

# 循環動態アカデミー SUMMER CAMP 2021

集え、循環動態オリンピックへ!

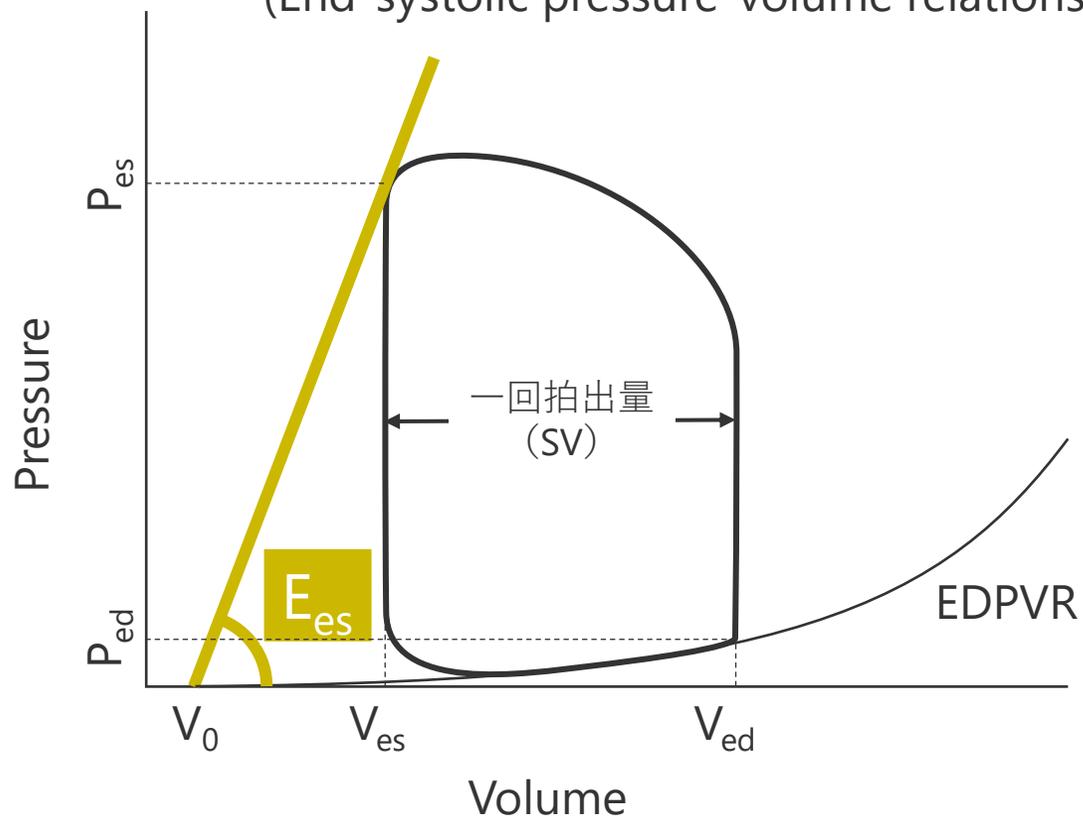
心臓の前負荷、stressed blood volume

九州大学病院 循環器内科

坂本隆史

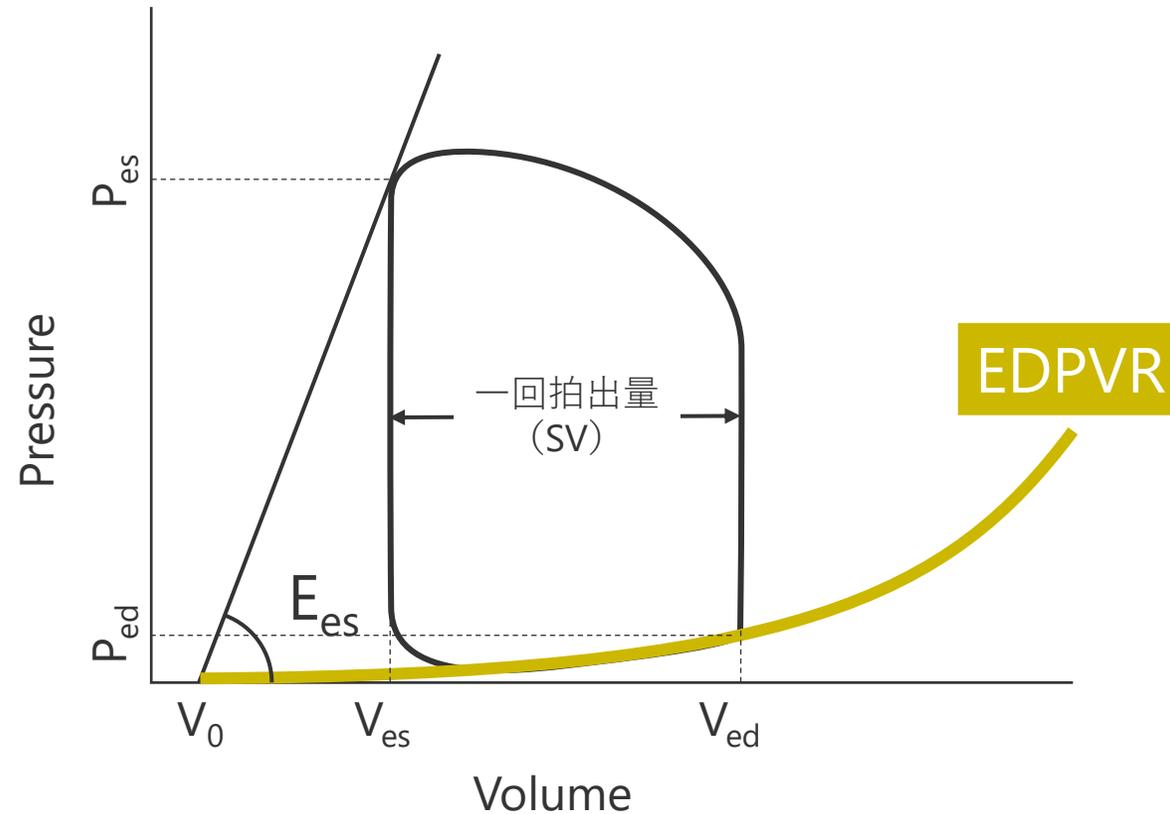
# 収縮性（収縮末期圧エラストランス： $E_{es}$ ）

収縮末期圧容積関係  
(End-systolic pressure-volume relationship : ESPVR)

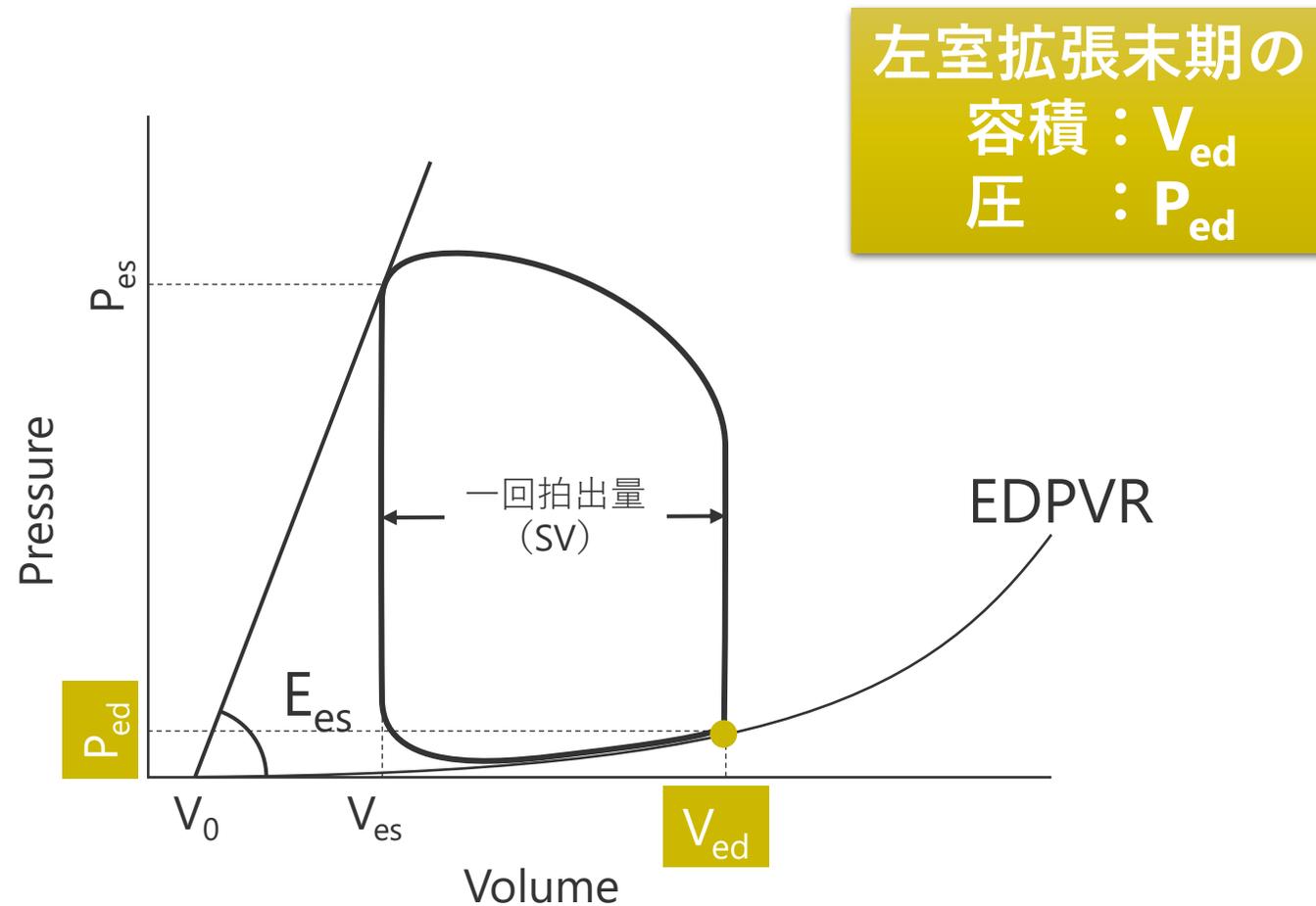


# 拡張能（拡張末期圧容積関係：EDPVR）

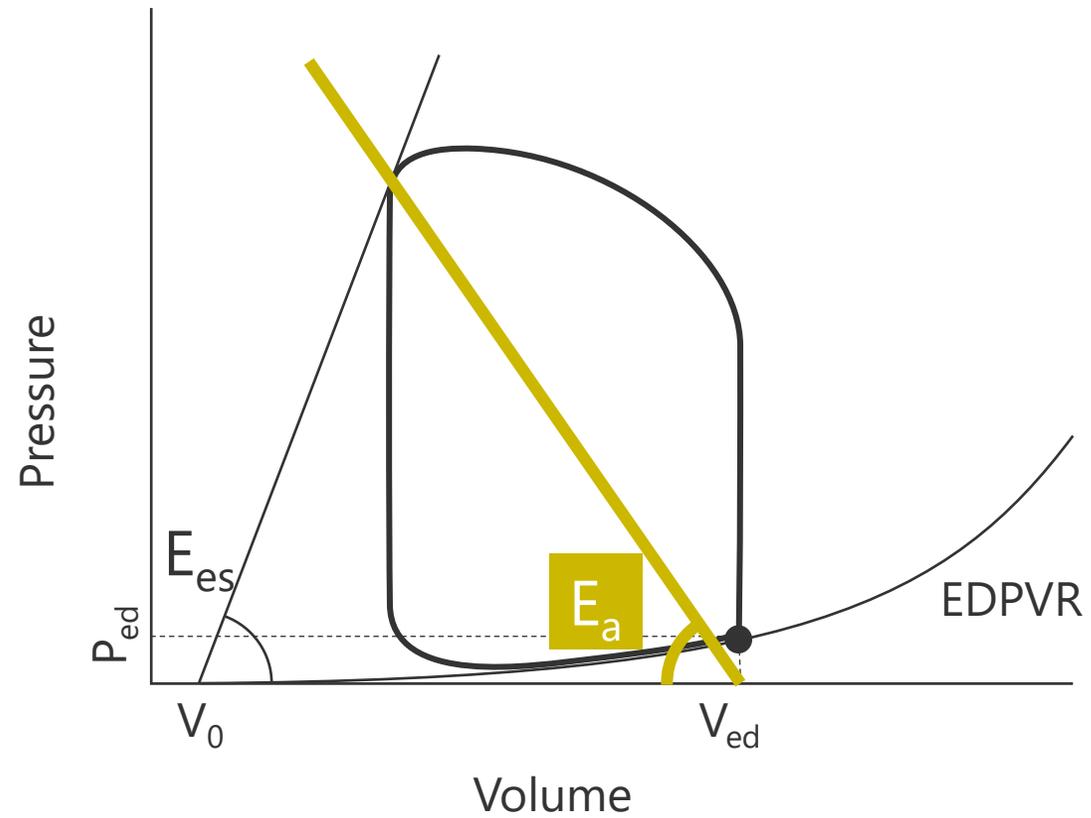
拡張末期圧容積関係  
(End-diastolic pressure-volume relationship : EDPVR)



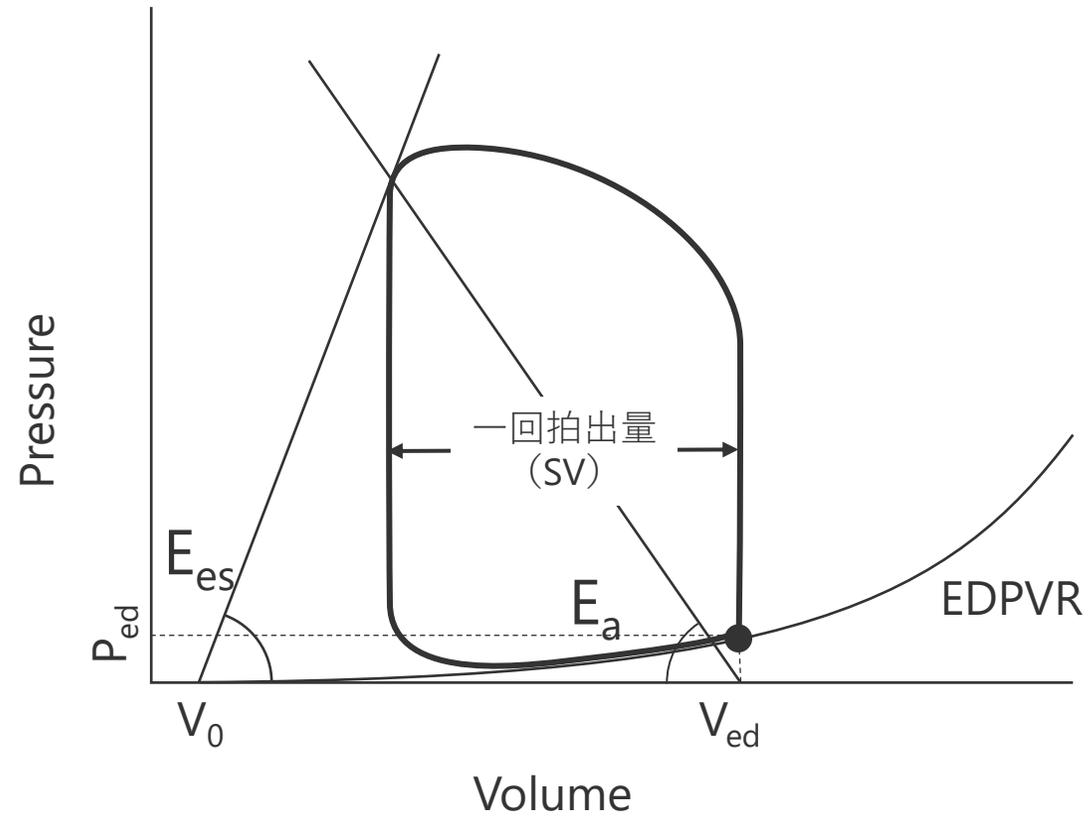
# 前負荷 ( $V_{ed}$ 、 $P_{ed}$ )



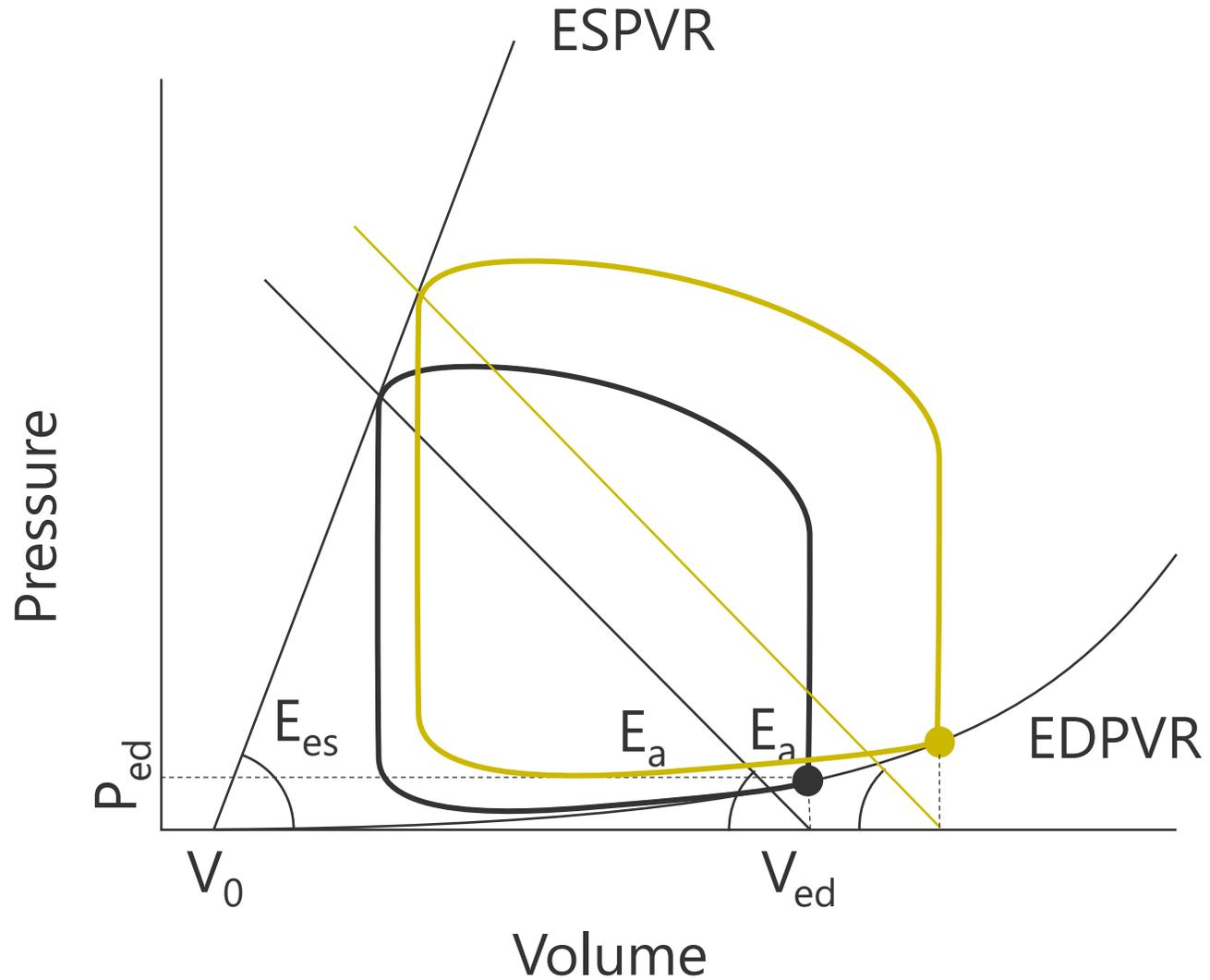
# 後負荷 (実効動脈エラストانس： $E_a$ )



# 収縮性、拡張能、前負荷、後負荷がわかるとPV loopが描ける

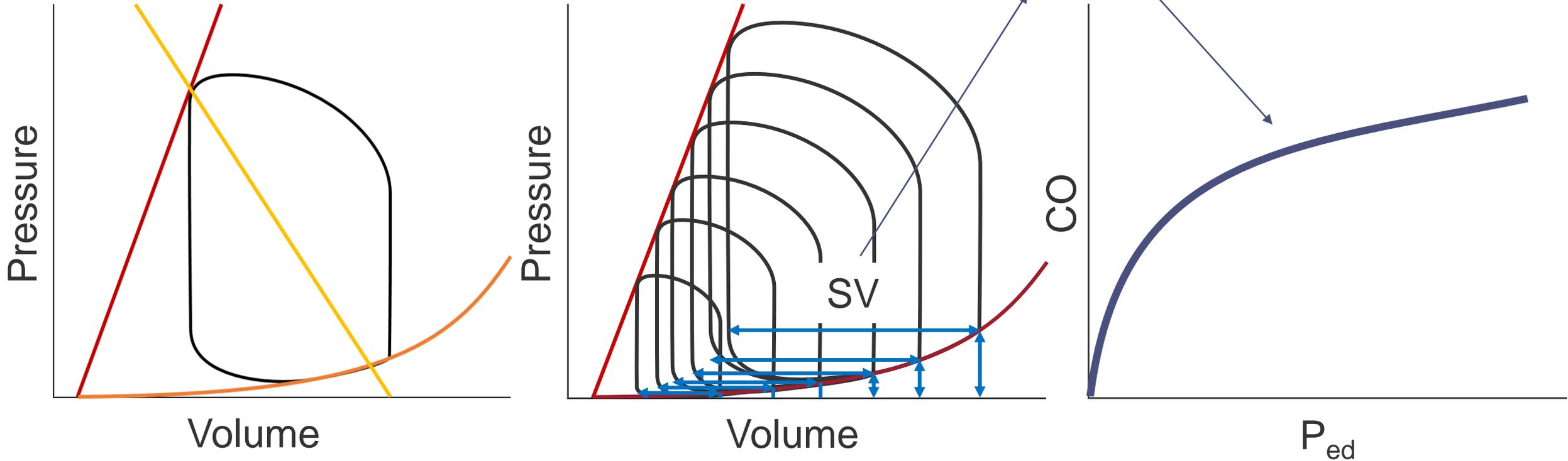


# 質問 前負荷が増加した時のPV loopを図示せよ



# 心機能曲線の成り立ち

SVにHRをかけて縦軸としてプロット

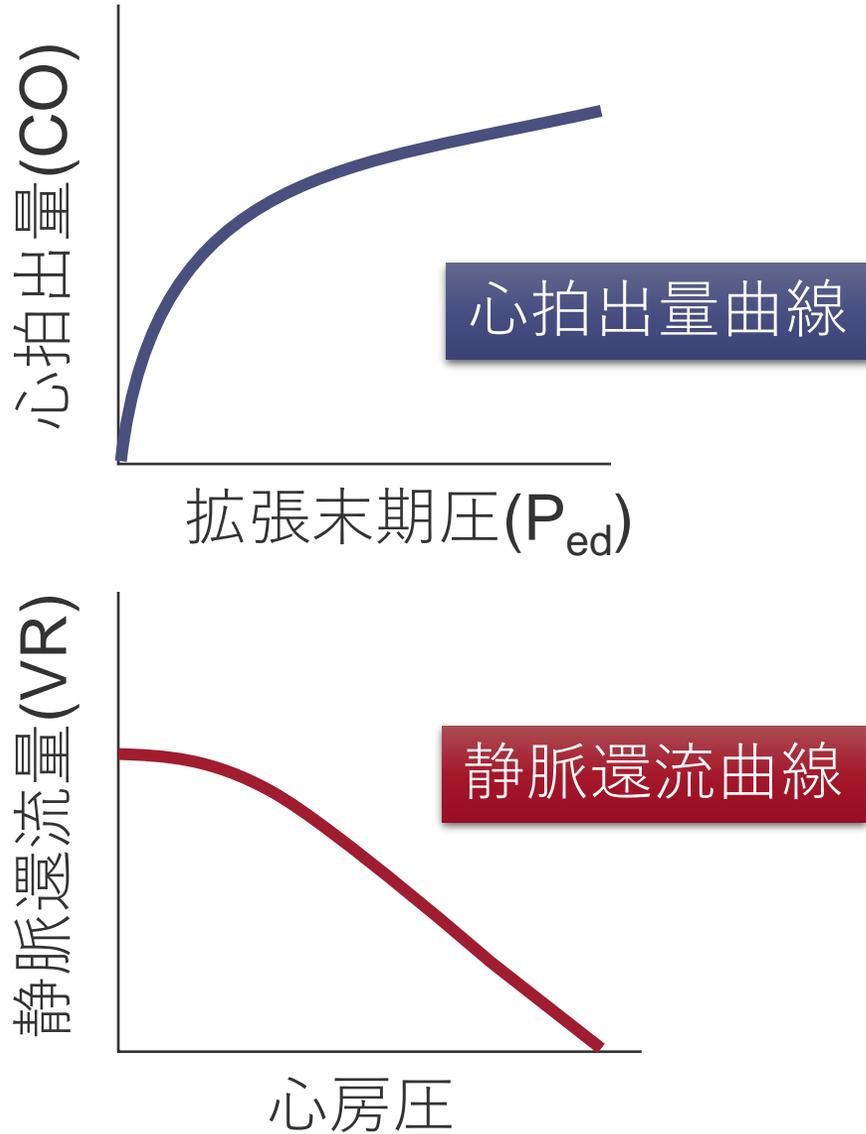


一回拍出量 (SV) はPV loopで定義される

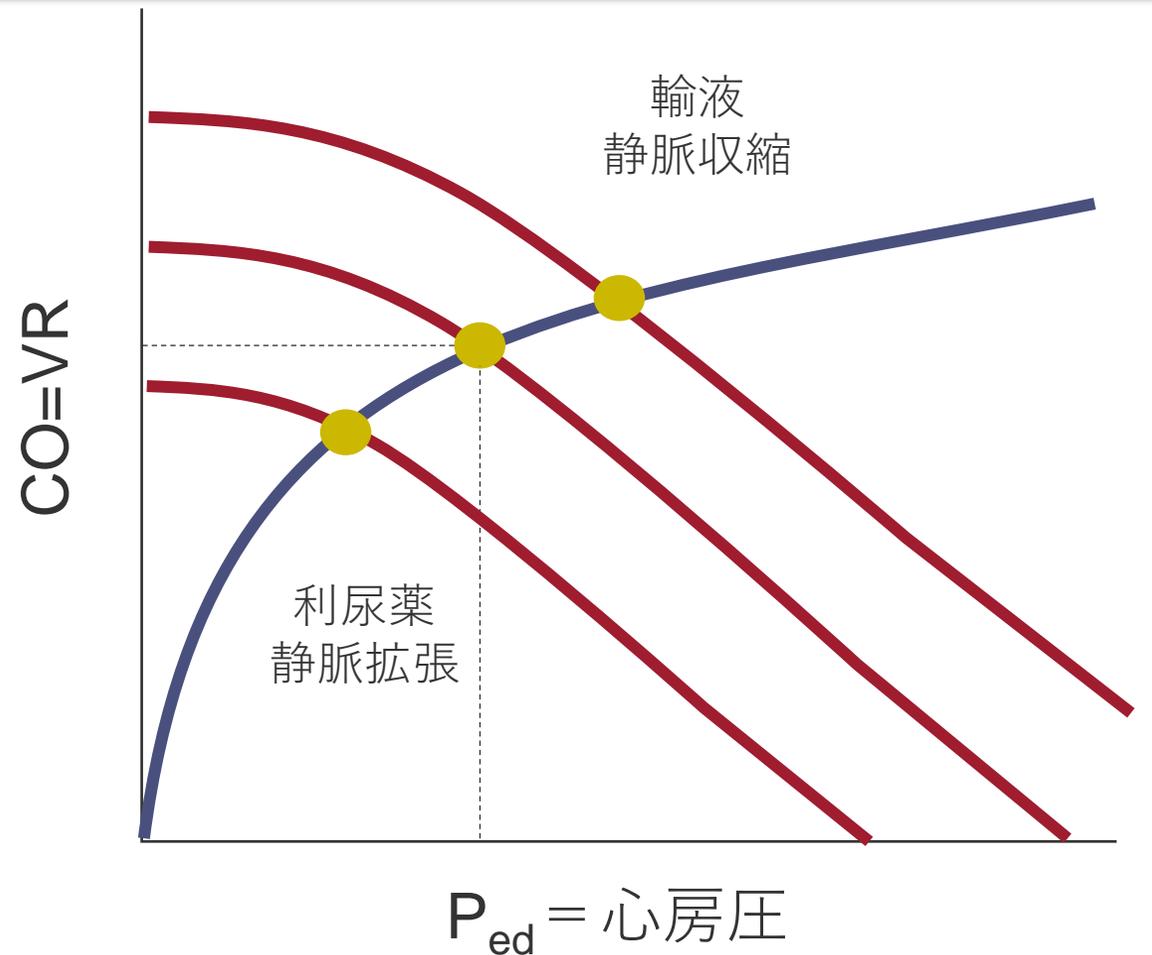
= SVは収縮性、拡張性、後負荷と前負荷で決まる

= COは収縮性、拡張性、後負荷、前負荷と心拍数で決まる。 ※後負荷は心拍数で決まる

# 動作点はどのように決まる？循環平衡理論



静脈還流曲線の高さを規定する指標  
負荷血液量(stressed blood volume:SBV)



# 負荷血液量：Stressed Blood Volume (SBV)



$V_0$  [ml]

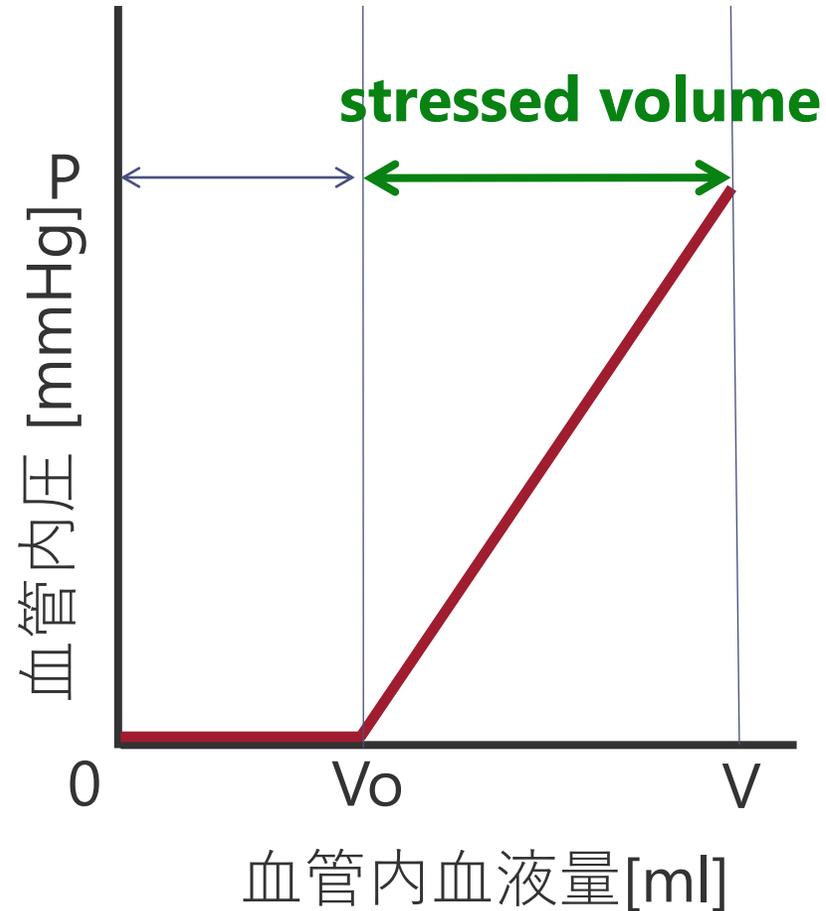
0 [mmHg]



$V$  [ml]

$P$  [mmHg]

Total volume = unstressed volume  
+ stressed volume



# 負荷血液量：Stressed Blood Volume (SBV)



$V_0$  [ml]

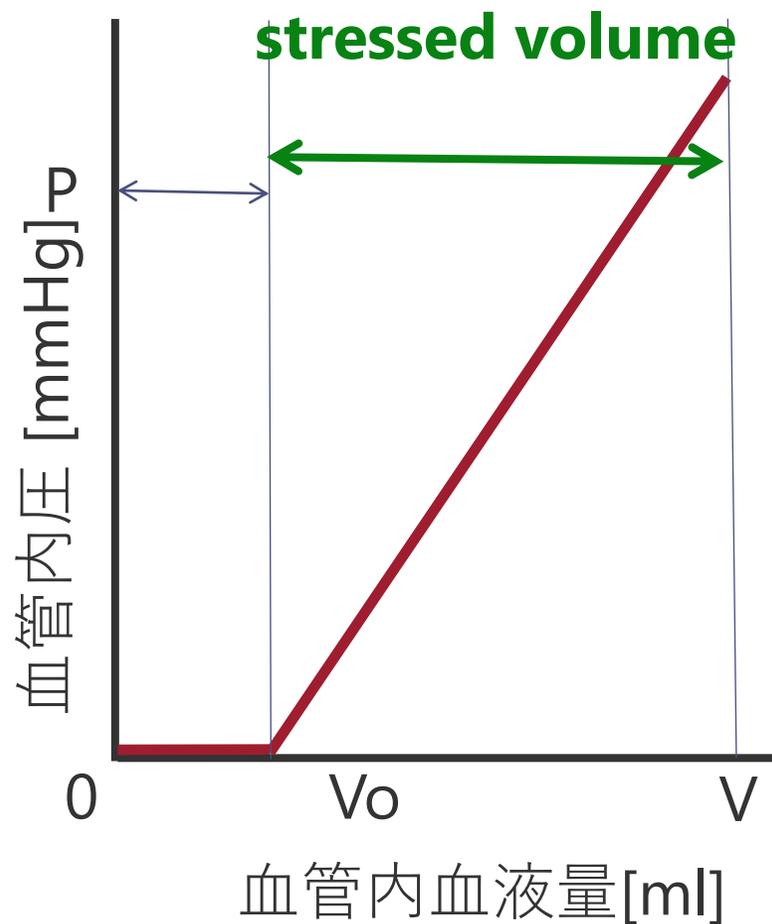
0 [mmHg]



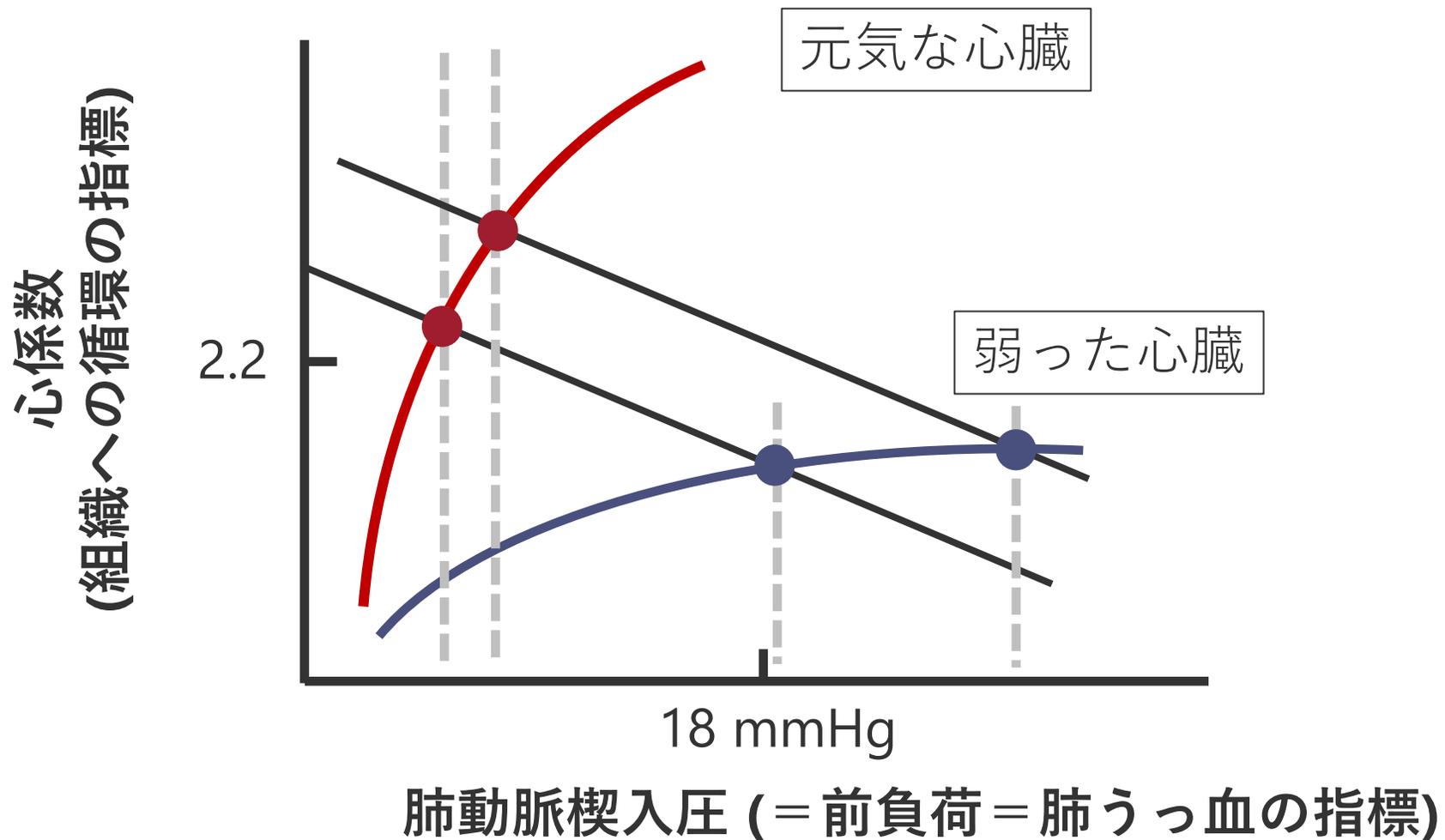
$V$  [ml]

$P$  [mmHg]

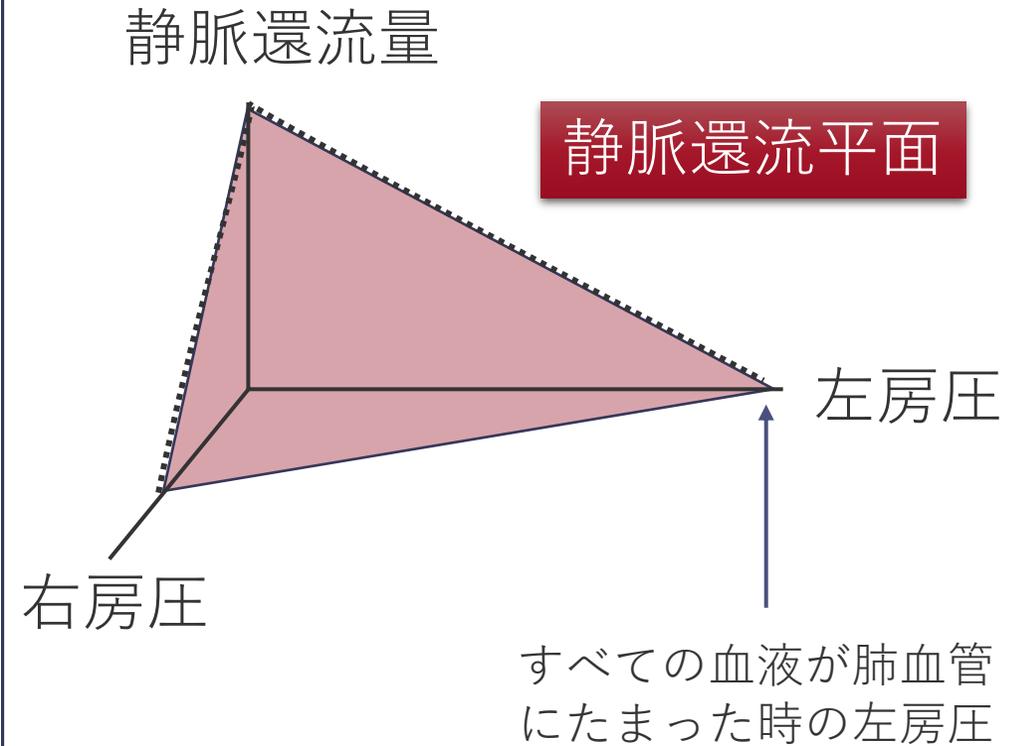
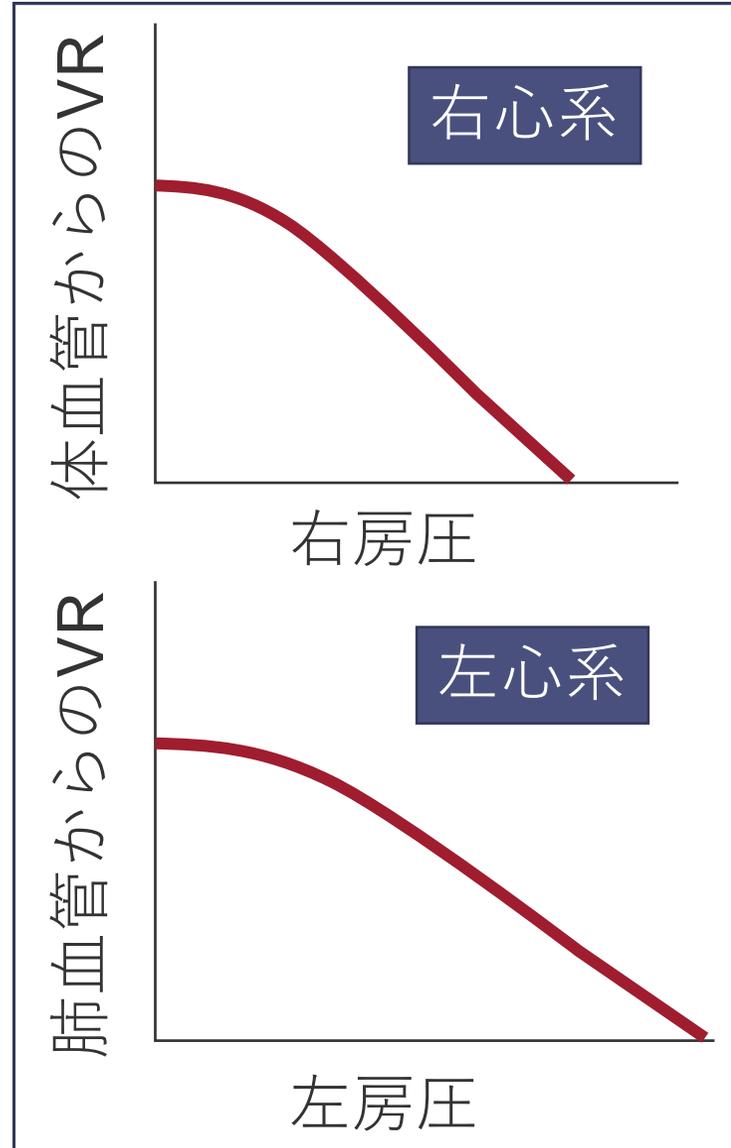
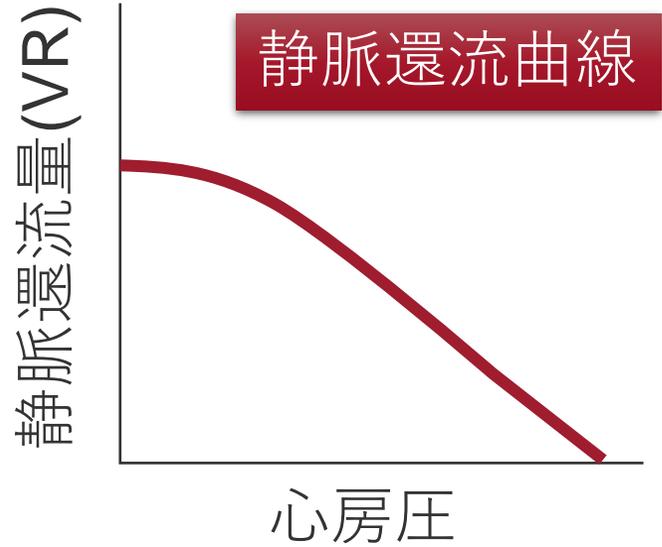
Total volume = unstressed volume  
+ stressed volume



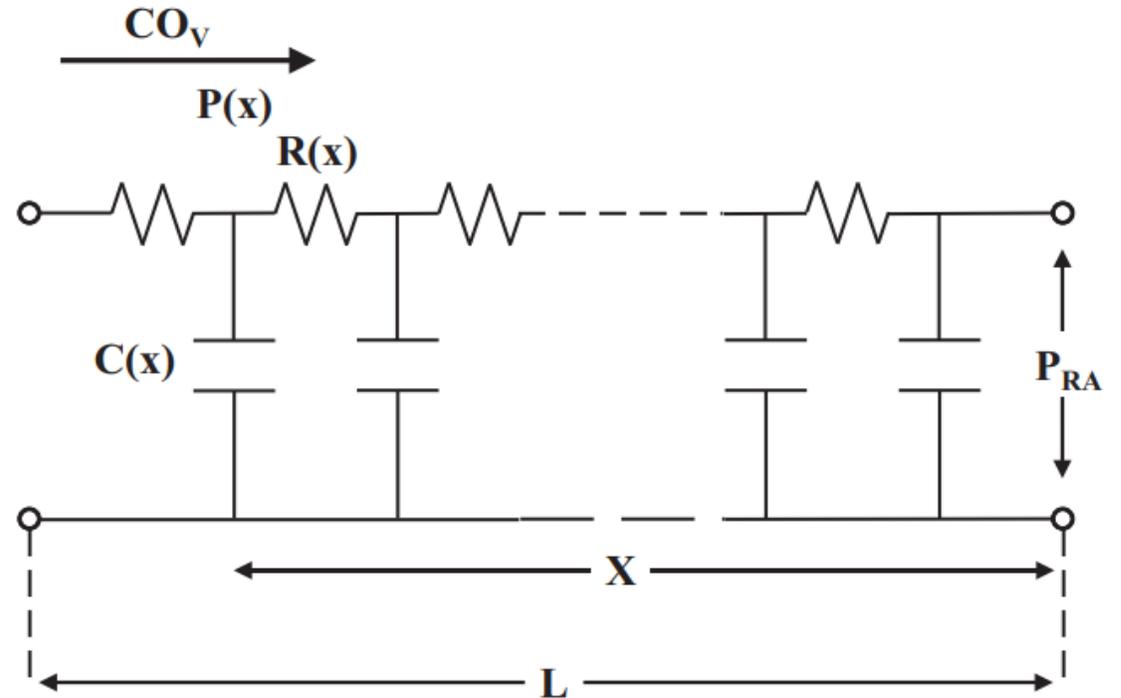
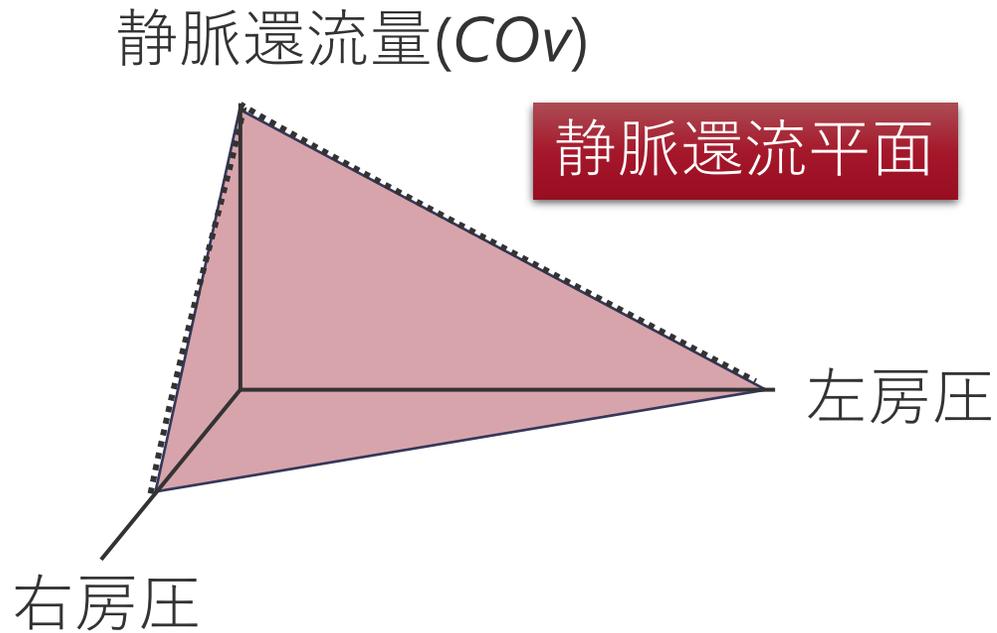
# 循環平衡から見えるポンプの特徴



# 静脈還流曲線から静脈還流平面へ



# 静脈還流平面の定量化



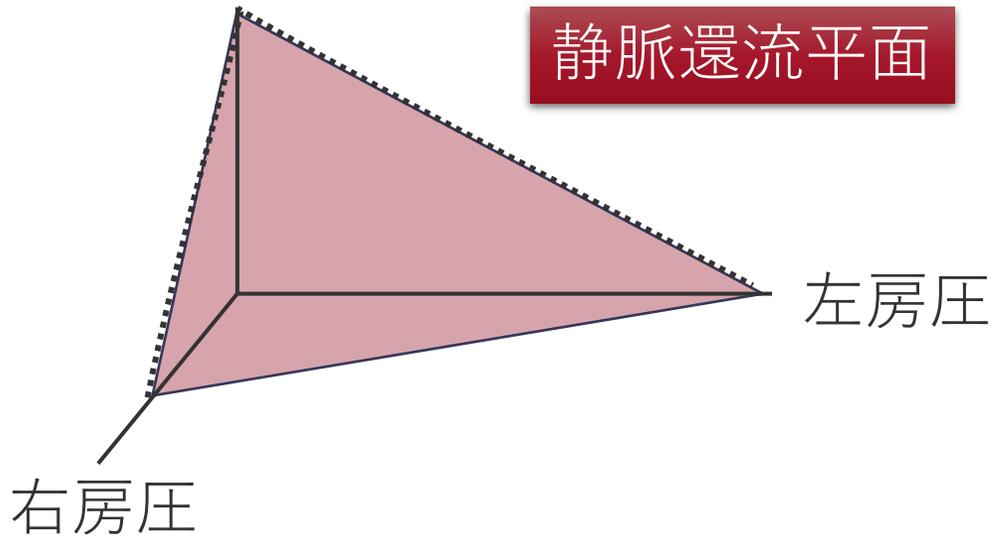
$$CO_v = \frac{SBV}{W} - (G_p \times P_{LA} + G_s \times P_{RA})$$

CO<sub>v</sub>: 静脈還流量  
W, G<sub>p</sub>, G<sub>s</sub>は定数

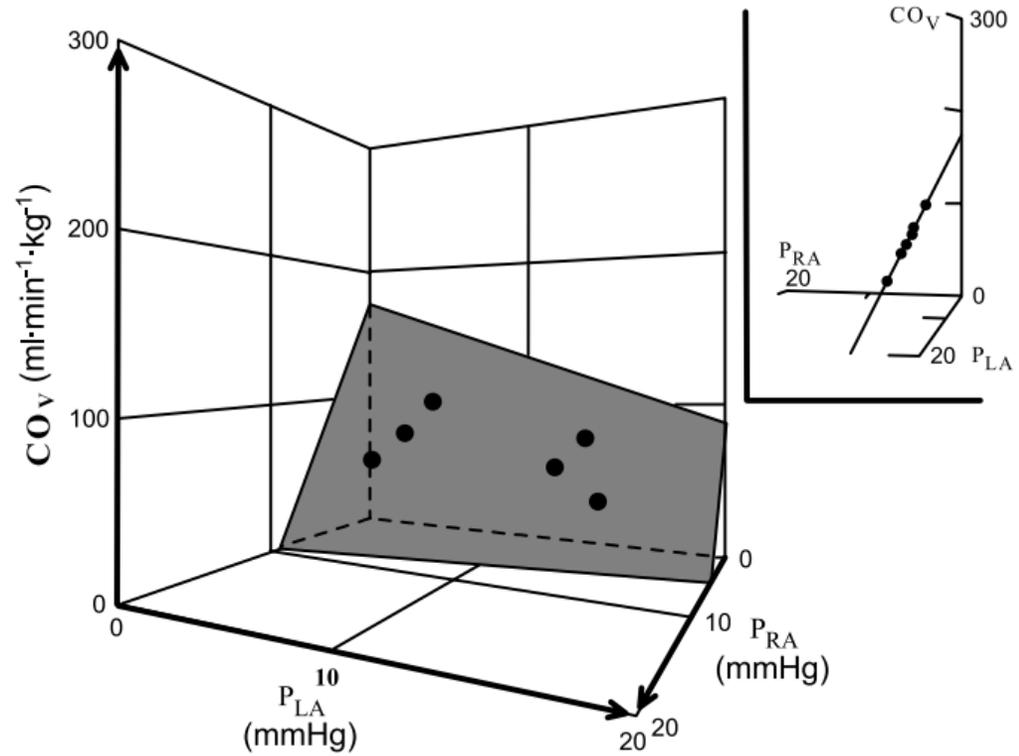
# 静脈還流平面の定量化

静脈還流量(CO<sub>v</sub>)

静脈還流平面



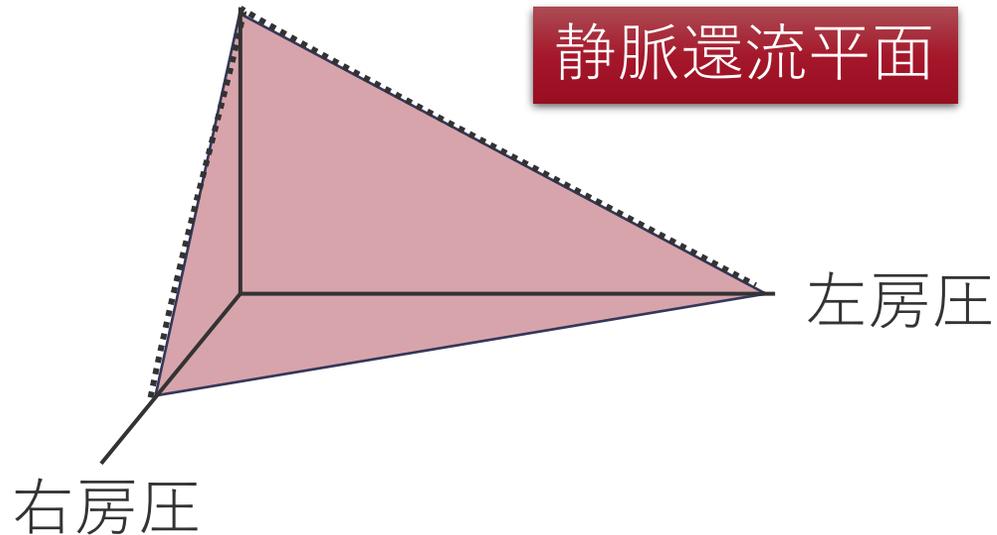
$$CO_v = \frac{SBV}{W} - (G_p \times P_{LA} + G_s \times P_{RA})$$



$$CO_v = \frac{SBV}{0.129} - (3.49 \times P_{LA} + 19.61 \times P_{RA})$$

# 練習問題①

静脈還流量( $CO_v$ )



$$CO_v = \frac{SBV}{0.129} - (3.49 \times P_{LA} + 19.61 \times P_{RA})$$

## 問題①

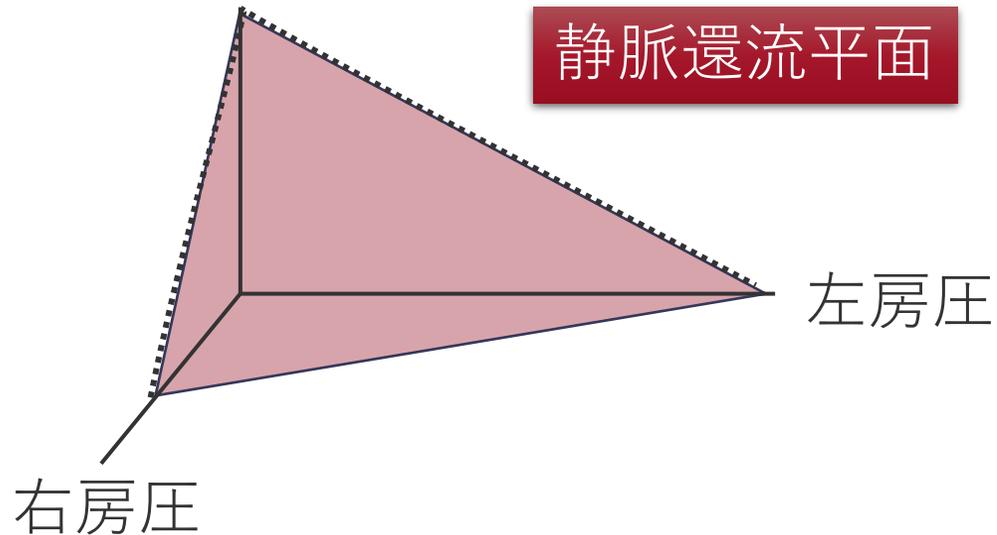
体重 60kg、心拍出量(=静脈還流量) 4800mL/分  
左房圧 8mmHg, 右房圧3mmHgの時のSBVは？

## 選択肢

1. 約2mL/kg
2. 約20mL/kg
3. 約200mL/kg
4. 約2000mL/kg

# 練習問題①

静脈還流量( $CO_v$ )



$$CO_v = \frac{SBV}{0.129} - (3.49 \times P_{LA} + 19.61 \times P_{RA})$$

問題①

体重 60kg、心拍出量(=静脈還流量) 4800mL/分  
左房圧 8mmHg, 右房圧3mmHgの時のSBVは？

答え

心拍出量 =  $4800 \div 60\text{kg} = 80\text{mL/kg/分}$

$P_{LA} = 8$ 、 $P_{RA} = 3$ を代入

$SBV = (80 + (3.49 \times 8 + 19.61 \times 3)) \times 0.129$

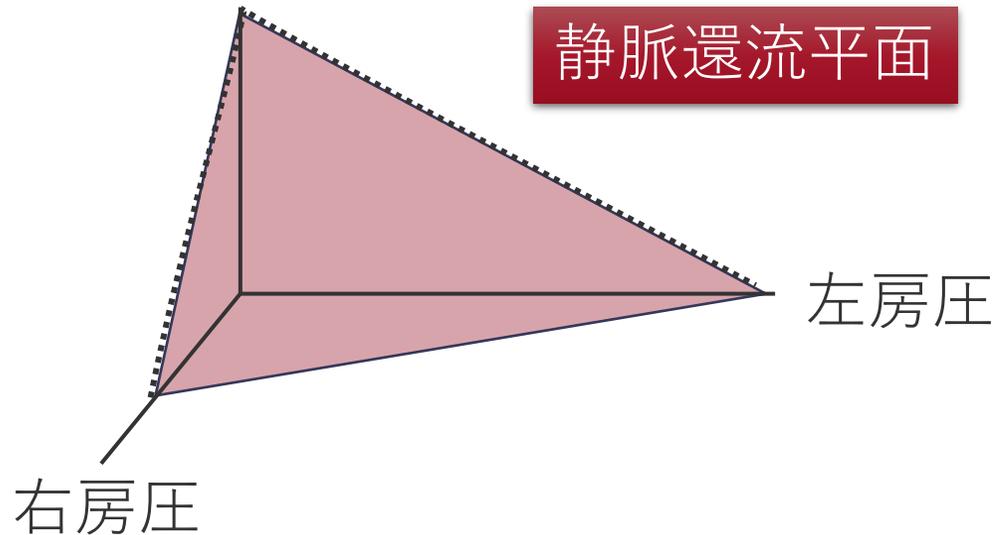
$= (80 + 27.92 + 58.83) \times 0.129$

$= 166.75 \times 0.129$

**$= 21.05\text{mL/kg}$**

## 練習問題②

静脈還流量( $CO_v$ )



$$CO_v = \frac{SBV}{0.129} - (3.49 \times P_{LA} + 19.61 \times P_{RA})$$

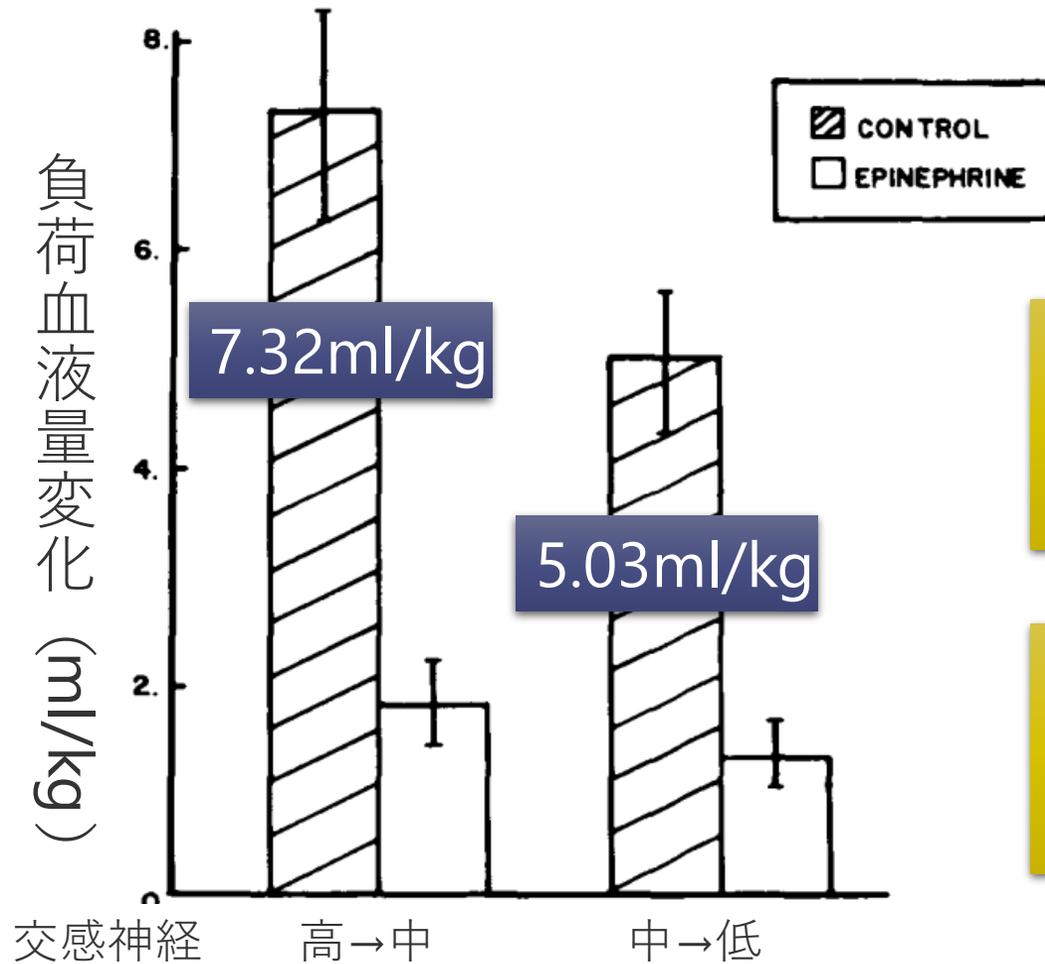
### 問題②

この人に600mL輸液をするとどれだけ静脈還流平面は上にシフトしますか？

### 答え

SBVの増加は600mL ÷ 60kg = 10mL/kg  
ΔSBV/0.129だけ上にシフトするので、  
10/0.129 = 80mL/kg/分  
60kgの人なので、  
**80 × 60 = 4800mL/分** 上にシフトする

# 交感神経は強力にstressed blood volume(SBV)を制御



SBVは約21ml/kg  
交感神経は約12ml/kg変化可能  
→交感神経はSVBを強力に変化

体重60kgの人では、  
定常状態ではSBV **1260ml**  
交感神経は**720ml**のSBVを変化

頸動脈洞内圧 (交感神経活動変化)

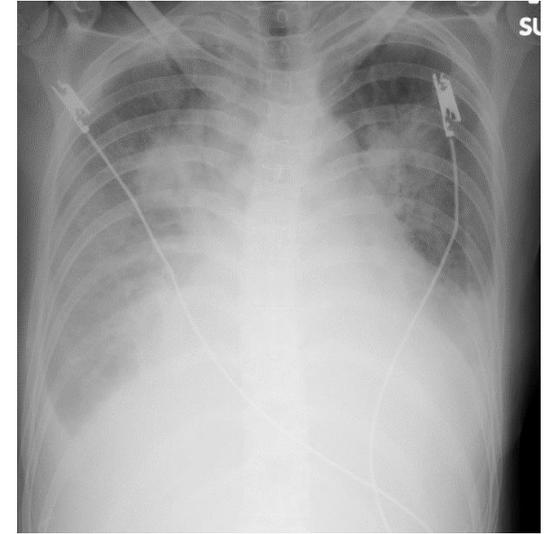
# 急性心不全のと交感神経

急性心不全では交感神経は例外なく賦活化している！

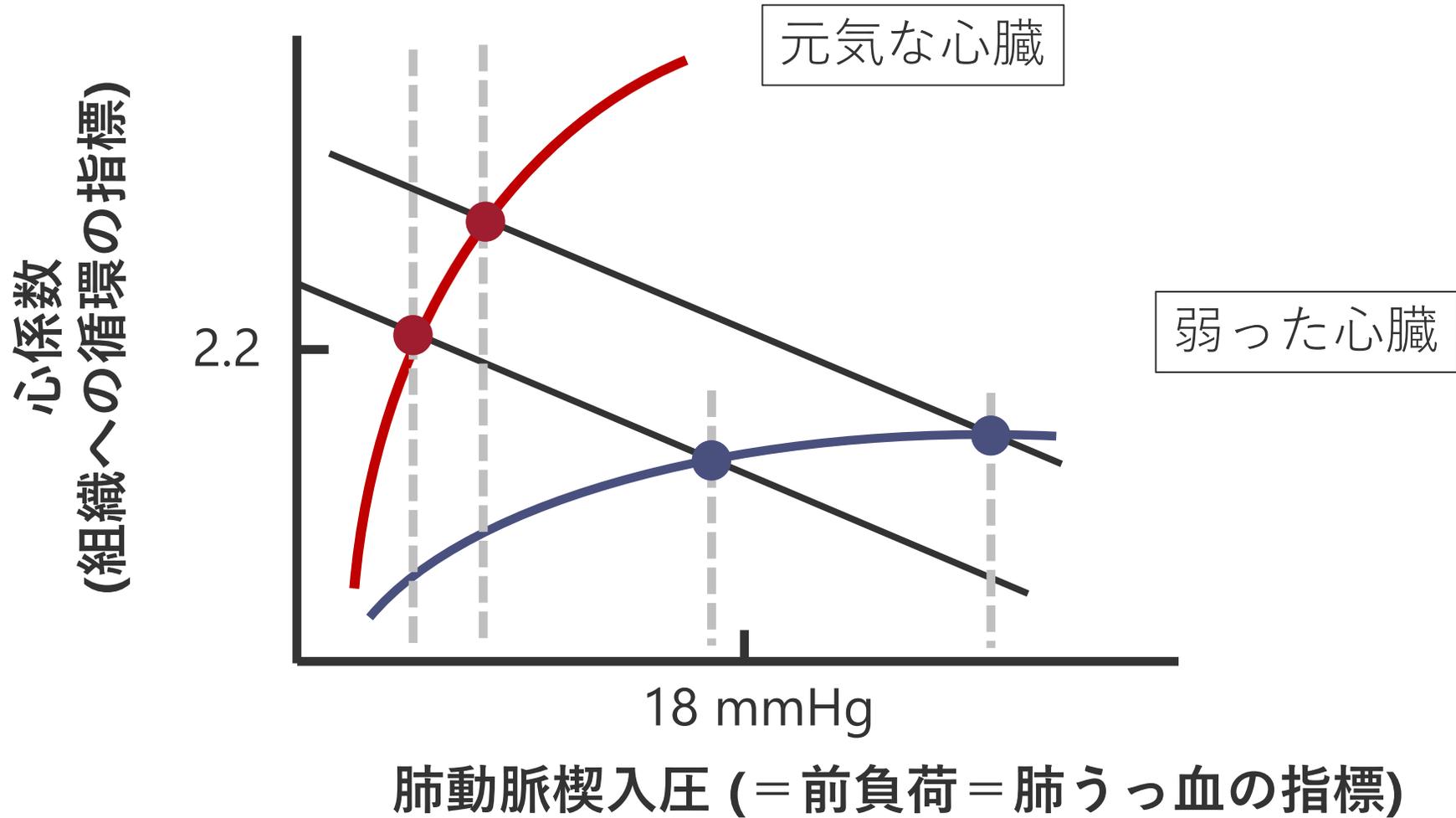
身体機能  
心機能

急性心不全入院

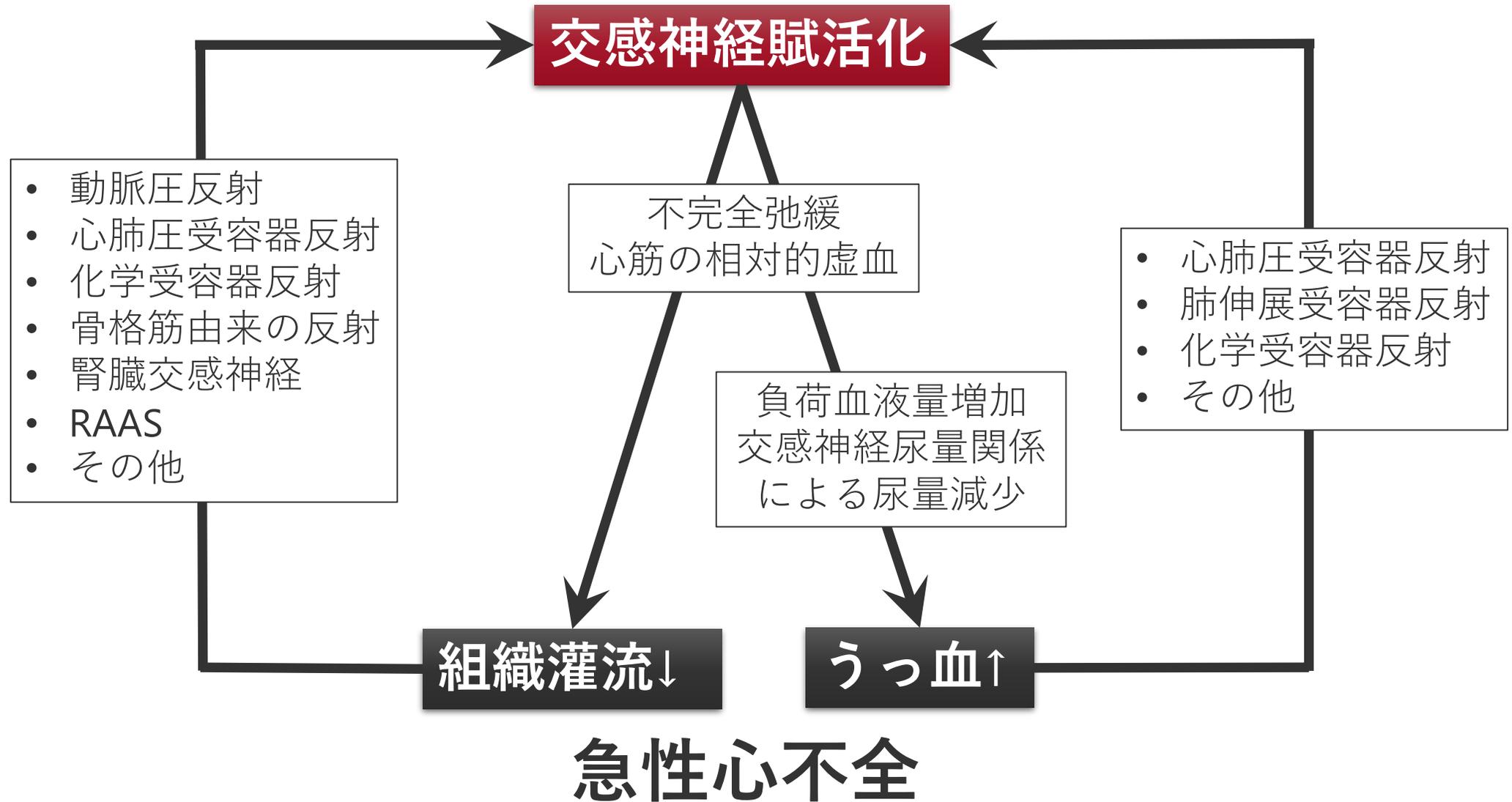
経過



# SBV増加と血行動態応答



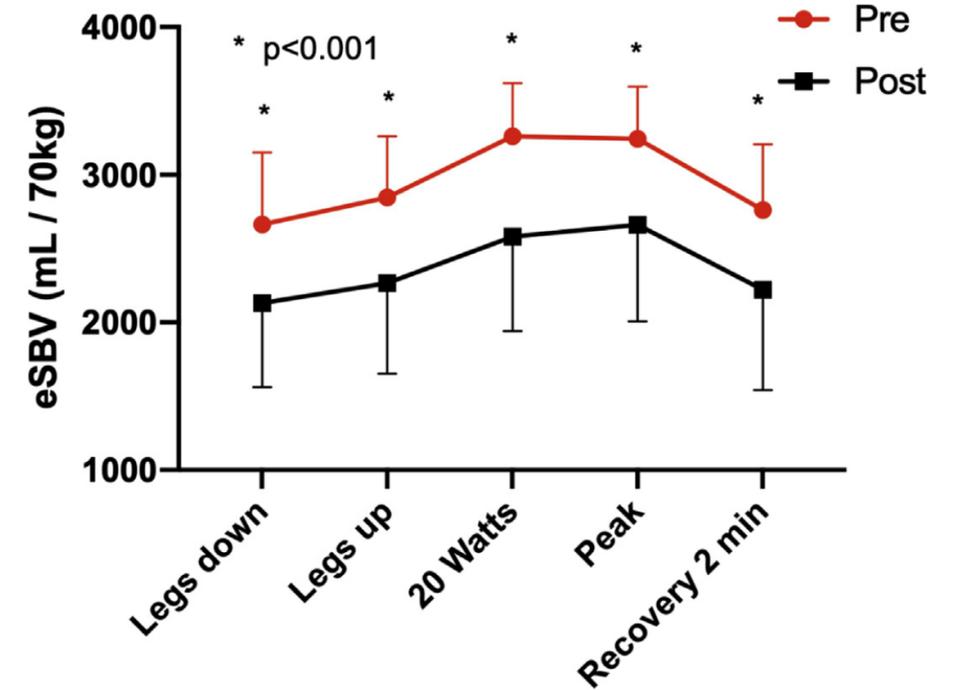
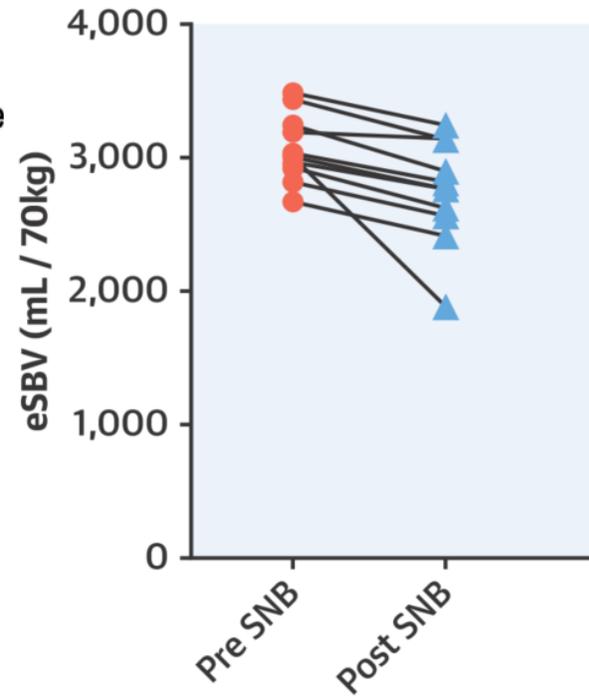
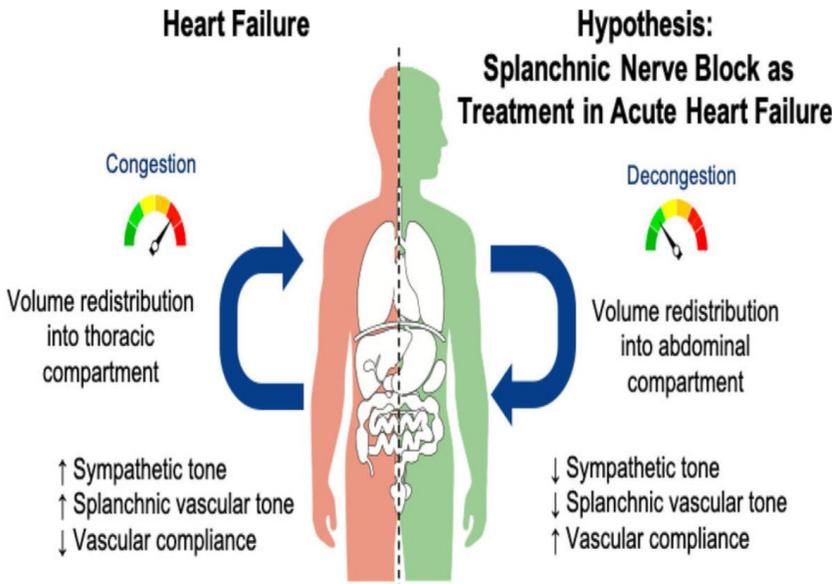
# 交感神経を軸とした急性心不全増悪機序



# SBVをtargetとした最新治療

## Splanchnic Nerve Block Mediated Changes in Stressed Blood Volume in Heart Failure JACC HF 2021

Marat Fudim, MD, MHS,<sup>a,b</sup> Manesh R. Patel, MD,<sup>a,b</sup> Richard Boortz-Marx, MD, MS,<sup>c</sup> Barry A. Borlaug, MD,<sup>d</sup> Adam D. DeVore, MD, MHS,<sup>a,b</sup> Arun Ganesh, MD,<sup>c</sup> Cynthia L. Green, PhD,<sup>b,e</sup> Renato D. Lopes, MD, MHS,<sup>b</sup> Robert J. Mentz, MD,<sup>a,b</sup> Chetan B. Patel, MD,<sup>a</sup> Joseph G. Rogers, MD,<sup>a,b</sup> G. Michael Felker, MD, MHS,<sup>a,b</sup> Adrian F. Hernandez, MD, MHS,<sup>a,b</sup> Kenji Sunagawa, MD,<sup>f</sup> Daniel Burkhoff, MD, PhD<sup>g</sup>



# Take home message

---

- 心室の**拡張末期容積**、**拡張末期圧**が心臓の前負荷。
- 血行動態は**心拍出量曲線**と**静脈還流曲線**の交点（**循環平衡点**）で決まる。
- 静脈還流平面は**stressed blood volume(SBV)**で決まる。
- 交感神経はSBVを強力に変化させ、心不全の新しい治療targetとなる可能性がある。