XXXI.

Aus der chirurgischen Universitätsklinik zu Leipzig.
(Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Trendelenburg.)

Experimentelle Untersuchungen über die chirurgisch wichtigen Abklemmungen der großen Gefäße in der Nähe des Herzens unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei der Lungenembolie-Operation nach Trendelenburg.

Von

Privatdozent Dr. A. Läwen und Dr. R. Sievers,
Assistenten der Klinik.

(Mit Tafel IV.)

Bei den Untersuchungen, die Herr Geh.-Rat Trendelenburg über die Möglichkeit der operativen Entfernung der in die Lungenarterie eingeschwemmten embolischen Pfröpfe angestellt hat, ergaben sich eine Reihe von Fragen, deren Beantwortung in folgendem auf experimentellem Wege versucht wurde. Die Trendelenburgsche Operation zerfällt in vier Abschnitte:

1. die Freilegung von Aorta und Art. pulmonalis durch Eröffnung des Herzbeutels,
2. die temporäre Umschnürung dieser beiden Gefäße,
3. die Eröffnung der Lungenarterie und Extraktion der eingeschwemmten Emboli und
4. die Arteriennaht über einer seitlich am Gefäß liegenden Klemme, nachdem die Konstriktion wieder gelöst worden ist.

Die Eröffnung der Art. pulmonalis kann nur nach zeitweiliger Unterbrechung des Blutstromes im kleinen Kreisläufe ausgeführt werden. Hierfür erscheinen a priori drei Wege gangbar. Der erste besteht in der temporären Konstriktion der Lungenarterie. Dies Verfahren ist von Herrn Geh.-Rat Trendelenburg gewählt worden, weil es in kürzester Zeit ausführbar ist und daher für die Lungenembolie-Operation, wo ja rasch operiert werden muß, als das geeignetste

erschien Nur aus technischen Gründen, weil sich am Menschen die Art. pulmonalis schlecht von der Aorta trennen läßt, umschnürt Trendelenburg gleichzeitig die Aorta mit.

Ein zweiter Weg wäre die zeitweilige Abklemmung der beiden Hohlvenen. Diesen Weg hat Sauerbruch¹⁾ zur Vermeidung der Blutungen bei Herzoperationen empfohlen. Es ist ihm und Haecker²⁾ beim Tiere bis zu 10 Minuten lang gelungen, durch Abklemmung der Venae cavae das Herz fast blutleer zu machen und dabei ausgedehnte Operationen am Herzen auszuführen. Für die Verhältnisse am Menschen empfiehlt Sauerbruch zur Einschränkung der Blutzufuhr aus den Hohlvenen einen Handgriff, der zur Luxation des Herzens und damit zur Abknickung der Hohlvenen führt.

Ein dritter Weg, der ebenfalls die Blutzufuhr zum Herzen aufhebt oder einschränkt, ist die von Rehn³⁾ empfohlene Kompression des rechten Vorhofs. Bei den im Heidelberger pharmakologischen Institut auf Anregung Rehns vorgenommenen Versuchen konnte am Hunde der rechte Vorhof bis zu 1½ Minuten komprimiert und dadurch die Blutung aus einer Stichwunde des rechten Ventrikels sofort zum Stehen gebracht werden. Am Menschen ist dies Verfahren noch nicht erprobt worden.

Für die Lungenembolie-Operation waren diese letzten beiden Methoden nicht brauchbar, weil sie zu zeitraubend und eingreifend erschienen.

Die im Nachstehenden mitgeteilten Versuche beschäftigen sich mit Rücksicht auf die Trendelenburgsche Operation namentlich mit der Frage, wie lange man den Blutstrom in der Aorta und Art. pulmonalis ohne Schaden für das Tier unterbrechen darf. Ferner wurde untersucht, welche Unterschiede zwischen der Abklemmung der großen abführenden Herzgefäße und der der Hohlvenen in der Wirkung auf Herz, Blutdruck im Aortensystem, Form der Pulswelle und Funktion des Gehirns bestehe. Die Versuche sind auf Veranlassung von Herrn Geh.-Rat Trendelenburg unternommen worden. Wir erlauben uns, unserem hochverehrten Chef für seine vielfachen Anregungen unseren ergebensten Dank abzustatten.

Über die allgemeinen Versuchsmaßnahmen ist folgendes zu be-

1) Sauerbruch, Verhandl. der Deutschen Gesellsch. f. Chirurgie, 36. Kongreß, S. 245, 1907.

2) R. Haecker, Experim. Studien zur Pathologie u. Chirurgie des Herzens. Arch. f. klin. Chir., Bd. 84, 1907.

3) Rehn, Verhandl. der Deutschen Gesellsch. f. Chirurgie, 36. Kongreß, S. 305, 1907.

merken. Als Versuchstiere dienten Kaninchen. Die Tiere erhielten vor der Operation 1 g Urethan subkutan. Der Blutdruck wurde nach endständiger Einbindung der Kanüle in die linke Carotis am Kymographion aufgezeichnet. Nach Einleitung der künstlichen Atmung von einer Tracheotomiewunde aus, wurde zur Freilegung der Brustorgane die vordere Thoraxwand entfernt. Blutungen aus den Mammariae internae ließen sich durch Umstechungsligaturen, die den oberen und unteren Teil des Brustbeins umfaßten, vermeiden. Das Perikard durfte immer nur durch eine sehr kleine Incision eröffnet werden, die eben groß genug war, um unter die in Frage kommenden Gefäße einen Faden zur Abschnürung legen zu können. Größere Einschnitte in den Herzbeutel waren zu vermeiden, weil sich bei erregter Tätigkeit das Herz leicht herausluxiert, wobei es zu störenden Abknickungen an den Gefäßen kommt.

Wir möchten auch die Beobachtungen Haeckers, daß nach Eröffnung des Herzbeutels Verlangsamung der Schlagfolge und Vergrößerung der Pulswelle eintritt, auf die Lageänderung des Herzens zurückführen, und nicht wie Haecker annimmt, mit dem Aufhören einer Raumbeschränkung, die der geschlossene Herzbeutel unter physiologischen Verhältnissen auf das Herz ausübt. Der Herzbeutel richtet seinen Umfang völlig nach der Herzgröße und dient dazu, das Herz bei seiner Aktion in der günstigsten Lage zu den fixierten großen Gefäßen zu halten. Gerade die starke Dilatation des Herzens mit sekundenlangem diastolischen Stillstand — wie sie Haecker beschreibt — haben wir in Fällen von nur leichten Lageänderungen des Herzens nach Eröffnung des Herzbeutels beobachtet.

Für die temporäre Kompression der Aorta und Art. pulmonalis benutzten wir in Öl getauchte Wollfäden. Durch Anhebung der um die Gefäße gelegten Fäden konnte ein teilweiser, durch festere Anziehung und Kreuzung ein völliger Verschuß der Arterienlumina herbeigeführt werden. An den Hohlvenen dienten zu diesem Zweck kleine Dieffenbachsche Klemmen, deren Kanten vorher abgeschliffen worden waren. Das Kaninchen erwies sich für die Versuche sehr geeignet; nur mußten einige anatomische Einzelheiten bei der Präparation der oberen Hohlvene beachtet werden, auf die unten näher eingegangen ist.

Legt man, wie wir das getan haben, am Kaninchen, dessen Blutdruck in der linken Carotis am Kymographion registriert wird, eine Fadenkonstriktion gleichzeitig um die Art. pulmonalis und um die Aorta, die die Zirkulation völlig aufhebt, so treten nacheinander folgende Erscheinungen auf:

1. Der arterielle Blutdruck im Aortensystem sinkt innerhalb weniger Sekunden stark ab und bleibt, solange die Konstriktion liegt, im wesentlichen auf einem Minimum stehen.

2. Das Herz füllt sich stark an, schlägt aber weiter. Die Kontraktionen sind schwächer als normal.

3. Der Charakter der Kurven ändert sich insofern, als die Puls-
welle aufhört.

4. Es treten Krampfanfälle auf; die Cornealreflexe verschwinden.

In der Regel haben wir jetzt die Kompression weggenommen und dann folgendes beobachtet:

5. Der arterielle Blutdruck steigt sofort in steiler Kurve bis weit über die Norm an und hält sich etwa ein bis zwei Minuten in dieser Höhe.

6. Das Herz arbeitet wieder energischer.

7. Die Pulskurve ändert ihre Form; es treten Vaguspulse auf.

8. Der Blutdruck sinkt allmählich zur normalen Höhe ab. Die Vaguspulse gehen in die gewöhnliche Puls-
welle über.

9. Die Cornealreflexe kehren wieder, wenn die Kompression nicht eine gewisse Zeitgrenze überschreitet.

Diese Tatsachen können wir, soweit die Wirkung der Abschnürung von Aorta und Art. pulmonalis auf den Blutdruck in Betracht kommt, durch die in Tabelle I kurz zusammengefaßten Versuche belegen (s. S. 584 u. 585).

Fast unmittelbar nach der Konstriktion treten infolge der akuten Gehirnanämie schwere Krämpfe der Extremitäten- und Rückenmuskulatur auf. In den ersten Versuchen haben wir dann die Umschnürung wieder gelöst, weil wir glaubten, daß die Tiere während der Krämpfe zugrunde gehen würden. Später haben wir gesehen, daß das nicht der Fall ist. Die Krämpfe gehen, auch wenn die Abschnürung noch liegt, vorüber und die Tiere werden ruhiger. Etwas später wie die Krämpfe beobachtet man das Auftreten tiefer schnappender Atemzüge, die auf eine Reizung des Atmungszentrums durch das CO₂-reiche Blut zurückzuführen sind. Diese Atmungsbewegungen fallen um so mehr ins Auge, als vorher infolge der künstlichen Atmung völlige Apnoë vorhanden war.

Der Blutdruck im Aortensystem sinkt nach dem Verschluß von Aorta und Art. pulmonalis infolge der geringen Blutfüllung sehr stark ab. Das Minimum des erreichten Druckes wird bestimmt durch den Tonus im arteriellen Gefäßgebiet. Dies Druckminimum bleibt nun nicht bestehen. Wir haben vielmehr ganz regelmäßig die Beobachtung gemacht, daß der gesunkene Blutdruck sich von

Ta-
Gleichzeitige Kompression von

Versuchs-Nr.	Kaninchen-Nr.	Kaninchen-Gewicht	Blutdruck bei Beginn des Versuchs	Blutdruck unmittelbar vor der Kompression	Wann Kompression hergestellt?	Wirkung der Kompression auf den Blutdruck
1	1	2250 g	110 mm	36 mm	1.18	1.18.10*) — 25 mm 1.18.15 — 42 „
2	1	2250 „	110 „	56 „	1.28	1.28.3 — 25 „ 1.28.11 — 36 „
3	2	2500 „	120 „	120 „	7.6.30	7.6.39 — 20 „ 7.6.50 — 34 „
4	3	1700 „	110 „	41 „	4.57.56	4.58.2 — 8 „ 4.58.4 — 10 „
5	4	2700 „	104 „	80 „	11.56.48	11.56.50 — 45 „ 11.57. — 33 „ 11.57.39 — 32 „
6	4	2700 „	104 „	60 „	12.59.17	12.59.21 — 26 „ 12.59.28 — 16 „ 12.59.35 — 26 „ 12.59.48 — 25 „ 1. — 20 „ 1.0.18 — 19 „
7	4	2700 „	104 „	79 „	1.2.11	1.2.14 — 28 „ 1.2.23 — 16 „ 1.2.44 — 20 „ 1.3.26 — 21 „
8	4	2700 „	104 „	88 „	1.6.27	1.6.29 — 40 „ 1.6.33 — 23 „ 1.6.39 — 16 „ 1.6.46 — 24 „ 1.7. — 21 „ 1.7.59 — 17 „
9	4	2700 „	104 „	94 „	1.11.51	1.11.53 — 45 „ 1.11.57 — 27 „ 1.12.6 — 16 „ 1.12.15 — 23 „ 1.13.53 — 20 „
10	4	2700 „	104 „	103 „	1.18.25	Gerinnung.

*) Bedeutet auch in nachfolgendem 1 Uhr, 18 Minuten, 10 Sekunden.

belle 1.

Aorta und Art. pulmonalis.

Dauer der Kompression beider Arterien	Wann Kompression aufgehoben?	Blutdruck nach Aufhebung der Kompression	Wann nach Aufhebung der Kompression Blutdruck normal?
19 Sek.	1.18.19	1.18.21 — 150 mm	1.19.31 — 50 mm
16 Sek.	1.28.16	1.28.22 — 146 „	1.28.44 — 56 „
20 Sek.	7. 6.50	7. 7 — 200 „	7. 9 — 120 „
29 Sek.	4.58. 4	4.58.12 — 138 „	4.59.30 — 38 „
41 Sek.	11.57.39	11.57.48 — 33 „ 11.58 — 86 „ 11.58.21 — 164 „	
57 Sek.	1. 0.18	1. 0.24 — 23 „ 1. 1. — 134 „ 1. 2. — 72 „	
1 Min. 15 Sek.	1. 3.26	1. 3.34 — 19 „ 1. 3.37 — 20 „ 1. 3.42 — 20 „ 1. 4 — 64 „ 1. 4.22 — 116 „ 1. 4.37 — 94 „	1. 6. — 81 „ (2 Min. 34 Sek.)
1 Min. 32 Sek.	1. 7.59	1. 8.20 — 15 „ 1. 8.36 — 50 „ 1. 9. 8 — 90 „	1. 9.14 — 88 „ (1 Min. 15 Sek.)
2 Min. 6 Sek.	1.13.53	1.14.22 — 20 „ 1.14.27 — 47 „ 1.14.44 — 55 „ 1.15 — 70 „ 1.17 — 97 „	1.17 — 97 „ (3 Min. 9 Sek.)
6 Min.	1.24.25	Herz erholt sich.	

dem Minimum wieder etwas hebt und dann auf einer gewissen Höhe konstant bleibt. Wahrscheinlich führt die Überladung des Blutes an CO_2 zu einer Kontraktion der kleinsten Arterien und damit zu einer geringen Erhöhung des Druckes. Dies Verhalten des Blutdruckes ist gut an der beigefügten Kurve (Kurve 1) zu erkennen. Die Pulswelle hört, solange die Konstriktion liegt, natürlich auf.

Über das Verhalten des Herzens bei Abklemmung der Aorta und Art. pulmonalis läßt sich folgendes sagen: Infolge des Verschlusses der großen abführenden Gefäße kommt es sofort zu einer starken Füllung namentlich der rechten Herzhälfte. Aber auch der linke Ventrikel ist stärker wie sonst ausgedehnt. Das ganze Herz mitsamt dem Herzbeutel ist infolgedessen außerordentlich stark dilatiert. Die vorher kräftigen Kontraktionen werden schwächer, oberflächlicher und frequenter. Häufig tritt Herzflimmern auf. Allmählich setzen dann in unregelmäßigen Intervallen wieder einzelne kräftigere Kontraktionen ein.

Auch die Venen des Coronarkreislaufes füllen sich stark an. Wahrscheinlich ist die Zirkulation auch hier bald unterbrochen, weil die starke Füllung und Drucksteigerung im rechten Herzen die Entleerung der Vena magna cordis unmöglich macht.

Es wäre möglich, daß sich diese Störung des Coronarkreislaufes bei dem experimentellen Verschluß der Pulmonalis durch Herstellung einer Kommunikation im Ventrikelseptum beseitigen ließe.

Im Gehirn machen sich die Folgen des Zirkulationsstillstandes ebenfalls rasch bemerkbar. Wir haben durch Kontrolle der Cornealreflexe versucht, einen Anhalt über den Grad dieser Störungen zu erhalten. Unmittelbar nach Verschluß von Aorta und Art. pulmonalis beobachtet man, daß die Cornealreflexe nicht mehr auslösbar sind. Zugleich tritt starker Exophthalmus mit erheblicher Erweiterung der Pupille auf. Auf die ebenfalls durch zentrale Störungen bedingten Krampfanfälle und auf die Reizung des Atmungszentrums ist bereits oben hingewiesen worden.

Alle diese Störungen sind reparabel, wenn die Zirkulationsunterbrechung in der Aorta und Lungenarterie rechtzeitig wieder aufgehoben wird. Löst man die Umschnürung nach etwa 1 Minute, so kann man folgende Veränderungen am Herzen, Blutdruck und Gehirn feststellen.

Sowie das Zirkulationshindernis beseitigt worden ist, strömt das Blut aus dem stark gefüllten Herzen wieder in die Arterien hinein. An der Kurve sieht man, daß der Blutdruck sich in dem Moment zu heben anfängt, in dem die Gefäßkompression wegfällt. Das Herz

fängt wieder an sich kräftiger zusammen zu ziehen. Die Herzkontraktionen sind zunächst noch unregelmäßig und ungleichmäßig; erfolgen aber bald wieder in regelmäßigen Intervallen mit mehr und mehr gleich werdender Intensität. Durch die Herzkontraktionen wird mit einem Male aus den stark dilatierten Ventrikeln eine abnorm große Menge Blut in das Aortensystem geworfen. Die Folge davon ist, daß der Blutdruck über die Norm ansteigt. Wir haben Werte bis zur doppelten Höhe des Normaldruckes gesehen. Die in Zirkulation gesetzte große Blutmenge ist nicht arterialisiert, also sehr reich an CO_2 . Infolgedessen kommt es zu einer Reizung des Vaguszentrums, die sich in der Form der Pulswelle (sog. Vaguspulse) deutlich ausspricht. Nach 1 bis 2 Minuten sinkt dann in der Regel die Blutdruckkurve wieder zur Norm ab als Ausdruck dafür, daß sich die gewöhnliche Blutverteilung wieder hergestellt hat. Die ebenfalls wieder normal werdende Pulswelle zeigt endlich, daß auch der Lungenkreislauf in Gang gekommen ist, und daß das Blut in genügender Weise mit Sauerstoff versorgt wird. Schließlich gehen auch die Gehirnstörungen zurück. Der Exophthalmus schwindet. Die Pupille wird enger und die Cornealreflexe kehren wieder.

Es entsteht nun die wichtige Frage, wie lange man die Kompression von Aorta und Lungenarterie ausdehnen darf, ohne daß das Tier eine dauernde Schädigung erleidet. Diese Frage ist aus verschiedenen Gründen nicht leicht zu beantworten. Es ist zweckmäßig, vorher auf die Momente einzugehen, die bei zu lange fortgesetzter Kompression den schließlichen Herzstillstand herbeiführen.

Durch den Verschluß der Aorta und Pulmonalarterie werden am meisten das Herz und das Gehirn geschädigt. Die Resistenz dieser beiden Organe gegen Zirkulationsstörungen ist aber verschieden. Das Gehirn ist gegen Kreislaufstörungen außerordentlich empfindlich, während das Herz sich in dieser Beziehung widerstandsfähiger zeigt. Schädigungen des Gehirns wirken aber wiederum auf die Herztätigkeit zurück. Freilich ist von physiologischer Seite (Hering¹⁾, Bock²⁾) gezeigt worden, daß man das Säugetierherz ganz unabhängig vom Zentralnervensystem machen und trotzdem eine gewisse Zeit lang funktionsfähig halten kann. Bei der Herstellung dieser physiologischen Präparate bleibt der Lungenkreislauf erhalten und das Blut wird beständig arterialisiert. Bei der Kompression der Aorta und Art. pulmonalis liegen die Verhältnisse

1) Hering, Pflügers Archiv, Bd. 72, 1898.

2) Bock, Arch. f. exper. Pathologie u. Pharmakologie, Bd. 41, 1898.

aber anders, weil hier der kleine Kreislauf ebenfalls unterbrochen ist. Langendorff¹⁾ ist nun noch einen Schritt weiter gegangen und hat das Herz auch außerhalb vom Tierkörper durch Speisung des Coronarkreislaufes mit Blut von der Aorta aus in einer feuchten Kammer funktionsfähig erhalten. Beim temporären Verschlusse der Aorta und Lungenarterie wird aber auch der Coronarkreislauf aufgehoben oder wenigstens stark beeinträchtigt, so daß also auch in dieser Beziehung andere Bedingungen vorhanden sind, als bei den physiologischen Präparaten.

Die Faktoren, die bei genügend langer Abschnürung der Aorta und der Art. pulmonalis zum Herzstillstand führen, sind folgende:

1. Die starke Füllung des Herzens und die Unmöglichkeit der Entleerung des Blutes. Die Herzkontraktionen arbeiten gegen einen Widerstand, der schließlich für sie unüberwindlich wird. Wir haben mehrfach während der Arterienkompression das Herz mit einer Kanüle durch Punktion der Ventrikel und Aspiration des Blutes mit einer Spritze entleert, haben aber keinen Einfluß dieser Maßregel auf die Herzaktion gesehen. An dem mechanischen Moment der starken Füllung allein kann also die schließliche Insuffizienz der Herzfunktion nicht liegen.

2. Die aufgehobene Ernährung des Herzmuskels und der im Herzen gelegenen Nervenzentren infolge der fehlenden Arterialisierung des Blutes und der Behinderung des Coronarkreislaufes. Auch diese Störungen reichen nicht aus, den Herzstillstand zu erklären. Tigerstedt²⁾ konnte an einem bloßgelegten Kaninchenherzen die Vorhöfe 5 Minuten lang mit einer festen Pinzette komprimieren und die ganze Blutzufuhr zu den Kammern abschneiden. Trotzdem fing das Herz wieder an zu schlagen und der Kreislauf begann wieder.

3. Die zentrale Reizung des Vaguszentrums. Nach den Untersuchungen von Landois³⁾ führt die plötzliche Gehirnanämie zu einer Verlangsamung der Herzschläge und zu vorübergehendem Herzstillstand. Eine anhaltende Schwächung der Herzaktion ist die Folge der vermehrten Venosität des im Gehirn befindlichen Blutes und einer dadurch bedingten Erregung des Vaguszentrums.

Erst durch das Zusammenwirken dieser drei schweren Störungen kommt es, wenn die Abschnürung von Aorta und Lungenarterie genügend lange liegt, zum Herzstillstand und Herztod. Wie die

1) Langendorff, Pflügers Archiv, Bd. 61, 1895.

2) Tigerstedt, Physiologie des Kreislaufs.

3) Landois, Lehrb. d. Physiologie d. Menschen, S. 808, 1893.

Durchsicht von Tabelle I zeigt, haben wir die beiden Arterien bis zu 6 Minuten lang komprimieren können, und das Herz hat doch seine frühere Tätigkeit wieder aufgenommen. Im Aortensystem hat sich der normale Blutdruck wieder hergestellt. Bei den Versuchen 5—10, die an demselben Tiere (Kaninchen) vorgenommen wurden, zeigte sich nur als gewisses Ermüdungssymptom des Herzens, daß die Zeitabschnitte von der Lösung der Kompression bis zur Wiedererreichung des normalen Blutdruckes um so länger wurden, je länger die Abschnürung an beiden Arterien gelegen hatte. Die enorme Widerstandsfähigkeit des Herzmuskels wird gerade durch das Versuchstier 4 gut demonstriert, an dem im Verlaufe von über 2 Stunden 16 Abklemmungsversuche zu- und abführende Gefäße von 1—6 Minuten Dauer ausgeführt sind. Selbst nach der etwa 6 Minuten dauernden totalen Kompression von Aorta und Art. pulmonalis kehrten rhythmische, relativ kräftige Herzkontraktionen wieder; wie weit das Cerebrum diesen Anforderungen standhielt, wurde nicht geprüft. Übrigens hat nicht bei allen Tieren das Herz eine so lange dauernde Kompression von Aorta und Lungenschlagader vertragen. Bei manchen Kaninchen haben wir den Herztod schon nach einer Abschnürung von 2—3 Minuten Dauer eintreten sehen. Die Tierherzen verhalten sich also gegen die Arterienkompression verschieden resistent.

Auf Grund dieser Versuche können wir nur sagen, daß sich nach bis zu 6 Minuten ausgedehnter Kompression der Aorta und Lungenarterie das Herz wieder erholen kann. Eine genaue Beobachtung über die Veränderungen im Gehirn liegt bei diesen Dauerkompressionen nicht vor. Die oben zitierten Versuchsanordnungen von Hering, Bock und Langendorff zeigen aber, daß das Säugetierherz eine Zeitlang ganz unabhängig vom Zentralnervensystem arbeiten kann. Deshalb berechtigen unsere Versuche mit anhaltenden Kompressionen noch nicht zu dem Schluß, daß das ganze Tier die lange anhaltenden Abschnürungen vertragen hatte. Wir konnten diese Tiere nicht leben lassen, weil die Versuche bei doppelseitigem Pneumothorax unter künstlicher Atmung vorgenommen wurden und tracheotomierte Kaninchen in der Regel nicht am Leben zu halten sind. Dagegen zeigen diese Versuche, daß eine während der Gefäßkompression zustande gekommene Vaguswirkung aufs Herz nach Lösung der Abschnürung sich wieder ausgleicht.

Von den Versuchen, die wir über die Wirkung der Kompression von Aorta und Art. pulmonalis auf die Gehirnfunktion anstellten, führen wir folgenden an, bei dem wir nach 3 Minuten dauerndem Gefäßverschluß die Cornealreflexe wiederkehren sahen.

Versuch 11. Kaninchen 5. Gewicht 2900 g.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg.	Bemerkungen.
1. 10	100	
1. 16. 29	38	Aorta und Art. pulmonalis abgeschnürt.
1. 16. 30		
1. 16. 36	26	
1. 16. 47	32	
1. 17		Cornealreflexe vorhanden. Krämpfe.
1. 17. 9	32	
1. 17. 51	20	
1. 18		Cornealreflexe vorhanden. Schwere Krämpfe.
1. 18. 27	14	
1. 18. 40		Cornealreflexe fehlen. Tier ruhig.
1. 19. 9	12	Pupillen stark erweitert.
1. 19. 30	10	Kompression aufgehoben.
1. 19. 47	12	
1. 19. 49	20	
1. 20	16	
1. 20. 5	24	
1. 20. 19	28	
1. 20. 36	56	
1. 20. 56	80	
1. 21. 16	120	
1. 21. 30		Cornealreflexe fehlen.
1. 22. 3	132	
		Desgl.
1. 23. 14	132	
1. 24. 54	148	
1. 25		Cornealreflexe vorhanden. Pupille enger.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß es nicht möglich ist, eine scharfe obere Grenze dafür anzugeben, wie lange die Kompression der Aorta und Art. pulmonalis vom Herzen und namentlich vom Gehirn vertragen wird. Wir glauben aber mit Bestimmtheit sagen zu können, daß eine 1 Minute währende Kompression beider Arterien den Tieren keinen dauernden Schaden zufügt.

Die Zeit von 1 Minute reicht, wie Trendelenburg schon mehrfach betont hat, bequem aus, um beim Menschen die eingeschwemmten Thromben aus den Ästen der Pulmonalarterie zu extrahieren. Sollte man in dieser Zeit mit der Entfernung der Emboli nicht zustande kommen, so kann man mit der von Trendelenburg angegebenen Klemme die Arterienwunde verschließen, die Arterienumschnürung

lösen und dann, wenn die Zirkulation eine Zeitlang in Gang gewesen ist, aufs neue umschnüren.

Die Wirkung der Kompression von Aorta und Lungenschlagader aufs Herz und Gehirn spielt sich beim Menschen sicher in derselben Form ab, wie wir dies am Tier studiert und geschildert haben. Die Ausführung der Operation mit dem Überdruckverfahren ist erwünscht, aber nicht unbedingt notwendig. Unser Tierversuch 12, bei dem wir die Art. pulmonalis 1 Minute lang abklemmten und das Tier am Leben erhielten, ist ohne künstliche Atmung ausgeführt worden. Theoretisch ist die künstliche Respiration überflüssig, solange die Arterienabklemmung liegt, da ja durch sie der Lungenkreislauf unterbrochen und daher in dieser Zeit eine Arterialisierung des Blutes nicht möglich ist. Um so angenehmer ist sie natürlich, wenn sich der kleine Kreislauf nach Entfernung der Emboli wieder hergestellt hat.

In einer Reihe von Versuchen haben wir auch die großen Arterien isoliert abgeklemmt und die Herztätigkeit sowie das Verhalten des Blutdruckes im Aortensystem beobachtet. Wie zu erwarten, unterscheiden sich die Folgen dieser Kompression nicht von denen der gleichzeitigen Abklemmung von Aorta und Art. pulmonalis. Es wird eben auch hier bei der Kompression der Aorta, wie bei der der Pulmonalis der Lungen- und Coronarkreislauf mit unterbrochen. (Vgl. Kurve 2, 3.)

Von Interesse ist nachstehender Versuch, bei dem es gelungen ist, ein Kaninchen nach 1 Minute anhaltendem Verschuß der Lungenarterie am Leben zu erhalten.

Versuch 12: Kaninchen 3450 g. Operation am 11. Mai 1908.

In Äthernarkose wird auf der linken Thoraxseite ein Hautmuskellappen mit der Basis nach außen gebildet. Dann wird die 2. Rippe an der Knorpelknochengrenze durchschnitten und die Rippe nach Ausführung des Inter-costalschnittes ober- und unterhalb derselben durch alle Weichteile hindurch nach außen umgeschlagen. Hierbei wird die Pleura eröffnet. Die Lunge kollabiert. Nach Eröffnung des Herzbeutels wird die Art. pulmonalis genau 1 Min. lang abgeschnürt. Es treten sofort tonische opisthotonische Krämpfe auf. Das Herz füllt sich prall an, kontrahiert sich aber lebhaft weiter. Im Verlaufe der Operation fehlen die Cornealreflexe bis gegen Ende des Versuches. Nach Abnehmen der Arterienschnürung steht das Herz einen Augenblick still, fängt aber auf mechanische Reizung hin wieder an, sich sehr lebhaft zu kontrahieren. Die Rippe wird reponiert und durch eine Muskelnahrt in ihrer Lage erhalten. Naht der übrigen Muskulatur, Hautnaht. Das Tier setzt sich nach Beendigung der Operation sofort auf. Atmung sehr frequent und angestrengt. Es lebt jetzt noch 2 Monate nach der Operation und ist völlig gesund.

Partielle Abklemmungen der großen Arterien, die wir auch vielfach ausgeführt haben, werden offenbar sehr lange vertragen, wie es nach den Lichtheimschen¹⁾ Versuchen über partielle Einengungen der Lungenarterie zu erwarten war. Auf Einzelheiten einzugehen, verlohnt sich deswegen nicht, weil exakte Anhaltspunkte für das Maß der jedesmaligen Abklemmungen nicht zu geben waren. Die Blutdruckkurve ähnelte der bei den totalen Abklemmungen, nur kamen alle Differenzen in geringerem Grade zum Ausdruck.

In einer weiteren Versuchsreihe haben wir die Hohlvenen abgeklemmt und dann die Wirkung aufs Herz, auf den Blutdruck im Aortensystem und auf das Gehirn untersucht.

Bei der Freilegung der Venae cavae ist zu beachten, daß beim Kaninchen die paarige Anlage der oberen Hohlvenen erhalten bleibt. Die linke obere Vena cava verläuft quer hinter den beiden Vorhöfen und mündet für sich in das rechte Atrium. Sie ist auf der linken Seite des Herzens nach außen vom linken Vorhof vor den Lungenvenen aufzufinden und kann hier extraperikardial abgeklemmt werden. Bei dem Verschuß der rechten oberen Hohlvene muß darauf geachtet werden, daß die im Bogen von unten kommende, ziemlich nahe am Vorhof einmündende Vena azygos mit gefaßt wird.²⁾ Die Aufsuchung der Vena cava inferior unterhalb der Herzspitze macht keine Schwierigkeiten.³⁾

Die Umschnürung der Hohlvenen unterscheidet sich in ihrer Wirkung von der der Lungenarterie und Aorta vor allem dadurch, daß sich das Herz infolge der aufgehobenen Blutzufuhr leer pumpt. Nach der Abklemmung der Venae cavae bleibt im Herzen ein gewisses Blutquantum zurück. Da nun das Herz weiter arbeitet, so ist anzunehmen, daß sich das Schicksal dieser Blutmenge folgendermaßen gestaltet. Der Inhalt des rechten Ventrikels wird durch die Herzkontraktionen auf dem Wege des Lungenkreislaufes in den linken und von hier in das Aortensystem getrieben werden. Es bleibt also, auch während die Hohlvenenkonstriktion liegt, der kleine Kreislauf wahrscheinlich in Gang. Auch der Coronarkreislauf wird erhalten bleiben und es ist anzunehmen, daß ein Teil des Blutes auf diesem Wege von der Aorta nun wieder ins rechte Herz zurückgelangt. Sind diese Überlegungen, über die auch Sauerbruch diskutiert, richtig, so steht das Herz bei der Abklemmung der

1) Lichtheim, „Die Störungen des Lungenkreislaufs“, Berlin 1876.

2) Ein Umstand, auf den nach Haecker auch beim Hunde zu achten ist.

3) Sorgfältig wurde bei den Cavaabklemmungen auf die Schonung der Nerven geachtet.

Hohlvenen unter günstigeren Bedingungen als bei der Umschnürung der Aorta und Art. pulmonalis.

Wir suchten uns durch eine Reihe von Versuchen zunächst Klarheit darüber zu verschaffen, ob bei der völligen Kompression der Venae cavae in der Tat der Lungen- und der Coronarkreislauf erhalten bleiben. Die Versuche wurden so angestellt, daß wir, während die Hohlvenen abgeklemmt waren, in den linken Ventrikel corpusculäre Elemente brachten und diese dann im Blute der Lungen, Lungenvenen und der peripheren Arterien des Aortensystems wieder aufzufinden suchten. Waren sie hier nachzuweisen, dann mußten Lungen- und Coronarkreislauf erhalten sein. Als geeignete feinste körperliche Elemente benutzten wir Pyocyaneuskulturaufschwemmungen und Zinnoberemulsionen in physiologischer Kochsalzlösung.

Versuch 13: Kaninchen 2200 g. Tracheotomie.

Künstliche Atmung. Resektion der vorderen Thoraxwand und Freilegung der 3 Hohlvenen.

- 1.14 Abklemmung der Cava superior dextra.
- 1.15 " " " " sinistra.
- 1.15.30 " " " " inferior.
- 1.17 Injektion von 1 ccm Pyocyaneusaufschwemmung in den linken Ventrikel.
- 1.21 Blutentnahme mit neuer steriler Spritze aus der Art. pulmonalis, der Lunge und Leber und Verarbeitung zu Agarkulturen.

Resultat: Nach 24 Stunden sind auf allen Kulturröhrchen Pyocyaneuskolonien gewachsen.

Versuch 14: Kaninchen 2800 g. Vorbereitung wie bei Versuch 13.

- 11.29.30 Abklemmung der Cava superior dextra.
- 11.34.20 " " " " sinistra.
- 11.35.34 " " " " inferior. Krämpfe, Herzstillstand; beiderseits Exophthalmus und Fehlen der Cornealreflexe, dann Wiedereintritt einzelner Herzkontraktionen.
- 11.37.15 Injektion von 1 ccm Pyocyaneusaufschwemmung in den linken Ventrikel.
- 11.39 Blutentnahme aus der Art. pulmonalis, Lunge und Leber. Herstellung von Kulturen.

Resultat: Am anderen Tage sind auf allen Platten reichlich Pyocyaneuskolonien gewachsen.

Versuch 15: Kaninchen 2650 g. Vorbereitung wie bei den vorigen Versuchen.

- 11. 5 Abklemmung der Cava superior dextra.
- 11. 5.30 " " " " sinistra.
- 11. 6.10 " " " " inferior. Krämpfe. Herzstillstand.
- 11. 8 Wiederbeginn der Herzaktion.
- 11.12 Injektion von 1 ccm Pyocyaneusaufschwemmung in den linken Ventrikel.

- 11.14 Blutentnahme aus der Art. pulmonalis, linken Lunge, den linken Lungenvenen und der Leber. Herstellung von Kulturen.

Resultat: Nach 24 Stunden reichliche Pyocyaneuskolonien auf allen Platten.

Versuch 16: Kaninchen 2050 g. Vorbereitung wie vorher.

- 9.34.40 Abklemmung der Cava superior dextra.
 9.36.10 " " " " sinistra.
 9.36.55 " " " inferior. Herz schlägt frequent, ziemlich leer.
 9.38.50 Herzaktion langsamer.
 9.39.50 Injektion von 1 Tropfen Pyocyaneuskulturaufschwemmung in den linken Ventrikel.
 9.42.30 Blutentnahme aus der Art. pulmonalis.
 9.43.20 " " " Leber.
 9.44 Nur noch vereinzelte Herzschläge.
 9.46.50 Blutentnahme aus der rechten Lungenvene.
 9.48 Noch schwache Herzkontraktionen. Impfung auf Agar.
 Resultat: Nach 24 Stunden Pyocyaneuskolonien auf allen Platten.

Versuch 17: Kaninchen 1900 g. Vorbereitung wie bei den vorigen Versuchen.

- 12.22.10 Abklemmung der Cava superior dextra.
 12.23.15 " " " " sinistra.
 12.26.45 " " " inferior. Sofort Krämpfe. Herz schlägt weiter.
 12.28 Injektion von $\frac{1}{2}$ ccm Zinnoberaufschwemmung in den linken Ventrikel. Cornealreflexe fehlen.
 12.33.20 Herzkontraktionen noch kräftig. Blutentnahme aus der Art. pulmonalis und Vena pulmonalis dextra. Mikroskopische Untersuchung dieses Blutes und von Stücken der linken Lunge, Leber, Niere und Gehirn (Piavenen).

Resultat: Im Blute und in den Organstückchen außer in der Leber Zinnoberkörner nachweisbar.

Versuch 18: Kaninchen 1750. Vorbereitung wie vorher.

- 6.58 Abklemmung der Cava superior sinistra.
 7.00 " " " " dextra.
 7.2.25 " " " inferior.
 7.3 Injektion von $\frac{1}{2}$ ccm Zinnoberaufschwemmung in den linken Ventrikel.
 7.6.40 Nur noch vereinzelte Herzkontraktionen. Blutentnahme aus der Art. pulmonalis.
 7.11 Blutentnahme aus dem linken Vorhof, aus den Gehirnarterien, aus der Leber und der Vena femoralis. Mikroskopische Untersuchung.

Resultat: Im untersuchten Blute und in den Organstückchen (mit Ausnahme der Leber) ist Zinnober nachweisbar. In den Gehirnarterien stellenweise dicke Zinnoberthromben.

Bei allen diesen Versuchen wurde durch die Sektion nachgewiesen, daß die Klemmen richtig lagen und die 3 Hohlvenen vollkommen verschlossen waren. Die Versuche geben das eindeutige Resultat, daß beim Verschluß der Hohlvenen der Lungen- und der Coronarkreislauf wenigstens eine Zeitlang erhalten bleiben. Als weiteren Beweis für die Richtigkeit dieser Tatsache können wir noch die Beobachtung anführen, die wir in Versuch 22 bei der Punktion beider Ventrikel während totaler Hohlvenenkompression gemacht haben. Es fand sich dabei im l. Ventrikel ausgesprochen arterielles, im r. dunkles venöses Blut. Mit Berücksichtigung dieser Tatsache müssen die weiteren Erscheinungen am Herzen und Gehirn, sowie das Verhalten des Blutdruckes im Aortensystem im Gefolge der totalen Hohlvenenkompression beurteilt werden.

Klemmt man bei einem Kaninchen, dessen Herz nach Wegnahme der vorderen Thoraxwand freigelegt worden ist, und dessen Blutdruck in der linken Carotis am Kymographion verzeichnet wird, nacheinander erst die linke, dann die rechte Vena cava superior mit ihren 3 Ästen und zuletzt die Vena cava inferior mit kleinen Klemmen ab, so beobachtet man zunächst, daß die Füllung des ganzen Herzens ziemlich rasch geringer wird. Das Herz pumpt sich leer. Schließlich kann man während der Diastole deutliche Einziehungen der Ventrikel sehen. Dabei pulsiert das Herz in der Regel ganz kräftig weiter. Löst man dann nach einiger Zeit die Venenkonstriktion, so strömt mit einem Male eine große Blutmenge in das Herz ein. Man sieht, wie sich das ganze Herz rasch mit venösem Blute füllt und stark ausdehnt. Die Herzaktion pflegt in diesem Momente oberflächlicher und unregelmäßiger zu werden. Vorübergehend haben wir auch hierbei Herzstillstand gesehen. Gewöhnlich werden die Kontraktionen dann aber wieder kräftiger, und das Herz vermag seinen Inhalt in Zirkulation zu setzen.

Parallel mit diesen Veränderungen der Herztätigkeit verlaufen die an der Blutdruckkurve (vgl. Kurve 4). Die Abklemmung der beiden oberen Hohlvenen setzt den Druck im Aortensystem nur wenig herab. Erst wenn durch Kompression der Cava inferior die Blutzufuhr ganz abgeschnitten wird, sinkt der Blutdruck stark ab. Da nun, wie oben auseinandergesetzt, das Herz immer noch ein gewisses Blutvolumen durch Vermittlung des erhaltenen Lungen- und Coronarkreislaufes zurückbehält, so erfolgt die Blutdrucksenkung im peripheren Arteriensystem nicht mit einem Male, wie bei der Kompression der Aorta und Art. pulmonalis, sondern allmählich im Verlaufe von 1—2 Minuten. Das geschilderte Verhalten des Herzens

prägt sich auch in der Form der Pulsquelle aus. Die Pulse setzen nicht sofort aus, wie bei der Aorten- und Pulmonalarterienabschnürung, sondern sie werden allmählich kleiner und hören erst auf, wenn das Herz den größten Teil seines Inhaltes in das Aortensystem abgegeben hat. Wird die Kompression der Hohlvenen gelöst, so geht der Blutdruck wieder in die Höhe und die Pulse kehren wieder. Die Form der wieder ansteigenden Blutdruckkurve richtet sich nach dem Zustand des Herzens bei der Lösung der Abklemmung. Bei kurz dauernden Kompressionen geht der Druck rasch wieder in die Höhe, bei länger dauernden wird der Normaldruck erst allmählich wieder erreicht. Bei den einzelnen Tieren scheinen hier auch individuelle Verhältnisse eine Rolle zu spielen. Häufig haben wir auch hier beobachtet, daß der Blutdruck erst zu übernormalen Werten ansteigt; Vaguspulse haben wir zuweilen, aber nicht mit der Gesetzmäßigkeit gesehen, wie bei der Kompression der Aorta und der Lungenarterie.

Die Wirkung der Hohlvenenkompression auf das Gehirn äußerte sich im Auftreten von Krämpfen, schnappenden Atemzügen und im Erlöschen der Cornealreflexe.

Oben sind bereits die Gründe auseinandergesetzt worden, warum das Herz beim Verschuß der Hohlvenen unter besseren Bedingungen steht als bei der Kompression der abführenden Arterien. Die Folge dieser günstigeren Verhältnisse ist die, daß das Herz die Hohlvenenkompression längere Zeit verträgt als die Abschnürung der Aorta und Lungenarterie. Sauerbruch hat am Hunde die Hohlvenen bis zu 10 Minuten komprimieren und die Tiere dann sogar nach Vornahme eingreifender Resektionen der Herzwand am Leben erhalten können. Auch wir haben am Kaninchen gesehen, daß das Herz ziemlich lange dauernde Kompressionen der Venae cavae verträgt. Wir haben aber bei diesen Versuchen auch Schädigungen der Gehirnfunktion beobachtet. Es mögen zunächst einige dieser Versuche folgen.

Versuch 19: Kaninchen 2900 g.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen.
12.57.19	100	
12.58.25	98	Cava sup. dextra abgeklemmt.
12.58.50	80	
12.59	44	Cava sup. sinistra abgeklemmt.
12.59.30	44	Cava inferior abgeklemmt.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen
1	34	Krämpfe.
1. 1		Cornealreflexe vorhanden. Schnappende Atmungsbewegungen.
1. 1.10	22	
1. 2		Cornealreflexe fehlen.
1. 2.10	17	
1. 3.10	12	Abklemmung der Cava inferior gelöst.
1. 3.12	16	
1. 3.15	24	Abklemmung der Cava sup. dextra gelöst.
1. 3.17	60	
1. 3.25	100	Abklemmung der Cava sup. sinistra gelöst.
1. 4. 8	140	
1. 4.10		Reflexe fehlen.
1. 5.14	160	Beginn von Vaguspulsen.
1. 5.34	170	
1. 6	146	Puls wieder normal.
1. 7	150	
1. 8		Reflexe vorhanden.
1. 9	110	
1. 14	100	

Resultat: Nach Abklemmung der Hohlvenen in der Dauer von 3 Min. 40 Sek. stellen sich die normale Herzstätigkeit und der normale Blutdruck im Aortensystem wieder her. Die Cornealreflexe, die etwa 5 Minuten gefehlt haben, kehren wieder.

Versuch 20: Kaninchen 3050 g.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen.
10.54	100	
10.55. 5	100	Cava sup. sinistra abgeklemmt.
10.55.36	90	Cava sup. dextra abgeklemmt.
10.56. 1	70	Cava inferior abgeklemmt. Herz schlägt völlig leer.
10.56.31	56	Starke Krämpfe. Exophthalmus.
10.57.20		Cornealreflexe fehlen.
10.57.30	22	Pulse hören auf.
10.59	14	
10.59.25		Herz pulsiert regelmäßig, aber leer.
11. 25	10	Abklemmung der Cava inferior gelöst.
11. 31	30	Abklemmung der Cava sup. dextra gelöst.
11. 34	10	Abklemmung der Cava sup. sinistra gelöst.
11. 45	14	Beginn der Drucksteigerung. Auftreten der Pulse.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen.
11. 1	40	
11. 5.40	96	Cornealreflexe fehlen noch.
11. 7	130	Desgl.
11. 8	Gerinnung	
11.24		Noch keine Cornealreflexe. Tier getötet.

Resultat: Das Herz hat eine Abklemmung der Hohlvenen von 4 Min. 24 Sek. überstanden; die Cornealreflexe sind aber nicht wiedergekehrt.

Versuch 21: Kaninchen 3000 g.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen
11.36.10	110	
11.37.18	80	
11.37.19	80	Cava sup. dextra abgeklemmt.
11.38.24	80	
11.39. 4	80	Cava sup. sinistra abgeklemmt.
11.39.44	50	
11.40	44	Cava inferior abgeklemmt.
11.41.23	20	
11.41.35	14	Pulse hören auf.
11.44	8	Krämpfe. Cornealreflexe fehlen. Exophthalmus. Herz schlägt völlig leer.
11.49	7	Abklemmung der Cava inferior gelöst.
11.49. 6	7	„ „ „ sup. dextra gelöst.
11.49.14	12	„ „ „ „ sinistra gelöst.
11.49.18		Pulse fangen wieder an.
11.49.40	20	
11.52.44	34	Cornealreflexe fehlen.
11.59	74	Desgl.
12. 6	110	Desgl.

Resultat: Nach einer Abklemmung der Hohlvenen von 9 Minuten erholte sich das Herz vollständig. Das Tier kann dann noch zu einem Abklemmungsversuch der Aorta und Art. pulmonalis benutzt werden. Die Cornealreflexe kehren aber nicht wieder.

Versuch 22: Kaninchen 2500 g.

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen.
12. 12	100	
12.13.34	82	Cava sup. dextra abgeklemmt.
12.13.40	74	

Zeit	Mitteldruck in mm Hg	Bemerkungen.
12.15. 8	82	Cava sup. sinistra abgeklemmt.
12.15.30	60	Krämpfe. Cornealreflexe vorhanden.
12.17.22		Cava inferior abgeklemmt.
12.17.52	26	Pulse hören auf.
12.18.30		Schnappende Atemzüge. Nur noch vereinzelte Herzkontraktionen.
12.18.55		Cornealreflexe schwächer.
12.19		Herzkontraktionen wieder energischer und regel- mäßiger.
12.20		Cornealreflexe fehlen.
12.20.22	10	
12.23.22	10	Abklemmung der Cava inferior gelöst.
12.23.34		Abklemmung der Cava sup. dextra gelöst.
12.23.40		Abklemmung der Cava sup. sinistra gelöst.
12.25.50	10	Herz maximal dilatiert, nur noch oberflächliche Aktion.
	Der Druck steigt nicht wieder an.	Punktion und Aspiration von Blut (links deut- lich arteriell, rechts venös) aus beiden Ventri- keln ohne Wirkung aufs Herz.
12.33		Herzstillstand.

Resultat: Das Herz hat eine Hohlvenenkompression von 6 Minuten nicht vertragen. Auch die Cornealreflexe kehren nicht wieder.

Diese Versuche zeigen, daß das Herz eines Kaninchens die Kompression der Hohlvenen bis zu 9 Minuten ohne Schaden überstanden hat. Das Herz hat nach Lösung der Abklemmung seine Funktion wieder aufgenommen. Es sind aber irreparable Störungen im Gehirn aufgetreten; die Cornealreflexe sind nicht wiedergekehrt. Eine Abklemmung der Hohlvenen von $3\frac{3}{4}$ Minuten haben dagegen Herz und anscheinend auch Gehirn vertragen. Es zeigt sich auch hier wiederum der Unterschied in der Widerstandsfähigkeit des Herzens und des Gehirns gegen schwere Zirkulationsstörungen. Jedenfalls mahnen unsere Versuche zur Vorsicht bei der Hohlvenenkompression am Menschen. Soll hier die Abklemmung der Venae cavae zur Stillung von Blutungen bei Herzwunden dienen, so kann man Gehirnkomplikationen dadurch vermeiden, daß man von Zeit zu Zeit die Kompression vermindert und, wenn auch auf Kosten eines Blutverlustes, die Gehirn-zirkulation zeitweilig wieder in Gang setzt.

Wir sind mit weiteren Versuchen über die Wirkung der Gefäß-abklemmung am Herzen auf die Gehirntätigkeit beschäftigt.

Aorte
u. Aortenbogen.
Komplett comprimiert
Kurve 1.

Kurve 2. Totale Compression der Aorta durch Aortenbogen

Kurve 3. Totale compression d. Pulmonalis

Kurve 4. Cava sup. dextra abgeklammert

Lewin u. Stivers.

Verlag von F.W. Vogel in Leipzig

Zulassung von Oscar Fritzsche in Leipzig