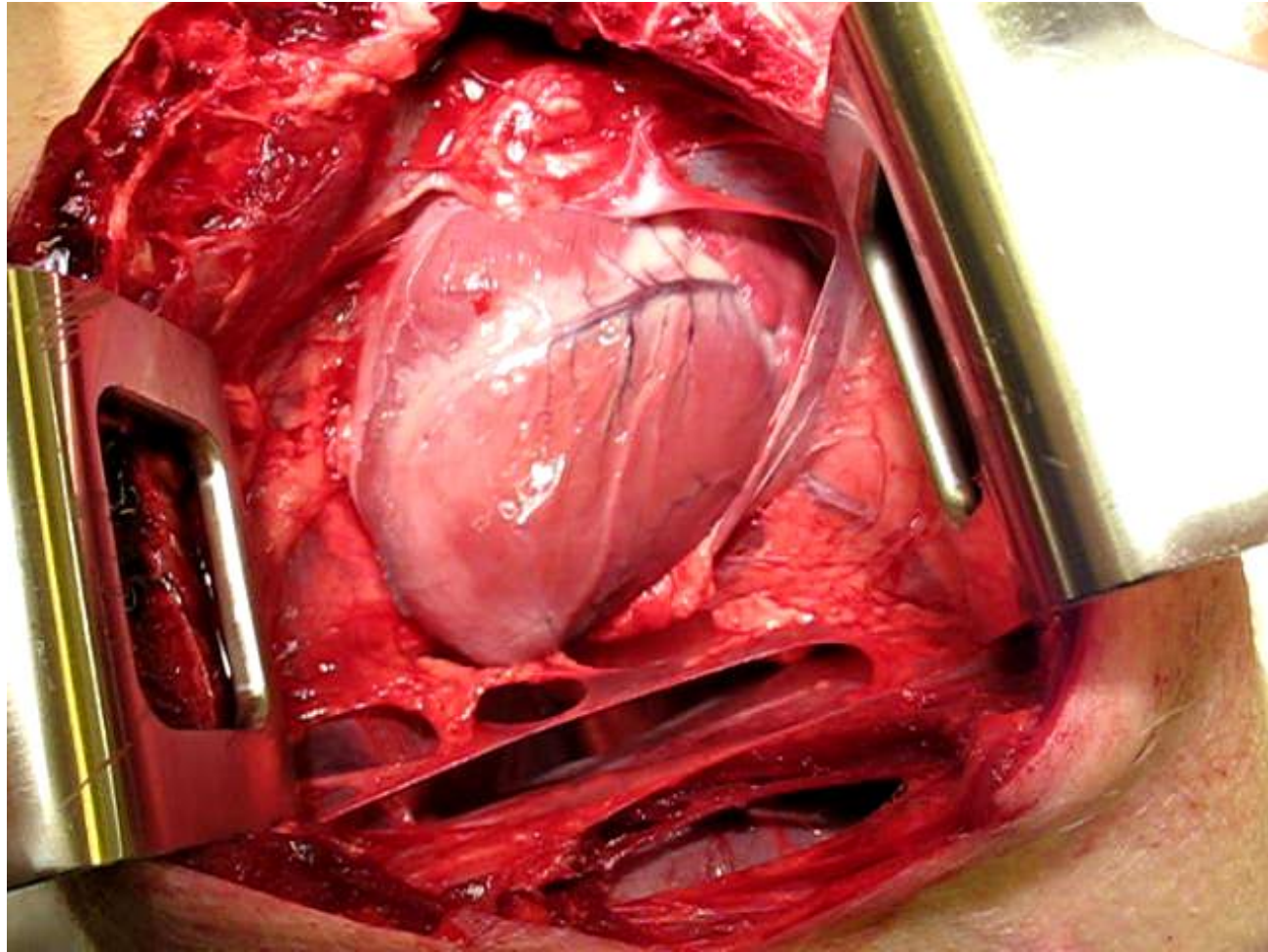




# 心臓刺激伝導系の生理的機能と その機能異常における病態の理解

東京科学大学 循環制御内科学  
笹野 哲郎

# 心臓の動き



# 心臓の働き

心臓とは、血液を全身に送り出すためのポンプである。

- 1回拍出量 約80 ml
- 心拍数 60 /分 (50-100)
- 1分間の拍出量  $80 \times 60 = 4800\text{ml} = \text{約}5\text{リットル}$

人間の血液量は、体重の約8%

60kgの人なら  $60 \times 8\% = 4.8\text{kg} = 4.8\text{リットル}$

# 心臓の収縮力と血圧

血圧を維持しているのは、心臓からの血液の拍出である

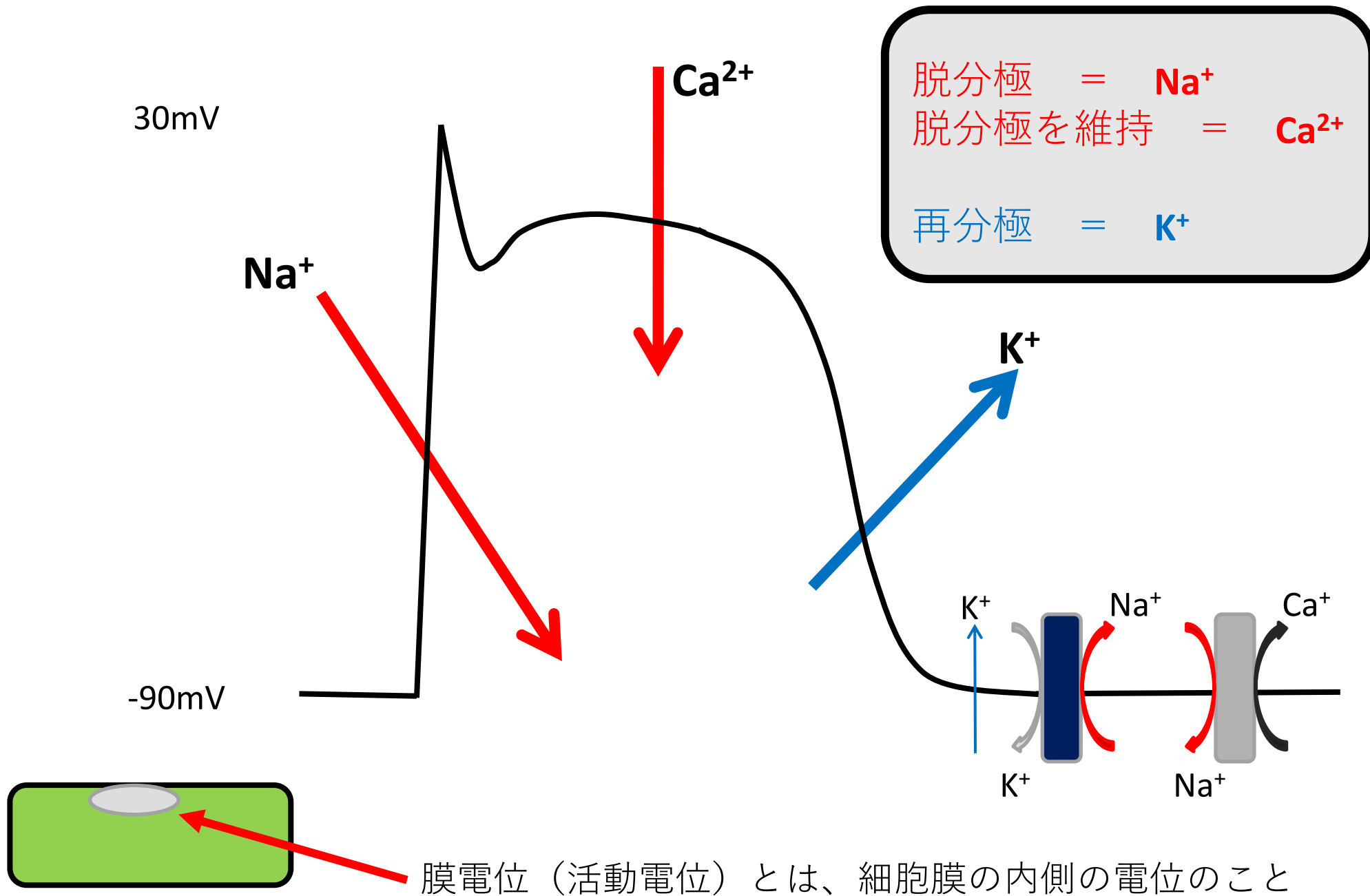
例えば、血圧 140/90 mmHgとはどれくらいの圧力？

水銀の比重 13.6

血液の比重 1.05-1.06

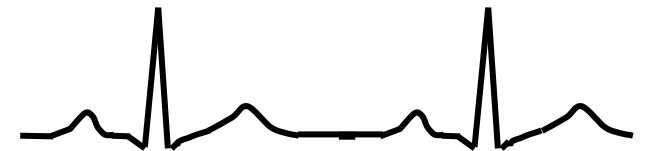
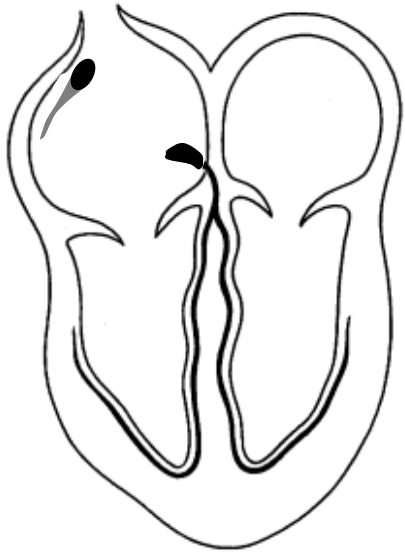
$140 \text{ mmHg} = 1796 \text{ mm血液} = 1.8\text{m}$

# 細胞膜を通過するイオン電流が 心筋細胞の活動電位をつくる



膜電位（活動電位）とは、細胞膜の内側の電位のこと

刺激伝導系って必要？  
ないとダメなの？



# 刺激伝導系と心電図

刺激伝導系と心臓の興奮

洞結節(洞房結節)



心房



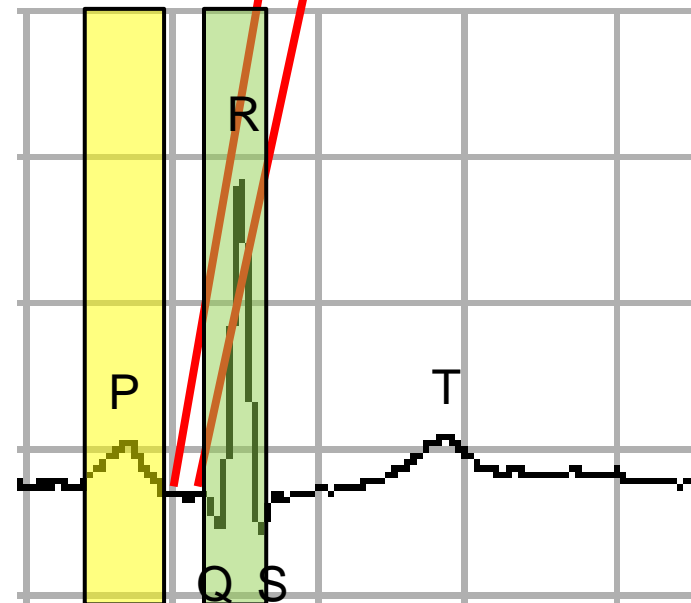
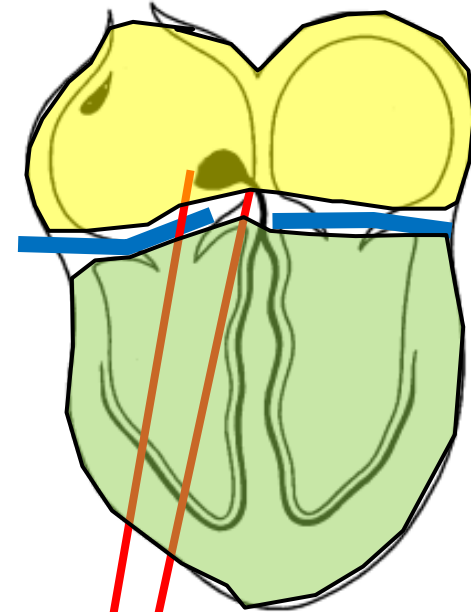
房室結節



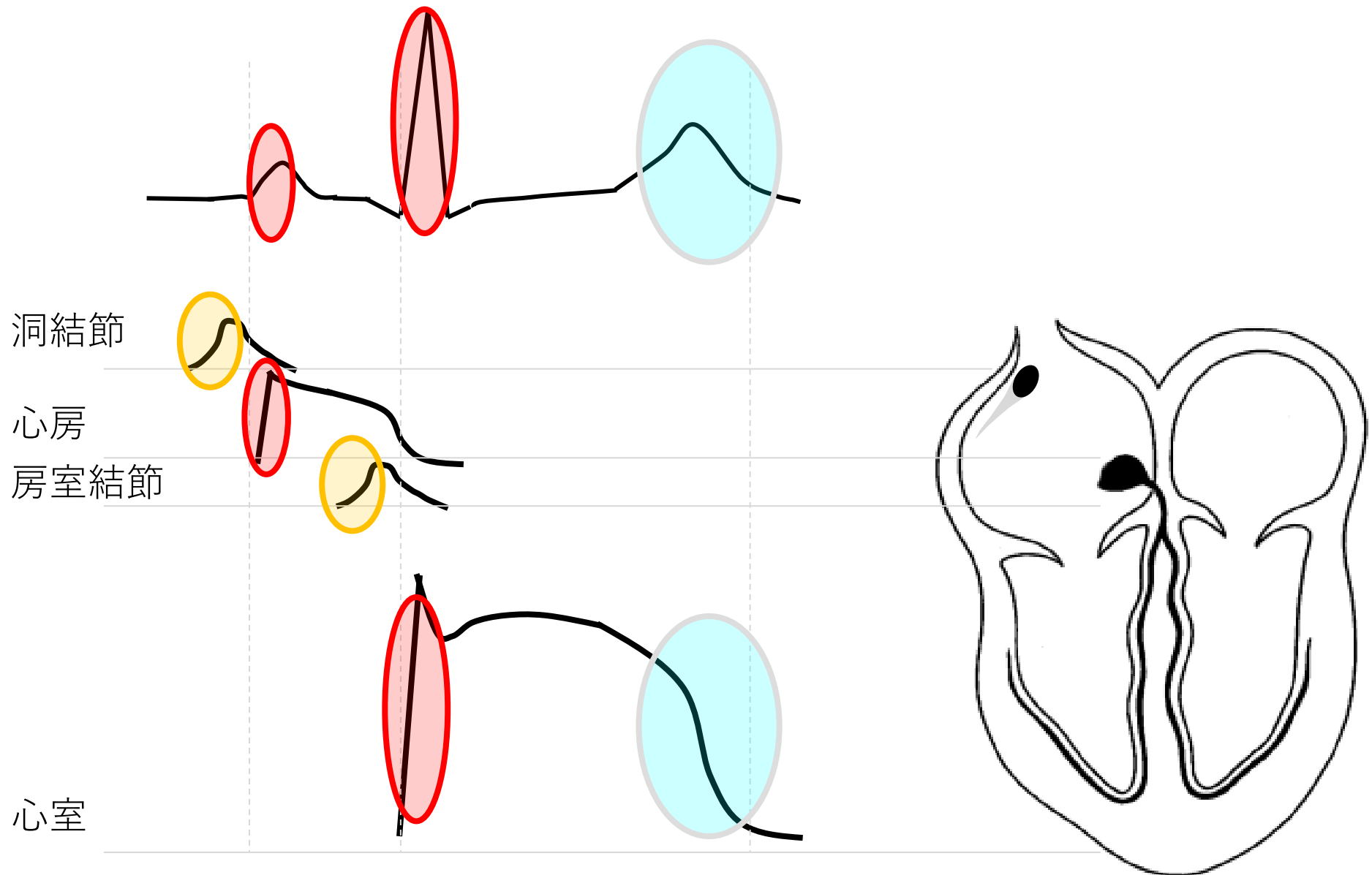
His束→右脚・左脚



心室

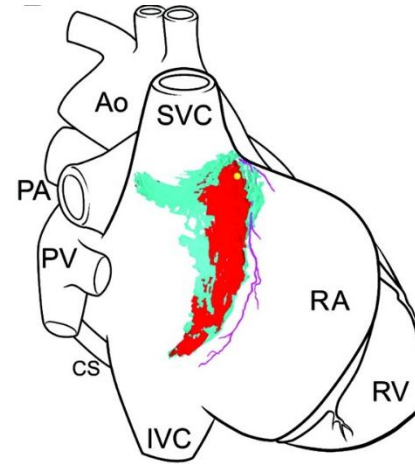
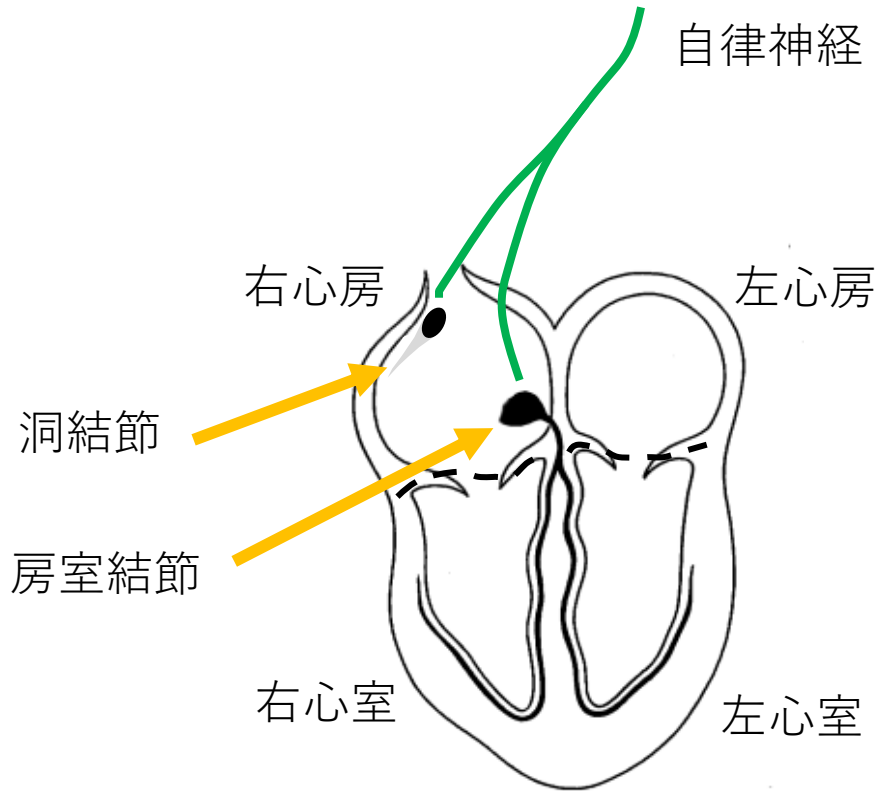


# 活動電位と心電図波形の関係

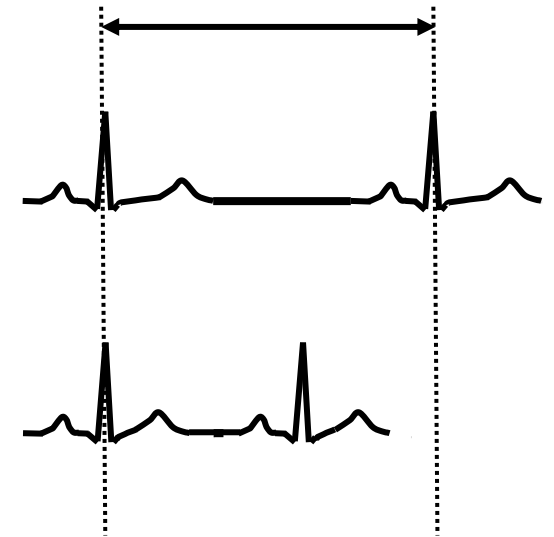




# 洞結節の機能



Dobrzynski H, et al. *Circulation*. 2005;111:846-854.



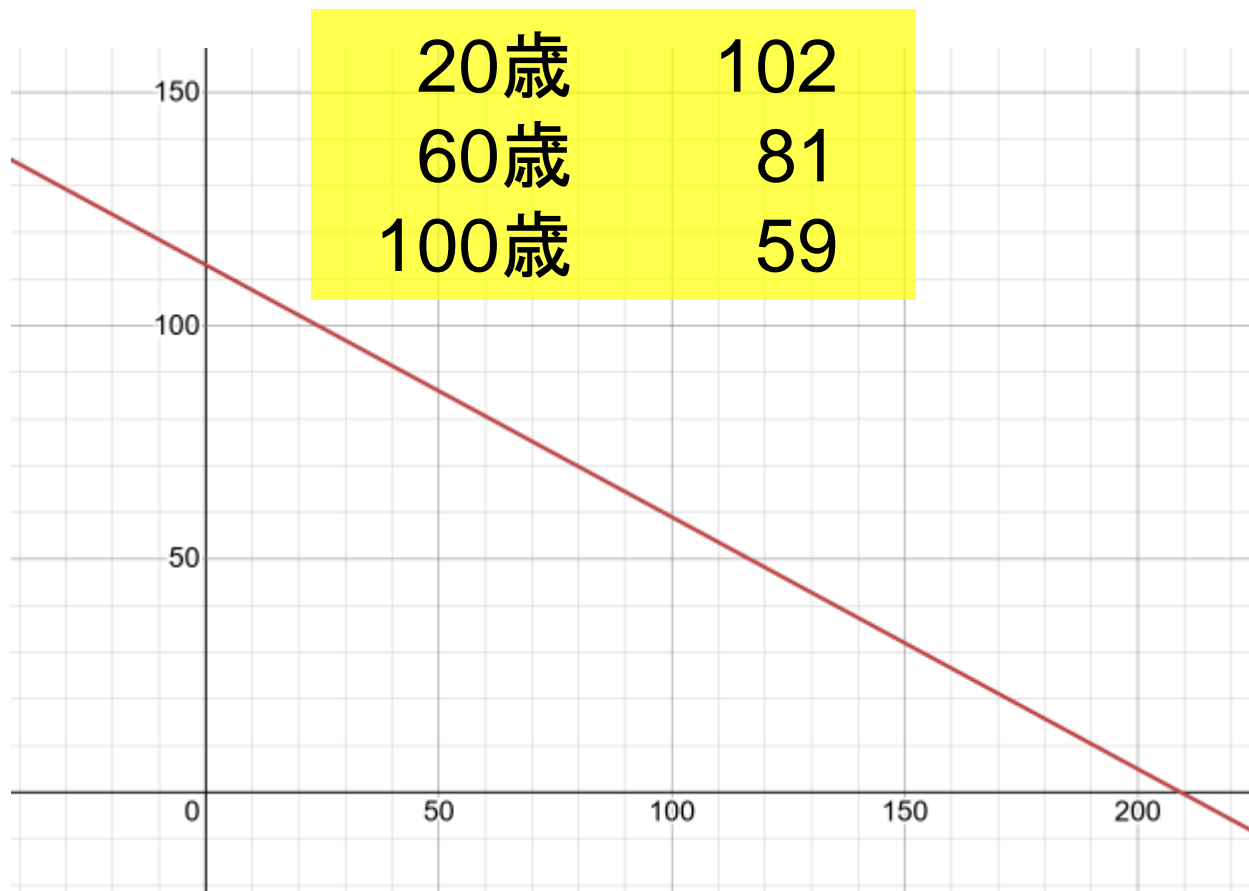
**自動能を持ち、心拍をコントロール**

$$\text{心拍出量(mL/分)} = \text{1回拍出量(mL)} \times \text{心拍数(回/分)}$$

# 加齢と洞結節

固有心拍数 (intrinsic heart rate)

$$\text{IHR} = 113 - (0.54 \times \text{age})$$



# His-Purkinje系と心電図

刺激伝導系と心臓の興奮

洞結節(洞房結節)



心房



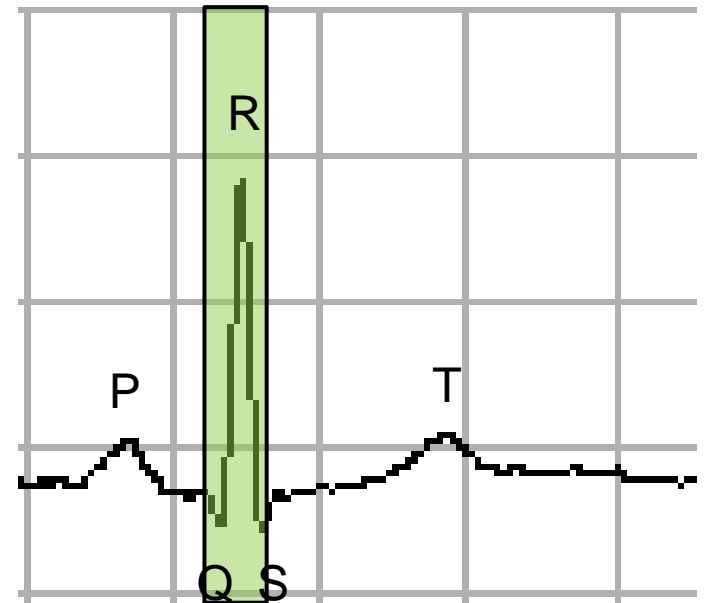
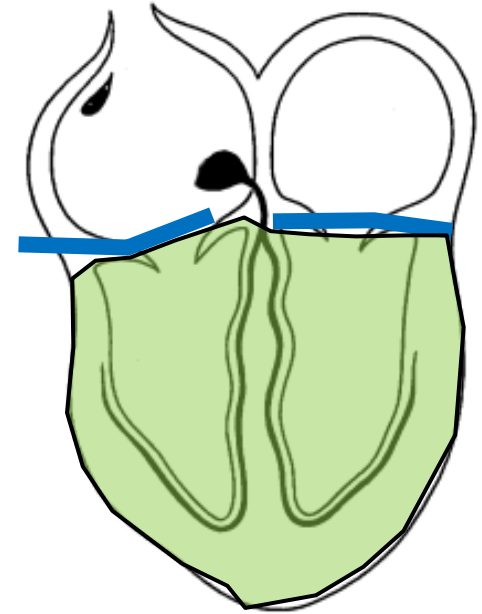
房室結節



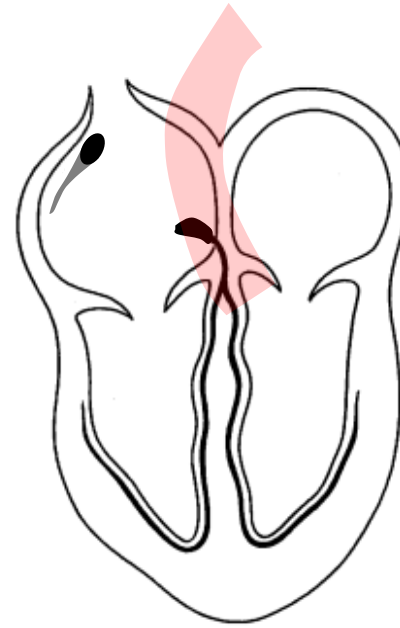
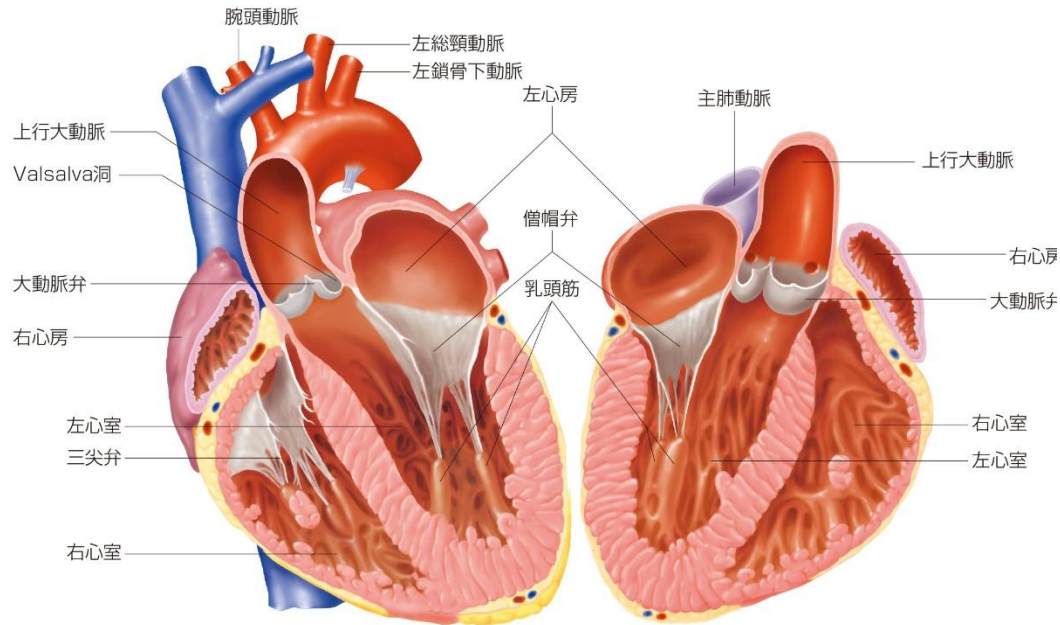
His束→右脚・左脚



心室



# ヒトと動物の心臓



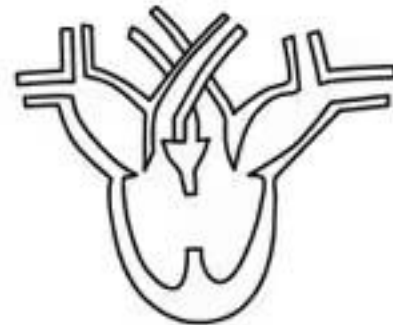
インフォームドコンセントのための  
心臓・血管病アトラス



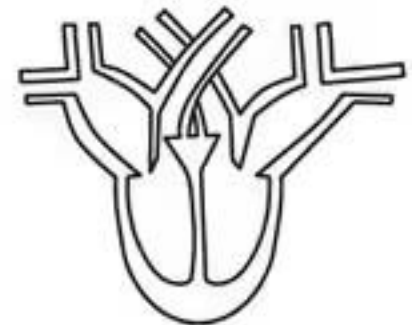
魚類の心臓



両生類の心臓



ハ虫類の心臓

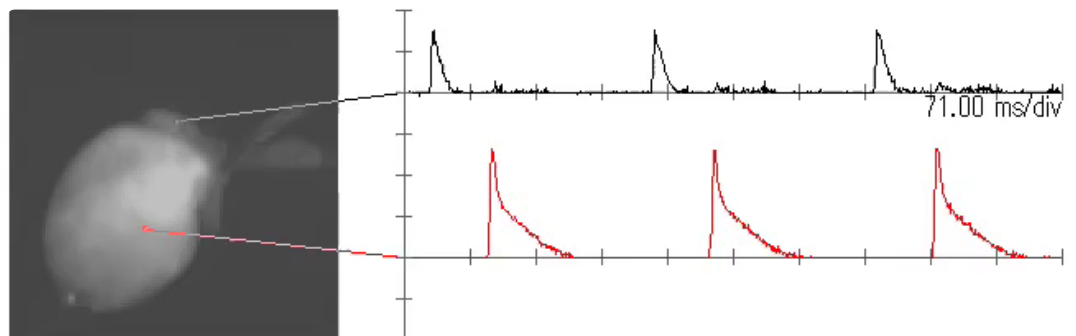


鳥類の心臓

# ヒトと動物の血圧

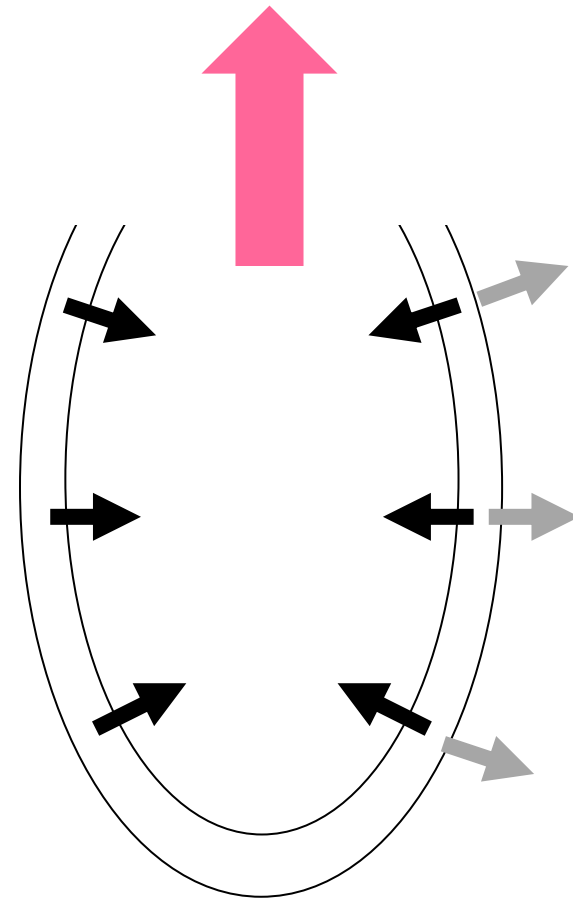
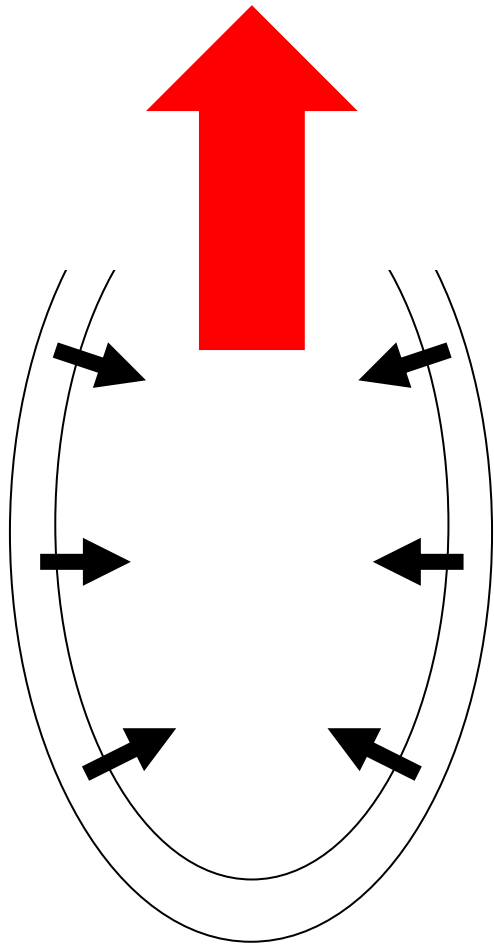
- 七面鳥 200 - 400
- キリン 200 - 260
- ヒト 100 - 140
- マウス 100 - 120
- ニジマス 32 - 40
- カエル 20 - 30
- トカゲ 10 - 14

# 高い血圧(収縮力)を生み出すには



# 有効な心拍出を生み出すには

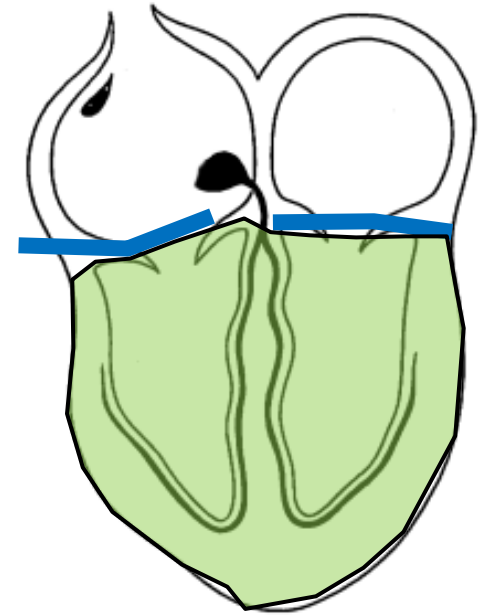
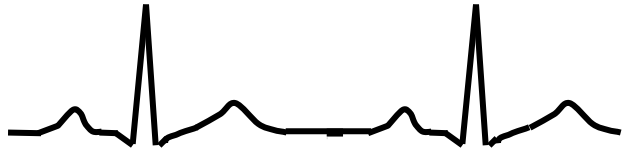




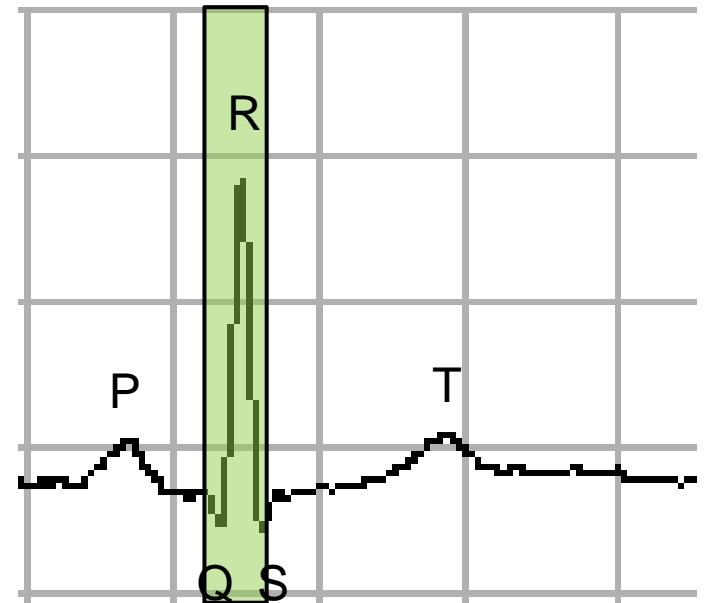
収縮のタイミングがずれると力が逃げる



# His-Purkinje系の機能



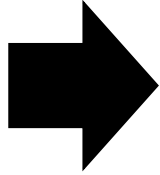
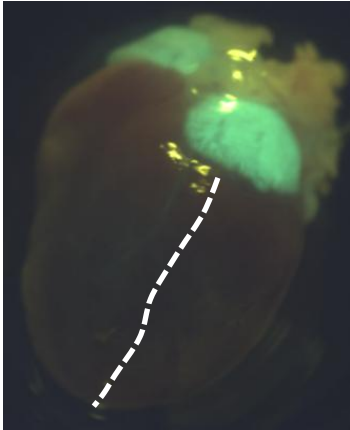
心室が  
心尖部から  
全体が同期して  
興奮するよう、コントロールする



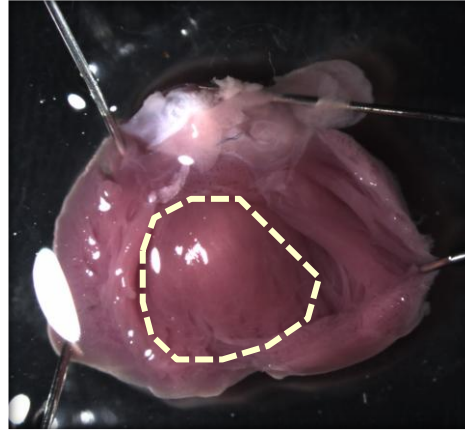


# 実体顕微鏡でPurkinje刺激伝導系をみる

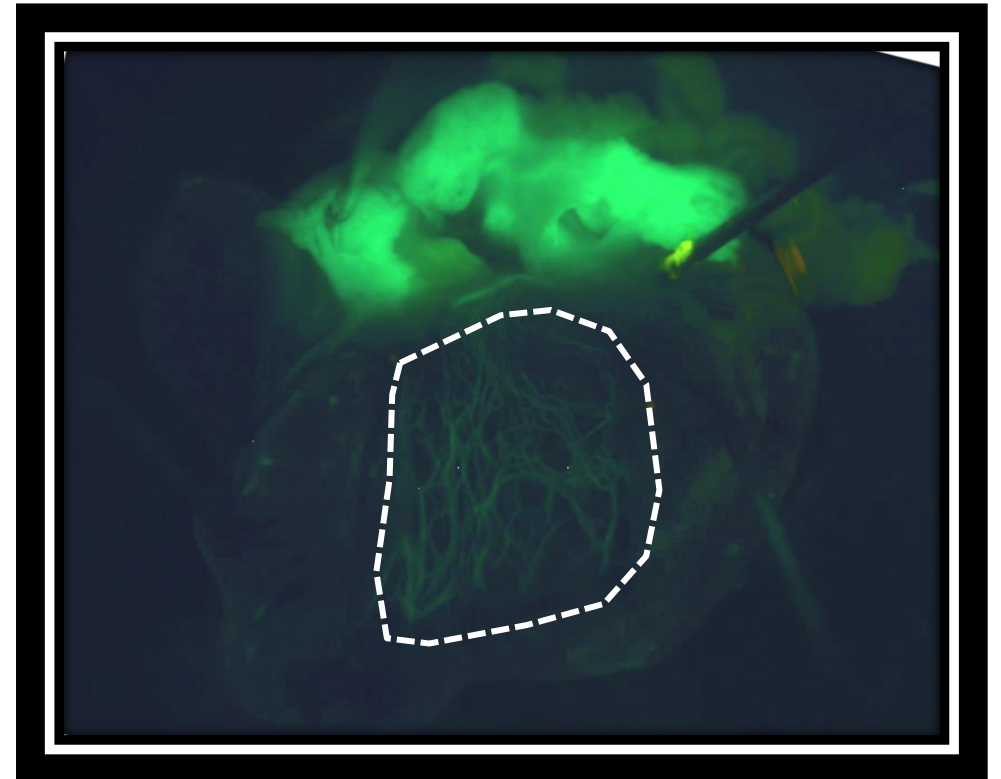
Cx40-GFP<sup>+/-</sup>



LV endocardium

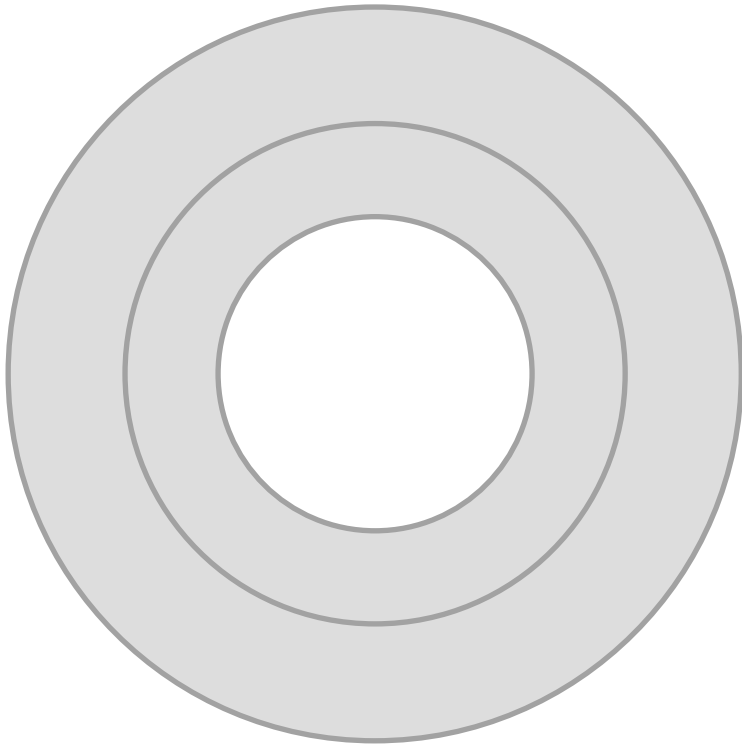


CX40  
心房とHis-Purkinje系に発現する  
ギャップ結合チャネル



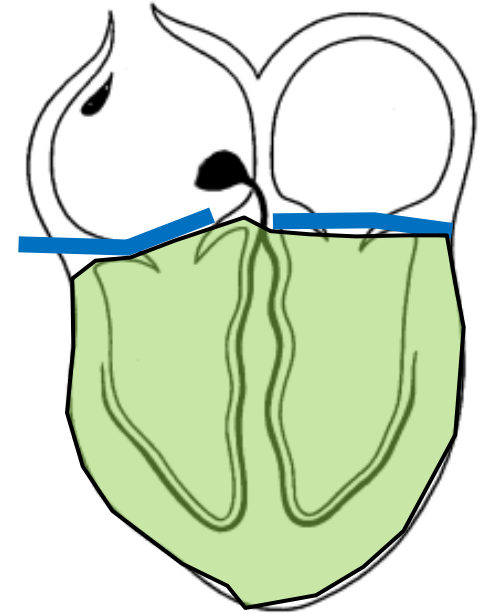
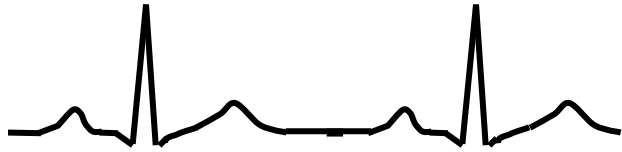
# 心室収縮の大原則

収縮



収縮は心内膜側から

# 心室の興奮と再分極



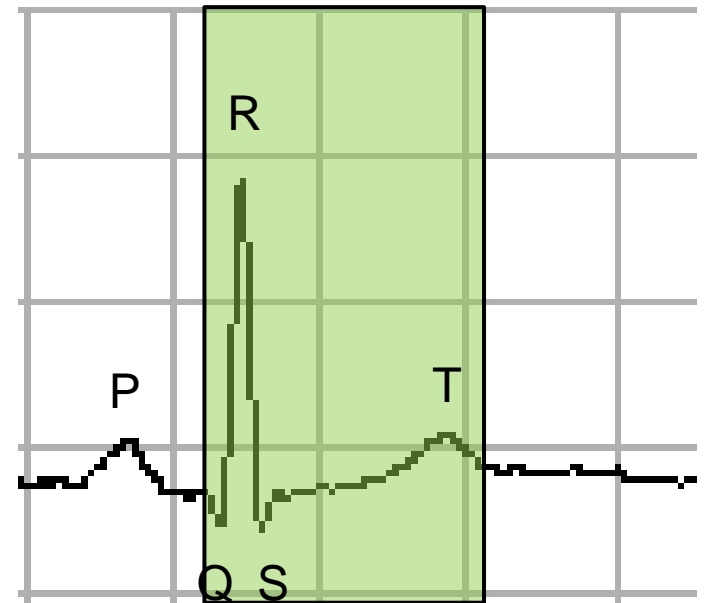
心室が

心尖部から  
心内膜側から  
全体が同期して

興奮するよう、コントロールする

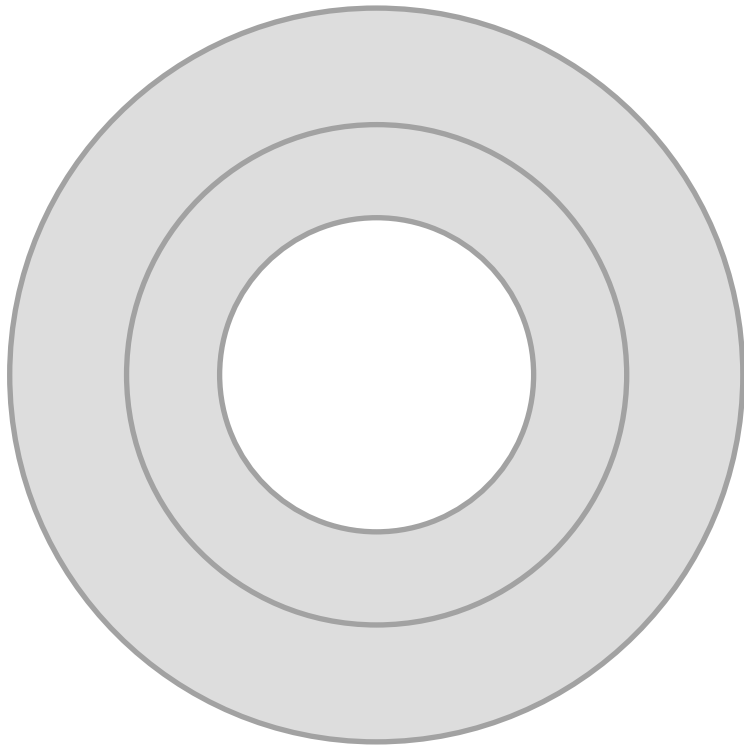
心室興奮: QRS波

心室の再分極: T波

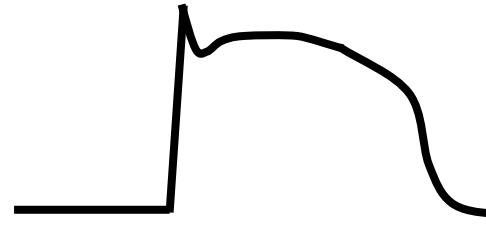


# 心室収縮・拡張の大原則

収縮期



収縮は心内膜側から



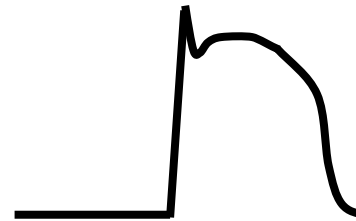
心内膜側

拡張期



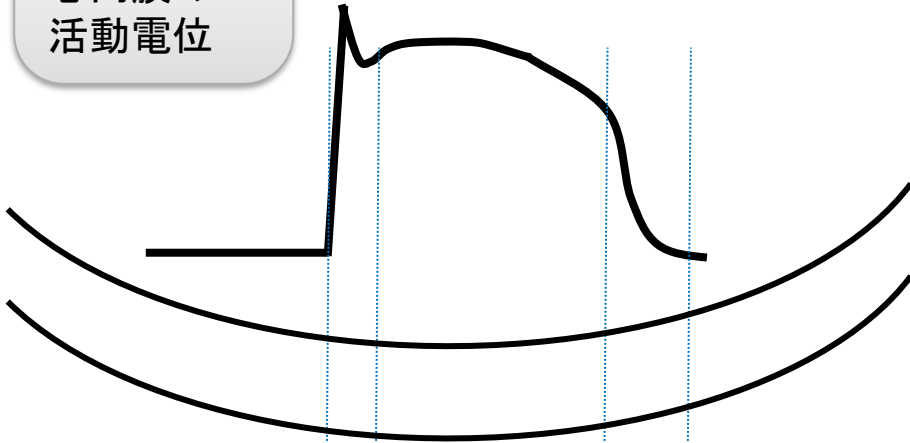
拡張は心外膜側から

心外膜側

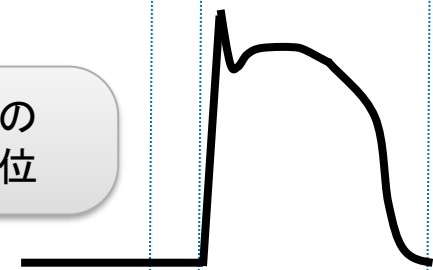


# 心電図の簡単な考え方

心内膜の  
活動電位



心外膜の  
活動電位



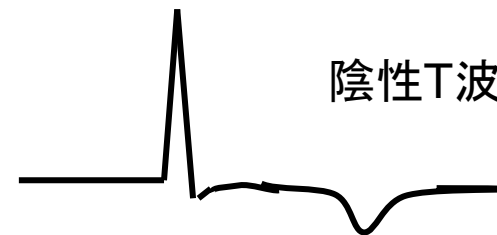
心内膜側の活動電位から  
心外膜側の活動電位を  
引き算すると、  
心電図波形になる。



T波は上向きになる

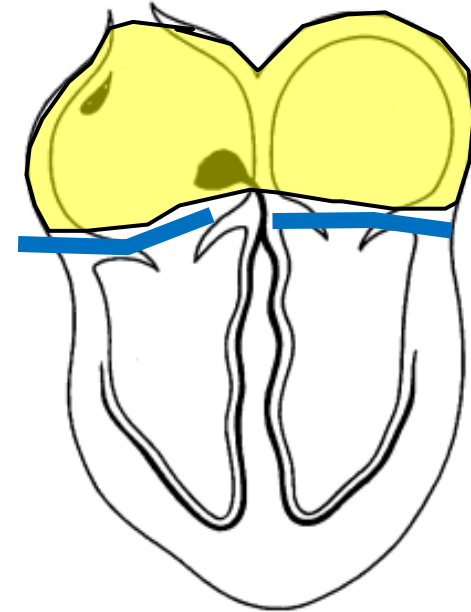
QRS波

T波



陰性T波・・・何かがおかしい

# 刺激伝導系と心電図



刺激伝導系と心臓の興奮

洞結節(洞房結節)



心房(右房→左房)



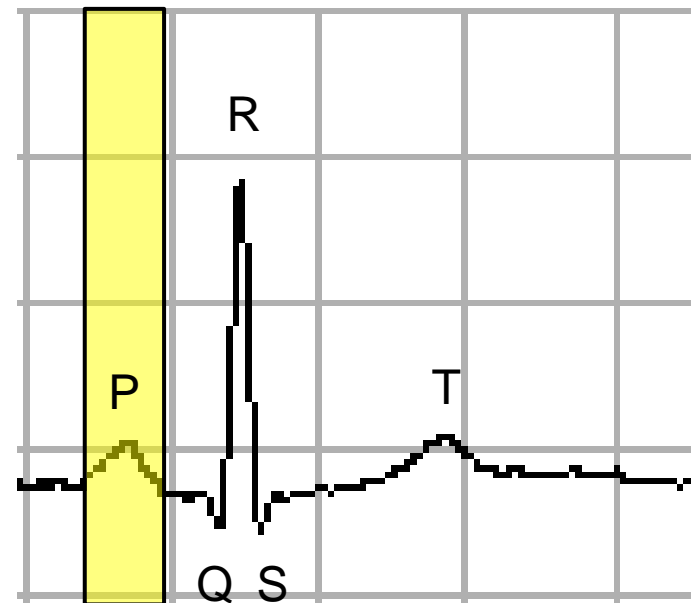
房室結節



His束→右脚・左脚

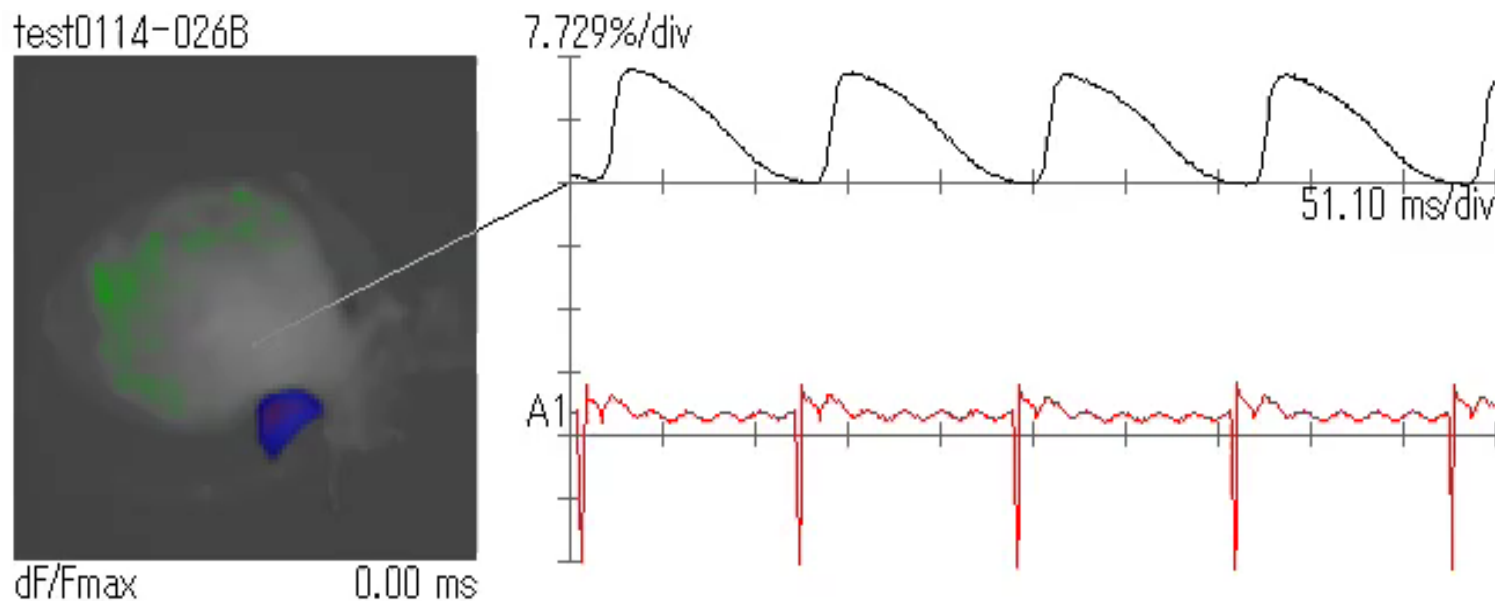


心室





# 心臓は収縮が得意、拡張は苦手



# 心房の機能

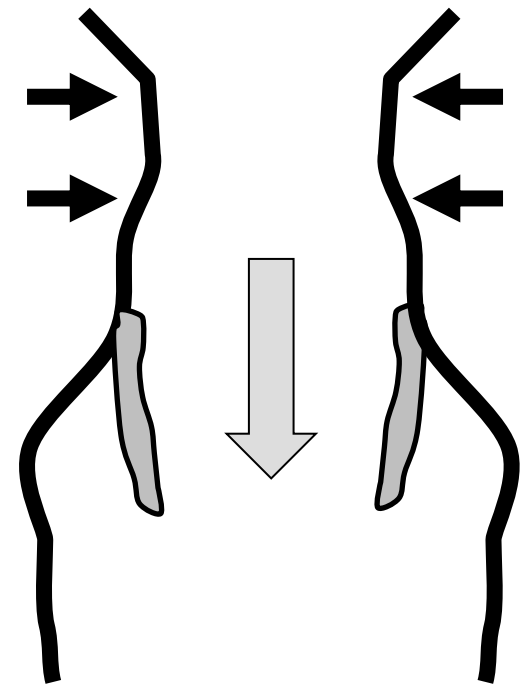
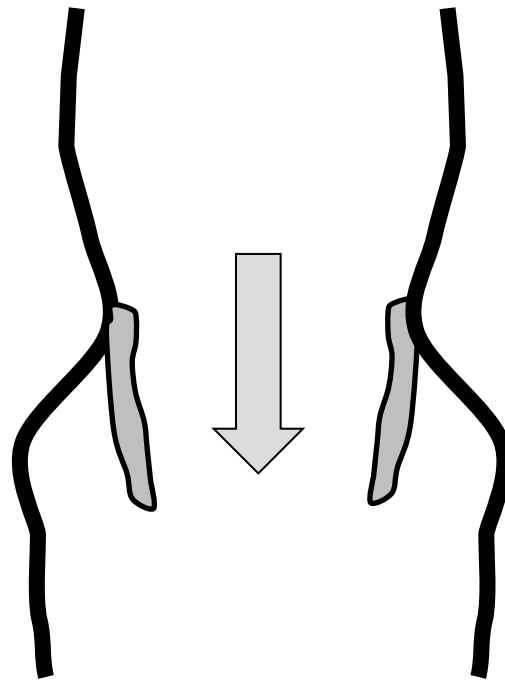
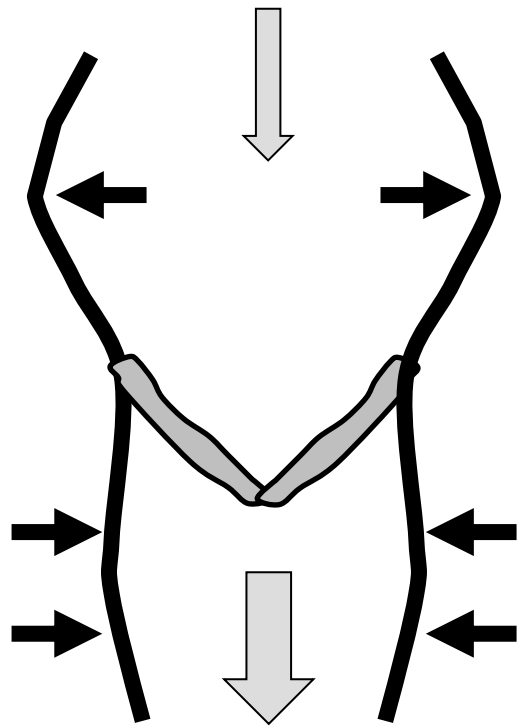
リザーバー機能

導管機能

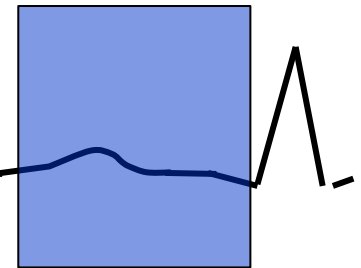
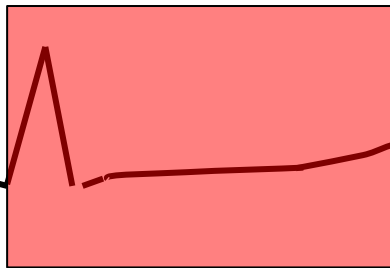
ポンプ機能

心房

心室



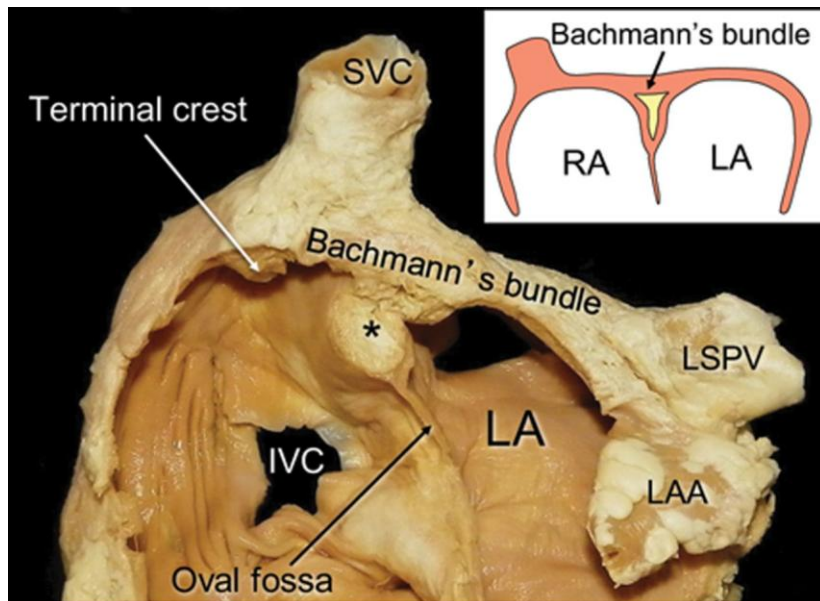
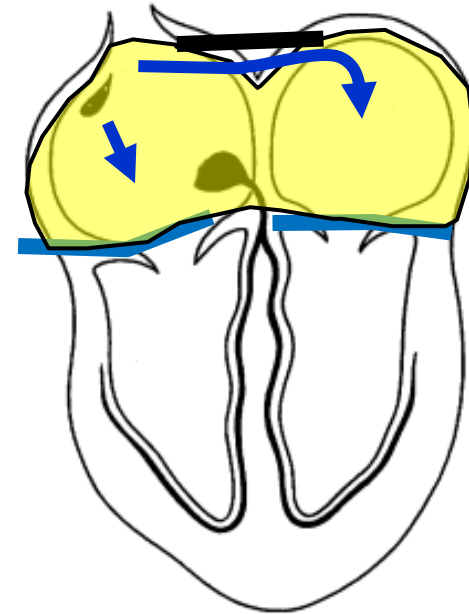
ECG



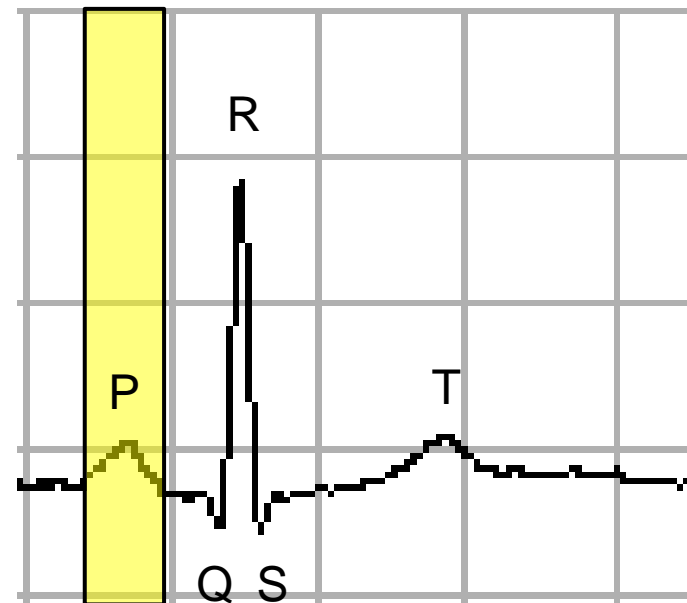
# 心房にはPurkinjeネットワークはない

Bachmann束:

右房上部→左房上部をつなぐ筋束



\* = epicardial fat



# 房室結節と房室弁輪の機能

## 刺激伝導系と心臓の興奮

洞結節(洞房結節)



心房



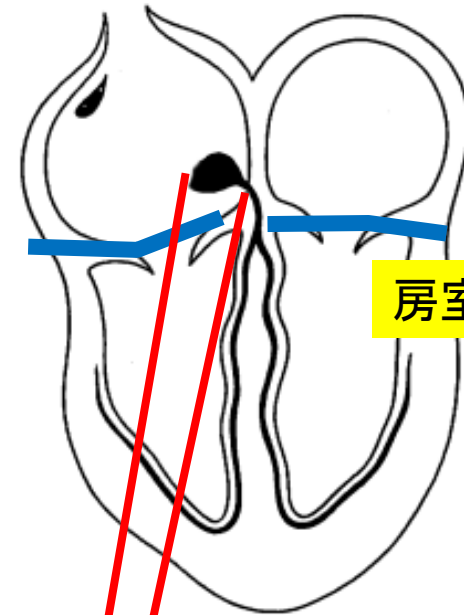
房室結節



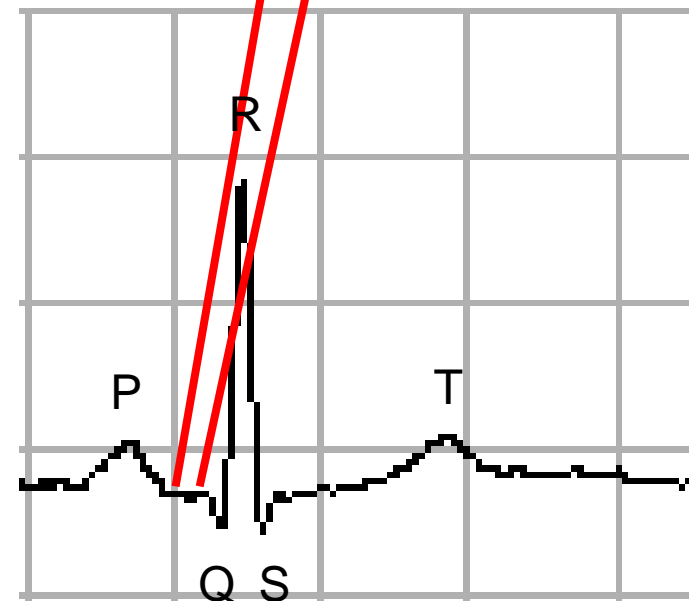
His束→右脚・左脚



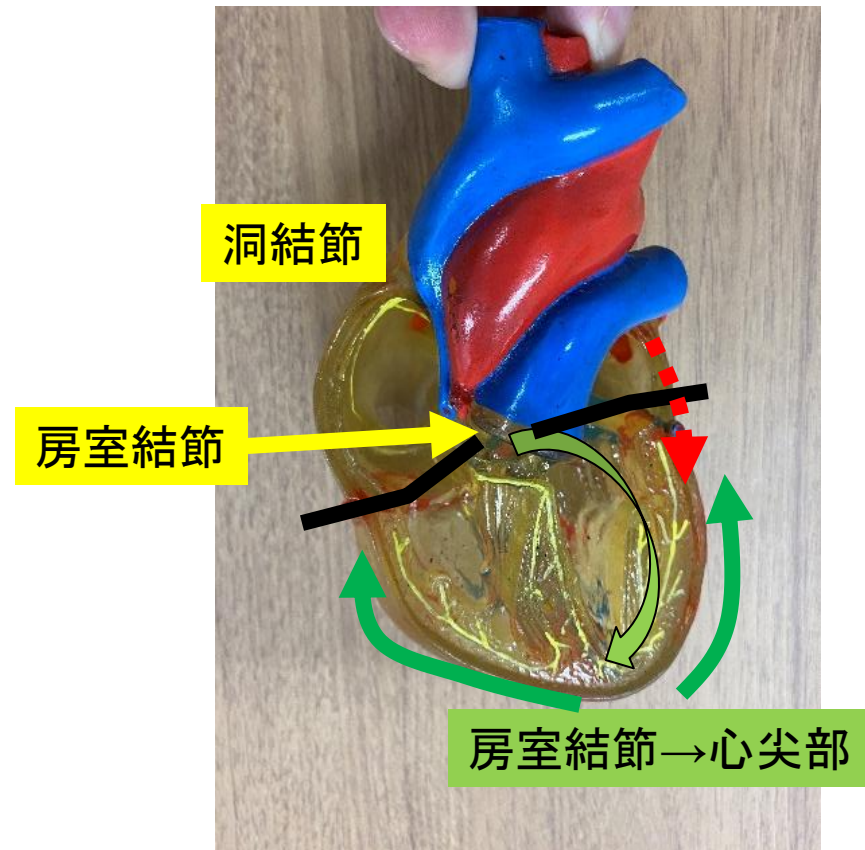
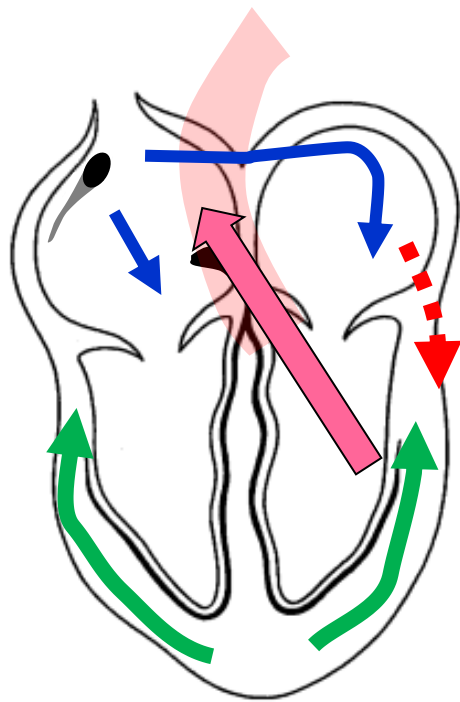
心室



房室弁輪は絶縁体



# なぜ弁輪は絶縁されている？



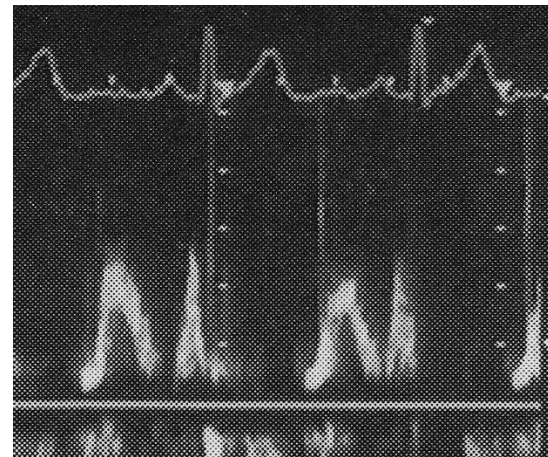
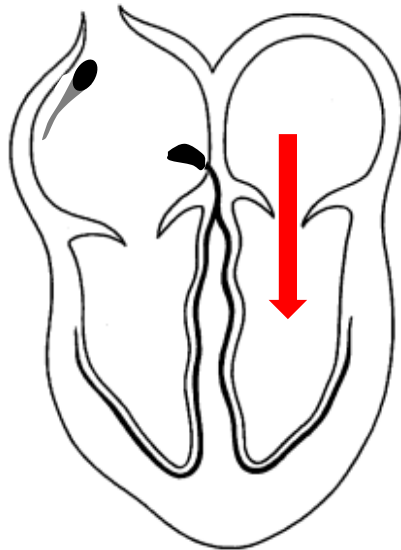
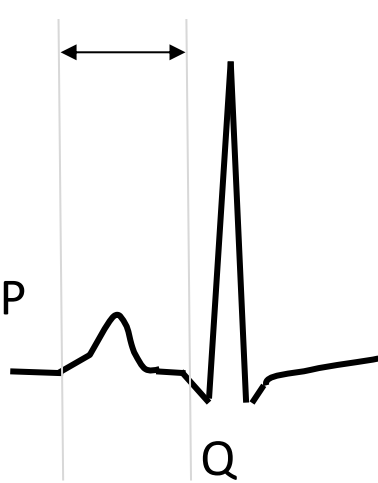
興奮が心尖部→弁輪部に向かうのが望ましい

# 房室結節の伝導速度が遅い理由

## 心臓の各部位の伝導速度

His-Purkinje系	4.0	m/s
固有心筋	0.5-0.8	m/s
房室結節	0.04	m/s

PQ間隔

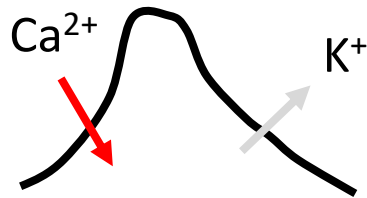


左室流入血流

左心房→左心室の血液移動速度  $\sim 60$  cm/s  
→ 6cm移動するのに0.1秒必要

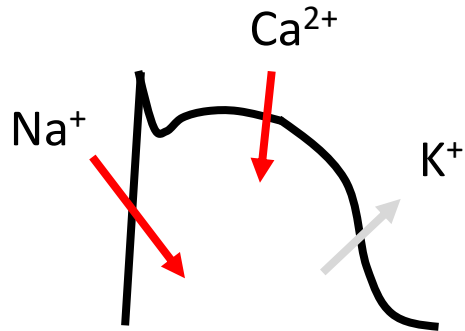
# 洞結節と房室結節では、Caイオンが細胞を脱分極させる

興奮  
(脱分極)  
↕  
再分極

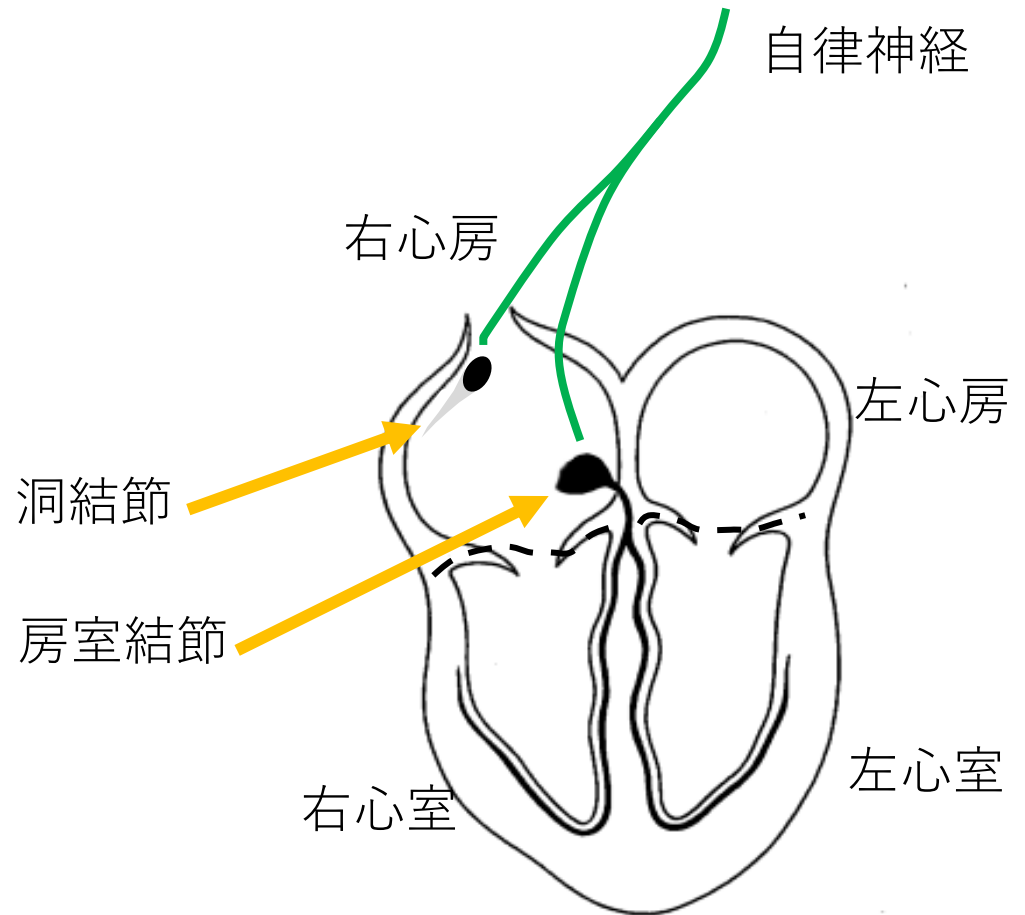


洞結節・房室結節細胞

興奮  
(脱分極)  
↕  
再分極



固有心筋細胞

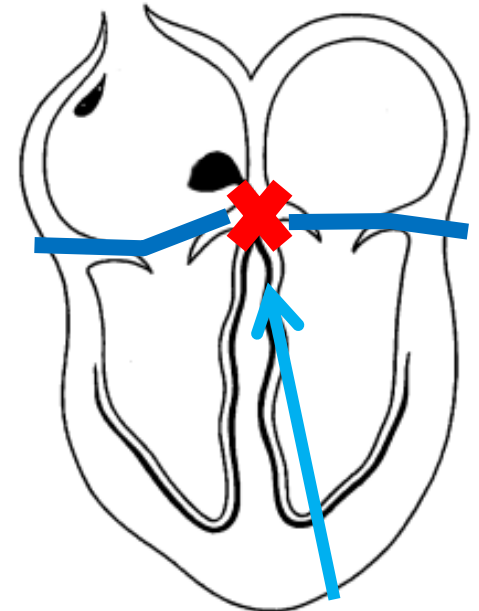
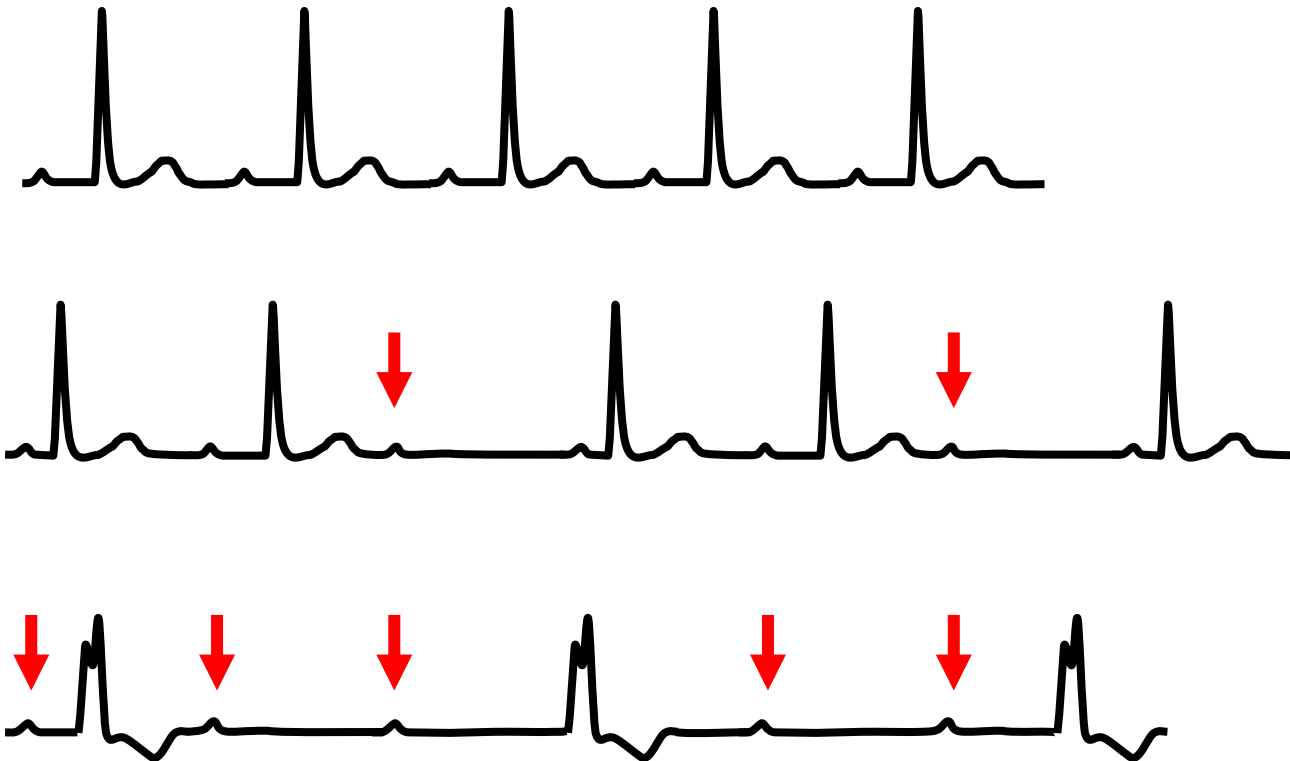


Caチャネルの電流量は小さいため、洞結節と房室結節の興奮はゆっくり

# 房室結節は心臓興奮の最重要ポイント

## 房室結節の伝導障害

→ 房室ブロック



房室伝導障害



# 房室弁輪の電気生理学的異常

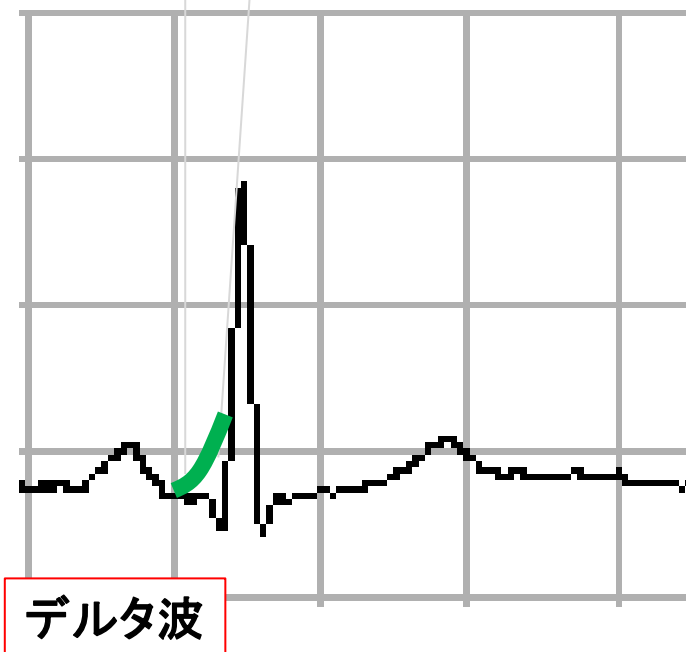
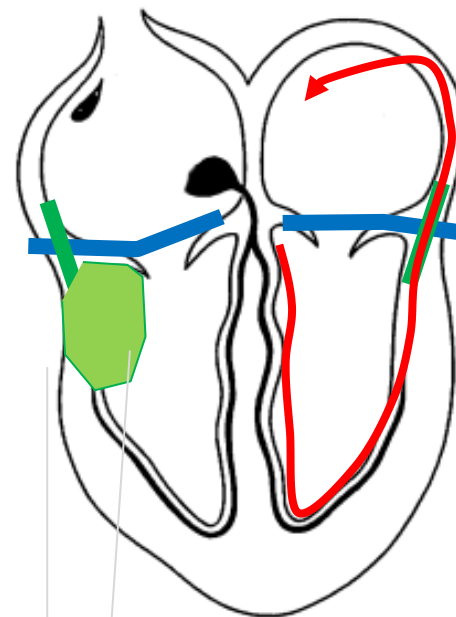
房室弁輪の絶縁とは  
心筋細胞が線維成分に変化すること

弁輪に心筋細胞が残存する

→ WPW症候群

デルタ波

上室頻拍



# 刺激伝導系と心電図

## 刺激伝導系と心臓の興奮

洞結節(洞房結節)



心房



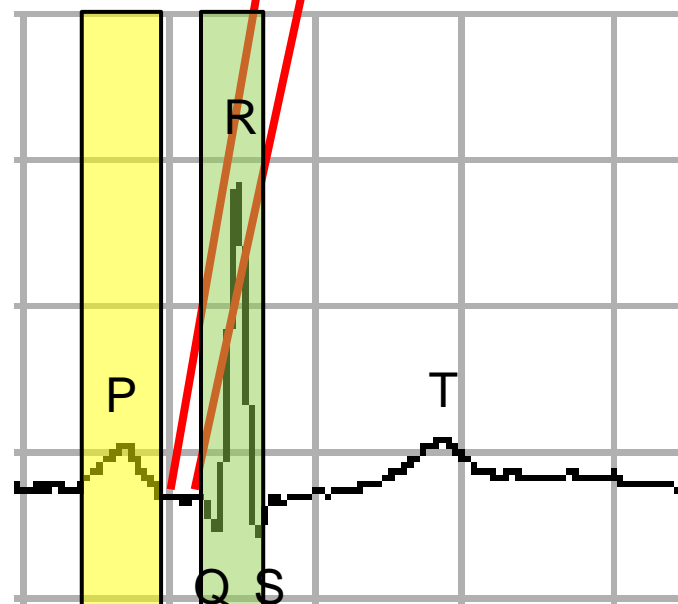
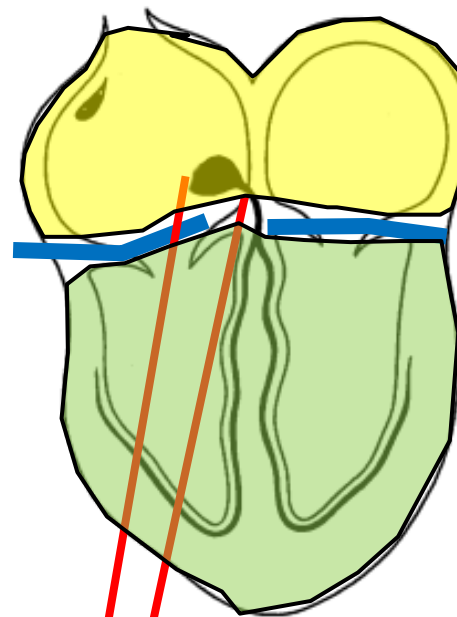
房室結節



His束→右脚・左脚



心室



# ご清聴ありがとうございました



Institute of  
**SCIENCE TOKYO**