

# Anatomische Studien über die Coronararterien und experimentelle Untersuchungen über ihre Durchgängigkeit.

Von

Dr. Al. Crainicianu,  
Ex-Prosektor der Medizin. Fakultät zu Bukarest.

Mit 27 Textabbildungen.

*(Eingegangen am 3. November 1921.)*

## Vorwort.

Da die Coronararterien des Herzens ein bedeutendes wissenschaftliches Interesse bieten, gaben sie — besonders in letzter Zeit — Grund zu zahlreichen Forschungen.

Vom anatomischen Standpunkt aus sind die Coronararterien meist an der Oberfläche des Herzens beschrieben, es wäre aber ebenso unentbehrlich, die Blutversorgung des Herzens in der Tiefe des Herzmuskels zu kennen.

Der coronarische Kreislauf, der in so besonderer Weise sich bildet, bietet noch immer für Physiologen viele dunkle Punkte. Wenn dieser Kreislauf, durch arterielle, pathologische Prozesse, in seinem Normallauf gehindert ist, entstehen ernste Störungen, die zur Bildung des Syndroms „Angina pectoris“ führen. Die so viel beschriebene coronarische Theorie ist in der gegenwärtigen Phase der Wissenschaft eine Hypothese, die noch zu beweisen ist.

Während des Krieges sind viele Fälle von Verwundung der Kranzarterien beobachtet worden, und besonders der Arteria coronaria sinistra, welche von entsprechenden chirurgischen Eingriffen gefolgt wurde.

Die Frage der Coronaranastomosen, ihrer Anatomie und Physiologie, der Rolle, die sie als vasculäre Ersatzstellen spielen könnten, im Falle von Entwertung oder Verwundung, einer der Coronararterien, bildet ein komplexes Problem, das voll von unbekannten Angaben, ein wichtiges Interesse bietet.

Vom anatomischen Standpunkt herrschen in bezug auf diese Arterien offenbare Ungewißheiten und Widersprüche.

Diese Sachlage führte mich zu einem 3jährigen Studium der Coronararterien. Die technischen gegenwärtigen Schwierigkeiten, überhaupt die Druckschwierigkeiten meiner Stiche und Radiographien, haben das Erscheinen dieser Arbeit hinausgeschoben. Trotzdem sind

Einzelteile in verschiedenen medizinischen Blättern erschienen oder wissenschaftlichen Gesellschaften mitgeteilt worden<sup>1)</sup> 2).

Diese Forschungen wurden im Winter des Jahres 1918 in dem anatomischen Institute von Jassy begonnen und in den Laboratorien der Anatomie, Physiologie und in der III. medizinischen Klinik (Prof. Danielopolu) der Fakultät der Medizin in Bukarest weitergeführt. Ich halte es für meine Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. Danielopolu meinen verbindlichsten Dank für seine Aufmerksamkeit und sein Entgegenkommen auszusprechen.

Meine anatomischen und experimentellen Forschungen über die Coronararterien sind an Säugetierherzen und an 200 menschlichen Herzen, und zwar von verschiedenem Alter (Neugeborene, Kinder, Erwachsene) gemacht worden.

Das Ziel derselben war:

1. Die genaue Angabe der descriptiven und topographischen Anatomie der Coronararterien, da die klassischen nicht mehr genügend sind, da der Herzmuskel besser bekannt ist.
2. Das Studium der Blutversorgung des Reizleitungssystems.
3. Das Studium der Anastomosen der Coronararterien, die trotz ihrer Bedeutung noch nicht geklärt sind.
4. Die Forschung nach einer experimentellen und präzisen Methode, die, post mortem, den Stand und den Wert des coronarischen Kreislaufs in einem normalen oder pathologischen Herzen, ausdrücken würde.

Diese Forschungen sind eng verbunden mit der Pathogenese der Angina pectoris, die noch zu keinem Abchluß gelangt ist.

Ich glaube, daß diese Methode, durch welche ich den Begriff der coronarischen Durchgängigkeit feststelle, ein nützliches Forschungsmittel zum Studium des Kreislaufs in den Herzarterien bildet. Die coronarische Theorie zur Erklärung der Erzeugung der Angina pectoris, von einzelnen Autoren bestritten, von den meisten adoptiert, findet hier eine Untersuchungsmethode, die nach meiner Meinung zur Wahrheit führen kann.

Die gegenwärtigen bibliographischen Schwierigkeiten haben mich gehindert, die Bibliographie und Geschichte der verschiedenen studierten Fragen zu bringen. Ich beschränke mich darauf, die wichtigeren Arbeiten mit Hinweis auf meine Forschungen anzugeben.

Alle diese stellen wir prägnant in 7 Kapiteln dar:

1. Anatomie der Coronararterien.
2. Blutversorgung des Reizleitungssystems.

---

<sup>1)</sup> Siehe „Spitalul“ 1920: Anastomosen der Coronararterien.

<sup>2)</sup> Sté.-méd. des hop. de Bucarest 3ième année 1921.

3. Topographische Anatomie der Coronararterien.
4. Anastomosen der Coronararterien.
5. Experimentaluntersuchungen über die Durchgängigkeit der Coronararterien und Pathogenese der Angina pectoris.
6. Die durch diese Methode erzielten Resultate an dem anastomotischen coronarischen System.
7. Kreislauf im Venensystem des Herzens.

Wir danken hier ganz besonders Herrn Dr. Giurea für die Ausführung einiger unserer radiographischen Abbildungen wie auch Herrn Feldianu für die kunstvoll ausgeführten Naturzeichnungen.

Es sei mir gestattet, Herrn Julius Springer, dem Verleger dieses Archivs, für sein Interesse hier meinen herzlichsten Dank zu sagen.

Berlin, 21. August 1921.

Dr. Al. Crainicianu.

---

## I. Anatomie der Coronararterien des Herzens.

### Allgemeine Betrachtungen.

Bei den wirbellosen Tieren geschieht die Versorgung des Herzens durch Osmose-Phänomene, da kein eigentliches Coronarsystem existiert. Bei Wirbeltieren aber ist die Versorgung durch zwei spezielle Arterien, Coronararterien genannt, gesichert. Ihr Name kommt daher, daß sie in der Verteilung und im Verlauf ihrer Hauptstämme zwei Kreise beschreiben, die fast senkrecht zueinander gerichtet sind: einer dieser ist die horizontale Atrioventrikularebene, die andere die Interventrikularebene, nämlich so, daß das Herz von diesen beiden arteriellen Ringen gefurcht ist.

Die alte anatomische Anschauung, daß diese Ringe durch weite Anastomosen geschlossen sind — die, wie es scheint, dem Anatomen Ruysch (1638—1727) zu verdanken ist, und durch Lehrbücher der Anatomie fortgepflanzt wurde —, ist eine gründlich falsche, wie viel später durch Henle (1876), Hyrtl und Rauber (1889) erkannt wurde.

Die Coronararterien schlängeln sich an der Oberfläche des Herzens und sind vom Epikard bedeckt. Sie sind von einer Schicht von Epikardialfett umhüllt, die vorwiegend gegen die Basis des Herzens entwickelt ist. Nach einem veränderlichen Lauf vertiefen sich die Arterien in der Dicke des Kardialmuskels und das anatomische Studium muß in der Tiefe verfolgt werden, um so mehr, als die Kardiallokalisationen einen großen Fortschritt in der Kunde des Myokards bezeichnen.

Manchmal aber konnte ich beobachten, wie bedeutend ihre Äste sind, wie z. B. der Ramus descendens der Arteria coronaria sinistra nach einem wechselnden Verlauf sich mehr oder weniger tief in den Herzmuskel eingräbt, im Verlauf der Interventrikularfurche, um nach einem Lauf von einigen Zentimetern wieder an der Oberfläche zu erscheinen. Ich stellte mir in diesem Falle die Frage, was für eine Rolle die Muskelkontraktion auf den Kreislauf in einer Arterie von größerem Kaliber spielt, wenn sie sich in einer solchen anatomischen Lage findet.

Die Coronararterien sind von Venen und Lymphgefäßen begleitet.

Im allgemeinen kann man sagen, ist die Verteilung dieser Arterien äußerlich wie innerlich eine sehr wechselnde. Es erfordert eine bedeutende Anzahl Untersuchungen an einer großen Zahl von Herzen, um aus den häufigen Variationen den normalen Typus herauszufinden.

Untersuchungsmethode. Zum anatomischen Studium kann die einfache Präparation ohne vorherige Injektion der Gefäße keine Resultate erzielen. Ich habe folgende Technik benützt, die, wie ich glaube, die beste ist. Das Herz wird aus dem Organismus sobald wie möglich nach dem Tode ausgeschnitten, wird in warmer Lösung von physiologischer Flüssigkeit gewaschen, um alle Blutklumpen zu entfernen. Durch die Aorta wird nun jeder Coronararterie eine Kanüle angepaßt, welche der Reihe nach durch einen Gummischlauch mit einem folgende Lösung enthaltenden Rezipienten in Verbindung gesetzt wird.

Lösung: NaCl. . . . .	9 g
Natr. citacum . . . . .	1 g
Aqu. destill. . . . .	1000 g

Mit 3—4 Litern dieser Lösung von 38° erhält man eine vollständige Reinigung des Herzens, welches nun keinen Tropfen Blut mehr enthält. Nach 24 Stunden wird die feine Masse Teichmanns, für jede Arterie verschieden gefärbt, injiziert.

Die Radiographie nützte mir zur Bestimmung des Versorgungsgebietes einer Arterie. Ich verwendete aber diese wertvolle Methode überhaupt für das Studium der Anastomosen. Die verschiedenen radiographischen technischen Methoden, die ich verwendete, werden bei dem Kapitel der Anastomosen eingehender beschrieben.

Ursprung. Die Coronararterien entspringen in der Aorta aus zirkulären oder ovalen Öffnungen im Niveau des rechten und linken Sinus. Aus welcher Richtung des Sinus, studierte Banchi<sup>1)</sup> an den Säugtieren den Ursprung der Coronararterien und fand:

---

<sup>1)</sup> Archiv Ital. Anatom. Embriol. (1904). Morfologia delle arteriae Coronariae cordis.

	Art. cor. dextra	Art. cor. sinistra
Nagetiere . . . . .	1,3 Mitte des Sinus	1,3 Mitte des Sinus
Insektenfresser . . . . .	1,3 ant. „ „	1,3 ant. „ „
Fleischfresser . . . . .	1,3 ant. „ „	1,3 ant. „ „
Primaten (Troggloditen) . . . .	1,3 post. „ „	1,3 post. „ „
Menschen . . . . .	1,3 Mitte (post.)	1,3 Mitte „ „

Vom Standpunkte der vergleichenden Anatomie existieren also Variationen. Wenn nun diese Sachlage in antero-posteriorer Richtung nur ein rein anatomisches Interesse bietet, so ist dies nicht der Fall gegenüber der Bedeutung, die der Ursprung der Arterien in vertikaler Richtung bietet, in Hinsicht auf den freien Saum der entsprechenden Semilunarklappen. Derselbe Autor fand an Säugetieren im allgemeinen, daß die Öffnungen sich im selben Niveau des freien Klappenrandes finden, jedoch sind auch obere und untere Lagen aufzuweisen. Bei dem Menschen fand Banchi für die linke Coronararterie: 48% im gleichen Niveau des freien Randes der Semilunarklappen, 34% oberhalb und 18% unterhalb desselben. Die oberen oder unteren Lagen variieren hinsichtlich dieses Randes, von einigen Millimetern bis  $\frac{1}{2}$  cm und in ganz außergewöhnlichen Fällen (1%) bis zu 1 cm. Das Ergebnis meiner Untersuchungen ist diesen ziemlich gleich. Ich habe nur einen kleineren Prozentsatz von unteren Lagen beobachtet (12% der linken Coronararterie, 8% der rechten).

Diese anatomische Sachlage der Coronaröffnung unter dem freien Rand der Semilunarklappe gab älteren Autoren Anlaß zur Behauptung, daß im Augenblick der Ventrikularsystole die Semilunarklappen auf die Arterialöffnungen drücken, und daß das Herz das Blut nur durch die Diastole erhält.

Diese diastolische Theorie, zuerst von Bat. Scaramucci (1669) zum Ausdruck gebracht und später von Thébésius unterstützt, gab Anlaß zu zahlreichen Meinungsverschiedenheiten und Hypothesen. Viaust behauptete, daß die Arterien sich nicht mit Blut füllen könnten, da dieselben von der Kontraktion der Kardialmuskeln gepreßt werden. Die Streitigkeiten dauerten 2 Jahrhunderte und der Streit wurde von Autoren wie Meckel, Cruveilhier, Williams usw. geführt. Die bekannteste Debatte ist die zwischen Brücke und Hyrtl. Brücke unterstützte kräftig die alte Diastoletheorie. Er behauptete, daß, selbst bei Vögeln, bei denen die Coronararterien weit früher als der freie Rand der Semilunarklappen entspringen, der Kreislauf diastolisch ist, da bei der Systole die Aorta sich erweitert und die Coronararterien um so stärker preßt, je engere Beziehungen zwischen diesen beiden Organen bestehen. Hyrtl isolierte die Coronararterie an dem Herzen eines Wels und seziierte sie, das Blut aber rann ruckweise systolisch durch das Zentralende. Brücke antwortete darauf, daß die systolische Verstärkung des Strahles dem Drucke der Systole auf die Capillaren zu verdanken sei.

Chauveaus und Rebatels Versuche sind viel demonstrativer gewesen. An großen Tieren (Pferde, große Hunde usw.) konnten sie mit Hilfe von Chauveaus Haemodromometer das ganze Wesen des coronarischen Kreislaufs aufweisen. Wir haben auch unzweifelhafterweise das Zusammentreffen der Ventrikularsystole mit den anderen

Gefäßen gezeigt. In unseren experimentellen

Untersuchungen an lebenden Tieren, Hunden, haben wir eine der Coronararterien durchschnitten und haben beobachtet, was an beiden Enden der durchschnittenen Arterie geschieht. Bis zum Stillstand des Herzens konnten wir sehen, wie das Blut durch das Zentralende mit rhythmischer Verstärkung floß, und ebenso durch das peripherische Ende, aber in weit kleinerem Quantum. Dieses letzte Phänomen beruht auf dem Fluß des Blutes durch das anastomotische System, das weiterhin erörtert wird.

Gegenwärtig kann die alte diastolische Theorie gegenüber den beigebrachten physiologischen Beweisen sich nicht mehr aufrecht halten, besonders gegenüber Chauveaus graphischen Absteckungslinien. Sehr viele Autoren geben zu, auf Grund verschiedener physiologischer Tatsachen, auf die wir hier nicht eingehen können, daß der coronarische Kreislauf, welcher in solch eigentümlicher Weise stattfindet, einen speziellen Typus besitze: nämlich systolisch und diastolisch.

Abb. 1. Der verhältnismäßige Umfang der Coronararterien in natürlicher Größe. Aus 10 aufs Geratewohl genommene Herzen. 9 mal war die Cor. sinistra größer als die Cor. dextra und einmal waren beide gleich.

## 1. Kapitel.

### Anatomie der Coronararterien.

Zahl. Der fundamentale Typus, auf welchem die Versorgung des Herzens beruht, ist durch die zwei Coronararterien, die rechte und linke, dargestellt. Dieselbe klassische Anordnung finden wir bei den Tieren sowie auch bei den Menschen.

Cruveilhier, Hyrtl, Emselmann usw. zitieren Fälle, wo nur eine einzige Coronararterie vorhanden war. Dieses ist aber ein äußerst seltener Fall, im Gegenteil ist nach der Mehrzahl der Autoren der Fall, wo mehrere Coronararterien vorhanden sind, öfters zu bemerken. In den klassischen Lehrbüchern ist die Rede von Nebecoronararterien, man versteht darunter die Arterien, die aus der Aorta neben den Hauptstämmen entspringen.

Sind wohl diese so häufigen Arterien wirklich Nebecoronararterien und helfen sie zur Blutversorgung des Herzens?

Banchi bemerkt, indem er vom Standpunkte der vergleichenden Anatomie forscht, daß alle diese Zweige nur Kollaterale der Hauptstellen sind, die anstatt in gewöhnlicher Weise zu entstehen, vom Hauptstamm getrennt sind und direkt aus der Aorta entspringen.

In meinem anatomischen Studium an 200 Herzen stellten in der Mehrzahl der Fälle diese Äste, direkt aus der Aorta entsprungen, mit Hinsicht auf die Verteilung und Morphologie eine fest bestimmte Kollaterale dar, aber mit verschobenem Ursprung. Deswegen denke ich, daß die Benennung „Coronaria accessoria“, so wie sie gegenwärtig angenommen wird, zu vermeiden ist, da sie eine Unrichtigkeit darstellt. Die Benennung Coronaria accessoria muß nur in höchst seltenen Fällen gebraucht werden, ich habe kein Beispiel gefunden, in dem wirklich eine überzählige Arterie vorhanden war, die keine Kollaterale sein könnte, und sich der Versorgung des Herzens beifügen würde.

Ich gruppiere die häufigen Fälle von verschobenen Kollateralen, welche bis jetzt von den Autoren als Coronaria accessoria beschrieben worden sind, unter dem Titel: Coronarische Äste, direkt der Aorta entsprungen, und beschreibe sie am Ende dieses Kapitels mit allen einbegriffenen Einzelheiten.

Umfang. Henle nennt sie Arterien IV. Ordnung. Ihr Kaliber schwankt durchschnittlich zwischen  $1\frac{1}{2}$  mm bis 5 mm (s. Abb. 1).

Krause, Cruveilhier und Albrecht behaupteten, daß das Kaliber der rechten Coronararterie größer wäre als das der linken. Halbertsma fand an 20 Herzen 16mal das linke größer, dreimal das rechte, und einmal gleich. Man muß aber bemerken, daß das Herz häufiger pathologischen hypertrophischen Variationen unterworfen ist, die offenbar auf das Kaliber der Gefäße von Einfluß sind.

Dies ist der Grund, daß ich nur an normalen Herzen meine Forschungen machte, und ich erhielt nach einer aufmerksamen Prüfung mit dem Zirkel folgende Ergebnisse:

- 61 mal war die linke Coronararterie größer,
- 15 mal war die rechte Coronararterie größer,
- 24 mal waren sie gleich.

Das Übergewicht des linken coronarischen Systems ist durch eine Reihe von Tatsachen erwiesen:

1. ihren Umfang,
2. die experimentellen Forschungen an Tieren (Porter usw.),
3. ihr Versorgungsgebiet,
4. der linke anastomotische Koeffizient ist größer als der rechte [Crainicianu<sup>1)</sup>].

<sup>1)</sup> Siehe „Spitalul“ 1920.

### Die Arteria coronaria sinistra.

Nach der klassischen Auffassung entspringt die Arteria coronaria sinistra aus dem Sinus Valsalvae und endet an der Spitze des Herzens durch den Ramus descendens anterior. Eine Reihe von Autoren wie: Henle, Gegenbauer, Banchi usw. gaben auf Grund, daß der Ramus circumflexus vom selben Umfang des Ramus descendens sein kann, eine verschiedene Beschreibung, die ich auch adoptiere, da sie der Realität entspricht.

Wahrhaftig, unter Arteria coronaria sinistra verstehen wir eigentlich nur den kurzen Gefäßstamm, der sich vom Austritt der Aorta bis zum oberen Endstück des Sulcus interventricularis anterior hinzieht, wo dieser Stamm sich in zwei Äste teilt, in den Ramus descendens anterior und in den Ramus circumflexus.

Diese Auffassung ist sehr richtig, da wir gesehen haben, daß der Ramus circumflexus nicht eine Kollaterale ist, sondern oft gleiche Dimensionen mit dem Ramus descendens erreicht, folglich kann man sagen, daß der Ursprungstamm sich in diese zwei Terminaläste geteilt hat. Nebst dieser anatomischen Tatsache ist — was uns noch dazu bestimmt, diese Beschreibung zu adoptieren — mehr noch ein physiologischer Grund. Die experimentellen Forschungen Porters an Tieren zeigten:

1. Die Unterbindung des Ramus descendens ergab in 50% Aufhören der Herztätigkeit.
2. Die Unterbindung des Ramus circumflexus gab fast beständig in 80% Aufhören der Herztätigkeit.

Infolgedessen ist der Ramus circumflexus wichtig für den coronarischen Kreislauf. Aus diesen anatomischen, physiologischen Gründen werde ich beschreiben:

1. den Ursprungstamm der Arteria coronaria sinistra,
2. die von ihr entspringenden Äste.

### Ursprungstamm der Arteria coronaria sinistra.

Im Durchschnitt hat er eine Länge von 8—10 mm (s. Abb. 2), in seltenen Fällen kann er größere Dimensionen haben: 20 mm, Manches Mal ist er kurz oder kann ganz wegfallen, dann entspringen der Ramus circumflexus und der Ramus descendens direkt aus der Aorta, welches zu dem Irrtum führt, es gebe drei Coronararterien (siehe Kapitel: Coronaräste, direkt der Aorta entspringend). Dieser Mangel des Ursprungstammes ist sehr selten. Banchi fand in 100 Fällen nicht diese Anordnung, während Halbertsma eine Frequenz von 2% angibt, was mir übermäßig erscheint. An 200 von mir untersuchten Fällen bemerkte ich diese Anomalie nur ein einziges Mal (s. Abb. 8).

Der linke Coronarstamm hat eine schiefe Richtung, die von oben nach unten und von innen nach außen verläuft. Er kommt in Beziehung vorne mit der Arteria pulmonalis, aufwärts und rückwärts mit dem linken Herzhorn, unten ist er von den Herzmuskeln durch eine mehr oder weniger reichliche Schicht Fettgewebe getrennt. Die Arterie ist von Epikard bedeckt, von dem sie ebenfalls durch eine

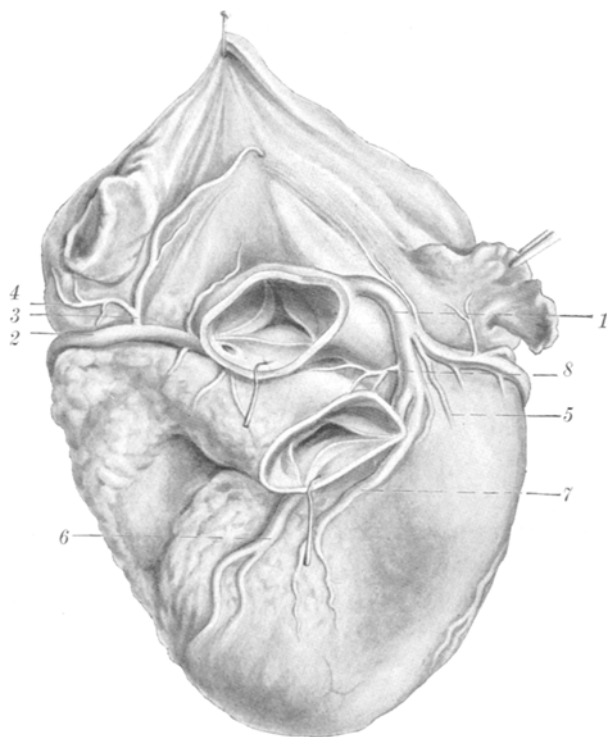


Abb. 2. 1. Art. Coronaria sinistra; 2. Art. Coronaria dextra; 3. Hauptarterie der Vorhöfe (Keith-Flack Arterie); 4. Arteriolen für das rechte Herzhorn; 5. Arteria diagonalis; 6. Ramus descendens; 7. Erste Collaterale des R. descendens. 8. Art. inter-aortico-pulmonalis ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

Schicht Fett getrennt ist. Der Arterialstamm ist von keiner Vene begleitet. Dies ist eine günstige Beschaffenheit für einige experimentelle Untersuchungen an Tieren, wie es der Fall war mit meinen Versuchen, die ich weiterhin erörtere.

Collaterale. Diesem Gefäßstamm entspringen nach unten und innen Arteriolen für die hintere Seite der Arteria pulmonalis und für die vordere laterale Seite der Aorta. Manches Mal entspringt eine einzige Arteria inter-aortico-pulmonalis, welche sich in diese großen Gefäße verteilt. Durch ihre Endungen anastomosiert diese Arterien mit einem analogen Aste der Arteria coronaria dextra. Aufwärts ent-

springen gewöhnlich eine oder zwei feine Arteriolen, die das linke Herzhorn versorgen, welche in der Tiefe der Muskelwand mit den aus der Arteria coronaria dextra kommenden Ästen anastomosieren (s. Abb. 12, 23). Nach der klassischen Beschreibung verteilt sich der Ursprungsstamm in den zwei Endästen, die ich weiter oben erwähnte. Diese Beschreibung entspricht aber nicht der Mehrzahl der Fälle, und kann folglich nicht als eine normale Anordnung betrachtet werden. Nach meinen Untersuchungen, die sich von dem Standpunkt der anderen Autoren unterscheiden, fand ich, daß sich der Hauptstamm häufiger in drei Arterien teilt, indem sich zwischen dem Ramus circumflexus und dem Ramus descendens ein anderer einschaltet, den wir Ramus diagonalis nennen. In viel selteneren Fällen kommt noch ein Ramus hinzu, ein vierter also, von geringerer Bedeutung.

Ich werde nun folgende drei Typen der Verteilung des Hauptstammes beschreiben:

Typus I Trifurcation 60%	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ramus descendens} \\ \text{Ramus diagonalis} \\ \text{Ramus circumflexus} \end{array} \right.$
Typus II Bifurcation 38%	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ramus descendens} \\ \text{Ramus circumflexus} \end{array} \right.$
Typus III Quadrifurcation 2%	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ramus descendens} \\ \text{Ramus diagonalis} \\ \text{Ramus circumflexus} \\ \text{und der vierte Ramus} \end{array} \right.$

### 1. Verteilungstypus des Stammes der Arteria coronaria sinistra (60%).

Da dieser der häufigste ist, betrachte ich ihn als die normale Verteilungsweise des Ursprungsstammes. Die drei Arterien, die ihm entspringen (s. Abb. 3), bieten einen wechselnden Umfang dar. Manches Mal sind alle drei Äste gleich, häufig herrscht einer vor, in anderen Fällen sind zwei gleich, während der dritte kleiner ist usw. Ich werde nun der Reihe nach jede dieser drei Arterien beschreiben, die einen sehr bedeutenden Anteil in der Versorgung des Herzens haben.

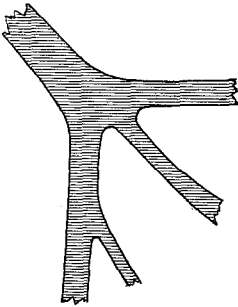


Abb. 3. Erster Verteilungstypus des Stammes der Arteria Coronaria sinistra.

#### Ramus descendens anterior.

Dieser verläuft mehr oder weniger in dem Sulcus interventricularis anterior. Geschlängelt bei alten Leuten und Arteriosklerotikern, ist er immer von einer Schicht Fett und der visceralen Lamelle des Perikards bedeckt. Derselbe behält in seinem Verlauf eine oberflächliche Lage, manchmal aber gräbt er sich mehr oder weniger in der Tiefe des Kardialmuskels ein. Der Ramus endet in verschiedener Weise; aber in der Mehrzahl der Fälle (75%) umgeht er die Herzspitze und

dringt in den Sulcus longitudinalis posterior, wo er nach einem verschiedenen Verlauf — im Durchschnitt 15—20 mm von der Apex cordis — endet. Diese Beschreibung kann als die normale betrachtet werden, doch kann der Ramus auch in dem Sulcus longitudinalis anterior (2%) enden, was im Falle einer größeren Entwicklung der rechten Coronararterie geschieht; oder er kann selbst im Niveau der Herzspitze enden, in einer Region mit einem Radius von 10—12 mm (23%).

Der Ramus ist von zwei Venen und Lymphgefäßen begleitet.

#### Collaterale des R. Descendens ant.

Diese betreffen einen wichtigen Teil des Herzens und bilden drei Gruppen: rechts, links und hinter der Arterie.

Collaterale rechts: Sind gewöhnlich 3—4, manchmal 4—5 feine Arteriolen, die sich in der vorderen Wand des rechten Ventrikels verteilen und mehr entwickelt sind an der oberen Hälfte dieser Seite. Gewöhnlich bemerkt man eine, die oberste in dieser Region, die mehr entwickelt ist, und die man Arteria praeinfundibularia sinistra nennen könnte (s. Abb. 21). Sie anastomosiert mit einem analogen Ast der rechten Coronararterie. (Siehe Anastomosen der Coronararterien.)

Collaterale links: Unvergleichlich entwickelter als die vorhergehenden. Nach Banchi existiert eine einzige Collaterale in 37% der Fälle, zwei in 50%, drei in 11%. In Wirklichkeit ist ihre Zahl sehr verschieden, und alle Collateralen in Betracht nehmend, fand ich im Durchschnitt 4—6 Äste (s. Abb. 16). In der Mehrzahl der Fälle vermindert sich ihr Umfang und Stromgebiet von oben nach unten.

Die erste Collaterale entspringt gewöhnlich 2 cm vom Ursprung des Ramus descendens (95%) unter einem spitzen Winkel; sie bedeckt mit ihren Ästen die vordere Wand des linken Ventrikels. Ihre Äste können auch bis zur Spitze des Herzens verlaufen und bis zum Margo obtusus des Herzens. Manchmal ist sie so entwickelt (80%), daß ihr Umfang gleich dem des Ramus descendens ist, und man sagen kann, daß eine wirkliche Verteilung des Ramus descendens entstanden ist. In viel selteneren Fällen kann diese Verteilung viel tiefer stattfinden, aber diese Anordnung ist ganz außergewöhnlich. Die anderen kleineren Collateralen verteilen sich ebenfalls an der vorderen Wand des Ventrikels und des Papillarmuskels.

#### Hintere Collaterale.

(Perforierende Arterien.)

Diese bieten ein bedeutendes anatomisches und physiologisches Interesse; trotzdem ist wenig auf sie geachtet worden. Ihr Studium durch Präparation ist schwer, aber durch segmentare Radiographie, kann man sich leichter den morphologischen Charakter vorstellen

(s. Abb. 20). Als ich eine große Anzahl isolierter Septen beobachtete, nachdem das Herz für die Radiographie injiziert war, wie ich ebenfalls mit den anderen Regionen des Myokards verfahren bin, fand ich folgendes: Im Durchschnitt variiert ihre Zahl von 8—14 perforierenden Ästen. Ihr Umfang und ihre Länge nehmen von oben nach unten ab, so daß sie in der oberen Hälfte des Septums eine Länge von 40—50 mm

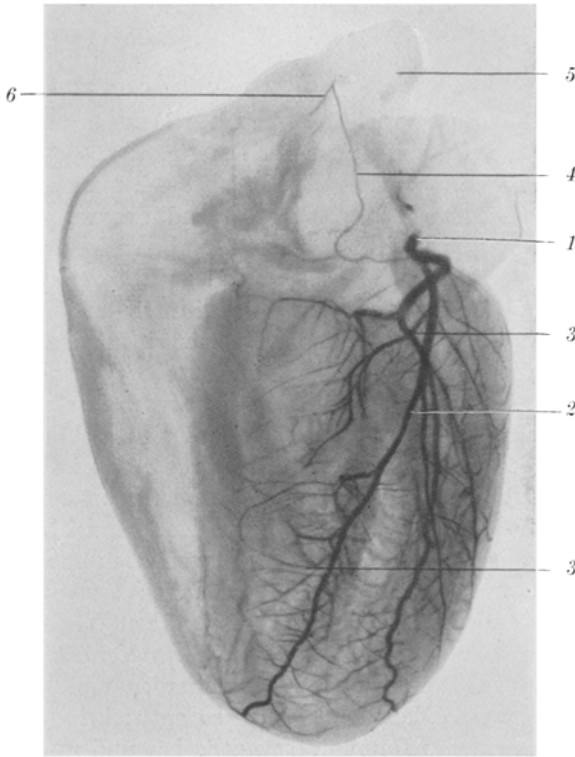


Abb. 4. Blutversorgungsgebiet der Art. Coronaria sinistra. Vordere Ansicht. 1 = Art. Cor. sinistra; 2 = R. descendens; 3 = Art. perforantes; 4 = Die Hauptarterie der Vorhöfe entspringt hier von Art. Cor. sinistra; 5 = Vena cava superior; 6 = Keith-Flack Knotengebiet. (Injektion mit Minium-Gelatine,  $\frac{3}{4}$  der nat. Größe.)

erreichen, während sie in der unteren Hälfte kürzer (5—20 mm) und viel feiner sind. Diese vorderen perforierenden Äste anastomosieren mit den hinteren perforierenden Ästen, die die Collateralen der rechten Coronararterie sind, wenn diese Arterie in dem Sulcus longitudinalis posterior läuft. Im allgemeinen aber, wie es leicht auf meinen Radiographien zu sehen ist, sind die vorderen Äste viel entwickelter und reicher als die hinteren. Die Äste, die den perforierenden Arterien entspringen, verteilen sich in der mittleren Region, der linken und rechten lateralen Seite des Septums ventriculorum. Sie versorgen durch

gewisse Äste das Hissche Bündel, über dessen Blutversorgung ich weiterhin berichte. Die ersten zwei perforierenden Äste, die ich schon seit 1918 mit besonderer Aufmerksamkeit studiert habe, verdienen eine eigene Beschreibung, da sie in Verbindung mit der Blutversorgung des Tawaraschen Knotens und des Hisschen Bündels und seinen Ästen sind. (S. Blutversorgung des Reizleitungssystems.)

Endigung des Ramus descendens. Die Arterie begibt sich in den Sulcus interventricularis posterior und endet in verschiedenem Abstand an der Apex cordis in einem Bündel feiner Äste, von denen einige rechts und links des Sulcus, andere als perforierende Äste im Septum interventriculare enden. Dieses ist, nach meiner Meinung, die normale Anordnung, da sie am häufigsten getroffen wird.

#### **Ramus circumflexus.**

Er entspringt aus dem Ursprungstamm fast senkrecht auf dem Ramus descendens. Er sitzt in dem linken Sulcus atrio-ventricularis, etwas, je nachdem er austritt, vom linken Herzohr bedeckt. Seine Länge und sein Lauf ist verschieden, so daß ich mich verpflichtet fühle, vier Verteilungstypen dieser Arterien, in welchen ich sämtliche Fälle und sämtliche Variationen gruppieren, zu beschreiben. Im allgemeinen steht die Länge und Verteilung dieses Ramus im umgekehrten Verhältnis zu der Länge und Entwicklung der rechten Coronararterie. Dann, wenn der Ramus circumflexus kurz ist, ist die rechte Coronararterie entwickelt und versorgt die Gebiete, welche die linke Coronararterie versorgen sollte. Es ist ein wirkliches Entwicklungsspiel im umgekehrten Verhältnis des einen zu dem anderen.

**Typus I.** Der Charakter dieses Typus ist, daß der Ramus circumflexus wenig entwickelt und sehr kurz ist — er langt nicht bis zum linken Rand des Herzens. Seine Länge ist von  $2-2\frac{1}{2}$  cm in dem linken Teil der Horizontalfurche. Manchmal fand ich ihn wohl kaum von einem Zentimeter Länge, und er endete durch ein Bündel aurikularer und ventrikularer Äste. Nach dieser kurzen Strecke biegt sich der Ramus gewöhnlich nach unten auf die vordere Seite des linken Ventrikels, wo er sich verliert.

Collaterale Äste des Vorhofs. Im allgemeinen entspringt aufwärts eine einzige Arterie in verschiedener Entfernung von 8–10 mm vom Ramus circumflexus. Nebst dieser können noch eine oder zwei minder entwickelte und unbedeutendere Arteriolen vorhanden sein. Die bedeutendste Arteriole ist aber konstant, richtet sich aufwärts nach rechts auf die vordere Seite des linken Vorhofs. Ihre Länge ist verschieden, manchmal ist sie sehr kurz, nach einigen Zentimetern verliert sie sich in der Vorhofwand, ein anderes Mal langt sie zum „Aurikularom“, und in manchen Fällen erreicht sie die obere Seite

des rechten Vorhofs, wo sie an der Mündung der Vena cava superior endet; in diesem Falle beschreibt die Arterie eine lange Kurve mit innerer Hohlrundung, welche die Aorta an ihrem Austritt umschlingt. (S. Abb. 11 und die Durchströmung des Reizleitungssystems.)

Sie hat folgende Äste:

a) Für das linke Herzohr ein oder zwei kleine Äste, die an der Basis des Herzohres durchdringen.

b) Feine Äste für die Vorhofwand, die sehr oft in der Dicke dieser Wand mit den analogen Ästen der rechten Coronararterie anastomosieren.

c) Feine Äste für die Vorhofscheidewand.

d) Selten für die Vena pulmonalis sinistra inf. und sup.

e) In besonderen Fällen, wenn sie die Vena cava superior erreicht, verhält sie sich auf andere Weise. (S. Blutversorgung des Keith- und Flacks - Knoten.)

Collaterale Äste des linken Ventrikels. Gewöhnlich bemerkt man 2—3 absteigende Arteriolen mit einer durchschnittlichen Länge von 25 mm, welche sich in der vorderen Wand des linken Ventrikels verlieren. Sie sind von geringer Bedeutung.

Im allgemeinen ist aber dieser Typus sehr selten; man begegnet ihm kaum in 5% der Fälle.

**Typus II.** Der Ramus circumflexus endet am Margo obtusus des Herzens; er läuft also in dem linken Teil des Sulcus coronarius entlang bis zu diesem Rand, wo er sich nach unten biegt (s. Abb. 15).

Vordere collaterale Äste des Vorhofs. Der Ramus gibt aufwärts dieselben Collateralen, die im Typus I beschrieben sind, mit Ausnahme, daß sich dieser noch eine Arterie hinzufügt, die fast im Niveau des linken Randes des Herzens entspringt, und welche sich in der lateralen Seite des linken Vorhofs verteilt. Sie kann auch von größerem Umfang sein und dann ist auch ihr Gebiet weiter. Alsdann kann sie bis zu der Vena cava superior gelangen. Ihr entspringen auch Äste für das linke Herzohr.

Vordere collaterale Äste des Ventrikels. Außer den 2—3 Ästen, die im vorhergehenden Typus beschrieben sind, fügt sich der linke Randast hinzu, aber derselbe ist nur die Endung des Ramus circumflexus an diesem Saum. Die Arterie am oberen Ende des linken Randes kann sich abzweigen. Gewöhnlich aber setzt sich ihre Richtung nach der Spitze des Herzens fort, die sie nur in 20% erreicht. Sie bedeckt mit Ästen den linken dicken Rand des Herzens. Dieser Typus ist in 10% Fällen aufzuweisen.

**Typus III.** Die Arterie, die in der linken Horizontalfurche liegt, umgeht den Margo obtusus des Herzens, dringt in den hinteren und linken Teil dieser Furche, wo sie endet, ohne das obere Ende des

Sulcus longitudinalis posterior zu erreichen. Diese Endigung an der hinteren Seite des linken Herzens kann als normal betrachtet werden, da es die häufigste Anordnung ist (75%).

In diesem längeren Verlauf gab sie auf- und absteigende Collaterale und zwei Endäste. Es ist unnötig, auf die hier entspringenden Äste bis zum linken Herzrand weiter einzugehen, da uns dieselben von den vorhergehenden Beschreibungen bekannt sind. Ich beschränke mich also nur, die linken hinteren Vorhof-Collateralen, die linken hinteren Ventrikular-Collateralen und die Terminaläste zu beschreiben.

#### Hintere Äste des linken Vorhofs.

Im allgemeinen ist nur eine einzige Collaterale vorhanden (s. Abb. 5), die eine mäßige Entwicklung hat, und sich an der unteren Seite des linken Vorhofs verteilt. In seltenen Fällen (5%) ist sie entwickelter und erhebt sich bis zum „Aurikularom“. Sichtbar sind mehrere Arteriolen, die aber von geringerer Bedeutung sind.

Ramus des Margo obtusus (Banchi). Entspringt dort, wo die Arterie den linken Herzrand umgibt. Ist ein fast konstanter Ast. Hat eine verschiedene Länge von 50—60 mm, aber in der Mehrzahl der Fälle erreicht sie die Herzspitze nicht. Manchmal nach dem Austreten zweigt sie sich ab, und bedeckt mit ihren Ästen das Gebiet des linken Randes. In anderen Fällen ist diese Arterie so entwickelt, daß sie als eine wirkliche Endung des R. circumflexus erscheint.

Hintere Äste des linken Ventrikels. Ihre Zahl ist verschieden und gewöhnlich findet man 3—4 Arterien, die senkrecht auf dem Hauptstamm entspringen. Manchmal sind sie lang und entwickelt (s. Abb. 5), und laufen fast bis 10—15 mm von der Herzspitze. Andere Male aber verteilen sie sich im oberen oder besonders im mittleren Drittel der unteren Seite des linken Ventrikels. Sie steuern bei zu der Versorgung der hinteren Papillarmuskel dieses Ventrikels.

Terminaläste. Nach einiger Zeit biegt sich die Arterie nach unten und endet auch an der hinteren Seite des linken Ventrikels, indem sie dieselben Merkmale der vorhergehend beschriebenen Äste behält. Da, wo sie ihre Richtung wechselt, entspringen gewöhnlich ein oder zwei feine Arteriolen, die sich bald in dieser Furche verlieren. Hier — in diesem Gebiet — kommt die linke Coronararterie der rechten sehr nahe, welcher Zustand älteren Autoren Grund gab, die Existenz eines geschlossenen Ringes zwischen dem coronarischen Hauptstamm — der in diesem Niveau anastomosiert —, als normal zu betrachten. Diese Frage wird weiter behandelt.

**Typus IV.** Die Arterie läuft bis zum Ende des Sulcus longitudinalis posterior. In diesen Fällen ist die Arterie sehr entwickelt,

da der größte Teil des Herzens von ihr versorgt ist. Es ist selbstverständlich, daß die Versorgung des Septums ventriculorum nicht durch beide Coronararterien erfolgt, sondern nur durch die linke, was nicht uninteressant ist.

Die Arterie folgt dem Sulcus longitudinalis posterior bis in die Nähe der Herzspitze und endet in verschiedener Entfernung vom Ramus

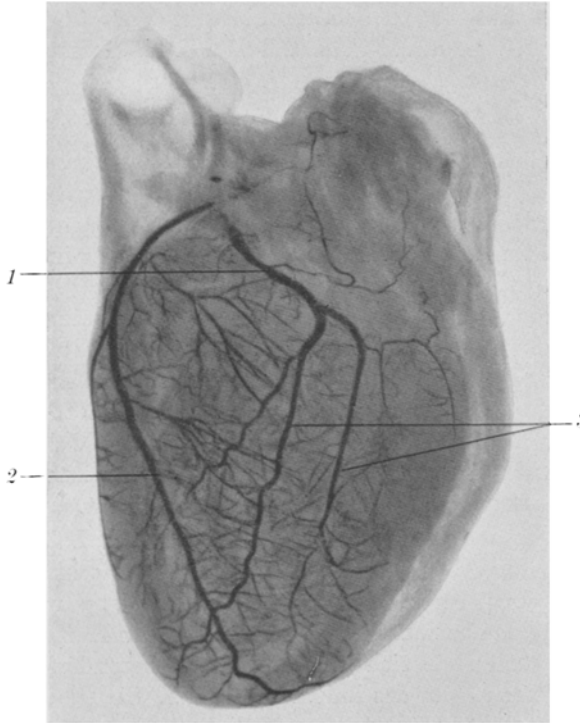


Abb. 5. Blutversorgungsgebiet der Art. Coronaria sinistra. Rückansicht. 1. R. circumflexus; 2. R. descendens; 3. Äste aus R. cir. auf der linken Fläche der linken Ventrikel ( $\frac{3}{4}$  der nat. Größe).

descendens. Auf diesem langen Weg entläßt sie alle von dem vorhergehenden Typus beschriebenen Collateralen.

Diesem fügen sich noch folgende Äste hinzu, die da entspringen, wo die Arterie in den Sulcus longitudinalis posterior eindringt!

1. R. für das Septum ventriculorum.
2. Äste, die sich im rechten Teil der Horizontalfurche verlieren.
3. R. für den linken Ventrikel (hintere Fläche des V.).
4. R. für den rechten Ventrikel (hintere Fläche des V.).
5. Die Mehrzahl der hinteren perforierenden Äste.

Die Rolle der linken Coronararterie ist in diesen Fällen sehr bedeutend. Dieser Typus ist in 10% der Fälle zu finden.

### *Arteria diagonalis.*

Ich gebe diesen Namen der Arterie, die gleich einer Bissectrice des Winkels verläuft, den die beiden anderen: R. descendens und R. circumflexus, bilden. Manchmal ist ihr Umfang gleich mit dem dieser beiden; im allgemeinen ist er kleiner. Ihre Länge beträgt 3—7 cm, da sie in manchen Fällen bis zum untersten Teil des linken Ventrikels reichen kann. Sie bedeckt mit ihren Abzweigungen in verschiedener Weise die Gebiete der Vorderwand des linken Ventrikels. In der Mehrzahl der Fälle ist sie einfach, aber in 20% teilt sie sich in zwei Äste, 1—2 cm nach ihrem Austritt.

### **II. Verteilungstypus des linken Coronarstammes (38%).**

Unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch die Abwesenheit der Arteria diagonalis. In diesen Fällen fehlt die Arterie mehr virtuell, da sie einige Millimeter von der Abzweigung des Ursprungsstammes entspringt, und ist dann mit Recht als eine Kollaterale einer dieser Hauptäste zu betrachten.

### **III. Verteilungstypus des linken Coronarstammes (2%).**

Dieser Typus ist dadurch bezeichnet, daß sich zu den drei Ästen (R. descendens, R. circumflexus, R. diagonalis) ein vierter hinzufügt, der nächst der Diagonalis entspringt. Im allgemeinen ist er von geringer Bedeutung. Nach einem kurzen Lauf schief nach unten und nach außen, verläuft er sich bald in der Vorderwand des linken Ventrikels.

### **Arteria Coronaria Dextra.**

Nach ihrem Austritt im Niveau des rechten Sinus Valsalvae richtet sie sich nach unten und außen, dringt in den rechten Schenkel des Sulcus coronarius und läuft dann auf der hinteren Seite des Herzens bis zum oberen Teile des Sulcus longitudinalis posterior. Hier biegt sie um und dringt in diesen Sulcus ein, um in verschiedener Entfernung von der Herzspitze zu enden. Da, wo sie aber in den Sulcus interventricularis posterior eindringt, verfolgt ein mehr oder minder entwickelter Stamm nach links die eingeschlagene Richtung. Die Weite ihres Verlaufsgebietes ist eng verbunden mit der Entwicklung der linken Coronararterie, und zwischen ihnen besteht ein Gleichgewicht in der Entwicklung. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß der Stamm der rechten Coronararterie weniger als der der linken entwickelt ist. Ihrer Ausdehnung gemäß werde ich zwei Haupttypen beschreiben:

1. Typus, in welchem die Arterie, nachdem sie den Sulcus coronarius durchläuft, in dem Sulcus interventricularis posterior und auf der hinteren Seite des linken Ventrikels endet (90%).

2. Typus, in welchem die Arterie sich auf der hinteren Seite des rechten Ventrikels erschöpft (10%).

### I. Typus der rechten Coronararterie.

Dieser ist der häufigste und ich betrachte ihn als normal. Am oberen Ende des hinteren Sulcus interventricularis teilt sich die Arterie in zwei Äste: einer dieser Äste zieht in dem Sulcus interventricularis posterior hinab, der zweite folgt der Richtung des Stammes in der linken Horizontalfurche, wo er eine Reihe Kollateralen auf der hinteren Seite des linken Ventrikels verteilt, und endet selbst nach einem verschiedenen Verlauf auf derselben Seite. Viele von den klassischen Autoren beschreiben die Arteria interventricularis posterior als die wirkliche Endung der rechten Coronararterie. Diese ist aber nur in den Fällen richtig, wo wirklich die Arteria „interventricularis posterior“ umfangreicher ist, als der Stamm, der die Richtung der Arterien in dem Sulcus coronarius nimmt. Dieser Stamm kann aber gleich oder weiter als die Arteria interventricularis posterior sein. Deshalb behaupteten einige Autoren die Existenz einer richtigen Teilung der rechten Coronararterie am oberen Ende des Sulcus interventricularis posterior in die zwei erörterten Äste, die so die Bedeutung zweier großer Endäste haben. Dies ist der Grund, weshalb ich diese als die beste Annahme betrachte, die ich auch adoptiere.

Zur Erleichterung der Beschreibung teile ich auch das Studium der rechten Coronararterie in folgende Teile ein:

a) 1. Segment der rechten Coronararterie von ihrem Austritt bis zum rechten Herzrand.

b) 2. Segment von dem rechten Herzrand bis zum oberen Ende des Sulcus interventricularis posterior.

c) Endäste { Arteria interventricularis posterior.  
 { Linker, hinterer Ventrikularstamm.

Erstes Segment der rechten Coronararterie. Nach ihrem Austritt vom rechten Sinus Valsalvae richtet sie sich schief nach unten und außen, und dringt nach einem kurzen Lauf in den rechten Schenkel des Sulcus coronarius ein, wo sie vom Epikard und einer dicken Schicht Fett bedeckt ist. Nach oben schickt sie Vorhof-Kollateralen und nach unten Kammer-Kollateralen.

### Vorhof-Kollateralen oder aufsteigende Äste.

Obwohl von Bedeutung, wurden diese Arterien nicht genau angegeben. Ich habe diese Arterien mit besonderer Aufmerksamkeit studiert, ihre Rolle in der Versorgung des Keith- und Flack-Knotens

in Betracht ziehend. (S. Versorgung des Keith- und Flack-Knotens.)

Ich beschränke mich hier, den gewöhnlichsten Typus zu beschreiben, um später alle notwendigen Einzelheiten im Kapitel Versorgung des Keith- und Flack-Knotens zu erörtern. In der Mehrzahl der Fälle, in einer verschiedenen Entfernung von 8—10 mm von dem Austritt der rechten Coronararterie, entspringt nach oben ein umfangreicher Stamm (s. Abb. 2), der eine große Kurve beschreibt, mit innerer Hohlrundung, und sich gegen den obere Drittel des Septums atriorum wendet, wo er eindringt. Er folgt einige Zeit der Richtung dieses Septums, wendet sich dann nach rechts auf die obere Seite des rechten Vorhofs, und endet endlich in der Nähe der Vena cava inferior, in einigen Ästen. Auf diesem langen Weg gibt er eine Reihe Kollateralen (s. Abb. 9, 10) ab:

1. Äste für das rechte Herzohr. — Gewöhnlich ein Stamm, der sich nachher abzweigt, und dessen Äste in der Basis des Herzohres eindringen.

2. Äste für die vordere Vorhofswand, mit analogen Ästen der linken Coronararterie anastomosierend.

3. An der Stelle, wo der Stamm im Septum atriorum durchdringt, entläßt er rechts an der Mündung der Vena cava superior einen vorderen Ast und manchmal einen hinteren Ast, der einen arteriellen Ring an der Basis der Vena cava superior bildet. Diese Äste versorgen an ihrem rechten Ende den Keith- und Flack-Knoten.

4. Am selben Ort sendet er nach links einen Ast, der einige Zeit an der linken vorderen Vorhofwand läuft, und auf der Vena pulmonalis sinister endet.

5. Äste für das Septum atriorum; manchmal sehr entwickelt.

6. Rechte und linke Äste auf der oberen Wand der Vorhöfe.

Diese Beschreibung entspricht nur dem Durchschnitt der Fälle, da sie einer großen Variabilität unterworfen ist.

Außer diesem Hauptstamm, den man allein in 55% der Fälle findet, gibt es noch einen oder zwei vordere Vorhofarteriolen, aber viel weniger entwickelt, die sich in der Tiefe dieser Vorhofwand verlieren.

Absteigende Kollateralen. Sind genügend entwickelte Arterien, die senkrecht vom Stamm der rechten Coronararterien auf der vorderen Seite des rechten Ventrikels absteigen. Ihre Zahl ist verschieden, gewöhnlich aber findet man drei Arterien in 60%. Ausnahmsweise kann man eine einzige absteigende Arterie nachweisen, in anderen Fällen zwei oder selbst vier. Da die erste dieser ein besonderes Interesse bietet, werde ich sie separat unter dem Namen *Arteria praeinfundibularis* beschreiben.

Diese entspringt gleich nach dem Ursprung der rechten Coronararterie, richtet sich nach unten und innen und bedeckt mit ihren

Ästen das Gebiet des Infundibulum pulmonalis (s. Abb. 6). Sie sendet eine Reihe feiner Prae-Aortischer und Retro-pulmonaler Äste, die zur Versorgung dieser großen Gefäße beitragen. Die Verteilung der Arteria praeinfundibularia anastomosiert mit einem analogen Ast des Ramus

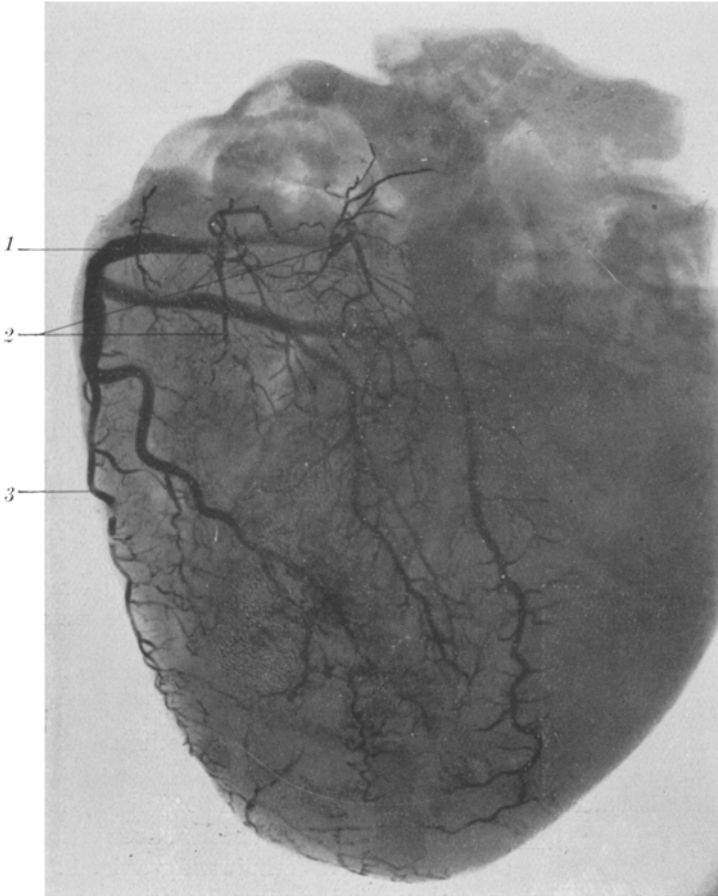


Abb. 6. Blutversorgungsgebiet der Art. Coronaria dextra. Vorderansicht (Injektion mit Mennig-Gelatine). 1 = Art. Cor. dextra; 2 = Art. praeinfundibularis; 3 = Ramus des Margo acutus.

descendens der linken Coronararterie. Die Arteria praeinfundibularia kann direkt aus der Aorta entspringen — sehr häufig sogar — aber in diesen Fällen bildet sie nicht, wie wir schon gesehen, eine Coronaria accesoria, sondern ist dieselbe Kollaterale mit demselben Verlauf und derselben Verteilung, aber mit direktem Austritt aus der Aorta (s. Abb. 7).

Außer dieser Arterie entspringen in verschiedener Entfernung die anderen Ventricular absteigenden Arterien. Dieselben sind manchmal wenig entwickelt, in anderen Fällen reichen sie bis zur Herzspitze. Diese Arterien haben aber mit dem aus dem R. descendens der linken Coronararterie kommenden Aste, enge anastomotische Verbindungen in der Tiefe der Vorderwand des rechten Ventrikels. (Näheres Studium der Anastomosen.)

**Ramus des Margo acutus.** Entspringt, da wo das erste Segment der Coronararterie endet, d. h. am rechten Rand des Herzens. Ist eine umfangreiche Arterie und fast konstant, 95%. — In einigen Fällen ist sie einfach, in anderen zweigt sie sich nach einem 1–3 cm langen Lauf in zwei Äste, von denen einer der Richtung der Arterie folgt — rechter Herzrand — während der andere sich wie die vorhergehend beschriebenen Kollateralen verhalten. Die rechte Randarterie ist topographisch viel genauer zu bestimmen als die linke, da der rechte Herzrand viel dünner ist, und die Arterie in diesem Falle eine vordere, mittlere und hintere Lage haben kann. In 65% reicht die Arterie bis zur Herzspitze.

**Zweiter Segment der rechten Coronararterie.** Wie wir schon wissen, dehnt sich derselbe vom Margo acutus bis zum oberen Endstück des Sulcus interventricularis posterior aus. Ich unterscheide:

- a) Vorhof- oder aufsteigende Äste;
- b) R. posteriores septi Atriorum;
- c) Ventrikular- oder absteigende Äste.

a) Vorhofäste. Im allgemeinen sind sie wenig entwickelt, verschieden in der Zahl, zwei bis drei, und verlieren sich bald auf der hinteren Seite des rechten Aurikels. Viel häufiger begegnet man in der Nähe des rechten Vorhofsrandes einer oder zwei Arterien, die nach einem schiefen und inneren Lauf zwischen den Venae cavae enden.

b) R. posteriores septi atriorum. Entspringen in mannigfaltiger Entfernung dem Stamm der rechten Coronararterie, manchmal sehr nahe dem oberen Ende des Sulcus longitudinalis posterior. Aufgewiesen werden im allgemeinen eine oder zwei Arterien, die nach einem schiefen Lauf von rechts nach links, und von hinten nach vorn gerichtet, in der unteren Seite des Septum atriorum einlenken. Sie versorgen den Tawaraschen Knoten und das Hissche Bündel, und werden im einzelnen im entsprechenden Kapitel beschrieben.

c) Ventrikularäste. Häufig eine einzige entwickelte Arterie, die sich schief nach unten gegen die Herzspitze richtet. Dieser fügen sich noch eine oder zwei Arteriolen bei, die von kleinerer Bedeutung sind. Diese Arterien verteilen sich in der Hinterwand des rechten Ventrikels, sowie in den hinteren Papillarmuskeln dieses Ventrikels.

## Endäste.

Hintere Interventrikulararterie. Am oberen Ende des Sulcus interventricularis teilt sich der Hauptstamm der rechten Coronararterie in zwei Äste und sendet die Arterie interventricularis posterior aus, die in den Sulcus desselben Namens eindringt. Gewöhnlich etwas links von diesem Sulcus gelegen, steigt sie zu der Herzspitze ab, wo sie in verschiedener Entfernung von dieser Spitze endet. Ihre Endung hängt von der Länge des vorderen R. descendens ab, welche in der Mehrzahl der Fälle die Herzspitze überschreitet, um in den Sulcus interventricularis posterior zu dringen, welches Gebiet also in seinem unteren Drittel beide Coronararterien enthält. In seltenen Fällen (s. Abb. 6) läuft diese Arterie nicht in dem Sulcus, sondern durchkreuzt ihn in einer verschiedenen Höhe. Von dem Fett und der visceralen Lamelle des Perikards bedeckt, steht sie, in einiger Beziehung zu der Vena interventricularis posterior, welche am oberen Teil des Sulcus in dem Sinus coronarium mündet.

Diese Arterie sendet eine Reihe sehr bedeutender Äste aus:

- a) Äste für die rechte Kammer;
- b) Äste für die linke Kammer;
- c) Äste für das Septum ventriculorum.
- a) Äste für den rechten Ventrikel. Im allgemeinen 3—4, wenig entwickelt, sie verlieren sich bald in der Muskulatur des rechten Ventrikels.

b) Äste für den linken Ventrikel. Zahl verschieden, 4—5, weiter nichts Besonderes.

c) Äste für das Septum ventriculorum. Diese bilden die hinteren perforierenden Äste. Ihre Zahl variiert zwischen 7—8; weniger entwickelt als die vorhergehenden Arterien\* (s. Abb. 20). Sie enden nach einem 2—3 cm langen Lauf in diesem Septum und entlassen Äste nach rechts, links und in der Mitte desselben. Im unteren Drittel findet man ebenfalls hintere perforierende Äste, aber nach dem, was wir schon wissen, sind diese 4—5 sehr feine und kurze Äste in der Mehrzahl der Fälle (75%) dem vorderen R. descendens zu verdanken.

Hinterer linker Ventrikularstamm. Ich gebe diesen Namen dem Arterienstamm, der die Richtung der rechten Coronararterie in dem Sulcus atrio-ventricularis fortsetzt. Er hat eine senkrechte Richtung auf die Arterie interventricularis posterior. Von verschiedener Länge und verschiedenem Umfang kann er entweder in den Sulcus coronarius oder, was häufiger vorkommt, indem er sich nach unten biegt, auf der hinteren Seite des linken Ventrikels, enden. Dieser Arterienstamm entläßt nach oben 1—2 feine Äste von geringer Bedeutung für den linken Vorhof und nach unten Ventrikularäste, die senkrecht zu dem oben beschriebenen Stamm entspringen. Diese

sind 3—4 stark entwickelte Äste, und reichen bis zum unteren Drittel des linken Ventrikels. Sie bedecken mit ihren Verzweigungen einen Teil dieser Seite und versorgen teilweise den hinteren Papillarmuskel des linken Ventrikels. Wie wir aber bei der Beschreibung der linken Coronararterie gesehen haben, endet auch der R. circumflexus in der Mehrzahl der Fälle (80%) auf dieser hinteren Seite (Typus III, R. circumflexus). Die Äste beider Coronararterien, die fast parallel sind, teilen sich in die Versorgung dieser Seite und des hinteren Papillarmuskels. In den Fällen aber, in welchen (Typus 1 und 2 des R. circumflexus) dieser Ast nicht den linken Herzrand überschreitet, geschieht die Versorgung der hinteren Seite und des Papillarmuskels von der rechten Coronararterie, was aber eine sehr seltene Anordnung ist (10%). So einen Fall bietet die Radiographie (Abb. 16). Das Herz wurde nach allgemeiner Injektion in verschiedenen Gebieten geschnitten, und einzeln radiographiert. Dementsprechend sieht man auf Abb. 16 (Vorderwand des linken Ventrikels) den R. circumflexus auf dem linken Herzrand enden und auf Abb. 18 (Hinterwand des linken Ventrikels) bemerkt man, daß die rechte Coronararterie in vier entwickelten und fast parallelen Ästen endet, und vollständig diese Seite und die hinteren Papillarmuskeln versorgt. Gleichzeitig bemerkt man, wie sehr entwickelt die zweite Kollaterale ist, welche wie eine diagonale Linie diese hintere Seite durchquert, und bis an den linken Rand und fast an die Herzspitze reicht.

## II. Typus der rechten Coronararterie (10%).

Zeichnet sich dadurch aus, daß die Arteria nicht bis zum oberen Ende des Sulcus interventricularis posterior reicht, sondern auf der hinteren Seite des rechten Ventrikels endet. In diesem Fall ist der Sulcus von der linken Coronararterie, die sehr entwickelt ist, eingenommen. Das erste Segment der rechten Coronararterie ist also identisch mit dem schon beschriebenen, und ich sehe es als unnötig an, auf die Kollateralen und die anderen anatomischen Angaben zurückzukommen. Das zweite Segment ist unvollständig, da die Arterie in der Nähe des oberen Endes des Sulcus longitudinalis posterior endet oder was häufiger aufzuweisen ist, sich nach unten biegt und an der hinteren Seite des rechten Ventrikels endet. In diesem Gebiet entläßt sie:

- a) atriale oder aufsteigende Äste, identisch mit den vorhergehend beschriebenen;
- b) Äste für das Septum atriorum; diese können aber von der linken Coronararterie kommen;
- c) ventrikuläre oder absteigende Äste, auf der hinteren Seite des rechten Ventrikels. Es ist leicht verständlich, daß diese Seite in einem solchen Fall die Versorgung durch beide Coronararterien erhält.

Wir werden uns mit dieser Frage noch genauer beim topographischen Studium der Coronararterien und ihren gegenseitigen Beziehungen zu beschäftigen haben.

**Coronaräste mit direktem Austritt aus der Aorta.**

Es wurden schon anderwärts die Gründe erörtert, weshalb ich unter diesem Namen die Nebecoronarien gruppiere. Diese sind in Wirklichkeit nur gewisse normale Kollateralen, die die Anomalie des aortischen Ursprungs beweisen, die aber keineswegs zum coronarischen

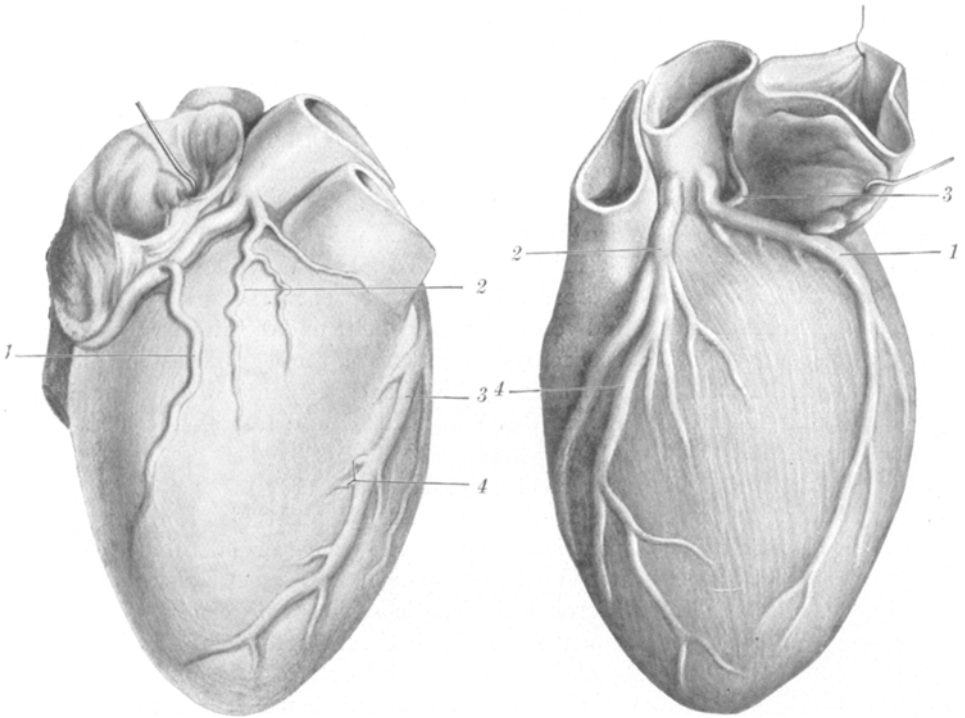


Abb. 7. 1 = Ventrikular absteigender Ast; 2 = Arteria praeinfundibularis hier mit direktem Austritt aus der Aorta; 3 = R. descendens; 4 = Art. perforiantes ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

Abb. 8. Auf der linken Seite entspringen zwei Coronararterien (1) und (2); 3 = die Hauptarterie der Vorhöfe (Keith-Flack Art.) entspringt aus einer dieser Arterien, welche den R. circumflexus darstellt ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

Kreislauf des Herzens hinzugefügte Arterien sind, und die der Benennung, die ihnen gegeben wurde, nicht entsprechen. Wir unterscheiden Äste rechts und Äste links.

**Coronaräste mit direktem Austritt aus dem rechten Sinus Valsalvae.**

Diese sind die häufigsten. In 30% der Fälle bemerkt man einen solchen Ast, welcher nichts anderes als die Arteria praeinfundibularis ist, die im vorhergehenden Paragraph beschrieben war. Ihre

aortische Öffnung ist etwas vor der Öffnung des Stammes der rechten Coronararterie gelegen (s. Abb. 7). Von hier aus richtet sie sich nach unten, und innen und endet meist im Gebiet des Infundibulum. Sie entläßt: Inter - aortiko - pulmonale Äste für die Vorderwand der Arteria pulmonalis usw. — Anastomosiert mit einer analogen Arterie des R. descendens der linken Coronararterie, was wir beim Studium der Anastomose sehen werden. Die Praeinfundibularis directa, hat einen mannigfaltigen Umfang von 1—3 mm. In 13% fand ich zwei Arterien, die jede aus einer besonderen Öffnung der Aorta entsprangen; die erste stellte die Arteria praeinfundibularis dar, die zweite eine ventrikular absteigende Kollaterale. In 2% fand ich drei Arterien auf der rechten Seite.

#### Coronaräste mit direktem Austritt aus dem linken Sinus Valsalvae.

Diese sind unvergleichlich seltener als rechts. Kaum in 2% der Fälle begegnet man einer linken Atriumarteriole, die direkt der Aorta entspringt. Trotzdem kann sie manchmal genügend entwickelt sein. In noch selteneren Fällen bemerkt man den Mangel des Hauptstammes der linken Coronararterie, dann entspringen der Ramus descendens und der Ramus circumflexus direkt aus der Aorta, durch spezielle Öffnungen, im Niveau des linken Sinus Valsalvae. Diese Anomalie wurde nur einmal in 200 Fällen von mir aufgewiesen, und ist auf Abb. 8 gezeichnet. Bemerkbar ist, daß beide Äste mit direktem Austritt einen fast gleichen Umfang haben, und am Ursprung nur 3—4 mm einer von dem anderen entfernt. Der rechte Ramus circumflexus endet am linken Herzrand auf der vorderen Seite dieses Randes, so daß die diafragmatische Seite des Herzens von der rechten Coronaria durchströmt wurde.

Diese Anomalie des Austritts gibt den Eindruck von 3 Coronararterien, dies ist aber ein Irrtum. Es ist nur ein anomales Ausreten der beiden Hauptkollateralen.

Meckel zitierte den Fall zweier direkter Kollateralen aus dem rechten Sinus, und zwei aus dem linken Sinus. Einen solchen Fall habe ich bis jetzt nicht getroffen.

## II. Blutversorgung des Reizleitungssystems.

Die Blutversorgung des Reizleitungssystems ist noch nicht genug bekannt, obwohl sie ein besonderes Interesse bietet. Ich vollführte dieses Studium mit größter Aufmerksamkeit an menschlichen Herzen und an Ochsenherzen mit Hilfe der Präparation, der Radiographie und der Querschnitte. Auf solche Weise studierte ich:

- a) Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens;
- b) Blutversorgung des Tawaraschen Knotens;
- c) Blutversorgung des Hisschen Bündels;
- d) Blutversorgung seiner Äste.

### Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens.

Lage<sup>1</sup>): Man weiß, daß dieser Knoten an der rechten Seite der Vena cava superior liegt, da, wo dieselbe sich mit den rechten Vorhof vereinigt. Derselbe ist 2 cm lang, und 2 mm dick. Das Sinusgebiet ist von großer Bedeutung, da von hier aus die Herzkontraktion ausgeht. Es ist sehr reich durchblutet, was mit seiner funktionellen Bedeutung für den Versorgungswechsel, welcher in diesem Bereiche sehr tätig ist, in Verbindung steht. Im allgemeinen wird gegenwärtig angenommen, daß ein spezielles Gefäß, das der rechten Coronaria entspringt, den Knoten versorgt (Külbs); dieses, sowie auch die Beschreibung, die gegeben wird, entspricht nicht in genauer Weise der Wirklichkeit. Ich versuchte diese Blutversorgung des Knotens zu präzisieren, und konnte mich von ihrer großen Variabilität überzeugen. Trotzdem können meine Befunde gut in drei folgende Kategorien gruppiert werden:

1. Die Blutversorgung des Knotens ist der rechten Coronaria zu verdanken.
2. Die Blutversorgung des Knotens ist der linken Coronaria zu verdanken.
3. Die Blutversorgung des Knotens ist beiden Coronarien zu verdanken.

#### I. Typus.

Die Blutversorgung des Knotens ist der rechten Coronaria zu verdanken. Dies ist der häufigste Typus (68%).

Anlässlich der Beschreibung des ersten Segments der rechten Coronaria beschrieb ich auch einen absteigenden dicken Stamm: — Arteria auricularia anterior — Arteria interauricularia (Dragneff) — Hauptarterie des Vorhofs —, welche die Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens bildet. Die angegebene Beschreibung entspricht nur dem Durchschnitt der Fälle, und hier werde ich ihre morphologischen Charaktere beschreiben, in Anbetracht des Interesses, welches diese Arterie darbietet. Sie entspringt gewöhnlich 8—10 mm von dem Austritt der rechten Coronararterie aus der Aorta (s. Abb. 2, 9), beschreibt eine Kurve mit innerer Hohlrundung, dringt im oberen Drittel des Septums atriorum ein, folgt einige Zeit diesem Septum, tritt auf die obere Seite des rechten Vorhofs, richtet sich gegen die Vena cava inf. in deren Umgebung sie endet. Entläßt eine Reihe Kollateralen, die wir flüchtig erörtern:

- a) Ramus für das rechte Herzohr.
- b) Ramus für die vordere Vorhofwand (anastomosierend im allgemeinen mit dem analogen Ramus der linken Coronaria).

<sup>1</sup>) Siehe Tandler, Anatomie des Herzens S. 205.

c) Ein Ramus, der da entspringt, wo sie in das Septum atriorum eindringt (s. Abb. 9), und welcher sich an die Basis der Vena cava superior wendet. Diese Kollaterale ist für den Knoten, in dem sie endet, bestimmt.

d) Manchmal bemerkt man im selben Niveau eine Kollaterale, die sich auf der hinteren Fläche der Vena cava befindet, und die ebenfalls im Knoten Keith- und Flack endet. Ein Arterialring bildet sich an der Basis der Vena cava superior.

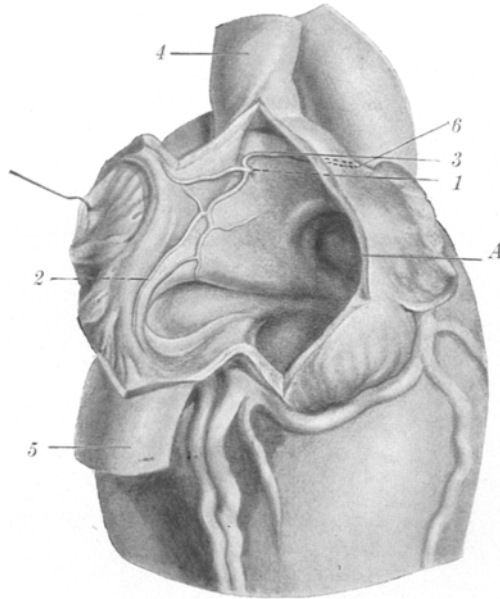


Abb. 9. A. Rechter Vorhof. 1 = Hauptarterie der Vorhöfe nachdem sie in dem Septum atriorum eingedrungen ist; 2 = Ihr Stamm auf dem Septum atriorum; 3 = vorderer Ast, welcher den Keith-Flack-Knoten ernährt; 4 = Vena Cava superior; 5 = Vena cava inferior, um welche die Arterie endet ( $\frac{3}{4}$  der nat. Größe).

- e) Äste für das Septum atriorum.
- f) Äste für die Vena pulmonalis.
- g) Rechte und linke Äste für die Oberwand der Vorhöfe.
- h) Endäste rings um die Vena cava inf.

Diese Arterie wurde mit Aufmerksamkeit durch segmentare Radiographie studiert. Die Abb. 10 zeigt, das Verteilungsgebiet dieser Arterie und ihrer Kollateralen.

Um die Variationen des Stromgebietes dieser Arterie besser darzustellen, einer Arterie, auf welche zu wenig geachtet wird, da klassische Lehrbücher sie kaum erwähnen — stelle ich hier folgende sechs Beobachtungen auf:

Beobachtung 1. Von der rechten Coronaria entspringt nach oben 2 cm nach ihrem Austritt ein gewöhnlicher Stamm, der sich in drei Äste teilt: einer für die Herzohren, ein anderer, welcher eine Kurve beschreibt, mit innerer Hohlrundung und in der Dicke der Auricularwand mit einem analogen Ast der linken Coronaria anastomosiert und endlich ein dritter und der dickste, welcher sich direkt nach oben richtet und im Knoten endet. Der linken Coronaria entspringt ein mit dem vorhergehenden symmetrischer Stamm, der sich in zwei Äste

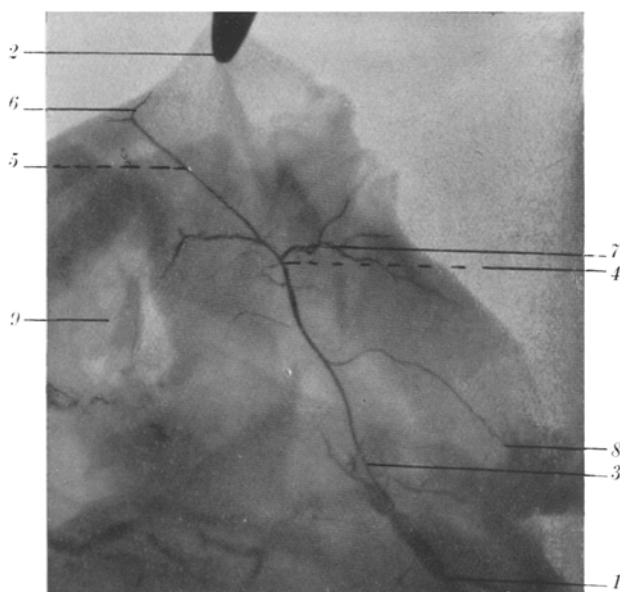


Abb. 10. Hauptarterie der Vorhöfe durch segmentare Radiographie studiert. 1 = Art. Coronaria dextra; 2 = Vena cava superior bezeichnet durch eine Pinzette; 3 = Hauptarterie der Vorhöfe; 4 = die Stelle, wo die Arterie eindringt; 5 = die Kollaterale, die den Knoten ernährt; 6 = Keith-Flack Knotengebiet; 7 = Äste, die sich in der Vena pulmonalis sinistra verteilen; 8 = Anastomotische Arteriole; 9 = Vena cava inferior (nat. Größe).

teilt: ein Ast für das linke Herzohr und ein anderer, der mit dem vorhergehenden anastomosiert. Von diesem letzten Ast macht sich eine Kollaterale los für die Vena pulmonalis sinistra.

Die Blutversorgung des Knotens wird hergestellt durch die rechte Coronaria.

Beobachtung 2. Der rechten Coronaria entspringt ein gewöhnlicher Stamm, von dem sich eine Arteriole für das rechte Herzohr abzweigt. Dem Stamm zweigt sich nachher ab: ein Ast für den Knoten und die obere und hintere Fläche des rechten Herzohrs, ein anderer endet an der oberen und hinteren Fläche des linken Herzohrs. Aus der

Hohlrundung der Arterie und des Hauptstammes entspringen Arteriolen, die mit feinen Ästen der linken Coronaria anastomosieren.

Die Blutversorgung des Knotens bildet die rechte Coronaria.

Beobachtung 3. Der rechten Coronaria entspringt ein sehr dicker Stamm, welcher, nachdem er den gewöhnlichen Ast für die Herzohren und einen anderen für den Knoten Keith und Flack entsendet hat, den inneren Rand der Vena cava erreicht, ihre Basis umgeht und dann den Knoten erreicht. Er versieht ihn mit großen Ästen, läuft auf der oberen Fläche des rechten Vorhofs und erschöpft sich auf der oberen Fläche der Vena cava inferior. Aus ihrer Hohlrundung lösen sich feine Äste, welche mit den Ästen eines gewöhnlichen Stammes der linken Coronaria anastomosieren.

Die Blutversorgung des Knotens wird bewirkt durch die rechte Coronaria.

Beobachtung 4. Der rechten Coronaria entspringt ein genügend starker Stamm, der sich abzweigt: ein Ast für den Knoten und der andere richtet sich nach dem Septum atriorum, das er durchbohrt. Nach einem Verlauf von 1 cm in der Scheidewand wendet er sich auf die hintere Fläche der Vena cava superior, sendet einen feinen Ast aus, für den Keith- und Flack - Knoten, und vollendet auf diese Weise den Arterialring, während der Hauptstamm sich auf der oberen Fläche der Vena cava inf. verliert.

Gleichfalls aus dem Ramus der Scheidewand entspringt nach oben eine Arterie für die obere und hintere Fläche des linken Herzohrs. Im Laufe des Hauptstammes entspringen Arteriolen, die mit den Arteriolen eines analogen Stammes der linken Coronaria (Ramus Circumflexus) anastomosieren.

Die Blutversorgung des Knotens wird von der rechten Coronaria gebildet.

Beobachtung 5. Der rechten Coronaria entspringt ein umfangreicher Stamm. Derselbe sendet aus: eine Arteriole für das Herzohr, weiter oben eine Arterie für den Knoten, wendet sich dann gegen das Septum atriorum, wo er eine feine Arteriole entsendet, setzt nachher seinen Weg fort und verliert sich in die Vena pulmonalis sinistra, nachdem er durch seine Hohlrundung feine Arteriolen abgegeben, die in der Dicke der Vorhofswand mit einem Stamm von der linken Coronaria kommend, anastomosieren.

Die Blutversorgung des Knotens, hergestellt durch die rechte Coronaria.

Beobachtung 6. Der rechten Coronaria entspringt ein starker Stamm, welcher, nachdem er einen Ast für das Herzohr abgegeben, sich nach dem Knoten wendet, den er reichlich versorgt. Eine Arteriole

setzt die Richtung des Hauptstammes gegen die Vena pulmonalis fort, ein anderer Ast, der sich von dieser löst, richtet sich nach der hinteren Fläche der Vena cava superior, wo er endet. An der inneren Seite des Hauptstammes dieser Arterie entspringen Äste, die mit den Ästen eines analogen Stammes der linken Coronaria anastomosieren.

Die Blutversorgung des Knotens wird hergestellt durch die rechte Coronaria.

Aus allen diesen Bemerkungen geht es hervor:

1. Die Arterie dringt nicht immer in das Septum atriorum ein.
2. Ihre Ausbreitung, die Kollateralen, die sie abgibt, sind sehr verschieden.
3. In manchen Fällen endet der ganze starke Arterialstamm in dem Gebiet des Knotens. (Bemerkung 6.)
4. Der Arterialring an der Basis der Vena cava ist nur in einigen Fällen vorhanden, und dann sind die Äste, die ihn bilden, sehr häufig ungleich. (Bemerkung 3.)
5. Die häufigsten Kollateralen sind:
  - Äste für das rechte Herzohr (konstant);
  - Äste für die vordere Vorhofwand — oft anastomosieren sie mit den Ästen der linken Coronaria;
  - Äste für die Vena pulmonalis sinistra (70%).

Der Name „Arteria interauricularis“, der ihr gegeben wurde, entspricht also nicht der Mehrzahl der Fälle. Die Benennung „Auricularis dextra ant.“ wäre genauer, aber, wie wir gesehen, können auch andere Arteriae interauriculares ant. existieren.

Die so bedeutende physiologische Rolle, die der Knoten Keith und Flack spielt, in Betracht ziehend, möchte ich für diese Arterie die Benennung Versorgungsarterie des Keith- und Flack-Knotens vorziehen.

## II. Typus der Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens.

Die Blutversorgung des Knotens ist einem Ast, der vom Ramus circumflexus der linken Coronaria kommt, zu verdanken. Dieser Typus ist in 25% Fällen nachzuweisen.

An dem Ochsenherzen — wo der Knoten leicht hervortritt — ist diese Anordnung häufiger. Auf der Abb. 11 kann man eine lange, umfangreiche Arterie bemerken, die gleich nach dem Austritt des R. circumflexus entspringt, eine große Kurve mit innerer Hohlrundung beschreibt und im Gebiet des Keith- und Flack-Knotens in drei Ästen endet. Am Ursprung hatte sie einen Durchmesser von  $2\frac{1}{2}$  mm und gab in ihrem Verlauf keine einzige Kollaterale ab; ihre Verzweigung ist in diesem Falle sehr klar. An menschlichen Herzen bemerkt man im allgemeinen dieselben Verhältnisse mit einigen Verschiedenheiten. Folgende drei Beobachtungen sind sehr charakteristisch:

Beobachtung 1. Die linke Coronaria gibt eine Arteriole ab 1 cm nach ihrem Austritt, welche sich nach Abzweigung folgendermaßen verteilt: eine für das linke Herzohr und die obere Vorhofswand. Die zweite anastomosiert mit einem analogen Ast der rechten Coronaria.

Etwas weiter, knapp hinter dem linken Herzohr, entspringt nach oben eine Arterie für den Keith- und Flack-Knoten in einer Länge von 6—7 cm zu 2 mm. Sie entsendet nach oben einige feine Äste für die Vena pulmonalis und nach unten für die Vorhofswand. An den

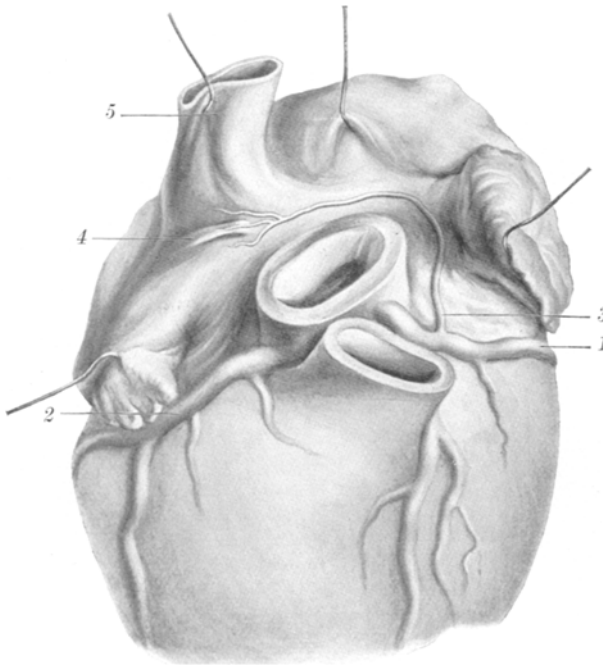


Abb. 11. 1 = Art. Cor. sinistra; 2 = Art. Cor. dextra; 3 = Hauptarterie der Vorhöfe; 4 = Keith-Flack-Knoten; 5 = Vena cava superior. Ochsenherz ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

Knoten gelangt, stellt sie seine Blutversorgung her und kann durch die Sektion bis unter das Endokard des rechten Vorhofs verfolgt werden. Die rechte Coronaria gibt einen gewöhnlichen Stamm ab, der sich abzweigt und einen Ast entsendet, der mit dem weiter oben beschriebenen und anderen Ästen für das rechte Herzohr anastomosiert.

Die Blutversorgung des Knotens ist der linken Coronaria zu verdanken.

Beobachtung 2. Der linken Coronaria entspringt, gleich nach ihrem Ursprung, in einer Entfernung von 1 cm eine lange Arterie

von 2 mm Durchmesser und 5 cm Länge, welche für den Keith- und Flack-Knoten bestimmt ist. Nach der Versorgung des Knotens teilt sie sich an der oberen Fläche des rechten Vorhofs und endet weiter unten im Niveau der Vena cava inf. In ihrem Lauf entsendet sie: eine bedeutende Arteriole für die Vena pulmonalis sinistra; im Niveau des inneren Randes der Vena cava superior eine Arterie, die über die hintere Fläche der Vena tritt, diese umgibt und auch den Knoten erreicht. Der Arterialring der Vena cava superior ist hier vollendet. An ihrem Austritt bemerkt man eine Arteriole, die sich gegen das Septum interauriculare im unteren Teil richtet.

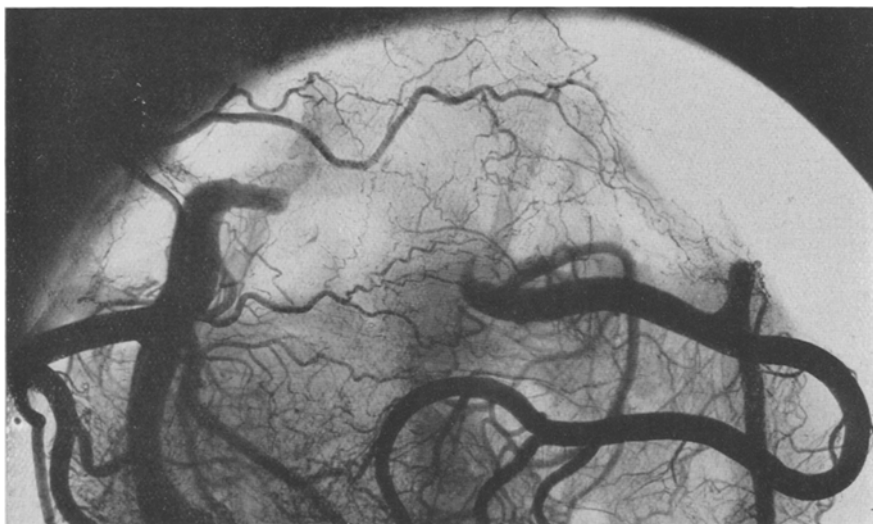


Abb. 12. Die Hauptarterie der Vorhöfe entspringt hier der linken Coronaria. Man sieht feine Anastomosen zwischen dieser Arterie und Ästen der rechten Coronararterie (nat. Größe).

Aus dem Ramus circumflexus entspringt eine Arterie für das linke Herzohr. Aus der rechten Coronaria entspringt eine symmetrische Arterie für das rechte Herzohr. Die Blutversorgung des Knotens ist der linken Coronaria zu verdanken, und zwar durch die Bildung eines Arterialringes an der Basis der Vena cava superior.

Beobachtung 3. Der rechten Coronaria entspringt ein feiner Ast für das rechte Herzohr. Der linken Coronaria (Ramus circumflexus) entspringt hinter dem linken Herzohr eine sehr umfangreiche Arterie, die nach einem Verlauf von 7—8 cm den Knoten erreicht, den sie versorgt. Die Arterie ist aber hinter die Vena cava superior getreten, geht dann auf die hintere obere Fläche des rechten Vorhofs und endet im Niveau der Vena cava inf. Während ihres Laufes entsendet sie einen be-

deutenden Ast nach oben auf die obere und hintere Fläche des linken Vorhofs und nach unten feine Arteriolen für die Vorhofswände. Die Blutversorgung (Ernährung) des Knotens ist durch die linke Coronaria (Ramus circumflexus) hergestellt. Die Arterie kann also vor (vordere Stellung) oder hinter dem linken Herzohr (hintere Stellung) entspringen. Sie beschreibt im allgemeinen eine lange Kurve bis zum Knoten, den sie erreicht, und endet in ihm, oder, nachdem sie seine Blutversorgung hergestellt, überschreitet sie ihn, um dann in verschiedener Weise zu enden. Häufige Kollateralen sind: R. für die Wände des linken Vorhofs, R. für das linke Herzohr, R. für die Vena pulmonalis sinistra.

Ich gestatte mir, die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des umgekehrten Verhältnisses, das zwischen der Entwicklung des Vorhofsastes oder der Äste der rechten und linken Coronaria besteht, zu lenken. Sichtbar ist auf allen Abbildungen, daß, wenn eine Keith- und Flack-Arterie auf der rechten Seite vorhanden ist, auf der linken nur feine Äste ohne Bedeutung aufzuweisen sind und umgekehrt.

### III. Typus der Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens.

Dieser Typus, in welchem beide Coronaria festbestimmte Äste für den Knoten entsenden, ist in 7% Fällen nachzuweisen. Hier eine Beobachtung, die einen solchen Typus darstellt.

1. Beobachtung. 1 cm nach dem Austritt der rechten Coronaria entspringt ein Stamm, der nach einem Lauf von  $1\frac{1}{2}$  cm drei Äste entläßt: 1. für das Herzohr; 2. für den Keith-Flackschen Knoten; und einen 3., der mit einem analogen Ast der linken Coronaria anastomosiert.

Dem Ramus circumflexus der linken Coronaria entspringt eine starke Arteriole, 6 cm lang, die überhaupt für den Keith-Flack-Knoten bestimmt ist. Sie beschreibt eine Kurve mit innerer Hohlrundung und tritt hinter die Vena cava superior, entsendet während ihres Laufes eine Kollaterale, die mit einer anderen Arteriole für das linke Herzohr anastomosiert.

Die Blutversorgung des Knotens ist also beiden Coronarien zu verdanken, mit Vorwiegen des aus der linken Coronaria kommenden Astes.

Als Abschluß können wir sagen, daß der Knoten ein Gebiet darstellt, welches reichlich mit Blut versorgt werden muß, und daß dieses durch eine spezielle entwickelte Arterie geschieht, die wir aus den erwähnten Gründen „Arterie des Keith- und Flack-Knotens“ nennen, obwohl dieselbe sich außerhalb dieses Gebietes durch Kollaterale und andere Teile des Myokards verteilt. Sehr häufig entspringt sie der rechten Coronaria (68%), manchmal zuweilen (25 %) der linken Coronaria.

Dann, wenn sie der rechten Coronaria entspringt, sind auf der linken Seite (aus dem Ramus circumflexus) nur kleine Äste ohne Bedeutung für den Knoten vorhanden und umgekehrt.

Nur ausnahmsweise (7%) versorgen beide Coronaria durch bestimmte Äste den Knoten.

#### **Blutversorgung des Tawaraschen Knotens und des Hissehen Bündels.**

**Lage.** Der Tawarasche Knoten ist im Septum atriorum, an der Grenze zwischen Atrium und Ventrikel, gelegen vor der Öffnung des Sinus coronarius. Das Crus commune entspringt von diesem Knoten, richtet sich nach vorne und unten durch das Septum fibrosum, teilt sich dann in die zwei rechten und linken Schenkel. Das Septum membranaceum von halbmondförmiger Form mit der Ausbuchtung nach oben ist leicht durch Transparenz sichtbar. Ebenfalls zeigt es sich bei der Radiographie als ein weißes halbmondförmiges Feld. Dieser Raum ist schief durch die Einfügung der Valvula tricuspidalis durchschnitten, die ihn in zwei Bereiche teilt: a) einen hinteren und oberen etwas umfangreichen, welcher den linken Ventrikel von dem rechten Vorhof trennt, und b) einen vorderen und unteren etwas kleineren, der den linken Ventrikel von dem rechten trennt. Das Bündel folgt dem unteren Teil des Septum membranaceum und teilt sich in zwei Äste im vorderen Teil. Der linke, breite und dünne Ast geht zu den vorderen und hinteren Papillarmuskeln, während die anderen Fasern zur Herzspitze gehen. Der rechte Ast richtet sich abwärts und nach vorne auf dem Septum ventriculorum, tritt dann in die Trabecula septo-marginalis<sup>1)</sup> bis zum vorderen Papillarmuskel, verteilt sich nachher durch feine Äste in den Papillarmuskeln, der Herzspitze usw.

Die Blutversorgung des Reizleitungssystems ist zu verschieden und hängt von den Variationen der Verteilung der Coronararterien ab. An Ochsenherzen, wo durch die Dissektion die verschiedenen Segmente des Reizleitungssystems leicht sichtbar sind, kann man ohne Schwierigkeit seine Vascularisation studieren, nachdem man die Coronarien verschieden injiziert (Teichmann). Ich habe diese Ochsenherzen mit einer Mischung opaker Substanzen injiziert, um nach der Dissektion auch dieselben durch Radiographie studieren zu können.

Auf Abb. 13 ist der Tawarasche Knoten sichtbar (3), welcher eine spezielle Arterie von der linken Coronaria erhält (7), da, wo diese Arterie in den Sulcus longitudinalis posterior dringt. Die rechte Coronaria (8) entsendet gleich nach ihrem Austritt in die Tiefe des Septum ventriculorum einen kurzen vascularischen Stamm (6 mm Länge  $\times$   $2\frac{1}{2}$  mm Dicke), welcher sich in zwei Äste teilt: a) einen fast horizontalen

<sup>1)</sup> J. Tandler, Anatomie des Herzens S. 192.

Ast (10), der direkt zum vorderen Endstück des Crus commune geht, den er reichlich versorgt, sowie auch den linken Schenkel des Hisschen Bündels; b) einen zweiten Ast, vertikal und sehr entwickelt. Nach einem Lauf von  $2\frac{1}{2}$  cm entsendet er nach rechts eine spezielle Arterie (9), welche in die Trabecula septo-marginalis eintritt, welche gänzlich den rechten Ast des Hisschen Bündels enthält. Diese Arterie hat eine



Abb. 13. 1 = Vena cava inferior; 2 = Sinus Coronarius geöffnet; 3 = Tawarasche Knoten; 4 = Crus commune; 5 = Sein rechter Schenkel; 6 = Trabecula septo-marginalis, welche ihn enthält und dessen Arterie; 7 = Art. Coronaria sinistra, der ein Ast für Tawarasche Knoten entspringt; 8 = Art. Coronaria dextra; 9 = Die Arterie des rechten Schenkels; 10 = Arterie, die den Crus commune und den linken Schenkel ernährt ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

konzentrische Lage und folgt dem Lauf dieser Bandelette, die sie versorgt. Ich nenne sie Arterie des rechten Astes des Hisschen Bündels. Diese Arterie ist fast konstant; variieren tut nur ihr Ursprung, so wie wir es weiter sehen werden.

Der linke Ast des Hisschen Bündels, an seinem Ursprung durch die beschriebene Arterie (10) ernährt, erhält außer diesem, längs seiner Lage auf der linken Seite des Septum interventriculare, eine reiche

Vascularisation von dem System der Arteriae perforantes — die wir schon studiert haben — und überhaupt von den vorderen Art. perforantes. Die feinen Verteilungen der Äste des Hisschen Bündels erhalten ihre Blutversorgung von den Ästen des coronarischen Bereiches, auf dem sie sich befinden, und es ist leicht verständlich, daß eine Detailbeschreibung derselben unmöglich wäre auf Grund der enormen Variationen der Verteilung und dem verschiedenen Lauf derselben. Das Atrio-ventrikular-System bei Ochsenherzen zeigt gemäß der oben gemachten Beschreibung, die zur Erleichterung des Verständnisses des menschlichen Herzens gemacht wurde, daß im allgemeinen die Vascularisation dieses Systems beiden Coronarien zu verdanken ist, mit Vorwiegen einer oder der anderen Arterie, je nach den verschiedenen Segmenten seiner Verfassung.

#### Blutversorgung des Tawaraschen Knotens und des Hisschen Bündels bei menschlichen Herzen.

In der großen Mehrzahl der Fälle ist sie einem speziellen Aste der rechten Coronaria zu verdanken. Dieser löst sich von dem Stamm der Arterie bald in dem Sulcus coronarius, bald am Niveau des Endstückes der Sulcus longitudinalis posterior. Die Richtung ist etwas schief von hinten nach vorne und von rechts nach links, dringt an die Basis des Septum atriorum und erreicht den Knoten, den er reichlich mit Blut versorgt. Seine Verteilungen dringen in das Hissche Bündel, wo sie durch die Sektion und überhaupt durch Radiographie bis zur Verteilung des Hauptstammes verfolgt werden können. Diesem Ast kann sich häufig ein anderer des Septum fibrosum anschließen, der aber auch von der rechten Coronaria stammt — manchmal ist er entwickelter als der erste, hat aber eine fast gleiche Lage und Verlauf. Er verteilt sich in diesem Falle meist in dem Hisschen Bündel, während die anderen mehr in dem Tawaraschen Knoten sich verteilen.

Ausnahmsweise können diese Äste von der linken Coronaria stammen (10%), die Verteilung und der Verlauf sind aber dieselben.

#### Blutversorgung des rechten Astes des Hisschen Bündels.

Dieser Ast kann in drei Abschnitte geteilt werden:

a) Von seinem Ursprung und bis da, wo er in die Trabecula septo-marginalis dringt.

Seine Blutversorgung ist der ersten und zweiten vorderen Arteria perforans — Äste des Ramus descendens der linken Coronaria zu verdanken.

b) In der Trabecula septo-marginalis. Der rechte Ast des Hisschen Bündels, wenn er hier lagert, erhält fast konstant eine analoge Arterie von der zweiten Art. perforans des Ramus descendens der linken Coronaria. Wie wir schon wissen, durch die Beschreibung

der vorderen Perforantes, ist die zweite Perforans die entwickeltste von allen (s. Abb. 20). Diese Arterie entläßt außer den Kollateralen, die dem Septum ventriculorum bestimmt sind, eine spezielle Kollaterale, die sich Arteria des rechten Astes des Hisschen Bündels nennt und welche in die Trabecula septo-marginalis bis an die Basis der vorderen Papillarmuskel eindringt, wo sie sich in feine Äste auflöst.

c) Jenseits der Papillarmuskel. Die Blutversorgung ist den feinen Verzweigungen dieser Arterie zu verdanken sowie auch den verschiedenen Arterialästen der rechten Coronaria. Die Blutversorgung der feinen Äste im Niveau der Ventrikularwände ist gleich der Regionalblutversorgung, die wir weiter erörtern werden.

Blutversorgung des linken Astes. Längs des Septum interventriculare erhält er eine reiche Vascularisation, überhaupt vom System der vorderen Art. perforantes, die aus dem Ramus descendens der linken Coronaria stammen. Im Niveau der Herzspitze und der linken Ventrikularwände (siehe Topographie der Coronararterien) stammt sie hauptsächlich aus der linken Coronaria.

### Topographische Anatomie der Coronararterien.

Studienmittel. Nachdem die Herzen auf gewöhnliche Weise präpariert, wurden sie mit verschiedenen opaken Lösungen für die Radiographie injiziert und dann in festbestimmte Ebenen geschnitten und radiographisch studiert. Die Injektionen mit Unguent cinereum sind nicht zu empfehlen, da die injizierte Flüssigkeit durch die sektionierten Oberflächen abläuft. Ich benützte dann Gelatinelösungen mit Mennig oder ein anderes spezielles Verfahren: man vermengt feinen Mennig — durch Abklärung erlangt — mit Öl, zu einer Masse, der man eine genügende Menge Schwefelkohlenstoff beimischt. Man bekommt eine leicht zu injizierende Mischung. Da Schwefelkohlenstoff verbraucht, bleibt in den injizierten Gefäßen die opake Masse, und das sektionierte Herz kann leicht geprüft werden. Dieses letzte Verfahren bietet den Vorzug, daß es kalt ausgeführt werden kann, was selbstverständlich die Technik dieser Injektionen vereinfacht.

### Sektionen.

Diese entsprechen im allgemeinen den verschiedenen Regionen, die zur systematischen Beschreibung der verschiedenen Teile des Herzens dienen: Vorhöfe und Ventrikel. So wurden z. B. für den linken Ventrikel drei Regionen studiert: die der vorderen Fläche, der hinteren Fläche und der inneren Fläche entsprechen. Zu diesem fügte ich noch das Studium der Blutversorgung der Papillarmuskeln hinzu. Mit Hilfe dieser Methode studiere ich die coronarische Zirkulation leichter, und im Falle eines Infarktes können wir uns den Bereich, auf dem dasselbe stattgefunden hat, leichter vorstellen. Durch diese

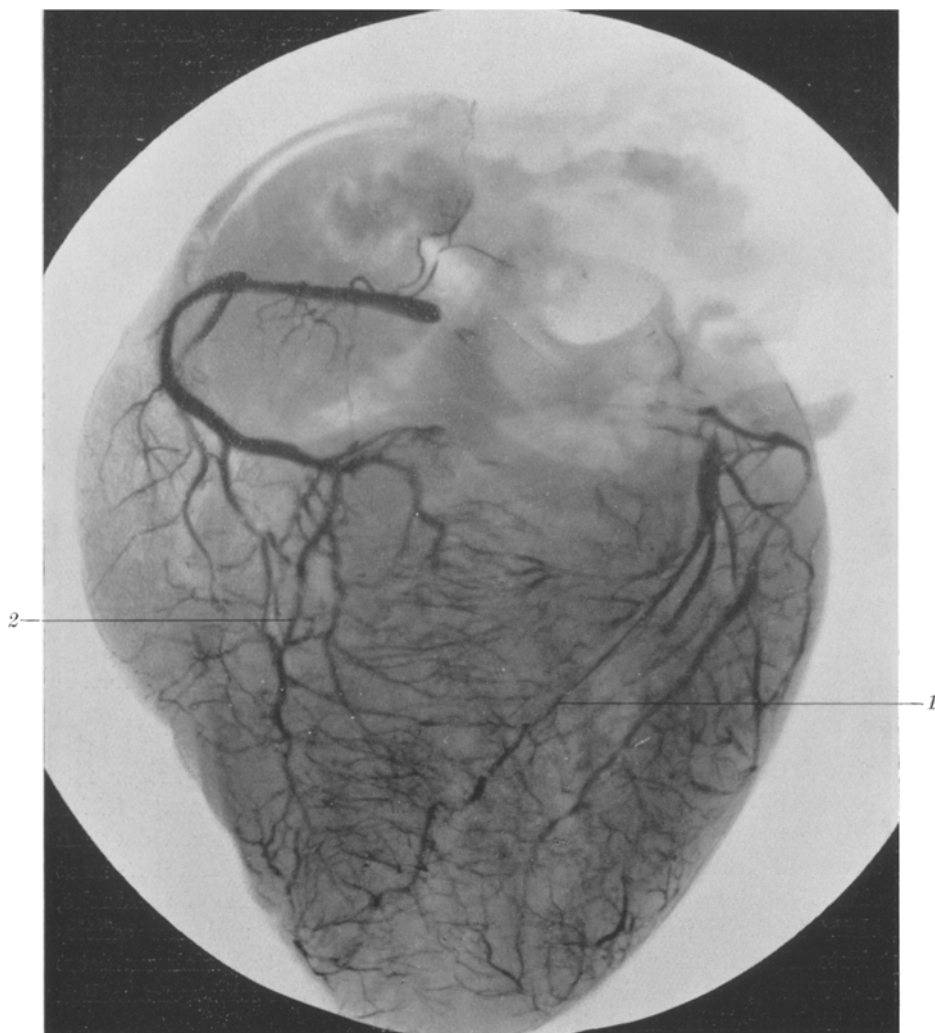


Abb. 14. Radiographie des Herzens (Injektion der Coronararterien mit Gelatine und Mennig). Man sieht eine mittlere dreieckige Zone dunkler gefärbt (Septum ventriculorum). Man bemerkt horizontale Anastomosen zwischen dem R. descendens (1) der Cor. sinistra, und der rechten Coronararterie (2) (nat. Größe).

Methode konnte ich die Anastomosen der Coronaren studieren und deren Lage in Myokard präzisieren:

Linker Ventrikel. Vorderwand. Ist dreieckig und wird zwecks Isolierung durch folgende drei Einschnitte abgegrenzt: einen längs des linken Randes des Sulcus interventricularis ant. bis zur Spitze

des Herzens, den zweiten parallel und scharf unter dem Sulcus coronarius vom oberen Endstück dieses Sulcus bis zum Margo obtusus, den dritten längs dem linken Herzrand bis zur Spitze. Diese Fläche ist von den Kollateralen des Ramus descendens, die sich schief und nach außen richten, von der Diagonalarterie und den absteigenden Kollateralen des Ramus circumflexus begrenzt. Ohne auf den morphologischen Charakter an der Oberfläche des Herzens einzugehen, die wir weitläufig im vorhergehenden Kapitel beschrieben haben, werden wir uns mehr mit deren intraparietaler Verteilung beschäftigen.

Was beim ersten Blick auffällt, ist die große Zahl von Ästen, die dem Hauptstamm entspringen. Auf Abb. 15 bemerkt man wie die Kollateralen senkrecht auf der Richtung des Hauptstammes entspringen. Sie bilden wirkliche, sehr zahlreiche Gefäßbündel, die eine reichliche Blutzirkulation des Gebietes sichern. Der vordere Papillarmuskel erhält die Blutversorgung durch die Kollateralen des Ramus descendens, die zur Basis des Muskels dringen.

Häufig ist ein mehr entwickelter Ast zu bemerken, der einige Zeit der Achse des Papillarmuskels folgt und in feinen Verästelungen endet. Diesem fügen sich noch eine oder zwei Nebenarteriolen bei. Was von großer Bedeutung ist, ist daß diese Fläche sowie der vordere Papillarmuskel immer nur von den aus der linken Coronaria kommenden Ästen versorgt wird (s. Abb. 16).

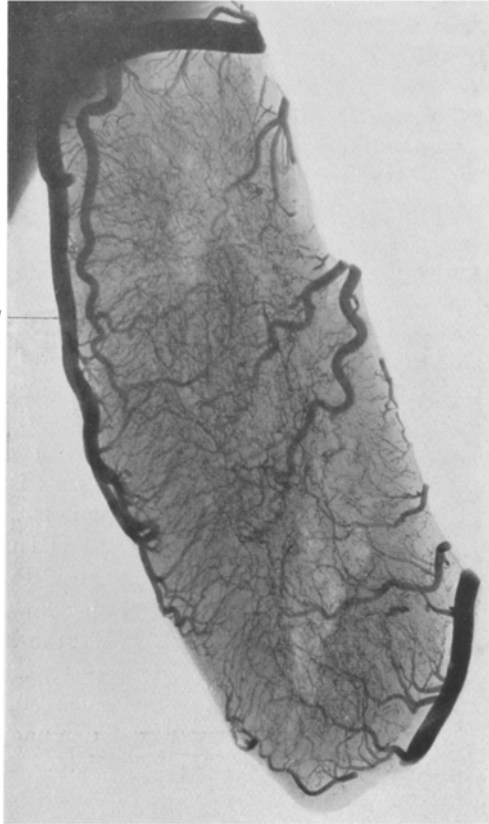


Abb. 15. Blutversorgung der vorderen Fläche des linken Ventrikels und der Papillarmuskeln. Der Ramus circumflexus endet am margo obtusus des Herzens (I) (nat. Größe).

Hintere Fläche. Hat eine dreieckige Form, die wie folgt begrenzt ist: oben durch einen transversalen Schnitt, der vom Endstück des Sulcus interventricularis post. bis zum linken Herzrand geht, einen zweiten Schnitt parallel mit dem Sulcus interventricularis post., und endlich einen dritten am linken Herzrand bis zur Spitze (s. Abb. 17).



Abb. 16. Vordere Fläche des linken Ventrikels. Die Collaterale des R. descendens. I = Die Blutversorgung der vorderen Papillarmuskeln ist terminal. (Natürl. Größe.)

Die Blutversorgung im Innern der Muskeln bietet dieselben Verhältnisse wie an der Vorderwand, d. h. die Äste entspringen senkrecht aus dem Stamm, sind sehr zahlreich und laufen gegen die Ventrikelachse zusammen. In der Mehrzahl der Fälle ist diese Fläche von beiden Coronarien versorgt mit Vorwiegen der linken. So sind hier absteigende Äste aus dem Ramus circumflexus, Äste aus der linken Randarterie und Äste, die der Endarterie der rechten Coronaria entspringen (Arteria interventricularis post.) zu bemerken. Diese Anordnung ist in 75% nachzuweisen und ich betrachte sie als normal.

Blutversorgung des hinteren Papillarmuskels. Diese ist beiden Coronarien zu verdanken, die an die Muskelbasis einige absteigende Äste schicken, von denen wiederum sich einige abzweigen. Diese entsenden nach einem verschiedenen Verlauf feine Äste, die sich in dem Muskel verlieren. Nach dem, was wir aus dem deskriptiven Kapitel der Coronarien wissen, ist in 10% die rechte Coronaria sehr entwickelt, und nachdem sie die Arteria interventricularis post. entsandt hat, nähert sie sich dem

Ursprungstamm der linken Herzwand. Der Ramus circumflexus endet bald auf der vorderen Fläche des Ventrikels und gegen seinen linken Rand. Es ist selbstverständlich, daß in diesen seltenen Fällen, die Versorgung der linken Hinterwand gänzlich der rechten Coronaria zu verdanken ist. Einen solchen Fall stellt Abb. 18 dar. Die Versorgung des Papillarmuskels geschieht also hier nur durch die rechte Coronaria, aber die Arterialäste behalten dieselben Charaktere.

Septum ventriculorum oder innere Wand: Die Versorgung des Septum ist in der großen Mehrzahl der Fälle beiden Coronarien zu verdanken (90%). Vorwärts ist der Ramus descendens der linken Coronaria und rückwärts in dem Sulcus interventricularis post. ein Ast der rechten Coronaria nachzuweisen. Diese beiden Hauptarterien entsenden vordere und hintere Perforantes. In der Regel sind die vorderen Perforantes am entwickeltsten. Sie nehmen zwei Drittel der vorderen Fläche des Septums ein, während die hinteren klein sind



Abb. 17. Hintere Fläche des linken Ventrikels; 1 = Art. Coronaria dextra; 2 = Art. Coronaria sinistra (nat. Größe).

und nur ein Drittel der Fläche einnehmen. Eine absichtlich dichtere Injektion, damit sie nicht in die feineren Äste dringt, zeigt etwas besser diese zwei Arterialgebiete. In der oberen Hälfte haben die Arterien einen schiefen, abwärts gerichteten Verlauf, während sie in der unteren Hälfte wagerecht und an der Herzspitze viel absteigender sind. Wie man leicht auf Abb. 20 sehen kann, ist das Septum ventriculorum reich mit Blut versorgt. Die Äste, die sich von dem Hauptstamm lösen, richten sich gegen die linke und gegen die rechte Ventrikularfläche, während andere der Richtung nach der mittleren folgen und, wie wir weiter sehen werden, mit analogen Ästen der rechten Coronaria anastomosieren.

Ich werde nicht mehr auf die zwei vorderen Perforantes hinweisen, die früher schon beschrieben wurden. Wenn die Blutversorgung

des Septum ventriculorum in 90% der Fälle doppelt ist, so ist sie in 10% nur der linken Coronaria zu verdanken.

Wie wir schon gesehen, ist in diesen Fällen (siehe Typus 4 der linken Coronaria) der Sulcus interventricularis post. von der linken Coronaria eingenommen. Die Perforantes existieren mit den gleichen

morphologischen Charakteren, aber dem Herzen fehlt in diesem Falle merklich eine Beziehung zwischen den beiden Hauptarterien.

**Rechter Ventrikel. Vorderfläche.** Es wird ein horizontaler Einschnitt längs des rechten Schenkels des Sulcus coronarius bis zum rechten Herzrand gemacht, ein anderer senkrecht auf diesen am rechten Herzrand bis zur Spitze und ein dritter auf der rechten Seite des Sulcus longitudinalis anterior. Man isoliert auf diese Weise die vordere Fläche des rechten Ventrikels mit der Austrittsstelle der Arteria pulmonalis, so daß sie eine unregelmäßige viereckige Form hat (s. Abb. 21). Diese Fläche ist von bedeutenden Arterialästen begrenzt: aufwärtsrechte Coronaria, rechts der R. des Margo acutus und links Ramus descendens der linken Coronaria.

Die entwickeltsten Regional-Arterialäste sind: Arteria praeinfundibularis und die anderen absteigenden Äste der rechten Coronaria. Diese



Abb. 18. Hintere Fläche des linken Ventrikels. Äste der rechten Coronararterie (nat. Größe).

entspringen senkrecht aus dem Hauptstamm und richten sich samt ihren Kollateralen, die eine merklich parallele Lage behalten, gegen die feinen Äste, die vom rechten Descendens der linken Coronaria kommen. Wie wir ersehen können, ist diese Fläche von beiden Coronarien mit Vorwiegen der rechten ernährt.

Die Ernährung des vorderen Papillarmuskels des rechten Ventrikels geschieht auf besondere Weise. Gelegentlich der Beschreibung der Blutversorgung des Hisschen Bündels wurde weitläufig die Arterie des rechten Astes des Bündels, welche der zweiten Perforans des Descendens der linken Coronaria entspringt, erörtert. Dieser Ast, wie wir es schon wissen, tritt in die Trabecula septo-marginalis bis an die Basis der vorderen Papillarmuskeln ein. Hier entsendet er eine Reihe Regionaläste und dringt dann in den Papillarmuskel, indem er mehr oder weniger eine parallele Richtung mit der Muskelachse verfolgt (Abb. 19). Gegen die Mitte seines Laufes teilt er sich in ein Bündel feiner Äste, die parallel bis zur Spitze laufen. Nebst dieser Arterie sind auch andere in verschiedener Zahl (2—4), die den benachbarten Kollateralen der rechten Coronaria entspringen. Diese haben dieselben morphologischen Charaktere wie die Arterie des rechten Astes des Hisschen Bündels. Die Blutversorgung des vorderen Papillarmuskels ist also diesen Ästen der beiden Coronarien zu verdanken.

**Hintere Fläche.** Die Region ist dreieckig von folgenden drei Einschnitten begrenzt: einen oberen Schnitt parallel mit dem Sulcus coronarius vom rechten Herzrand bis zum Sulcus longitudinalis posterior (etwas oberhalb der rechten Coronaria); der zweite parallel mit dem Sulcus longitudinalis posterior und ein dritter am rechten Herzrand bis zur Spitze, wo er mit dem vorhergehenden zusammentrifft. Dieses Gebiet ist in der Mehrzahl der Fälle (90%) durch die rechte Coronaria ernährt. Am unteren Teil dieser Fläche ist aber eine kleine Region die der linken Coronaria — Ramus descendens — zu verdanken ist, die, wie wir wissen, in 75% in den Sulcus longitudinalis posterior eintritt. Die intramuskularen Äste haben eine fast senkrechte Richtung auf den Stamm, dem sie entspringen. Diese Äste weisen aber nicht die bedeutende Verteilung der intra-myokardischen Arterien des linken Ventrikels auf.

Die hinteren Papillarmuskeln werden durch die absteigenden Kollateralen der rechten Coronaria ernährt. Sie dringen ein an deren Basis, haben eine parallele Richtung mit der Muskelachse und lösen sich dann in feine parallele Äste auf, die sich der Spitze nähern. Diese Fläche ist also durch beide Coronariae mit Vorherrschen der rechten Coronaria ernährt.

#### Das Vorhofgebiet.

Die Ernährung des Vorhofes ist von der Hauptarterie beherrscht, die wir weitläufig gelegentlich der Beschreibung der Blutversorgung des Keith- und Flack-Knotens beschrieben haben (Hauptarterie

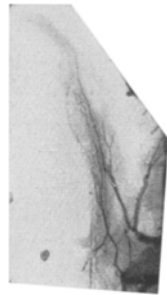


Abb. 19. Blutversorgung des rechten vorderen Papillarmuskels (natürliche Größe).

des Vorhofes, Arteria auricularis ant., Keith- und Flack - Arterie usw.). Wie wir gesehen, weist dieselbe eine große Variabilität auf, was Ursprung und Verteilung anbelangt, so daß die folgende schwierige Beschreibung nur einer Zahl Fälle entsprechen kann.

Die Vorhöfe können auch durch Einschnitte in festbestimmte anatomische Regionen — ihren wesentlichen Wänden entsprechend — fragmentiert werden. Das radiographische Studium dieser Regionen bringt bessere Resultate in der intra-parietalen Bezeichnung dieser Arterien, da die Wände viel dünner als die der Ventrikel sind (Abb. 12).

Rechter Vorhof. Vorderwand. Zeichnet sich aus durch die Gegenwart in den meisten Fällen (siehe Versorgung des Keith- und Flack - Knotens) der Hauptarterie und der Äste, die sich an dem rechten Herzohr verteilen. Aus der Hohlrundung des Hauptstammes entspringen sehr feine Arteriolen, die nicht gut sichtbar sind, allenfalls nur durch Radiographie, und die häufig mit den feinen Ästen eines analogen Stammes der linken Coronaria — der viel kleiner an Umfang ist — anastomosieren. Die für den Knoten bestimmte Arteriole ist gut sichtbar. Die Kollateralen im Innern der Muskulatur sind sehr fein und sehr lang; sie sind biegsam und erscheinen auf der Radioplatte, als wenn sie mit einer spitzen Nadel gezeichnet wären.

Die Versorgung dieser Fläche ist also in der Mehrzahl der Fälle der rechten Coronaria zu verdanken. Wenn die Hauptarterie (Keith-Flack-Art.) der linken Coronaria entspringt, — in den uns bekannten Verhältnissen — erscheint der Stamm dieser Arterie auf der oberen Seite dieser Fläche. In diesem Fall ist die Versorgung beiden Coronarien zu verdanken.

Obere Fläche, zeigt die Äste des Stammes der Hauptarterie. Diesen entspringen Kollaterale, die auf der lateralen und hinteren Fläche des Aurikels absteigen, und sind auch sehr fein und biegsam.

Laterale und hintere Fläche. Zeigt die bekannten absteigenden Äste der rechten Coronaria. Rund um die Öffnung der Vena cava inf. folgen Arterialäste dem Umriß der Öffnung, eine Art Ring bildend. Wie wir durch vorhergehende Beschreibung wissen, endet hier häufig die Hauptarterie. Die anastomotischen Beziehungen, überhaupt wenn die Keith- und Flack-Arterie der linken Coronaria entspringt, werden wir später erörtern.

Diese Flächen sind also — mit obigem Vorbehalt — in Abhängigkeit von der rechten Coronaria.

Linker Vorhof. Vorderwand. Im allgemeinen existiert ein mehr entwickelter Stamm unvergleichlich kleiner als der auf der rechten Seite. Die Arteriolen für das linke Herzohr dringen an seine Basis und richten sich nach der Spitze. Der Vorhofstamm verliert sich in sehr feinen Ästen in der Dicke der Muskelwand. Häufig sind anastomo-

sierende Äste zu bemerken. Im oberen Teil dieser Fläche befindet sich noch eine Arteriole, die eine Kollaterale des rechten Stammes ist. In vorhergehenden Beschreibungen sahen wir diese Arteriole sich von diesem Stamm loslösen, da wo sie ins Septum atriorum dringt, aber die in Frage kommende Kollaterale endet in der Vena pulmonalis sinistra.

Diese Fläche ist also von beiden Coronarien mit Vorherrschen der linken ernährt.

**Obere Fläche.** Enthält Arteriolen, die entweder aus dem Hauptstamm oder aus der rechten Coronaria oder aus verschiedenen absteigenden Lateralen oder linken hinteren Ästen kommen. Sie sind sehr fein, lang, unregelmäßig in der Vorhofswand. Rings in den Öffnungen der Venae pulmonalis bemerkt man ebenfalls solche sehr feine Arterialringe. Diese Fläche ist von beiden Coronarien erwähnt.

**Laterale und hintere Fläche.** Diese sind von absteigenden hinteren und linken lateralen Arteriolen gefurcht, die aus der Coronaria sinistra entspringen.

Septum atriorum ist in den meisten Fällen von der Hauptarterie (Keith- und Flack-Arterie) versorgt, die, nachdem sie in das Septum dringt, einige Äste entsendet. Von demselben Stamme löst sich manchmal an dem Austritt der Coronaria dextra noch eine Arteriole los, die in den unteren Teil des Septums dringt. Nebst diesen vorderen Ästen erhält das Septum auch hintere Äste, die, wie wir gesehen, von der rechten Coronaria abgehen ungefähr im Niveau des oberen Endes des Sulcus longitudinalis posterior. Im intraparietalen Lauf sind die Arterien ebenso fein und biegsam, wie in den anderen Vorhofregionen. Das Septum ist also in den meisten Fällen von der rechten Coronaria ernährt.

### **Anastomosen der Coronararterien.**

Die Frage der Coronaranastomosen, obwohl sie ein bedeutendes, nicht nur anatomisches Interesse bietet, sondern überhaupt mit Hinsicht auf die Pathologie des Herzens, ist noch immer ungeklärt geblieben. Die Frage wurde schon von vielen Autoren mit verschiedenen Methoden studiert, aber zu einem Vergleich ist es noch nicht gekommen. Dagnieff (1897) behauptet, daß in 80% der Fälle keine Anastomosen existieren und daß feine Injektionen nicht von einem Gefäßgebiet in ein anderes dringen können. Spalteholz zeigte durch ein spezielles Verfahren, durch welches er schöne Präparate erzielt hat, daß die Anastomosen in der Tierreihe existieren. Er behauptete, daß die Anastomosen knapp unter dem Epikard und in den oberflächlichen Schichten ein reichliches Netz bilden. Anastomotische Beziehungen seien auch in der Tiefe unter dem Endokard. Langer fand Anastomosen zwischen den Coronariae und den Gefäßen der Luftröhren und des Zwerchfells.

Erst Jamin und Merkel (1907) behaupten auf Grund ihrer radiographischen Untersuchungen, daß im Gegenteil die Arterien sehr selten anastomosieren. Conheim behauptete, daß die Coronarien Endarterien im richtigen Sinne des Wortes sind. In der Tat werden durch Obliteration eines Coronarastes Ernährungsstörungen hervorgerufen in Gestalt von Infarkten oder Nekrosen. Die Thrombose, die überhaupt Kalkeinlagerungen bei Arteriosklerose zu verdanken ist, verursacht das Erscheinen jener Knoten mit rot-gelblichen Flecken.

Die mikroskopische Analyse zeigt eine Nekrose der Muskeln und eine fettige Entartung. Die Knoten verwandeln sich dann in fibröse Gewebe, die durch ihre Gegenwart aber hauptsächlich durch ihre anatomische Lage funktionelle, mehr oder weniger ernste Störungen verursachen können.

Der klinische und dramatische Ausdruck des Kranzarterienverschlusses gibt sich für die Mehrzahl der Autoren durch das Syndrom der Angina pectoris kund.

Diese Tatsachen würden gegen die Anastomosen sprechen. Aus diesen wenigen Worten sieht man wie verwickelt diese Frage ist. Einerseits vom anatomischen Standpunkt geben manche zu, manche leugnen die Existenz der Anastomosen, andererseits vom experimentellen und anatomo-pathologischen Standpunkt aus verhalten sich die Arterien mehr als Endarterien.

Das Studium der Anastomosen umfaßt also folgende Probleme:

- a) Ihre Existenz?
- b) Welches ist die Weite und Größe dieser Anastomosen?
- c) Welches sind ihre normalen und pathologischen Variabilitäten?
- d) Was für eine Rolle würden sie im Falle der Obliteration eines Stammes einer Coronararterie oder eines bedeutenden Astes spielen?

#### Studienmethode.

Eine einfache Schnittuntersuchung mit vorhergehenden Injektionen der Coronarien kann keine Resultate ergeben.

Verfahren durch Corrosion. Ich habe vielfache Versuche mit verschiedenen Mischungen gemacht. Z. B. Wachs 90 g, Kolophonium 30 g, venezianisches Terpentin 30 g, Wallrat 15 g.

Die bei einer wenig hohen Temperatur geschmolzene Mischung wird in die Arterien injiziert. Das Herz wird dann in spezielle Gefäße gelegt und Chlorwasserstoffsäure mit ein Drittel Wasser daraufgegossen. Nach drei Wochen ist die organische Substanz zerstört und übrig bleiben nur die injizierten Gefäße.

Um Injektionen in der Wärme zu vermeiden, die viel schwerer auszuführen sind, gebrauchte ich folgendes Mittel:

Eine Lösung Kolophonium in Schwefelkohlenstoff, die leichter eindringt. Alle diese Verfahren sind aber ohne Resultat für das Herz gewesen. In der Tat ist die organische Substanz zerstört, und indem sie auf den Grund fällt, zieht sie mit sich die feineren Arterialäste, die gerade das größte Interesse darstellen.

### **Radiographische Methode.**

Wir erörtern anderwärts die Technik dieser Injektionen. Das Herz wird mit folgender Mischung injiziert:

Mennig 180—200 g, Calciumcarbonat 10 g, Leinöl 30 g, Schwefelkohlenstoff 120 g. Nach 24 Stunden wird das Herz in topographische festbestimmte Regionen seziiert, das Kohlenstoff verbräunt und die trockene Masse bleibt in den Gefäßen. Selbstverständlich kann das Verhältnis der verschiedenen gebrauchten Substanzen nach Gebrauch variieren. Eine größere Menge Schwefel macht die Mischung flüssiger usw. Wir benutzten auch Lösungen von Gelatine und Mennig, welche sehr gut in die kleineren Gefäße dringen usw.

Sind wohl diese radiographischen Methoden einwandfrei? Wir bringen zwei bedeutendere Einwendungen:

a) Die flüssigen Injektionen dringen in das Capillarsystem, und in diesem Falle ist schwer zu sagen, ob ein anastomosierendes Netz zwischen den Endästen der Coronararterien existiert.

b) Injiziert man das ganze coronarische System auf einem Herz und radiographiert man es, so sehen wir, wie die Arterialäste verschiedener Grundrisse sich übereinanderlegen und das Bild folglich nur unbestimmte nebelhafte Begriffe über die Anastomosen geben.

Bemerkt man im Winter einen kahlen Baum in einiger Entfernung, so hat man den klaren Eindruck, daß seine Äste reichlich anastomosieren; dies ist aber nur ein Wahn, denn seine Äste enden. Sie haben sich aber übereinandergelegt und geben diesen falschen Eindruck. Dasselbe geschieht mit einer Arterie auf der Radioplatte, überhaupt wenn ihre Äste in vielen Ebenen liegen und reich an Kollateralen sind. Deswegen schnitt ich Region mit Region, aber auch diese Weise kann zu falschen Deutungen führen, hauptsächlich wenn die Muskelwand dick und reich bewässert ist.

Trotz dieser Vorbehalte, die wir in Betracht nehmen müssen, kann die Radiographie wertvolle Auskünfte geben.

Die Experimentalmethode, ist, wie wir sehen werden, die beste für das Studium der Anastomosen, was überhaupt ihren Charakter anbetrifft (Größe, Variabilität usw.).

Die Experimentalmethode begreift zweifache Untersuchungen und Versuche:

a) an lebenden Tieren;

b) an aus dem Körper entfernten Tier- und Menschenherzen. Diese wurden mittels einer speziellen Technik mit Hilfe eines künstlichen Coronarkreislaufs unter ganz besonderen Bedingungen ausgeführt.

Diese Untersuchungen begreifen eine gleiche Technik mit jener, die ich in meinen Versuchen für das Experimentalstudium der Pathogenie der Angina pectoris gebrauchte. Ich werde weitläufig in folgendem Kapitel die Resultate darlegen, die ich mit Hilfe dieser Methode mit Hinsicht auf das anastomose System erzielt habe, und vermeide hier eine unnötige Wiederholung derselben.

Ich beschränke mich hier nur auf die radiographischen Resultate.

Anatomie der Anastomosen. Es ist unzweifelhaft, daß die in allen Hinsichten und gemäß obenerwähnter Technik gut ausgeführte Radiographie die Existenz der Anastomosen ans Licht ziehen kann.

Umfang. In der großen Mehrzahl der Fälle sind die Anastomosen feine Gefäße von der Größe der Capillaren, so daß ihre Präparation unmöglich ist. An Ochsenherzen, hauptsächlich im Gebiet der Vorderwand des rechten Ventrikels, konnte ich dennoch bemerken mit freiem Auge, und selbst augenscheinliche Anastomosen dissektieren. Weite Anastomosen, die — nach der alten Anschauung — eine interventriculare oder auriculoventriculare Bucht zwischen den Coronarästen in den betreffenden Furchen bilden, sind eine Ausnahme.

Lage. Nichts ist schwieriger, als deren Genauigkeit anzugeben, da die Coronararterien selbst eine große Variabilität bilden.

Anastomosen im richtigen Sinne des Wortes können nur dort existieren, wo Arterienäste vom entgegengesetzten Ursprung sich einer dem anderen nähern. Deswegen wird uns das Vorstudium der Topographie sehr nützlich in der anastomotischen Lokalisation sein. Es ist unbestreitbar daß eine ausschließlich von einer Arterie versorgte Gegend, wie z. B. die Vorderwand des linken Ventrikels mit ihrem Papillarmuskel keine direkten Beziehungen mit Ästen der rechten Coronaria präsentieren kann, da solche nie in dieser Region existieren. Es gibt aber einige Regionen des Herzens, wo die Anastomosen häufiger und entwickelter sind, so z. B. Septum ventriculorum (s. Abb. 20).

Ich glaube, daß diese die an Anastomosen reichste Herzregion ist. Die Ar. perforantes anteriores, die 8—14 als absteigende Kollaterale der linken Coronare studierten Äste, vereinigen sich durch feine Verbindungen mit der Ar. perforantes posteriores der rechten Coronaria. Diese können manchmal sehr entwickelt sein, überhaupt im oberen Teil des Septums, wo sie stark die Größe der Capillaren überschreiten können.

Vorderwand des rechten Ventrikels (s. Abb. 21).

Die absteigenden Arterien der rechten Coronaria anastomosieren in der Dicke dieser Wand mit den feinen Ästen, die der Ramus descendens

der linken Coronaria entsendet und die, wie wir gesehen, an deren rechter Seite entspringen. Dieses Gebiet kann in drei Zonen geteilt werden: obere, mittlere und untere. In der oberen Zone existieren entwickelte Anastomosen zwischen der Arteria praefundibularis und



Abb. 20. Septum ventriculorum. Reiche Anastomosen zwischen Ästen der R. descendens (Art. cor. sinistra) und Ästen der Arterie cor. dextra (nat. Größe).

einer analogen Arterie des Ramus descendens der linken Coronaria, so daß sich ein weiter anastomotischer Ring bildet. Können sich wohl diese Anastomosen, die normalerweise existieren, dann, wenn eine der Coronararterien entwertet wird, entwickeln?

Galli<sup>1)</sup> zitiert einen Fall, in dem die rechte Coronaria vollständig

<sup>1)</sup> Über anastomotische Zirkulation des Herzens (Münch. med. Wochenschr. 1903).  
Virchows Archiv. Bd. 238.

verstopft war und trotzdem existierte in ihrem Blutversorgungsgebiet keine Läsion: eine Tatsache, die ihm durch seine mikroskopische Untersuchung bewiesen wurde. Er bemerkte aber (s. Abb. 22) im Niveau des Infundibulum eine umfangreiche Anastomose, die die

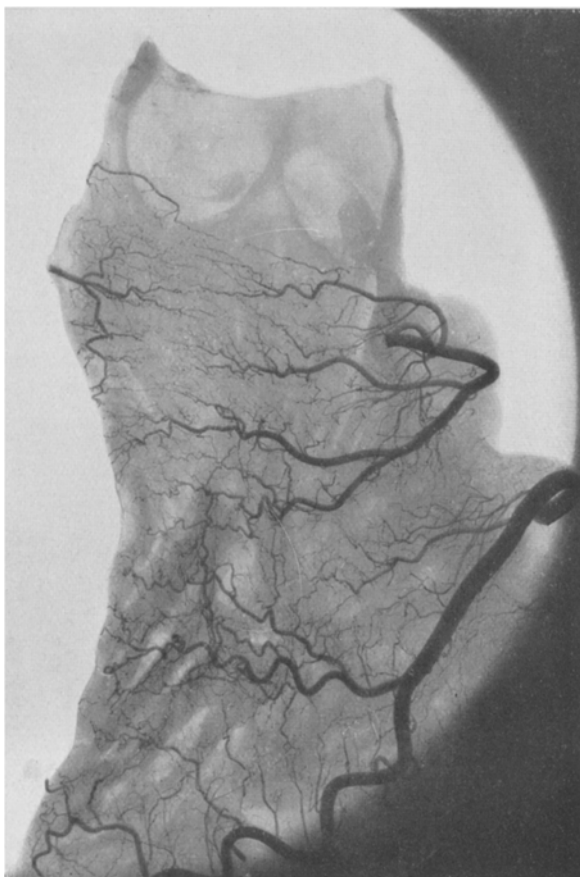


Abb. 21. Vorderfläche des rechten Ventrikels. Reiche Anastomosen zwischen Ästen der beiden Coronararterien (nat. Größe).

rechte Coronaria mit der linken vereinigte. Der Autor erklärt, daß durch diese Anastomose das rechte Herz gesund blieb, obwohl eine Hypertrophie existierte; aber Schwielen waren nicht vorhanden.

Dieser Fall ist sehr belehrend: er beweist, daß sehr wahrscheinlich die träge Entwertung der rechten Coronaria den Anastomosen zwischen der Arteria praeinfundibularis und der analogen Arterie der linken Coronaria Zeit gab, sich zu entwickeln und auf diese Weise einen

vasculären Ersatz zu erzeugen, welcher dem Kranken das Überleben gestattete.

Hintere Fläche des linken Ventrikels und hinterer Teil des Sulcus coronarius.

Man weiß, daß diese Regionen von beiden Coronarien versorgt sind. Häufig sind hier Anastomosen aufzuweisen, da, wo ihre Äste in Beziehung kommen. Öfters bemerkt man im Sulcus coronarius entwickelte Anastomosen zwischen der rechten und linken Coronaria.

Herzspitze. Der Ramus descendens der linken Coronaria umgeht die Herzspitze und endet im Sulcus interventricularis posterior. Die Herzspitzenäste der beiden Coronarien weisen klare Anastomosen auf.

Vorhofgebiet. Aus der Hauptarterie des Vorhofes (Keith-Flack-

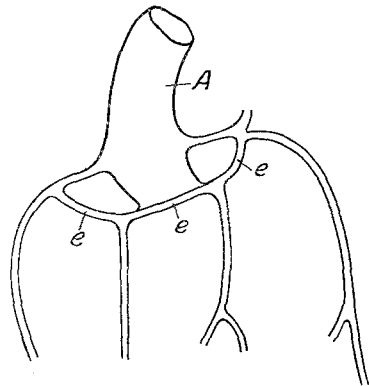


Abb. 22. Nach Gallii<sup>1)</sup>. e = Verbindungs-  
ästchen der beiden Kranzarterien. A = Aorta

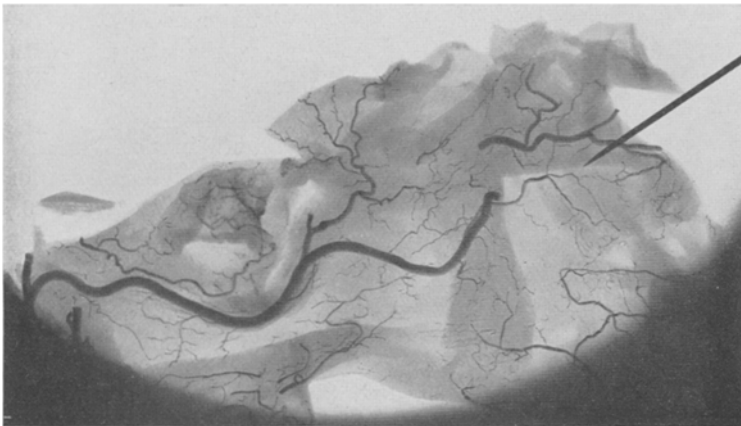


Abb. 23. Feine Anastomosen in der vorderen Fläche der Vorhöfe (nat. Größe).

Arterie) entspringen auf ihrer Vorderwand anastomosierende Äste mit analogen Ästen der linken Coronaria. Diese aber sind fein und relativ von geringer Bedeutung (s. Abb. 23). Anastomosen sind auch rückwärts zwischen den hinteren Auricularästen in der obigen Arterie aufzuweisen.

<sup>1)</sup> Über anastomotische Zirkulation des Herzens. (Münchn. Med. Wochenschr. 1903).

**Papillarmuskelgebiet.** Die Papillarmuskeln des rechten Herzens sind besonders reich an Anastomosen. Der vordere Papillarmuskel erhält seine Blutversorgung von den zwei Arteriae perforantes der linken Coronaria durch die Arterie, die unter dem Namen „Arterie

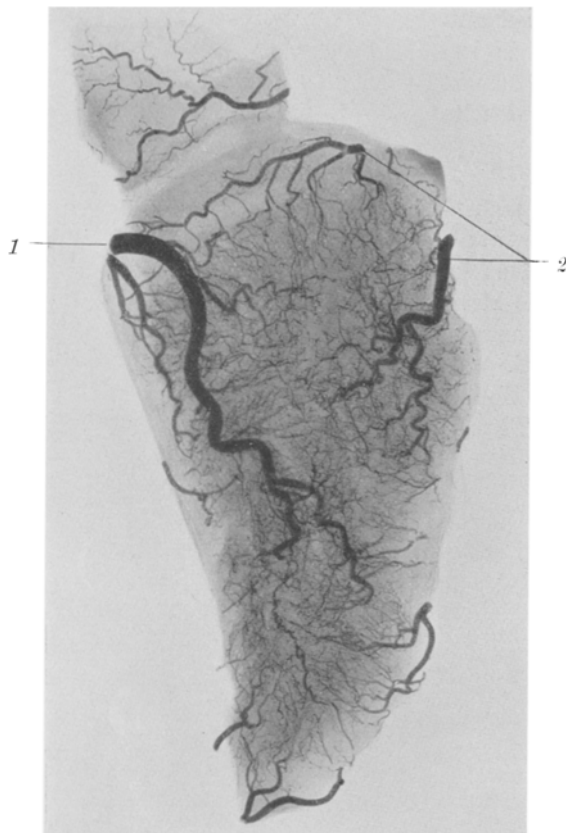


Abb. 24. Hintere Fläche des linken Ventrikels. 1 = Art. coronaria sinistra; 2 = Art. coronaria dextra (nat. Größe).

des rechten Astes des Hisschen Bündels“ beschrieben ist. Einmal an die Basis des Papillarmuskels gelangt, anastomosieren ihre Äste mit Zweigen der rechten Coronaria, sei es mit Ästen letzterer Endarterien oder mit Ästen, die auf der Hinterwand des rechten Ventrikels absteigen.

Der vordere Papillarmuskel des linken Ventrikels hat eine Endarterienversorgung. Es ist übrigens bekannt, daß vom anatomisch-pathologischen Standpunkt aus die Infarkte häufig hier und in der Vorderwand dieses Ventrikels lokalisiert sind. (Abb. 16.)

#### **Experimentaluntersuchungen über die Durchlässigkeit der Coronararterien und Patogenie der Angina pectoris.**

Diese anatomischen und physiologischen Untersuchungen über den Kranz-

schlagader-Kreislauf sind eng verbunden mit dem Studium der Angina pectoris. Aus diesem Grunde werde ich erstens einiges über diese Frage sagen und im folgenden Kapitel die von mir befolgte Methode und ihre Anwendung beim Studium der Entstehung der Angina pectoris schildern, sowie die erzielten Resultate bezüglich des Anastomosensystems der Coronarien und endlich Auskünfte geben über den Kreislauf im Venensystem des Herzens. Trotz der bedeutenden Fortschritte, die in der Herzpathologie erzielt worden sind, blieb die

Frage der Pathogenese der Angina pectoris nichtsdestoweniger ungeklärt.

Nach mehr als ein Jahrhundert dauernden Streitigkeiten, den viele geäußerten Theorien folgten, kann man noch nicht in präziser Weise die Ursache dieser schweren Krankheit nachweisen.

Rougnon (1768) und Heberden gaben die erste Beschreibung dieser Krankheit und isolierten sie von der Gruppe der „Dyspnoeer“. Heberden und später Latahm schrieben die Angina pectoris einem Krampf des Herzens zu, während Barry dieses Syndrom zwischen die Synkopen oder die Kardialparesien stellte.

Von den 80 Pathogenietheorien, die im Laufe der Zeit debattiert wurden, sind zwei am meisten studiert worden: nervöse Theorie und coronarische oder vasculäre Theorie. Erstere wurde von Gindrac (1835), Heine (1873), Lancereaux verteidigt, nach deren Ansicht die Entzündung der Aorta sich den Kardialnerven mitteilt und selbst dem N. phrenicus, wodurch deren Entzündung verursacht wird. Peter versuchte die Schmerzen und Ausstrahlungen in der oberen Extremität, sei es durch nervöse Beziehungen mit den Cervicalästen, sei es durch Überleitung der Reizung auf das Cervicalmark und von dort durch den Cervical- und Brachialplexus in der Achsel und am Arm zu erklären. Andere Autoren (Laënnec, Lartigue, Parrot) behaupteten, daß nicht von einer Nervenentzündung die Rede sei, sondern einer Neuralgie des Kardialplexus. Im allgemeinen aber zählte die nervöse Theorie wenig Anhänger.

Die vasculäre Theorie ist unzweifelhaft die bedeutendste der geäußerten Theorien und herrscht vor. Sie wurde 1843 von Jenner geäußert, später von Barry, Burns, Kreisig und überhaupt von Roder angenommen, welcher behauptete, daß die Sklerose der Coronarien eine Unzulänglichkeit der Herzblutversorgung herbeiführen müsse. Potain (1866) schrieb die Erzeugung der Angina pectoris einem Phänomen analog dem abwechselnden Hinken der Extremitäten zu. Das unzulänglich ernährte Herz erleidet infolge einer Anstrengung oder Aufregung, welche eine größere Menge Blut fordert, einen schmerzhaften Krampf und der Anfall bricht aus (Barrié).

Huchard verteidigte mit großer Energie die Coronartheorie auf der Basis einer Reihenfolge unbestreitbarer Tatsachen. Laut dieser Theorie ist die Ischämie des Myokards die Hauptursache der wirklichen organischen und häufig im ersten Anfall tödlichen Angina pectoris. Die Unzulänglichkeit der Versorgung ist zuzuschreiben:

1. einer Aortitis, die durch Ateromplatten das Lumen der Coronararterien verstopft;
2. dem Vorhandensein eines Thrombus oder eines Embolus in diesen Arterien;

3. der gleichzeitigen Entzündung der Aorta und der Coronarien;
4. Sklerose der Coronarien.

In diesem Fall stellen sie Engen dar, hauptsächlich im Niveau der Kollateralen.

Es ist unmöglich, diese Theorie besser zusammenzufassen als durch die Worte Huchards: „Das Herz unzulänglich ernährt durch mehr oder weniger verengte Gefäße, befindet sich in einem Zustand krankhafter Veranlagung zu Angina pectoris. Auf dieser Basis ereignet sich, was sich auf den unteren Extremitäten ereignet, wenn diese von abwechselndem Hinken betroffen sind. Wenn das Herz nicht aufgeregt ist, erhält es genug Blut zu seiner Versorgung, zu einer regelmäßigen Funktion, und der Kranke leidet nicht; aber es tritt eine Ursache ein, eine Anstrengung, ein schneller Gang, welcher die Bewegung des Herzens beschleunigt, eine Anstrengung von seiten des Herzens erheischt. Das Blut fehlt dem Muskel, den Nerven und wir sehen schwere Zufälle und sehr schmerzhaftes, die im ganzen mit denen des abwechselnden Hinkens der unteren Extremitäten gleich sind.“

Die Ischämie offenbart sich auch an den Kardialnerven, deren Reizung sich den nervösen Zentren mitteilt und von dort in verschiedene sensible Nerven ausstrahlt.

Die coronarische Theorie, auf zahlreichen Autopsien beruhend, strebt zu beweisen:

1. Die Angina pectoris ist immer das Resultat einer Ischämie des Myokards.
2. Diese Ischämie ist in sämtlichen Fällen das Resultat einer organischen oder funktionellen Verengerung der Coronararterien.

Diese Theorie fand die meisten Anhänger. Mackenzie aber schrieb die Pathogenie dieses Leidens der Erschöpfung der Contractilitätsfunktion des Herzens zu, entweder durch coronarische Unzulänglichkeit oder tiefe Läsionen des Myokards hervorgerufen.

Danielopolu in seiner Hypothese über den Mechanismus der Entstehung der Angina pectoris (Journal de Biologie 1915) erklärt die Coronarläsion mit der Unzulänglichkeit der coronarischen Ernährung und zwar hinsichtlich der Funktion des Myokards in einer Einheitszeit.

Die vasculäre Theorie forderte aber eine genaue Kenntnis des Kranzschlagader-Kreislaufs, der sich auf so besondere Weise entwickelt. Aus diesem Grunde ist das physiologische sehr umfassende Studium der experimentellen Anämie, das von so vielen Autoren ausgeführt wurde, in diesem Falle von der größten Bedeutung.

Das Tierherz der Warmblüter fordert als eine unentbehrliche Bedingung seiner Funktion einen normalen Kreislauf des Blutes in den Coronargefäßen. Die Unterbrechung dieses Kreislaufes ruft sogleich

das Stillstehen des Herzens hervor, nachdem es das Phänomen der Fibrillärkontraktionen erzeugt hat.

Von Chirac (1698) an, der als erster die experimentelle Unterbindung beider Coronarien ausgeführt hat bis auf unsere Tage, sind die Resultate dieselben gewesen: Stillstehen des Herzens. Panum bewirkte die experimentelle coronarische Embolie, indem er einem Hund durch den Brachiocephalstamm eine Mischung von Öl und Lykopodpulver injizierte und erhielt gleiche Resultate. Dasselbe ist durch Kompressionen der Coronarien zu bewirken. Die Experimente, die aber ein besonderes Interesse erfordern, sind die durch Unterbindung verschiedener Äste der Arterien. Die schönsten und die methodischsten Untersuchungen sind Porter zu verdanken (1893). Hier seine Schlußfolgerungen: 1. Die Unterbindung der rechten Coronaria ruft das Stillstehen des Herzens hervor in 18%, die des Ramus descendens häufig 50% die des Ramus circumflexus fast konstant 80%.

2. Die Unterbindung der linken Coronaria ergab Stillstand des Herzens 5 mal in 14 Fällen.

3. Die Unterbindung beider Coronarien bewirkt konstant das Aufhören jeder Pulsation.

4. Wenn die Unterbindung der Arterien den Stillstand des Herzens zur Folge hat, so wechselt der Rhythmus.

5. Die Zeit, die zwischen der Unterbindung und dem Stillstand verläuft, variiert zwischen den äußersten Grenzen von 10 Min. und 26 Sek.

6. Mit Ausnahme seltener Fälle stehen die Ventrikel gleichzeitig still. Dieses Stillstehen ist endgültig und es treten die Fibrillärkontraktionen ein. Wooldrige und Tigerstedt behaupteten, daß diese Resultate dem operativen Trauma und der Erkältung des Organismus zuzuschreiben sind.

Porter wiederholt (1896) seine Experimente mittels einer anderen Technik. Indem er bei Hunden ein gebogenes Glasstäbchen in den Brachiocephalstamm einführt, erhält er die Arterienverstopfung und schaltet dadurch die oben erwähnten Einwände aus. Die Ergebnisse waren durchaus dieselben. Levis erhielt durch bemerkenswerte Experimente ähnliche Resultate. Die Unterbindung der linken Coronaria bewirkt in seinen Experimenten das Stillstehen des Herzens mit Ventrikularflimmern.

Dieses Phänomen ist, wie es scheint, auch von zirkulatorischer Beschaffenheit und ist einer lokalen Störung in der Versorgung des Herzens zu verdanken. Die zahlreichen experimentellen Schlußfolgerungen zeigen uns, daß vom physiologischen Standpunkt aus die Coronarien terminal sind, da der Kreislauf sich nicht wiederherstellen kann in den Fällen, wenn die Hauptäste unterbunden sind, und das Herz steht ganz still.

In den Fällen, wo die Unterbindung eines minderbedeutenden Astes nicht das Stillstehen des Herzens bewirkt hat, ist durch zahlreiche Beobachtungen die Bildung von nekrotischen Herden in der entsprechenden Seite des Herzens festgestellt worden. Die histologischen Sektionen zeigten den progressiven Gang der Läsionen, trotzdem ist dieser Infarkt durch Anämie (Weigert) kleiner in Ausdehnung als das Verteilungsgebiet der entsprechenden Arterie.

Nach einigen Stunden bemerkt man die Anfänge der Nekrose; die Muskelfasern zerteilen sich, das Protoplasma wird körnig. Baumgarten, der sehen wollte, in welchem Zeitraum nach der Unterbindung der Arterie die blutarmen Gebiete endgültig ihre Kontraktionseigenschaft verlieren, stellte fest, daß die künstliche Zirkulation nach 9 Stunden unfähig war die Kontraktion in diesen Gebieten hervorzurufen, die nun in Nekrose übergegangen waren.

Alle diese Erwägungen und experimentellen Resultate führen zur Schlußfolgerung, daß, obwohl die Coronarien anatomisch anastomosieren, sie im physiologischen Sinne Endarterien sind.

Einwände gegen die Coronartheorie. Diese Einwendungen sind zahlreich und verschieden gewesen, erörtern werde ich nur zwei, die ich als bedeutende ansehe.

Angina pectoris ohne Kranzschlagaderveränderungen. Diese relativ seltenen Fälle sind nach Huchard einem Coronarkrampf zuzuschreiben und das Ergebnis ist dasselbe: Funktionelle Ischämie des Herzens. Nicotin wäre häufig der Agent provocateur dieses energischen Coronarkrampfes und die Autopsie zeigt bei solchen Individuen die von Angina pectoris Tabaks befallen waren: die Coronarien in kontraktiertem Zustand und blutleer.

Coronarstenose ohne Angina pectoris. Morgagnis, Sénac, Belin usw. Bemerkungen würden diese Fälle, in welchen das Lumen gänzlich verstopft war und trotzdem im Laufe des Lebens keine Anfälle von Angina pectoris existieren, illustrieren. Diese sind unbestreitbare Beispiele eines atheromatösen Zustandes, was Huchard Anlaß gibt zu sagen: „Atherom heißt nicht Dichtigkeit des Gefäßes, aber sie muß existieren, wenn eine Ischämie vorhanden ist und der Anfall erzeugt werden soll.“

Die fundamentale Kritik, aber, die dieser Autor an diesen Fällen übt, gründet sich auf folgenden zwei Erwägungen: 1. ein möglicher Mangel an individueller Beobachtung überhaupt, da von rein subjektiven Phänomenen die Rede ist und folglich eine minder präzise Kenntnis der Präzedenzfälle. 2. In den angedeuteten Beobachtungen erwähnt man nicht den Seitenbahnenkreislauf, nämlich die Dehnung der anderen Äste, die durch ihre Entwicklung bis zu einem gewissen

Grad das zirkularische Defizit zu ersetzen versuchten. Ebenfalls werden die Nebenäste nicht erörtert. Budor schreibt diesen Nebengefäßen eine große Bedeutung zu. Die Angina pectoris wird also nicht erzeugt:

a) Weil das ausgeprägte Atherom, welches die Gefäße in straffe und dicke Röhren verwandelt, sich deren Dehnung anpassen kann. Potain behauptet selbst, daß der kreideartige Zustand der Coronarien und deren Verknöcherung keine Verengerungen erzeugen, sondern im Gegenteil manchmal eine Dehnung.

b) Selbst im Falle von Atherom mit Verschluß einer der Coronarien kann die Versorgung und Funktion des Herzens durch den kollateralen Kreislauf und durch die Vermittlung der Arteria coronaria accessoria gesichert werden. Danielopolus Hypothese, welche, wie wir gesehen, den Begriff der Coronarläsion durch den der Unzulänglichkeit der Ernährung gegenüber einer bestimmten Tätigkeit des Herzens in einer Einheitszeit ersetzt, kann ohne Ausnahme alle Fälle von Angina pectoris erklären. Für Danielopolu sind sowohl die Schmerzen wie auch das Stillstehen des Herzens myokardische Phänomene, von denen erstere das Resultat der Reizung der feinfühligsten Endungen der Nerven des Myokards sind, letzteres ist durch die Lähmung seiner Bewegungsnerven durch die Ermüdungsprodukte des Myokards, welche eine wirkliche Intoxikation des Organs bewirken, hervorgerufen. Es handelt sich also um ein Phänomen von muskularer Ermüdung, analog der Ermüdung der willkürlichen Muskulatur, welche, wie wir wissen, nur das Resultat einer Intoxikation ist mittels der Desintegration; Ergebnisse, die der Kontraktion zu verdanken sind.

Gleich wie für die willkürlichen Muskeln ist die Ermüdung des Myokards durch eine Unzulänglichkeit der Blutversorgung gegenüber der Arbeit der Muskeln und durch einen Mangel an Gleichgewicht zwischen der Tätigkeit des Herzens und des Blutkreislaufes bewirkt. Es ist also verständlich, daß dieser Mangel an Gleichgewicht sich leicht zeigt an einem Herzen mit unzulänglichem Kreislauf, begründet durch Coronarläsionen und zwar bei der geringsten Tätigkeitserhöhung der Triebmuskeln. Ebenfalls ist es nicht ausgeschlossen, daß, wenn diese Tatsache sich übermäßig und auf verlängerte Weise erhöht — selbst bei einem Individuum mit normalen Coronarien das Herz nicht ermüdet und einen Anfall von Angina pectoris erzeugt. Aber dieser Mangel an Gleichgewicht entsteht selbstverständlich viel schwieriger und nur durch eine sehr wesentliche Zunahme der Tätigkeit sowie es übrigens in allen bis jetzt veröffentlichten Fällen der Fall war. Es handelte sich um junge Individuen, die nach einem schnellen Radlauf oder nach einer im Tanz verbrachten Nacht oder einer schnellen Besteigung einer Anhöhe das charakteristische Anzeichen der Angina

pectoris zeigten und zugrunde gingen. Die Autopsie bewies die Unversehrtheit der Coronaren. Es ist leicht verständlich, daß dieser Mangel an Gleichgewicht, der zur Erzeugung eine ungeheure Erhöhung der Herztätigkeit fordert, wenn die Coronarien normal sind, um so leichter zu bewirken ist, je unzulänglicher die coronarische Ernährung wird.

Der intime Mechanismus ist also nach Danielopolu ein Mangel an Gleichgewicht zwischen der Tätigkeit des Herzens und dem coronarischen Kreislauf; der Ort des Phänomens ist das Myokard selbst, wo der Prozeß der Intoxikation die Ermüdung begründet. Wenn wir diese Hypothese annehmen, erklären sich alle Fälle:

1. Fälle mit Coronarläsionen und Angina pectoris erklären sich durch den Mangel an Coronarzirkulation, welche bei jeder Erhöhung der Tätigkeit den Mangel an Gleichgewicht erzeugt.

2. Fälle von Angina pectoris ohne Coronarläsionen durch eine ungeheure und verlängerte Zunahme der Tätigkeit, für welche selbst die normalen Coronarien nicht hinlänglich gut arbeiten. (Verkürzung der Diastole durch starke Beschleunigung des Rhythmus.)

3. Fälle von ausgedehnten Coronarläsionen ohne Angina pectoris. Diese Fälle erklären sich nicht nur durch die Hypothese der Coronarite aber können sehr gut erklärt werden durch die Unzulänglichkeit des Coronarkreislaufes.

In der Tat, es können intime Läsionen der Coronarien existieren, ohne daß der Coronarkreislauf so unzulänglich wird, daß er einen Mangel an Gleichgewicht zwischen der Versorgung des Herzens und seiner Tätigkeit in einer Einheitszeit bewirkt. Genügt die plötzliche Versperrung eines bedeutenden Astes der Coronarien, um ein Stillstehen des Herzens oder einen Infarkt hervorzurufen, so ist das Gegenteil im Falle einer allmählichen Verengung, da dieselbe den Anastomosen Zeit gibt sich zu entwickeln und den genügenden Kreislauf zu versichern. Aus all diesen Erwägungen und überhaupt nach dieser letzten Hypothese können wir uns leicht vorstellen, daß die Untersuchungsmethoden zur Erklärung der Angina pectoris in ihren verschiedenen klinischen Fällen unzulänglich werden. In der Tat die pathologisch-anatomische Methode, welche zur Untersuchungsbasis der Coronarien gedient hat, kann nur sehr beschränkte Auskünfte geben. Auf fatale Weise benutzen wir unser Messer, wenn es an die feineren Äste gelangt und diese bleiben gewöhnlich unerforscht. Außerdem sind die Mehrzahl der Schätzungen dieser Arterien einfache Behauptungen, die keine strenge wissenschaftliche Kritik vertragen.

So sagt man in allen pathologisch-anatomischen Beschreibungen, daß die Adern ihr Kaliber beibehielten oder daß sie ausgedehnt waren, dies aber ist unklar und unbestimmt. Hätte man mit dem Zirkel den Durchmesser der Adern abgemessen und mit dem normalen Durchmesser ver-

glichen, so wäre es noch immer schwer gewesen zu schätzen mit Rücksicht auf die normalen Variationen der Coronararterien, die bedeutend sind, wie es aus unseren anatomischen Studien hervorgeht. In fast allen Fällen herrscht ein Mangel an einer histologischen Untersuchung, die den Zustand der kleineren Arterien in den Kardialmuskel feststellt.

Ritz und Krantz zitieren den Fall eines an Aortitis syphilitica hypertonie des Herzens leidenden Subjekts; bei der Necropsie fand man, daß die Coronarien normal waren, was Anlaß gab zu denken, daß die Hypertension eine bedeutende Rolle in der Erzeugung der Syndroms spielt (Lauder-Brunton).

Ich stellte mir die Frage in diesem Falle, sowie auch in anderen, ob es sich nicht um eine spezifische Endarteritis handelt, die ein zirkulatorisches Defizit hervorrufen würde. Die Läsionen können nur an den Capillaren sein und sind in diesem Falle sehr schwer festzustellen, auf dem ganzen Gebiet des Herzens auch durch eine histologische Untersuchung. Andererseits können die ausgedehnten Läsionen der Coronararterien einem genügenden Kreislauf des Myokards entsprechen, weniger ausgedehnte Läsionen einer ungenügenden Versorgung. Dies hängt, sei es von der Stelle der Läsion, der Coronararterie (rechts oder links) und ihrer Äste, Hauptstamm, Capillaren usw., sei es von der Zeit, die die Läsion zum Erscheinen braucht, ab.

Deswegen ist eine physiologische Untersuchung notwendig. Ebenso wie in der Hypothese Danielopolu, welcher den anatomischen Begriff der Läsionen durch den physiologischen Begriff der Unzulänglichkeit der Blutversorgung ersetzt, müssen wir in unseren Untersuchungen die anatomischen Daten durch eine physiologische Probe ersetzen. Was uns vielmehr interessiert, als die Läsionen der Coronararterien ist zweifellos die Blutversorgungskapazität dieser Arterie. Zu diesem Zweck verfolgten wir nach einer Reihe von über hundert Versuchen an 40 Fällen diese coronarische Blutversorgungskapazität auf experimentelle Weise und suchten gleichzeitig den physiologischen Wert des anastomotischen Systems zu fixieren. Wir haben also folgende beide Koeffizienten festzustellen versucht:

1. den Koeffizient der totalen coronarischen Durchgängigkeit;
2. den Koeffizient der anastomotischen coronarischen Durchgängigkeit.

Prinzipiell beruhte diese Methode auf der Benutzung des coronarischen Kreislaufs, aber in ganz besonderen Umständen.

**Technik.** Das menschliche Herz wird sobald wie möglich nach dem Tode aus der Leiche genommen. Nachdem es gut mit einer Lösung von Citratserum bei 38° gewaschen ist, führt man eine Kanüle in die linke und eine in die rechte Coronararterie und eine dritte in die Öffnung des Sinus coronarius ein.

Die Kanülen der Coronararterien sind in Verbindung durch Kautschukröhren mit einer Y-förmigen Kanüle, welche durch ein anderes langes Rohr in Verbindung mit einem speziellen Rezipienten, Type Mariotte, sich befindet durch welchen, wie wir schon wissen, ein konstanter Druck ausgeübt wird (s. Abb 25).

Diese Glasflasche wird mittels einer Drehscheibe, die an der Wand befestigt ist, hochgehoben in verschiedene Höhen und ermöglicht auf

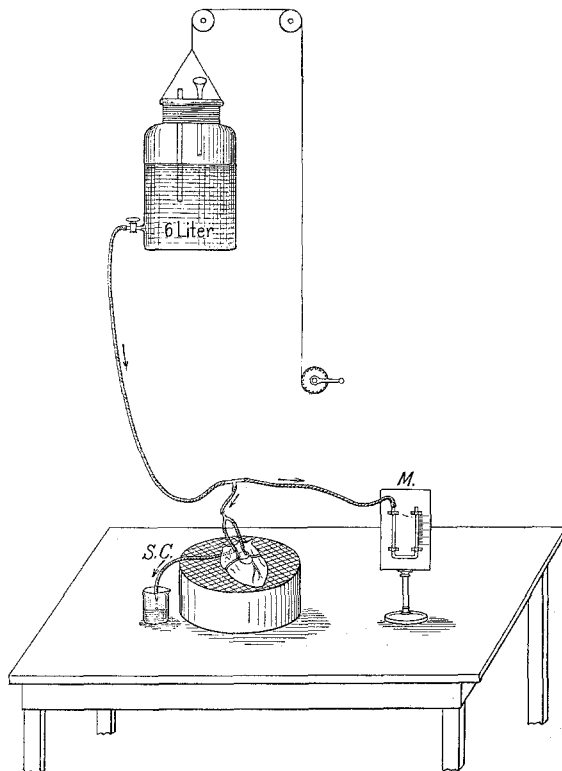


Abb. 25. Experiment über die Durchlässigkeit der Coronararterien und die Feststellung des anastomotischen Koeffizienten ( $\frac{2}{3}$  der nat. Größe).

diese Weise einen beliebig konstanten Druck auszuüben. Das Gummrohr ist gleichzeitig mit einem Manometer verbunden, das den ausgeübten Druck anzeigt. Man gießt nachher in die Mariotte-Flasche eine Citratserumlösung (NaCl 90/00, Citrationsäure 1 g) bei 38° ein und indem man den coronarischen Kreislauf bei einem ziemlich hohen Druck von 11–12 cm Quecksilber herstellt, erzielt man eine tadellose Waschung der Gefäße, so daß nach einem Durchlaufen von 5–6 Liter Serum das Herz keinen Tropfen Blut mehr enthält. Diese Vorsichtsmaßregeln, das Herz sofort nach dem Tode herauszunehmen und den

Kreislauf durch citriertes Serum herzustellen, sind sehr wichtig, weil sie eine vollständige Durchgängigkeit der Blutgefäße sichern.

So behandelt, ist das Herz fertig für unsere Studien. Der Zweck dieser ist, die coronarische Durchgängigkeit festzustellen, das heißt: die Serummenge oder die Menge des defibrinierten Blutes, welche durch die Herzgefäße bei einem bestimmten Druck und in einer gewissen Zeit durchfließt, festzustellen. Es ist klar, daß die Feststellung dieser gemeinsamen Daten von Zeit, Druck und Temperatur, die bei allen Versuchen gleich sein sollen, von großer Bedeutung ist. Nach zahlreichen Untersuchungen sind wir zu folgenden Feststellungen gelangt:

1. Temperatur des Serums  $38^{\circ}$ .
2. Zeit 5 Min.
3. Quecksilbersäule 5 cm.

Ein größerer Druck als 10—12 cm scheint zu groß für diese Versuche und würde auch keinen Nutzen darbieten. Ein kleinerer Druck beseitigt das Bedenken, daß ein Bruch der Capillaren erfolgen könnte, was sonst nicht beobachtet worden ist, bei einem Druck von 10—12 cm! Der künstliche coronarische Kreislauf wird also auf 5 cm Druck hergestellt und man notiert die Serummenge bei  $38^{\circ}$ , die in 5 Min. abläuft. Anstatt Serum ( $\text{NaCl } 90/_{00}$ ) kann man besser defibriniertes Blut benutzen, um sich mehr dem normalen Kreislaufbedingungen zu nähern.

Die Versuche wiederholt man so oft wie möglich in verschiedenen Zeiträumen an demselben Herzen und unter denselben Verhältnissen. Auf diese Weise bemerkt man, daß die Durchgängigkeit der Kranzarterien schätzbare, schnell aufeinanderfolgende Variationen an demselben Herzen aufweist, Variationen, die sich längere oder kürzere Zeit nach dem Tode des Individuums erhalten. Hier ein Beispiel:

Beobachtung 32. Frau M. C. 30 Jahre, Bauchfellentzündung. Das Herz wird 3 Stunden nach dem Tode extrahiert, wird sogleich mit Citrat gewaschen.

Beobachtung 32.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm-Quecksilber	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Debetmenge von Serum durch den Sinus Coronarius	Bemerkungen
5h	$11\frac{1}{2}$	5'	850 cm	50 cm	
5h 5'	$11\frac{3}{4}$	5'	1925 "	92 "	
5h 10'	$11\frac{3}{4}$	5'	1700 "	190 "	
8h	$11\frac{1}{2}$	5'	1424 "	250 "	
24h	$11\frac{1}{2}$	5'	980 "	175 "	
25h	$11\frac{1}{2}$	5'	980 "	175 "	

Diese Untersuchung ist beweisend. Sie beweist daß unter gleichen Untersuchungsverhältnissen die Serummenge, die durch die Coronararterien fließt, von einem Moment zum anderen in den ersten Stunden

nach dem Tode variiert. Die bedeutenden Schwankungen der coronarischen Durchgängigkeit sind höchst wahrscheinlich den aktiven Vaso-dilatations- und Vaso-constrictionsphänomenen, die sich im Herzen nach dem Tode abspielen, zu verdanken.

Diese Tatsache ist nicht überraschend, wenn man sich an Kuliabkos Untersuchungen erinnert, welchem es gelang, die Kontraktionen an einem menschlichen Herzen bis 40 Stunden nach dem Tode hervorzurufen, indem er künstliche Kreisläufe mittels Ringer - Lockes - Lösung und Sauerstoff verwendete.

Frey und Meyer setzten Arterienfragmente in Adrenalin- und Ringer - Lockes - Lösung und zeigten, daß diese in ihren Arterialtonus beeinflußt werden können, indem sie sich verkürzen. Diese Gefäßstreifenmethode von O. Meyer wurde von Langendorff benutzt, welcher bewies, daß die Coronararterien im Gegensatz zu den anderen Arterien, die sich in Adrenalin und Ringer - Lockes - Lösung verkürzen, verlängern.

Unsere Untersuchungen zeigten aber, daß diese Arterialphänomene sich nicht lange im Menschenherzen zeigen. So bemerkt man, daß nach wenigstens 20 und höchstens 48 Stunden die coronarische Totalmenge fast konstant eintritt. Hierunter eine Reihe genauer Bemerkungen.

Beobachtung 34. Die Frau M. M., 33 Jahre. Pathologisch-anatomisches Diagnostikum: Puerperale Infektion. Gangraena pulmonaris. Nephritis. Myokarditis. Das Herz wird 14 Stunden nach dem Tode extrahiert und wird mit 6 Liter Serumcitrat gewaschen.

Beobachtung 34.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm Hg.	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Bemerkungen
23 <sup>h</sup>	5	5'	250 cm	Das Herz wird während der Experimente in Serum konserviert bei 15° Temperatur.
23 <sup>h</sup> 10'	5	5'	250 „	
23 <sup>h</sup> 15'	5	5'	250 „	
24 <sup>h</sup>	5	5'	150 „	
24 <sup>h</sup> 10'	5	5'	180 „	
39 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
39 <sup>h</sup> 5'	5	5'	225 „	
41 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
41 <sup>h</sup> 5'	5	5'	225 „	
43 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
46 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
47 <sup>h</sup>	5	5'	220 „	
47 <sup>h</sup> 25'	5	5'	225 „	
66 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
70 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
86 <sup>h</sup> 10'	5	5'	225 „	
89 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
89 <sup>h</sup> 10'	5	5'	225 „	

Schlußfolgerung: Zwischen 39 und 89 Stunden 10 Min. erhielt sich die totale Durchgängigkeit auf 225 ccm.

Beobachtung 35. Die Frau F. M., pathologisch-anatomisches Diagnostikum: Puerperale Infektion. Dilatation des rechten Herzens. Das Herz wird 10 Stunden nach dem Tode extrahiert und wird mit 8 Liter Serum gewaschen.

Beobachtung 35.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm Hg	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Bemerkungen
40 <sup>h</sup>	5	5'	800 cm	Das Herz wird während der Experimente in einer Temperatur von 0° konserviert.
40 <sup>h</sup> 5'	5	5'	800 „	
41 <sup>h</sup>	5	5'	750 „	
41 <sup>h</sup> 5'	5	5'	800 „	
41 <sup>h</sup> 10'	5	5'	760 „	
58 <sup>h</sup>	5	5'	750 „	
60 <sup>h</sup>	5	5'	700 „	
60 <sup>h</sup> 5'	5	5'	700 „	
50 <sup>h</sup> 15'	5	5'	700 „	
70 <sup>h</sup>	5	5'	700 „	

Schlußfolgerung: Zwischen 40 und 70 Stunden erhielt sich die totale Durchgängigkeit von 700—800 ccm.

Beobachtung 36. Die Frau A. C., Diagnose: Akute Bauchfellentzündung. Das Herz wird erst 20 Stunden nach dem Tode gewaschen.

Beobachtung 36.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm Hg.	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Bemerkungen
44 <sup>h</sup>	5	5'	500 cm	Das Herz wird während der Experimente in einer Temperatur von 0° konserviert.
44 <sup>h</sup> 5'	5	5'	500 „	
44 <sup>h</sup> 15'	5	5'	500 „	
44 <sup>h</sup> 20'	5	5'	500 „	
63 <sup>h</sup>	6	5'	500 „	
63 <sup>h</sup> 5'	5,4	5'	600 „	
63 <sup>h</sup> 15'	5,4	5'	600 „	
63 <sup>h</sup> 25'	5,4	5'	500 „	
63 <sup>h</sup> 30'	5,4	5'	500 „	
63 <sup>h</sup> 45'	5,4	5'	520 „	

Schlußfolgerung: Zwischen 44 und 63 Stunden 45 Min., nach dem letzten Experiment, war die totale Durchgängigkeit 500 bis 600 ccm und der Druck war mindestens 5 und 6 cm Hg.

Beobachtung 37. R. I., 60 Jahre, pathologisch-anatomische Diagnose: Aortitis, weite Sklerose der Coronararterien. Das Herz wird 15 Stunden nach dem Tode extrahiert und wird mit 8 Liter Serumcitrat gewaschen.

## Beobachtung 37.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm Hg.	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Bemerkungen
21 <sup>h</sup>	5	5'	400 cm	Das Herz wird während der Experimente in Serum bei 15° konserviert.
21 <sup>h</sup> 10'	5	5'	400 „	
37 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
39 <sup>h</sup>	5	5'	235 „	
39 <sup>h</sup> 5'	5	5'	235 „	
42 <sup>h</sup> 1/2'	5	5'	225 „	
42 <sup>h</sup> 40'	5	5'	225 „	
58 <sup>h</sup> 30'	5	5'	225 „	
58 <sup>h</sup> 35'	5	5'	225 „	
61 <sup>h</sup>	5	5'	225 „	
61 <sup>h</sup> 10'	5	5'	225 „	
79 <sup>h</sup> 15'	5	5'	225 „	
82 <sup>h</sup> 15'	5	5'	235 „	

Schlußfolgerung: In der Zwischenzeit von 37 Stunden und 82 Stunden 15 Min. war die totale Durchgängigkeit der Kranzarterien zwischen 225 und 235 cm.

Man sieht also, daß nach einiger Zeit sich ein konstanter „Debit“ einstellt, welcher für uns die experimentelle coronarische Durchdringlichkeit darstellt. Nehmen wir jetzt an, daß eine Arterie in ihrem Hauptlauf verstopft ist, so ist es zweifellos, daß das Quantum Serum, was durchdringen wird, viel geringer sein wird. Nehmen wir an, daß ein pathologischer Prozeß die kleinen feinen Äste, die unserem makroskopischen und auch mikroskopischen Untersuchungen entgehen, obliterieren, so wird das Resultat dasselbe sein. Weite und gedehnte Arterien lassen ein großes Quantum Serum durchdringen, während Arterien, die durch verschiedene pathologische Prozesse verengt sind, ein viel geringeres Quantum durchdringen lassen. Unsere Untersuchungen hatten also als Zweck, durch zahlreiche Untersuchungen an normalen Herzen die Folgerung zu ziehen, was für ein Quantum Serum, oder besser gesagt, von fibrinlosem Blut unter den obenerwähnten experimentellen Umständen durchdringt. Gegenwärtig können wir dies nicht genau angeben, da dazu eine große Zahl normaler Herzen beansprucht wird, die uns fehlen. Es ist aber selbstverständlich, daß, wenn einmal diese normale Ziffer festgestellt ist, dieselbe leicht den erlangten experimentellen Resultaten an pathologischen, von Angina pectoris oder andere Kardialleiden ergriffenen Herzen gegenüber gestellt werden kann, und die nötigen Schlußfolgerungen gezogen.

Auf diese Weise kann man feststellen, ob wirklich die Arteriosklerose eine Verminderung des zirkulatorischen Debits hervorruft, eine eigentliche Ischämie, und folglich, ob die vasculäre Theorie die richtige ist.

Durch unsere Versuche folgern wir den Grundsatz dieser Methode, welche ein weites Untersuchungsfeld öffnet. Um aber zu sehen, welches die Abänderungen der coronarischen Durchgängigkeit in Fällen von Arterialobliterationen sind, sind wir experimentell auf folgende Weise verfahren:

Zuerst wird die totale Durchgängigkeit festgestellt. Dann wiederholt man das Experiment unter gleichen Umständen, bindet aber eine der Coronararterien ab und notiert das Serumdebit, welches abläuft. Z. B.:

Beobachtung 17: S. P., 25 Jahre, Tuberculosis pulmonum.

1. Experiment. Totale Durchgängigkeit 520 ccm. Beide Coronararterien in Verbindung mit dem Rezipienten unter den gewöhnlichen Bedingungen der Experimente.

2. Experiment: Abbinden der linken Coronararterie (in Wirklichkeit wird auf einfachere Weise eine hämostatische Pinzette an der Gummiröhre der linken Coronarie angebracht). Der Kreislauf geschieht um die rechte Coronararterie.

Serumdebit durch die rechte Coronaria auf Druck 5 cm Hg. = 160 cm. Zeit 5 Min. Temp. 38°.

Vorher war die totale Durchgängigkeit 520 ccm, die Unterdrückung der linken Coronararterie rief eine Verminderung des Debits hervor auf 160 cm.

3. Experiment. Das Experiment wird auf gleiche Weise ausgeführt. Die Pinzette wird von der Röhre der linken Coronaria losgemacht, und man klemmt mit derselben die Röhre der rechten Coronaria ab. Der Kreislauf geschieht nur durch die linke Coronararterie.

Serumdebit durch die linke Coronaria auf Druck 5 cm Hg. = 320 ccm. Zeit 5 Min. Temp. 38°

In diesem Falle fiel die totale Durchgängigkeit auf 320 ccm. Zeigen diese Untersuchungen wohl nicht, daß an diesem Herzen die linke Coronararterie für den Kreislauf bedeutender war, da ihre Ausschaltung ein Fallen der Menge Debit von 520 auf 160 aufweist, während die Unterdrückung der rechten Coronararterien das Debit nur auf 320 vermindert hat?

In der Mehrzahl der Fälle zeigen die Untersuchungen an verschiedenen Herzen, daß die linke Coronaria bedeutender für den Kreislauf ist; diese Tatsache steht vollständig im Einklang mit den anatomischen Resultaten, mit den anatomisch-pathologischen und klinischen Beobachtungen und mit den experimentellen Untersuchungen an lebenden Tieren. Diese Resultate wurden nur an vollständig normalen Herzen erzielt. Eine Dehnung des rechten Herzens, die sehr häufig erscheint, ruft sogleich eine Veränderung der Menge Debits zugunsten der rechten Coronararterie hervor. Die Experimente können für die

Kollateralen mit derselben Technik ausgeführt werden. Wir stellen den Kreislauf nur in einer bedeutenden Kollaterale fest (z. B. des Ramus circumflexus, rechten Descendens) und notieren die abgelaufene Menge, welche wir beziehen auf die Totaldurchgängigkeit.

Es ist offenbar, daß diese totale Durchgängigkeit in Beziehung mit der Herzschwere ist, was wir im Auge behalten müssen. So erfordert ein hypertrophisches Herz ein größeres Quantum Blut in der Einheitszeit als ein normales Herz und umgekehrt.

Wir hatten die Gelegenheit, das Herz eines Individuums zu studieren, das an einer Aortitis gelitten hatte, Aorteninsuffizienz und Phänomene von Angina pectoris. Das Herz war ungeheuer hypertrophiert. Die Aorta zeigte große Atheromplatten mit Kalkdepots. Die Coronararterien waren geschlängelt und verhärtet, trotzdem gänzlich durchgängig. Bei der Sektion zeigte das rechte Herz eine Hypertrophie von 7 mm und der linke Ventrikel von 2 cm! In diesem Falle war die totale Durchgängigkeit geringer als bei den normalen Herzen, aber das Defizit war viel größer, wenn wir in Betracht ziehen, daß dieses Herz 600 g wog.

Infolgedessen muß man bei der Feststellung der Durchgängigkeit der Kranzarterien an pathologischen Herzen sicherlich dieses Moment berücksichtigen und die nötigen Schlußfolgerungen ziehen:

Schlußfolgerung: 1. Die pathologisch-anatomischen Läsionen der Coronararterien sind in vielen Fällen ungenügend, um die Existenz oder den Mangel der Angina pectoris im Laufe des Lebens zu erklären. So kann man finden: a) gänzliche Obliteration des coronarischen Stammes oder selbst der linken Coronararterie ohne Angina pectoris im Laufe des Lebens. Andererseits weiß man schon, daß die experimentelle Abbindung der linken Coronaria in vielen Fällen eine Unterbrechung der Herztätigkeit erzeugt. Diese Fälle könnten nur durch die Entwicklung der Anastomosen erklärt werden, was aber bis jetzt noch unklar geblieben ist.

b) Fälle von Angina pectoris, in welchen die Coronararterien bei der anatomisch-pathologischen Untersuchung normal gefunden worden sind. Die Läsionen konnten aber an den Capillaren sein, was sehr schwer festzustellen ist auf der ganzen Fläche des Herzens, selbst durch eine histologische Untersuchung. Diese Betrachtungen führten uns nebst der Feststellung der pathologisch-anatomischen Tatsachen zur Aufstellung des Begriffes der totalen coronarischen Durchgängigkeit.

2. In den ersten 24—48 Stunden nach dem Tode (und selbst mehr) zeigt diese Durchgängigkeit Verschiedenheiten, die durch die vasomotorischen Phänomene, die sich im Herzen erhalten, verursacht werden.

Nach dieser Zwischenzeit kann man eine konstante Durchgängigkeit festsetzen unter der Bedingung, daß man dieselbe Technik befolgt.

3. Die Festsetzung der Ziffer der normalen Durchgängigkeit, welche im Laufe der Untersuchung vorhanden ist — und ihre Gegenüberstellung mit den erzielten Resultaten an pathologischen Herzen, überhaupt an solchen, die von Kranken mit Angina pectoris stammen, wird von großem Nutzen sein, um die Pathogenese dieser Krankheit zu erklären, welche von diesem Standpunkt aus auf experimentelle Weise studiert werden kann.

**Die durch diese Methode erzielten Resultate an dem anastomotischen coronarischen System.**

Die Idee, die Zirkulationsmethode zu verwenden, um zu sehen, ob einige Arterien anastomotisch sind oder nicht, habe ich seit Jahren gehabt, während ich an den renalen Arterien arbeitete. Es sind allgemein bekannt die langen Diskussionen, die man gehabt hat, und die Untersuchungen über diese Arterie, um herauszubekommen, ob dieselben anastomotisch sind: Die klassische Beschreibung war, daß die renalen Arterien, nachdem sie in das renale Parenchym gedrungen, sich in feinere Zweige verästeln, so daß jede Malpighi-Pyramide 4—5 peri-pyramidale Arterien bekommt, die wirkliche lobare Arterien sind. An der Basis der Pyramide neigen sie sich und bilden eine Art anastomotische-überpyramidale Wölbung, die senkrecht zur Pyramidenachse steht. Aus dieser Wölbung entstehen verschiedene Zweige nach dem Nierengewebe. Diese typische Beschreibung wurde von verschiedenen Autoren geändert. Hyrtl (1877) behauptete, daß die Arterien terminale sind, auf Grund von Untersuchungen durch Korrosion. Schmerber (1897) behauptete dasselbe. Endlich Max Brödel (1900) und die hinterher unternommenen Untersuchungen von Gérard und Dieulafé (1902) mittels Radiographie, zeigten, daß zwischen den renalen Arterien keine weiteren Verbindungen bestehen.

Um herauszubekommen, ob die Arterien terminal sind oder nicht, habe ich folgende Untersuchungen unternommen: Die Niere wurde dem Organismus sofort nach dem Tode entzogen. Man setzt nachher im Stamme der Nierenarterie eine Kanüle hinein, die in Verbindung steht durch ein Rohr mit einem Rezipienten, welcher mit Serum von 38° gefüllt ist. Man läßt das Experimentierserum laufen so lange, bis es keine Spur von Blut mehr enthält. Man isoliert dann die Hauptnierenarterie (s. Abb. 26) und schneidet sie durch nahe der Eintrittsstelle. Man unterbindet sodann das zentrale Ende und setzt in das peripherische Ende eine Kanüle. Der Kreislauf wird alsdann von neuem hergestellt. Es geht hervor, daß, wenn zwischen den Nierenarterien, sei es noch so wenig, Anastomosen bestehen würden, die Flüssigkeit nicht nur

durch die Nierenvenen, sondern auch durch das Ende der durchgeschnittenen Arterie (Kanüle) herausfließen müßte.

Die experimentelle Untersuchung hat aber gezeigt, daß durch dieses Ende gar kein Tropfen Serum durchfließt, woraus man mit Bestimm-

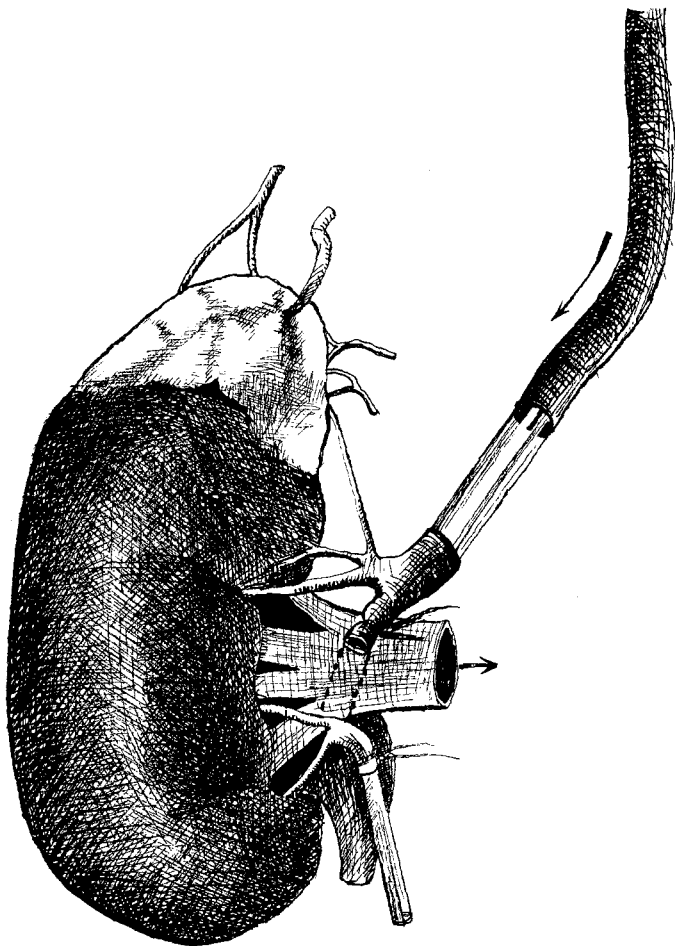


Abb. 26.

heit schließen kann, daß tatsächlich die Nierenarterien Endarterie sind, was sonst auch in Übereinstimmung mit den pathologisch-anatomischen Ergebnissen steht, wenn eine Arterie oder Renalarterie verlegt ist.

Diese so einfache Methode habe ich verwendet auch für andere Organe und insbesondere für die Coronararterien.

\*

\*

\*

Im vorstehenden Kapitel haben wir die Theorie für die Feststellung der coronarischen Durchgängigkeit gesehen, so daß wir nicht mehr darüber zu sprechen brauchen.

Nachdem man aber diese konstante Permeabilität festgestellt hat, macht man folgende beiden Experimente a und b, woraus man genaue Informationen über die Anastomosen des Herzens entnehmen kann.

**Experiment a:** Man setzt nur die linke Coronaria in Verbindung mit dem Rezipienten. Die Kanüle aus der rechten Coronaria wird mittels eines kleineren Rohres mit einem Sammelgefäß verbunden. Man stellt den Kreislauf hier unter gemeinsamen Zeit-, Druck- und Temperaturverhältnissen dar, aber nur durch die linke Coronaria. Es wird dann beobachtet, daß sofort durch die rechte Coronaria und ihre Kanüle Serum fließen wird. Es ist deutlich, daß:

1. das Serum nur durch das coronarisch-anastomotische System hat fließen können, was dessen Existenz nachprüft;
2. das dadurch am Ende des Experiments gesammelte Serum den Entwicklungsgrad dieser Anastomosen zeigt. Ein hoher Entwicklungsgrad wird eine größere Menge Serum durchfließen lassen als ein geringerer.

Indem man diese Ergebnisse benutzt, kann man einen anastomotischen Koeffizienten wie folgt feststellen: Die gesammelte Serummenge wird durch das Herzgewicht dividiert und so bekommt man eine Zahl, die den Entwicklungsgrad dieses Systems angibt. Diese so einfach zu bekommende Zahl zeigt nicht nur die Anwesenheit der Anastomosen, sondern auch die normalen und pathologischen Variationen bei dem menschlichen Herzen.

**Experiment b:** Das umgekehrte Verfahren wird angewendet. Die rechte Coronaria wird in Verbindung mit dem Rezipienten gesetzt und man sammelt in einem Gefäß das aus der entgegengesetzten Coronaria fließende Serum. Die Serummenge wird durch das Herzgewicht dividiert, und man bekommt alsdann den anastomotischen Koeffizienten der rechten Coronaria.

Eine Bemerkung für beide Experimente:

Beobachtung 15. Das Herz normal. Die totale Permeabilität 520 ccm.

$$\text{Gemeinsame Daten} \left\{ \begin{array}{l} \text{Druck 5 cm Hg.} \\ \text{Zeit 5 Min.} \\ \text{Temp. 38.} \end{array} \right.$$

Gewicht des Herzens 270 g.

**Experiment a:** Die linke Coronaria in Verbindung mit dem Rezipienten. Geliefert durch die rechte Coronaria 60 ccm. Der anastomotische Koeffizient der linken Coronaria =  $\frac{60}{270} = 0,22$ .

Die rechte Coronaria in Verbindung mit dem Rezipienten. Geliefert durch die linke Coronaria 40 ccm. Der anastomotische Koeffizient der rechten Coronaria  $= \frac{40}{270} = 0,20$ .

Dieser Koeffizient ist das Bild des Zustandes, in welchem sich diese Anastomosen befinden. Aus einer großen Anzahl von Experimenten an normalen Herzen kann man leicht schließen, welches der normale Koeffizient ist, und welcher festzustellen ist durch die Untersuchungen, die ich unternehme. Man kann doch sagen, daß die Anastomosen konstant sind, und daß sie manchmal schätzbare Variationen aufweisen. Der linke anastomotische Koeffizient ist gewöhnlich größer als der rechte, und dies ist zurückzuführen auf die Tatsache, daß die linke Coronaria mehr entwickelt ist als die rechte und unter denselben Zeit-, Druck- und Temperaturverhältnissen eine größere Menge Serum durchfließen läßt, was einen größeren Koeffizienten ergibt. Selbstverständlich ist dieser Koeffizient ein wissenschaftliches Mittel, die Anastomosis zu beurteilen, und die Behauptung, daß dieselben sich im Falle der Obliteration eines Coronarstammes entwickeln, bekommt also ein genaues Mittel zum Studium.

Vor über einem Jahr habe ich zusammen mit Hamat unternommen, diesen Koeffizienten an lebenden Tieren zu bestimmen und speziell an Hunden. Dieselben wurden mit Chloroform eingeschläfert und dann der Brustkasten geöffnet. Nach der vorsichtigen Enthüllung einer Coronararterie durchschnitt man dieselbe und schaute nach, was an beiden Enden geschieht. Unsere Absicht war die, in einer bestimmten Zeit durch das Außenende fließende Blutmenge zu sammeln und dieselbe durch das Herzgewicht zu dividieren und den entsprechenden Koeffizienten heraus zu bekommen. So hat man oft beobachtet, wie das Blut rhythmisch kam durch das Außenende, was die Anwesenheit der Anastomosen aufweist; aber die Feststellung eines Koeffizienten unter solchen Verhältnissen war sehr schwierig, weil in unseren Fällen das Herz sofort nach dem Durchschneiden der Arterien aufgehört hat zu schlagen.

Die Technik, die ich bezüglich des menschlichen Herzens beschrieben habe, kann gleichartig am Tierherzen verwendet werden, da sie einfacher und präziser ist, und da durch das Erlangen des Koeffizienten ein Vergleichsausdruck erzielt wird. Gegenwärtig ist es noch unbekannt, ob die Anastomosen bei einigen Spezies entwickelter sind als bei den anderen. Diese Sachlage ist aber bei weitem nicht uninteressant, da für die Untersuchungen der Coronararterie solch ein Tier gewählt werden muß, dessen anastomotisches System sich am meisten dem menschlichen Herzen nähert oder demselben gleich ist, welches nur

durch das Erlangen dieses Koeffizienten erreicht werden kann. Demgemäß glaubt Michaeli auf Grund einiger Untersuchungen, daß die Coronararterien beim Hunde sehr stark anastomosieren, während sie beim Hasen fast Endarterien bilden.

Meine experimentellen Untersuchungen zeigten Differenzen, aber die Zahl unserer Forschungen ist viel zu klein, um dieses genau zu bestimmen.

Ich glaube, daß dieser Grund C. Hirsch veranlaßte, die Coronararterien auf mannigfaltige Weise an Affenherzen abzubilden, da er dachte, daß diese sich hinsichtlich der Anastomosen mehr dem menschlichen Herzen näherten. Man weiß, daß er, indem er selbst die linke Coronararterie abband, nie als Resultat das Aufhören der Herztätigkeit aufgewiesen hat, eine Sache, die ausdrücklich im Widerspruch mit allen anderen bekannten experimentellen Untersuchungen ist. Seine Tiere lebten weiter, ohne jedwelche Störungen; sie wurden aber nach 3—4 Wochen getötet, um auf histologische Weise die Wirkungen der Abbindungen festzustellen. Es wurden auf diese Weise Läsionen nachgewiesen, die weniger ausgedehnt waren als das entsprechende Versorgungsgebiet der abgebundenen Arterie. Es geht daraus unzweifelhaft hervor, daß es von unbedingter Notwendigkeit ist, das anastomotische System des Tierherzens, welches zur Untersuchungen bestimmt ist, besser zu kennen, im Vergleich mit dem menschlichen Herzen.

### Schlußfolgerungen.

1. Indem man also die aufgestellte Technik verfolgt und nur eine der Coronararterien mit dem Rezipienten in Verbindung setzt und das Serum, welches durch die entgegengesetzte Coronararterie fließt, aufhängt, wird eine anastomotische Durchgängigkeit erzielt, die sehr deutlich und konstant ist.

Das Quantum Serum, das durch die Anastomosen gedrungen ist, wird mit dem Gewicht des Herzens dividiert und ein anastomotischer Koeffizient für jede Arterie festgesetzt. Der linke Koeffizient ist häufig größer als der rechte am normalen Herzen.

2. Der anastomotische Koeffizient ist das einzige Mittel zum Beweise der normalen und selbst der pathologischen Variationen, die das anastomotische System darstellen kann.

3. Es kann in denselben Verhältnissen an Tierherzen erforscht werden und ist in direkter Beziehung mit deren Entwicklungsgrad.

### Kreislauf im Venensystem des Herzens.

Der Sinus coronarius, die der Hauptsammler der Kardialvenen ist, öffnet sich im rechten Herzohr.

In dieses münden:

1. Vena magna cordis;
2. die Vena obliqua Marschali;
3. der Truncus communis der Vena cordis dextra und der Vena interventricularis posterior.

Um mir gut die Bedeutung dieses großen Gefäßes im venösen Kreislauf darzustellen, verwendete ich in allen meinen experimentellen Untersuchungen eine Kanüle mit einem kleinen Sammelrohr, stellte nachher auf gewöhnliche experimentelle Weise den coronarischen Kreislauf fest und sammelte das Quantum Flüssigkeit, das durch die Vena abließ. Beispiel:

Beobachtung 33. Die Frau Ms., 35 Jahre. Diagnose Septikämie, Herz normal; wurde 3 Stunden nach dem Tode extrahiert und nach 4 $\frac{1}{2}$  Stunden mit Serum (38°) gewaschen.

Beobachtung 33.

Wie lange nach dem Tode wurde das Experiment ausgeführt?	Druck in cm Hg.	Zeit	Totale Durchgängigkeit	Debitmenge von Serum durch den Sinus coronarius	Bemerkungen
6 <sup>h</sup>	11 $\frac{1}{2}$	5'	1000 cm	115 cm	Das Herz wurde während der Experimente bei 0° konserviert.
7 <sup>h</sup> 5'	11 $\frac{3}{4}$	5'	1150 „	125 „	
21 <sup>h</sup> $\frac{1}{2}$ '	11 $\frac{3}{4}$	5'	750 „	30 „	
21 <sup>h</sup> 40'	11 $\frac{3}{4}$	5'	750 „	25 „	
21 <sup>h</sup> 55'	11 $\frac{1}{2}$	5'	650 „	25 „	
23 <sup>h</sup>	11 $\frac{1}{2}$	5'	650 „	20 „	
24 <sup>h</sup>	12	5'	750 „	30 „	
24 <sup>h</sup> 35'	12	5'	650 „	25 „	
27 <sup>h</sup>	12	5'	650 „	25 „	
27 <sup>h</sup> 10'	12	5'	650 „	30 „	
27 <sup>h</sup> 15'	12	5'	650 „	30 „	

Schlußfolgerung: Die totale Durchgängigkeit blieb zwischen 20 $\frac{1}{2}$  und 27 Stunden 15 Min. auf 650—750 ccm und die Coronarvene zwischen 25 und 30 ccm. Der Druck war zwischen 11 $\frac{1}{2}$  und 12 cm Ag.

Das venöse Debit war kaum der 25. Teil vom totalen abgeflossenen Debit. Man sieht also, daß der größte Teil auf anderen Wegen abfließt als durch die große Coronarvene.

Diese Tatsache wurde ausnahmslos in allen Untersuchungen festgestellt. Das Serum läuft, wie leicht festgestellt werden kann, durch die Herzhöhlen. Hier die bekannten anatomischen Wege:

1. Die Venae parvae cordis, die sich direkt im rechten Vorhof öffnen. Die bedeutendste ist die Vena Galeni, die vom rechten Herzrand kommt. Parallel mit ihr sind zwei—3 Äste, die sich auf gleiche Weise öffnen.

2. Venae Thebesii. Diese wurden vom Vieussens, Thebesius, Winslow usw. beschrieben. Sie öffnen sich durch Orifizien, die Foramina Thebesii genannt werden, nämlich im: a) rechten Vorhof,

wo sie sehr zahlreich sind; b) linken Vorhof, wo sie (1864) von Boeckdalek entdeckt wurden, und die auf der Vorhofwand zerstreut sind; c) in beiden Ventrikeln von Langer 1880 beobachtet. Diese befinden sich besonders an der Basis der Papillarmuskeln und rechterseits in der Nähe des Conus an der Herzspitze und in anderen verschiedenen Regionen.

Die Venae Thebesii sind von einem sehr kleinen Kaliber und kommen direkt von den Capillargeweben des Myokards und des Endokards und öffnen sich: einige nach außen in den kleinen oberflächlichen Venen, andere direkt in den Höhlen.

Das System dieser Gefäße würde demonstrieren, daß das Tierherz der Warmblüter hinsichtlich der Blutversorgung große Ähnlichkeiten mit dem Froschherzen hat.

In der Tat, das Froschherz ist ein vascularer Schwamm (Ranvier), während die parietalen Vascuolen die Hämatose sichern. Die Versorgung geschieht durch einfache Inbibition in ihrem Niveau. Nach Martin enthält<sup>1)</sup> „der Ventrikel im unteren Dreiviertel kein einziges Capillargefäß. Dieser Teil entspricht der Region, wo die peripherischen Vascuolen oberflächlich und sehr zahlreich sind. Das arterielle Blut, welches diese Höhlungen während der Diastole und Anfang der Systole füllt, genügt zur Versorgung des Herzens durch Inbibition“.

Die Venae Thebesii würden bis zu einem Punkt diesem lacunaren System entsprechen. Pratt<sup>2)</sup> führte eine Reihe sehr schöner Untersuchungen aus zu deren physiologischem Studium, die aber gegenwärtig vergessen sind: Das Katzenherz wird aus dem Organismus genommen und gut mit einer Salzlösung gewaschen. Eine Kanüle wurde durch den Vorhof im rechten Ventrikel eingeführt, und diese Kanüle wurde fest abgebunden an der Basis des Herzens. Es wurde dann ein Strom fibrinfreien Blutes durch den Ventrikel geleitet. Unter diesen Verhältnissen begann der rechte Ventrikel zu pulsieren. Dasselbe Experiment wurde an dem linken Herzen gemacht, und dasselbe Resultat wurde erzielt.

Man machte die Bemerkung, daß die Wiederherstellung der Kontraktionen nur einer mechanischen Reizung, die durch die Flüssigkeit erzeugt wurde, zu verdanken sei. Man nahm an Stelle des fibrinfreien Blutes irgendeine Salzlösung, aber das Herz hörte auf zu pulsieren. Man nahm wieder Blut, das Herz begann wieder zu klopfen usw.

Die ernährende Flüssigkeit drang also im Niveau des rechten oder linken Ventrikels, von innen nach außen, durch die Foramina Thebesii, und dies genügte, daß der Ventrikel zu pulsieren anfang.

<sup>1)</sup> Martin: Recherches anatomiques et embryologiques sur les arteres coronaires du cœur chez les vertébrés.

<sup>2)</sup> A. Richet: Journal d. Physiologie.

Was immer für eine Bedeutung oder Erklärung man diesen Gefäßen geben kann: eine festgestellte experimentelle Tatsache geht aus unseren Untersuchungen hervor: Wenn man den coronarischen Kreislauf unter den obengenannten Bedingungen herstellt, fließt der größte Teil der Flüssigkeit durch die Herzhöhlen und nur ein kleiner Teil (15—25. Teil des ganzen Quantum) durch die große Coronarvene.

Die Experimente, die man gemacht hat bei verschiedenem Druck (manchmal sehr niedrig), haben immer diese Tatsache erwiesen.

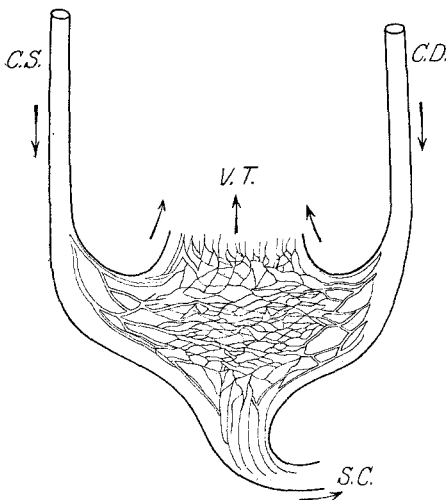


Abb. 27. Schema des Kreislaufes der Coronararterien. CS = Cor. sinistra; CD = Cor. dextra; SC = Sinus coronarius; VT = Venae thebesii.

Man hat alsdann das umgekehrte Experiment gemacht: Man hat die Sinus-coronarius-Vene mit dem Rezipienten in Verbindung gesetzt, und man hat das Serum, das durch die Coronararterien und Höhlen fließt, aufgefangen. Durch die Arterien sind nur einige Kubikzentimeter (23 ccm) und durch die Höhlen ist das übrige geflossen.

Alles dieses scheint zu beweisen, daß zwischen den Herzwänden und den Höhlen nutritive Beziehungen bestehen, die viel wichtiger sind, als man im allgemeinen geglaubt hat, und die genauer festzustellen sind durch zukünftige Experimente. Man fragt sich also, ob

diese Gefäße nicht nebst den Anastomosen in der Wiederherstellung des Kreislaufs bei Obliteration der Arterien eingreifen. Nehmen wir den Fall einer Obliteration der rechten Coronaria. Das Herz befindet sich also in der experimentellen Lage von Pratt. Coronarisches Blut kommt nicht mehr. Die Thebesiigefäße, wie wir es gesehen haben, haben eine besondere Wichtigkeit bezüglich der Beziehungen zwischen den Wänden und Höhlen. Sie sind gleichzeitig leer und offen. Der Herzdruck ist sehr hochgestiegen, und es ist sehr wahrscheinlich, daß eine Blutmenge von innen nach außen durch die Herzwände durchdringt und dieselben ernährt.

Das Herz würde also verschiedene Mittel darbieten, was die Wiederherstellung des Kreislaufs erklären könnte, vor allem, wenn der Verschluß sich langsam vollzieht und dadurch den anderen Wegen —

Anastomosen, Thebesi Gefäße, Zweigen direkt aus der Aorta — Zeit gibt, sich zu entwickeln.

Schlußfolgerungen:

1. Der Sinus coronarius spielt eine kleine Rolle in dem Venenkreislauf des Herzens gegenüber dem Thebesi Gefäßsystem, welches in seinem Ganzen sehr entwickelt ist.
  2. Die Thebesi Gefäße würden sehr wahrscheinlich eine ersetzende Rolle im Falle einer Verengung der Coronararterien spielen können.
-