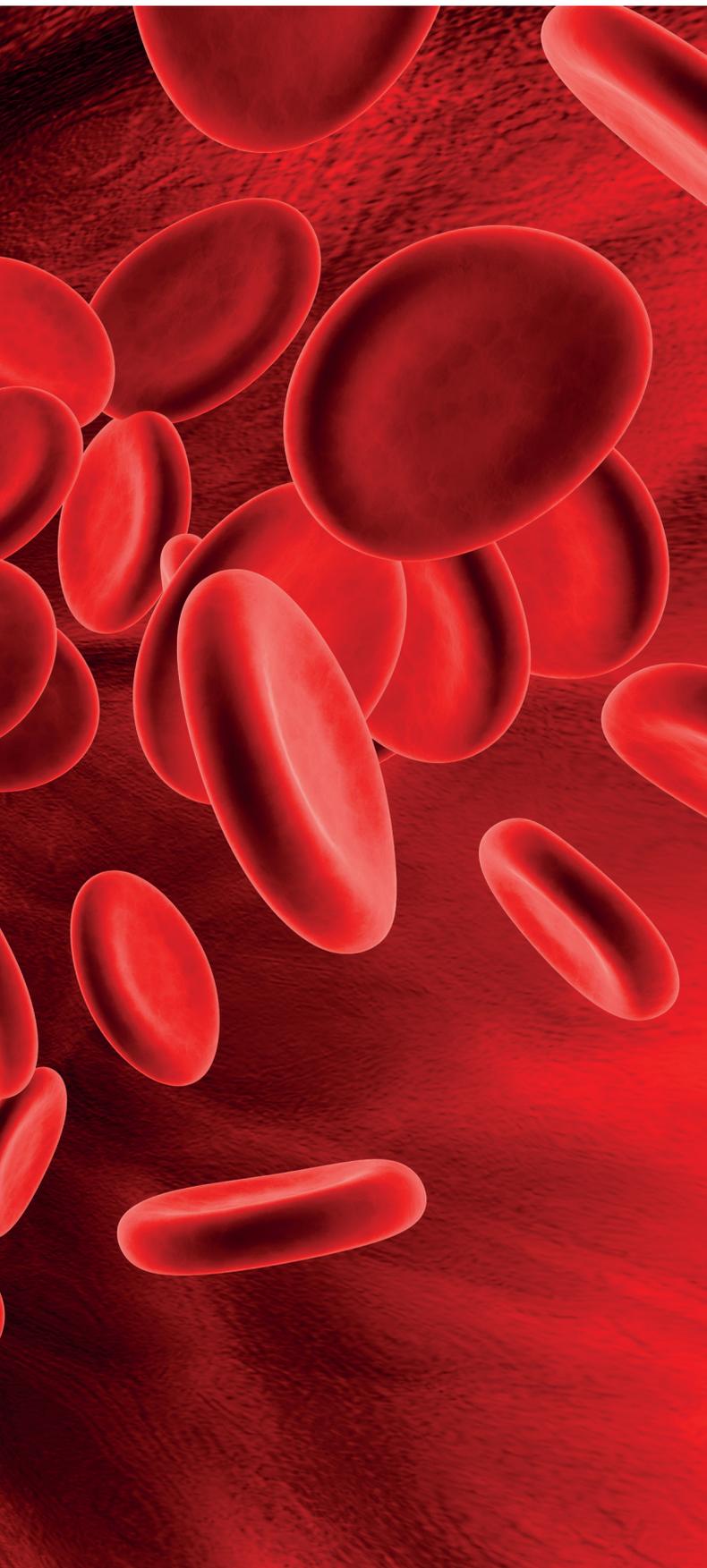




Operieren ohne fremdes Blut

Dank neuer technischer Entwicklungen lassen sich Bestandteile der Herz-Lungen-Maschine miniaturisieren. Das erlaubt es den Ärzten, selbst neugeborene Kinder mit nur geringem Geburtsgewicht zu operieren, ohne dabei fremdes Blut zuführen zu müssen. Eingriffe am Herzen werden dadurch noch sicherer. Das wissenschaftliche Projekt der Ärzte und Wissenschaftler im Deutschen Herzzentrum Berlin ist ein Beispiel für die Forschungsförderung der Kinderherzstiftung.

Priv.-Doz. Katharina Schmitt, Wolfgang Böttcher, Priv.-Doz. Joachim Photiadis, Deutsches Herzzentrum Berlin



Blut ist ein ganz besonderer Saft“, heißt es in Goethes Faust. In der Tat ist Blut die Essenz des Lebens. Fünf bis sechs Liter Blut zirkulieren, angetrieben vom Herzen, im menschlichen Körper und versorgen die Gewebe und Organe bis hin zu den einzelnen Zellen mit lebenswichtigen Nährstoffen und Sauerstoff. Was Mephisto gegenüber Faust behauptete, war also richtig: Wenn wir anfangen, über Blut zu reden, sprechen wir immer über etwas Besonderes.

Heute lassen sich Blut oder dessen Bestandteile von einem Menschen auf den anderen übertragen. Die Bluttransfusion ist heute vergleichsweise sicher – vor wenigen Jahrzehnten war das noch anders. In den 1980er-Jahren infizierten sich über tausend Patienten aufgrund von Blutübertragungen mit dem Aids verursachenden HI-Virus, noch bis Anfang der 1990er-Jahre waren auch Infektionen mit dem Erreger der schweren Lebererkrankung Hepatitis C relativ häufig. Verbesserte Nachweismethoden haben das Risiko einer Ansteckung über Bluttransfusionen heute auf nahezu null reduziert.

Dennoch birgt die Transfusion von fremdem Blut weiterhin Risiken, sei es die Übertragung von Krankheitserregern wie dem Zytomegalie- oder Epstein-Barr-Virus bis hin zu bisweilen lebensbedrohlichen Abwehrreaktionen des Empfängerorganismus. Seit Langem ist es deshalb das Bestreben der Medizin, während einer Operation so wenig Blutkonserven wie möglich zu verwenden.

Der Herzchirurgie kommt hier schon immer eine besondere Rolle zu. Bei den meisten herzchirurgischen Eingriffen müssen die Operateure das Herz stilllegen. Während dieser Zeit wird eine Herz-Lungen-Maschine mit dem Kreislauf des Patienten verbunden und übernimmt die Aufgaben dieser Organe. Bevor die Operation beginnt, muss die Herz-Lungen-Maschine komplett mit Blut gefüllt werden. Dazu wurden noch vor rund fünf Jahrzehnten mehrere Blutspender am Morgen des herzchirurgischen Eingriffs in die Klinik bestellt. Bei erwachsenen Patienten ist dieses aufwendige Vorgehen heute so gut wie nicht mehr nötig. Stattdessen erfolgt eine spezielle Vorbereitung, die sich im medizinischen Fachjargon „primen“ nennt: Die Herz-Lungen-Maschine wird mit einer Elektrolytlösung gefüllt, die das Blut des Patienten verdünnt, sobald es in den „Maschinenkreislauf“ übergeht. Aus vielen Studien weiß man: Die Blutverdünnung bleibt für den Patienten während der Phase an der Herz-Lungen-Maschine ohne Folgen – selbst dann, wenn die Operation sehr lange dauert. Gleich nach der Operation, wenn das Herz wieder schlägt, wird das Blut bei seinem →

Foto: Panthermedia / James Steidl

Übergang auf den Kreislauf des Körpers wieder konzentriert – der natürliche Ausgangszustand ist damit wiederhergestellt.

So ist es bei erwachsenen Patienten. Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder verfügen in ihrem Kreislauf aber noch über wenig Blut; ihr Blutvolumen steht also in einem ungünstigen Verhältnis zum vergleichsweise großen Füllvolumen der Herz-Lungen-Maschine, selbst dann, wenn diese schon miniaturisiert ist. Dies hat zur Folge, dass zu wenig lebenswichtige Bestandteile im Blut wären, würde die Herz-Lungen-Maschine vor dem Eingriff mit der Elektrolytlösung „geprimt“. Hierzu zählen insbesondere die Erythrozyten, die roten Blutkörperchen, die den lebensnotwendigen Sauerstoff zu den Körperzellen transportieren. In den meisten Herzzentren wird deshalb noch heute so vorgegangen, wie es vor Jahren bei erwachsenen Patienten üblich war: Die Herz-Lungen-Maschine für Neugeborene wird mit dem Blut von Spendern gefüllt. Zuvor wird das Spenderblut zur besseren Verträglichkeit mit speziellen Maschinen „gewaschen“.

Möglichst wenig Spenderblut

Unsere Arbeitsgruppe im Deutschen Herzzentrum Berlin beschäftigt sich seit rund einem Jahrzehnt mit Strategien, die dazu beitragen können, den Bedarf an Spenderblut beim Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine zu verringern – besser noch: Transfusionen von Spenderblut gänzlich verzichtbar zu machen. Das ist eine Herausforderung besonderer Art, geht es doch bei Neugeborenen um winzige Mengen Blut. Bei unseren kleinsten Patienten rechnen wir mit 80 bis 85 Milliliter Blut pro Kilogramm Körpergewicht. Für Neugeborene mit einem Geburtsgewicht von rund 3,5 Kilogramm besteht die Aufgabe also darin, ein Herz-Lungen-Maschinen-System mit einem Füllvolumen von weniger als 100 Millilitern zu entwickeln.

Mit welchen Gegebenheiten müssen wir dabei umgehen? Es gibt einige Bestandteile der Herz-Lungen-Maschine, deren Füllvolumen nicht mehr weiter zu verringern ist. Dazu zählt der „arterielle Filter“, eine Barriere, die vor kleinen Luftblasen schützt, die nicht in den Körper des Patienten gelangen dürfen. Weitere Komponenten der Herz-Lungen-Maschine, die nicht noch kleiner herstellbar sind, sind das „venöse Reservoir“, in dem das Blut des Patienten gesammelt wird, „Blutpumpen“, die die Arbeit des Herzens während der Operation verrichten, und der „Oxygenator“. Er reichert das Blut mit Sauerstoff an und entzieht ihm das Abfallprodukt Kohlendioxid. Für den Oxygenator gilt: Je älter beziehungsweise schwerer der Patient ist, desto größer muss sein Füllvolumen sein. Um die Größenverhältnisse zu verdeutlichen: Ein speziell für neugeborene Kinder mit einem Körpergewicht bis zu fünf Kilogramm



Die miniaturisierte Herz-Lungen-Maschine im Einsatz

entwickelter Oxygenator hat ein Füllvolumen von 38 Millilitern – der Oxygenator für einen Säugling benötigt 42 Milliliter. Und ein Oxygenator für einen erwachsenen Menschen braucht ein Füllvolumen von rund 250 Millilitern. Ähnliche Größenverhältnisse finden sich auch bei anderen Komponenten der Herz-Lungen-Maschine, etwa dem arteriellen Filter oder den verschiedenen Reservoirs.

Den größten Anteil des Füllvolumens einer Herz-Lungen-Maschine beanspruchen aber gar nicht ihre einzelnen Bestandteile, sondern die Schläuche, welche die Komponenten miteinander verbinden und die von der Herz-Lungen-Maschine zum Patienten führen.

Je kleiner, desto besser

Das ist das Ziel unserer Forschungsarbeiten: die Schlauchverbindungen so kurz wie irgend möglich zu halten. Dazu müssen die einzelnen Komponenten der Herz-Lungen-Maschine

möglichst eng nebeneinander angebracht und die Maschine so nah wie möglich am Operationstisch positioniert werden – ohne den Herzchirurgen allzu sehr in seiner Bewegungsfreiheit einzuschränken.

Was auf den ersten Blick womöglich simpel und selbstverständlich erscheint, ist in seinen Details eine schwierige Sache. Vor allem dann, wenn man bedenkt, dass von der zuverlässigen Funktion der Herz-Lungen-Maschine das Leben des Kindes abhängt: Jede Veränderung an diesem System muss genau geplant und penibel umgesetzt werden.

Unser fachübergreifend zusammengesetztes Team hat sich dieser Herausforderung beharrlich gestellt – und wurde mit Erfolgen belohnt: Die Herz-Lungen-Maschine, mit der wir im Jahr 2002 erstmals ein neugeborenes Kind mit einem Gewicht von 3,7 Kilogramm ohne Bluttransfusion während des künstlichen Kreislaufs operierten, hatte noch ein Füllvolumen von nahezu 200 Millilitern. Die Verringerung des Volumens auf 170 Milliliter ließ uns bereits im Jahr 2005 einen korrigierenden Eingriff bei einem Frühgeborenen mit einem Körpergewicht von 2,2 Kilogramm ohne Bluttransfusion vornehmen. Ab dem Jahr 2007 konnten wir das Füllvolumen auf nur noch 110 Milliliter reduzieren. Die zeitgleiche Einführung des weltweit kleinsten Oxygenators erlaubte uns eine komplexe Operation ohne Fremdblut bei einem frühgeborenen Baby, das lediglich 1700 Gramm wog.

Wir sind mit dem Ziel gestartet, eine Herz-Lungen-Maschine mit einem Füllvolumen unter 100 Milliliter Blut zu entwickeln – 87 Milliliter haben wir inzwischen erreicht. Dank dessen können wir heute als weltweit einziges Kinderherzzentrum Neugeborene mit angeborenen Herzfehlern routinemäßig ohne Fremdblut operieren. Ausnahmen gibt es nur noch dann, wenn die Ausgangssituation extrem schlecht oder das Neugeborene zu klein ist. Das war beispielsweise bei unserem bislang kleinsten Patienten mit nur 900 Gramm Körpergewicht der Fall.

Sollte heute ausnahmsweise trotz des miniaturisierten Systems eine Transfusion nötig werden, fällt das dafür erforderliche Blutvolumen deutlich geringer aus als bei einer herkömmlichen Herz-Lungen-Maschine. Im Idealfall reicht die Transfusion von Blut nur eines Spenders. Das minimiert auch das Risiko einer transfusionsbedingten Übertragung von Krankheitserregern. Und noch einen Vorteil hat es, die einzelnen Bestandteile der Herz-Lungen-Maschine so klein und die Schlauchverbindungen so kurz wie möglich zu halten: Das Blut des Patienten kommt weniger in Kontakt mit künstlichen Oberflächen.

Mittlerweile haben die Entwicklungsfortschritte der Industrie zwar dazu geführt, dass die verwendeten Oberflächenmaterialien sehr gut verträglich sind. Die Schläuche sind

beispielsweise besonders beschichtet. Das gewährleistet einen sicheren Durchfluss des Blutes und verringert das Risiko, dass sich Blutgerinnsel bilden. Das Restrisiko einer Unverträglichkeitsreaktion des Blutes im Kontakt mit körperfremdem Material aber bleibt – je kleiner die Systeme, desto kleiner ist dieses Risiko. Dass wir heute auch bei Neugeborenen und Säuglingen auf Bluttransfusionen meist verzichten, sie zumindest reduzieren oder so spät wie möglich einsetzen können, verringert darüber hinaus die nach der Operation erforderliche Beatmungszeit – der Aufenthalt des Patienten auf der Intensivstation lässt sich so verkürzen.

In erster Linie gelten unsere Bemühungen unseren Patienten. Doch auch für unsere klinischen Abläufe bietet die fremdblutfreie Kinderherzchirurgie Vorteile: Eine Herz-Lungen-Maschine, die nicht mit Spenderblut befüllt werden muss, ist schneller wieder einsetzbar und steht für den nächsten Patienten rascher bereit.

Dies alles sind Erfolge, die erzielt werden konnten, weil Chirurgen, Kinderkardiologen, Anästhesisten und Kardiotechniker über ihre Fachgrenzen hinweg intensiv zusammengearbeitet haben. Jüngst konnten wir dank des Gerd-Killian-Fonds der Deutschen Herzstiftung ein entwicklungspsychologisches Forschungsprojekt mit den operierten Kindern starten. Unser Ziel dabei ist es, wissenschaftlich zu untermauern, dass Kinder, die ohne Zufuhr von Fremdblut operiert worden sind, selbst bei extrem niedrigen Hämatokritwerten – dem Anteil der festen Bestandteile im Blut – keinen Nachteil in ihrer neurologischen und psychomotorischen Entwicklung aufweisen.



Priv.-Doz. Dr. med. Katharina Schmitt

ist Fachärztin für Kinderkardiologie und Oberärztin im Deutschen Herzzentrum Berlin. Neben ihrer klinischen Tätigkeit leitet sie eine Grundlagenforschungsarbeitsgruppe, die sich auf zellulärer Ebene mit den Auswirkungen von Herzoperationen auf den kindlichen Organismus beschäftigt. Ihre Forschungstätigkeit wurde bereits im Jahr 2009 mit dem Wissenschaftspreis der „Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie“ ausgezeichnet. Im Jahr 2012 habilitierte sie sich mit dem Thema „Hypothermie zur Organprotektion“.