

Sergej Sergejewitsch Brychonenko (1890–1960): Pionier des kardiopulmonalen Bypasses in der Sowjetunion

ZUSAMMENFASSUNG

Früher als John Heysham Gibbon jr. führte Sergej Sergejewitsch Brychonenko in der Sowjetunion mit seinem „Autojektor“ experimentell die isolierte Organperfusion und den kardiopulmonalen Bypass bei Hunden durch. Er äußerte schon 1929 die Vorstellung, dass Herzoperationen mit einer verbesserten Version des von ihm konstruierten Vorläufers der Herz-Lungen-Maschine möglich sein müssten. Nikolai Terebinski operierte mit Hilfe des Autojektors zwischen 1926 und 1937 tierexperimentell am offenen Herzen an den Herzklappen.

SCHLÜSSELWÖRTER

Geschichte, Herz-Lungen-Maschine, Sowjetunion, Autojektor, kardiopulmonaler Bypass.

ABSTRACT

Several years before John Heysham Gibbon, Jr., Sergei Sergeievich Brukhonenko experimentally performed perfusion of isolated heads and cardiopulmonary bypass in dogs with his “autojector”. In 1929 he had the idea that in principle surgery on the temporarily arrested heart in humans could be possible with an improved version of his forerunner of the heart-lung machine. Experimental operations were conducted by Nikolai Terebinski between 1926 and 1937 for surgery on the heart valves of dogs using the autojector.

KEY WORDS

History, heart-lung machine, Soviet Union, autojector, cardiopulmonary bypass.

GIBBONS IDEE

Beim 50-jährigen Jubiläum des ersten erfolgreichen, klinischen kardiopulmonalen Bypasses durch John Heysham Gibbon jr. darf ein früherer Pionier der extrakorporalen Zirkulation nicht unerwähnt bleiben.

Der Zeitpunkt, seit dem Gibbon die Idee der Herz-Lungen-Maschine verfolgte, kann präzise bestimmt werden. Gibbon machte sich im Oktober 1930 während der durchwachten Zeit zur Kontrolle einer Patientin, die eine massive Lungenembolie erlitt, Gedanken, ob sich zur Entfernung eines solchen Embolus die Lungenstrombahn mechanisch überbrücken ließe.

Friedrich Trendelenburg hatte schon während der Naturforscherversammlung in Dresden 1907 über Tierversuche berichtet, bei denen er nach Freilegung des ganzen Herzens eine weite Kanüle in die Pulmonalarterie eingeschoben und dann mittels einer Saugspritze die Emboli herausbefördert hatte. Ein Jahr später konnte er während des 37. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie 1908 zwar beim Tier schon vollständigen Erfolg mit seiner Methode vermelden. Am Menschen gelang ihm diese Operation jedoch nicht [20]. Erst am 23. April 1924 konnte Martin Kirschner während der 48. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie von Johanna Kempf berichten, einer Patientin mit massiver Lungenembolie, die durch die von Trendelenburg entwickelte Operation gerettet werden konnte [12]. Auf dem amerikanischen Kontinent war eine solche Operation jedoch vor Gibbons Nachtwache noch nicht gelungen. So wurde der chirur-

gische Eingriff in solchen Fällen hinausgezögert, bis die Verfassung des Patienten sich maximal verschlechtert hatte und so trotz dieses Risikos eine Operation gewagt werden durfte.

Vor Gibbons auslösendem Erlebnis im Oktober 1930, hatte ein russischer Forscher jedoch bereits in den 20er Jahren erstaunliche Ergebnisse im Zusammenhang mit extrakorporaler Zirkulation präsentieren können. Diese Experimente wurden jedoch in der Sowjetunion durchgeführt und sind damals von der westlichen Welt vermutlich nicht ausreichend gewürdigt worden [17]. Dennoch wiesen Beiträge in medizinischen Fachzeitschriften in Deutschland (1927) [8], Frankreich (1929) [3, 2, 4, 5] und später in Großbritannien (1960) [17] sowie in einem der wichtigsten Bücher über den kardiopulmonalen Bypass in den USA (1962) [11] auf diese bahnbrechenden Arbeiten hin.

SERGEJ SERGEJEWITSCH BRYCHONENKO

Der erste Forscher, der vor Gibbon einen Vorläufer der heutigen Herz-Lungen-Maschine zur extrakorporalen Zirkulation erdachte, war der Russe Brychonenko. (Abb. 1). In Zusammenarbeit mit S. Tschetschuline hatte er in den frühen 20er Jahren den „Autojektor“, einen Apparat zur „künstlichen Zirkulation mit Blut von Warmblütern“, konstruiert. Auf dem 2. Allrussischen Kongress der Pathologen 1926 wurde dieser Autojektor vorgestellt [16]. Ein Jahr später erwähnte er, gemeinsam mit Steppuhn, in der Münchener Medizini-



Abb. 1: Sergej Sergejewitsch Brychonenko (30. April 1890 – 20. April 1960). Hier Mitte der 50er Jahre vor seinem Autojektor. (Lutfia Arifulova, Russische Akademie der Medizinischen Wissenschaften)

schen Wochenschrift erstmals in der westlichen Welt seine Experimente in einem Bericht über die blutgerinnungshemmende Wirkung eines Arzneimittels [8]:

„Versuche mit künstlicher Blutzirkulation am isolierten Kopf und ganzen Körper und temporär ausgeschaltetem Herz und Lungen und andere Arbeiten der letzten Zeit gaben uns die Möglichkeit, das Präparat in breitem Maße anzuwenden.“ Am 1. Juni 1928 wurden weitere Experimente anlässlich des 3. Physiologenkongresses der Sowjetunion demonstriert, bei dem auch Wissenschaftler aus Großbritannien anwesend waren [17]. Ein Artikel in „La Presse Médicale“ des folgenden Jahres zeigte auch Bilder des Autojektors [10].

DER AUTOJEKTOR

Seine Erfindung, die zur künstlichen Blutzirkulation von ganzen, selbst größeren Tieren oder aber von Teilen wie einem separierten Kopf vorgesehen war, meldete Brychonenko 1928 in Deutschland, Frankreich und Großbritannien zum Patent an (Patent-

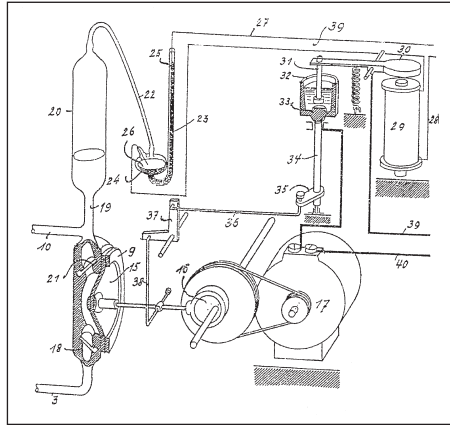


Abb. 2: Graphischer Aufbau, wie er in der Patentschrift aus dem Jahre 1928 in Großbritannien gezeigt wurde. Links unten die Diaphragmapumpe (9) mit Auslass (10). Der Antrieb mit Exzenter (16) und elektrischem Motor (17) rechts daneben. Das Blut wird über den Einlass (3) durch das Einlassventil (18) in die Pumpe gesogen. Es wird über das rechts daneben ersichtliche Auslassventil (21) zur Arterie (10) gepumpt. Der Druck wird mittels einer Quecksilbersäule (23) gemessen. Bei zu hohem Druck wird die Pumpe automatisch mittels der rechts daneben ersichtlichen Konstruktion gestoppt.

nummern: UdSSR No. 35976, Deutschland No. 13825, Großbritannien No. 30708, Frankreich No. 66878) (Abb. 2 u. 3).

Elektrisch betriebene druck- und sogeregelt Diaphragmapumpen förderten, in Verbindung mit einem Ventilsystem, das Blut aus dem venösen Blutgefäß des Körpers oder Körperteils zur Oxygenation in eine isolierte, rhythmisch beatmete Lunge, und eine zweite Pumpe unterhielt mit dem jetzt arterialisierten Blut die Perfusion. Das Perfusat wurde elektrisch erwärmt, da Brychonenko früh feststellte, dass der Organismus unter extrakorporaler Zirkulation ohne aktive Erwärmung auskühlen würde.

Eine Beschreibung der ersten Experimente findet sich auch im „Berliner Tageblatt“ vom 17. März 1929: „Der russische Physiologe Professor Brjuchenenko rühmt sich der Ausführung eines grausigen Experimentes: Er schneidet lebenden Hunden die Köpfe ab und schließt sie mittels eines Röhrensystems an eine Pumpmaschine an, die den Blutkreislauf im Gang hält. Er

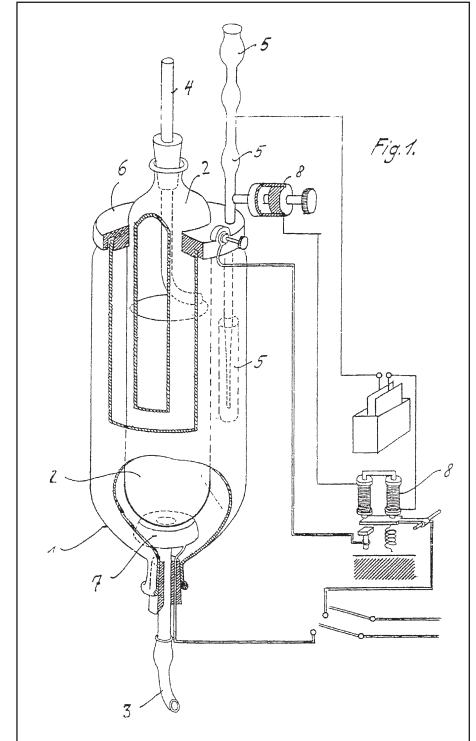


Abb. 3: Patentschrift aus Frankreich 1928. Zu sehen ist hier das Reservoir mit der Temperaturregulation. Das Perfusat sammelt sich über den Einlass (4) im inneren Gefäß (2). Im äußeren Gefäß wird über die Elektroden (6, 7) eine Säurelösung temperaturgeregelt (5) durch elektrischen Strom (8) konstant erwärmt. Der Strom wird automatisch unterbrochen, wenn die Temperatur eine Obergrenze überschreitet. Das erwärmte Perfusat verlässt das Reservoir über den Auslass (3).

hat dabei angeblich den Erfolg, dass die Köpfe bis zu dreieinhalb Stunden lebendig bleiben, alle Empfindungen äußern, die Zähne fletschen – als wollten sie bellen oder beißen –, Tränen vergießen ... , ja sogar in so verzweifelte Beweglichkeit geraten, dass sie von dem Teller zu springen drohen, auf den man sie gelegt hat“ [18] (Abb. 4 u. 5).

GEORGE BERNARD SHAW

In dem gleichen Artikel des Berliner Tageblattes ist ein Brief des englischen Dichters und Dramatikers George Bernard Shaw abgedruckt. Er schrieb in dieser Angelegenheit an eine Berlinerin am 12. März 1929:

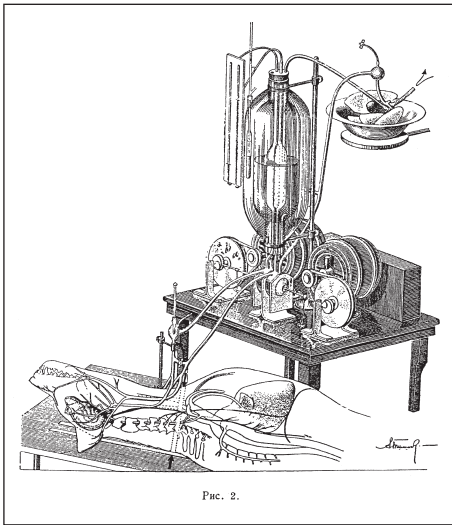


Abb. 4: Brychonenko verband die *A. carotis* und die *V. jugularis* mit dem Apparat für den künstlichen Kreislauf („Autojektor“). Es „... betrug der größte Zeitraum, während dem die Reaktionen auf äußere Reize sowie die willkürlichen Funktionen erhalten geblieben waren, 3 1/2 Stunden, im Mittel 1 1/2 bis 2 1/2 Stunden. Zum Schluss kommt es zu einem allmählichen Absterben aller Lebensäußerungen, offenbar im Zusammenhang mit der beobachteten Abschwächung des Gasaustauschs und der Senkung der Bluttemperatur (bis zu 30–29 °C)“ [7, 9].

„Ich finde das Brychonenko-Experiment furchtbar interessant; aber ich kann mir nichts Gedankenloseres vorstellen als die Anregung, es an einem zum Tode verurteilten Verbrecher nachzuprüfen. Das Leben einer solchen Person zu verlängern, ist nicht wünschenswert. Das Experiment müsste an einem Mann der Wissenschaft erprobt werden, dessen Leben von einem unheilbaren organischen Leiden – sagen wir Magenkrebs – gefährdet ist, das die Menschheit der Dienste seines Hirns zu berauben droht. Was kann leichter sein, als ein solches Genie vom Totenbett dadurch zu retten, dass man ihm den Kopf abschneidet, wobei man sein Gehirn vom Krebs befreit, während man die erforderliche Blutzirkulation durch die abgeschnittenen Arterien und Venen seines Halses unterhält, so dass der große Mann fortfahren kann, uns Vorlesungen zu halten, uns zu belehren, uns zu beraten, ohne durch

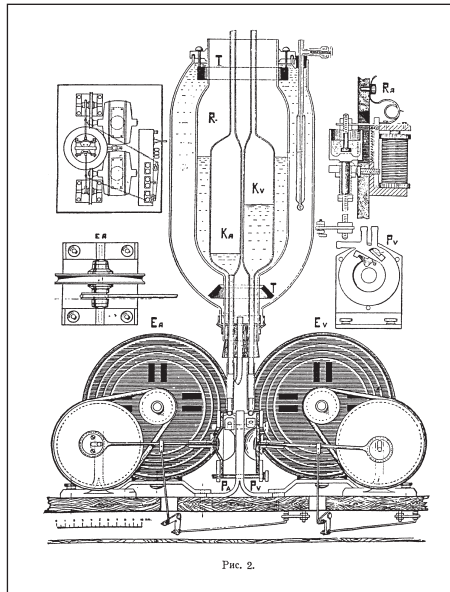


Abb. 5: Graphischer Aufbau der Maschine. Oben das Reservoir, unten das doppelte Pumpsystem. In der Mitte unten die beiden Membranpumpen. Links oben die Ansicht der Apparatur von oben, darunter Detailzeichnung der Antriebsscheiben. Rechts oben Detailzeichnung der Hochdruckabschaltung [6].

die Unzulänglichkeiten des Körpers beeinträchtigt zu werden.

Ich fühle geradezu die Versuchung, mir selbst den Kopf abschneiden zu lassen, damit ich weiterhin Stücke und Bücher diktieren kann, ohne durch Krankheiten gestört zu werden, ohne dass ich mich an- und ausziehen muss, ohne dass ich zu essen brauche, ohne dass ich überhaupt irgend etwas anderes zu tun habe als Meisterwerke der dramatischen Kunst und der Literatur zu produzieren.“ Und noch weiter: „Eine Universität, an der alle Lehrstühle von einer Reihe der feinsten Gehirne des Landes besetzt würden, mit nichts als einer Pumpe daran – wo, kurz, die gesamte Lehrtätigkeit rein zerebral wäre, würde ein enormer Fortschritt gegenüber dem heutigen Zustand sein.“

In der französischen Zeitung „Monde“ erschien ein größerer Beitrag über Brychonenkos Experimente am 13.10.1928. Eine Darstellung der Apparatur und der experimentellen Untersuchungen veröffentlichte

Brychonenko selbst 1929 in drei Artikeln in dem französischen Journal de Physiologie et Pathologie Générale, in denen detailliert die Apparatur und die Durchführung seiner Perfusionsexperimente beschrieben wurden [3, 2, 4].

DIE VISION

Am 1. November 1926 konnte die Zirkulation eines ganzen Tieres, dessen Herz zum Stillstand gebracht wurde, für zwei Stunden mit einem solchen Apparat aufrechterhalten werden. Nach der Beschreibung von acht weiteren derartigen, experimentellen Perfusionen mutmaßte Brychonenko am 11. Oktober 1928: „Würde diese Methode nicht, natürlich perfektioniert, auch in der klinischen Medizin von Nutzen sein: besonders in Situationen, wo es notwendig wäre, das Herz zumindest temporär zu ersetzen, um am menschlichen Herzen zu operieren? Ohne diese Frage weiter zu erörtern, können wir feststellen, dass prinzipiell die künstliche Zirkulation nicht nur klinisch anwendbar, sondern möglicherweise auch für Operationen am temporär stillgelegten Herzen anwendbar ist.“ Er schließt: „Die Lösung der Probleme in Bezug auf die künstliche Zirkulation des gesamten Organismus des Tieres öffnet die Tür zu den Problemen der Operationen am offenen Herzen, beispielsweise an den Herzklappen.“

Nahezu zwei Jahrzehnte, bevor Bigelow seine legendären Arbeiten zur Hypothermie vorlegte, kombinierte Brychonenko seine extrakorporale Zirkulation seit 1931 mit tiefer Hypothermie, indem er Hunde bis auf 3 °C abkühlte [13].

KÜNSTLICHE OXYGENATION

Der während des veno-arteriellen Bypasses erforderliche Gasaustausch erfolgte zu Beginn seiner Experimente mit dem Autojektor durch eine isolierte Spenderlunge. Ab 1936 wurde diese Methode des Gasaustausches durch einen von Brychonenko entwickelten Bubbleoxygenator ersetzt, den er am 31. März 1937 zum Patent anmeldete

(UdSSR Pat.-Nr. 61321 v. 31. Mai 1942) [13]. Dieser Oxygenator bestand aus zwei Glaswänden; innerhalb der ersten erfolgte der Gasaustausch durch den direkten Kontakt zwischen Blut und Sauerstoff, erwärmt durch die äußere Umhüllung. Der Schaumbildung versuchte man durch Alkohol zu begegnen (Abb. 6).

Die Funktionsweise dieser frühen Herzlungen-Maschine erschließt sich bei der Betrachtung eines Filmdokuments der Soviet Film Agency. Der 1940 produzierte Film „Research in the Revival of Animal Organisms by means of an Artificial Blood Circulation System carried out at the Institute of Experimental Physiology and Therapy, Voronezh, USSR“ zeigt Perfusionsexperimente am isolierten Hundekopf und am ganzen Organismus. Der Film wird kommentiert von John Scott Haldane, der bereits 1936 starb. Somit müsste auch der Film vor 1940 gedreht worden sein.

In diesem Film ist während der künstlichen Perfusion am abgetrennten Hundekopf nach entsprechender Stimulation das Blinzeln der Augen bis hin zum Lecken der Schnauze zu beobachten.

Später folgte Brychonenko der Idee, die extrakorporale Zirkulation als Wiederbelebungsmittel zu nutzen. Es werden Experimente gezeigt, bei denen Tieren das venöse Blut aus dem Körper geleitet wurde; nach einer normothermen Kreislaufstillstandszeit von 5–10 Minuten wurde die extrakorporale Zirkulation wieder aufgenommen. Dabei wurde das in einem Reservoir gesammelte Blut aus der Jugularvene durch eine isolierte beatmete Lunge geleitet und mit der arteriellen Pumpe über die A. carotis wieder in das arterielle Gefäßsystem gepumpt [15]. Überlebende Hunde wurden nach längerem normothermen Kreislaufstillstand und anschließend erfolgreicher Reanimation mittels systemischer Perfusion durch den Autojektor in augenscheinlich bester Gesundheit präsentiert. Dieser Film (67,8 MB bzw. 541MB) ist als Internet-Download verfügbar unter: <http://home.golden.net/~miq/films.html>

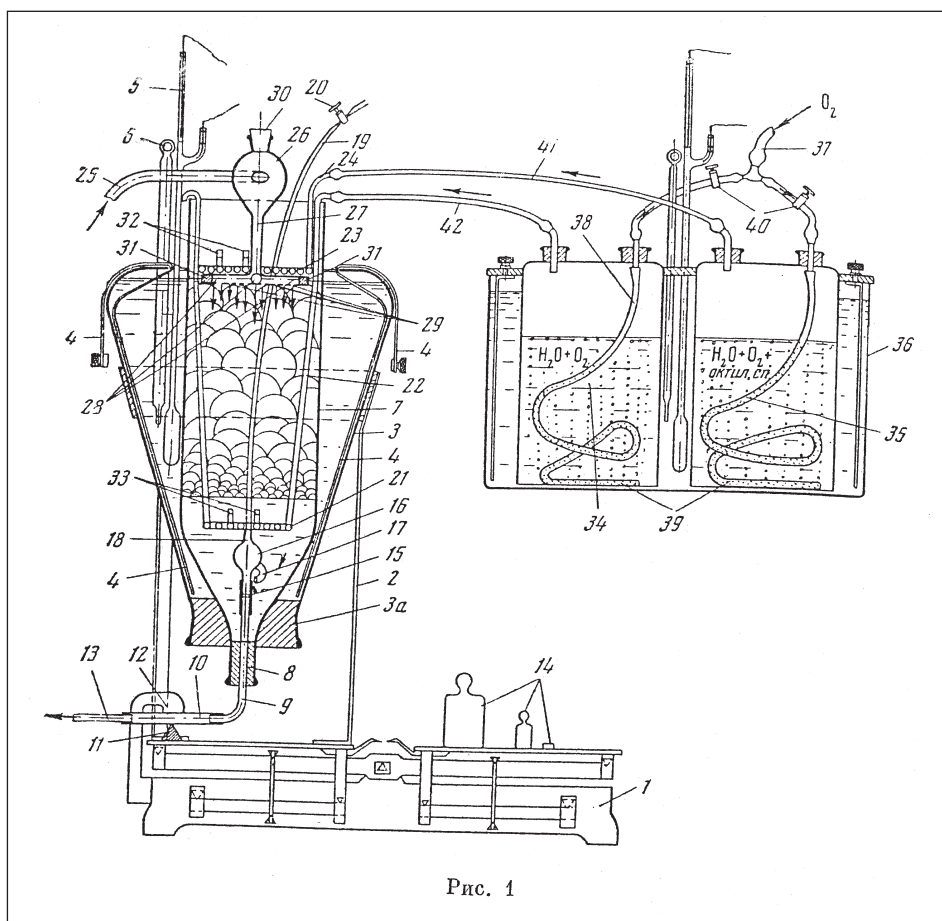


Abb. 6: Brychonenkos Bubbleoxygenator, den er am 31. Mai 1937 zum Patent angemeldet hatte (Pat.-Nr. 61321). Oben (25) wird das venöse Blut eingeleitet, innerhalb eines Glasgefäßes (7) wird mit direktem Blut-Sauerstoff-Kontakt oxygeniert. Das arterialisierete Blut verlässt den Oxygenator unten (13). Elektroden (4) sind in einem Säurebad zur elektrischen Erwärmung des Oxygenators vorgesehen. Die Temperatur kann somit überwacht und geregelt werden (5, 6). Der gesamte Oxygenator steht auf einer Waage (1).

HERZCHIRURGIE IN VERBINDUNG MIT EXTRAKORPORALER ZIRKULATION

Der sowjetische Chirurg Nikolai Terebinski wandte 1926 erstmals Brychonenkos Autojektor für Operationen am offenen Herzen an [1, 16]. Die durch Inflow-Occlusion ausgeschaltete Herzfunktion wurde durch den kardiopulmonalen Bypass ersetzt. Somit konnte weltweit wahrscheinlich erstmals am lebenden Individuum am offenen Herzen unter Sicht operiert werden. In mehr als zweihundert Fällen konnte Terebinski experimentelle Eingriffe an Herzklappen vornehmen. Ein großer Teil

jener Operationen wurde erst durch den Autojektor ermöglicht. Terebinski berichtete davon in seiner Monographie „Arbeiten über Erforschungen der offenen Zugänge zu den atrioventrikulären Klappen des Herzens“ (1940) [19].

Brychonenko verbesserte seine Maschine ständig, und mit seiner letzten Entwicklung, der SB-3, konnten Hunde mit einem Gewicht von bis zu 25 kg länger als eine Stunde perfundiert werden. Erst nach dem 2. Weltkrieg führte Alexander Vishnevski mit einer Weiterentwicklung von Brychonenkos SB-3, einer Maschine mit dem Na-

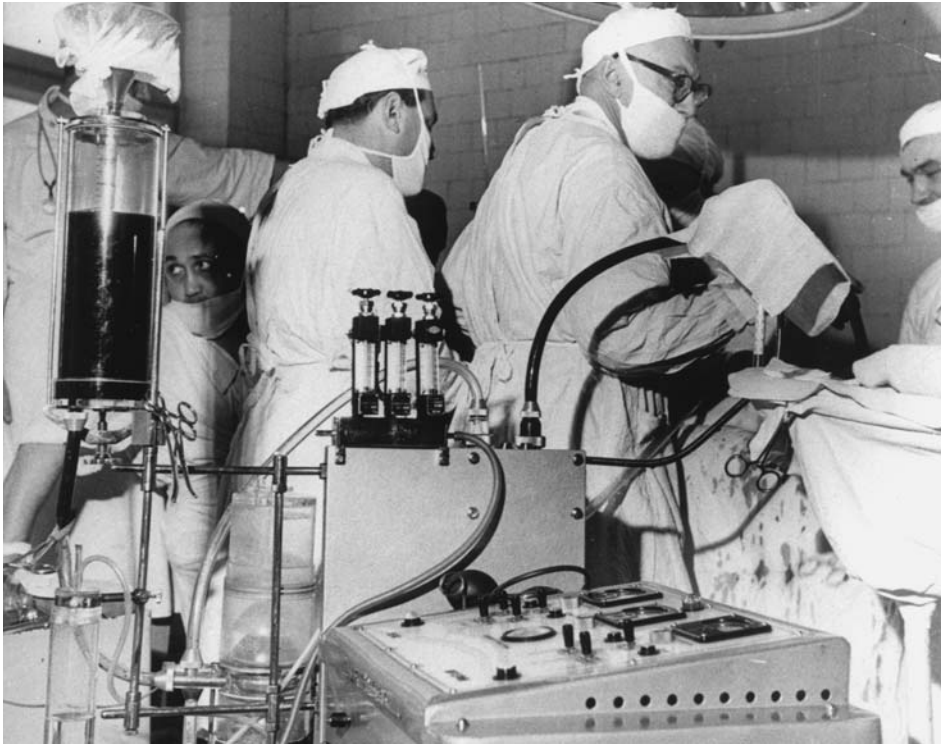


Abb. 7: Die erste Operation mit Herz-Lungen-Maschine in der Sowjetunion während der Korrektur einer Pulmonalklappenstenose (November 1957).

men ACD-57, im Jahre 1957 die erste erfolgreiche Operation am offenen Herzen in der UdSSR durch [14] (Abb. 7). Brychonenko war zu dieser Zeit Leiter eines Forschungsinstitutes der experimentellen Chirurgie, in dem diese Operation stattfand.

LITERATUR

[1] Alexi-Meskishvili VV, Potapov EV, Beyer EA, Hetzer R: Nikolai Terebinski: a pioneer of the open valve operation. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1440–1443

[2] Brukhonenko S: II Appareil pour la circulation artificielle du sang des animaux à sang chaud. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale* 1929; 27: 12–18

[3] Brukhonenko S: Circulation artificielle du sang dans l'organisme entier d'un chien avec cœur exclu. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale* 1929; 27: 257–272

[4] Brukhonenko S, Tchetchulin SI: Expériences avec la tête isolée du chien. I. Technique et conditions des expériences. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale* 1929; 27: 31–45

[5] Brukhonenko S, Tchetchuline S: VII Expériences avec la tête isolée du chien. II. Résultats des expériences. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale* 1929; 27: 64–79

[6] Brychonenko SS: [Apparat zur künstlichen Atmung (der Warmblüter)](rus). *Trudy Nauchnogo Khimiko-Farmatsev. Inst.* 1928; 20: 73–80

[7] Brychonenko SS, Tschetschulin SI: [Versuche zur Isolierung eines Hundekopfes](rus). *Trudy Nauchnogo Khimiko-Farmatsev. Inst.* 1928; 20: 7–43

[8] Brychonenko S, Steppuhn O: Experimentelles zur Anwendung von „Germanin“ (Bayer 205) bei Bluttransfusionen. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 1927; 74: 1316–1317

[9] Demichow W: Die experimentelle Transplantation lebenswichtiger Organe. *VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin* 1963

[10] Fernan-Perez: La survivance du système nerveux central dans des conditions artificielles. *La Presse Médicale* 1929; 37: 183–184

[11] Galetti PM, Brecher GA: Heart-lung bypass. Principles and techniques of extracorporeal circulation. *Grune & Stratton, New York* 1962

[12] Kirschner M: Ein durch die Trendelenburg'sche Operation geheilter Fall von Embolie

der Art. pulmonalis. *Archiv für klinische Chirurgie. Kongressorgan der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 1924; 133: 312–359

[13] Konstantinov IE, Alexi-Meskishvili VV: Sergei S. Brukhonenko: the development of the first heart-lung machine for total body perfusion. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 962–966

[14] Lokshin LS: Cardiopulmonary bypass in Russia. 14th Annual San Diego Cardiothoracic Surgery Symposium, San Diego, California, Feb. 24–27, 1994

[15] Negovskii VA: Resuscitation and artificial hypothermia. *Consultants Bureau, New York* 1962: 74–75

[16] Potapov EV, Alexi-Meskishvili V, Hetzer R: N. Terebinski – Pionier der Klappenchirurgie am offenen Herzen. *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 1998; 12: 144–149

[17] Probert WR, Melrose DG: An early Russian heart-lung machine. *British Medical Journal* 1960; 1: 1047–1048

[18] Shaw GB: Shaw will sich köpfen lassen, wenn ... Ein Privatbrief des Dichters über ein neues, abschreckendes Tierexperiment. *Berliner Tageblatt* 1929; Nr. 130 (Sonntag, 17. März): 1. Beiblatt

[19] Terebinski NN: [Materialien zur Erforschung der offenen Zugänge zu den Atrioventrikularklappen des Herzens. Experimentelle Arbeiten](rus). *Medgiz, Moskva* 1940

[20] Trendelenburg F: Über die operative Behandlung der Embolie der Lungenarterie. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie*, 37. Congress 1908: 89–103

Wolfgang Böttcher
Deutsches Herzzentrum Berlin
Kardiotechnik
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin
boettcher@dhzb.de