



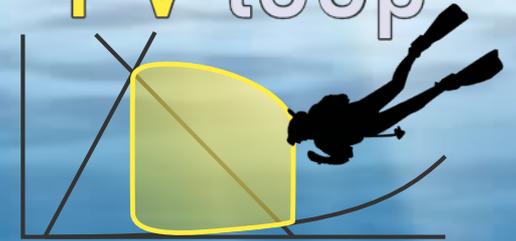
Facebook



Twitter

フォローよろしくお願いします
#循環動態アカデミー

Deep dive into
PV loop



前負荷を知るとは全体を知ること －心臓の前負荷－

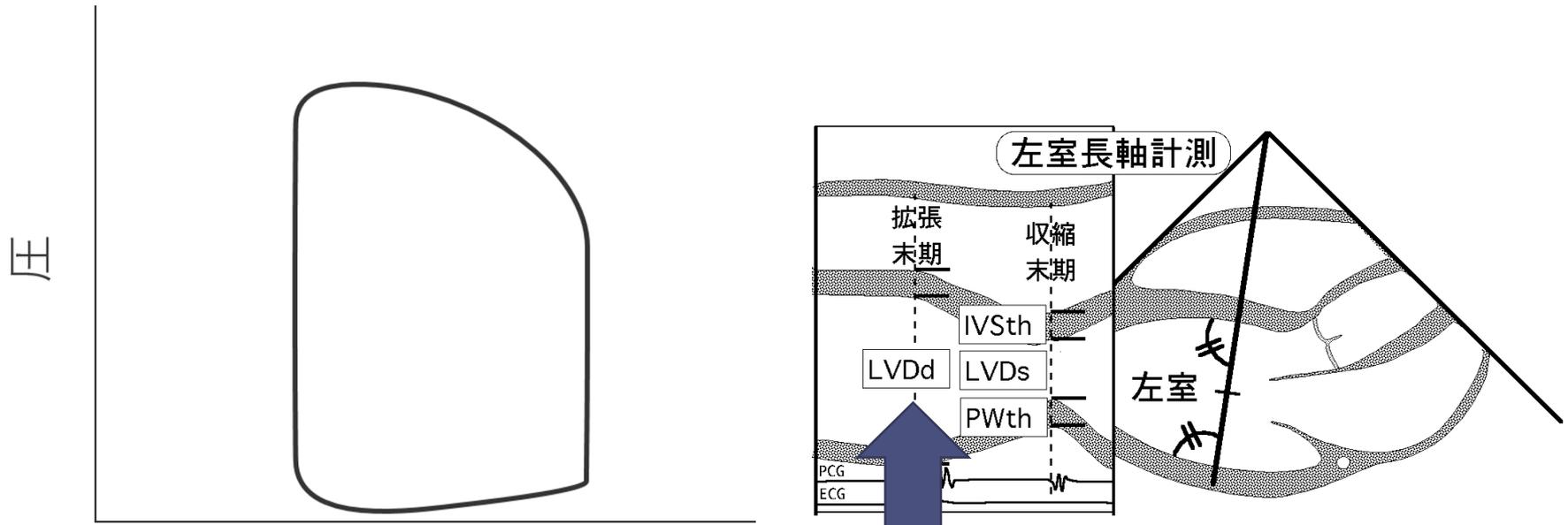
朔 啓太（国立循環器病研究センター）

これからの
「前負荷」の
話をしよう

問題：心臓の前負荷とはなんですか？

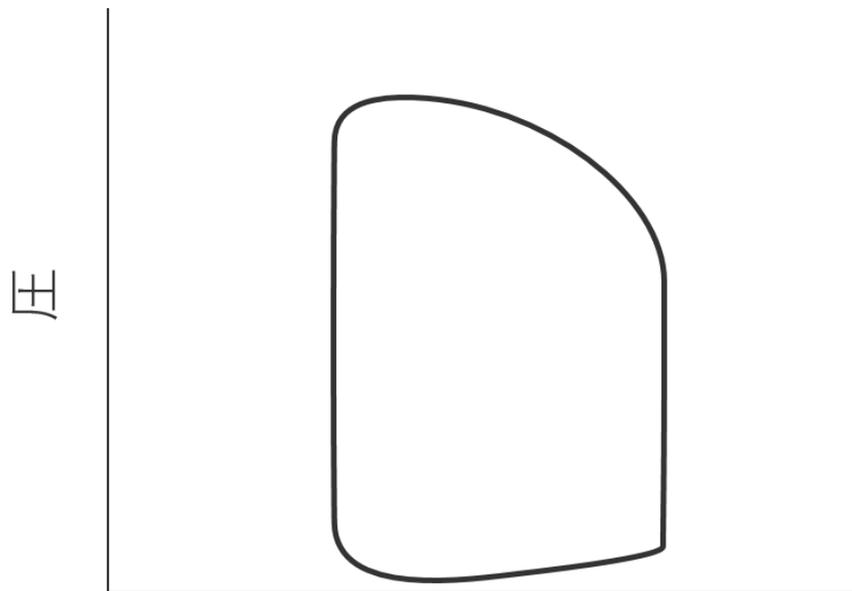
- ① LVEDV
- ② LVEDP
- ③ Stressed blood volume
- ④ Mean circulatory filling pressure
- ⑤ いや、中々深いよねー

答え



PV loopのここです

答え



そうシンプルにいか
んのじゃ～

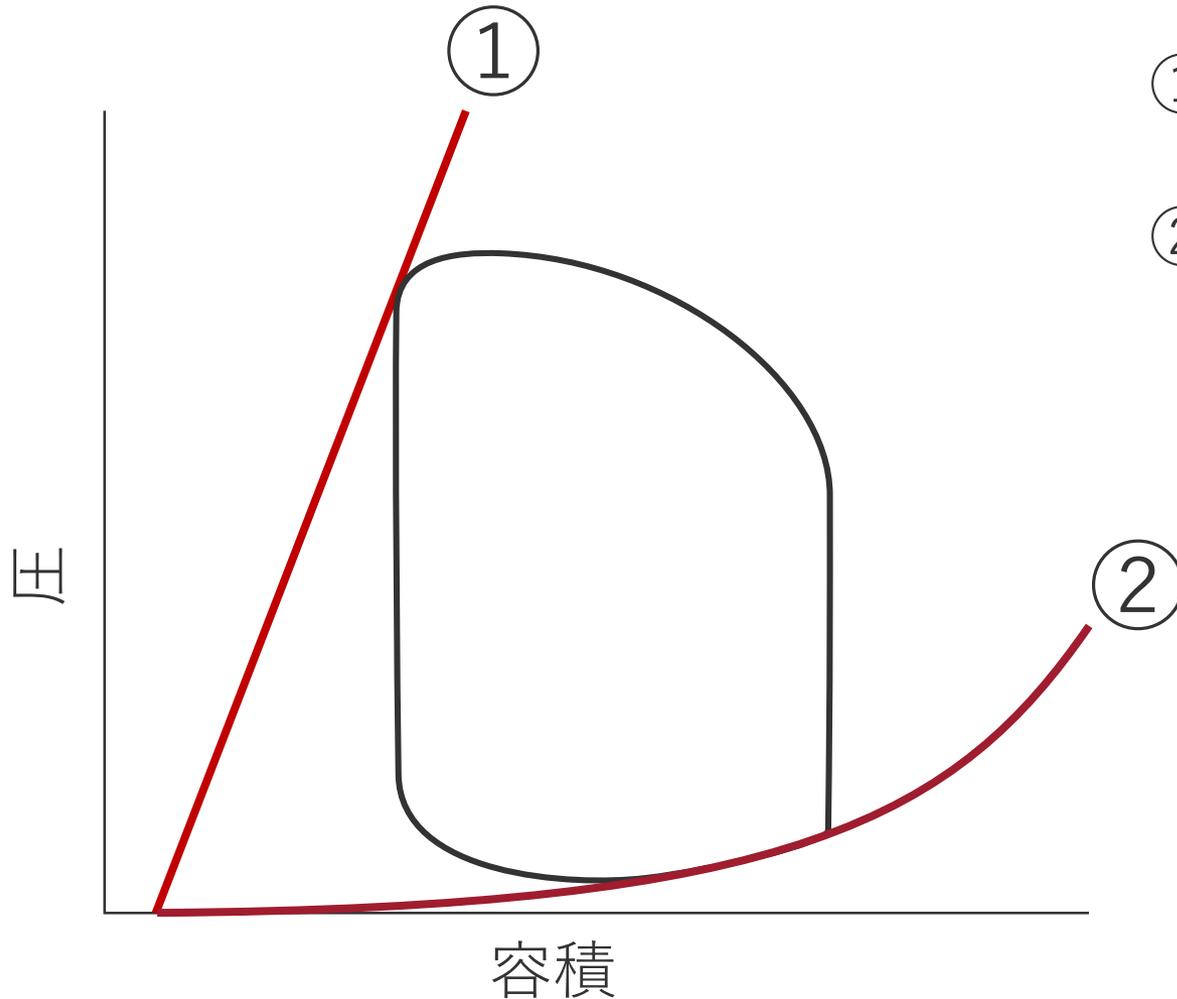


PV loopのここです

答え

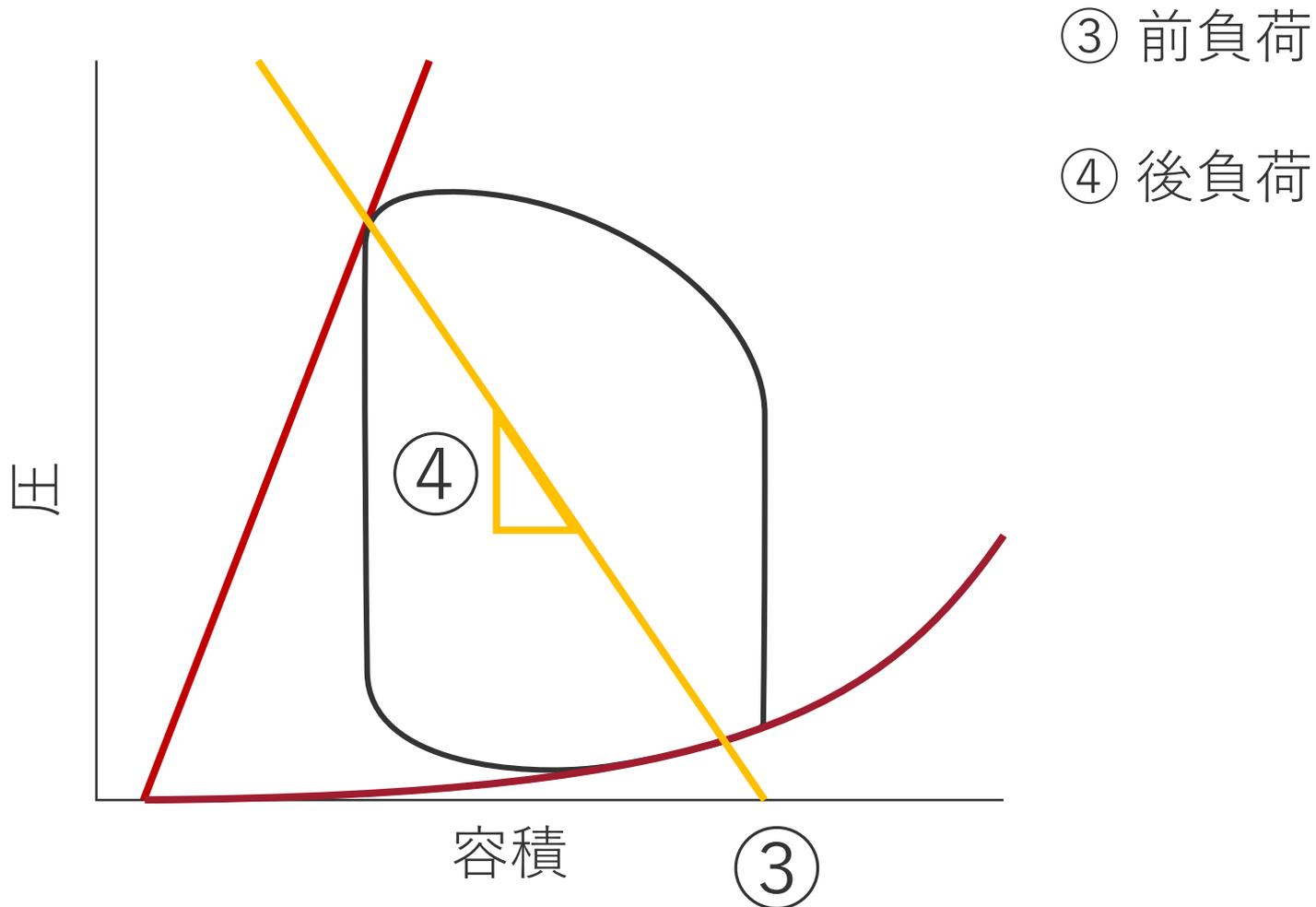
- ① LVEDV
- ② LVEDP
- ③ Stressed blood volume
- ④ Mean circulatory filling pressure
- ⑤ いや、なかなか深いよねー

心臓機能ガチ勢はPV loopを決定できない

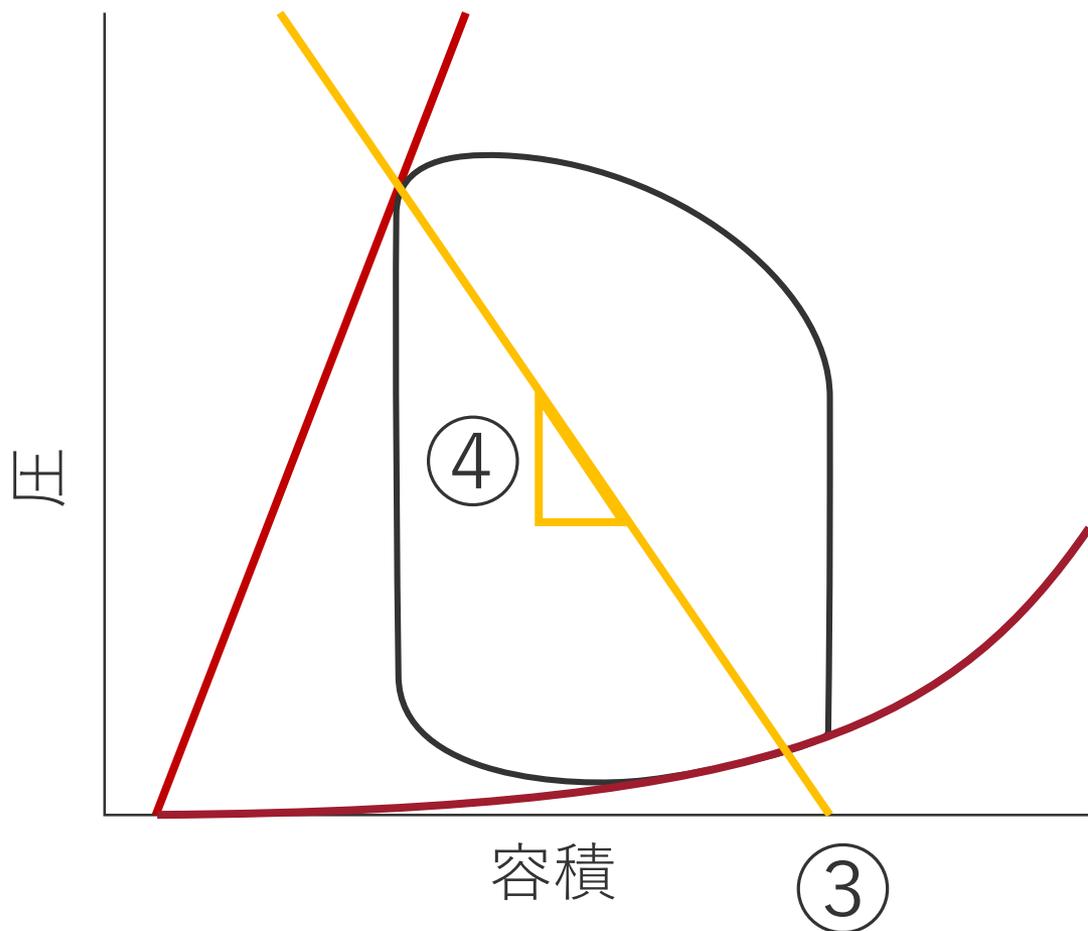


**心機能
ガチ勢**

PV loopは前負荷と後負荷が入って決まる



前負荷と後負荷は非心臓の特性で決まる



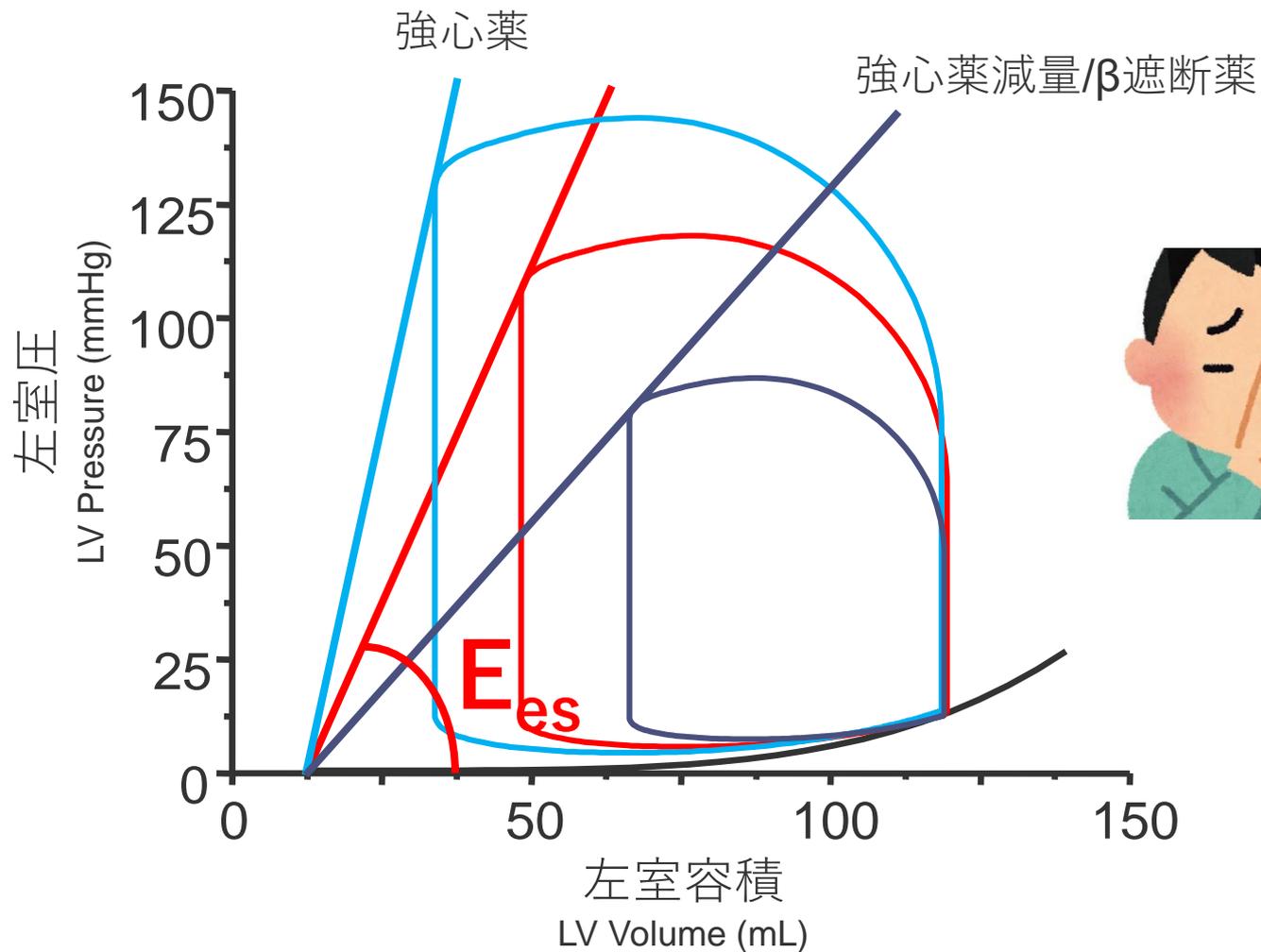
③ 前負荷：今日

④ 後負荷：7/25

心臓以外の機能/性質が入る

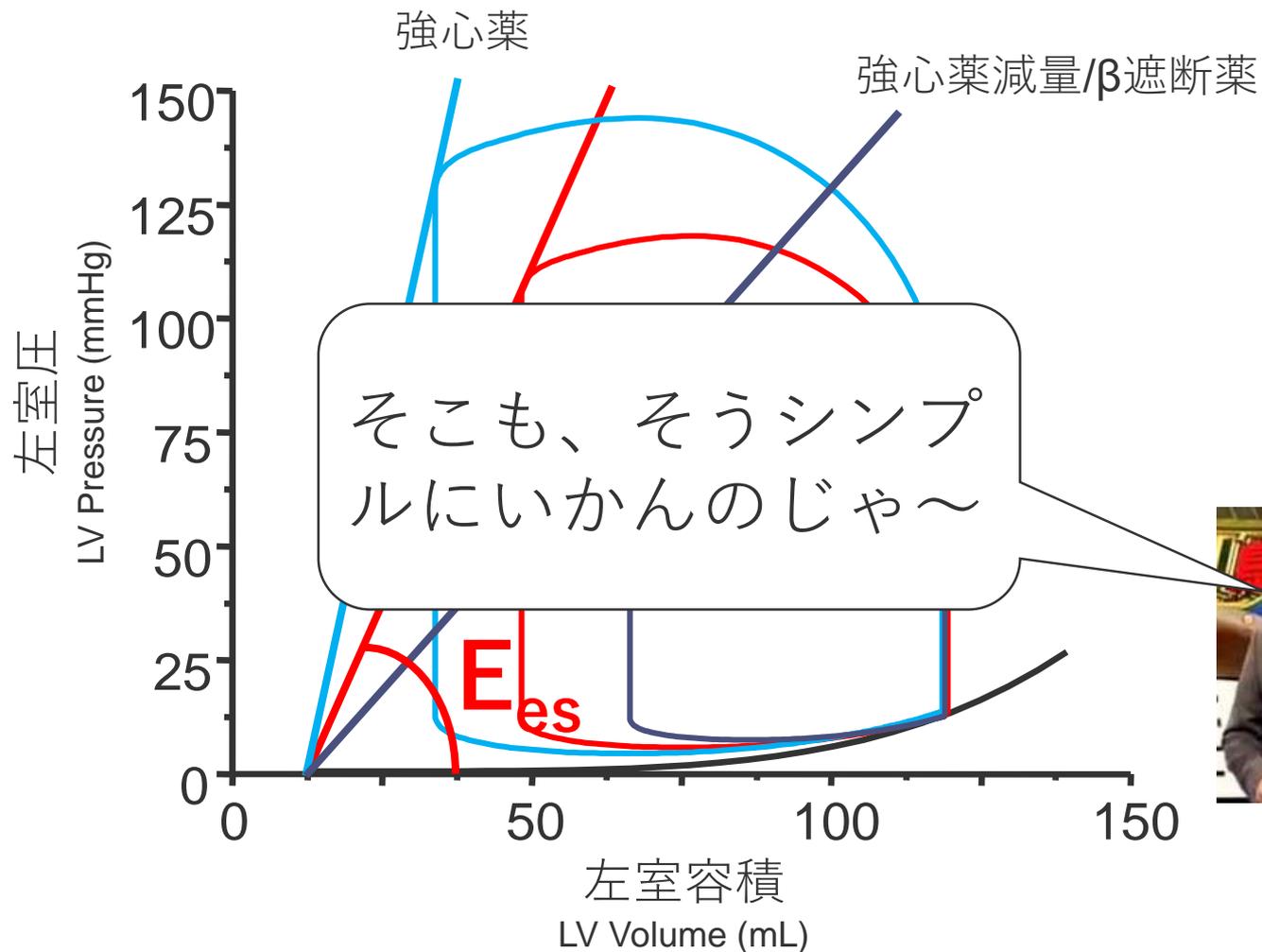
心収縮が変わったときに前負荷が変わる？

※敢えてEDVが同じ場合



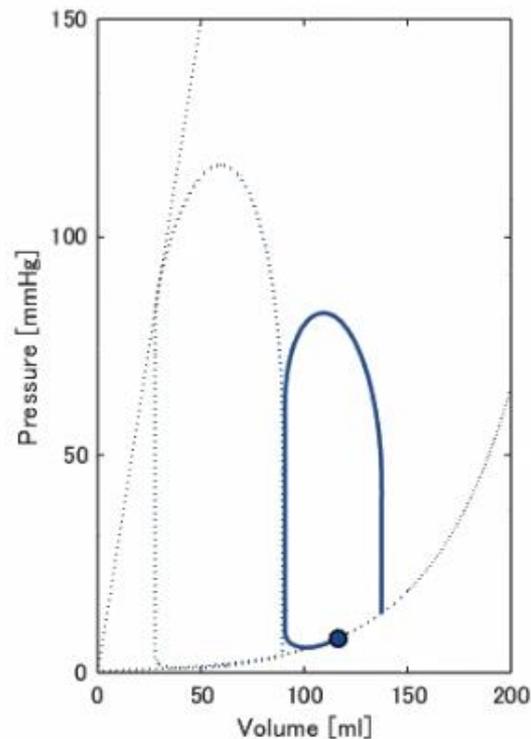
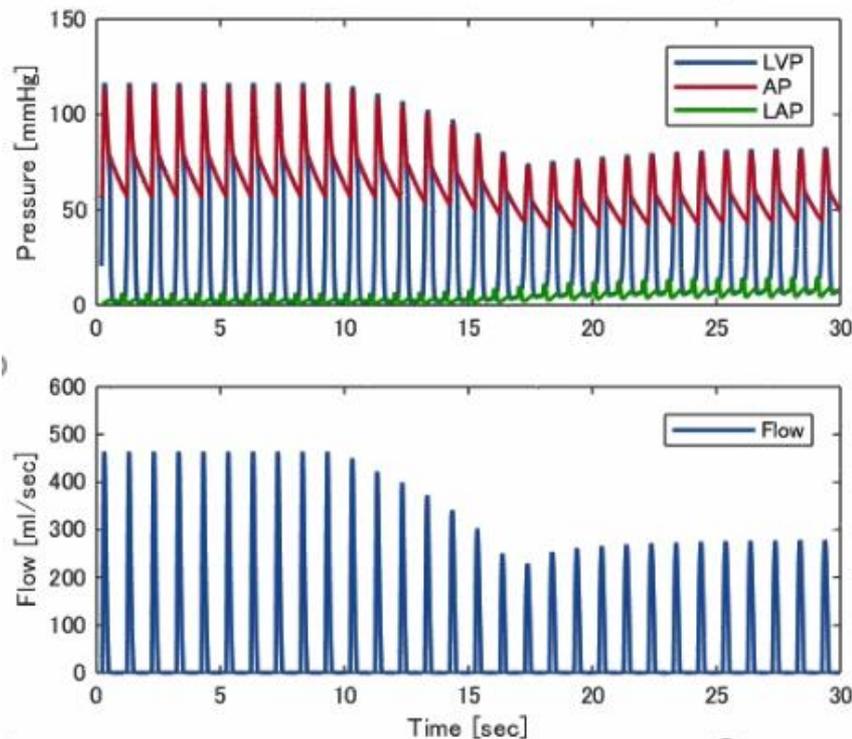
心収縮が変わったときに前負荷が変わる？

※敢えてEDVが同じ場合



心収縮が変わったときに前負荷が変わる？

Eesだけ落としたシミュレーション



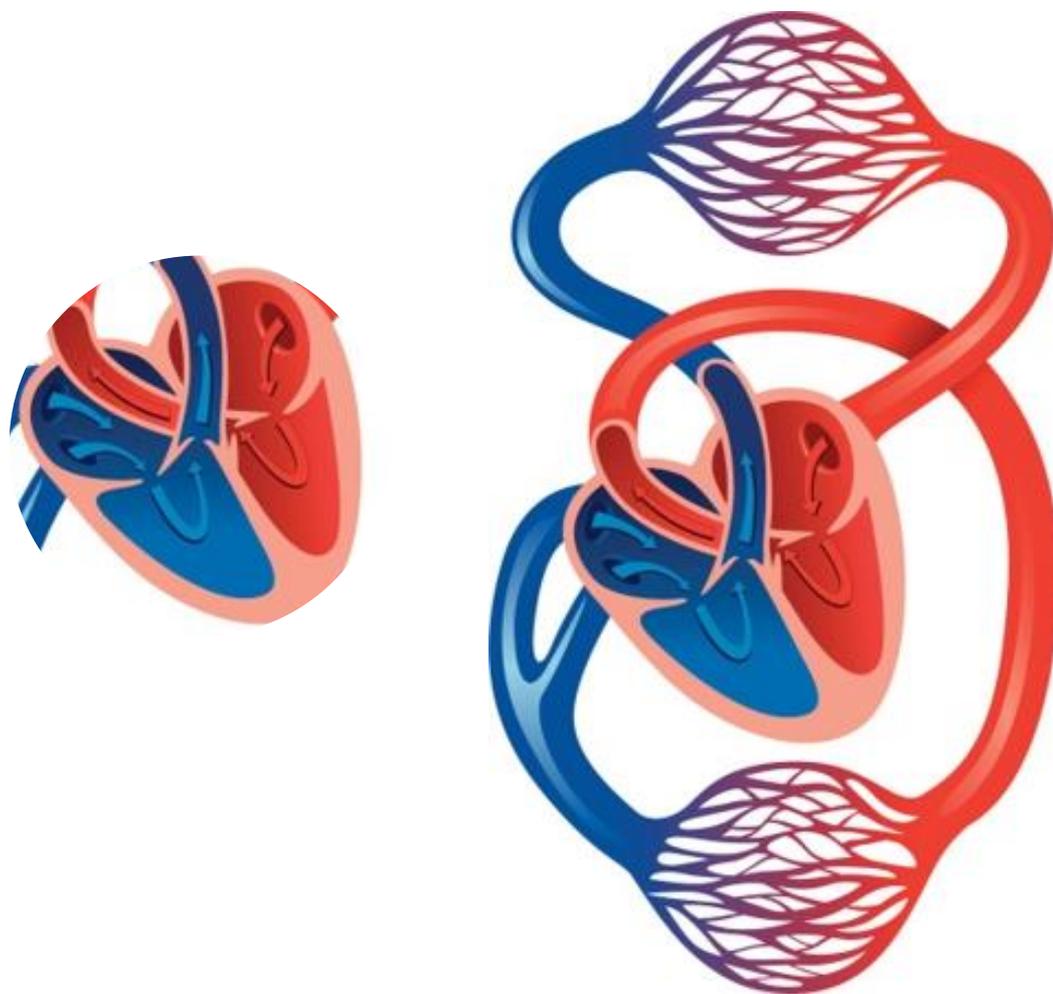
前負荷が心室への灌流量とそれによる心室径だけで語られることがあります、それだけでは×

前負荷は

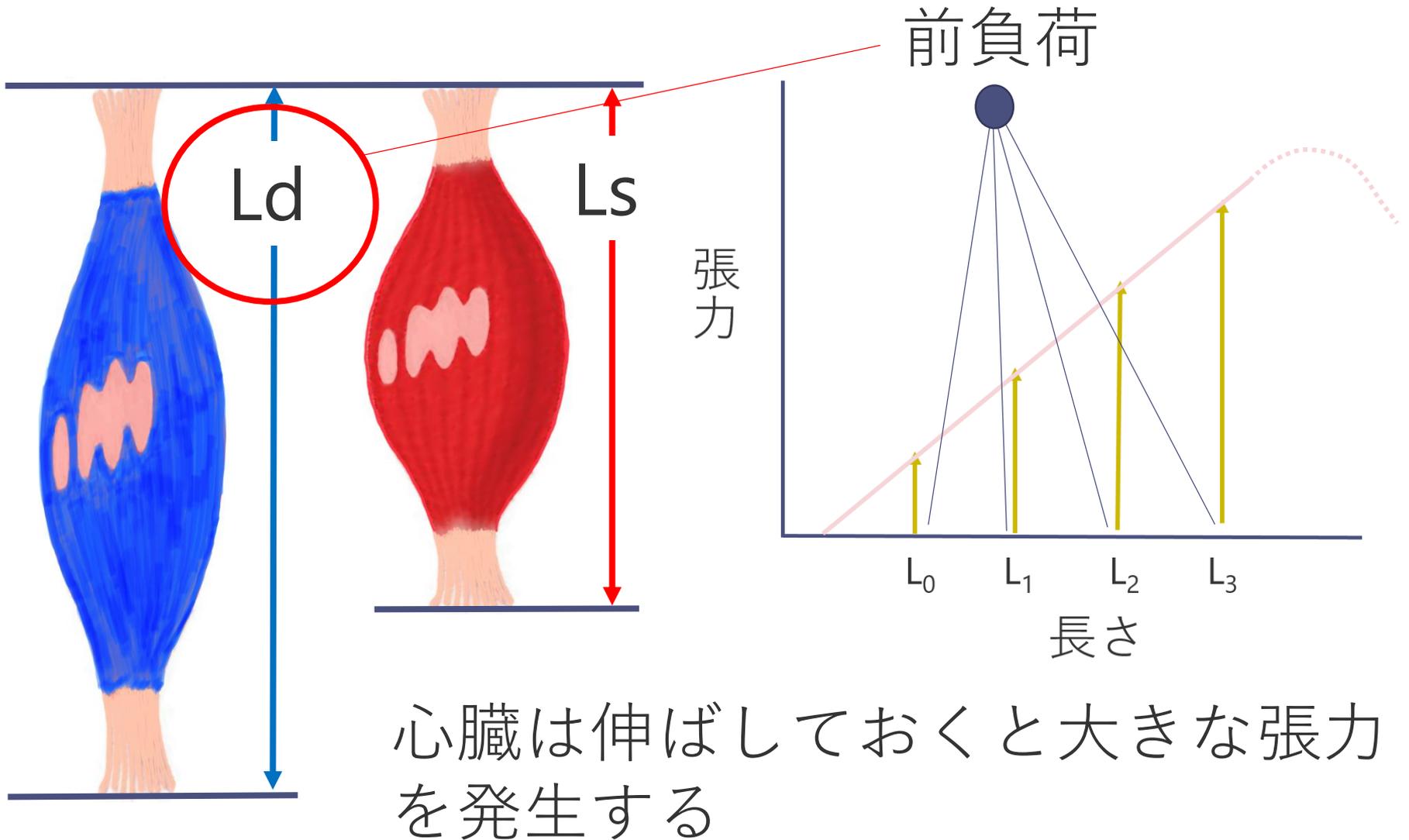
PV loopで

語れない

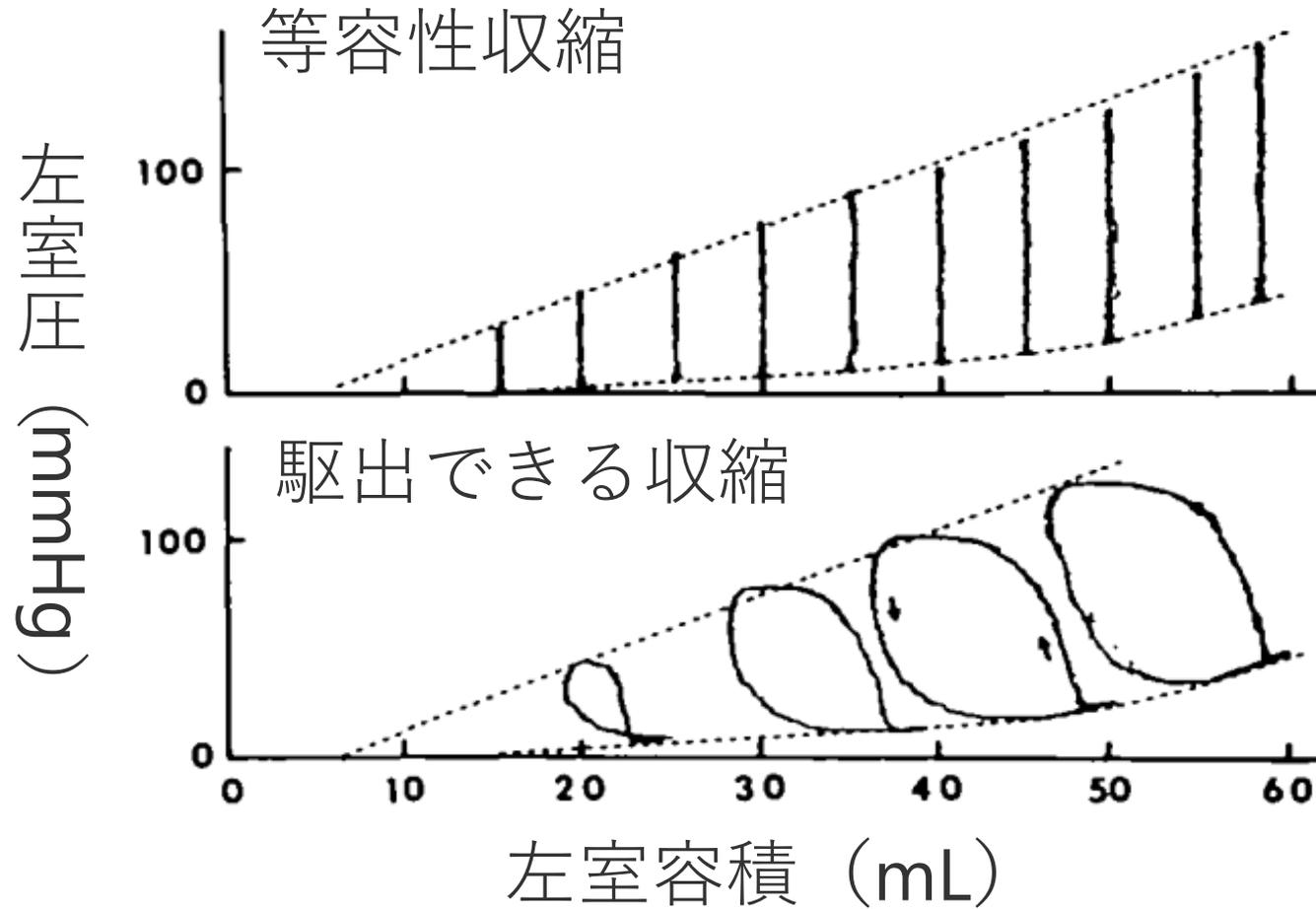
循環全体の理解



前負荷の定義



前負荷の定義



前負荷がどう決まっているのか？

前負荷決定機構の理解はほんとにDeep

PV loop 心機能曲線 静脈還流

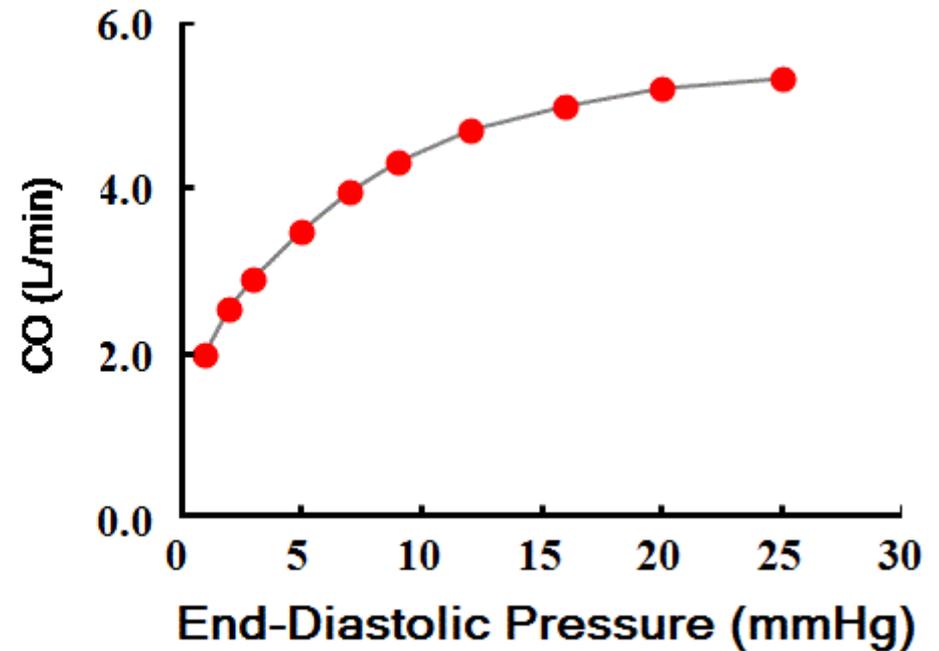
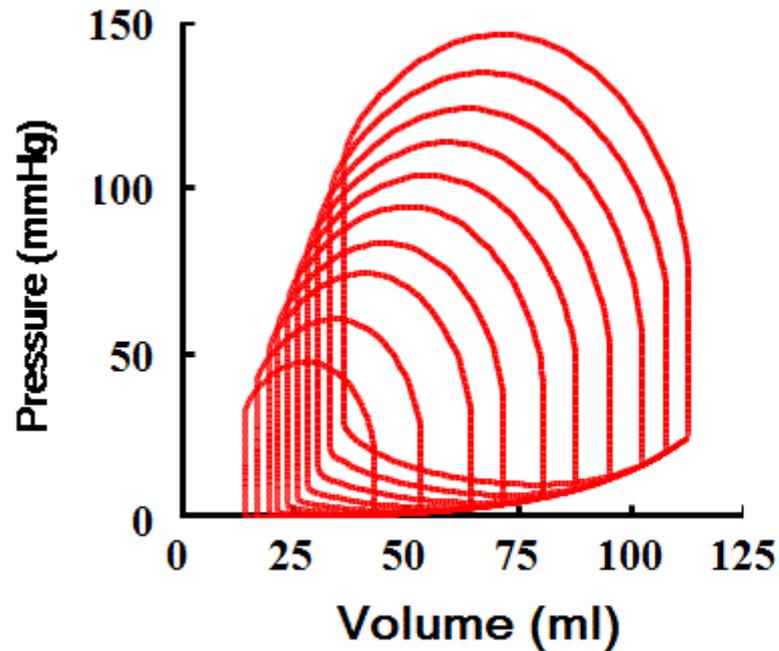


ガイトンの
循環平衡



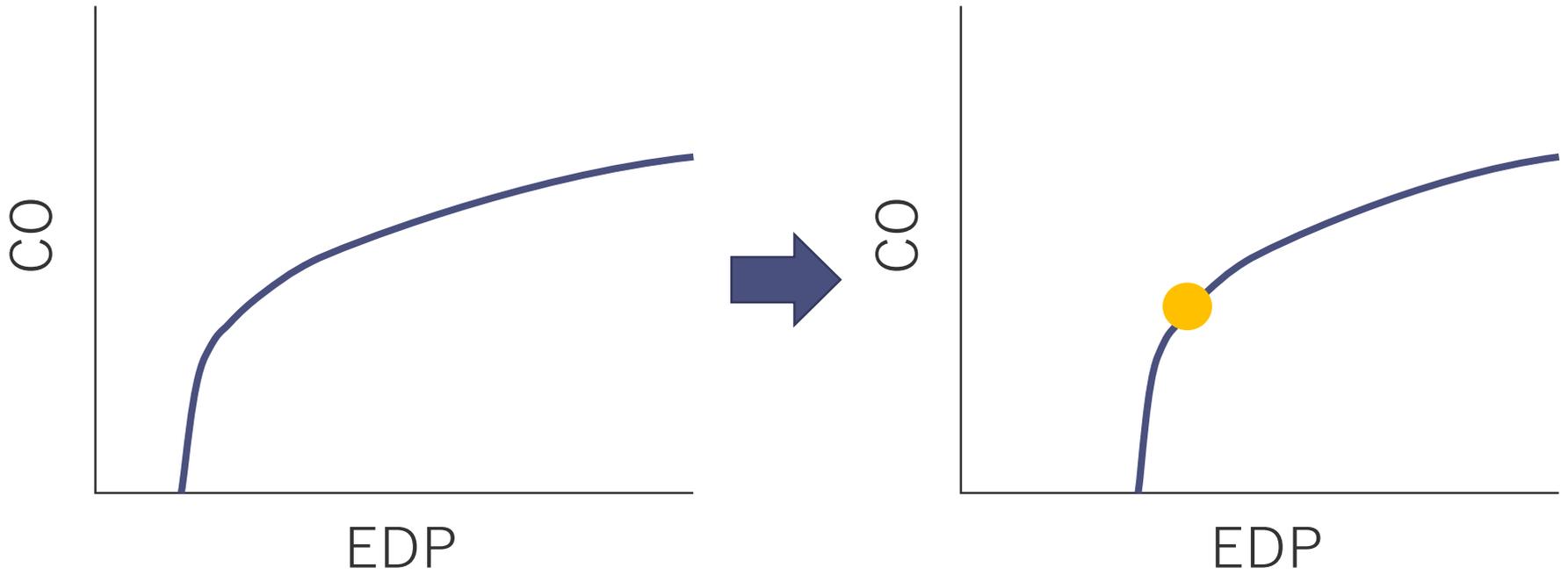
3次元循環平衡（一般化循環平衡）

心機能曲線

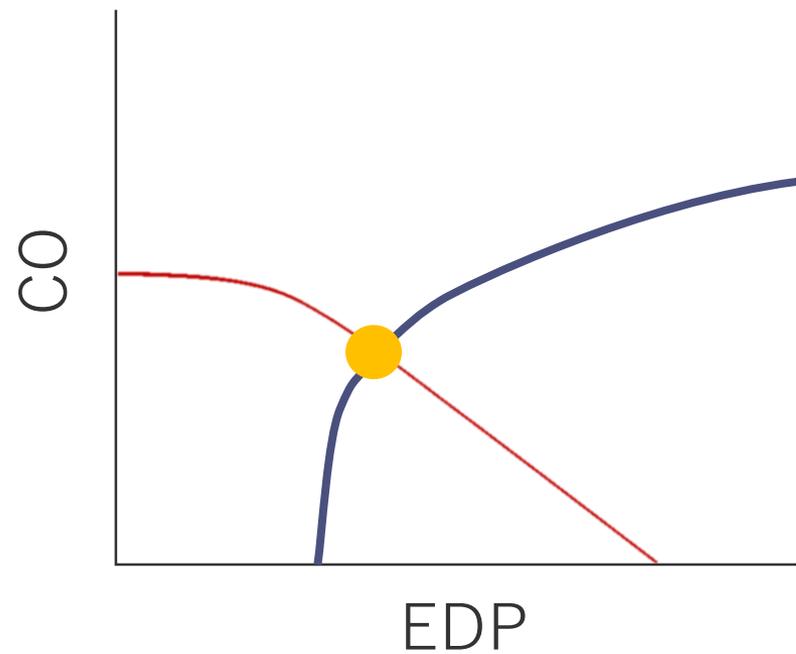
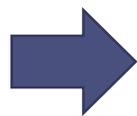
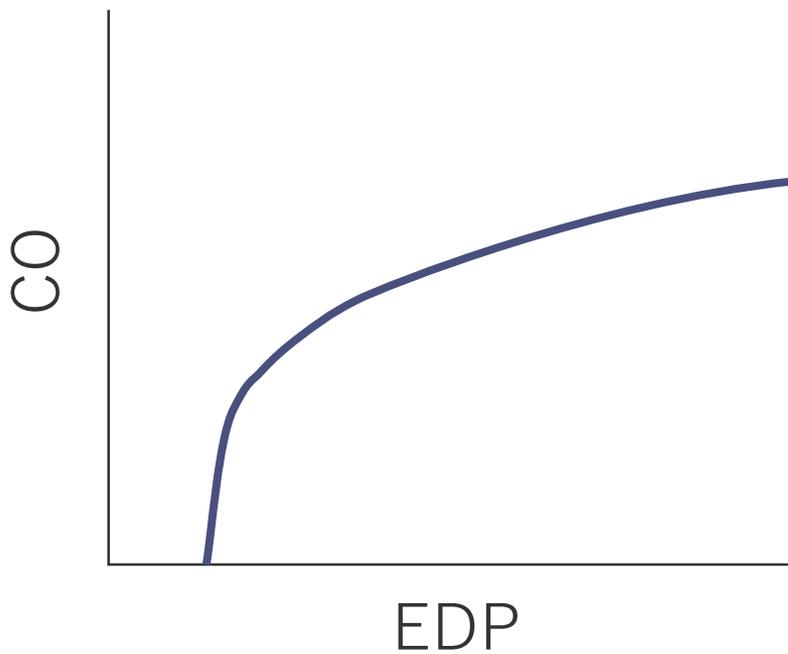


それぞれのpreload時の左室拡張末期圧とstroke volume × 心拍数をプロット

循環動態



赤い線がぼんやり見えますか？

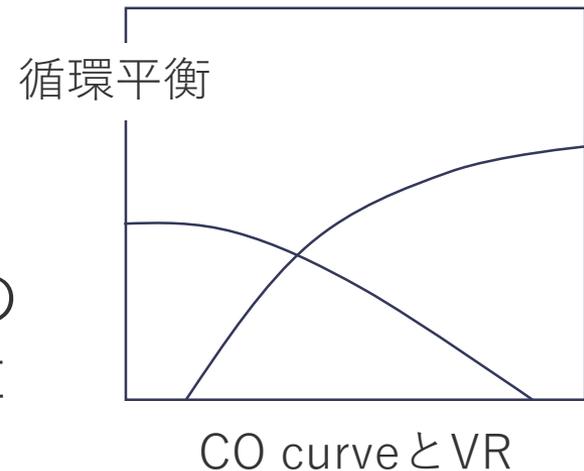
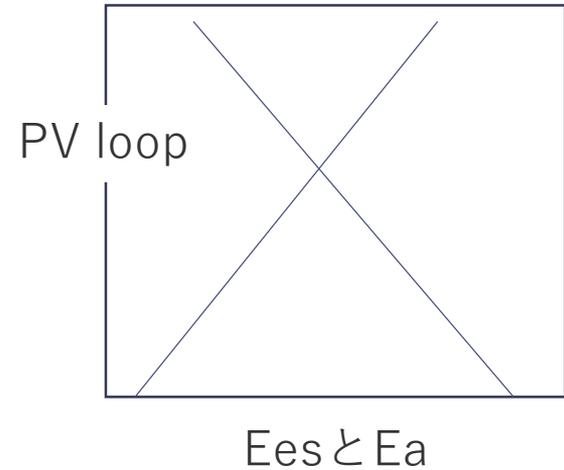


余談



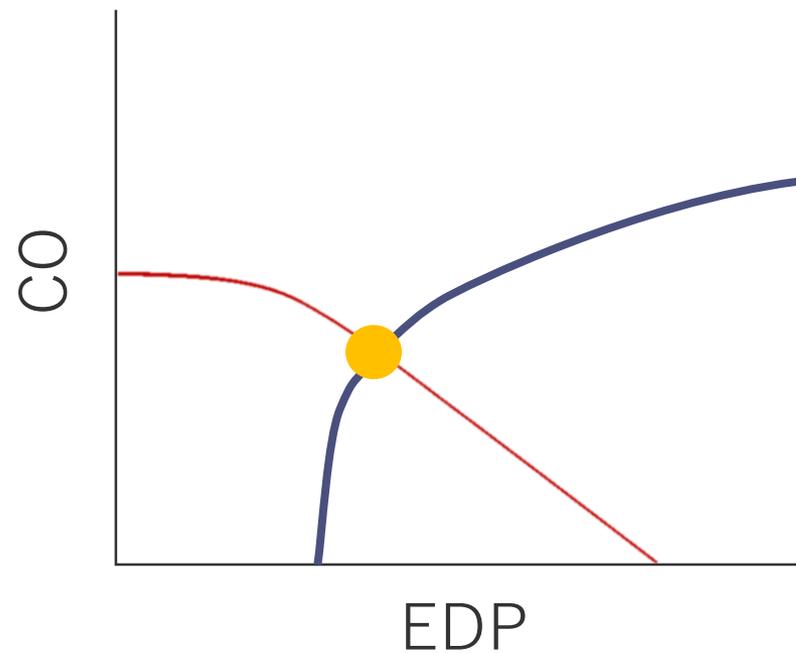
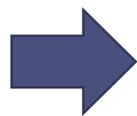
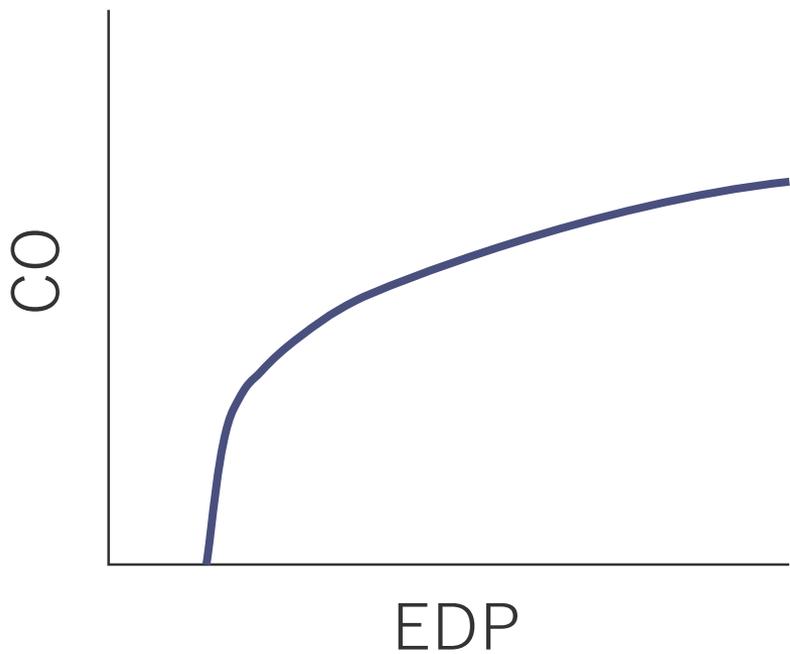
余談

こんなポーズしてたら大体わかってる人



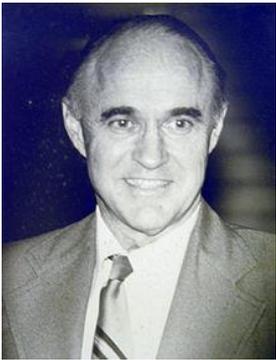
PV loopも循環も何かと何かの
平衡点なんだという理解は大事

赤い線 = 静脈還流曲線

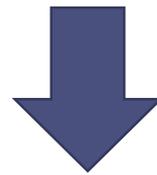


静脈還流を考えよう

Arthur Guyton (1919-2003)

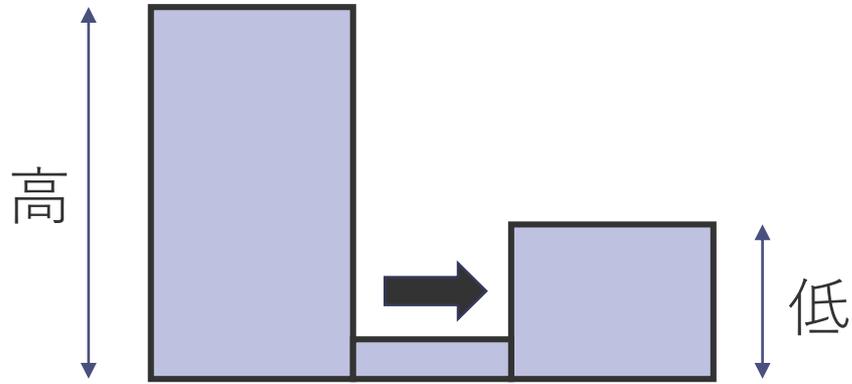


心臓はもどってくる以上
に拍出できない



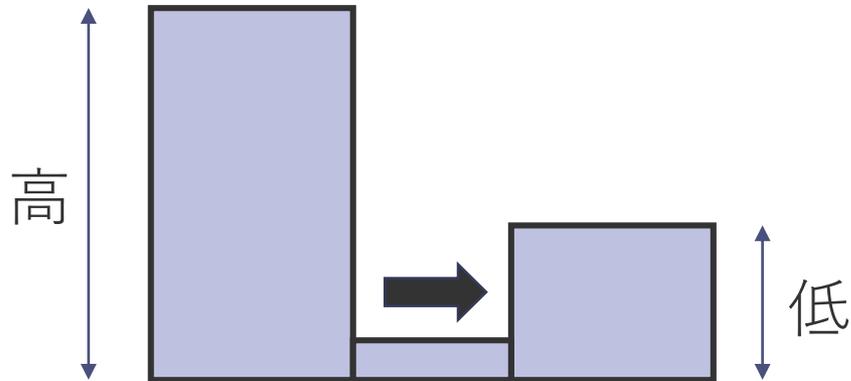
どんな戻り方をしてい
るのか？

圧較差で血液は流れる

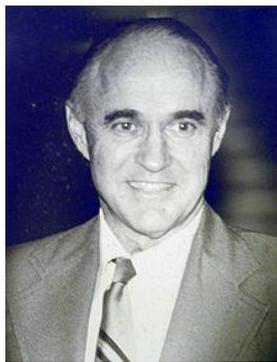


高い圧から低い圧に
水は流れる

圧較差で血液は流れる

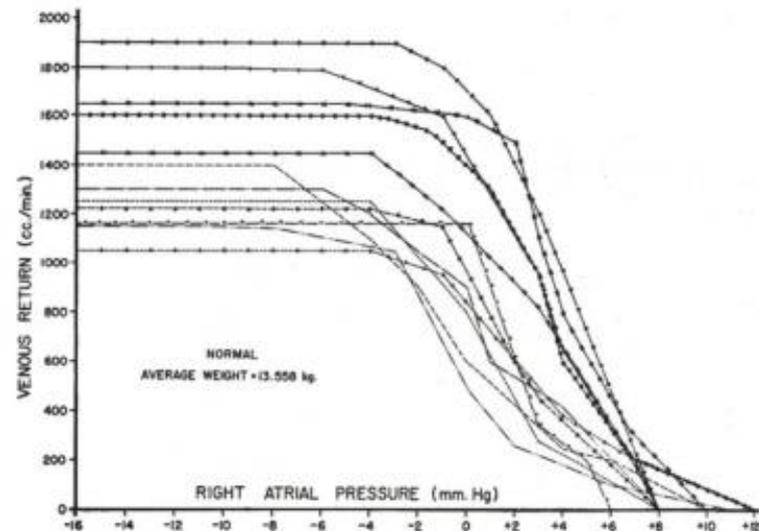
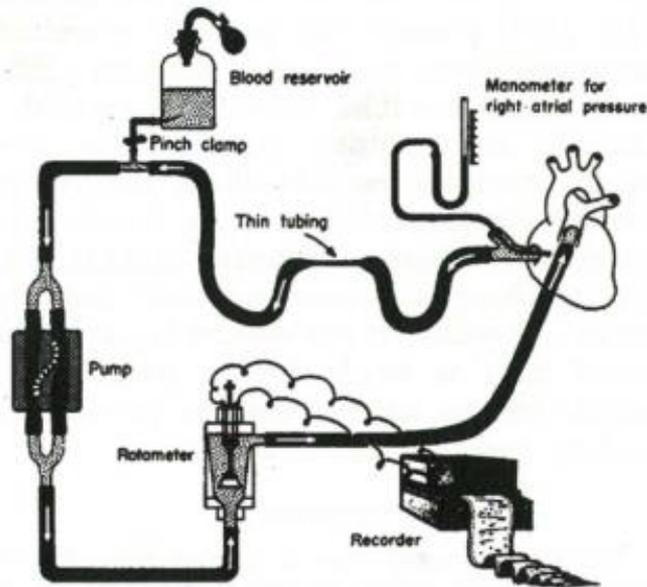


高い圧から低い圧に
水は流れる



中心静脈圧が高いと
血がかえって来ない
のではないか？

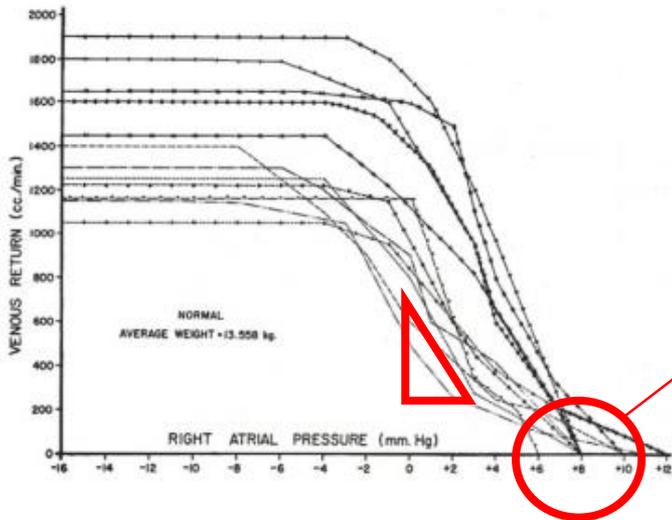
ガイトンの実験



中心静脈圧（この実験ではRAP）を瞬時に変化できる実験系

中心静脈圧がある値になると静脈還流がなくなり、それより下がると増え始める→**静脈還流曲線**

平均循環充満圧

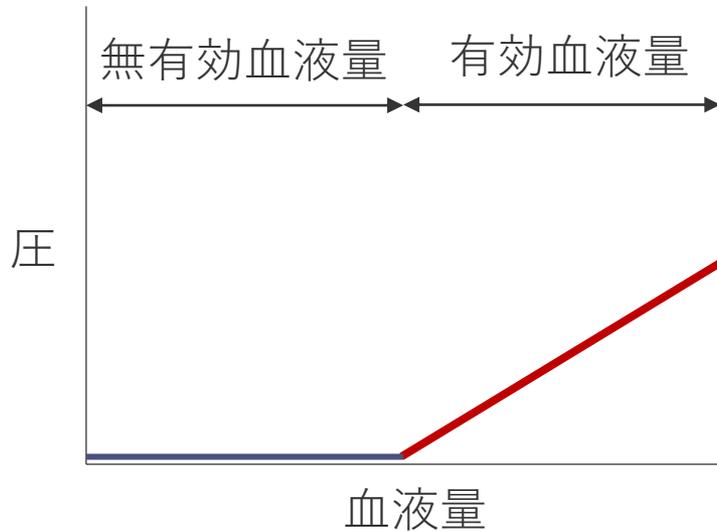


静脈還流ゼロの圧
= 平均循環充満圧
= 循環が停止し、一定
になった場合の圧

平均循環充満圧より中心静脈圧がどの程度低いかで
静脈還流量が決まる

$$\text{静脈還流} = \frac{\text{平均循環充満圧} - \text{中心静脈圧}}{\text{曲線の傾き (静脈還流抵抗)}}$$

平均循環充満圧を作るもの



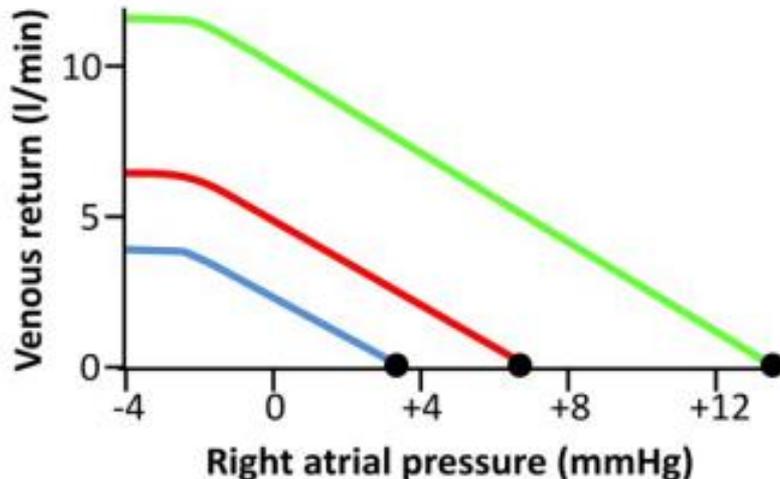
圧発生に関わる血液量と関係のない血液量がある



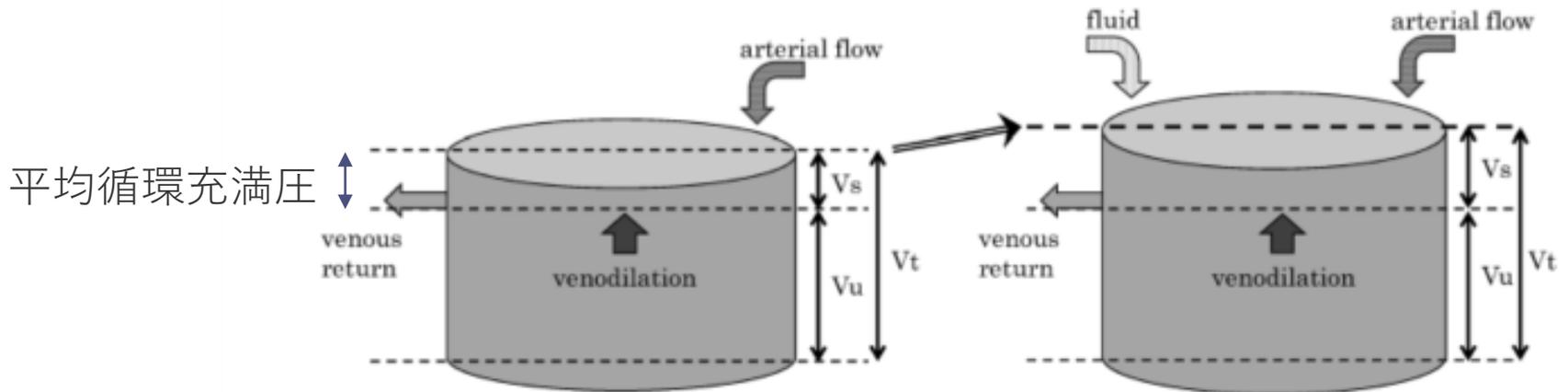
平均循環充満圧は有効循環血液量で決まる



輸液をすると平均循環充満圧が増加し、静脈還流曲線が平行に上方へ、脱血をすると平行に下方へ

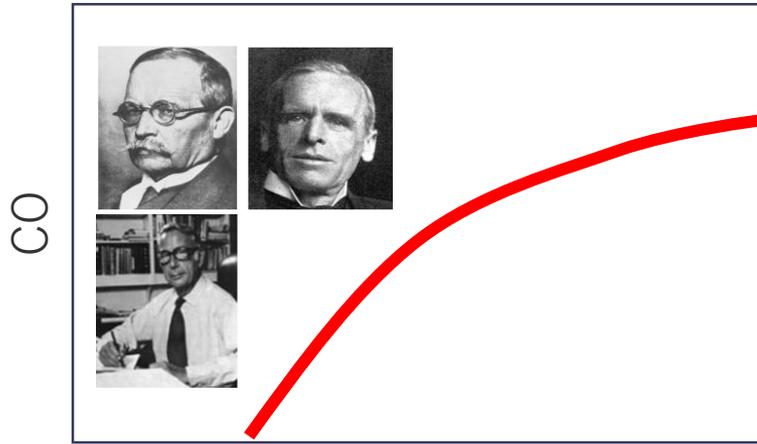


メモ



- 一般には総血液量の 1/4 程度が有効血液量
- 体重 1 kg あたりの血管コンプライアンスは 2.72 mL/mmHg
- 平均循環充満圧を 7 mmHg とすると、有効血液量は $2.72 \times 7 \approx 20$ mL/kg 程度
- 交感神経緊張で 9 ml/kg 近くの有効循環血液量を増加させることができる

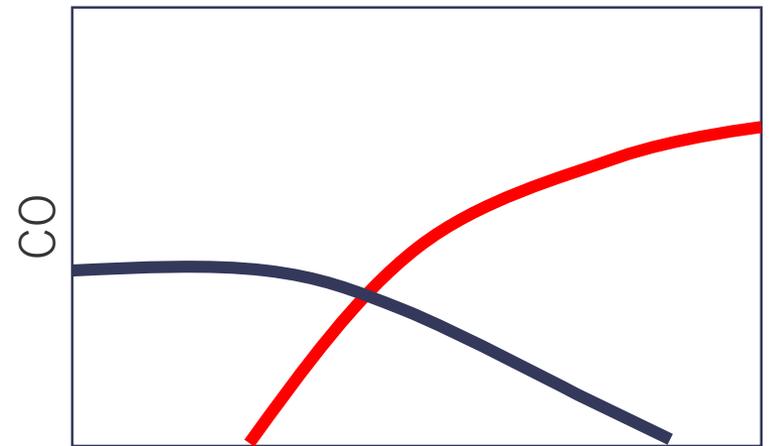
合体 = 循環平衡



RAP



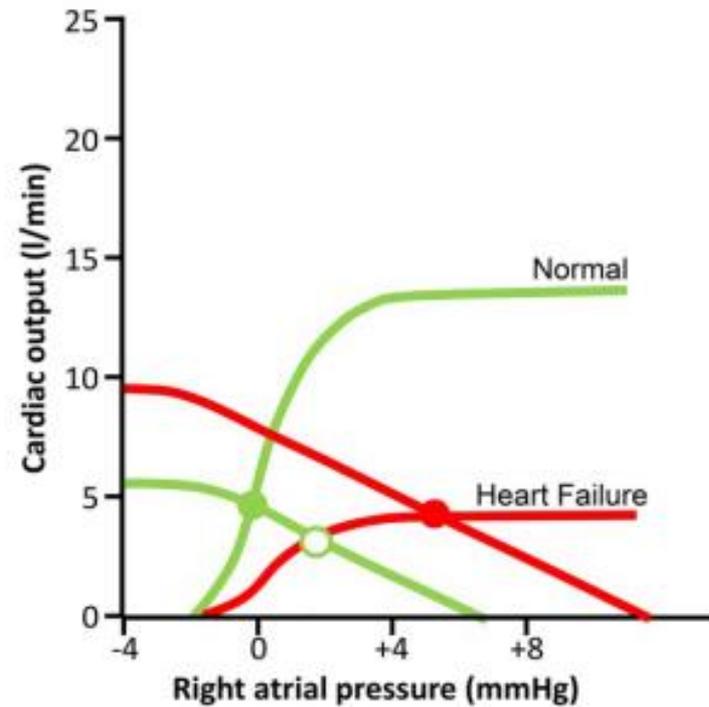
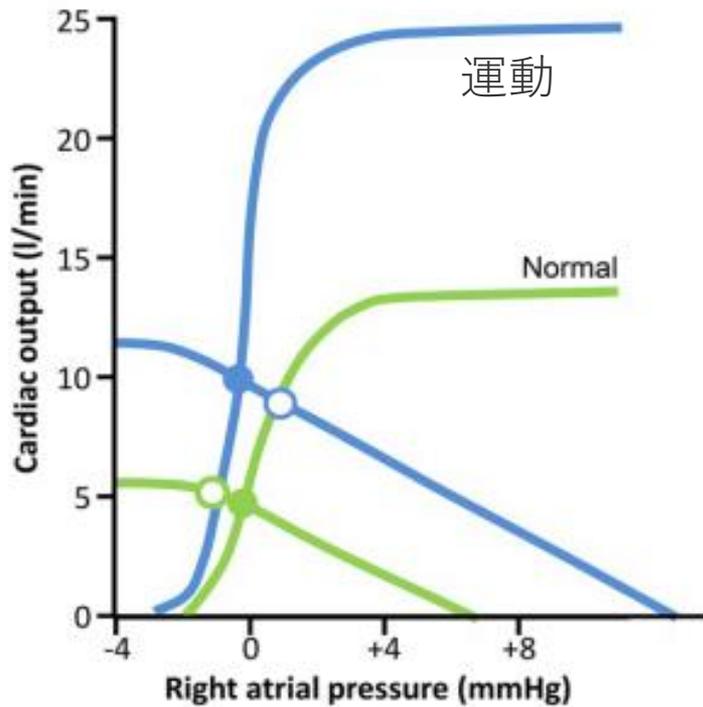
RAP



CO

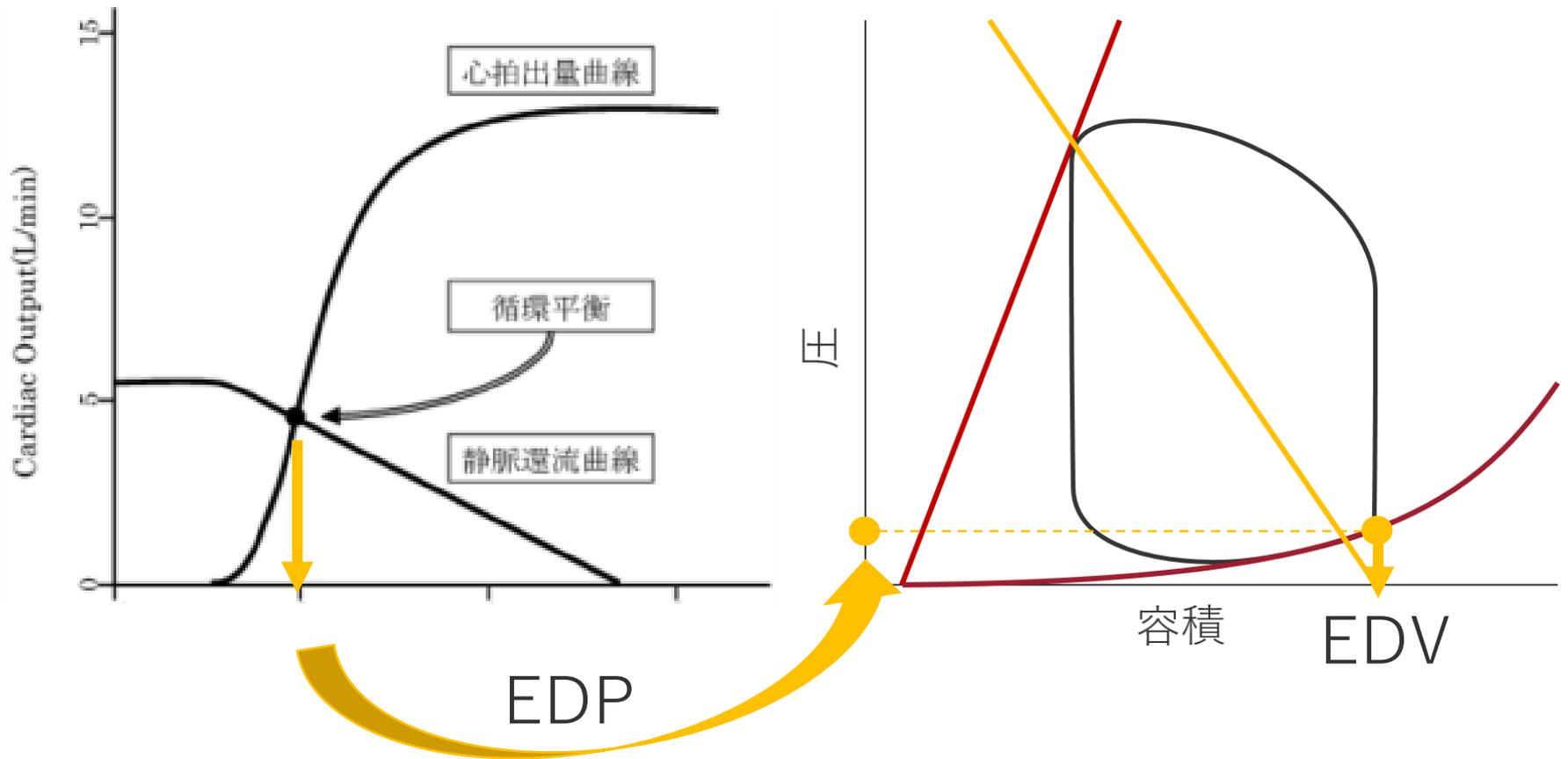
RAP

循環平衡で前負荷は決まる

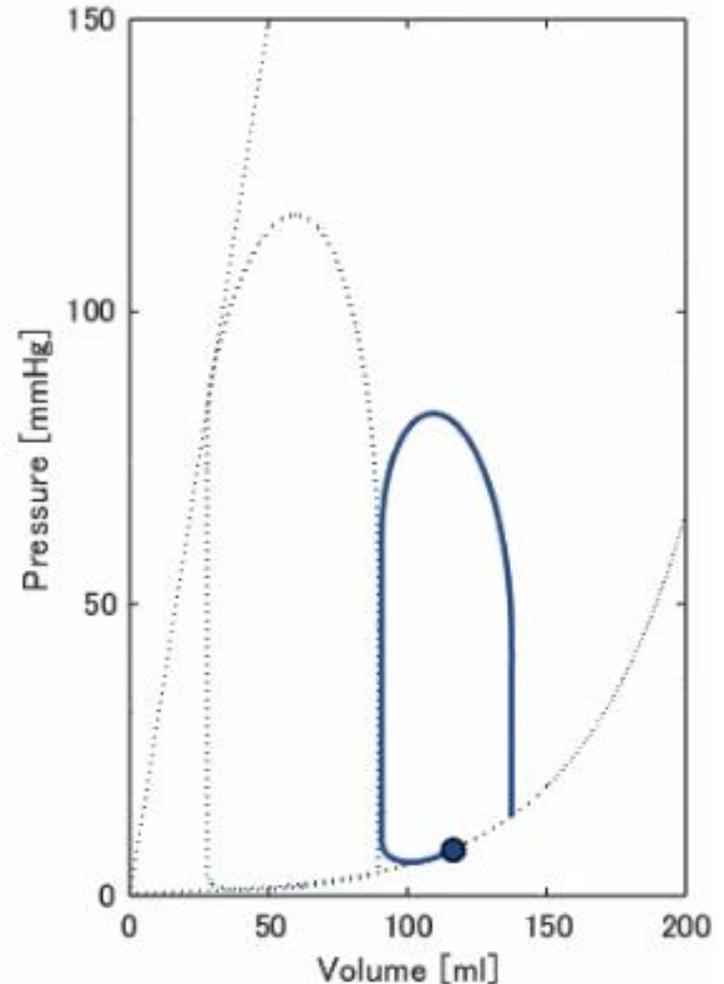
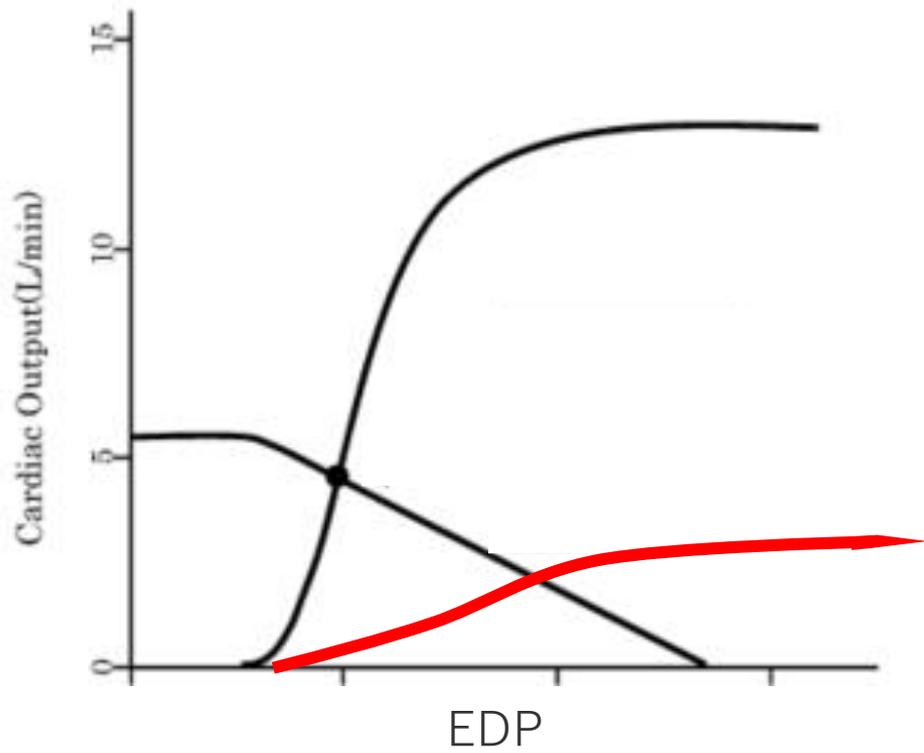


美しくシンプルに正常/病態が記述
→ガイトン最強説

ここでPV loopに戻れる

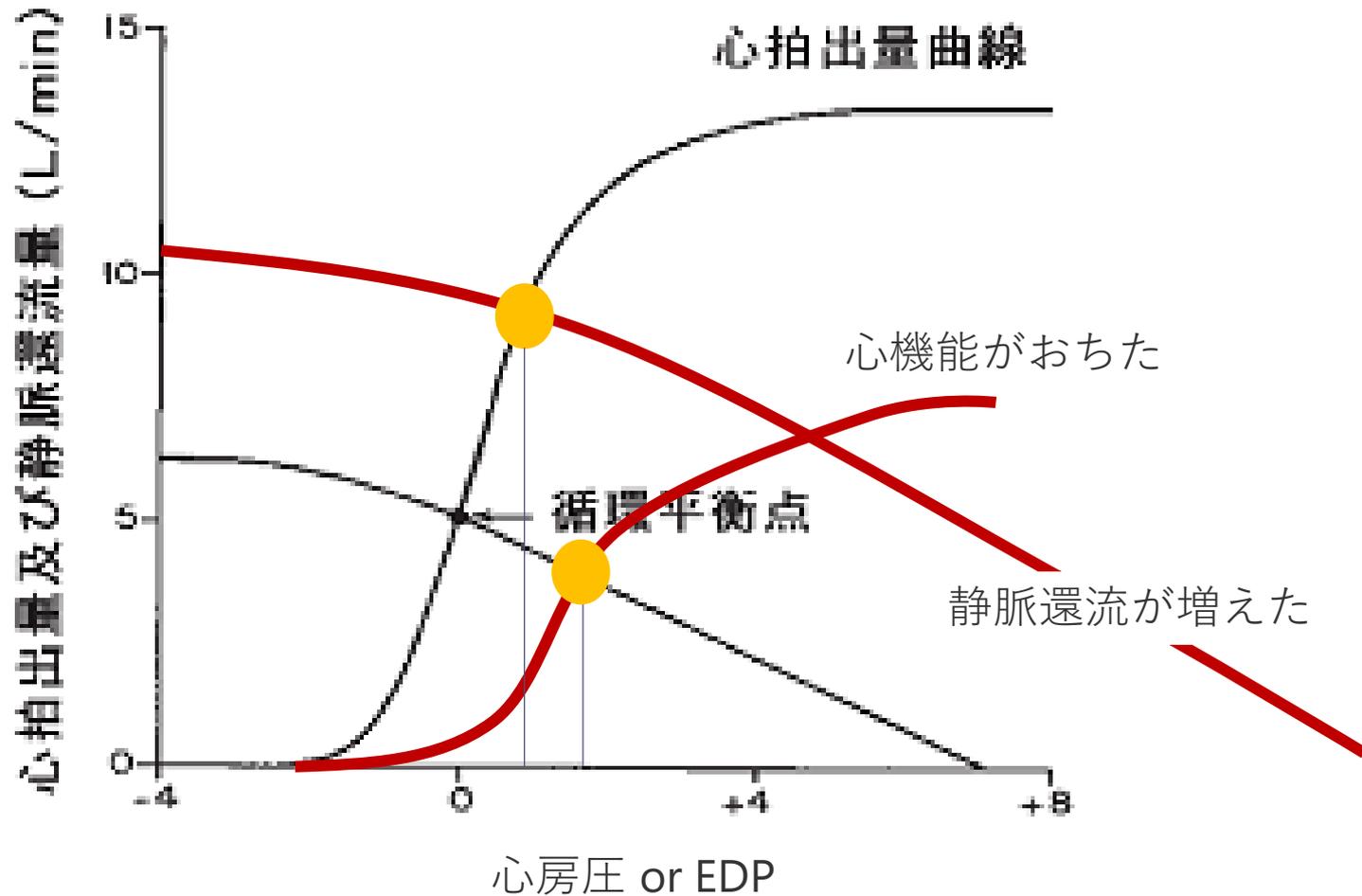


収縮性低下時のPV loopが理解できる

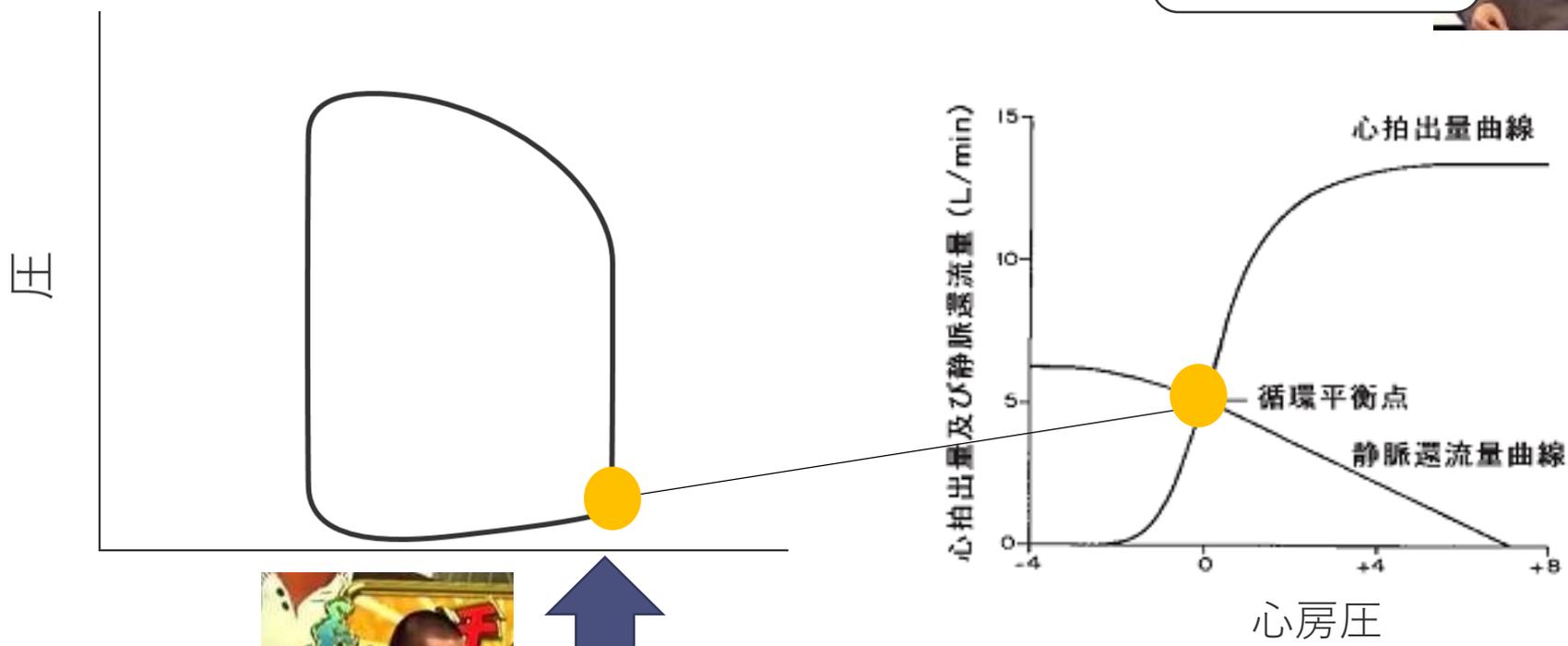


※X軸はわかりやすさのためにEDPと書いています。RAPでは？と思った人は素晴らしい！

まとめ：前負荷の決まり方が大事



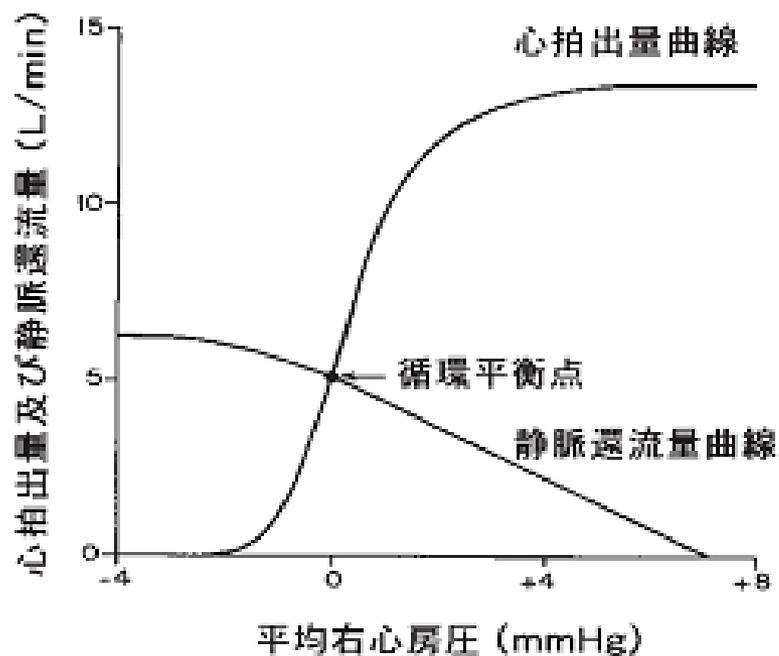
まとめ：前負荷は結果である



PV loopのここです、、、
が、それは、心機能曲線と静脈還流の平衡点で規定されますので、さまざまな原因で変化します。臨床では今みている前負荷がどの要素によって決まっているのかを考える必要があります。

Deep dive into circulatory equilibrium

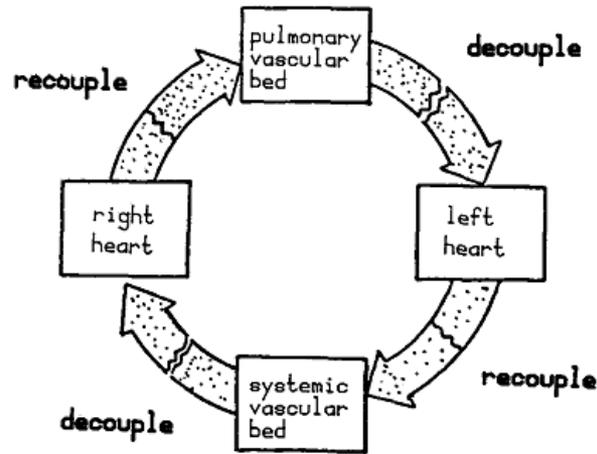
ガイトンの先へ！



- ガイトン循環平衡は横軸右心房
- 左心房圧の定義ができない
→循環の理解が片手落ち
→肺うっ血とか左心PV loopとかにまで議論が伸びない
- 定量的な話はできない
→ざっくりした話にとどまる

一般化循環平衡モデル

砂川 賢二



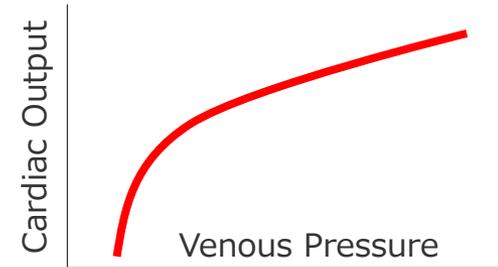
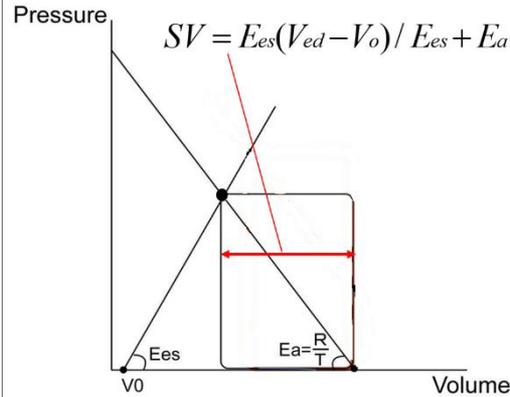
循環を体循環/右心/肺循環/左心の4つのコンパートメントにわけモデル化し、再構成する

心機能のモデル化

PV loop

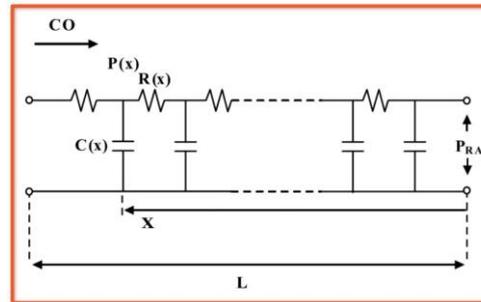


心機能曲線



$$CO = S \{ \log(P_{LA, RA} - F) + H \}$$

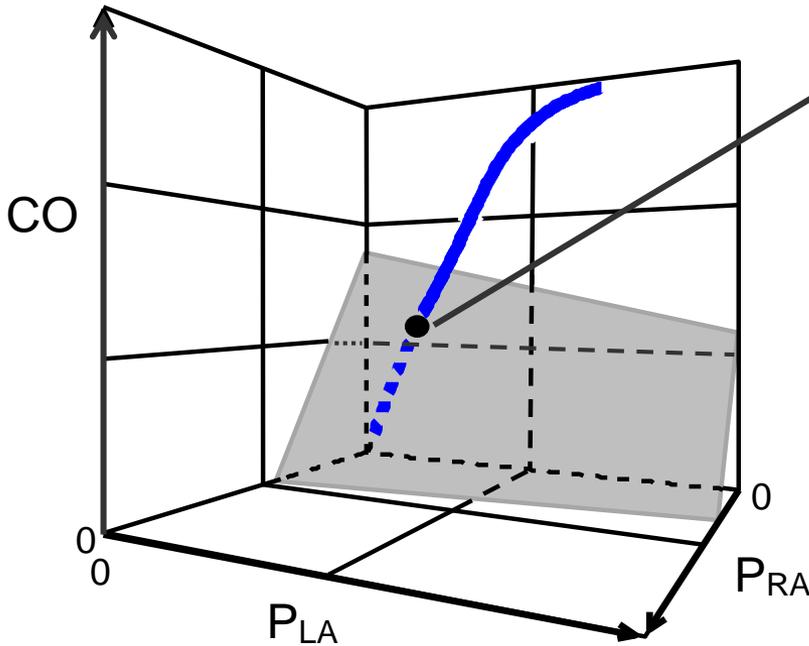
静脈還流のモデル化



任意の部位の圧とキャパシタンスの積を大動脈から右房まで積分する

$$CO = V / W - (G_S P_{RA} + G_P P_{LA})$$

一般化循環平衡モデル



循環平衡点

左心機能

$$CO_L = S_L \{ \log(P_{LA} - F_L) + H_L \}$$

右心機能

$$CO_R = S_R \{ \log(P_{RA} - F_R) + H_R \}$$

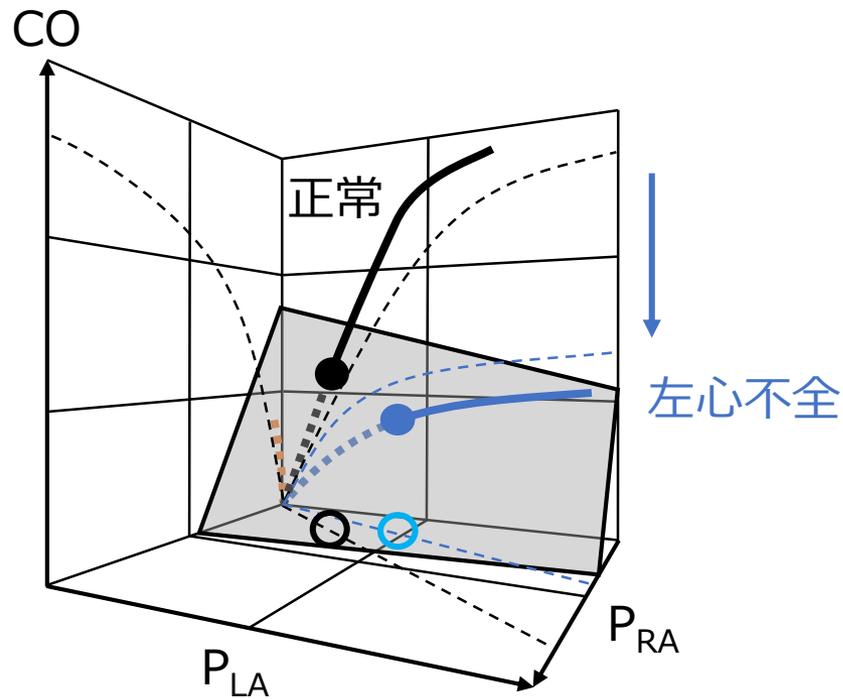
静脈還流平面

$$CO_v = VR_{\max} - 19.61P_{RA} - 3.49P_{LA}$$

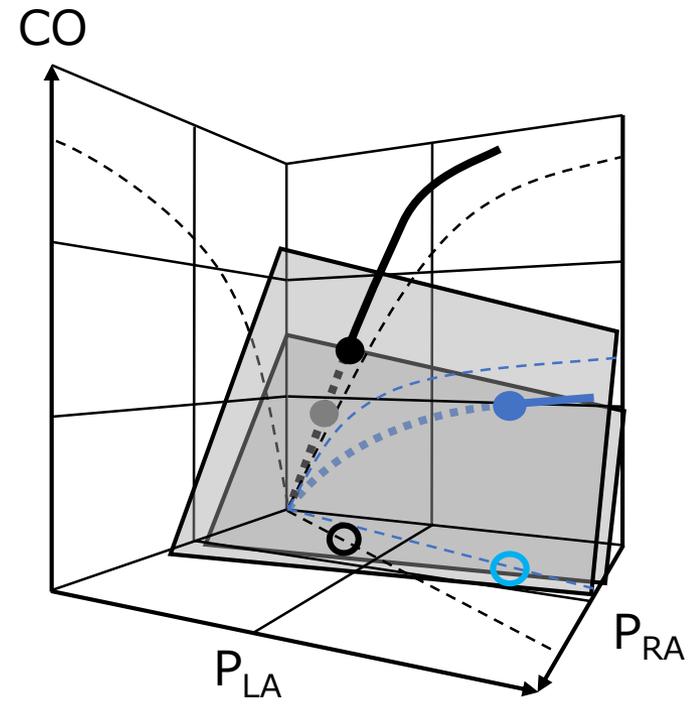
血行動態の理解とは3連立方程式を作り、それを解くことである！

3次元で考えるとより臨床に近づく

左心不全

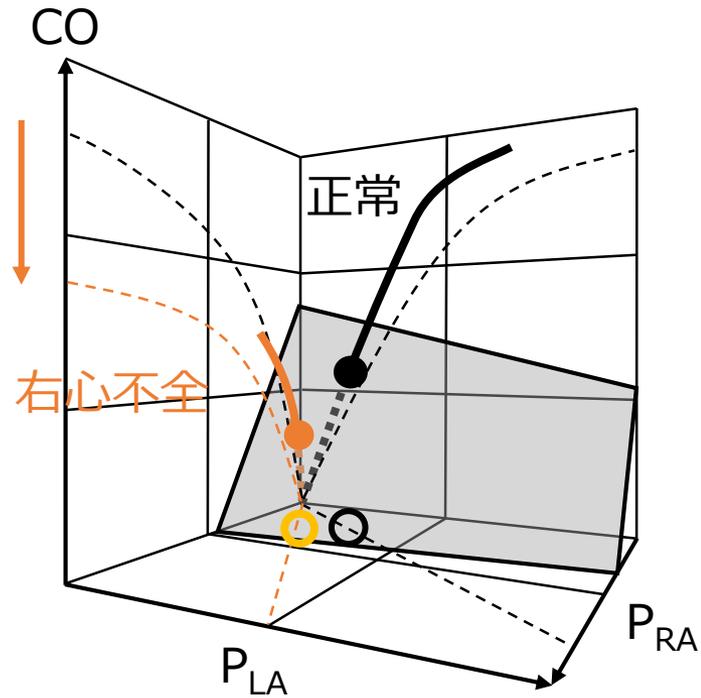


左心不全 + 輸液



3次元で考えるとより臨床に近づく

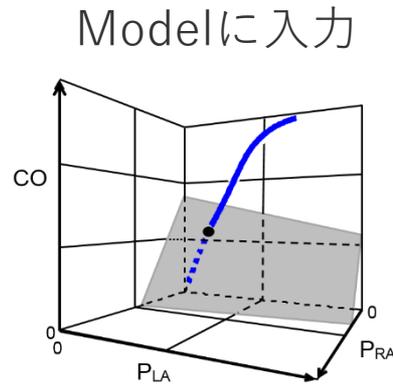
右心不全



どんなことが可能になるのか？

血行動態データ

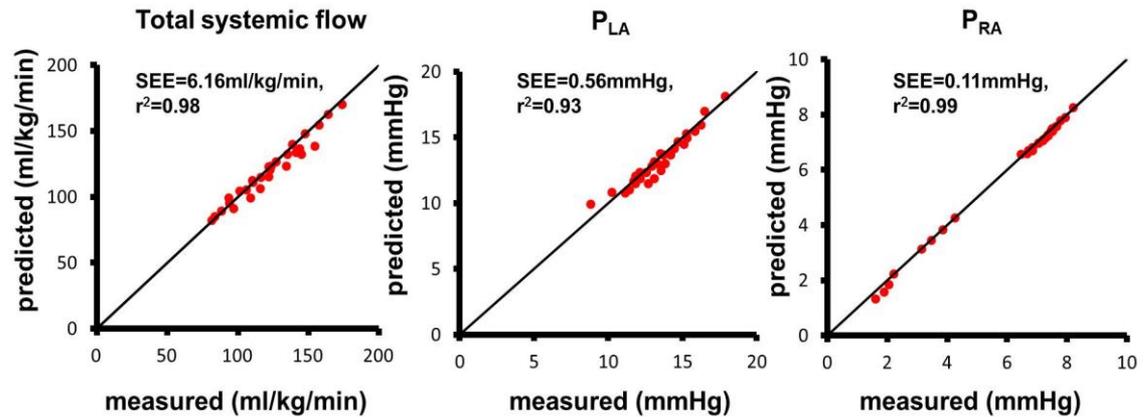
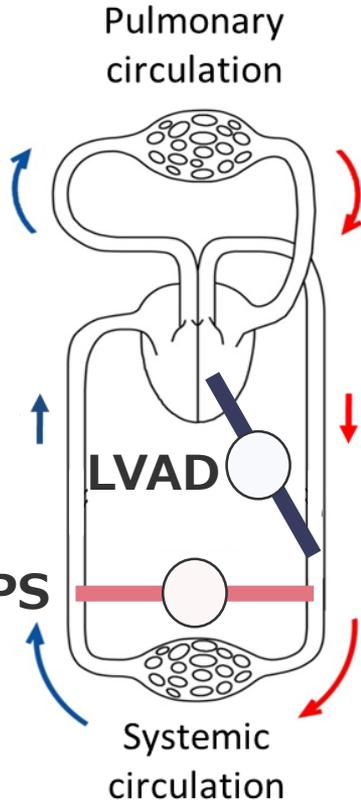
- ・心拍数 (HR)
- ・心拍出量 (CO)
- ・血圧 (AP)
- ・左房圧 (P_{LA})
- ・右房圧 (P_{RA})



血行動態予測
本質的な循環
機能同定

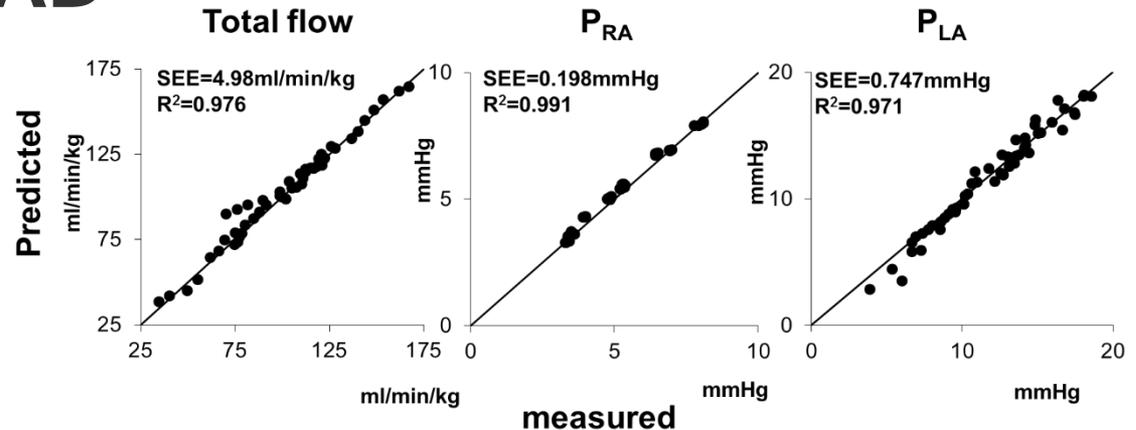
PCPSやLVADの流量を変えた際の 血行動態が急性なら精度よく予測できる

PCPS



LVAD

Sakamoto K, Saku K, AJP 2014



Kakino T, Saku K, AJP 2016

交感神経の緊張なんかはどう働くのか？

Impact of baroreflex on venous return surface

Takafumi Sakamoto, Yoshinori Murayama, Atsushi Tanaka, Kazuo Sakamoto, Tomoyuki Tobushi, Keita Saku, Kazuya Hosokawa, Ken Onitsuka, Takeo Fujino and Kenji Sunagawa, Senior Member, IEEE

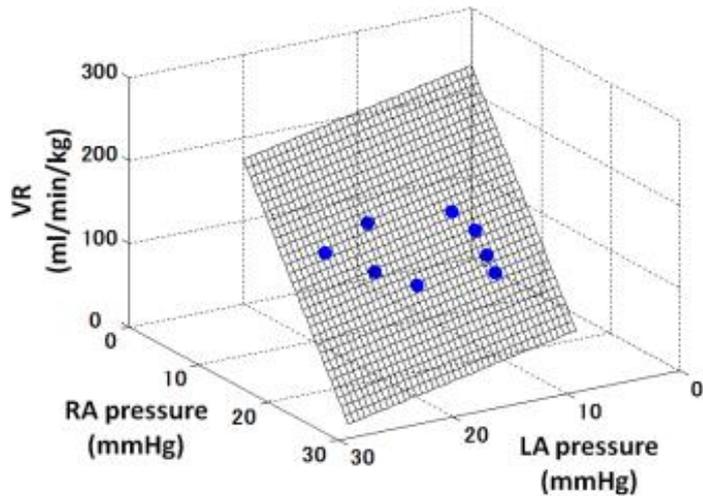


Figure 2 Representative venous return surface at CSP 140mmHg

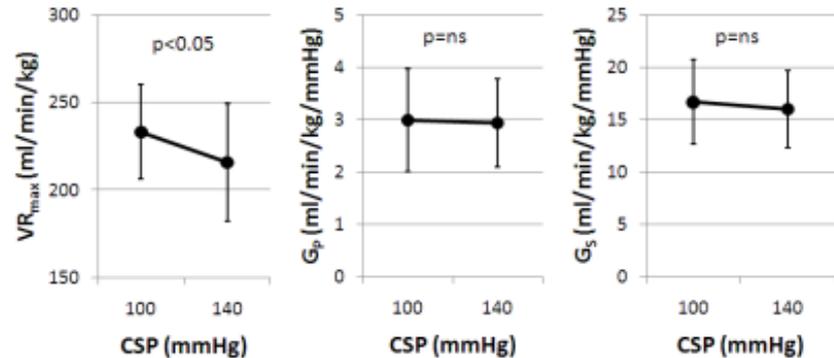


Figure 3 VR_{max} , G_p , and G_s obtained at CSP 100 and 140 mmHg

交感神経を動脈圧反射刺激で低下させると、平面がそのまま下に平行シフトすることを示した

$$CO_v = VR_{max} - 19.61P_{RA} - 3.49P_{LA}$$

参考文献

168

循環制御 第37巻 第3号 (2016)

総説(特別寄稿)

Guyton の静脈還流は医学部で教えるべきである

砂川 賢二*

◇講 座◇

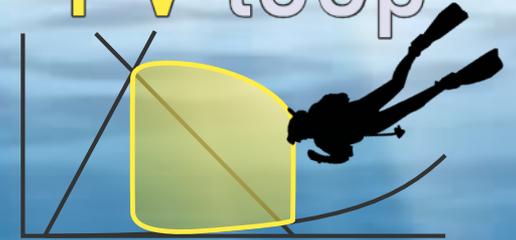
循環管理に必要な静脈還流の知識

東北医科薬科大学病院麻酔科*

長屋 慶, 伊藤 洋介, 吉田 明子

Deep dive into
PV loop

SNSフォローお願い致します。



Facebook

#循環動態アカデミー

感想・ご意見宜しくお願い致します



Twitter

投稿する時には、ハッシュタグをお願いします。

