

心血管を操る自律神経と 循環制御

九州大学病院 循環器内科

坂本 隆史

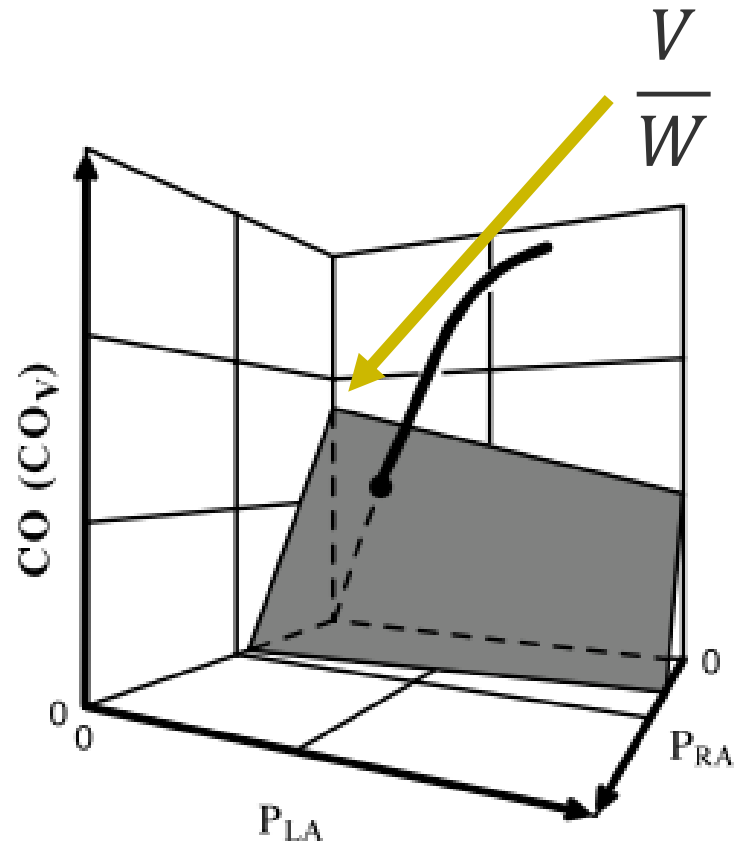
COI開示

発表者：坂本 隆史

演題発表に関連し、開示すべきCOI関係にある企業

- | | |
|--------------|----|
| ①顧問： | なし |
| ②株保有・利益： | なし |
| ③特許使用料： | なし |
| ④講演料： | なし |
| ⑤原稿料： | なし |
| ⑥受託研究・共同研究費： | なし |
| ⑦奨学寄付金： | なし |
| ⑧寄付講座所属： | なし |
| ⑨贈答品などの報酬： | なし |

循環平衡理論



VRmax：最大靜脈還流流量

心拍出量曲線

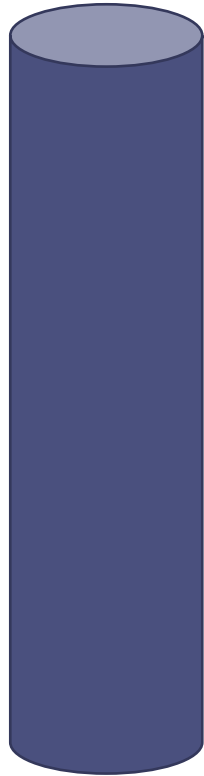
$$CO = \frac{1}{k} \frac{E_{es} \times HR}{E_{es} + HR \times R} (\log(P_{at} - F) + H)$$

靜脈還流平面

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

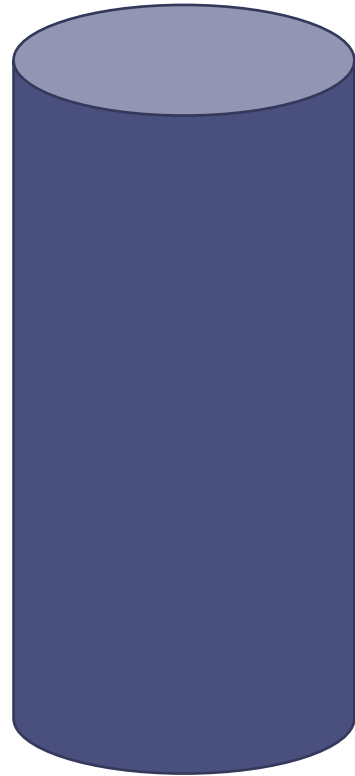
Stressed blood volume: V

循環を決める大事な要素：stressed blood volume



V_0 [ml]

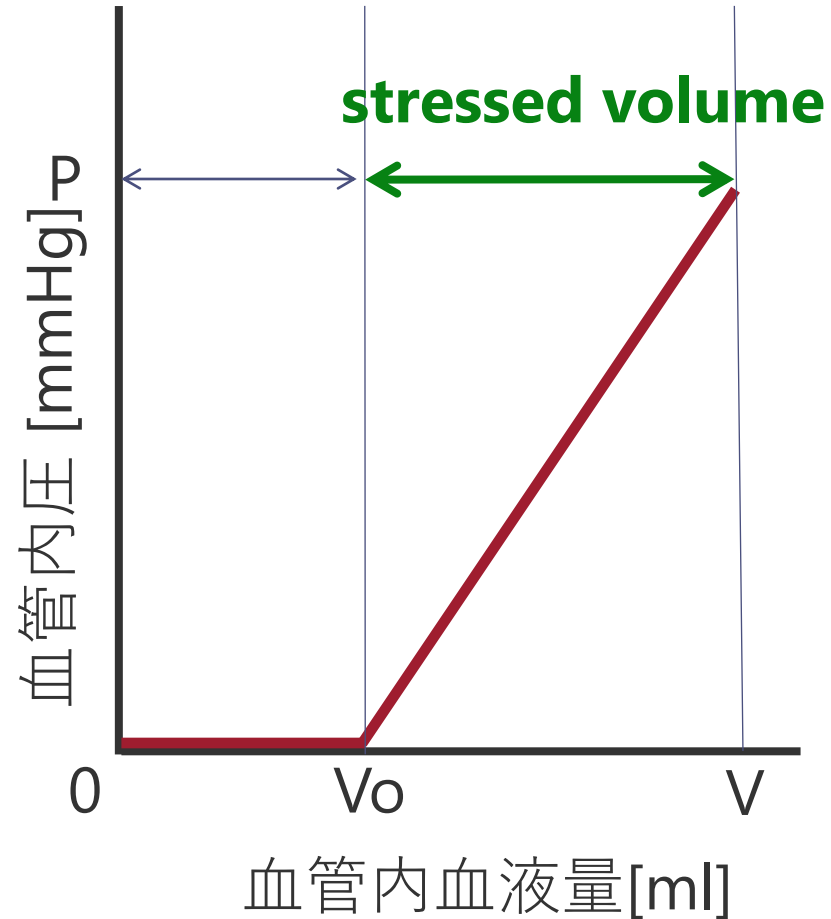
0 [mmHg]



V [ml]

P [mmHg]

$$\text{Total volume} = \text{unstressed volume} + \text{stressed volume}$$



循環を決める大事な要素：stressed blood volume



V_0 [ml]

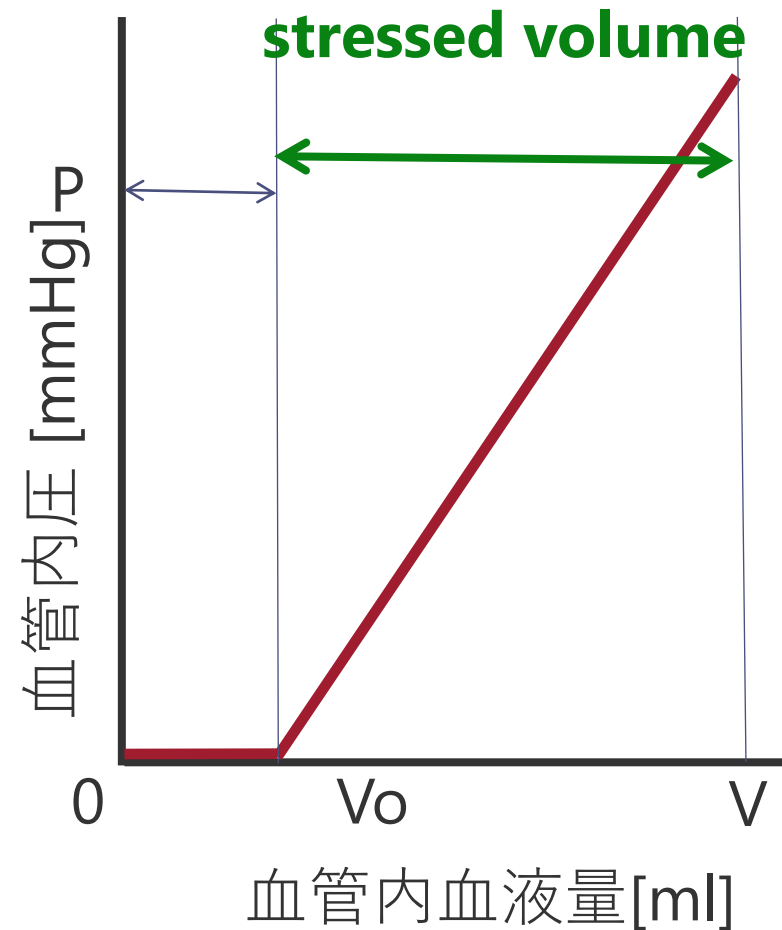
0 [mmHg]



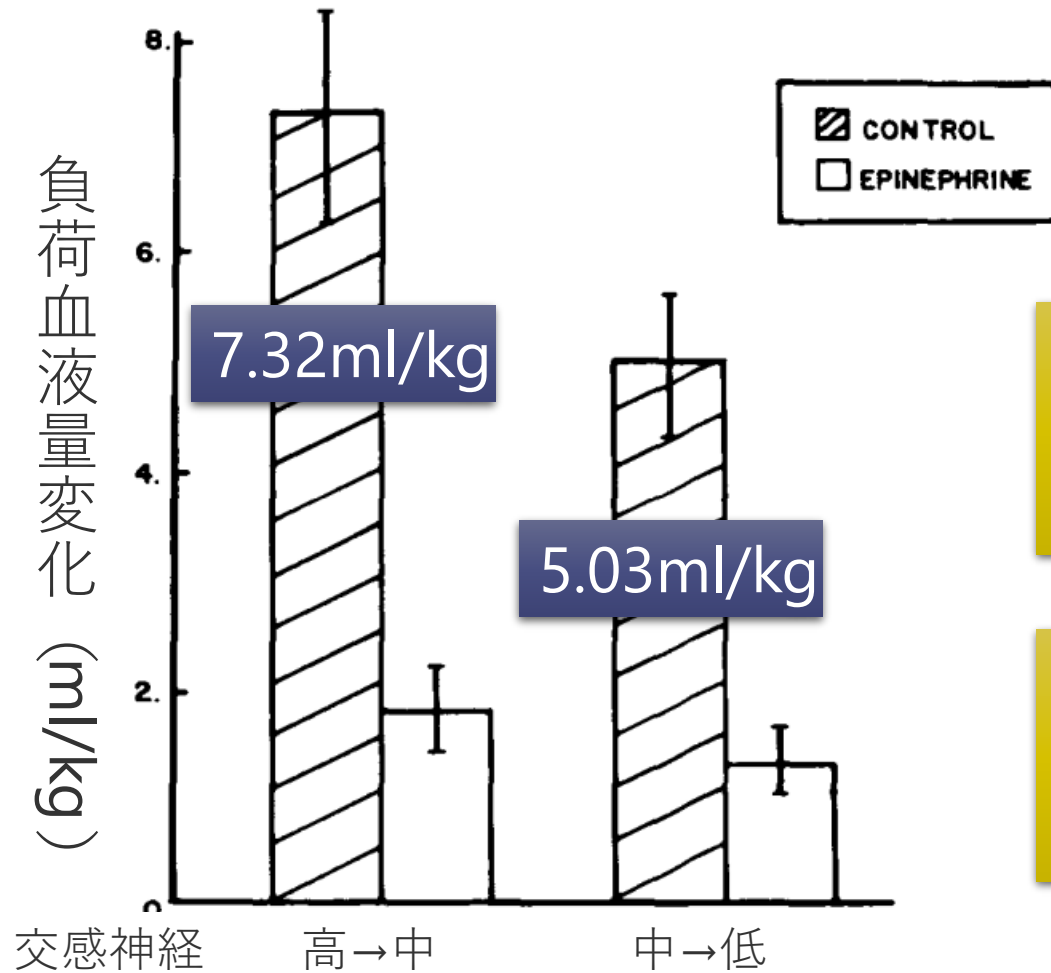
V [ml]

P [mmHg]

**Total volume = unstressed volume
+ stressed volume**



交感神経は強力にstressed blood volume(SBV)を制御

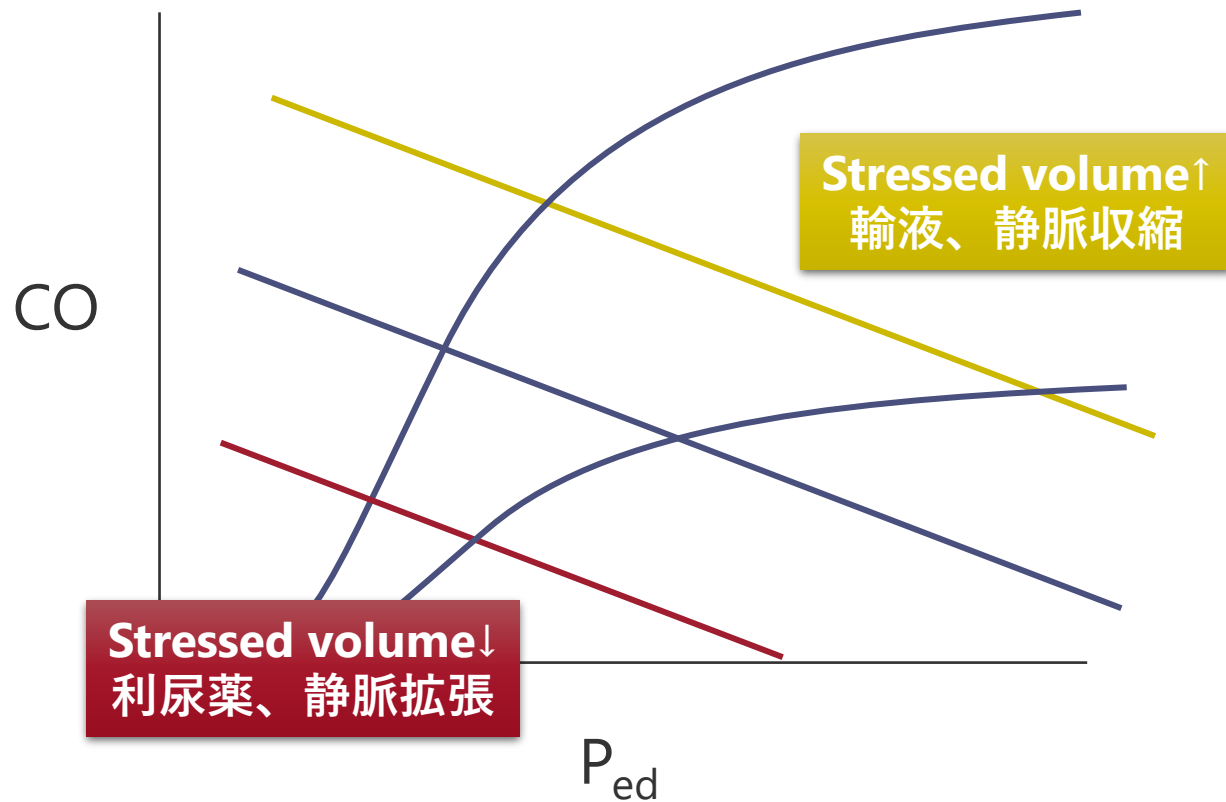


SBVは約21ml/kg
交感神経は約12ml/kg変化可能
→交感神経はSVBを強力に変化

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)

循環平衡と stressed blood volume



静脈還流平面

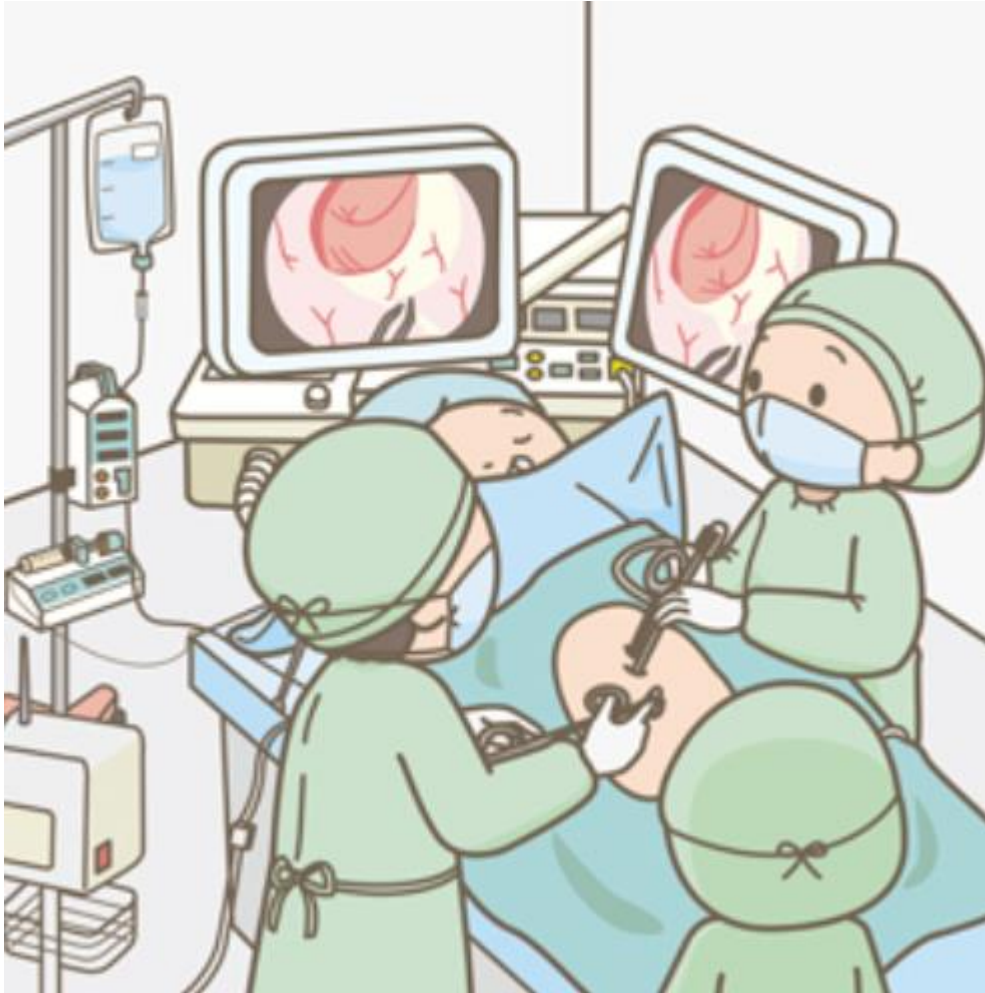
$$CO_v = \frac{V}{W} - (G_p \times P_{LA} + G_s \times P_{RA})$$

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

W=0.129なので、
Stressed volume(V)が10ml/kg増加すれば
静脈還流曲線は約80ml/kg/分だけ上にシフト

60kgの人に、600ml(10ml/kg)輸液すれば、
約4650ml/分(80ml/kg/分)だけ上にシフト

ある日の手術室



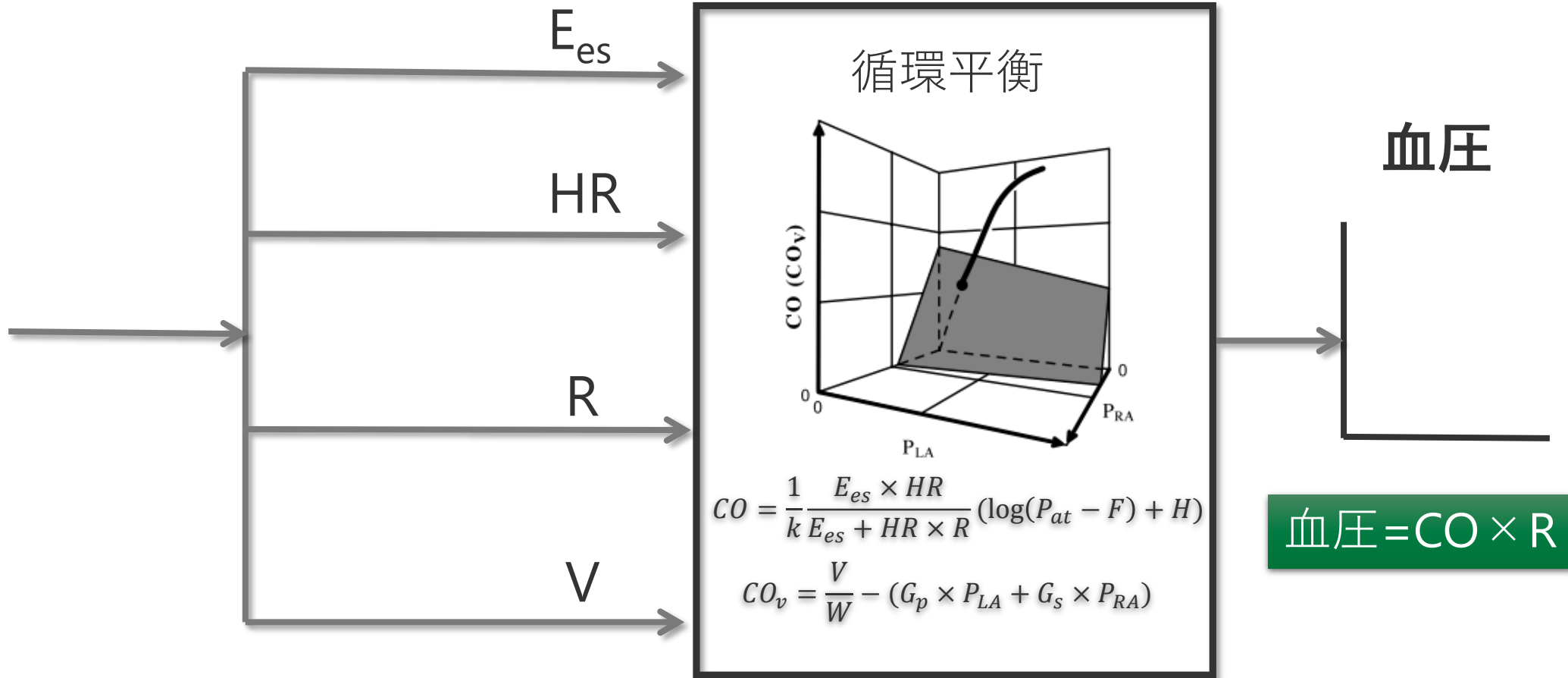
大量に出血しています！

①大量出血で生体内では何が起きているか考えてみましょう！

②心血管作動薬がどのように循環を調節しているか考えてみましょう！

大量出血による初期血行動態応答

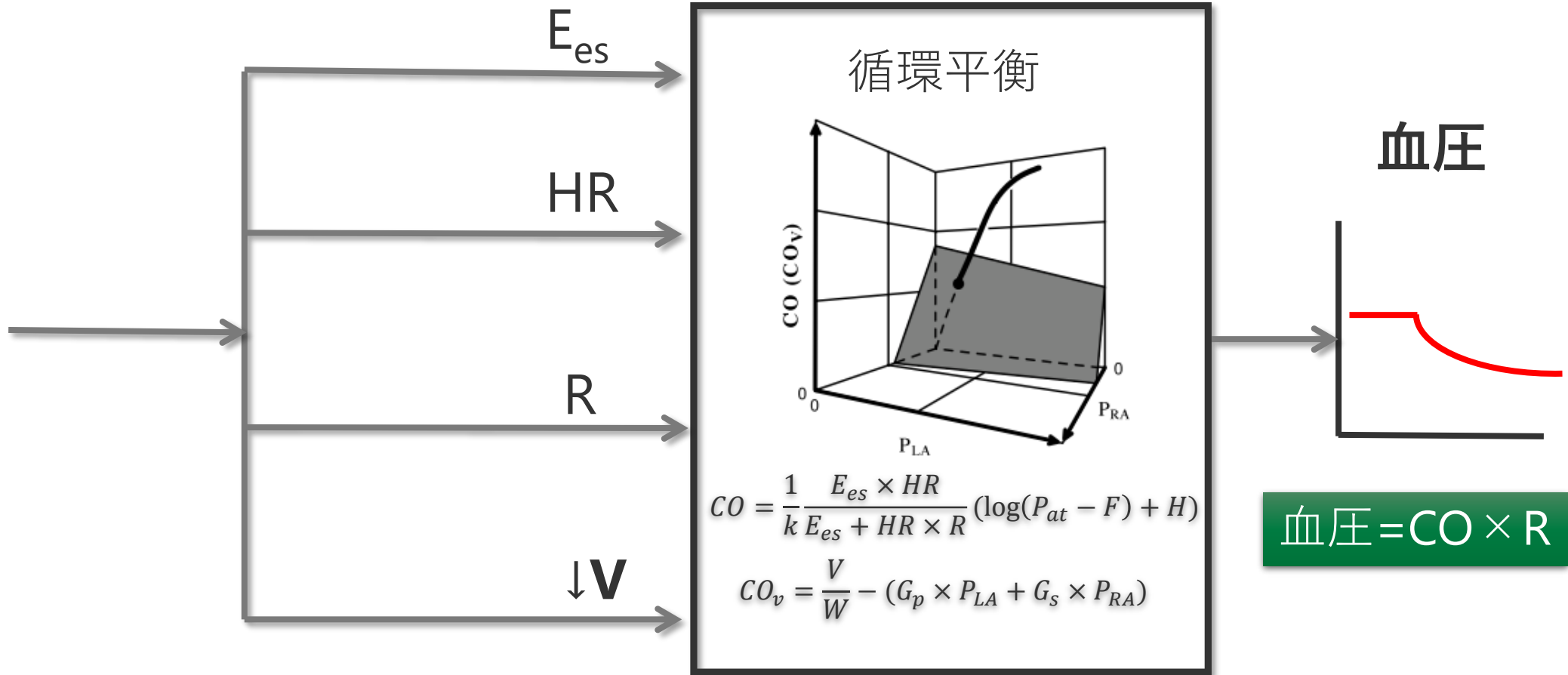
大量出血



CO、LAP、RAPが決まる

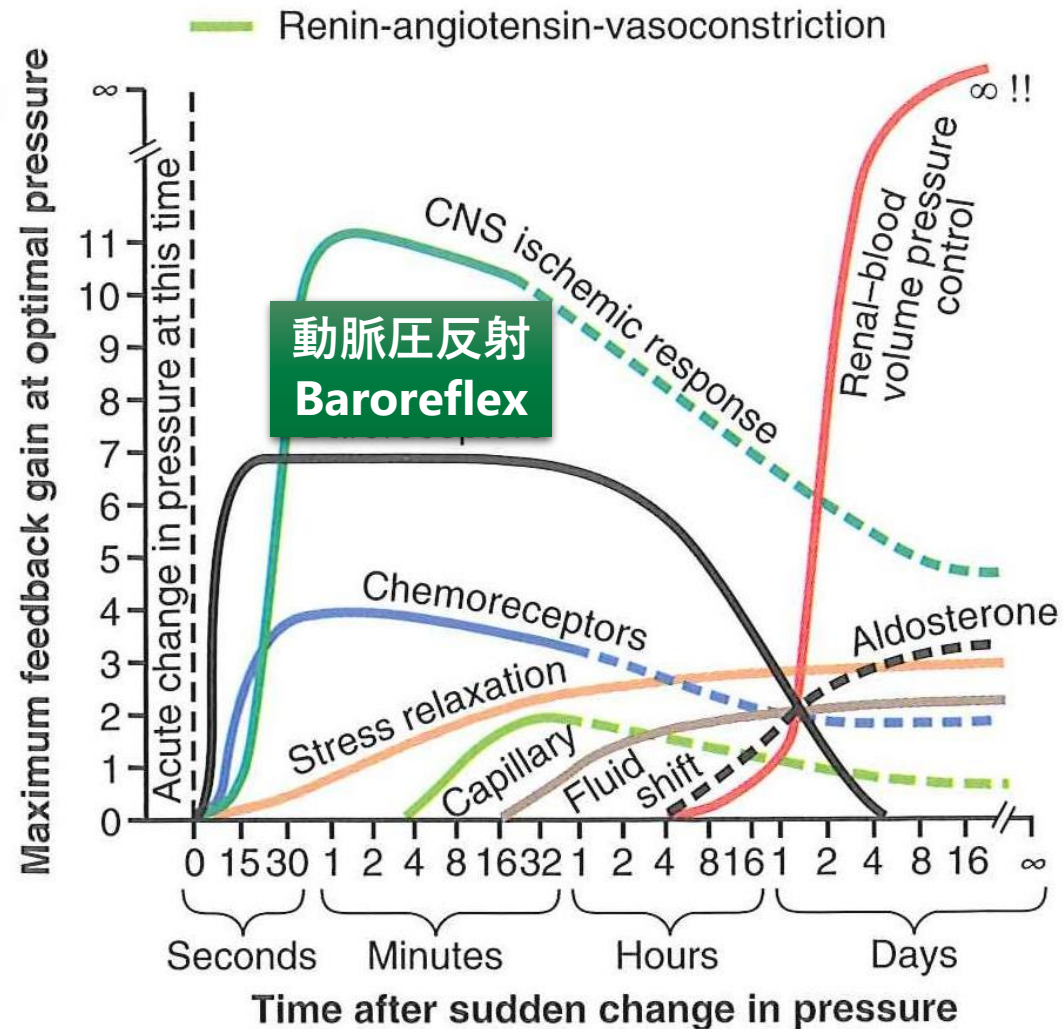
大量出血による初期血行動態応答

大量出血



CO、LAP、RAPが決まる

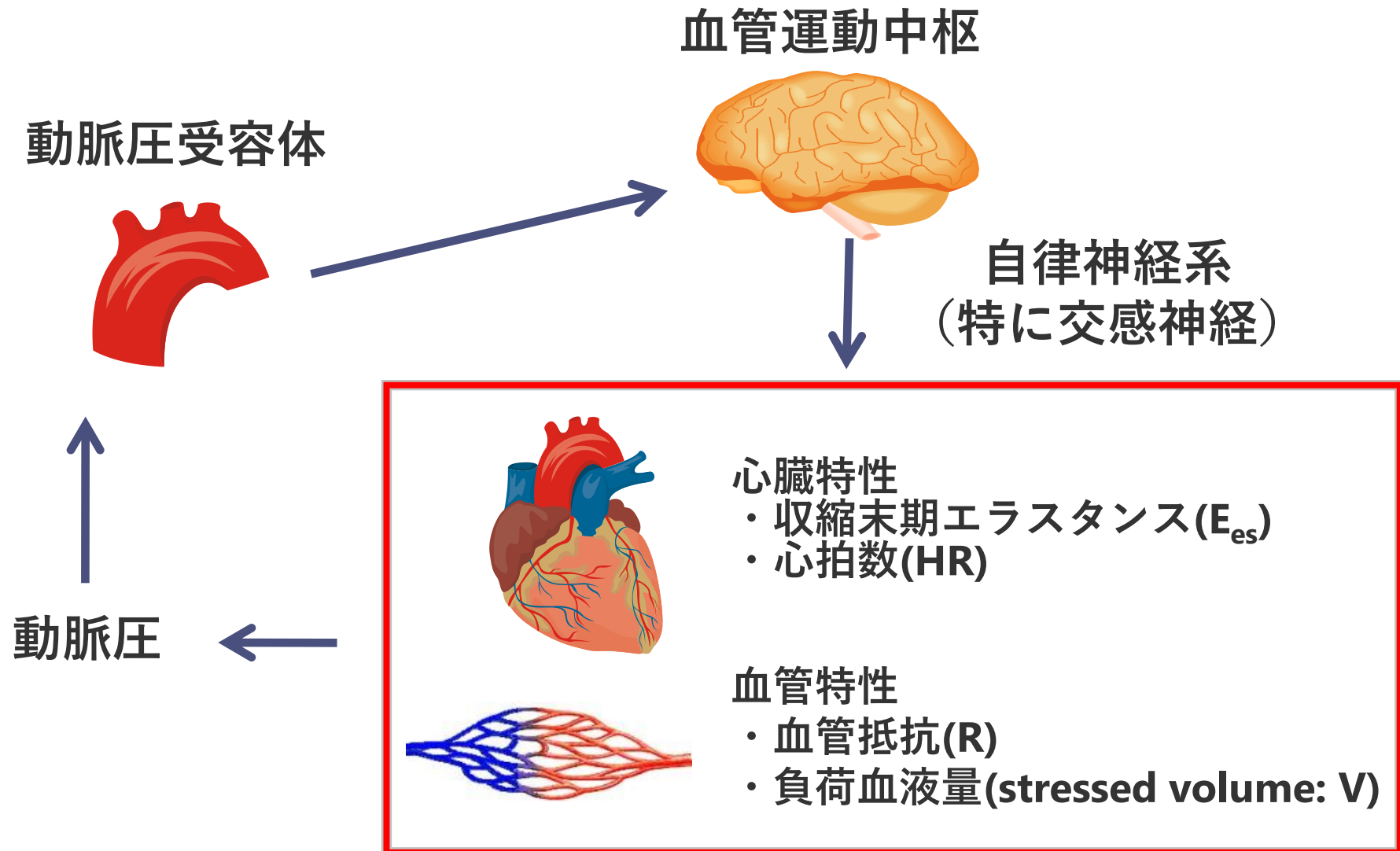
生体には血圧変化に対して様々な代償機構がある



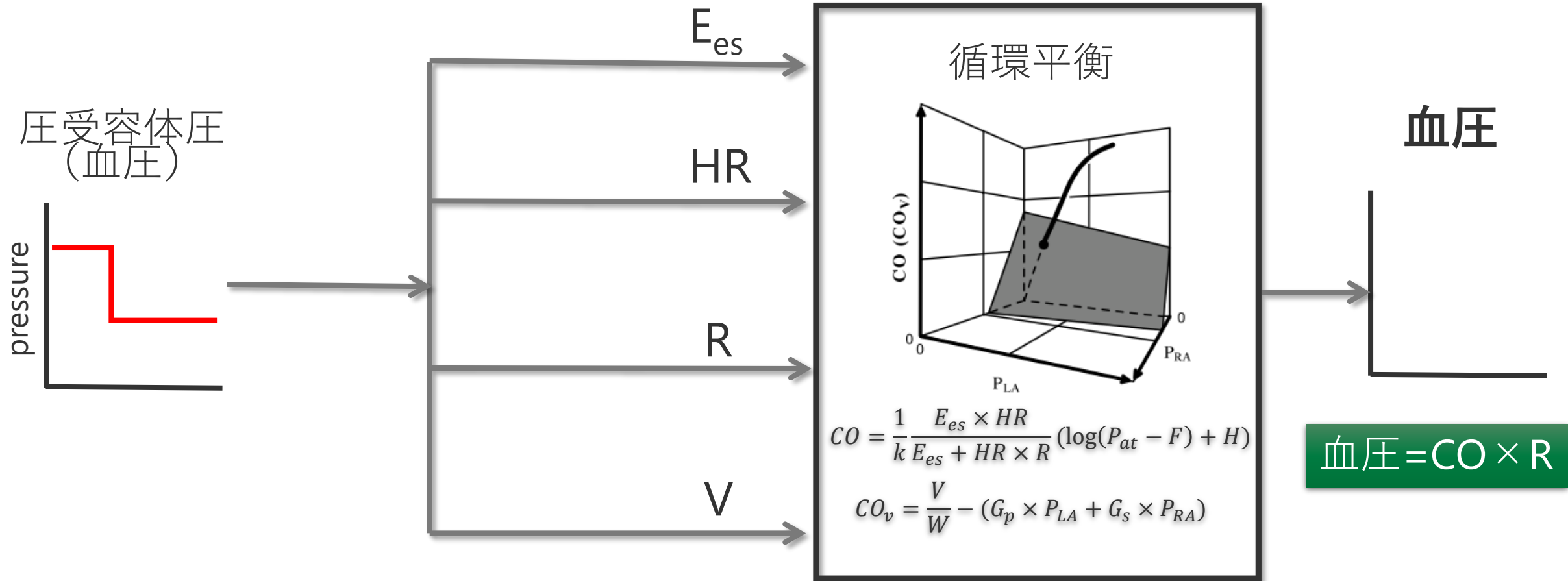
大量出血して血圧が低下するとまずは**動脈圧反射**が作動

動脈圧反射は**交感神経**を賦活化させて**血圧をあげようとする**

動脈圧反射による血圧制御

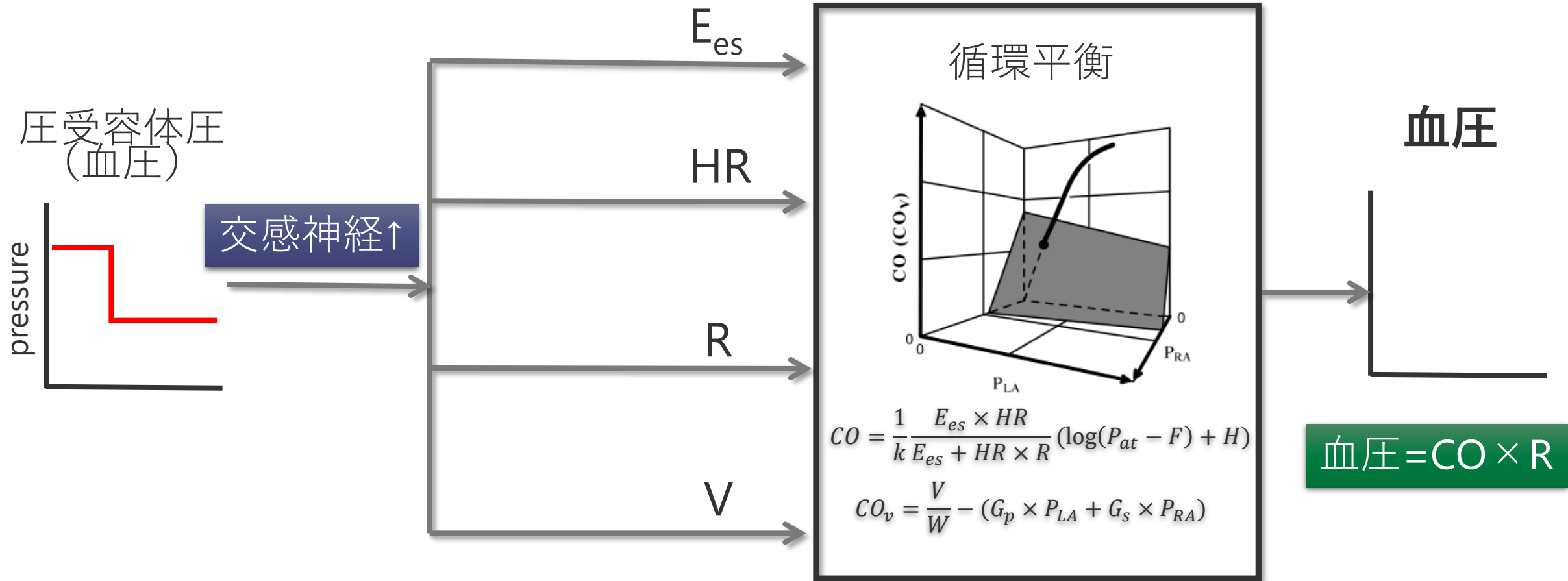


様々な変化に対する血圧応答の考え方



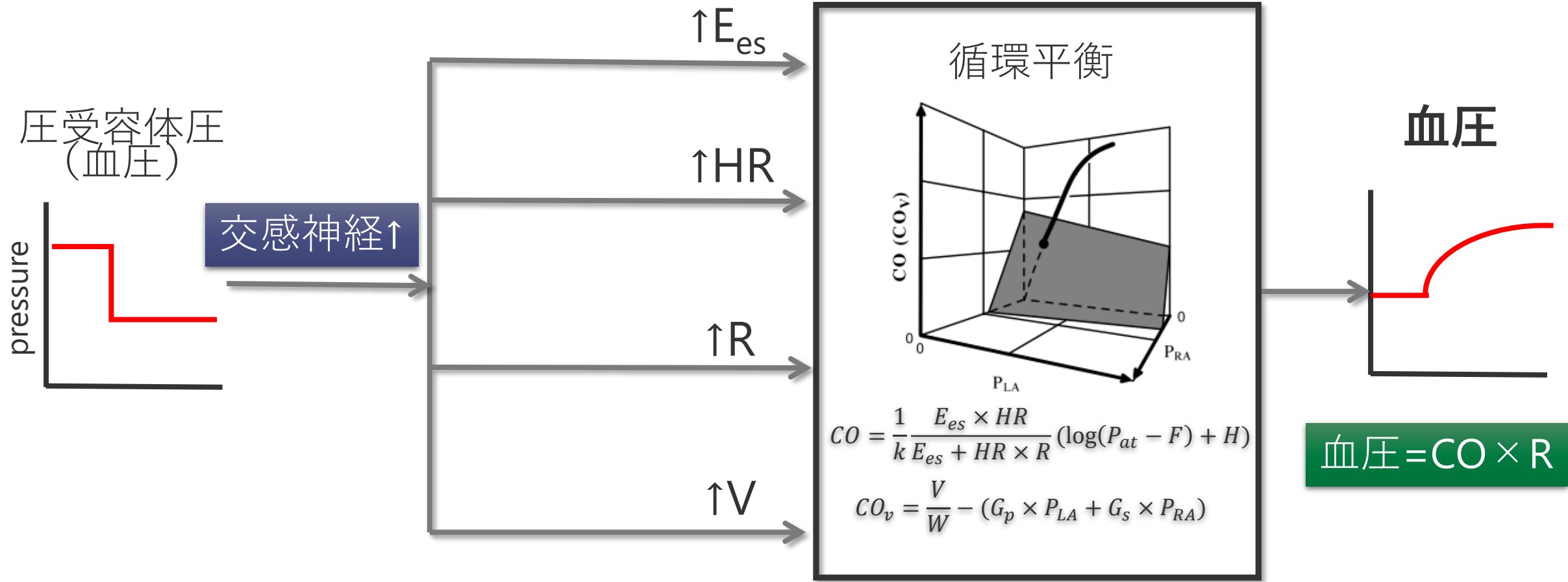
CO、LAP、RAPが決まる

動脈圧反射による循環制御



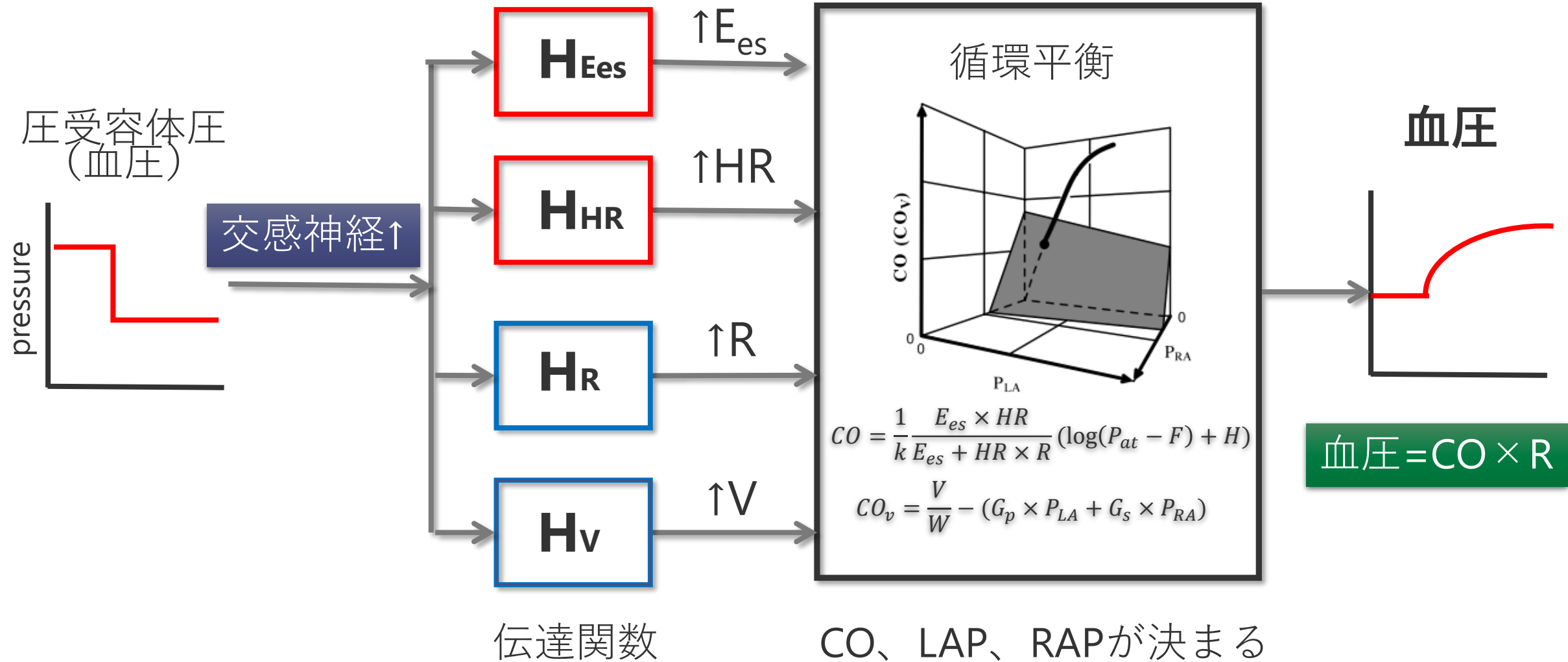
CO、LAP、RAPが決まる

動脈圧反射による循環制御

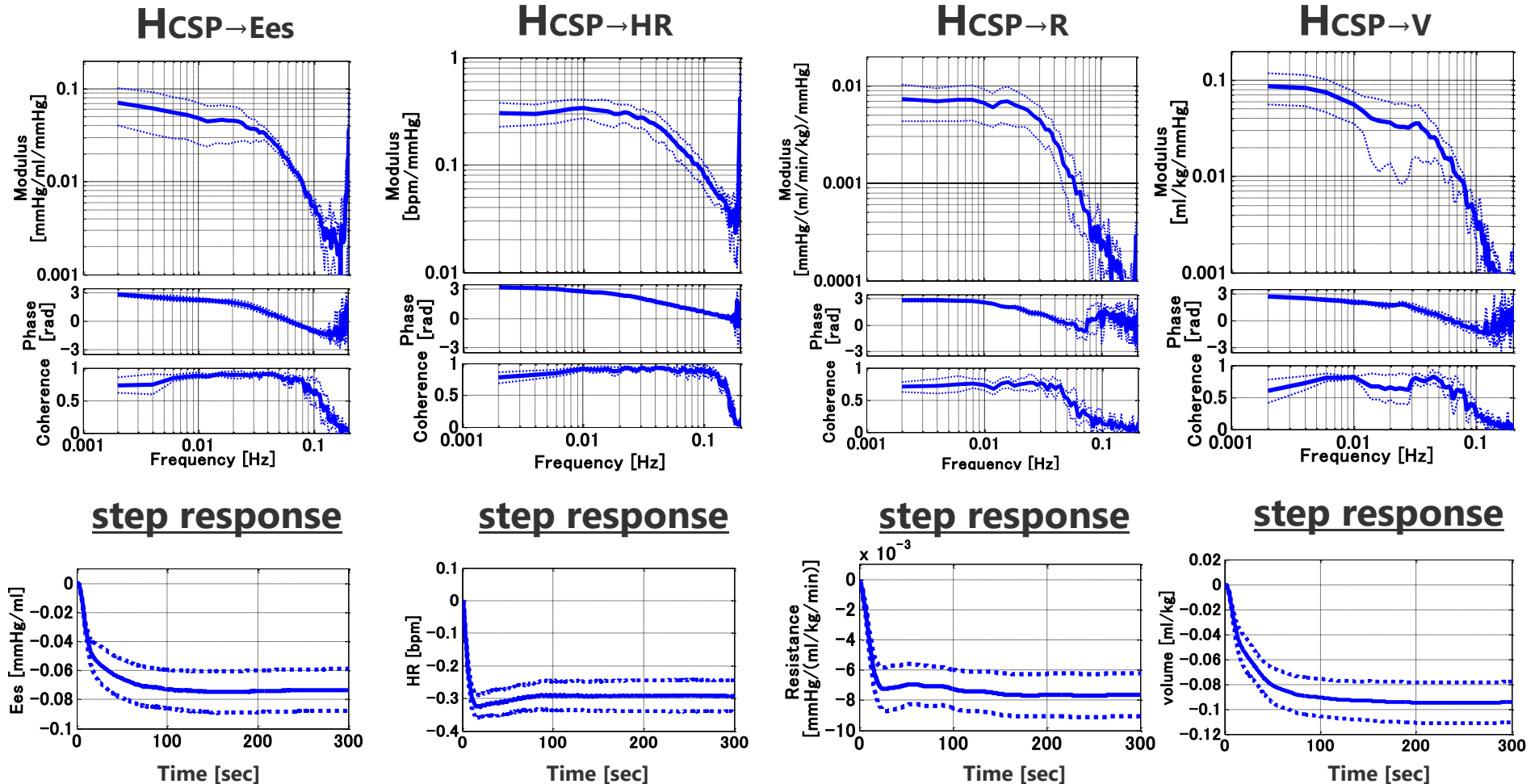


CO、LAP、RAPが決まる

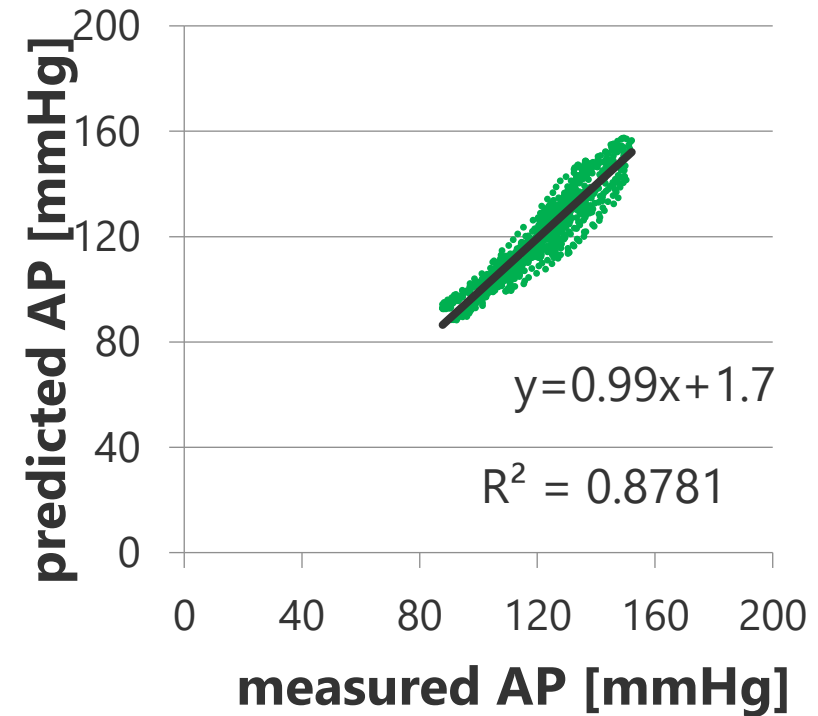
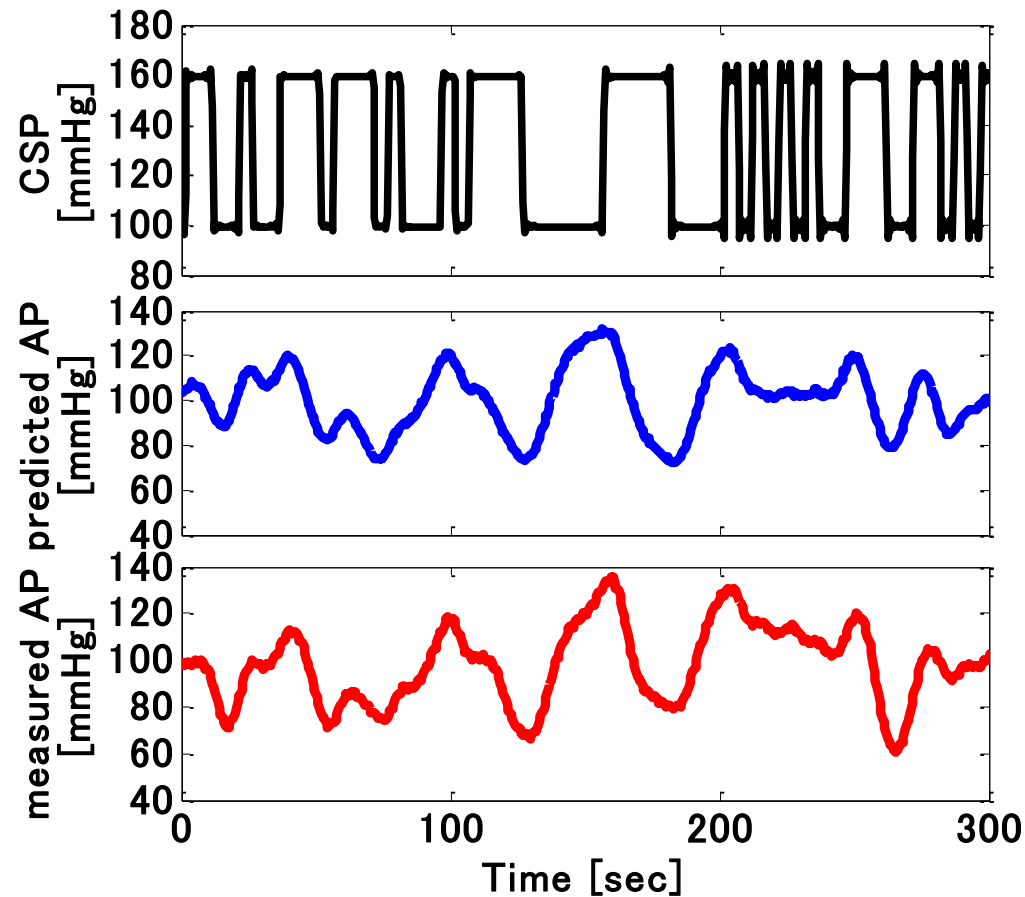
動脈圧反射による循環制御



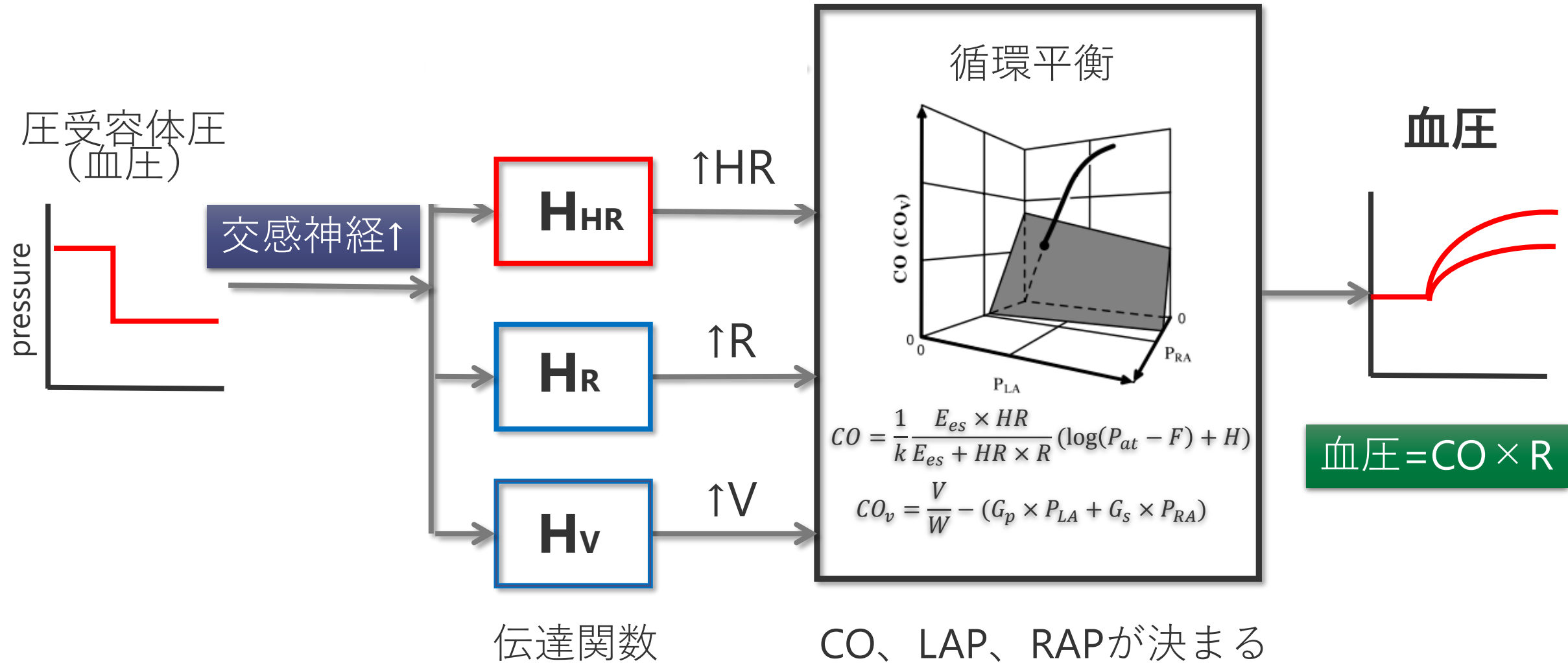
血圧変化に対する各要素変化への伝達関数



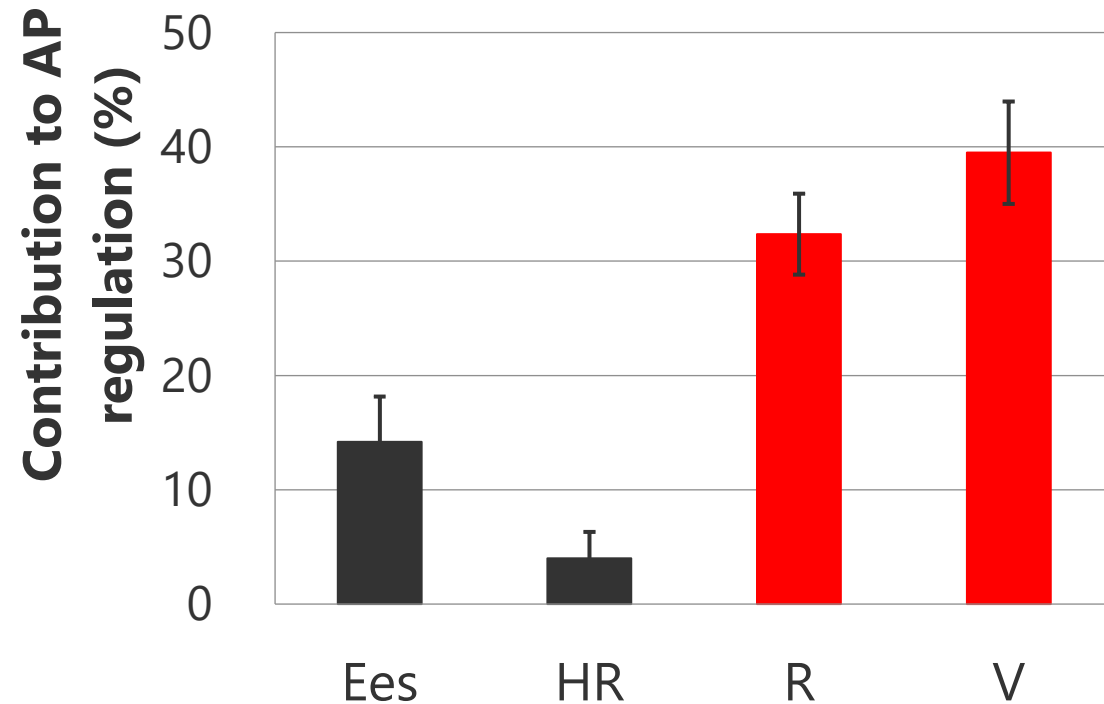
伝達関数と循環平衡理論から血圧変化の推定が可能



動脈圧反射における各特性の血圧応答への寄与度検定



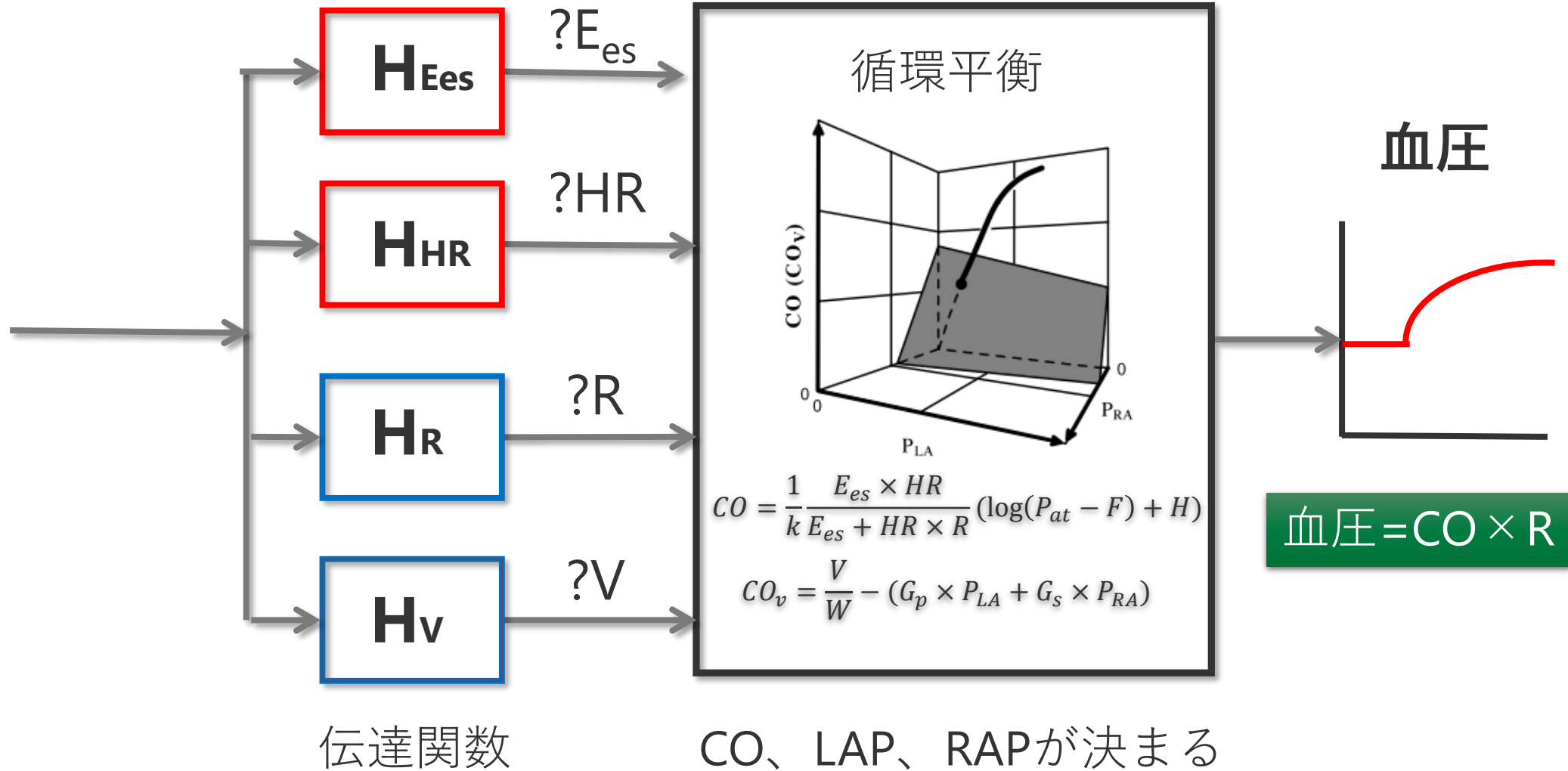
主に血管特性が動脈圧反射の血圧制御に寄与



この結果がイメージできる臨床像

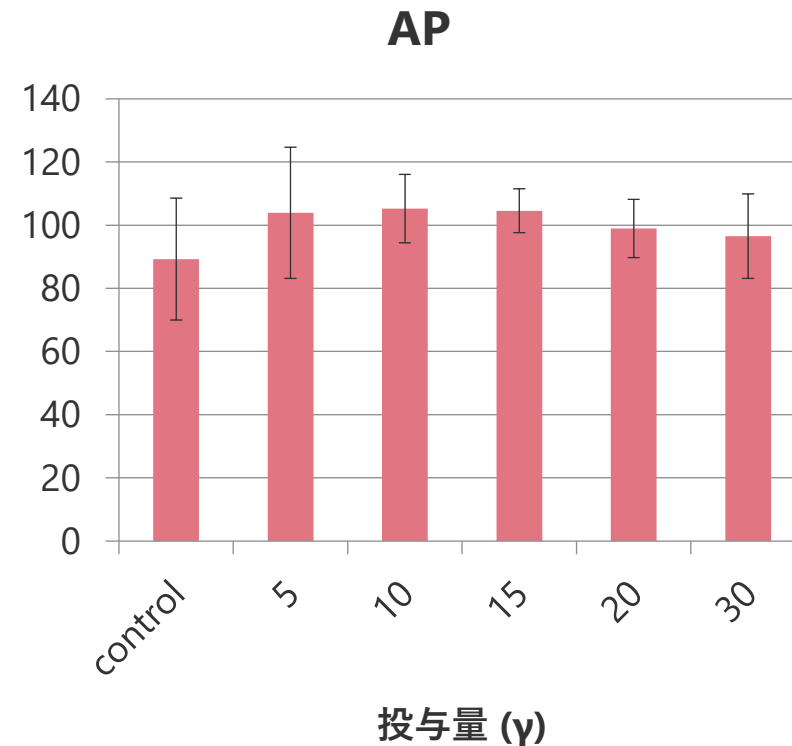
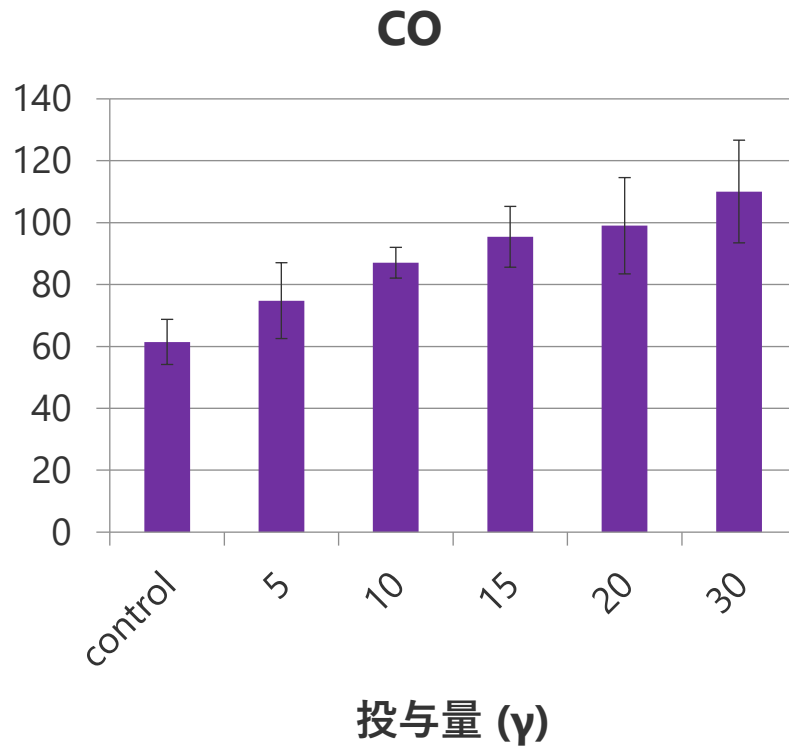
- 心臓移植後では心臓への交感神経は物理的に遮断されているが起立性低血圧は起こしにくい
- 高位脊髄損傷患者は、心臓への自律神経は保持、血管への交感神経は物理的に遮断されており、重度の起立性低血圧をきたす。

心血管作動薬による循環調節

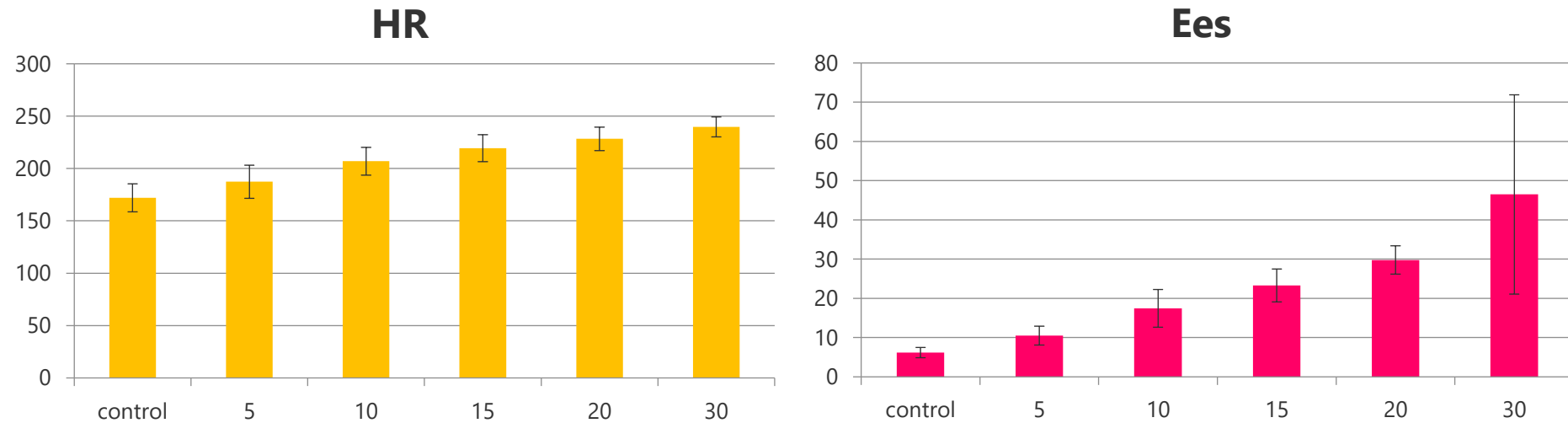


循環平衡から見たドブタミンの効果

- ・ 麻酔・開胸犬
- ・ Isolation of carotid sinuses and fix CSP at 120mmHg
- ・ 迷走神経と大動脈減圧神経は切断

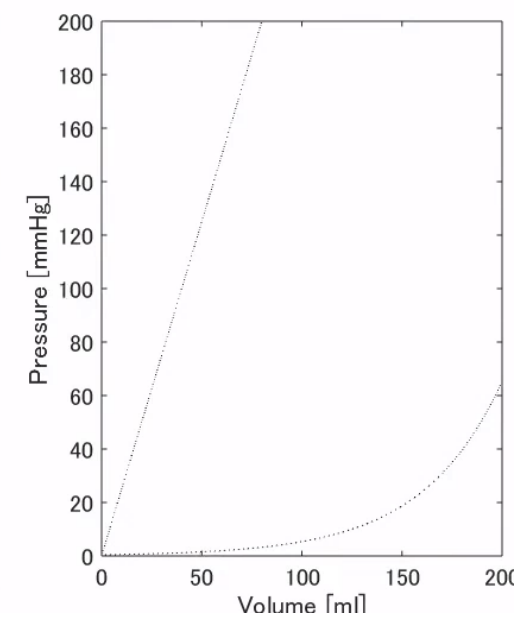
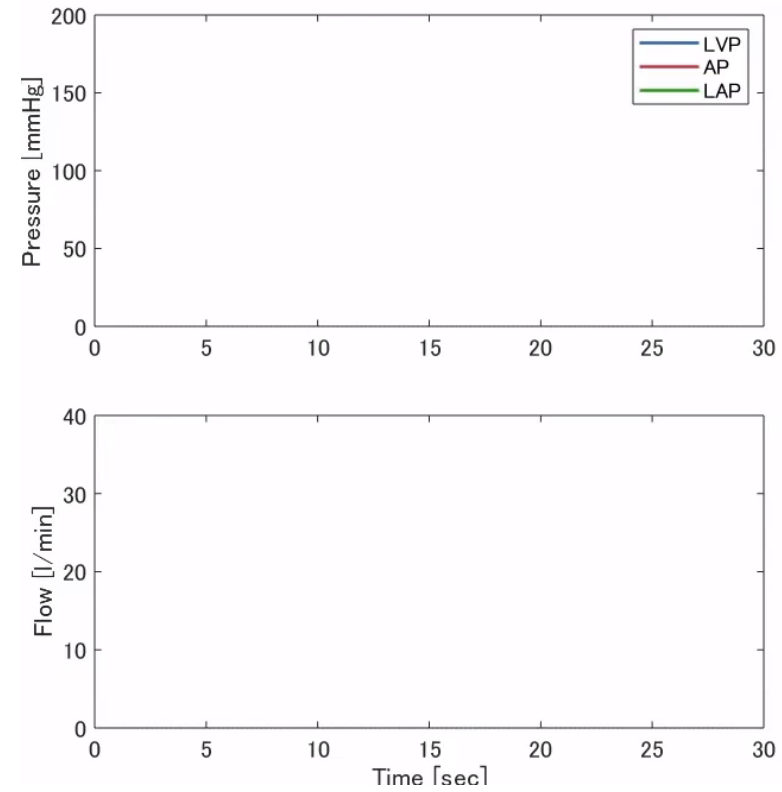
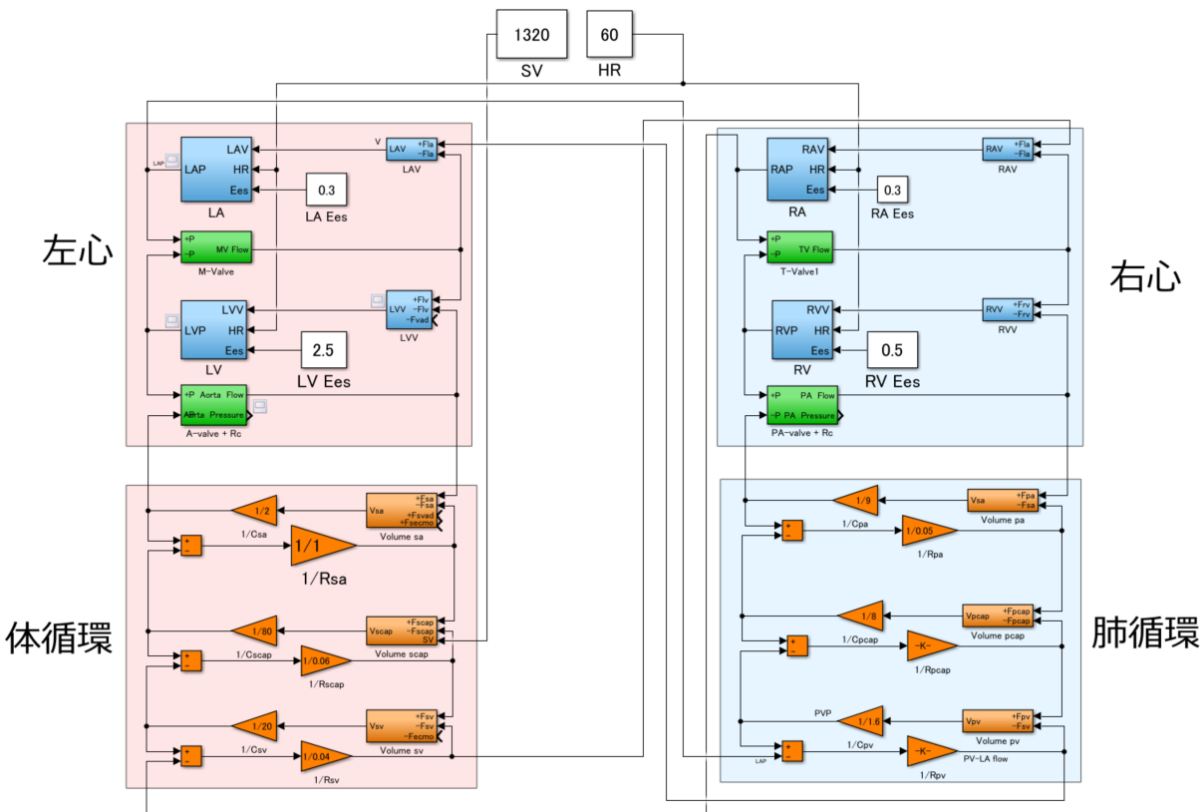


循環平衡から見たドブタミンの効果



Resistanceと**Volume**はどうなりますか??

循環動態応答frameworkの将来



薬剤や自律神経を組み込むことができれば
臨床にさらに有用なsimulatorが完成

まとめ

- 血圧は時々刻々と変化しており、様々な生体内システムが負帰還システムにより血圧を安定化している。
- 自律神経は短期血圧制御の中心的な役割を担っており、主に血管の特性変化が寄与している。
- 血行動態決定のプロセスや成り立ちを理解することは、病態把握や心血管作動薬の作用の理解に重要である。**循環動態応答framework**
- 動的な応答を知ることは、循環自動制御システムなどの未来医療につながる可能性がある。