

氏名	やま だ とも ゆき 山 田 知 行
学位(専攻分野)	博 士 (医 学)
学位記番号	論 医 博 第 1682 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	In-vivo testing of a magnetically suspended centrifugal pump designed for long-term use (長期使用を目的とした磁気浮上遠心ポンプの動物内での試験) (主査)
論文調査委員	教 授 清 水 慶 彦 教 授 野 間 昭 典 教 授 米 田 正 始

### 論 文 内 容 の 要 旨

人工心臓は心移植までのbridge useあるいはpermanent useとして期待されている。大きく拍動型と定常流型(遠心ポンプ)に分けられ、前者は生理的であるがサイズが大きく高価である。後者は高ポンプ効率、小サイズ、易コントロール、等の利点があるが、現在入手可能な遠心ポンプでは回転軸による摩擦、シール部位での血栓形成から2、3日程度の連続使用が限界である。この問題を解決すべく考案された磁気浮上遠心ポンプは、ポンプ内でドーナツ型のインペラーが磁力によって浮上し、回転する。摩擦、回転軸がなく、理論的に長期連続運転が可能である。本研究では慢性動物モデルで、同ポンプの耐久性、抗血栓性、ポンプ特性を評価し、臨床使用への可能性を検討した。また従来の運転方法である回転数一定法では、ポンプ前後の圧較差によってポンプ流量が大きく変動するため、後負荷が上昇すると流量が危険なレベルまで低下する可能性があった。そこで、より安定した流量を確保しうる制御方法を考案、検討した。

成羊8匹に健常心のまま、磁気浮上遠心ポンプを用いて左房脱血、下行大動脈送血による体外式左心バイパスを作成した。ヘパリン、ワーファリンを用いて、抗凝血療法を行った。ポンプ流量、入口圧、出口圧、およびモーター電流、回転数を常時モニターし、血液、生化学検査を週1回行った。ポンプの制御方法として、回転数一定法に加え、電流一定法、電流回転数制御法を考案し比較検討した。

実験期間は $28.5 \pm 17.6$  (14-60) 日で、モーター回転数は1900-2400rpm、ポンプ流量は2.5-6.0L/minの範囲を変動した。実験終了理由は回路内血栓が5例で、連結部位の段差部に生じる血栓形成が問題で長期実験の妨げとなった。内1例にポンプ内の血栓も認められたが、内面亀裂によるもので、内面処理方法を改良し、ヘパリンコーティングを併用して、以後4例、最高60日間、血栓は認めなかった。その他、感染1、呼吸不全1、消化管障害1であった。ポンプ本体、ケーブル、ドライバーの故障による終了はなかった。遊離ヘモグロビンは $8.7 \pm 5.7$  (3-19) mg/dLで推移し、溶血は軽微であった。安静時には全身の血流が無拍動となったが、血液検査上、肝機能、腎機能に異常を認めず、動物は生存可能であった。

ポンプ制御について、①電流一定法(0.9A)では、流量は $4.08 \pm 0.21$  (3.31-4.78) L/minで、回転数一定法(2000rpm)の $4.23 \pm 0.31$  (2.87-5.36) L/minに比して有意( $P < 0.0001$ )に変動域が減少し、後負荷の影響が減少した。またこの電流一定法で、回転数はポンプ圧較差( $R^2 = 0.996$ )と流量( $R^2 = 0.971$ )に相関した。すなわち、回転数の変化で血圧と流量の変化を推測可能であり、さらに血液粘度補正をすれば流量の間接計測が可能であった。②電流回転数制御法は、回転数の変化に応じてモーター電流が設定した割合で変化する方法であり、本法ではさらに流量が安定し、設定によっては流量を一定にすることも可能であった。

以上、磁気浮上遠心ポンプは左心補助中、機械的故障はなく、抗血栓性に優れ、溶血は軽微で、臨床応用可能と判断できた。新しいポンプ制御法である電流一定法、電流回転数制御法では、流量を安定させること、あるいは生体心でみられる様な前負荷に応じた流量制御が可能であった。同ポンプはその制御方法と相まって補助人工心臓として有望であり、本研究は最初の慢性動物実験として同ポンプ開発の一端を担い、人工心臓分野の発展に寄与すると思われる。

## 論文審査の結果の要旨

磁気浮上遠心ポンプは回転軸がなく、長期心補助を目的に考案された。本研究では成羊8匹に、同ポンプを用いて左房脱血、下行大動脈送血による左心補助循環を作成し、ポンプの耐久性、抗血栓性、安全性を評価した。また従来の運転方法である回転数一定法では、後負荷によってポンプ流量が大きく変動するため、新しい制御方法である電流一定法、電流回転数制御法を考案し比較検討した。

実験期間は14-60日。回路内血栓5例が長期実験の妨げとなった。ポンプ内血栓1例を認めたが、内面処理方法を改良してからはポンプ内血栓はなく、優れた抗血栓性であった。遊離ヘモグロビンは3-19mg/dLで、溶血は軽微であった。ポンプ本体の故障はなく、1ヶ月以上の耐久性が示された。

電流一定法は、回転数一定法に比して後負荷圧による流量変動が有意に減少し、長期運転には好適と考えられた。電流回転数制御法ではさらに流量が安定した。

以上の研究は、磁気浮上遠心ポンプの最初の慢性動物実験で、新しい制御方法と相まって、同ポンプが補助人工心臓として有望であることを明らかにしたもので、人工心臓開発に貢献し、将来の重症心不全の治療に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士（医学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、平成11年1月19日実施の論文内容とそれに関連した研究分野並びに学識確認のための試問を受け、合格と認められたものである。