

Case Discussion

血行動態の基本から心不全治療を考える
至適血圧 / 脈 / Energetics

Dr. Sakamoto Lecture Slide

本スライドではモデル症例をベースにした血行動態学の使い方、考え方について解説をしていきます！

Dr. レクチャーライドの共有にあたって

- U-40フェローコースにて行われた坂本の講演ライドを共有させていただきます。
- 本資料を個人もしくは院内勉強会資料以外で使用される場合はアカデミー事務局までご連絡ください。
- その他、ご質問などはinfo@circ-dynamics.jpまでお願いします。

症例 75歳男性

【主訴】 呼吸困難

【既往歴】 高血圧 冠動脈狭窄症 高尿酸血症 腹部大動脈瘤術後

【内服歴】 アスピリン 100mg オルメサルタン20mg
アムロジピン 5mg ベンズブロマロン50mg

【現病歴】

20xx-5年に腹部大動脈瘤に対して手術を受けた

その際の冠動脈造影検査で動脈硬化性病変を指摘されるも有意狭窄なし

20xx年8月より労作時呼吸困難を自覚し始めた。

11月に徐々に呼吸困難症状が悪化するために、病院を受診した。

【身体所見】

172cm, 88kg, BP 160/90mmHg, HR 135bpm(不整), RR 22回/分,
SpO2 98% (O2 1L/分 nasal)

頸動脈怒張+ Chest: coarse crackle+, S3+, no murmur, leg cold+,
edema+

症例 75歳男性

【採血】

WBC 6700/uL, Hb 14.4 g/dL, BUN 19.9 mg/dL, Cr 1.39 mg/dL,
TnT(-)

【心電図】 心房細動調律、心拍数 126bpm, ST-T変化なし

【胸部レントゲン】 心胸郭比 61%、肺うっ血あり、胸水少量あり

【心エコー】

LVDd 58mm, IVS/PW 11/11mm, EF 36mm, LA 39mm,
有意な弁膜症なし

Discussion point

- ✓ 降圧は行うべきか？
行うなら降圧目標はどう設定するか？
- ✓ 頻脈性心房細動に対する介入は行うべきか？
行うなら、リズムコントロール？レートコントロール？
レートコントロールなら目標心拍数は？

Discussion point

- ✓ 降圧は行うべきか？
行うなら降圧目標はどう設定するか？
- ✓ 頻脈性心房細動に対する介入は行うべきか？
行うなら、リズムコントロール？レートコントロール？
レートコントロールなら目標心拍数は？

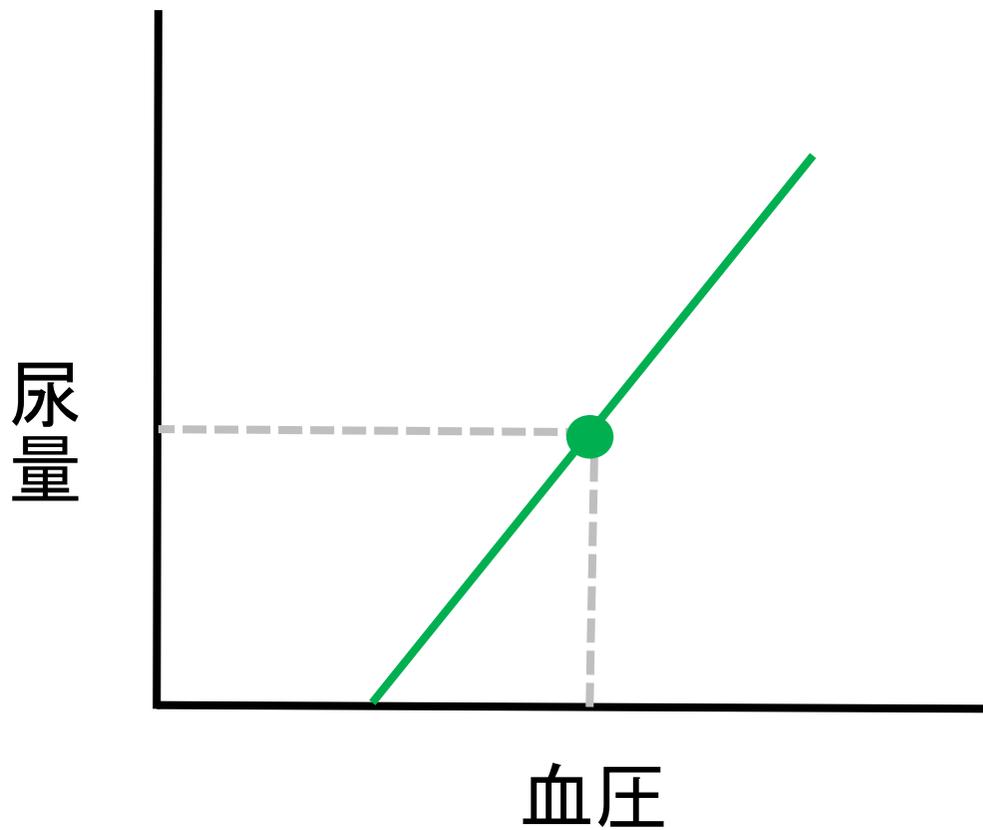
対症療法ではなく根本療法

「血圧が高いから下げる」ではなくなぜ
高いか、高いことは悪いかを
考えて治療する



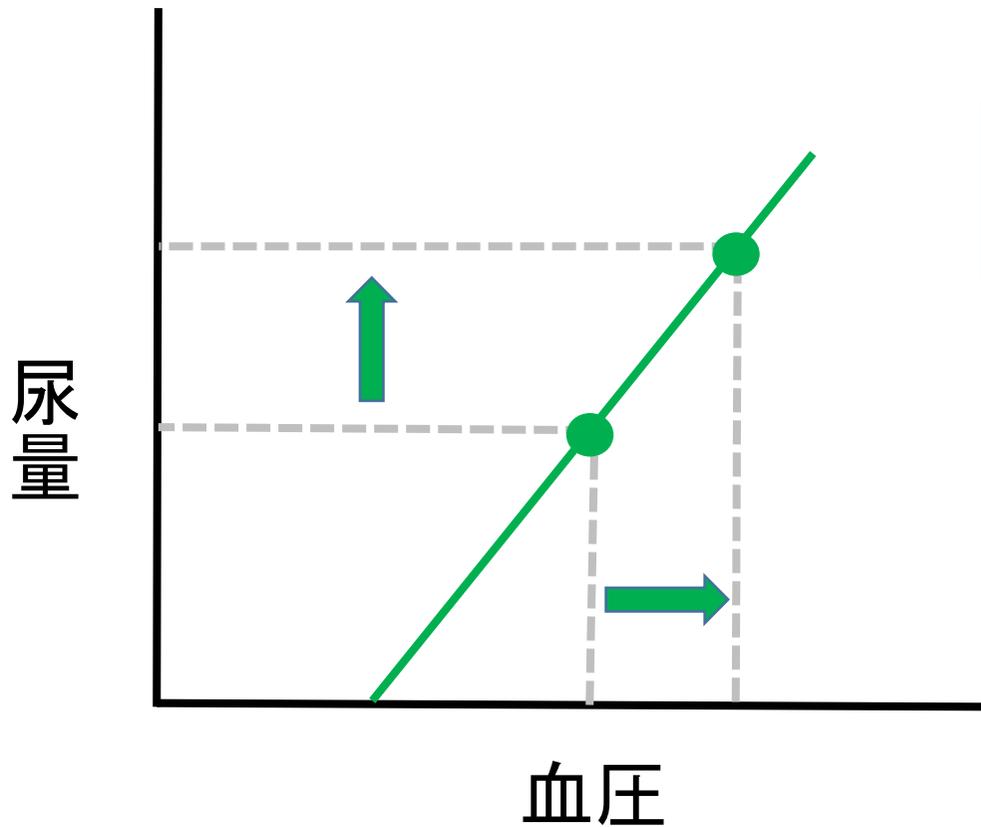
血圧が高いことは悪い？

腎臓での圧利尿関係



血圧が高いことは悪い？

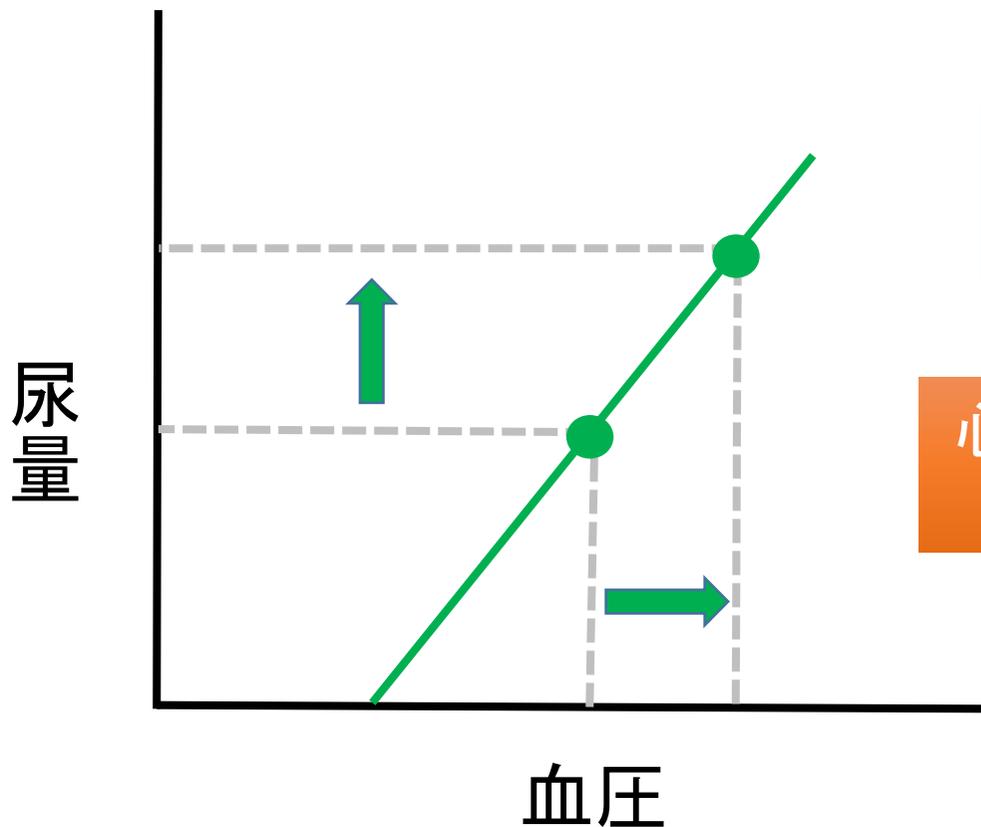
腎臓での圧利尿関係



血圧が上がれば尿量が増えるはず！

血圧が高いことは悪い？

腎臓での圧利尿関係

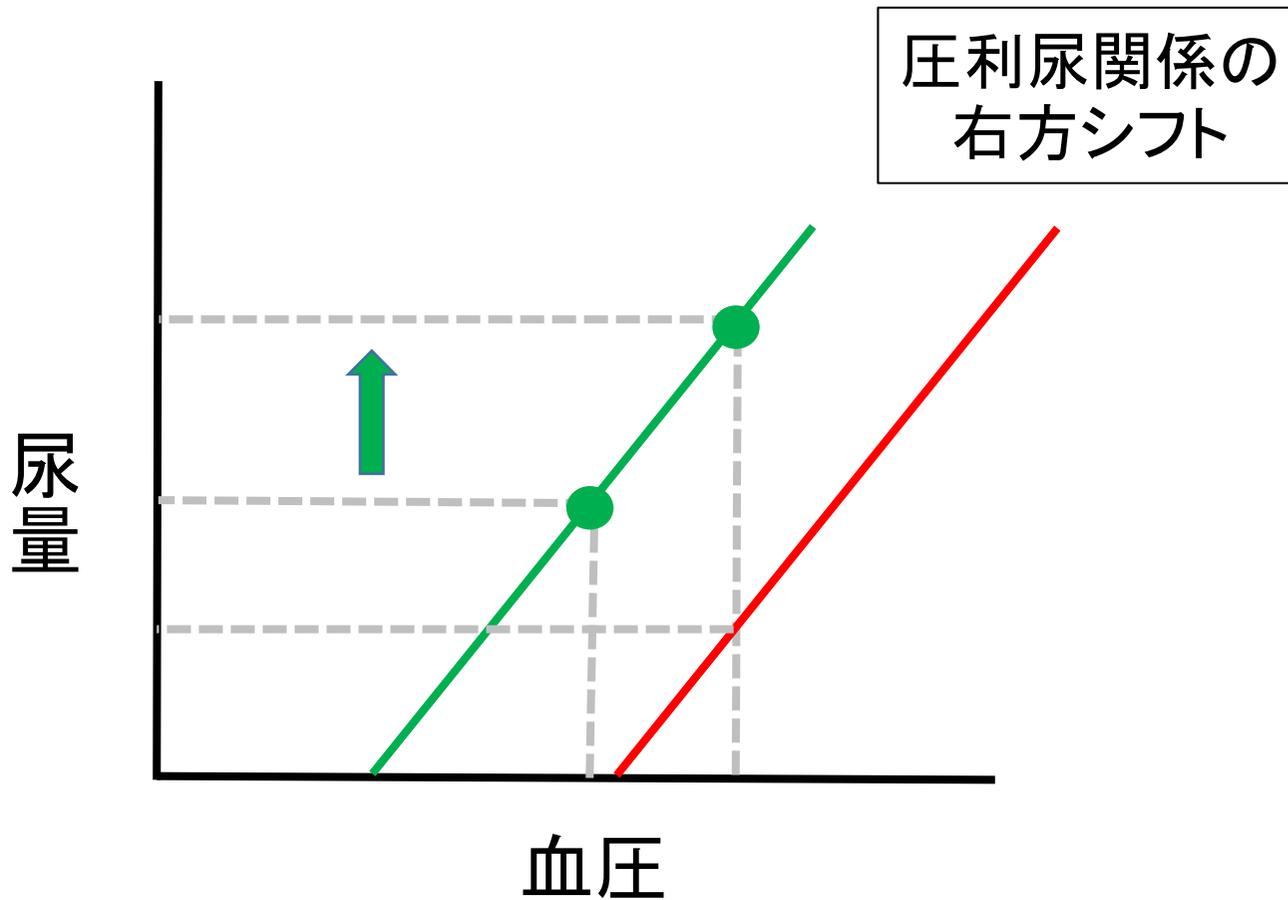


血圧が上がれば尿量が増えるはず！

心不全では血圧上がっても尿量増えず！

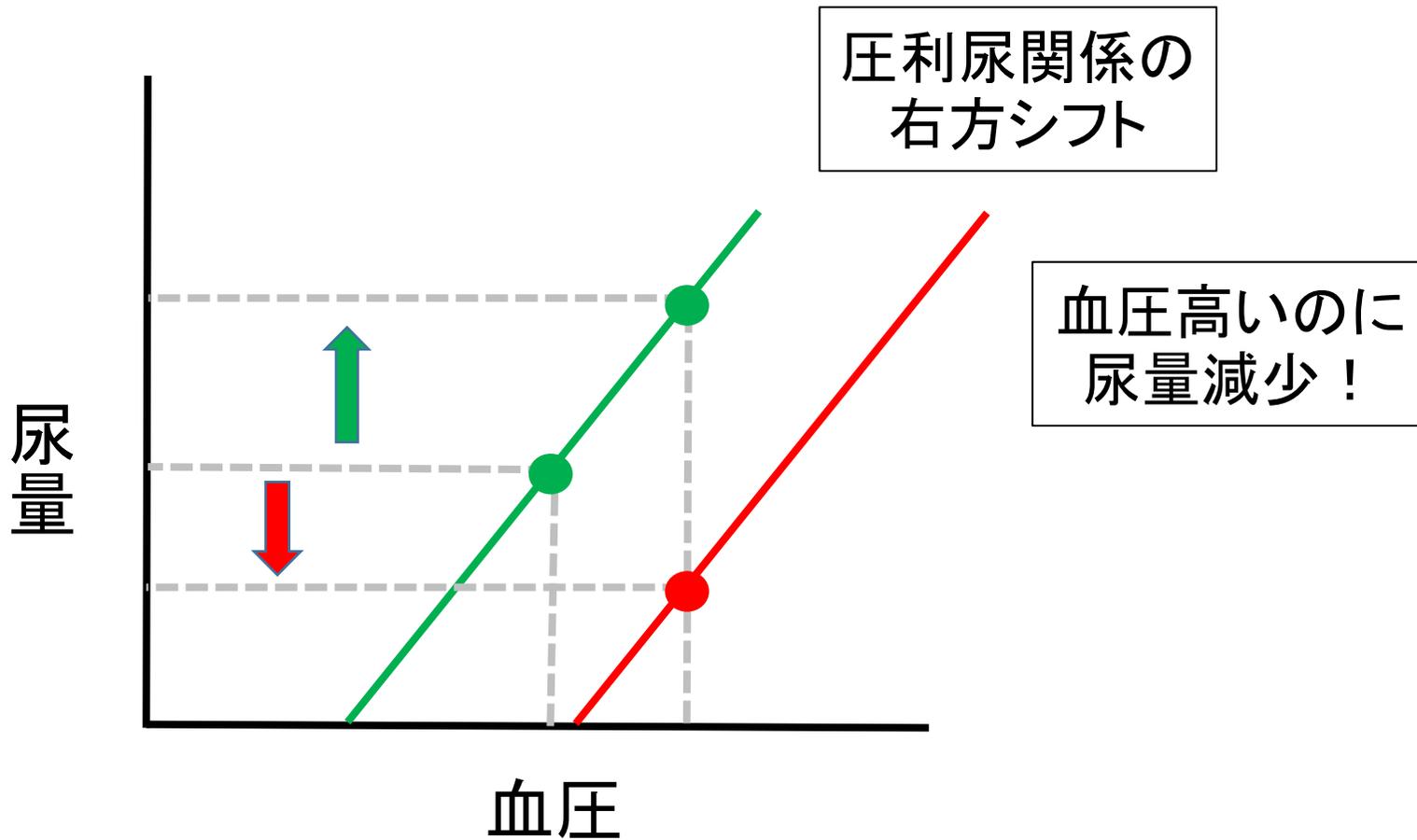
血圧が高いことは悪い？

腎臓での圧利尿関係



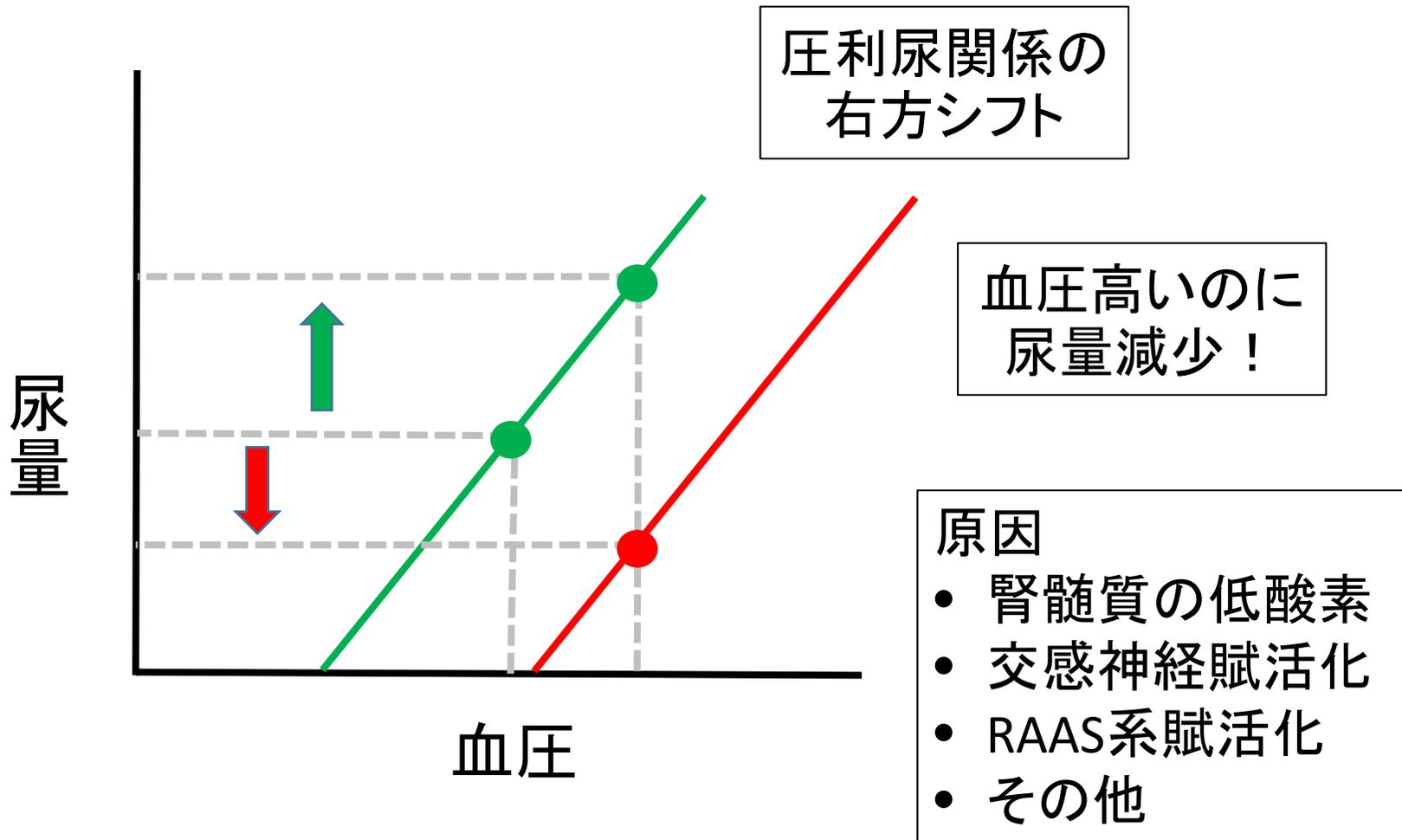
血圧が高いことは悪い？

腎臓での圧利尿関係



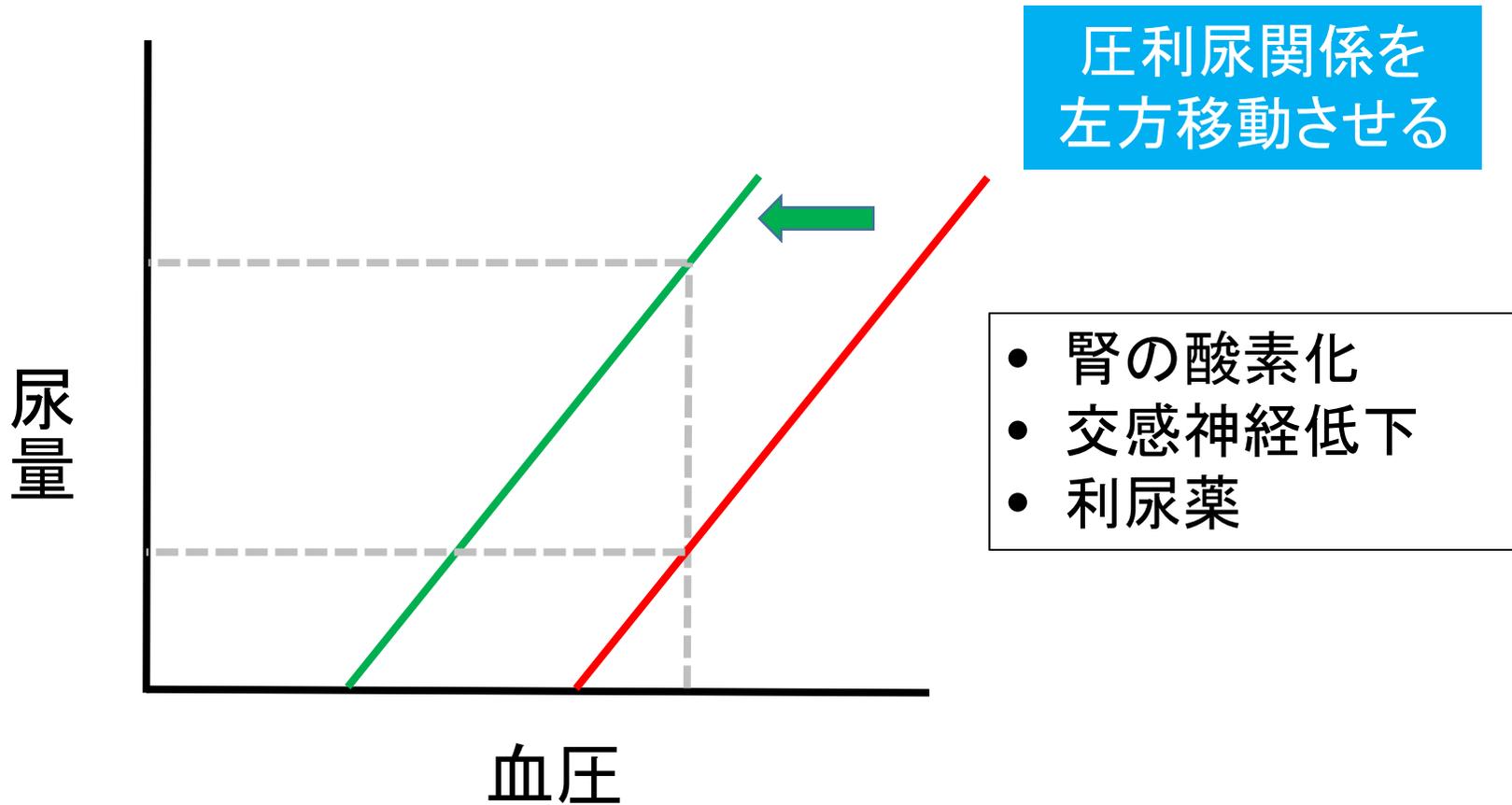
血圧が高いことは悪い？

腎臓での圧利尿関係



圧利尿曲線を左にシフト！

腎臓での圧利尿関係



なぜ血圧が上昇しているか？

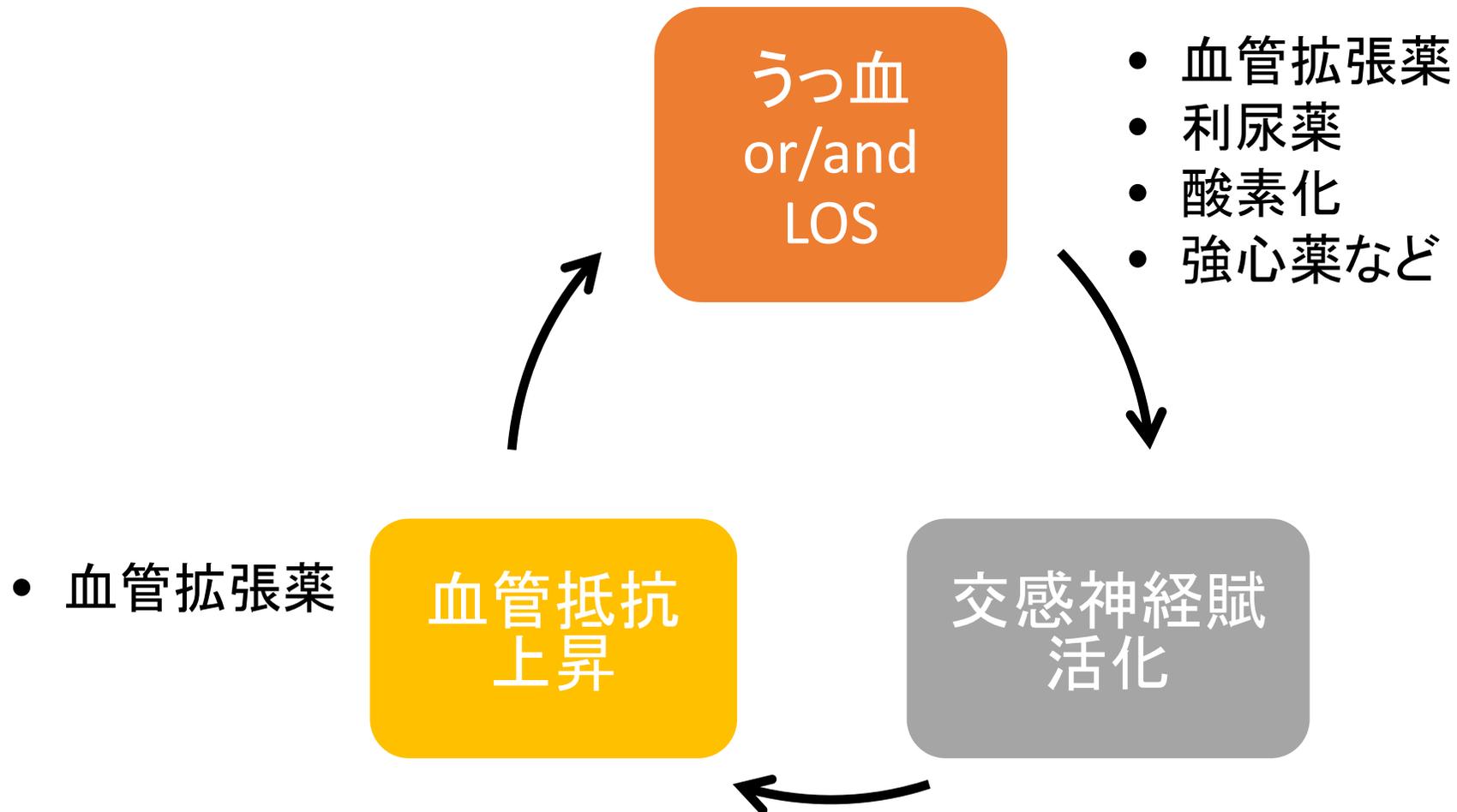
$$\text{血圧} = \text{心拍出量} \times \text{末梢血管抵抗}$$

心拍出量：増加していれば問題ない！

末梢血管抵抗：上昇していれば、心臓の後負荷となり、心拍出量↓、肺うっ血↑

血圧を下げるのではなく、末梢血管抵抗を下げることで血行動態を改善させることをイメージする

心不全の負の連鎖を断ち切る！



心拍出量が保たれている症例では
結果として血圧上昇している

Discussion point

- ✓ 降圧は行うべきか？
行うなら降圧目標はどう設定するか？
- ✓ 頻脈性心房細動に対する介入は行うべきか？
行うなら、リズムコントロール？レートコントロール？
レートコントロールなら目標心拍数は？

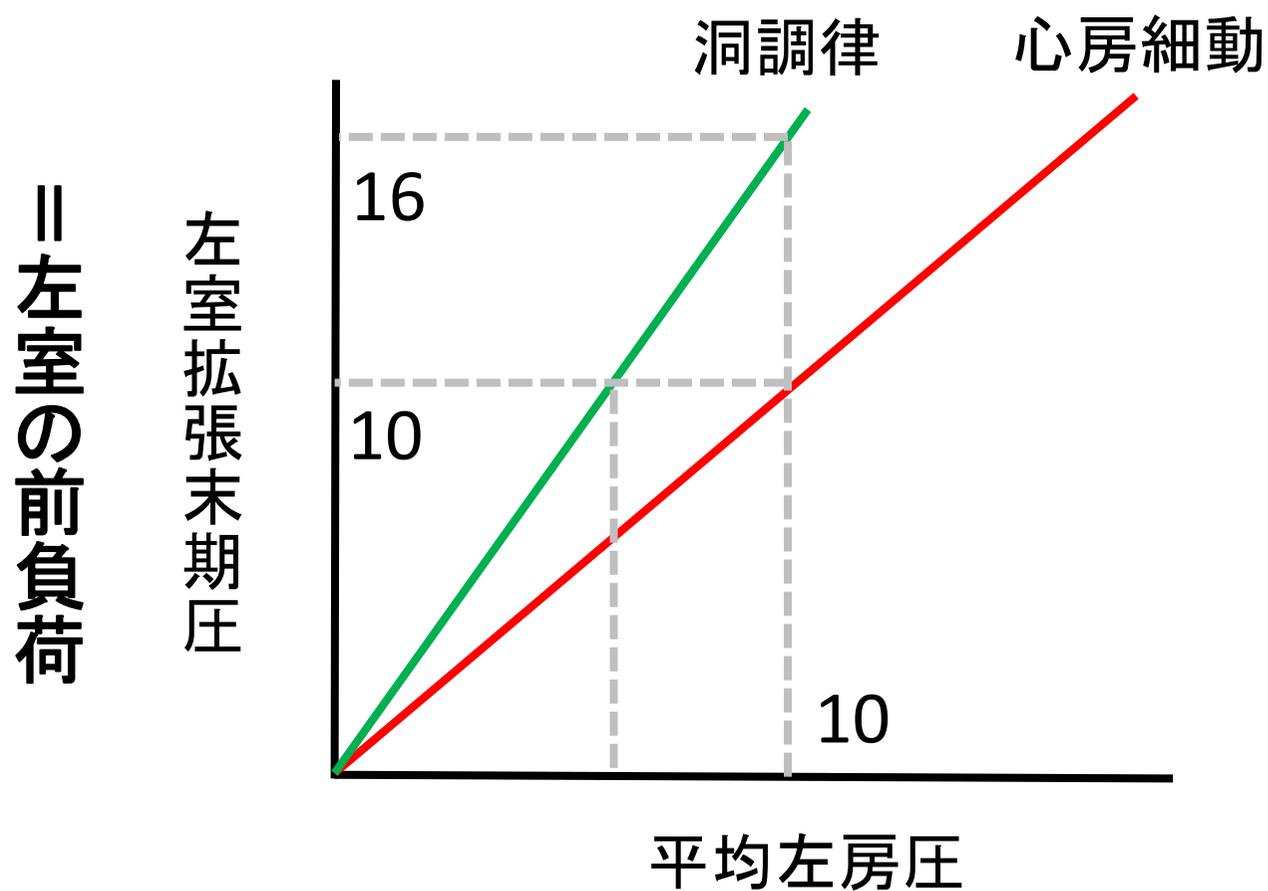
洞調律vs心房細動

- 同じ心機能・心拍数であれば、血行動態は

洞調律 > 心房細動

- 心房収縮によるpump booster functionは心拍出量の2-3割に寄与している
- 心房収縮は左房圧-左室拡張末期圧を解離させることでうっ血軽減に役立っている

左房圧-左室拡張末期圧の解離



= 肺静脈圧 = 肺動脈楔入圧 = うっ血の指標

臨床では、、、

- 血行動態的には、洞調律 > 心房細動
- 一方で洞調律化にはいろいろ検査も必要だし、再発もするし、、、

My strategy

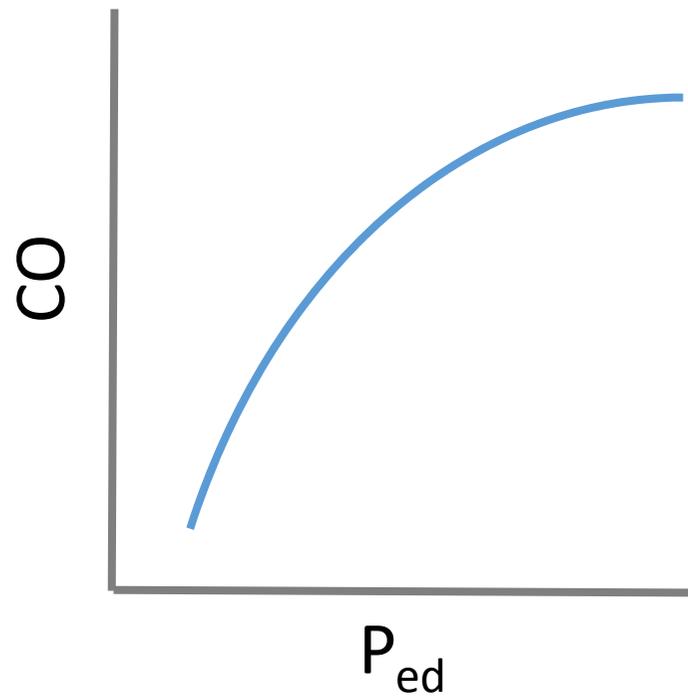
- まずは心房細動のまま治療、rate control
- 心不全コントロールに難渋する場合に洞調律化を検討 (cardioversion/ABL)
- 血行動態が破綻 (collapse) している場合は速やかに cardioversion
- 慢性期には積極的にアブレーションを検討

目標心拍数は？

- 心拍数と血行動態を考えるkey word

不完全弛緩 (incomplete relaxation)
相対的心筋虚血

心拍出量曲線



左室拡張末期圧

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

傾き

E_{es}: 収縮性、HR: 心拍数

R: 血管抵抗(後負荷)

CO curveの傾きに影響する因子

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

□ 血管抵抗:R

□ 心拍数:HR

$$\frac{1}{k} \times \frac{E_{es}}{E_{es} / HR + R}$$

□ 収縮性: E_{es}

$$\frac{1}{k} \times \frac{HR}{1 + R \times HR / E_{es}}$$

□ 拡張特性:k

$$P_{ed} = \alpha \times e^{k \times V_{ed}}$$

CO curveの傾きに影響する因子

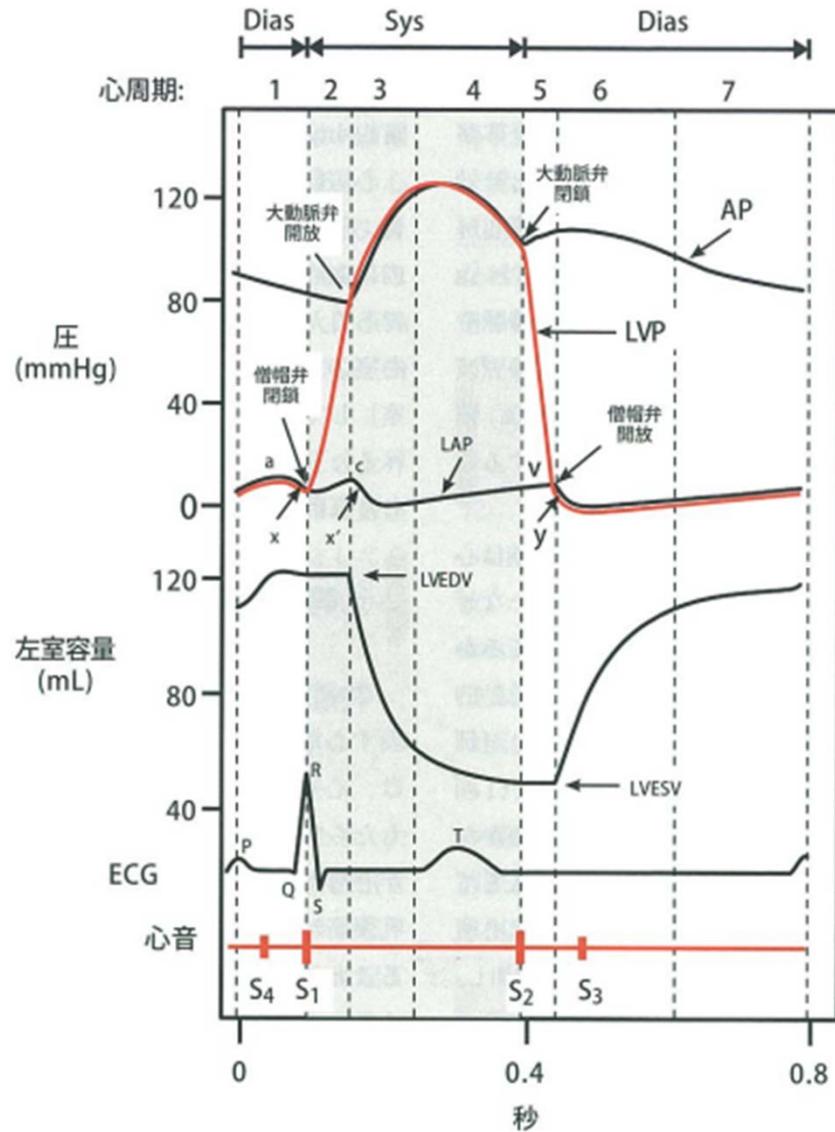
$$CO = \frac{1}{k} \times \frac{E_{es} \times HR}{E_{es} + R \times HR} \times \{ \log(P_{ed} - F) + H \}$$

□ 血管抵抗:R

$$\square \text{心拍数:HR} \quad \frac{1}{k} \times \frac{E_{es}}{E_{es} / HR + R}$$

心拍数増加は心拍出量曲線の傾きを急峻にする
ポンプ機能の強化

左室弛緩能



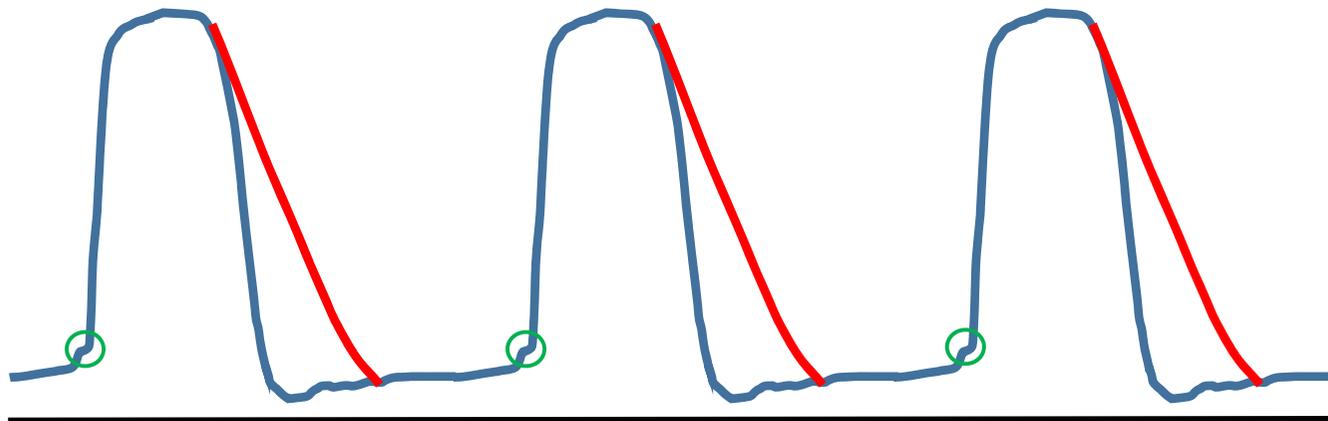
- ✓ 左室はATPを使って能動的に弛緩する
- ✓ 弛緩能は等容拡張期で評価する
- ✓ 早く拡張期の圧に戻れるほど弛緩能が良好
- ✓ 弛緩の時定数(τ :タウ)で表記される
- ✓ τ が大きいほど弛緩に時間がかかる
→弛緩能が悪い

弛緩能と頻拍の
血行動態的關係を考察

左室弛緩能障害

LVP

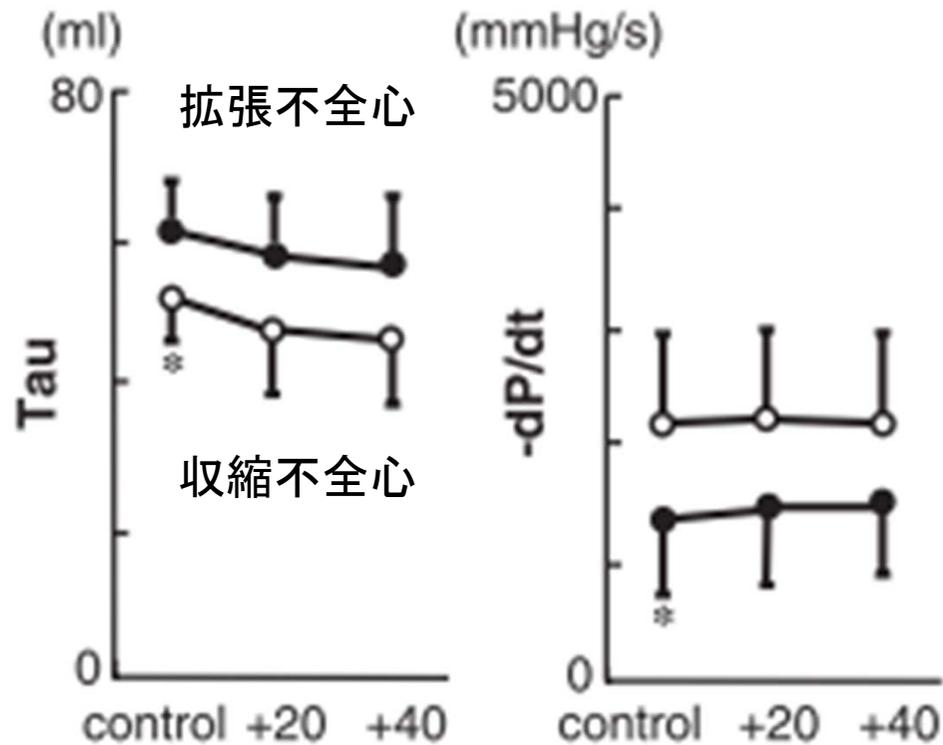
HR 60bpm



- ✓ 拡張障害(HFpEF)だけでなく収縮障害(HFrEF)でも弛緩能は低下
- ✓ 弛緩障害は虚血、低酸素で起きる

弛緩が障害されていても十分弛緩すれば
肺うっ血の指標の左室拡張末期圧は変化しない。

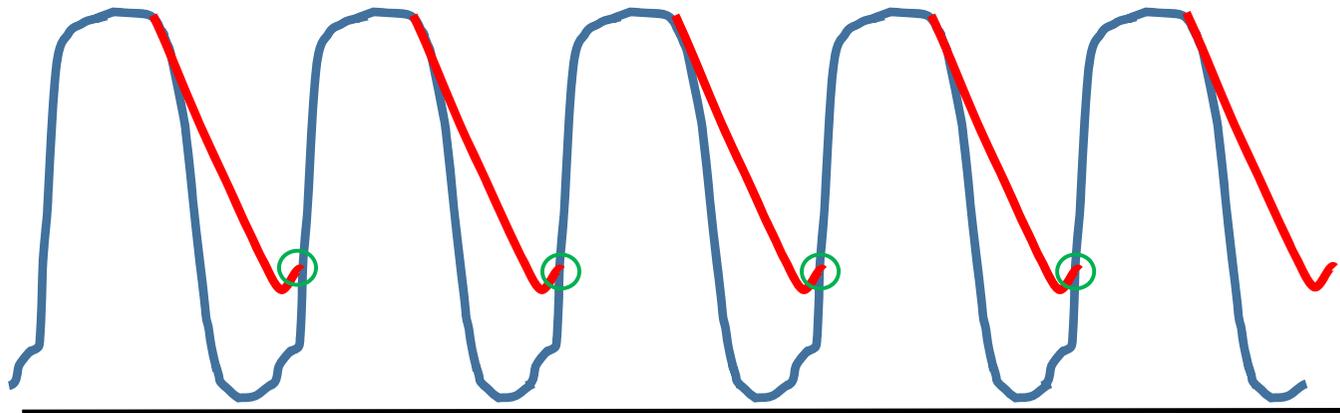
不全心では弛緩能が低下している



弛緩能障害と頻脈

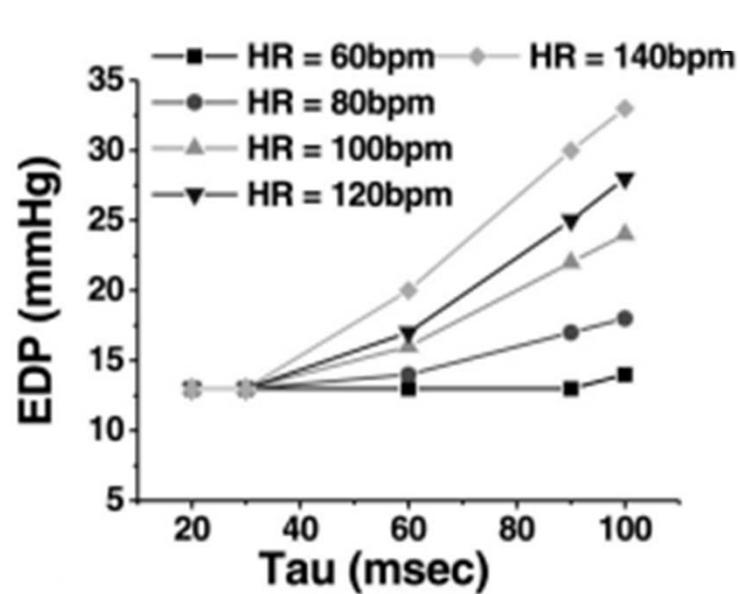
LVP

HR150bpm

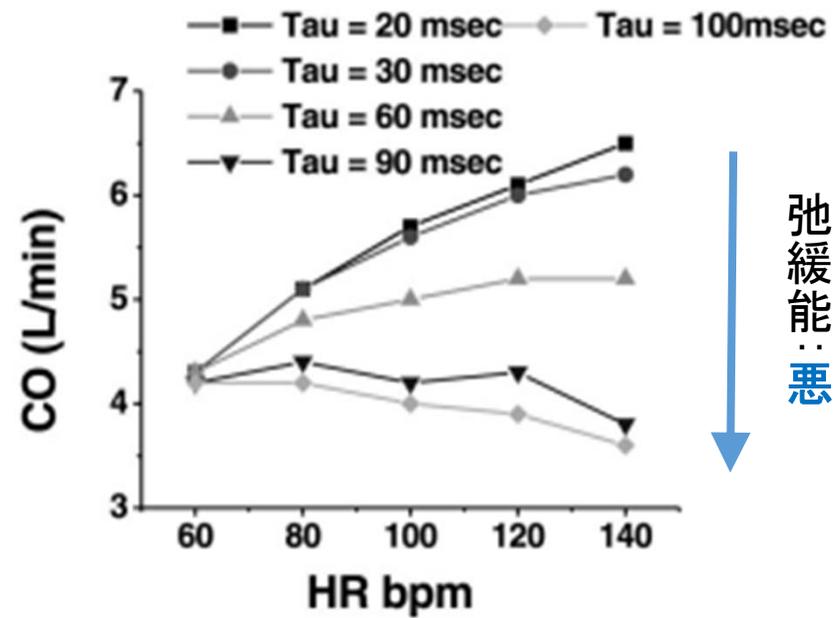


弛緩障害により肺うっ血の指標の左室拡張末期圧が上昇する。
これを「incomplete relaxation」という

弛緩能障害と頻脈

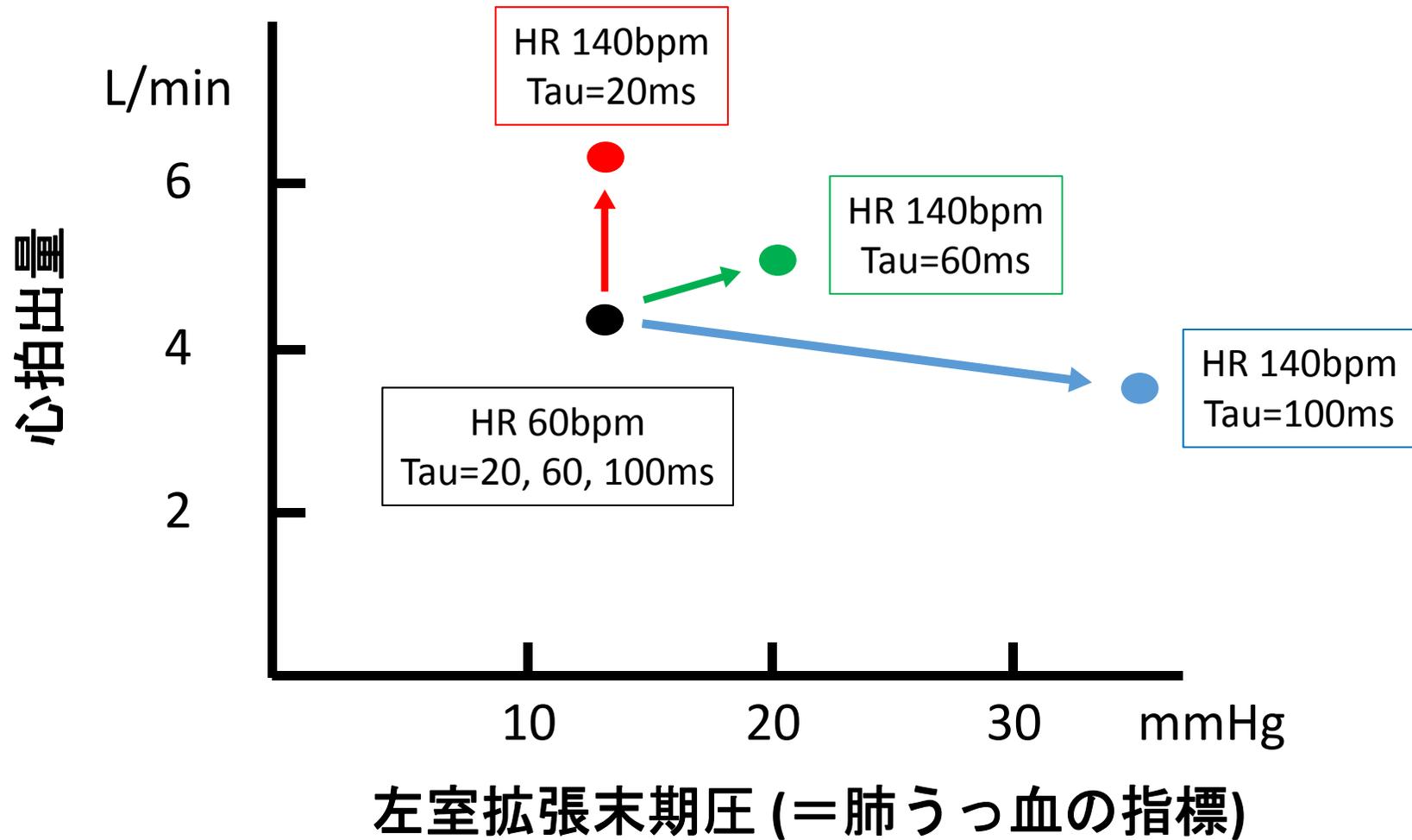


→ 弛緩能:悪

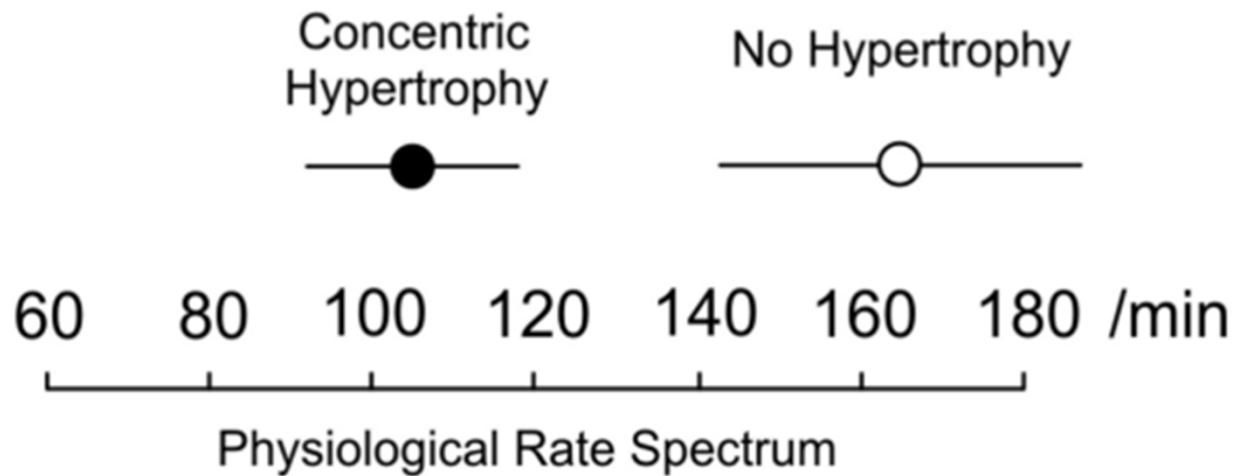


↓ 弛緩能:悪

Forrester分類と頻脈



不完全弛緩をきたす心拍数



Selby D et al, JACC 2011

頻脈による心筋酸素需要増加による
相対的心筋虚血

急性心不全での相対的心筋虚血

動脈血酸素飽和度: 100%とすると

混合静脈血酸素飽和度: **75%**

冠静脈酸素飽和度: **20-30%**

心臓では酸素を搾り取っている
→ **余裕がない**

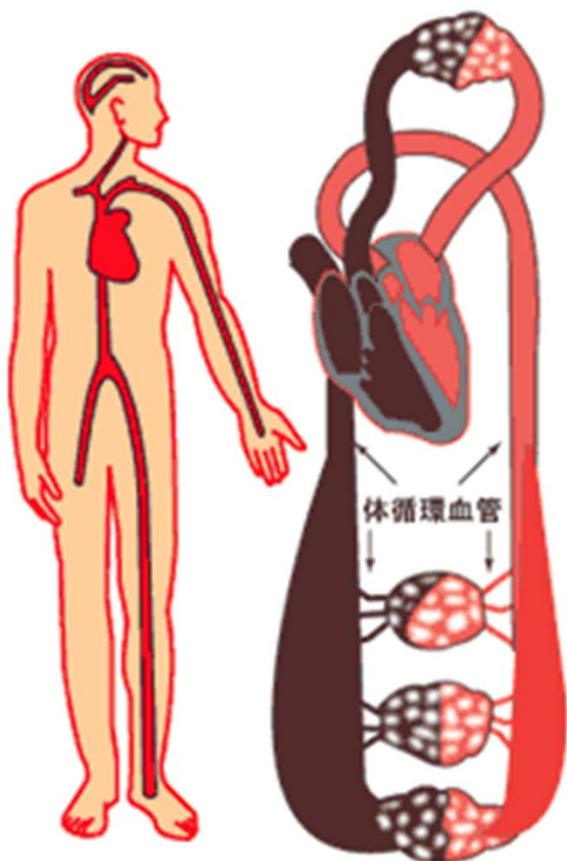
一方でADHFでは、

- ・前負荷増大
- ・心拍数増加

により単位時間当たりの酸素消費量が増加

- ・心拍出量が増加しにくい

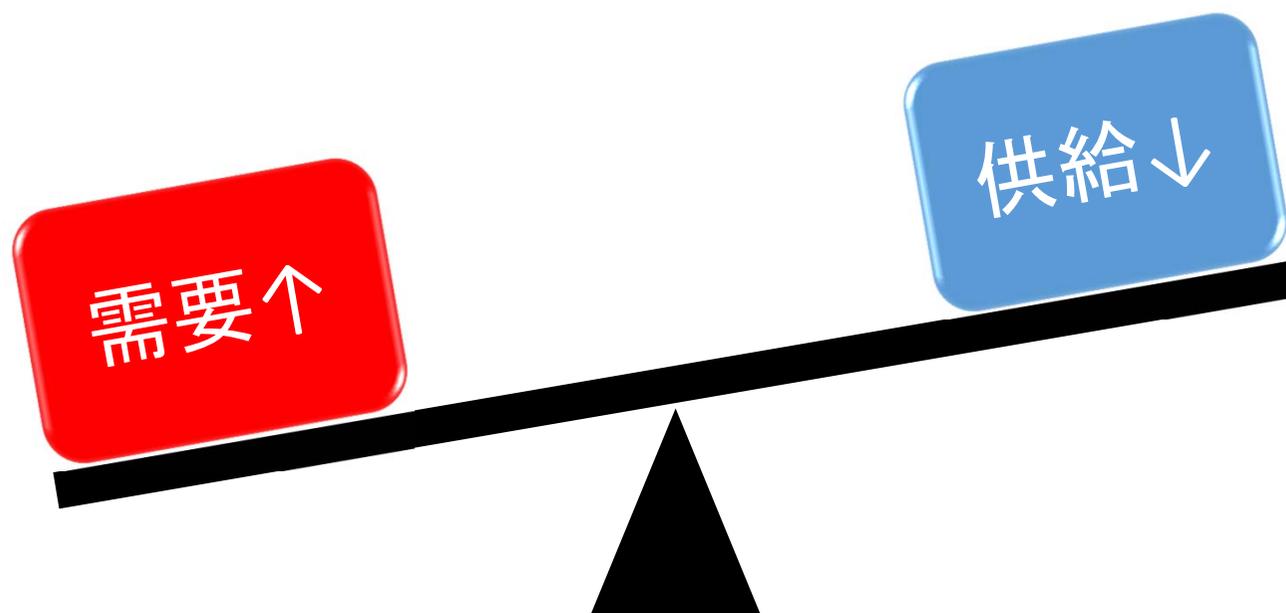
→ **虚血に陥っている可能性**



心筋虚血による心不全の負のサイクル



心筋の血行動態的虚血の解除を 考慮した心不全治療戦略



- ①心筋の酸素需要を下げる
 - 心拍数低下: β 遮断薬、ジギタリス、Ivabradin
 - 一回仕事量減: 前負荷軽減
 - 交感神経活動低下
- ②酸素消費効率を増やす

- ③酸素供給を増やす
 - 貧血の改善
 - 酸素含有量を増加: 酸素吸入
 - 心筋血流を増加: IABP, PCIなど

心筋虚血解除による心不全治療



まとめ：頻脈と血行動態

- 弛緩能の程度により頻脈が血行動態に与える影響は異なる。
- 弛緩能が悪ければ頻脈は「incomplete relaxation」を介して血行動態を悪化させる。
- 弛緩能の悪い心臓では、
 - ✓ β 遮断薬による「積極的な心拍低下」による血行動態改善は、
 - ✓ β 遮断薬による「心収縮能低下」を介した血行動態悪化を凌駕する可能性がある。
- 相対的虚血の解除により血行動態が改善する可能性
- HR低下療法を行う際には、血行動態が悪化/改善の療法の可能性があるため、慎重な臨床経過の観察が重要