

人工心臓のアウトレットをセンサプローブとして利用した超小型血流量計の開発

国立研究開発法人産業技術総合研究所健康工学研究部門

小阪 亮

Ryo KOSAKA



1. 目的

人工心臓装着患者の退院後の生理状態や人工心臓の駆動状態を管理するためには、循環動態を反映する血流量を計測することが重要である。現在、人工心臓の血流量を計測する方法として、血液ポンプの消費電力と流量の相関を利用した流量推定法や、超音波を利用した超音波血流量計が使用されている¹⁾。しかし、流量推定法は、血液の粘度変化や血液ポンプ内に血栓が生じた場合など、事前に得られている消費電力と流量の校正式が変化する場合、流量の推定結果に誤差が生じる可能性がある。また、軸流型人工心臓では、流量と消費電力に正の相関がないため、流量推定法を適用することは難しい。一方、現在使用されている超音波血流量計は、センサプローブは小型であるが、増幅回路や信号処理回路が大きく、現状では長期間体内に埋め込んで使用することは困難である。

本研究グループでは、図1に示す軸流型人工心臓で用いられる曲がり形状のチタン製カニューラをセンサプローブとして利用した血流量計を開発してきた²⁾。本流量計は、曲がり管で生じる流体の遠心力と流量の関係をもとに、管路外周面に生じる歪から歪ゲージを使用して流量を計測することが可能である。しかし、曲がり形状のカニューラを持たない遠心型人工心臓に適用する場合も、流量計測を行うためにカニューラに曲がり部を設ける必要があった。

そこで本研究では、人工心臓のアウトレットカニューラをセンサプローブとして利用した超小型血流量計の開発を

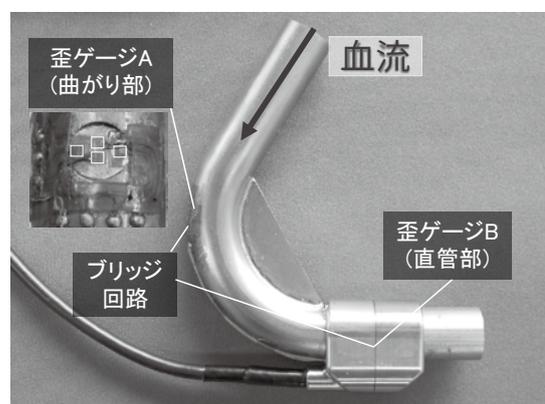


図1 人工心臓の曲がり形状のカニューラを用いた小型血流量計

目的とした。

2. 方法

本研究グループが開発している超小型血流量計の模式図を図2に示す。本流量計には、流量と静圧を計測するための流量計測部と、静圧補償を行うための静圧補償部の2箇所計測部を設けた。管路内圧を管路外周面の歪として精度よく計測するため、計測部は直径6 mm、肉厚100 μ m以下の極薄肉のダイヤフラム形状とした。さらに、流量計測部では、管内周面に微小突起部を設けることで、静圧に加えて流量を反映する動圧を、微小突起部付近で計測可能な構造とした。センサ素子には、歪ゲージを使用した。流量は、流量計測部で計測された歪と、静圧補償部で計測された歪の差分より計測可能と考えた。

開発した血流量計を評価するため、開発した血流量計をアウトレット側に取り付けた血液ポンプと回路抵抗、リザーバより構成される試験回路を作成した。作動流体には、水道水を使用した。試験では、血液ポンプの回転数と回路

■ 著者連絡先

国立研究開発法人産業技術総合研究所健康工学研究部門
(〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1)
E-mail. ryo.kosaka@aist.go.jp

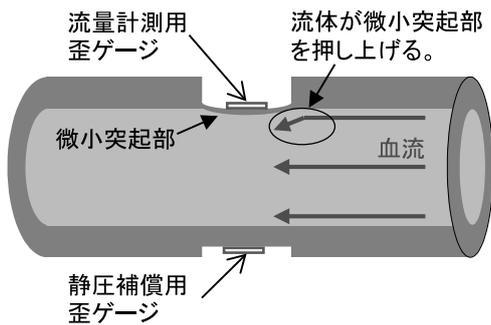


図2 超小型血流量計の模式図

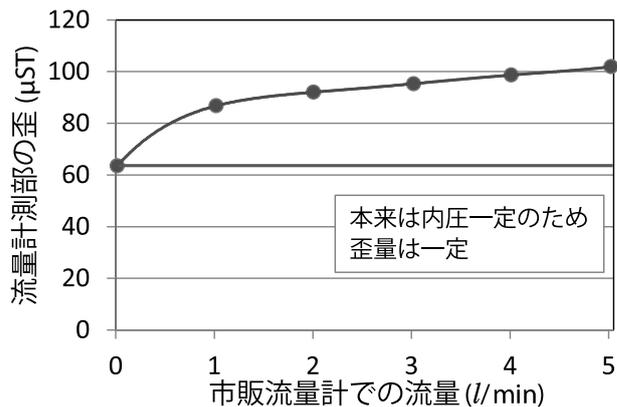


図3 静圧一定下での流量と流量計測部の歪の関係

抵抗を調整することで、静圧を100 mmHgに維持した条件で、流量を0 l/minから5 l/minまで1 l/min刻みで増加させ、このときの市販流量計の計測流量と流量計測部の歪を比較評価した。

3. 結果

図3に静圧を一定に維持した条件下での、流量と流量計測部の歪の計測結果を示す。通常、直管において、流れ方向に平行な管路表面に設けた歪計測部では、静圧のみが計測される。しかし、本流量計の流量計測部では、静圧が一定に維持されているにも関わらず、流量の増加に対応して、歪が増加することを確認した。

4. まとめ

人工心臓のアウトレットカニューラをセンサプローブとして利用した超小型血流量計の流量計測の可能性について検討した。評価試験において、静圧を一定に維持した条件で、極薄肉かつ微小突起部を設けた流量計測部の歪は、流量により変化することを確認した。今後、流量計測部で計測された歪と静圧補償部で計測された歪の差分を求めることで、本流量計による流量計測が実現できると考えている。

5. 独創性

人工心臓のアウトレットカニューラ自体をセンサプロー

ブとして利用した血流量計は、本研究以外に存在せず、ここに大きな新規性が存在する。また、直管部の流量計測部を極薄肉かつ管路内部に微小突起部を設けたダイヤフラム形状とすることで流量計測を可能とした点にブレークスルーポイントがあり、独創的な技術である。産業界においても、本流量計のように、流路内に障害物を置かず、直管に生じる管路歪をもとに流量計測を実現する流量計は存在しないため、波及効果の高い計測技術になりえると考えられる。

謝辞

最後に、平成27年度Grant-MERAを頂きましたことを厚く御礼申し上げます。

本稿の著者には規定されたCOIはない。

文献

- 1) Miyamoto K, Atarashi M, Kadozono H, et al: Creation of cross-linked electrospun isotypic-elastin fibers controlled cell-differentiation with new cross-linker. *Int J Biol Macromol* **45**: 33-41, 2009
- 2) Kosaka R, Nishida M, Maruyama O, et al: Development of a miniaturized mass-flow meter for an axial flow blood pump based on computational analysis. *J Artif Organs* **14**: 178-84, 2011