

補助人工心臓治療における末梢循環解析 —Laser Speckle Flowgraphyによる網膜血流評価

国立循環器病研究センター研究所人工臓器部

島村 淳一

Junichi SHIMAMURA



1. 目的

左室補助人工心臓 (left ventricular assist device, LVAD) は、末期心不全患者に対し強力な循環補助効果を有する。近年、初期の拍動流ポンプに代わり連続流ポンプが主流になっている。連続流ポンプは拍動流ポンプに比して、様々な利点を有するものの、連続流 (非拍動流) 循環に伴う特徴的な生体変化が報告されており、なかでも拍動性の減弱に伴う末梢血管機能不全は、LVAD装着後の予後に関係しており、臨床的にも重要な課題である^{1),2)}。連続流補助人工心臓 (continuous flow left ventricular assist device, CF-LVAD) による連続流循環が末梢血管に及ぼす影響は、臓器保護の観点からも重要であるが、これら合併症が生じる詳細なメカニズムは依然として十分に明らかにされていない。

Laser Speckle Flowgraphy (LSFG) 技術は本邦において開発され、眼底領域の定量的な血流解析が可能な診断技術である。その妥当性や有用性はこれまでに文献的報告がなされ、糖尿病性網膜症、緑内障をはじめとする眼科領域疾患の早期診断や治療効果判定に臨床応用されている^{3)~5)}。

本研究ではCF-LVAD補助中における末梢循環の詳細な観察、定量的評価を行うことを目的に、大動物にCF-LVADを装着し、LSFG技術を用いた網膜血流解析を行い、CF-LVAD補助が末梢循環に与える影響に関して考察した。

2. 方法

実験には、正常心機能を有する成ヤギ5頭を用いた。全

身麻酔下、左第5肋骨床アプローチで型のごとく開胸し、左室心尖部脱血、下行大動脈送血によりCF-LVADとしてEVAHEART® (サンメディカル技術研究所) を装着した。左内胸動静脈、左室内に圧ラインを留置し、それぞれ大動脈圧 (aortic pressure, AoP)、中心静脈圧 (central venous pressure, CVP)、左室圧 (left ventricular pressure, LVP) の測定を行った。総血流量を計測するため、肺動脈に超音波流量計を装着し、肺動脈流量 (pulmonary artery flow, PA flow) を測定した。送血側回路に超音波流量計を装着し、ポンプ流量 (pump flow) を測定した。ポンプ補助率の指標として、バイパス率 (bypass rate) は以下の計算式で算出した。

$$\text{Bypass rate (\%)} = (\text{pump flow/PA flow}) \times 100$$

LVAD装着前後における末梢循環を比較検討するため、血行動態パラメータおよびLSFG計測を、LVAD装着前及び装着後100%バイパス補助下に行った。

1) LSFG計測

LSFG-LITE® (ソフトケア) を用いて網膜中心動脈の血流評価を施行した。本測定で得られる計測値である、mean blur rate (MBR) は、対象領域の相対的な血流速度を示している。MBR波形を解析することにより算出可能なパラメータの一つである fluctuation は、以下の計算式より算出される。

$$MOF = \sum_{n=0}^{\text{frame max}} \frac{MBRn - \text{Mean}}{\text{frame max}}$$

$$\text{Fluctuation} = C \times \frac{MOF}{\text{Mean}}$$

MOF, mean of fluctuation; C, constant of promotion

同計測値は、得られたMBR波形成分の平均値からの差の総和を、MBR平均値で除した値と相関し、その計算方法

■ 著者連絡先

国立循環器病研究センター研究所人工臓器部

(〒564-8565 大阪府吹田市岸部新町6-1)

E-mail. junichi.shimamura39@ncvc.go.jp

表1 LVAD 装着前後における血行動態関連パラメータの比較

	Pre-LVAD implantation	LVAD 100% bypass	P value
Heart rate (bpm)	80.7 ± 10.9	79.1 ± 14.8	0.751
Mean AoP (mmHg)	89.5 ± 10.4	82.5 ± 12.3	0.196
Mean LVP (mmHg)	44.7 ± 4.89	34.7 ± 3.93	0.04
Pump flow (l/min)	0.0	3.84 ± 0.65	< 0.01
PA flow (l/min)	3.53 ± 0.62	3.96 ± 0.48	0.132
Rotational speed (rpm)	0.0	2,094 ± 205	< 0.01
Bypass rate (%)	0.0	95.8 ± 5.3	< 0.01
LSFG fluctuation	14.7 ± 1.86	3.85 ± 0.61	< 0.01

AoP, aortic pressure ; LSFG, Laser Speckle Flowgraphy ; LVAD, left ventricular assist device ; LVP, left ventricular pressure ; PA, pulmonary artery.

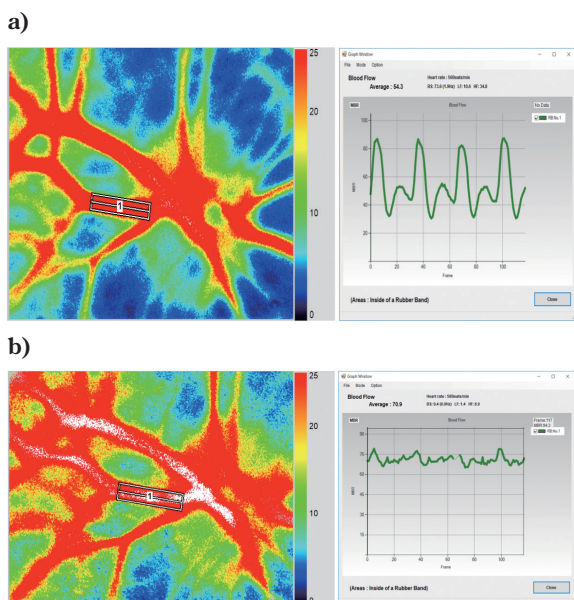


図1 LVAD 装着前後における網膜中心動脈血流 MBR 波形
a) LVAD 装着前, b) LVAD 装着後。

により拍動性評価の指標に有用と考えられる。本研究では、LVAD 装着前後における MBR 波形比較、および fluctuation 値の比較を行った。

3. 結果

表1にLVAD 装着前、LVAD 装着後100%バイパス補助下における血行動態パラメータの比較を示す。これによると平均左室圧は両群間において有意な差を認めた。

1) 網膜中心動脈血流 MBR 波形比較

図1にLVAD 装着前後の MBR 波形を示す。LVAD 装着前に拍動パターンを有する波形が、装着後100%バイパス補助下において拍動性の弱い波形が得られた。

2) LVAD 補助に伴う MBR fluctuation 変化

MBR fluctuation 値は装着前 $14.7 \pm 1.26\%$ 、装着後 $3.85 \pm 0.63\%$ であり統計学的に有意な差を認めた。

4. まとめ

本研究の結果は、眼底血流評価を行うことにより、CF-LVAD 補助中における末梢循環の観察、および拍動性の定量的な評価が可能であることを示唆している。

5. 独創性

これまでに、CF-LVAD 治療が末梢循環に及ぼす影響に関しては広く議論が行われてきたものの、微小循環の観察が難しく、詳細なメカニズムの理解は依然として不十分な状況である。本研究で用いた計測方法は、CF-LVAD 駆動中における末梢循環の定量的評価のオプションになりうると考えられ、様々な補助条件や、病態での検討を行うことにより、将来的には末梢血管機能不全の理解に役立つものと考えられる。

本稿の著者には規定された COI はない。

文 献

- 1) Hasin T, Matsuzawa Y, Guddeti RR, et al: Attenuation in peripheral endothelial function after continuous flow left ventricular assist device therapy is associated with cardiovascular adverse events. *Circ J* **79**: 770-7, 2015
- 2) Purohit SN, Cornwell WK 3rd, Pal JD, et al: Living Without a Pulse: The Vascular Implications of Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices. *Circ Heart Fail* **11**: e004670, 2018
- 3) Calzetti G, Fondi K, Bata AM, et al: Assessment of choroidal blood flow using laser speckle flowgraphy. *Br J Ophthalmol* **102**: 1679-83, 2018
- 4) Draijer M, Hondebrink E, van Leeuwen T, et al: Review of laser speckle contrast techniques for visualizing tissue perfusion. *Lasers Med Sci* **24**: 639-51, 2009
- 5) Mursch-Edlmayr AS, Luft N, Podkowinski D, et al: Laser speckle flowgraphy derived characteristics of optic nerve head perfusion in normal tension glaucoma and healthy individuals: a Pilot study. *Sci Rep* **8**: 5343, 2018