HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	弁無し拍動流血液ポンプに関する基礎的研究
Author(s)	内貴, 猛; 川口, 学; 狩野, 猛
Citation	電子科学研究, 3, 91-93
Issue Date	1996-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24357
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_P91-93.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

弁無し拍動流血液ポンプに関する基礎的研究

自律調節研究分野　内　貴　　猛，川　口　　学，狩　野　　猛

拍動流型人工心臓には，逆流防止のために人工弁が使用されるが，それにより血液が異常な高せん断応力に曝されたり，局所的な血流の停滞が起こり，溶血や血栓の形成が引き起こされるという欠点がある。そこで本研究では，人工弁を使用せずに拍動流を発生できる新しい機構の血液ポンプを考案し，試作した血液ポンプを模擬循環回路に組み込んで，そのポンプ特性を調べた。その結果，本機構により拍動流を発生できることがわかり，血液へのダメージが少ない人工心臓の開発の可能性が示された。

1．はじめに

心筋梗塞や心筋症などを原因とする重症の心臓病や，心臓弁置換のように心臓を開く大きな手術の後に生ずる心臓性ショックなどの治療，心臓移植までの橋渡しとして，人工心臓が使用される。人工心臓は，使い方により補助心臓と完全人工心臓に分けられ，機能により定常流型と拍動流型に分けられる。現在多く臨床応用されている拍動流型人工心臓には，血流の逆流を防ぐために人工弁が使用されている。しかし，人工弁により血液が異常に高いせん断応力やレイノルズ応力に曝されたり[1]，段差の生じやすい装着部位などで血流の停滞が起こり[2]，これらが原因となって溶血[3]や血栓形成[4]などの血流障害が引き起こされると考えられる。そこで本研究では，人工弁を使用せずに拍動流を生み出すことのできる新しい機構の血液ポンプの開発を試み，試作した血液ポンプのポンプ性能を評価して，この機構の人工心臓への応用の可能性について検討した。

2．血液ポンプおよびポンプ特性測定方法

2.1　血液ポンプ

図1に示す血液ポンプを，設計し，試作した。三日月形の膨らみを持つ血液チャンバの一ヶ所を押し潰し，その箇所を一方向に移動させることにより，拍動流を発生する機構になっている。血液チャンバの押し潰しは揺動運動する円盤により行い，その円盤を一心拍あたり一回転するモータで定速回転させた。本血液ポンプの特徴は，血液チャンバの流入口と流出口をポンプハウジング内で交差させ，常にチャンバのどこか

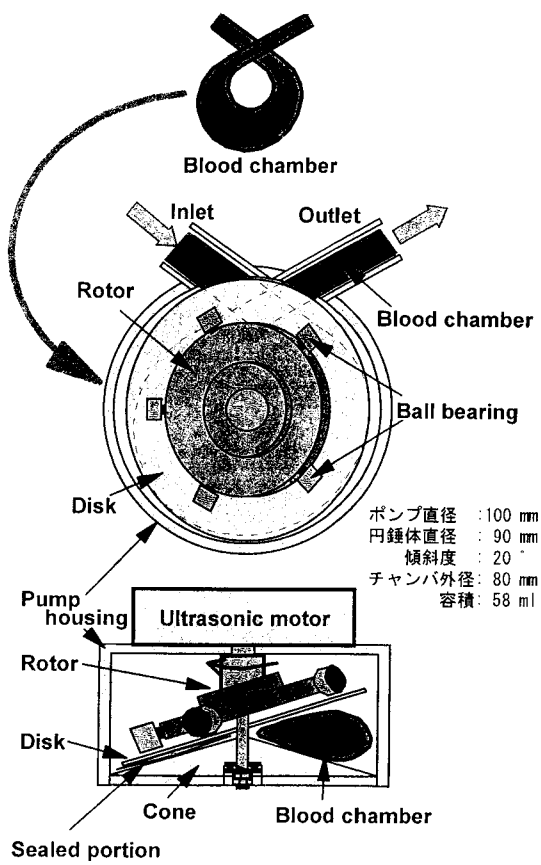

図1　弁無し拍動流血液ポンプの概略図

一ヶ所を押し潰し，弁と同様に大動脈圧のかかる高圧部から左心房圧のかかる低圧部への血液の逆流を防いでいる点にある。また，瞬時的にはチャンバを押し潰している部分に血流の停滞が起こるが，その部分は常に移動しているため，常時血流の停滞が起こる部分は存在しないという特徴もある。駆動源には低速で回転し，高トルクを発生できる超音波モータを使用した。血液チャンバは，抗血栓性が高く，従来の人工心臓に多く使われているセグメント化ポリエーテルポリウレタン製であり，ロスト・ワックス法とディッピング法を用いて作製した。血液チャンバの形状はポンプ拍出能に大きく影響を与えると考えられるため，膨らみの位置が異なる4つのチャンバ（膨らみの中心がチャンバ入口付近（EP 1），中間より少し入口寄り（EP 2），中間（EP 3），出口付近にある（EP 4））のポンプ特性を比較して，形状の影響を調べた。

2.2 ポンプ特性の検討

試作した血液ポンプを生体内循環を模擬した体外循環回路に取り付けて，ポンプ性能を調べた。循環流体には，食塩水とウシ血液を使用した。本研究では，血液ポンプの拍出流量波形とポンプ前後の圧力（前・後負荷）波形の形状，平均拍出流量やポンプ効率に与える平均前・後負荷および拍動数の影響について検討した。

3．結果および考察

3.1 基本ポンプ特性

EP 2の血液チャンバを使用した場合に，拍出能が最も優れていたので，ここではその結果を示す。図2は，平均前負荷を15 mmHg，平均後負荷を100 mmHgに設定した場合の圧・流量波形の一例を示した図である。拍出流量は急激に上昇して緩やかに減少し，後負荷波形は三角形状であり，生体心臓の拍出圧・流量波形に似た拍動流を発生していることがわかった。ただし，拍出開始前に逆流の発生が観察され，後負荷を大きくするほどその流量は増加した。

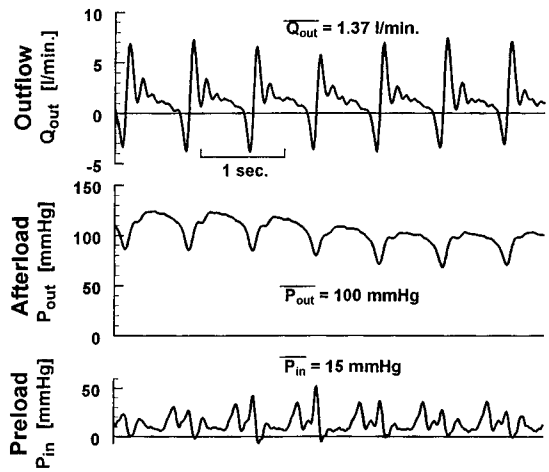

図2 EP 2の血液チャンバを使用した場合のin vitro実験により得られた圧・流量波形の一例

図3に示したように，本血液ポンプの前・後負荷特性および拍動数特性は，一般的な人工心臓[5]と同様の特性を示すことがわかった。

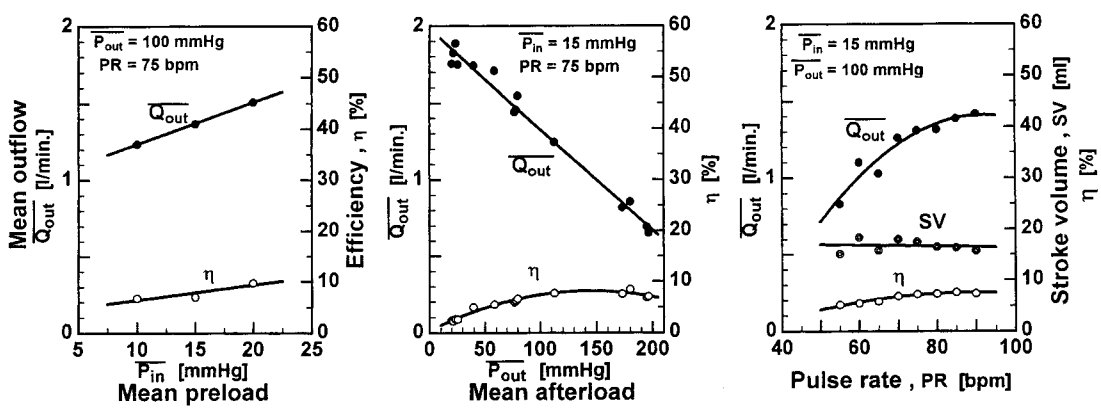

図3 EP 2の血液チャンバを使用した場合のin vitro実験によるポンプ特性

3.2 血液チャンバ形状の影響

EP 1 のチャンバを使用した場合には，拍出流量と後負荷にはほとんど拍動が見られず，EP 2 の場合には，両波形はほぼ EP 3 の場合と同じであり，EP 4 の場合には EP 3 の場合よりも逆流が大きいという結果が得られた。また，チャンバ形状の違いにより，後負荷特性にはかなりの違いが現れることがわかった。これらの結果から，血液チャンバの形状を変化させることにより拍出波形や拍出特性を変化させることができることがわかった。

4. おわりに

本研究で設計，試作した血液ポンプは，人工弁を使用せずに拍動流を発生できることがわかった。今後は，溶血量の測定と血栓の発生状況の観察を行い，従来の人工心臓におけるデータと比較検討する予定である。

【参考文献】

[1] Nygaard, H., Paulsen, P. K., Hasenkam, J. M., Kromann-Hansen, O., Pedersen, E. M., Rovsing, P. E.: Eur. J. Cardio-thorac. Surg. 6, 609-617, 1992.

[2] Francischelli, D. E., Tarbell, J. M., Geselowitz, D. B.: Artificial Organs 15, 218-224, 1991.

[3] Lamson, T. C., Rosengerg, G., Geselowitz, D. B., Deutsch, S., Stinebring, D. R., Frangos, J. A., Tarbell, J. M.: ASAIO J. 39, M626-M633, 1993.

[4] Wagner, W. R., Johnson, P. C., Kormos, R. L., Griffith, B. P.: Circulation 88, 2,023-2,029, 1993.

[5] Nakamura, T., Hayashi, K., Seki, J.: Proc. Artificial Heart and Assist Device, 101-106, 1987.