

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～

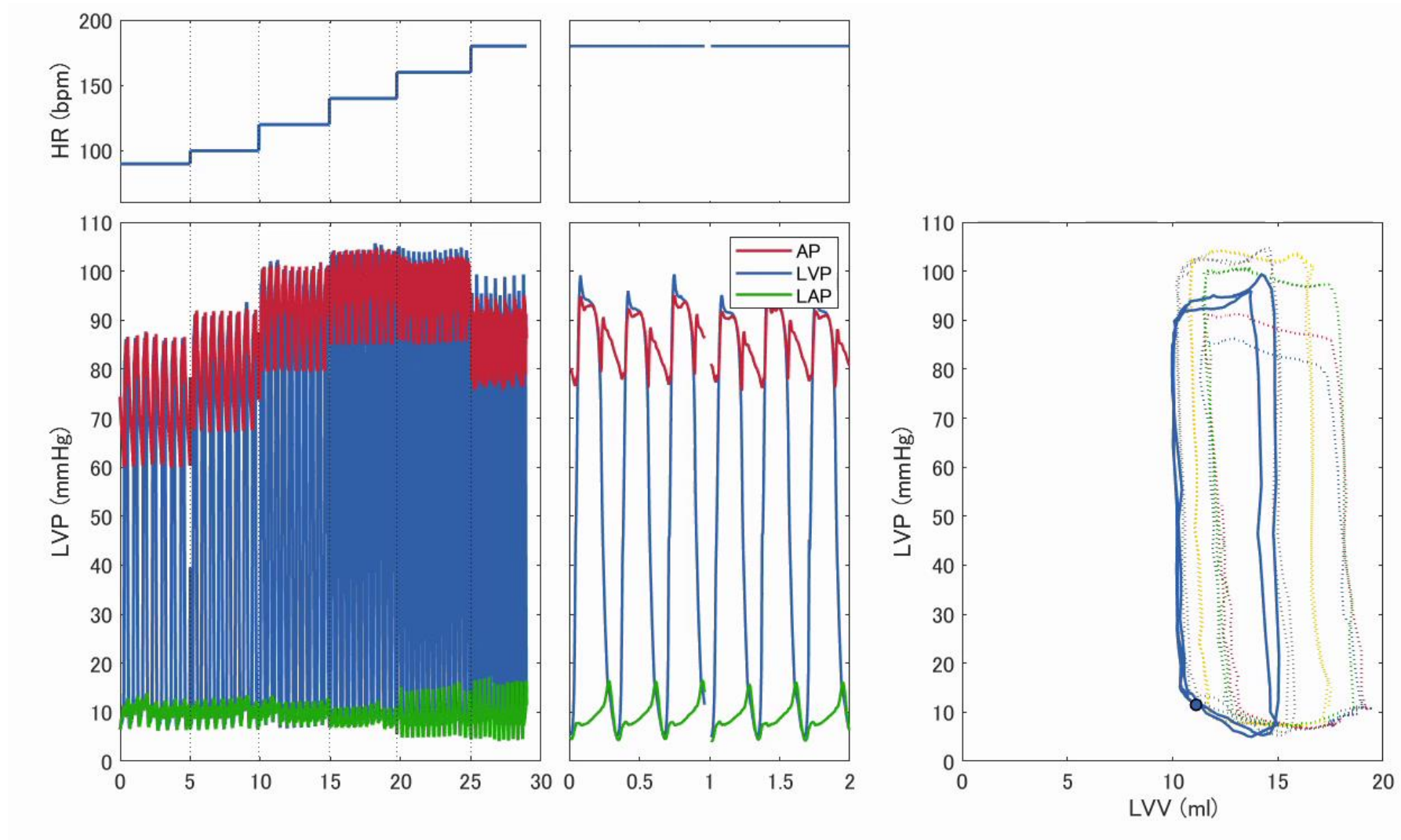
Deep dive session



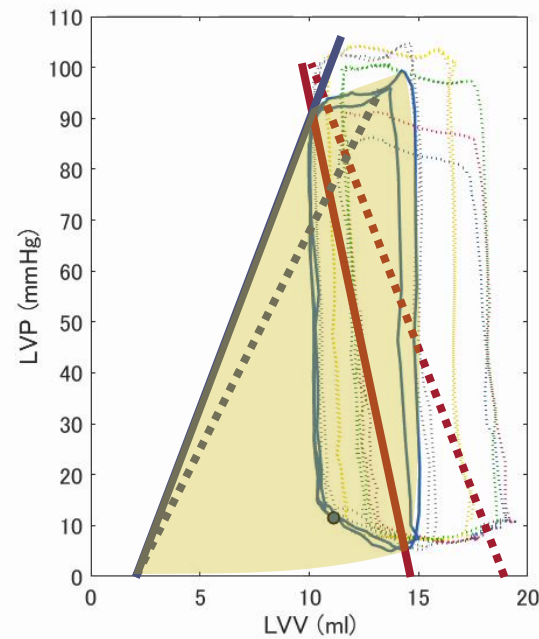
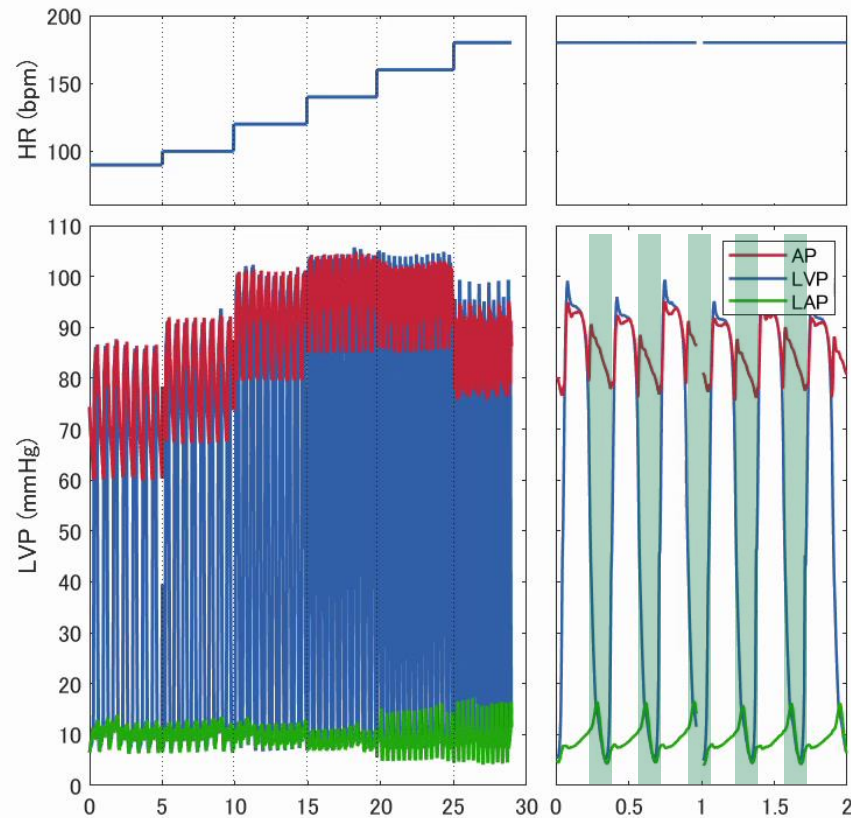
血行動態視点が変わる！心拍数の深イイ話 (基礎編)

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？

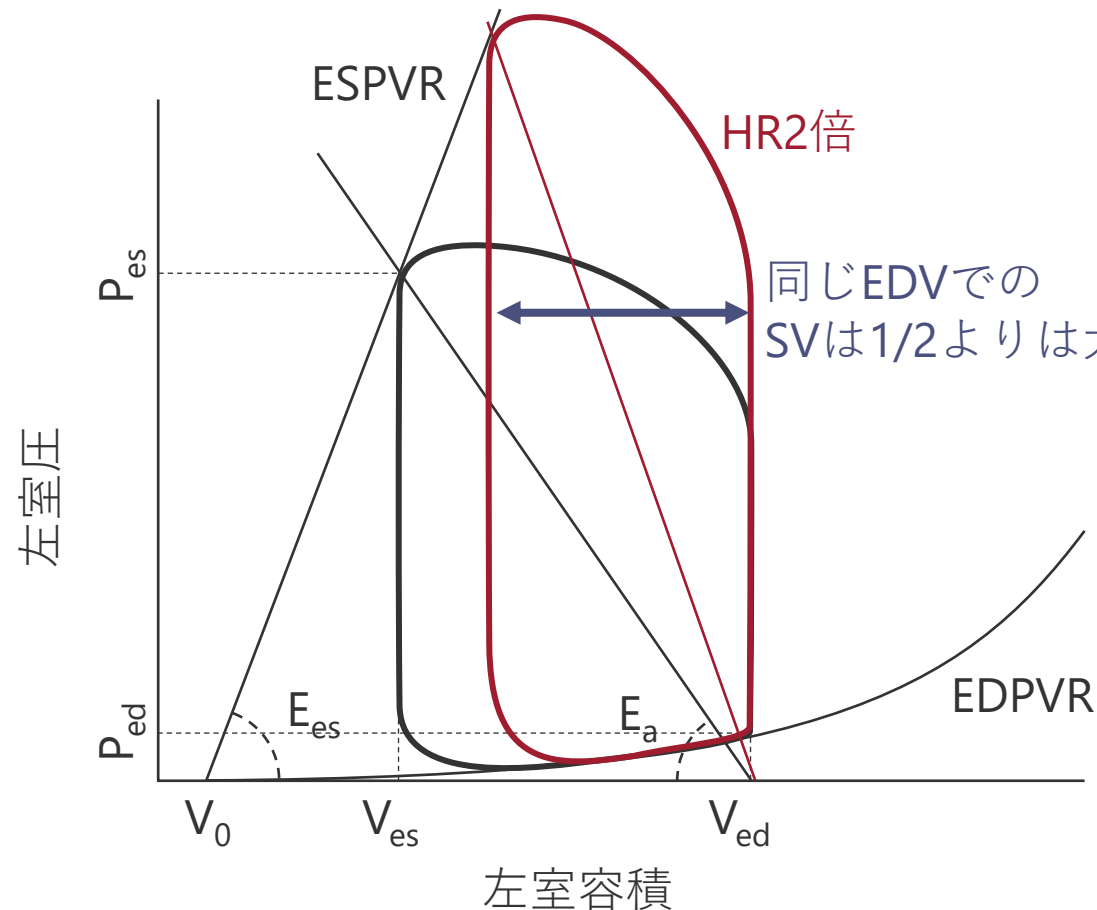


- 後負荷 (E_a) ↑
- 収縮力 (E_{es}) ↑
- 拡張期時間 ↓
- 心筋エナジェティクス

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
- 心筋エナジェティクス

心拍数と一回拍出量の関係は？



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

$$SV = \frac{E_{es}}{E_{es} + E_a} V_{ed}$$

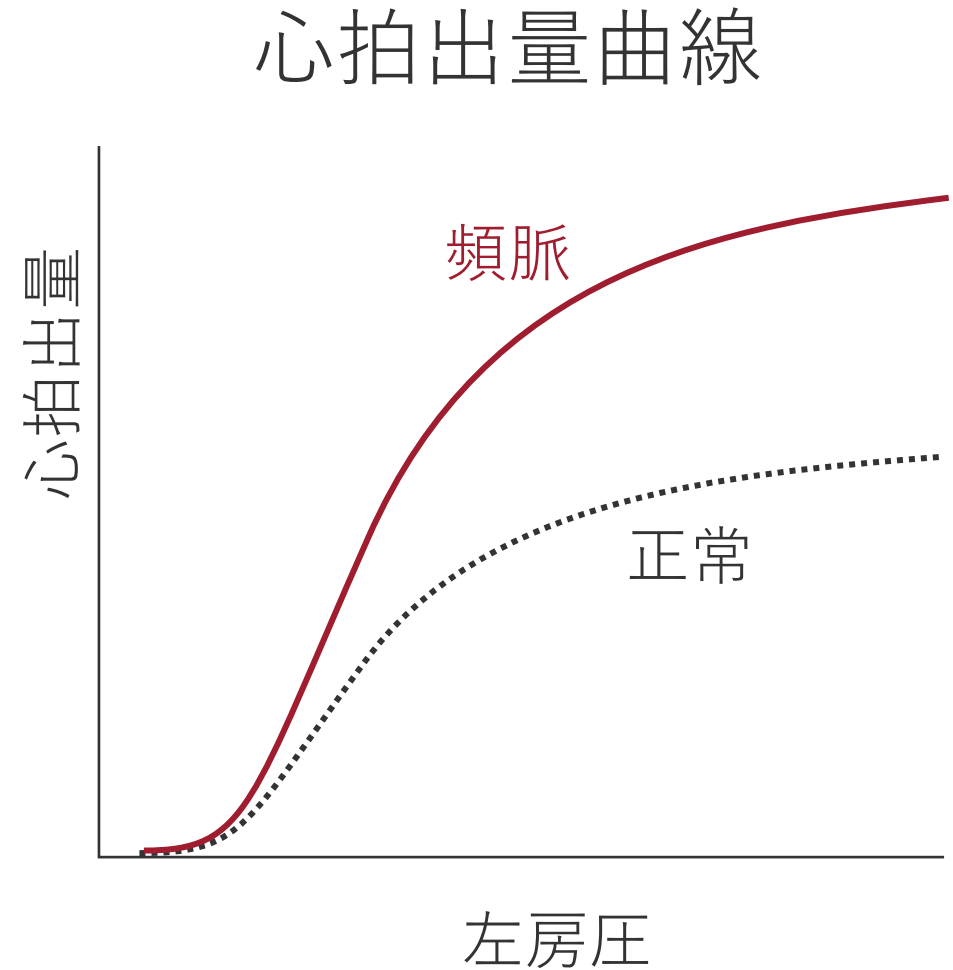
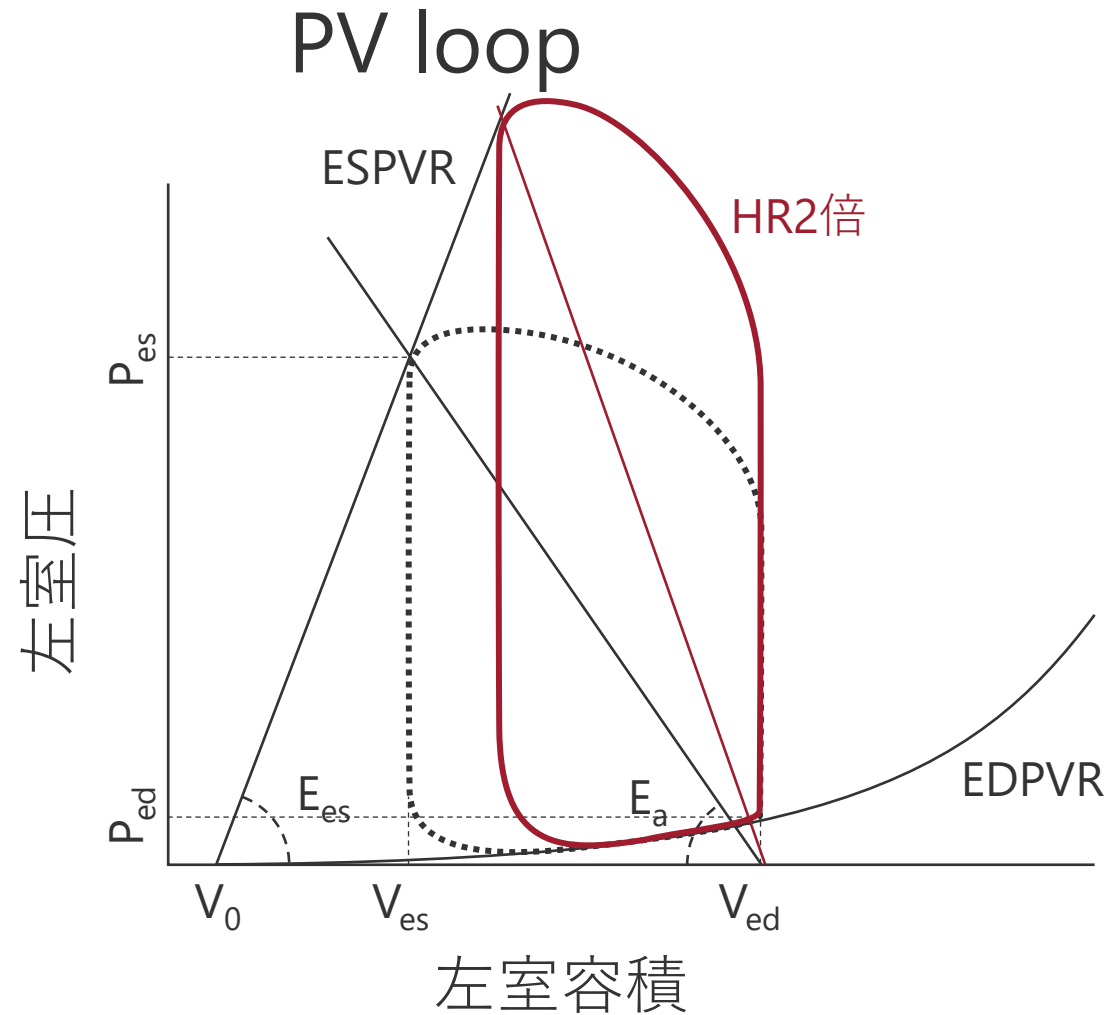
$$= \frac{E_{es}}{E_{es} + HR \cdot R} V_{ed} \quad \text{HR}\uparrow \text{で} SV\downarrow$$

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

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

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

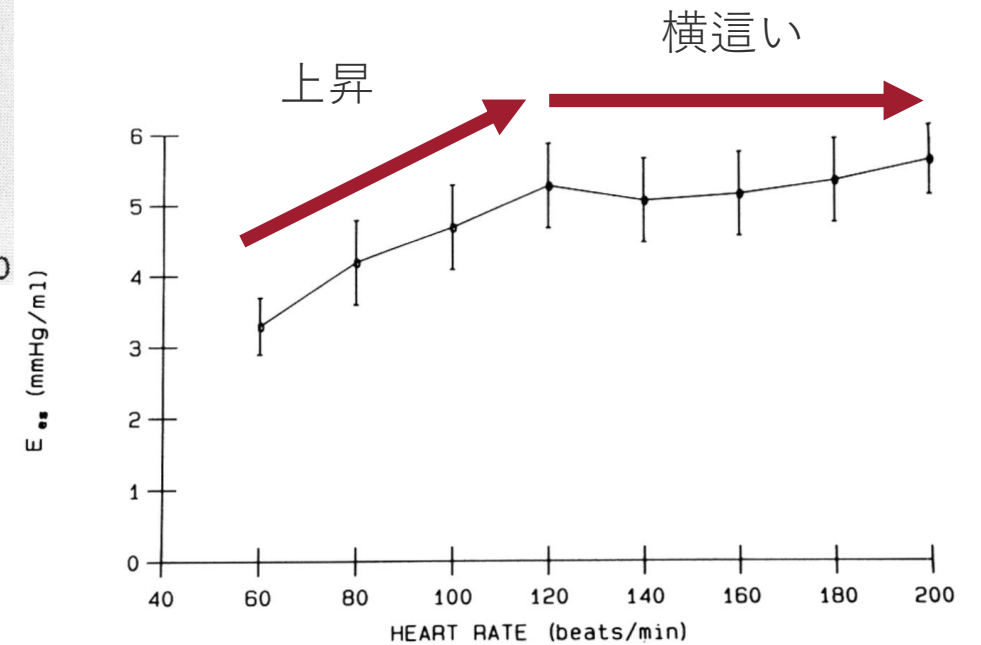
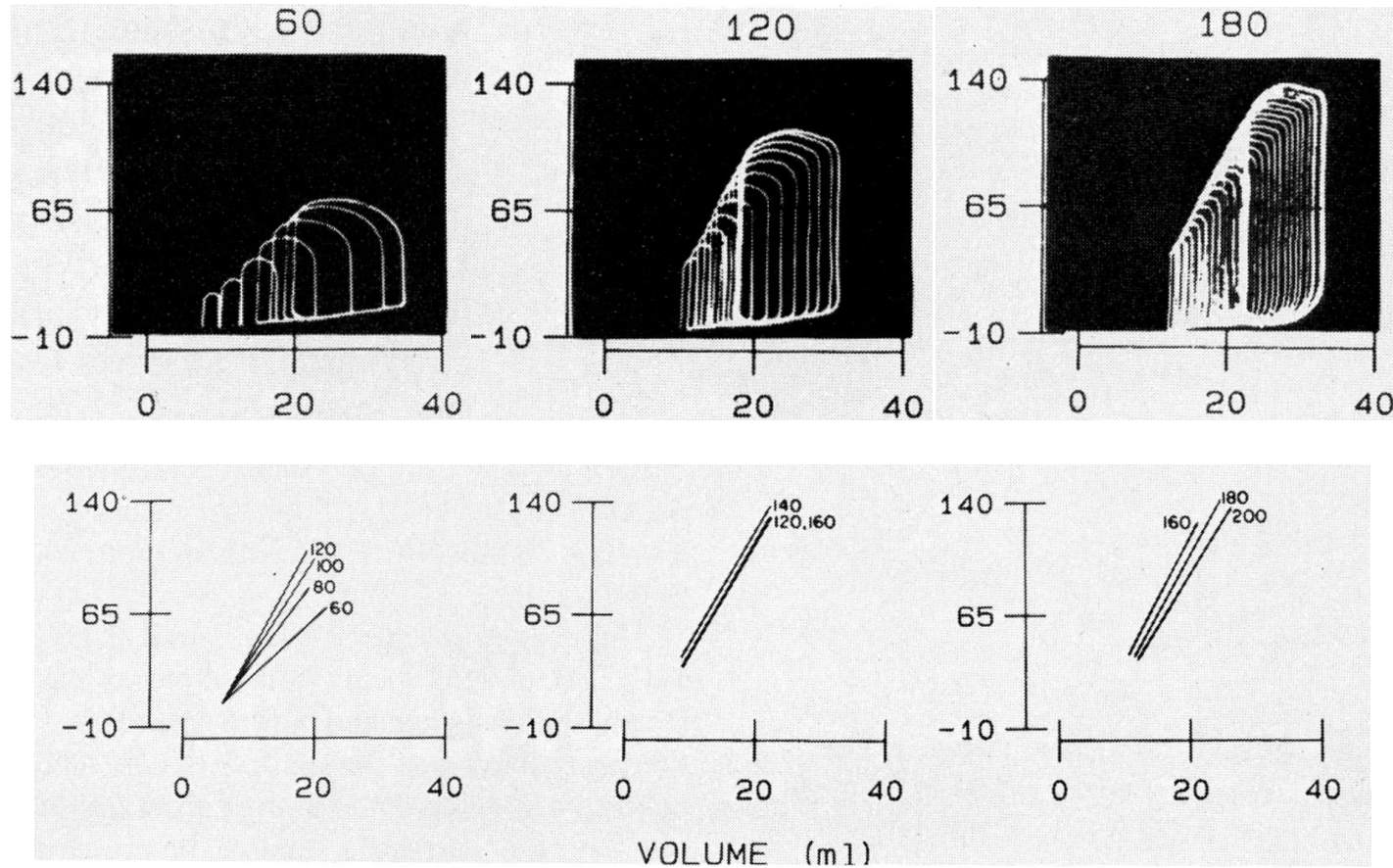
頻脈のPV loopと心拍出量曲線



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
- 心筋エナジェティクス

心拍数と収縮力



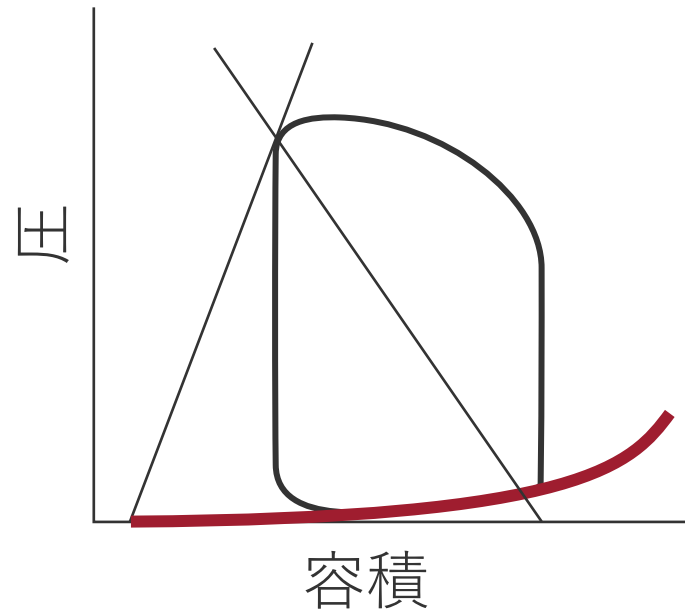
Maughan WL et al. *Circulation*. 1985.

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
- 心筋エナジェティクス

拡張特性と弛緩特性

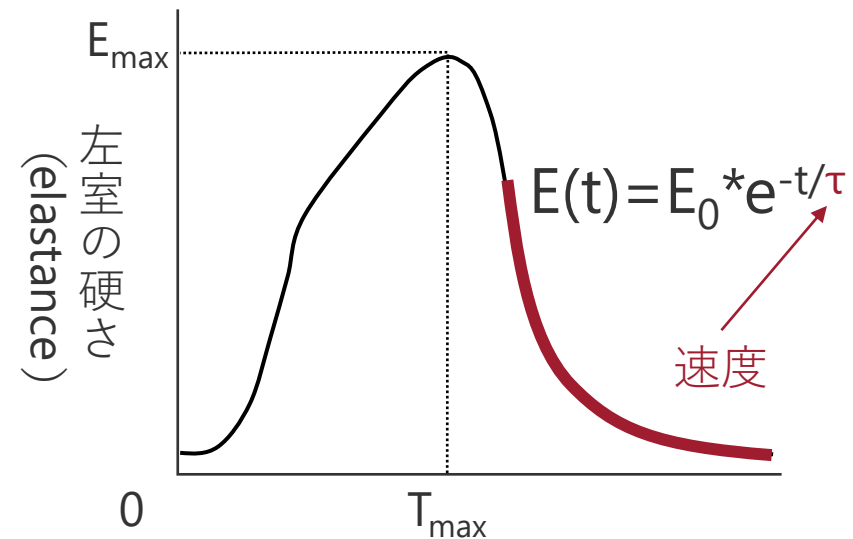
拡張特性



拡張末期圧容積関係

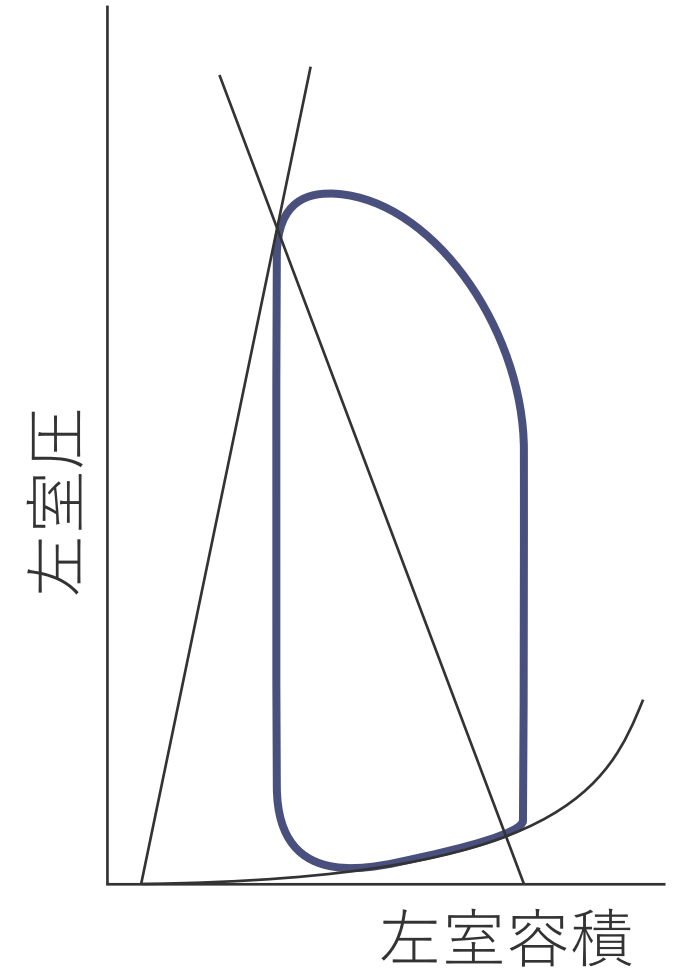
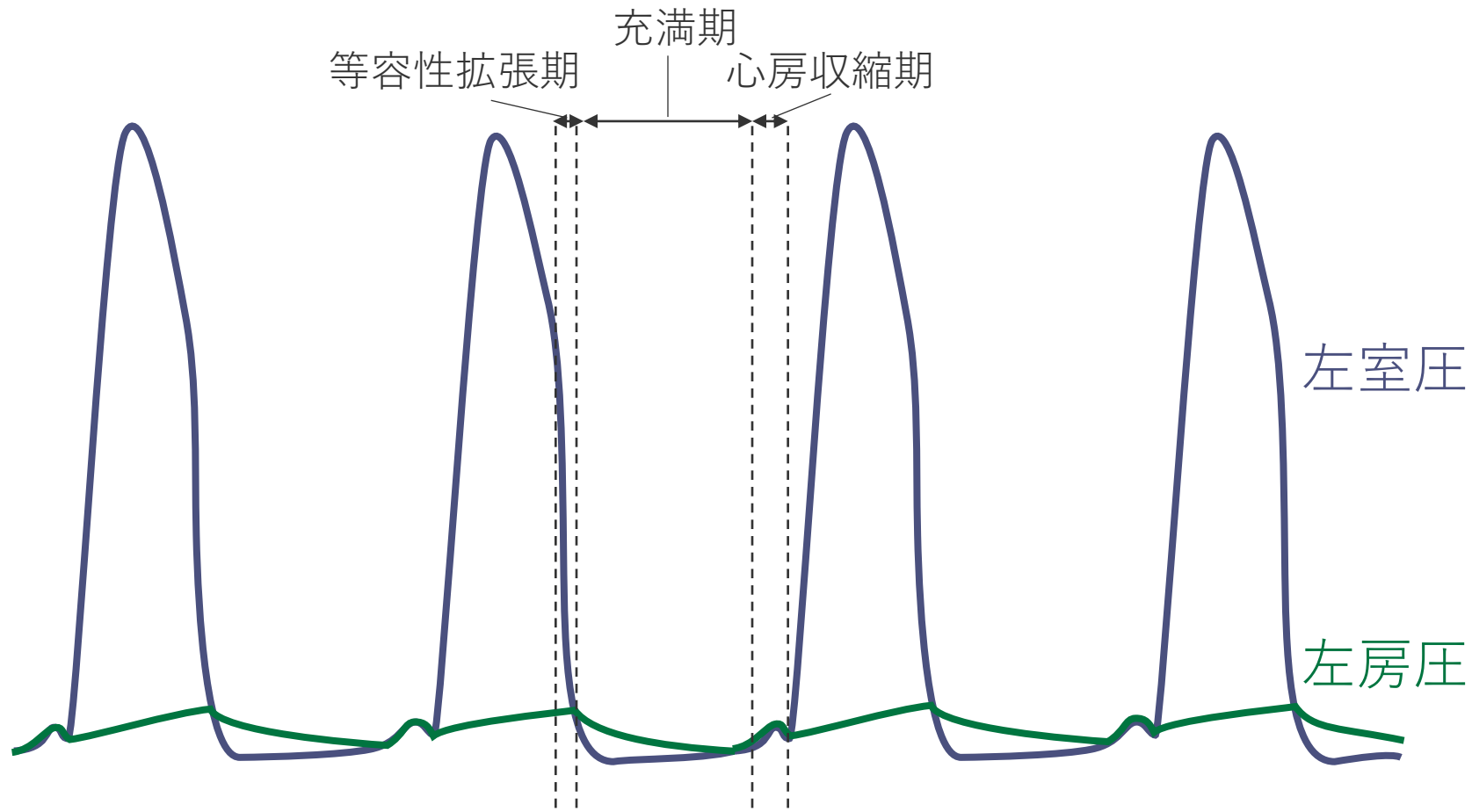
弛緩特性

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

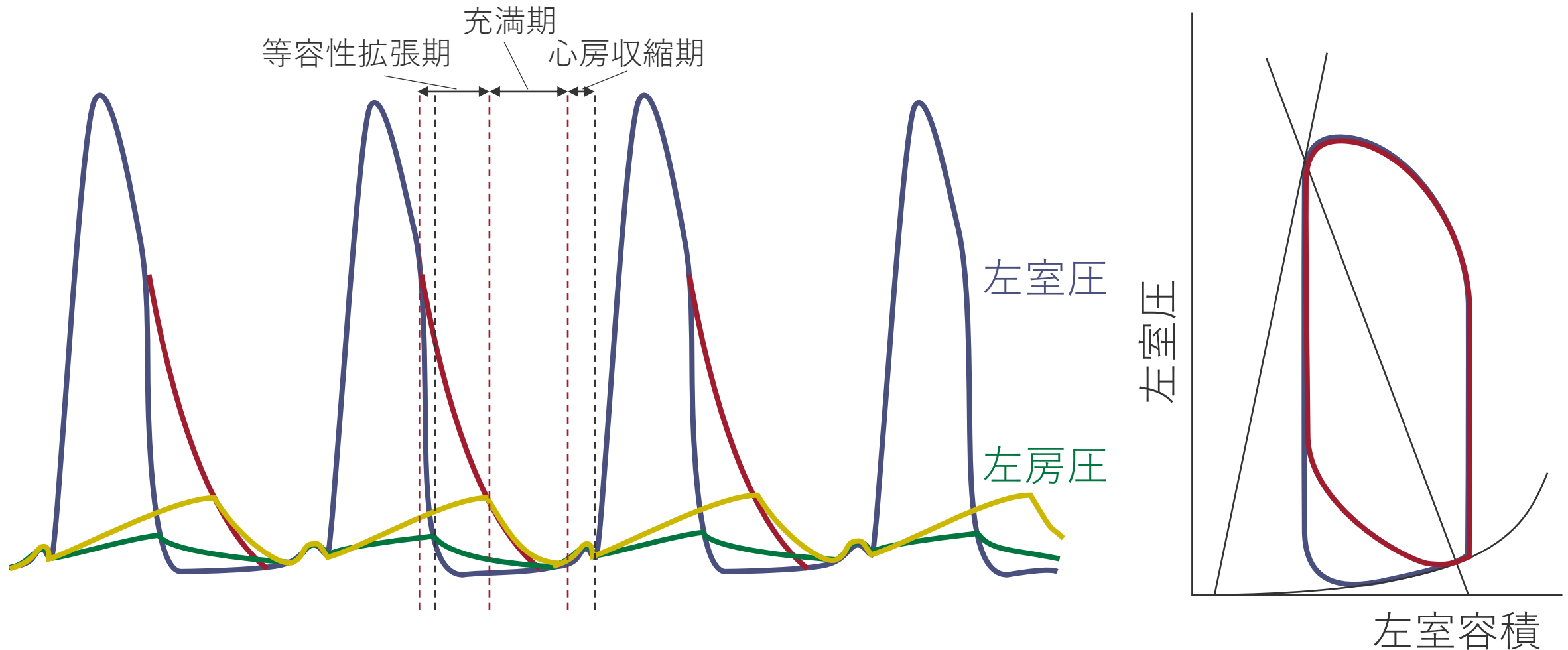


時変エラスタンスが低下する速度
(等容性拡張期では左室圧と同じ)

弛緩が遅くなると充満時間が短くなる

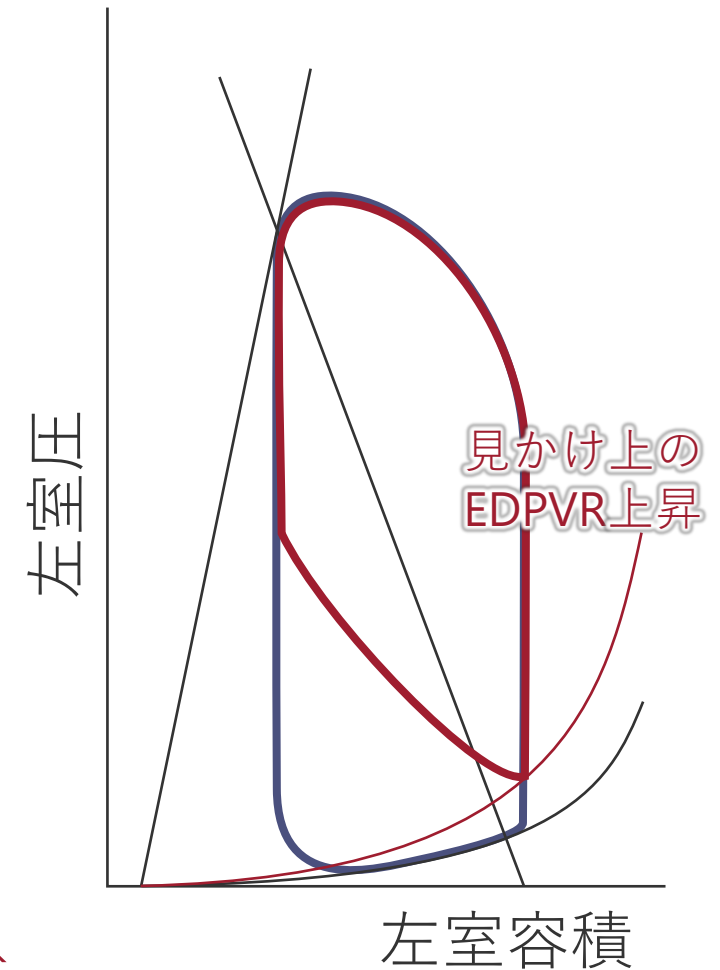
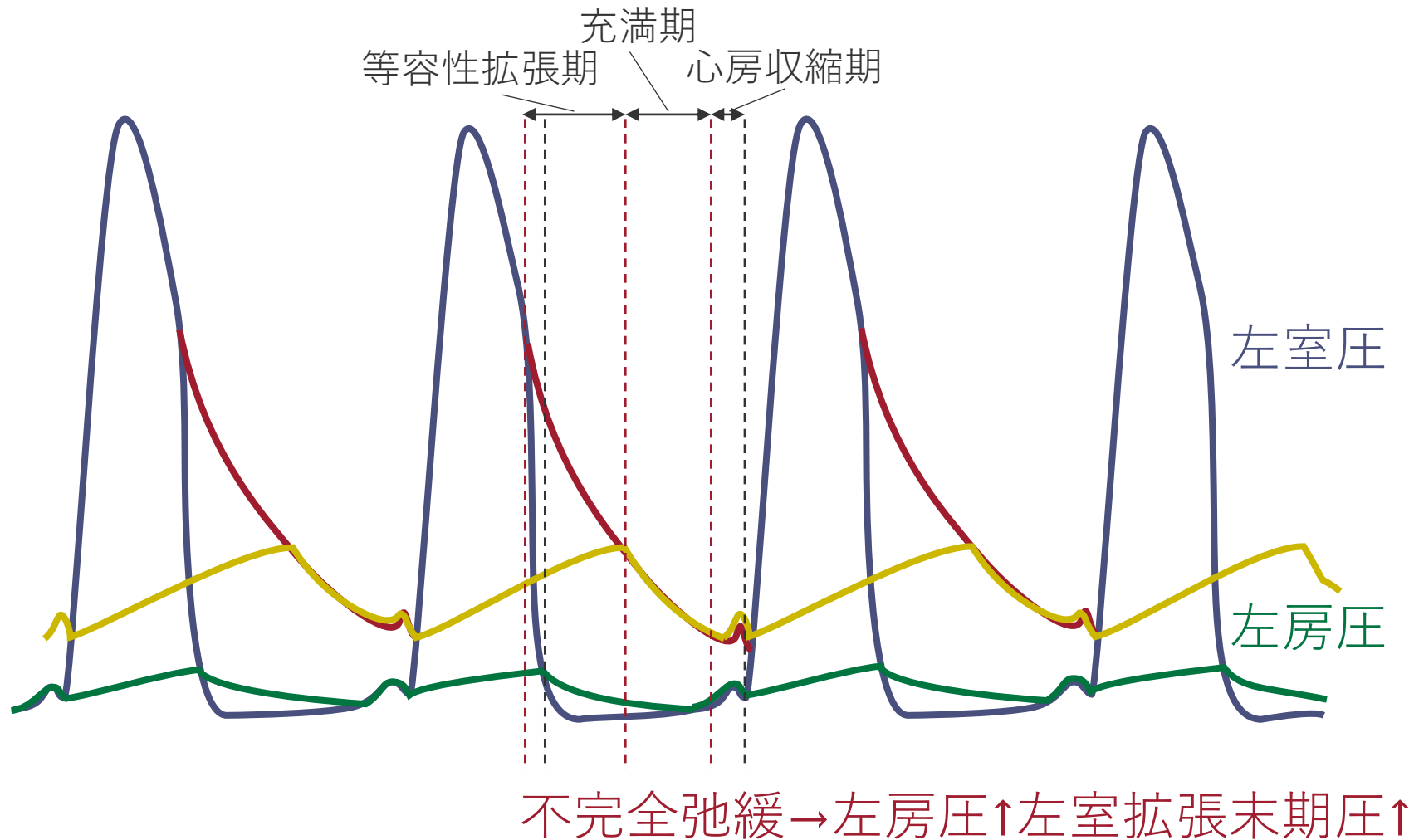


弛緩が遅くなると充満時間が短くなる

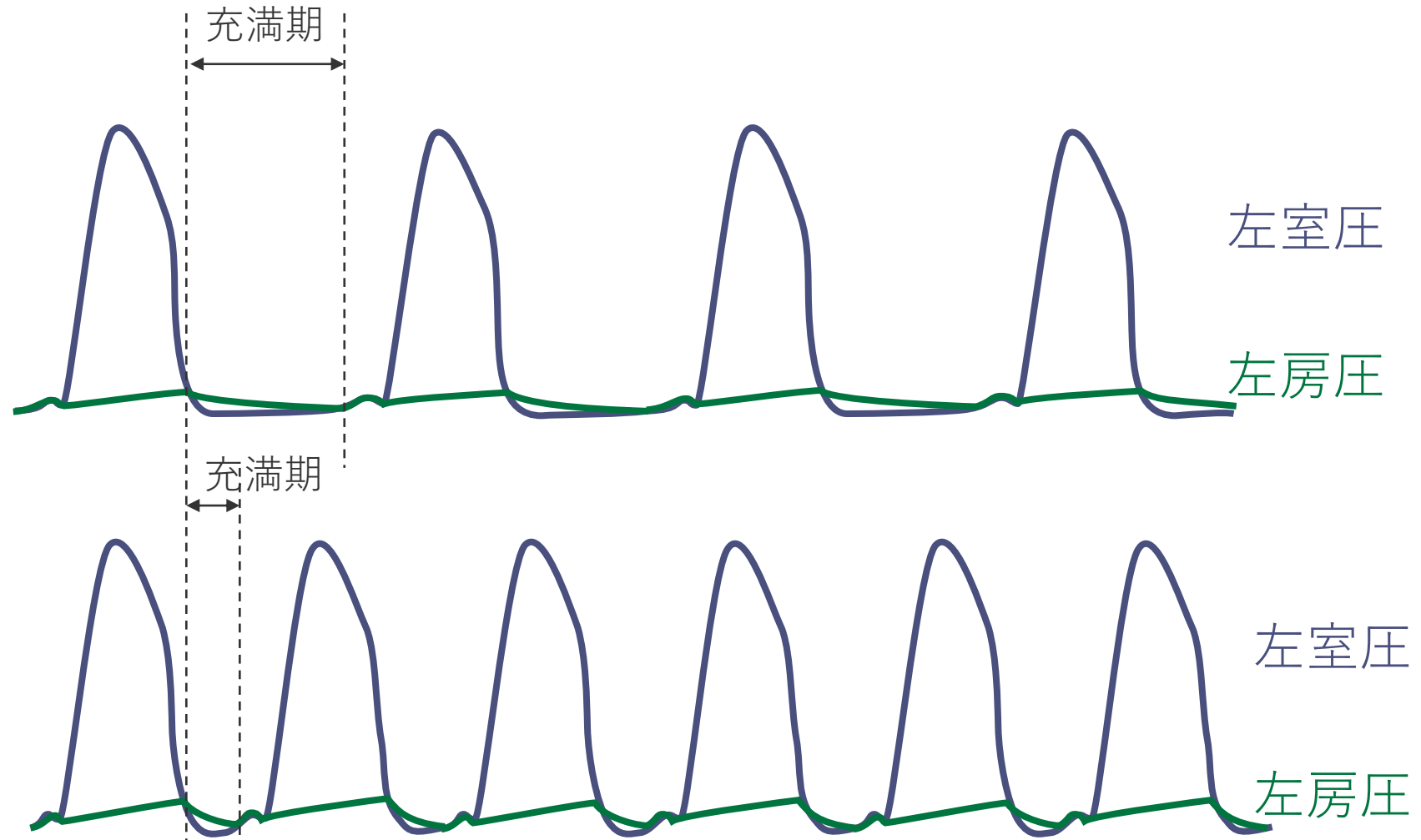


左房から左室に流入できない→左房圧↑しても左室拡張末期圧↑しない！

弛緩が遅くなると完全弛緩する前に次の収縮が始まる

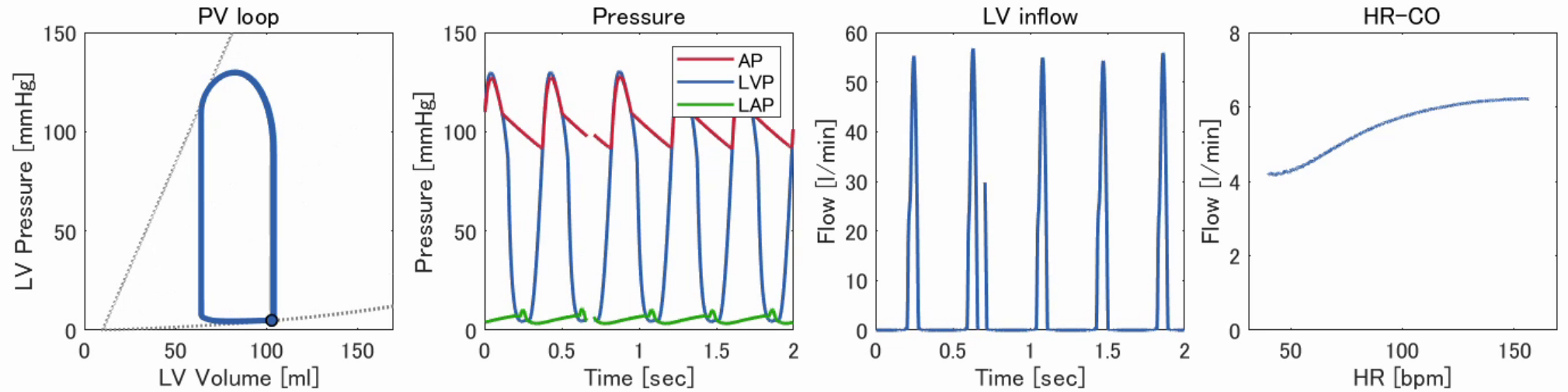


頻脈は充満時間を減少させ、不完全弛緩が生じやすい

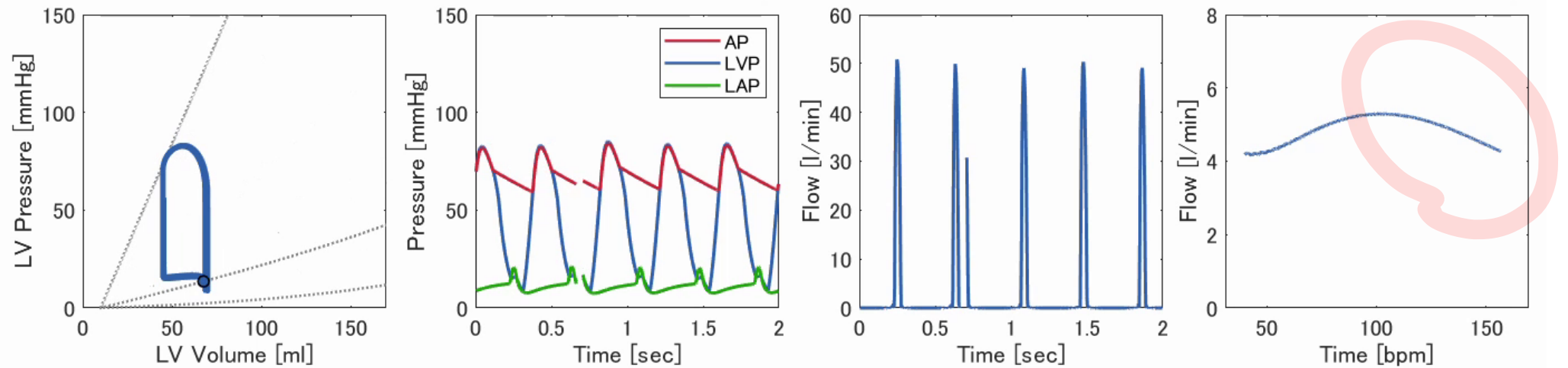


弛緩障害の有無による頻脈の影響

正常



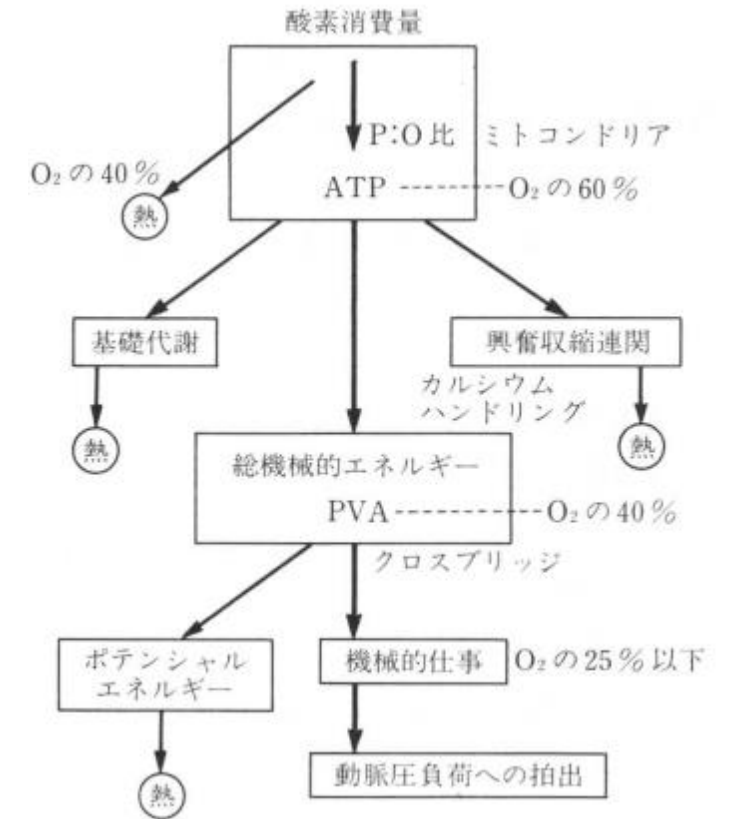
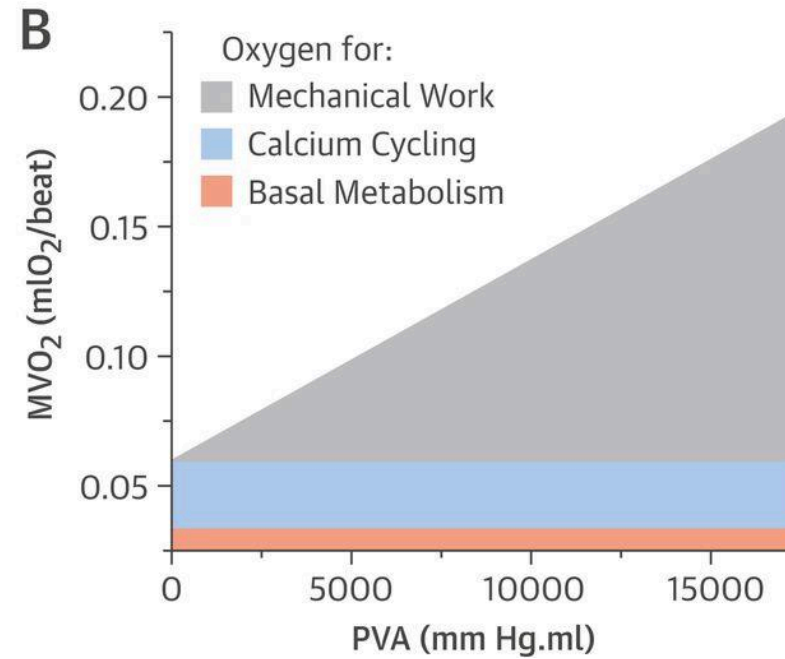
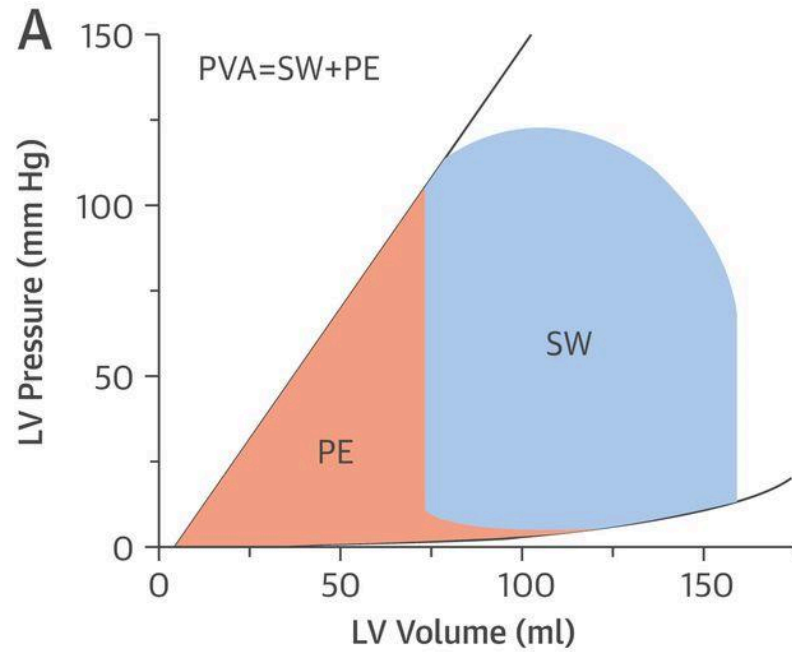
弛緩障害



心拍数と循環動態

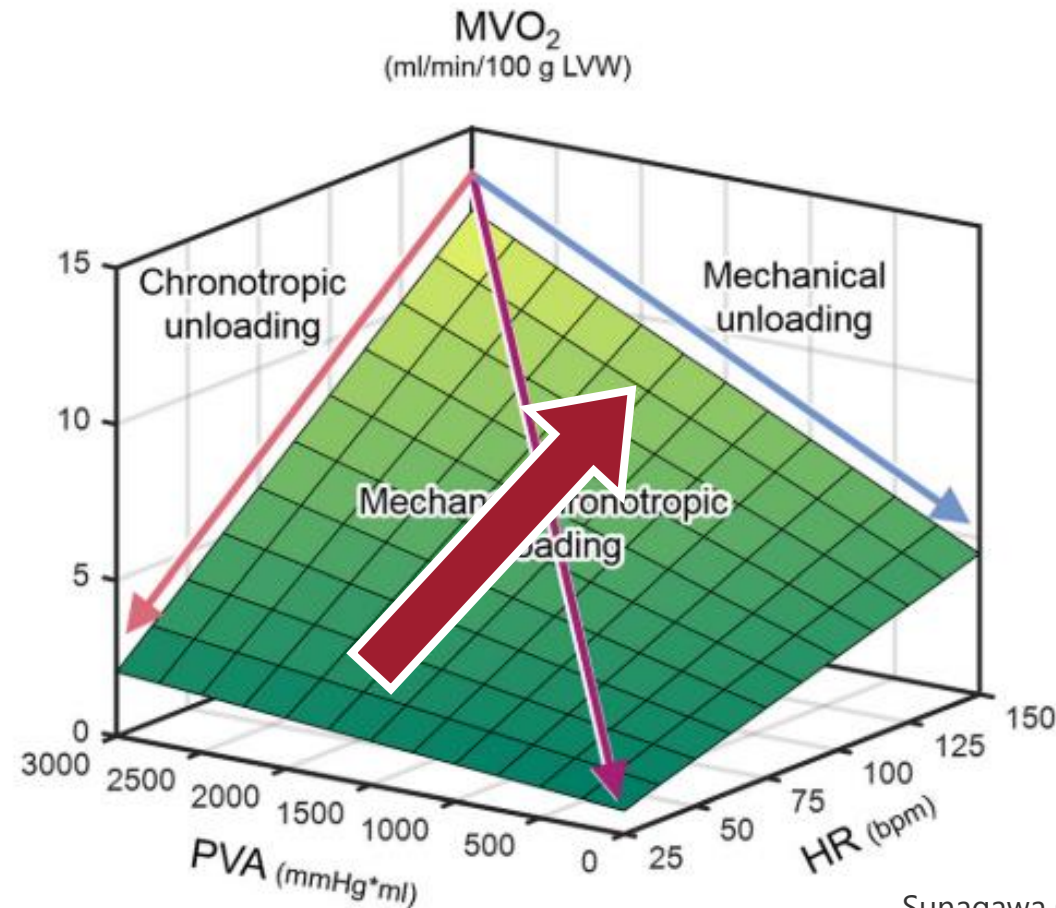
- 心拍出量曲線 (E_a の影響)
- 収縮力 (E_{es})
- 拡張期時間：不完全弛緩
- 心筋エナジェティクス

心臓エナジेटイクスから考える心拍数

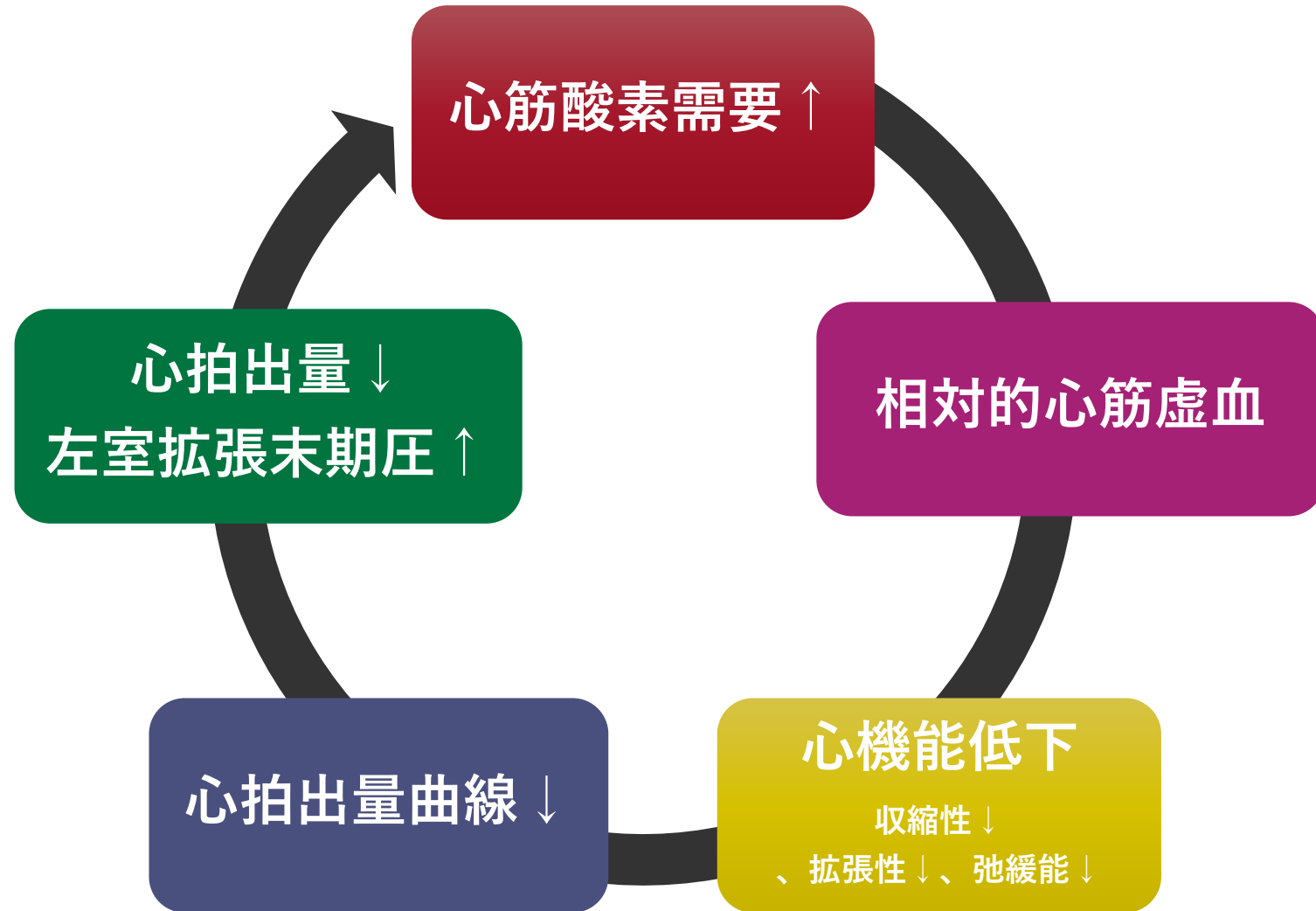


心拍数は心筋酸素消費量を規定する重要な要素である

$$\text{MVO}_2 = (1.75 \times 10^{-5} \times \text{PVA} + 0.03) \times \text{HR}$$



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

