

20000478

厚生科学研究費補助金

高度先端医療研究事業

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

平成12年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 妙中 義之

平成13（2001）年4月

厚生科学研究費補助金

高度先端医療研究事業

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

平成12年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 妙中 義之

平成13（2001）年4月

目 次

I. 総括研究報告

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

妙中義之

II. 分担研究報告

1. システムの統合化と総合的評価

妙中義之

2. 遠心ポンプの流量制御のための流量測定法の確立

巽 英介

3. 遠心ポンプの抗血栓性向上のための設計変更

築谷朋典

4. 慢性動物実験によるシステムの生体適合性ならびに信頼性評価

西中知博

5. 制御回路・ダイレクトドライブの最適化

増澤 徹

6. 抗血栓性に優れた新しい方式の遠心ポンプの開発

小西義昭

7. 電力伝送・貯蔵法の最適化

酒井一成

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

IV. 研究成果の刊行物・別刷り

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 平成12年度研究事業の総括 —

主任研究者

妙中義之

国立循環器病センター研究所人工臓器部長

体内に埋め込んで中長期連続使用可能にする小型で高性能な補助人工心臓システムの確立・製品化を目指し、超小型遠心血液ポンプ、体内埋込コントローラおよび二次電池の改良設計と試作を行い、慢性動物実験を含む総合的評価を行った。その結果、ポンプに関しては慢性動物実験において64日間の連続運転を実現した。体内埋め込み回路の小型化も達成し、システムとしての完成度を向上させたことにより、製品化のために必要な性能を十分に有していることが明らかとなった。

研究組織

妙中義之	国立循環器病センター研究所
巽英介	国立循環器病センター研究所
築谷朋典	国立循環器病センター研究所
西中知博	国立循環器病センター研究所
増澤徹	茨城大学工学部
小西義昭	日機装株式会社
村井剛次	日機装株式会社

1. 研究目的

本研究の目的は、小型で体内に埋め込んで数ヶ月から一年連続使用可能な補助人工心臓システムを開発し、製品化することである。

2. 研究方法

遠心型血液ポンプを用いた埋込型左心補助人工心臓システムの完成を目指し、昨年度設計と試作を行った血液ポンプ部の改良を行い、血液適合性ならびにシステムの総合的評価を行った。血液適合性の評価ならびに耐久性の評価には覚醒状態下の慢性動物実験を実施した。ポンプの運転制御法に関しても、長期安定に計測しつつ、脱血不良などの異常状態の回避が可能な、補助流量の自動制御への応用も可能な測定方法を開発し慢性動物実験による評価を行った。また、システム全体の小型化のために、駆動回路と一体化した薄型構造の次期型ポンプの試作を行った。電力伝送・貯蔵法に関しては、電池密度の最適化と同時に電池と電力伝送回路の一体化パッケージの開発を行いシステム全体の小型化を実現する。

3. 研究結果

昨年度までに試作した遠心ポンプは、ポンプ性能、溶血性能ともに左心補助人工心臓として十分であると考えられたため、慢性動物実験による抗血栓性の評価を行ったところ、インペラ支持方式に

起因する摩擦熱発生が血栓形成を招くことが明らかとなり、インペラ支持方式を変更した。その結果、慢性動物実験において64日間の連続運転に成功し、システムの安定性、抗血栓性の向上を確認した。長期間安定した流量測定には不可欠なモータ駆動信号を利用した流量測定法に関しては、慢性動物実験において連続的にモニタリングした駆動信号から流量の推定を行い、流量計の出力と比較を行った。駆動信号を用いた流量測定は十分な精度を有していると考えられた。さらに、この信号は生体心の拍動によっておこる流量変動にも十分な速さで追従しており、ポンプの駆動制御における一つの重要な指針となる脱血管の閉塞現象も検出できることが示された。さらに、システムの小型化をねらい、制御回路と一体化した次期型ポンプの試作を開始した。一方、電力伝送・貯蔵システムに関してはリチウムイオン二次電池(保護回路付)と、体外結合型経皮電力伝送システム(ECTETS)の体内回路と、電池の充電制御回路とを、一つのチタン製ケースに収めた、動物生体内埋込可能な電源パックを試作し、75%以上の高い電力伝送効率を実現し、二次電池は5L/min相当の場合で165minのNCVC運転が可能であった。また、ECTETSと二次電池の間の双方向の切り替えもスムーズに行いえた。

4. 結論

体内埋込可能な補助人工心臓システムの各構成部分に関する改良と評価が慢性動物実験においてもなされ、製品化の目途を有するに足る性能を有していることが明らかとなった。

5. 知的所有権の取得状況

本研究事業にて開発を行った両吸込型ポンプに対し、2001年2月27日付けで特許公開した。(特開2001-54568号)

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— システムの統合化と総合的評価 —

分担研究者

妙中義之

国立循環器病センター研究所人工臓器部長

中長期使用可能な補助人工心臓システムの完成を目指し、各構成要素の技術的改良ならびに慢性動物実験による血液適合性ならびに信頼性の評価を行った。最長2ヶ月にわたる連続運転を実現し、システムの信頼性の向上を確認した。また、体内埋め込みのための更なるシステムの発展を可能にする新しいポンプの開発に成功した。

1. 研究目的

本研究の目的は、数ヶ月以上連続して体内埋め込み使用の可能な補助人工心臓システムの各構成要素を技術的に完成させ、慢性動物実験を通じて生体適合性・長期使用のための信頼性を評価することにある。

2. 研究方法

本システムは超小型の遠心血液ポンプを中心として、ポンプ駆動のための制御回路、体内埋込型二次電池よりなる全ての構成要素を体内に埋め込み、経皮的エネルギー伝送システムを通じて駆動する、小型で携帯性に優れた補助人工心臓システムである。使用目的に応じて体内に設置する要素を自由に選択することができることに加え、超小型ポンプを2個使用することで両心補助システムにも応用可能である。本年度行った事業により、昨年度までに試作・検討を行ってきたシステムをさらに発展させ、システムとしての統合を図る。遠心ポンプに関しては、インペラの支持方式の変更をはじめとする諸改良を行った。また、血液ポンプの血液接触面に長期間安定して作用しうるヘパリンコーティングを施すことによる抗血栓性の向上を図った。また、血液ポンプの解剖学的適合性、抗血栓性の観点からこれまでにこの分野にはまったく見られなかった構造をもつポンプを提案し、実際に基本設計を行う。この際、ポンプと制御回路の一体化に関しても検討する。体内埋込用二次電池・制御回路については、昨年度試作した二次電池パックをさらに小型・高性能化し、解剖学的適合性の向上を図るとともに、連続駆動可能時間の延長による装着患者のQOL向上を目的とした。

3. 研究結果

遠心ポンプに関しては、インペラの半径方向の移動のみを拘束し、軸方向の移動を許容する支持方式に設計変更した。この方式は、インペラ底部をピンにて支持することで半径方向の移動を制限し、上部は円筒状のスラストベアリングによって軸方向の上方移動のみを制限する構造となっている。設計変更したポンプにヘパリンコーティングを施して使用した慢性動物実験（成ヤギ使用）では64日間の連続運転が可能であり、抗血栓性に関する著しい改善を実現した。ポンプからは異常な発熱あるいは長期使用に伴う性能の劣化などは見られず、数ヶ月程度の耐久性が実証された。また、解剖学的適合性を考慮してポンプの薄型化に取り組み、世界で初の両吸込型遠心血液ポンプの開発・試作に成功した。また、生体用として開発されたりチウムイオン二次電池と、体外結合型経皮電力伝送システムの体内回路と、電池の充電制御回路とを、一つのチタン製ケースに収め、容積220mL、質量380gを実現した。二次電池は5L/min相当の場合で165minのNCVC運転が可能であり、ECTETSから二次電池、二次電池からECTETSへの切り替えもスムーズに行いえた。

4. 結論

中長期使用可能な補助人工心臓システムの完成を目指し、各構成要素の技術的改良ならびに慢性動物実験による血液適合性ならびに信頼性の評価を行い、最長2ヶ月にわたる連続運転、新しい構造を持つ遠心ポンプの開発、小型かつ高性能な電力伝送・貯蔵システムの改良を行い、全システムの信頼性を向上させた。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 遠心ポンプの流量制御のための流量測定法の確立 —

分担研究者 巽 英介 国立循環器病センター研究所人工臓器部

本システムを中心となる遠心ポンプの流量制御法を確立するために必要な、モータ駆動信号からのポンプ流量推定技術に関して、慢性動物実験における精度・信頼性の評価を行った。モータ電力に比例した信号を利用した結果、生体心の拍動に応じて変動するポンプ流量の変化を十分な応答性を持って追従しており、流量の測定はもとより、ポンプ流量過多時に発生する脱血不良の検出の可能性も示された。

1. 研究目的

本研究の目的は、昨年度までに開発してきたモータ駆動信号を利用して間接的にポンプ流量を測定する方法の信頼性を慢性動物実験にて評価することである。

2. 研究方法

開発中のダイレクトドライブ方式超小型遠心血液ポンプを対象にして、モータ電力信号と回転数からポンプ流量を決定するための定式化を行った。慢性動物実験に先立ち、いくつかの異なる回転数に対して流量、電力の関係を測定し、それぞれポンプ寸法、回転数、流体の密度などによって無次元化することでポンプに固有の関係式を得た。また、この関係式に対して流体の粘度が与える影響について、グリセリン水溶液を用いて調べた。その理由は、血液の粘度は血球濃度に大きな影響を受けるため、逐次粘度の補正が必要になるためである。この結果得られた電力と流量の関係式に基づいて、遠心ポンプによる左心バイパス方式の慢性動物実験中に連続的にモニターされるポンプ消費電力と回転数の値から流量を算出した。得られた流量波形を超音波流量計によって得られる流量波形と比較することによりその精度ならびに追従性を評価した。

3. 研究結果

流量と電力の関係は、流量がゼロの場合の電力が回転数の2乗に比例していることを利用して補正した結果、図1に示すように無次元化することで回転数によらない単一の関係となった。この式を用いて、慢性動物実験における流量を計測した結果の一例を図2に示す。左室脱血方式のために生体心の拍動に合わせて流量が極めて大きく変動しているが本方法による推定結果が応答性よく

流量変動に追従できていることが示された。また、この応答性の高さを利用して、主にポンプの回転数が高すぎる場合に心室壁がへこんで脱血管を閉塞する現象の検出も可能であることが示され、ポンプ駆動モータ信号に基づく自動制御への可能性が示された。

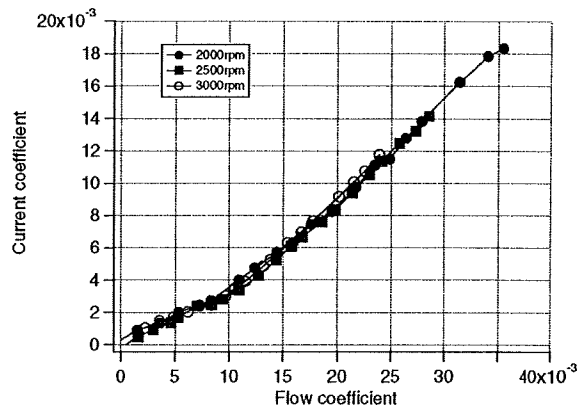


図1 無次元化した電力と流量の関係

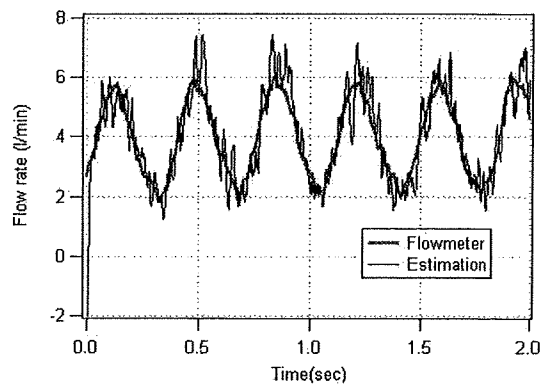


図2 流量の推定値と実測値の比較

4. 考察

本方法によって、専用の流量計を装着することなくポンプ流量を測定できることが示された。本方法のもつ高い応答性は、ポンプへの血液流入状態のモニタとしても利用できるため、遠心ポンプの自動運転に対する可能性が示された。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化 — 遠心ポンプの抗血栓性向上のための設計変更 —

分担研究者 築谷朋典 国立循環器病センター研究所人工臓器部

本システムの中核となる超小型遠心ポンプ部分について、その抗血栓性を向上させるために主にインペラの軸受支持方式に関する設計変更を行った。補助人工心臓としての機能は維持しつつ、インペラの軸方向運動に関する自由度を増加させ、軸受摺動部における局所的磨耗状態を緩和した。変更を施したポンプの基本性能を実験的に調べた結果、ポンプ性能を維持したまま溶血量が低減していた。

1. 研究目的

本研究の目的は、体内埋込可能なシステムに不可欠な超小型の遠心血液ポンプについて、抗血栓性の向上を実現するために、形状の最適化を行いその性能を評価することである。

2. 研究方法

前年度まで行ってきた研究成果により、ボール型ピボットベアリングの採用によってポンプ内部で高速回転するインペラの安定性を向上させることに成功し、左心補助人工心臓としての基本的条件を満たしていることを確認した。慢性動物実験によりポンプの抗血栓性に関する評価を行ったところ、懸念されていたインペラ底部における血栓形成は見られなかったが、上部軸受部近傍においてピボットの押し付け力により発生した摩擦熱に起因すると考えられる血栓形成を認めた。そこで、インペラの半径方向のみの移動を拘束する構造を実現するために、底面から突出するピンにてインペラ底部の半径方向変位を拘束し、上部は軸方向の上方への移動のみを制限するスラストベアリング構造へと設計変更を行った。変更に伴う基本性能の変化を確認するため、ポンプの水力学的性能試験ならびに溶血試験を行い、ポンプ性能とポンプによる血球破壊量の評価を行った。

3. 研究結果

設計変更を行って試作したポンプの構造を図1に示す。ポンプ底部に設置したピンによりインペラの半径方向の移動のみを制限する。このピンは、インペラ内に埋め込まれたサマリウムコバルト永久磁石の強力な磁力に対抗する必要があるため、強度と血液適合性の観点からチタン製とした。水力学的性能を検討した結果、設計変更前とほとんど変化せず左心補助人工心臓として十分であ

り、消費電力も回転数2500(rpm)、流量5.0(L/min)の運転条件で約5(W)であった。また、ポンプ内で発生する溶血に関しては、流量5.0(L/min)、発生圧力100(mmHg)の条件にて、ヤギ新鮮血を用いた溶血試験を行い、4時間連続運転後の溶血指数(N.I.H.)は0.008であり、設計変更した結果、溶血は変更前に比べて低値を示しており、本ポンプによる血球破壊量は左心補助人工心臓としては許容範囲内にあると考えられた。

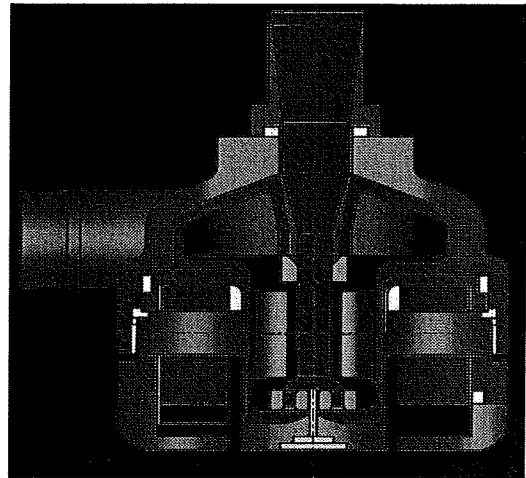


図1 遠心血液ポンプ断面図(設計変更後)

4. 考察

抗血栓性の向上を主たる目的として設計の変更を行った。ポンプの基本性能を実験的に評価した結果、ポンプ性能を維持したまま溶血量を低減させる事に成功した。本ポンプのインペラを安定して支持することは特に溶血の面から重要であり、本研究にて行った設計変更は溶血を抑えつつインペラの安定性を実現し、軸方向の動きを許容することで抗血栓性の向上を図っている。今後は、安定したインペラ支持のために、インペラに作用する流体力の解析に基づく設計の修正を続けていく。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 慢性動物実験によるシステムの血液適合性ならびに信頼性評価 —

分担研究者 西中知博 国立循環器病センター研究所人工臓器部

超小型遠心ポンプの抗血栓性と信頼性の評価を目的として、成ヤギを用いて左室心尖脱血方式による左心バイパスモデルを作成し、慢性動物実験を行った。ポンプ交換なしに最長 64 日間の生存を得ることが可能であり、本遠心ポンプが中長期連続使用可能な補助人工心臓として使用できる目処がたった。

1. 研究目的

本研究の目的は、抗血栓性の向上を目指して設計変更を重ねてきた遠心血液ポンプの抗血栓性ならびに信頼性の評価を、成ヤギを用いた慢性動物実験によって行うことである。

2. 研究方法

ポンプの血液適合性、特に抗血栓性の向上のために本ポンプが備える構造上の特徴は、①シユラウドを持つインペラによりポンプ底部の洗い流し効果を向上させていること、②東洋紡社と共同開発中のヘパリンコーティングをポンプ内の血液接触面に施工していることである。これらの方策の効果ならびにシステムの信頼性評価のために成ヤギを用いた慢性動物実験を計 4 例行った。全例左室心尖部脱血・下行大動脈送血方式の左心バイパスモデルを作成し、覚醒下に管理した。なお、遠心ポンプは体外に設置した。

3. 研究結果

昨年度より試作・性能試験を行ってきた遠心ポンプは、インペラの支持方法としてボールピボットベアリングを利用している。このポンプに対して 3 例の実験を実施した。最長 10 日間の生存を得ることに成功したが、主にピボット部における摩擦力に起因すると考えられるピボット周辺部での血栓形成が全例において見られ、インペラ支持方式の変更の必要性が明らかとなった。そこで、インペラの半径方向の移動のみを拘束し、軸方向の移動を許容する支持方式に設計変更した。この方式は、インペラ底部をピンにて支持することで半径方向の移動を制限し、上部は円筒状のスラストベアリングによって軸方向の上方移動のみを制限する構造となっている。設計変更したポンプを使用して 1 例の慢性動物実験を行った。64 日

間の連続運転が可能であり、抗血栓性に関する著しい改善が実現できていた。この間、ポンプ流量は 2~6(l/min)で維持し得た。十分な回転数が維持されている場合には心室内圧ならびに大動脈圧の脈圧の高度な減少を認めた。ただし、ポンプ流量は生体心の拍動により大きく変動していた。高回転時には脱血不良を示す流量の定期的な減少あるいは逆流が観察され、溶血を示す血漿中の遊離ヘモグロビン濃度の上昇も観察されたが、ポンプ発生圧が 100(mmHg)程度の運転条件では許容できる範囲内であった。また、モータ駆動信号を通じて、ポンプ流量の間接的測定ならびに脱血不良現象の検出が可能であった。

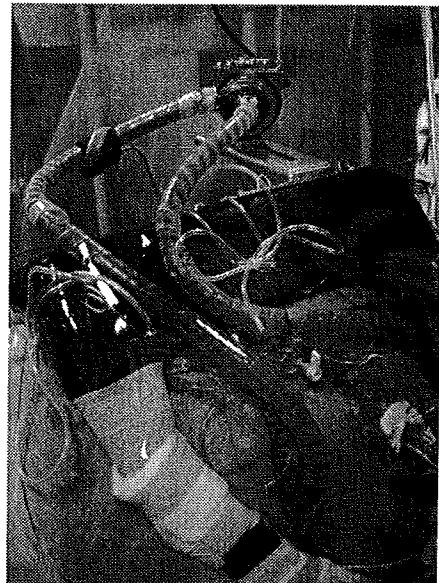


図 1 慢性動物実験評価中の遠心ポンプ

4. 結論

インペラ支持方式の改良を加えた遠心ポンプの血液適合性ならびに信頼性の評価を行った。最長 2 ヶ月にわたる連続運転を実現し、ポンプの抗血栓性ならびにシステムの信頼性の向上を確認した。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 制御回路・ダイレクトドライブの最適化 —

分担研究者

増澤 徹

茨城大学工学部機械工学科

生体埋込用として小型化するためにダイレクトドライブ構造とし、NCVC3型にて4ヶ月以上 *in vitro* で、また山羊にて2ヶ月運転を行なった。制御回路も埋め込むために制御回路をポンプと一体化することで、配線を少なくする構造とし、また、両吸込ポンプでは、ステータコイルの間にポンプが吐出口を設けることを検討した。

1. 研究目的

本研究の目的は、埋込型補助人工心臓システムにおいて総合的にダイレクトドライブの最適化を計るために、ポンプとモータの融合を計り、新たにポンプの薄型化を実現することにある。

2. 研究方法

人工心臓のみならず、ポンプ駆動用制御回路、電力伝送システム、二次電池といった本システムの各構成要素をすべて埋め込み可能とすることは、装着患者のQOLの向上、社会復帰のために不可欠である。各要素の体内装着を容易にするためには小型化・単純化が必要となるが、本システムでは、①ダイレクトドライブのセンサレス方式採用による駆動用配線の単純化、②ポンプと制御基盤の一体構造化の二点を実現することにより体内における構成要素を極力少なくし、より安全なシステムとして完成することを図っている。本件急では、この制御基盤を一体化した場合のサイズを最小とするために、新しい構造のダイレクトドライブ駆動用ステータを開発した。具体的には、モータを含めたポンプを薄くするために、6極あるステータコイルのうちコイル間3箇所の間隙から吐出口ディフューザを出す構造とした。このためステータコアは6極の対象形とせず、歯の部分は2つが対になる形状とした。また、このモータを今年度に開発に着手した新しい構造をもつ遠心ポンプ（NCVC4、NCVC5）に組み込み、インペラの安定性、発熱等の運転状態を評価した。

3. 研究結果

遠心ポンプと一体構造とし、モータ配線の外部への露出を完全に取り去った一体型基盤回路を試作した結果、ポンプユニットの厚みをほとんど増やすことなく、一体化構造とすることに成功した。

ポンプと制御回路を一体化させた場合には体内での発熱と接触部位の熱による損傷が懸念される。そこで、制御基板上の主放熱源であるトランジスタの放熱面をポンプ吸込口金属部に接触させることによって、血液中への放熱を促進させた。この構造により生体内における制御機器からの局部発熱による組織の熱損傷を防ぐことを図る。一体型ステータに関しては、流路がステータの間を貫通するために磁気的には非対称であるにもかかわらず、NCVC4、NCVC5ポンプによる運転試験の結果、異常振動等の発生は見られなかった。よってこのステータ構造が薄型ポンプ製作方法として有効であることが確認できた。

4. 考察

体内埋め込みに不可欠な構成要素の小型化・単純化を実現するために、遠心ポンプの駆動回路上の配線を減らし、かつ制御回路をポンプといった構造とした。また、ポンプの薄型構造を実現するためにステータの間に流路を配置する新たな構造の試作・検討を行い、その有効性を確認した。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 抗血栓性に優れた新しい方式の遠心ポンプの開発 —

分担研究者 小西義昭 日機装株式会社 静岡製作所 R&Dセンター

長期運転する体内埋込用血液ポンプを開発するために、成ヤギを用いた慢性実験により、試作してきた NCVC3 型血液ポンプの抗血栓性評価を行い、その結果を参考にしてさらに血栓の出来にくい新しい構造の遠心ポンプを考案、試作を行なった。

1. 研究目的

本研究の目的は、慢性動物実験による長期間の連続運転においても血栓形成のない遠心ポンプの実現のために、慢性動物実験により得られた結果を参考にポンプ形状の改良を行うことにある。

2. 研究方法

遠心型血液ポンプ(NCVC3)を対象に、山羊を用いた慢性実験を行ない、血栓の発生部位を確認する。血栓好発部位としては流速の遅い羽根車裏面および回転軸摺動部が最も可能性が高いため、これらの部分における局所的な流速を充分確保することで血栓の発生が抑えられることを確認するとともに、これらの部分をなくす構造が取れないか検討する。さらにそれらの発生部位を可能な限り無くす構造を検討し、試作により実証する。

3. 研究結果

(1) 遠心血液ポンプ (NCVC3)

高回転領域でも安定して運転出来るように、軸受を2個設計、さらに軸受を球状にすることにより、固定軸付近での血液滞留を少なくした。しかし、動物実験結果では、球状軸受の部分で血栓の発生が見られた。これに対し、羽根車上部（吸込型）軸受を従来のNCVC2型同様に軸内部に流路を設け、羽根車底部軸受は、軸と軸受の間隙を広くとり、半径方向のみの支持構造とすることで、抗血栓性を改良し、2001年3月末まで2ヶ月間山羊にて動物実験を実施出来た。

(2) 両吸込型遠心血液ポンプ (NCVC4)

血栓発生は血液滞留部に好発するが、羽根車上部では吸込流れが強く働くため、比較的抗血栓対策がとり易いが、羽根底部は比較的流れが悪く、従来ウォッシュアウトホールを設けることにより滞留部を少なくする対策が検討されて来た。そこで、羽根車底部の軸受近傍における血流滞留による血栓の発生を防ぐ対策として、羽根車の両面よ

り吸込み、滞留しがちな底面をもたない、両吸込ポンプ構造を検討し、試作を行なった。両側に配置した流路によって構造が厚くなることを防ぐために、出口流路はステータコイルの間から3本のディフューザを通して吐出させ、その後コイルの外側にてリング状に集合させた。また、吸込口に関しては、軸受け外側に設けた。

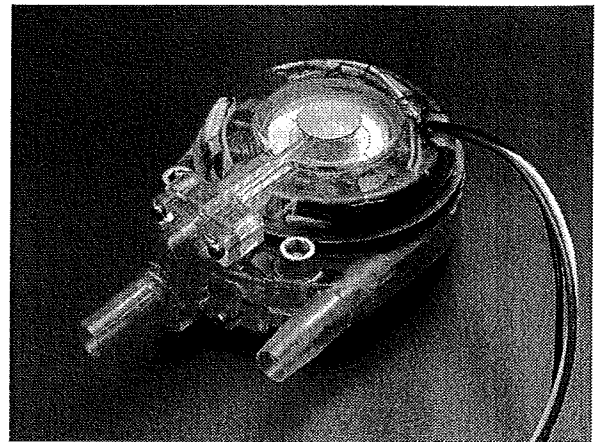


図1 両吸込型遠心血液ポンプ(NCVC4)

(3) バランス型遠心血液ポンプ(NCVC5)

血液滞留による血栓の防止には回転中心部の流速の遅い部分、特に軸受での接触部分を小さくするため軸受を1点支持する構造とした。この場合他のピボットのように停止中または低速回転中はロータ永久磁石がその外側のステータコアに吸引され、傾いていずれかの壁に接触したまま、またはそれに準じた不安定な状態になる。これに対し、試作したバランス型では軸受と永久磁石とステータコア磁極部が常に一直線上になるように配してあるため、磁力の強さに偏りがあっても永久磁石を含むロータ（羽根車）は傾くことが無く、このため運転による振動も小さくなった。

4. 結論

遠心ポンプの改良を行うと共に、新しい構造をもつポンプを開発した。今後、新型ポンプについても動物実験による評価を行なっていく。

中長期使用のための小型・高性能補助人工心臓システムの開発と製品化

— 電力伝送・貯蔵法の最適化 —

分担研究者 村井剛次 日機装株式会社 静岡製作所 R&Dセンター

生体用として開発されたりチウムイオン二次電池(保護回路付)と、体外結合型経皮電力伝送システムの体内回路と、電池の充電制御回路とを、一つのチタン製ケースに収めた、動物生体内埋込可能な電源パック(容積 220mL, 質量 380g)を試作した。この電源パックを使用することにより、体内埋込型定常流人工心臓への安定した電力供給が可能になるものと考えられた。

1. 研究目的

本研究の目的は、体内埋込型定常流人工心臓(NCVC)駆動用の、動物生体内埋込可能な電力伝送および貯蔵システムを具現化することである。

2. 研究方法

生体用として開発されたりチウムイオン二次電池(保護回路付)と、体外結合型経皮電力伝送システム(ECTETS)の体内回路と、電池の充電制御回路とを、一つのチタン製ケースに収めた、動物生体内埋込可能な電源パックを試作した。この電源パックに ECTETS の体外回路と電子負荷を接続し、NCVC の模擬駆動試験を行った。試験は、ECTETS による負荷への電力供給(モード①)、二次電池による負荷への電力供給(モード②)、ECTETS による負荷への電力供給と二次電池の充電(モード③)の三つのモードを順次切り替えることによって行った。なお、電子負荷への出力電力は、平均 7W(拍出流量 5L/min 相当)および平均 13W(同 10L/min 相当)とした。

3. 研究結果

試作した電源パックの構造を図 1 に示す。容積は 220mL であり、質量は 380g であった。また、二次電池の放電エネルギーは 21Wh であった。

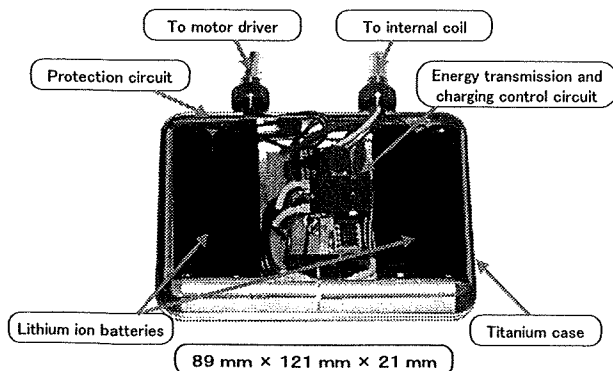


図 1 電源パックの構造

電子負荷への出力電力を平均 7W とした場合の各部の電力変化を図 2 に示す。モード①での ECTETS の電力伝送効率率は 75%であった。モード②での二次電池から負荷への効率率は 98%であり、電池による運転可能時間は 165min であった。モード③では、二次電池の充電進行に伴い電池に供給される電力が徐々に減少していく。充電に要した時間は 180min であった。充電開始直後 ECTETS への入力が最大の 23W となり、このときの電力伝送効率率は 80%であった。電子負荷への出力電力を平均 13W とした場合の、二次電池による運転可能時間は 76min であり、充電開始直後の ECTETS への入力は 32W であった。また、モード切り替え時の出力電圧をオシロスコープで連続的に監視したところ、電圧降下は 1V 以下であり、電力が安定に供給されていることが確認された。

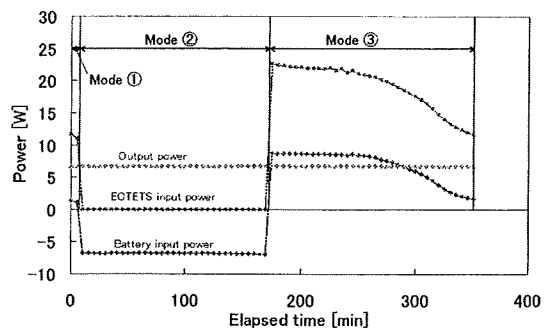


図 2 模擬駆動試験結果(平均 7W)

4. 結論

試作した電源パックに組み込まれた ECTETS は、75%以上の高い電力伝送効率を有し、二次電池は 5L/min 相当の場合で 165min の NCVC 運転が可能であった。また、ECTETS から二次電池、二次電池から ECTETS への切り替えもスムーズであった。

電源パックを使用することにより、NCVC への安定した電力供給が可能になるものと考えられた。

研究成果の刊行に関する一覧表

雑 誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
宮良理菜 柴 建次 越地耕二 藤原 修 中村恭之 角田幸秀 巽 英介 妙中義之 高野久輝	完全埋込型人工心臓用経皮エネルギー伝送システム - 入力の低電圧化と経皮トランスの装着性の検討 -	人工臓器	29(1)	11-17	2000
角田幸秀 妙中義之 巽 英介 上所邦広 中村真人 増澤 徹 柴 建次 越地耕二	完全埋込み型人工心臓用経皮エネルギー伝送システムの慢性動物実験による評価	人工臓器	29(1)	31-35	2000
築谷朋典 妙中義之 巽 英介 高野久輝 小西義昭 村井剛次	中長期使用のための小型・高効率補助人工心臓システムの開発と製品化	電気学会リニアドライブ研究会資料	LD-0 0-56	11-14	2000
妙中義之 巽 英介 築谷朋典	次世代型人工心臓	循環器専門医	8(2)	243-248	2000
築谷朋典 妙中義之 巽 英介 高野久輝 小西義昭 村井剛次	遠心ポンプを用いた体内埋込型補助人工心臓システムの開発	日本機械学会第13回バイオエンジニアリング講演会講演論文集	00 (35)	136-137	2001

20000478

以降は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、
前ページの「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。

HORIZON

AGRI

1984

1984