

W. Böttcher
A. Krüger

Der Beginn der chirurgischen Therapie der Lungenembolie

Eingegangen: 18. Juli 2006
Akzeptiert: 26. Juli 2006

Wolfgang Böttcher, ECCP (✉)
Alexander Krüger, MD
Deutsches Herzzentrum Berlin
Kardiotechnik
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin, Germany
E-Mail: boettcher@dhzb.de

Virchow über die Lungenembolie

Auch wenn sich einige Wissenschaftler wie René Théophile Hyacinthe Laennec (1781–1826) schon früher mit dem Phänomen einer Lungenapoplexie auseinandergesetzt hatten, so waren es doch erst die Ergebnisse der Arbeit des Pathologen Rudolf Virchow (1821–1902), die in der Mitte des 19. Jahrhunderts nachweisen konnten, dass es sich bei der

The history of surgery in pulmonary embolism

► **Zusammenfassung** Die Idee der chirurgischen Therapie der Lungenembolie äußerte 1907 zuerst Trendelenburg. Erst 17 Jahre später konnte er in seinem letzten Lebensjahr die erfolgreich durch Kirschner durchgeführte Operation nach seiner Methode erleben. Die Herz-Lungen-Maschine, die zunächst für genau diesen Zweck von Gibbon erdacht worden war, wurde im Rahmen der operativen Lungenembolektomie erstmals 1961 eingesetzt.

► **Schlüsselwörter** Lungenembolektomie – Geschichte – Embolie – Trendelenburg – Kirschner

► **Summary** The idea of surgical intervention in cases of pulmonary embolism was first suggested by Trendelenburg in 1907. Seventeen years later, in the last year before his death (1924), he saw the first case successfully treated by Kirschner using his method. The heart-lung machine, invented by Gibbon originally for pulmonary embolism treatment, was first used successfully for this purpose in 1961.

► **Key words** Pulmonary embolectomy – history – embolism – Trendelenburg – Kirschner

Lungenembolie um einen rein mechanischen Vorgang handelt [18, 25, 31, 59].

Virchow hatte am 2. August 1845 zunächst in einer Rede anlässlich der 50-jährigen Stiftungsfeier des medizinisch-chirurgischen Friedrich-Wilhelms-Instituts über seine Theorie von der Entstehungsart der Lungenembolien berichtet. In einer vom ihm im darauffolgenden Jahr veröffentlichten Publikation bemerkte er: „Erst in neuerer Zeit ist man mehr-

fach auf das ebenso merkwürdige, als wichtige Phänomen der Verstopfung der Lungenarterie durch Blutgerinnsel aufmerksam geworden; die Ansichten über den Hergang und die Bedeutung derselben sind aber bei der geringen Zahl der bis jetzt darüber bekannt gewordenen Beobachtungen noch nicht in dem geringsten Einklange“ [59].

Hinsichtlich der Ursache einer Lungenembolie formulierte Virchow, nachdem er im Rahmen

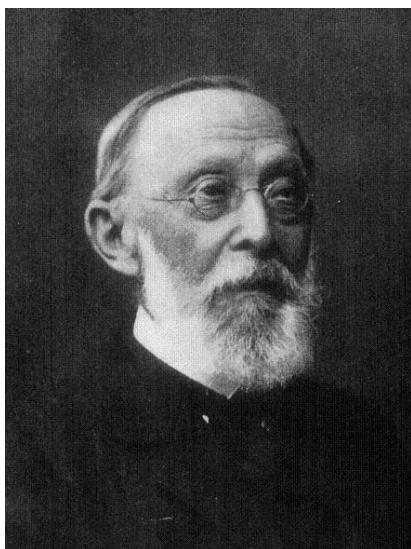


Abb. 1 Rudolf Virchow

seiner Sektionen in der Berliner Charité entdeckt hatte, „dass die Verstopfung der Lungenarterie wenigstens zu den häufigeren Krankheitszuständen zu rechnen ist“: „Diese Pröpfe sind an irgend einem, in der Zirkulation vor den Lungen gelegenen Teile des Gefäßsystems, d.h. in den Venen oder dem rechten Herzen, entstanden, und durch den Blutstrom in die Lungenarterie geführt worden.“ Und Virchow erklärte weiter: „Wenn das in einer Vene enthaltene Blut gerinnt, so erstreckt sich für gewöhnlich die Gerinnung nicht bloß bis zu dem nächsten, dem Kreislaufe erhaltenen Gefäße, sondern über die Mündung hinaus eine größere oder geringere Strecke in das freie Gefäß hinein. Dieses im höchsten Grade wichtige Gesetz ist, meines Wissens, bisher weder berücksichtigt; noch erkannt worden. ... Vermöge der größeren Befeuchtung hat dieser Teil stets eine große Neigung zur Erweichung; nach einer gewissen Zeit wird also das gegen ihn anströmende Blut fähig sein ihn zu lockern und Stücke davon abzulösen.“ Virchow zog folgenden Vergleich: „Soll man nicht annehmen, dass hier ein ähnliches Aus-

spülen und Abnagen geschehen ist, wie man es täglich an den Ufern von Strömen sehen kann?“ Virchow hatte Experimente an Hunden durchgeführt, wobei er durch das Einbringen von Fremdmaterial in die Venen, wie Holundermark oder Kautschuk, den Weg derartiger Emboli erforschte.

Trendelenburgs Idee

Der berühmte Chirurg Friedrich Trendelenburg (1844–1924) wies im Zusammenhang mit einer akut auftretenden Lungenembolie auf Folgendes hin: „Aus meiner Erfahrung sind die Fälle, in denen der Abschluss zunächst nur ein partieller ist, und der Tod erst nach einer Viertelstunde oder später eintritt, häufiger als die ganz plötzlichen Todesfälle“ [54]. Trendelenburg äußerte daraufhin seine Überzeugung, dass bei mindestens der Hälfte aller Lungenembolien mehr als eine Viertelstunde zur Verfügung stünde, die innerhalb eines Krankenhauses einen ausreichenden Zeitraum darstellen sollte, um eine lebensrettende Operation, die selbst nur wenig Zeit in Anspruch nehmen würde, zumindest zu versuchen. Was die Technik einer solchen Operation anbelangt, hatte Trendelenburg 1907 zunächst über Tierversuche berichtet, bei denen er „nach Freilegung des ganzen Herzens den Conus arteriosus des rechten Ventrikels incidirte, von hier aus eine weite Canüle in die Pulmonalis eingeschoben und dann mittels einer Saugspritze die Emboli aus der Pulmonalis herausbefördert hatte.“ Später bevorzugte er eine direkte Inzision der Pulmonalarterie und stellte fest, dass die Extraktion der Emboli mit einer Polypenzange wesentlich einfacher zu erreichen war [55].

Trendelenburg hatte gehofft, am 21. April 1908 auf dem 37.

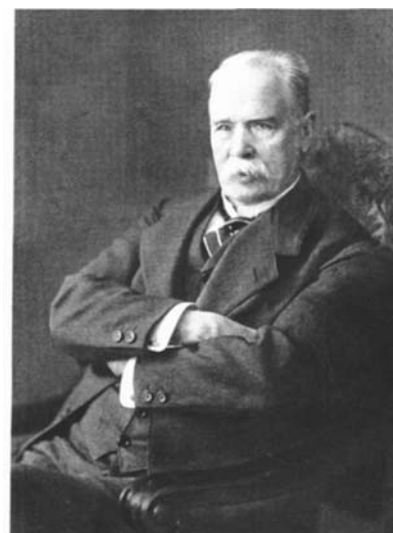


Abb. 2 Friedrich Trendelenburg [58]

Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie „über einige Erfahrungen mit dieser Operationsmethode am Menschen berichten zu können. Der Zufall hat es aber gewollt, dass wir längere Zeit keine Embolie erlebt haben. Bei dem einzigen Fall, bei dem ich einen Versuch machen konnte, gelang derselbe nicht, im Wesentlichen wegen falscher Technik“ [54].

Über seinen ersten Versuch wurde 1907 durch Trendelenburg folgendes berichtet: „Der einzige bisher am Menschen von T. ausgeführte Versuch missglückte. Ein unglücklicher Zufall wollte es, dass bei der 62-jährigen Frau mit Karzinom des Dickdarmes und plötzlich auftretendem Kollaps durch Embolie der Lungenarterie eine alte Verwachsung der Blätter des Perikardiums bestand. Das Herz konnte daher nicht hervorgezogen werden, und bei dem Versuche der Lösung des Perikardiums vom Herzen entstand eine profuse Blutung, die den Tod beschleunigte. Der 10 cm lange fast fingerdicke Embolus fand sich gleich nach dem Tode in der linken Pleurahöhle, wohin er mit dem Blut aus dem Herzen gelangt war, ob mit oder ohne Hilfe der Herzpumpe, konnte nicht konstatiert werden. Die zahlreichen günstigen

Diskussion. Kraus (Berlin) schließt sich Pässler an betreffs der Indikationsstellung. Die Fälle von starrem Thorax sind die geeignetsten. Die symptomatische Besserung ist ganz auffallend. Ob die Starre des Thorax primär ist oder nicht, bleibt dahingestellt. K. warnt davor, zu früh zu operieren. — Hofbauer: Da die Förderung der Ausatmung beim Emphysem sehr wichtig ist, empfiehlt er eine von ihm hergestellte Bauchbandage, die in diesem Sinne wirkt und rät, die Operation nicht zu verfrühen. — Kraus (Berlin) betont nochmals den auffallenden Erfolg der Entfernung starrer Rippenknorpel in bezug auf leichtere Atmung. — Seidel (Dresden) gibt technische Bemerkungen zur Operation selbst. Eine besondere Schwierigkeit bietet die Beseitigung der 1. Rippe, immerhin ist sie mit Lär'scher Zange ganz gut möglich. Unter Hinweis auf die Arbeiten von Schmorl und Hart bespricht er die Möglichkeit einer Beeinflussung der Spitzentuberkulose durch Durchschneidung der 1. Rippe. — Es beteiligen sich an der Diskussion noch Hofbauer, Stieda, Vollhardt (Dortmund). Das Schlußwort erhält Seidel (Dresden): Mit Herrn Kraus sind wir der Meinung, daß nicht jeder Fall von Emphysem bei Thoraxstarre ohne weiteres operiert werden soll. Wie aus dem Vortrage von Herrn Prof. Pässler wohl hervorgeht, plädieren auch wir natürlich zunächst für interne Behandlung, fordern aber bei nachgewiesener Nutzlosigkeit derselben allerdings baldige Operation. Scheint diese Indikation zunächst auch, wie Herr Kraus meint, noch etwas weit gestellt, so wird sie sich bei näherer Betrachtung als exakt und rationell erweisen. Besonders hebe ich Herrn Kraus gegenüber hervor, daß in unserem Falle ja alle Mittel der internen Behandlung erschöpft waren, daß Pat. vor der Invalidisierung stand und die Indikation zur Operation nicht einseitig, sondern durch intensives Zusammenarbeiten des internen Klinikers und des Chirurgen gestellt wurde. Mit Herrn Kraus betone ich Herrn Hofbauer gegenüber, daß die Behinderung der Inspiration beim Emphysem eine große Rolle spielt.

Was die technische Seite der Frage betrifft, so ist vielfach die Ansicht laut geworden, daß die Operation eine schwierige sei. Das ist sie nicht. Eine gewisse Vorsicht ist natürlich am Platze, um unerwünschte Nebenverletzungen und namentlich Pneumothorax zu vermeiden. Ich bin in der Weise vorgegangen, daß ich vom ersten Rippenknorpel mit der Lür'schen Zange Stück für Stück abtrug, bei den vier nächsten Rippen das Perichondrium ablöste, den Rippenknorpel mit stumpfer Führungsnadel umging und mit Giglisäge durchschnitt. Die entfernten Stücke waren $1\frac{1}{2}$ cm lang. Bei den ersten drei Rippen wurden die über ihnen lagernden Pectoralisfasern durchtrennt, bei der 4. und 5. Rippe stumpf auseinander gezogen. Die Blutung war gering.

Besonderes Interesse erfordert die Durchschneidung der 1. Rippe. Sie ist unseres Wissens, abgesehen von Zwecken der Thorakoplastik, hier zum ersten Male vorgenommen worden. Dabei erwies es sich nicht als nötig, einen Teil der Clavicula mit fortzunehmen, wie Hildebrandt vorschlug. Diese Tatsache ist nun äußerst wichtig. Die Enge und Starre der oberen Brustapertur wird bekanntlich für die Entstehung der Spitzentuberkulose zum Teil verantwortlich gemacht. Die dahin zielenden Untersuchungen von Freund sind von Hart erweitert worden. Er konnte ferner bestätigen, daß in zahlreichen Fällen von ausgeheilter Spitzentuberkulose sich Gelenkbildungen an 1. oder 2. Rippe fanden. Diese Befunde haben Freund ja schon vor längerer Zeit veranlaßt, die Durchschneidung der 1. Rippe bei beginnender, sonst nicht zur Ausheilung kommender Spitzentuberkulose zu fordern. Da sich die Operation als so verhältnismäßig einfach erwiesen hat, werden wir sie nun auch in geeigneten Fällen von Spitzentuberkulose ausführen. Es ist dies ein Vorgehen, das bei den vielen fruchtlosen Versuchen, die Initialtuberkulose zu bekämpfen, bei gewissenhafter Auswahl sicherlich angebracht ist und unseren physiologischen und pathologisch-anatomischen Erfahrungen durchaus entspricht. (Selbstbericht.)

m. F. Trendelenburg (Leipzig). Zur Herzchirurgie.

Die Embolie der Lungenarterie führt häufig nicht sofort, sondern erst

Abb. 3 Titelseite von Trendelenburgs erstem Bericht 1907. Hier wird erstmals die chirurgische Therapie der Lungenembolie vorgeschlagen, experimentell durchgeführt und klinisch versucht [53]. Unauffällig beginnt mit den letzten Zeilen dieser Seite einer der wichtigsten Beiträge in der Geschichte der Chirurgie

Erfahrungen der Herznaht, bei zufälligen Verletzungen des Herzens ermutigen und berechtigen zu weiteren Versuchen am Menschen (Selbstbericht)“ [53].

Für und Wider

Trendelenburgs Vorschlag zum chirurgischen Vorgehen bei einer Lungenembolie fand nicht nur Zustimmung. Ranzi bemerkte 1908: „Wir haben erst vor Kurzem

einen durch Adhäsionen bedingten Ileusfall infolge eines im Anschlusse an die Operation aufgetretenen embolischen Insultes so schwere Symptome durch fast 12 Stunden gesehen, dass wir an einem Aufkommen der Patientin zweifelten und doch ist es durch Verabreichung von excitirenden Mitteln (Digalen etc.) sowie intravenösen Infusionen mit Kochsalz-Adrenalin gelungen, die Patientin über die Embolie hinwegzubringen ... Ich habe den Eindruck, dass

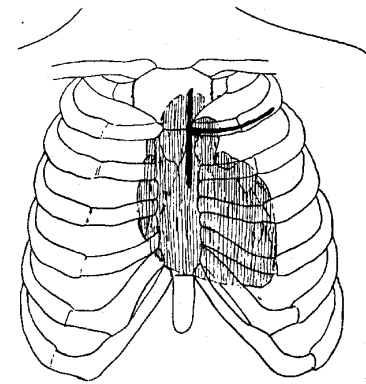


Abb. 4 Die Schnittführung nach Trendelenburg [54]. Schumacher beschreibt sie 1913 wie folgt: „Der Trendelenburg'sche T-Schnitt gab uns in allen Fällen raschesten und bequemen Zugang. Nachdem die 2. Rippe resp. nach außen gebrochen ist, wird die Pleura eröffnet und die 3. Rippe am Knorpel am besten von innen nach außen durchtrennt. Dann wird der Rippensperrer eingesetzt“ [49]

man in eben diesem erwähnten Fall durch einen operativen Eingriff geschadet hätte“ [41]. Er führte weiter aus: „Es ist also die Entscheidung, ob man operieren soll oder nicht, solange die Patientin lebt, sehr schwierig. ... Ein weiterer für die Operation sehr wichtiger Punkt ist der Umstand, dass wir nicht im Stande sind, den Sitz der Embolie mit Sicherheit zu bestimmen. Günstig für die Operation sind bloß die Fälle, in denen der Embolus im Stamm oder in einem Hauptast der Arteria pulmonalis steckt. Unter unseren neun Fällen mit protrahiertem Verlauf zeigte die Section 5-mal in den Nebenästen der A. pulmonalis sitzende Emboli, 2-mal war der Stamm und 2-mal ein Hauptast verlegt. Die Entfernung der Emboli und den Verzweigungen der A. pulm. in den 5 Fällen wäre wohl kaum möglich gewesen“ Und er schlussfolgert: „Die Trendelenburg'sche Operation soll in geeigneten Fällen versucht werden, jedoch erst dann, wenn alle anderen Mittel versagt haben“ [41].

Busch (Krankenhaus am Urban, Berlin) bemerkte auf der 177. Sitzung der Freien Vereini-

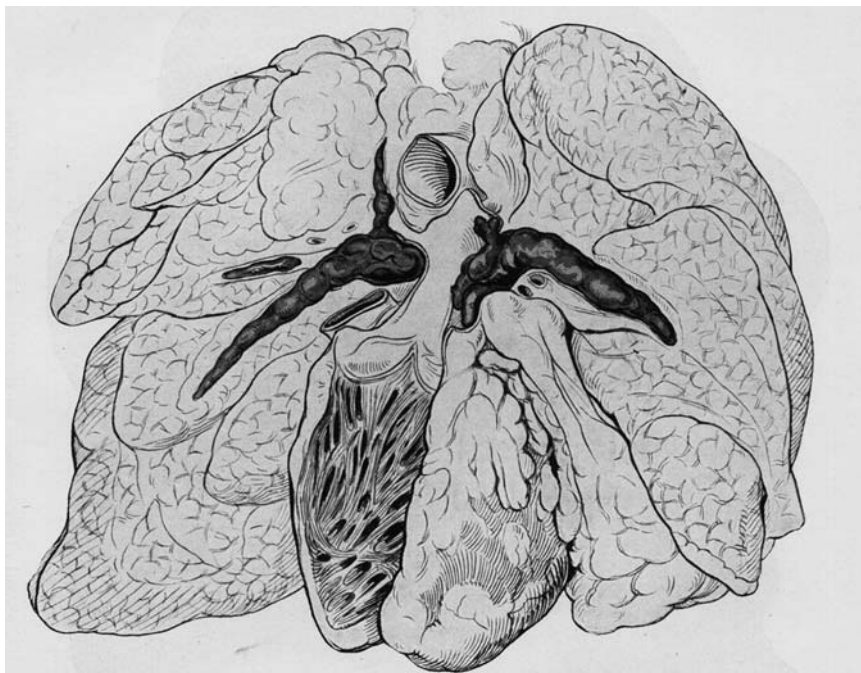


Abb. 5 Ein „doppelseitiger Lungenembolus in situ“ wie ihn Sauerbruch in seiner „Chirurgie der Brustorgane“ einige Jahre bevor eine derartige Operation tatsächlich gelingen konnte, illustrierte [44]. (Mit freundlicher Genehmigung des Verlages Springer)

gung der Chirurgen Berlins am 8. Februar 1909: „dass gewisse diagnostische und prognostische Schwierigkeiten bestehen, ... schwierig ist der Entschluss zu dem Eingriff jedenfalls, da die Diagnose, ob Embolie der Lungenarterie oder Versagen der Herz-tätigkeit infolge von Degeneration des Muskels jedenfalls nicht in allen Fällen zu stellen ist. Unsicher ist es ferner, ob der Embolus derart sitzt, dass er entfernbar ist, d. h. ob er im Stamm bzw. an der Gabelung des Gefäßes steckt, oder ob weit in die Peripherie reichende, verästelte Thromben da sind ...“ [2].

Capelle beschrieb einige Jahre später ein weiteres Beispiel dafür, dass ein chirurgischer Eingriff nicht immer notwendig sein muss: „Einmal bot sich akut ein derart hoffnungsloses Bild, dass wir überzeugt waren, selbst mit dem Transport vom I. Stock in den Operationsaal zu spät zu kommen; während wir zögerten, hob sich der Zu-

stand – der Kranke genas unoperiert!“ Er führte weiter aus: „Die Hemmungen werden verstärkt durch die nicht unbeträchtliche Zahl von Fehldiagnosen, die sich fortwährend in das zehnjährige Beobachtungsmaterial einschieben. ... Bei kategorischer Indikationsstellung würden wir also ungefähr jeden 3. Fall der großen Embolien von vornherein umsonst operiert haben“ [3]. Schumacher berichtete, dass sehr häufig fälschlicherweise eine Lungenembolie diagnostiziert worden war: „In erster Linie ist es die Myodegeneratio cordis, die sehr leicht zur Fehldiagnose Lungenembolie Anlass giebt“ [48]. So wurde dann auch häufiger infolge einer Fehldiagnose die Trendelenburgsche Operation versucht. Kirschner stellte fest: „Aber gerade die durch den Trendelenburgschen Vorschlag veranlasste Beschäftigung mit dieser Erkrankung hat gezeigt, dass die Abgrenzung des Krankheitsbildes der großen Embolie gegen einige andere Erkrankun-

gen bisweilen äußerst schwierig, manchmal sogar unmöglich ist“ [22].

Läwen und Sievers

Da bei der Trendelenburg'schen Operation die Eröffnung der Pulmonalarterie nur in Verbindung mit einer zeitweiligen Unterbrechung des Blutstromes im kleinen Kreislaufe durchgeführt werden kann, beschäftigten sich 1908 Trendelenburgs Schüler Artur Läwen (1876–1958) und Roderich Sievers (1878–1943) in der Chirurgischen Universitätsklinik zu Leipzig auf dessen Veranlassung tierexperimentell mit der Frage, wie lange man den Blutstrom ohne Schaden für das Tier unterbrechen darf: „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 1/2 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 ... so kann man Gehirnkomplicationen dadurch vermeiden, dass von Zeit zu Zeit die Kompression vermindert und, wenn auch auf Kosten eines Blutverlustes, die Gehirnzirkulation zeitweilig wieder in Gang setzt“ [26].

Eine zwei Jahre später (1910) veröffentlichte Arbeit dieser beiden Forscher kommt dann zu der Schlussfolgerung: „Die Indikation zur Ausführung zur Trendelenburgschen Lungenembolieoperation ist dann gegeben, wenn ein vollkommener oder doch nahezu

Tab. 1 Maximale Abklemmzeit der Pulmonalarterie in Abhängigkeit von der Wiederbelebungs-methode nach Läwen und Sievers (1910) [27]

Wiederbelebungs-methode	Max. Abklemmungszeit (min)
Keine	2 1/2
Künstliche Atmung mit atmosphärischer Luft	3 1/2–4
Künstliche Atmung mit Sauerstoff	5 1/2
Künstliche Sauerstoffatmung und Herzmassage	6 1/2
Natr. percarbonic. (Sauerstoff) Injektionen ins Gehirn	3 1/2
Strophantin ins Herz	Inkonstante Wirkung
Künstl. Sauerstoffatmung mit Adrenalininjektionen ins Herz	7–8

vollkommener Verschluss der Lungenarterie erfolgt ist. Besonders geeignet für die Operation sind natürlich die Fälle, bei denen der vollkommenen Verlegung des Lungenkreislaufs eine bemerkbare, partielle Einengung vorangegangen war und daher genug Zeit zur Vorbereitung und Ausführung der Operation gegeben ist. Der Erfolg der Operation ist dann im wesentlichen davon abhängig, wie lange Zeit zwischen dem völligen Verschluss und der Extraktion der Emboli verstrichen ist, da die Schwere der Herzschädigung allein davon abhängt“ [27].

Läwen und Sievers verglichen in dieser Arbeit unterschiedliche Wiederbelebungs-methoden und konstatierten: „Diejenige Methode, die die längste Abklemmungszeit am Versuchstier ermöglichte, muss auch, auf die Embolieoperation übertragen, die beste Maßregel zur Wiederbelebung des versagenden Herzens sein“ [27]. Sie wiesen nach, dass mit Wiederaufnahme der Zirkulation nach der Lungenembolektomie eine künstliche Beatmung mit Sauerstoff in Verbindung mit einer Adrenalininjektion in den linken Ventrikel die besten Ergebnisse zeigte.

Lungenembolektomie

Trendelenburg schilderte 1908 seinen Fall, den er als so typisch „für die Symptome der Embolie

bei langsamer tödlichem Verlaufe“ hält. Eine 70-jährige Patientin erlitt sechs Tage nach einer Fraktur des Schenkelhalses eine Lungenembolie: „Abends 1/2 Stunde nach dem Umbetten tritt plötzlich Collaps mit starkem Schweiß auf, Patientin stöhnt und jammert in größter Angst. 3 Minuten später ist das Bewusstsein schon deutlich gestört, die Pupillen sind erweitert, die Lidspalten weit geöffnet. Starke Blässe des Gesichts; Lippen und Zunge zeigen leicht livide Färbung, die Jugularvenen sind etwas stärker gefüllt als normal. Athmung frequent, tief und forciert, Puls nirgends mehr zu fühlen, keine Herztöne hörbar. So blieb der Zustand bis zum Beginn der Operation, 18 Minuten nach Eintritt der ersten Symptome. Da die Patientin bei den Hautschnitten noch etwas reagierte, wurden einige Züge Chloroform gegeben. Kleine durchtrennte Arterien spritzten nicht, sondern ließen ganz wenig sehr dunkles Blut kontinuierlich abrieseln; Pulmonalis und Aorta waren prall gefüllt, ohne jede Spur von Pulsation. Ueber das Verhalten des Herzens kann ich nichts angeben, es wird wohl noch schwach pulsirt haben, da die Atmung trotz der Eröffnung des Thorax gut im Gange blieb.“

„Ich hatte statt des glatten Gummischlauches ein leinenes Band genommen, wie bei früheren Thierversuchen. Das feucht gewordene Band ließ sich nur mit Mühe hinter

den prall gefüllten, nicht mehr pulsirenden Arterienstämmen durch den Sinus pericardii durchziehen, es kam dabei von hintenher eine störende Blutung, und zwar hatte das Band, wie sich bei der Section zeigte, die Pulmonalis an ihrer hinteren Seite an einer kleinen Stelle etwas angescheuert und eingeschnitten. Es wurde comprimirt, incidirt und einige 3–5 cm lange Emboli wurden extrahirt, beim Aufhören der Compression blutete es weiter von hinten, bald hörte die bisher noch regelmäßige Athmung auf“ [54]. Nach einem Bericht von einer weiteren erfolglosen Operation, bei der ein 45-jähriger Patient immerhin erst nach 37 Stunden postoperativ infolge einer A. mammaria-Blutung verstarb, schloss Trendelenburg: „Hoffentlich trägt diese Mitteilung dazu bei, Zweifler davon zu überzeugen, dass es sich bei der Operation der Embolie der Lungenarterie nicht um ein wertloses chirurgisches Bravourstück, sondern um ein wohlberechtigtes, zweckmäßiges Verfahren handelt, mit dem es unter günstigen Umständen gelingen wird, sicherem Tode verfallene Menschenleben zu retten“ [56].

Mehr als ein Jahrzehnt mit erfolglosen Operationen

Kirschner berichtet, dass er vor der von ihm durchgeführten Operation in der Literatur über 20 operativ angegangene Fälle gefunden habe, von denen kein Patient den sechsten postoperativen Tag überlebt habe. Wahrscheinlich war die Anzahl der tatsächlichen, infolge einer hohen Anzahl nicht publizierter weil erfolgloser Fälle, weitaus höher.

Sievers äußerte sich nach seiner zweiten derartigen Operation, die er am 30. April 1908 durchgeführt hatte: „Da gelingt es nun auf operativem Wege das Zirkulationshindernis, die beiden großen

Emboli zu beseitigen und die Frau noch 15 Stunden am Leben zu erhalten. Diese nackte Tatsache bedeutet gewiss einen bedeutenden Fortschritt auf dem eingeschlagenen Wege, einen erfreulichen Erfolg der Trendelenburg'schen Operation, deren Durchführbarkeit am Menschen damit bewiesen ist“ [51].

Der von Hermann Krüger am 13. April 1909 operierte Fall, der postoperativ an einer „eitrigen Pleuritis“ starb, war der bis dahin am längsten überlebende Fall [23]. Krüger selbst berichtete von dem Krankheitsverlauf der 33-jährigen Landwirtsfrau, die einige Tage nach einer Operation einer Leistenhernie beim Verbandwechsel plötzlich nicht mehr auf Anrufen reagierte. 20–25 Minuten später wurde operiert. In Ermangelung des Trendelenburg'schen Instrumentariums musste zwar improvisiert werden, doch die Operation gelang: Mehrere Emboli konnten entfernt werden, und die Patientin wurde nach einer Viertelstunde wieder wach. Sie verstarb jedoch am 18. April um 23 Uhr [23].

Einige Chirurgen schlugen nach ihren Erfahrungen und Misserfolgen Modifikationen der Operationsmethode Trendelenburgs vor. So hielten es einige für besser, das Abklemmen der Arterie ganz aufzugeben und dafür durch Kompression der Hohlvenen das Blut vom Herzen abzustauen [20, 24, 42]. Die Kompression der Hohlvenen wird nach Rehns Ansicht besser vertragen, als die Abklemmung der großen Arterien [24].

Johanna Kempf

An der Chirurgischen Universitätsklinik Königsberg zählte Martin Kirschner (1879–1942) in den acht Jahren, nachdem er 1916 das chirurgische Ordinariat über-



Abb. 6 Martin Kirschner. Der erste Chirurg, dem mit einer Lungenembolotomie ein dauerhafter Erfolg vergönnt war [32]

nommen hatte, zehn große ausnahmslos tödlich verlaufende Lungenembolien. Am 18. März 1924 gelang ihm die erste erfolgreiche Lungenembolotomie.

Kirschner schilderte seinen Fall der 38-jährigen Johanna Kempf, die drei Tage zuvor an einem Schenkelbruch operiert worden war: „Der zuständige Assistent setzte die Kranke im Bett zur Untersuchung der Lunge auf. Beim Zurücklegen wirft die Kranke plötzlich beide Arme in die Luft, presst dann die Hände in höchster Angst auf die Brust, fällt leichenblass in die Kissen zurück und ringt krampfhaft nach Atem. Wir beobachten sie etwa 8 Minuten. In diesen 8 Minuten wird der Zustand von Minute zu Minute zusehends schlechter und ist bald katastrophal. Der anfangs wech-

Ein durch die Trendelenburg'sche Operation geheilter Fall von Embolie der Art. pulmonalis¹⁾.

Von
M. Kirschner.

(Aus der Chirurgischen Universitäts-Klinik Königsberg i. Pr. —
Direktor: Prof. Dr. M. Kirschner.)

Mit 1 Textabbildung.

Das Krankheitsbild der *Lungenembolie* gliedert sich zwanglos in 2 Gruppen:

Bei der einen Gruppe bleiben kleine Emboli in den feineren Verzweigungen der Art. pulmonalis stecken; die Erkrankung tritt, abgesehen von dem gelegentlichen Einsetzen mehr oder weniger heftiger Brustschmerzen, in der Regel ohne stürmische Erscheinungen auf, und erst nach einiger Zeit machen sich die Zeichen eines Lungeninfarktes, Infiltration eines umschriebenen Lungenbezirkes, bronchopneumonische und pleuritische Herde und blutiges Sputum bemerkbar.

Bei der anderen Gruppe verstopfen die Emboli den Hauptstamm oder die größeren Äste der Art. pulmonalis; die Träger erkranken in Form einer plötzlichen, lebensbedrohenden Katastrophe mit hochgradigster Todesangst, Atemnot und Herzschwäche; sie gehen fast ausnahmslos nach einigen Minuten oder Stunden an Sauerstoffmangel oder Erlahmung der Herzkraft qualvoll zugrunde.

Diese große oder massige Form der Embolie der Lungenschlagader, von der im folgenden im wesentlichsten allein die Rede sein soll, ist eine der furchtbarsten Gefahren, die drohend über jedem Krankenlager schwebt. Sie ereignet sich mit Vorliebe nach chirurgischen Eingriffen. Neben dem Auftreten einer schweren Infektion nach einer an sich aseptischen Operation erscheint kaum etwas anderes geeignet, den Glauben an die chirurgische Kunst stärker zu erschüttern als ein derartiges unglückseliges Erlebnis. Nur der, der eine operative Tätigkeit ausübt, weiß, wie vernichtend es auf den verantwortlichen Chirurgen wirkt, wenn er plötzlich wie aus heiterm Himmel an der Leiche eines Menschen steht, der sich ihm zur Vornahme eines nicht lebensnotwendigen Eingriffes anvertraute.

¹⁾ Auszugsweise unter Vorstellung der geheilten Kranken vorgetragen am 1. Sitzungstage der 48. Tagung der deutschen Gesellschaft für Chirurgie am 23. IV. 1924.

Abb. 7 Titelseite von Kirschners Bericht der ersten erfolgreichen Lungenembolotomie aus dem Jahre 1924 [22]. (Mit freundlicher Genehmigung des Verlages Springer)

selnde Puls ist nicht mehr zu fühlen, die Kranke atmet nur noch schwach, sie macht den Eindruck einer Sterbenden, mit der es in wenigen Minuten zu Ende sein muss. Die Kranke wird nun in größter Eile über eine Strecke von etwa 115 m in den Operationsaal gefahren und nach kurzer Desinfektion (Hände mit Alkohol, Operationsfeld 1 maliger Anstrich mit Tanninalkohol) wird die Operation mit dem bei uns stets bereitliegenden Embolieinstrumentarium, 15 Minuten nach Eintritt der Embolie, begonnen. Narkose ist nicht erforderlich, da die Frau bereits bewusstlos ist. Aus dem bereitgestellten Überdruckapparat erhält sie während der Operation Sauerstoff“ [22].

Die legendäre Operation

Kirschner beschrieb sein Vorgehen wie folgt: „Ich operierte genau nach den von Trendelenburg angegebenen Vorschriften: T-förmiger Haut-Muskelschnitt, Resektion der 2. Rippe in 10 cm Länge, Wegkneifen des Ansatzstückes der 3. Rippe, Unterbindung der Art. mammaria int., Eröffnung der linken Pleura, Abstopfen der Pleura, Eröffnung des Herzbeutels, Aorta und Art. pulmonalis werden mit der ge-

krümmten Trendelenburgschen Sonde unterfahren, an der ein Gummischlauch nachgezogen wird. Nach Anziehen des Gummischlauches durch einen Assistenten wird die Art. pulmonalis durch Einstich mit einem Messer eröffnet. Sofort stürzt ein Schwall schwarzen Blutes heraus, der bei noch stärkerem Anziehen des Schlauches aufhört. Schnell fahre ich mit der Faszange in den rechten, dann in den linken Ast der Pulmonalis und hole jedesmal ein umfangreiches Gerinnsel heraus. Ich fasse in jeden Ast noch ein zweites Mal hinein und befördere wiederum kleinere Gerinnsel ans Tageslicht. Dann gehe ich mit der Zange noch ein drittes Mal in jeden Ast, ohne jedoch noch weitere Gerinnsel zu finden. Nun ziehe ich den Schlitz in der Art. pulmonalis mit 2 feinen Pinzetten hoch, fasse das Loch seitlich mit der Trendelenburgschen Klemmzange und gebe die Blutpassage frei“ [22].

Schnelligkeit zählt

„Vom Hautschnitt bis zu dem Augenblick, wo das Ziel der Trendelenburgschen Operation, die Wiederherstellung der freien Blutpassage, erreicht ist, sind im ganzen nur 4 Minuten vergangen. Die

Schnelligkeit des Operierens wurde dadurch wesentlich gefördert, dass eine Blutung überhaupt nicht erfolgte. Ich operierte an der bewusstlosen Kranken vollkommen blutleer wie am Kadaver. Die Abdrosselung der großen Gefäße durch Anziehen des Gummischlauches bis zur Wiederfreigabe des Blutstromes nach seitlicher Abklemmung des Loches in der Art. pulmonalis hat 40–45 Sekunden gedauert“ [22].

Marcus bemerkte, dass die Dauer des Eingriffes außerordentlich kurz sein muss, „so dass die Gefahr für das Herz und das in diesem Augenblick von der Blutzufuhr abgeschlossene Zentralnervensystem auf ein Mindestmaß zurückgeführt wird“ [30]. Er fügte hinzu: „Dass die Einwirkung auf das Zentralnervensystem nicht zu unterschätzen ist, konnten wir auch in unserem Fall sehen; die Patientin war in den ersten Tagen nach der Operation geistig nicht ganz klar. Kirschner berichtet ein Gleiches von seiner Kranken“ [30].

Operation gelungen

Kirschner beendete seine Operation: „Während der Abdrosselung der großen Blutgefäßstämme hat das Herz bereits zu schlagen auf-

Tab. 2 Die ersten Operationen bei Lungenembolie

Publiziert 1907	Friedrich Trendelenburg	Leipzig	Profuse Blutung infolge Verwachsungen [8, 53]
Publiziert 1908	Friedrich Trendelenburg	Leipzig	Blutung (Pulmonalarterie eingeschnitten) [54]
30. April 1908	Roderich Sievers	Leipzig	15 Stunden postoperativ verstorben [8, 51, 56, 57]
9. Juni 1908	Friedrich Trendelenburg	Leipzig	37 Stunden überlebt, Mammaria-Blutung [29, 56, 57]
7. Juni 1908	Egon Ranzi	Wien	Nach 40 min verstorben [41]
13. April 1909	Hermann Krüger	Jena	Am 18. April 11 Uhr verstorben [23]
Bericht 1912	Hans Hermann Schmid	Prag	Intraoperativ verstorben [45]
12. Mai 1912	Ferdinand Sauerbruch	Zürich	Intraoperativ verstorben [48]
16. Mai 1912	Dagobert Schumacher	Zürich	Intraoperativ verstorben [48, 49]
Publiziert 27. März 1913	Dagobert Schumacher	Zürich	Intraoperativ verstorben [8]
7. Mai 1913	Dagobert Schumacher	Zürich	Postoperative Herzmassage erfolglos [48, 49]
Publiziert 1913	Artur Läden	Leipzig	Berichtet eine Reihe von Fällen [8, 28]
Publiziert 1913	Hans Hermann Schmid	Prag	Tod durch linksseitigen Pneumothorax [46]
Publiziert 1913	Ludwig Rehn	Frankfurt a. M.	Intraoperativ : „allein die Patientin war und blieb tot“ [42]

Tab. 3 Die ersten erfolgreichen Lungenembolektomien

18. März 1924	Martin Kirschner	Königsberg	[22]
9. Februar 1927	Arthur Meyer	Berlin-Charlottenburg	[34, 38]
15. März 1927	Arthur Meyer	Berlin-Charlottenburg	[33, 37]
23. September 1927	Clarence Crafoord	Stockholm	[7, 16]
23. Oktober 1927	Clarence Crafoord	Stockholm	[7, 16]
4. Februar 1928	Gunnar Nyström	Uppsala	[40]
10. Februar 1928	Arthur Meyer	Berlin-Charlottenburg	[35–37]
21. Januar 1929	Gunnar Nyström	Uppsala	[40]
24. Februar 1931	Arthur Meyer	Berlin-Charlottenburg	[38]
4. Januar 1933	Clarence Crafoord	Stockholm	[29]

gehört, es zeigt nur noch einige fibrilläre Zuckungen. Nach einigen Augenblicken setzt aber die Herzaktion wieder ein, wird allmählich regelmäßig und kräftig“ [22]. „3 Wochen nach der Operation konnte die Kranke das Bett verlassen. 5 Wochen nach der Operation überstand sie anstandslos die Reise von Königsberg nach Berlin, so dass sie auf dem Chirurgenkongress geheilt vorgestellt werden konnte“ [22]. Dies geschah am 1. Sitzungstage der 48. Tagung der deutschen Gesellschaft für Chirurgie am 23. April 1924.

Auch nach vier Jahren fühlte sich die Operierte sehr wohl und konnte ihren Beruf als Näherin oft bis spät in die Nacht ohne jede Störung versehen, wie einem Diskussionsbeitrag Stegemanns auf der 52. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie 1928 zu entnehmen war.

Kirschners zweite Patientin konnte beinahe ebenso mit Erfolg operiert werden, doch die Atemlähmung war bei tadelloser Herztätigkeit nicht zu beheben. Nach etwa zweistündiger „künstlicher Atmung“ trat doch der Tod ein [34].

Clarence Crafoord

Clarence Crafoord (1899–1983) hatte innerhalb von vier Wochen an Stockholms Läns Centrallasarett zwei Fälle von Lungenemboliekтомie mit Erfolg operieren können [7]. Den ersten Fall ope-

rierte er am 23. September 1927. Ein Jahr später ergab ein Telefongespräch, dass die Patientin leichte Hausarbeit zu verrichten imstande war [7]. Eine 52-jährige Frau wurde von Crafoord am 23. Oktober 1927 operiert und konnte am 2. Dezember aus dem Krankenhaus entlassen werden [7]. Crafoord schloss nach diesen Erfolgen: „Trendelenburgs Operation ist ein typischer Eingriff, der sich in den meisten Fällen gut in der zur Verfügung stehenden Zeit ausführen lässt“ [7]. Und in einem anderen Bericht schließen die schwedischen Chirurgen: „Seine geniale Operation sollte allgemeiner ausgeführt werden“ [16].

Gunnar Nyström

Gunnar Nyström (1877–1964) aus Uppsala in Schweden berichtete ebenfalls über mehrere von ihm operierte Fälle. Der erste von ihm am 1. Oktober 1927 operierte Fall war eine 48-jährige Patientin, die jedoch 30 Stunden postoperativ starb [40]. Am 13. Dezember 1927 operierte er dann eine weitere Patientin. Am Tag nach der zunächst erfolgreichen Lungenemboliekтомie starb sie an einer erneuten Embolie [40].

Am 4. Februar 1928 wurde dann ein 35 Jahre alter Landwirt operiert, bei dem zuvor ein Eingriff am Blinddarm vorgenommen worden war und der beim Aufsetzen im Bett offensichtliche Symptome einer Lungenembolie

zeigte. Dieser Patient konnte am 17. März, etwa sechs Wochen nach der Operation, aus dem Krankenhaus entlassen werden [40]. Auch eine weitere am 21. Januar 1929 operierte 46 Jahre alte Patientin überlebte eine Lungenemboliekтомie und konnte am 30. März entlassen werden [40].

Meyer in Berlin

Arthur Woldemar Meyer (1885–1933) konnte während der 51. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im April 1927 von seiner ersten erfolgreichen Lungenemboliekтомie berichten. Die 54-jährige Anna Winger erlitt am 9. Februar 1927 eine Lungenembolie [33]. Meyer lehnte die Operation zunächst ab, „da bekanntlich diese Operation außerordentlich gefährlich ist und wir alle wissen, dass die schwersten Embolien auch so vorübergehen können“. Einige Stunden später kam die Tochter seiner Patientin aus dem Zimmer und rief: „Retten Sie meine Mutter, sie stirbt!“ Daraufhin wurde sie innerhalb von zwei Minuten in den Operationssaal transportiert und die lebensrettende Operation innerhalb von etwa zehn Minuten ausgeführt. Meyer bemerkte: „Eines war nun sehr wichtig: als die Emboli herausgezogen waren – 3-mal ging ich in den rechten Ast, 3-mal ging ich in den linken Ast, und als ich die Klemme anlegte, um die Naht zu machen, trat Atemstillstand ein und das Herz arbeitete nur sehr wenig –, kam mein Oberarzt auf den glücklichen Gedanken, Kohlensäureinhalation anzuwenden. Sofort trat durch den Reiz der Kohlensäure auf die Nasenschleimhaut eine tiefe Inspiration ein und nachdem einmal der erste Atemzug getan war, stellte sich durch die Belastung des Blutes mit der nun inhalierten Kohlensäure die Atmung weiter

ein, und ich kann wohl sagen, dass wir dann unter allgemeiner Fröhlichkeit die Naht der Pulmonalis gemacht haben“ [32]. Seine zweite Patientin, operiert am 15. März 1927, starb aufgrund einer erneuten Embolie 25 Tage nach der Trendelenburgschen Operation [33]. Am 10. Februar 1928 operierte er wiederum erfolgreich eine Patientin, deren zunächst letzte Worte waren: „Ich glaube ich muss sterben“. Meyer aber konnte sie einige Zeit postoperativ als geheilt und völlig arbeitsfähig einschätzen [35, 36].

Nach einer weiteren Operation bei einer 78-jährigen Patientin konnte Meyer dann schon über vier erfolgreiche Lungenemboliekтомien berichten [34, 38]. Damit war er der zu jener Zeit weltweit erfolgreichste Chirurg hinsichtlich der Operation der Lungenembolie. Meyer wurde offenbar so sehr gefeiert, dass Schmieden als Vorsitzender das Auditorium bat „dass der Beifall nicht zu lange und nicht zu laut zum Ausdruck kommen möge“ [47]. Meyer verwies auf seine Modifikation: „Auf dem diesjährigen Chirurgenkongress 1928 habe ich über die eben geschilderte dritte Lungenembolie-Operation gesprochen, desgleichen wurde von Gunnar Nyström, Upsala, über eine und von K.H. Giertz, Stocksund, über zwei, im September und Oktober 1927 von seinem Oberarzt, Dr. Crafoord, ausgeführte Operationen berichtet. Nach vergeblichen Versuchen mit der Original-Trendelenburgschen Methode haben diese Autoren, wie aus ihren Briefen an mich hervorgeht, aber erst Erfolg gehabt – so in diesen 3 Fällen –, als sie meine Modifikation (T-förmiger Hautschnitt tiefer, Resektion zweier Rippen und extrapleurale Pericardöffnung) anwandten.“ Er fügte hinzu: „Nach der Original-Trendelenburgschen Methode (Resektion der 2. Rippe, Einkerbungen der 3. Rippe, transpleurale Pericardöffnung) hat nur

M. Kirschner bisher – als erster überhaupt – Erfolg gehabt. Alle weiteren und sehr zahlreichen Versuche dieser Art sind aber bisher erfolglos geblieben. Auch wenn die Patienten vom Tisch kamen und noch mehrere Tage lebten, so sind sie doch an den Folgen des das Herz und die Atmung schwer mitleidenden, auch durch Überdruck nie vollständig zu beseitigenden Pneumothorax – ich meine Nachblutung, Exsudation, Infektion, Herzschwäche – zu Grunde gegangen (vgl. die Fälle von Trendelenburg, Låwen, Siewers, Krüger, Schumacher usw.). Da bei dieser Abänderung der Trendelenburgschen Operation bisher 6 Erfolge – 3 von mir und drei von den beiden genannten schwedischen Chirurgen – zu verzeichnen sind, so empfiehlt es sich wohl, sie grundsätzlich in dieser Weise auszuführen“ [36].

Lungenemboliekтомie in den USA

Am 2. Juni 1932 wurde über einen Versuch durch Arnold Griswold in den Vereinigten Staaten berichtet, eine Lungenemboliekтомie durchzuführen. Dieser misslang jedoch, da man zu lange wartete in der Hoffnung, dass sich die 24-jährige Patientin auch ohne Operation wieder erholen möge [17]. Griswold stellte fest, dass bis zu diesem Zeitpunkt kein Bericht über einen Versuch der chirurgischen Therapie der Lungenembolie aus amerikanischen Kliniken vorlag [17].

Dennoch müsste schon vorher mindestens eine derartige Operation durchgeführt worden sein. Denn John Heysham Gibbon jr. (1903–1973) berichtete, dass er auf die Idee kam, eine Herz-Lungen-Maschine zu konstruieren, als er im Februar 1931 am Bostoner Massachusetts General Hospital das Schicksal einer Pa-

tientin mit einer Lungenembolie miterlebt hatte [13, 14]. Edward Delos Churchill (1895–1972) berichtete von diesem Fall ohne ein exaktes Datum anzugeben erst 1934 [4]. Churchill unternahm den Versuch seine 53-jährige Patientin durch eine Trendelenburg-Operation zu retten. Die Patientin kam jedoch nie wieder zu Bewusstsein. Schon im Zeitraum vom 29. Oktober 1930 bis zum 6. November 1930 hatte Gibbon an Katzen Versuche unternommen, um das Herzzeitvolumen unter den Bedingungen einer graduellen Okklusion der Pulmonalarterie zu untersuchen [11]. Mary Hopkinson, damalige Mitarbeiterin in Churchills Team und spätere Ehefrau Gibbons wird später Freitag, den 3. Oktober 1930 als den Tag benennen, an dem die Idee geboren wurde [10, 15, 43]. Gibbons Aufgabe war es an jenem Tag, in 15-Minuten-Intervallen die Vitalwerte dieser Patientin mit einer Lungenembolie zu erfassen. Nach einer Beobachtungszeit von 17 Stunden musste Gibbon vermelden, dass der Blutdruck der Patientin nicht mehr messbar war. Erst daraufhin begann Churchill mit einer Operation, die bis dahin in Europa nur neun von mehr als 140 operierten Patienten und in Amerika noch gar kein Patient überlebt hatte [12, 15]. Gibbon stellte sich in jener Nacht vor, dass das Leben der Patientin hätte gerettet werden können, wenn man das blaue Blut aus ihren Venen kontinuierlich durch einen extrakorporalen Kreislauf geleitet hätte, wobei man es einer Atmosphäre von Sauerstoff aussetzt und anschließend wieder in eine Arterie zurückbefördern würde [14]. Mit einer solchen Perfusionsapparatur hätte man genug Zeit, Emboli aus der Pulmonalarterie zu entfernen, da die Blutdruck und die künstliche Atmung zumindest über einen kürzeren Zeitraum aufrechterhalten werden könnten [12].

Am Peter Bent Brigham Hospital in Boston konnte im 14. Januar 1958 schließlich die erste erfolgreiche Lungenembolektomie in den USA ohne den Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine gelingen [52].

Lungenembolektomie mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine

Ein 67-jähriger Patient war der erste, der eine Lungenembolektomie mit dem Einsatz der Herz-Lungen-Maschine überlebte. Diese Operation fand am 17. Februar 1961 im Johns Hopkins Hospital in Baltimore statt. Edward H. Sharp operierte diesen Fall, assistiert von Henry T. Bahnson [50]. Mittels bikavaler Kanülierung wurde das venöse Blut einem Scheibenoxygenator zugeführt und nach entsprechender Oxygenation und Kohlendioxydelimination durch eine zu jener Zeit noch übliche femoralarterielle Kanülierung wieder in die systemische Zirkulation zurückgepumpt. Währenddessen konnte ein Thrombus, der die linke Pulmonalarterie total verschlossen hatte, herausgezogen werden. Auch in der rechten Pulmonalarterie fanden sich kleinere Gerinnsel, die ebenfalls entfernt werden konnten. Nach 35 Minuten wurde die extrakorporale Zirkulation er-

folgreich beendet. Die Antikoagulation wurde bei dieser Operation noch mit Polybrene antagonisiert, ein damals neuer Heparinantagonist, der aufgrund seiner potenziellen Nephrotoxizität bald wieder vom Markt verschwand [1, 19]. Am 1. April 1961 konnte der Patient aus dem Krankenhaus entlassen werden.

Wenige Wochen später, am 18. April 1961 wurde eine 37-jährige Patientin etwa 30 Stunden nach Einlieferung in das Krankenhaus und 42 Stunden nach Eintritt der Symptome durch Denton Arthur Cooley (*1920) operiert [5]. Cooley nahm an, dass er somit erstmals eine derartige Operation mit dem Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine schildern konnte. Tatsächlich erschien sein Bericht im JAMA auch früher (am 5. August 1961) als Sharps Fallbeschreibung in den Annals of Surgery (Juli 1962).

Nach medianer Sternotomie kam bei ihm eine Herz-Lungen-Maschine mit Rollerpumpen in Verbindung mit einem Bubble-Oxygenator zum Einsatz. Nach 15 Minuten mit totalem kardiopulmonalem Bypass konnte die extrakorporale Zirkulation erfolgreich beendet werden. Zwei Wochen nach dieser Operation wurde der Patient wieder entlassen.

Cooley wies in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die

Füllung des extrakorporalen Systems der Herz-Lungen-Maschine anstatt mit Blut, wie in jener Zeit üblich, durch Blutersatzstoffe wie Dextran die Anwendung der Herz-Lungen-Maschine in Notfällen erleichtere. Somit wären bei einem sterbenden Patienten keine längeren Vorbereitungen notwendig [5, 6].

Thorakotomie

Einar Key vermerkte noch 1929, dass Schmid und Rehn schon vorgeschlagen hatten, „zwecks Schonung der Pleura das Sternum der Länge nach zu spalten. Diese Methode ist jedoch zu ergreifend und scheint keine Vorteile gegenüber der von Trendelenburg angegebenen Schnittführung zu bieten. Ferner riskiert man bei ihr, beide Pleuren zu lädieren“ [21]. Karl Vosserschulte (1907–2001) wandte dann am 3. Juni 1959 dieses „transsternale Verfahren“ im Rahmen einer Lungenembolektomie an. Diese Operation verlief jedoch nicht erfolgreich. Rudolf Nissen (1896–1981) konnte mit dieser Methode nur sieben Tage später den ersten Fall retten [60]. Auch Vosserschulte konnte wenig später selbst über sehr gute Erfolge berichten [9].

Literatur

1. Blumberg JB, Winterscheid LC, Dillard DH, Vetto RR, Merendino KA (1960) The clinical use of polybrene as an antiheparin agent in open heart surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 39:330–336
2. Busch M (1909) Über plötzliche Todesfälle mit besonderer Berücksichtigung der Indikationsstellung für die Trendelenburgsche Operation bei Lungenembolie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 35:1264–1266
3. Capelle (1920) Einiges zur Frage der postoperativen Thromboembolie. *Brunns' Beiträge zur klinischen Chirurgie* 119:485–517
4. Churchill ED (1934) The mechanism of death in massive pulmonary embolism. *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 59:513–517
5. Cooley DA, Beall AC Jr, Alexander JK (1961) Acute massive pulmonary embolism. Successful surgical treatment using cardiopulmonary bypass. *Journal of the American Medical Association* 177:283–286
6. Cooley DA, Beall AC Jr, Grondin P (1962) Open-heart operations with disposable oxygenators, 5 per cent dextrose prime, and normothermia. *Surgery* 52:713–719
7. Crafoord C (1928) Two cases of obstructive pulmonary embolism successfully operated upon. *Acta Chirurgica Scandinavica* 64:172–186
8. Eichelher G (1932) Die Operation der Lungenembolie nach Trendelenburg. (Bericht über die bisher bekannt gewordenen und acht weitere Fälle). *Der Chirurg* 4:209–229

9. Eisenreich F (1969) Operative Therapie und Verfahrenswahl bei der Lungenembolie. *Langenbecks Archiv für Chirurgie* 325:1076–1085
10. Fou AA (1997) John H Gibbon. The first 20 years of the heart-lung machine. *Tex Heart Inst J* 24:1–8
11. Gibbon JH Jr, Hopkinson M, Churchill ED (1932) Changes in the circulation produced by gradual occlusion of the pulmonary artery. *Journal of Clinical Investigation* 11:543–553
12. Gibbon JH Jr (1937) Artificial maintenance of circulation during experimental occlusion of pulmonary artery. *Archives of Surgery* 34:1105–1131
13. Gibbon JH Jr (1968) Development of the artificial heart and lung extracorporeal blood circuit. *Jama* 206:1983–1986
14. Gibbon JH Jr (1978) The development of the heart-lung apparatus. *Am J Surg* 135:608–619
15. Gibbon M (1978) Personal recollections of the earliest years of the development of the heart-lung machine. *Journal of Extra-Corporeal Technology* 10:77–88
16. Giertz KH, Crafoord C (1928) On the thrombo-embolic disease and its surgical treatment. *Acta Chirurgica Scandinavica* 64:121–171
17. Griswold RA (1933) The Trendelenburg operation for pulmonary embolism. *Annals of Surgery* 98:33–42
18. Hach W, Hach-Wunderle V (1999) Medizinhistorische Betrachtungen über die Erforschung der venenthrombose bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. *Phlebologie* 28:162–168
19. Haller JA Jr, Ransdell HT Jr, Stowens D, Rubel WF (1962) Renal toxicity of polybrene in open-heart surgery. *Journal of Thoracic Cardiovascular Surgery* 44:486–491
20. Jeger E (1913) Die Chirurgie der Brustgefäße und des Herzens. August Hirschwald, Berlin
21. Key E (1929) Die Embolieoperationen auf Grund der bisherigen Erfahrungen. Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie 22:1–42
22. Kirschner M (1924) Ein durch die Trendelenburgsche Operation geheilter Fall von Embolie der Art. pulmonalis. *Archiv für klinische Chirurgie. Kongressorgan der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 133:312–359
23. Krüger H (1909) Ein nach Tendelenburg operierter Fall von Embolie der Lungenarterie. *Zentralblatt für Chirurgie* 36:757–762
24. Küttner H (1923) Die Trendelenburgsche Operation der Lungenembolie. In: Bier A, Braun H, Kümmell H (eds) *Chirurgische Operationslehre*. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig, vol 2, pp 582–587
25. Laennec RTH (1832) Abhandlung von den Krankheiten der Lungen und des Herzens und der mittelbaren Auscultation als eines Mittel zu ihrer Erkenntnis. August Lehnhold, Leipzig
26. Läden A, Sievers R (1908) 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. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 94:580–599
27. Läden A, Sievers R (1910) Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von künstlicher Atmung, Herzmassage, Strophanthin und Adrenalin auf den Herzstillstand nach temporärem Verschluss der Aorta und Arteria pulmonalis, unter Bezugnahme auf die Lungenembolieoperation nach Trendelenburg. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 105:174–256
28. Läden A (1913) Diskussion zu: Schumacher (Zürich). *Klinische und experimentelle Beiträge zur operativen Behandlung der Lungenembolie*. *Zentralblatt für Chirurgie* 40:54–55
29. Lewis I (1939) Trendelenburg's operation for pulmonary embolism. *Lancet* 1:1037–1041
30. Marcus ML (1930) Naht der Vena cava inferior und Trendelenburgsche Operation an einem Patienten nebst Bemerkungen über die Entstehung indirekter Cavarrisse. *Brunns' Beiträge zur klinischen Chirurgie* 148:651–656
31. McFadden PM, Ochsner JL (2002) A history of the diagnosis and treatment of venous thrombosis and pulmonary embolism. *Ochsner Journal* 4:9–13
32. Meade RH (1961) A history of thoracic surgery. Charles C Thomas, Springfield, Illinois
33. Meyer AW (1927) II. Erfolgreiche Operation der Embolie der Arteria pulmonalis. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft Chirurgie* 148:313–318
34. Meyer AW (1927) Erfolgreiche Trendelenburgsche Operation bei Embolie der Arteria pulmonalis. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 205:1–21
35. Meyer AW (1928) Eine weitere erfolgreiche Trendelenburgsche Lungenembolieoperation. *Archiv für klinische Chirurgie* 152:97–98
36. Meyer AW (1928) Eine weitere erfolgreiche Lungenembolie-Operation. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 211:352–358
37. Meyer AW (1928) Trendelenburgsche Lungenembolie-Operation. *Medizinische Klinik* 2:1436–1437
38. Meyer AW (1930) The operative treatment of embolism of the lungs. *Surgery, Gynecology and Obstetrics*, pp 891–898
39. Meyer AW (1931) Eine weitere (meine vierte) erfolgreiche Lungenembolieoperation. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 231:586–592
40. Nyström G (1930) Experiences with the Trendelenburg operation for pulmonary embolism. *Annals of Surgery* 92:498–532
41. Ranzi E (1908) Über postoperative Lungenkomplikationen embolischer Natur. *Archiv für klinische Chirurgie* 87:380–410
42. Rehn L (1913) Diskussion. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 42:102
43. Romaine-Davis A (1991) John Gibbon and his heart-lung machine. University of Pennsylvania Press, Philadelphia
44. Sauerbruch F (1920) Die Operation der Embolie der Lungenarterien. In: Sauerbruch F (ed) *Die Chirurgie der Brustorgane*. Verlag von Julius Springer, Berlin, vol 1, pp 852–860
45. Schmid HH (1912) Kurzer Bericht über einen Fall von Trendelenburg'scher Operation. *Zentralblatt für Chirurgie* 40:42–43
46. Schmid HH (1913) Diskussion. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 42:101
47. Schober KL (1993) Wege und Umwege zum Herzen. Über die frühe Geschichte der Chirurgie des Thorax und seiner Organe. *Thorac Cardiovasc Surg* 41(Suppl 2):155–256
48. Schumacher D (1913) Beiträge zur operativen Behandlung der Lungenembolien. *Archiv für klinische Chirurgie* 101:818–832
49. Schumacher D (1913) Beiträge zur operativen Behandlung der Lungenembolie. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 42:169–183
50. Sharp EH (1962) Pulmonary embolism: successful removal of a massive pulmonary embolus with the support of cardiopulmonary bypass – case report. *Ann Surg* 156:1–4
51. Sievers R (1908) Ein Fall von Embolie der Lungenarterie nach der Methode von Trendelenburg operiert. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 93:282–291

52. Steenburg RW, Warren R, Wilson RE, Rudolf LE (1958) A new look at pulmonary embolectomy. *Surg Gynecol Obstet* 107:214–220
53. Trendelenburg F (1907) Zur Herzchirurgie. *Zentralblatt für Chirurgie (Verh. dtsh. Naturforsch. u. Ärzte Dresden)* 34:1302–1303
54. Trendelenburg F (1908) Über die operative Behandlung der Embolie der Lungenarterie. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 37:89–103
55. Trendelenburg F (1908) Zur Operation der Embolie der Lungenarterien. *Zentralblatt für Chirurgie* 35:92–94
56. Trendelenburg F (1908) Zur Operation der Embolie der Lungenarterie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 34:1172–1174
57. Trendelenburg F (1908) Über die operative Behandlung der Embolie der Lungenarterie. *Zentralblatt für Chirurgie* 35(Beilage):3–4
58. Trendelenburg F (1924) *Aus heiteren Jugendtagen*. Verlag von Julius Springer, Berlin
59. Virchow R (1910) *Thrombose und Embolie (1846–1856)*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig
60. Vosschulte K (1984) Pulmonale Embolektomie nach Trendelenburg. *Anfang und Entwicklung*. *Angio: Zeitschr. für Gefäßchirurgie, Angiologie, Angioradiologie* 6:260–266