

(42)

氏名(生年月日)	別府俊幸
本籍	
学位の種類	博士(医学)
学位授与の番号	乙第1569号
学位授与の日付	平成7年9月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当(博士の学位論文提出者)
学位論文題目	<b>A computerized control system for cardiopulmonary bypass</b> (体外循環自動制御システム)
論文審査委員	(主査) 教授 今井 康晴 (副査) 教授 門間 和夫, 林 直諒

### 主論文の要旨

#### 〔目的〕

小児開心術症例における体外循環中の血液バランスの維持, 安全性向上を目的として, マイクロコンピュータを用いた体外循環自動制御装置を開発し, 制御性能を手動操作による体外循環と比較検討した。

#### 〔方法〕

体外循環制御装置はマイクロコンピュータ, 送血ポンプ, 脱血ポンプ, リザーバ血液量センサ, 脱血回路に取り付けられた静脈のコラプスを検出するコラプスセンサから構成される。コンピュータは中心静脈圧, 大動脈圧, リザーバ血液量およびコラプスセンサ出力を1秒周期でサンプリングし, 送血および脱血ポンプ流量を制御する。体外循環開始時は, 送血および脱血ポンプを低速でスタートさせ, 約1分間で目標値まで流量を増加させる。完全体外循環中は, 送血流量を規定値以上に保ち, 中心静脈圧を一定に維持するよう脱血流量を調整する。静脈がコラプスしたときは脱血ポンプを1秒間停止して解消する。リザーバ血液量が減少したときは送脱血ポンプ流量を下げ, 最低量を下回ったときはポンプを停止する。体外循環からの離脱は, 中心静脈圧またはリザーバ血液量の目標値を設定し, 流量設定値を下げる。コンピュータは制御を続けながら徐々にポンプ流量を小さくする。制御プログラムは, 手術操作に起因する血圧測定値の変動など外乱に対するスクリーニング機能を備えている。15例の先天性心疾患の開心術にコンピュータ制御体外循環を実施し, 結果を通常の手動操作による体外循環と比較検

討した。

#### 〔結果〕

体外循環の90%以上の時間, コンピュータは中心静脈圧を目標値プラスマイナス2cmH<sub>2</sub>O以内に制御した。体外循環の開始から終了まで, ポンプ流量は安定して制御され, 全例, 良好にウイニングした。術野への出血, 上下大静脈のオクルージョンなど, 血流の変化にも即時に対応した。人為的な血圧計測値の変動に対しても不安定動作はなかった。15例中7例において中心静脈圧目標値を2cmH<sub>2</sub>O以上変更する必要があったが, 血液バランスは良好に維持された。手動操作群との比較では, 体外循環中の動肺圧の推移, 尿量, ウイニング時の血液バランス, 溶血量, 肝機能, 血小板数, 術後輸血量, 昇圧剤の投与期間に有意差はみられなかった。

#### 〔考察および結語〕

過去にも体外循環自動制御の試みはあったが, 多くはリザーバ血液量を一定に維持する方法を選んだため, 手術中の灌流血液量の変化に対応できず実用化に至らなかった。今回, 中心静脈圧を制御主体とし, リザーバ血液量は補助的に監視するアルゴリズムを開発したことにより, 体外循環の開始から終了までの安定した自動制御が可能になった。さらに開発した装置は, 熟練した技師と同等の灌流制御能力を示した。コンピュータ制御を人間の監視と併用することにより, 偶発的な事故を予防し, 体外循環の安全向上に貢献すると考えられる。

## 論文審査の要旨

循環血液量の少ない小児心臓血管外科領域における安定、かつ安全な体外循環の確立には、厳密かつ微妙な自動制御が理想である。過去にも体外循環自動制御の試みはあったが、多くはリザーバの血液量のみを一定に維持する方法を取ったため、術中の出血などによる循環血液量の変化に追従できず、適切な循環血液量の維持と至適な還流量の維持には無力で、実用化に至ったものはない。本論文は、東京電気大学福井研究室、早稲田大学土屋研究室との共同研究により初めて実用化された、マイクロコンピュータを用いた体外循環自動制御装置の制御性を、熟練した医師の手動操作による体外循環と比較し、優劣がないことを、初めて明らかにしたもので、学術的、臨床的に価値あるものと認める。

### 主論文公表誌

A computerized control system for cardiopulmonary bypass (体外循環自動制御システム)

The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery Vol 109 No 3 428-438頁 (1995年3月発行) Beppu T, Imai Y, Fukui Y

### 副論文公表誌

- 1) 体外循環のコンピュータ制御の研究—制御パラメータの外乱に対するスクリーニング法—。人工臓器 15(2) : 1155-1158 (1986) 別府俊幸, 副島健市, 星野修一, 永瀬裕三, 今井康晴, 土屋喜一, 福井康裕

- 2) 特殊ヘッド形状を持ったローラー型拍動流送血ポンプの開発。人工臓器 16(1) : 564-567 (1987) 別府俊幸, 副島健市, 今井康晴, 土屋喜一, 福井康裕
- 3) ローラー型拍動流ポンプの開発と臨床応用。人工臓器 17(3) : 1396-1399 (1988) 別府俊幸, 今井康晴, 黒沢博身, 副島健市, 鈴木 進, 土屋喜一, 福井康裕
- 4) 経皮的に再調節可能な肺動脈絞扼装置。人工臓器 18(1) : 327-330 (1989) 別府俊幸, 東館雅文, 原田順和, 石原和明, 黒沢博身, 今井康晴