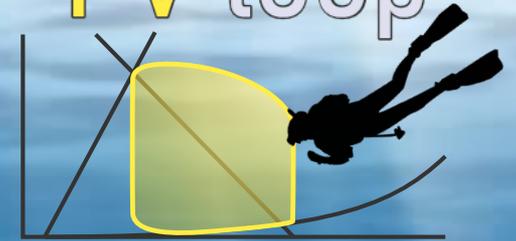


Deep dive into
PV loop



後負荷は式展開で 理解しよう

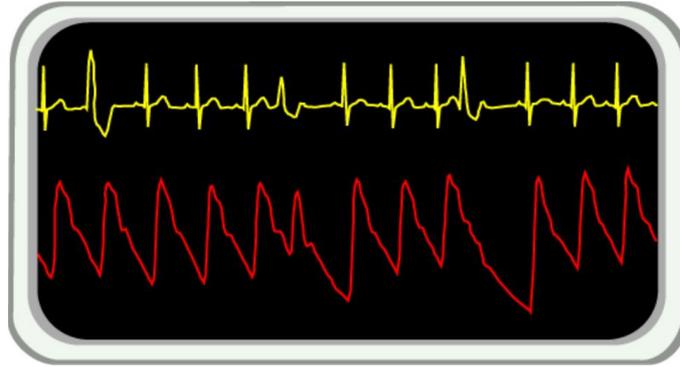
九州大学病院 循環器内科

坂本隆史

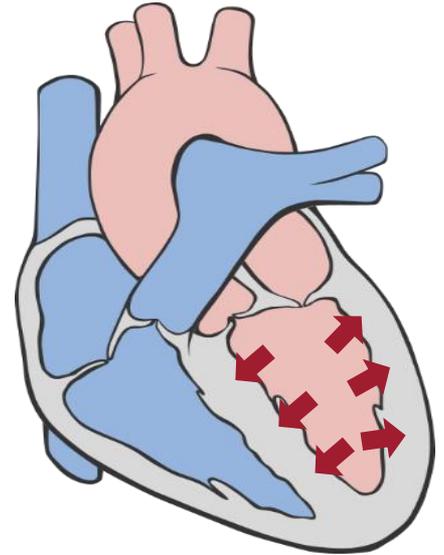
どれが後負荷？



血管抵抗



血圧

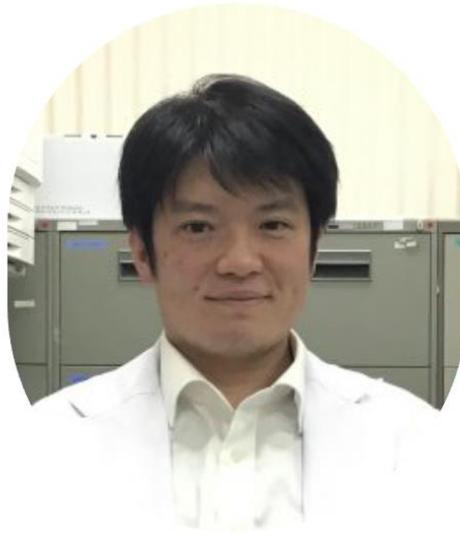


心筋にかかる
ストレス

Situationに合わせて必要なものを用いる！

第4回までの総復習

➤ 収縮性



➤ 拡張能



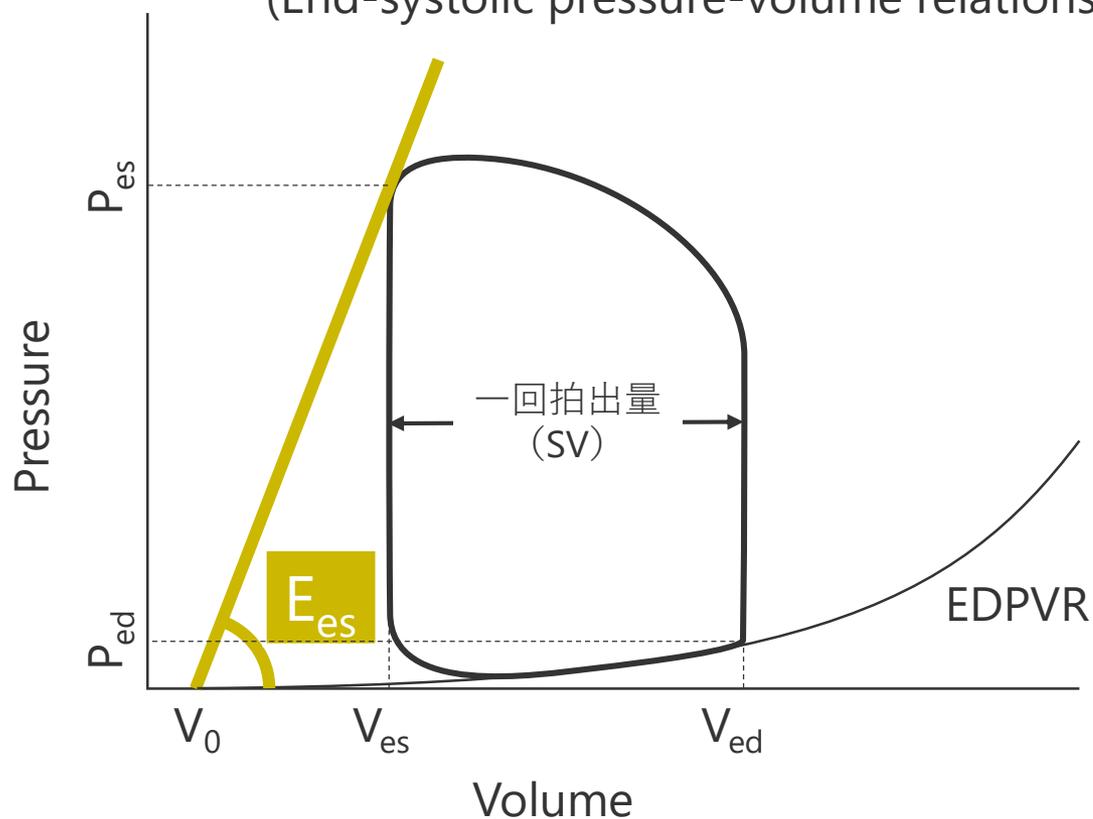
➤ 前負荷



第4回までの総復習：収縮性 (E_{es})

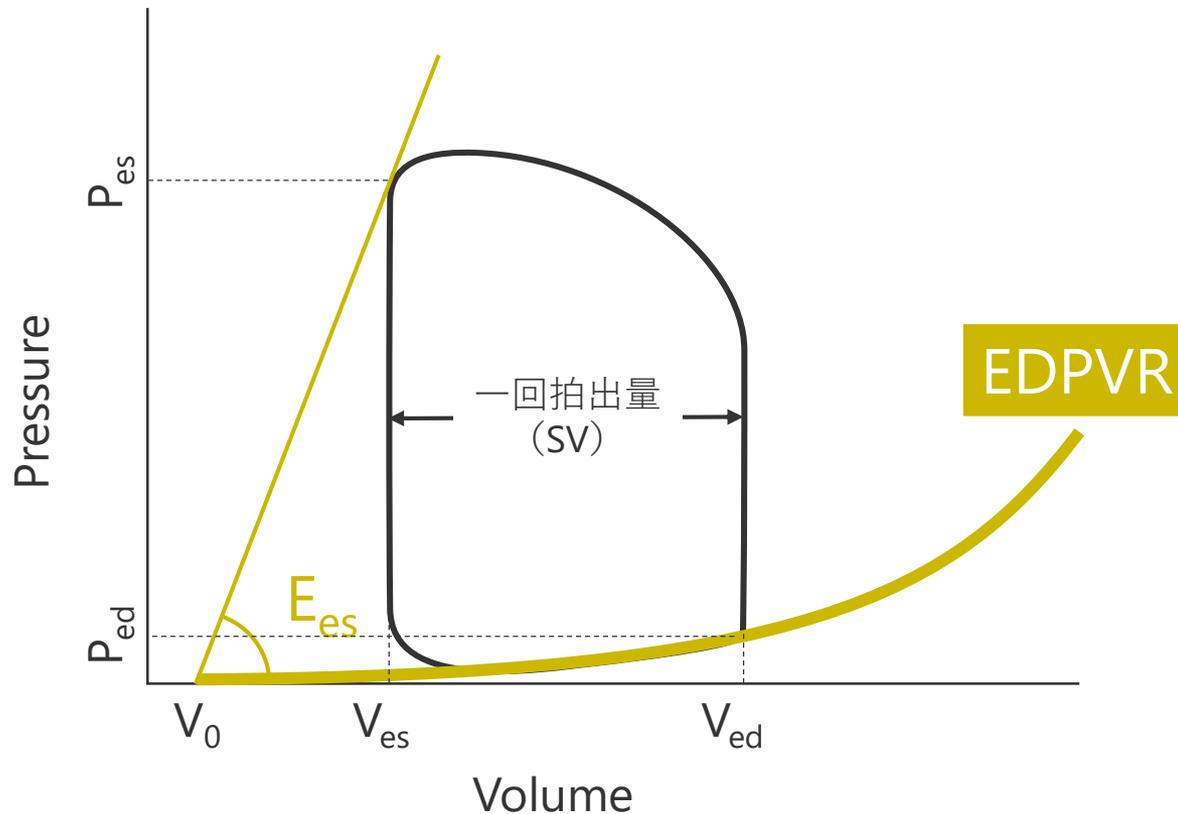
収縮末期圧容積関係

(End-systolic pressure-volume relationship : ESPVR)

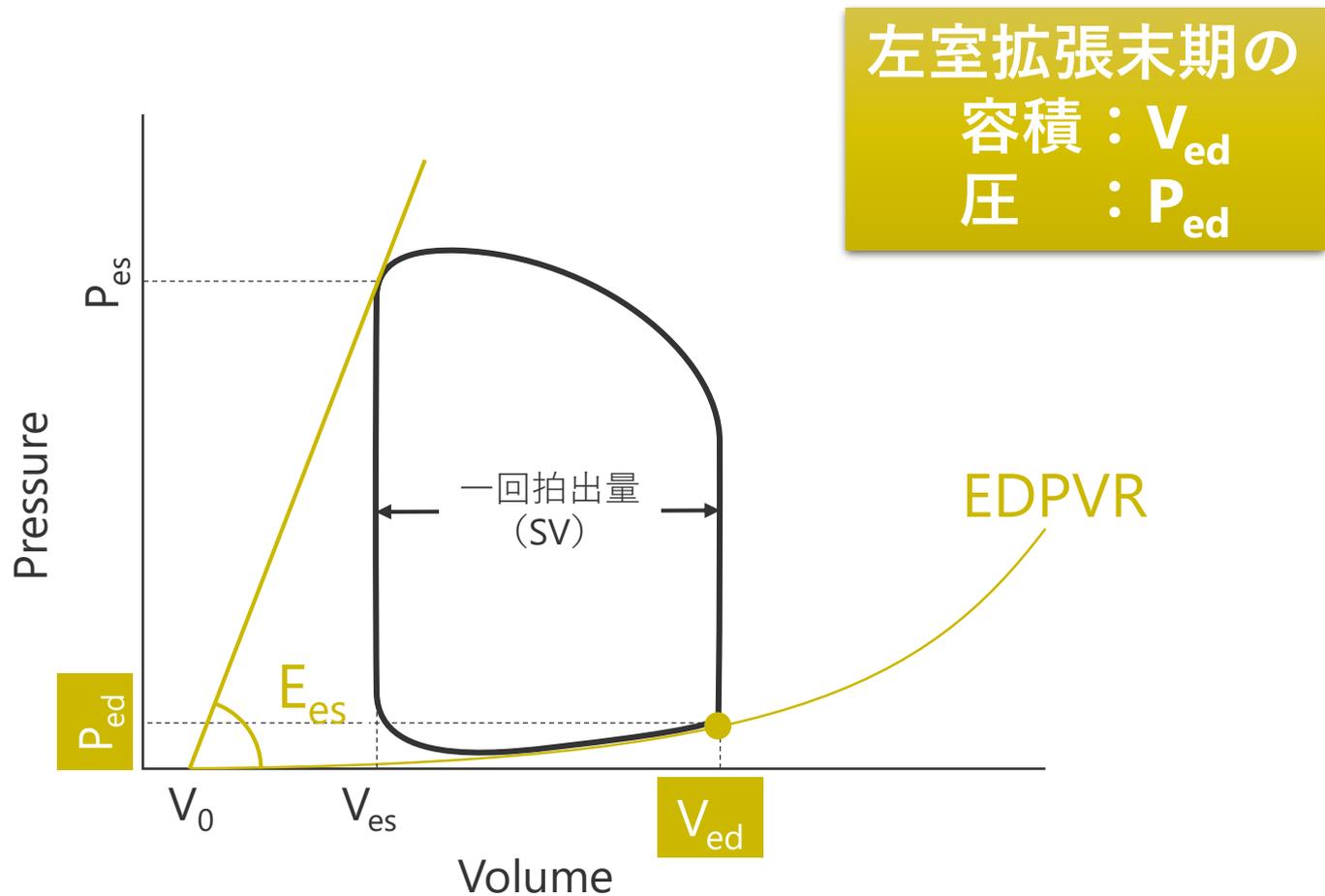


第4回までの総復習：拡張能（EDPVR）

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

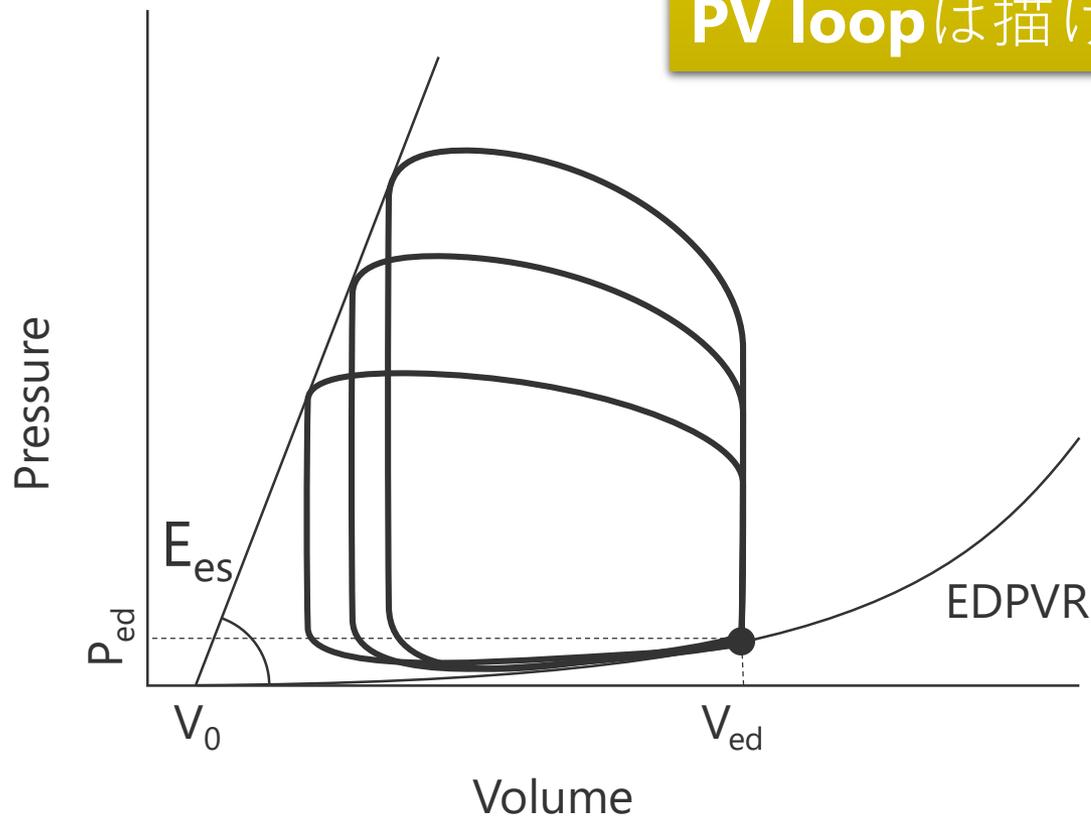


第4回までの総復習：前負荷 (V_{ed} 、 P_{ed})

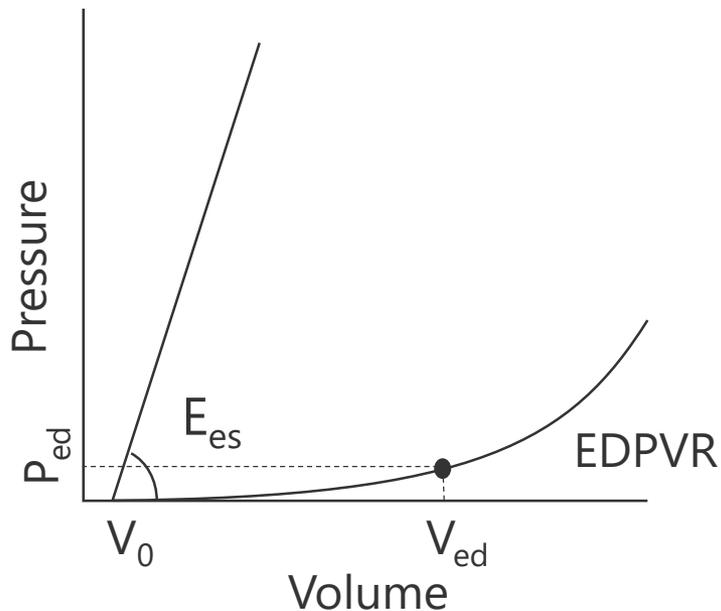


第4回までの総復習：まとめ

収縮性、拡張能、前負荷が
決まっても、
PV loopは描けない！



PV loopに後負荷を組み込む



心臓の特性（収縮性、拡張能、前負荷）が決まっても、**PV loop**は描けない！

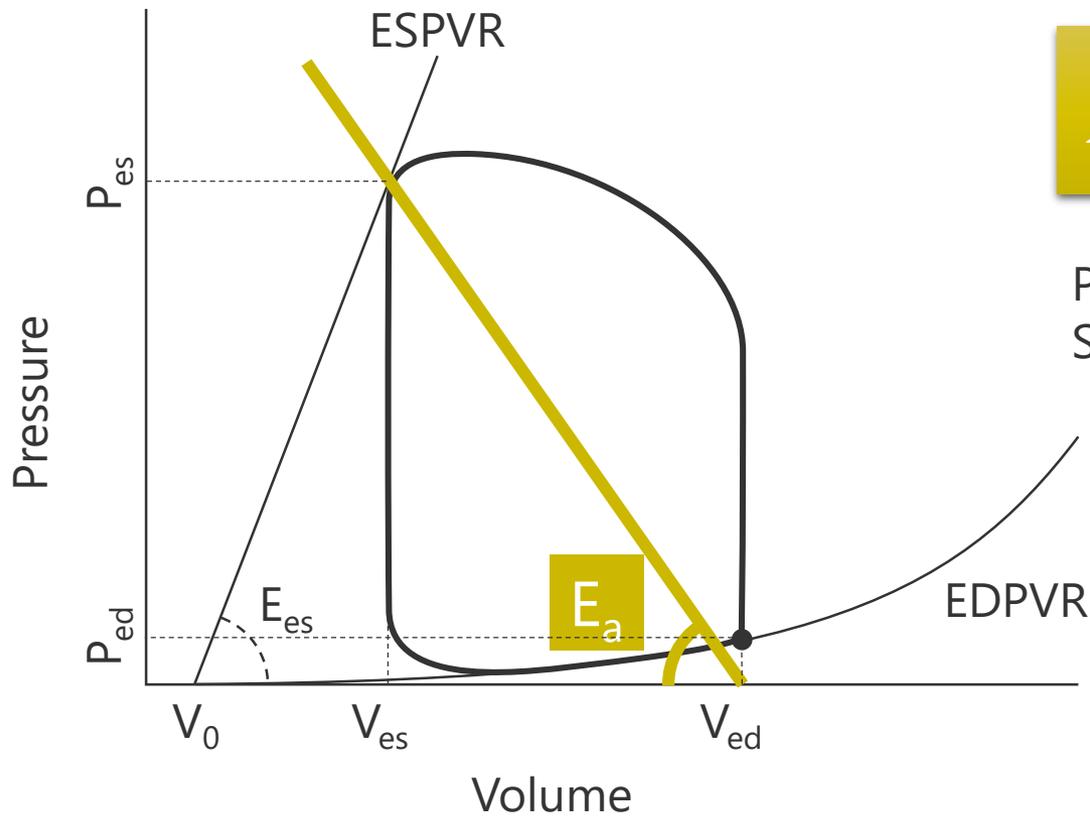
PV loopが描けないということは、**一回拍出量**が決まらないということ

一回拍出量は心臓だけでなく、**駆出する先の血管の特性**にも影響を受ける

PV loopの中に、**血管の特性**を組み込む

実効動脈エラスタンス

(Effective arterial elastance : E_a)



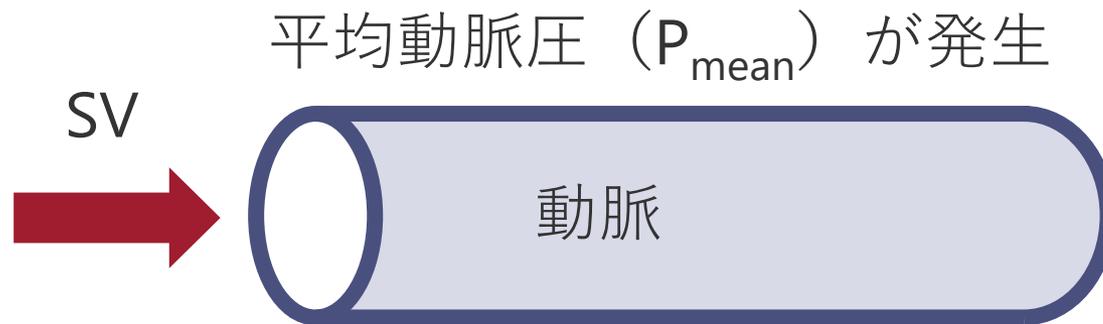
$$E_a = \frac{P_{es}}{SV}$$

P_{es} : 収縮末期圧
 SV : 一回拍出量

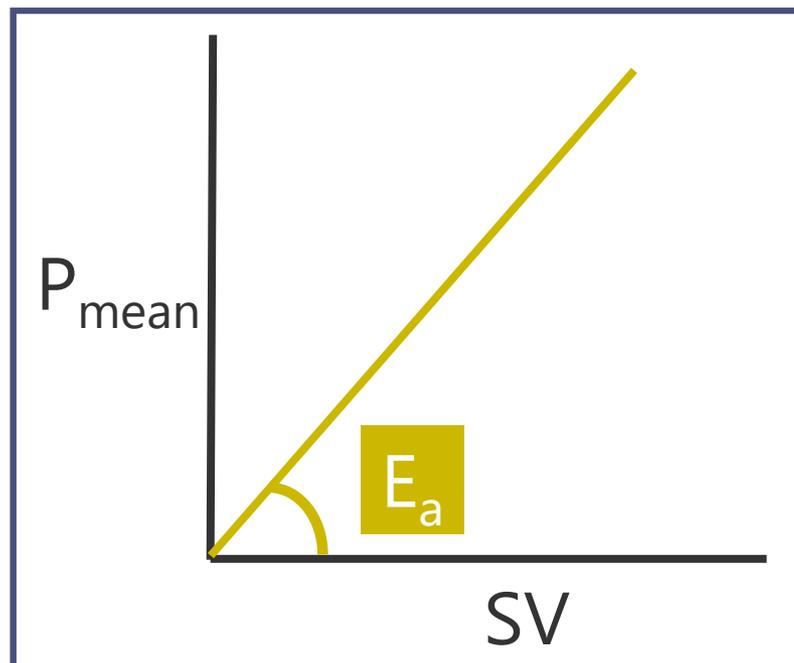


実効動脈エラスタンス

(Effective arterial elastance : E_a)



動脈での圧-容積関係

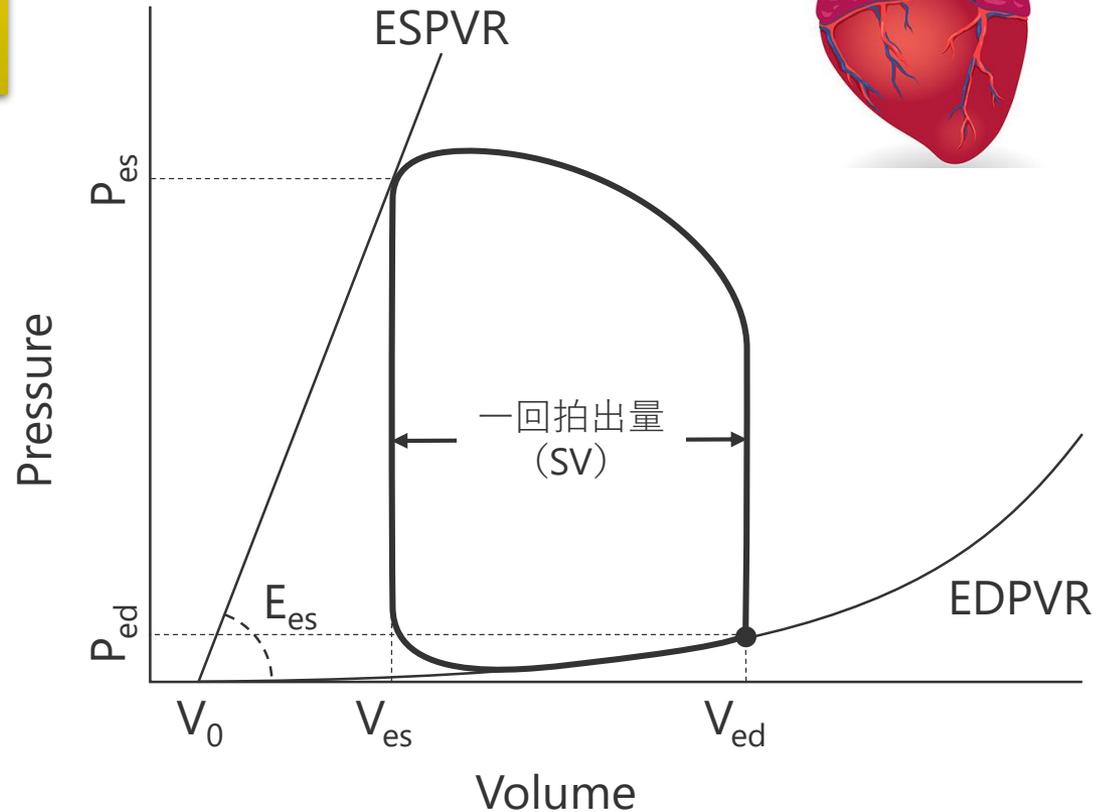
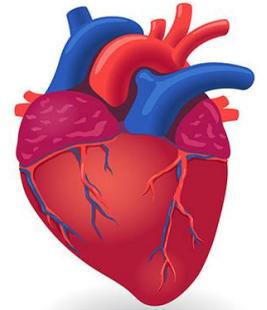
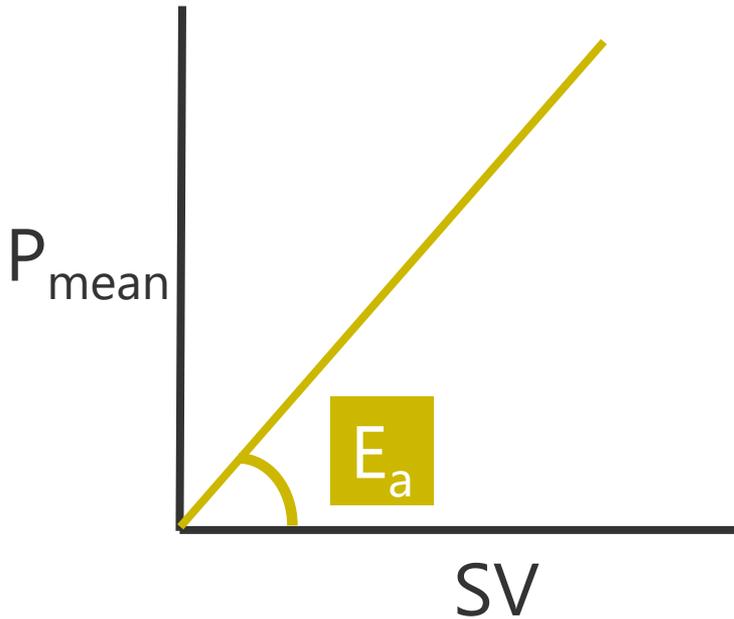


$$E_a = \frac{P_{\text{mean}}}{SV}$$

血管特性 E_a をPV loopに組み込む

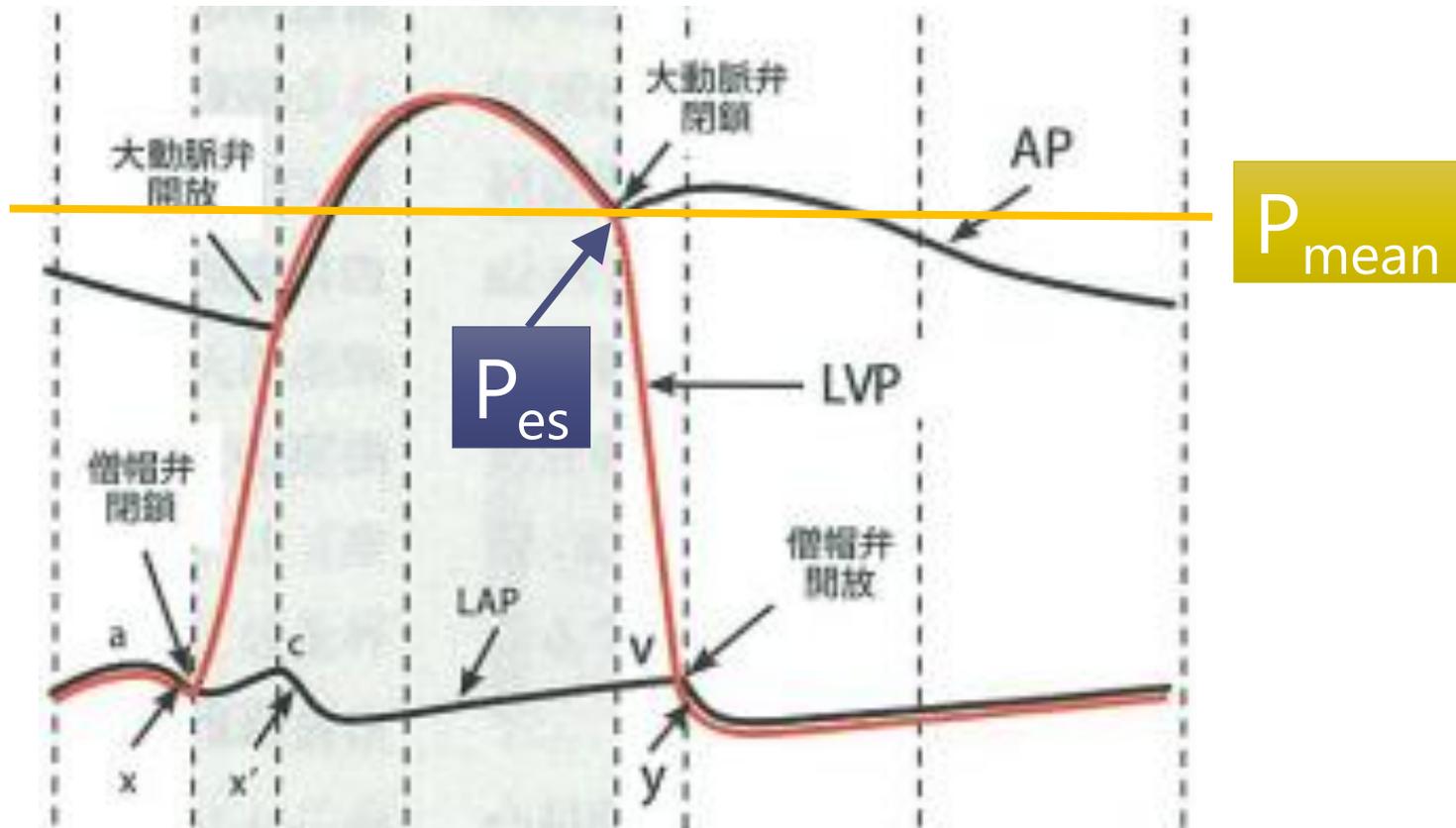


$$E_a = \frac{P_{mean}}{SV}$$



心臓と血管をつなげる (同じグラフに描く)
ためのたったひとつの仮定をおく

心臓と血管をつなげる (coupling) するための仮定： $P_{es} = P_{mean}$

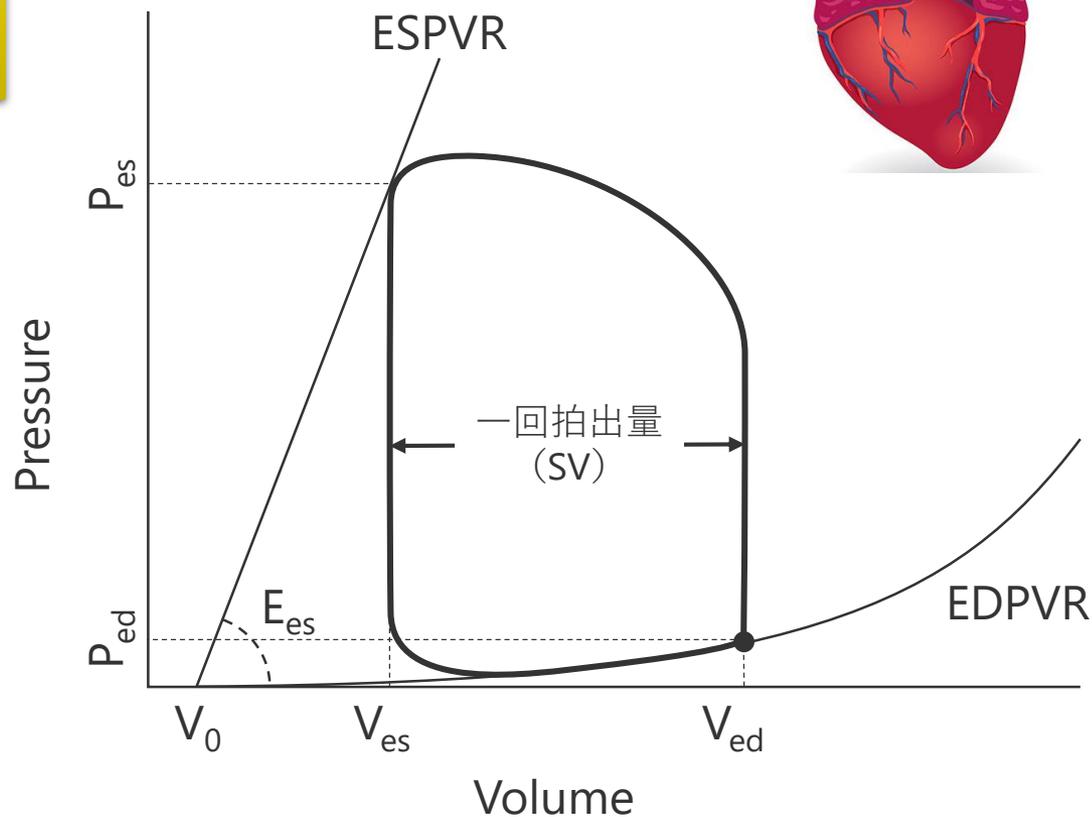
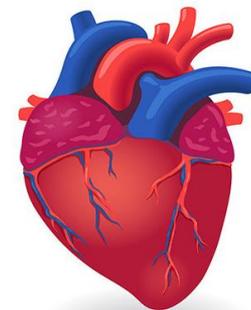
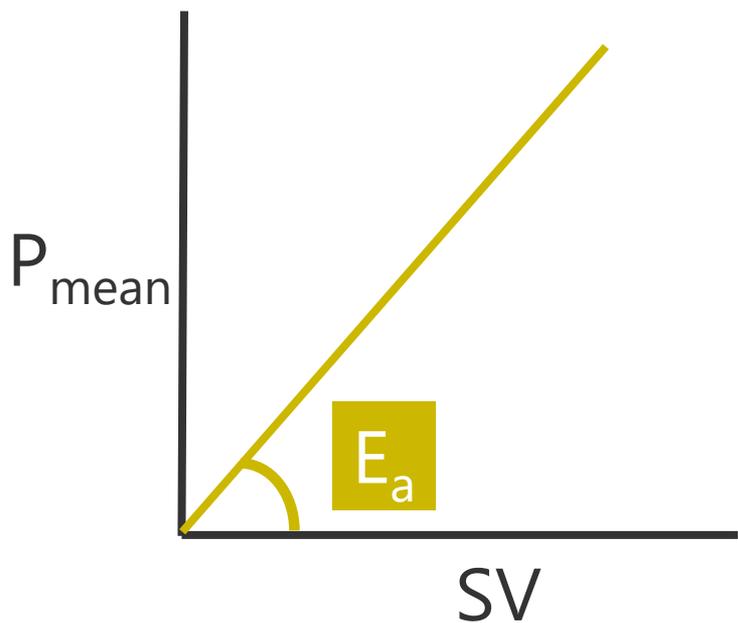


P_{es} : 収縮末期圧 (左心室の圧)、PV loopの左上の点
 P_{mean} : 平均動脈圧 (血管の圧)

血管特性 E_a をPV loopに組み込む ($P_{\text{mean}} = P_{\text{es}}$)



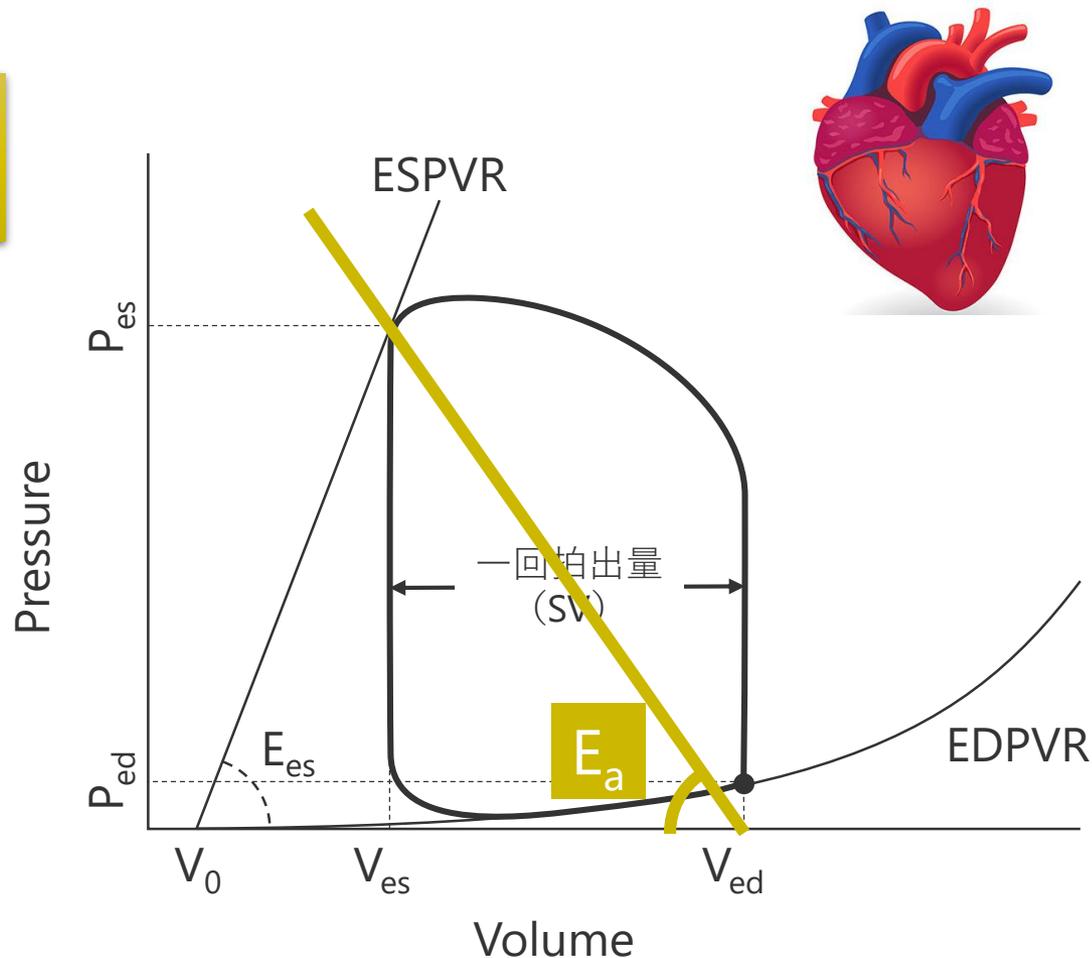
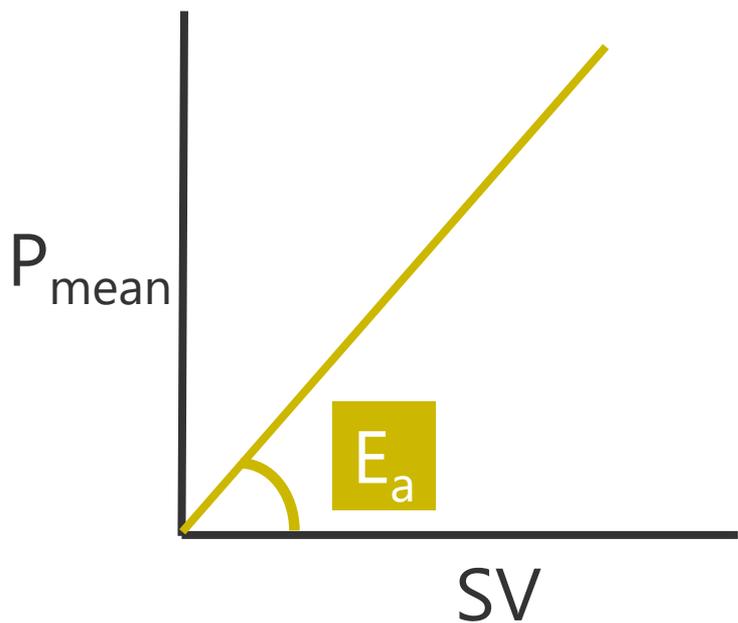
$$E_a = \frac{P_{\text{mean}}}{SV}$$



血管特性 E_a をPV loopに組み込む ($P_{\text{mean}} = P_{\text{es}}$)

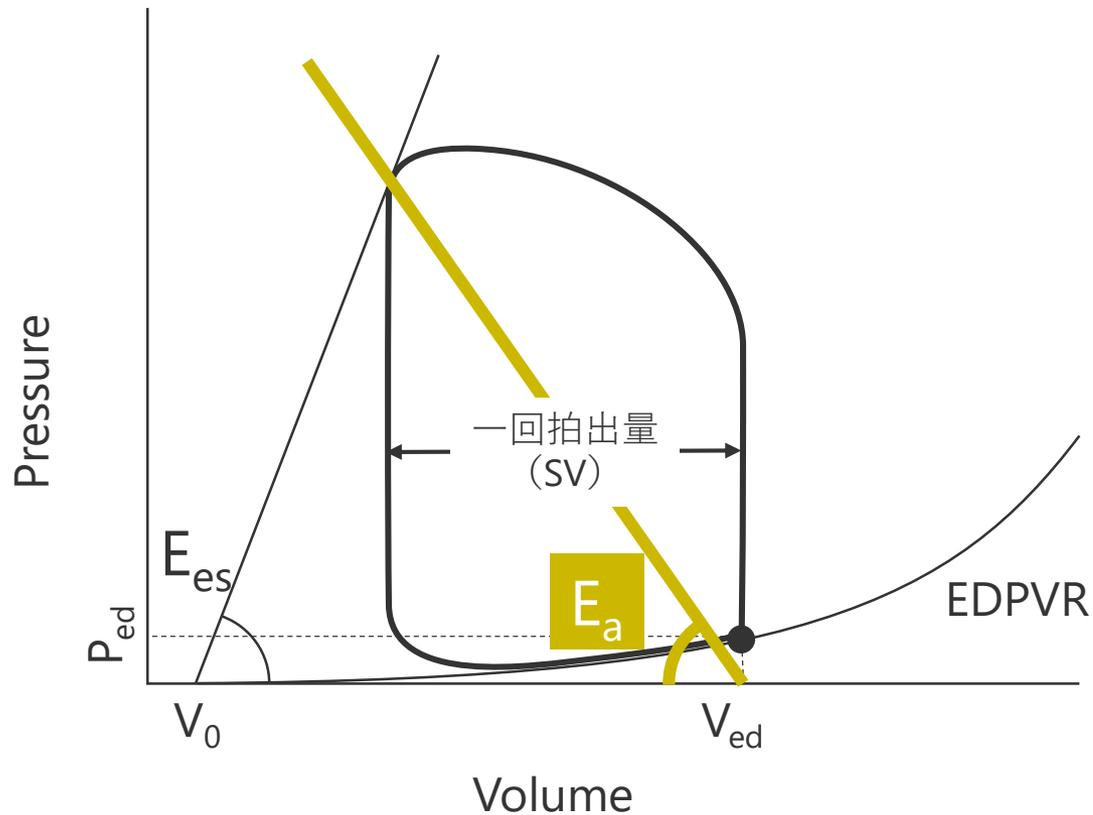


$$E_a = \frac{P_{es}}{SV}$$

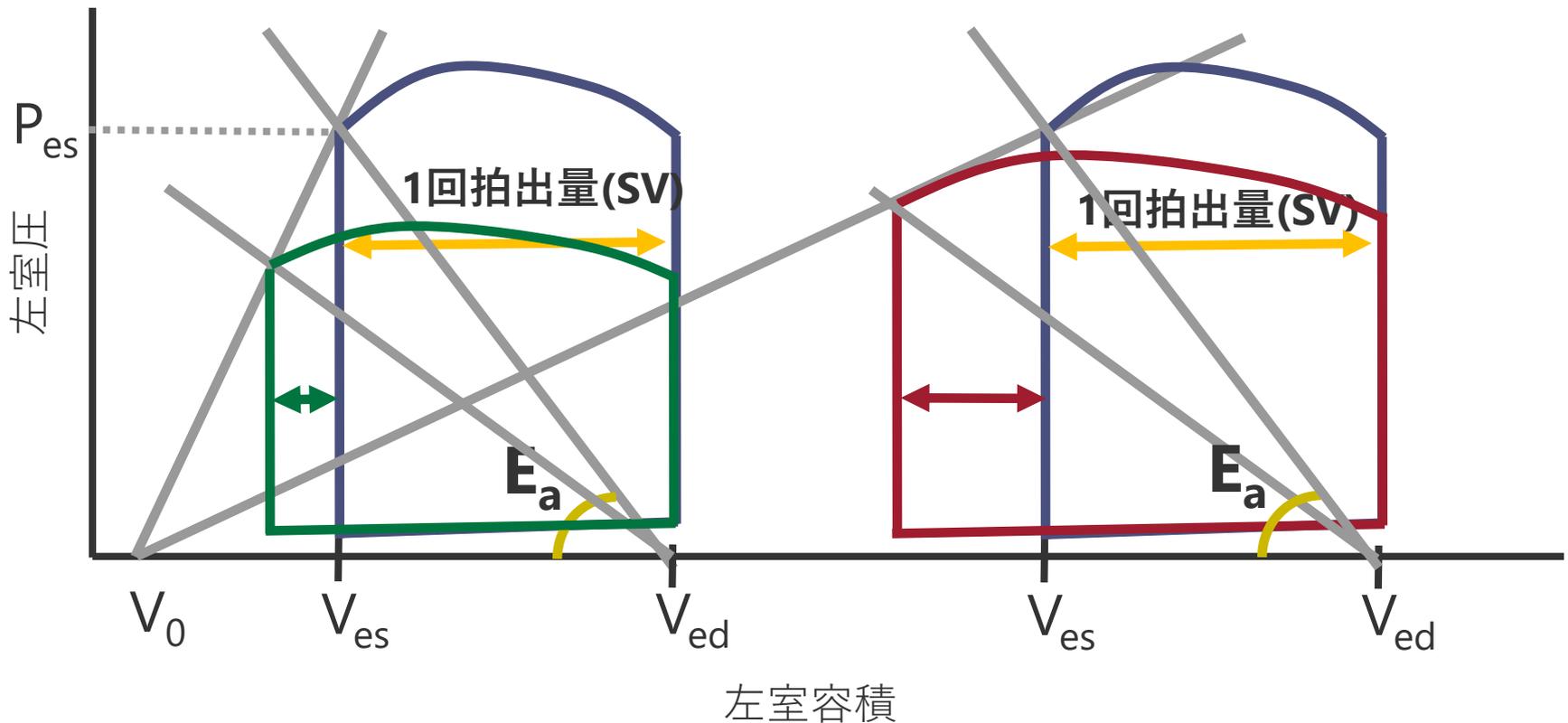


心室と血管のカップリング
(Ventriculo-arterial coupling : VA coupling)

収縮性、拡張能、前負荷に後負荷が加わることでPV loopが描ける



後負荷軽減とSV変化について

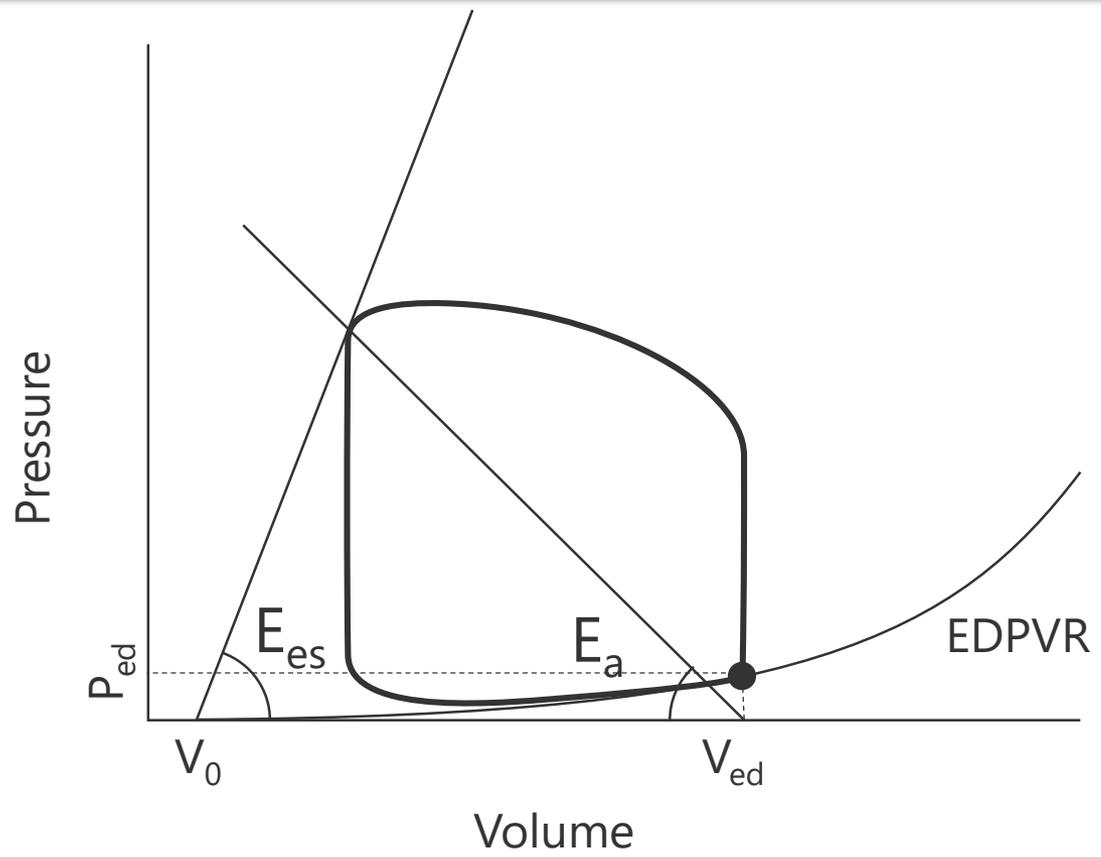


収縮不全心では後負荷低下により
一回拍出量が増加しやすい
→不全心の後負荷依存性

PV loop 総まとめ

– これが分かればbasic courseは免許皆伝 –

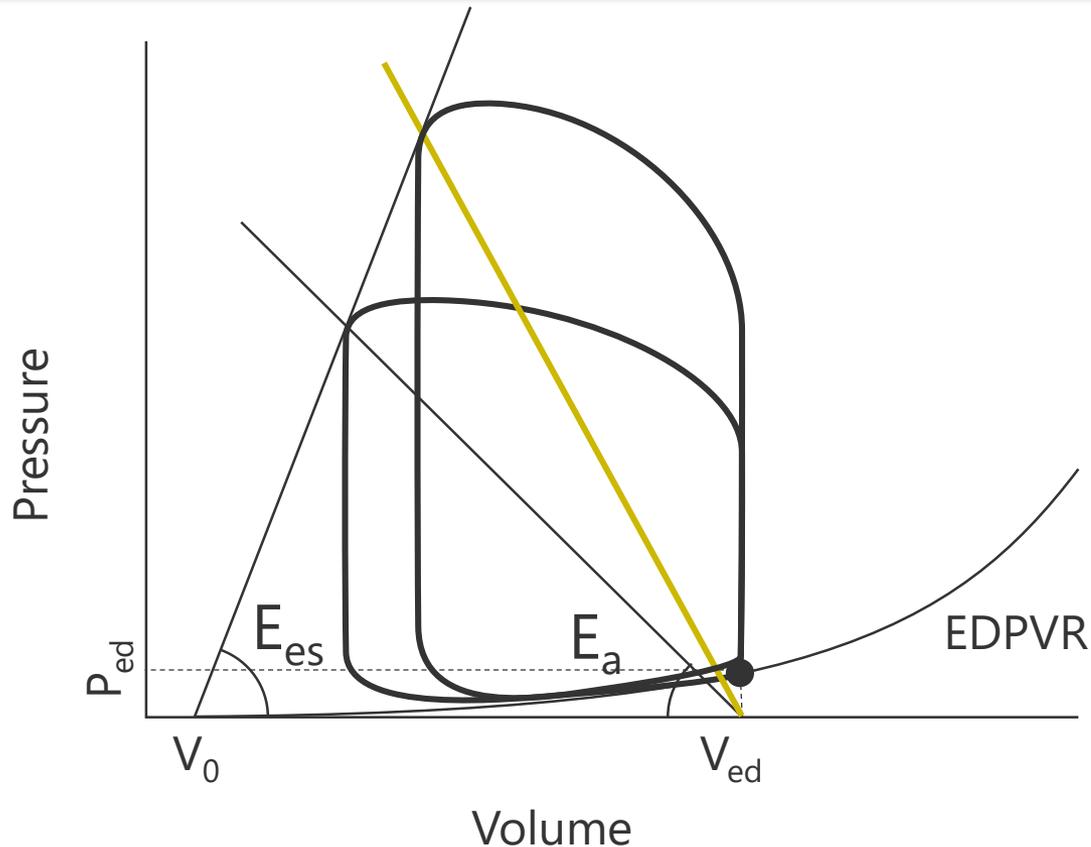
問題：後負荷 E_a が増加した際のPV loopを図示せよ



PV loop 総まとめ

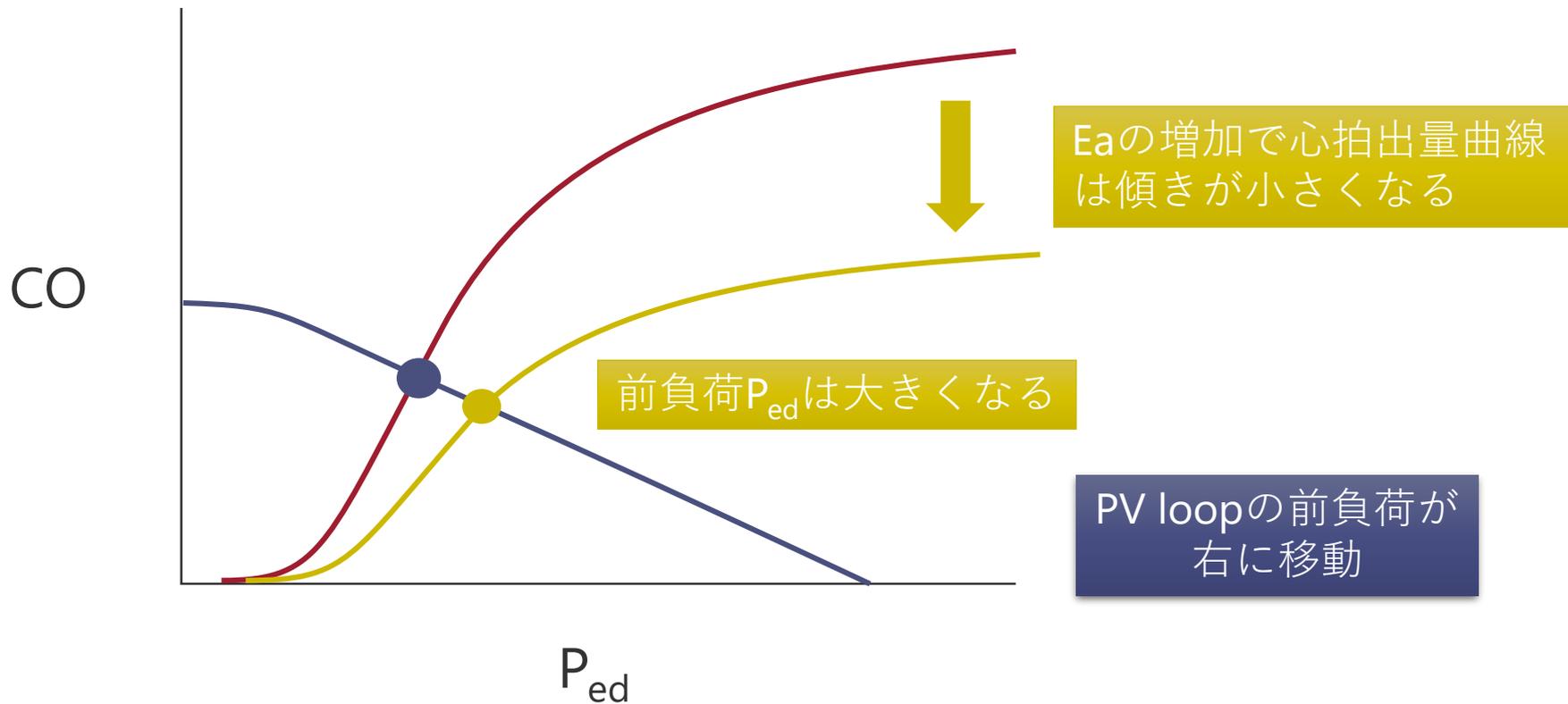
– これが分かればbasic courseは免許皆伝 –

問題：後負荷 E_a が増加した際のPV loopを図示せよ



この図は同じ前負荷に対してSVが減少することを意味

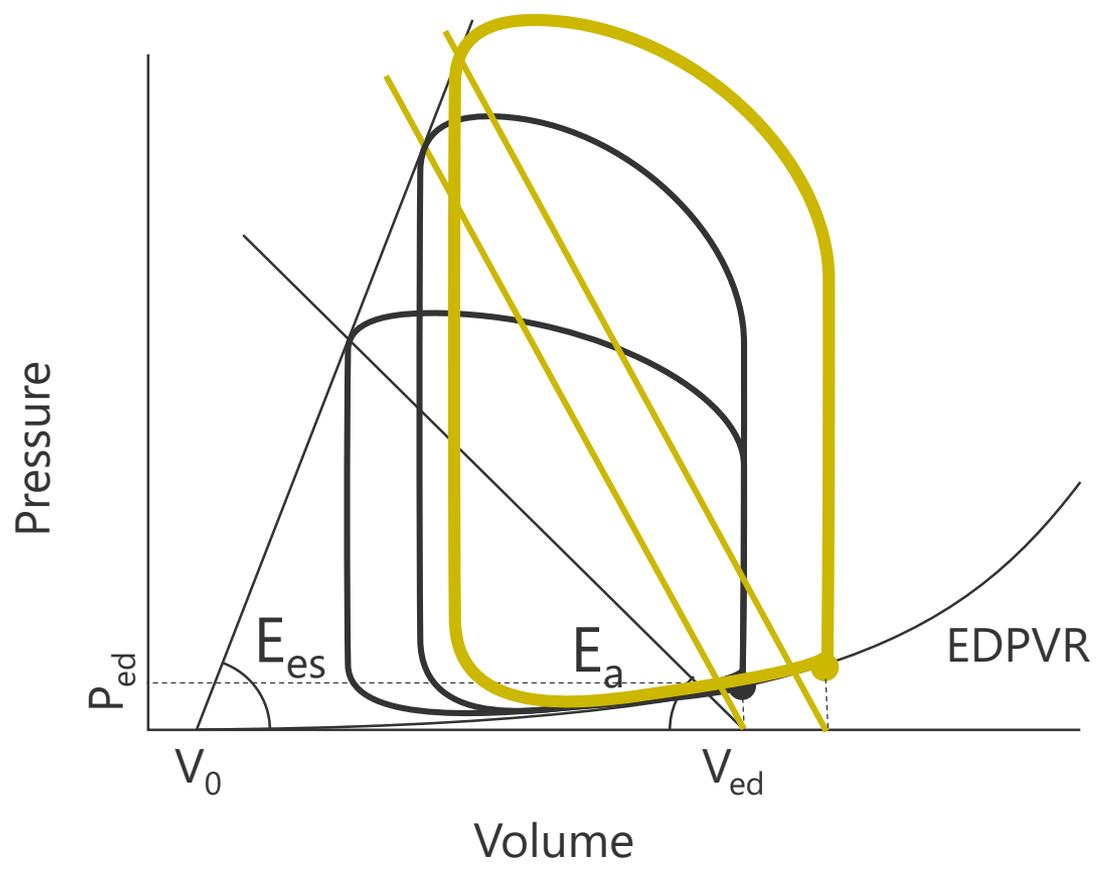
PV loopから循環平衡へ



PV loop 総まとめ

－これが分かればbasic courseは免許皆伝－

問題：後負荷 E_a が増加した際のPV loopを図示せよ



実効動脈エラスタンス E_a を深読みする



$$E_a = \frac{P_{mean}}{SV}$$

末梢血管抵抗をresistance (R) とすると、

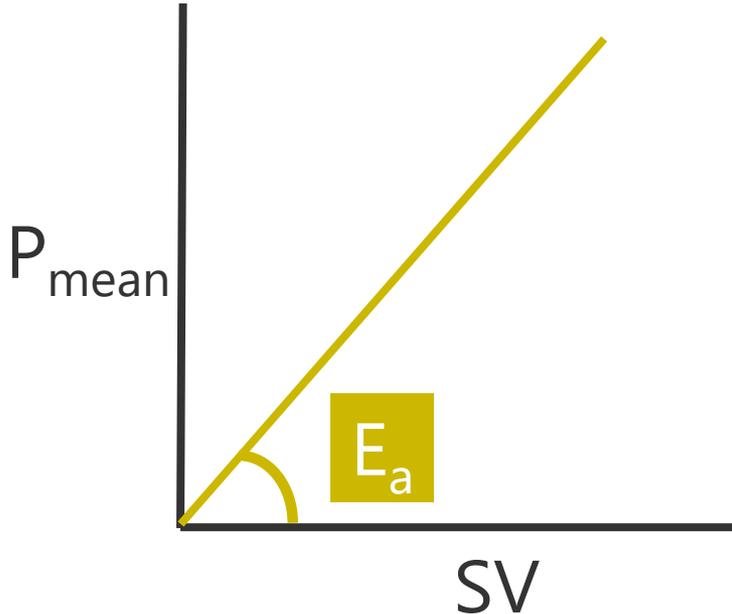
$$P_{mean} = CO \times R$$

$$P_{mean} = SV \times HR \times R$$

両辺をSVで割ると、

$$\frac{P_{mean}}{SV} = HR \times R$$

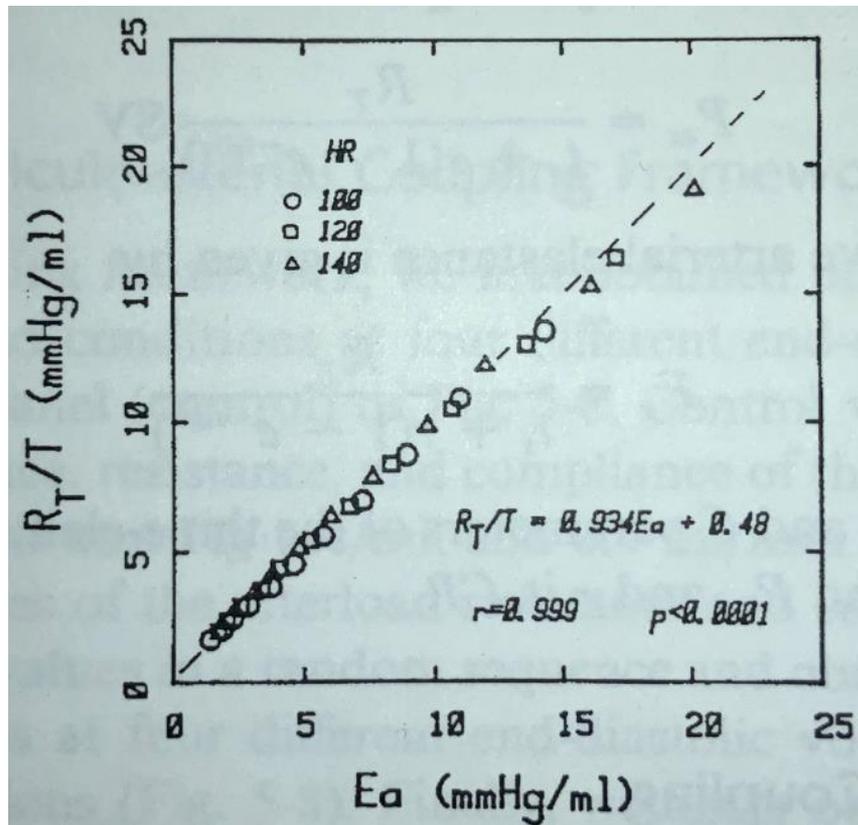
$$E_a = HR \times R$$



memo

E_a の単位系はエラスタンスであるのに、心拍数と抵抗というエラスタンスとは関係ないもので構成されているため「実効 (effective)」をつけたとのこと。

E_a と $HR \times R$ の関係



Sunagawa K et al, Ann Biomed Eng 12:163-189, 1984

Take home message

- **心臓と血管をつなげる (coupling)** ことで PV loop は一つにきまり、SV が分かります。
- Coupling するために **実効動脈エラスタンス E_a** が開発されました。
- 血行動態の変化の理解には **PV loop** と **循環平衡** を行き来することが重要です。
- 血管の deep な世界へようこそ。

心血管ダイナミクスの基礎力を深め、診療に生かす

循環動態アカデミー Basic サマーキャンプ 2020

会期

2020
8/28

[Fri.]

29

[Sat.]

当番幹事

坂本 隆史 九州大学病院 循環器内科
朔 啓太 国立循環器病研究センター

会場

e-casebookのプラットフォームによる
Online 研究会

参加費

医師：~~12,000円~~ ▶ 4,000円
コメディカル：~~8,000円~~ ▶ 4,000円

Webサイトへは右記QRコードより
アクセスしてください。
お申し込み及び詳細につきましては、
随時公式Webサイトにてお知らせいたします。
皆さまのご参加をお待ちしております!!



circ-dynamics.jp