

左室補助人工心臓で発生する血栓と気泡の超音波による識別

: Sonazoid®と Dextran を用いた模擬実験

Discrimination of Thrombus from Bubbles for LVAS patients by ultrasound

: In vitro experiment with Sonazoid® and Dextran

同志社大¹, 奈良県立医大² ◯(M1)北村 公汰¹, 秋山 いわき¹, 斉藤 こずえ²

Doshisha Univ.¹, Nara Medical Univ.², ◯Kota Kitamura¹, Iwaki Akiyama¹, Kozue Saito²

E-mail: ctwc0329@mail4.doshisha.ac.jp

1. はじめに

補助人工心臓は、急性心筋炎や進行性心不全などに陥ってしまった心臓の代わりに、血液の循環を補助するための人工臓器である。その中でも、血液を左心室または左心房から受け取り、大動脈へと送る補助人工心臓を左心補助人工心臓 (Left Ventricular Assist System : LVAS) と呼ぶ^[1]。

しかし、LVAS には次のような課題がある。装置の凹凸部に血が固まり血栓が発生する。また、ポンプのキャビテーションによって気泡が発生する。これらの発生は、血栓塞栓症を引き起こす。臨床現場では、これらの有無を測定する方法として、経頭蓋超音波ドプラ法 (Transcranial Doppler method : TCD) を用いた手法が利用されている。この測定法は超音波を用いて、中大脳動脈 (Middle Cerebral Artery : MCA) の血流速度を観測する。また、血栓が通過すると HITS (High Intensity Transient Signal) と呼ばれる高輝度な信号が発生し検出できる^[2]。しかし、気泡も血栓と同一の栓子として検出してしまうため、両者の識別が必要である。

本研究では、固体である血栓と気体を内包した気泡の性質の違いから、栓子の流速の変化から識別する新たな手法を考案したので報告する。

2. 実験方法

Fig. 1 に実験系を示す。本実験では、超音波診断装置として Ula-OP® (University of Florence) を用いて、模擬的な血栓と気泡の識別について検討した。血管を模擬するものとして内径が 4 mm のシリコンチューブ、血栓を模擬するものとして Dextran (Sephadex®, GE Healthcare)、気泡として Sonazoid® (GE Healthcare) を用いた。

送受波用のプローブにはコンベックス型プローブ (PA230E, Hitachi Medico) を用いた。プローブの焦点距離を 45 mm, 中心周波数を 2.1 MHz, PRF を 4 kHz, バーストサイクルを 5 波の正弦波に設定し送波した。プローブから照射する超音波の音圧は 21.5 kPa, 26.5 kPa とした。

プローブから照射される超音波の進行方向とチューブがなす角と水流の方向を Fig. 2 のように定義した。Ula-OP®から照射される音波が水の流れに沿う方向を負方向とし、逆らう方向を正方向とする。本実験では、両方向ともに $\theta = 75^\circ$ とした。

受波した超音波エコー信号を直交検波し、それ

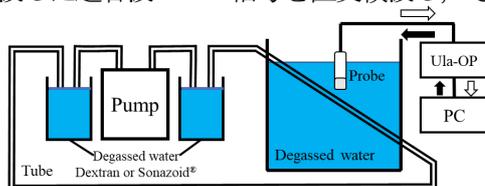


Fig. 1 Experimental system. (Ula-OP®)

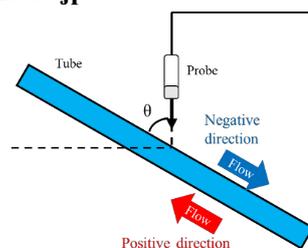


Fig. 2 Probe and tube arrangement.

ぞれの模擬栓子の流速に相当するドプラスペクトルから流速の平均値に相当する平均パワー周波数 MPF を式(1)のように算出した。

$$MPF = \frac{\sum f * P(f)}{P(f)} \quad (1)$$

このときのドプラ周波数の範囲は、正方向では 50 - 800 Hz, 負方向では -800 -- -50 Hz とした。

3. 実験結果と考察

正方向測定の結果を Table 1, 負方向測定の結果を Table 2 に示す。

正方向測定では、どちらの栓子も正のドプラ周波数となり、Sonazoid®の流速が Dextran の流速より遅くなった。負方向測定では、どちらの栓子も負のドプラ周波数となり、Sonazoid®の流速が Dextran の流速より速くなった。これらの要因として、Dextran より Sonazoid®の方が Ula-OP®からの超音波の音響放射力を受けやすいことが考えられる。

4. おわりに

本実験より、固体である Dextran と気泡である Sonazoid®の間で超音波の音響放射力による流速の違いが見られた。また、この性質を用いることによって、臨床での血栓と気泡の識別に有効な可能性が示唆された。

Table 1 Flow velocity of scatter. (Positive direction)

Sound pressure [kPa]	Dextran		Sonazoid	
	MPF [Hz]	Flow velocity [m/s]	MPF [Hz]	Flow velocity [m/s]
21.5	306	0.417	210	0.287
26.5	289	0.395	215	0.294

Table 2 Flow velocity of scatter. (Negative direction)

Sound pressure [kPa]	Dextran		Sonazoid	
	MPF [Hz]	Flow velocity [m/s]	MPF [Hz]	Flow velocity [m/s]
21.5	-229	-0.312	-364	-0.496
26.5	-236	-0.321	-365	-0.498

参考文献

- [1] Koichi Sato, Frequency analysis of high-intensity transient signals of transcranial Doppler ultrasound in patients supported with a left ventricular assist device, p.1-4
 [2] Osamu Seguchi, Evaluation of micro-emboli in a patient with ventricular assist device support with hemolysis, p.1-5