

〔課程-2〕

審査の結果の要旨

氏名 原 伸太郎

本研究は経皮的心肺補助装置（PCPS）の小型化およびその用途として最適な連続流型血液ポンプの開発を行うためにPCPSに求められる低流量・高揚程なポンプ特性、耐久性、サイズ、溶血特性を満たす新しい昇圧原理と構造をもつシーケンシャルフロー型遠心ポンプの開発を行ったものであり、下記の結果を得ている。

1. シーケンシャルフロー型遠心ポンプは一般的な遠心ポンプと異なりポンプ外周部に流入口、ポンプ中央部に流体の流出口を備えることで一般的な人工肺との接続を簡易的にできる特徴を持ったポンプである。またこのポンプの最大の特徴として、1つの遠心ポンプ内部で2段階の昇圧が可能な構造を持つ。また圧力バランスの均等化のためにダブルポリュート構造、駆動方法は外部駆動モーターとのマグネットカップリングを採用している。このとき、軸および軸受にはモノピボット方式または動圧浮上型の軸軸受を採用した。
2. これまでにない昇圧方法である2段階昇圧の仕組みを考察するに当たり、シーケンシャルフロー型遠心ポンプの昇圧システムが実際に起こりうるのか確認するためにシーケンシャルフロー型遠心ポンプ1次モデルを定義し、数値流体解析を用いた検討を行った。その結果圧力分布にて2段階昇圧を確認することができたが、ハウジング内部の流路にて渦形成がみられた。これを改善するために設計を変更したシーケンシャルフロー型遠心ポンプ2次モデルの実機では数値流体解析および模擬循環回路を用いた実機の差圧流量曲線の結果について整合性をとることができた。このときポンプ拍出量5 l/minにおいて、揚程350mmHgを回転数3000rpm、効率は11%であった。
3. 動圧軸受の安定化のために新たに設計したシーケンシャルフロー型遠心ポンプ3次モデルでは2次モデルと比べてポンプ拍出量5 l/min、揚程350mmHgを回転数3200rpmで達成したが、効率は16.5%と2次モデルと比べて、高効率化に成功した。また3次モデルではインペラーの上下バランスが不均等であったことや採用した真円動圧軸受が振動に弱い点を鑑み、上下バランスの調整や3円弧動圧軸受に改良することで、最終的に臨床で一般的に用いられている遠心ポンプであるbpx-80と赤血球の溶血指数を

示す NIH を比較した際には 7.6 倍という結果を得た。

以上、本論文において開発を行ったシーケンシャルフロー型遠心ポンプは 3 円弧動圧軸受による非接触式支持を実現したインペラーと他に類を見ない単体のポンプにおける 2 段階昇圧機構をもつ連続流血液ポンプとして開発目的である PCPS に必要な要件をすべて満たす血液ポンプとなる可能性を示した。今後は動物実験を踏まえた慢性試験や臨床での使用法を考慮した至適灌流量以外での溶血特性などを考慮する必要があるが、この結果は PCPS 専用の連続流血液ポンプを実用化するにあたり重要な貢献をなすと言えることから、学位の授与に値するものと考えられる。