

Vorübergehender Ersatz von Herz und Lunge durch eine Maschine

Die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine ist ein langer und von Rückschlägen markierter Weg. Heute verdanken Hunderttausende von kleinen und großen Patienten dieser Technik ihr Leben.

Schon im 19. Jahrhundert fassten sich Forscher mit der Idee, Herz und Lunge vorübergehend durch eine Maschine zu ersetzen. Eine um 1930 im damaligen Leningrad konstruierte Maschine sollte die Durchführung chirurgischer Eingriffe am offenen Herzen ermöglichen. Sie wurde in Tierexperimenten erfolgreich getestet. Ihren Einsatz beim Menschen verhinderte jedoch der Zweite Weltkrieg.

Als Erfinder der Herz-Lungen-Maschine (HLM) findet schließlich der US-amerikanische Chirurg John Heysham Gibbon jr. (1903–1973) nach zwei Jahrzehnten der Vorbereitung Eingang in die Medizingeschichte. Motiviert wurde der Mediziner durch Erlebnisse während seiner Ausbildungszeit, bei denen Patienten chirurgische Eingriffe am Herzen nicht überlebten. Denn um das Herzinnere für eine Operation erreichbar zu machen, müssen die großen Herzgefäße eine Zeit lang abgeklemmt werden, wodurch kein Sauerstoff zum Gehirn gelangen kann und die Zeit für einen Eingriff ohne Hilfsmittel nur wenige Minuten beträgt. Trotz zahlreicher und massiver Rückschläge arbeitete er zielgerichtet darauf hin, eine Maschine zu konstruieren, die die Funktion von Herz und Lunge während einer Operation am Herzen bei geöffnetem Brustkorb übernimmt und so die Zeit, die für einen sicheren Eingriff notwendig ist, verlängert. Denn dies war das zentrale Problem.

Aufregung um neue Idee und Entwicklung

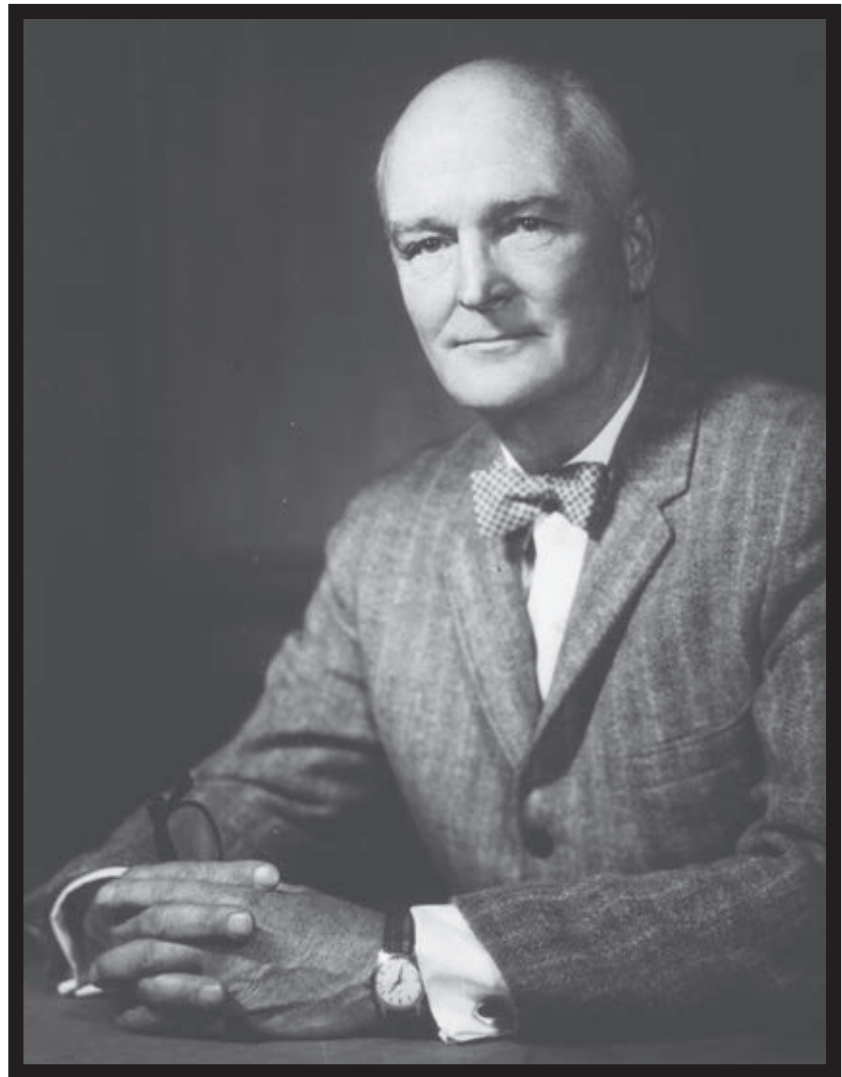
Seine Anstrengungen zur Konstruktion einer solchen Maschine stießen bei Fachkollegen auf große Skepsis. Wie soll man außerhalb des Körpers die Lungenfunktion ersetzen? Wie kann das aus dem Körper geleitete

Blut mit Sauerstoff angereichert und von dem Abfallprodukt des Stoffwechsels, Kohlendioxid, befreit werden? Wie soll das Blut wieder in den Körper zurückgepumpt werden, ohne die empfindlichen Blutkörperchen zu zerstören? Wie ist die Bildung von Blutgerinnseln in der Herz-Lungen-Maschine und in den Verbindungsschläuchen zum Körper zu verhindern? All diese Probleme erschienen damals unlösbar.

Zu Hilfe kommt Gibbon und seinen Mitarbeitern, dass Mitte der 1930er-Jahre das gerinnungshemmende Medikament Heparin erst-

mals eingesetzt wird. Die durch Heparin bewirkte Hemmung der Blutgerinnung ist die grundlegende Voraussetzung für den Betrieb einer Herz-Lungen-Maschine. Außerdem hilft ihm damals das Interesse der Firma IBM, die das Projekt sowohl finanziell als auch durch Ingenieure unterstützte. Auf diese Weise konnten entscheidende technische Probleme gelöst werden.

Die erste Maschine wird tierexperimentell in vielen Versuchen getestet. Problematisch ist damals, dass trotz funktionierender Herz-Lungen-Maschine nicht alle Tiere die Operation



John Heysham Gibbon jr. (1903–1973) gilt als Erfinder der Herz-Lungen-Maschine.

mit diesem neuartigen Medizingerät überleben. Immer wieder gelangen auch im Tierexperiment Luft- und Blutgerinnsel in das Gehirn und verstopfen dort Gefäße (Embolie).

Hoffnung und Enttäuschung nach erstem Einsatz

Anfang der 1950er-Jahre beginnen Spezialisten schließlich mit dem klinischen Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Meist sind es Patienten, Kinder und junge Erwachsene mit schweren angeborenen Herzfehlern, die ohne einen operativen Eingriff nur noch eine geringe Lebenserwartung hatten. Die ersten Operationen misslingen, die Patienten sterben auf dem Operationstisch oder anschließend auf der Intensivstation. Doch dann kommt die Erlösung: 1953 gelingt die erste Operation mit der Herz-Lungen-Maschine bei einem 18-jährigen Mädchen mit einem großen Vorhofseptumdefekt und ausgeprägter Rechtsherzbelastung. Der Vorhofseptumdefekt wird während eines 26-minütigen kardiopulmonalen Bypasses, bei dem Herz- und Lungentätigkeit durch die Maschine übernommen wurden, verschlossen. Eine Stunde nach der Operation erwacht die Patientin auf der Station, spricht und kann alles bewegen. Doch der Durchbruch, den man sich von dieser



Mithilfe der Herz-Lungen-Maschine und der nachfolgenden technischen Unterstützung war die OP bei Tommy Roldan, 7, geglückt.

erfolgreichen Operation versprach, bleibt aus. Die in den kommenden Monaten von Gibbon mithilfe der Herz-Lungen-Maschine operierten Patienten sterben. Die Todesursachen sind unterschiedlich, viele der präoperativ gestellten Diagnosen erweisen sich während der Operation als unvollständig oder falsch. Bei anderen kommt es zu tödlichen Luft- und Thromboembolien im Gehirn.

Gibbon ist tief enttäuscht und entmutigt. In einem Moratorium kündigt er einen Stopp aller Herzoperati-

onen mit der Herz-Lungen-Maschine für ein Jahr an. Auch die ersten Operationen anderer Arbeitsgruppen mit der Herz-Lungen-Maschine schlugen fehl und enden mit dem Tod der Patienten. Es steht im Raum, Operationen mit der Herz-Lungen-Maschine für immer einzustellen. Diese Idee war auch insofern naheliegend, als es Alternativen zur Herz-Lungen-Maschine zu geben schien. Zum einen entwickelte man die Technik, Babys und Kleinkinder so weit abzukühlen, dass eine Operation mit mehrminütigem Kreislaufstillstand am offenen Herzen ohne Schädigung des Gehirns möglich schien. Zum anderen wurde in Minneapolis die Technik der sogenannten gekreuzten Zirkulation eingeführt, bei dem ein Elternteil quasi die Herz-Lungen-Maschine übernimmt und das Blut des Babys auf diese Weise mit Sauerstoff versorgt wird. Es fällt nicht schwer, sich vorzustellen, dass auch dieses Verfahren mit erheblichen Komplikationen einherging: Von den Kritikern

Meist waren es Patienten, Kinder und junge Erwachsene mit schweren angeborenen Herzfehlern, die ohne einen operativen Eingriff nur noch eine geringe Lebenserwartung hatten.

wurde eingewandt, dass dies die einzige Operation mit einer potenziell 200-prozentigen Sterblichkeit sei.

Durchbruch für Menschen mit angeborenem Herzfehler

Der Mann, der erneut versucht, die Träume Gibbons zu verwirklichen, ist John Webster Kirklin (1917–2004). Nach Ausbildung am Boston Children's Hospital kommt er 1950 an die Mayo Clinic nach Rochester. Er ist von der Idee besessen, dass sich nur mithilfe der Herz-Lungen-Maschine komplizierte angeborene Herzfehler erfolgreich operieren lassen. An sich funktioniert die von Gibbon konstruierte Maschine. Worauf beruhen also die Misserfolge? Was muss er anders machen? Untersuchungen vor der Operation hatten dem Chirurgen die richtige Diagnose zu liefern und die extrakorporale Zirkulation mithilfe der Herz-Lungen-Maschine musste von einem eigens ausgebildeten Techniker betrieben werden. Zur Gruppe der Experten gehören in jenen Jahren an der Mayo Clinic der Kardiologe, der Physiologe, der Ingenieur (Kardiotechniker) und der Herzchirurg. Mit diesem eingespielten Team gelingen nun die Hunderversuche mit einer Herz-Lungen-Maschine bei über 90 Prozent der Tiere.

So erhält Kirklin 1955 von der Ethikkommission der Mayo Clinic die Erlaubnis, acht Kinder mit schweren angeborenen Herzfehlern mithilfe der Herz-Lungen-Maschine zu operieren. Vier der acht Kinder überleben. Dies war der Durchbruch. Von da an wurden Kinder mit schweren angeborenen Herzfehlern in aller Welt mit der neuartigen Technik operiert.

Auch in Europa arbeitet man zeitgleich an der Konstruktion einer Herz-Lungen-Maschine. Schweden hat in

Vier Kinder überlebten.
Dies war der Durchbruch. Von da an wurden Kinder mit schweren angeborenen Herzfehlern in aller Welt mit dieser Technik operiert.

diesen Jahren eine führende Stellung in der Herzchirurgie, der herausragende Pionier ist Clarence Crafoord (1899–1984). Mit seinen Schülern und dem Ingenieur Rune Elmqvist (1906–1996) entwickelt er eine Herz-Lungen-Maschine und führt 1954 die erste erfolgreiche Operation am offenen Herzen mithilfe dieser Maschine durch.

Überlebensperspektiven mithilfe neuer Technik

Die erste Generation von Herz-Lungen-Maschinen ist nicht geeignet, um Operationen am offenen Herzen bei Kleinkindern und Säuglingen durchzuführen. Hierfür musste die Herz-Lungen-Maschine miniaturisiert und technisch modifiziert werden. In einem Interview äußert sich der Vater dieser Entwicklung, Gerald Graham (1918–2017), Kinderkardiologe am Great Ormond Street Hospital in London, so: „Als ich 1960 in meiner eigenen Abteilung anfang, stellte mir das Hospital 25 000 Pfund zur Verfügung, um diese Herz-Lungen-Maschine für die Kinder zu entwickeln. Ein Chirurg und ein Physiologe hatten bis dahin erfolglos an der Maschine experimentiert. Wir entwarfen eine Herz-Lungen-Maschine für Kin-

der; im Prinzip haben wir eine Familie von Herz-Lungen-Maschinen nach dem Baukastensystem entwickelt.“ Je nach Größe des Kindes habe man nun kleine Patienten von ein bis zwei Jahren – Säuglinge erst später – an diese Herz-Lungen-Maschine anschließen können. „Das Füllvolumen – das Priming – konnten wir entsprechend niedrig halten“, heißt es weiter. Diese Herz-Lungen-Maschine habe nun längere Operationen am offenen Herzen, zum Teil auch in Verbindung mit der Hypothermie, ermöglicht.

Am Anfang sei man so auf Mitte 20 Grad Celsius gegangen, bei der tiefen Hypothermie auf 16 bis 18 Grad Celsius, um mehr Zeit für die Operation gewinnen zu können.

Die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine ist ein langer und von Rückschlägen markierter Weg. Zahlreiche schwer herzkrankte Patienten haben diese Entwicklung mit ihrem Leben bezahlt. Bis heute verdanken Hunderttausende von Menschen dieser Technik jedoch ihr Überleben.

Prof. Dr. med. Thomas Meinertz