bij deze dieren sneller dan bij het paard. Of de wijze van vervoer voor het slachten en de

wijze van slachten zelf hierop van invloed is, kon niet worden uitgemaakt, Wel werd opgemerkt, dat de kleuring het best gelukte, wanneer het dier voor de slachting rust had gehad en zoo weinig mogelijk geëxiteerd was geraakt.

5. Over het voorkomen van Purkinjevezelen in het linker atrium van het paard.

Ook werd getracht met Lugol een eventueel Purkinjenet in het linker atrium van het paard aan te toonen. In die gevallen, waarin het gevonden werd, werd weer microscopisch gecontroleerd of we hier inderdaad met een netwerk van Purkinjevezelen te doen hadden. Een uitvoerig onderzoek door injectie en seriesneden bleef ook hier achterwege.

Na wegpraepareeren van het dikke ondoorzichtige endocard werd ook in het linker atrium op de musculi pectinati van het harteoor na behandeling met Lugol eenige malen een netwerkje gevonden, dat bij microscopische contrôle uit Purkinjecellen bleek te bestaan (fig. 16).

In de seriecoupes van het totale rechter atrium, aan welk praeparaat ook het septum atriorum en de aangrenzende deelen van de wand van het linker atrium aanwezig waren, konden nergens Purkinjevezelen tot in het linker atrium worden gevolgd.

De het verst naar het linker atrium gelegen Purkinjecellen werden gevonden op het crus mediale van de crista terminalis. Evenals in de series a, b en c gaan ze, zooals reeds uitvoerig werd beschreven, ook in deze serie via de onderste tak van het waaiervormige einde van dit crus mediale naar de torus Loweri, waar ze in gewone hartspiervezelen overgaan. Van een zich voortzetten via de fasciculus interauricularis horizontalis naar het linker atrium is dan ook geen sprake, hetgeen nog weer in het bijzonder in de series a, b en c kon worden nagegaan.

Deze microscopische bevinding is geheel in overeenstemming met de door macroscopisch onderzoek verkregen resultaten. Noch na behandeling met Lugol, noch na injectie van de Eberth-Belajeffsche ruimten met daaropvolgend doorzichtig maken kon in de praeparaten een vezel van het Purkinjenet tot in het linker atrium gevolgd worden.

Op grond van de op deze wijzen verkregen resultaten meen ik dan ook te mogen aannemen, dat er geen verbinding bestaat tusschen de in het linker atrium gelegen Purkinjevezelen en het Purkinjenet in het rechter atrium.

In seriecoupes zal de verbreiding van de Purkinjevezelen in het linker atrium moeten worden nagegaan.

Injectie zal hier, zooals mij reeds enkele malen bleek, van gering nut zijn, omdat het endocard in het linker atrium bijzonder dik is, waardoor de Purkinjevezelen met het bloote oog zelfs na Lugolbehandeling niet direct zijn waar te nemen en omdat het niet mogelijk is, het endocard zoo af te praepareeren, dat de wanden van de Eberth-Belajeffsche ruimten intact blijven.

SAMENVATTING

De oorspronkelijke opzet van het onderzoek was, de verbreiding van het specifieke weefsel in het atrium na te gaan. De gekozen techniek leidde tot een uitbreiding in dien zin, dat ook het atrio-ventriculaire systeem nader bestudeerd werd.

Over het voorkomen van specifiek weefsel in de atria zijn de meeningen zeer uiteenlopend.

In de eerste plaats wat de sinusknop betreft. Oorspronkelijk vermeldde men, dat bij de zoogdieren in het algemeen de sinusknop alleen ter plaatse van de laterale sulcus terminalis zou liggen. Daarna zijn er onderzoekers, die meenen, dat ook in de mediale sulcus terminalis knopweefsel aanwezig zou zijn. Terwijl een deel dezer onderzoekers vermeldt, dat de sinusknop de vorm van een hoefijzer heeft en zich als één geheel in de beide schenkels van de sulcus terminalis uitstrekt, neemt een ander deel dezer onderzoekers aan, dat de ter plaatse van de laterale en mediale schenkel van de crista terminalis gelegen deelen niet met elkaar door specifieke vezelen zijn verbonden en stellen zij zich voor, dat er twee sinusknoopen zijn.

Ook over het voorkomen van Purkinjevezelen in het rechter atrium bij den mensch en de verschillende zoogdieren zijn de opvattingen zeer verdeeld. Terwijl enkele onderzoekers vermelden, dat werkelijke Purkinjevezelen voorkomen, ontkennen andere dit weer. De meeste onderzoekers meenen zelfs, dat de Purkinjevezelen, die men bij den mensch in het rechter atrium heeft waargenomen, niets anders zouden zijn dan sarcoplasmarijke gewone hartspiervezelen.

THOREL is de eenige, die ook in het linker atrium het voorkomen van Purkinjevezelen vermeldt.

Aangezien bij den mensch, maar ook bij sommige dieren, de Purkinjevezelen zich in hun bouw niet duidelijk laten onderscheiden van gewone hartspiervezelen, is natuurlijk de keuze van een geschikt proefdier voor een dergelijk onderzoek van groot belang. Het paard werd gekozen, omdat juist bij dit dier de Purkinjevezelen zich op zoo'n marquante wijze onderscheiden van de gewone hartspiervezelen.

Andere vragen rijzen hier op : in de eerste plaats, of het gevonden netwerk van Purkinjevezelen in het rechter atrium een

verbinding met de sinusknoop zou aangaan en in de tweede plaats, of dit eigen systeem in het rechter atrium door specifiek weefsel met het atrio-ventriculaire systeem, dus in dit geval met de knoop van Tawara, verbonden zou zijn.

Over al deze kwesties vindt men in de literatuur zeer verschillende opvattingen. Vooral voor het vaststellen van Purkinjevezelen in de atria mag men zich eerst wel rekenschap geven, welke criteria men wil stellen om er toe te besluiten, dat men met een Purkinjevezel te doen heeft. De vezel moet daartoe, behalve uit voor dat dier typische specifieke spierelementen, ook bestaan uit begeleidend, zenuwrijk bindweefsel en bovendien in het bezit zijn van een Eberth-Belajeffsche ruimte.

Wat de techniek betreft, was reeds bekend, dat de subendocardiaal gelegen Purkinjevezelen in de ventrikels duidelijk aan den dag treden na een begieting met Lugol. Bij mijn onderzoek naar het voorkomen van Purkinjevezelen in de atria werd dan ook eerst een behandeling met Lugol toegepast. Met deze methode zag ik, vooral in het rechter harteoor, steeds op dezelfde plaatsen en in dezelfde uitbreiding een netwerk te voorschijn treden, dat in zijn uiterlijk voorkomen deed denken aan het Purkinjenet in de ventrikels.

Men kan met Lugol alleen de subendocardiaal gelegen deelen van het netwerk te voorschijn brengen. Voor het nagaan van de uitbreiding van de Purkinjevezelen in de diepte van de musculatuur laat deze Lugolmethode ons geheel in den steek. Voor het vaststellen van dit laatste in de musculatuur der ventrikels, heeft men in den laatsten tijd met buitengewoon succes gebruik gemaakt van de injectie der de Purkinjevezelen begeleidende, Eberth-Belajeffsche ruimten met gekleurde vloeistoffen. WAHLIN heeft met behulp van deze onderzoekingsmethode resultaten verkregen, die vooral uit physiologisch en klinisch oogpunt van belang zijn. Tot nu toe werd algemeen aangenomen, dat de Purkinjenetten in linker en rechter ventrikel volkomen gescheiden waren; WAHLIN heeft aangetoond, dat deze beide netten van Purkinjevezelen met elkaar in verbinding staan door vezelen die dwars door het septum heen trekken. Hij bewees dit door de gekleurde netwerken in de diepte van de musculatuur in microscopische seriesneden te volgen. Hij noemde ze interventriculaire verbindingen. Hoewel CARDWELL en ABRAMSON deze vondst van WAHLIN bevestigden door in dergelijke injectiepraeparaten de in de musculatuur van het septum dringende Purkinjevezelen door macroscopisch praepareeren te volgen, worden deze interventriculaire verbindingen niettemin lang niet algemeen aanvaard. Bij mijn eigen onderzoek nu bleek mij, dat wanneer men de op deze wijze verkregen injectiepraeparaten volgens de methode Spalte-

holz doorzichtig maakt; de uitbreiding in de diepte zich veel beter laat bestudeeren.

Wat het atrio-ventriculaire stelsel betreft, heb ik vooral deze kwestie, maar ook de loop en het gedrag van *crus dextrum* en *crus sinistrum* in dergelijke doorzichtig gemaakte praeparaten aan een nauwkeurig onderzoek onderworpen. Daarnaast werd nog aandacht aan de vraag besteed of de musculatuur van atria en ventrikels alleen door het *crus commune*, *crus dextrum* en *crus sinistrum* verbonden zijn, dan wel of andere verbindingen door specifiek weefsel zijn aan te toonen.

Omdat met Lugol netwerken in het rechter atrium werden gevonden, werd natuurlijk ook getracht deze netwerken met de Gerotavloeistof te voorschijn te brengen. Hierbij was een aanvullend microscopisch onderzoek noodig, in de eerste plaats om te controleren, of de met Lugol gekleurde en de met injectie van Gerota te voorschijn getreden netten inderdaad uit Purkinjevezelen zijn opgebouwd. In de tweede plaats om na te gaan, of er in het rechter atrium, naast de op de beschreven wijze te voorschijn tredende netten, nog andere te voorschijn zouden komen en bovendien om te zien, of deze Purkinjevezelen een verbinding met de vezelen van de knoop van Keith-Flack of met die van de knoop van Tawara aangaan. Daarenboven is een bestudeering van ligging en uitbreiding van de knoop van Keith-Flack alleen aan microscopische seriesneden mogelijk. Voor de boezem werd hiervoor o.a. gebruik gemaakt van een celloïdineserie van het totale rechter atrium.

De resultaten van mijn onderzoek laten zich als volgt samenvatten :

Het atrio-ventriculaire systeem.

Wat de injectiepraeparaten betreft, werd gevonden, dat de harten van de herkauwers zich het beste laten injicieeren, maar in tegenstelling met wat in de literatuur tot nu toe bekend was, bleek, dat ook bij het paard met deze methode goede resultaten zijn te verkrijgen. Bij het varken is de injectie slechts onvolledig gelukt, terwijl zij bij de hond steeds mislukte. De injectie gelukt het beste van een vezel van het perifere net uit. Ook gelukte het dan in vele gevallen retrograad via *crus dextrum* of *crus sinistrum* de knoop van Tawara geïnjectieerd te krijgen. Zelfs was het in enkele gevallen mogelijk van een vezel van het perifere net in de linker ventrikel uit retrograad, via *crus sinistrum*, het *crus commune*, de knoop van Tawara en het basale deel van het *crus dextrum* gevuld te krijgen. In praeparaten, waarbij alleen van links uit geïnjectieerd werd, kon duidelijk waargenomen worden, dat van

het linker eindnet uit vezelen door het septum heen vooral aan de apex van het hart, tot in de rechter parietale wand opgelopen waren.

Deze waarnemingen waren mogelijk, omdat met de methode van Spalteholz de praeparaten zoo doorzichtig gemaakt konden worden, dat de uitbreiding door de geheele diepte van de musculatuur heen waargenomen kon worden, zelfs bij het paard, waar het septum toch vaak een dikte heeft van meer dan 10 mm.

Als gezamenlijk resultaat van de doorzichtige praeparaten kan dan ook gezegd worden, dat men niet mag spreken van een linker en rechter eindnet, in het septum van elkaar gescheiden door gewoon hartspierweefsel, maar dat we hier te doen hebben met één groot eindnet, dat zich diffuus door de geheele spierwand zoowel van linker als rechter ventrikel verbreedt en dat niet, zooals WAHLIN vermeldt, alleen door het septum maar ook over de parietale wanden één algeheele continuïteit laat zien.

Zoowel uit het microscopisch als uit het macroscopisch onderzoek van de Lugol- en injectiepraeparaten bleek, wat de structuur van dit eindnet betreft, dat bij het rund de Purkinjevezelen tot bundels vereenigd zijn en dat deze door onderlinge samenhang een primair netwerk vormen. Hiervan splitsen zich takken af, die secundaire netwerken vormen. Deze geven op hun beurt vezels af, die het z.g.n. eindboompje doen ontstaan. Bij het paard is de bouw in zooverre gecompliceerder en dichter, doordat binnen de mazen van de secundaire netwerken nog een tertiair netwerk gevormd wordt, waarvan pas de eindboompjes afgaan.

In de doorzichtige praeparaten is de ligging van de knoop van Tawara en de loop van *crus commune*, *crus dextrum* en *crus sinistrum* zeer fraai waar te nemen. Het *crus sinistrum* loopt bij het paard van links uit bekeken, eerst onder de dikke *musculus subaorticus*, die bij de herkauwers veel minder ontwikkeld is, waardoor het *crus sinistrum* hier spoediger door het endocard heen te zien is. Aanvankelijk geeft het geen takken af, ongeveer halverwege het septum splitst het zich echter in drie groepen van takken, waarvan de een direct in het Purkinjenet van het septum overgaat, terwijl de twee andere ieder met een *musculus transversus* naar de basis van de papillairspiers oversteken. Van meer belang is, omdat, zooals uit de literatuur blijkt, de meeningen hierover zeer uiteenlopend zijn, de loop van het *crus dextrum*.

In de doorzichtige praeparaten was heel goed waar te nemen, dat het *crus dextrum* tijdens zijn loop in het septum geen takken afgeeft, maar dat het als één geheel met de *musculus transversus* naar de parietale wand oversteekt om zich hier aan de basis van de parietale papillairspier met het eindnet te vereenigen. Wel

kan men takjes waarnemen, die zich in het septum van het crus dextrum afsplitsen, maar deze vereenigen zich een eind verder weer met de hoofdbundel. Bij het bekijken van deze doorzichtige praeparaten wordt men er dan ook voor gewaarschuwd, bij de beoordeeling van microscopische seriesneden deze zijtakjes niet te houden voor aan het septum afgegeven zijtakjes. Ook in de trabecula septo-marginalis zijn dikwijls Purkinjevezelen naast het crus dextrum te zien, die een verbinding tusschen het parietale en het septale net tot stand brengen. Voor zoover in de doorzichtige praeparaten met loupevergrooting is vast te stellen, treden ze nergens in verbinding met het crus dextrum. Bij andere methoden van onderzoek zijn deze vezelen ten onrechte voor takken van het crus dextrum naar het septum gehouden.

„Nebensysteme“ en „atypische vezels,“ zooals deze in de literatuur beschreven worden, die op andere wijze dan via crus commune, crus dextrum en crus sinistrum een verbinding tusschen de musculatuur van atrium en ventrikel tot stand brengen, konden noch bij het paard, noch bij de herkauwers in deze doorzichtige injectiepraeparaten waargenomen worden. Ook in de microscopische seriesneden werden deze niet gevonden.

De totale indruk uit deze praeparaten is dan ook, dat de uitgebreidheid van het perifere Purkinjenet zoo is, dat men kan zeggen, dat dit eindnet door de linker en rechter bundel met de in het rechter atrium gelegen knoop van Tawara verbonden is, een uitdrukkingwijze die m.i. beter is dan de tot nu toe gebruikelijke, dat crus dextrum en sinistrum zich in een linker en rechter eindnet vertakken.

Het specifieke weefsel in het atrium.

De sinusknop heeft bij het paard de vorm van een hoefijzer en breidt zich zoowel in de sulcus terminalis lateralis als in de sulcus terminalis medialis uit.

Het onderzoek naar het voorkomen van specifiek weefsel in het rechter atrium werd, doordat dit materiaal zich zoo bij uitstek daarvoor leende, voornamelijk bij het paard verricht. Zoowel in Lugolpraeparaten als in geïnjecteerde en doorzichtig gemaakte praeparaten kon een Purkinjenet vastgesteld worden, dat in hoofdzaak subendocardiaal ligt en zich vooral in het hartoor bevindt. Het ligt hier op de muscoli pectinati parvi en gaat over de musculus pectinatus magnus naar de crista terminalis, waar het zich zoowel op de mediale als op de laterale schenkel uitbreidt. Deze netten konden op het crus mediale gevolgd worden tot in de torus Loweri; op het crus laterale tot halverwege deze schenkel.

Injectie van de knoop van Keith-Flack is nooit gelukt.

Noch in de injectiepraeparaten, noch in de microscopische seriesneden kon een verbinding of overgang van de Purkinjevezelen van dit netwerk in vezelen van de knoop van Keith-Flack waargenomen worden. Wel werd in bijna iedere coupe een overgang van Purkinjevezelen in gewone hartspiervezelen van de boezem gezien. Ook kon, noch in geïnjectieerd materiaal, noch in seriecoupes een verbinding met de knoop van Tawara vastgesteld worden.

Ik meen dan ook uit dit onderzoek de conclusie te mogen trekken, dat er in het rechter atrium naast de algemeen erkende deelen, t.w. het begin van het atrio-ventriculaire systeem (knoop van Tawara en *crus commune*) en de knoop van Keith-Flack, specifiek weefsel voorkomt in den vorm van een Purkinjenet, dat constant in ieder paardenhart op dezelfde plaats en in dezelfde uitbreiding is aan te toonen en waarvan de vezelen naar alle zijden continu overgaan in de gewone hartspiervezelen.

In het linker atrium van het paard werden alleen met Lugolbehandeling, door microscopisch onderzoek gecontroleerd, Purkinjevezelen gevonden, waarvan echter geen continuïteit, noch met vezelen van de knoop van Keith-Flack, noch met vezelen van het in het rechter atrium gelegen Purkinjenet kon worden aangetoond.

Aanvullend kan hieraan nog toegevoegd worden, dat bij varken, rund, schaap en geit met de Lugolmethode in het rechter atrium ook netwerken werden gevonden, die bij microscopische contrôle uit de voor deze dieren typische Purkinjevezelen bestonden.

VERKLARING VAN DE STEREOFOTO'S

Kn. v. T. — knoop van Tawara C. C. — crus commune
C. D. — crus dextrum C. S. — crus sinistrum
Tr. s. m. — trabecula septo-marginalis

I. Hart paard. Photo van een praeparaat waarin de Eberth-Be-lajeffsche ruimten zoowel van links uit als van rechts uit geinjicieerd zijn. De photo is van rechts genomen.

Duidelijk ziet men de knoop van Tawara, het crus commune en de basale deelen van het crus dextrum en crus sinistrum.

II. Hart rund. Photo van een praeparaat waarin de Eberth-Be-lajeffsche ruimten zoowel van links als van rechts uit geinjicieerd zijn. De photo is van rechts genomen. Duidelijk is te zien, dat het crus dextrum geen directe verbindingen met het eindnet in het septum aangaat. Wel ligt in de trabecula septo-marginalis naast het crus dextrum een teruglopende tak, die zich met het eindnet in het septum verbindt.

III. Hart kalf. Photo van een praeparaat waarin de Eberth-Be-lajeffsche ruimten alleen van links uit geinjicieerd zijn. De photo is van links genomen. De uitbreiding van het Purkinjenetwerk in de diepte der musculatuur van de parietale wanden is duidelijk te zien.

IV. Hart rund. Photo van een praeparaat waarin de Eberth-Be-lajeffsche ruimten alleen van links uit geinjicieerd zijn. Crus sinistrum, crus commune, knoop van Tawara en het beginstuk van het crus dextrum zijn bijna tot aan de trabecula septo-marginalis toe opgelopen.

De photo IVa is van links uit genomen.

De photo IVb van hetzelfde praeparaat, is van rechts uit genomen. Om technische redenen is deze photo iets grooter genomen dan die van de linker kant.

De Purkinjecellen van het septum, die dus van links uit geinjicieerd zijn, gaan door het geheele septum heen en slaan zelfs tot in de rechter parietale wand om.

V. Hart paard. Gedeelte van het hart van links uit gefotografeerd. Bijzonder fraai zijn de Purkinjenetten van de voorste papillairspier te zien, die zich in de diepte voortzetten. Een gedeelte van het subendocardiale net is tot vlak bij de oorsprong van de aorta te volgen. De structuur van het bij het paard zeer fijnmazige Purkinjenet komt op de photo uit.

LITERATUURLIJST

- AAGARD und HALL, 1914 ; Ueber Injektionen des Reizleitungssystems und der Lymphgefäße des Säugetierherzens. Anat. Hefte, Abt. 1, Bd. 51, S. 359-425.
- ACKERKNECHT, 1923 ; Die sogenannte „abnormen Sehnenfäden“ des menschlichen Herzens. Anat. Anz., Bd. 56.
- ARGAUD, 1912 ; Sur la structure de la bandelette ansiforme. C. R. Soc. Biol., Vol. 72, p. 152-154.
- ARGAUD, 1922 ; Considérations nouvelles sur les fibres de Purkinje et leur mode de vascularisation. Arch. malad. coeur, Vol. 15, p. 26-29.
- ARNOLD, 1909 ; Ueber feinere Strukturen und die Anordnung des Glykogens in den Muskelfaserarten des Warmblüterherzens. Centralbl. allg. Path., path. Anat., Bd. 20, S. 769-771.
- ATKINSON, 1919 ; The Histological Structure of the Moderator Band of the Sheep. Journ. Physiol., Vol. 52, p. III-IV.
- ASCHOFF, 1905 ; Bericht über die Untersuchungen des Herrn TAWARA, die „Brückenfasern“ betreffend, und Demonstration der zugehörigen, mikroskopischen Präparate. Zentralbl. Physiol., Bd. 19, S. 298-301.
- ASCHOFF, 1908 ; Ueber das Glykogengehalt des Reizleitungssystems des Herzens (nach Untersuchungen von Herrn NAGAYO). Verh. deutsche Pathol. Ges., 1908, S. 150-153. Centralbl. allg. Path., path. Anat., Bd. 19, S. 410.
- ASCHOFF, 1908 ; Struktur der Purkinjeschen Fasern. Deutsche Med. Wochenschr., Bd. 34, S. 399-400.
- ASCHOFF, 1910 ; Referat über die Herzstörungen in ihrer Beziehungen zu den spezifischen Muskelsystemen. Verh. deutsche Path. Ges., 14 Tagung, 1910.
- BENNINGHOFF, 1930 ; Das Reizleitungssystem. In VON MÖLLENDORFF, Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen, Bd. 6, T. 1, S. 198-215.
- BERBLINGER, 1912 ; Das Glykogen im menschlichen Herzen. Histologische Untersuchungen über sein Vorkommen und seine Verteilung mit Berücksichtigung der im Herzmuskel vorhandenen Diastasen. Beitr. path. Anat., Bd. 53, S. 155-211.
- BLAIR and DAVIES, 1935 ; Observations on the Conducting System of the Heart. Journ. Anat., Vol. 69, p. 303-326.
- BORG, ter, 1937 ; Untersuchungen über das Vorkommen von Purkinjeschen Zellen in den Herzvorkammern unserer Haustiere unter besonderer Berücksichtigung des Pferdes. Acta Neerl. Morph. Norm. Path., Vol. 1, p. 64-68.
- BRAEUNING, 1904 ; Ueber muskulöse Verbindungen zwischen Vorkammer und Kammer bei verschiedenen Wirbelthierherzen. Arch. Anat. Phys., phys. Abt. Suppl. 1904, S. 1-19.
- BRAEUNING, 1904 ; Ueber muskulöse Verbindungen zwischen Vorkammer und Kammer des Herzens. Berl. Klin. Wochenschr., Bd. 41, S. 1000-1002.
- BRUNI, 1924 ; Osservazioni e considerazioni sullo sviluppo del nodo del seno nel cuore dei ruminanti. Monit. Zool. Ital., 1935, p. 1-13.
- BUADZE und WERTHEIMER, 1928 ; Der Glykogengehalt des Reizleitungssystems im Herzen. Arch. ges. Physiol., Bd. 219, S. 233-237.
- BULLARD, 1914 ; On the Occurrence of Fat in the Muscle Fibres of the Myocardium and of the Atrio-ventricular System. Anat. Rec., Vol. 8, p. 121-123.
- BURIAN, 1924 ; Zur Histologie der spezifischen Muskelsysteme im menschlichen Herzen. Lotos, Bd. 72, S. 289-296.
- BURIAN, 1925 ; Zur Histologie des Sinusknotens des menschlichen Herzens. Anat. Anz., Bd. 59, S. 306-312.
- CADY, 1921 ; Sino-Ventricular Bundle of the Rabbits Heart. Anat. Rec., Vol. 21 ; p. 375-385.
- CARDWELL and ABRAMSON, 1931 ; The Atrio-ventricular Conduction System of the Beef Heart. Amer. Journ. Anat., Vol. 49, p. 167-192.
- CARDWELL and ABRAMSON, 1934 ; A New Anatomic Basis for the Spread of the Impulse in the Mammalian Ventricle. Amer. Journ. Physiol., Vol. 109, p. 1.

- CEELEN, 1919 ; Das Reizleitungssystem des Herzens. Berl. Klin. Wochenschr., Bd. 56, S. 509-516.
- CERAVOLO, 1921 ; Contributo alla migliore conoscenza del nodo del seno. Folia medica (Napoli) ; 1921, p. 1-12.
- CHIODI, 1932 ; Il nodo seno atriale del cuore dei mammiferi. Clinica Veterinaria, 1932, p. 688-717 ; 799-824.
- COHN, 1910 ; On the Auricular-Nodal Junction. Heart, Vol. 1, p. 167-176.
- COHN, 1913 ; The Post-Mortem Examination of Horses Hearts from Cases of Auricular Fibrillation. Heart, Vol. 4, p. 221-224.
- COHN, 1913 ; Observations on Injection Specimens of the Conducting System in Ox Hearts. Heart, Vol. 4, p. 225-229.
- COHN und TRENDELENBURG, 1910 ; Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 131, S. 1-87.
- CURRAN, 1909 ; A Constant Bursa in Relation with the Bundle of His ; with studies of the Auricular Connections of the Bundle. Anat. Rec., Vol. 3, p. 618-632.
- CURRAN, 1910 ; A Constant Bursa in Relation with the Bundle of His ; with Studies of the Auricular Connections of the Bundle. Anat. Anz., Bd. 35, S. 89-97.
- DAVIES, 1930 ; The Conducting System of the Bird's Heart. Journ. Anat., Vol. 64, p. 128-147.
- DAVIES, 1930 ; Further Studies of the Conducting System of the Bird's Heart. Journ. Anat., Vol. 64, p. 319-324.
- DAVIES, 1931 ; The conducting system of the Monotreme Heart. Journ. Anat. Vol. 65. p. 338-352.
- DIETRICH, 1910 ; Die Elemente des Herzmuskels. Samml. anat. u. phys. Vortr. u. Aufsätze, Bd. 12, S. 497-542.
- EBERTH und BELAJEFF, 1886 ; Ueber die Lymphgefäße des Herzens. Arch. path. Anat., Bd. 37, S. 124-131.
- ENGEL, 1910 ; Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie des Atrio-ventrikulärbündels. Beitr. path. Anat., Bd. 48, S. 499-525.
- FAHR, 1907 ; Ueber die muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel im normalen Herzen und beim Adams-Stokesschen Symptomkomplex. Arch. path. Anat., Bd. 188, S. 562-578.
- FAHR, 1908 ; Zur Frage der atrio-ventrikulären Muskelverbindung im Herzen. Verh. deutsche path. Ges., 1908 (Kiel), S. 153-160 ; Zentralbl. allg. Path., path. Anat., Bd. 19, Erg. H., S. 410.
- FAHR, 1910 ; Verh. deutsche path. Ges. 14-3. Wechselrede. S. 106.
- FRANCA, la, 1922 ; Le glycogène de l'appareil spécifique du coeur dans les rapports avec la fonction cardiaque. Arch. Intern Phys., Vol. 17, p. 266-270.
- FRANK, 1925 ; The Leading System of the Heart. Bull. Intern. Acad. Sci. Bohème, Vol. 26, p. 3.
- FREUND, 1912 ; Klinische und pathologisch-anatomische Untersuchungen über Arrhythmia perpetua. Deutsches Arch. Klin. Med., Bd. 106, S. 1-32.
- GÉRAUDEL, 1925 ; L'artère de l'atrio-necteur (artère du noeud de Keith et Flack). Presse médicale, Vol. 33, p. 1283-1286.
- GÉRAUDEL, 1925 ; La circulation artérielle du ventriculo-necteur (noeud de Tawara, faisceau de His, réseau de Purkinje). Presse médicale, Vol. 33, p. 1702-1704.
- GÉRAUDEL, 1934 ; Le faisceau de His est un connecteur septo-ceptal. Inexactitude du schema de Tawara. Ann. anat. pathol. Vol. 11, p. 300-303.
- GIBSON, 1909 ; On the Primitive Muscle Tissue of the Human Heart. Brit. Med. Journ., 1909, p. 149-150.
- GOORMAGHTIGH, 1937 ; Die eigenartige Struktur der Herzohren. Arch. Kreislaufforsch., Bd. 1, S. 377.
- HEDINGER, 1910 ; Ueber Herzbefunde bei Arrhythmia perpetua. Frankf. Zeitschr. Path., Bd. 5, S. 296-321.

- HESSLING, von, 1854 ; Histologische Mittheilungen, Zeitschr. Wiss. Zool, Bd. 5, S. 189-199.
- HIS, 1893 ; Die Thätigkeit des embryonalen Herzens und deren Bedeutung für die Lehre von der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arb. med. Klinik Leipzig, Bd. 2, S. 14-49.
- HIS, 1933 ; Zur Geschichte des Atrioventrikularbündels nebst Bemerkungen über die embryonale Herztätigkeit. Klin.Wochenschr., Bd. 12, S. 569-574.
- HOYER, 1901 ; Ueber die Kontinuität der kontraktile Fibrillen in den Herzmuskelzellen. Anz. d. Akad. d. Wissensch. in Krakau, math., naturw. Kl. 1901, S. 205.
- HOFMANN, 1902 ; Beitrag zur Kenntnis der Purkinje'schen Fäden im Herzmuskel. Zeitschr. Wiss. Zool., Bd. 71, S. 486-507.
- HOLL, 1912 ; Makroskopische Darstellung des atrioventrikularen Verbindungsbündels am menschlichen und tierischen Herzen. Arch. Anat. Phys., Anat. Abt., 1912, S. 62-104.
- HOLMES, 1921 ; The Auricular Bundle in Mammals. Journ. Anat., Vol. 55, p. 269-285.
- HUBERT, 1920 ; Das Reizleitungssystem des Herzens. 1. Teil : Die anatomischen Grundlagen. Münch. Med. Wochenschr., Bd. 67, S. 517-519.
- HUMBLET, 1904 ; Le faisceau musculaire inter-auriculo-ventriculaire, lieu physiologique entre les oreillettes et les ventricules du coeur. Bull. Ac. R. Belg., Cl. Sci., 1904, p. 802-803.
- HUMBLET, 1904 ; Le faisceau interauriculo-ventriculaire constitue le lieu physiologique entre les oreillettes et les ventricules du coeur du chien. Arch. Intern. Physiol., Vol. 1, p. 278-285.
- JOHNSTONE, 1923 ; Studies of the Atrio-ventricular Bundle with Polarized Light. Anat. Rec., Vol. 26, p. 145-151.
- JOHNSTONE and WAKEFIELD, 1923 ; On the Character of the Purkinje Fibres in Various Regions of the Atrio-ventricular Bundle. Anat. Rec., Vol. 24, p. 223-231.
- JOHNSTONE, WAKEFIELD and CURREY, 1923 ; On the Comparative Vascularity of the Heart Muscle and of the Purkinje Fibres. Anat. Rec., Vol. 24 p. 55-59.
- JONES, 1932 ; The Connections between the Cardiac Nodes. Lancet, 1933. Vol. 2, p. 389-390.
- KAMMERMANN, 1919 ; Beitrag zur Anatomie und Histologie des Atrio-Ventrikulären Bündels (His) bei unseren Haustieren. Diss. Bern 1919, Schweiz. Arch. Tierheilk., Bd. 64, S. 64, S. 577-581, 1922.
- KEITH, 1906 ; The Auriculo-ventricular Bundle of His. Lancet, Vol. 84, p. 623-625.
- KEITH and FLACK, 1906 ; The Auricular-ventricular Bundle of the Human Heart. Lancet, Vol. 84, p. 359-364.
- KEITH and FLACK, 1907 ; The Form and Nature of the Muscular Connections between the Primary Divisions of the Vertebrate Heart. Journ. Anat. Phys., Vol. 41, p. 172-189.
- KEITH and MACKENZIE, 1909 ; The Anatomy of the Heart. Brit. Med. Journ., 1909, p. 1750-1751.
- KEITH and MACKENZIE, 1910 ; Recent Researches on the Anatomy of the Heart. Lancet, Vol. 88, p. 101-103.
- KENT, 1893 ; Researches on the Structure and Functions of the Mammalian Heart. Journ. Physiol., Vol. 14, p. 233-254.
- KENT 1913 ; The Structure of the Cardiac Tissues at the Auriculo-ventricular Junction. Journ. Physiol., Vol. 47, p. XVII-XVIII.
- KENT, 1914 ; The Right Lateral Auriculo-ventricular Junction of the Heart. Journ. Physiol., Vol. 48, p. XXII-XXIV.
- KENT, 1914 ; Illustration of the Right Lateral Auriculo-ventricular Junction in the Heart. Journ. Physiol., Vol. 48, p. LXIII-LXIV.

- KING, 1916 ; The Sino-ventricular System as demonstrated by the Injection Method. Amer. Journ. Anat., Vol. 19, p. 149-177.
- KOCH, 1907 ; Ueber das Ultimum moriens des Menschlichen Herzens. Ein Beitrag zur Frage des Sinusgebietes. Beitr. path. Anat., Bd. 42, S. 203-224.
- KOCH, 1908 ; Weitere Mitteilungen über den Sinusknoten des Herzens. Verh. deutsche Path. Ges., 13, 1908, S. 85-92. Centralbl. allg. Path., path. Anat., Bd. 20, S. 487-488, 1909.
- KOCH, 1909 ; Ueber die Struktur des oberen Cavatrichters und seine Beziehungen zum Pulsus irregularis perpetuus. Deutsche Med. Wochenschr., Bd. 35, S. 429-432.
- KOCH, 1909 ; Ueber die Blutversorgung des Sinusknotens und etwaige Beziehungen des letzteren zum Atrio-ventrikularknoten. Münch. Med. Wochenschr., Bd. 56, S. 2362-2364.
- KOCH, 1910 ; Neuere Befunde am Sinusknoten der Huftiere Deutsche Med. Wochenschr., Bd. 36, S. 688.
- KOCH, 1911 ; Welche Bedeutung kommt dem Sinusknoten zu ? Med. Klinik, Bd. 7, S. 447-452.
- KOCH, 1913 ; Zur Entwicklung und Topographie der spezifischen Muskelsysteme im Säugetierherzen. Med. Klinik, Bd. 9, S. 77-78.
- KOCH, 1914 ; Die Orte der Reizbildung und Reizleitung im menschlichen Herzen. Zeitschr. exp. Path. u. Therap., Bd. 16, S. 1-9.
- KOCH, 1922 ; Der funktionelle Bau des menschlichen Herzens. Berlin, 1922.
- KRÜGER, 1924 ; Ein Beitrag zur Anatomie des Pferdeherzens mit besonderer Berücksichtigung von Herzmassen und gewichten. Berl. tierärztl. Wochenschr., 1924, S. 331-333.
- KUNG, 1930 ; Ueber die normale Histologie des Reizleitungssystems und pathologisch-histologische Befunde an blockierten Herzen des Menschen, Arch. exp. Path. u. Pharmakol., Bd. 155, S. 295-330.
- LANGE, 1914 ; Die anatomischen Grundlagen für eine myogene Theorie des Herzschlages. Arch. mikr. Anat., Bd. 84, S. 215-262.
- LEWIS and ROTHSCCHILD, 1915 ; The Excitatory Process in the Dog's Heart, Pt. 2., The Ventricles. Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. B., Vol. 206, p. 181-226.
- LHAMON, 1912 ; The Sheath of the Sino-ventricular Bundle. Amer. Journ. Anat., Vol. 13, p. 55-70.
- LLOYD, 1930 ; The Form and Function of the Auriculo-ventricular Bundle in the Rabbit. Amer. Journ. Anat., Vol. 45, p. 379-410.
- MACKENZIE, 1910 ; Verhandl. deutsche path. Ges., Bd. 14, S. 90.
- MANUILOW, 1912 ; Purkinje'sche Fäden im Endocardium eines Elefantenherzens. Anat. Anz., Bd. 40, S. 88-95.
- MARCHAND, 1885 ; Ueber eine Geschwulst aus quergestreiften Muskelfasern mit ungewöhnlichem Gehalte an Glykogen, nebst Bemerkungen über das Glykogen in einigen fötalen Geweben. Virchows Archiv, Bd. 100, S. 42-66.
- MEESSEN, 1935 ; Zur normalen Histologie des Reizleitungssystems und zu seinen Störungen. Zeitschr. Kreislaufforschung, Bd. 27, S. 42-56.
- METTAM, 1926 ; A Preliminary Contribution to the Study of the Atrio-ventricular System of the Horse. South African Journ. Science, Vol. 23, p. 556-559.
- MÖNCKEBERG, 1908 ; Ueber die sogenannten abnormen Sehnenfäden im linken Ventrikel des menschlichen Herzen und ihre Beziehungen zum Atrio-ventrikulärbündel. Verh. deutsche path. Ges., 1908, S. 160-165. Centralbl. f. allg. Path., path. Anat., Bd. 19, S. 411.
- MÖNCKEBERG, 1908 ; Untersuchungen über das Atrioventrikulärbündel im menschlichen Herzen. Jena 1908, S. 1-329.

- MÖNCKEBERG, 1910 ; Zur Frage der besonderen muskulären Verbindung zwischen Sinus- und Atrioventrikularknoten im Herzen. Zentralbl. f. Herz- u. Gefässkrankh., Bd. 2, S. 1-5.
- MÖNCKEBERG, 1921 ; Das spezifische Muskelsystem im menschlichen Herzen. Ein Beitrag zu seiner Entwicklungsgeschichte, Anatomie, Physiologie und Pathologie. Erg. d. allg. Path. u. path. Anat., Bd. 19, T. 2, S. 328-574.
- MÖNCKEBERG, 1926 ; Der funktionelle Bau des Säugetierherzens. In BETHEs Handb. d. norm. u. path. Physiol., Bd. 1, 1. Hälfte, S. 85-113.
- MONRAD-KROHN, 1911 ; Le faisceau atrio-ventriculaire dans le coeur humain. Arch. malad. coeur, 1911, p. 350-357.
- NAGAYO, 1909 ; Zur normalen und pathologischen Histologie des Endocardium parietale Beitr. path. Anat., allg. Path., Bd. 45, S. 283-305.
- NAGAYO, 1910 ; Der Glykogenbefund des Sinus knotens Mitt. Med. Ges. Tokyo
- NEUKIRCH, 1910 ; Ueber morphologische Untersuchungen des Muskelglykogens und eine neue Art. seiner Fixation. Virchows Archiv, Bd. 200, S. 73-89.
- NOEL et MORIN, 1929 ; Contribution à l'étude cytologique du faisceau de His et du noeud de Tawara. I Position de la question. Etude du noeud de Tawara. Bull. histol. appl., Vol. 6, p. 1-11.
- NOEL et MORIN, 1929 ; Contribution à l'étude cytologique du noeud de Tawara et du faisceau de His. II. Le faisceau de His et la zone de jonction du faisceau de His et du myocarde. Bull. histol. appl., Vol. 6, p. 71-78.
- NOEL et MORIN, 1929 ; Contribution à l'étude cytologique du noeud de Tawara et du faisceau de His. III. Interprétation des faits observés. Bull. histol. appl., Vol. 6, p. 119-130.
- NOMURÁ and IDA, 1928 ; Histologische Untersuchungen über die Verbindung zwischen Sinusknoten und Tawarasche Knoten und über den Sinusknoten. Journ. Med. Assoc. Formosa, 283, p. 68.
- NÖRR, 1924 ; Das sog. „Reizleitungssystem“ im Herzen und seine Beziehungen zu kardialen Funktionsstörungen. Berl. tierärztl. Wochenschr. 1924, S. 404-408.
- OBERMEIER, 1867 ; Ueber Structur und Textur der Purkinje'schen Fäden. Arch. Anat., Physiol., 1867, S. 245-255 ; 358-386.
- OHMORI, 1928 ; Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über das Atrioventrikularverbindungssystem des Vogelherzens. Fukuoka Ikwadaigaku Zasshi, 211, p. 3-5, (Autoreferaat).
- OHMORI, 1928 ; Vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über das Atrioventrikularverbindungssystem des Säugetierherzens. Fukuokakwadaigaku Zasshi 215, p. 56-57 (Autoreferaat).
- OPPENHEIMER and OPPENHEIMER, 1912 ; Nerve Fibrils in the Sino-auricular Node Journ. Exper. Med., Vol. 16, p. 613-619.
- OPPENHEIMER and OPPENHEIMER, 1912 ; The Relation of the Sino-auricular Node to the Venous Valves in the Human Heart. Anat. Rec., Vol. 6, p. 487-490.
- PANNIER, 1938 ; Sur l'existence de faisceaux Purkiniens dans l'oreillette droite. C. R. Soc. Biol., T. 127, p. 1114.
- PACE, 1910 ; Ricerche sui sisteme di connessione muscolari atrio-ventricolari del cuore. Atti R. Accad. Med. Chir. Napoli, 1910, No. 2, p. 1.
- PACE, 1911 ; Ricerche sul tessuto nodale sopraventricolare del cuore. Atti Accad. Med. Chir. Napoli, 1911, No. 1.
- PACE, 1919 ; Nuove ricerche sul tessuto specifico del cuore dell' uomo e dei Mammiferi. Atti R. Accad. Med. Chir. Napoli, 1919, p. 1-20.
- PACE, 1922 ; Nuove ricerche e considerazioni sul nododel seno del cuore dei mammiferi. Riforma medica, 1922, p. 385-398.

- PACE, 1924 ; Di un singolare sdoppiamento del nodo di Keith e Flack nel cuore di agnello. Arch. Ital. Anat. Embr., Vol. 21, p. 98-113.
- PACE, 1924 ; Dix années de recherches sur le tissu spécifique du coeur. Arch. Malad. Coeur, Vol. 17, p. 192-207.
- PACE, 1929 ; Taluni punti controversi sull' anatomica del tessuto specifica del cuore. Monit. Zool. Ital., Vol. 40, p. 289-296.
- PETERSEN, 1918 ; Ueber das atrioventrikuläre Reizleitungssystem bei den Haussäugetieren Arch. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 44, S. 97-113.
- PURKINJE, 1845 ; Mikroskopisch-neurologische Beobachtungen. Arch. Anat. Phys., 1845, S. 281-295.
- RÉNON et GÉRAUDEL, 1913 ; Richesse du noeud de Keith et Flack et du faisceau de His en fibrilles élastiques. C.R. Soc. Biol., Vol. 75, p. 128-129.
- RETZER, 1904 ; Ueber die muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel des Säugetierherzens. Arch. Anat. Phys., anat. Abt., 1904, S. 1-14.
- RETZER, 1908 ; The atrio-ventricular Bundle and Purkinje's Fibres. Anat. Rec. Vol. 1, p. 41.
- RETZER, 1908 ; The Anatomy of the Conductive System in the Mammalian Heart. Bull. Johns Hopkins Hosp., Vol. 19, p. 208.
- RETZER, 1908 ; Some Results of Recent Investigations on the Mammalian Heart. Anat. Rec., Vol. 2, p. 149-155.
- RETZER, 1912 ; The Anatomy of the Heart of the Indian Elephant. Anat. Rec., Vol. 6, p. 75-90.
- ROJAS et DEBUSSY-SCHLEISINGER, 1936 ; Le tissu connectif des divers segments du système de conduction auriculo-ventriculaire. C. R. Soc. Biol., T. 123, p. 1080-1091.
- ROMÉIS, 1914 ; Beiträge zur Arrhythmia perpetua Deutsch. Arch. Klin. Med., Bd. 114.
- ROMIEU, 1937 ; Sur le réseau de Purkinje du coeur de l'homme. C. R. Assoc. Anat., 32ième Réunion, p. 376-389.
- ROMIEU, LUCAS et JULLIEN, 1937 ; Caractères morphologiques du réseau de Purkinje du coeur de l'homme. C. R. Ac. Sci. Paris, T: 205, p: 1259-1261.
- ROTHBERGER, 1933 ; Beitrag zur Kenntnis der intraventrikulären Leitungsstörungen und zur Theorie des „Arborisation Block“ Zeitschr. ges. exper. Med., Bd. 87, S. 763-776.
- ROTHBERGER, 1935 ; Zur Kenntnis der intraventrikulären Leitungsstörungen. Zeitschr. Kreislaufforschung, Bd. 27, S. 346-349.
- SANABRIA, 1936 ; Recherches sur la différenciation du tissu nodal et connecteur du coeur des mammifères. Arch. Biol., T. 47, p. 1-70.
- SCHAEFER, 1912 ; Ueber helle und trübe Muskelfasern im menschlichen Herzen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Muskelsysteme des Herzens. Abhandl. Senckenb. Naturf. Ges., Bd. 31, S. 151-172.
- SCHAUDER, 1918 ; Makroskopische Darstellung des atrioventrikulären Verbindungsbündels im Herzen des Pferdes. Arch. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 44, S. 372-380.
- SCHÖNBERG, 1909 ; Ueber Veränderungen im Sinusgebiet des Herzens bei chronischer Arrhythmie. Frankf. Zeitschr. Pathol., 1909, p. 153-179.
- SCHÖNBERG, 1909 ; Weitere Untersuchungen des Herzens bei chronischer Arrhythmie. Frankf. Zeitschr. Pathol., 1909, S. 462-484.
- SCHMALTZ, 1886 ; Die Purkinje'schen Fäden im Herzen der Haussäugethiere. Arch. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 12., S. 161-209.
- SCHWARTZ, 1911 ; Untersuchungen über das Sinusgebiet im Wiederkäuerherzen. Arch. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 37, S. 152-179.
- SEGRE, 1926 ; Recherches sur la portion sinu-auriculaire du système de conduction du coeur humain. Arch. Malad. Coeur, Vol. 19, p. 295-302.

- SEGRE, 1926 ; Sulla musculatura degli atri cardiaci e suoi rapporti col systema di conduzione dell' eccitamento. Atti Soc. Lombarda Sci. Med. Biol. Milano, Vol. 15, p. 184-200. Ref. in Anat. Ber. 1928.
- STIÉNON, 1925 ; Recherches sur l'origine du système purkinien dans le coeur des mammifères. Arch. Biol., Vol. 35, p. 89-115.
- STIÉNON, 1926 ; Recherches sur l'origine du noeud sinusal dans le coeur des mammifères. Arch. Biol., Vol. 36, p. 523-539.
- STIÉNON, 1930 ; Contribution à l'étude du myocarde spécifique chez les Vertébrés. Arch. Biol., Vol. 40, p. 56-82.
- SPALTEHOLZ, 1911 ; Ueber das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten. Leipzig, 1911.
- van der STRICHT and TODD, 1920 ; The Structure of Normal Fibres of Purkinje in the Adult Human Heart and their Pathological Alteration in Syphilitic Myocarditis, Johns Hopkins Hosp. Rep., Vol. 19, p. 1-69.
- van der STRICHT and TODD, 1920 ; Fibres de Purkinje du coeur humain à l'état normal et à l'état pathologique. C.R. Soc. Biol., Vol. 83, p. 679-682.
- TANDLER, 1913 ; Anatomie des Herzens. In von Bardeleben, Handbuch. d. Anat. d. Menschen, Bd. 3, T. 1, S. 1-292.
- TAUSSIG, 1931 ; On the Boundaries of the Sino-auricular Node and the Atrio-ventricular Node in the Human Heart. Bull. Johns Hopkins Hosp., Vol. 48, p. 162-179.
- TAWARA, 1905 ; Die Topographie und Histologie der Brückenfasern. Ein Beitrag zur Lehre von der Bedeutung der Purkinjeschen Fäden. Zentralbl. f. Physiol., Bd. 19, S. 70-76.
- TAWARA, 1906 ; Ueber die sogenannten abnormen Sehnenfäden des Herzens. Ein Beitrag zur Pathologie des Reizleitungssystems des Herzens. Beitr. path. Anat., Bd. 39, S. 563-584.
- TAWARA, 1906 ; Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens. Jena 1906, S. 1-200.
- THOREL, 1908 ; Vorläufige Mitteilung über eine besondere Muskelverbindung zwischen der Cava superior und dem Hisschen Bündel. Münch. Med. Wochenschr., Bd. 56, S. 2159.
- THOREL, 1909 ; Ueber den Aufbau des Sinusknotens und seine Verbindung mit der Cava Superior und den Wenkenbachschen Bündeln. Münch. Med. Wochenschr., Bd. 57, S. 183-186.
- THOREL, 1910 ; Ueber die supraventriculären Abschnitte des sog. Reizleitungssystems. Verh. deutsche path. Ges., 14. Tagung.
- TODD, 1932 ; The Specialised Systems of the Heart. In COWDRY, Special Cytology, p. 1175-1210, New York 1932.
- TUFTS, 1921 ; Some Observations upon the Structure of the Purkinje Fibres. Anat. Rec., Vol. 22, p. 363-372.
- UNGAR, 1924 ; Zur Anatomie der spezifischen Muskelsysteme im Menschenherzen. Lotos, Bd. 72, S. 209-237.
- VALETTE, 1910 ; Le faisceau atrio-ventriculaire de His et le tissu musculaire primitif du coeur. Rev. méd. Suisse rom., Vol. 30, p. 557-568.
- VERMES, 1925 ; Makroskopisch-anatomische Untersuchungen an Elefanten- und Nilpferdherzen. Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie des Reizleitungssystems des Säugetierherzens. Anat. Anz., Bd. 60, S. 241-263.
- VERMES, 1926 ; Präparate über das Reizleitungssystem vom Elefanten und vom Nilpferd. Anat. Anz. Erg. Heft Bd. 60, S. 257-258.
- WAHLIN, 1928 ; Das Reizleitungssystem des Herzens. Direkte Verbindung zwischen den Purkinjeschen Fadennetz der beiden Kammern durch das Septum ventriculorum ? Upsala Läkarefören. Förhandl., N. F. Bd. 34, p. 769-772.

- WAHLIN, 1932 ; Die interventrikulären Verbindungen im Reizleitungssystem des Herzens. Upsala Läkarefören. Förhandl., N.F. Bd. 38, p. 1-9.
- WAHLIN, 1935 ; Das Reizleitungssystem und die Nerven des Säugetierherzens. Diss. Stockholm, 1935.
- WAKEFIELD and CHANDLER, 1924 ; Observations on the Sino-atrial Region of the Mammalian Heart. Anat. Rec., Vol. 27, p. 224.
- WALMSLEY, 1929 ; In QUAIN's Elements of Anatomy, Vol. 4, pt. 3.
- WENCKEBACH, 1906 ; Beiträge zur Kenntnis der menschlichen Herzätigkeit. Arch. Anat. Phys., phys. Abt., 1906, S. 297-354.
- WENCKEBACH, 1907 ; Beiträge zur Kenntnis der menschlichen Herzätigkeit. Arch. Anat. Phys., phys. Abt., 1907, S. 1-24.
- WILSON, 1909 ; The Nerves of the Atrio-ventricular Bundle. Anat. Rec., Vol. 3, p. 262-263.
- WILSON, 1909 ; Is the Atrio-ventricular Bundle to be regarded as a Neuro-muscular Spindle ? Anat. Rec., Vol. 3, p. 263.
- de WITT, 1909 ; Observations on the Sino-ventricular Connecting System of the Mammalian Heart. Anat. Rec., Vol. 3, p. 475-497.
- YATER, 1930 ; Cross Striation of the Muscle Fibers of the Sino-auricular Node. Journ. Amer. Med. Assoc., Vol. 94, p. 1232.
- YATER, HEFKE, OSTERBERG, 1930 ; Chemical Determination of the Glycogen Ratio in the Bundle of His and the Cardiac Muscle in Man and in the Horse. Arch. Intern. Med., Vol. 45.
- ZAGARI, 1919 ; I sistemi di connessione muscolari specifici nel cuore fetale umano. Folia medica, 1919, p. 1-29.
- ZIMMERMANN, 1923 ; Das Reizleitungssystem des Herzens bei Equiden. Anat. Anz. Erg. H., Bd. 57, S. 252-258.
- ZIMMERMANN, 1924 ; Das Reizleitungssystem des Herzens bei Haussäugetieren. Berl. tierärztl. Wochenschr., 1924, S. 39-41.

STELLINGEN

I.

De opvatting van WAHLIN, dat verbindingen tusschen het Purkinjeeindnet van linker en rechter ventrikel alléén in het septum voorkomen, is onjuist.

II.

Uit het, bij zijn experimenten na doorsnijding van de musculi transversi in de rechter ventrikel van de hond, verkregen electrocardiogram, concludeert ROTHBERGER ten onrechte dat specifiek weefsel sneller geleidt dan gewoon hartspierweefsel. ROTHBERGER : Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. Bd. 87 1933 en Zeitschr. f. Kreislauff. Bd. 27. 1935.

III.

Het is gewenscht, dat bij de bestrijding van de tuberculose volgens Rijksvoorschriften, het verplicht merken van reactie dieren komt te vervallen.

IV.

Het aanstellen van hygiene-consulenten, naast de inspecteurs van den Veeartsenijkundigen Dienst en van de Volksgezondheid, is met het oog op de bestrijding van tuberculose, abortus e.d. noodzakelijk.

V.

Voor de bestrijding van de tuberculose is verplichte aangifte van dieren lijdende aan open tuberculose noodzakelijk.

VI.

Bij de bestrijding van runderabortus is in ons land de enting met levende cultuur onmisbaar.

VII.

Het optreden van blaren aan de tepels bij het mond- en klauwzeer, kan niet door hygienische maatregelen worden voorkomen.

VIII.

De agalactie bij een primipare merrie behoeft geen reden te zijn om het dier van de fokkerij uit te sluiten.

IX.

De door GÖTZE aangegeven methode van embryotomie bij te groote kalveren, is in vele gevallen te omslachtig. R. GÖTZE : Neuzeitliche Embryotomie bei Pferd und Rind. 1938.

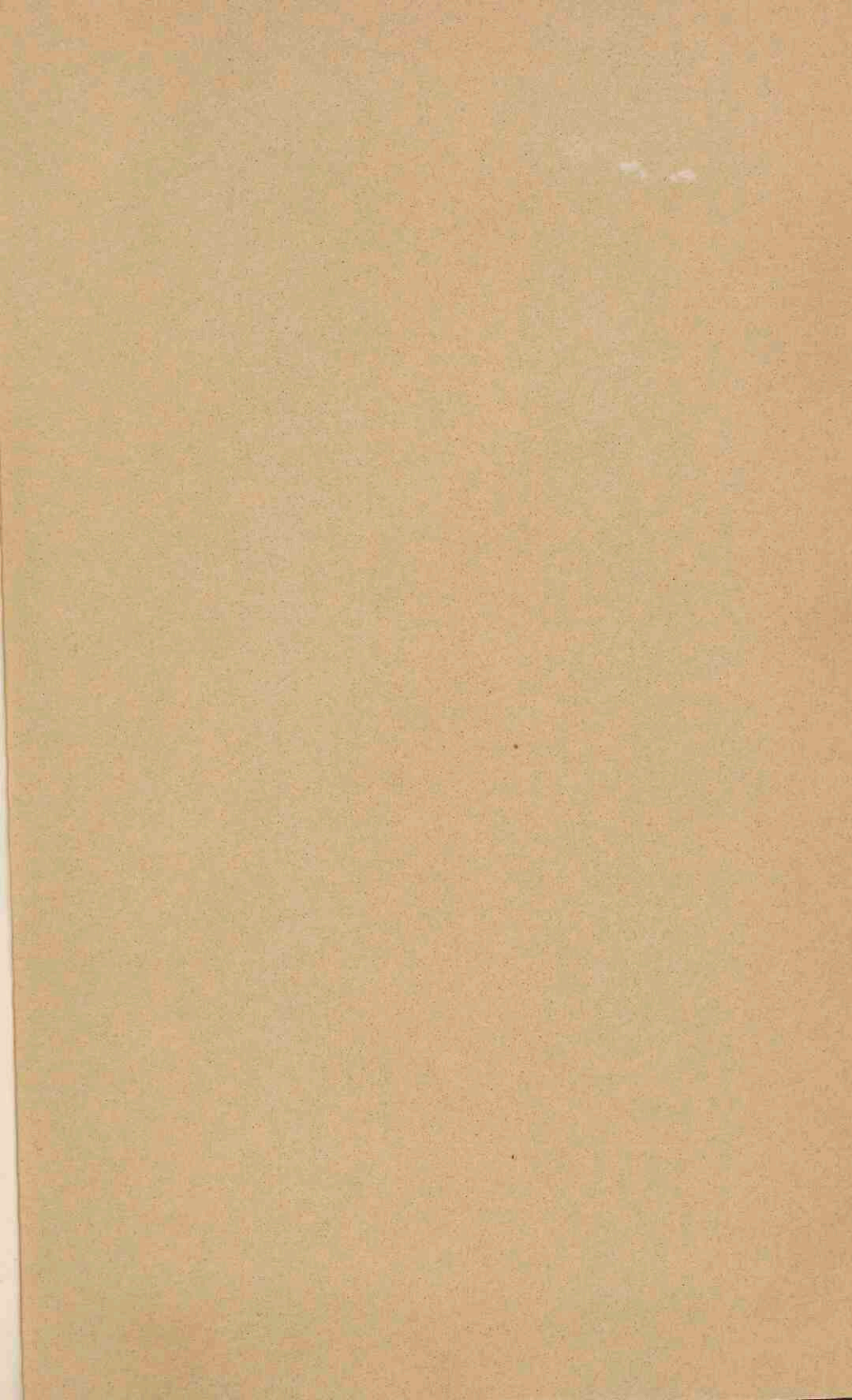
X.

De regeling van de herkeuring, zooals deze thans in ons land bij de wet is voorgeschreven, is ondoelmatig.

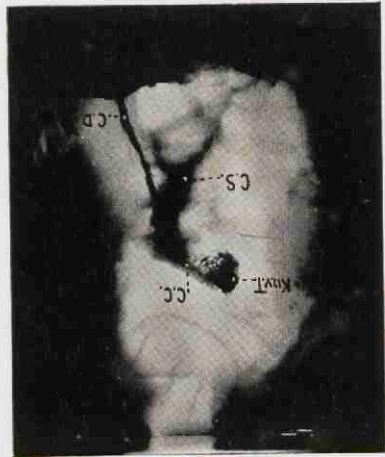
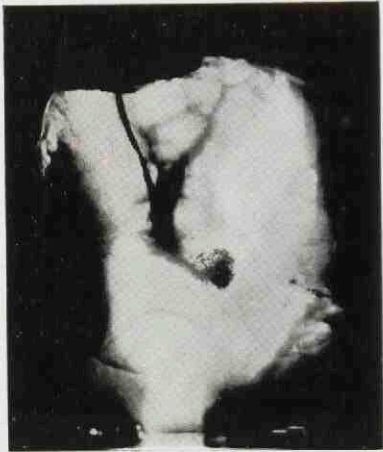
MEMORANDUM

Faint, illegible text covering the majority of the page, likely representing the main body of a memorandum or report.

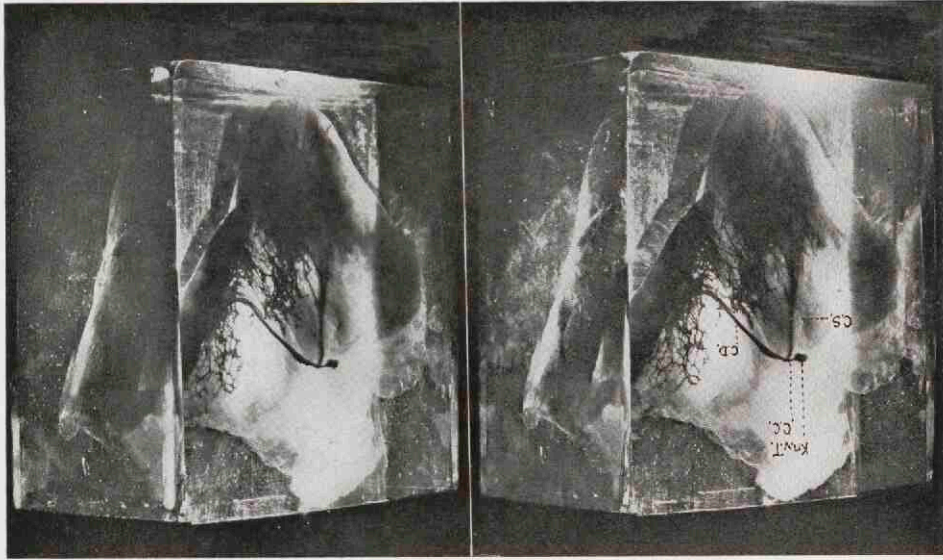
Vertical text or markings along the right edge of the page, possibly a page number or reference code.



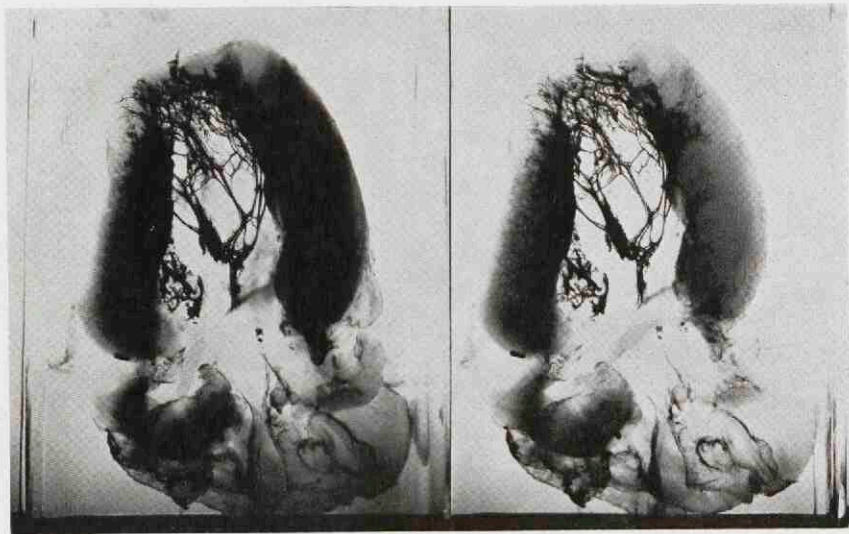
I

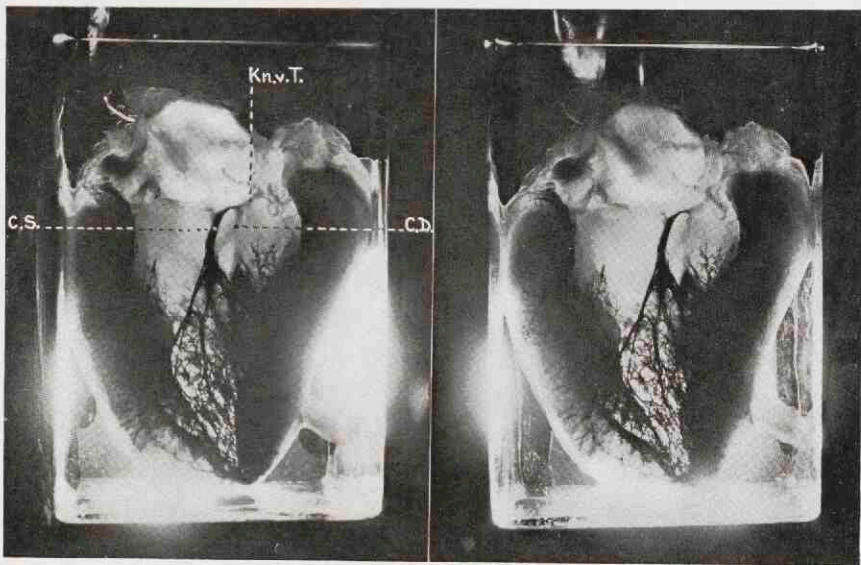


II

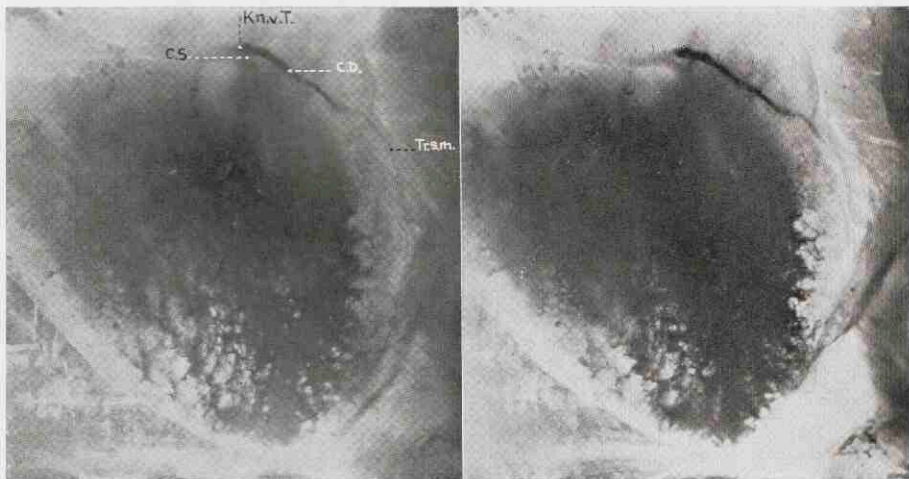


III

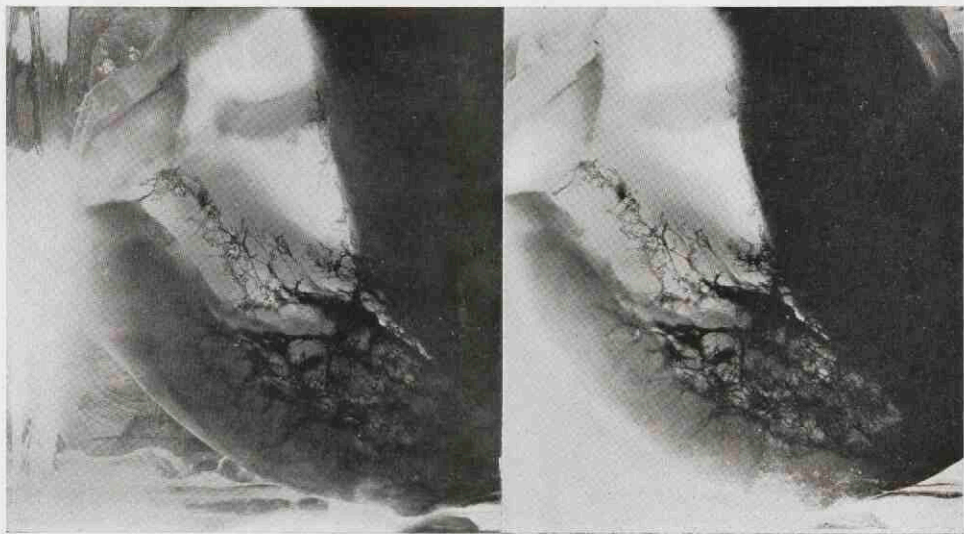




IV^a



IV^b



STEREOPHOTO'S

Van de geïnjecteerde en
doorzichtig gemaakte praeparaten.

6

