

WESTERSTEN: Untersuchungen über Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten eines flexiblen Extremitätenplethysmographen. *Acta physiol. scand.* **46**, 1—18 (1959). — <sup>7</sup> GRAF, K., O. NORLANDER, Å. SENNING u. G. STRÖM: In Vorbereitung. — <sup>8</sup> HOLMGREN, A.: Circulatory changes during muscular work in man. *Scand. J. clin. lab. Invest.* **8**, Suppl. 24, 1—97 (1956). — <sup>9</sup> KRAMER, K.: Die afferente Innervation und die Reflexe von Herz und venösem System. *Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch. Nauheim* 1959. — <sup>10</sup> MOFFITT, E. A., R. T. PATRICK, H. J. C. SWAN and D. E. DONALD: A study of blood flow, venous blood oxygen saturation, blood pressure and peripheral resistance during total body perfusion. *Anesthesiology* **20**, 18—26 (1959). — <sup>11</sup> NORLANDER, O., S. PITZELE, I. EDLING, B. NORBERG, C. CRAFOORD and Å. SENNING: Anesthesiological experience from intracardiac surgery with the Crafoord-Senning heart-lung machine. *Acta anaesth. scand.* **2**, 181—210 (1958). — <sup>12</sup> RODDIE, I. C., and J. T. SHEPHERD: Receptors in the high-pressure and low-pressure vascular systems. *Lancet* **1958**, 493—496. — <sup>13</sup> SENNING, Å., B. NORBERG and M. N. ANDERSEN: Studies on renal function during extracorporeal circulation. (Im Druck.) — <sup>14</sup> THAUER, R.: Kreislauf in Narkose. *Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch.* **23**, 1—33 (1957). — <sup>15</sup> WARREN, J. V., and R. GORLIN: Calculation of vascular resistance. *Meth. med. Res.* **7**, 98—99 (1958).

*Vorsitzender:* Ich danke Herrn GRAF bestens und bitte Herrn GEHL-München.

#### 4. Häodynamische Veränderungen bei Anwendung eines künstlichen Herzstillstandes

Von

H. GEHL-München (a. G.)

Mit 1 Textabbildung

Bald nach Einführung der Operation am offenen Herzen mit Hilfe des extrakorporalen Kreislaufs, erhob sich die Forderung nach einem weitgehend blutfreien Operationsfeld um die nötigen korrigierenden Eingriffe — Verschuß von Septumdefekten, Spaltung der valvulären und Abtragung der infundibulären Stenose — bei freier Sicht durchführen zu können. Auch bei totalem By pass fließt das gesamte Coronarblut, das sind 10% des Herzzeitvolumens und mehr, in den rechten Vorhof und von dort in den rechten Ventrikel und beeinträchtigt somit die Übersichtlichkeit des Operationsfeldes.

Zur Ausschaltung des Coronarflusses benutzte deshalb EFFLER erstmals am 17. 2. 56 bei einer Operation an einem 17 Monate alten Kind mit Ventrikelseptumdefekt einen künstlichen Herzstillstand durch Einspritzung einer 2,5%igen Kaliumcitratlösung in die proximale Aorta, eine Technik, wie sie MELROSE auf Grund experimenteller Ergebnisse mitgeteilt hat. Diesem ersten künstlichen Herzstillstand beim Menschen folgten bald Mitteilungen anderer Gruppen, die zum Teil die gleiche, von MELROSE angegebene Technik verwandten, zum Teil wie die Gruppe von LAM, Acetylcholin zur Stillegung des Herzens benutzten.

Außer dem Vorzug des Operierens am blutfreien Herzen bietet der Herzstillstand noch 2 weitere wesentliche Vorteile: 1. Lassen sich die Nähte zum Verschluß eines Ventrikelseptumdefektes exakter und unter Schonung des Reizleitungssystems anlegen und 2. läßt sich an dem durch Kaliumcitrat erschlafftem Herzen praktisch jeder Septumdefekt durch direkte Naht verschließen.

Um die Technik des Herzstillstandes selber zu erproben und um die Bedingungen herauszuarbeiten, die für seine sichere Durchführung beim Menschen von Wichtigkeit sind, führten wir im Herbst 1957 Tierexperimente durch, über deren Ergebnisse hier berichtet werden soll.

In einer Serie von 15 Experimenten wurden während extrakorporaler Zirkulation mit einem Herzzeitvolumen von 60% ein künstlicher Herzstillstand mit dem von MELROSE beschriebenen Verfahren durchgeführt. Wir benutzten dazu eine 2%ige Kaliumcitratlösung in frisch arterialisiertem Blut aus der Maschine.

Zur Kontrolle des Kreislaufs wurden dabei registriert: 1. Der arterielle Blutdruck in der A. abdominalis mittels eines durch die A. femoralis vorgeschobenen Katheters. 2. Der Druck in der Vena cava inferior durch einen in die Vena femoralis eingeführten Katheter. 3. Die Drucke in beiden Vorhöfen.

Die hierzu erforderlichen Katheter wurden rechts durch das Herzohr, links durch eine Lungenvene, in den Vorhof eingeführt.

In 2 Vorversuchen sahen wir, nach Einleitung des Herzstillstandes, einen Anstieg beider Vorhofdrucke über 30 cm Wasser, also über den kritischen Filtrationsdruck im kleinen Kreislauf. Dieser Druckanstieg ging einher mit einer Überdehnung der Herzkammern, welche nach Aufhebung des Stillstandes nicht mehr in der Lage waren das ihnen angebotene Blut auszuwerfen. Sie waren also insuffizient.

Wir führten in unseren Versuchen mit Herzstillstand keine Kardiotomie durch, um die alleinige Wirkung des Stillstandes auf die Hämodynamik studieren zu können. Während des Stillstandes beobachteten wir einen gleichstarken Druckanstieg in beiden Vorhöfen, der durch fortschreitende Auffüllung des kleinen Kreislaufs mit Bronchialvenenblut zu erklären ist. Um nun diesem Blut einen Abfluß zu verschaffen und dadurch einen Druckanstieg im kleinen Kreislauf zu verhindern, lösten wir die Umschlingung des in der Vena cava inferior liegenden venösen Drainagekatheters bei Erreichen eines Druckes im linken Vorhof von etwa 10 cm Wasser. Der im rechten und linken Vorhof gleichgroße Druckanstieg wurde dadurch aufgehalten und das Blut konnte aus dem kleinen Kreislauf durch die rechte Kammer und Vorhof in die V. cava inferior abfließen. Die Drucke in beiden Vorhöfen fielen

danach auf Werte ab, die um einen geringen Betrag über dem Niveau des in der V. cava inferior gemessenen Druckes von 5 cm Wasser lagen.

Bei Beendigung des Herzstillstandes durch Öffnen der Aortenklemme stieg in allen Fällen bei Wiederaufnahme der Herzaktion, die durchschnittlich nach 20—30 sec eintrat, der Druck im linken Vorhof an, während der Druck im rechten Vorhof unter den in der V. cava inferior gemessenen Wert absank. Offenbar wird der linke Ventrikel durch den Herzstillstand in seiner Funktion mehr beeinträchtigt als der rechte und

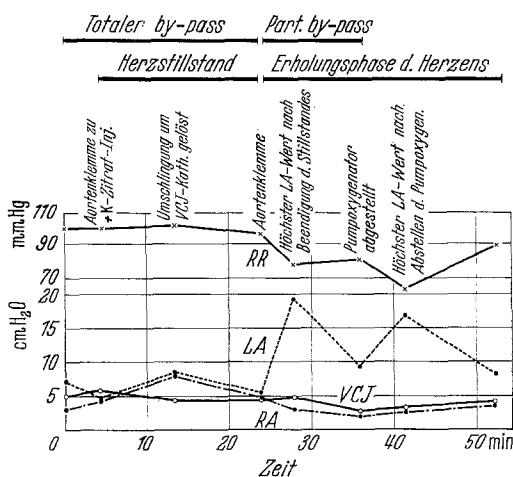


Abb. 1. Durchschnittswerte für Arterien-, Venen- und Vorhofdrucke aus 12 Versuchen

linken Ventrikels durch Überdehnung verhindert. In den folgenden Minuten erholten sich die Herzen soweit, daß die Drucke im linken Vorhof auf etwa 10 cm Wasser absanken. Nach Abschalten der Maschine zu diesem Zeitpunkt kam es wieder zu einem Anstieg des linken Vorhofdruckes, bei gleichzeitigem Abfall des arteriellen Druckes. Der Druck im rechten Vorhof stieg in dieser Phase nicht an, ein Zeichen für eine überwiegende Linksinsuffizienz des Herzens. 5½ min nach Abschalten der Maschine erreichte der linke Vorhofdruck mit durchschnittlich 17 cm Wasser seinen höchsten Wert. Danach benötigt das Herz weitere 10 min bis die Kontraktilität des Myokards sich soweit gebessert hat, daß es das angebotene Volumen wieder auswerfen kann. Die Folge ist ein Absinken des Vorhofdruckes auf normale Werte von 5—6 cm Wasser und ein Wiederanstieg des arteriellen Blutdruckes über 90 mm Quecksilber.

Die Abb. 1 zeigt die Durchschnittswerte aus 12 Versuchen für den arteriellen Blutdruck und die Druckwerte in beiden Vorhöfen, sowie in der unteren Hohlvene. Nach Einleitung des Stillstandes steigen beide Vorhofdrucke gleichmäßig bis 10 cm Wasser an. Zu diesem

ist zunächst nicht fähig, das vom rechten Ventrikel angebotene Blut gegen den von der Maschine aufrechterhaltenen arteriellen Druck auszuwerfen. Im Durchschnitt wurde 4 min nach Beendigung des Herzstillstandes ein Druck von 20 cm Wasser im linken Vorhof erreicht. In jenen Fällen, in denen der Vorhofdruck weiter anstieg, wurde durch 2—3malige Kompression ein irreversibles Versagen des

Zeitpunkt wurde die Umschlingung des unteren Hohlvenenkatheters gelöst, wodurch die Vorhofdrücke wieder absanken. Nach Aufhebung des Stillstandes steigt der linke Vorhofdruck an und erreicht nach etwa 4 min seinen höchsten Wert.

Nach Abschalten der Maschine kommt es erneut zu einem Druckanstieg im linken Vorhof, der mit zunehmender Leistungsfähigkeit des Herzens zu seinem Ausgangswert unter 10 cm Wasser zurückkehrt.

Die Analyse der hämodynamischen Veränderungen während des künstlichen Herzstillstandes läßt erkennen, daß folgende Bedingungen zu dessen sicheren Durchführung beim Menschen eingehalten werden müssen.

1. Nach Übergang auf totalen By pass sollte dem Herzen 3—5 min Zeit gelassen werden um das gesamte Blutvolumen auszuwerfen. Das nach dem Herzstillstand zurückströmende Bronchialvenenblut führt dann nicht so schnell zu einem Druckanstieg im kleinen Kreislauf.
2. Nach Eintreten des Herzstillstandes sollte sofort die Kardiotomie vorgenommen werden, damit das anfallende Bronchialvenenblut abgesaugt werden kann.
3. Nach Aufhebung des Herzstillstandes sollte die Kardiotomiewunde noch nicht völlig geschlossen sein. In unseren Experimenten benötigten die Herzen mindestens 10 min bis der linke Ventrikel das Bronchial- und Coronarvenenblut gegen den von der Maschine aufrechterhaltenen Aortendruck auswerfen konnte.
4. Die Beendigung der künstlichen Perfusion soll erst etwa 15 min nach Wiederaufnahme der Herztätigkeit erfolgen. Ist das Herz dann noch nicht in der Lage einen ausreichenden Aortendruck aufrechtzuerhalten, muß erneut auf partiellen By pass übergegangen werden.

*Vorsitzender:* Ich danke Herrn GEHL für die Mitteilung dieser schönen Untersuchungen und bitte Herrn SCHMIDT-MENDE-München.

## **5. Extra- und intracelluläre Elektrolytverschiebungen im Zusammenhang mit der extrakorporalen Zirkulation**

Von

**M. SCHMIDT-MENDE-München (a. G.)**

Mit 3 Textabbildungen

In der offenen Herzchirurgie unter Anwendung einer Herz-Lungen-Maschine, spielt neben der Aufrechterhaltung einer möglichst physiologischen Organfunktion während der Perfusion eine sorgfältige prä- und postoperative Überwachung des Blutvolumens, sowie des Wasser- und des Elektrolythaushaltes eine große Rolle. Auf die Bedeutung der Konstanterhaltung des Blutvolumens kann ich hier nicht näher eingehen.