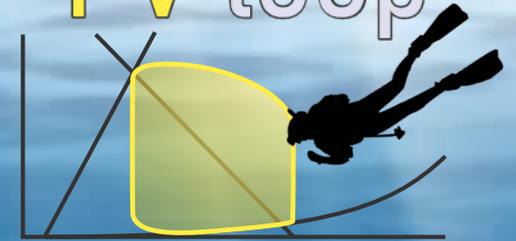


Deep dive into  
PV loop



# PV loop 温故知新

朔 啓太（国立循環器病研究センター）

# 今は循環動態教育の氷河期

1900

1980

$E_{max}$   $E_a$

Circulatory equilibrium

Frank-Starling curve

PV loop



# 今は循環動態教育の氷河期

1900

1980

$E_{max}$   $E_a$

Circulatory equilibrium

Frank-Starling curve

PV loop

分子生物学への学問  
主軸移行

(考えなくてもできる  
ほどに) 治療が進化



# 問題点はなにか？

---

- 研究としての流行りが終わるのはOKだが、基礎知識としての定着が不十分だった
- わかりやすい部分とわかりにくい部分の境目がわかりにくい
- 臨床で簡易に直接測定できない  
→ 解釈が理解度に依存する
- 臨床に直結 → 知らないまま患者が救われたらそれでもいいかもしれないが、患者や治療が複雑化、多様化すると、やっぱり必要ということになる

# 循環動態アカデミーのScope

---

医療者として知っておくべき循環動態知識を伝えたい！

学校や職場でどうもキチンと教えてもらえないので知りたい！



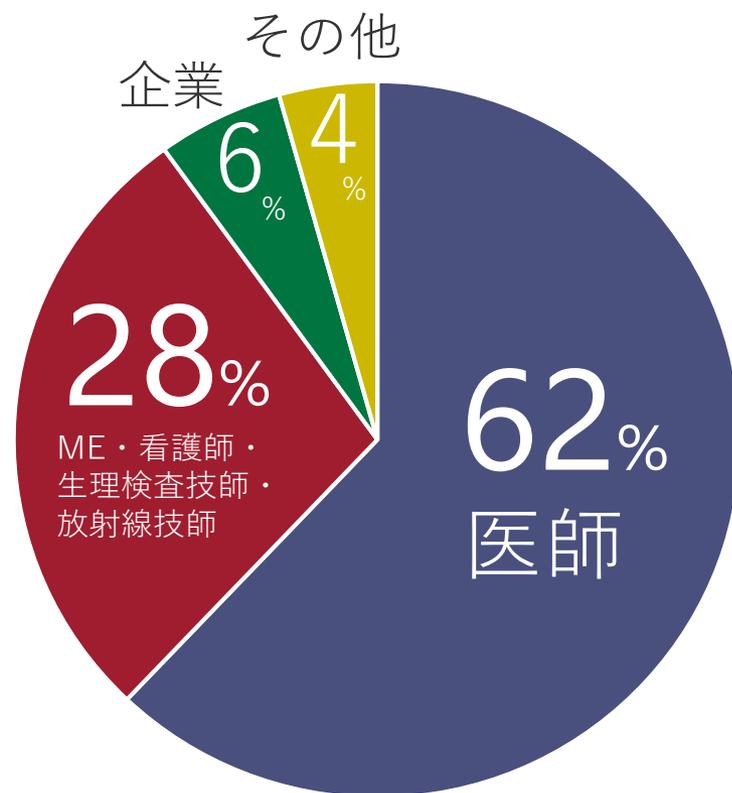
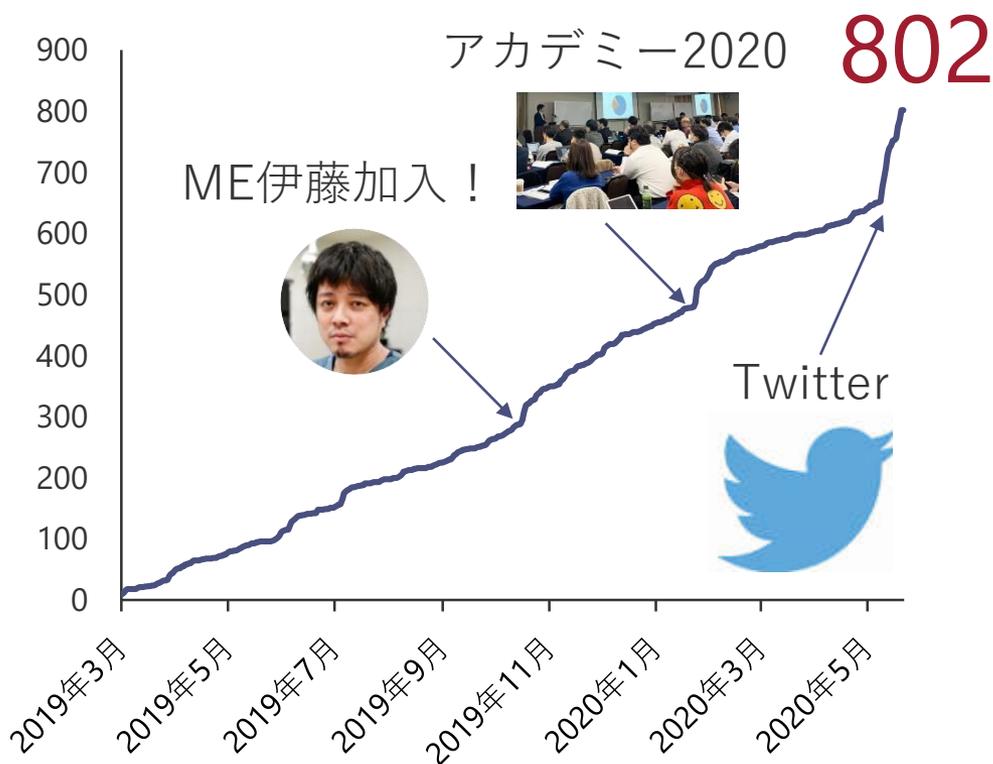
**心血管ダイナミクスを正しく知り、診療に生かす**

# 循環動態アカデミーの活動報告

---

- 2019年3月に竹田社長とサイト発足
- これまでに40以上の講演スライドを公開
- 本年2月に初の研究会開催
- サイトは1万5千ビュー突破
- 1日平均100ユーザーが訪問

# 循環動態アカデミーの活動報告



- 教育的かつニッチなテーマのサイトとしてはかなりの成長を遂げた

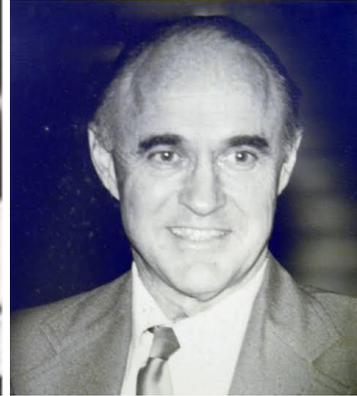
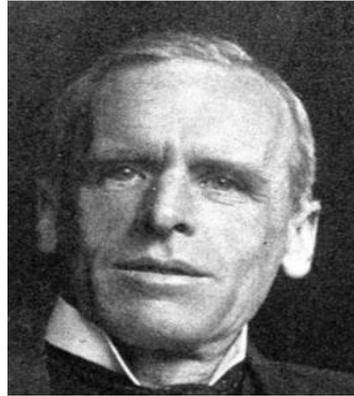
# 今日のAgenda

---

- PV loop研究の歴史
- PV loopの総まとめ
- 究極のPV loopクイズ
- パネルディスカッション

# 知っておきたい学問の歴史

---



---

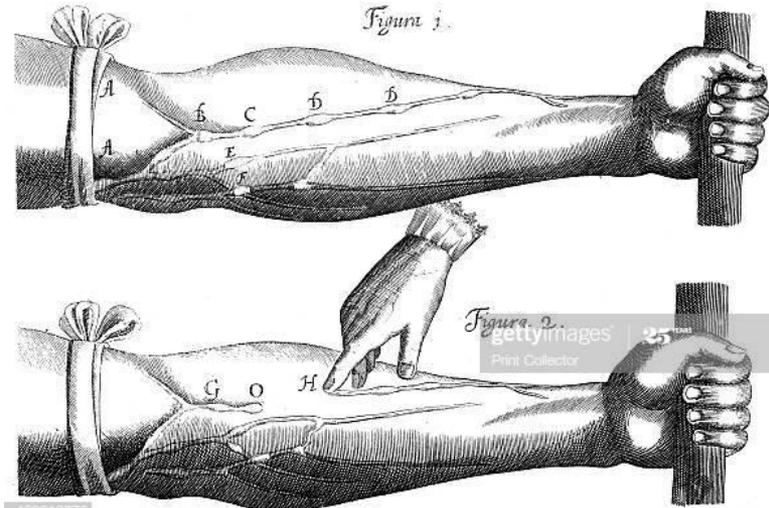
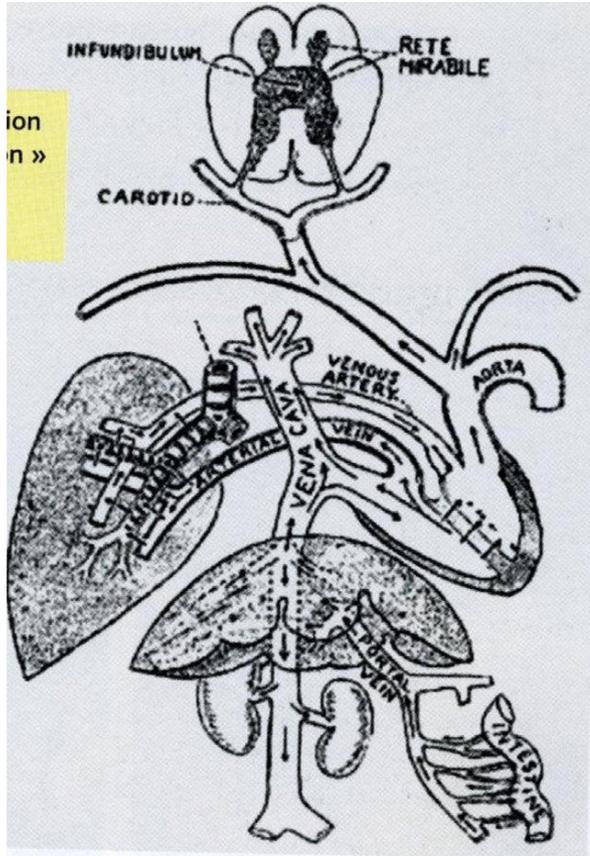
国循の循環動態制御部（循環動態機能部）

だれ？

---

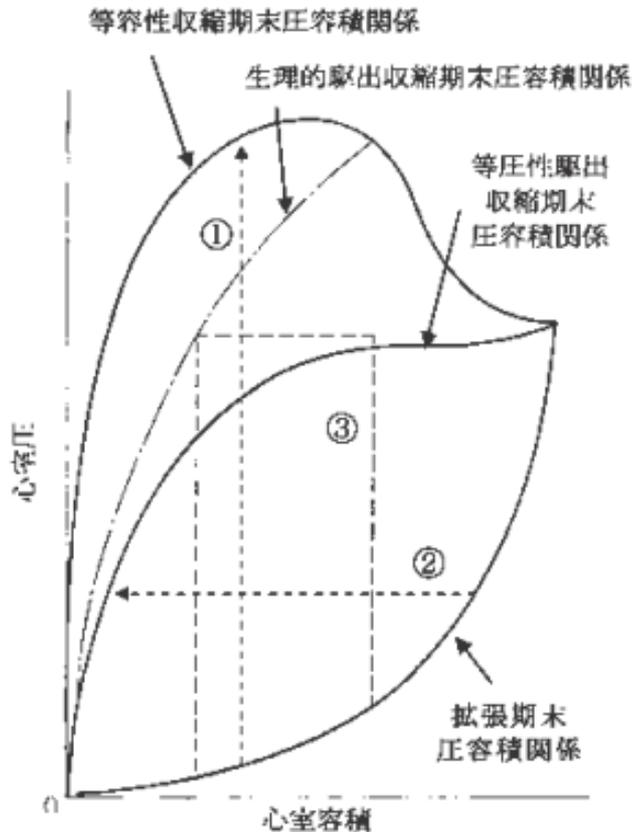
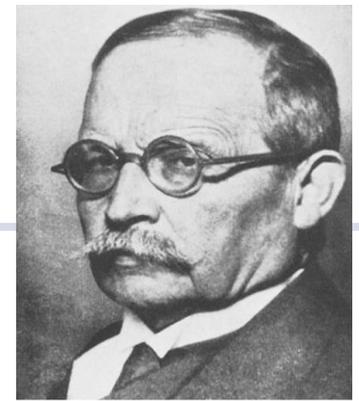


# Harvey



血液は循環している！

# Frank



- 摘出した心臓に任意の圧負荷を加える実験を行った
- 心室の機能を圧と容積および時間で記述した
- 心室の充満度合が増すと外的仕事量が増すということを観察した
- PVA = 酸素消費という概念の基礎を作った
- その他（心拍出の測り方、血圧計の問題点）

## 参考論文

Sagawa et al. Translation of Otto Frank's Paper.  
JMCC 1990

Rediscovery of Otto Frank's contribution to Science.  
JMCC 2018

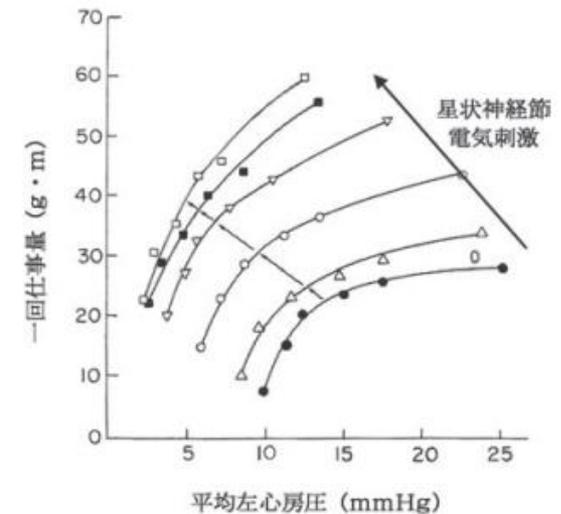
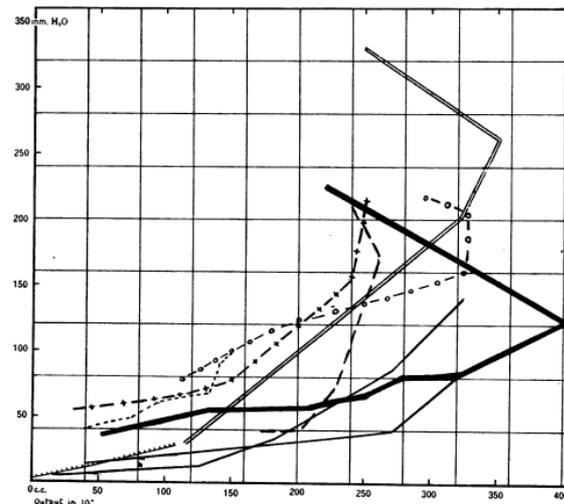
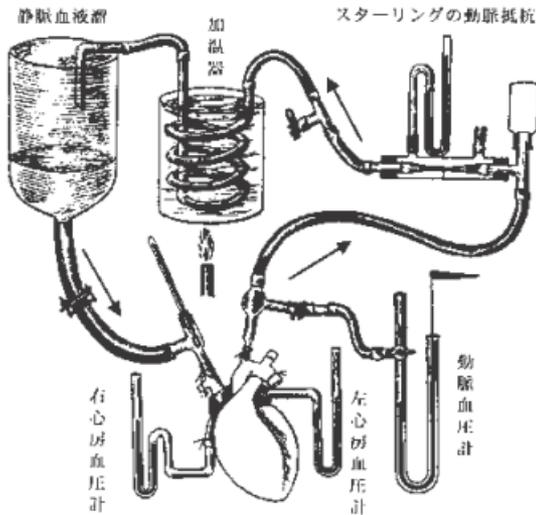
カエルの心臓で心室圧容量関係を示した

# Starling/Sarnoff



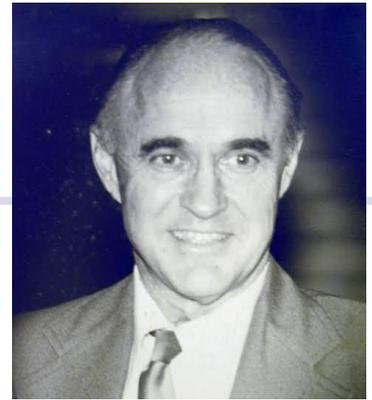
- 右心房の平均充満圧を増して行くに連れて心臓の拍出量が増加してゆくことを見いだした (cardiac output curve)
- 収縮性により、心室機能曲線 (ventricular function curve) が変わることを示した

※後に佐川先生がもっと進んだコンセプトを提唱しますが、それは別の機会に

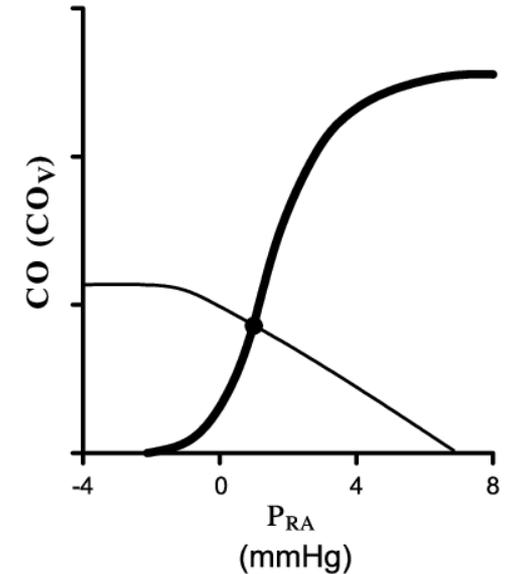
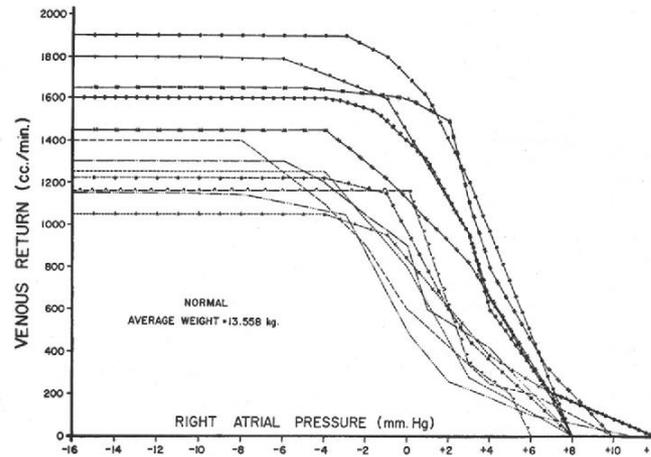
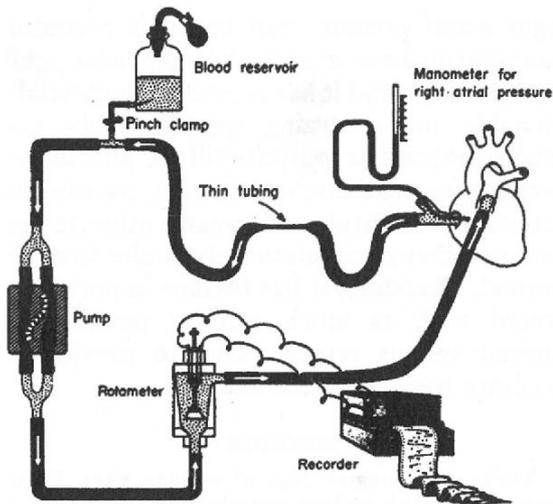
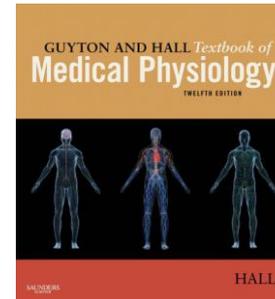


心臓の外的仕事の前負荷の関数となる

# Guyton



- 平均循環充満圧を起点とした静脈還流曲線をみごとな実験系で示した
- 循環の動作点は心機能曲線と静脈還流曲線の交差点であることを示した



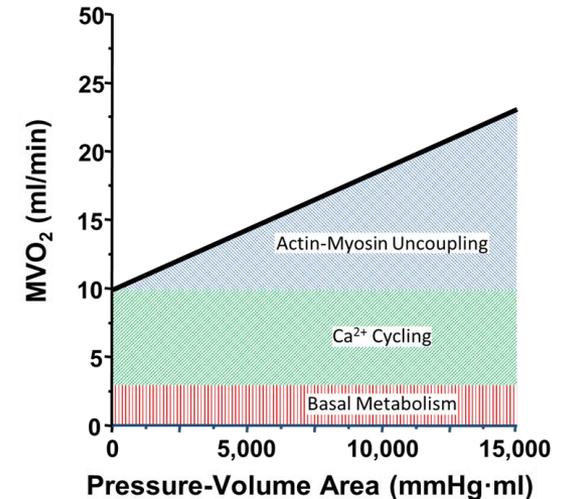
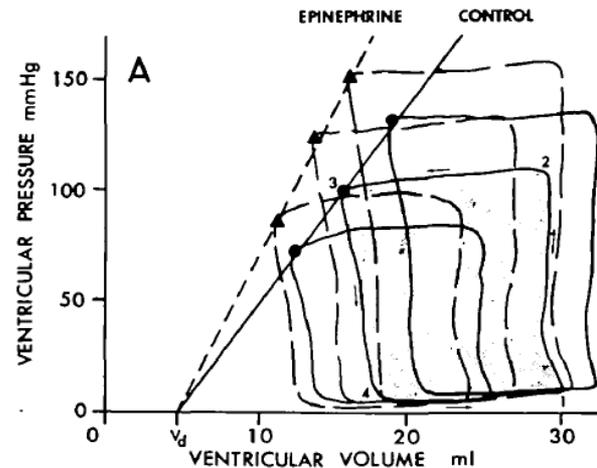
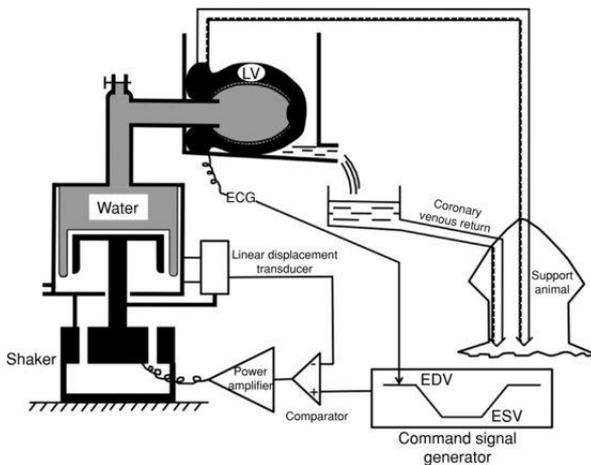
循環平衡により循環動態を明確に記述

# Suga/Sagawa



- 哺乳類では負荷様式非依存に収縮末期圧容積関係の直線がひける (ESPVR)
- 心室時変弾性特性
- ESPVRの傾き ( $E_{max}$ ) は収縮性を示す
- PV loopの酸素消費量への展開

※6月13日循環動態アカデミー  
Online第2回「心臓は硬さが変わる袋」にてがっつりいきます！



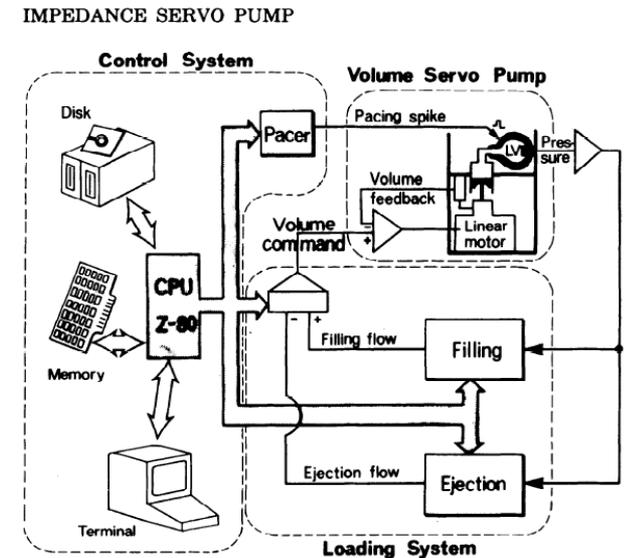
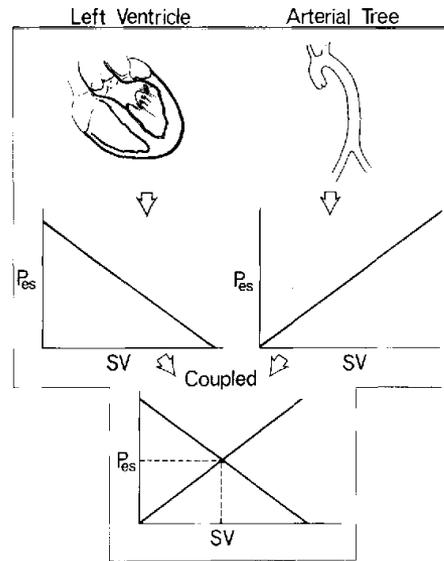
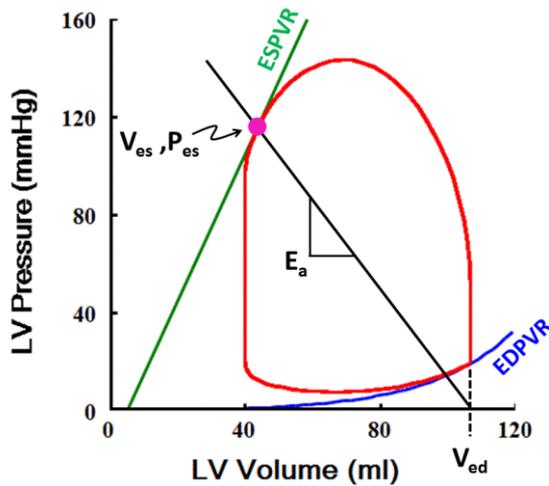
心収縮性と心臓仕事を決定的に定義づけた

# Sunagawa



- 心室の後負荷としての実効動脈エラスタンスのコンセプトを提唱
- さまざまな血管特性を心室にloadできる仕組みを作り同コンセプトを証明
- (拡張ガイトンモデルを提唱)

※7月25日循環動態アカデミー Online第2回「後負荷は式展開にて理解しよう」にて！



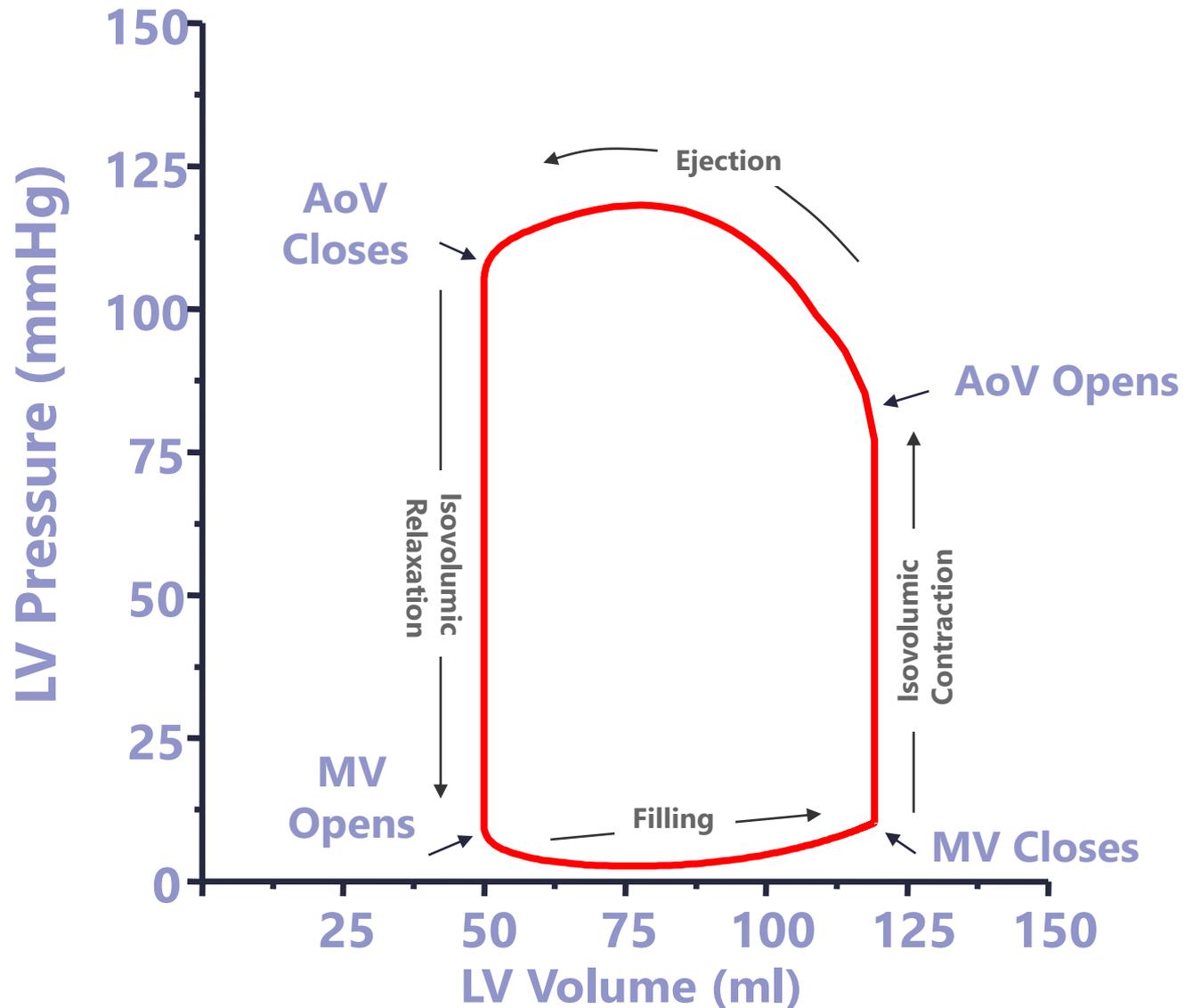
後負荷を定義し、SVの決定機構を解明

# 個人的な意見

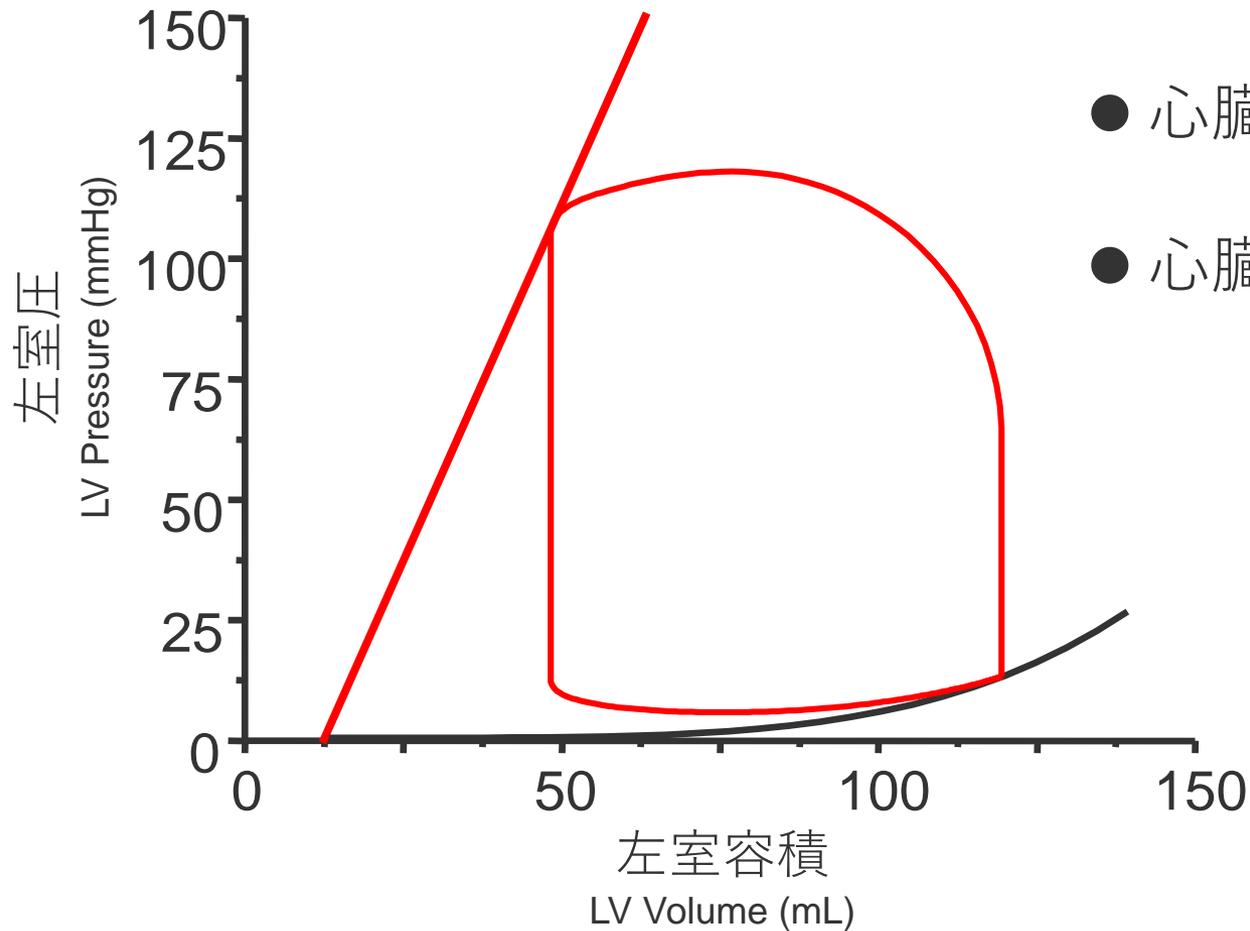
---

- PV loopは日本発（Sの一族）
- ガイトン最強説（ズーっと正しい！）
- 臨床には循環平衡まで必要
- 個別症例に還元できる精度・確度が課題

# PV loop overview



# PV loop overview

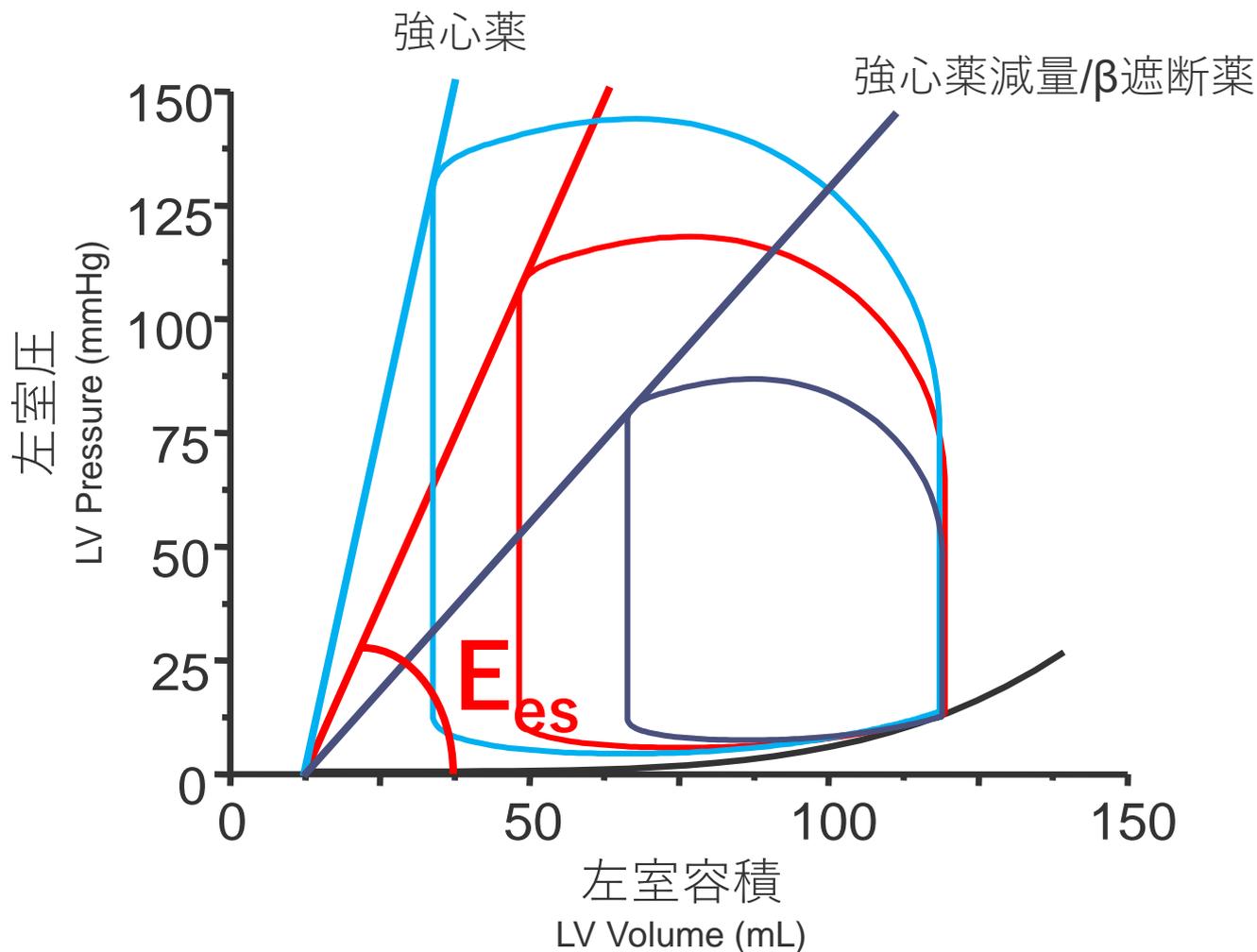


- 心臓の収縮性と拡張性
- 心臓の前負荷と後負荷
- 心臓の仕事量

# 収縮性

※6月13日循環動態アカデミー  
Online第2回「心臓は硬さが変わる袋」にてがつつりいきます！

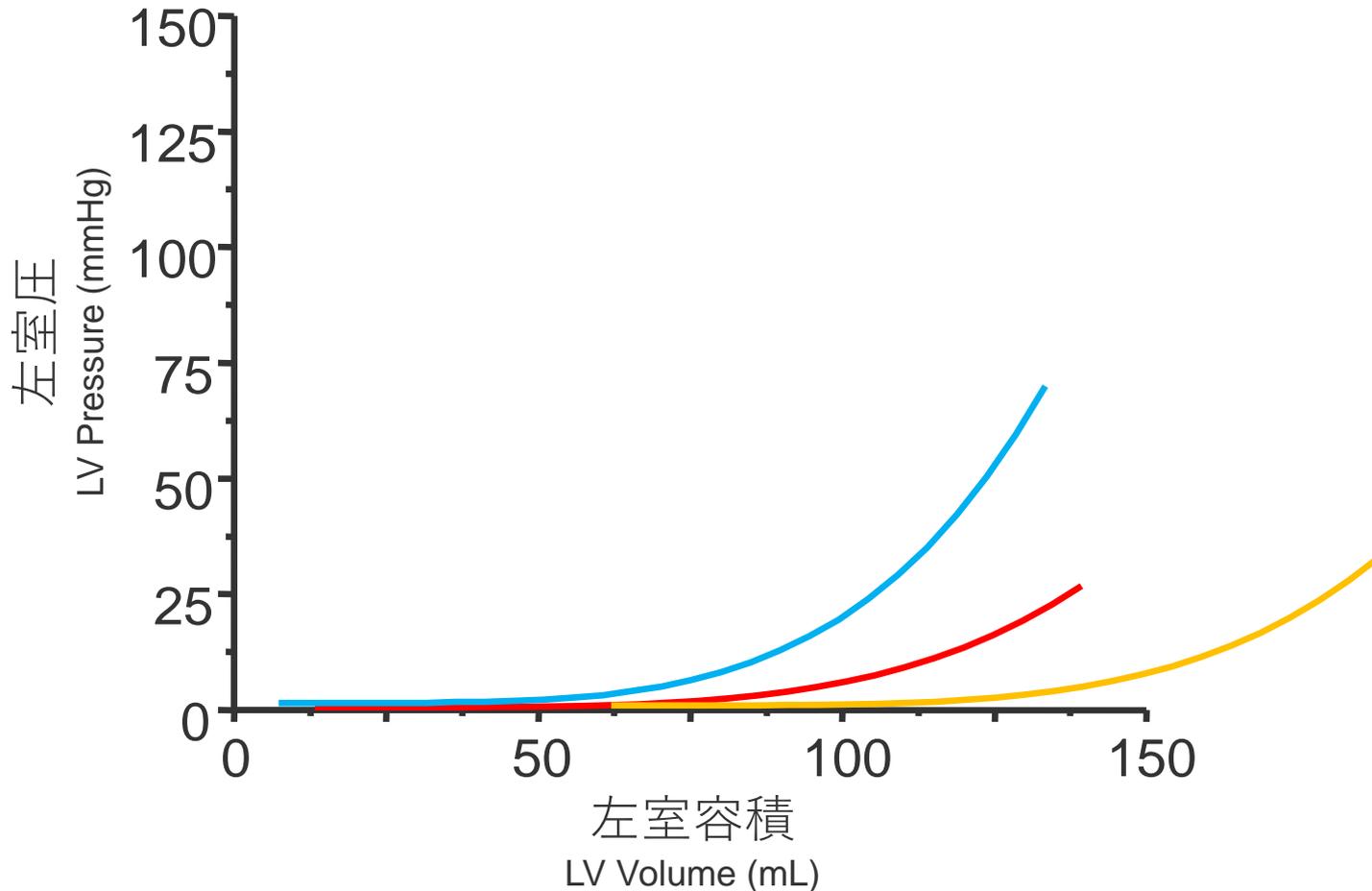
※敢えてEDVが同じ場合



# 拡張性

※6月27日循環動態アカデミー  
Online第2回「硬い心臓の意味わかりますか？」にて！

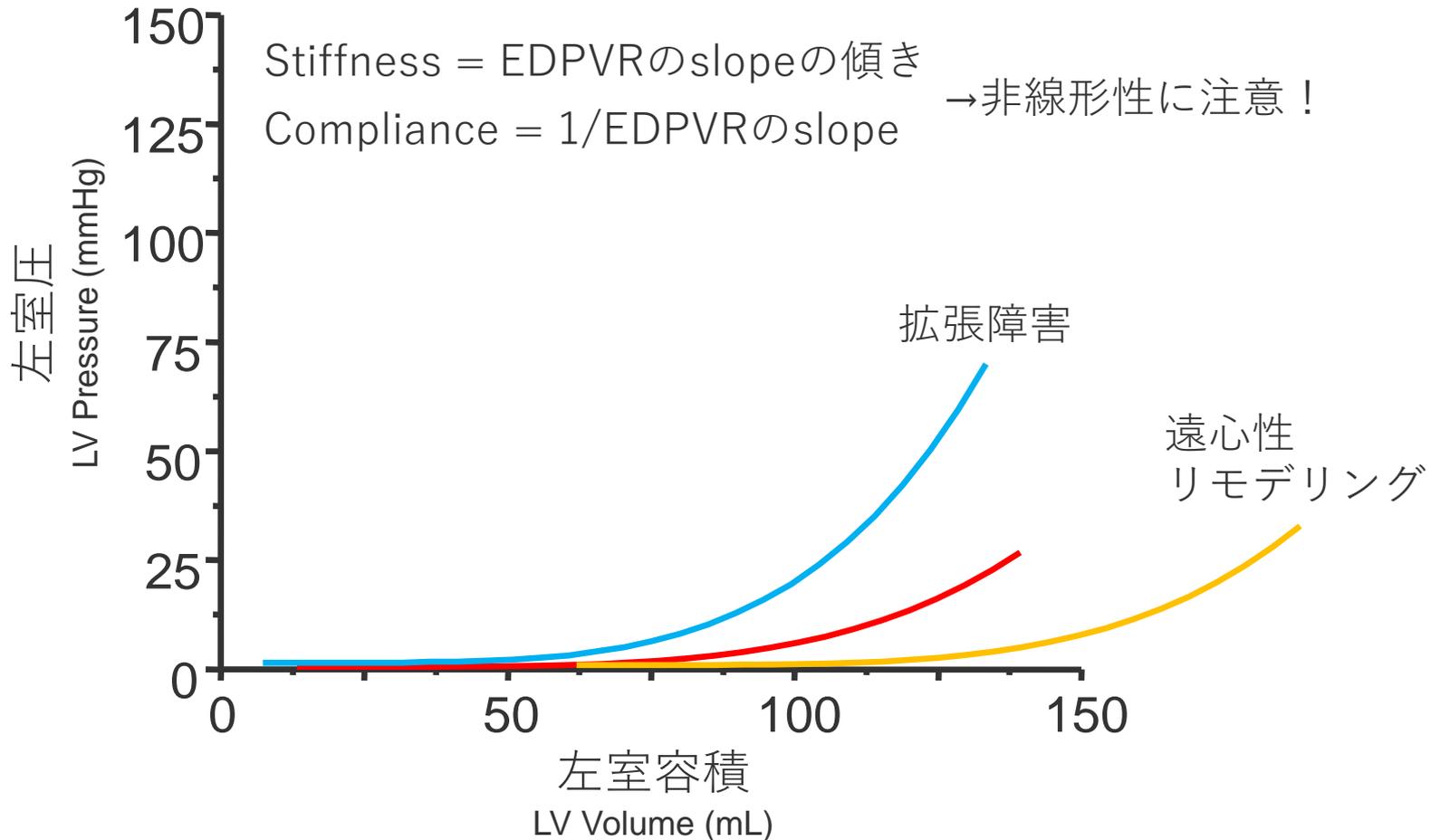
- 左室の拡張末期圧容量関係は非線形



# 拡張性

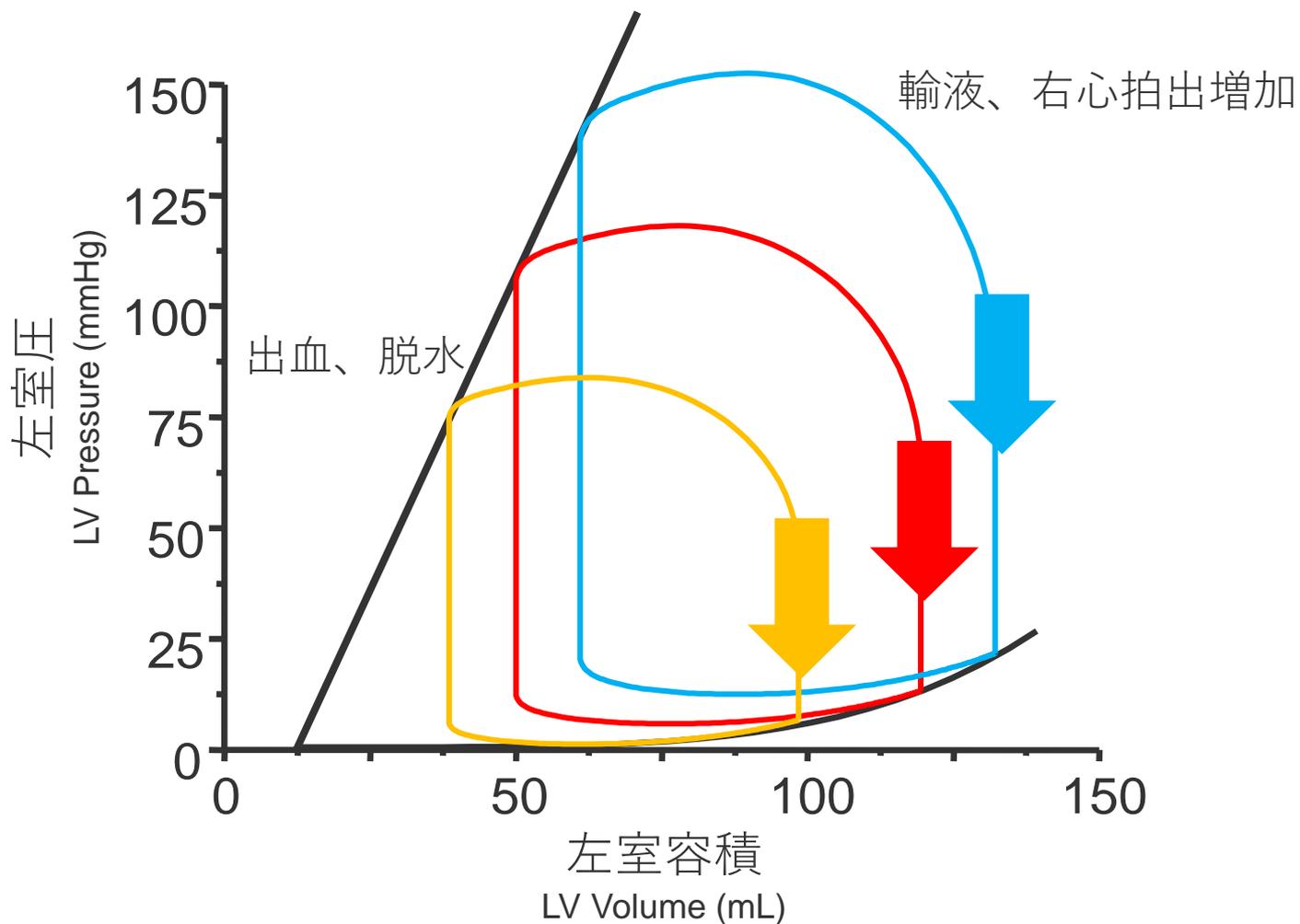
※6月27日循環動態アカデミー  
Online第2回「硬い心臓の意味わかりますか？」にて！

- 左室の拡張末期圧容量関係は非線形

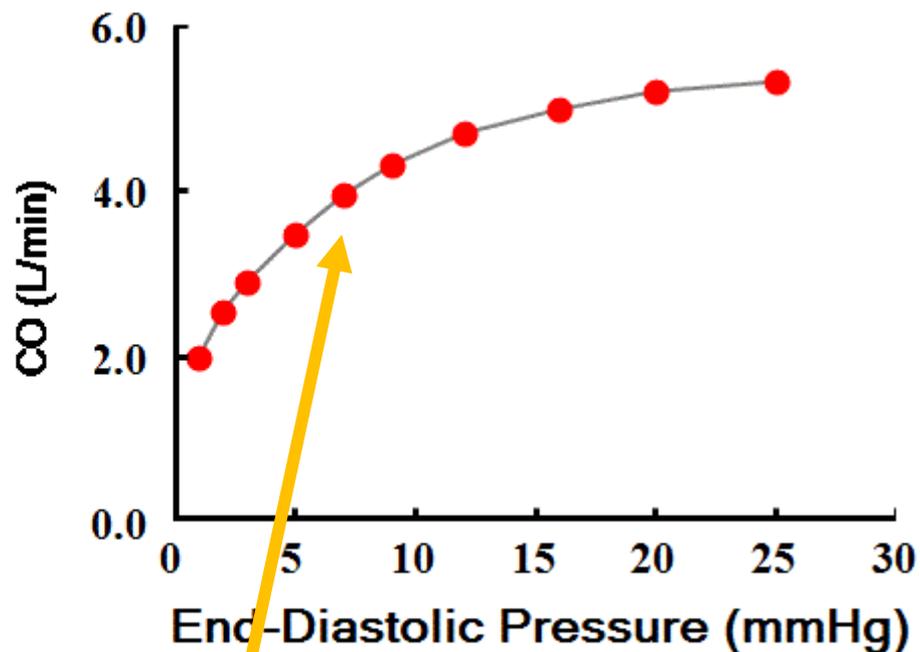
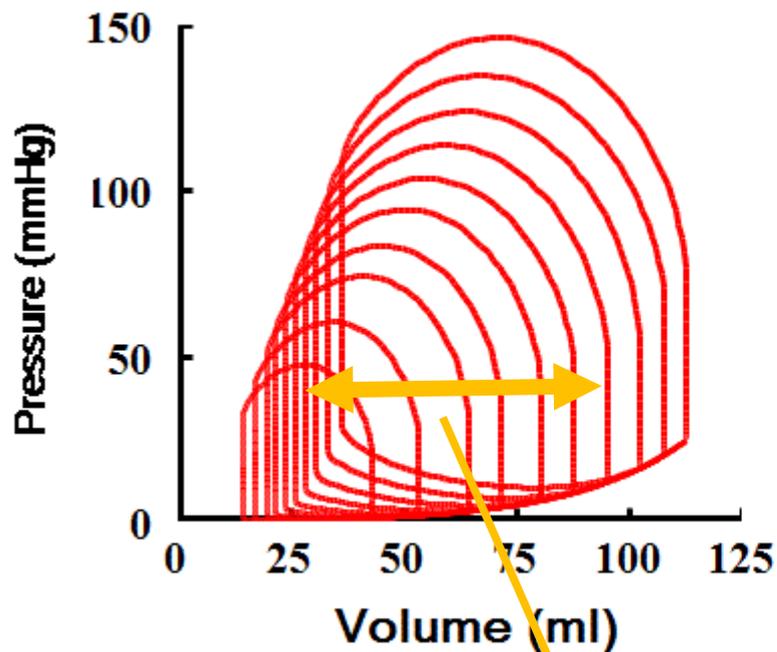


# 前負荷

※7月11日循環動態アカデミー  
Online第2回「前負荷を知ることは  
全体をしること」にて!



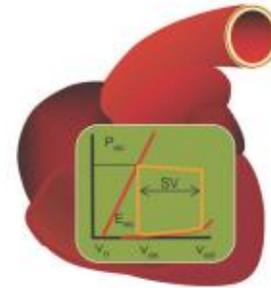
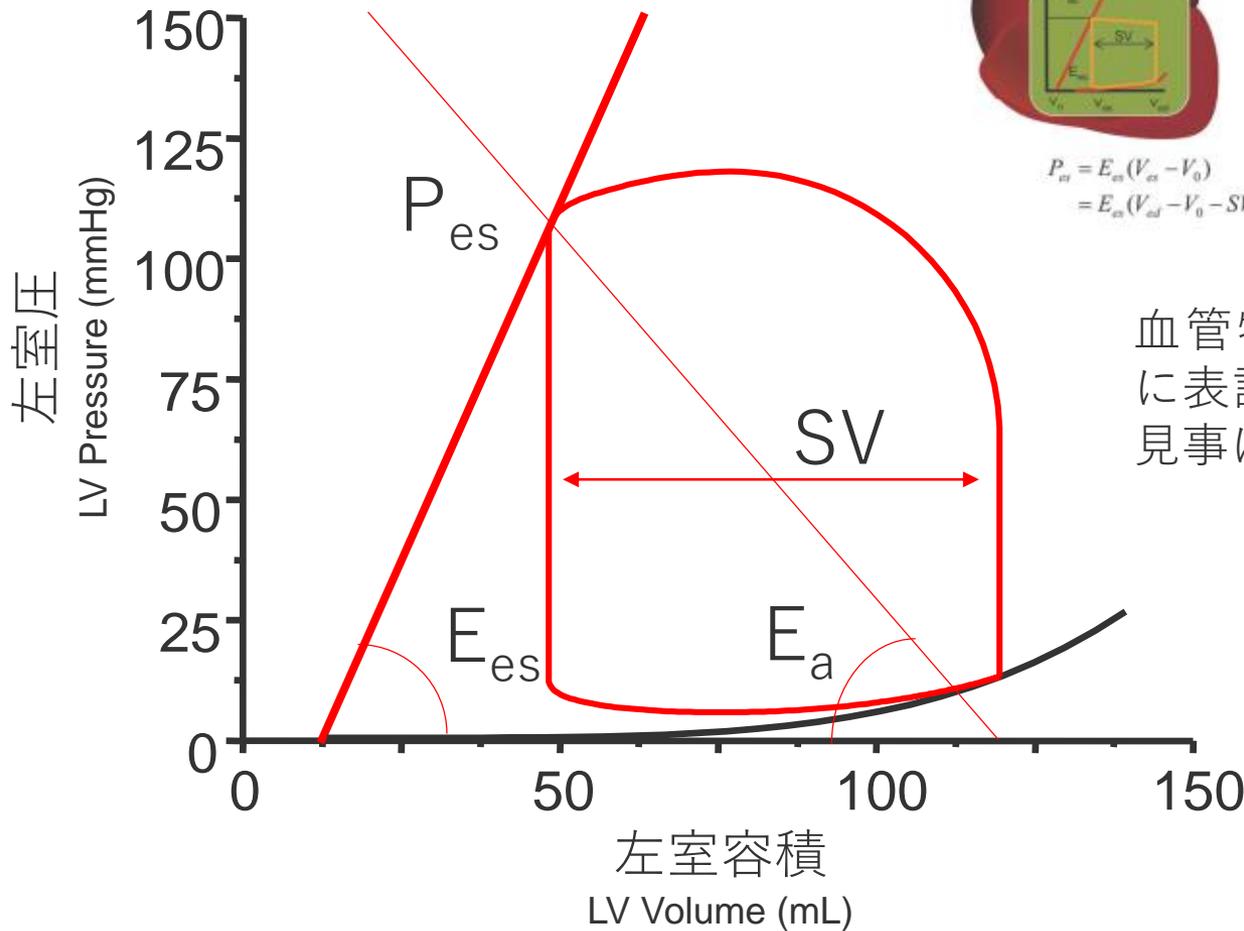
# 前負荷 (Frank-Starling curveとの関係)



それぞれのpreload時の左室拡張末期圧と stroke volume × 心拍数をプロット

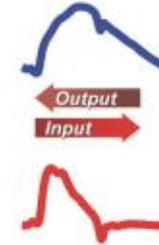
# 後負荷

※7月25日循環動態アカデミー  
Online第2回「後負荷は式展開  
にて理解しよう」にて！



$$P_{es} = E_{es}(V_{es} - V_0)$$

$$= E_{es}(V_{ed} - V_0 - SV)$$



$$P_{es} \approx P_a$$

$$= \frac{SV}{T} \cdot R = \frac{R}{T} SV = E_a SV$$

$$E_a \approx \frac{R}{T} = \frac{HR}{60} \times R$$

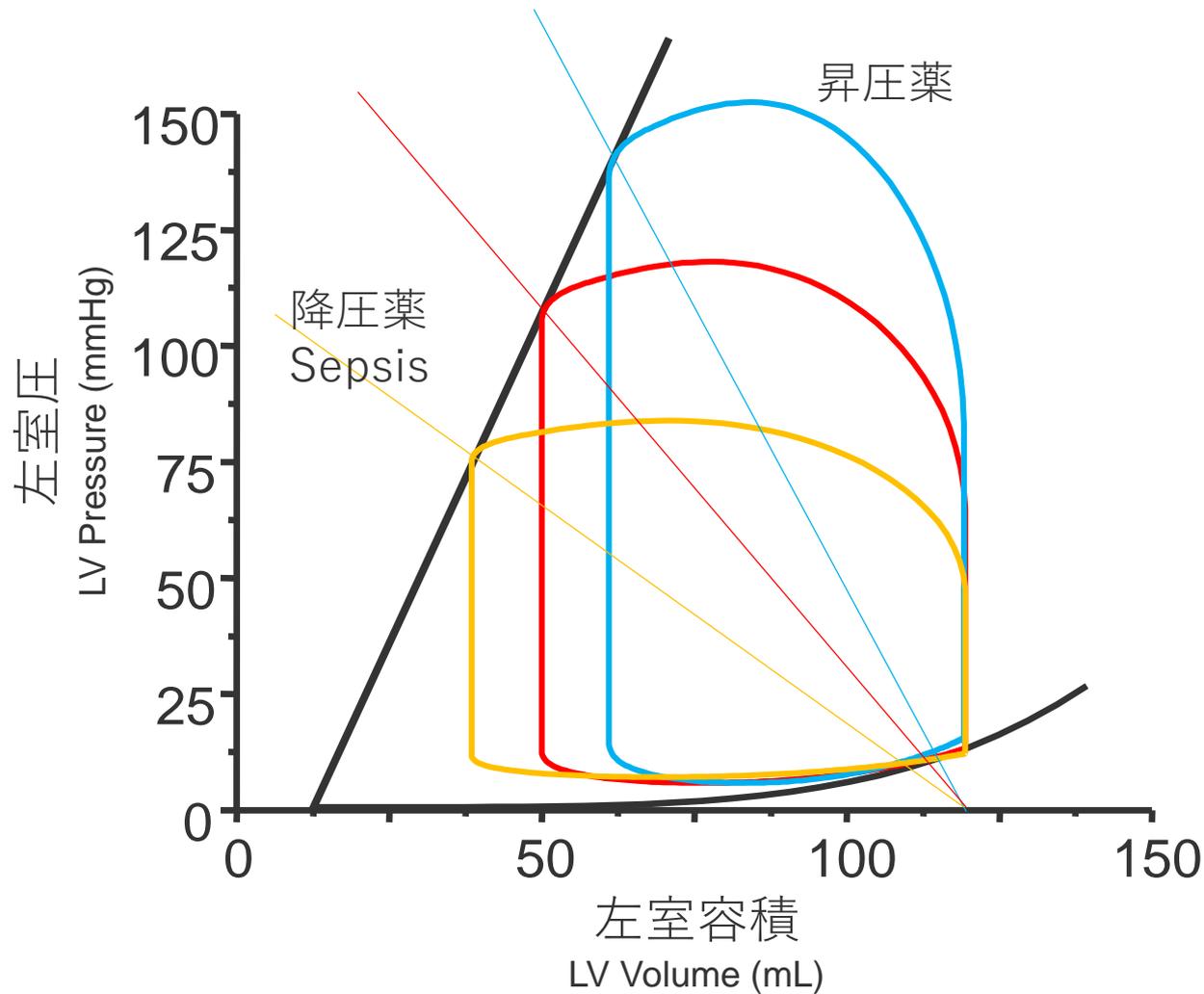
血管特性もエラスタンスのよう  
に表記し、PV loop内で後負荷を  
見事に表現した！！！！



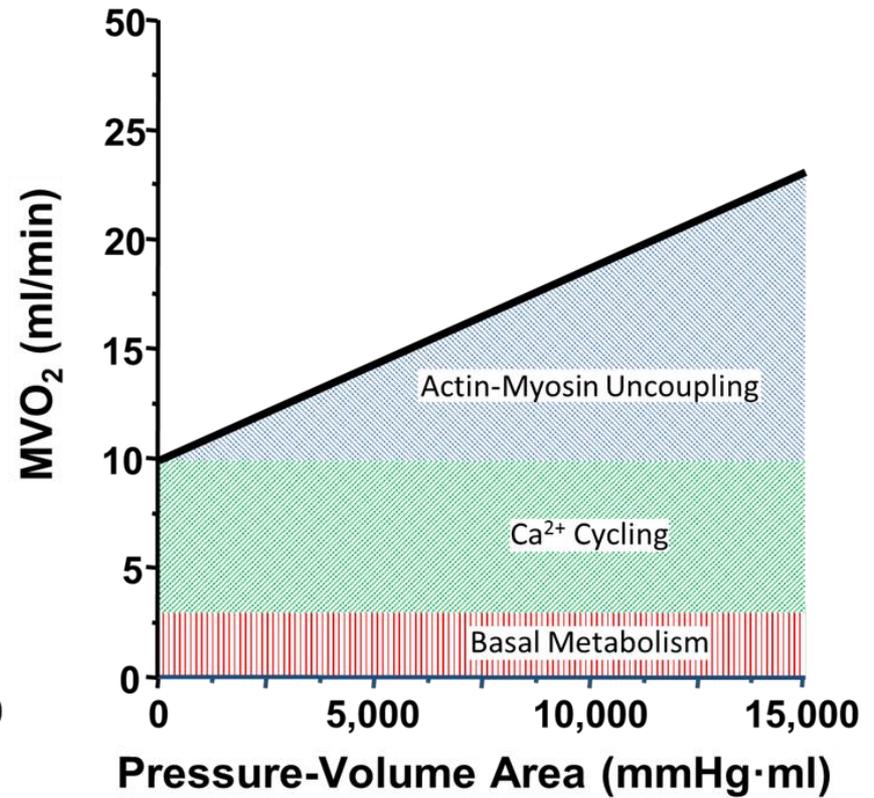
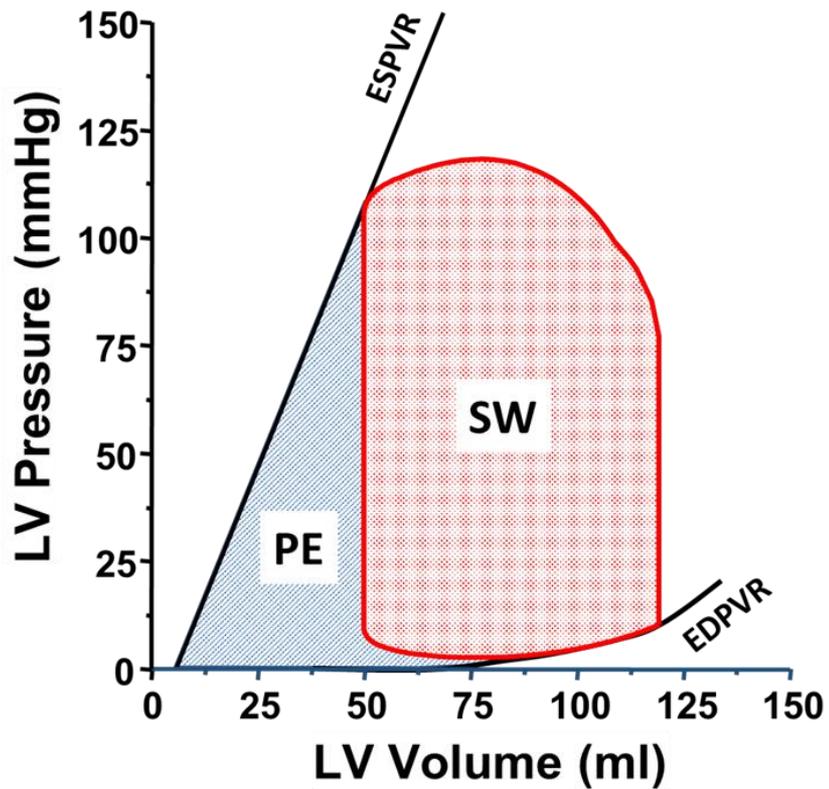
# 後負荷

※7月25日循環動態アカデミー  
Online第2回「後負荷は式展開  
にて理解しよう」にて！

※敢えてEDVが同じ場合



# PVAと酸素消費

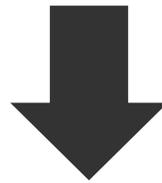


# 究極のクイズ

---

「いい心臓の **Stroke volume** は○負荷依存」

「わるい心臓の **Stroke volume** は○負荷依存」



心不全治療薬の効果

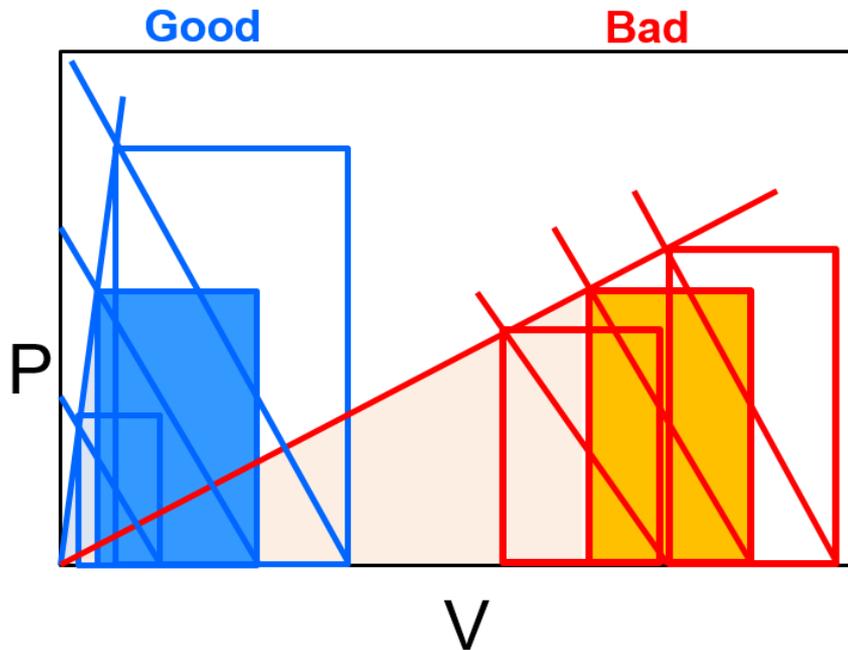
**Afterload mismatch** とは？

補助循環の効果

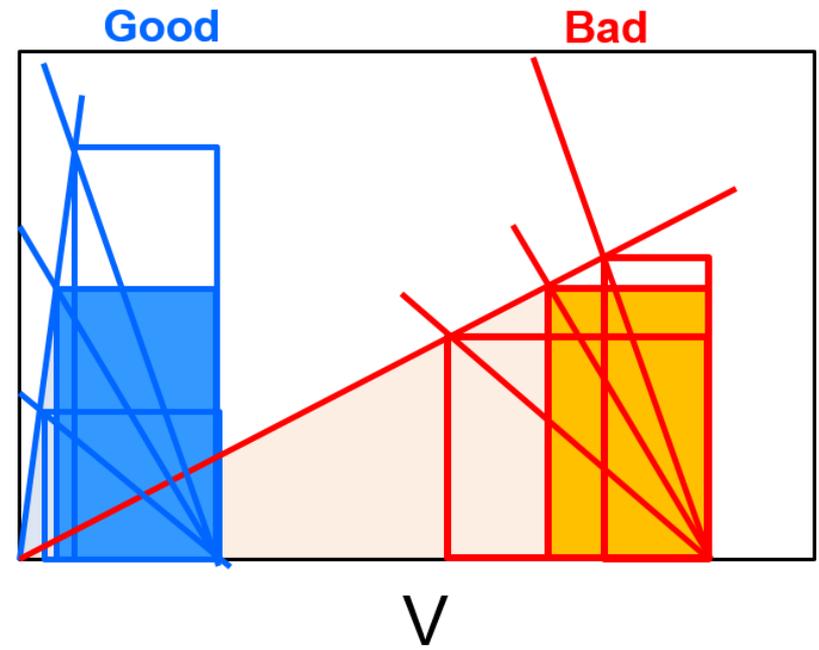
心不全になると血圧変動が減る

# PV loopで書くとわかる！

前負荷の変化によるSVへの影響



後負荷の変化によるSVへの影響



# Let's dive into the world of PV loop!

## Deep dive into PV loop

きっとPV loopが好きになる！

45分×5回でPV loopの基礎を網羅

- 6/7 温故知新のPV loop
- 6/13 心臓は硬さが変わる袋？
- 6/27 硬い心臓の意味わかりますか？
- 7/11 前負荷を知ることは全体を知ること
- 7/25 後負荷は式展開で理解しよう

Guest commentators

さまざまな分野エキスパートも参加していただきます！



土岐美沙子

林田晃寛

大西勝也

砂川賢二

循環動態アカデミー Online

21:00-21:45

### 6月13日：収縮

心臓の収縮性を理解する上で重要な時変エラスタンスについて解説し、さまざまな指標を見直します

### 6月27日：拡張

心臓の拡張性は単一の数値で表せません。指数関数的変化をする拡張性の定義を解説します

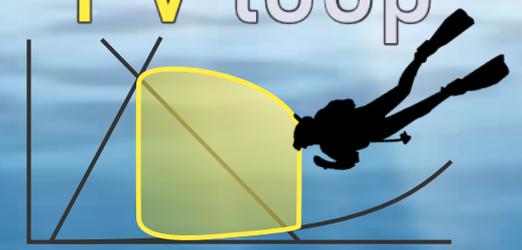
### 7月11日：前負荷

PV loopだけでは前負荷は定義できません。全身循環とPV loopをここで結合させます

### 7月25日：後負荷

$E_a$ の発案者砂川先生とともに理論から臨床的な有用性までを整理をしていきます

Deep dive into  
PV loop



Facebook



Twitter

# #循環動態アカデミー

感想・ご意見宜しくお願い致します

投稿時にはハッシュタグをお願いします

