

[課程-2]

審査の結果の要旨

氏名 塚本 晃海

本研究は完全埋込式完全人工心臓の完成をめざし、ケーブルレスでの正確な圧力と流量の測定を行うために血液ポンプの回転数や電流値などのモーター情報から非観血的に血液粘度の推定を行い、推定された粘度により補正を行うことで血液ポンプの差圧と流量の推定を行ったものであり、下記の結果を得ている。

1. 正確な差圧、流量の推定のために、血液粘度を推定し、推定された粘度により差圧流量推定法を補正する方法を提案した。粘度推定は以下の概念により考案した。末梢血管抵抗や血液粘度は自然状態においては生体中で一から数拍動あたりのような極短時間ではほとんど変化していない。そのため、それらの値の極短時間における変化量は無視できると仮定する。この仮定から人工心臓の拡張期と収縮期は、末梢抵抗と血液粘度が変化しないとみなすと、拡張期のモーター情報（回転数、電流値または電圧値）を既知の粘度で事前に測定されたテーブル（回転数-電流値または電圧値平面）に当てはめることで、その粘度における末梢抵抗が拡張期と同一の収縮期回転数が算出できる。この算出された収縮期回転数と実測される回転数を比較することで血液粘度を推定する。

2. 模擬循環回路を用い、粘度推定法、および推定された粘度により補正を行う差圧流量推定法の検討を行った。流路抵抗と粘度が同一になる条件を定常流により意図的に作り出し、流路抵抗と粘度が同一で駆動条件のみを変えた2つの条件を模擬拍動流とした。模擬拍動流で粘度推定と、差圧流量推定を行ったところ、粘度、差圧、流量すべてにおいて推定値と実測値の間に $y = x$ に近い線形性と相関係数 0.9 以上の強い相関が見られた。この結果より末梢抵抗と粘度が等しい2条件が存在する場合、血液粘度を推定することができ、推定した血液粘度により差圧流量推定法を補正することで正確な差圧と流量が得られることが示された。

3. 模擬循環回路を用いて拍動流駆出時において実験を行った。模擬拍動流と異なり拍動流ではコンプライアンスによる影響が現れる。コンプライアンスによる影響は回転数法製法を用いることで無視することができ、模擬拍動流と同様、実測値と推定値の間に $y = x$ に近い線形性と、相関係数 0.9 以上強い相関が見られた。

4. 完全人工心臓装着ヤギを用いた動物実験においては回転数補正法を適用した方法では十分に粘度、差圧、流量を推定することができなかった。しかし、末梢抵抗と粘度が等しい2条件が存在する場合、本粘度推定法が適用できることから、駆動条件変更前後の収縮期のモーター情報に本推定法を適用した。粘度推定の実測値と推定値は経時的に非常に近い値をとり、差圧に関しては $y = x$ に近い線形性と相関係数 0.8 以上の強い相関が、流量に関しては相関は見られたが $y = x$ に近い線形性は得られなかった。

以上、本論文において提案した粘度、差圧、流量推定法は末梢抵抗と粘度が等しい2条件のモーター情報を用いることで非観血的、経時的に粘度を推定することができ、推定した血液粘度により差圧、流量を補正することで、正確な血液粘度を推定することができることを示した。今後、生体内における正確な流量推定法と慢性動物実験を行うことで本推定法の汎用性を検討する必要があるが、本結果は完全埋込式完全人工心臓開発にあたり重要な貢献をなすと考えられ、学位の授与に値すると考えられる。