

循環動態アカデミー Winter Camp 2024

～循環動態で攻める！心不全 Case conference～

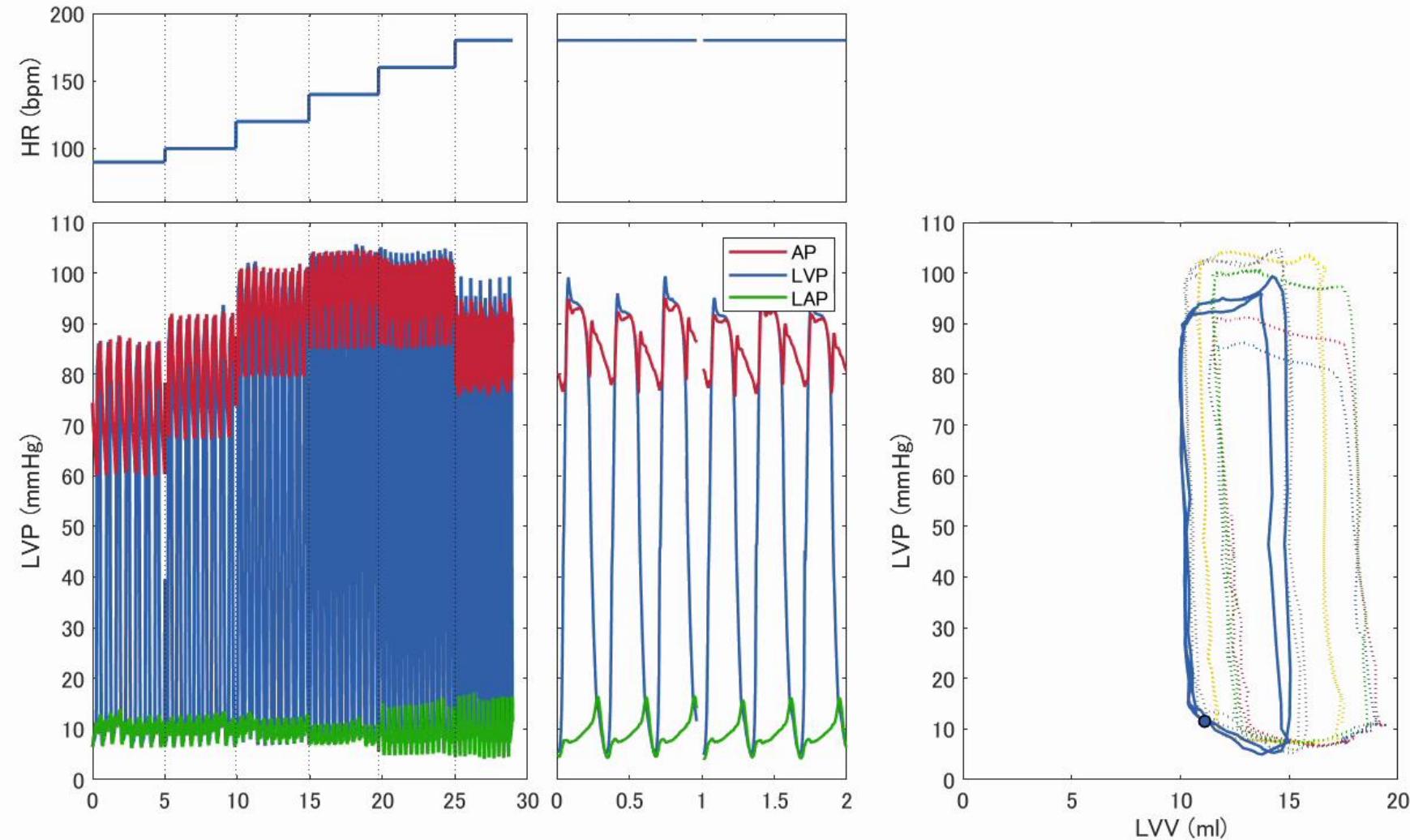
Deep dive session



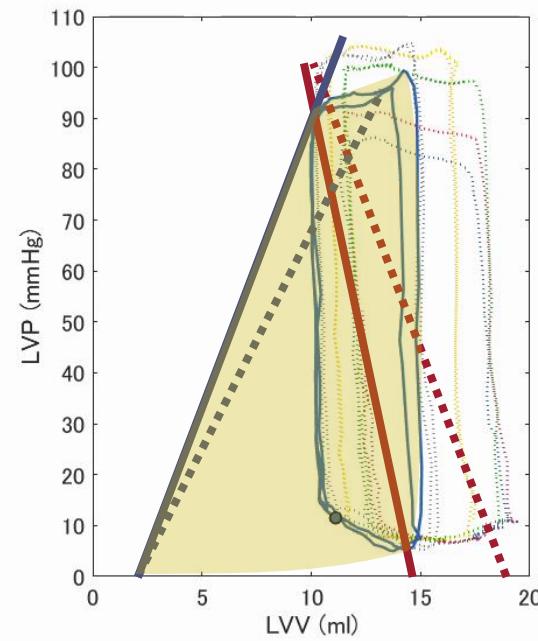
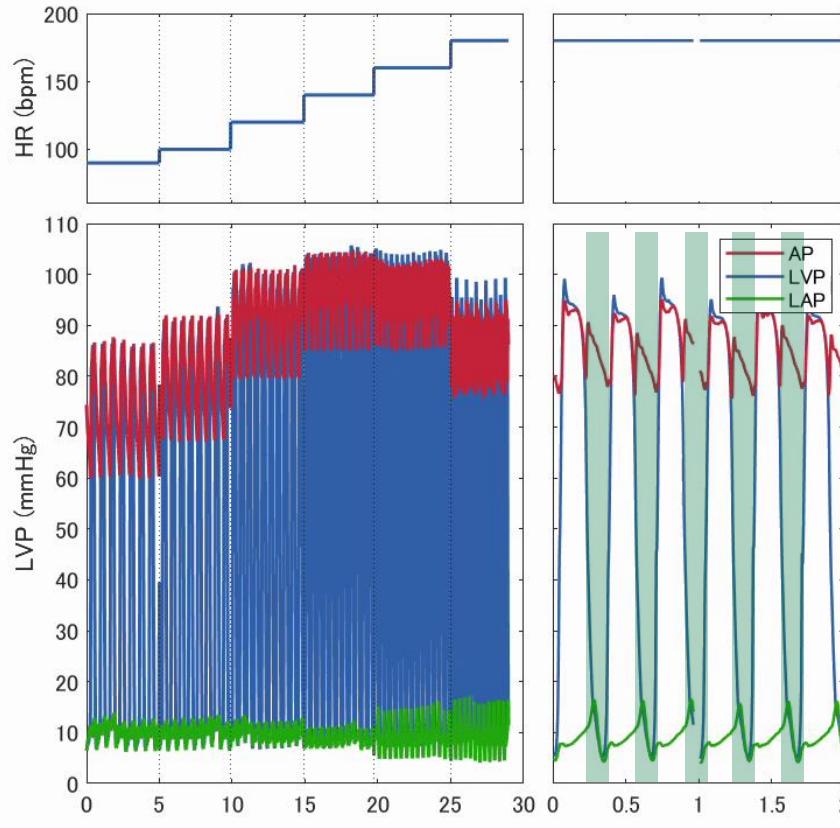
血行動態視点が変わる！心拍数の深イイ話
(基礎編)

西川拓也（国立循環器病研究センター）

心拍数が変わっていく状態を見てみよう



心拍数が変わると何が変わる？

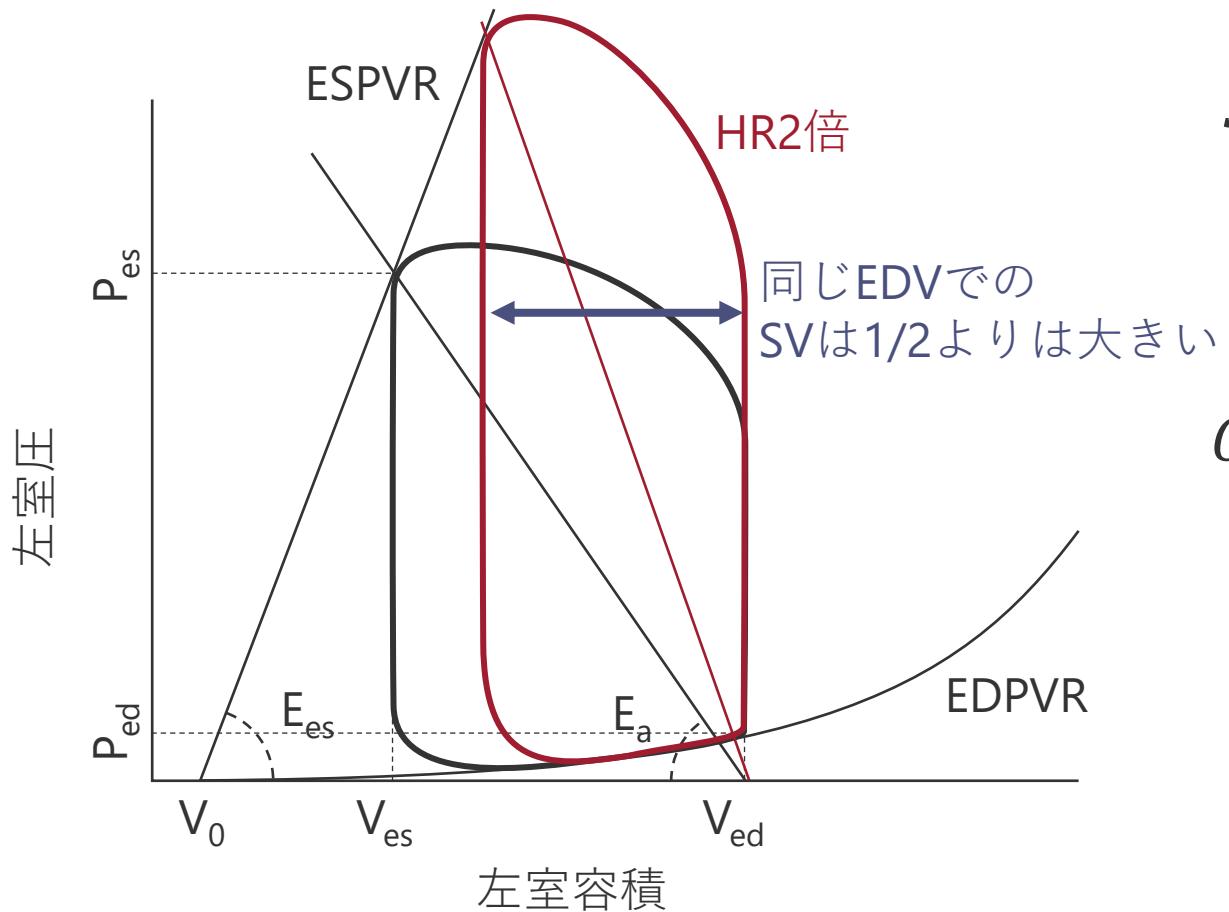


- 後負荷 (E_a) ↑
- 収縮力 (E_{es}) ↑
- 拡張期時間 ↓
- 心筋エナジエティクス

心拍数と循環動態

- 心拍出量曲線 (E_a の影響)
- 収縮力 (E_{es})
- 拡張期時間：不完全弛緩
- 心筋エナジエティクス

心拍数と一回拍出量の関係は？



$$E_a = HR \cdot R \quad \text{HR2倍で} E_a 2\text{倍}$$

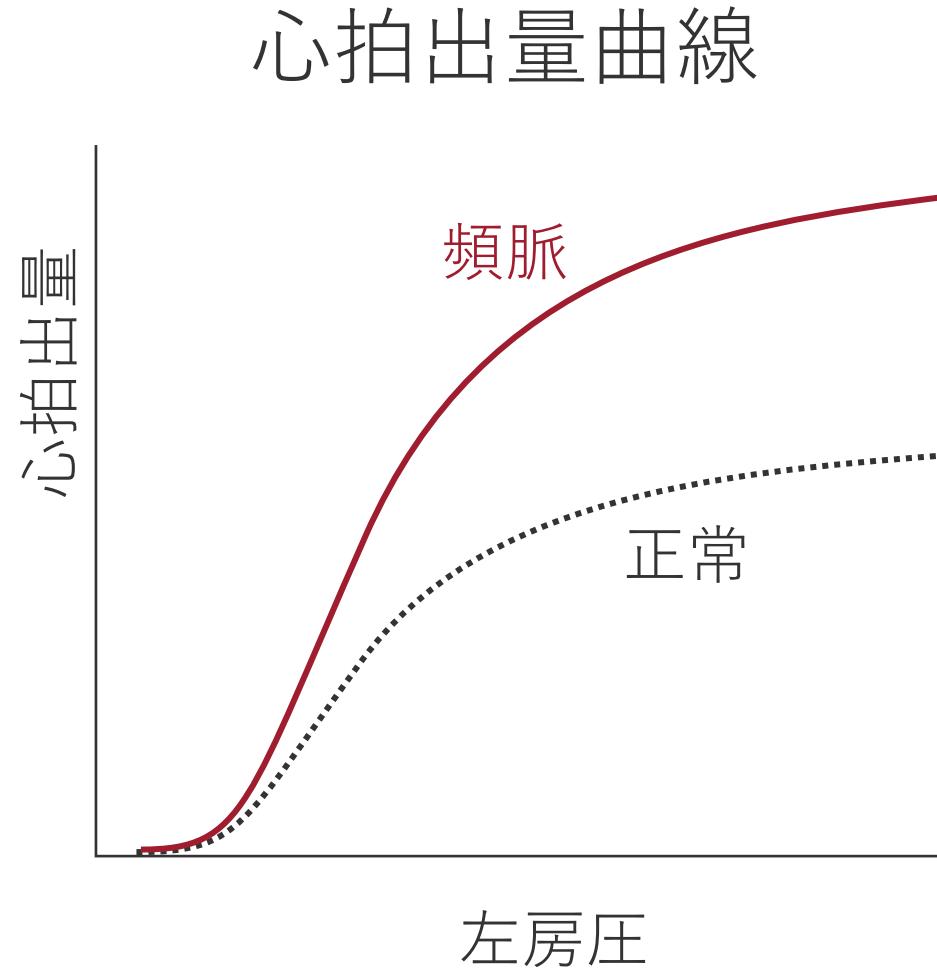
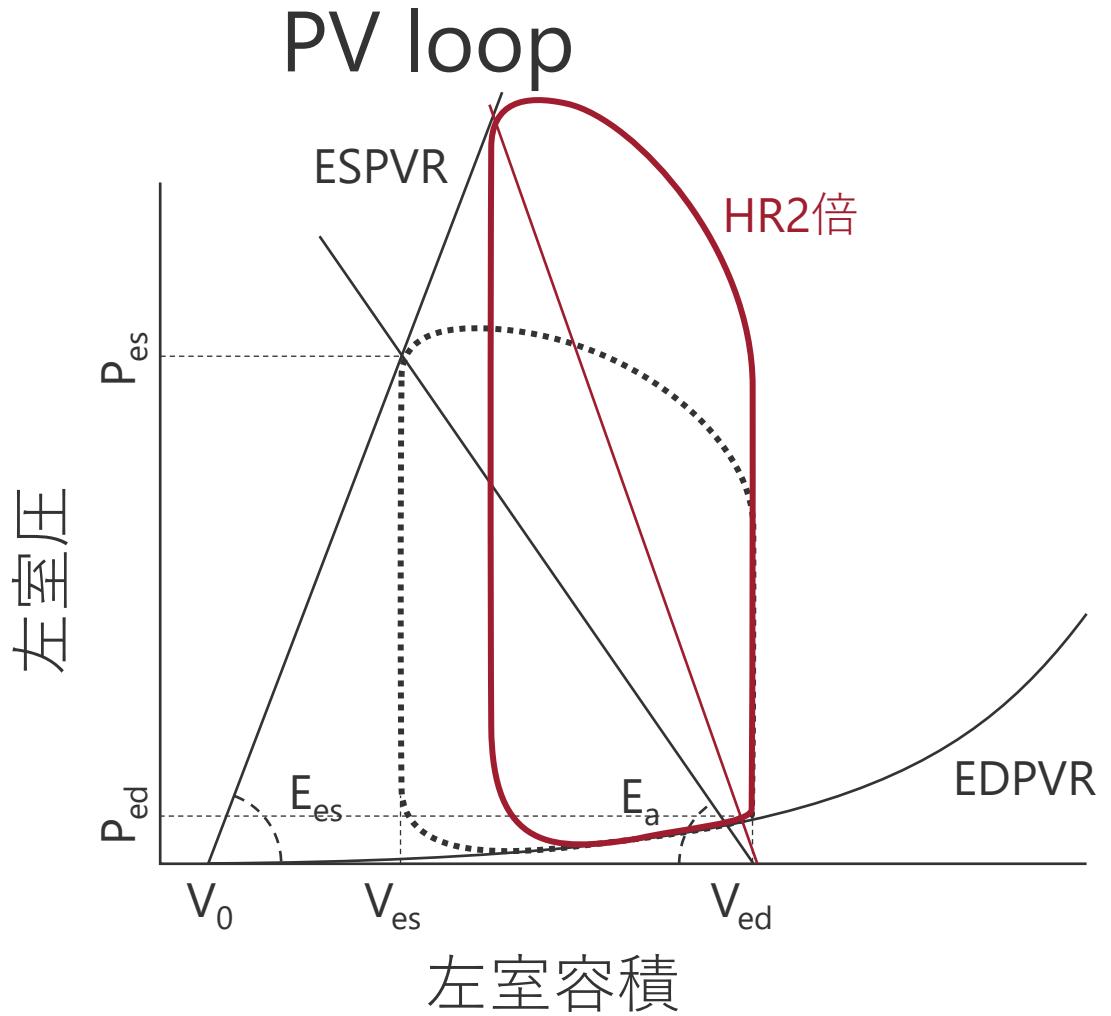
$$\begin{aligned} SV &= \frac{E_{es}}{E_{es} + E_a} V_{ed} \\ &= \frac{E_{es}}{E_{es} + HR \cdot R} V_{ed} \end{aligned} \quad \boxed{\text{HR}\uparrow \text{で} SV\downarrow}$$

$$CO = HR \frac{E_{es}}{E_{es} + HR \cdot R} V_{ed}$$

$$= \frac{E_{es}}{\frac{E_{es}}{HR} + R} V_{ed} \quad \boxed{\text{HR}\uparrow \text{で} CO\uparrow}$$

$$CO = \frac{1}{k} \cdot \frac{E_{es}}{\frac{E_{es}}{HR} + R} (\log(P_A - F) + H)$$

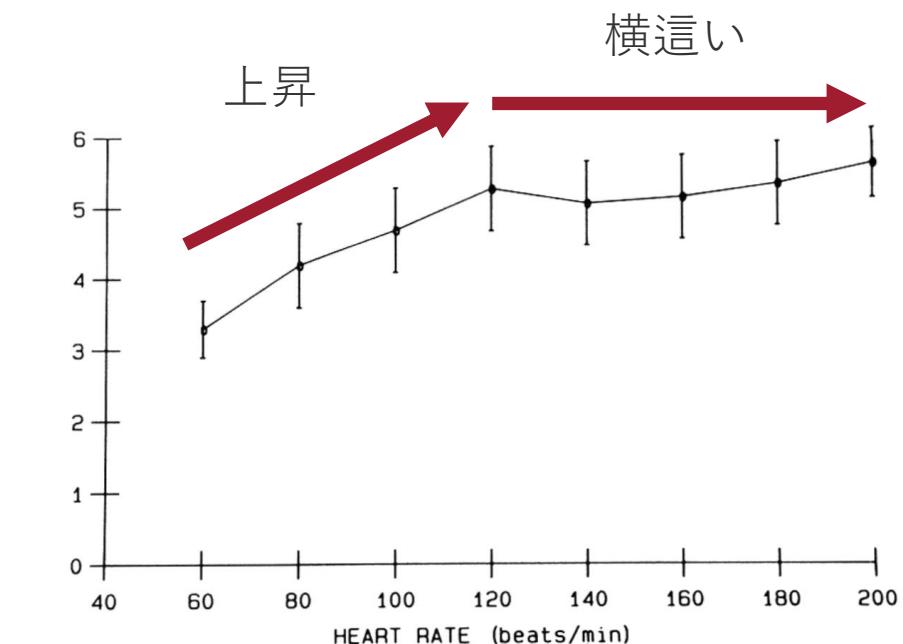
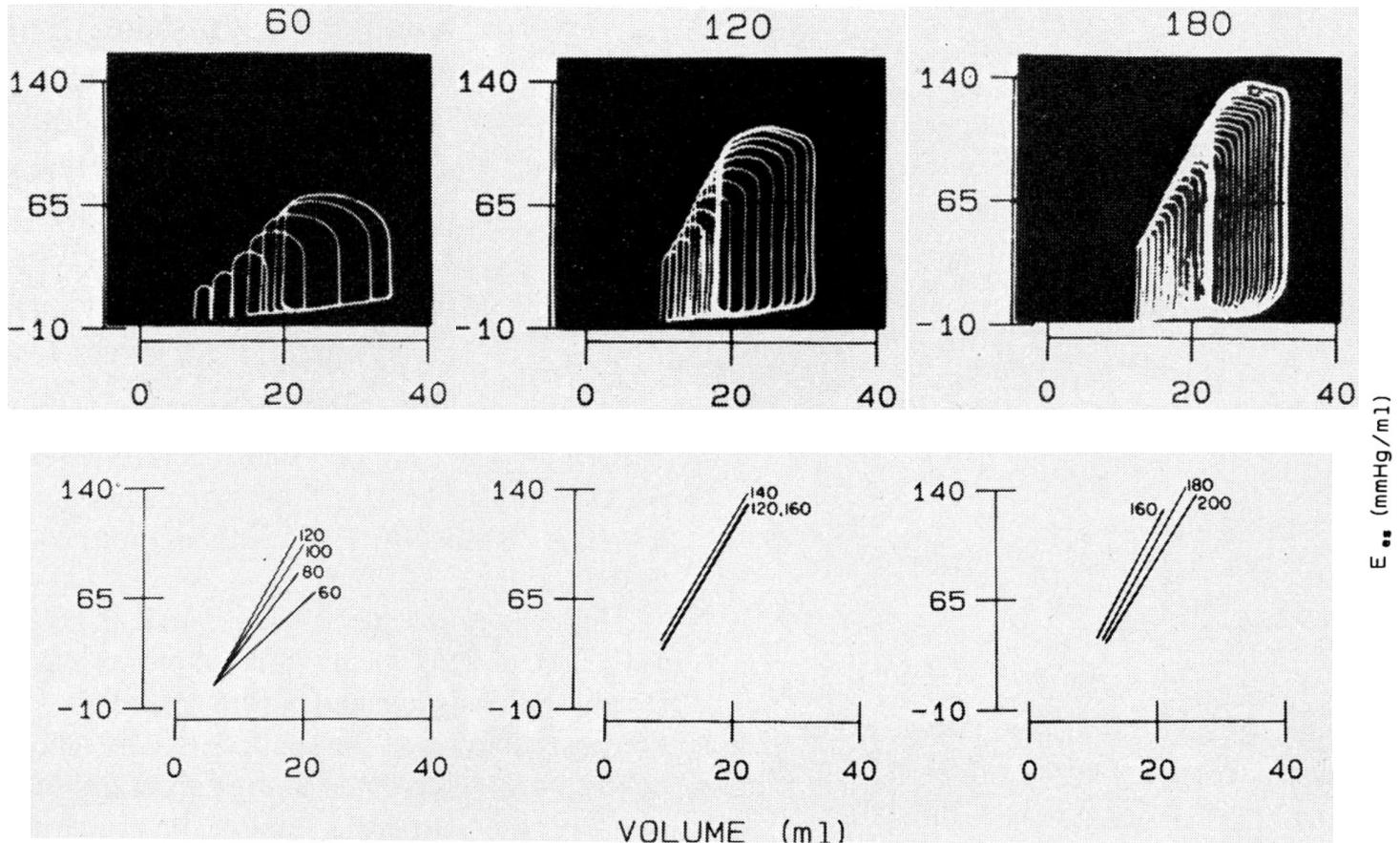
頻脈のPV loopと心拍出量曲線



心拍数と循環動態

- 心拍出量曲線 (E_a の影響)
- 収縮力 (E_{es})
- 拡張期時間：不完全弛緩
- 心筋エナジエティクス

心拍数と収縮力



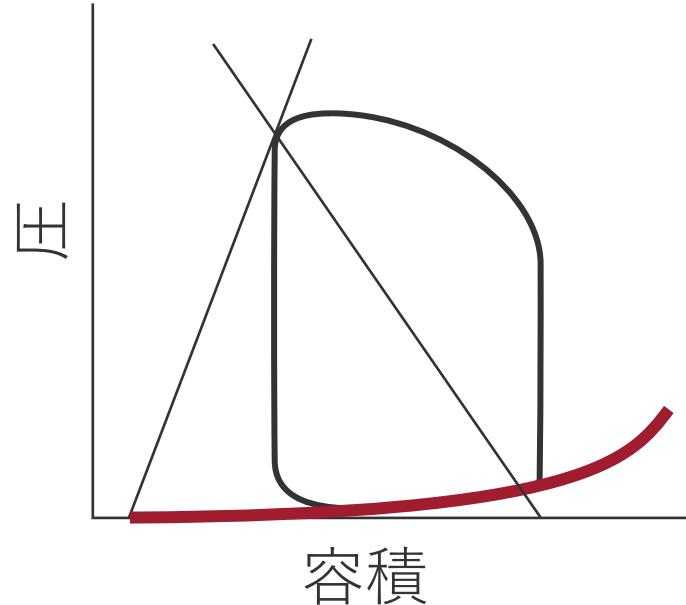
Maughan WL et al. *Circulation*. 1985.

心拍数と循環動態

- 心拍出量曲線 (E_a の影響)
- 収縮力 (E_{es})
- 拡張期時間：不完全弛緩
- 心筋エナジエティクス

拡張特性と弛緩特性

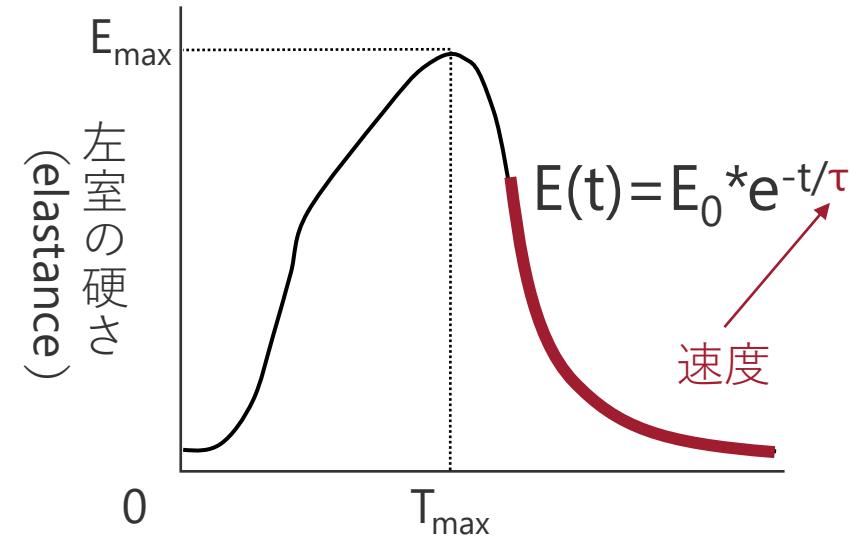
拡張特性



拡張末期圧容積関係

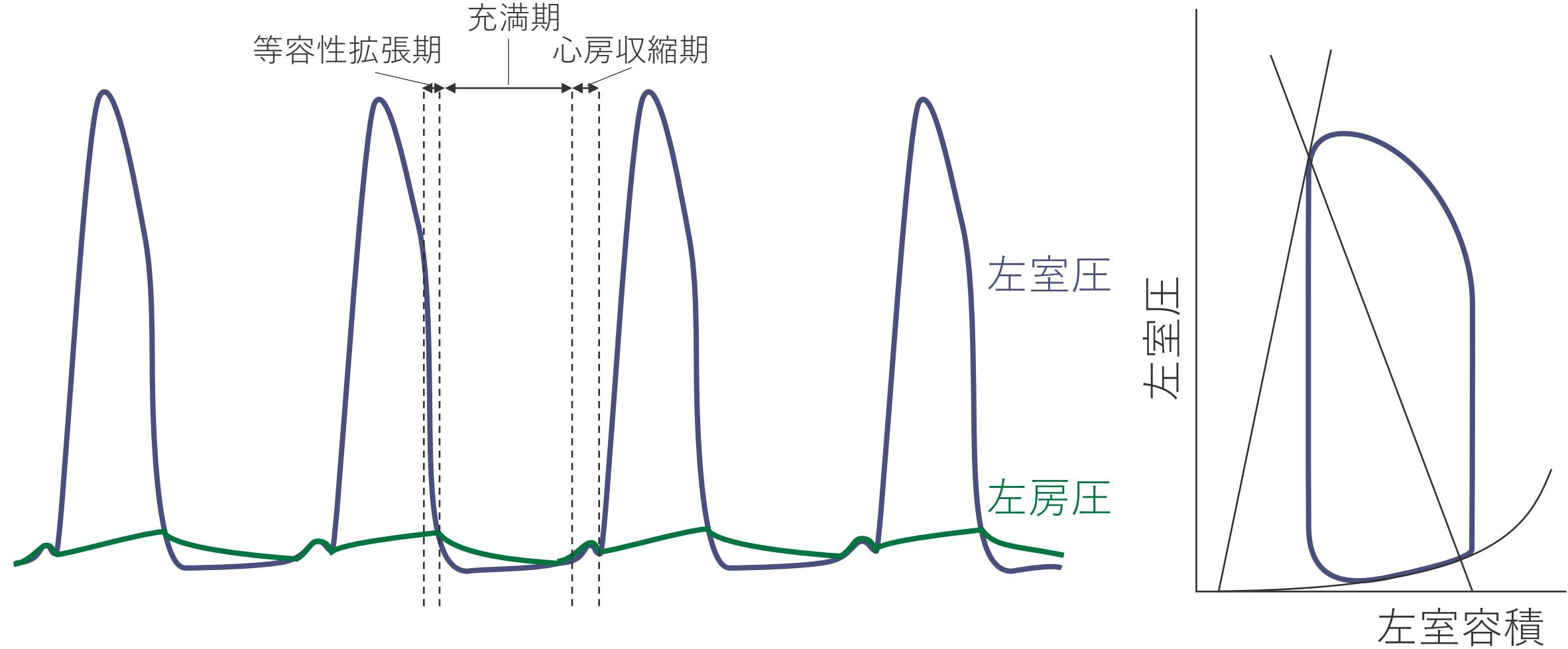
弛緩特性

時変エラスタンス：
time-varying elastance, $E(t)$

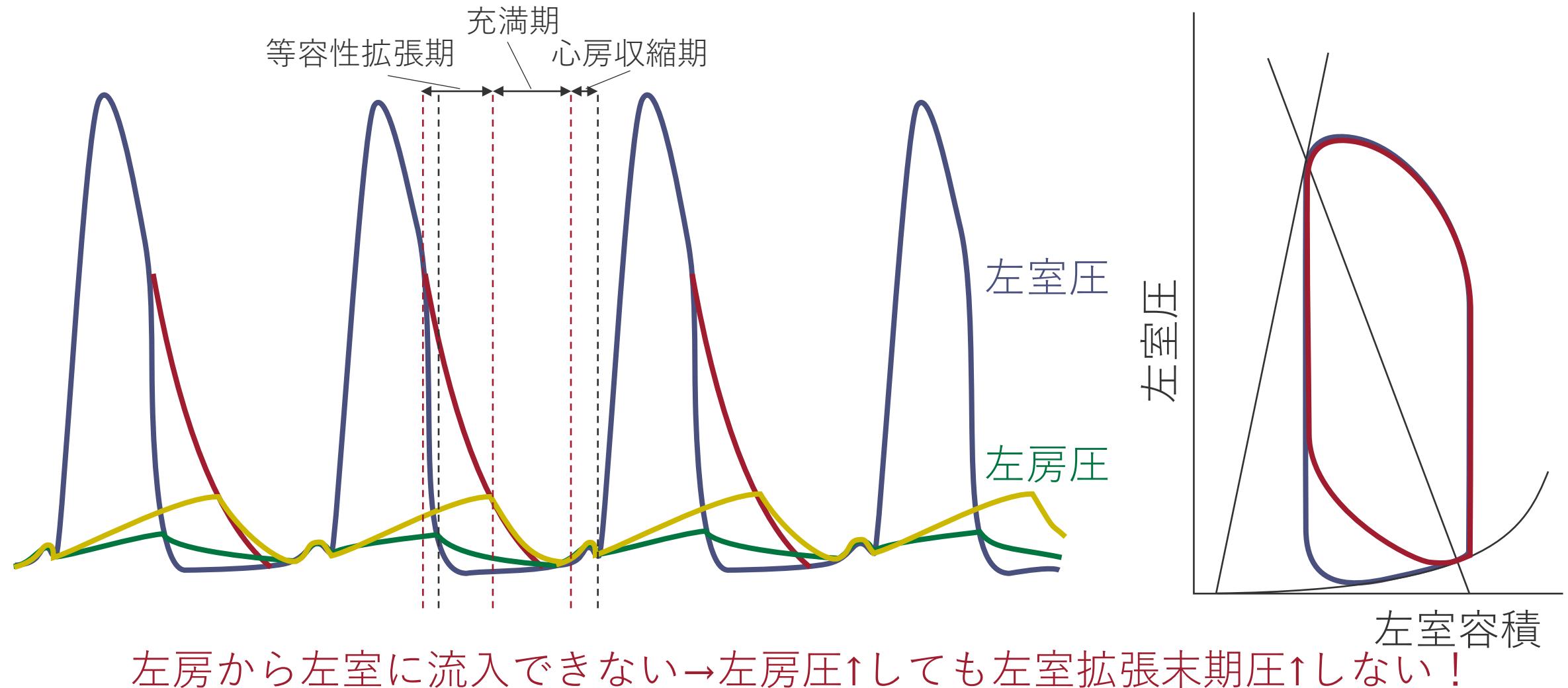


時変エラスタンスが低下する速度
(等容性拡張期では左室圧と同じ)

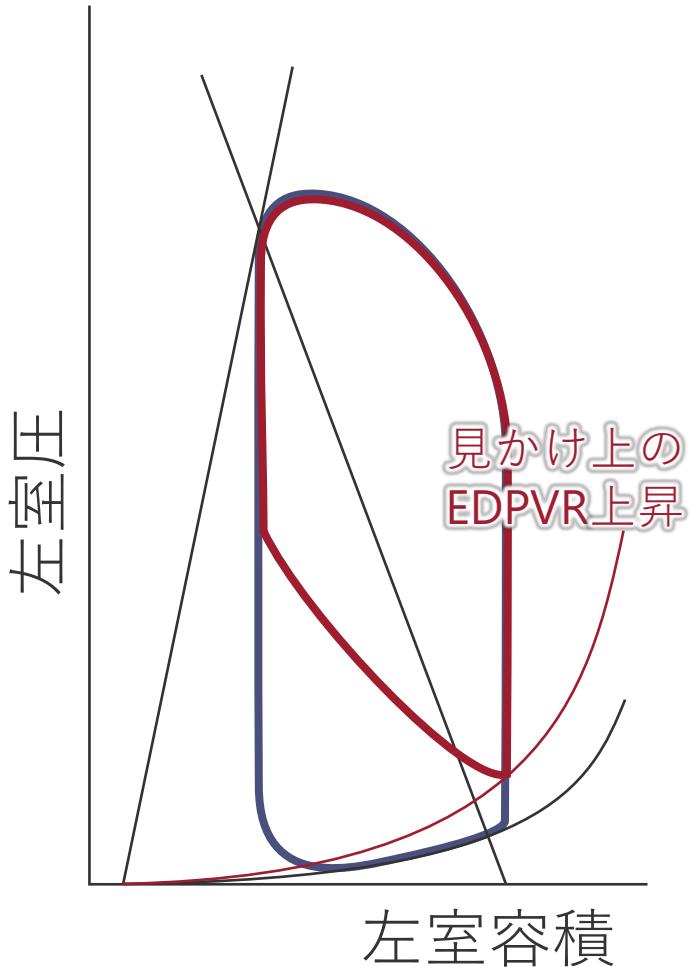
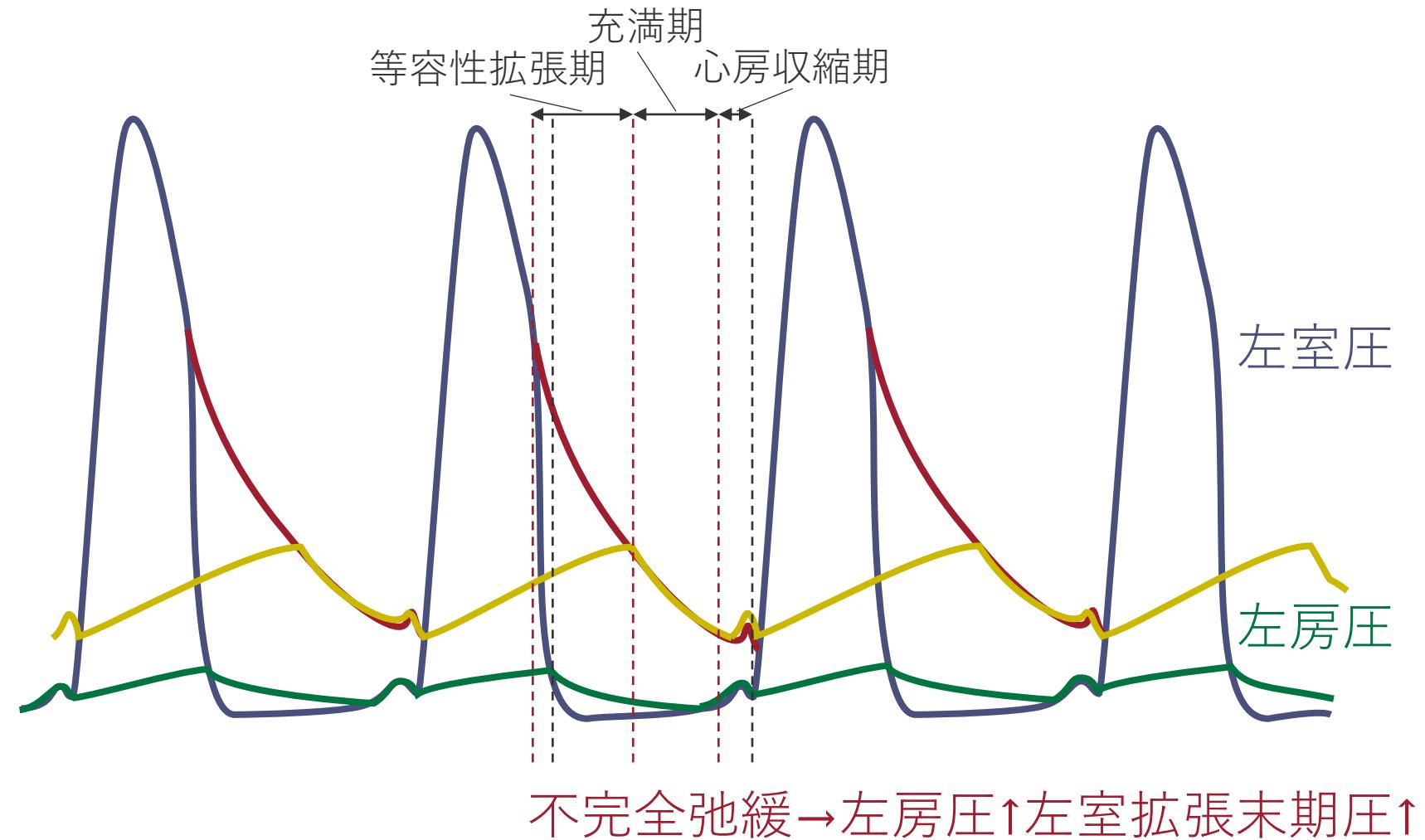
弛緩が遅くなると充満時間が短くなる



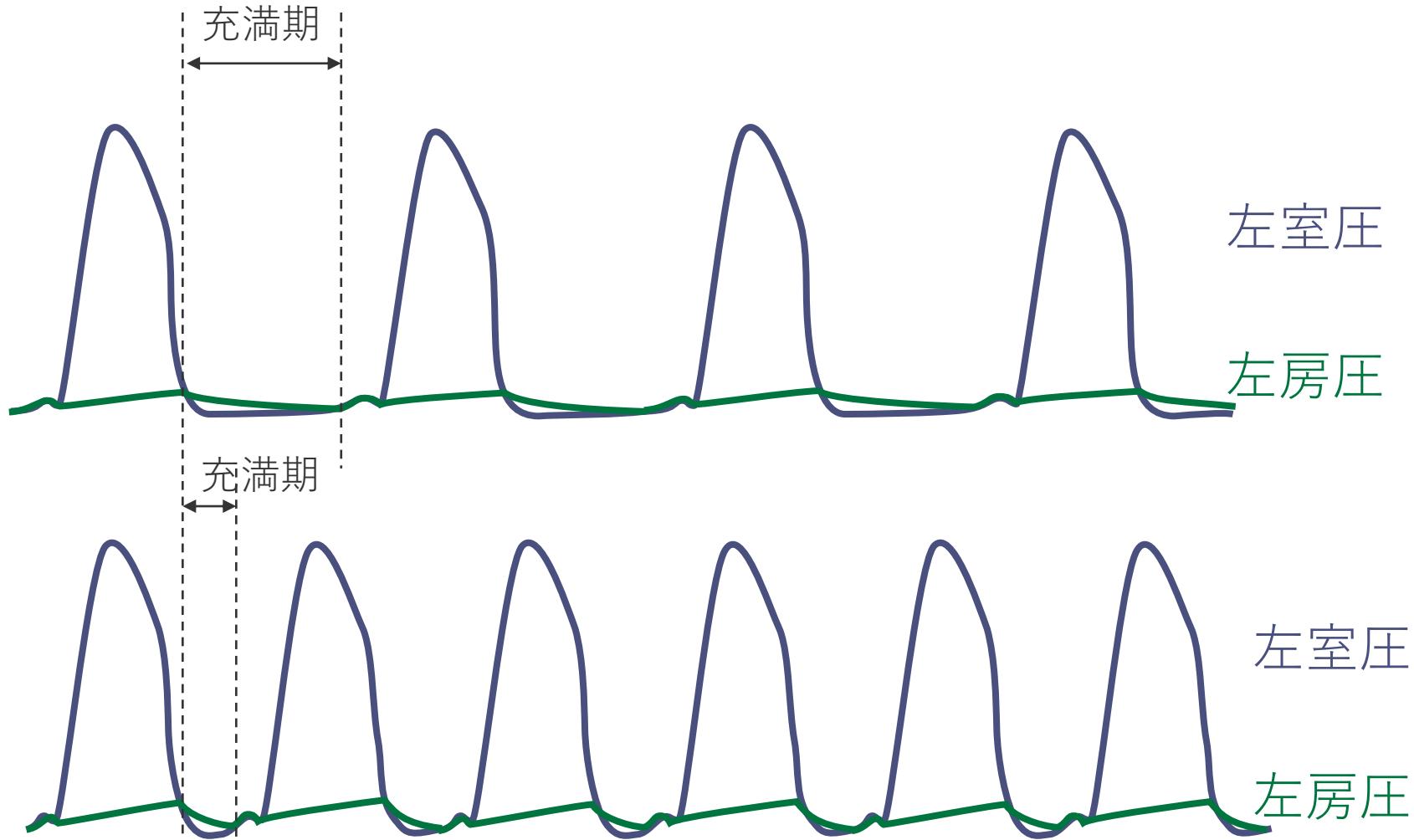
弛緩が遅くなると充満時間が短くなる



弛緩が遅くなると完全弛緩する前に次の収縮が始まる

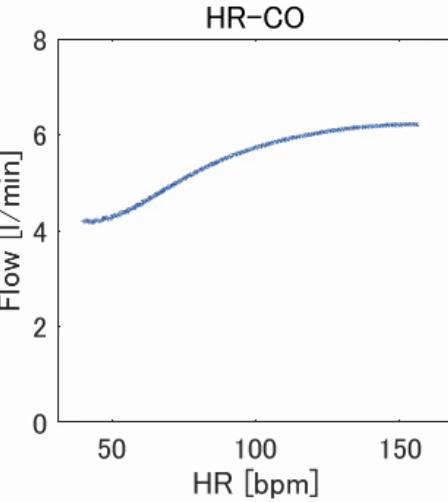
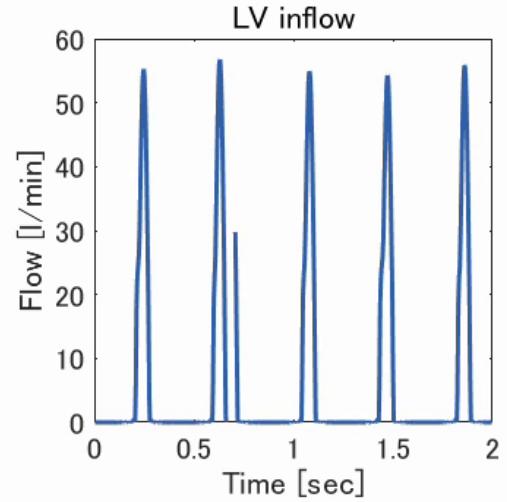
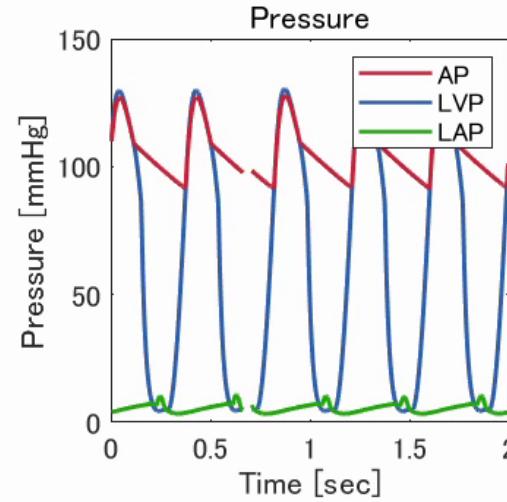
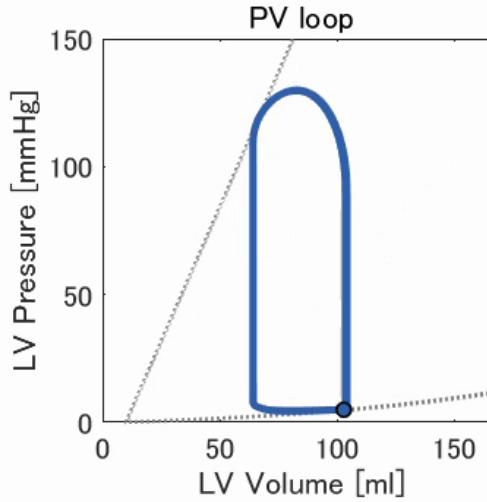


頻脈は充満時間を減少させ、不完全弛緩が生じやすい

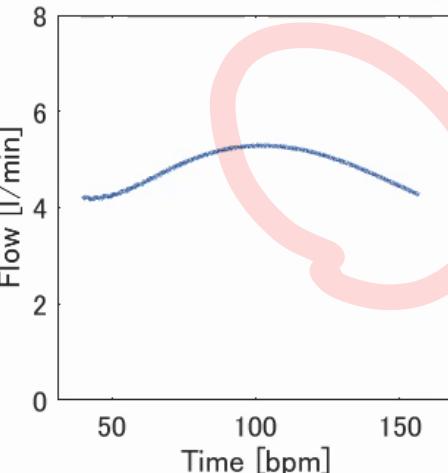
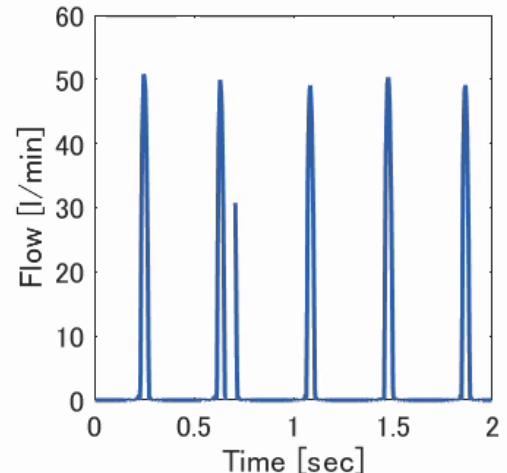
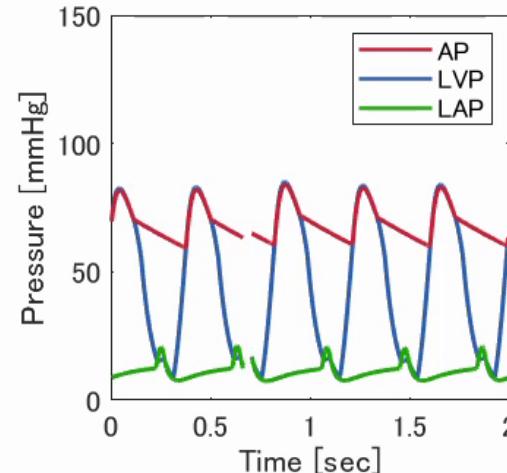
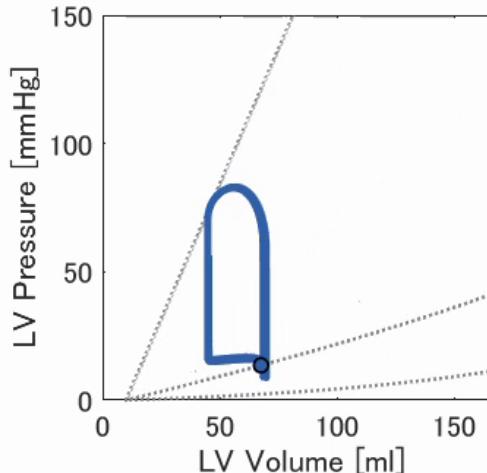


弛緩障害の有無による頻脈の影響

正常



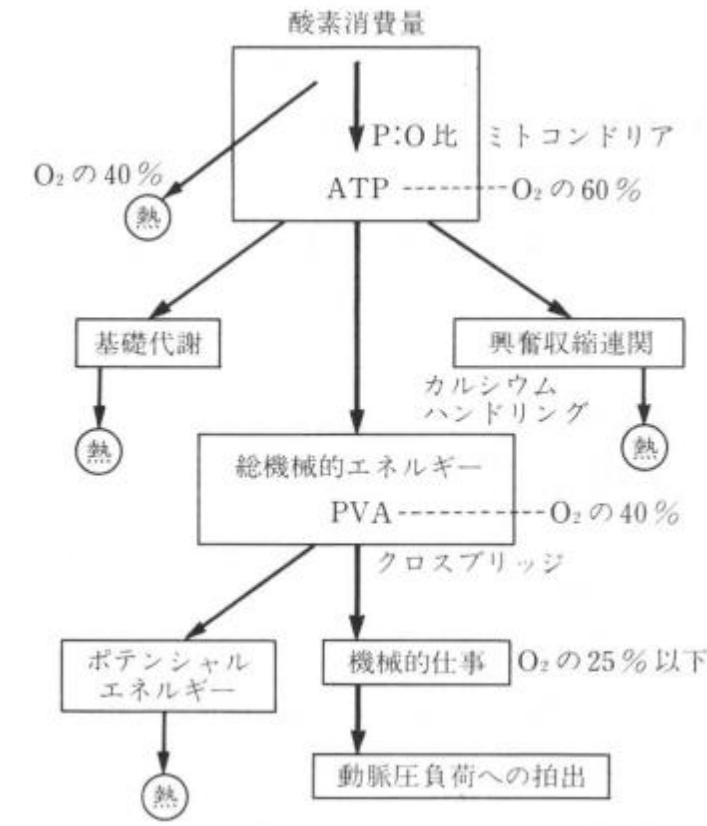
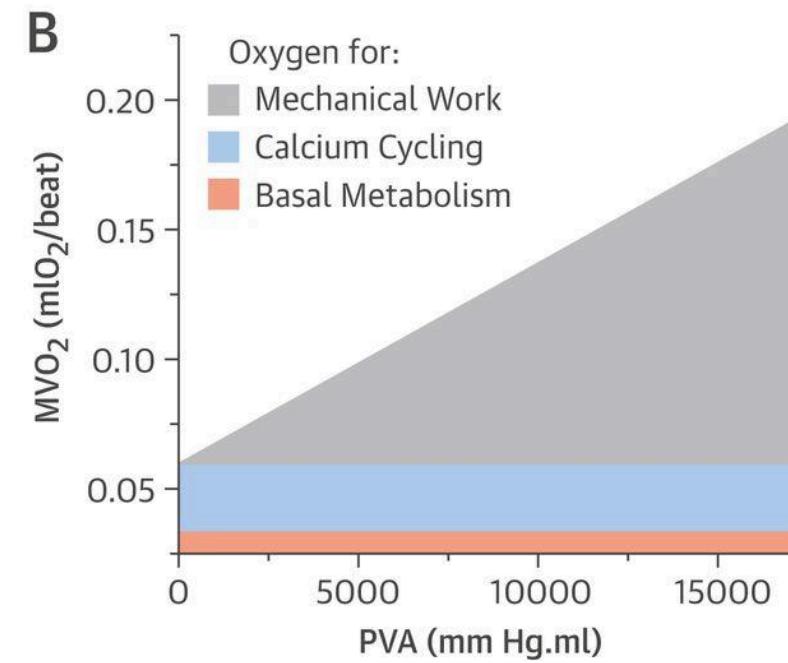
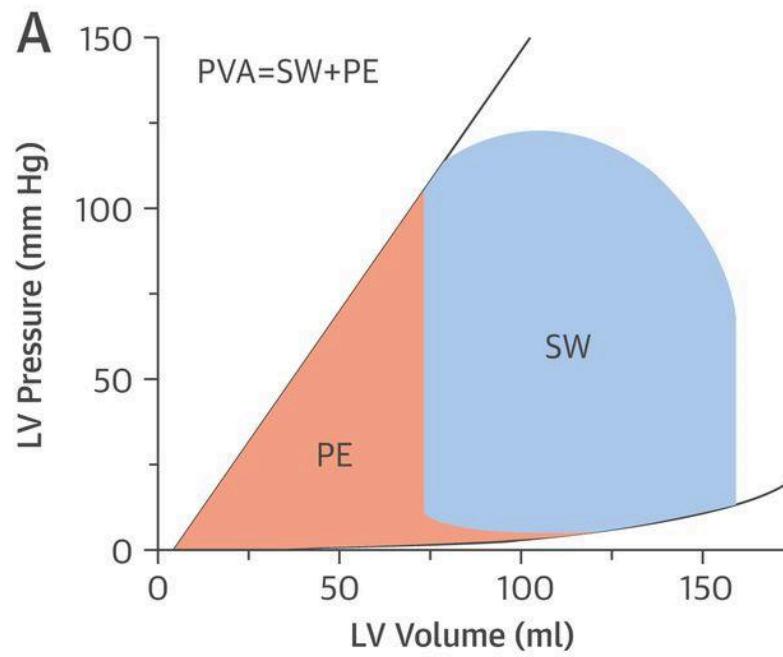
弛緩障害



心拍数と循環動態

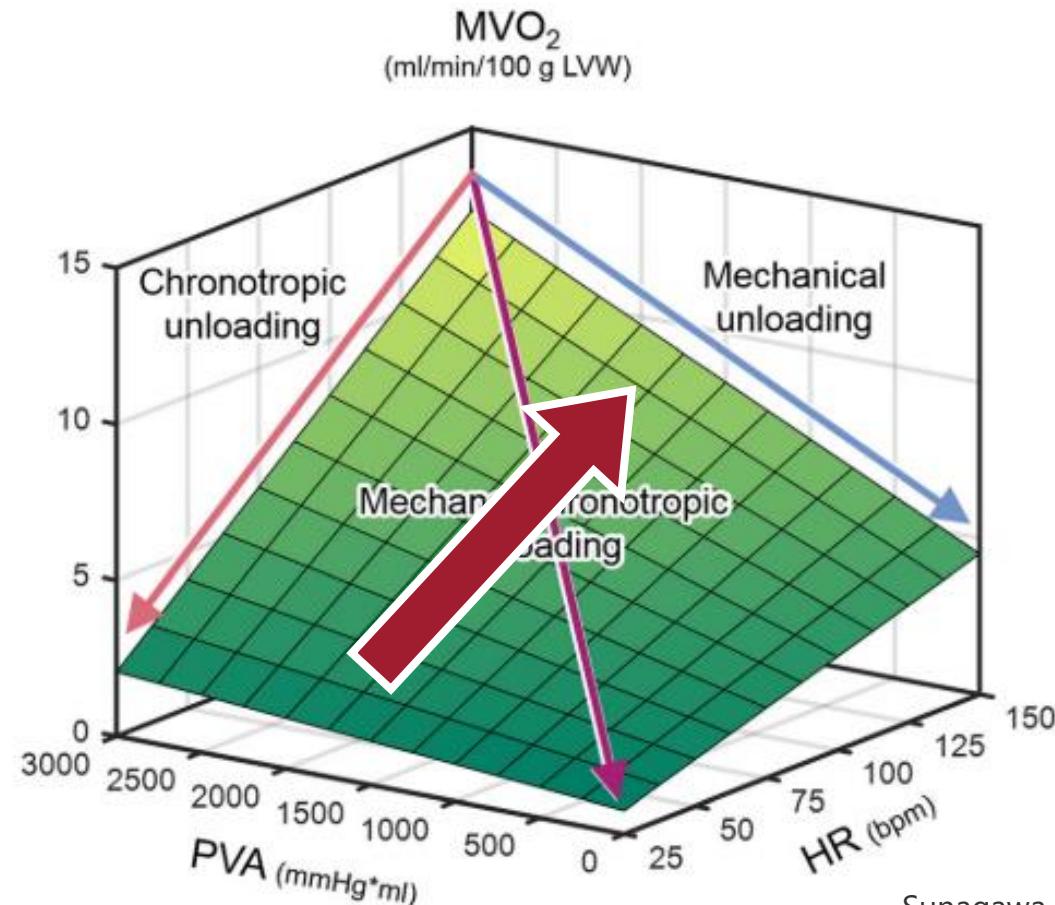
- 心拍出量曲線 (E_a の影響)
- 収縮力 (E_{es})
- 拡張期時間：不完全弛緩
- 心筋エナジエティクス

心臓エナジエティクスから考える心拍数

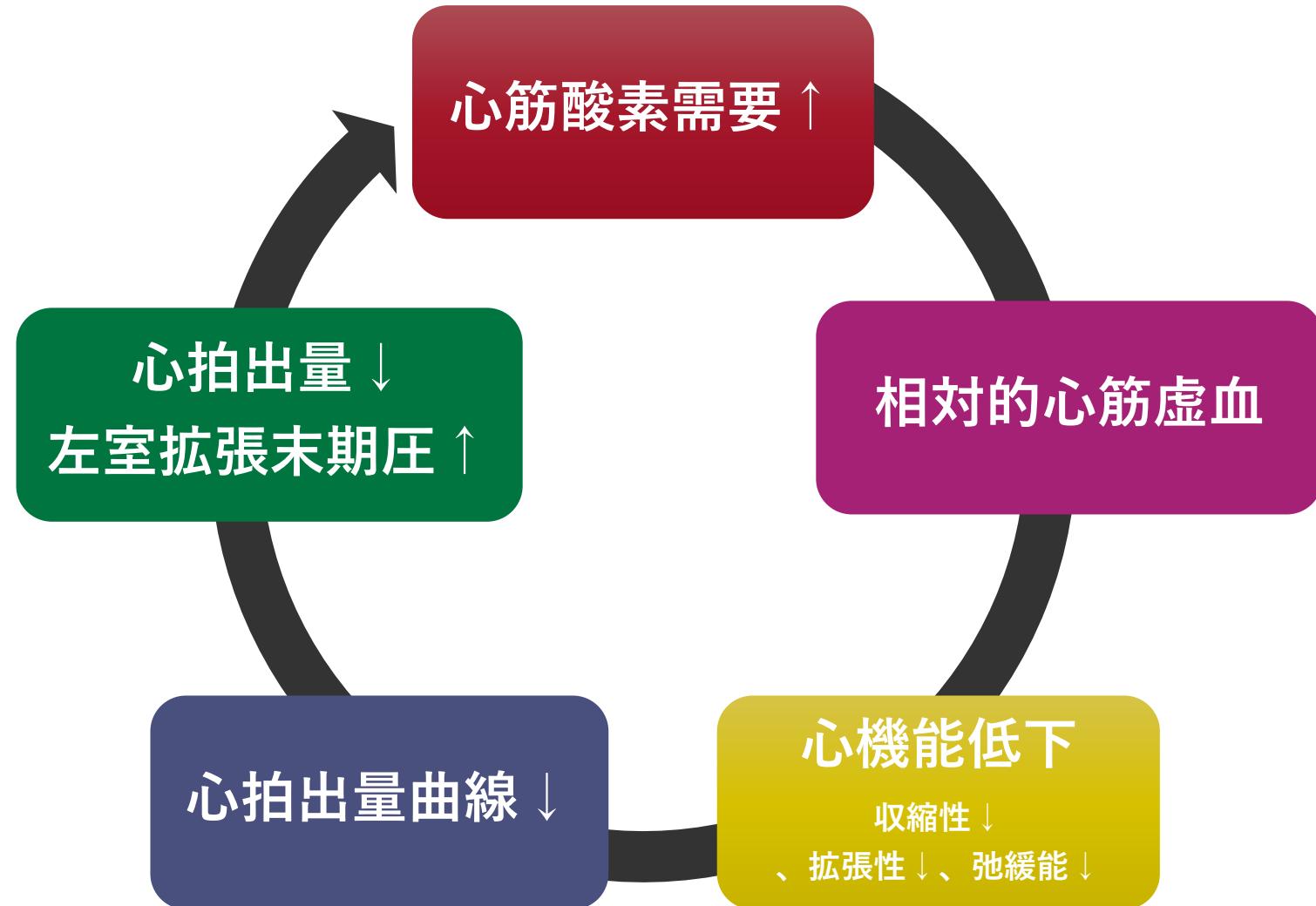


心拍数は心筋酸素消費量を規定する重要な要素である

$$MVO_2 = (1.75 \times 10^{-5} \times PVA + 0.03) \times HR$$



心筋の酸素不足（心筋虚血）による心不全の負のサイクル



心拍数（基礎編）まとめ

