循環動態アカデミー Winter Camp 2024

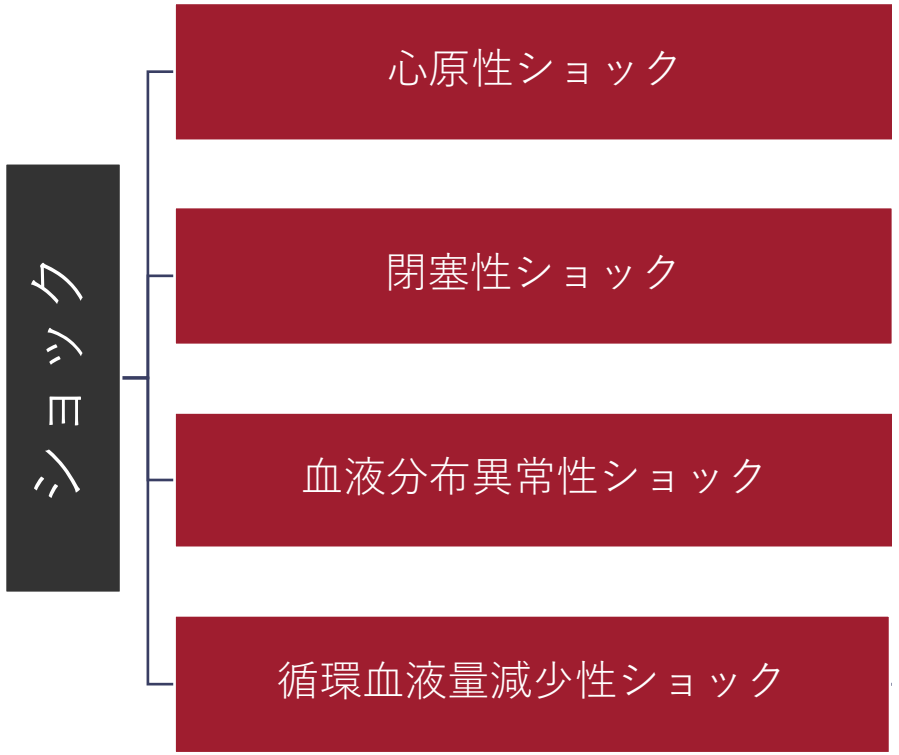
～循環動態で攻める！ 心不全 Case conference～

Basic Pavilion

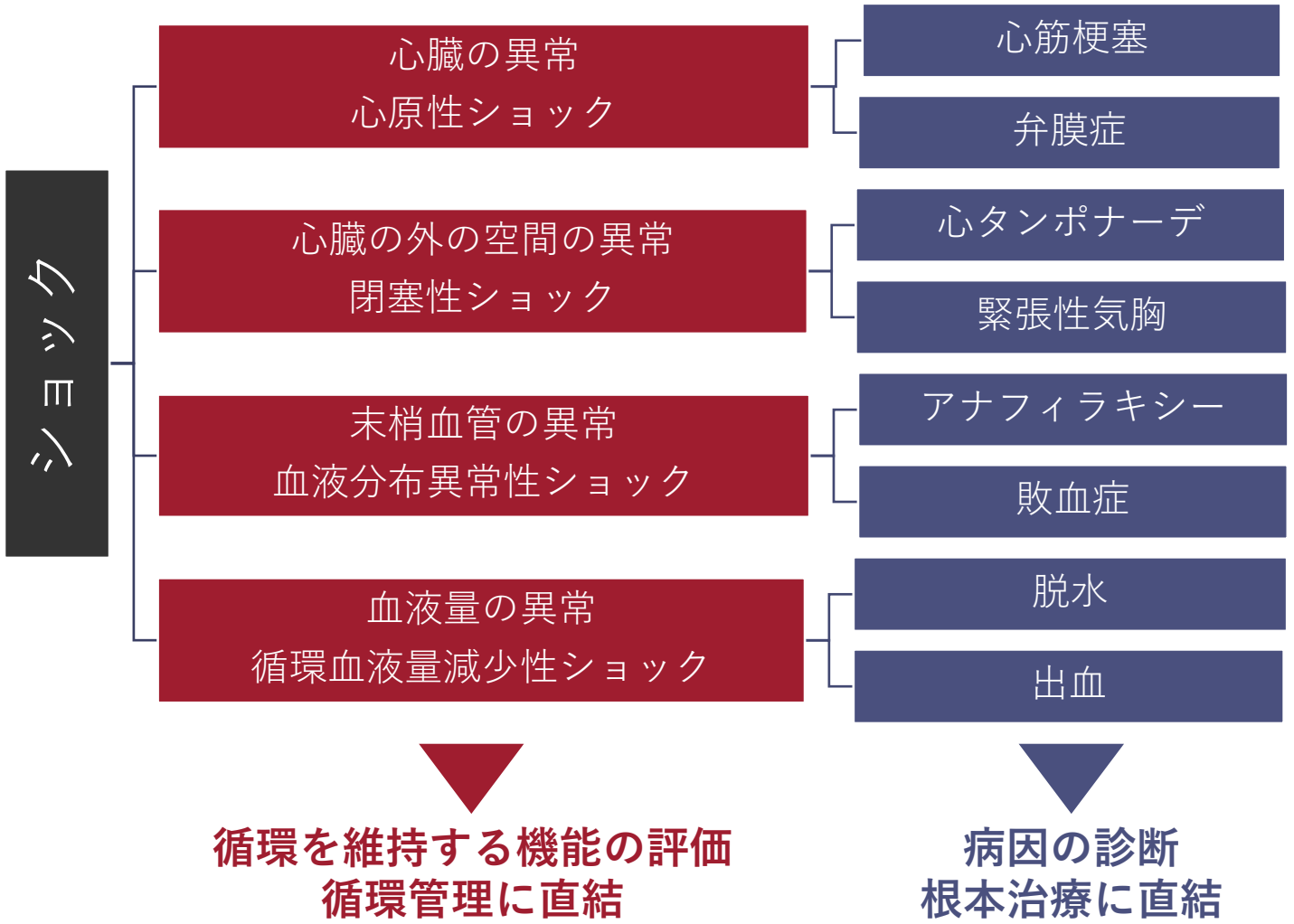
SimArthur：循環動態をイメージせよ！

西川拓也（国立循環器病研究センター）

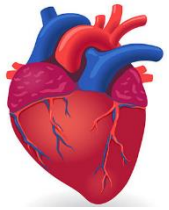
循環動態を知ることとは：ショックを題材として



循環動態を知ることとは：ショックを題材として



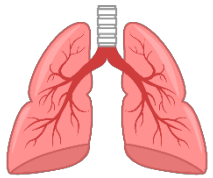
循環動態を構成する機能を分解して、評価する



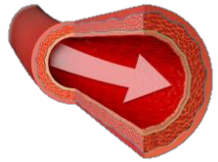
心機能

左心・右心

収縮性
拡張性
心拍数
弛緩性
弁膜症



心外閉塞



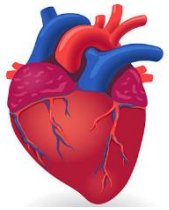
血管特性

体血管抵抗
肺血管抵抗

血液量

負荷血液量
無負荷血液量

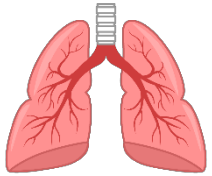
循環動態の評価は治療に直結する



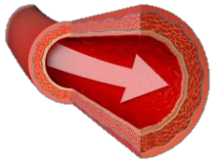
心機能

左心・右心

収縮性
拡張性
心拍数
弛緩性
弁膜症



心外閉塞



血管特性

体血管抵抗
肺血管抵抗

血液量

負荷血液量
無負荷血液量

強心薬
β遮断薬

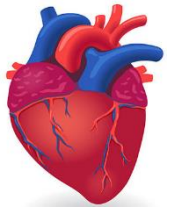
HCNチャネル阻害薬

機械的補助循環

血管収縮薬
血管拡張薬

利尿薬
輸液

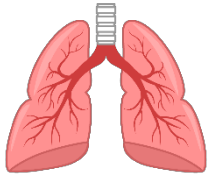
循環動態の評価は治療に直結する



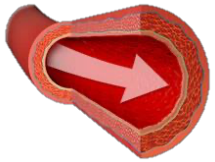
心機能

左心・右心

収縮性
拡張性
心拍数
弛緩性
弁膜症



心外閉塞



血管特性

体血管抵抗
肺血管抵抗

血液量

負荷血液量
無負荷血液量

強心薬
β遮断薬

HCNチャネル阻害薬

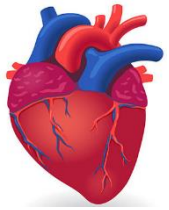
機械的補助循環

血管収縮薬
血管拡張薬

利尿薬
輸液

実際は相互作用が複雑...

心機能を評価する

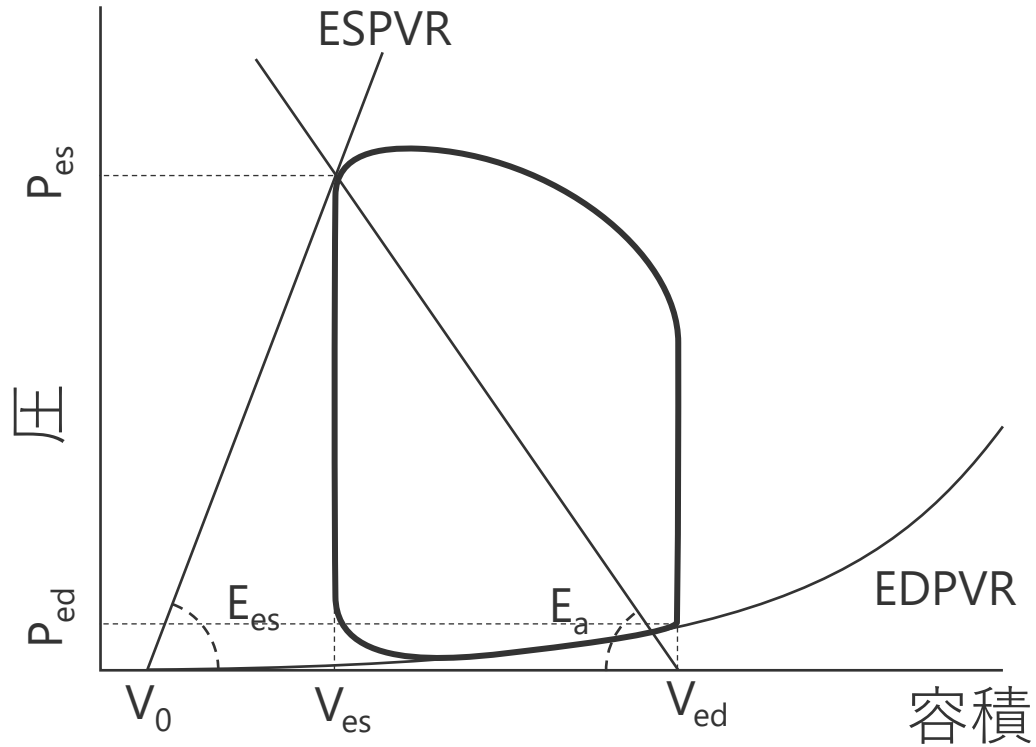


心機能

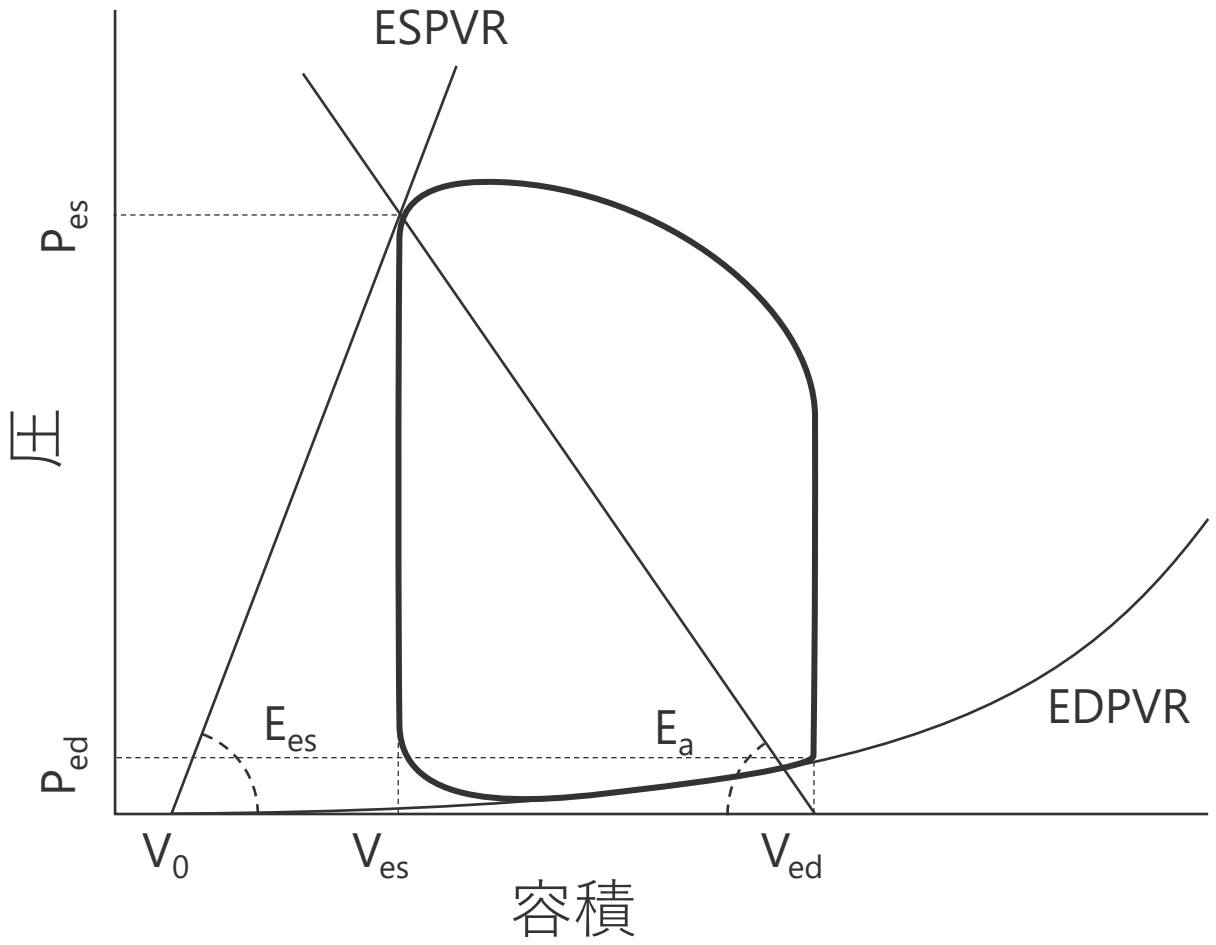
左心・右心

収縮性
拡張性
心拍数
弛緩性
弁膜症

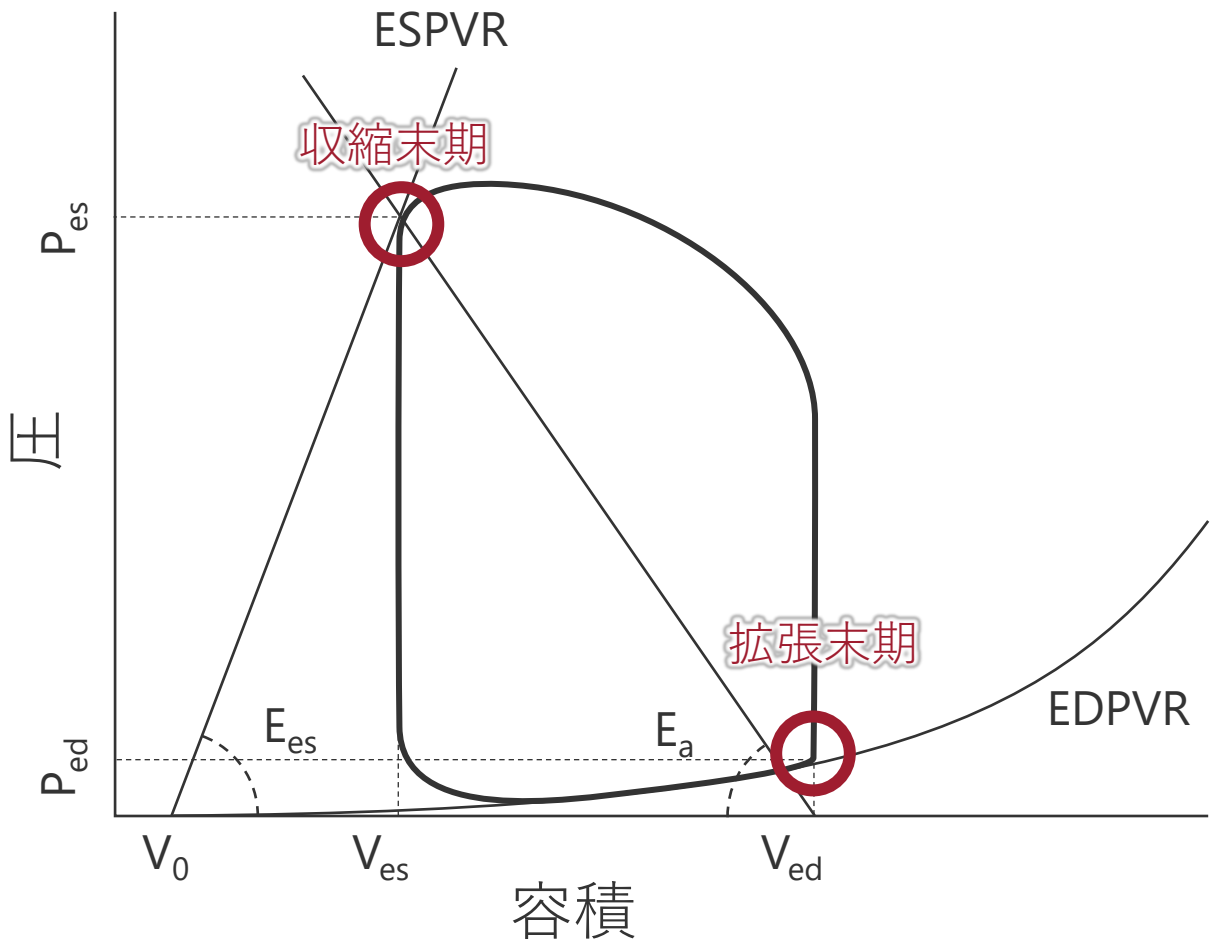
PV loop



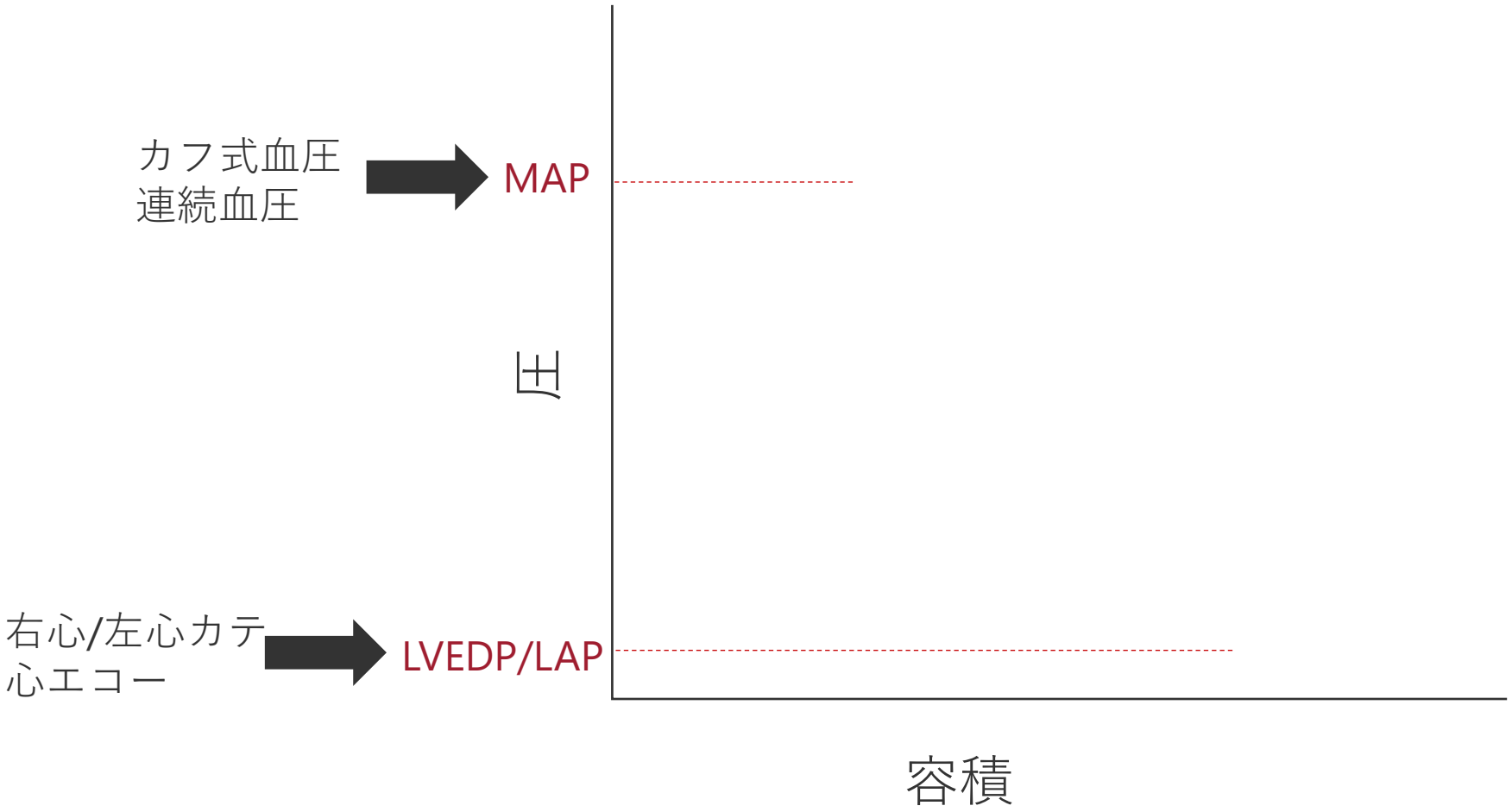
PV loopを描いてみよう



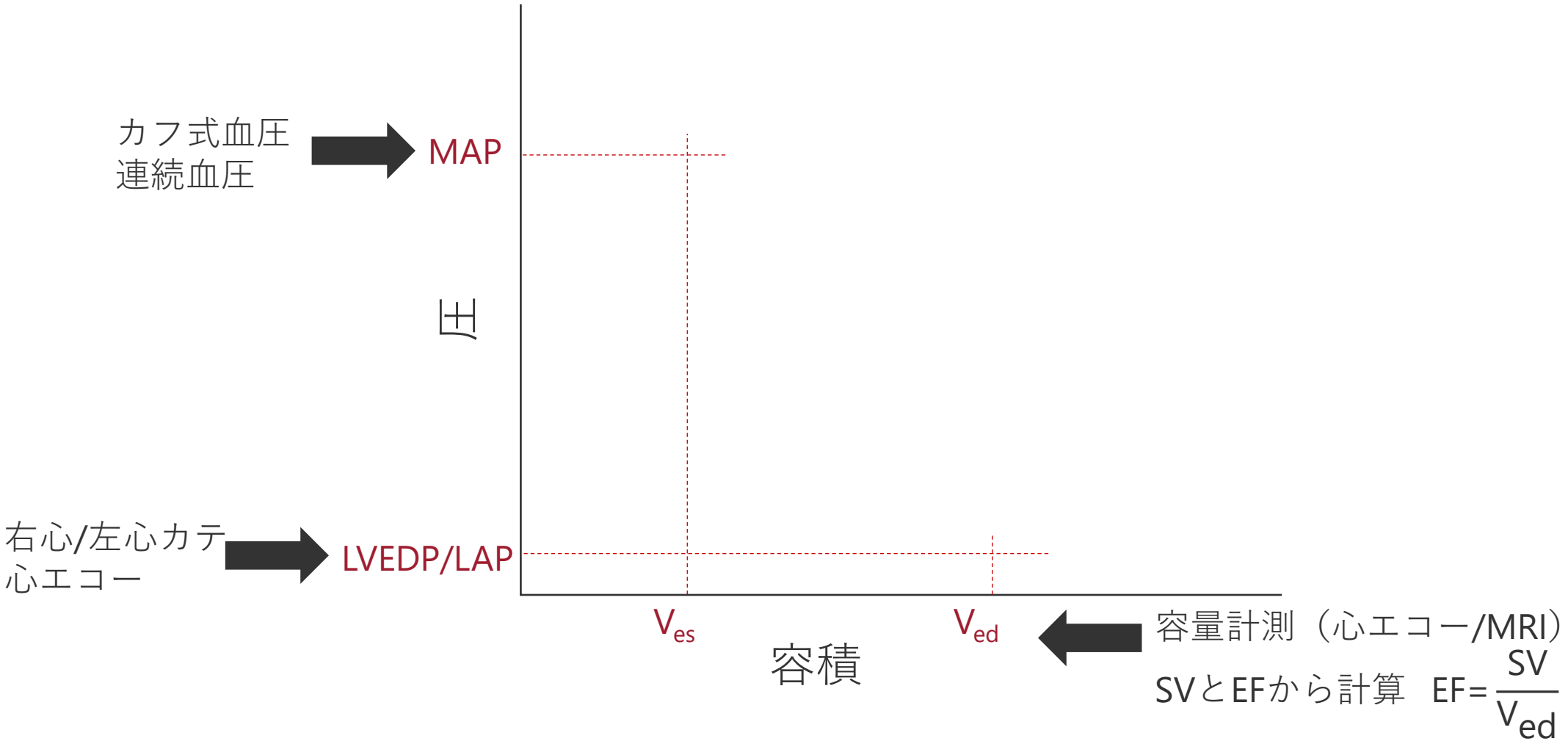
PV loopの重要なPointsはここだ！



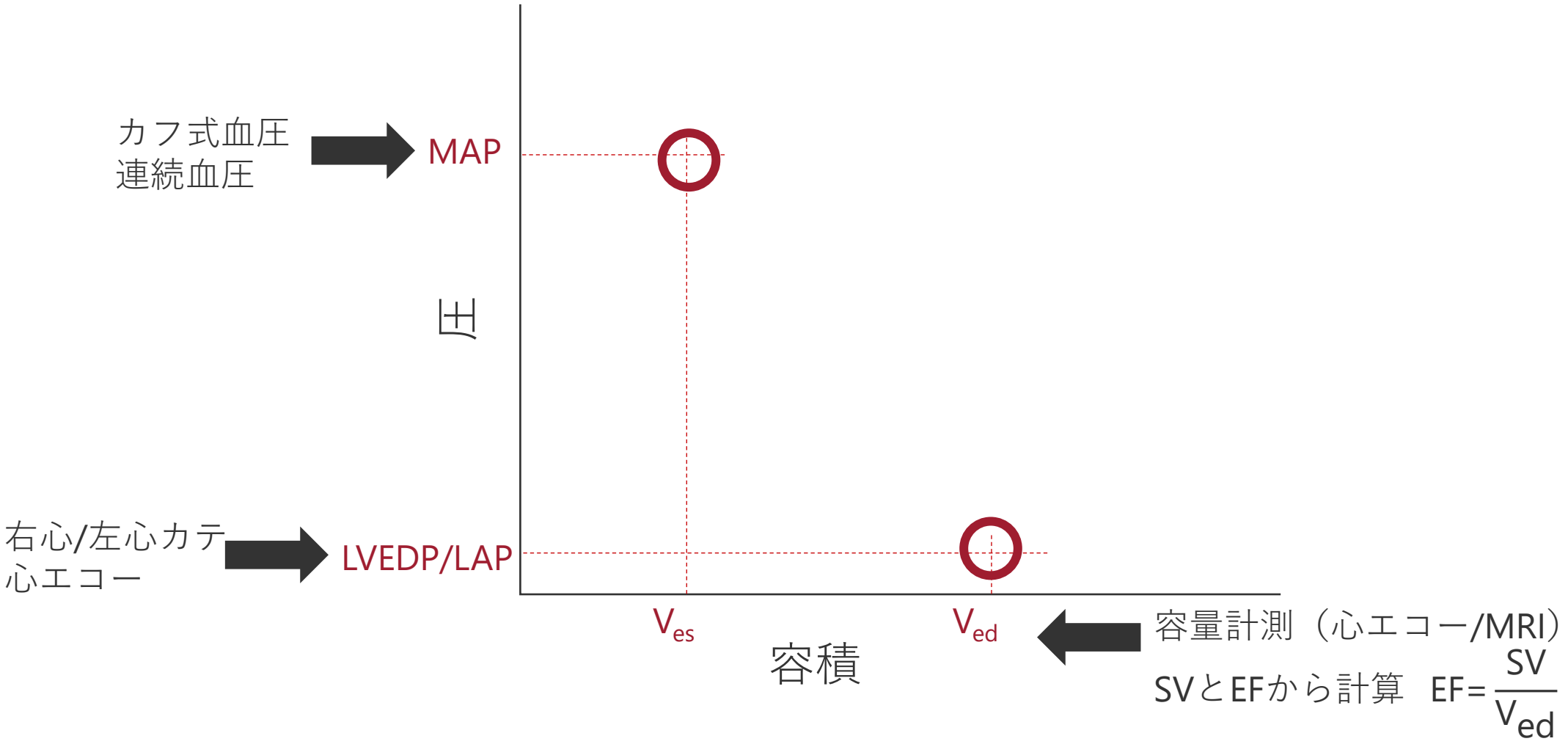
平均血圧と拡張末期圧を測定or計算



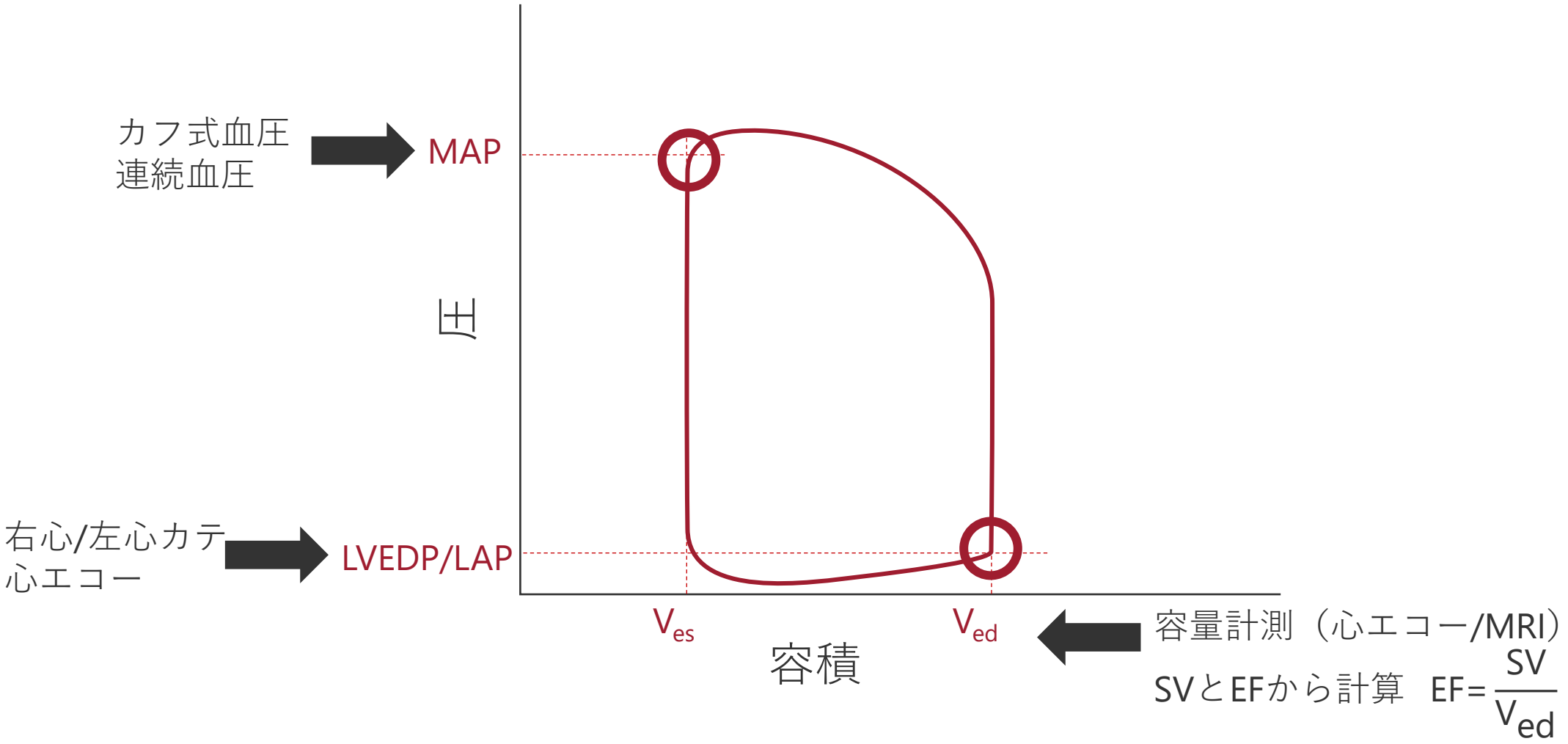
容積を算出


カフ式血圧
連続血圧
MAP
圧
右心/左心カテ
心エコー
LVEDP/LAP
V_{es}
V_{ed}
容積
容量計測（心エコー/MRI）
SVとEFから計算 $EF=\frac{SV}{V_{ed}}$

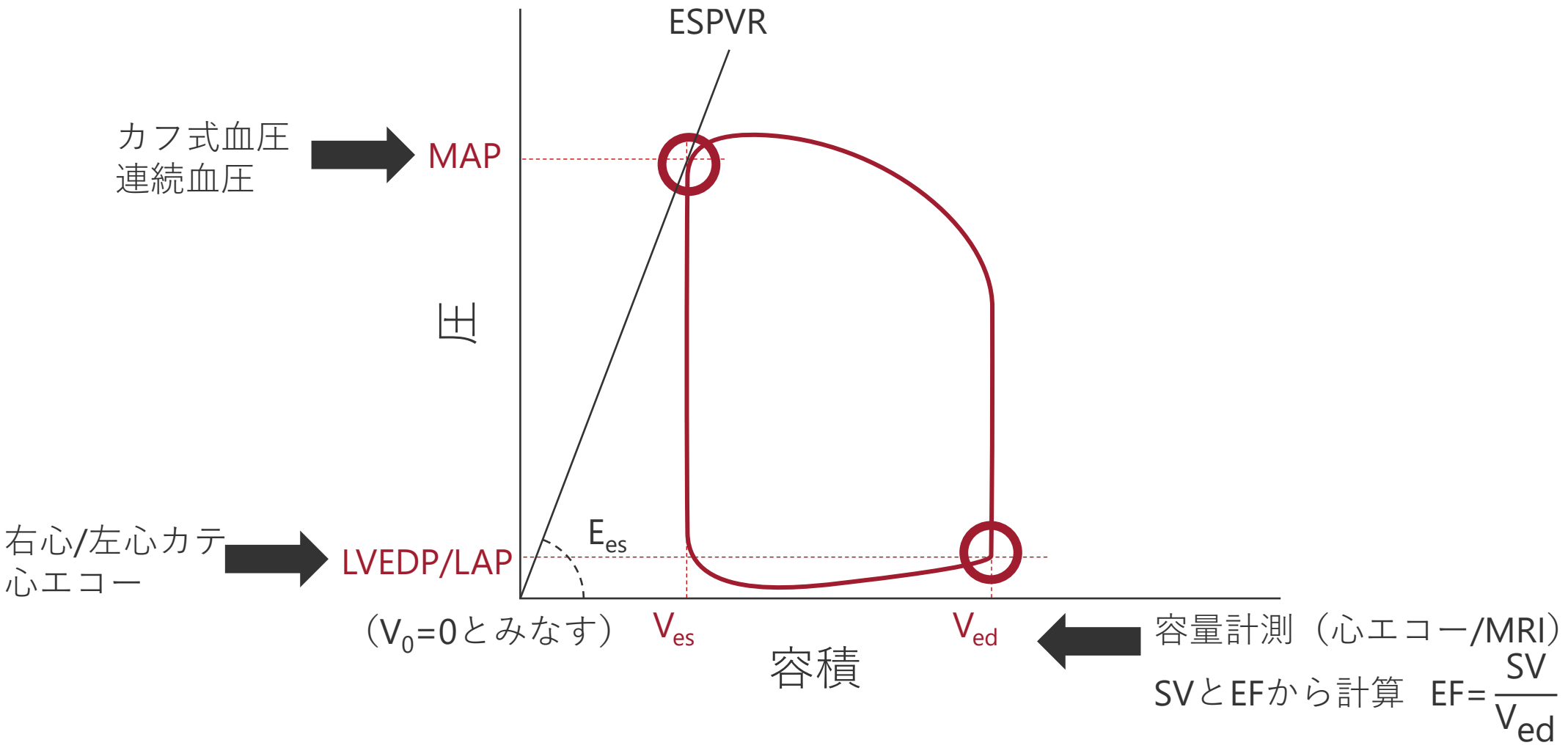
拡張末期と収縮末期の圧容積が決定



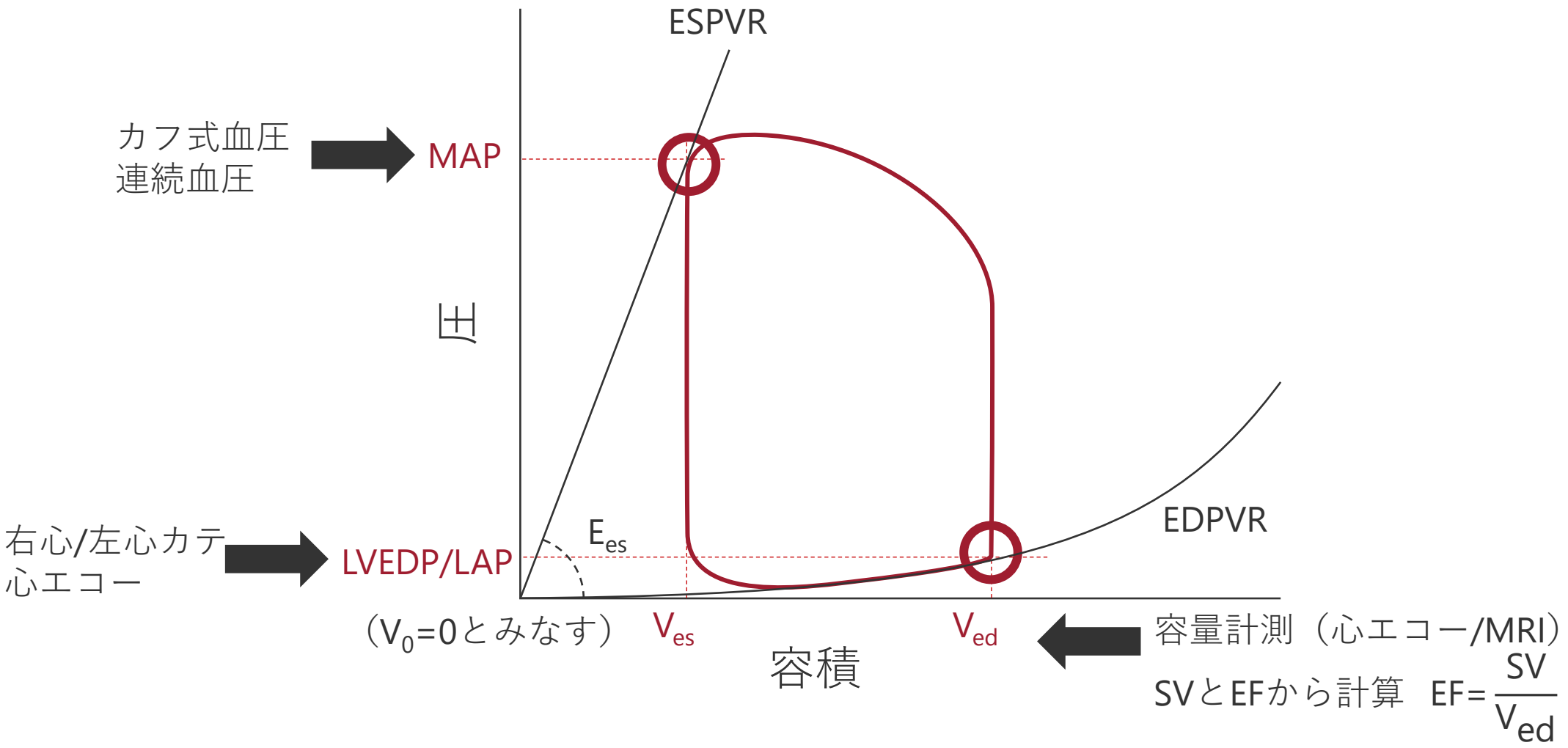
ぐるっと書いたらPV loop



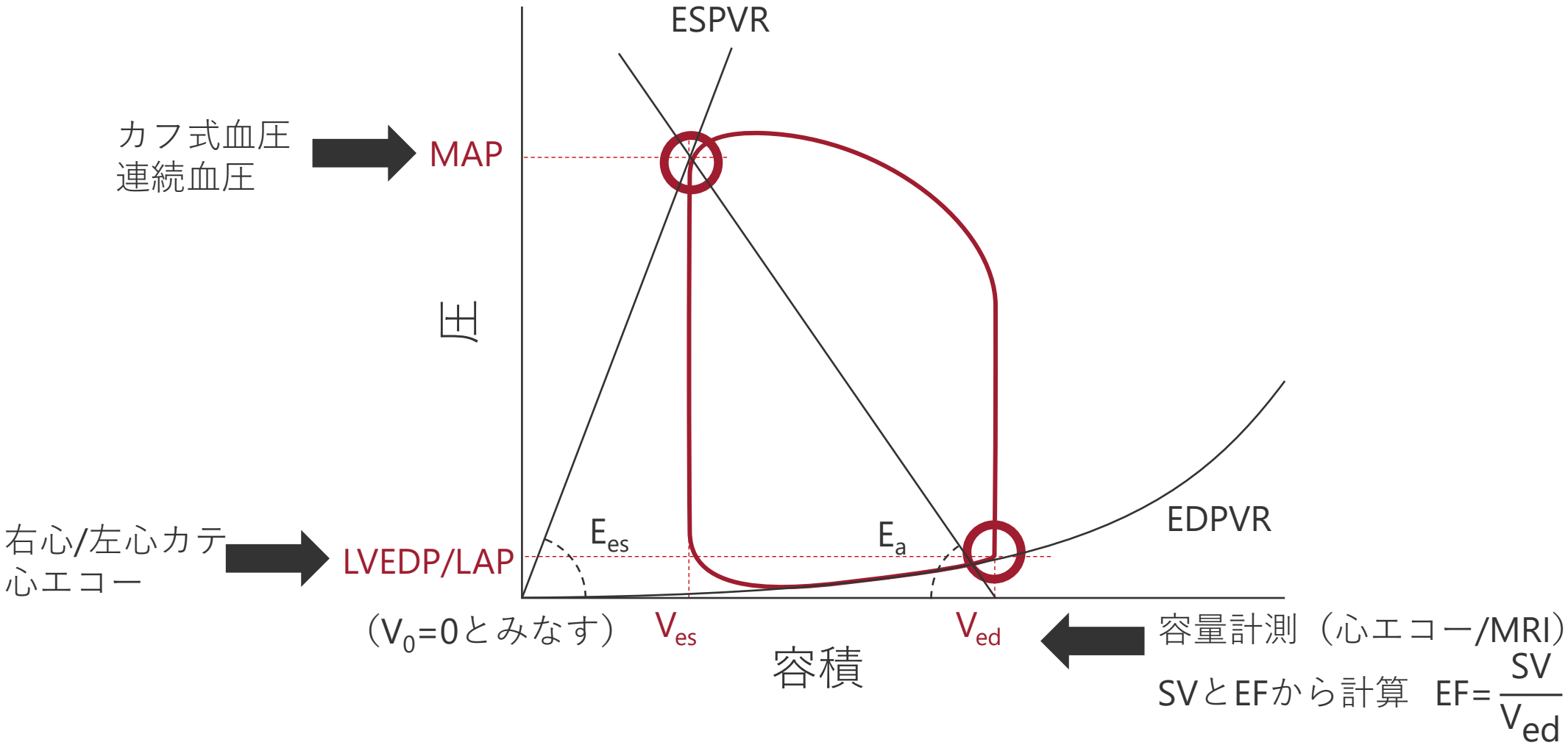
収縮性を記述する


ESPVR
カフ式血圧
連続血圧
MAP
圧
右心/左心カテ
心エコー
LVEDP/LAP
E_{es}
(V_0=0とみなす)
V_{es}
V_{ed}
容積
容量計測（心エコー/MRI）
SVとEFから計算 $EF=\frac{SV}{V_{ed}}$

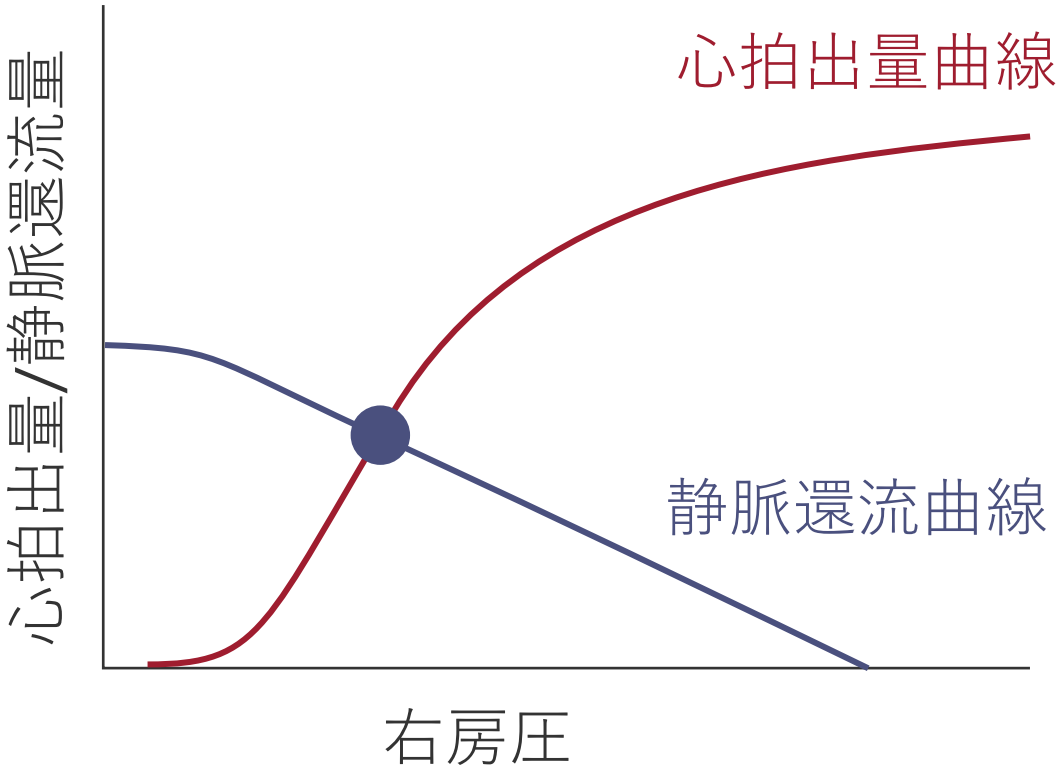
拡張性を記述する

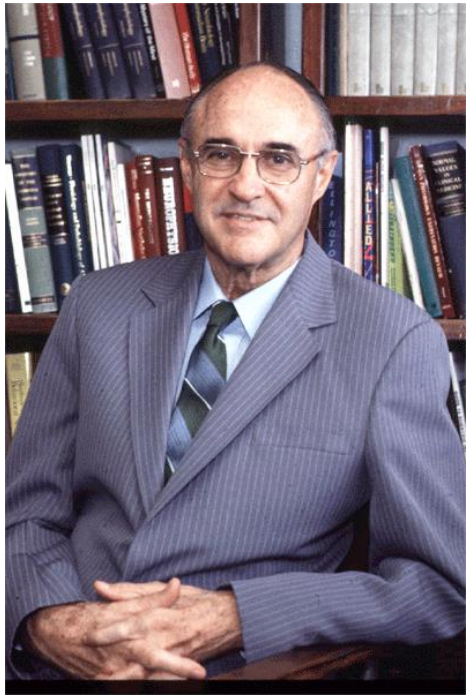

ESPVR
カフ式血圧
連続血圧
MAP
圧
右心/左心カテ
心エコー
LVEDP/LAP
E_{es}
EDPVR
（V_0=0とみなす）
V_{es}
V_{ed}
容積
容量計測（心エコー/MRI）
SVとEFから計算 $EF=\frac{SV}{V_{ed}}$

後負荷を記述する


ESPVR
カフ式血圧
連続血圧
MAP
圧
右心/左心カテ
心エコー
LVEDP/LAP
E_{es}
E_a
EDPVR
（V_0=0とみなす）
V_{es}
V_{ed}
容積
容量計測（心エコー/MRI）
SVとEFから計算 $EF=\frac{SV}{V_{ed}}$

全身循環を評価する

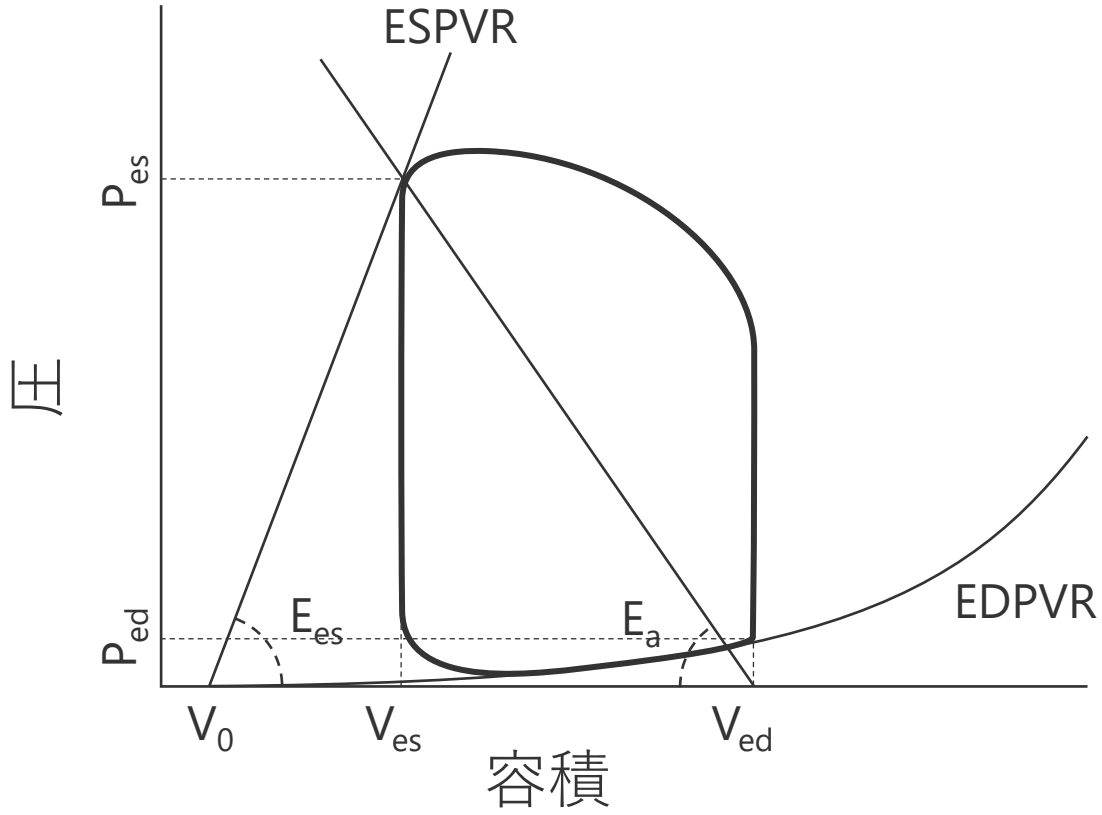


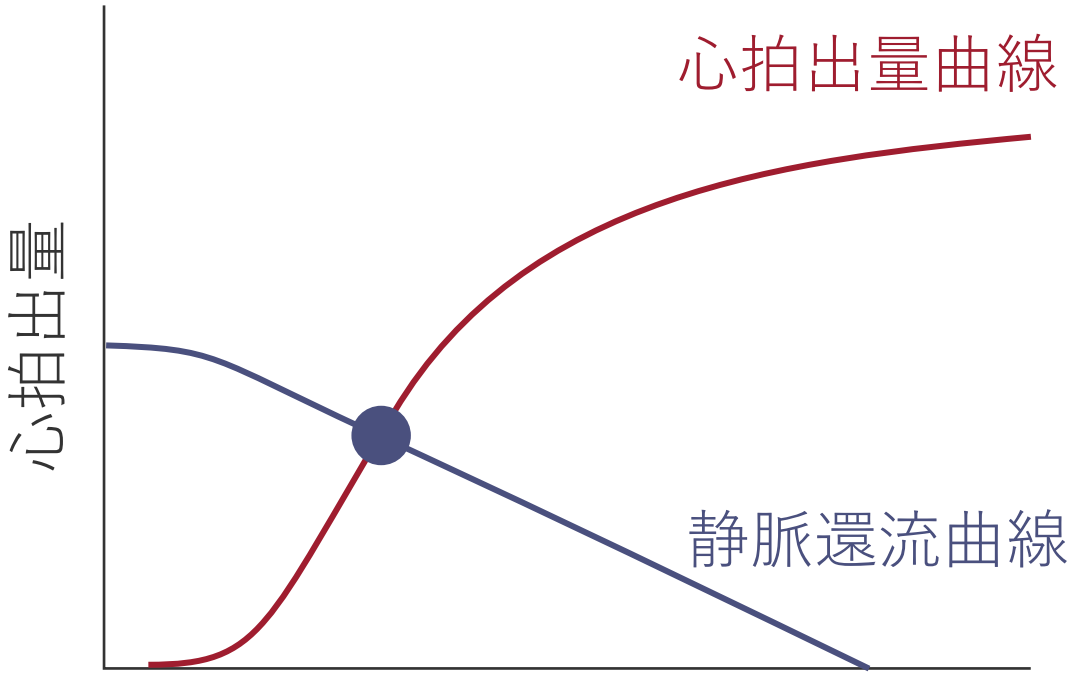


Arthur C. Guyton

心拍出量曲線と静脈還流曲線の交差点で循環が平衡する

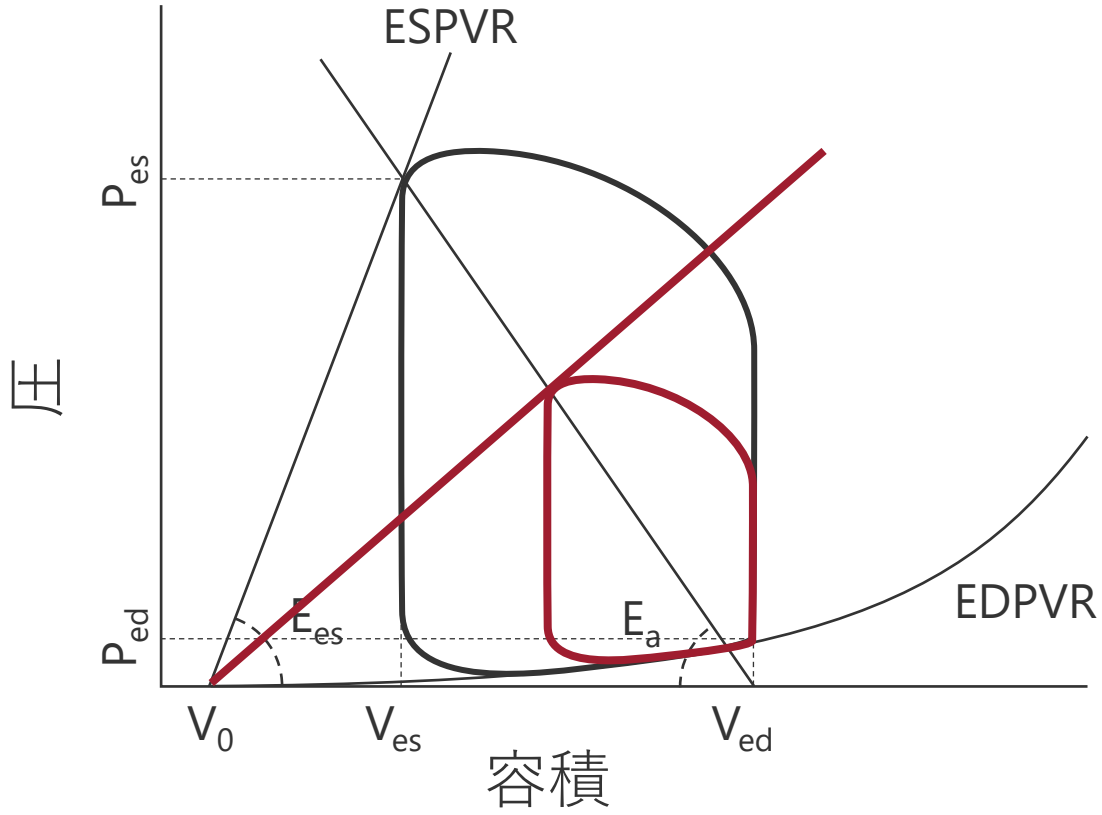
PV loopと循環平衡をセットで考える

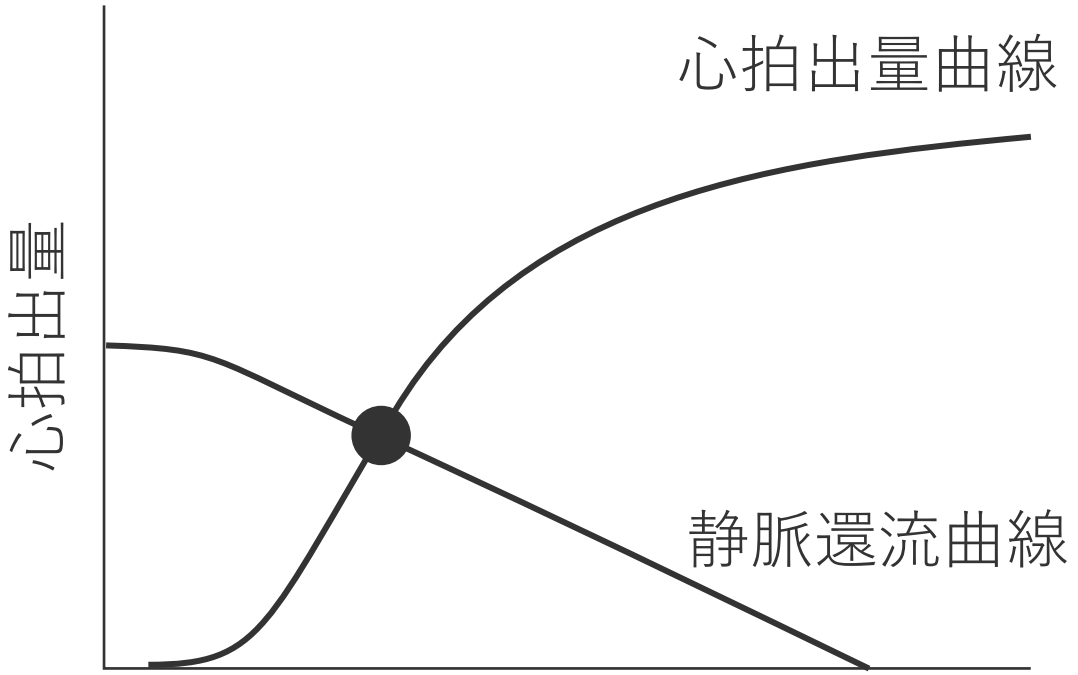




（左心の循環平衡）

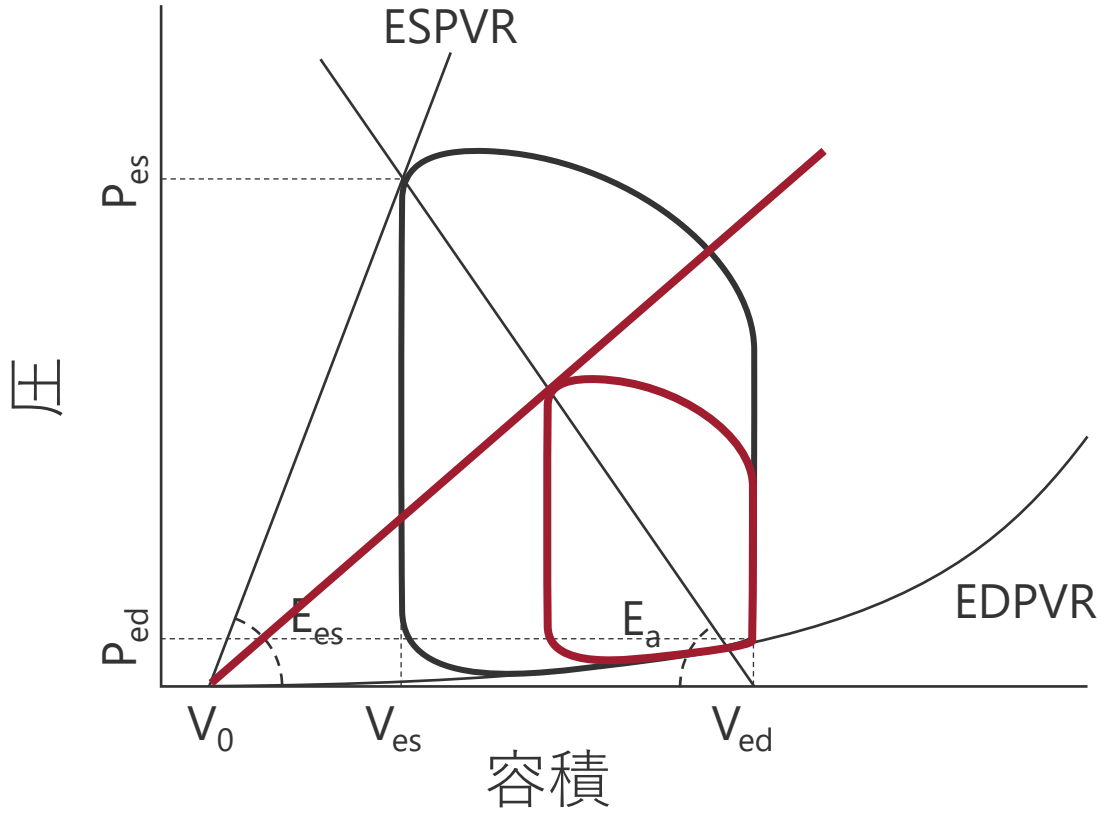
E_{es}が低下する

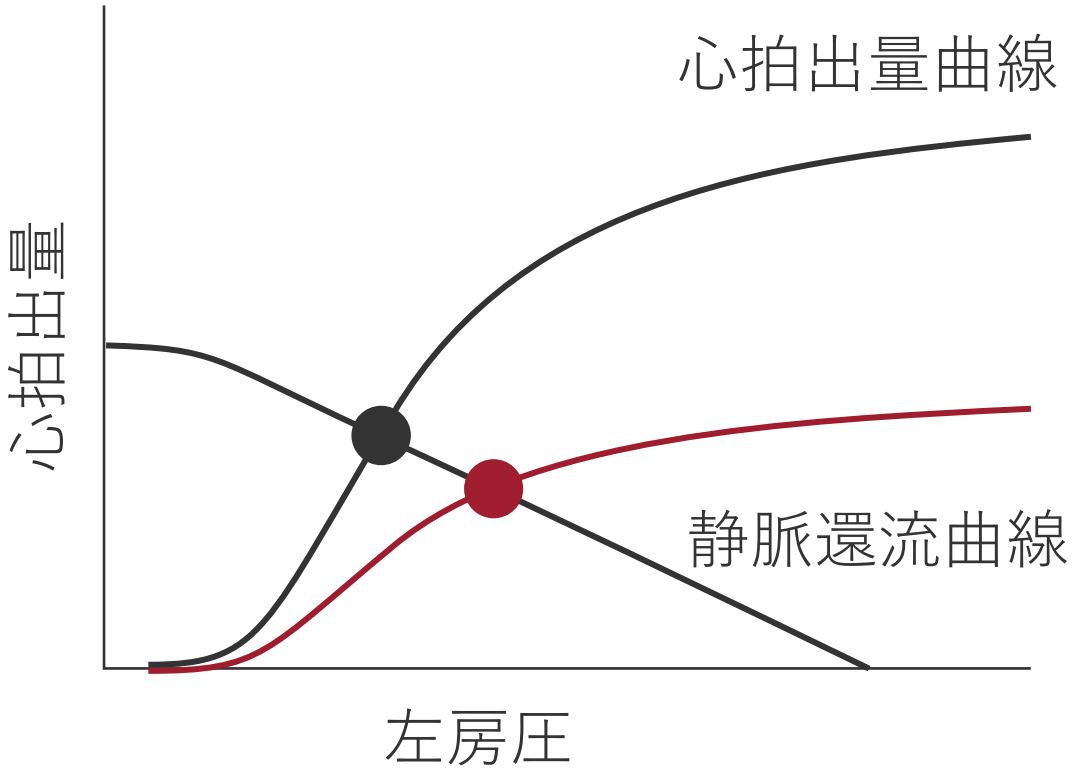




（左心の循環平衡）

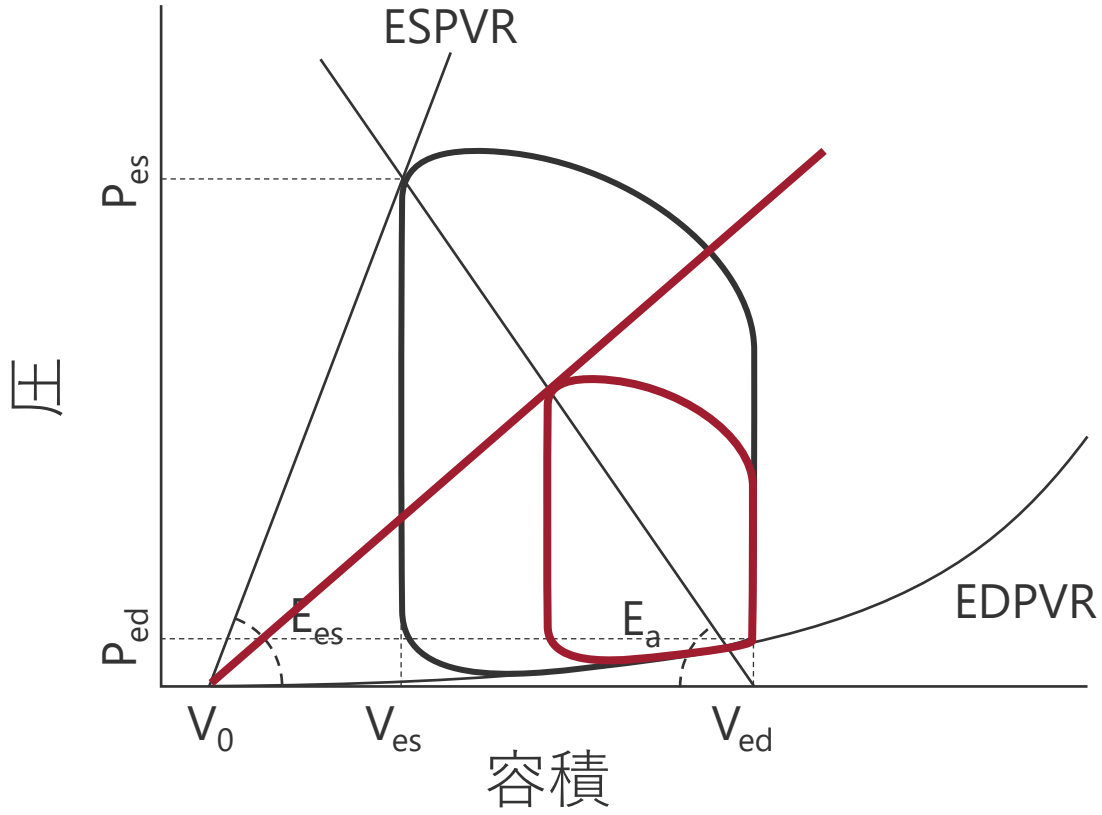
心拍出量曲線の低下

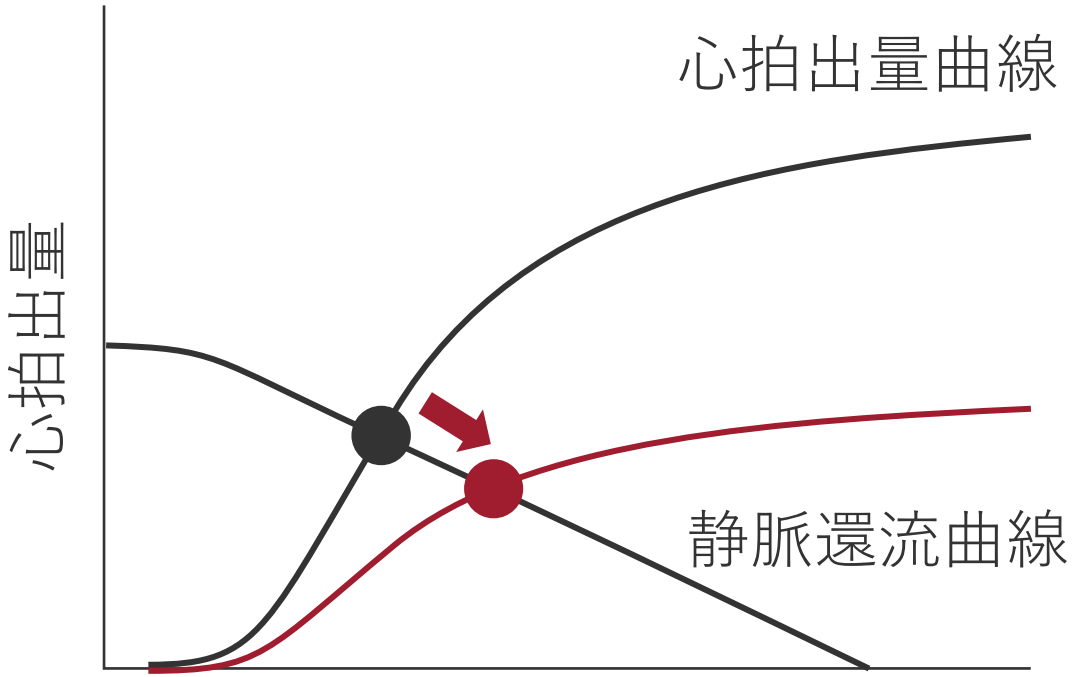




（左心の循環平衡）

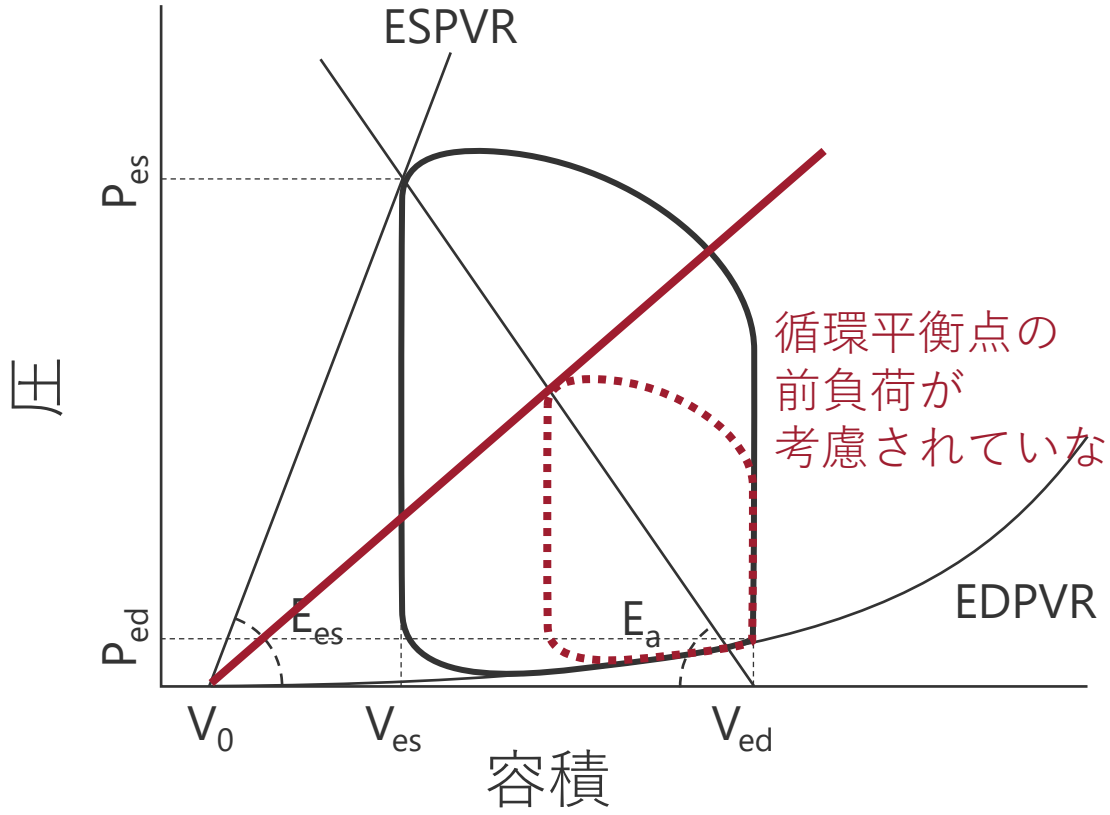
循環平衡点が右下に移動

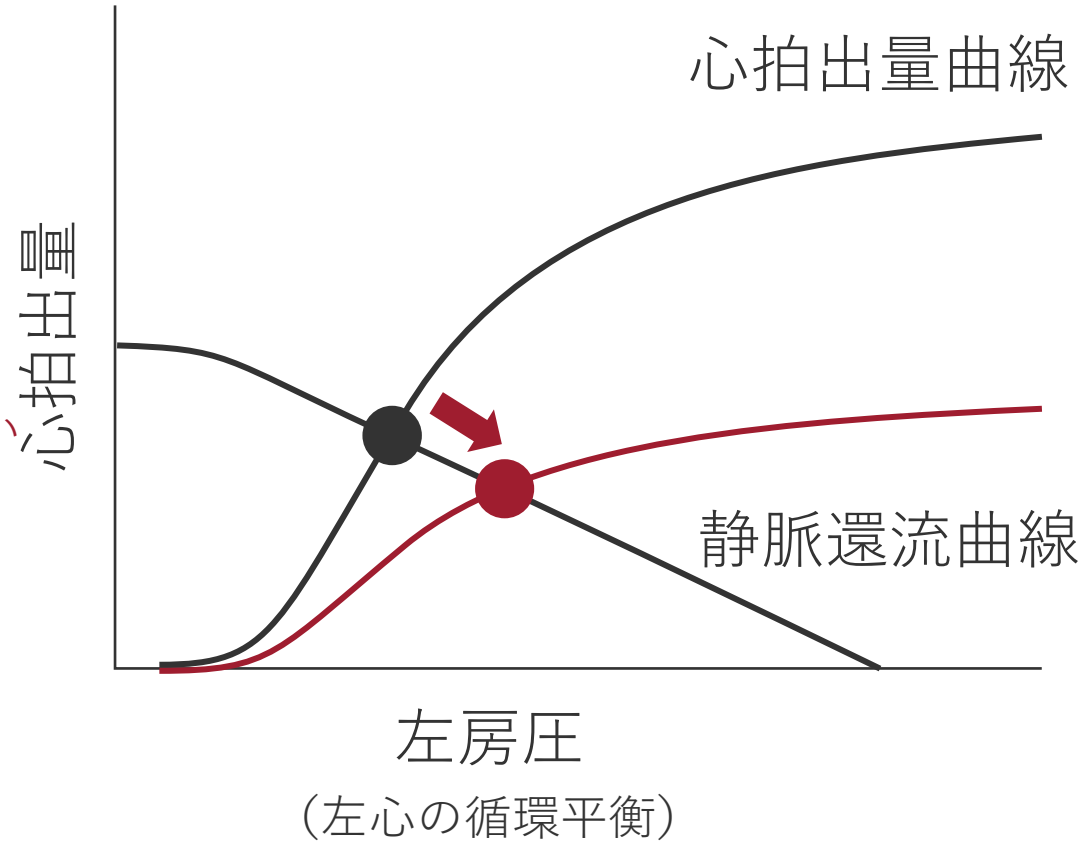




（左心の循環平衡）

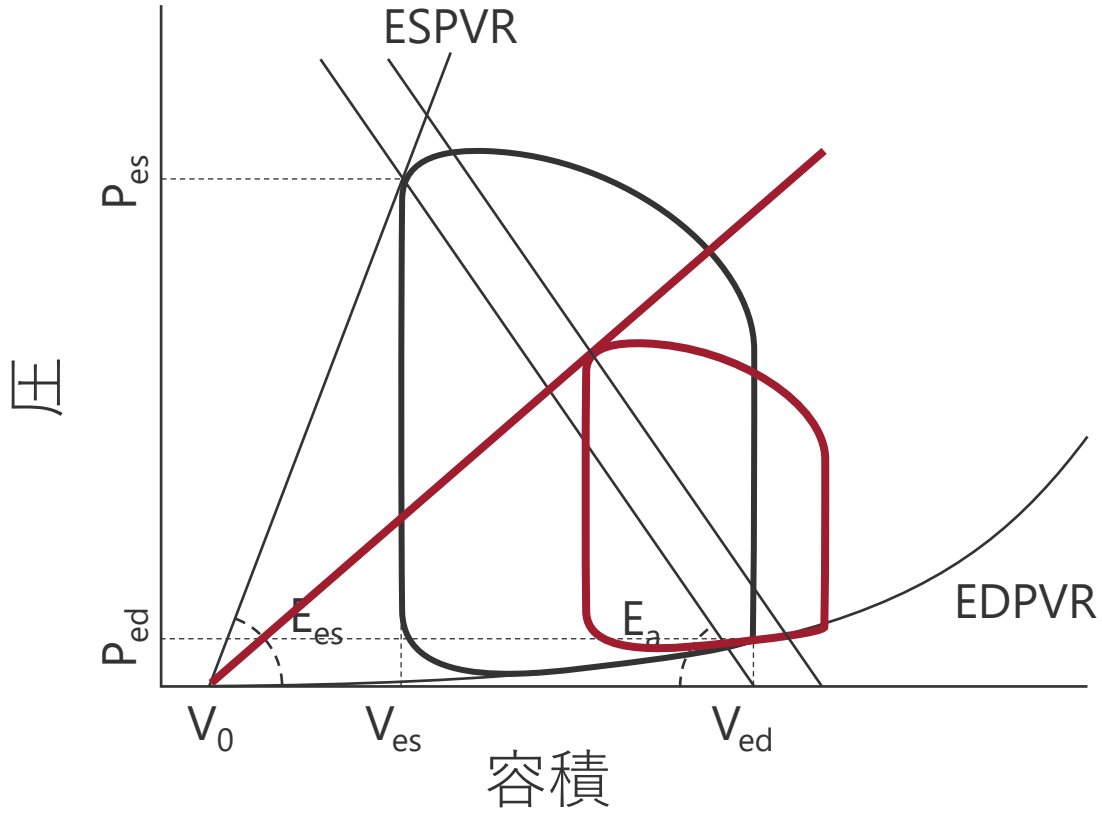
循環平衡点が右下に移動

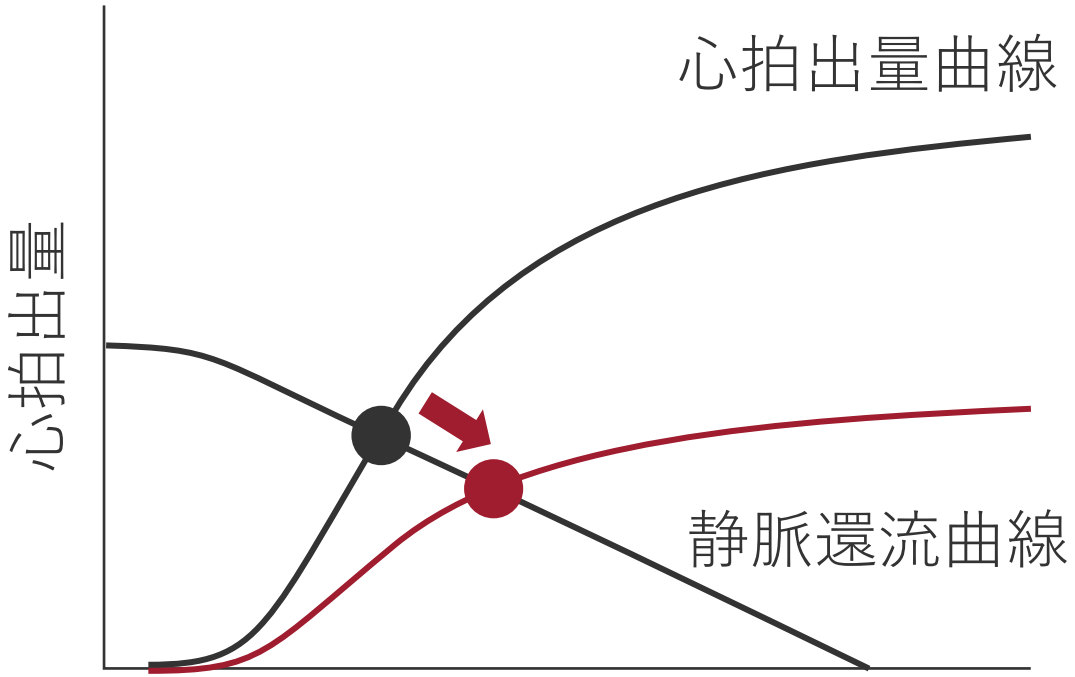




（左心の循環平衡）

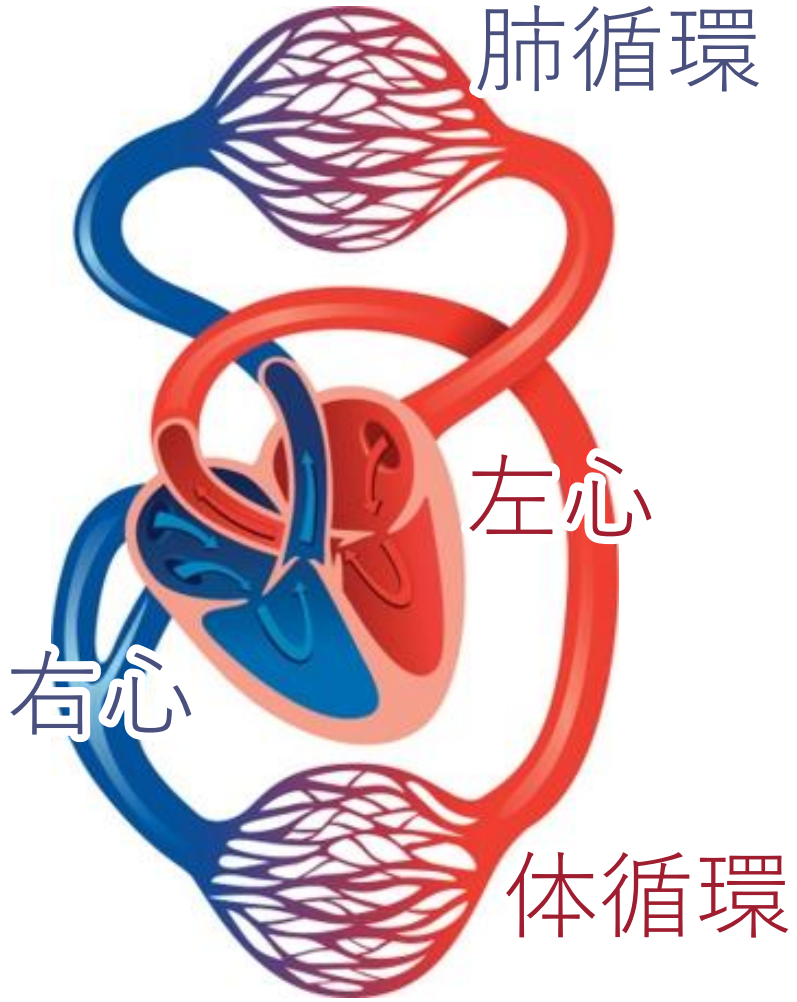
前負荷が増えたPV loopとなる





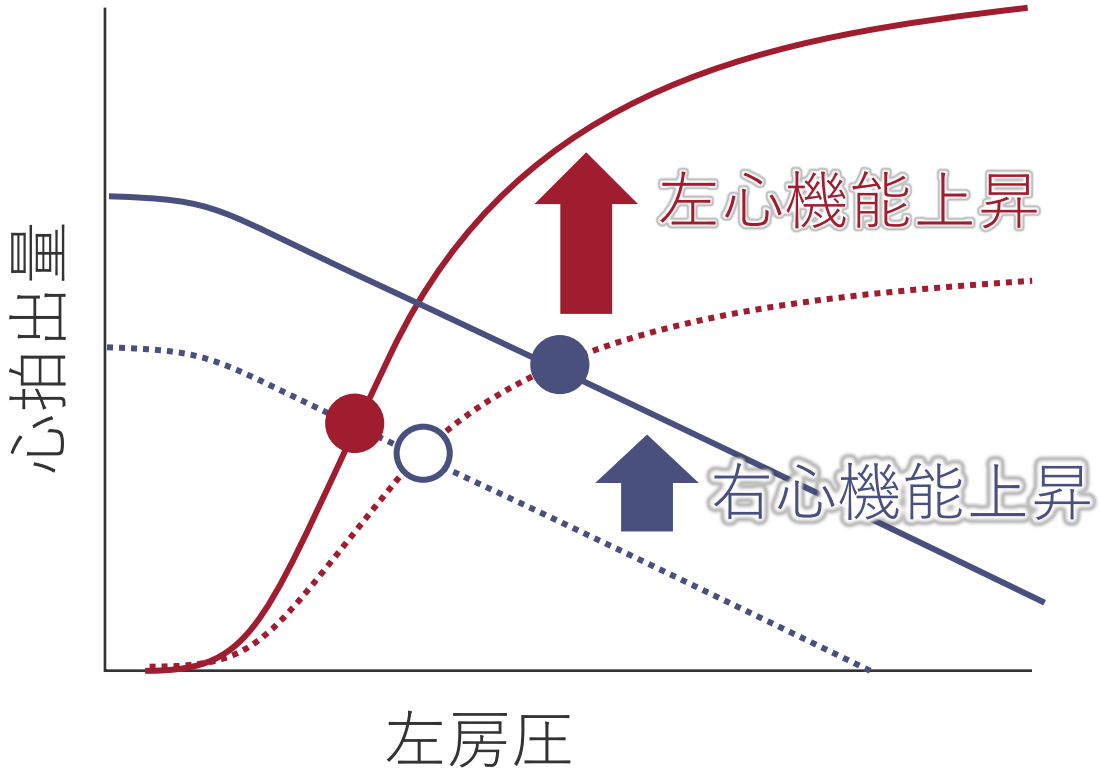
（左心の循環平衡）

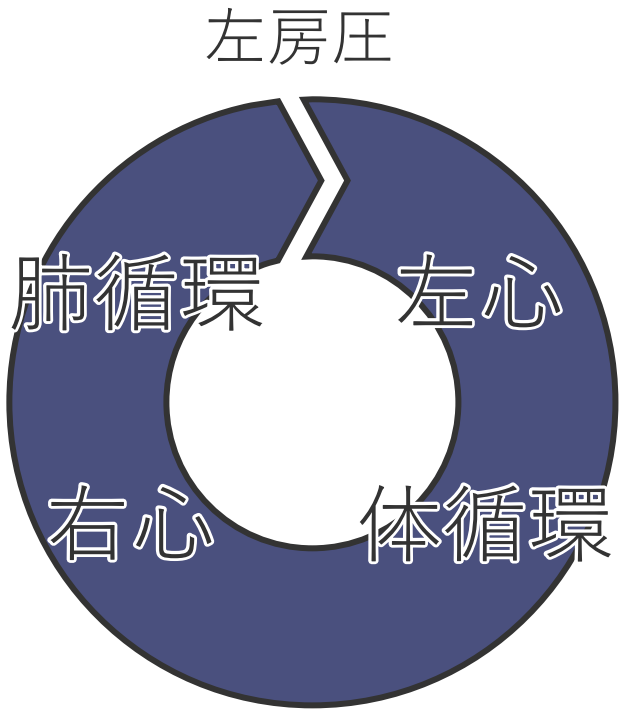
右心と左心、体循環と肺循環



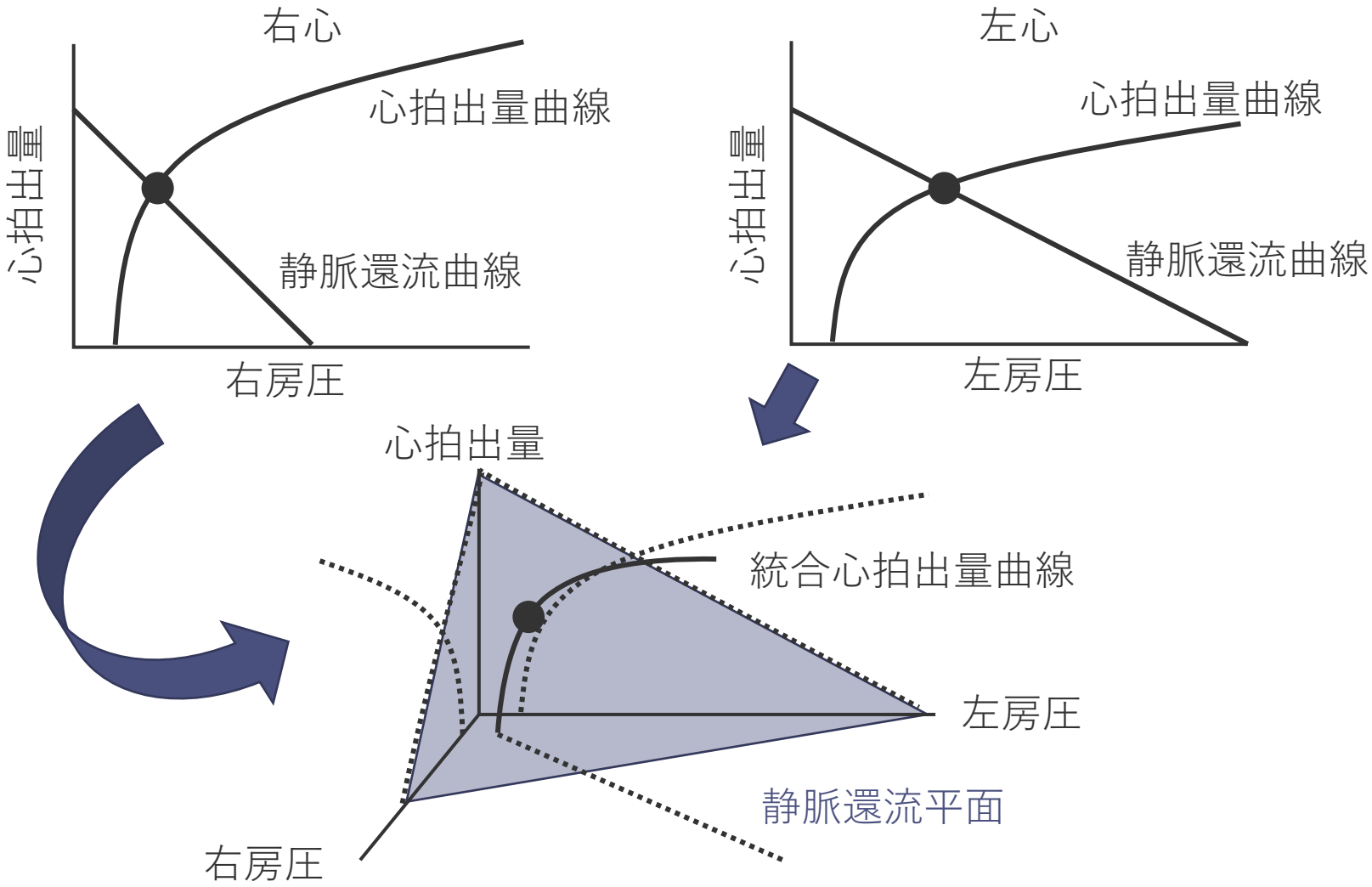
左心が右心の静脈還流を作り
右心が左心の静脈還流を作る

右心、左心と循環平衡

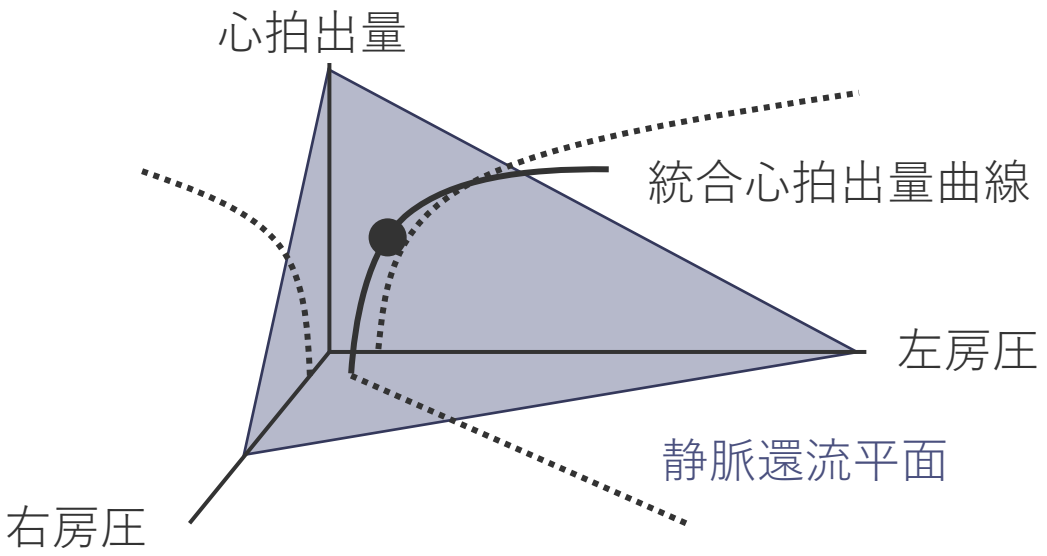




循環を組み合わせる：一般化循環平衡モデル



循環動態を機能で評価する



統合的な左心機能

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

統合的な右心機能

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

負荷血液量

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

血管特性

$$AP = R_S CO + P_{RA}$$

（F_L, H_L, F_R, H_R, W, G_S, G_Pは大まかに固定値と考える）

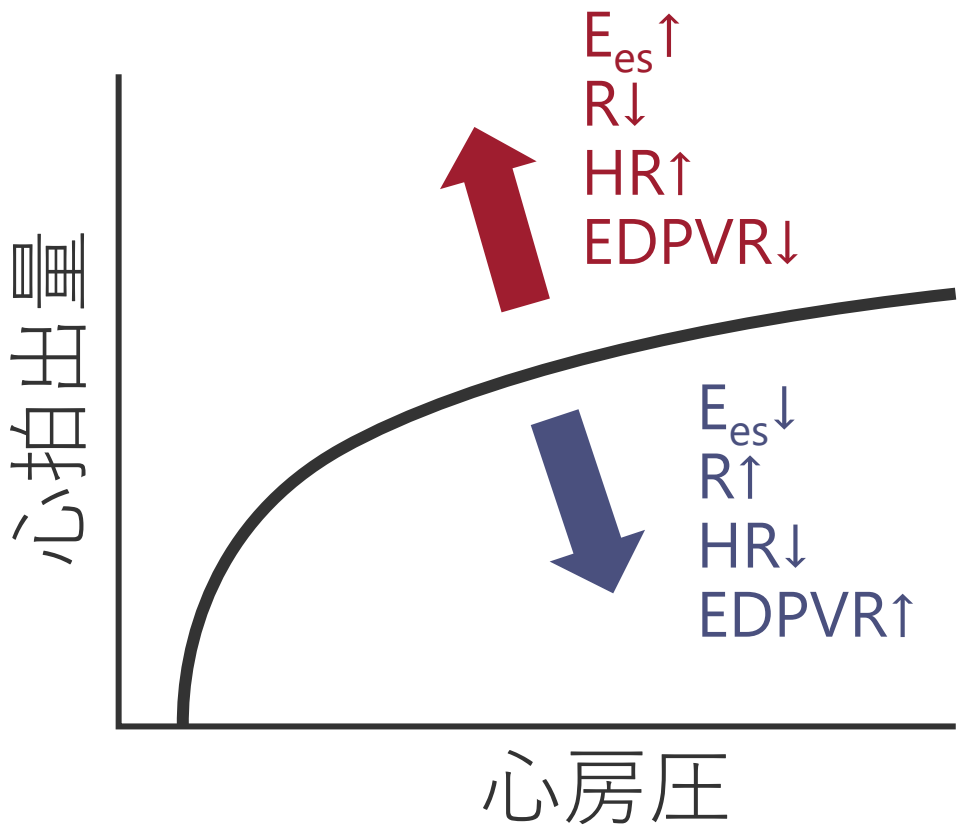
統合的な心機能を分解する

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

心房圧

心拍出量曲線の傾き

- E_{es} : 収縮性
- R　: 抵抗
- HR : 心拍数
- EDPVR : 拡張性

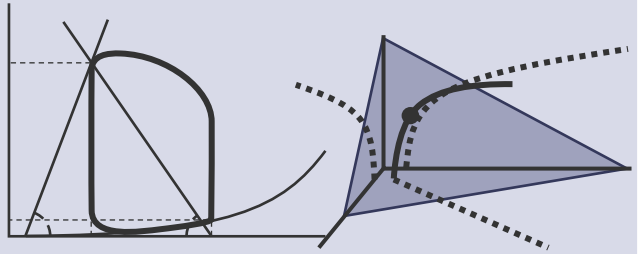


心拍出量曲線は心臓と動脈の性質

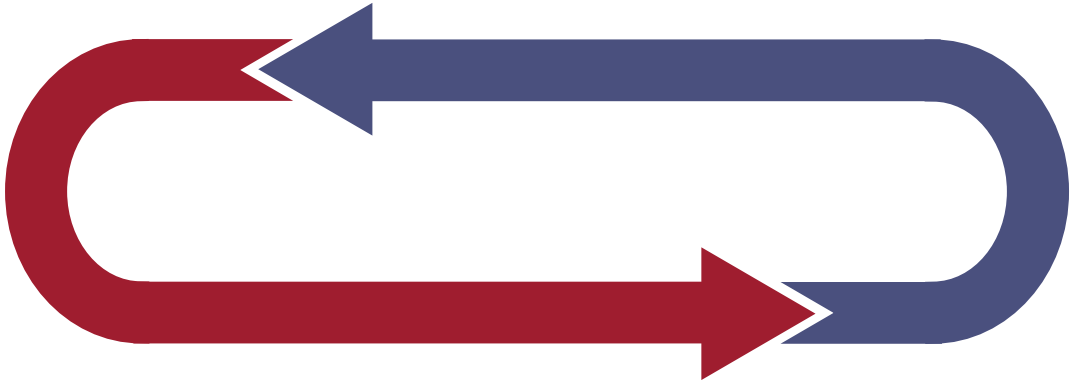
基礎知識を日常診療へと活かす！

循環フレームワーク

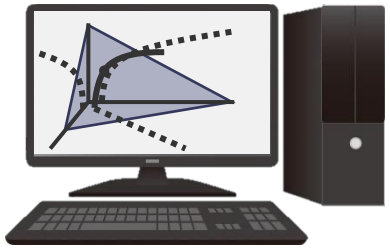
PV loop　　循環平衡



循環動態を循環フレームワークに落とし込む



患者の病態をイメージする

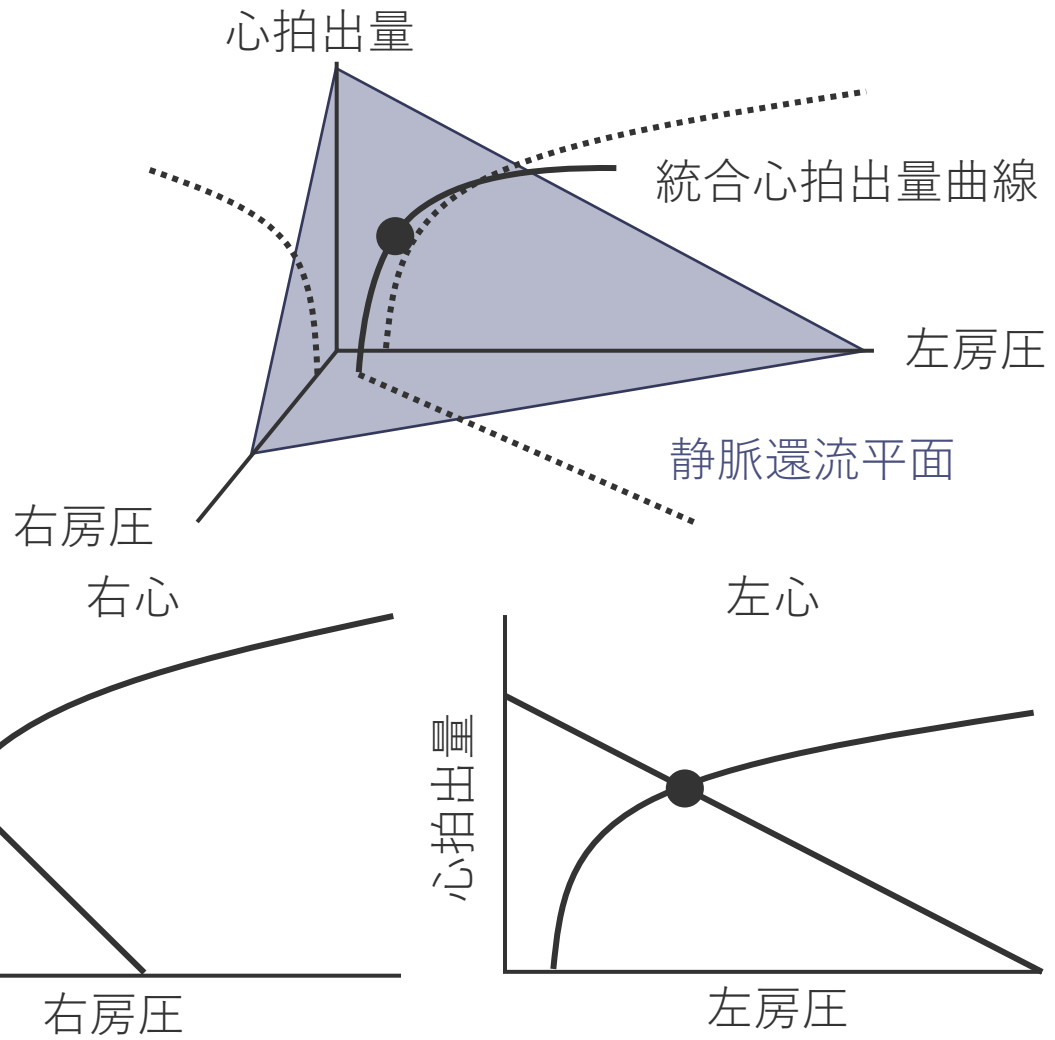


SIMARTHUR

日常診療

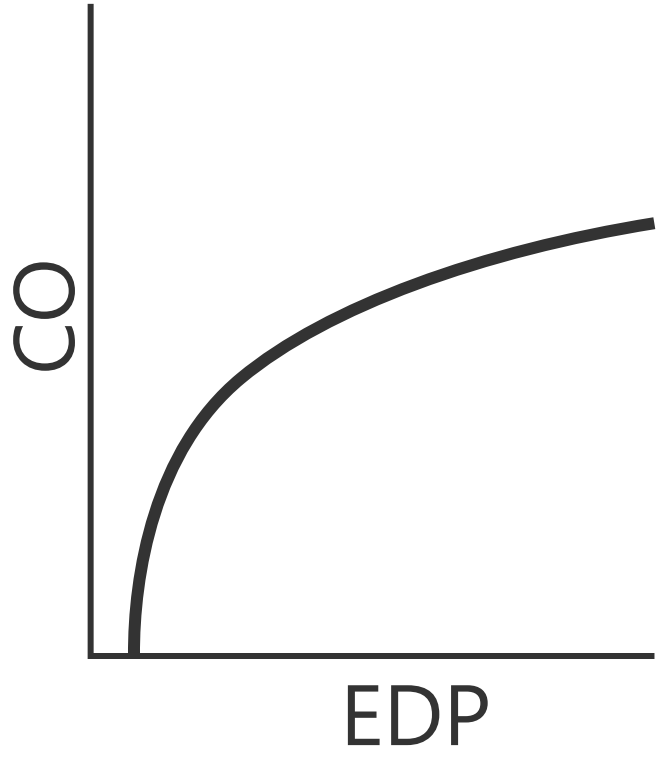
循環動態を循環フレームワークに落とし込む

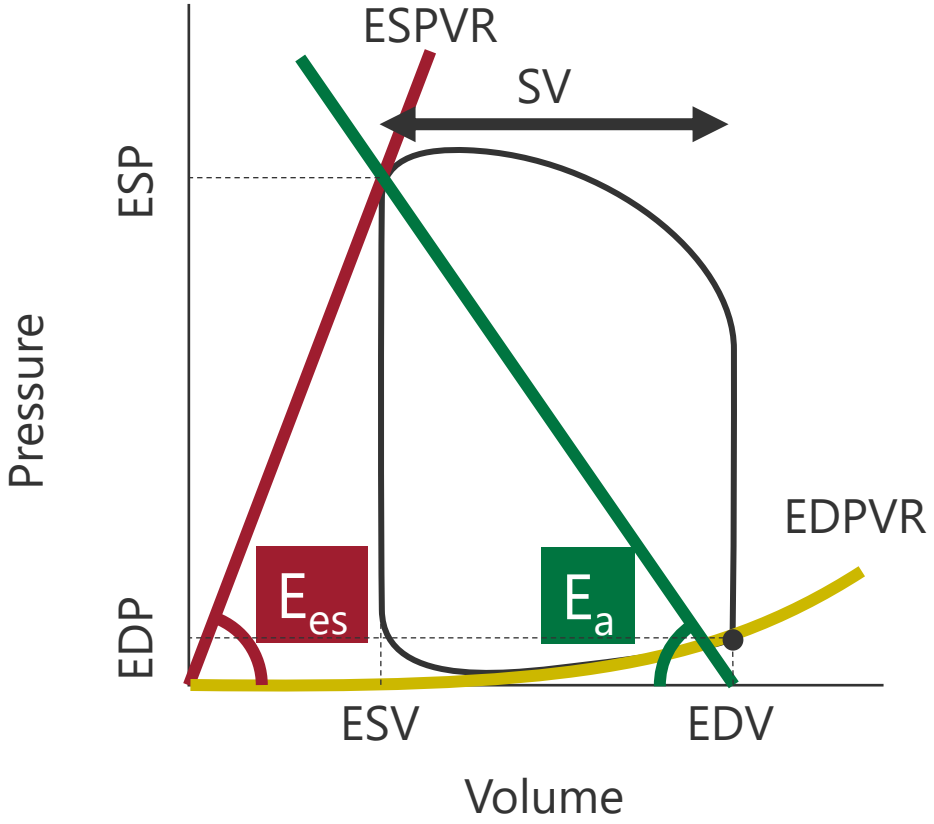
心拍出量
左房圧（PAWP）
右房圧（CVP）



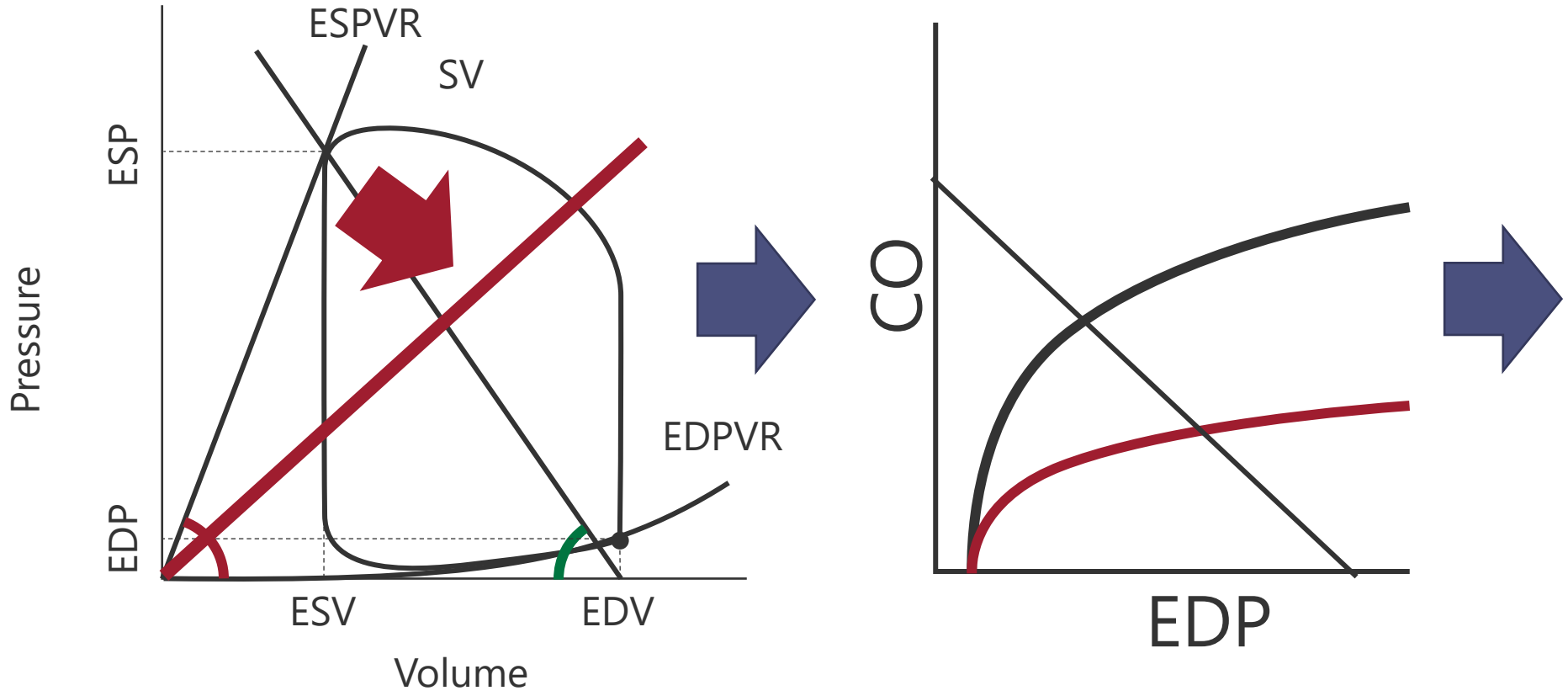
循環動態を循環フレームワークに落とし込む

心拍出量
左房圧
右房圧
平均血圧
心拍数
駆出率





治療の病態をイメージ



心拍出量
左房圧
右房圧
平均血圧
心拍数
駆出率

SIMARTHUR

医師のための心臓循環シミュレートアプリ

予測モード Pro

患者パラメータ

身長[cm] 170

体重[kg] 60

循環動態

心拍数[bpm] 60

平均血圧[mmHg] 80

平均肺動脈圧[mmHg] 18

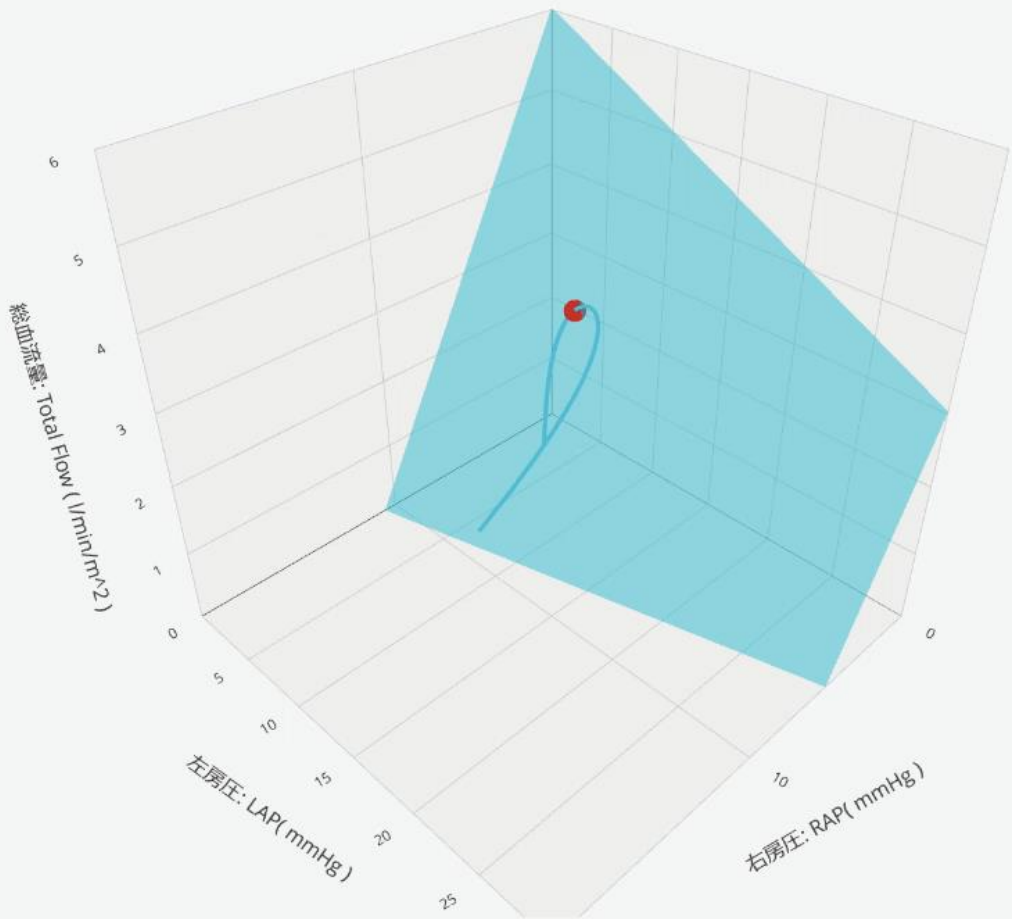
平均左房圧[mmHg] 8

平均右房圧[mmHg] 4

左室心拍出量[l/min] 5

エコー指標

Circulatory equilibrium (3D)

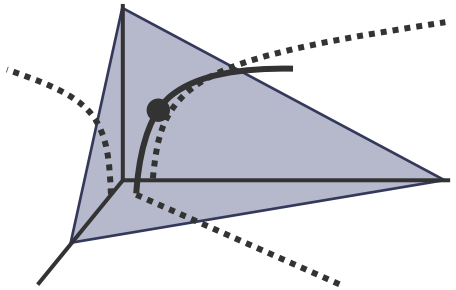


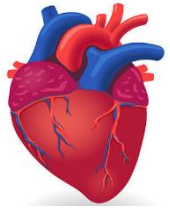
※総血液量＝左室心拍出量 (+補助循環流量

※総血液量は体表面積あたり

SIMARTHURを使って循環動態を評価する

循環平衡

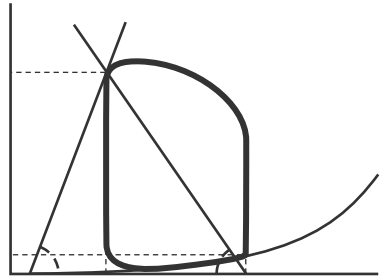


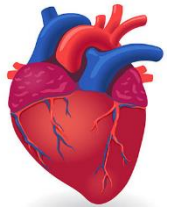


左心・右心

負荷血液量

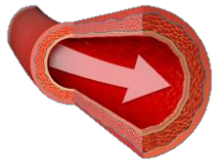
PV loop





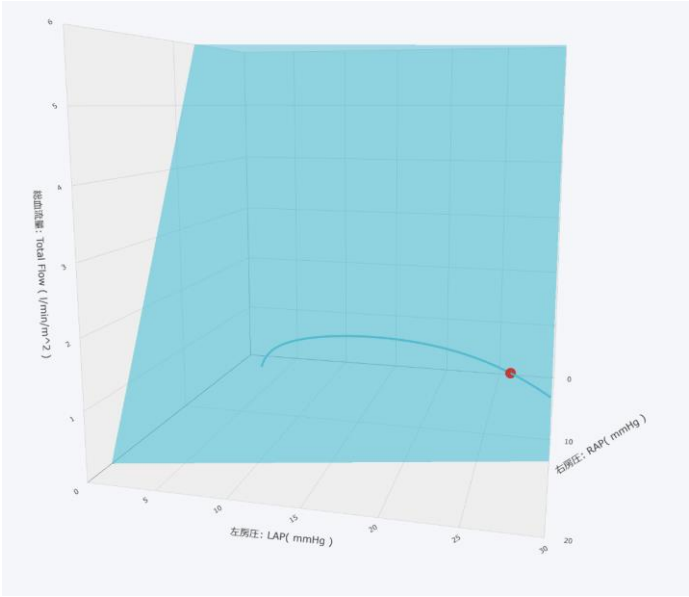
収縮性
拡張性
心拍数
左房圧（右心のみ）

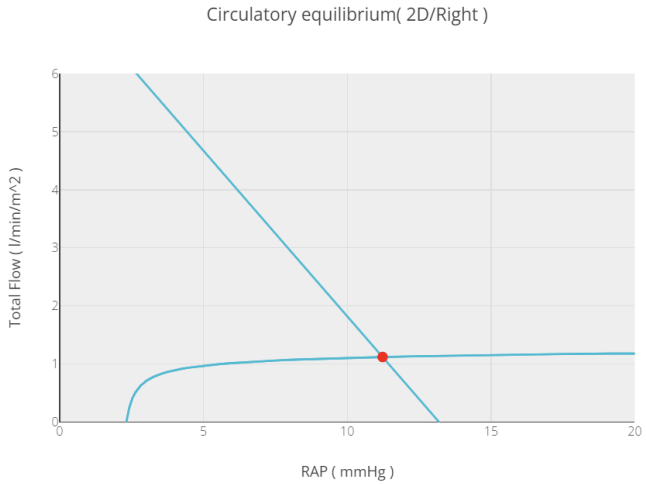
（弛緩性と弁膜症は組み込みできていない）

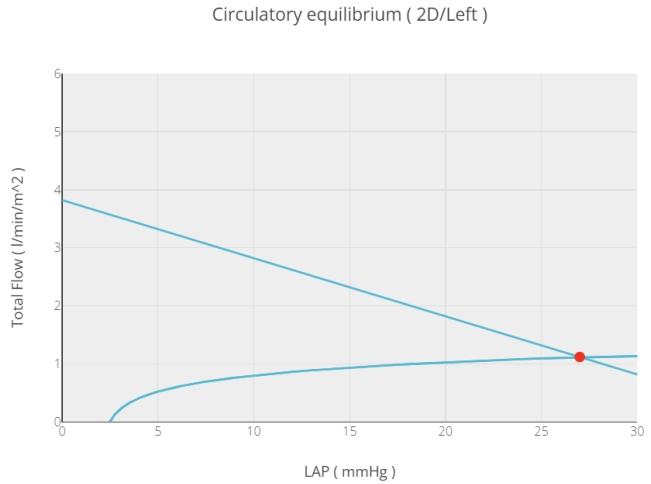


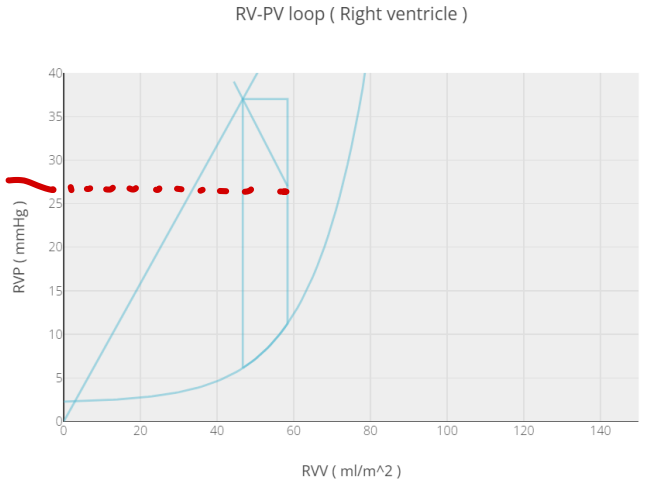
血管抵抗

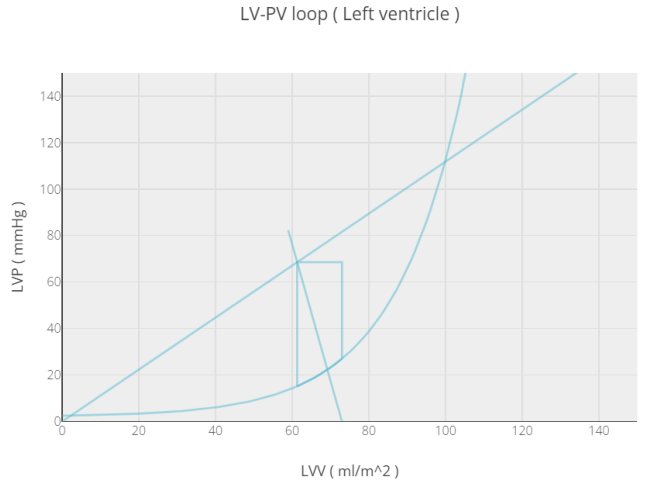
HFrEFの循環動態


総血流量：Total Flow (l/min/m^2)
左房圧：LAP(mmHg)
右房圧：RAP(mmHg)

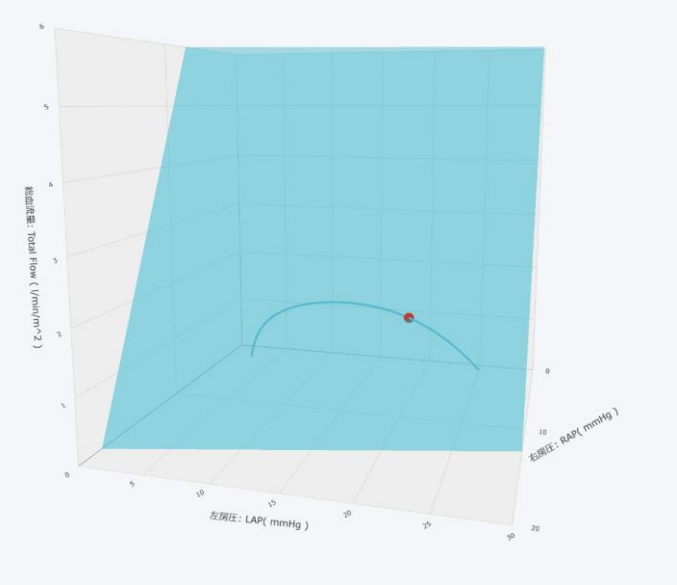

Circulatory equilibrium(2D/Right)
Total Flow (l/min/m^2)
RAP (mmHg)

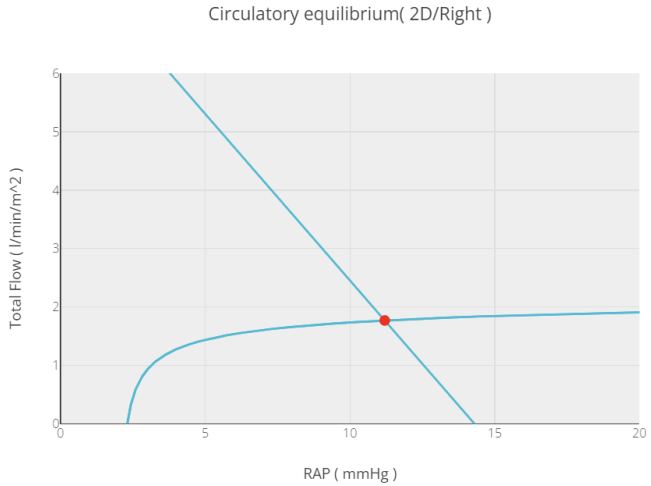

Circulatory equilibrium (2D/Left)
Total Flow (l/min/m^2)
LAP (mmHg)

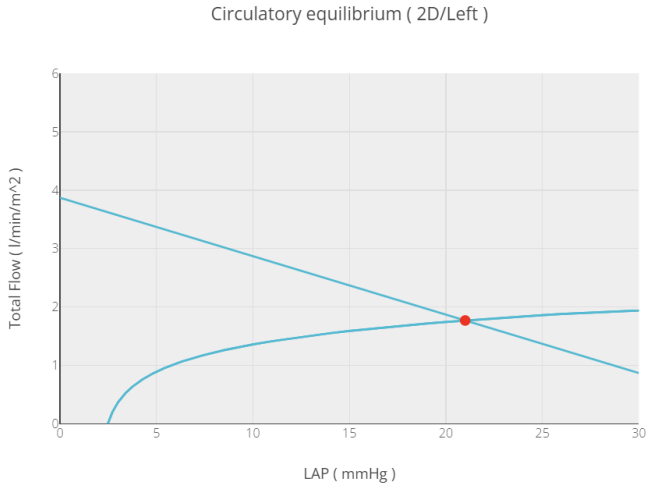

RV-PV loop (Right ventricle)
RVP (mmHg)
RVV (ml/m^2)

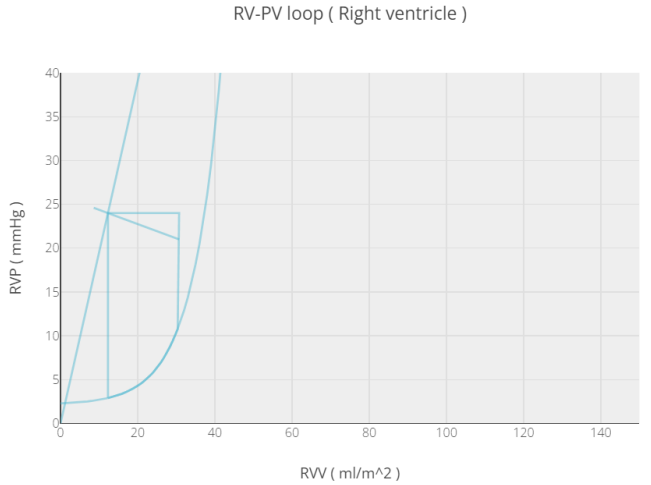

LV-PV loop (Left ventricle)
LVP (mmHg)
LVV (ml/m^2)

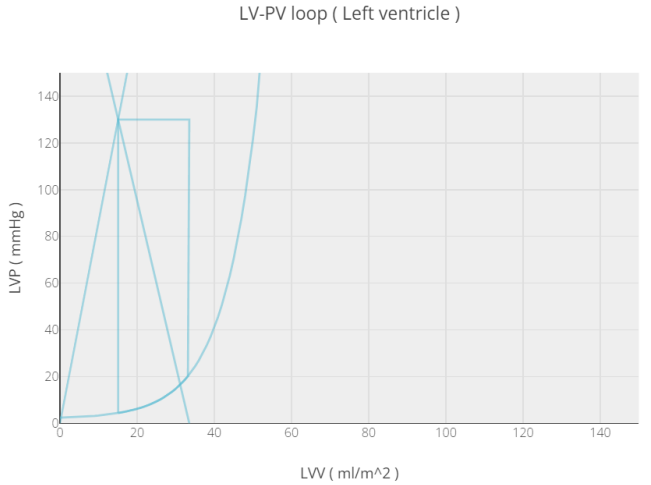
HFpEFの循環動態


総血流量: Total Flow (l/min/m^2)
左房圧: LAP(mmHg)
右房圧: RAP(mmHg)


Circulatory equilibrium(2D/Right)
Total Flow (l/min/m^2)
RAP (mmHg)


Circulatory equilibrium (2D/Left)
Total Flow (l/min/m^2)
LAP (mmHg)


RV-PV loop (Right ventricle)
RVP (mmHg)
RVV (ml/m^2)


LV-PV loop (Left ventricle)
LVP (mmHg)
LVV (ml/m^2)

SIMARTHUR

医師のための心臓循環シミュレートアプリ

予測モード Pro

患者パラメータ

身長[cm] 170

体重[kg] 60

循環動態

心拍数[bpm] 96

平均血圧[mmHg] 71.30

平均肺動脈圧[mmHg] 37.72

平均左房圧[mmHg] 27.30

平均右房圧[mmHg] 11.09

左室心拍出量[l/min] 1.980

エコー指標

左心駆出率[%] 18.79

右心駆出率[%] 20.09

重度低下

補助循環 Pro

LVAD[l/min] 0

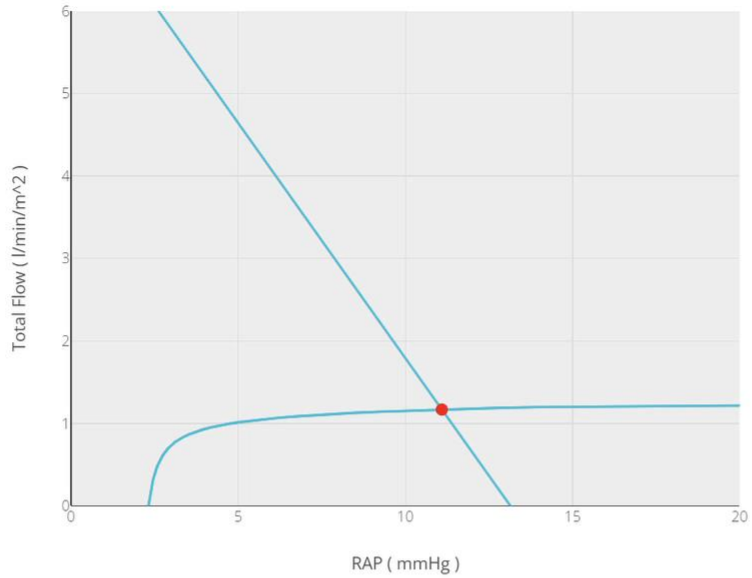
VA-ECMO[l/min] 0

心血管機能パラメータ

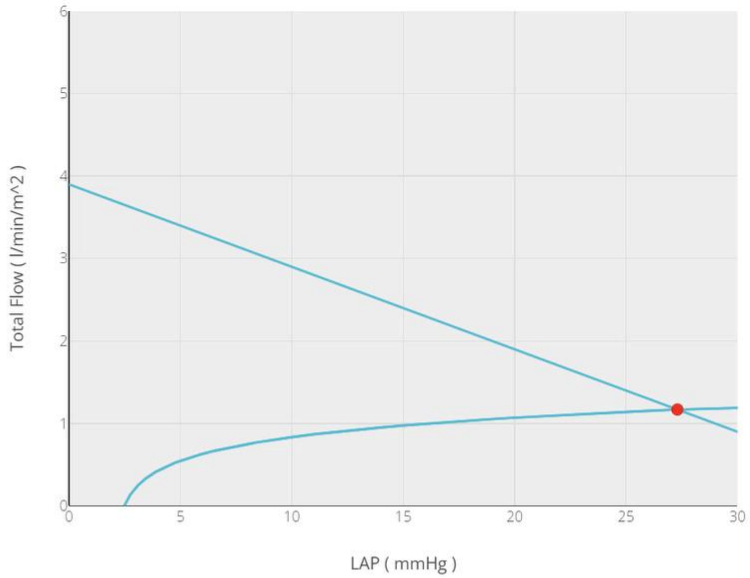
有効循環血液量: Stressed blood volume[ml/min] 2234.

体血管抵抗[l/min]

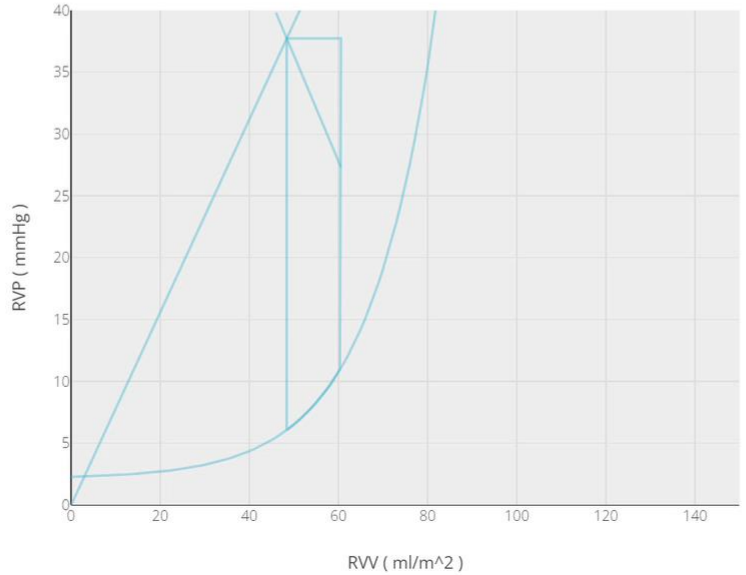
Circulatory equilibrium(2D/Right)



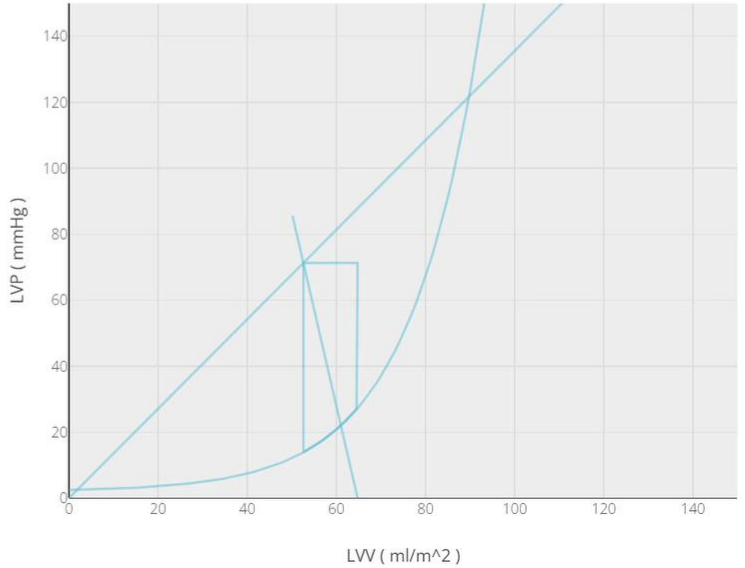
Circulatory equilibrium (2D/Left)



RV-PV loop (Right ventricle)

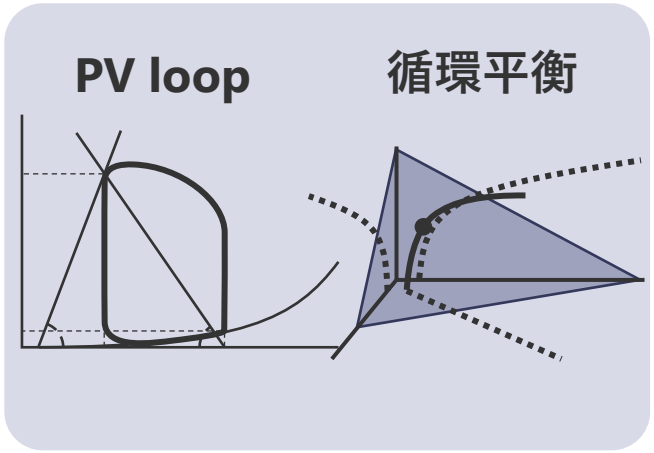


LV-PV loop (Left ventricle)



基礎知識を日常診療へと活かす！

循環フレームワーク



循環動態を循環フレームワークに落とし込む

患者の病態をイメージする

日常診療

- 日常臨床と循環フレームワークをつなげることで適切な病態把握ができる
- 病態をイメージしながら診療をしよう
- SIMARTHURは、循環動態を可視化し、イメージを助ける

https://simarthur.jp/