

The influence of pump rotation speed on hemodynamics and myocardial oxygen metabolism in left ventricular assist device support with aortic valve regurgitation

*¹国立循環器病研究センター人工臓器部, *²東京女子医科大学心臓血管外科

飯塚 慶*^{1,2}, 西中 知博*², 武輪 能明*¹, 山崎 健二*², 巽 英介*¹

Kei IIZUKA, Tomohiro NISHINAKA, Yoshiaki TAKEWA, Kenji YAMAZAKI, Eisuke TATSUMI



1. 目的

左室補助人工心臓 (left ventricular assist device, LVAD) 治療において、大動脈弁逆流 (aortic valve regurgitation, AR) は問題となる合併症の一つである。ARはLVADと左心室における血液再循環 (recirculation) を引き起こし、LVAD 補助の継続を困難にし得る。しかしながら、ARが起こった際の血行動態や心筋酸素代謝がLVAD制御によりどのように変化するかについては、未だ明らかではない。そこで我々は、大動物におけるLVAD-ARモデルを新たに確立した。その新モデルを用い、LVADポンプ回転数がARの血行動態および心筋酸素代謝に与える影響について評価した。

2. 方法

成ヤギ5頭 (体重 55 ± 9.3 kg) に対し、左第五肋骨床開胸にてLVAD植え込みを施行した。左室心尖部脱血、下行大動脈送血にてLVAD循環を確立した。ARモデルは、下大静脈フィルターを左心室心尖部より挿入し、大動脈弁位で開閉することで確立した。大動脈造影にてSellers分類Ⅲ度以上をAR+と定義し、ARがない時 (AR-) と比較した。LVADのポンプ回転数を1,400~2,200 rpmの間で変化させ、ARの有無と回転数の変化が血行動態および心筋酸素代謝に与える影響を調べた。

本受賞レポートの対象論文はJ Artif Organ誌に掲載されています。Iizuka K, Nishinaka T, Takewa Y, et al. J Artif Organs 20: 194-9, 2017

■ 著者連絡先

東京女子医科大学心臓血管外科
(〒162-8666 東京都新宿区河田町8-1)
E-mail. iizuka.kei@twmu.ac.jp

3. 結果と考察

作成されたARモデルについて、AR+ではAR-と比較して、拡張期血圧が有意に低下し、中心静脈圧、平均左心房圧、左室拡張期圧が有意に上昇した (表1)。血行動態の観点から妥当なARモデルが作成されたと考えられた。ポンプ回転数を増加すると、AR-ではポンプ流量が全身循環血液量と同程度まで増加したのに対し、AR+ではポンプ流量が全身循環血液量を大きく超えて増加した。このポンプ流量と全身循環血液量との差がLVADと左心室におけるrecirculationの量を表していると考えられ、ポンプ回転数の増加がrecirculationを増加させていることが示唆された (図1)。またAR-ではポンプ回転数の上昇に従って心筋酸素消費率が減少したが、AR+では減少が得られなかった。血液再循環量のポンプ流量に対する割合 (recirculation rate) と心筋酸素消費率は正の相関を示し、recirculationの増加により心筋酸素代謝に悪影響が及んでいることが示唆された。

LVADポンプ回転数の増加は、本来LVAD流量を増加させることで全身循環血液量を増加し、心負担を軽減する。しかしながら重度のAR存在下では、ポンプ回転数を増加させた際に見かけ上のポンプ流量は上昇するが、LVADと左心室におけるrecirculationばかりが増加し、全身循環血液量の増加には寄与していないことが示された。心筋酸素代謝においては、recirculation rateの増加が心筋酸素消費率の増加と相関した。よって重度のAR存在下でのポンプ回転数増加は、血行動態を改善しないばかりでなく、心筋酸素代謝的にも心負担を増加させる可能性があることが示された。

表1 ARモデルにおける血行動態の比較

	AR -	AR +	P value
HR [bpm]	77 ± 7	71 ± 8	0.25
AoP [mmHg]	87 ± 9/56 ± 5	77 ± 17/42 ± 10	0.31/0.026
CVP [mmHg]	4 ± 4	11 ± 2	0.010
LVP [mmHg]	82 ± 8/5 ± 3	76 ± 16/46 ± 3	0.61/0.0083
LAP (mean) [mmHg]	8 ± 1	15 ± 2	0.047
PAF [l/min]	2.4 ± 0.2	2.2 ± 0.5	0.29
CoF [ml/min]	76 ± 6	83 ± 12	0.43
DAF [l/min]	1.7 ± 0.4	1.6 ± 0.6	0.70

Bold values indicate statistically significant P value < 0.05.

Mean ± standard deviation.

AoP, aortic pressure; AR, aortic valve regurgitation; CoF, coronary flow; CVP, central venous pressure; DAF, descending aorta flow; HR, heart rate; LAP, left atrial pressure; LVP, left ventricular pressure; PAF, pulmonary artery flow.

Reprinted from J Artif Organs 20: 194-9, 2017 with permission.

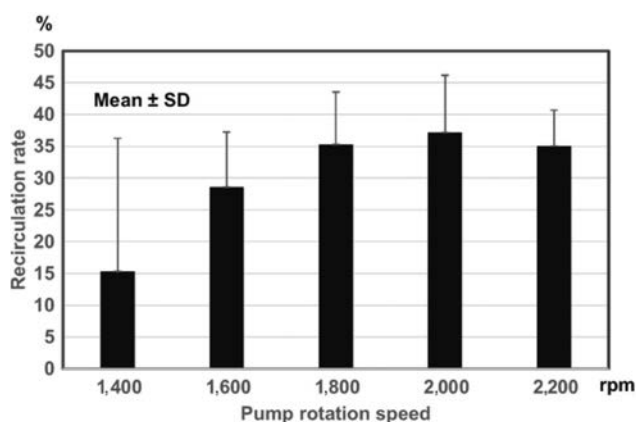


図1 LVAD回転数とrecirculation rateの関係

Reprinted from J Artif Organs 20: 194-9, 2017 with permission.

4. まとめ

ARはLVADと左心室におけるrecirculationを引き起こし、重度ARの存在下では高回転数でのLVAD制御が有効でないことが示された。

5. 独創性

本研究の独創性は、今までにないLVAD-ARの大動物モデルを確立し、臨床的疑問を基礎的に検証した点である。また、LVAD補助下のARの血行動態に特有なrecirculationという現象について、recirculation rateという新たな指標を提唱して定量的に評価したことも、後の研究につながる一歩であった。

利益相反の開示

山崎健二：株式会社サンメディカル技術研究所 顧問
その他の著者に規定されたCOIはない。