

VA-ECMOの循環動態

PV loopや循環平衡の基礎的な内容は飛ばしています。循環動態アカデミー2020のスライドと合わせて読むとより理解が深まります。

Keita Saku, MD, PhD

Takuya Nishikawa, MD, PhD

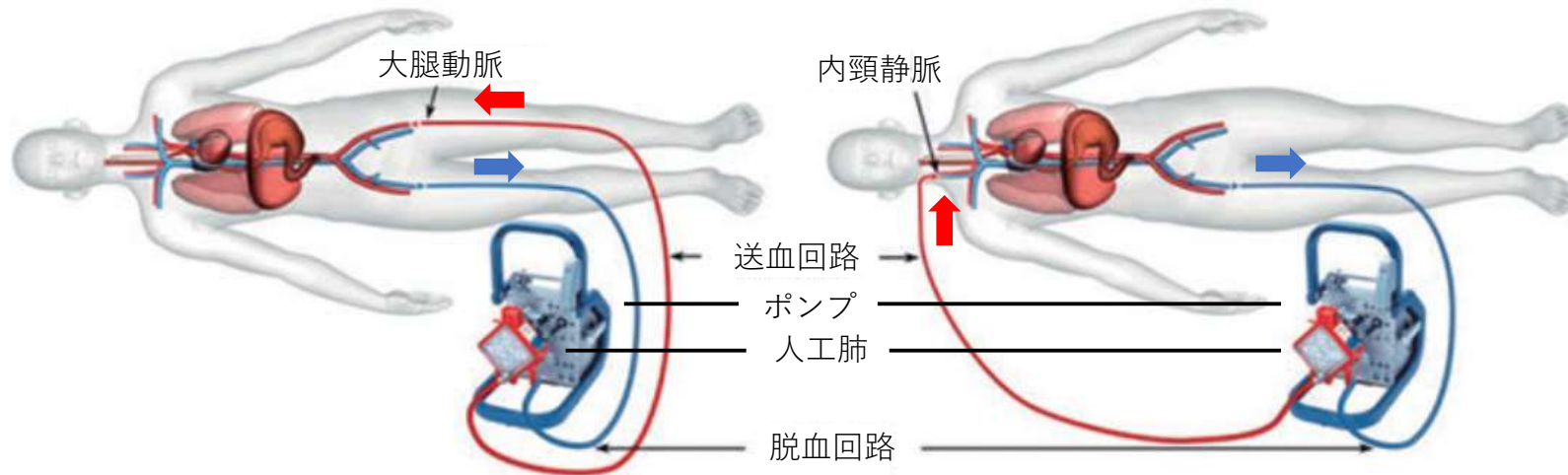
はじめに

- VA-ECMOが左心室と血行動態に及ぼす影響を循環生理の側面から解説します。
- 本スライドではPV loopなどの基礎的な解説はしておりませんので、それらは循環動態アカデミー2020のスライドをご参照ください。

VA-ECMOとVV-ECMO

VA-ECMO (静脈→動脈)

VV-ECMO (静脈→静脈)



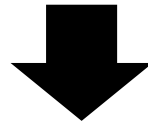
図は大藤, 四国医誌, 2017より改変引用

VA-ECMO		VV-ECMO	
静脈	脱血	静脈	
動脈	送血	静脈	
○	酸素化	○	
○	循環補助	—	

肺炎による呼吸不全では基本はVV-ECMO
 血圧が維持できないときVA-ECMO

VA-ECMOのメリットと問題点

VA-ECMOは酸素補助だけではなく、血圧維持にも有用である



左室にとっては後負荷があがるため、心拍出量が落ちてPCWPが上昇しうる



左室にとっても負荷となり、低心機能心には非常に不利

VA-ECMOでPCWPがあがるわけ

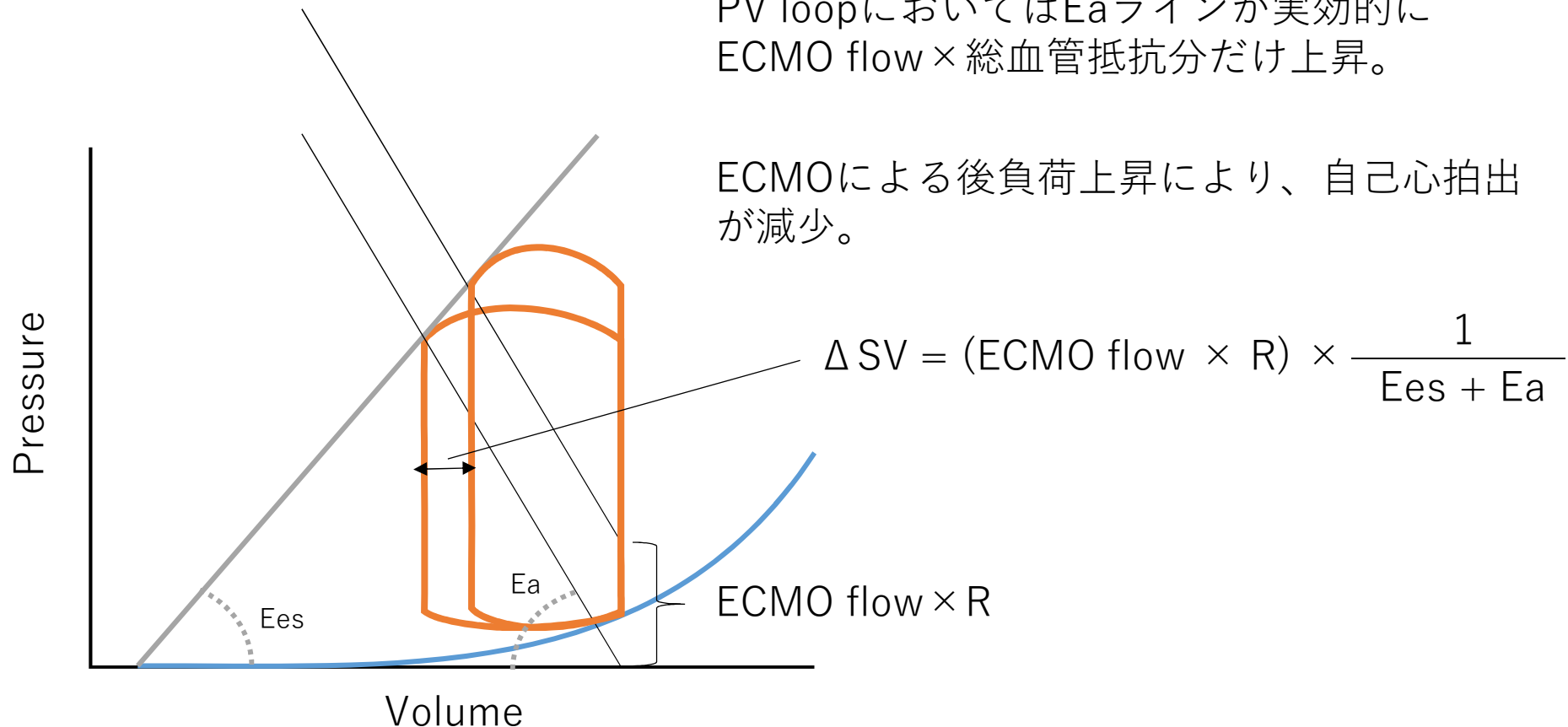
ECMOによる後負荷上昇を少し真面目に考えてみる

ECMO on

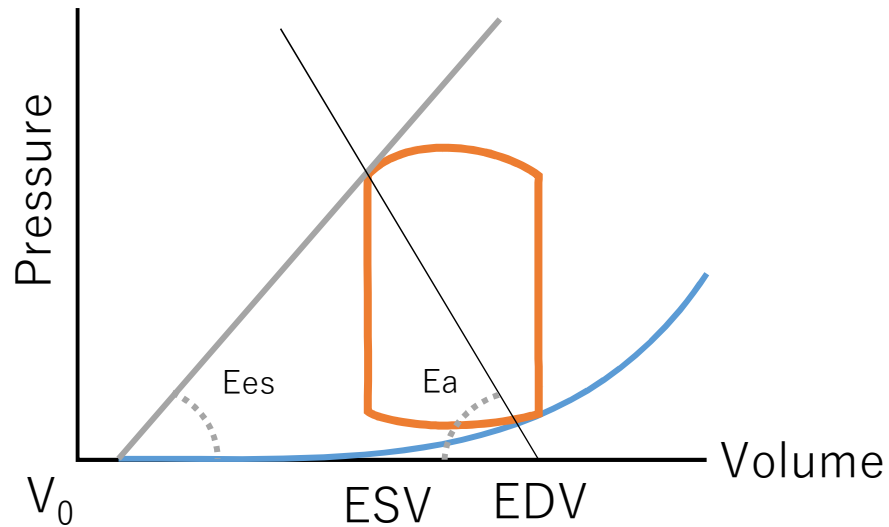
心室からみるとECMO flowによって発生した「圧」が後負荷として追加。

PV loopにおいてはEaラインが実効的にECMO flow × 総血管抵抗分だけ上昇。

ECMOによる後負荷上昇により、自己心拍出が減少。

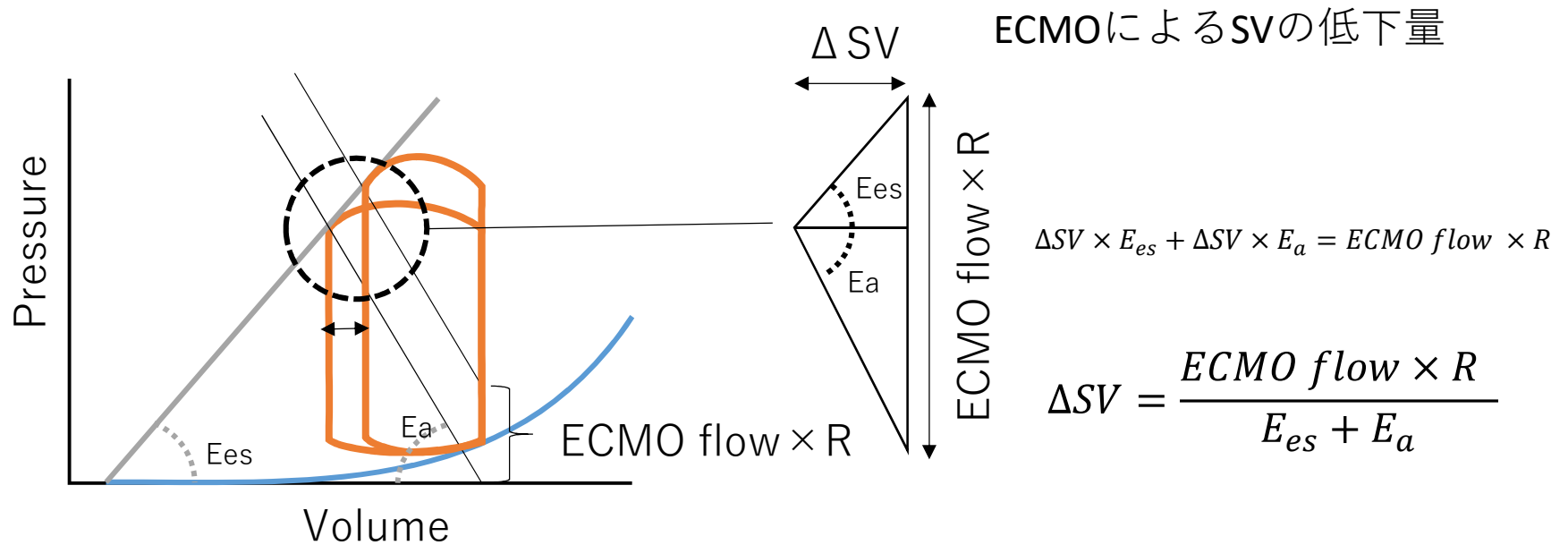


式展開詳細



Effective EFはどうやって決まるか？

$$\begin{aligned}
 \text{Effective EF} &= \frac{EDV - ESV}{EDV - V_0} \\
 &= \frac{E_{es}}{E_{es} + E_a}
 \end{aligned}$$



VA-ECMOでPCWPがあがるわけ

$$CO = HR \times (SV - \Delta SV)$$

$$CO = HR \times SV - HR \times \Delta SV$$

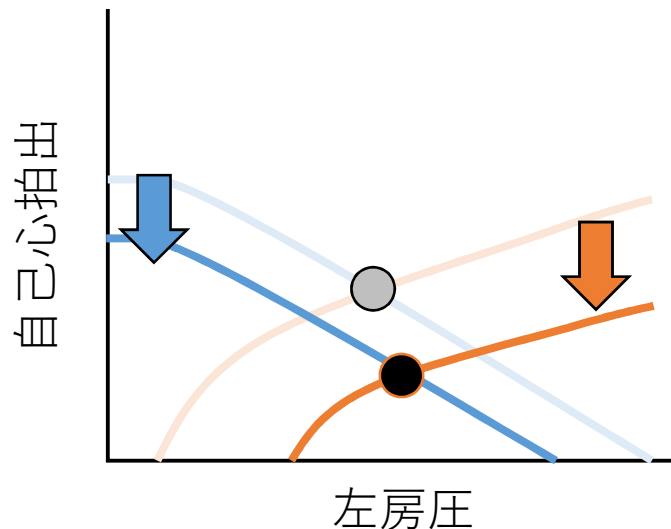
$$CO = HR \times SV - HR \times (ECMO \text{ flow} \times R) \times \frac{1}{Ees + Ea}$$

$$CO = HR \times SV - ECMO \text{ flow} \times \frac{Ea}{Ees + Ea}$$

$$CO = HR \times SV - ECMO \text{ flow} \times (1 - EF)$$

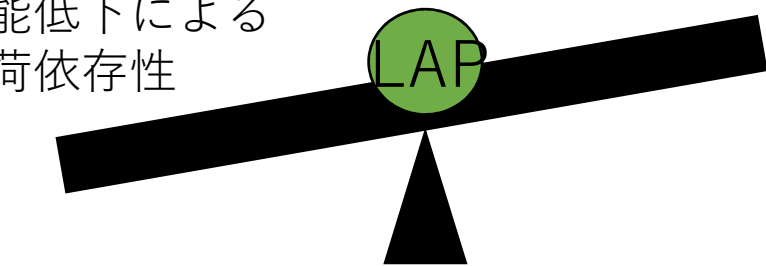
$$\begin{aligned} \text{※ } Ea &= HR \times R & \text{※ } EF &= \frac{Ees}{Ees + Ea} \end{aligned}$$

ECMOは(1-EF) × ECMO flow分心拍出
曲線を下げる！
= 心機能が悪いほどに自己心拍出 ↓



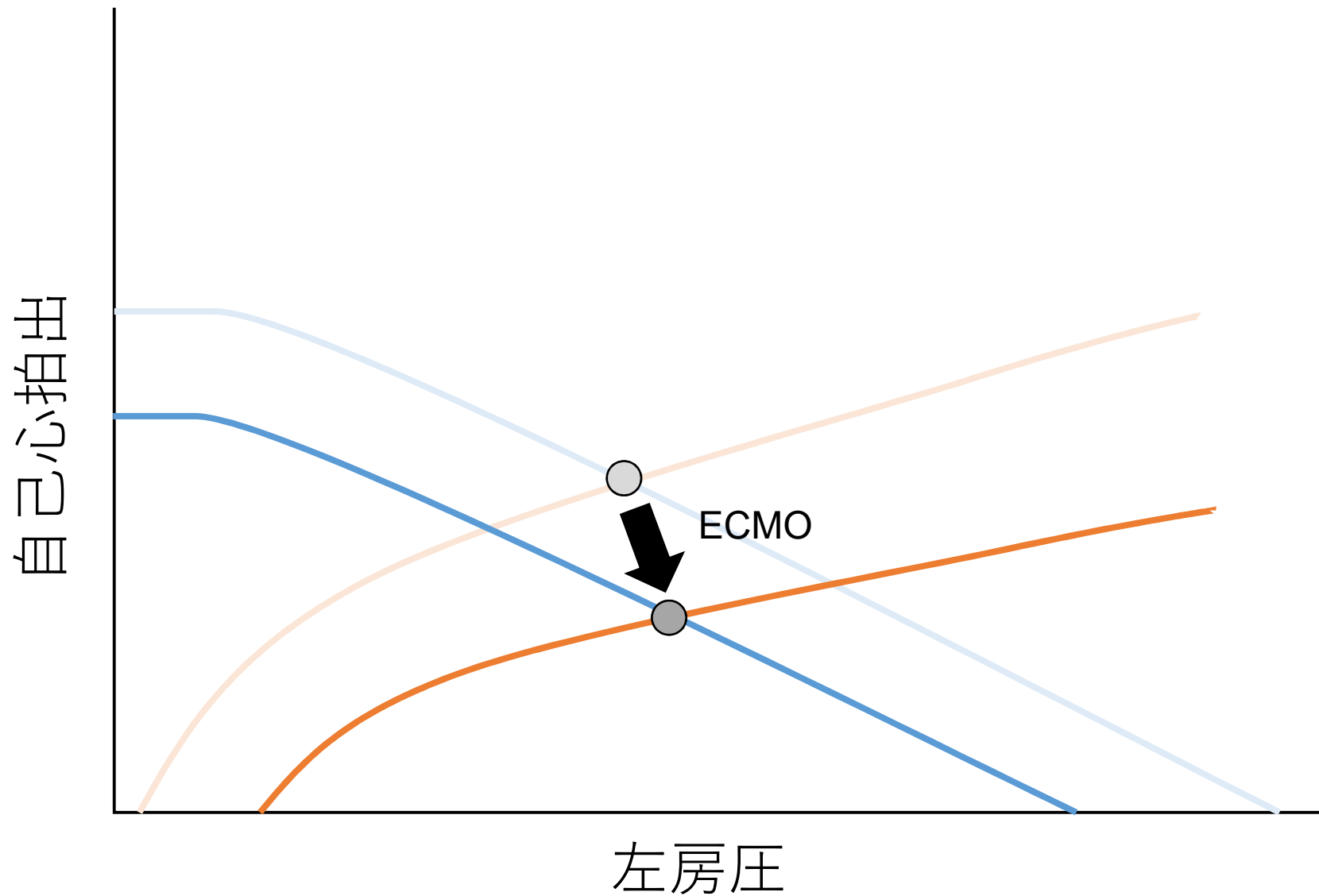
心機能低下による
後負荷依存性

ECMOによる脱血

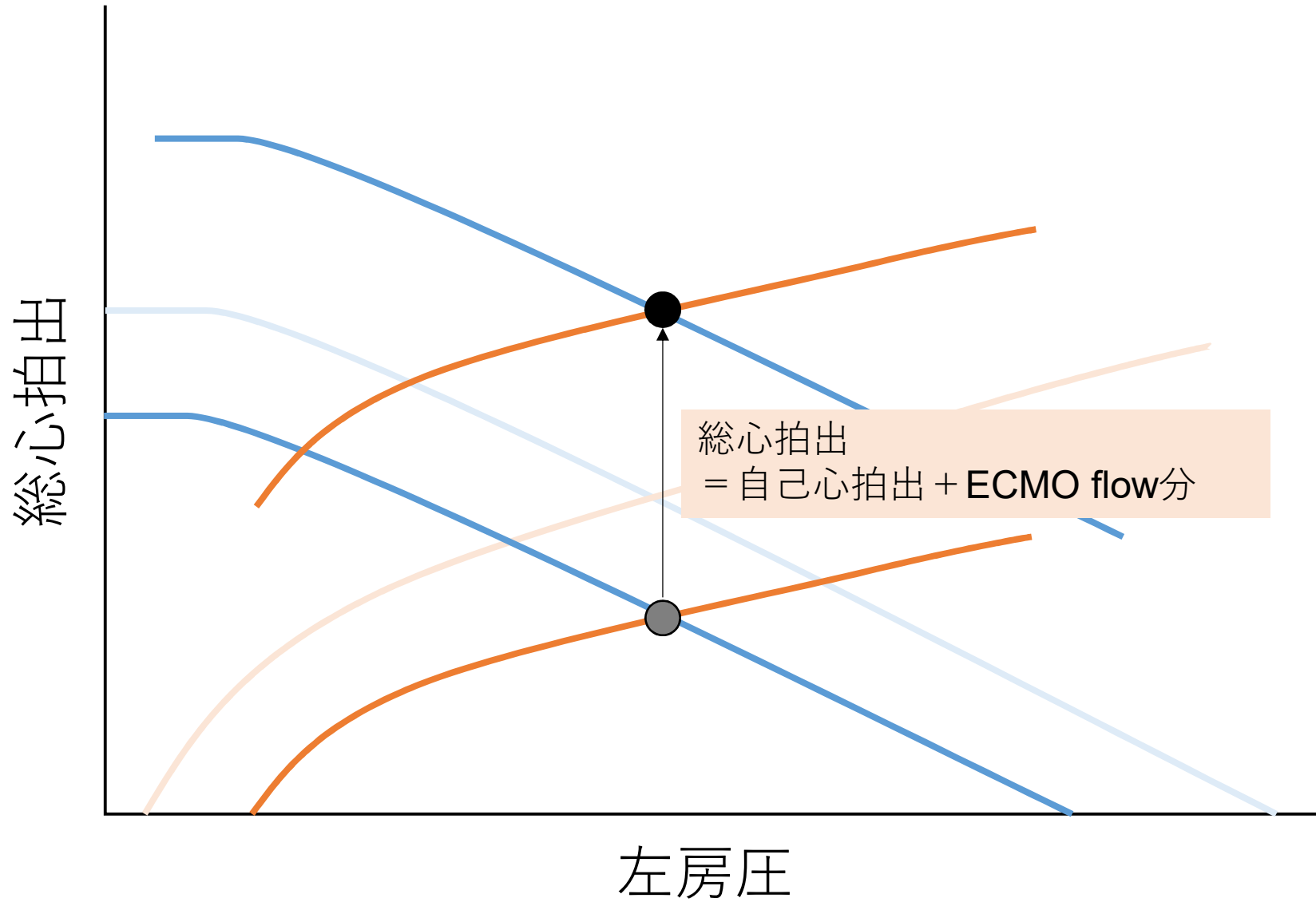


➡ 心収縮能が悪いと左房圧
が上がりやすい！

VA-ECMOと循環平衡

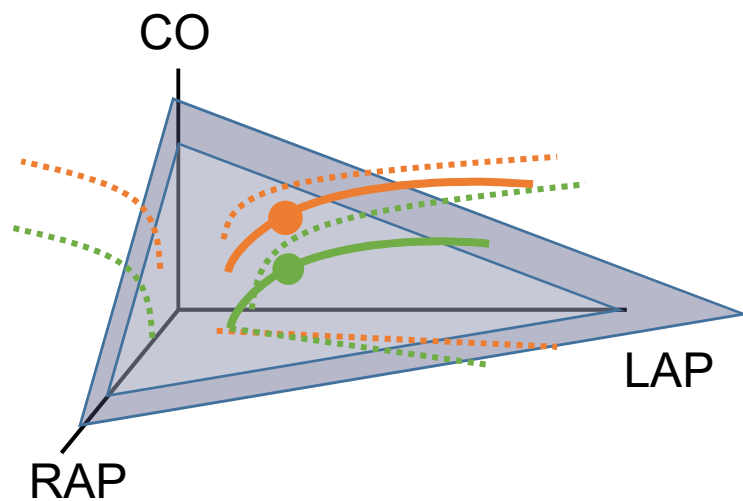
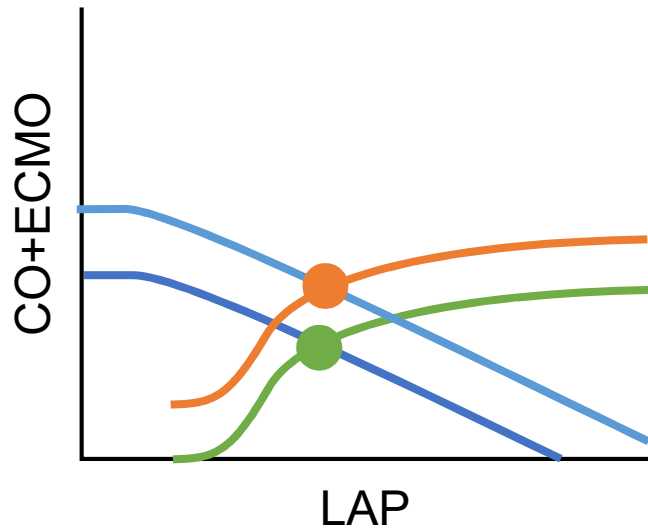


VA-ECMOと循環平衡

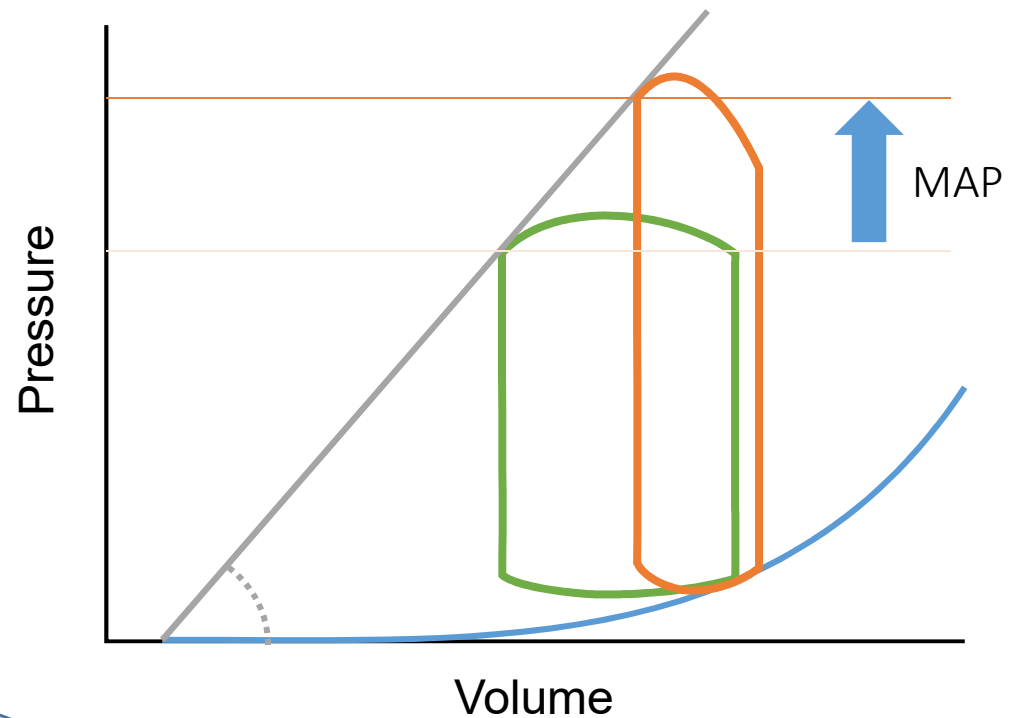


VA-ECMOと循環フレームワーク

Circulatory equilibrium

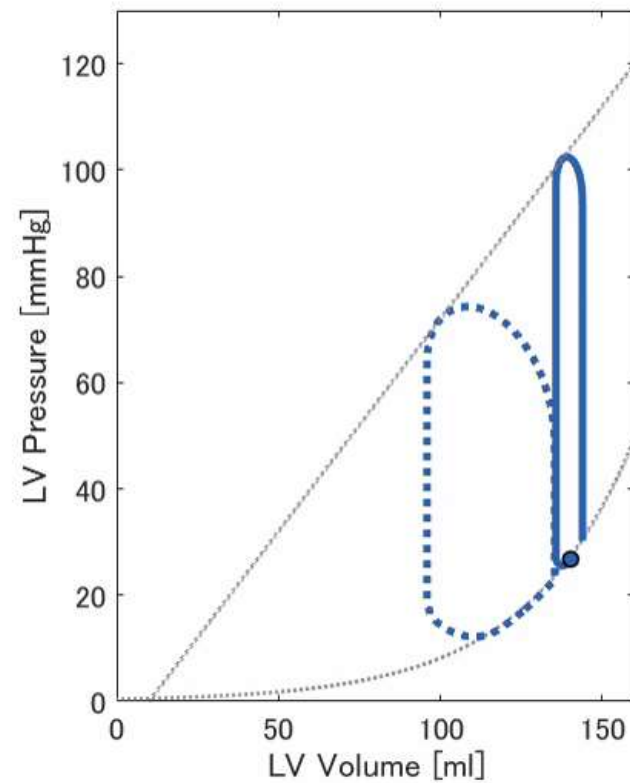
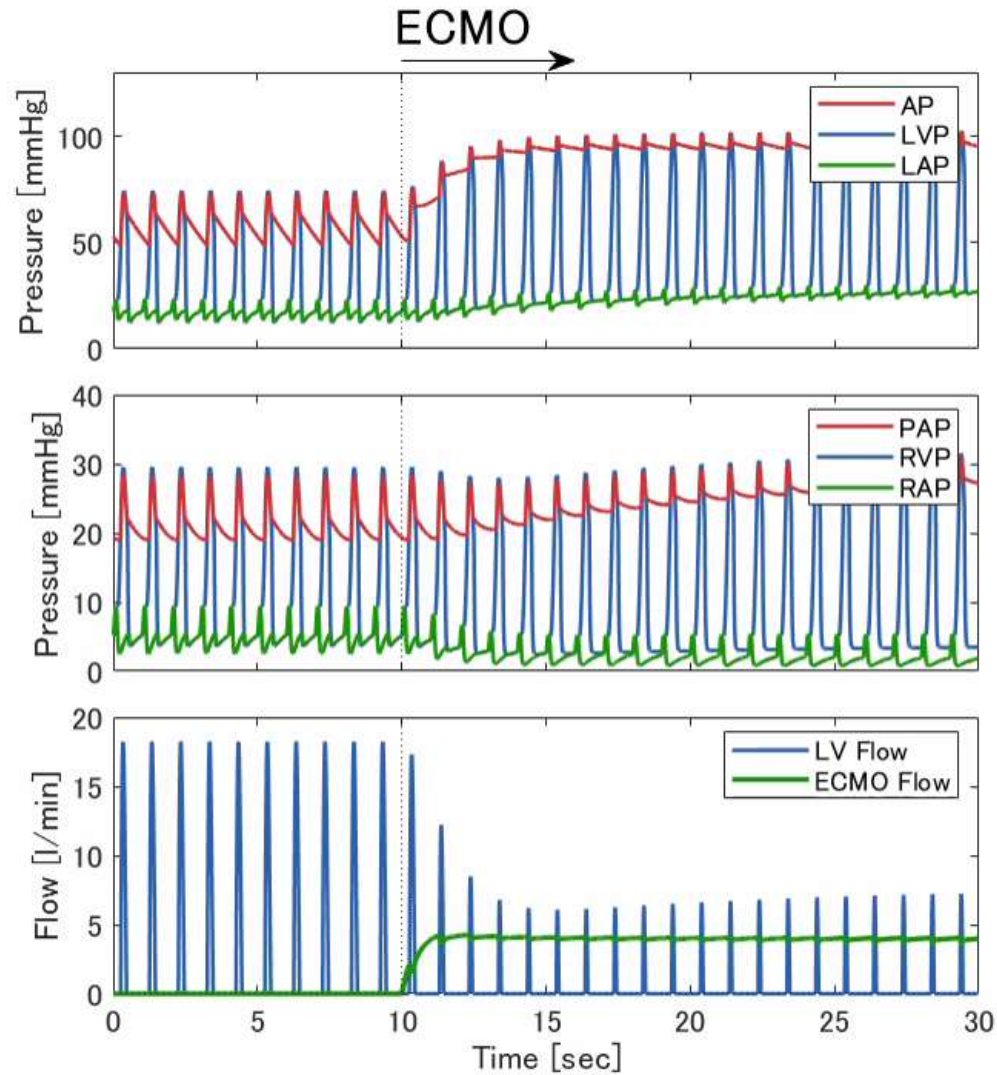


PV loop

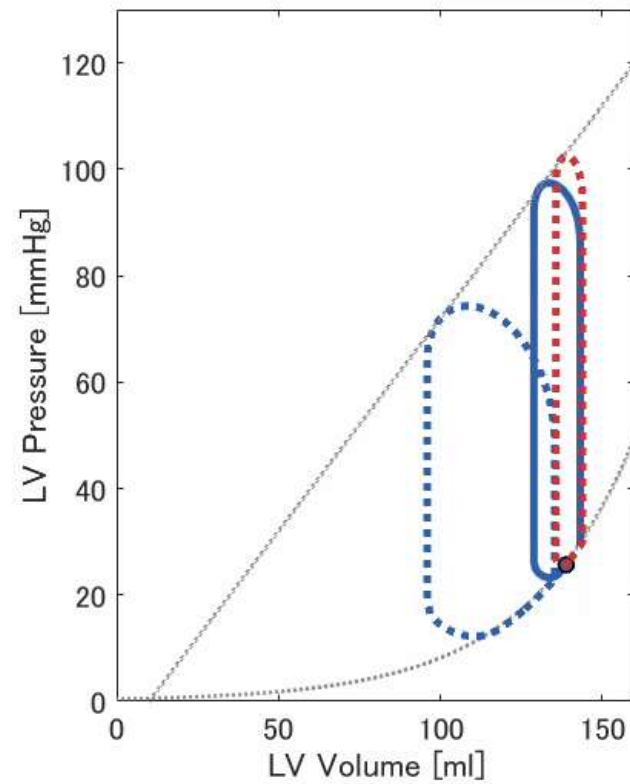
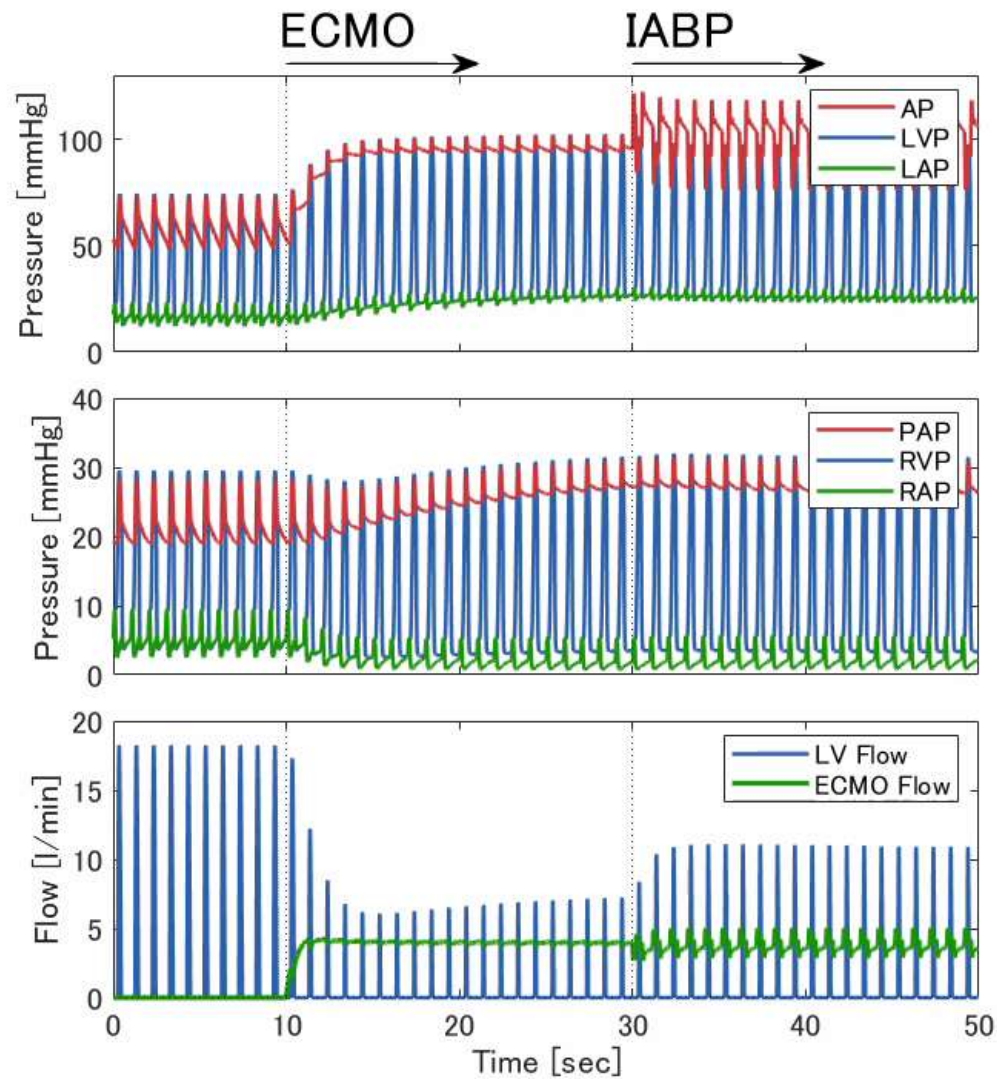


ECMO increases CO and AP.
While, ECMO increases PVA.

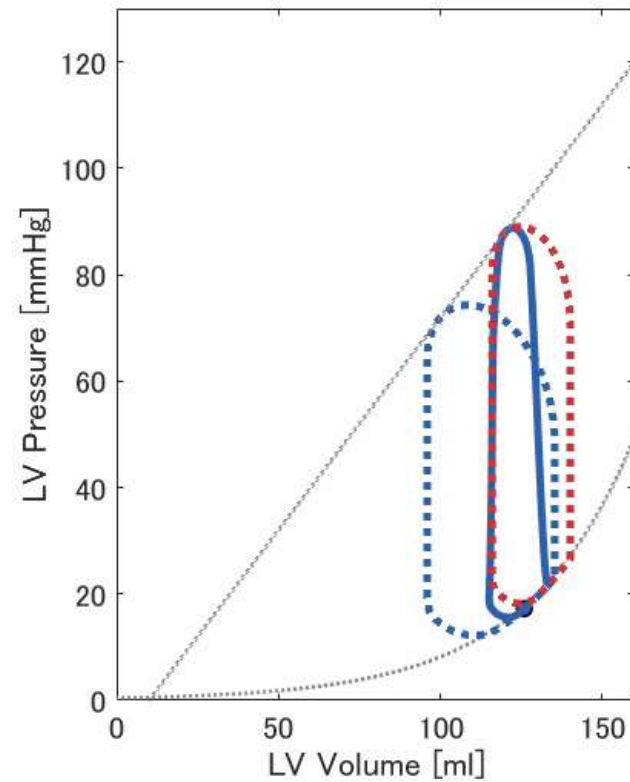
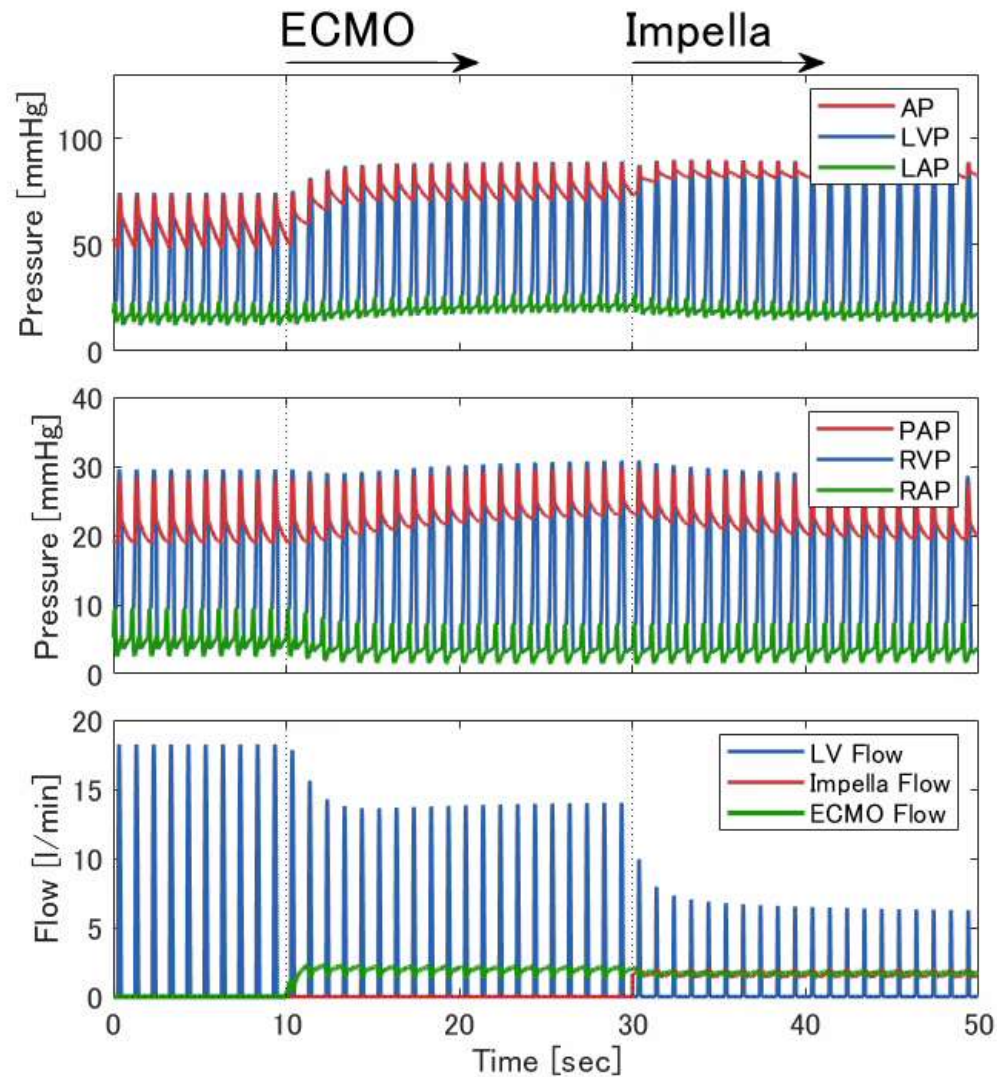
VA-ECMOのシミュレーション



VA-ECMO + IABP

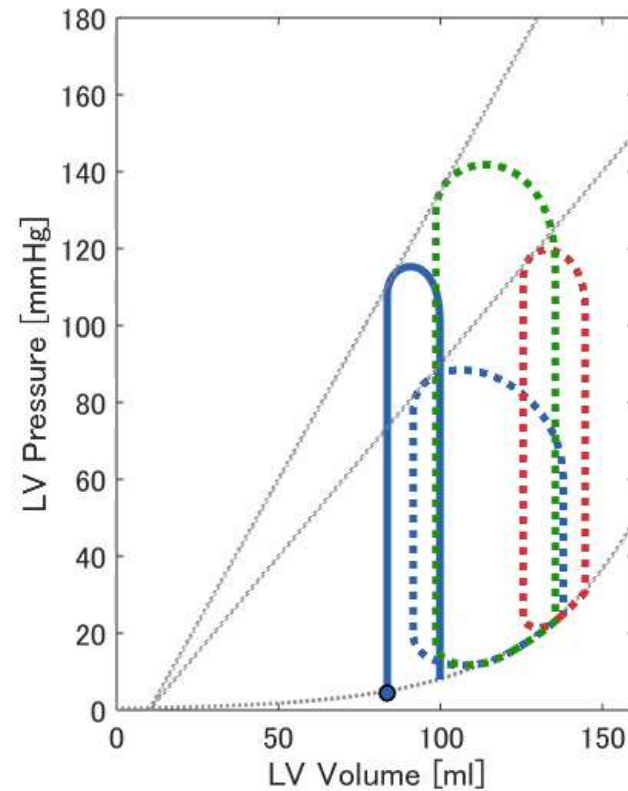
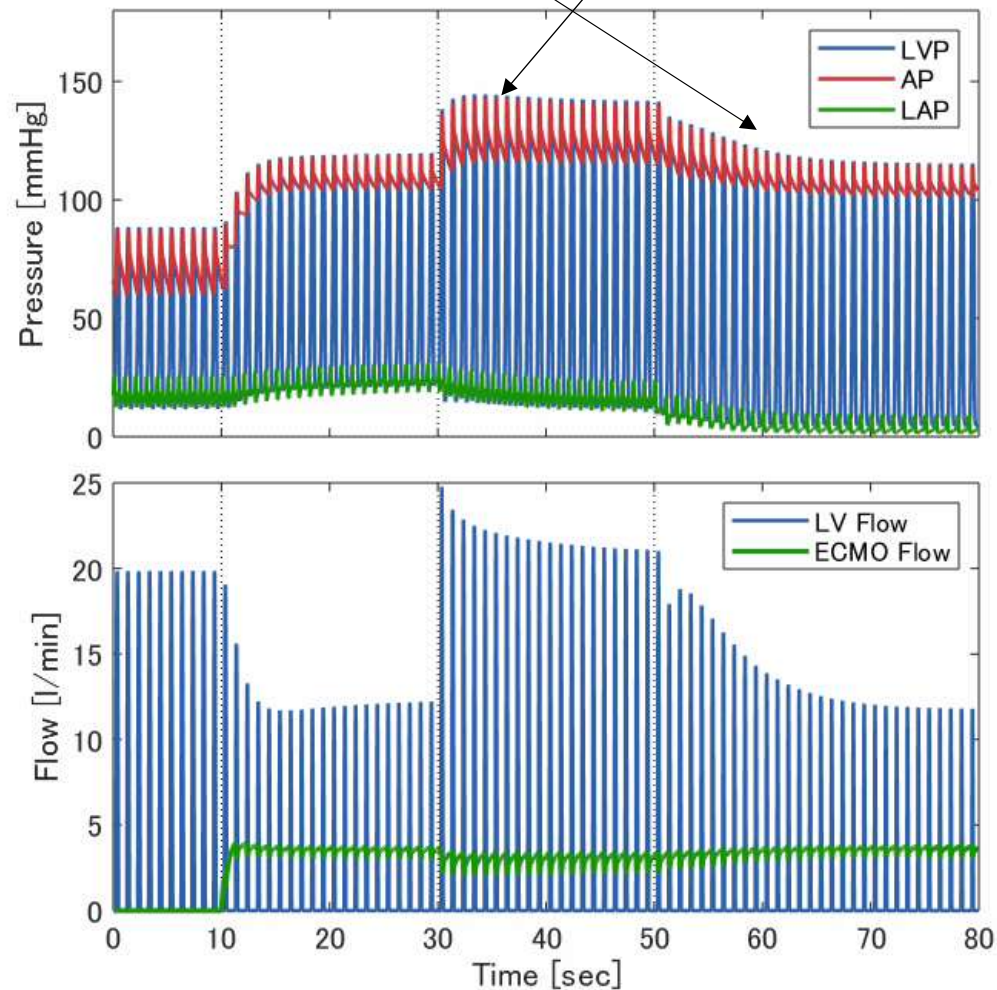


VA-ECMO + Impella



VA-ECMOのよくある臨床経過

- 血圧上昇や酸素化改善による心機能改善
- 利尿による体液量低下



結語

- VA-ECMOは補助流量依存に総血流を増加させ、血圧をあげる。
- 一方、VA-ECMOは心室には後負荷（ E_a の平行シフト）上昇となり、左室拡張末期圧（左房圧）の増加やPVAの増加を誘発する。
- VA-ECMOによりA弁が閉鎖すると左心室に血液がうっ滞しうる（Impella高流量でA弁が閉鎖しても左心室には血流がある）。