

課題番号 18

健康寿命延伸に向けた大動脈基部装着補助人工心臓システムの の生理・組織学的評価

[1] 組織

代表者：岡本 英治
(東海大学大学院理工学研究科)
対応者：山家 智之
(東北大学加齢医学研究所)
白石 泰之
(東北大学加齢医学研究所)
分担者：
矢野哲也 (弘前大学大学院理工学研究科)
研究費：物件費 5万8千円

[2] 研究経過

2.1 研究の目的と概要

我が国は超高齢化社会を迎える我が国では、重症心不全患者の増加が見込まれる中、提供心臓の不足の問題は解決されておらず、補助人工心臓による治療が大きな役割を担っている。特に高齢者の重症心不全患者の増加に対し、永久使用を目的とした補助人工心臓の使用の増加が見込まれている。高齢者への補助人工心臓の埋込みは身体への負担が大きいため、高齢者への負担の小さい補助人工心臓の開発が期待されている。

我々は従来より大動脈基部に設置する超小型軸流型補助人工心臓の開発を進めてきた。特に自然心臓と直列に補助人工心臓を接続すると、自然心臓の作り出す拍動流をそのまま維持しながら直流成分の血流量を増やすことができるため、末梢臓器の効果的な循環補助が可能であることを本プロジェクトで明らかにした。一方、左心室に直列に接続した場合、軸流型補助人工心臓の上流圧力が低下するため、上流に冠循環や脳循環が位置すると、循環血流量が低下することも本プロジェクトで明らかにした。その結果、大動脈に直列に装着する軸流型補助人工心臓の最適な埋込み位置は、バルサルバ洞の手前、すなわち大動脈弁位置であるとの結論に至った。

そこで我々は今回、大動脈弁を切除し人工弁埋込み術と同様にして設置する大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓と、モータ部分を左心室内に設置する大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓の開発を行ったので報告する。

2-2 打ち合わせ状況

・2016年4月28日 富山で開催した第56回日本生体医工学会大会の会場において、山家先生、白石先生、矢野先生と大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓の開発現況について報告・打ち合わせを行った。
・2016年9月20日の第24回国際ロータリー血液ポンプ学会大会において、大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓の性能を山家先生、白石先生、矢野先生にご報告し打ち合わせを行った。
・2016年11月24日 米子で開催された第54回日本人工臓器学会大会において、大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓と大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓の現況について、山家先生、白石先生に報告を行った。また上記以外に、定期的にメールにて両軸流型補助人工心臓の開発について、山家先生、白石先生、矢野先生と打ち合わせを行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度、東北大学加齢医学研究所と東海大学、弘前大学の共同研究で以下の2つの軸流型補助人工心臓の開発を行った。

最初に、大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓の外観をを図1に示す。大動脈弁を切除後の位置に人工大動脈弁と同じ手技で植え込む軸流型補助人工心臓で、左心室機能の部分補助を目的に開発した。この軸流型補助人工心臓は、モータとインペラが分離された構造になっており、モータ部は外径19mm×長さ26mm、インペラ部は大動脈弁位置への設置を考慮し外径25mm×長さ12.5mmで、重さは27g

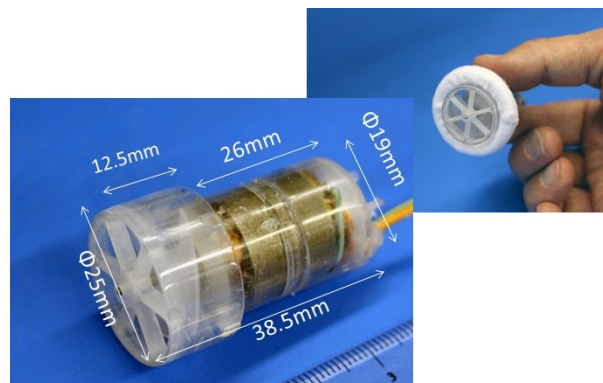


図1 大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓

である。モータはブラシレスモータで軸受けにはポリエチレンとステンレスの組み合わせによるピンベアリングとなっており、インペラは3枚羽根である。

この開発した大動脈弁位置設置式軸流型補助人工心臓を、作動流体に33%グリセリン溶液を用い *in vitro* 実験でポンプ性能を評価したところ、インペラ回転速度 6000rpm で、Pump Head 60mmHg に対し 4.8L/min のポンプ拍出量を得ることができ、部分補助を目的とする補助人工心臓として十分なポンプ性能を有することが分かった。一方、大動脈弁置換術の術式は確立されているとはいえ、この補助人工心臓埋込みは高齢者にとり肉体的負担は大きい。また、小型モータを開発はしたが、大動脈基部のスペースに対しモータが大きいのではないかという指摘も受けた。

そこで同じモータを使い、モータを左心室内に設置しインペラをモータ後部に配置し、大動脈弁を貫通する形で軸流型補助人工心臓を装着する大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓を開発した。その写真を図2に示す。モータ後部より血液が流入インペラにより駆出される。またロータ部分にも小さいインペラを設置してあり、血液駆出の補助的役割を担っている。全体の体積は13ml、重さ18gと超小型であることが特徴で、短期使用であればカテーテルで

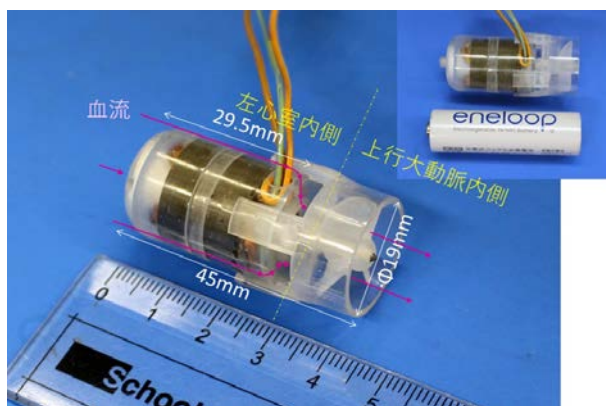


図2 大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓

挿入・設置することも念頭に入れている。

開発した大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓を33%グリセリン溶液を用い *in vitro* 実験でポンプ性能評価を行った。その結果、impeller 回転速度 8000rpm で、Pump Head 60mmHg で 3L/min のポンプ拍出量を得た。図1の軸流型補助人工心臓と比較しインペラ外径が小さいためインペラ周速度が小さく、その分、より高速でポンプを運転することになるが、今後はポンプ特性の改善を図り運転回転速度を低く抑える研究を進める予定である。

(3-2)波及効果と発展性など

本研究では、今後増加が見込まれる高齢者の重

症心不全患者の治療を目的に、2つの大動脈弁位置に設置する軸流型補助人工心臓の開発を行った。大動脈弁貫通式軸流型補助人工心臓は、短期使用を目的とする場合、ケーブルは動脈内を通ったままになるが、カテーテルで設置できるメリットがある。今後さらなる小型化に努める必要はあるが、高齢者に負担の少ない軸流型補助人工心臓として期待できるものと思われる。

一方、この大動脈貫通式軸流型補助人工心臓は、全体の大きさは Jarvik Heart 社が開発する小児用補助人工心臓 Pediatric Jarvik 2000 とほぼ同じ大きさで、Pediatric Jarvik 2000 よりもインペラ回転数を低くより多くの血液を駆出できる。これは、Pediatric Jarvik 2000 がロータとインペラ一体型ポンプであるのに対し、今回開発した軸流ポンプはモータとインペラを分離しているためインペラ設計自由度が高く、優れたポンプ特性を出しやすいと考えている。従って、本研究では大動脈弁貫通式として開発した軸流型補助人工心臓であるが、Pediatric Jarvik 2000 同様に小児用軸流型補助人工心臓として発展させることが可能である。

[4] 成果資料

- 1) 岡本英治, 矢野哲也, 三浦英和, 白石泰之, 山家智之, 三田村好矩, “大動脈弁位置への設置を目指した軸流型補助人工心臓に関する検討”, 第29回代用臓器再生医学研究会抄録集 p4,2017
- 2) 岡本英治, 矢野哲也, 三浦英和, 白石泰之, 山家智之, 三田村好矩, “大動脈弁位置埋込み式軸流型補助人工心臓の実現に向けたポンプ開発”, 人工臓器 45(2),p89, 2016
- 3) Okamoto E, Yano T, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T, Mitamura Y,” Development and Improvement of the Miniature Axial Flow Blood Pumps to Realize Concept of the Valvo Pump”, Proceeding of 24th Congress of International Society of Rotary Blood Pumps,p34,1¥2016
- 4) Okamoto E, Yano T, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T, Mitamura Y,” Hemodynamic Evaluation of Ventricular Support Using the Axial Flow Blood Pump Placed at Descending Aorta”, Proceeding of 62th annual conference of ASAIO, p27,2016
- 5) 岡本英治, 矢野哲也, 有村響子, 三田村好矩, “大動脈弁埋込み補助人工心臓を目指した超小型軸流ポンプの試作”, 第55回日本生体医工学会大会抄録集, p109, 2016