

# 循環器疾患の病態生理 心機能

2026年1月5日 3時間

杉本 匡史

名古屋市立大学医学部附属みらい光生病院

# 循環器系ユニット

---

- 循環器疾患の病態生理 心機能 電気伝導系 動脈硬化 心筋虚血
- 循環器疾患の診断学 現病歴 身体所見 胸部XP 血液検査  
心電図 心エコー 核医学 CT MRI 心臓カテーテル検査
- 循環器疾患の治療学 虚血性心疾患 大動脈疾患 末梢血管 高血圧  
不整脈（薬物療法 非薬物療法）  
弁膜症（大動脈弁 僧帽弁 三尖弁）カテーテル治療 外科治療  
心筋症 心筋炎 感染性心内膜炎  
心不全（左心不全 右心不全） 心膜疾患  
肺高血圧  
循環器疾患の二次予防 心臓リハビリ  
先天性心疾患の成人期医療
- 小児循環器 心臓発生と胎児循環 先天性心疾患 先天性心疾患の外科手術
- 総括 心臓外科学の総括 循環器コースの総括

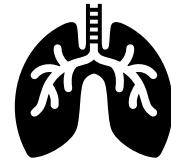
# 循環器系の主な役割

---

組織への酸素および栄養素の供給、  
二酸化炭素および代謝廃棄物の除去、  
ならびに体温調節・内分泌機能の補助

"The function of the circulation is to serve the needs of the body tissues—to transport nutrients to the body tissues, to transport waste products away, to transport hormones from one part of the body to another, and, in general, to maintain an appropriate environment in all the tissue fluids of the body for optimal survival and function of the cells."

# 酸素供給量と酸素消費量



酸素供給量 = 心拍出量 × 動脈血酸素含有量

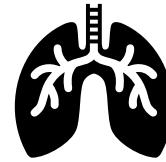
||

心拍数 × 一回拍出量

||

$$\text{Hb} \times \text{SaO}_2 \times 1.34 + \text{PaO}_2 \times 0.0031$$

# 酸素供給量と酸素消費量



酸素消費量 = 心拍出量 × 動静脈酸素含有量の差

||

心拍数 × 一回拍出量

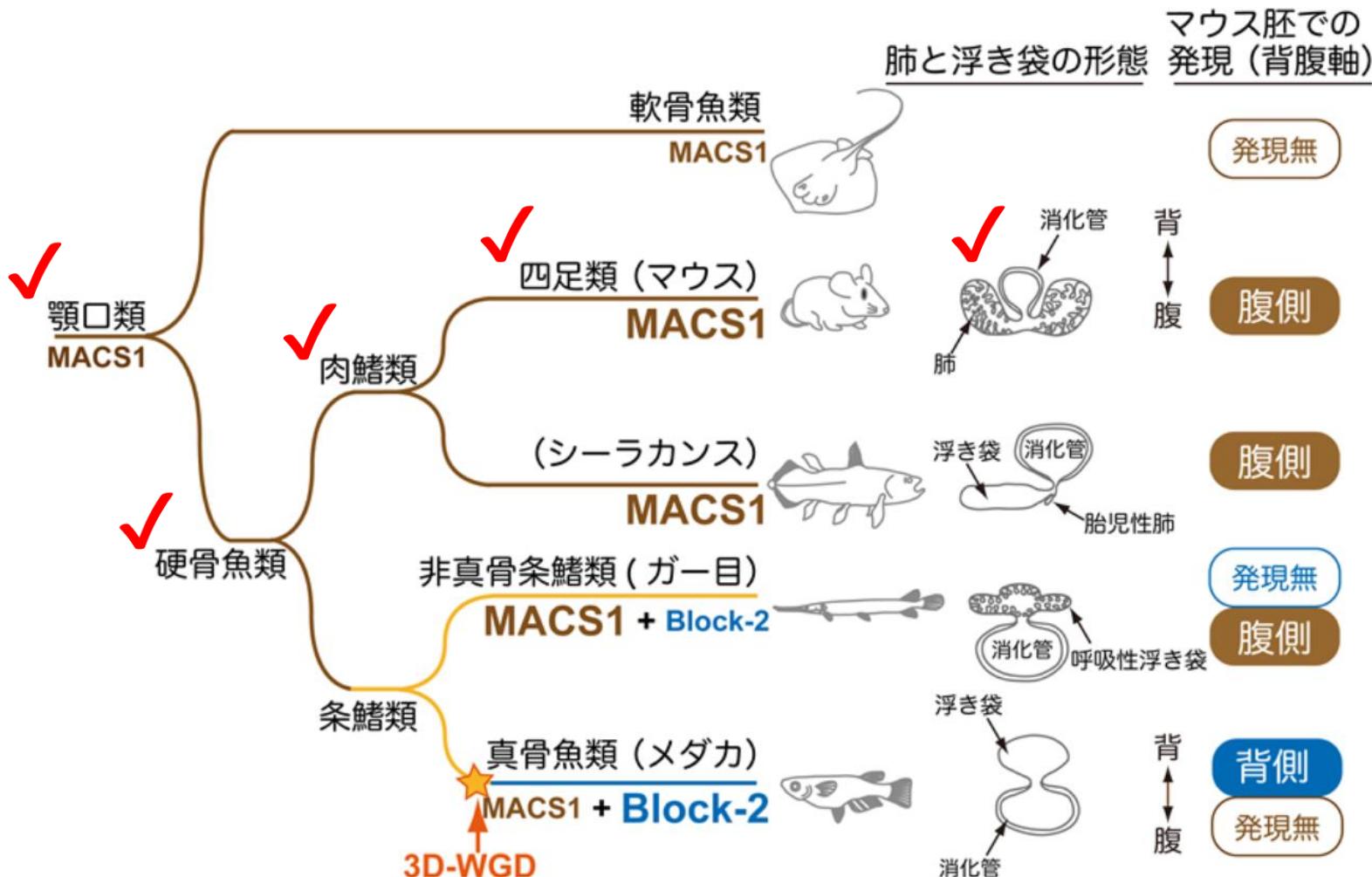
||

$$Hb \times \textcolor{red}{SaO_2} \times 1.34$$

-

$$Hb \times \textcolor{blue}{SvO_2} \times 1.34$$

# 肺の進化



# 鰓（エラ）の進化

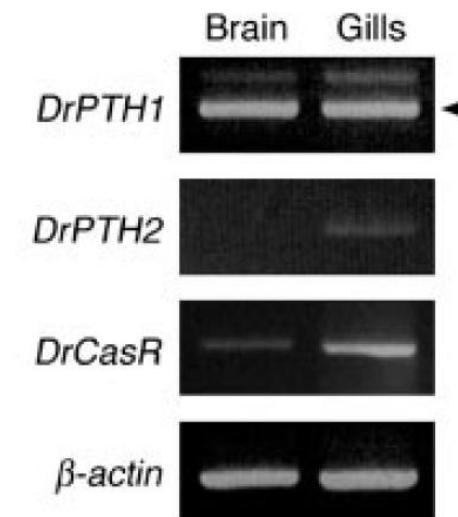
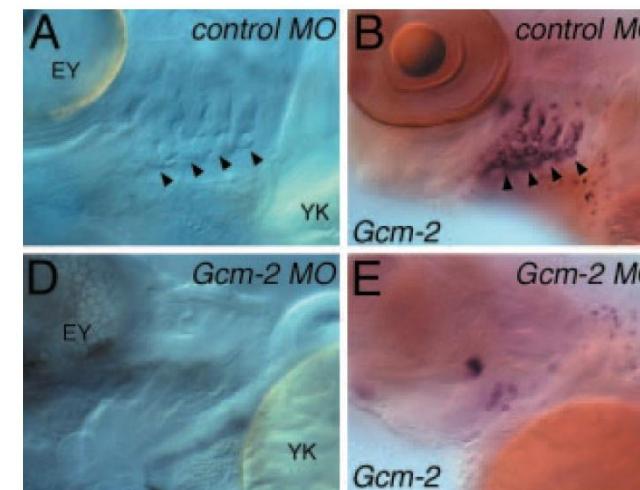
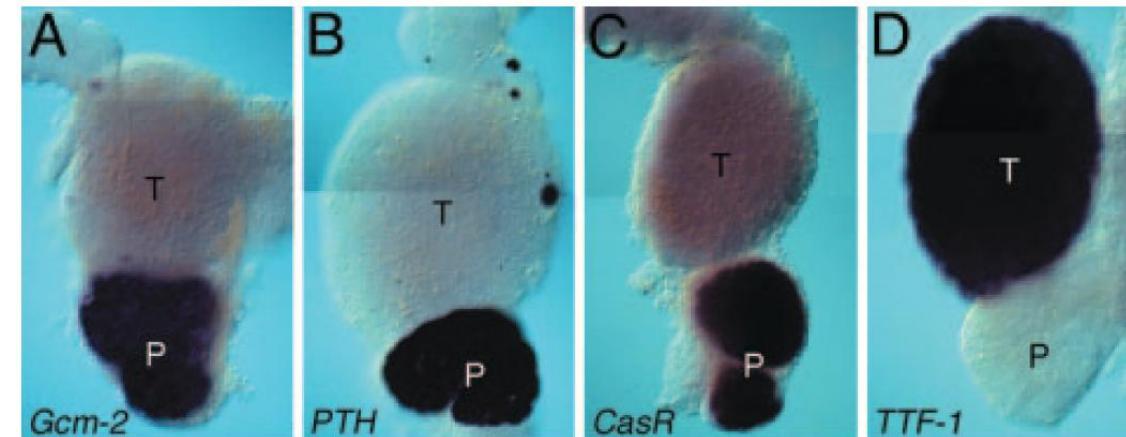
## 咽頭弓（鰓弓）

第1咽頭弓（顎骨弓）

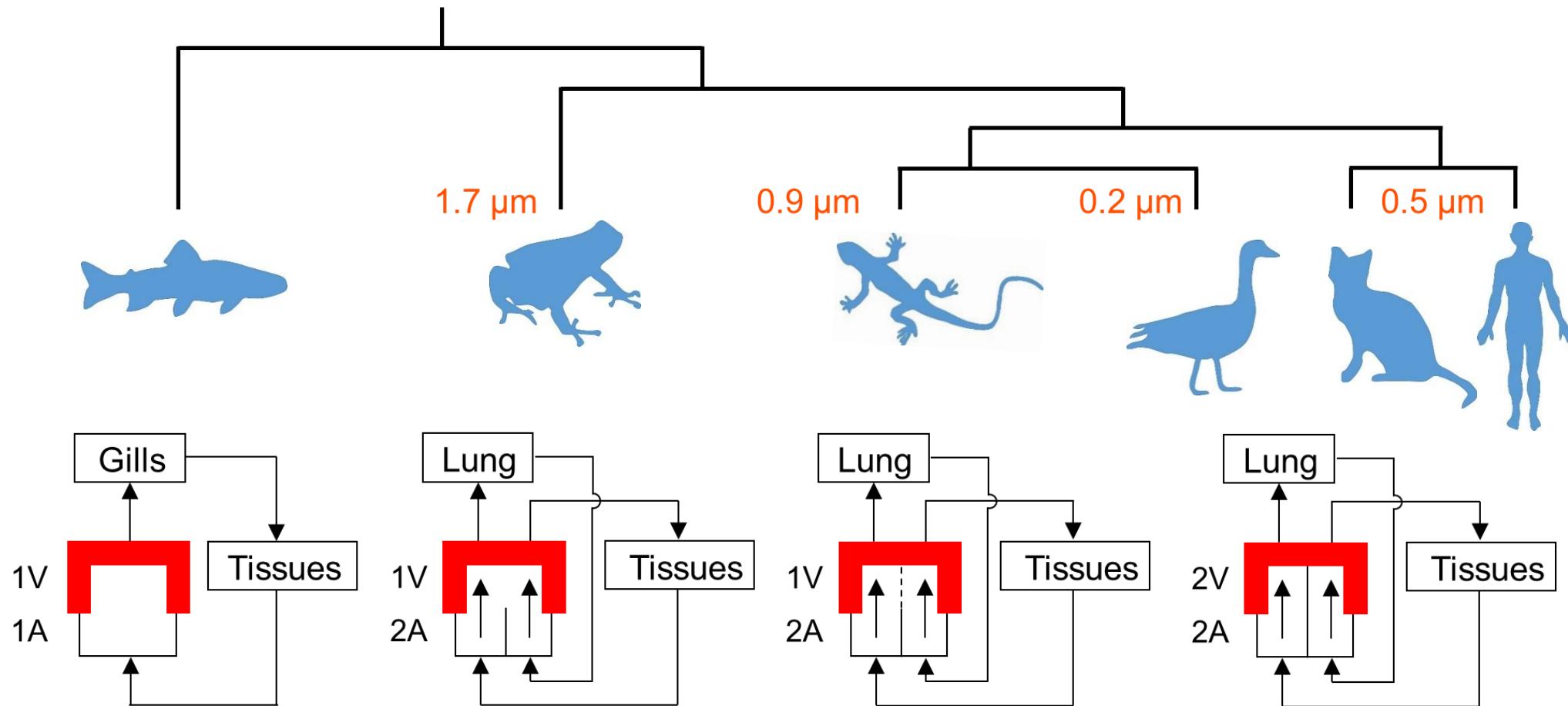
第2咽頭弓（舌骨弓）

第3,4咽頭弓（副甲状腺）

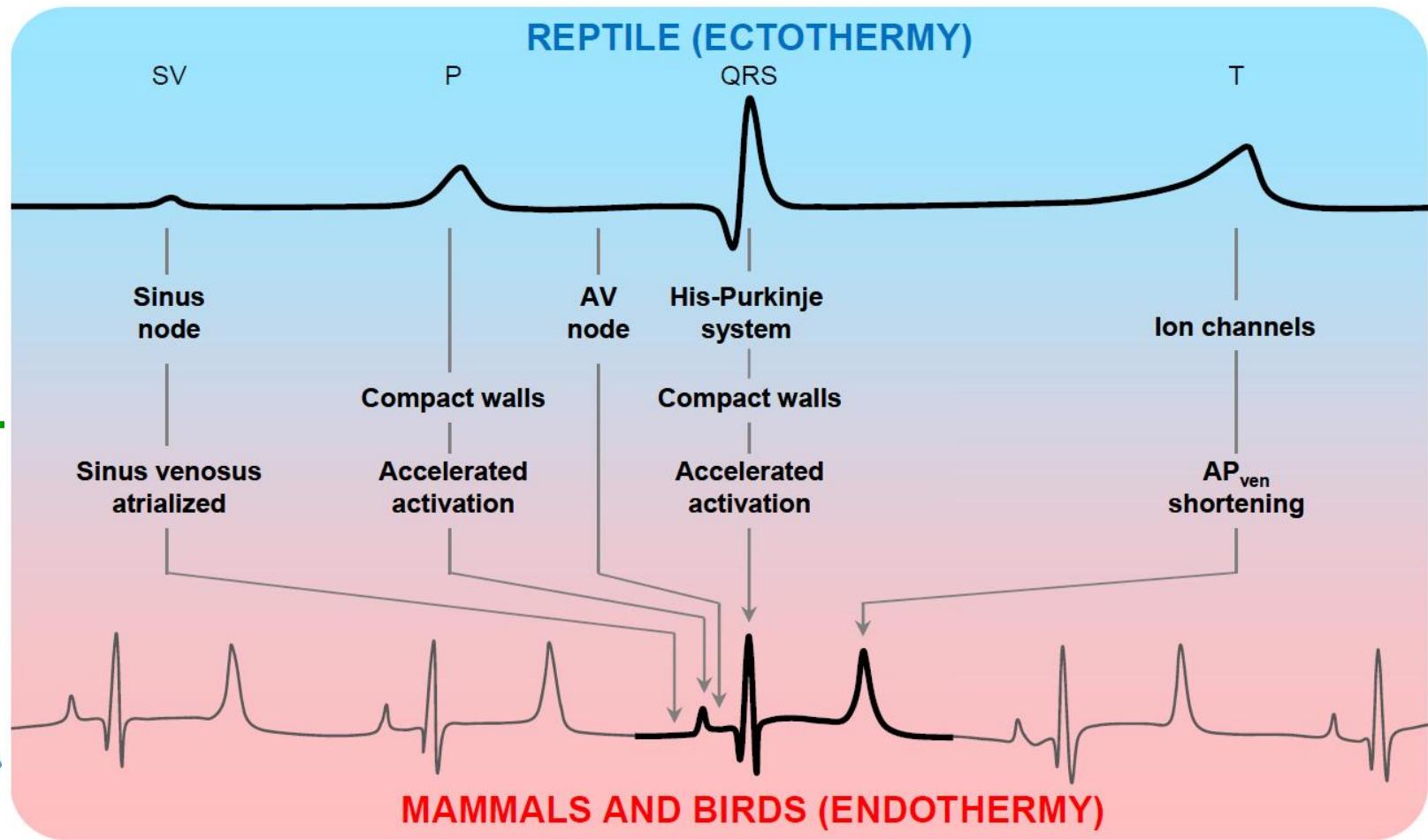
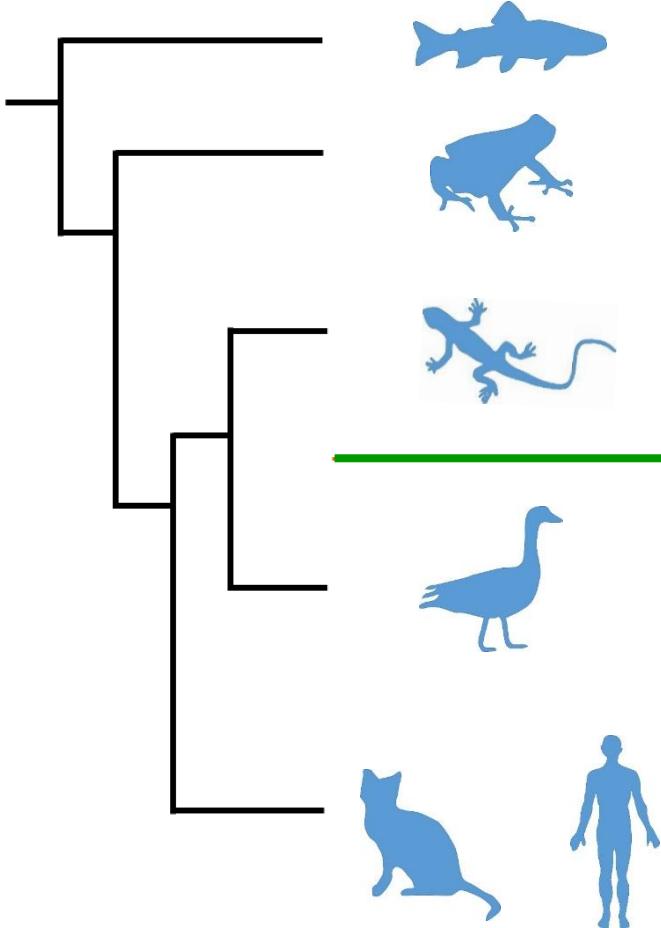
第6咽頭弓（食道の横紋筋）



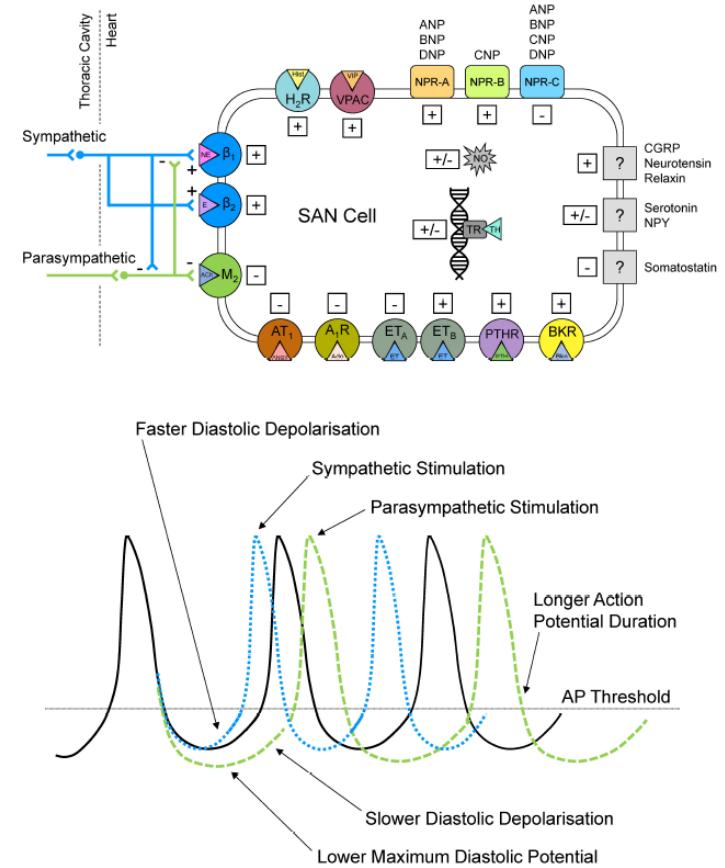
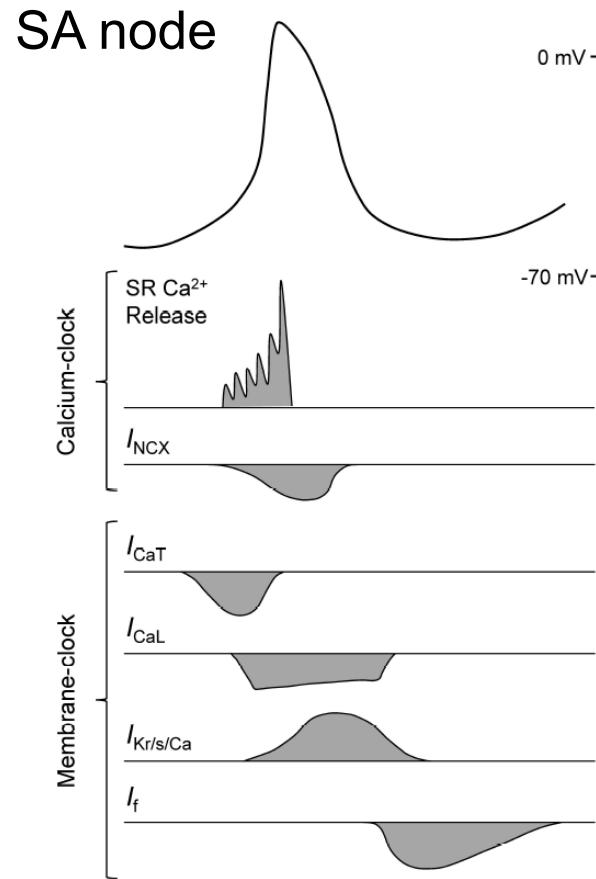
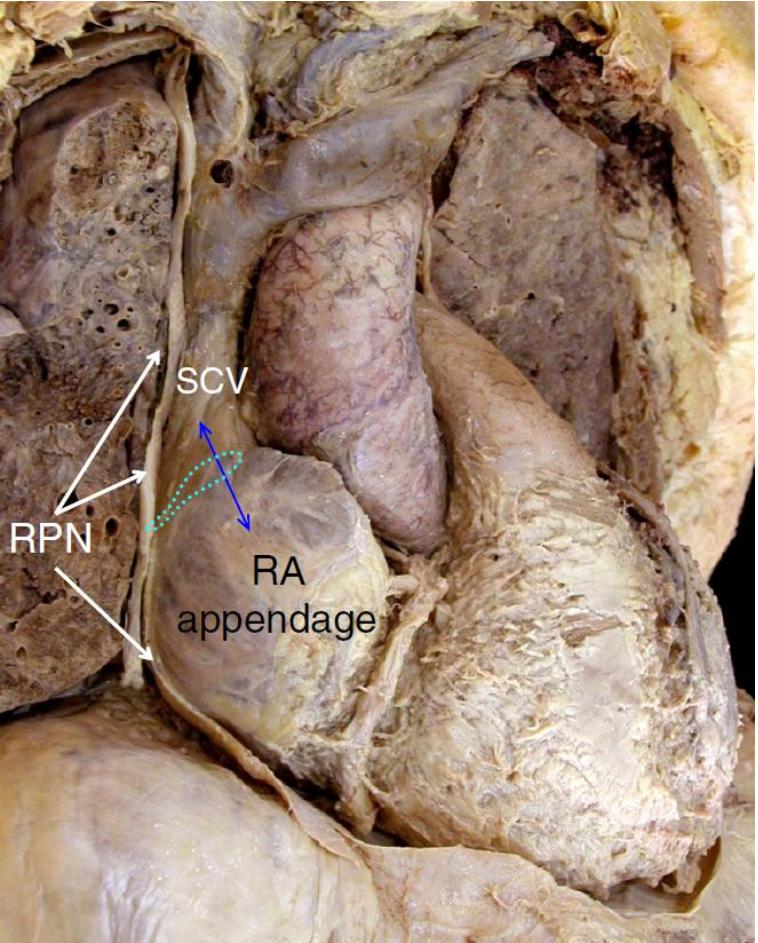
# 肺循環の進化



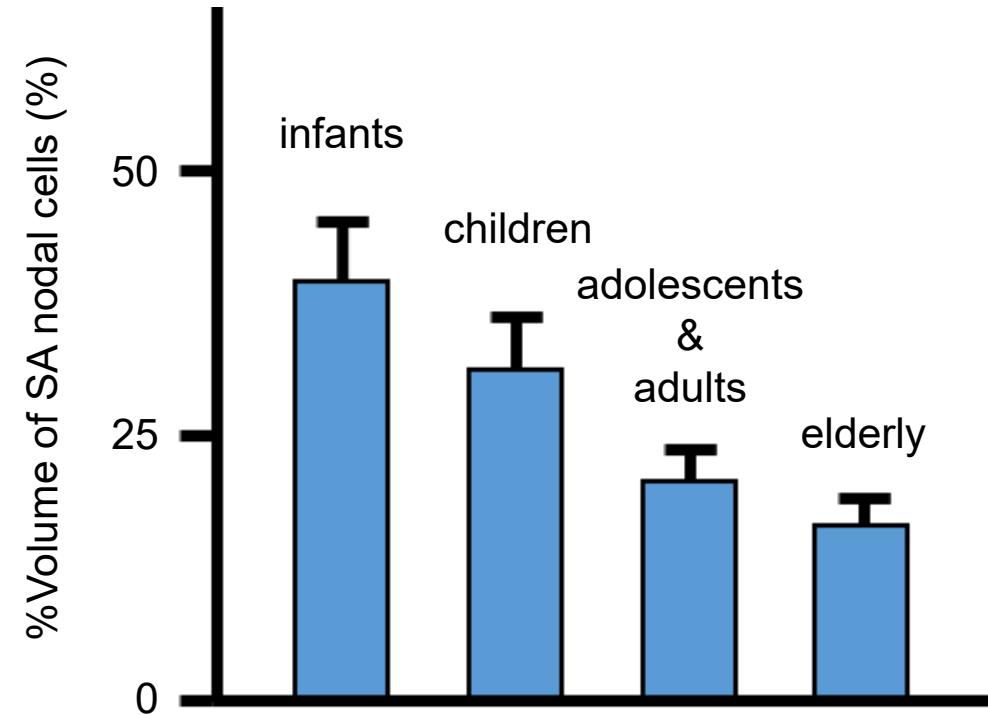
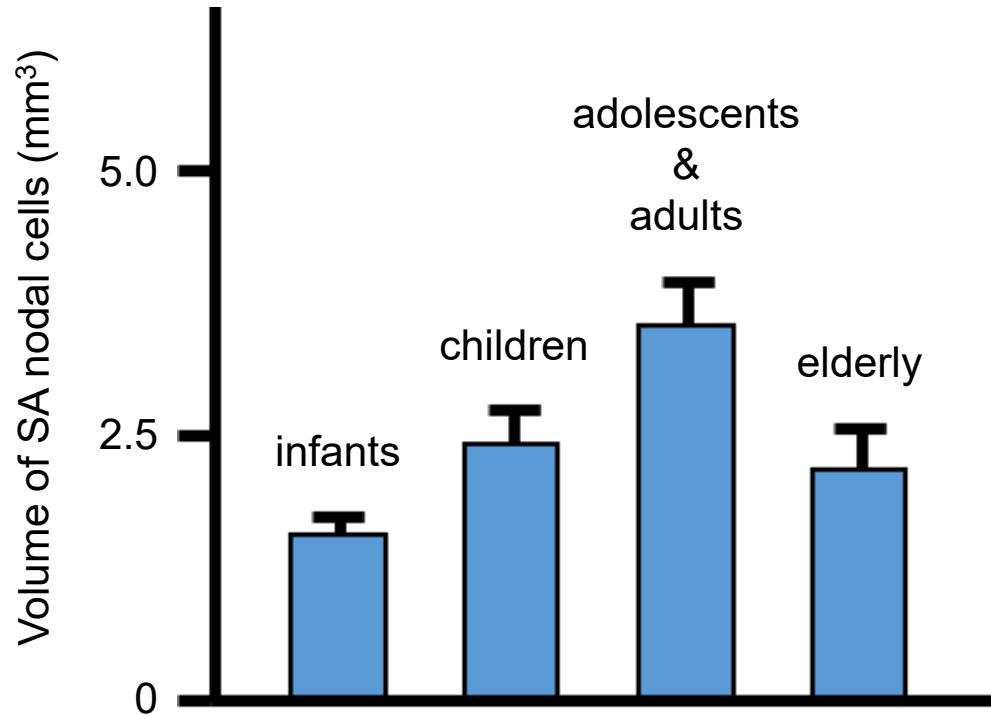
# 洞房結節の進化



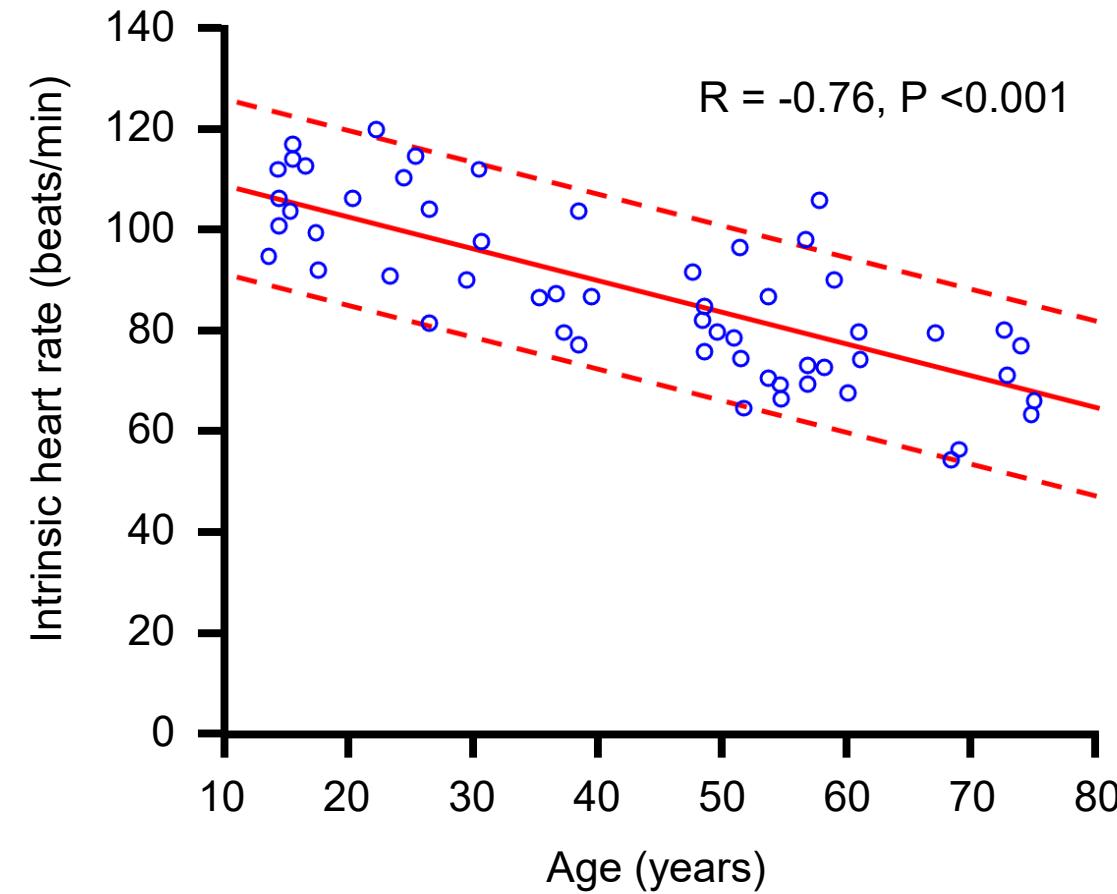
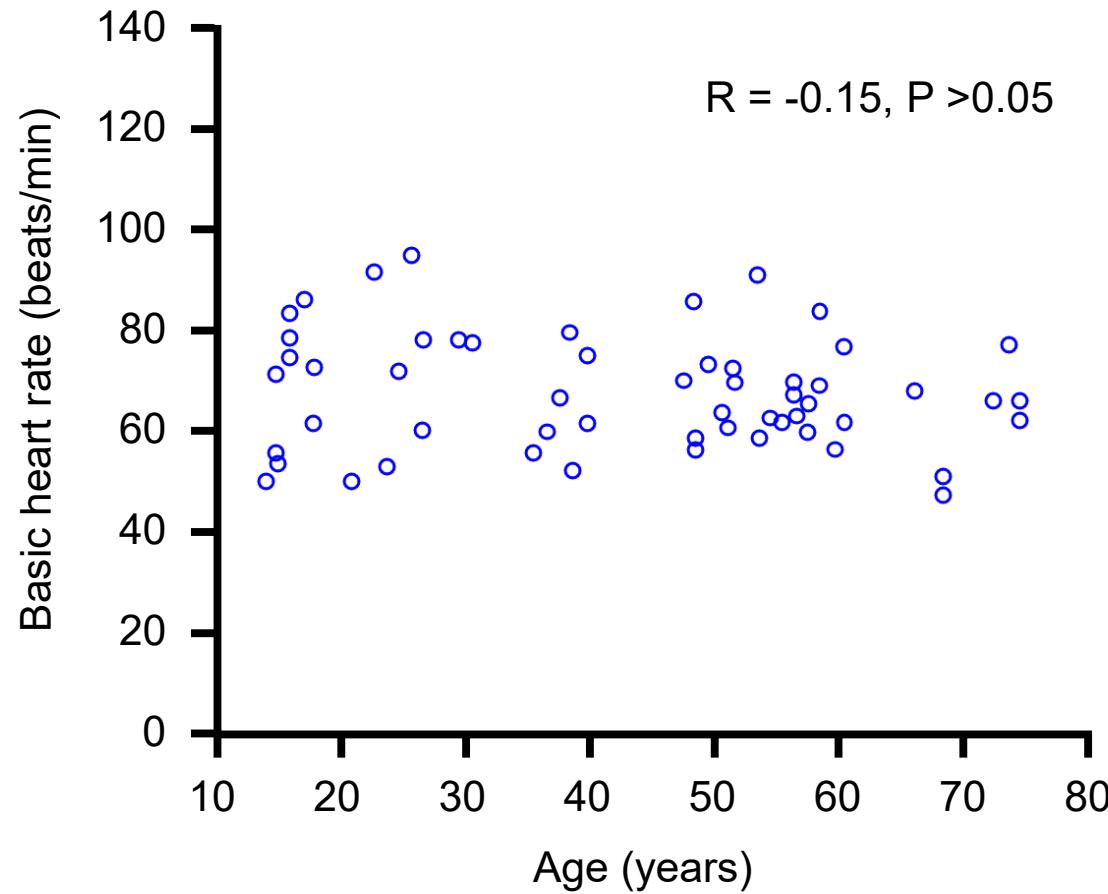
# 洞房結節の自動能



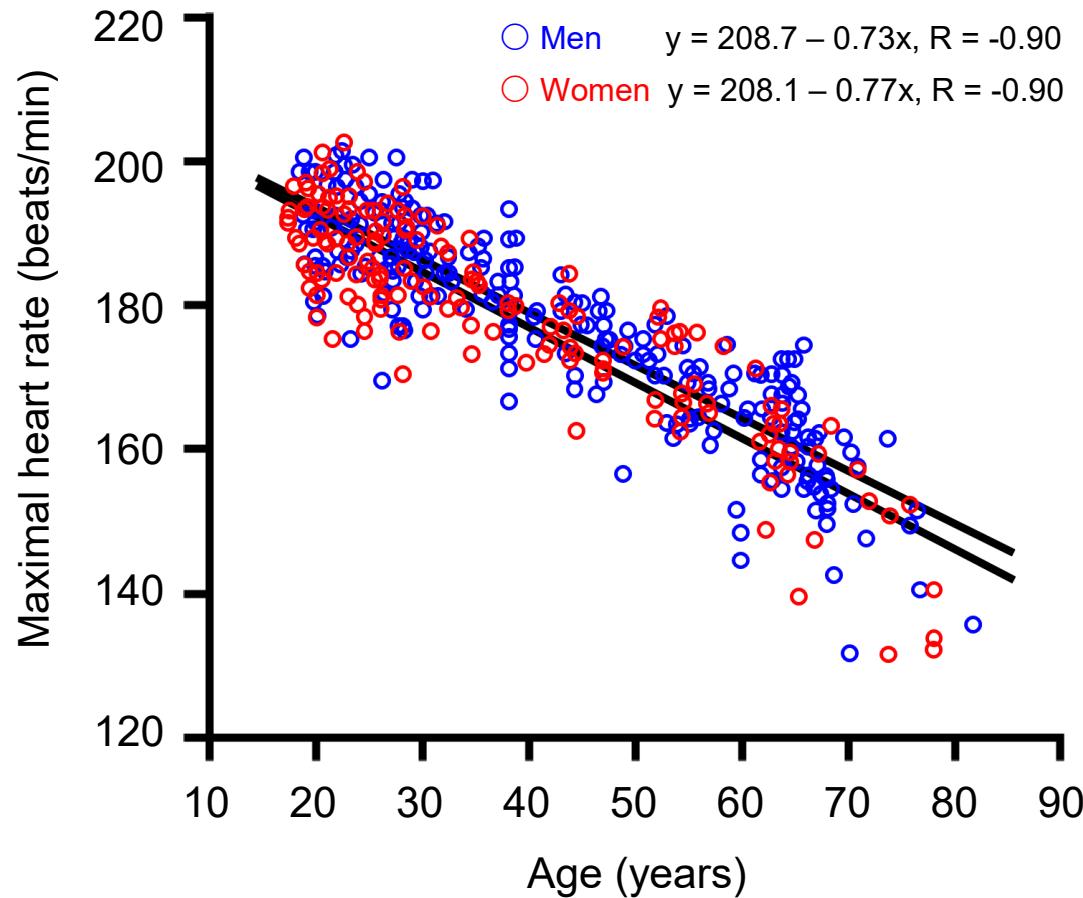
# 洞房結節の加齢性変化



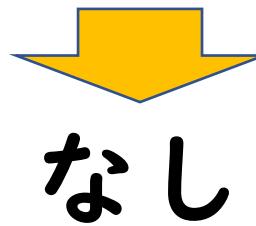
# 内因性心拍数の加齢性変化



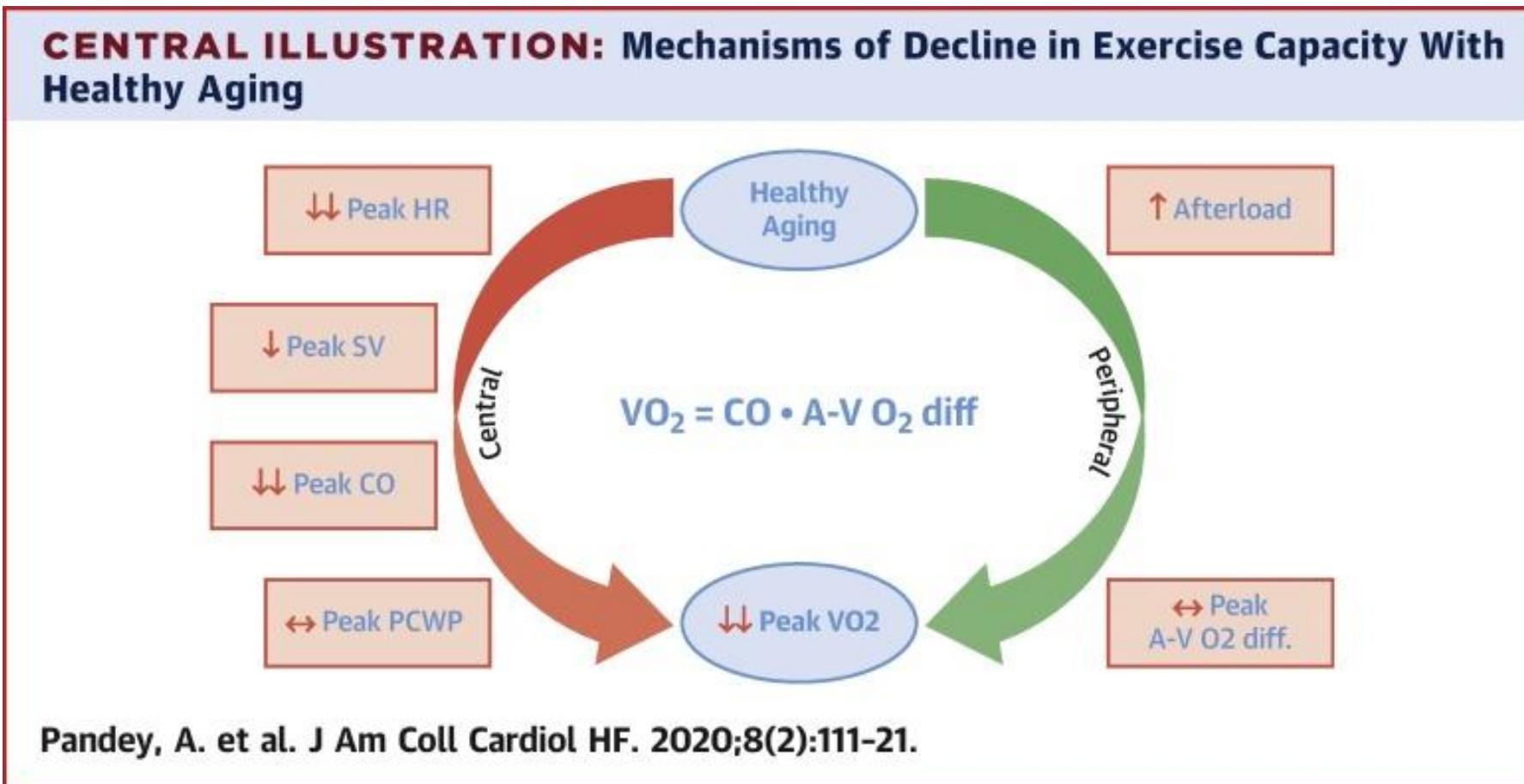
# 最大心拍数の加齢性変化



性差  
トレーニング効果

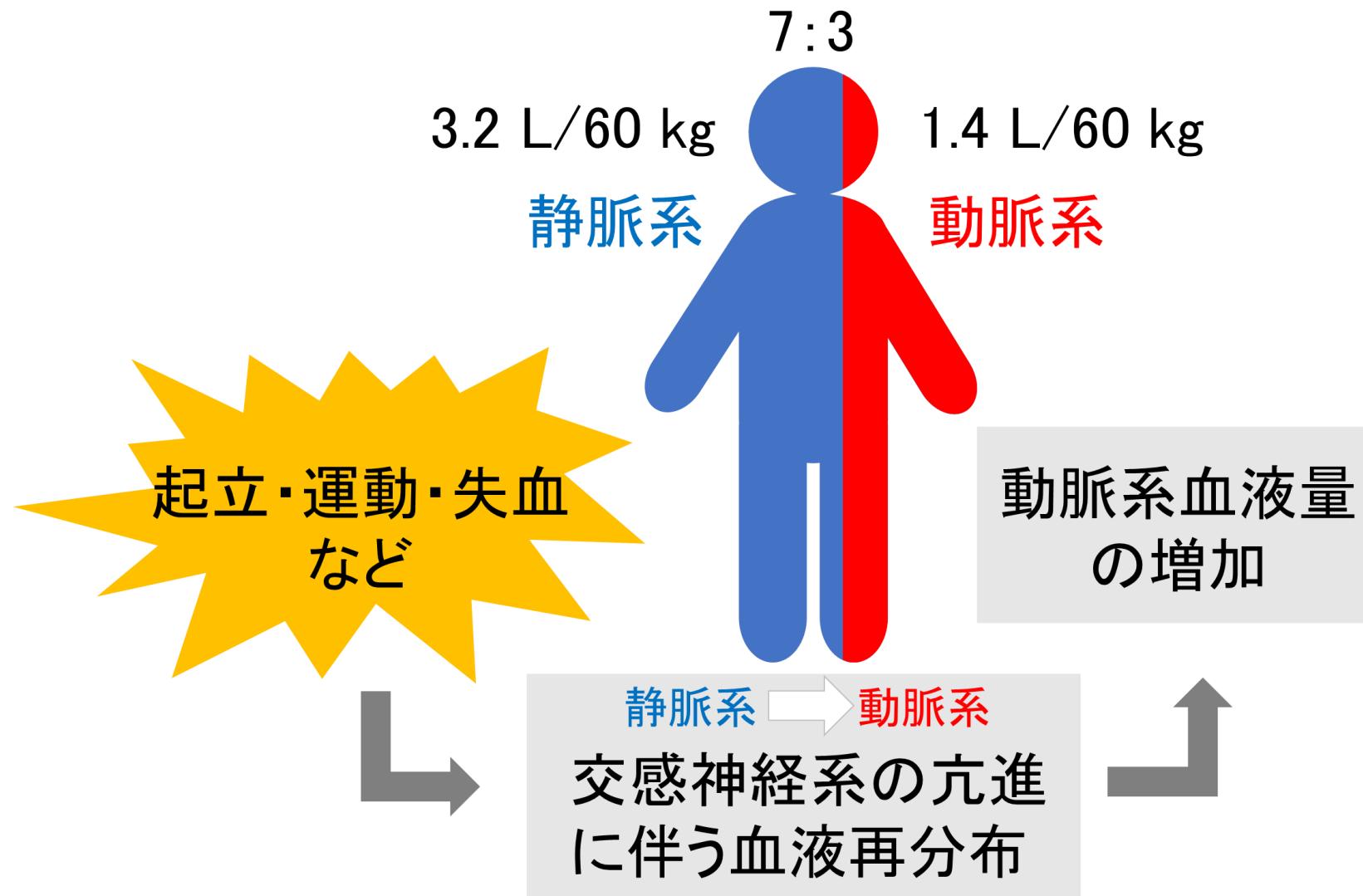


# 最大酸素摂取量の加齢性変化



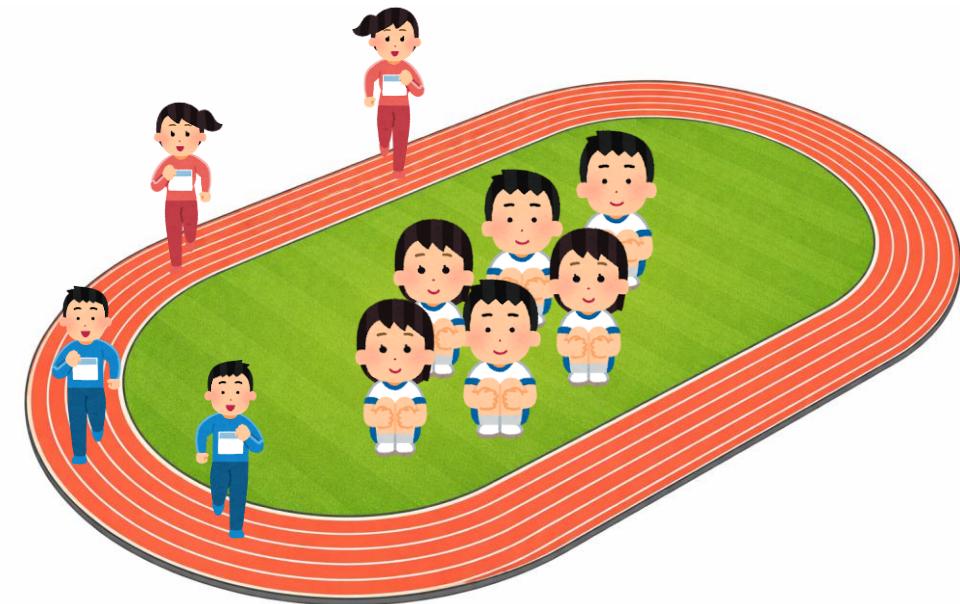
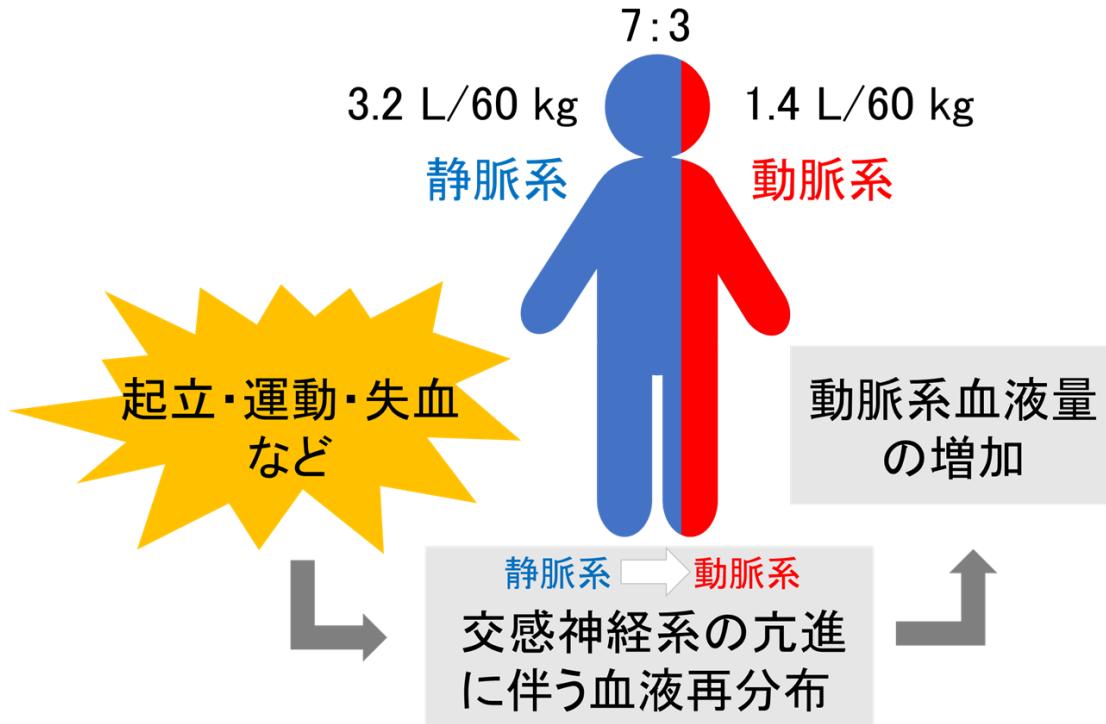


# 安静時血液分布と交感神経系の亢進に伴う再分布



# 循環血液量と心拍出量との違い

- 循環血液量 : 総血液量 (L)  
有効循環血液量 : 動脈系血液量 (機能的概念)  
心拍出量 : 1分間に循環する血液量 (L/min)



# arterial baroreflex

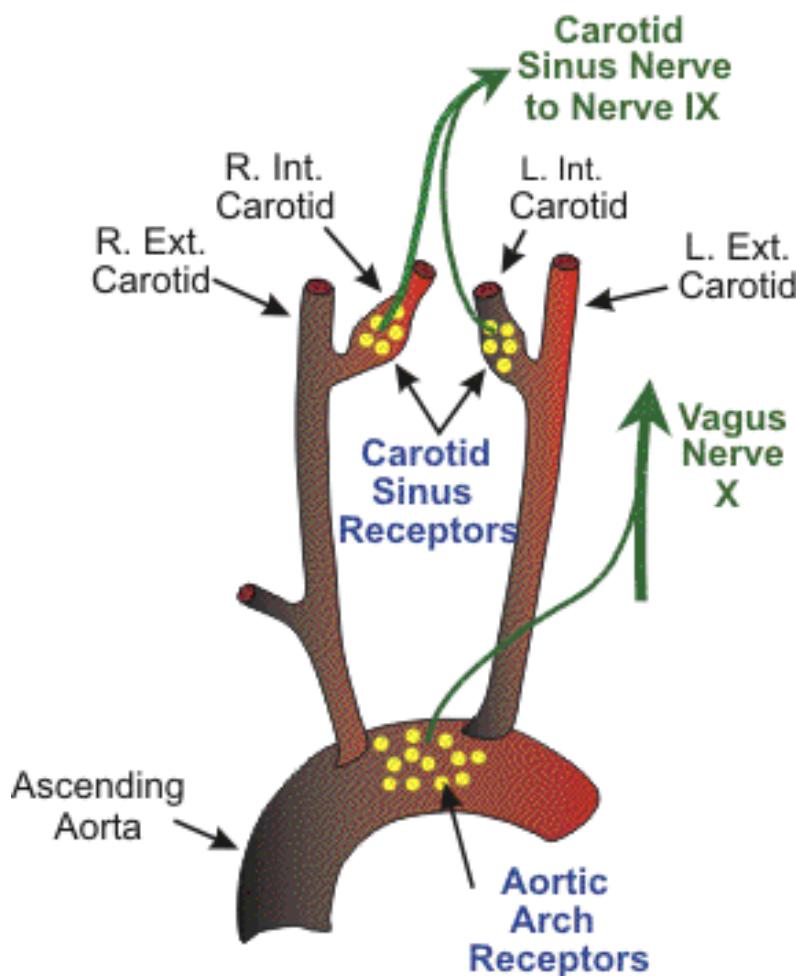
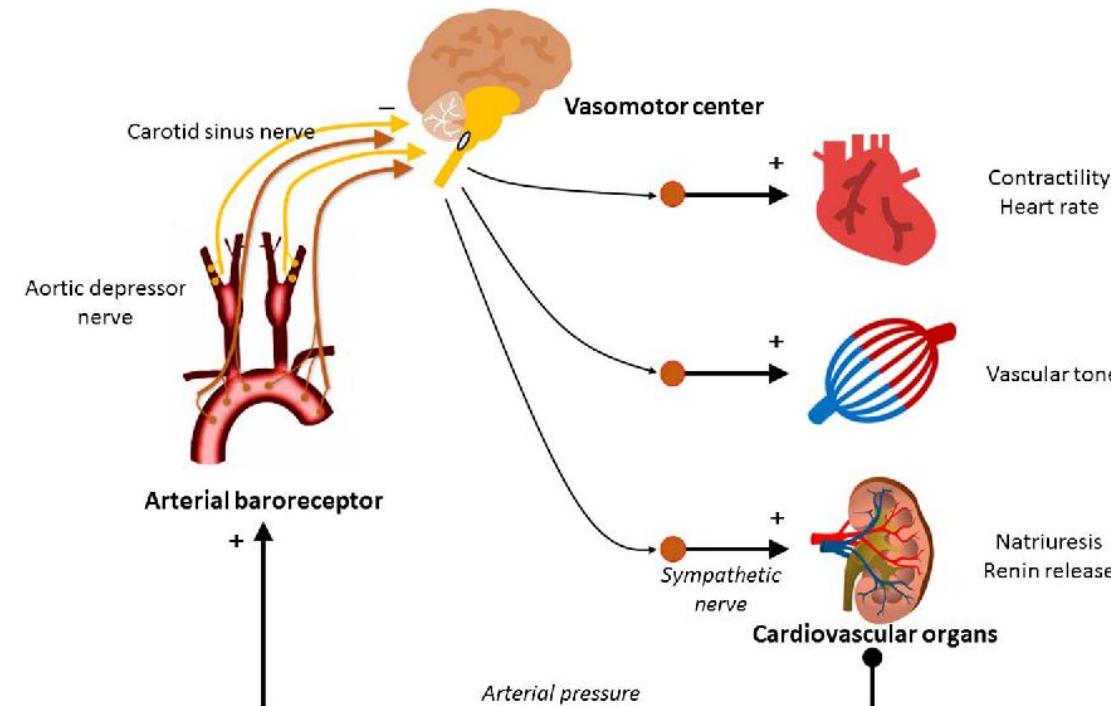


Figure 1. Location and innervation of arterial baroreceptors.

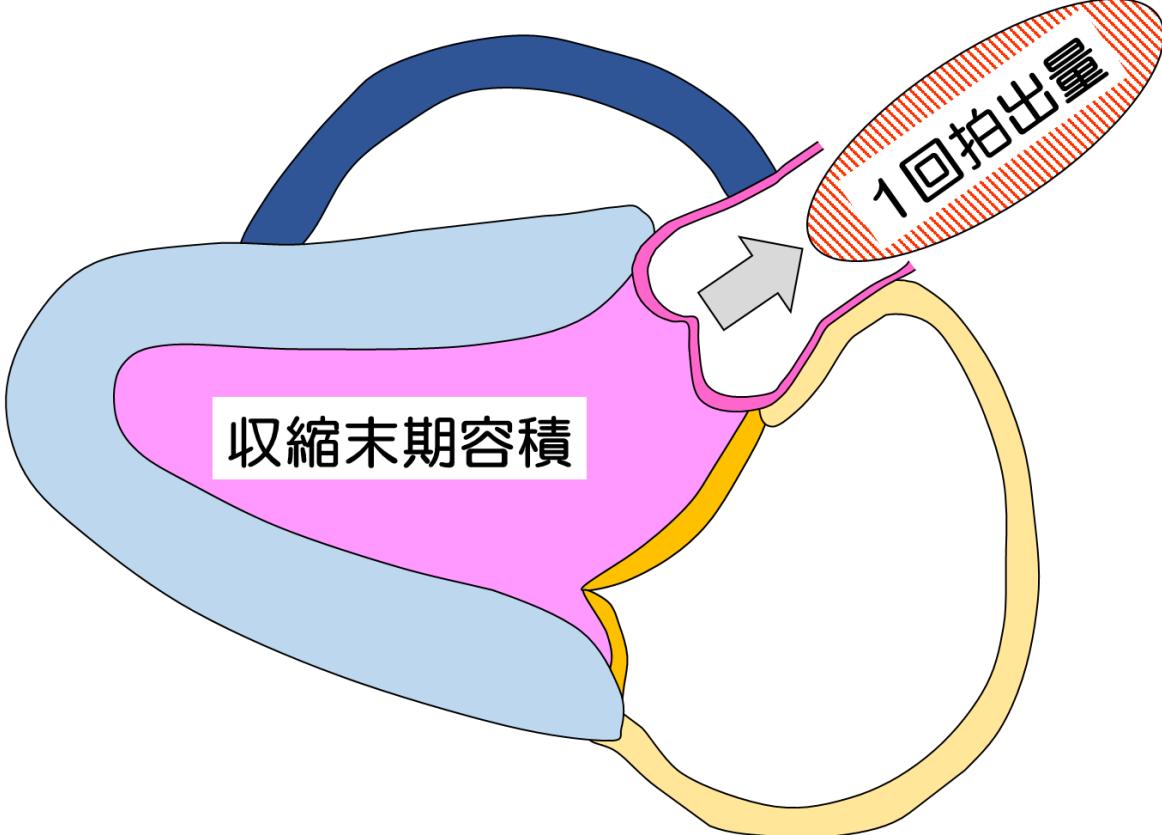
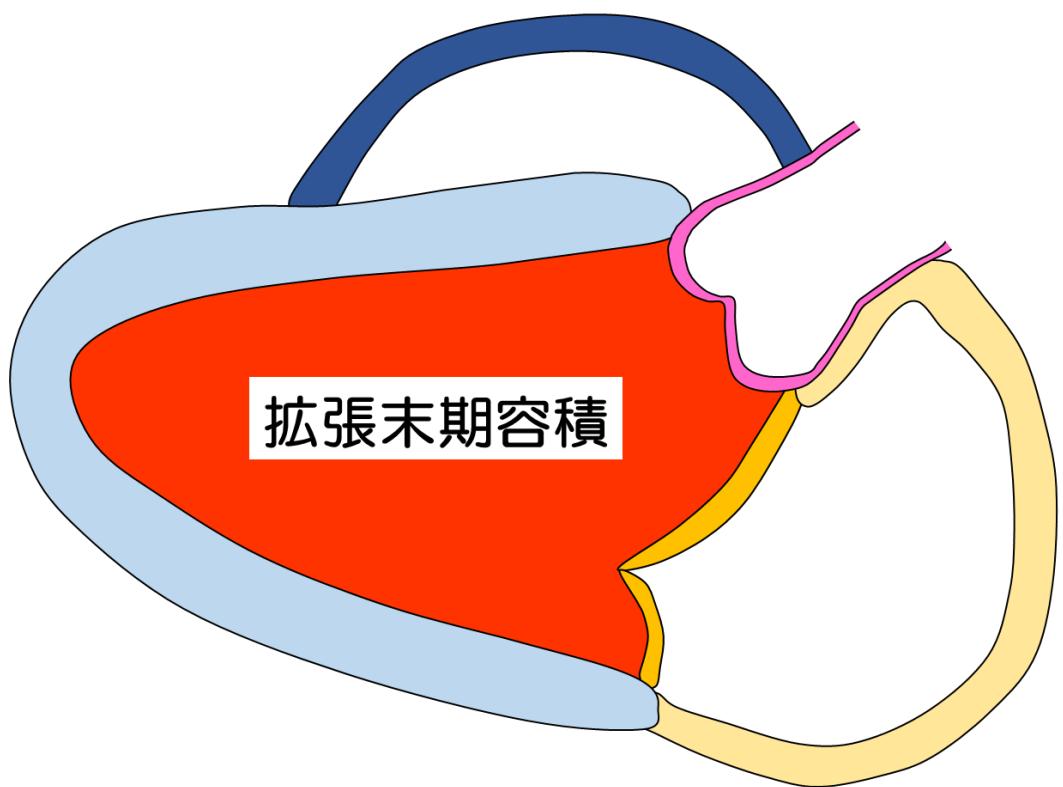
大動脈弓・頸動脈洞に存在する  
動脈圧受容器を介した反射

動脈圧受容器反射は血圧が下がった時に心拍数を上げ、  
血圧が上がった時に心拍数を下げるよう働くため、  
血圧×心拍数を一定に保つ役割を担っている



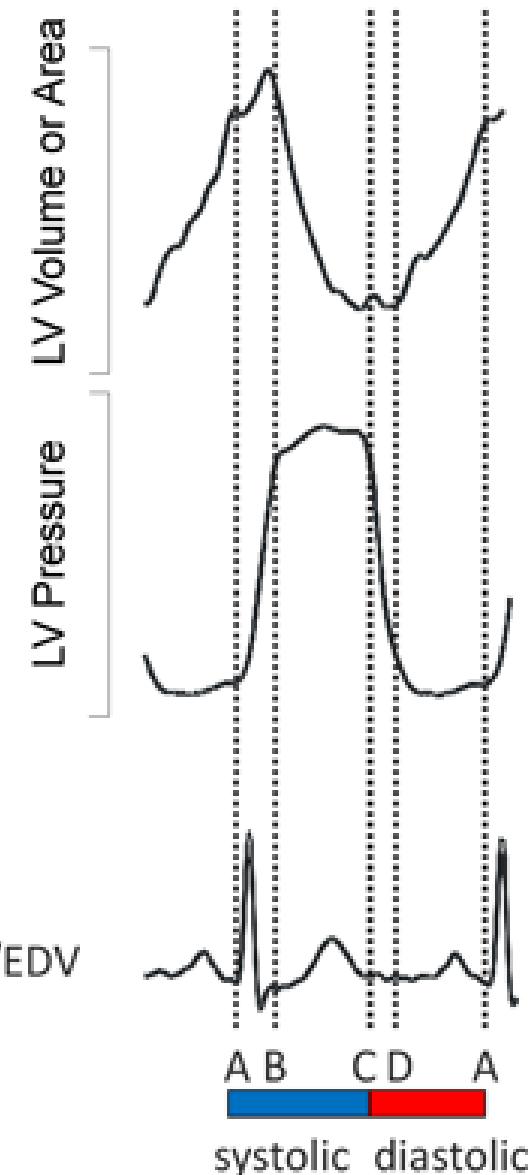
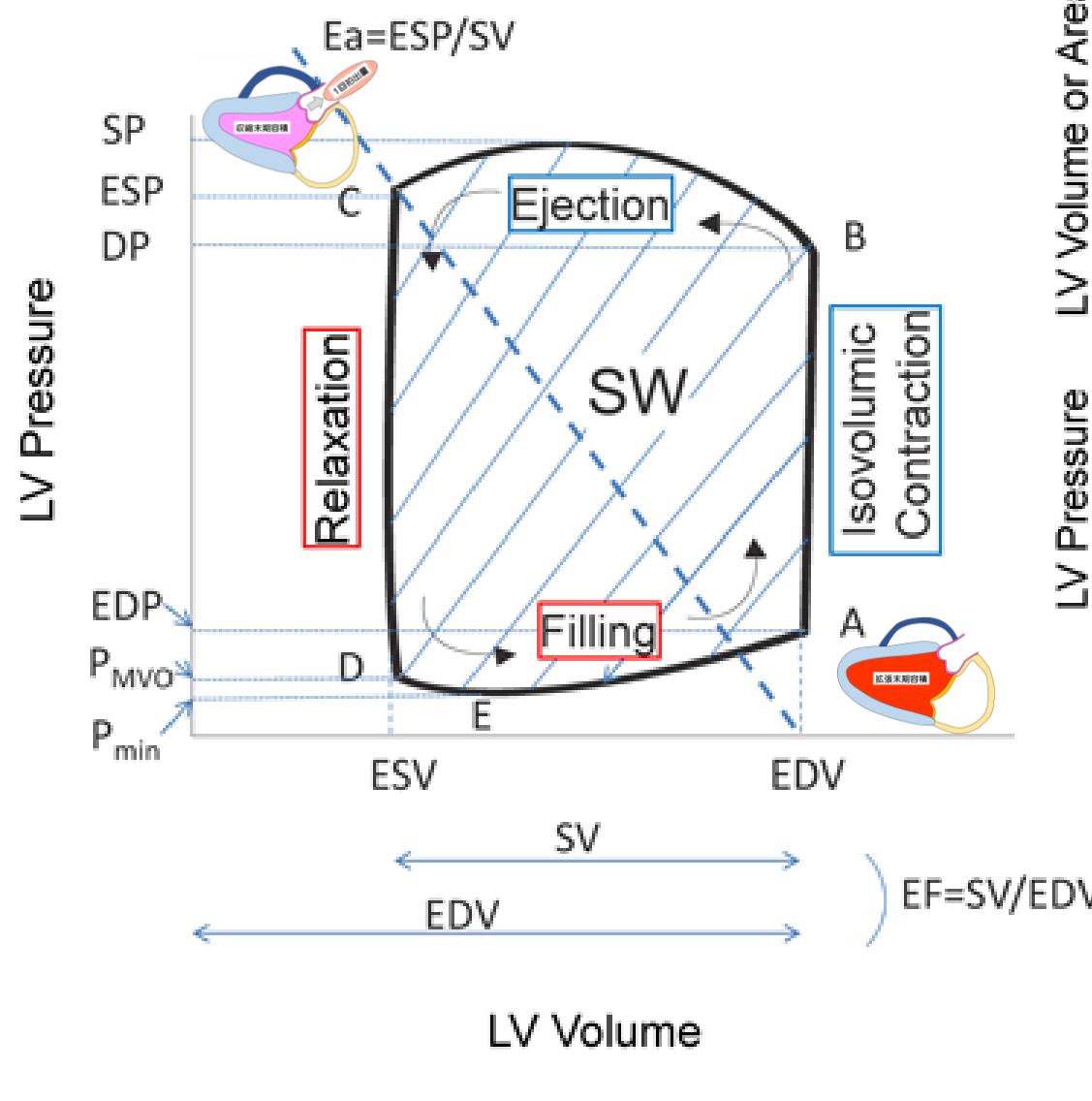
# 一回拍出量と左室駆出率

拡張末期容積 - 収縮末期容積 = 1回拍出量



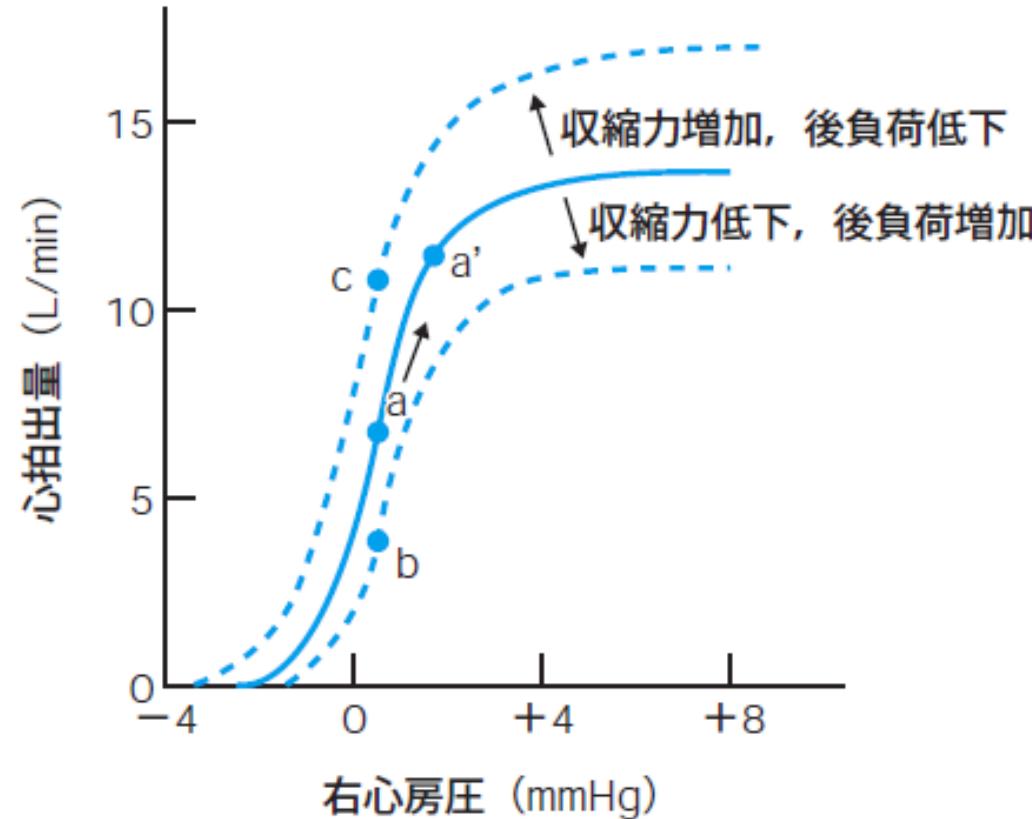
駆出率 = 1回拍出量 / 拡張末期容積

# 一回拍出量と左室駆出率

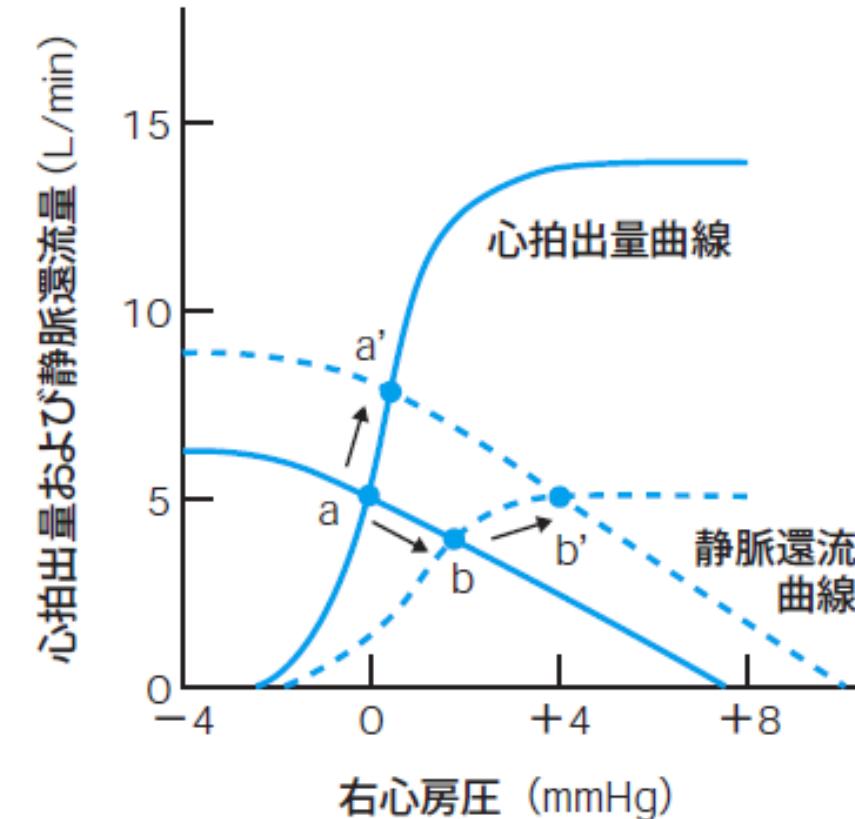


# 前負荷、後負荷、心収縮力

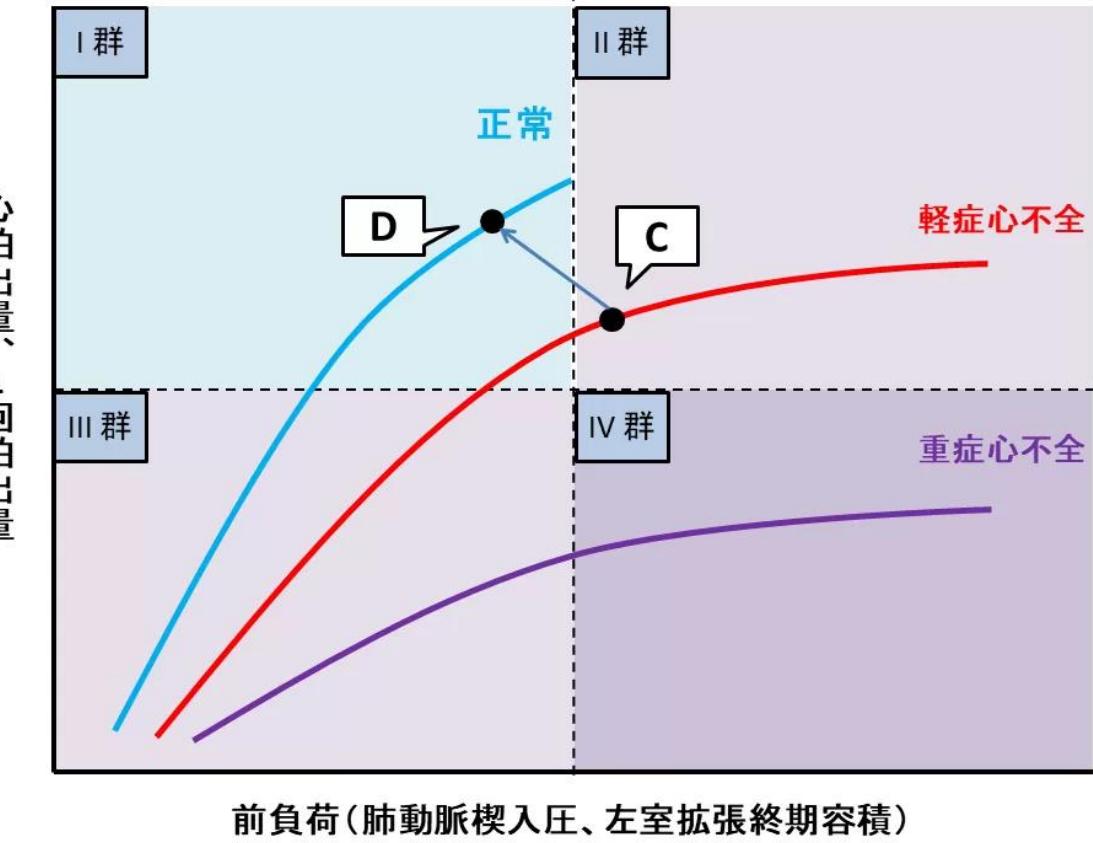
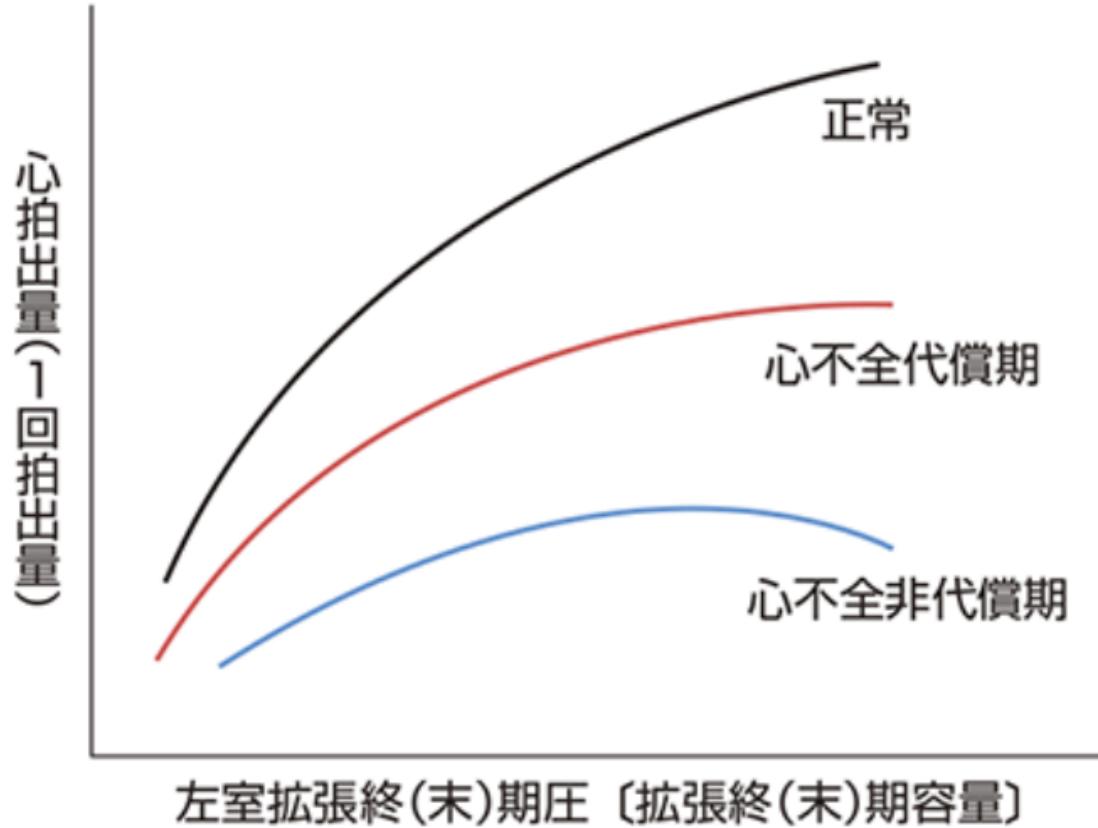
A. Frank-Starling関係



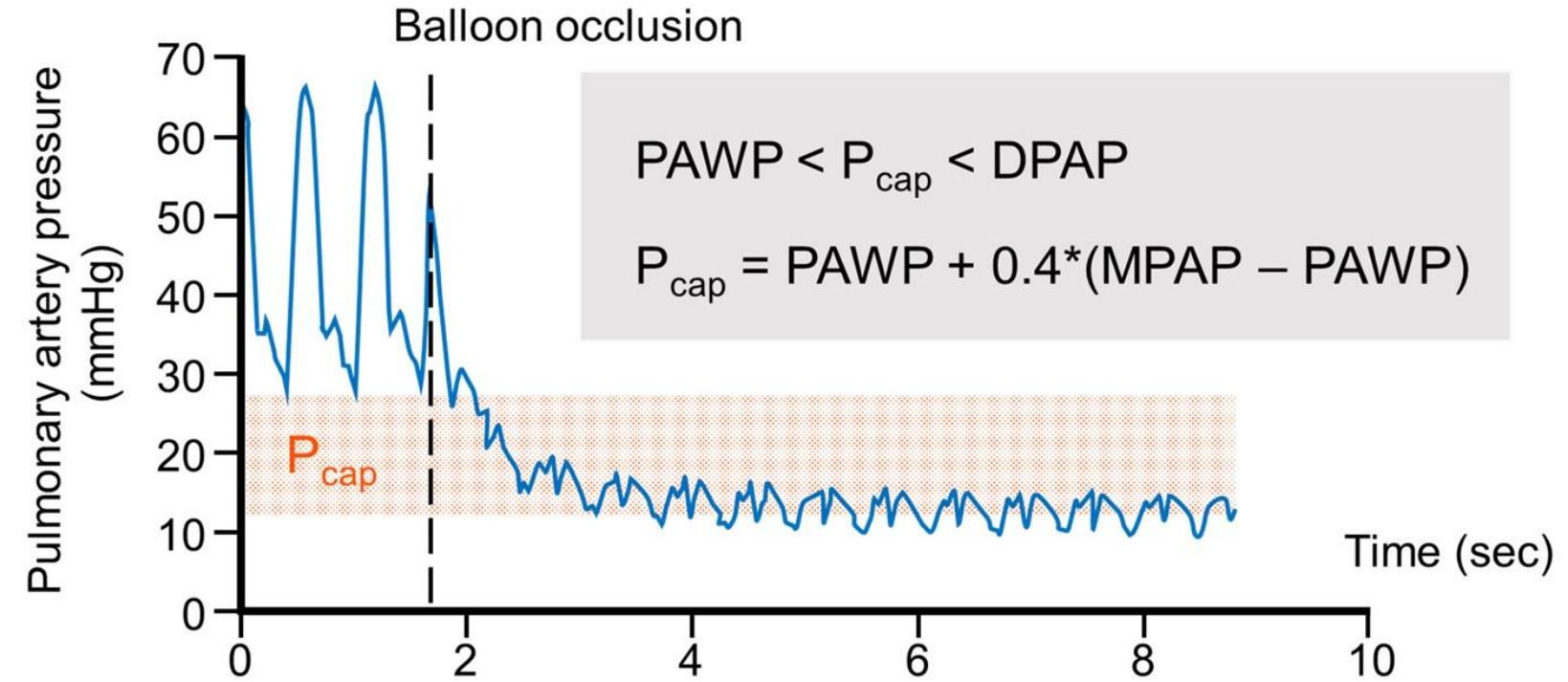
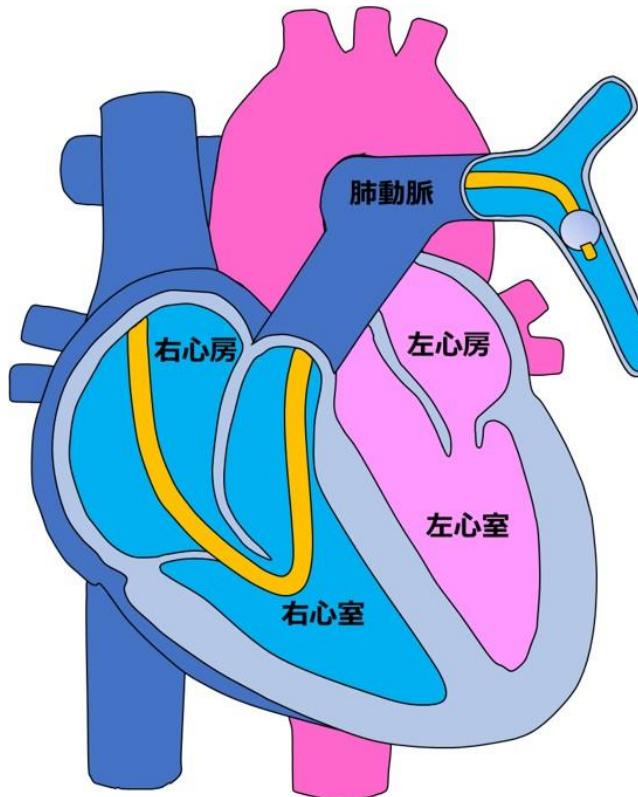
B. Guyton曲線



# フランク・スターリングの心機能曲線



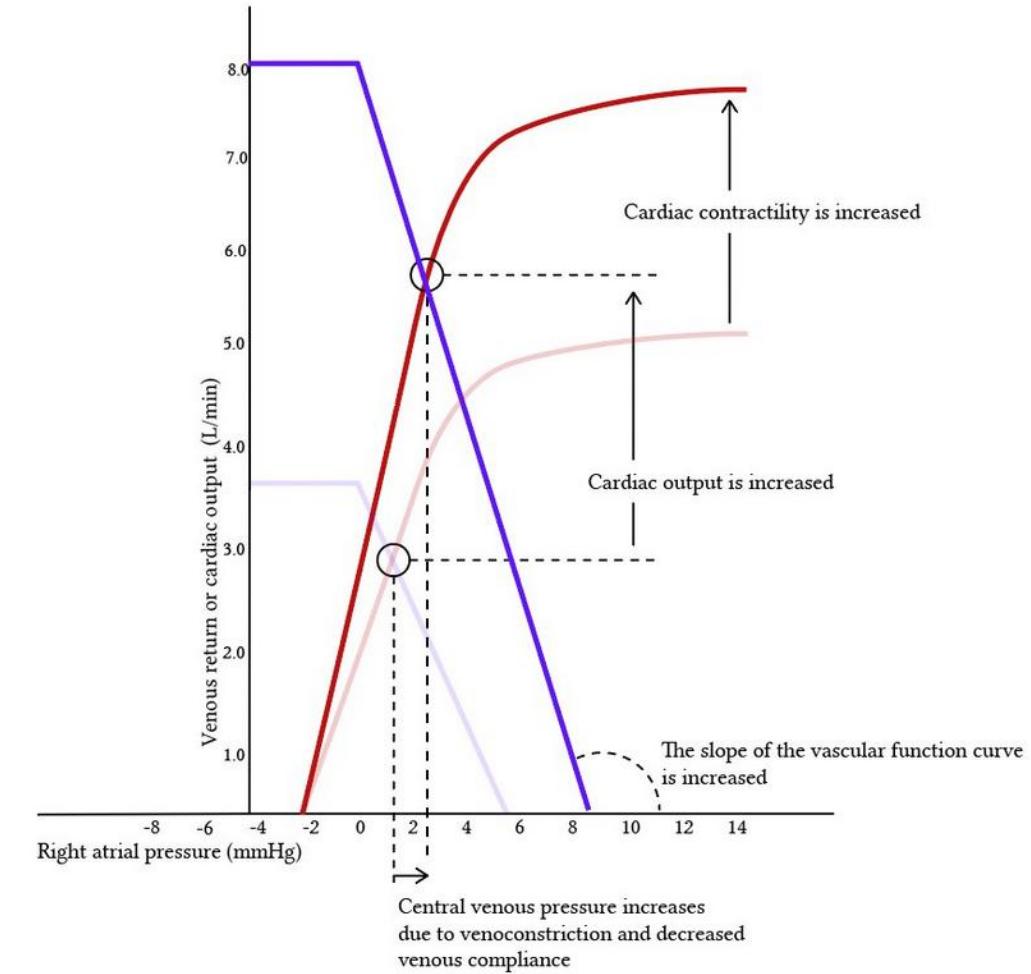
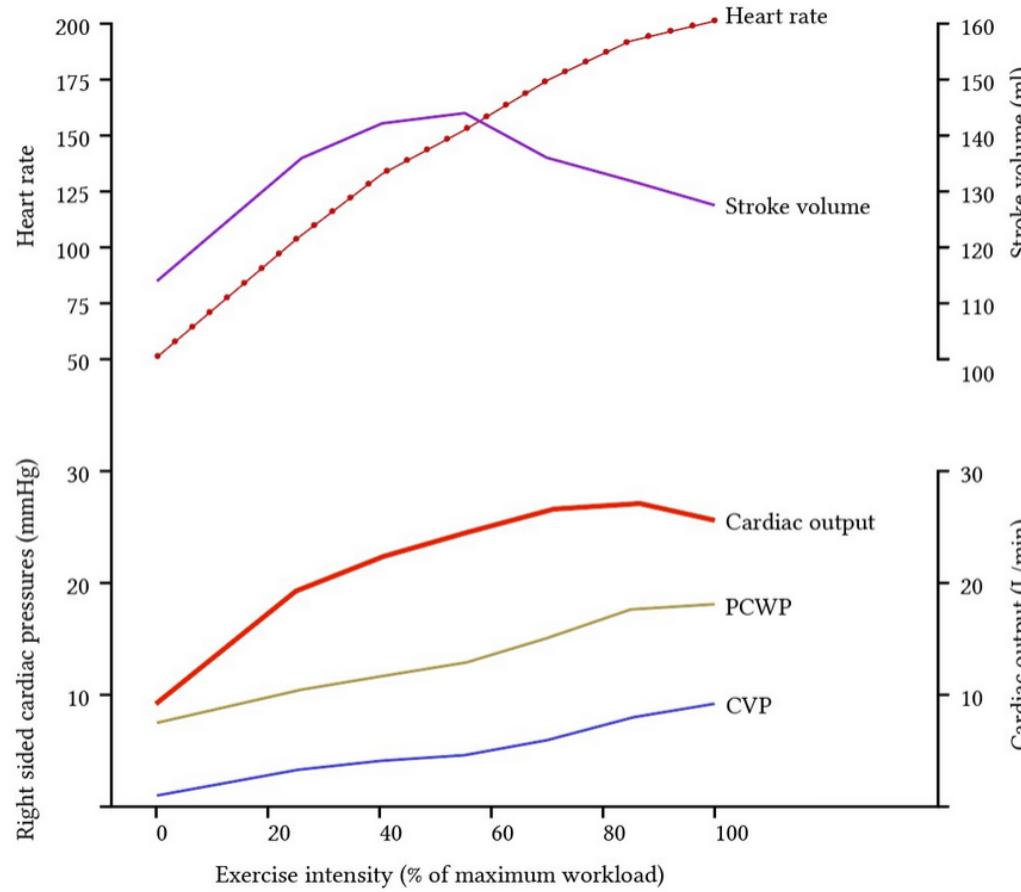
# スワン・ガンツ カテーテル検査（右心カテ）



肺動脈楔入圧 (=平均の左房圧)  
→ 左室拡張末期圧の代替指標

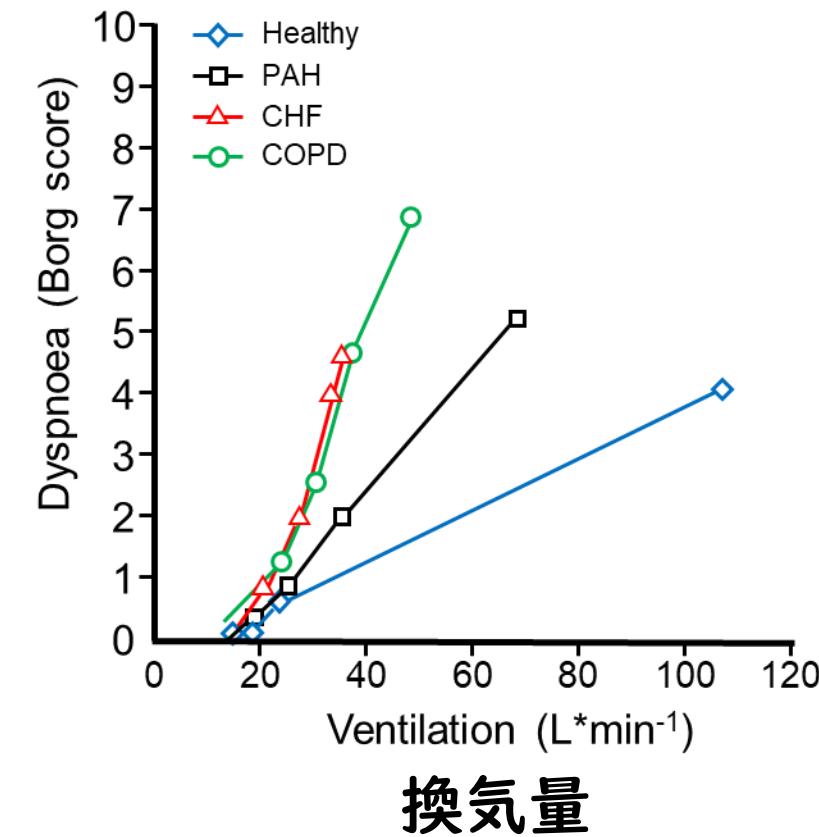
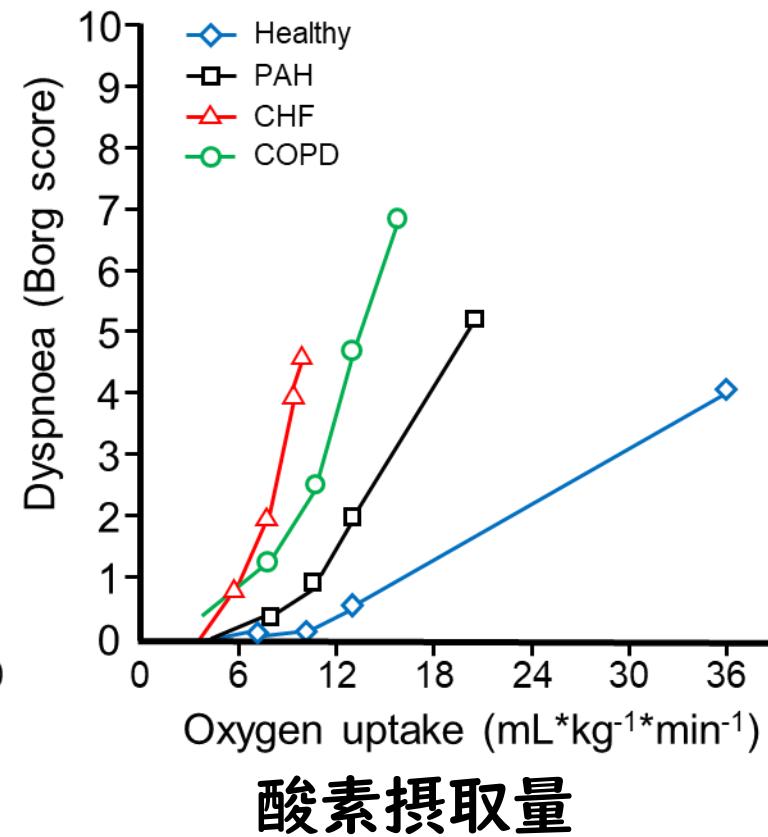
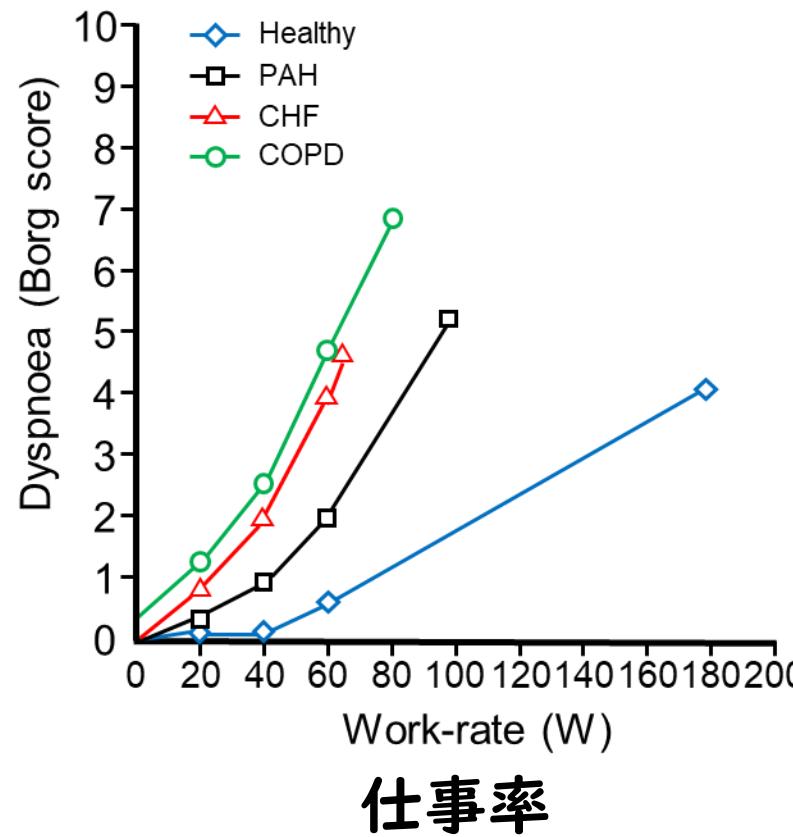


# 運動時的心機能：心拍出量、右房圧

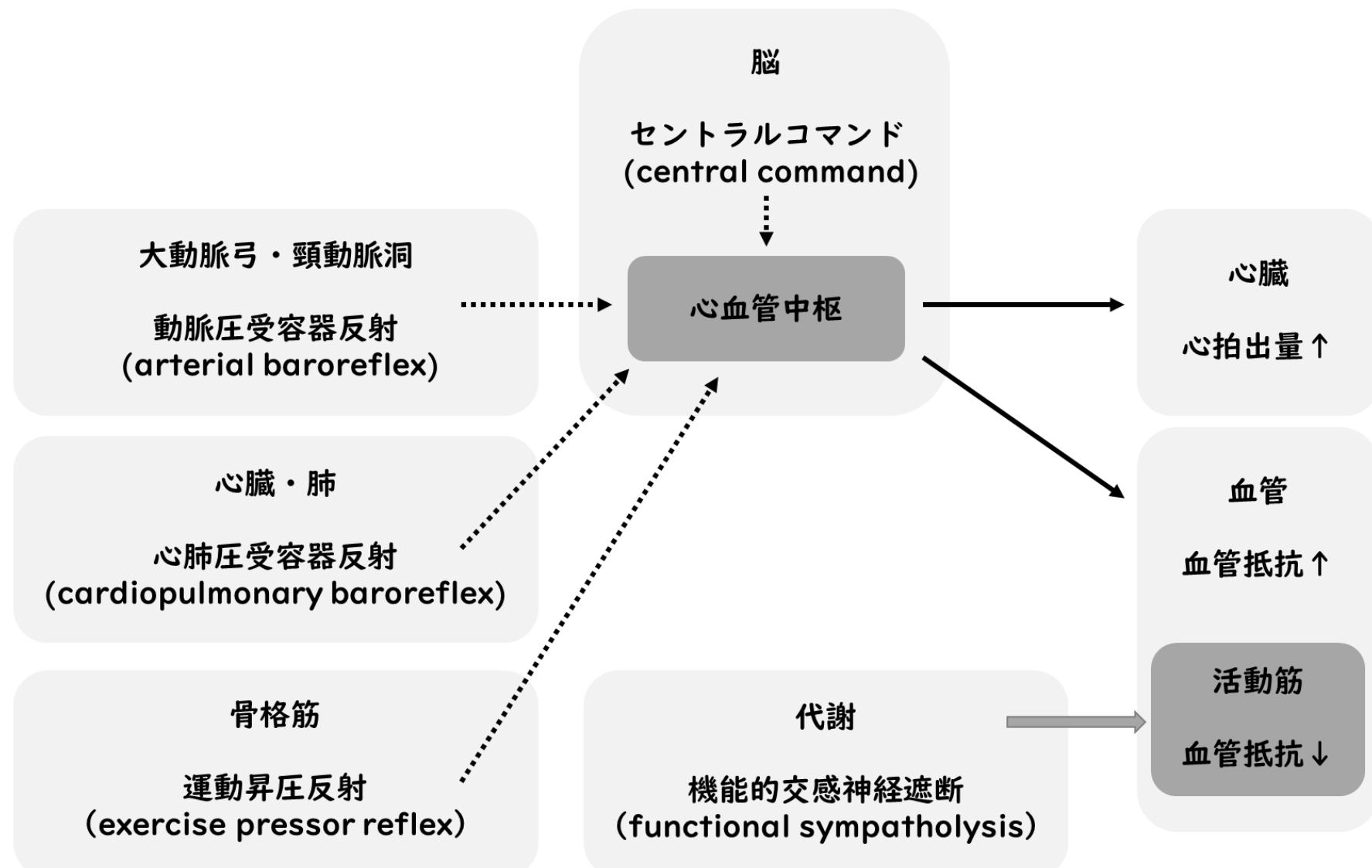


# 運動時の息切れと仕事率、酸素摂取量、換気量

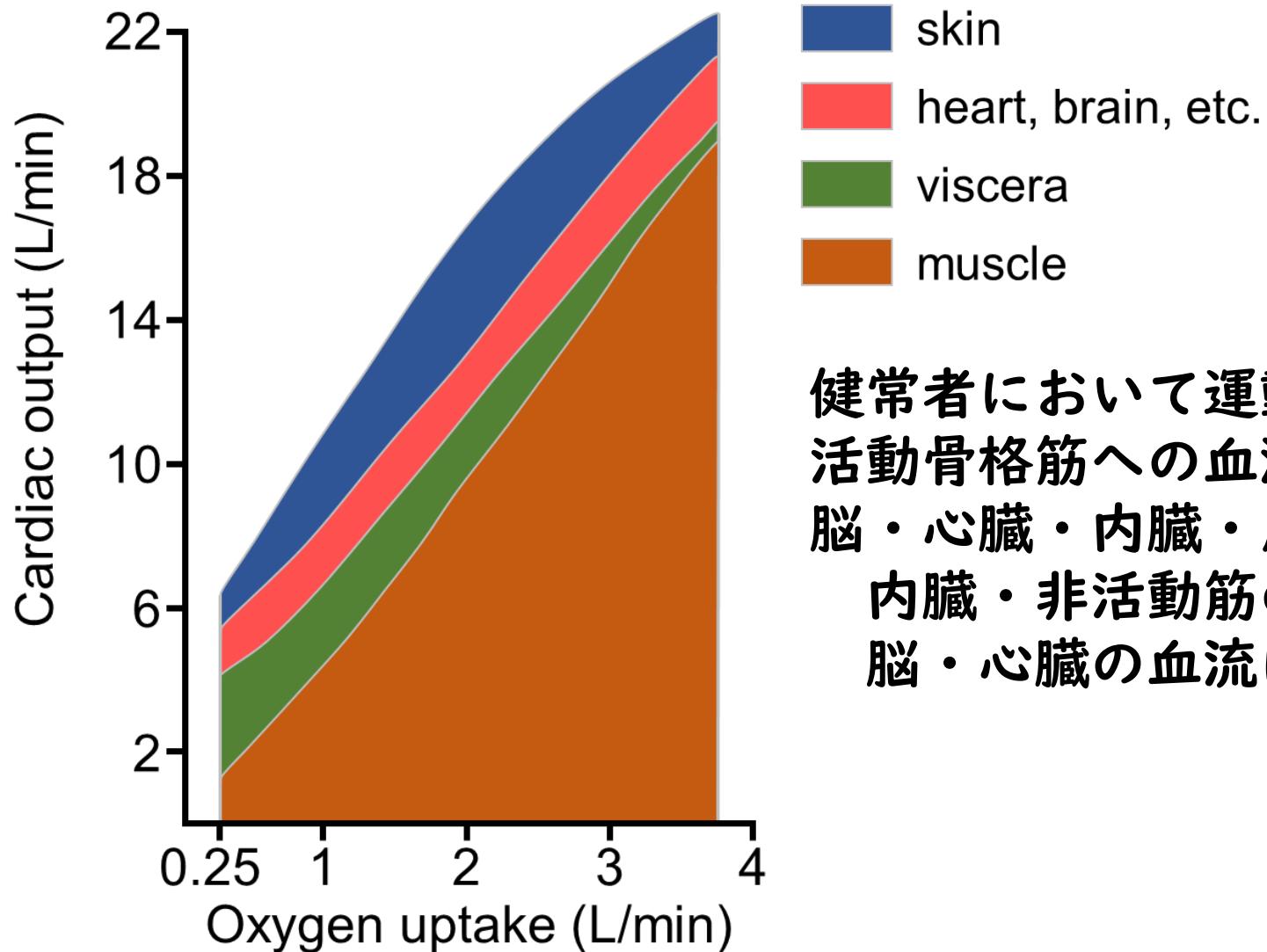
◇ 健常者 □ 肺動脈性肺高血圧症 △慢性心不全 ○ 慢性閉塞性肺疾患



# 運動時的心血管系制御



# 運動時の臓器血流



健常者において運動時的心拍出量は 25 L/min  
活動骨格筋への血流は 20 L/minまで増加  
脳・心臓・内臓・皮膚、非活動筋へ 5 L/min  
内臓・非活動筋の血流は合わせて 1 L/min減少  
脳・心臓の血流は増加

# 運動時の臓器血流

---

アスリートは最大心拍出量を40 L/minまで上げることが可能  
→ 血流の大部分を骨格筋に送ることでパフォーマンスを最大化

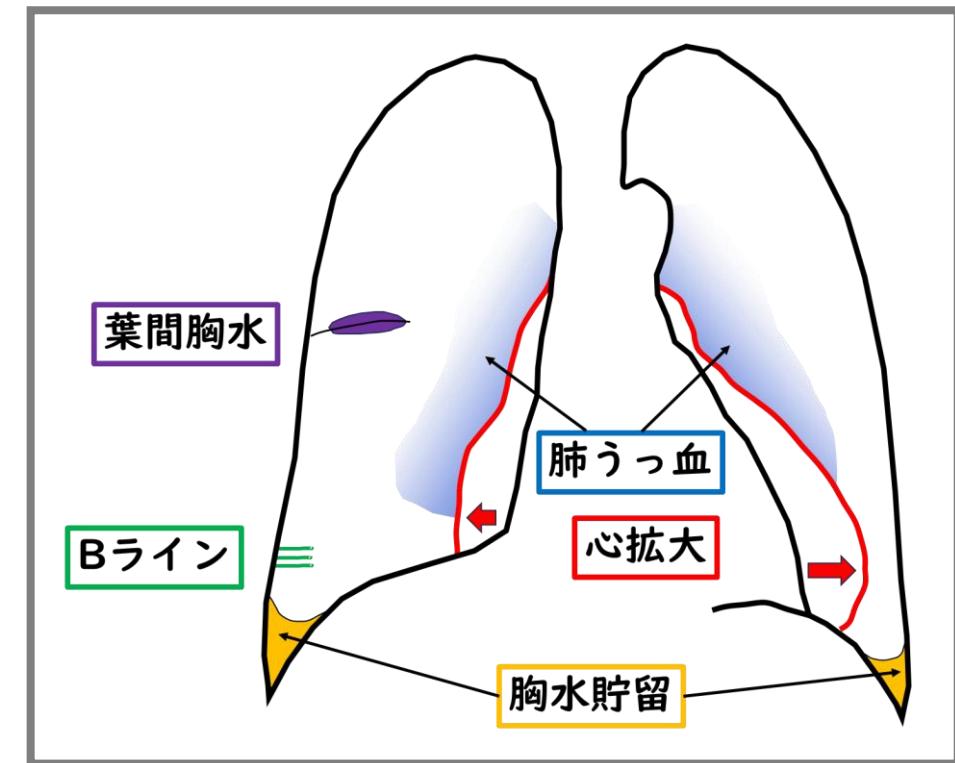
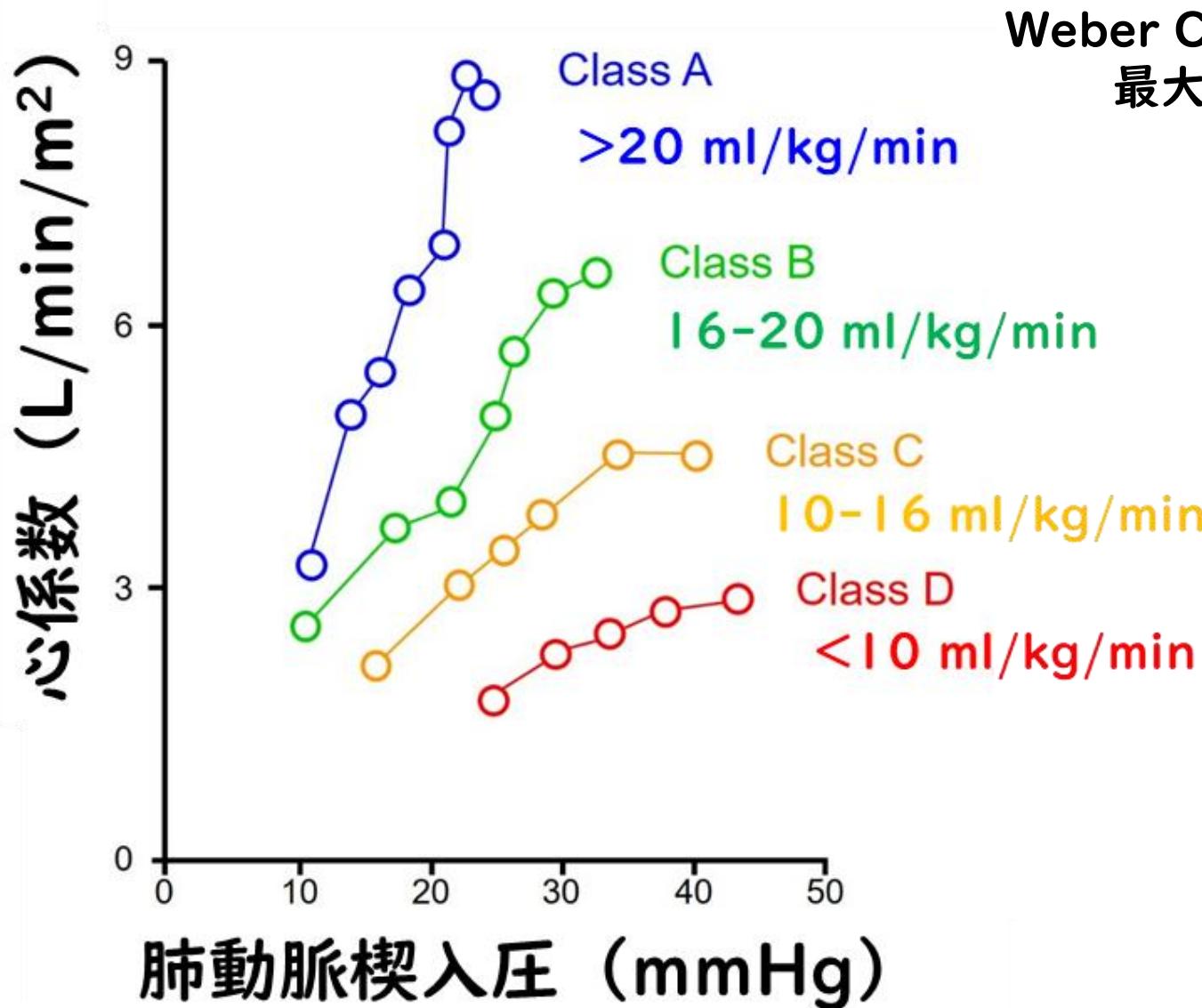
腕や足など個別の骨格筋が受け取れる最大血流量の総和は100 L/min  
→ いかなるアスリートも骨格筋の最大出力を全身では発揮できない

運動時的心拍出量から骨格筋以外の臓器に必要な血流量を引いた残り  
(健常者なら20 L/min) を、各活動筋で取り合って運動している

# 健常者および心不全患者における運動時の血流分布

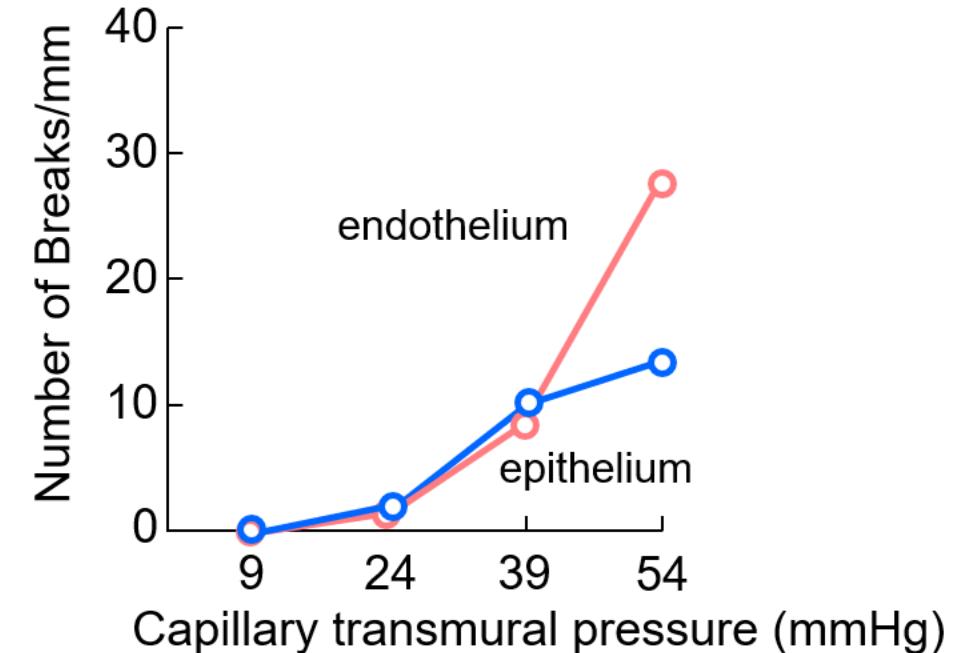
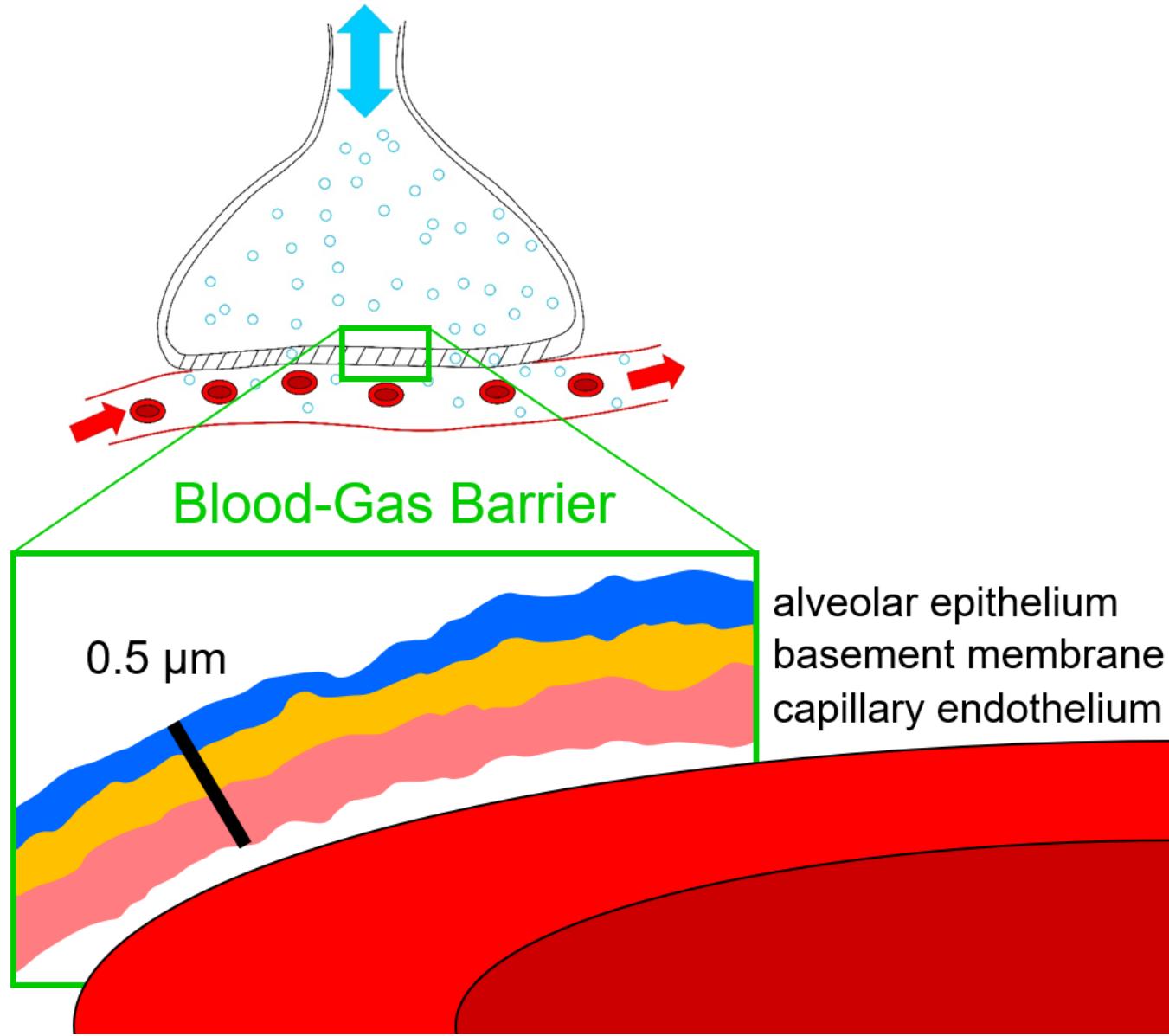
心拍出量	筋肉 (運動時は活動筋)	脳・心臓・内臓・皮膚など (運動時は非活動筋含む)
運動時 (健常)	25 L/min	20 L/min (80%)
安静時	5 L/min	1 L/min (20%)
運動時 (心不全)	8 L/min	3 L/min (38%)

# 慢性心不全における最大酸素摂取量と心機能指標



Weber KT, et al. Am J Cardiol 1985;55:22A-31A.

# 肺胞のガス交換膜と肺毛細血管圧上昇に伴う破綻



Tsukimoto K, et al. *J Appl Physiol* 1992;71:573-82.

# 運動誘発性肺出血



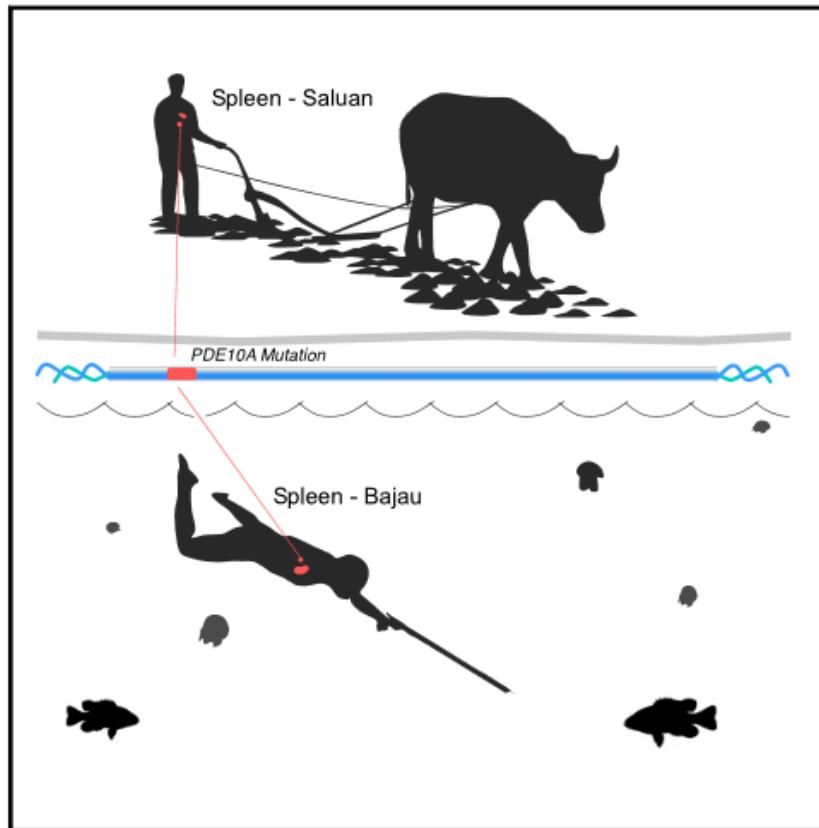
運動時の平均肺動脈圧は100mmHg、平均左房圧は70mmHg

# 潜水時のヘモグロビン濃度と脾臓サイズ

Cell

## Physiological and Genetic Adaptations to Diving in Sea Nomads

### Graphical Abstract



- ✓ 健常人の素潜り：血中Hb濃度3%↑  
脾臓サイズは変化なし
- ✓ 海女の素潜り： 安静時の脾臓サイズは健常人と同等  
潜水時のサイズは20%減少  
Hbは10%↑
- ✓ 東南アジアの海洋民族（Sama-Bajau族）  
遺伝的に脾臓のサイズが50%程大きい  
脾臓サイズが潜水時間と正比例する