

課題番号 10

## 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生理・組織学的評価

### [1] 組織

代表者：岡本 英治

(東海大学札幌教養教育センター)

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)

三浦 英和

(東北大学加齢医学研究所)

分担者：

矢野 哲也 (秋田県立大学)

研究費：物件費 6 万円，旅費 4 万円

### [2] 研究経過

#### 2-1 研究の概要

60 歳以上の重症臓器不全患者は臓器移植の対象ではなく、超高齢化社会を迎える我が国では人工臓器による Destination Therapy が今後増加することが予想される。そのため超高齢化社会を迎えている我が国では、我が国独自に高齢化社会に適した新たな補助人工心臓の開発が期待されている。

そこで患者への手術侵襲を小さくすることを目的に、大動脈基部に直列に挿入する小型軸流式補助人工心臓の開発を行っている。昨年度の本研究により、自然心臓に直列に接続する循環補助方式は、ポンプ拍出量が増加しても自然心臓が作り出す拍動流が維持され、現在に臨床で使用されている並列接続式循環補助と比較し、ポンプ下流の臓器に対し良好な循環補助を実現できることを明らかにしたが、ポンプ上流の血行動態は不明であった。そこで、本研究では、直列接続方式の補助循環下における全身の血行動態についてヤギを用いた動物実験で測定を行った。

#### 2-2 研究打ち合わせの状況

・2015 年 9 月 15 日 札幌で開催した研究会の後に、三浦先生とモータ設計に関し研究打ち合わせを行った。

・2015 年 10 月 21 日 東京で開催された第 52 回日本人工臓器学会大会にて、東海大学の開発状況の報

告と研究打ち合わせを行った。

・2016 年 3 月 4 日 宮城県松島町で開催した第 44 回人工心臓と補助循環懇話会で、山家先生・白石先生・三浦先生、矢野先生間で研究打ち合わせを行った。また、上記以外にもコンスタントに山家先生、白石先生、三浦先生、矢野先生とメールで連絡を取り合い、実験結果の解釈などについて議論を行った。

### [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、秋田県立大学との共同研究で自然心臓と直列に接続する大動脈基部装着型補助人工心臓による補助循環下における体循環、冠循環、脳循環の血行動態を測定した。

実験方法は、麻酔下に成ヤギ(メス、体重 43kg)の下行大動脈に軸流型補助人工心臓を装着した。使用した軸流型補助人工心臓は、外径 34mm、全長 74mm、大動脈吻合部径 15mm の大きさで、径方向を動圧軸受け、軸方向をネオジウム磁石による受動磁気軸受けで支持する第三代軸流型補助人工心臓である。

血行動態の測定は、体循環ではポンプ上流に超音

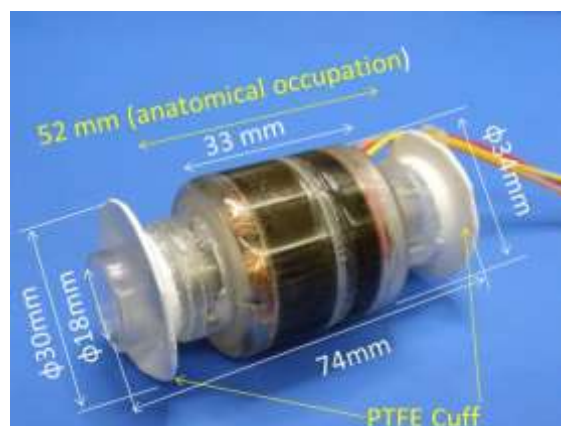


図 1 大動脈装着式軸流型補助人工心臓

波血流計、ポンプ下流に圧力トランスデューサ、脳循環系では左総頸動脈に電磁流量計、深耳介動脈に圧力トランスデューサをそれぞれ設置し、体循環系と脳循環系の血行動態を測定した。また左前下行枝上に超音波流速計を設置し冠循環系の変化を測定した。

下行大動脈に装着した軸流型補助人工心臓を停止

状態からインペラ回転速度を 8000rpm まで増加させポンプを稼働したところ、下行大動脈の血流量はポンプ停止時の 4L/min から 6.7L/min へと上昇し、血流の拍動性もそのまま維持された。またポンプ下流で測定した下行大動脈圧もポンプ回転数の増加と共に拍動成分を維持したまま上昇し、ポンプ下流側に位置する末梢臓器に対し良好な補助効果が期待できる結果となった。

一方、ポンプ上流側では、左総頸動脈の血流量がポンプ停止時と比較しインペラ回転速度 8000rpm で 0.8L/min 低下し、それに伴い深耳介動脈で測定した動脈圧もポンプ停止時と比較し低下した。同時に左前下行枝で測定した冠循環の血流速度もポンプ停止時のピーク血流速度 70cm/s からポンプ回転速度 7000rpm で 40cm へと低下した。

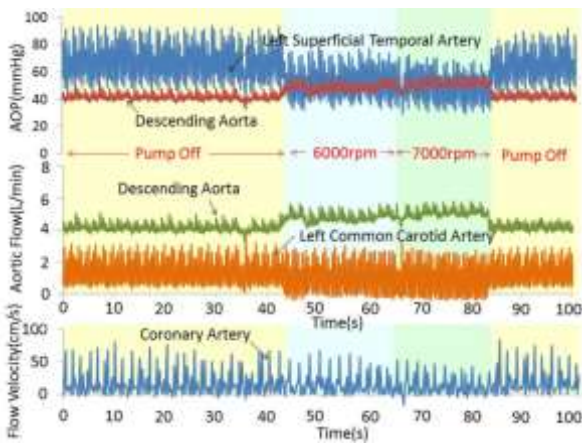


図2 直列接続補助循環下における血行動態

### (3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究では、不全心臓と補助人工心臓を直列につなぐ新しい補助循環法の血行動態について検討した。その結果、直列接続による新しい循環補助法はポンプ下流で補助循環量を大きくしても大きな拍動流を得ることができ、末梢循環改善に大きな期待がもてる新しい循環補助法として今後の発展が期待できる一方、ポンプ上流の脳循環と冠循環では循環血流量・血圧の低下が見られた。

心機能補助の点では、ポンプ上流圧の低下は左心後負荷軽減になる一方、冠血流低下は心筋の回復面ではマイナスとなり、トータルとしての心筋補助効果については総合的に検討が必要である。

本実験の結果より、大動脈装着式補助人工心臓は、より左心室出口に近い位置で冠循環入口であるバルサルバ洞手前、すなわち大動脈弁位置が最も適切な位置であることを確認できたことより、大動脈弁位置に埋込み可能な軸流型補助人工心臓の開発にターゲットを絞り研究を進めていく予定である。

### [4] 成果資料

- (1) 矢野 哲也, 佐藤 陵介, 石本 志高, 須藤 誠一, 岡本 英治, 三田村好矩, “大動脈内への埋込みを想定した小型軸流血液ポンプValvoPump 2Sのインペラ設計と性能評価, 第28回代用臓器再生医学研究会抄録集, p6, 2016
- (2) 岡本英治, 矢野哲也, 白石泰之, 三浦英和, 山家智之, 三田村好矩, “軸流型補助人工心臓の下行大動脈装着下補助循環における血行動態の評価, 第28回代用臓器再生医学研究会抄録集, p8, 2016
- (3) Okamoto E, Ishida Y, Yano T, Mitamura Y, “Passive magnetic bearing in the 3rd generation miniature axial flow pump-the valvo pump 2”, J.Artificial Organs 18(2):181-184,2015
- (4) Okamoto E, Yano T, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T, Mitamura Y, “Initial acute animal experiment using a new miniature axial flow pump in series with the natural heart,Artificial Organs 39(8):701-704,2015
- (5) Okamoto E, Shida A, Miura H, Shiraishi Y, Yambe T, Mitamura Y. ” Histological observation of titanium mesh electrode for transcutaneous information transmission using human body as conductive medium”, Proceeding of 54 th annual meeting of Japan Society of Medical and Biological Engineering:410-412,2015
- (6) 矢野哲也, 佐藤陵介, 須藤誠一, 岡本英治, 三田村好矩, “循環系へ直列接続される軸流型血液ポンプの数値設計および評価”, 日本定常流ポンプ研究会 2015 抄録集:16-17, 2015