

JCVIM 2024/2/23

学び直し!!

心電図

新実 誠矢

 伊勢崎動物医療センター

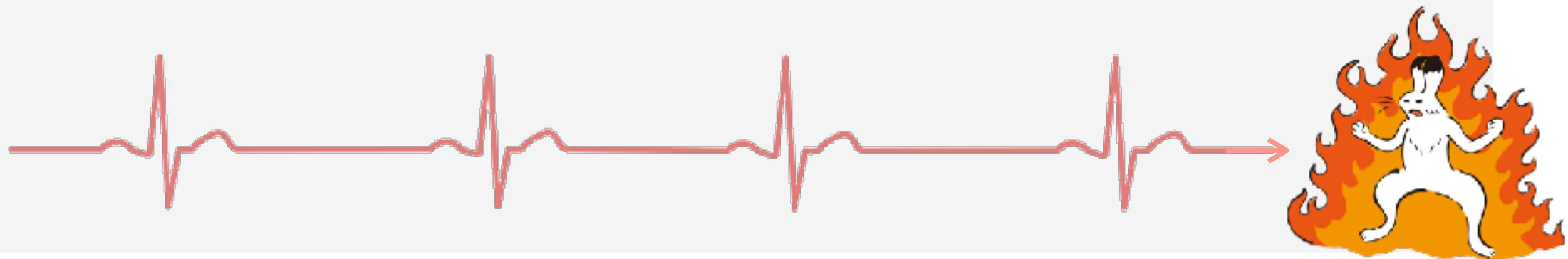
Isesaki Animal Medical Center



「心電図」 × 「学び直し」

臨床医に特に求められるもの・・・ それは読図！

- 1) 読図に必要な4つの心臓のルール
- 2) 心電計の設定
- 3) 読図の流れ

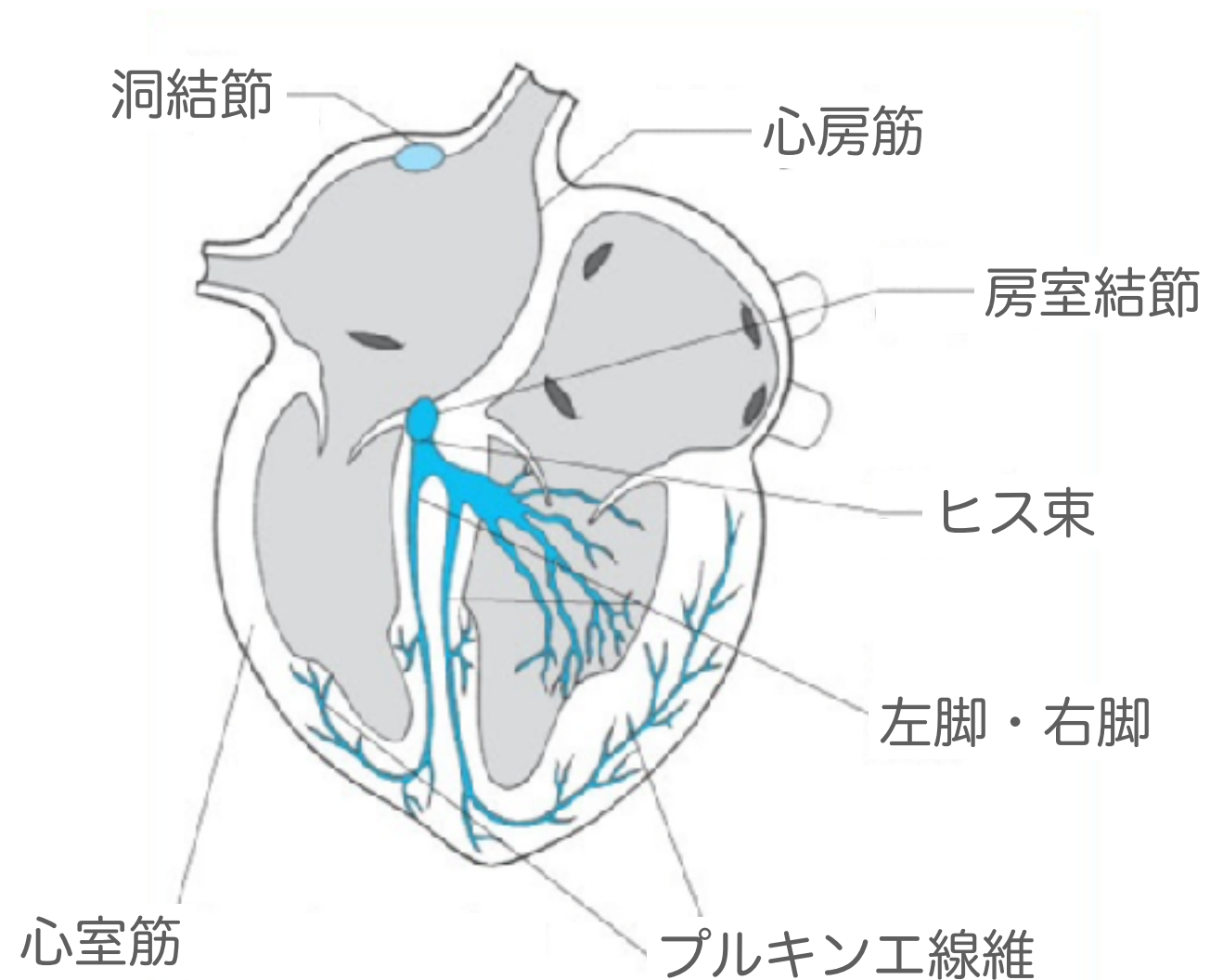
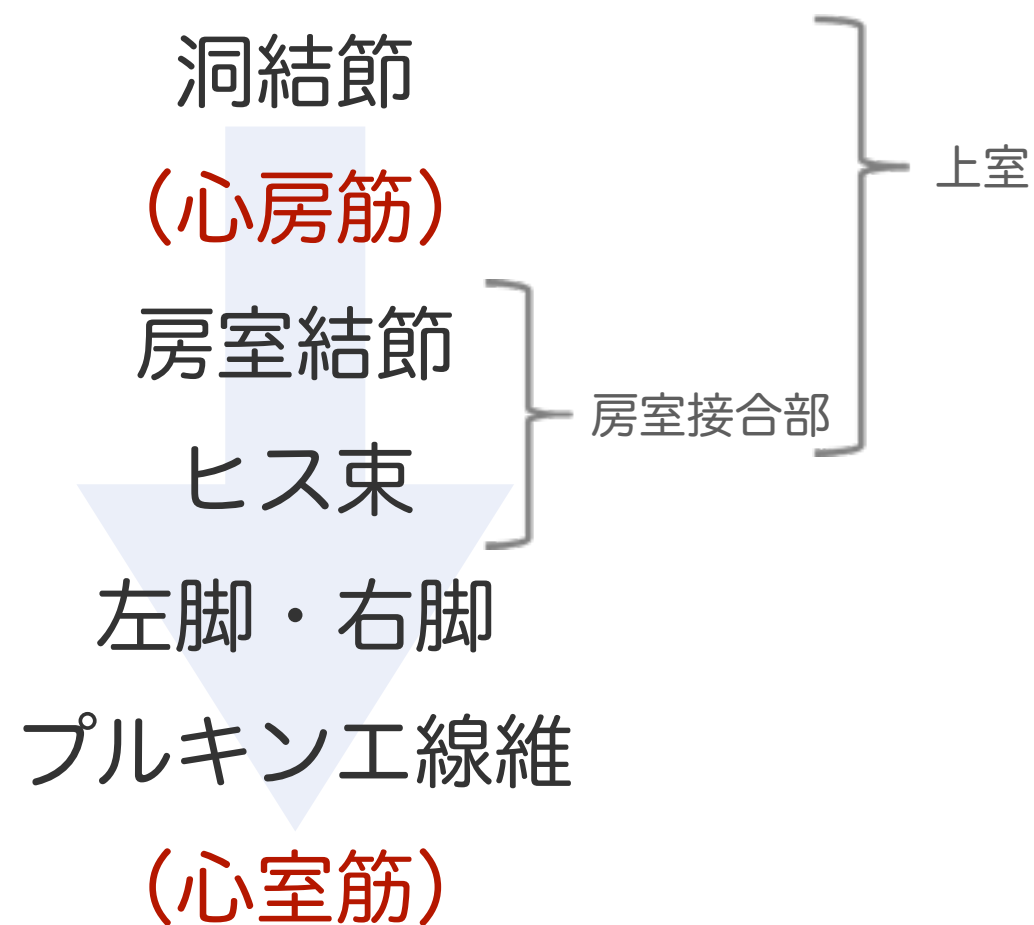


A photograph of two dogs on a leash. On the left is a medium-sized dog with white fur and brown patches around its eyes and ears, sitting and looking towards the camera with its mouth slightly open. On the right is a small Chihuahua with black and tan fur, sitting and looking towards the camera. Both dogs are on leashes, one blue and one red. The background is a bright, overexposed outdoor area.

1) 読図に必要な4つのルール

正常な電気の流れ

= 刺激伝導系



上流から流れてくる電気に反応して, 心房・心室は収縮



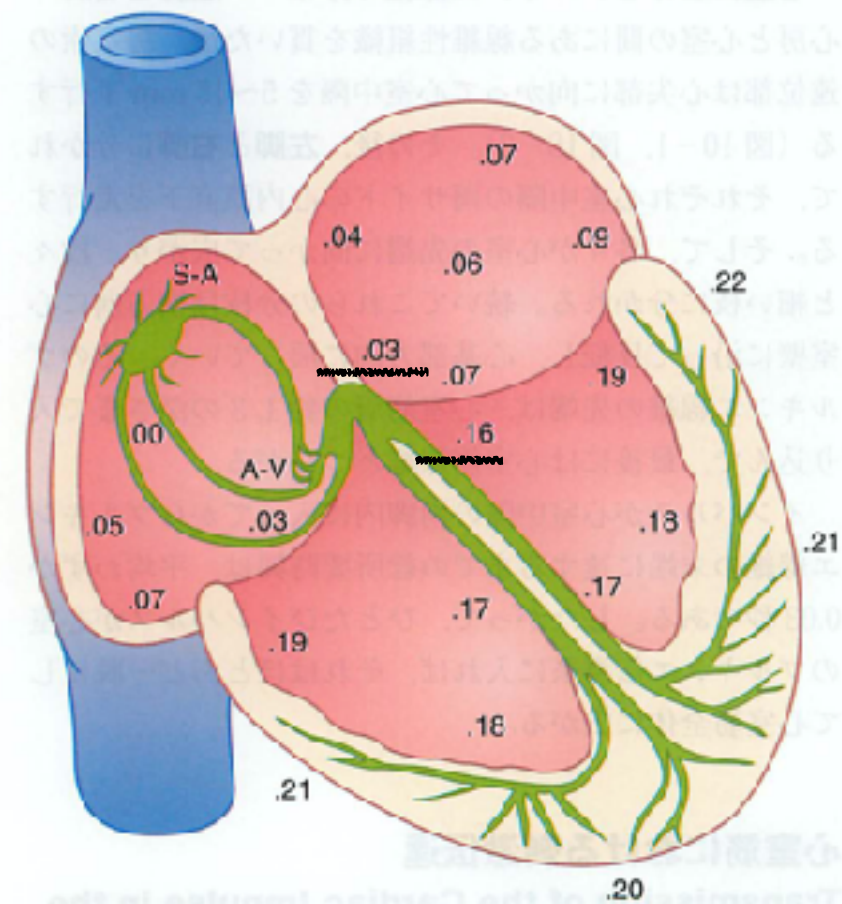
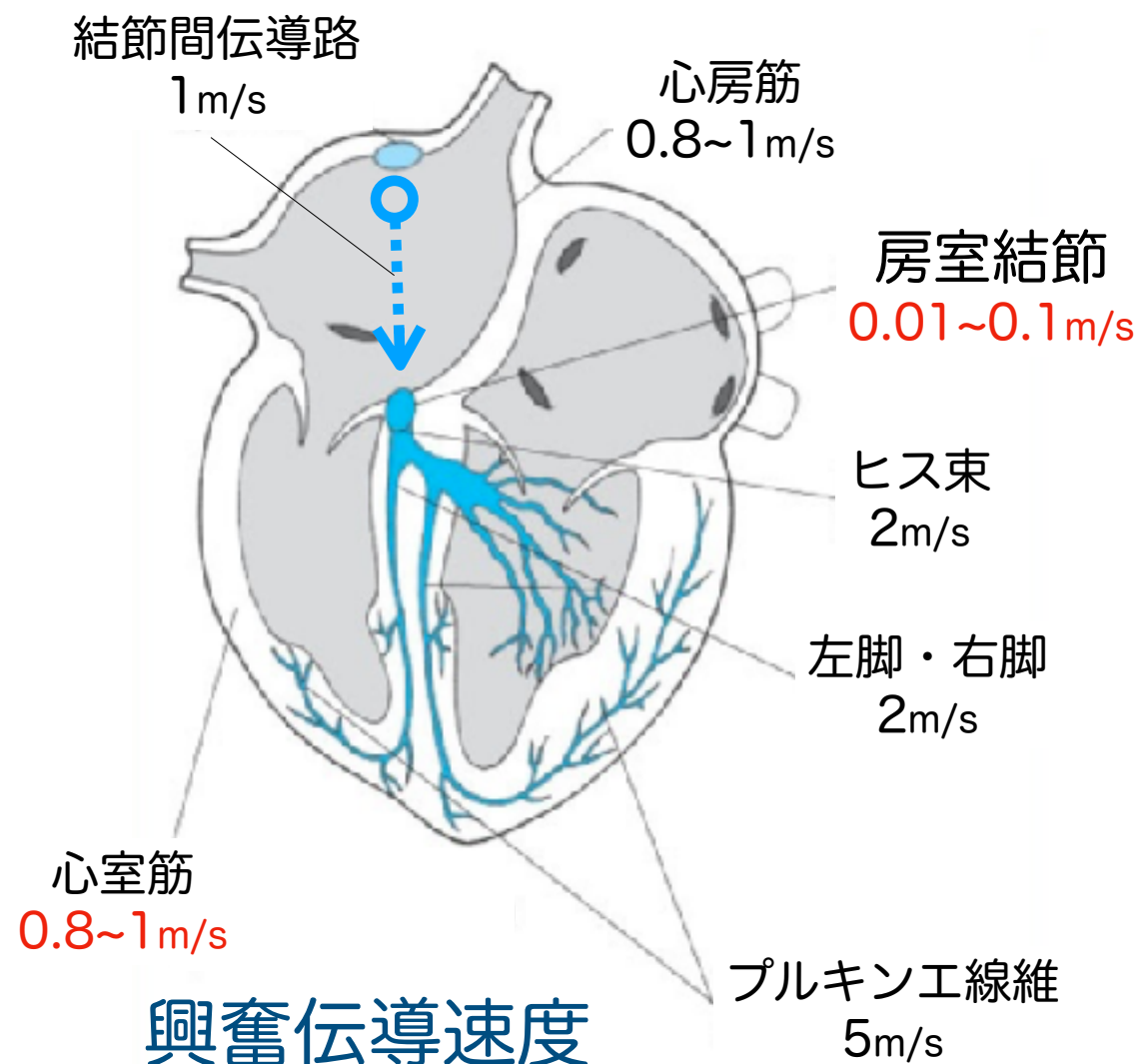
電気が流れる速度



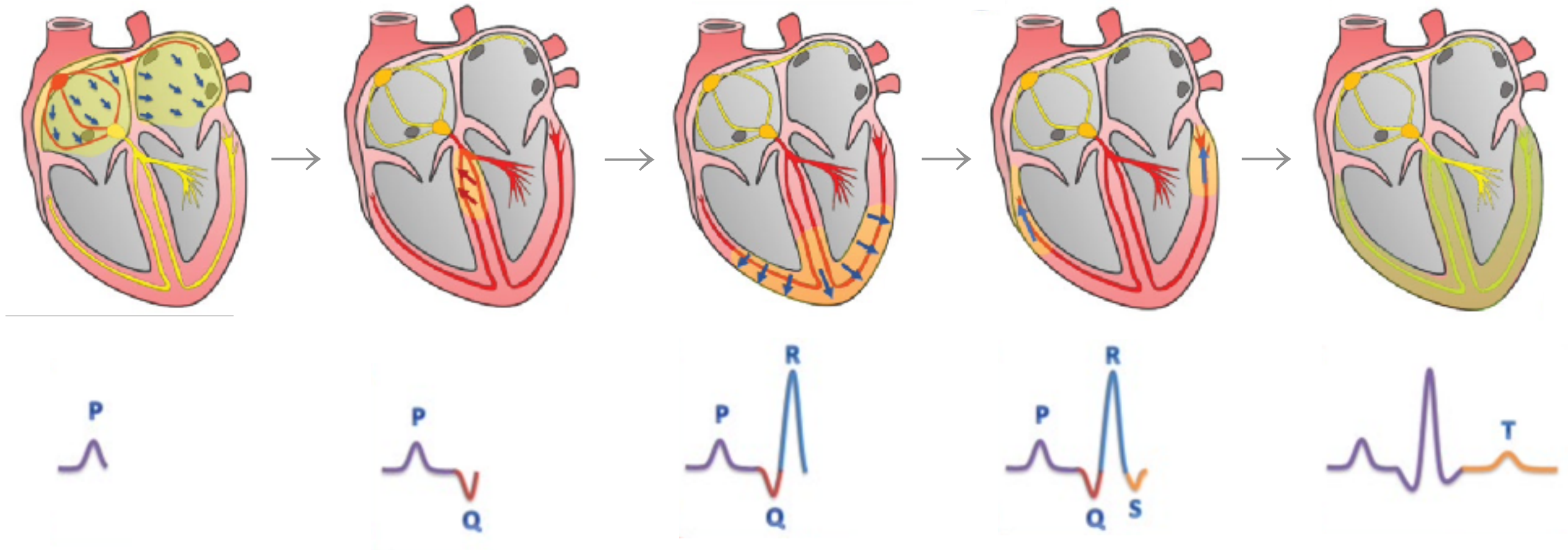
電気が流れる速度は部位によっていろいろ

房室結節＝料金所, 心室筋＝一般道
ヒス束, プルキンエ線維 ＝高速道路

伝導速度 遅
伝導速度 速

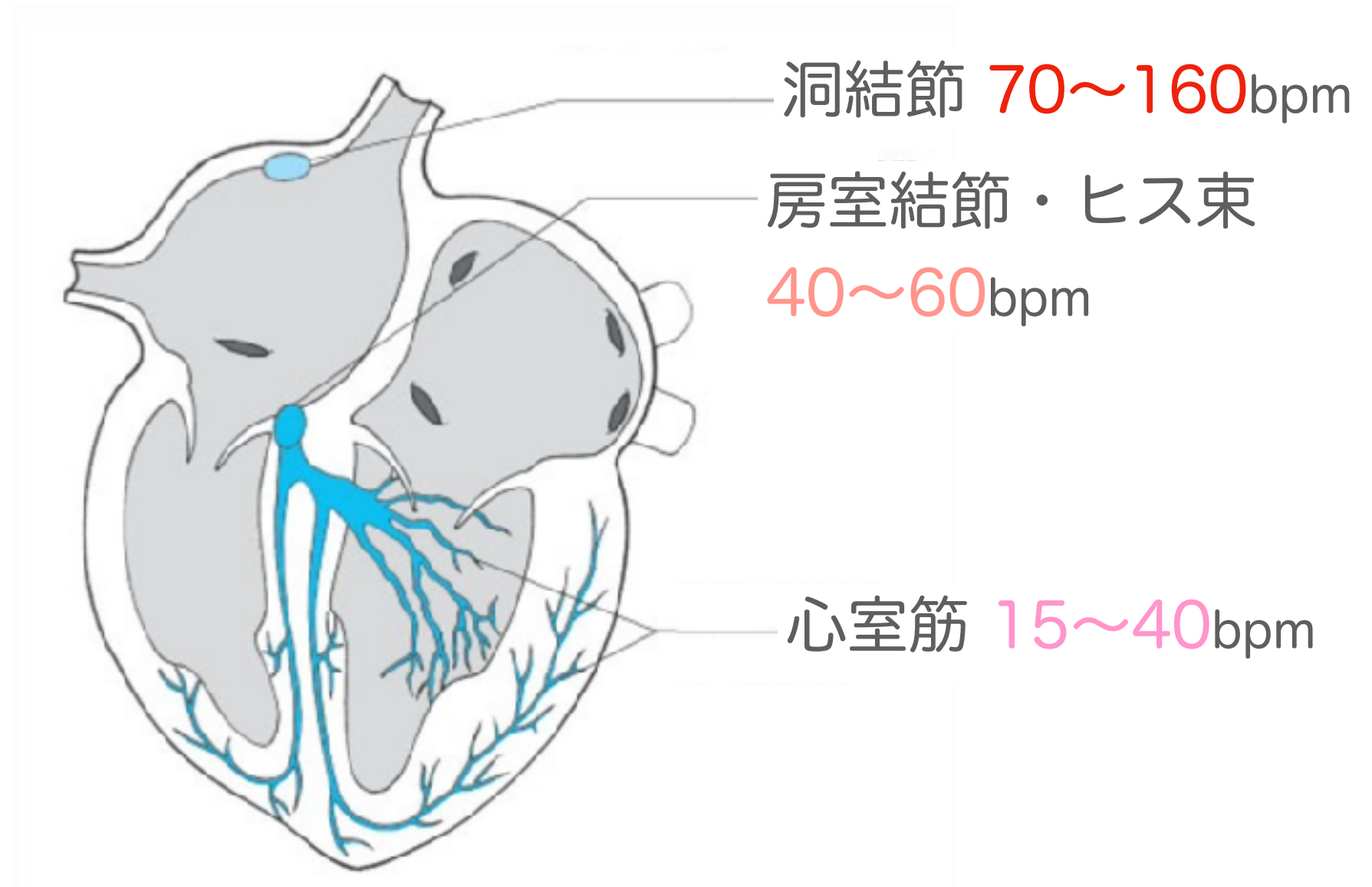


波形の成り立ち



P波	心房筋の興奮 (=脱分極)
QRS群	心室筋の興奮 (=脱分極)
T波	心室筋の回復 (=再分極)

自動能



電気を発生する場所（自動能）は洞結節以外にも存在

※ ただし、普段は上司が動いているため自分から指示は出さない

A photograph of two dogs on a leash. On the left is a large, white and tan dog, possibly a Cavalier King Charles Spaniel, sitting and looking towards the camera with its mouth slightly open. On the right is a small, black and tan dog, possibly a Papillon, sitting and looking towards the camera. Both dogs are on a red leash. The background is a bright, overexposed outdoor setting.

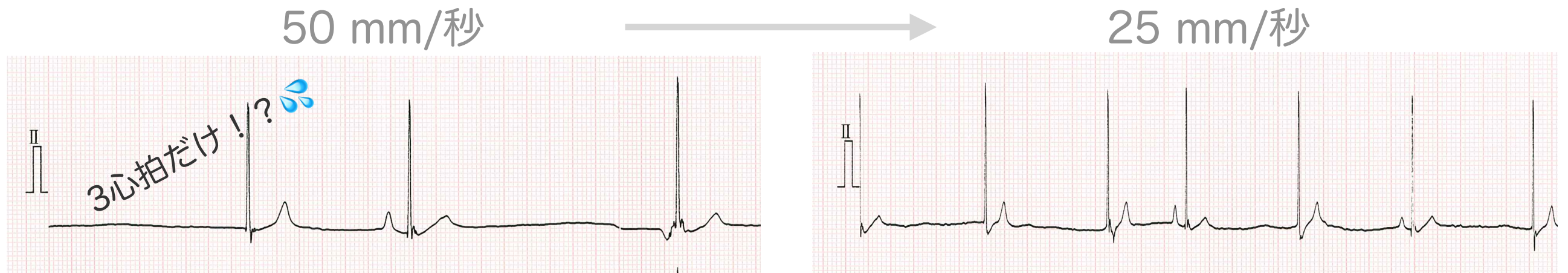
2) 心電計の設定

ペーパースピード

1秒間に出てくる記録紙の長さ

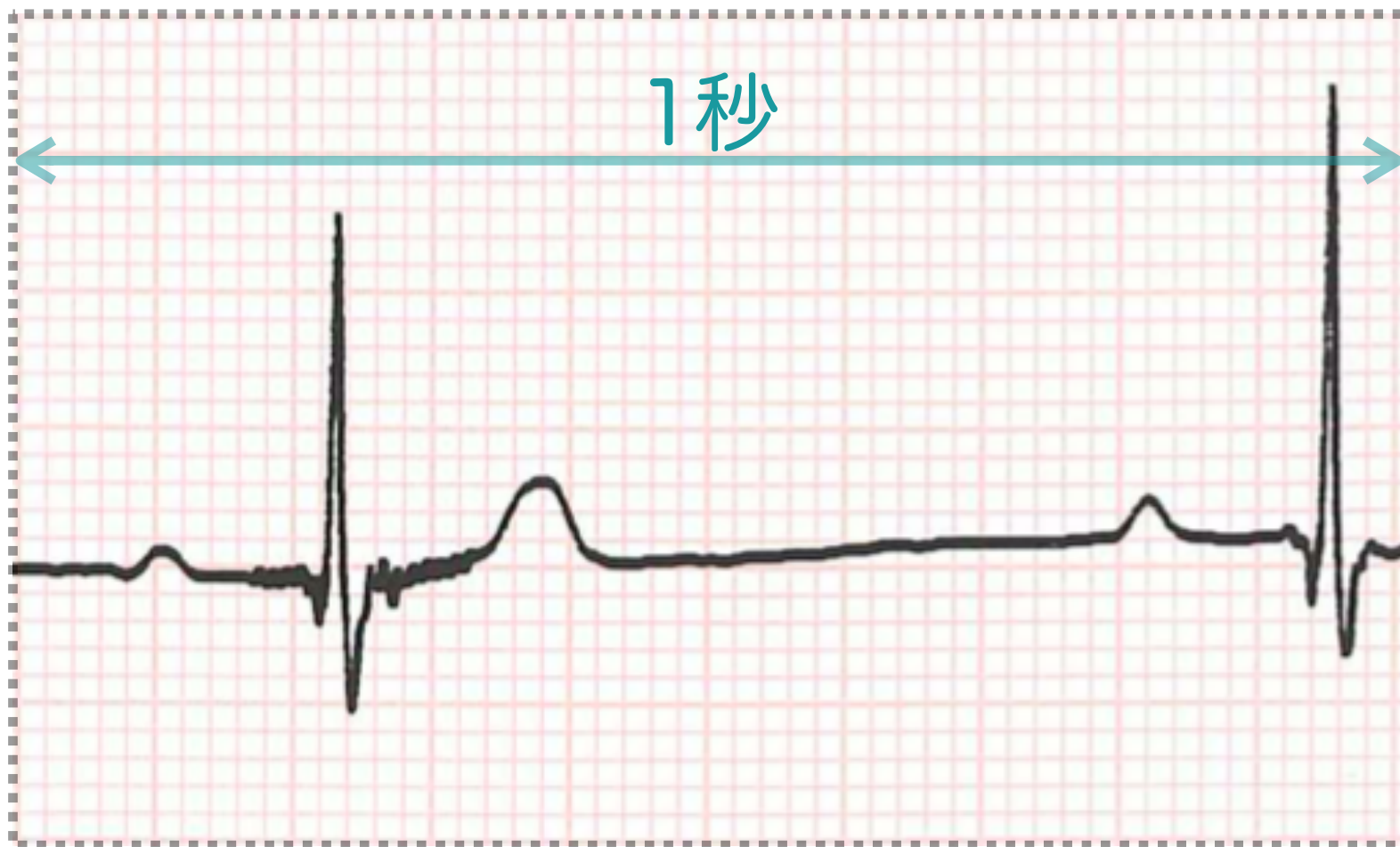
基本設定 『50 mm/秒』

※ 1秒間に50 mmの紙が出てくる



心拍数が遅い症例, 長時間の記録をしたい時

『25 mm/秒』

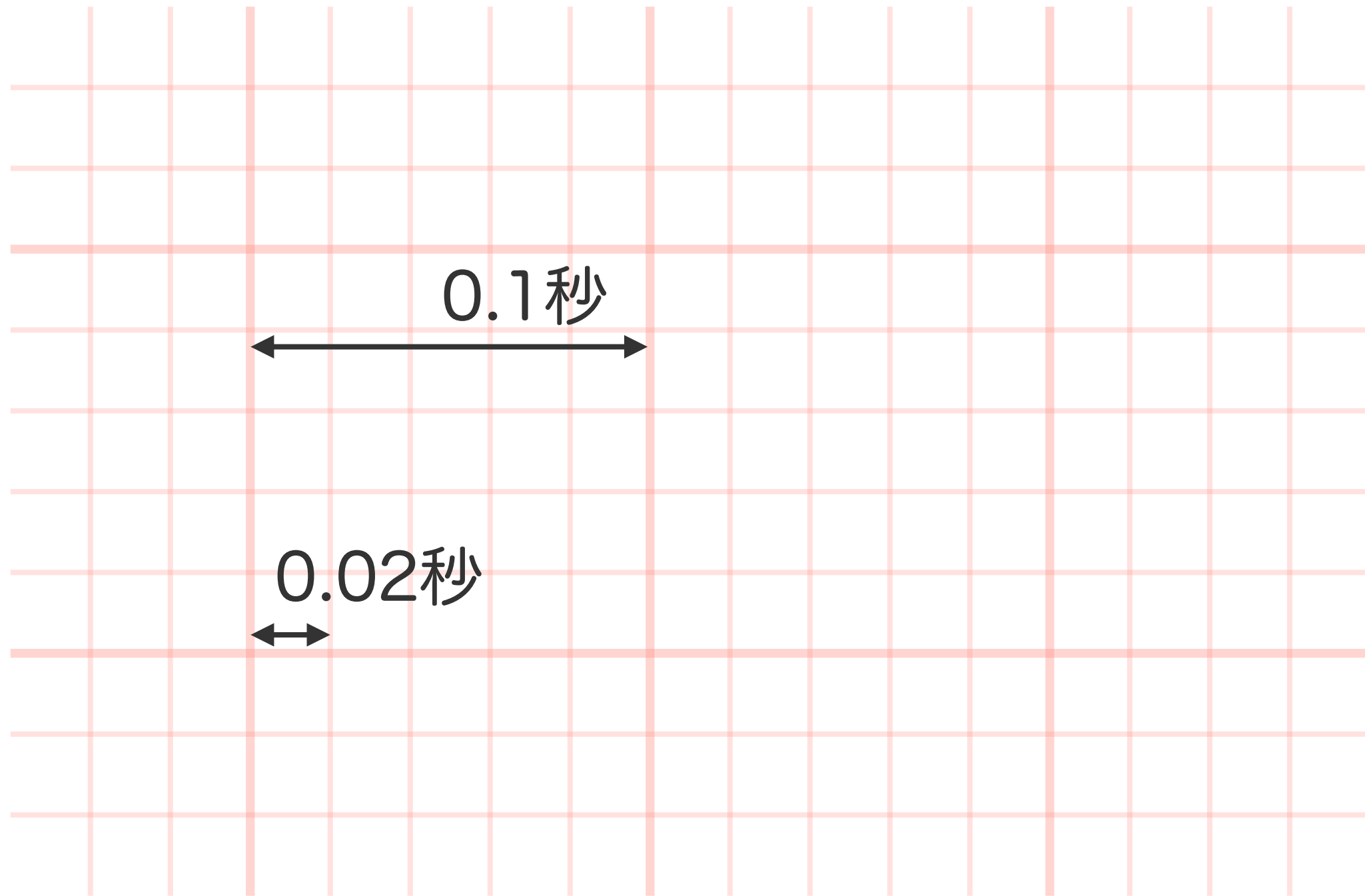


50 mm/s



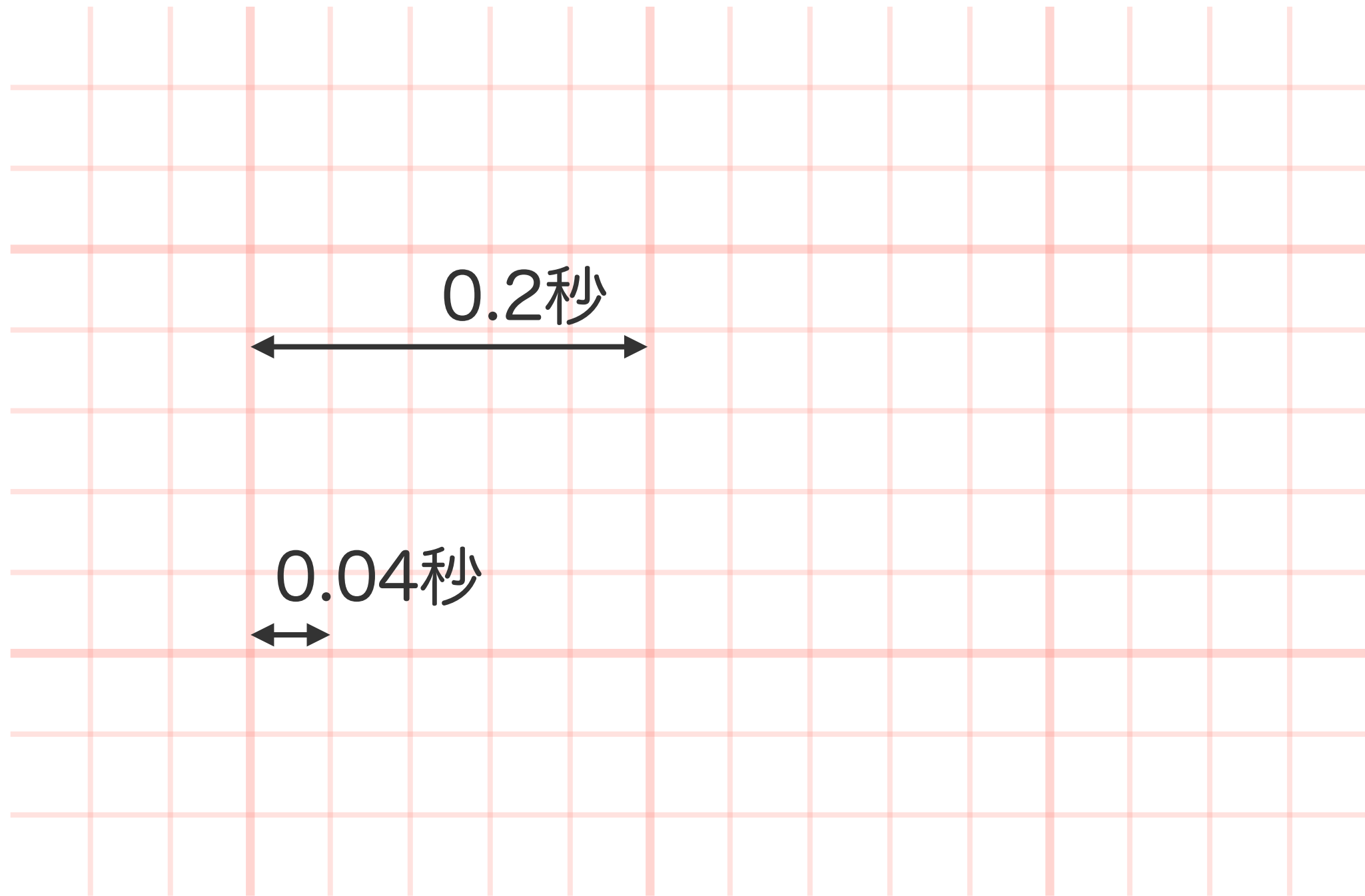
25 mm/s

ペーパースピードが『50 mm 1秒』



$$1 \text{ mm} = 1/50 \text{ 秒} = 0.02 \text{ 秒}$$

ペーパースピードが『25 mm 1秒』

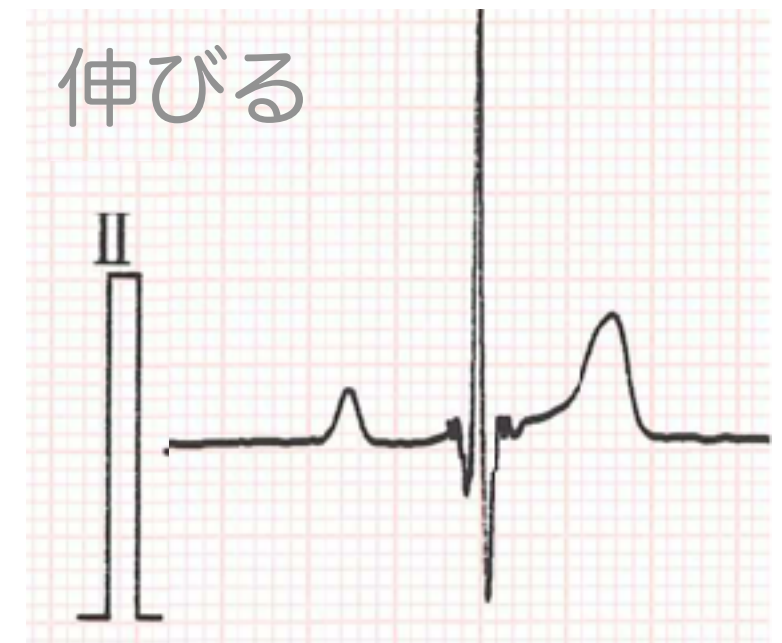
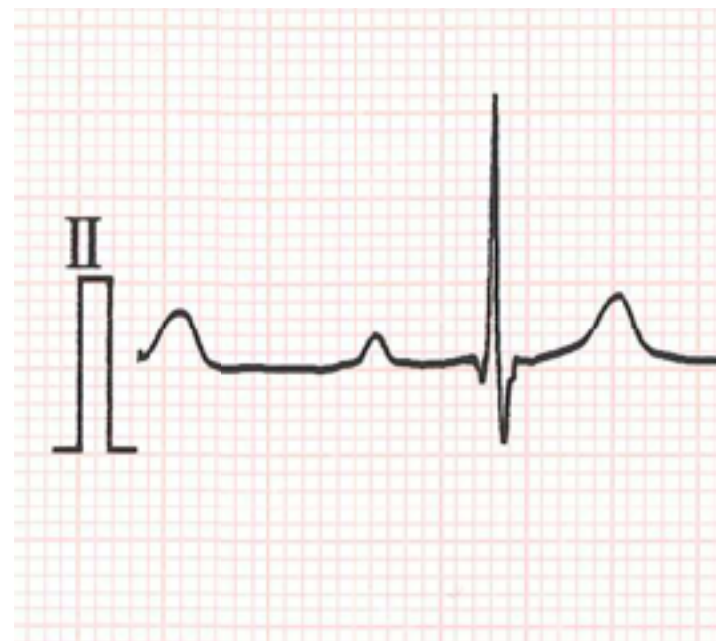


$$1 \text{ mm} = 1/25 \text{ 秒} = 0.04 \text{ 秒}$$

感度

1 mVを何mmで表すのか尺度を設定

基本設定 『1 mV = 10 mm』



5 mm/mV ← 10 mm/mV → 20 mm/mV

A background image showing two dogs on a sandy beach. On the left is a medium-sized dog with white fur and large, floppy brown ears, sitting and looking towards the camera with its mouth slightly open. On the right is a small Chihuahua with black and tan fur, large pointed ears, sitting and looking towards the camera. Both dogs are on leashes. The background is a bright, slightly blurred beach scene with the ocean visible in the distance.

3) 実際の読図の流れ

読図のステップ

1. P波, QRS波, T波を識別する
2. ペーパースピード, 感度を確認する
3. リズム, 心拍数は？
4. P波はあるか？
5. P波とQRS波の関連は？
6. P波, QRS波の幅やPQ間隔は？
7. P波, QRS波の高さは？
8. 平均電気軸は？

1, 各波形を識別する

P波

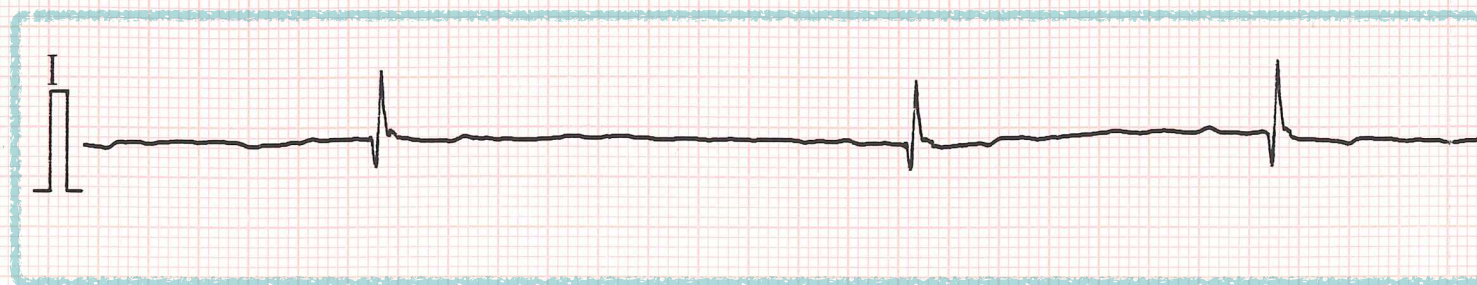
- ・ 基本的には3波の一番前
- ・ 小さくて見えないことがある（特に猫！）
- ・ そもそも存在しないこともある

QRS波

- ・ 一番大きい波
- ・ 見えないことはあまりない
- ・ 必ず存在する

T波

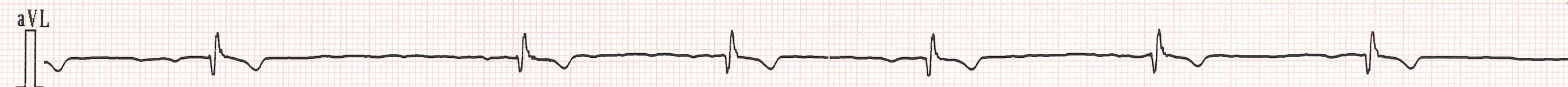
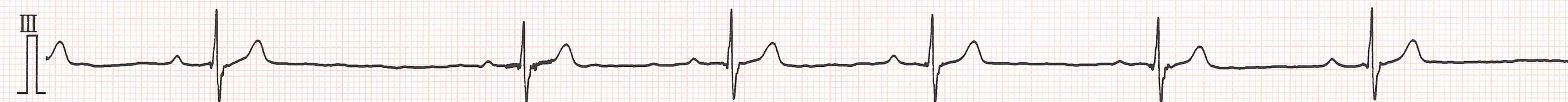
- ・ QRS波の直後
- ・ 必ずある（QRS波は必ず存在する）
- ・ 見えないこともある

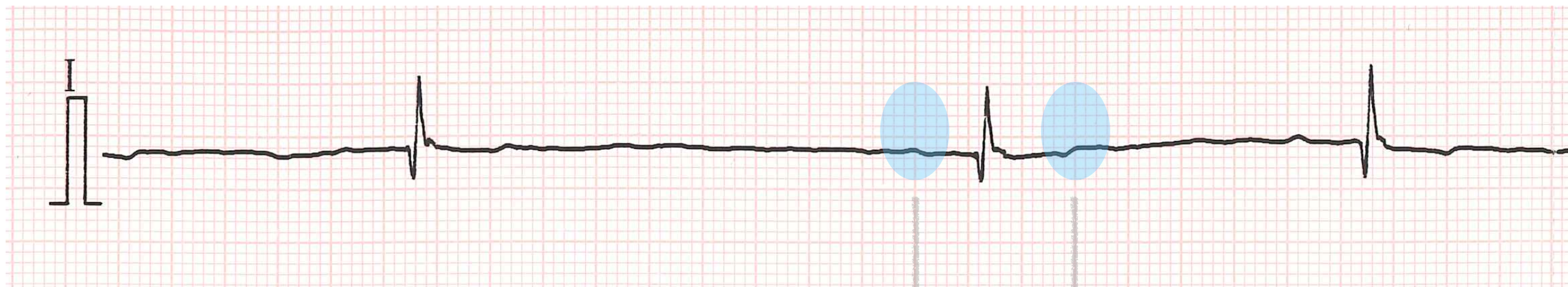


例えばⅠ誘導では・・・



6個も誘導があるが・・・どこからみる？





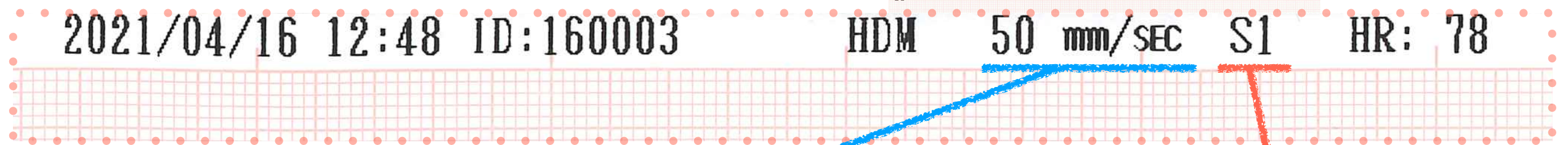
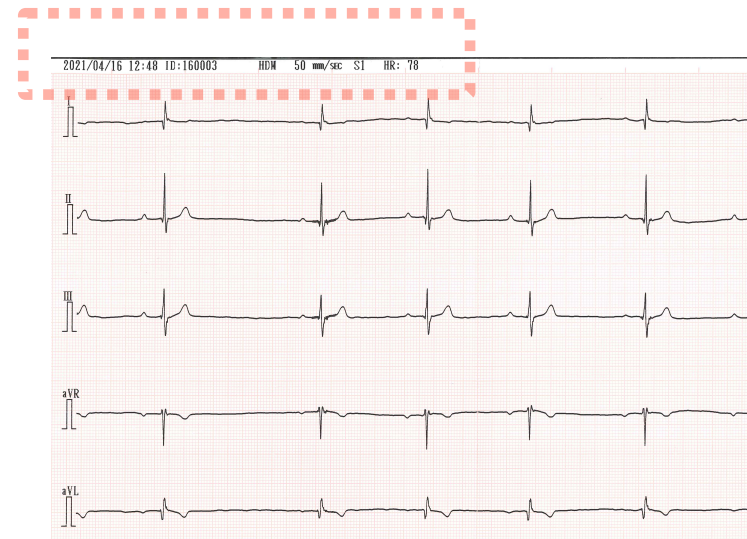
II 誘導ではP波, T波が分かりやすい！



II 誘導を中心に複数の誘導から波形を識別する

2, ペーパースピードと感度

記録紙に記載されている



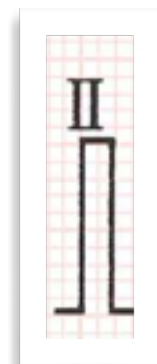
ペーパースピード

50 mm/秒

感度

10 mm = 1 mV

1倍 (標準感度)



3, 心拍数を求める

心拍数を求める2つの方法

- 📌 ざっくり求める

3秒間の心拍から求める

- 📌 細かく求める

2心拍から求める

※ 心電計の自動解析ではなく必ず確認する

ざっくり求める心拍数

3秒間で何個のQRS波があるのか？

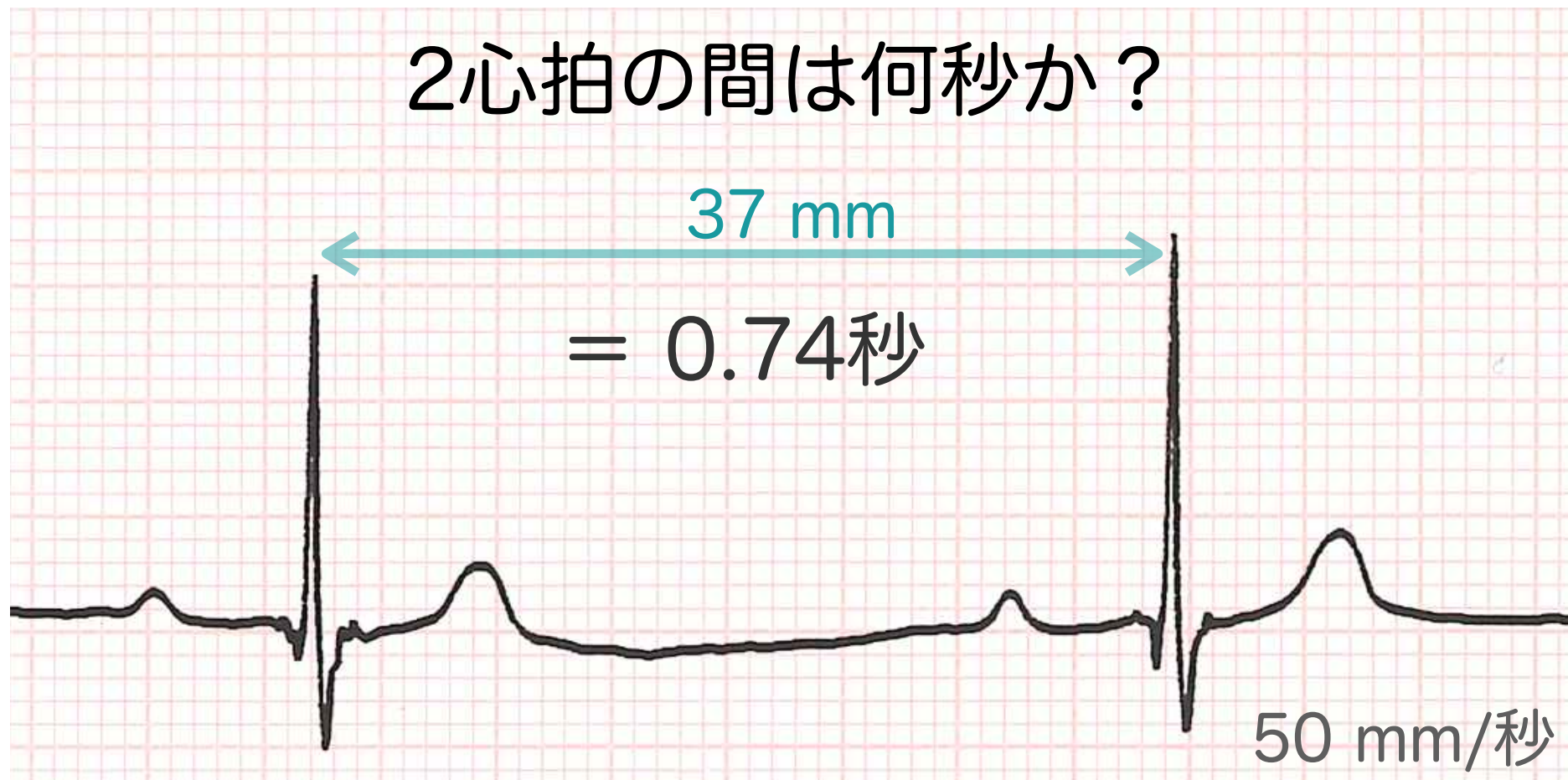


3秒間に存在するQRS数に20をかける

$$\begin{array}{ccc} \text{3秒} & & \text{60秒} \\ \text{4心拍} & \times & 20 = 80\text{心拍} \end{array}$$

ECG tracing showing a 1-second interval with 4 heartbeats. A blue double-headed arrow indicates the 1-second interval, with a label "1秒" (1 second) above it.

細かく求める心拍数



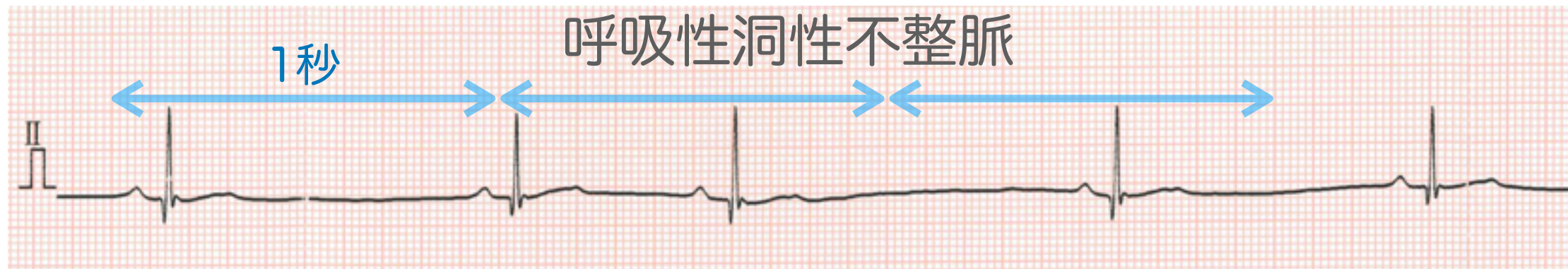
60秒間に何個のRR間隔があるかを求める

$$60\text{秒} \div 0.74\text{秒} = 81 \text{ bpm}$$



ざっくり求める心拍数

心拍のばらつきが顕著な時に

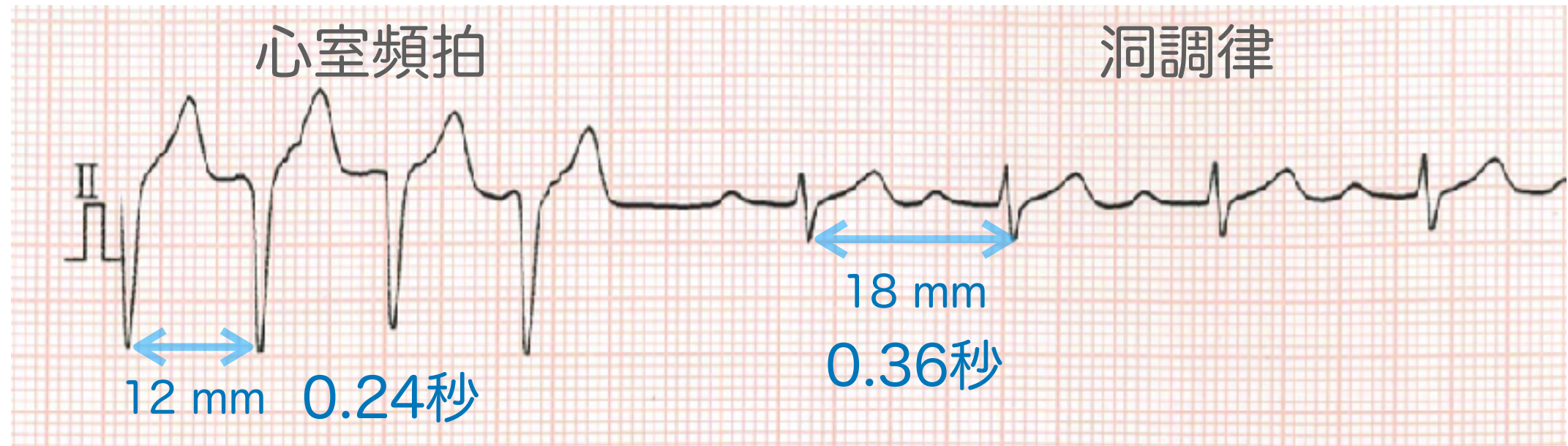


$$4 \text{ 心拍} \times 20 = 80 \text{ bpm}$$



$$12 \text{ 心拍} \times 20 = 240 \text{ bpm}$$

細かく求める心拍数



心室頻拍レート

$$60\text{秒} \div 0.24\text{秒} = 250\text{ bpm}$$

洞調律レート

$$60\text{秒} \div 0.36\text{秒} = 166\text{ bpm}$$

3, 心拍数を求める

犬と猫の正常心拍数

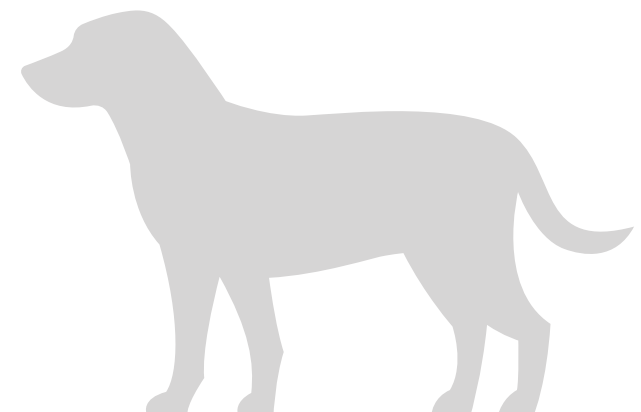
 犬

成犬	60~170 bpm
幼犬	60~220 bpm

 猫

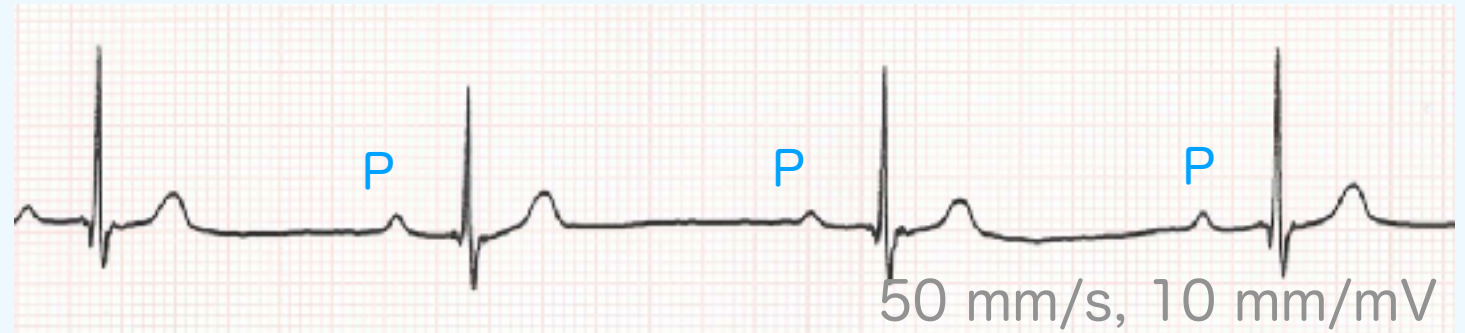
140~220 bpm

徐脈 or 正常 or 頻脈



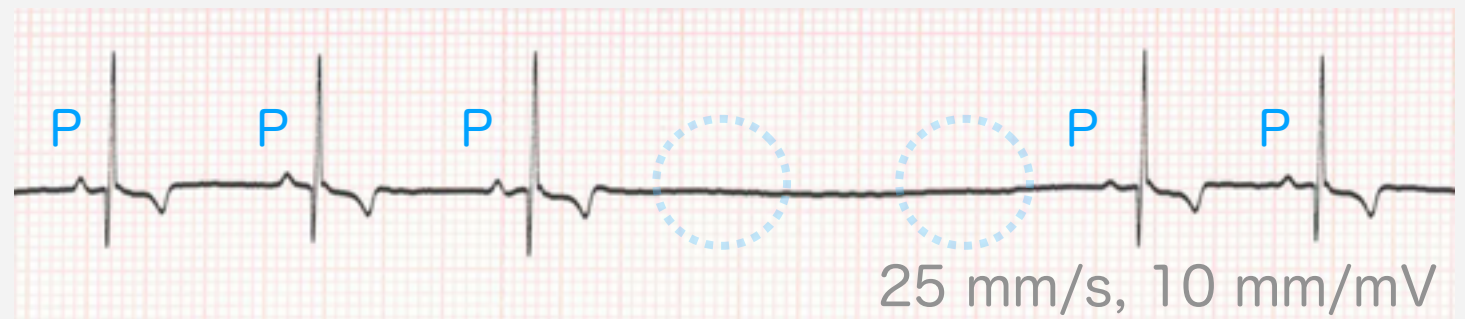
4, P波はあるか？

☒ ある



☒ ない

たまに



ずっと



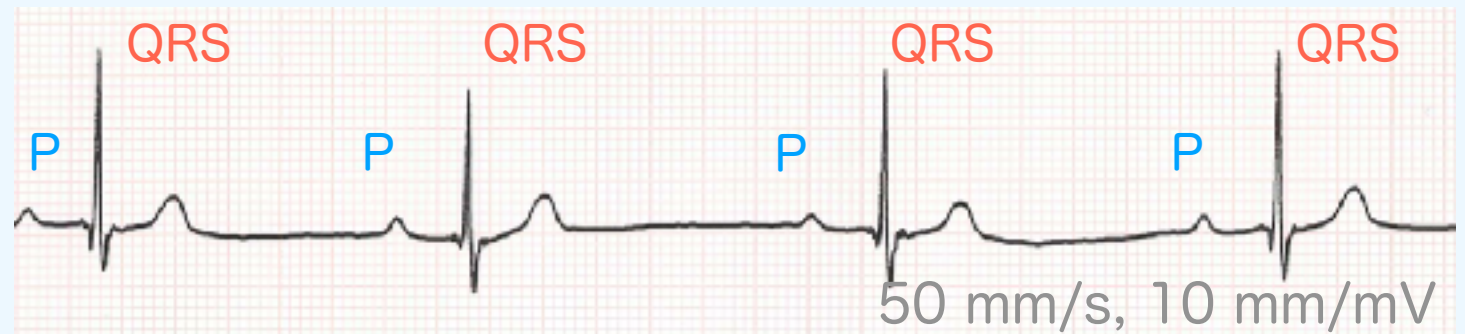
☒ ?



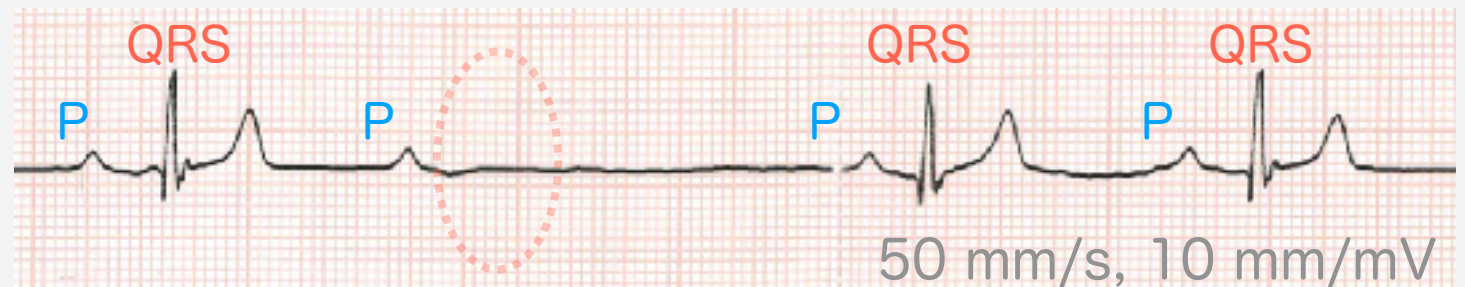
5, P波とQRS波の関連は？

P波に続くQRS波はあるのか？

☒ ある

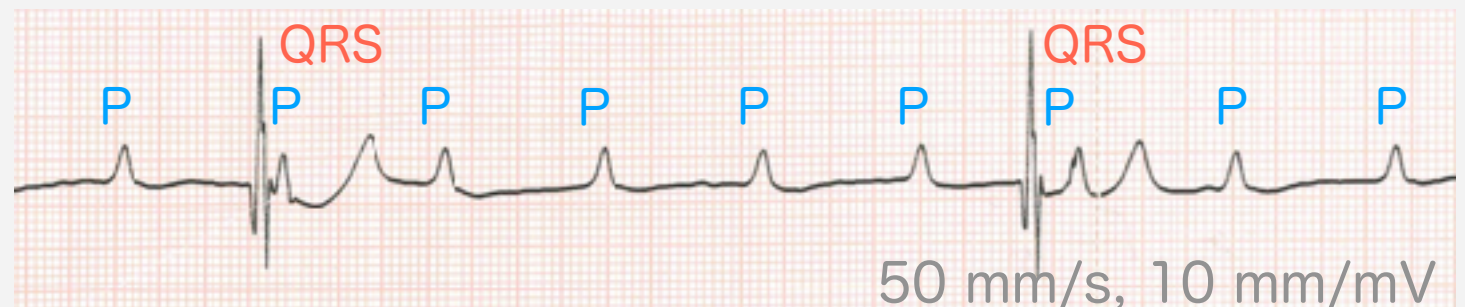


たまに



☒ ない

ずっと



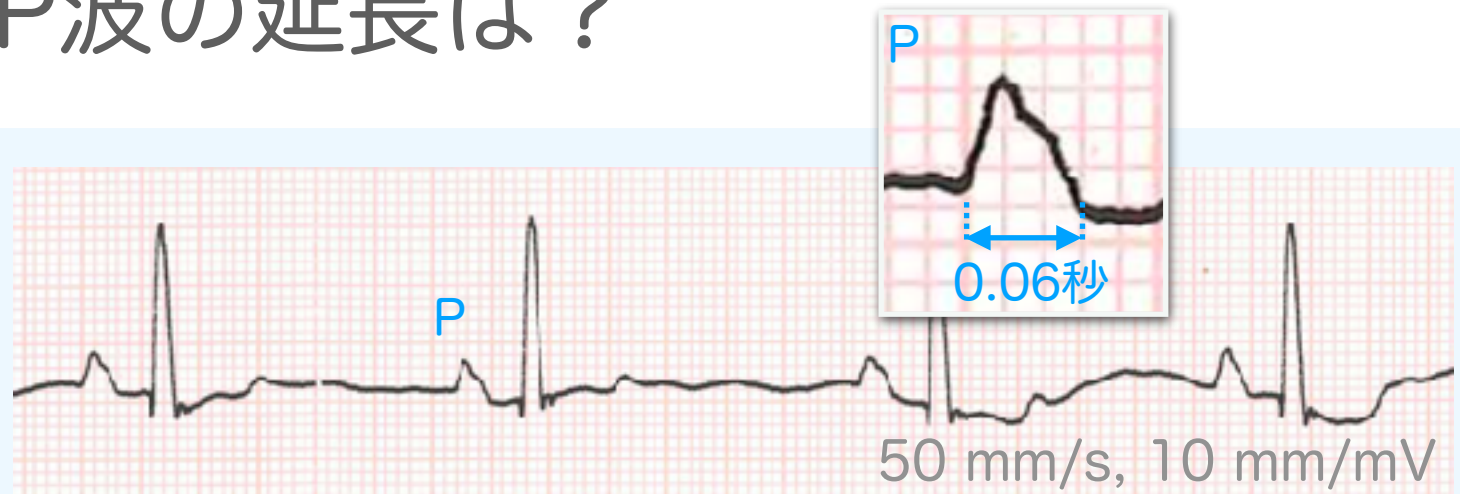
犬・猫の心電図検査の正常値（Ⅱ誘導）

	犬	猫
心拍数	60～170 bpm（成犬） 60～220 bpm（子犬）	140～220 bpm
調律	洞調律 洞性不整脈 ワンダリング・ペースメーカー	洞調律
P波	高さ ＜ 0.4 mV	＜ 0.2 mV
	幅 ＜ 0.04秒 ＜ 0.05秒（超大型犬）	
PQ間隔	0.06 ～ 0.13秒	0.05 ～ 0.09秒
QRS群	高さ 0.5 ～ 2.5 mV 0.5 ～ 3.0 mV（大型犬）	＜ 0.9 mV
	幅 ＜ 0.07秒	＜ 0.04秒
平均電気軸	+40 ～ +100°	0 ～ +100°

6, 各波形の幅、PQ間隔は？

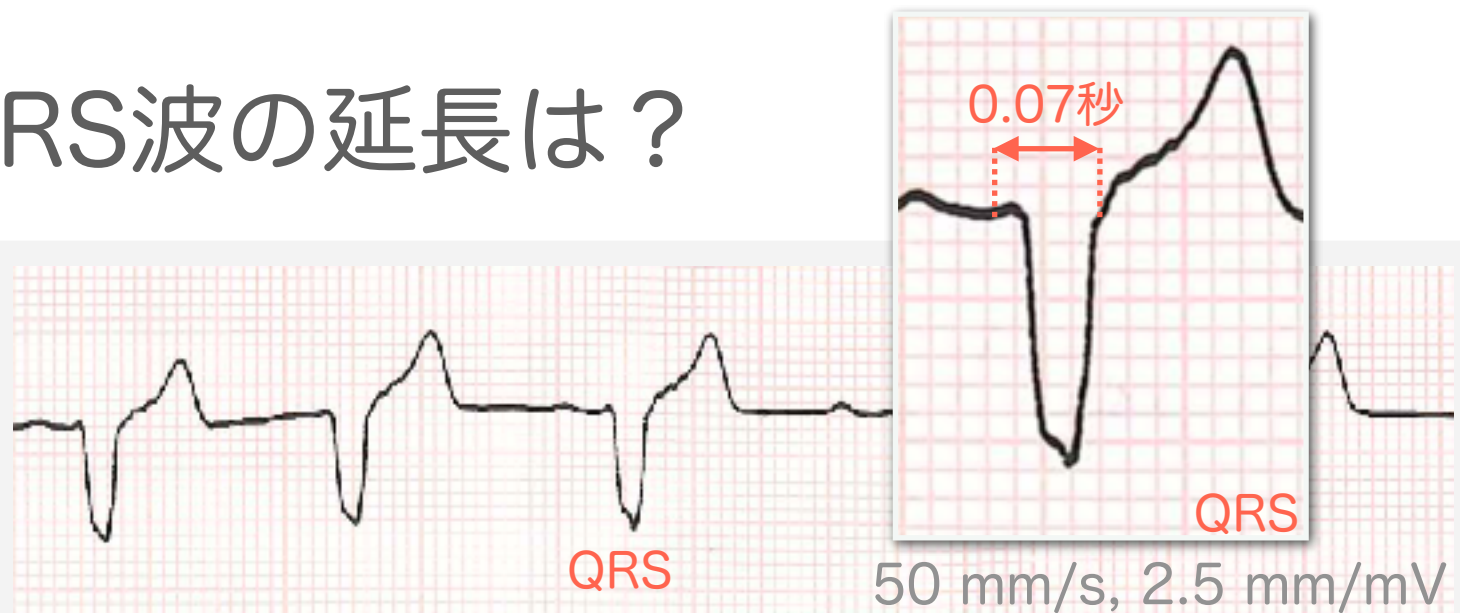
P波の延長は？

☒ ある



QRS波の延長は？

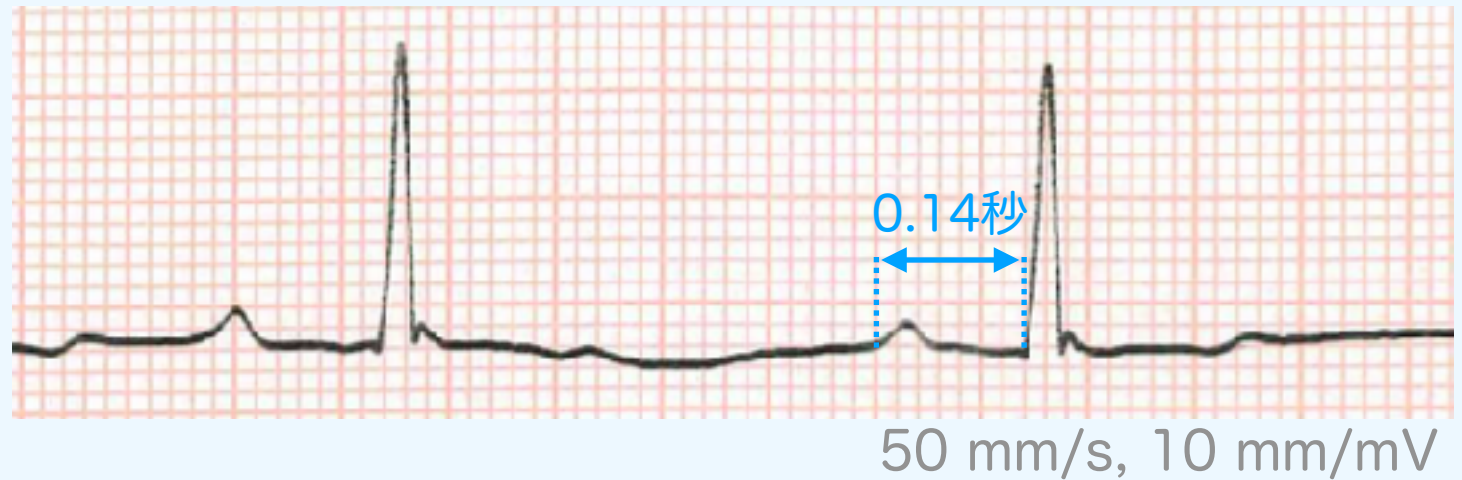
☒ ある



6, 各波形の幅、PQ間隔は？

PQ間隔は？

☑ 延長



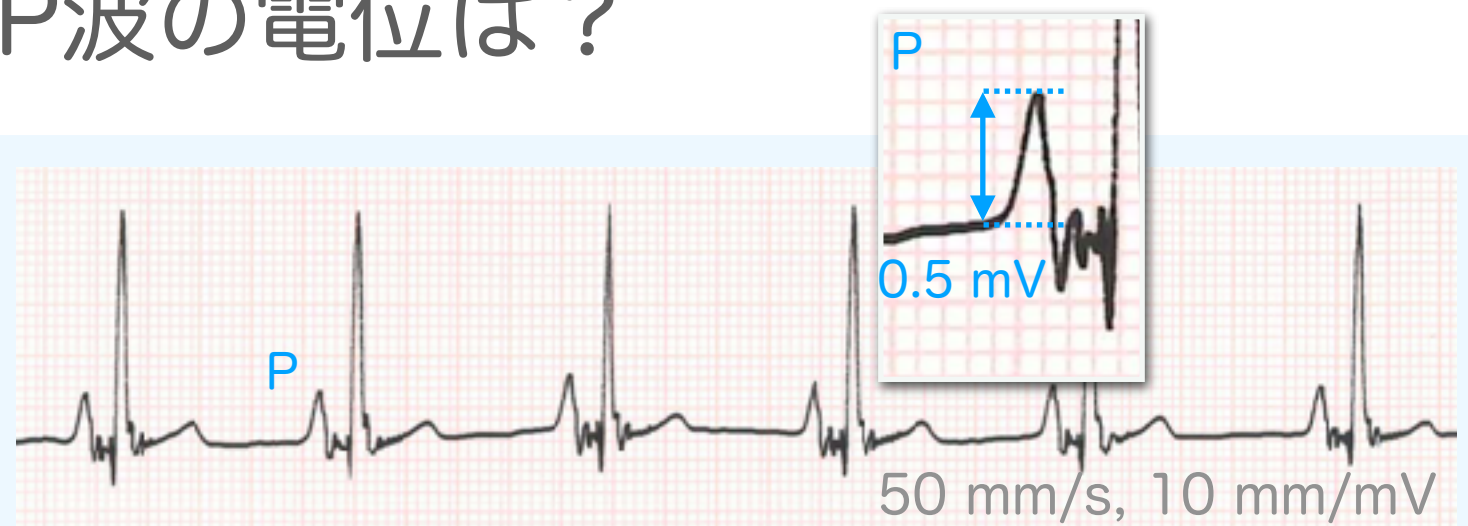
☑ 短縮



7, 各波形の高さは？

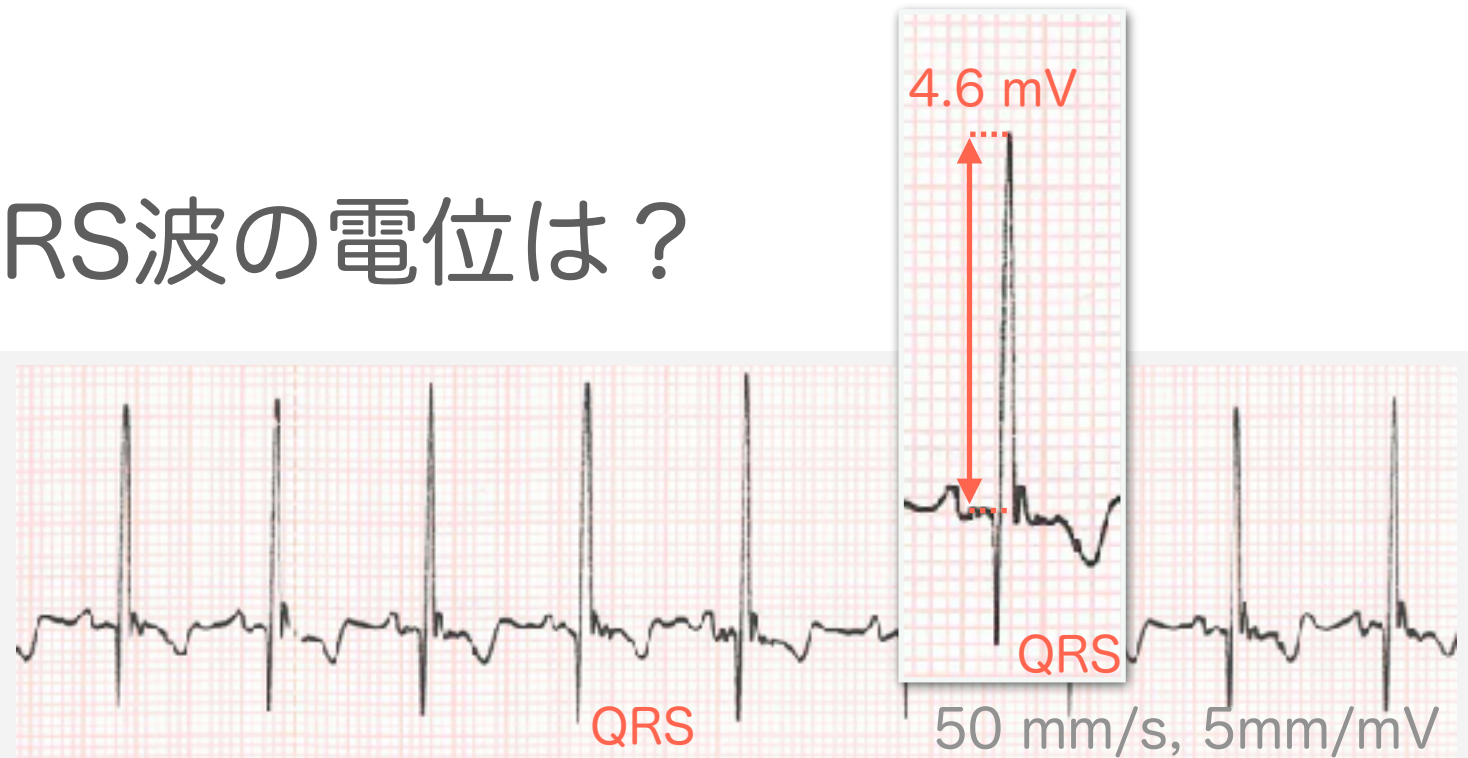
P波の電位は？

☑ 増高

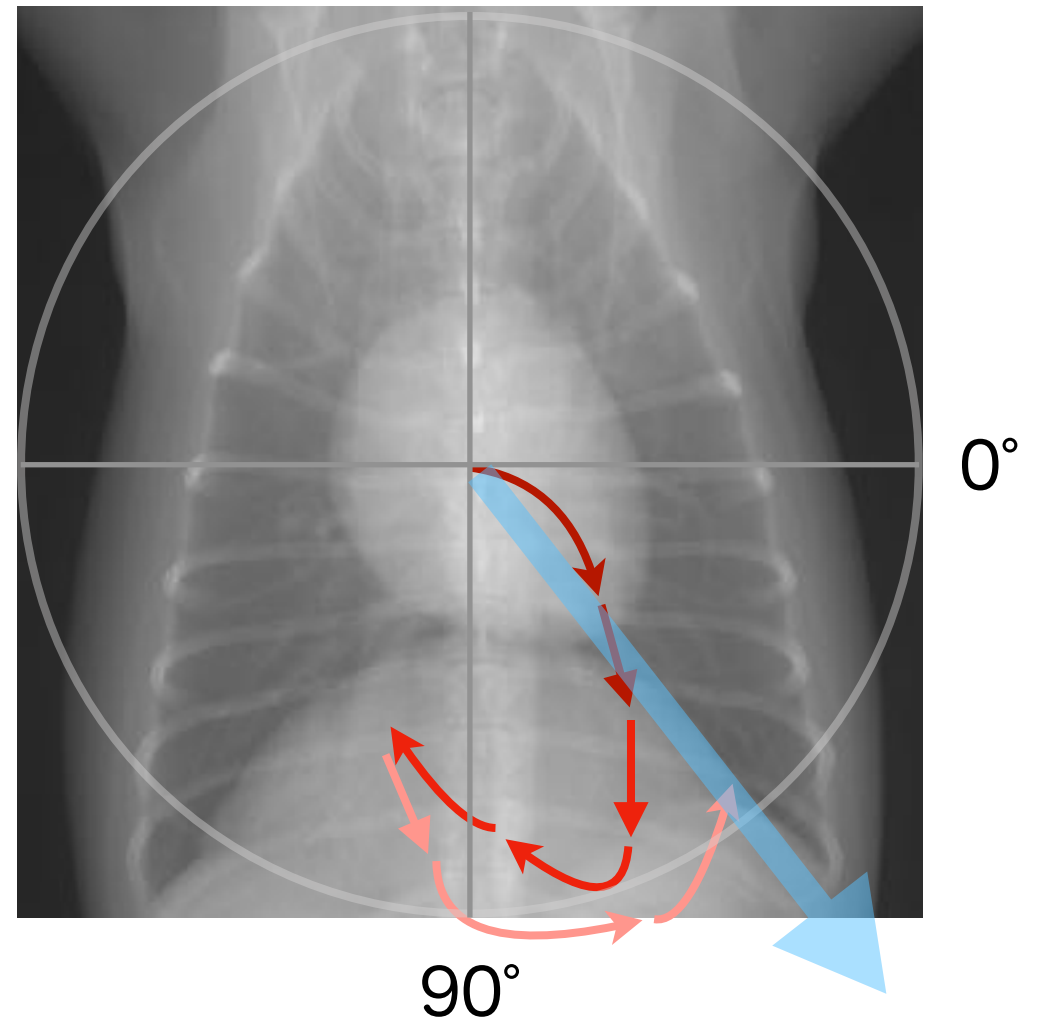
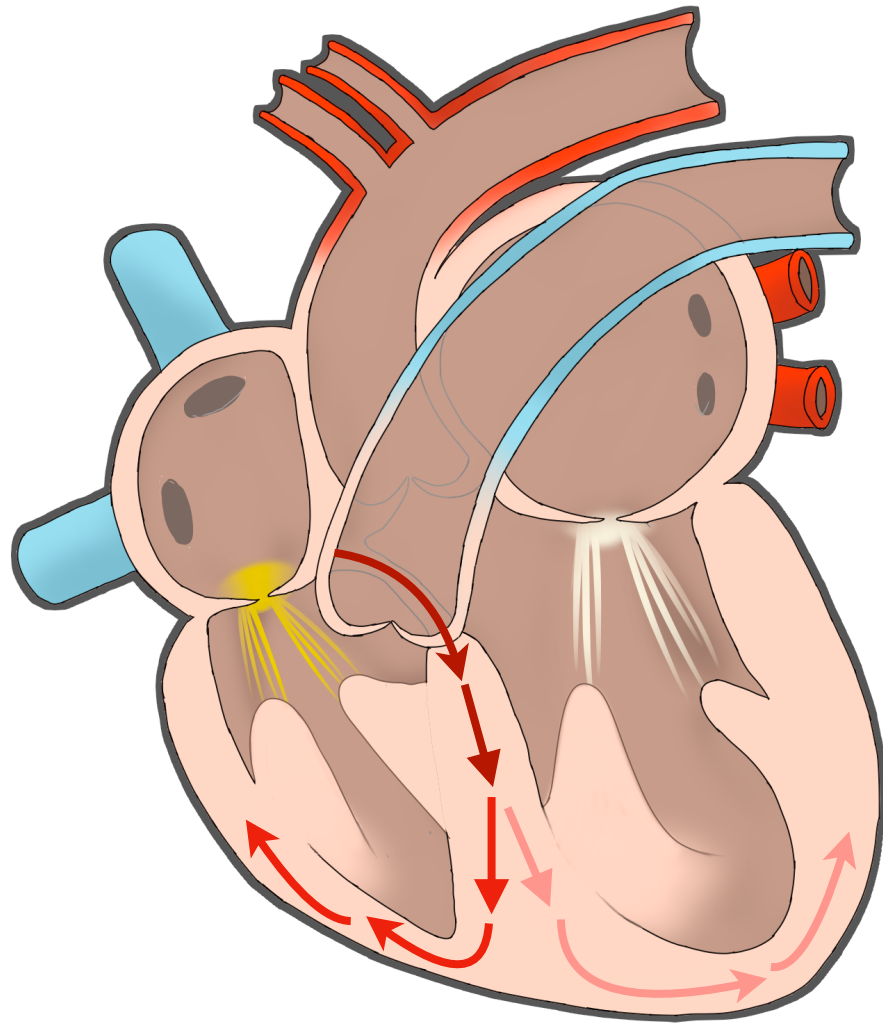


QRS波の電位は？

☑ 増高



8, 平均電気軸は？



心室に起こっている興奮の平均ベクトル

8, 平均電気軸は？

平均電気軸を求める2つの方法

- 🔌 ざっくり求める

等電位となる誘導から求める

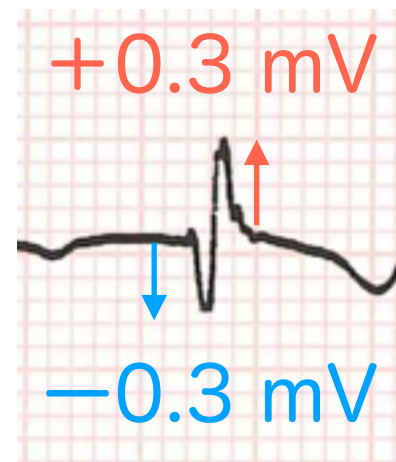
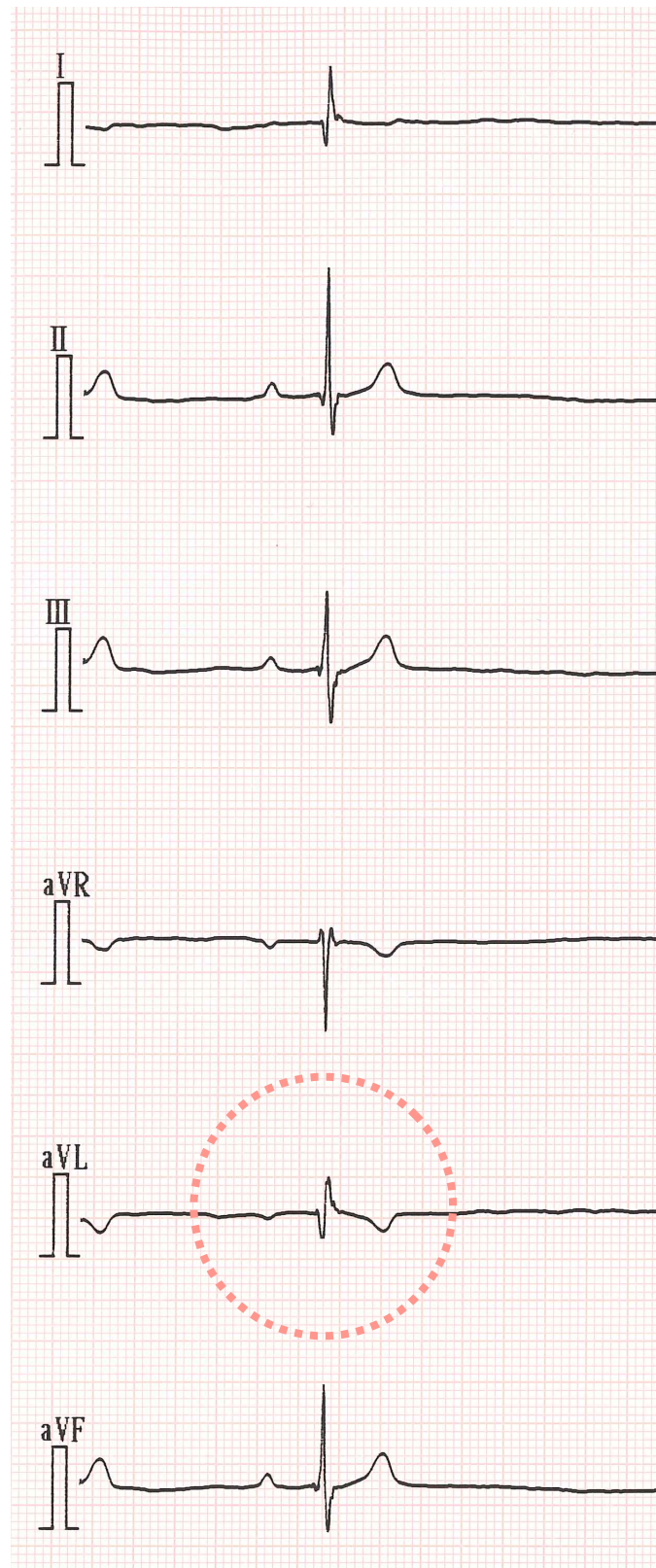
- 🔌 細かく求める

I 誘導とII 誘導から求める

※ 「ざっくり求める」で十分なことが多い

ざっくり求める平均電気軸

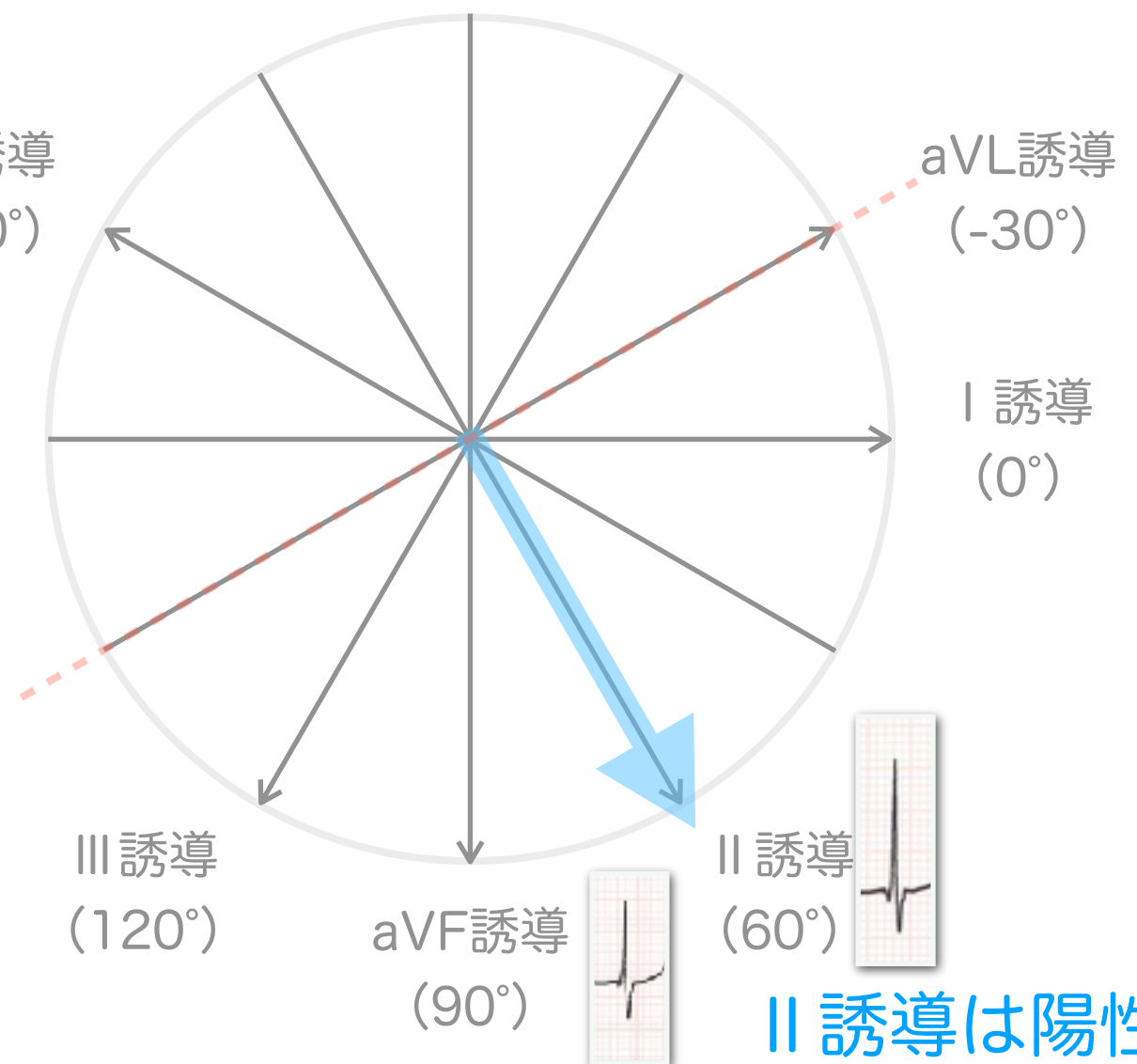
等電位に最も近い誘導・・・の垂直方向



(aVL誘導)



aVR誘導
(-150°)



II 誘導は陽性波



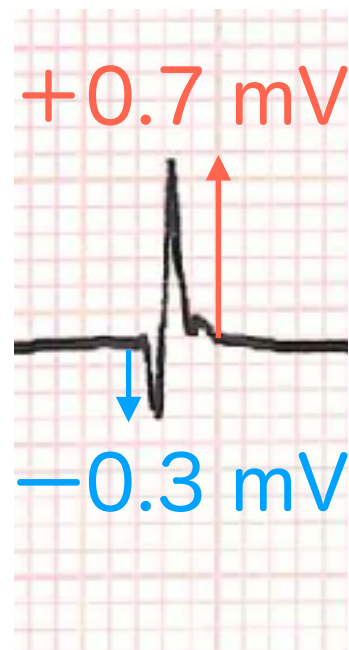
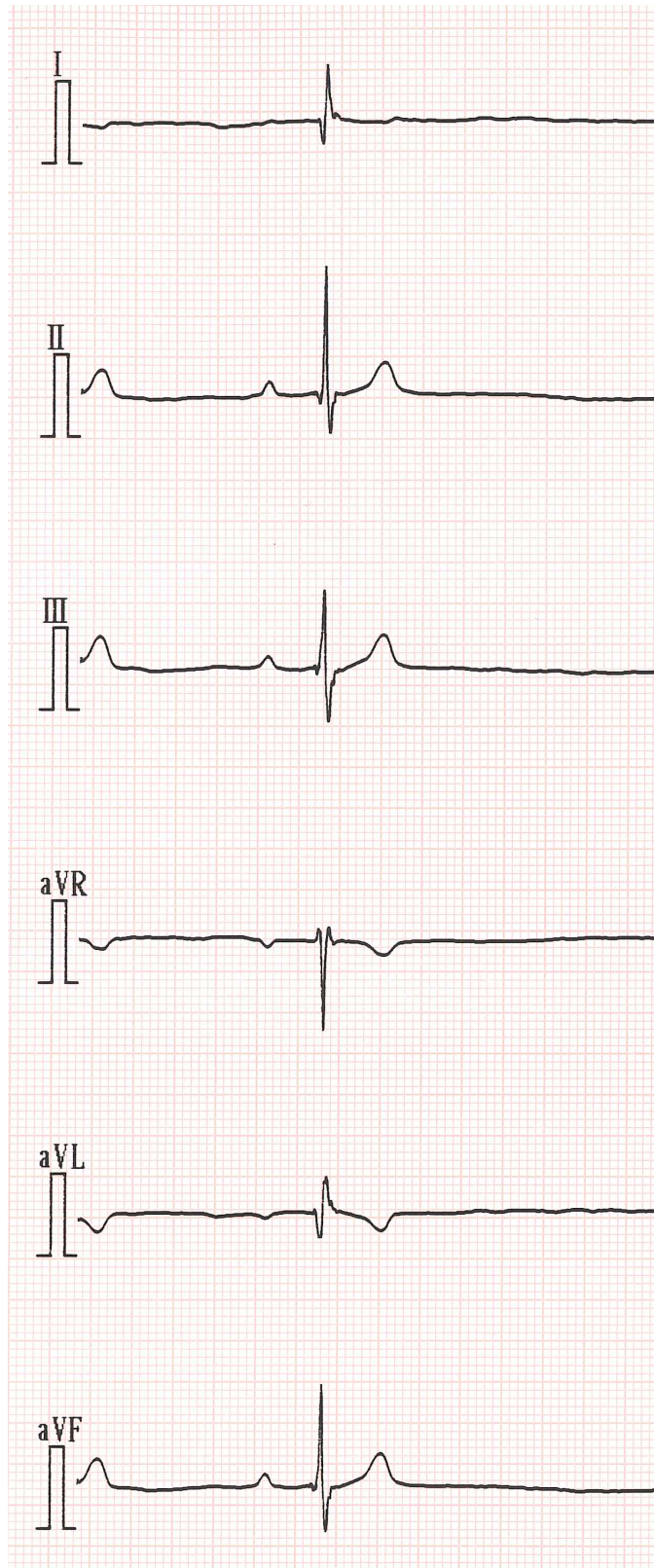
向かってくる
離れていく
直行する

→ 陽性波
→ 陰性波
→ ± 0



細かく求める平均電気軸

I 誘導とIII誘導のベクトルから求める



(I 誘導)

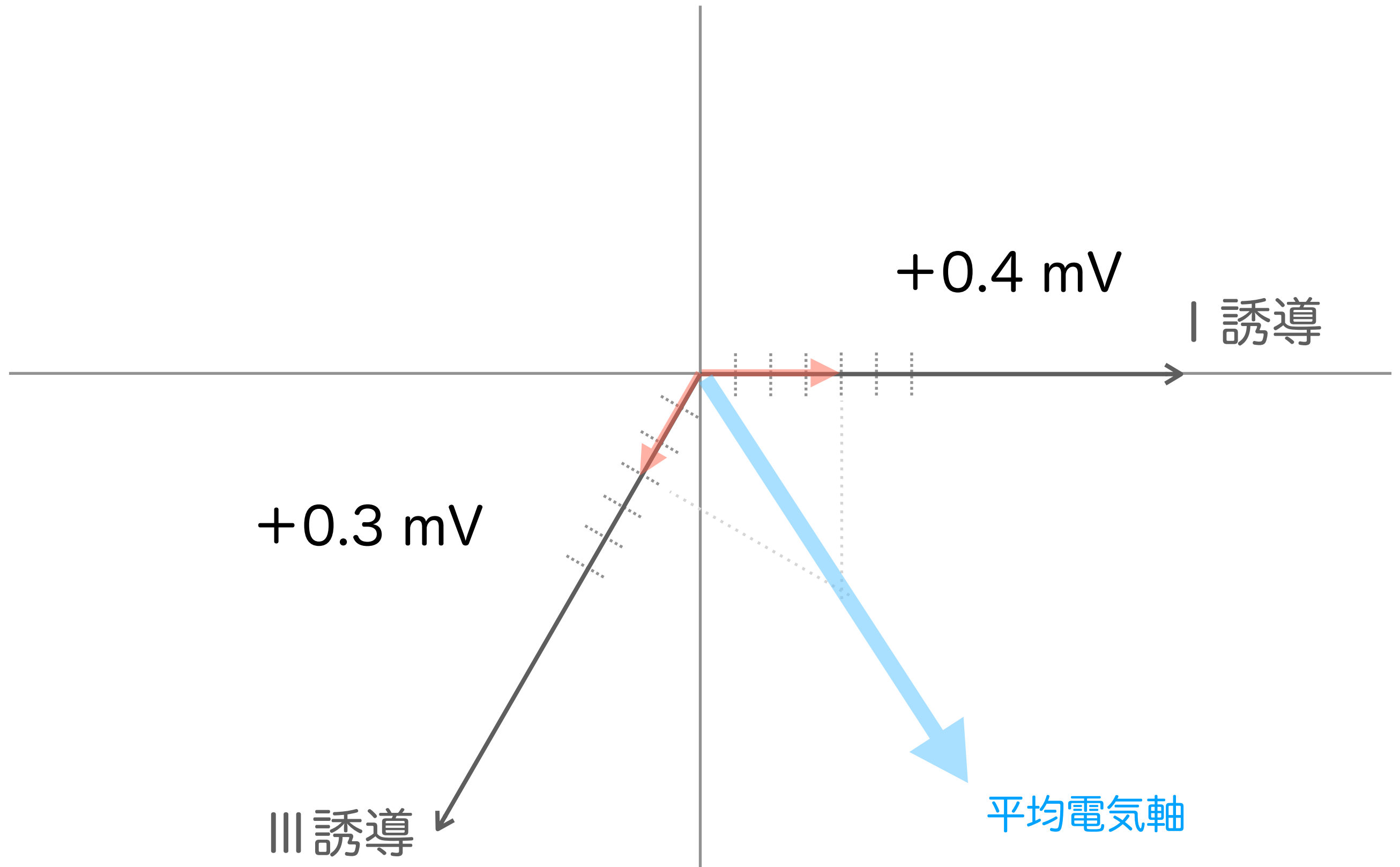
$+0.4 \text{ mV}$



(III 誘導)

$+0.3 \text{ mV}$

細かく求める平均電気軸



8, 平均電気軸は？

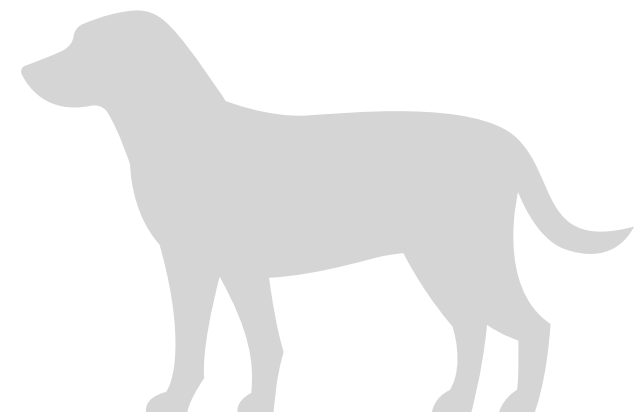
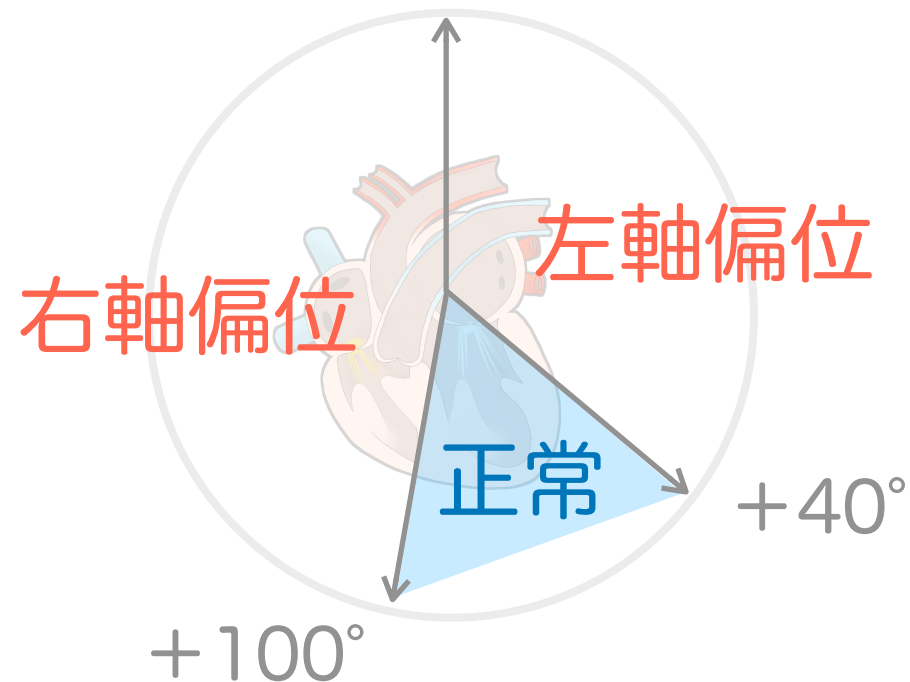
犬と猫の正常平均電気軸

 犬

$+40^{\circ} \sim +100^{\circ}$

 猫

$0^{\circ} \sim +160^{\circ}$



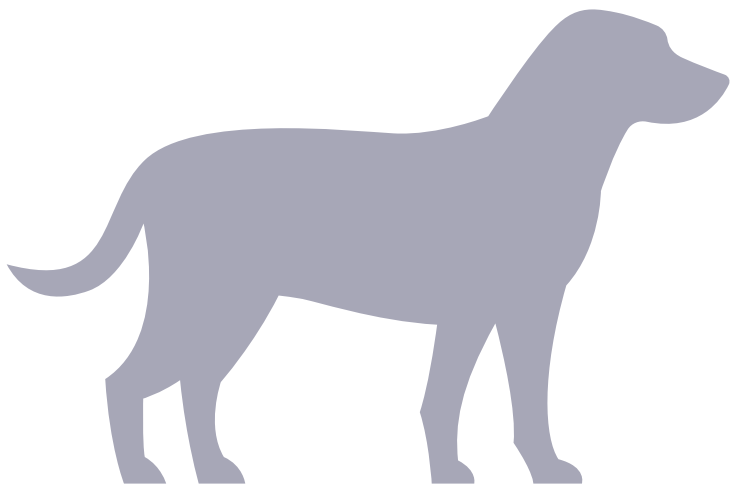
心電図記録シート (犬)

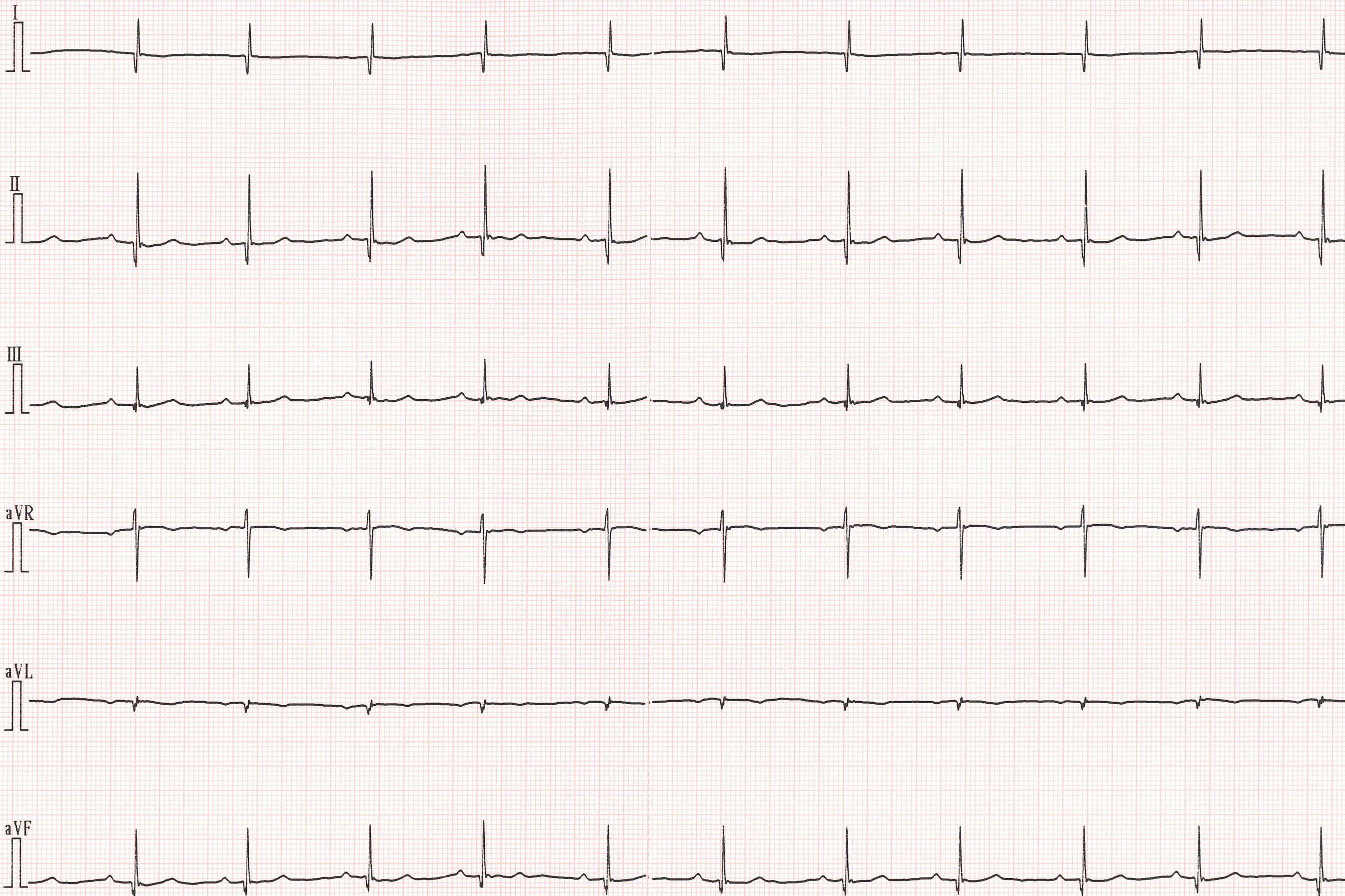
1	P波, QRS波, T波を識別		
2	ペーパースピード 感度		
3	リズム 心拍数		洞調律、洞性不整脈 60～170 bpm (成犬)
4	P波の有無		ある
5	P波とQRS波の関連		ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔		< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ～ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ～ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ～ +100°

Case

トイ・プードル 8歳 オス

健康診断を目的に来院



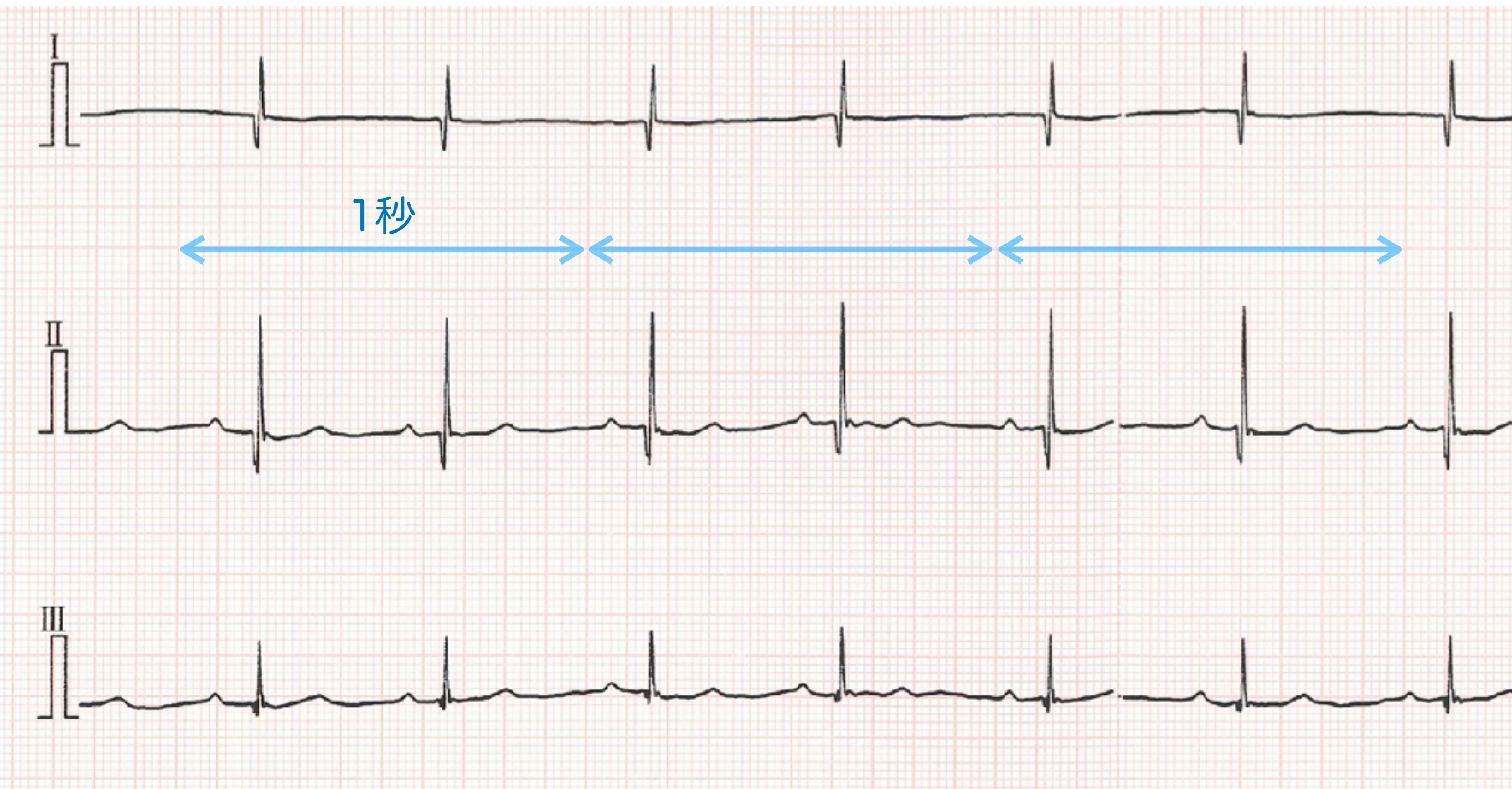


心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	整	洞調律、洞性不整脈 60～170 bpm (成犬)
4	P波の有無		ある
5	P波とQRS波の関連		ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔		< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ～ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ～ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ～ +100°

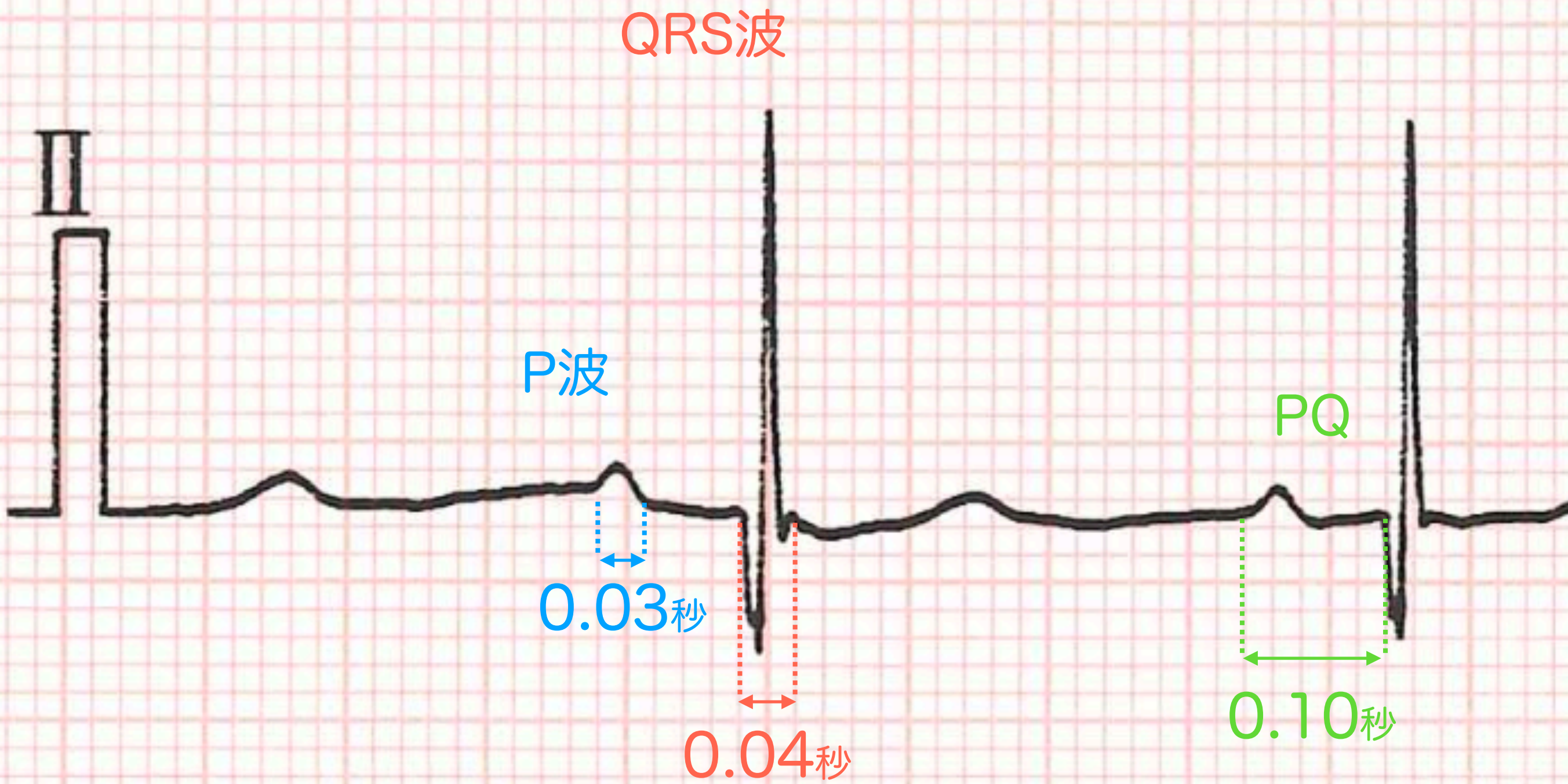
50 mm/s

1秒 = 5 cm



心電図記録シート (犬)

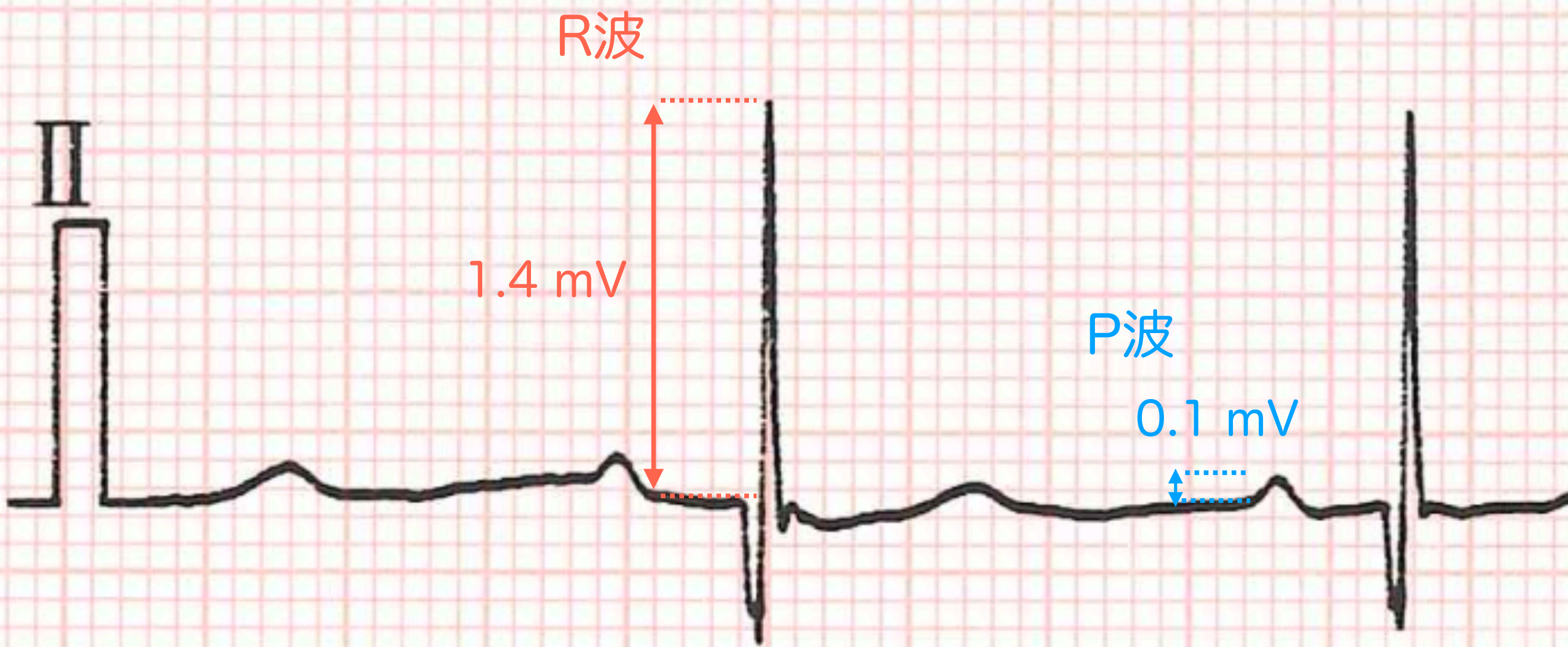
1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	正常洞調律 120 bpm	洞調律、洞性不整脈 60~170 bpm (成犬)
4	P波の有無	ある	ある
5	P波とQRS波の関連	ある (1 : 1)	ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔		< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ~ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ~ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ~ +100°



※ 50 mm/秒 1 mm = 0.02秒

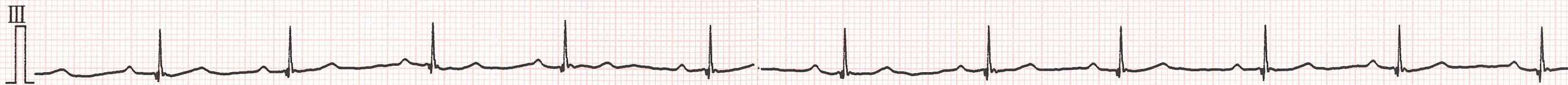
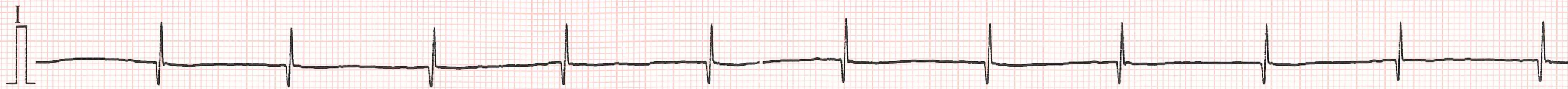
心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	正常洞調律 120 bpm	洞調律、洞性不整脈 60～170 bpm (成犬)
4	P波の有無	ある	ある
5	P波とQRS波の関連	ある (1 : 1)	ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔	0.03秒 0.04秒 0.10秒	< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ～ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ～ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ～ +100°

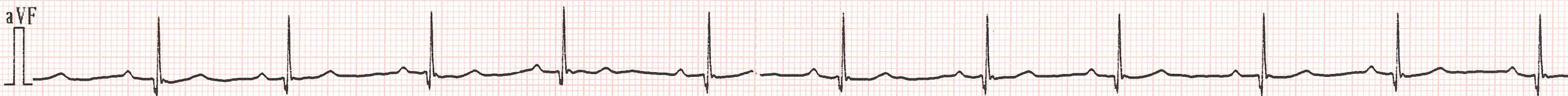
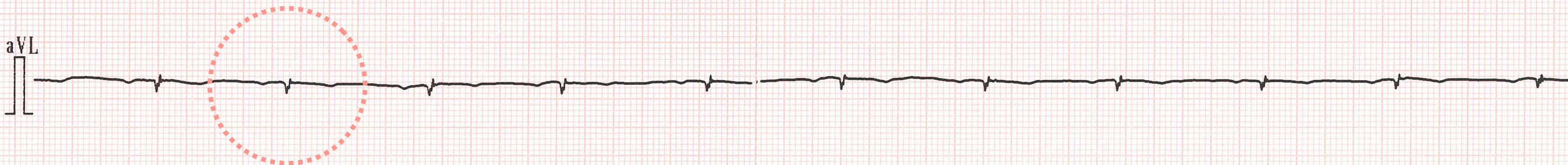
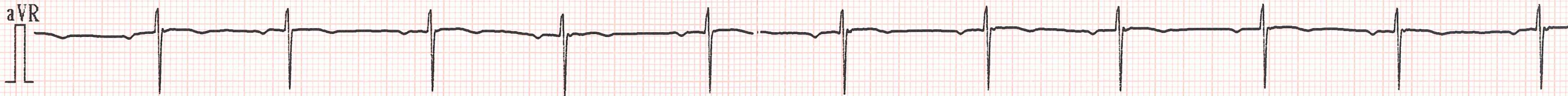


心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	正常洞調律 120 bpm	洞調律、洞性不整脈 60～170 bpm (成犬)
4	P波の有無	ある	ある
5	P波とQRS波の関連	ある (1 : 1)	ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔	0.03秒 0.04秒 0.10秒	< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ～ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ	0.1 mV 1.4 mV	< 0.4 mV 0.5 ～ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ～ +100°

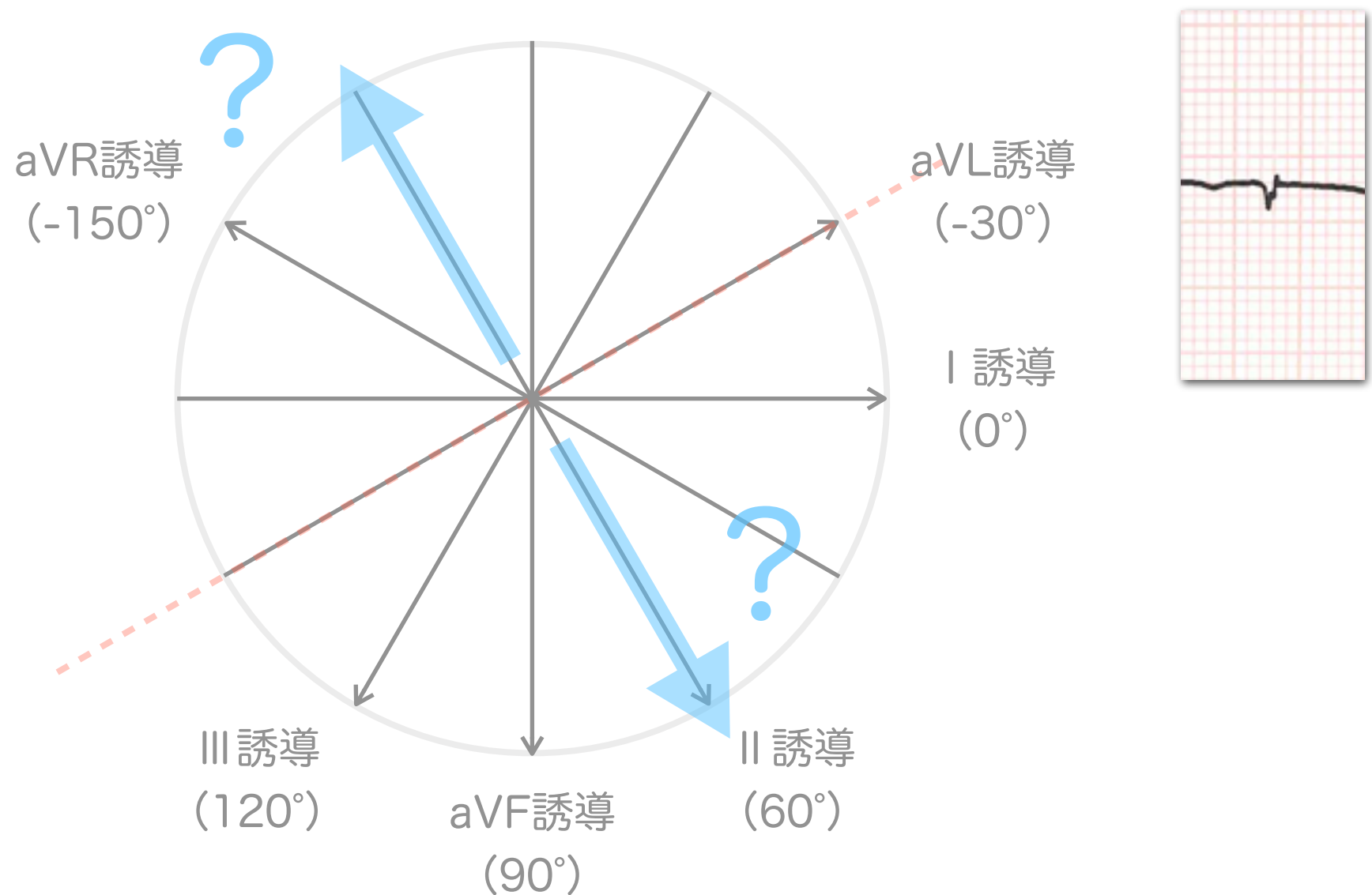


等電位となる誘導は・・・？



平均電気軸

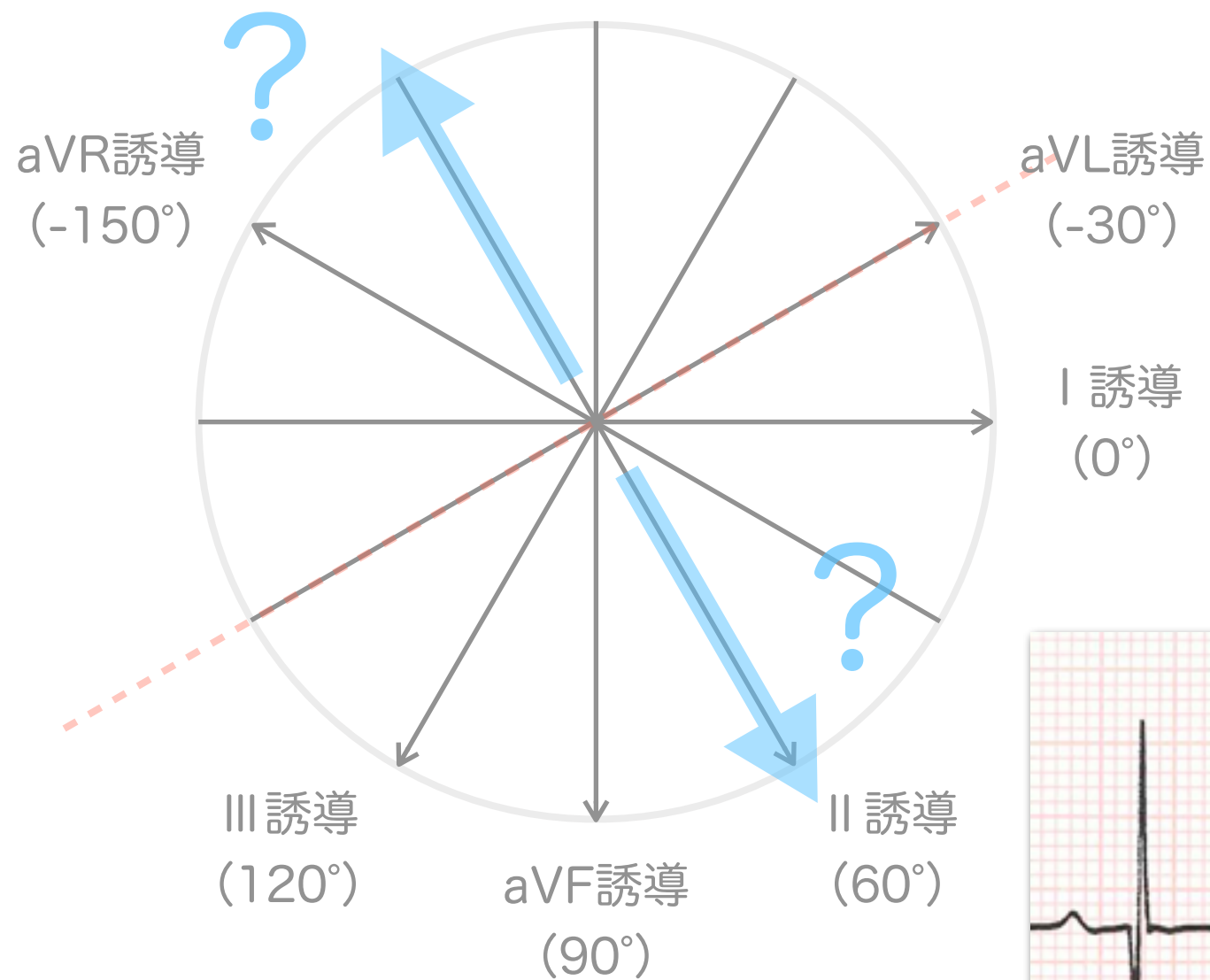
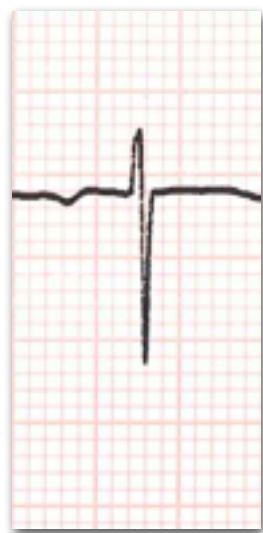
「心臓の大まかなベクトル」はaVL誘導で等電位



「平均電気軸」はaVLに直交 -120° or $+60^\circ$

平均電気軸

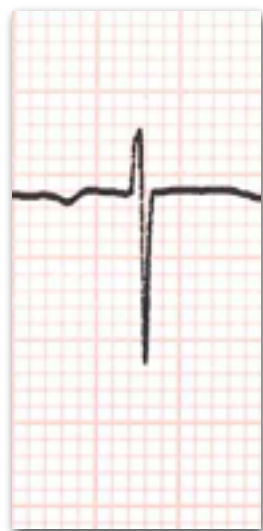
aVR誘導は陰性波



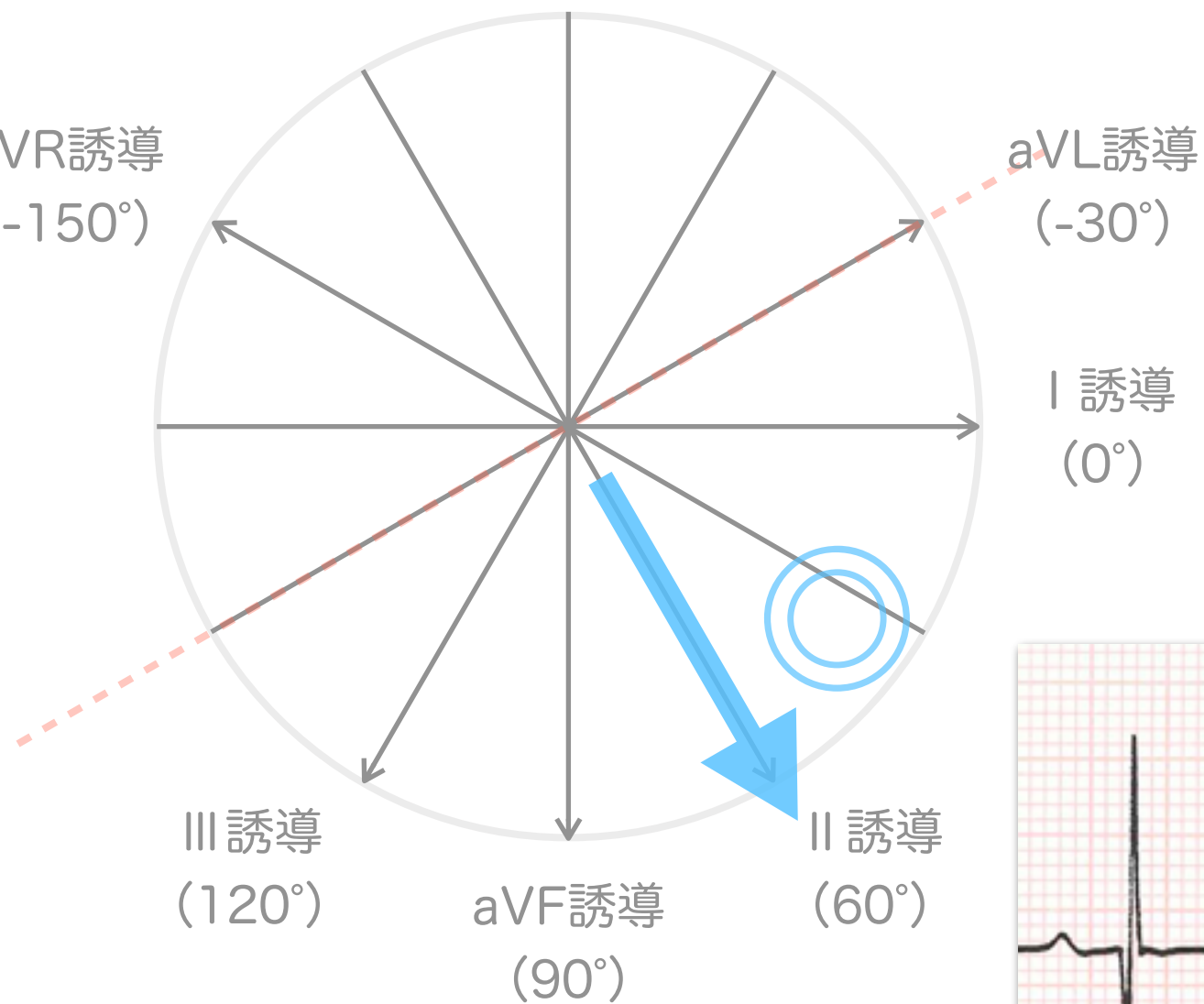
II 誘導は陽性波

平均電気軸

aVR誘導は陰性波



aVR誘導
(-150°)



aVL誘導
(-30°)

I 誘導
(0°)

III 誘導
(120°)

aVF誘導
(90°)

II 誘導
(60°)



II 誘導は陽性波

心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	正常洞調律 120 bpm	洞調律、洞性不整脈 60~170 bpm (成犬)



正常洞調律

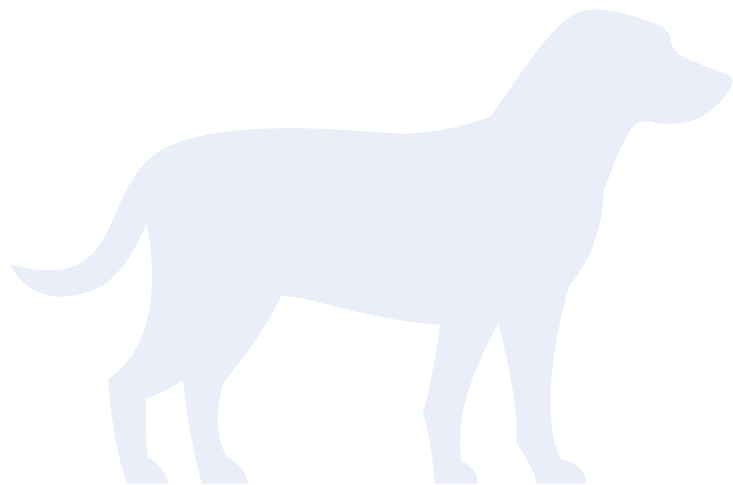


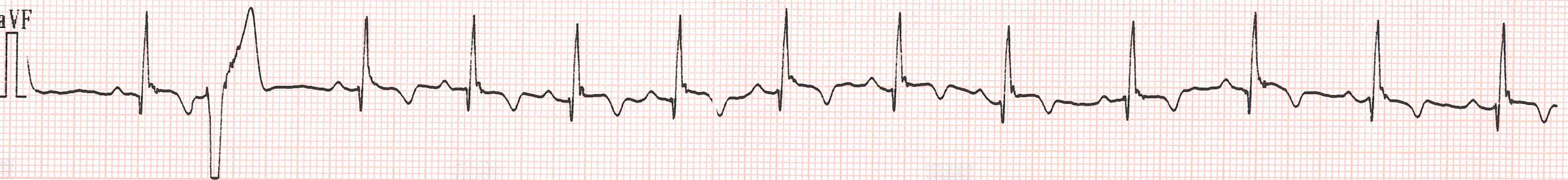
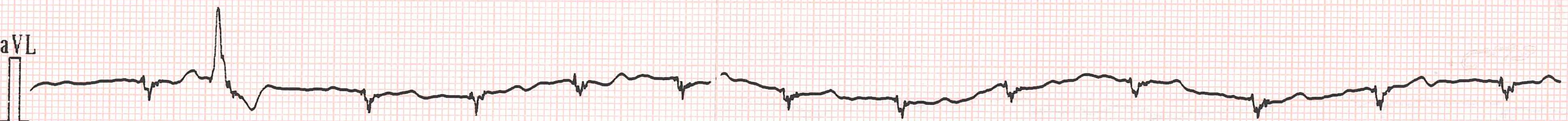
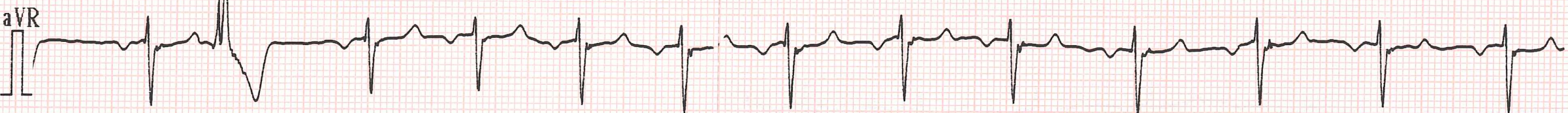
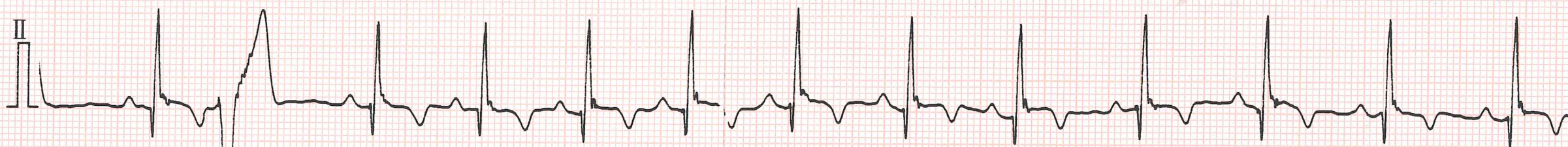
6	QRS波の幅 PQ間隔	0.04秒 0.10秒	< 0.07秒 0.06 ~ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ	0.1 mV 1.4 mV	< 0.4 mV 0.5 ~ 2.5 mV
8	平均電気軸	+60°	+40 ~ +100°

Case

シー・ズー 11歳 オス

心雑音の精査を目的に来院

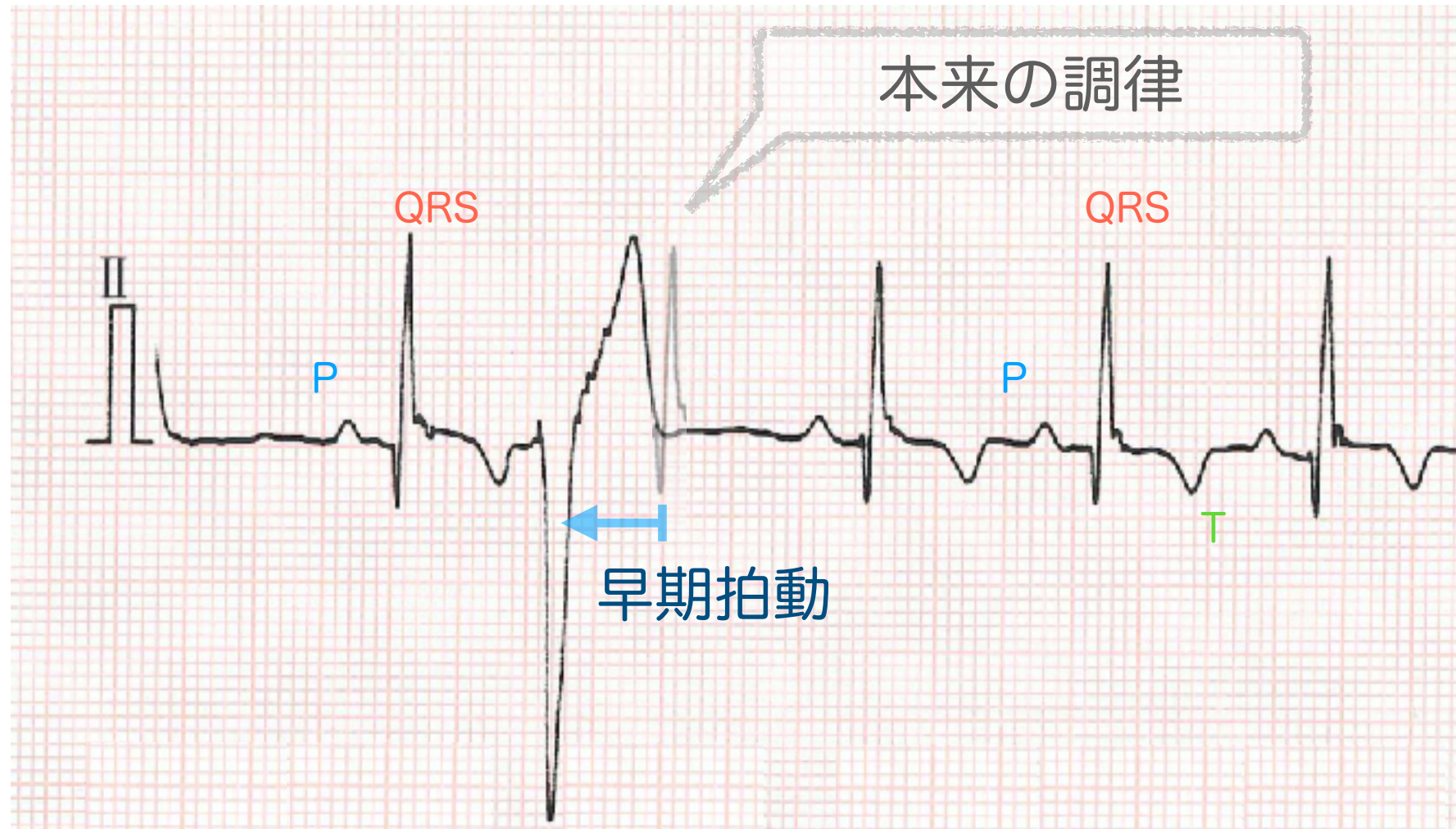




心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	不整 160 bpm	洞調律、洞性不整脈 60～170 bpm (成犬)
4	P波の有無	ない	ある
5	P波とQRS波の関連	ない	ある
6	P波の幅 QRS波の幅 PQ間隔	0.08秒	< 0.04秒 < 0.07秒 0.06 ～ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ～ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ～ +100°

期外収縮



正常洞調律よりも”早期”に出現する異所性起源の脱分極

期外収縮 上室？ or 心室？

Point !

🔍 QRS群の形態は？

正常洞調律時と同じか違うか

🔍 QRS群の持続時間は？

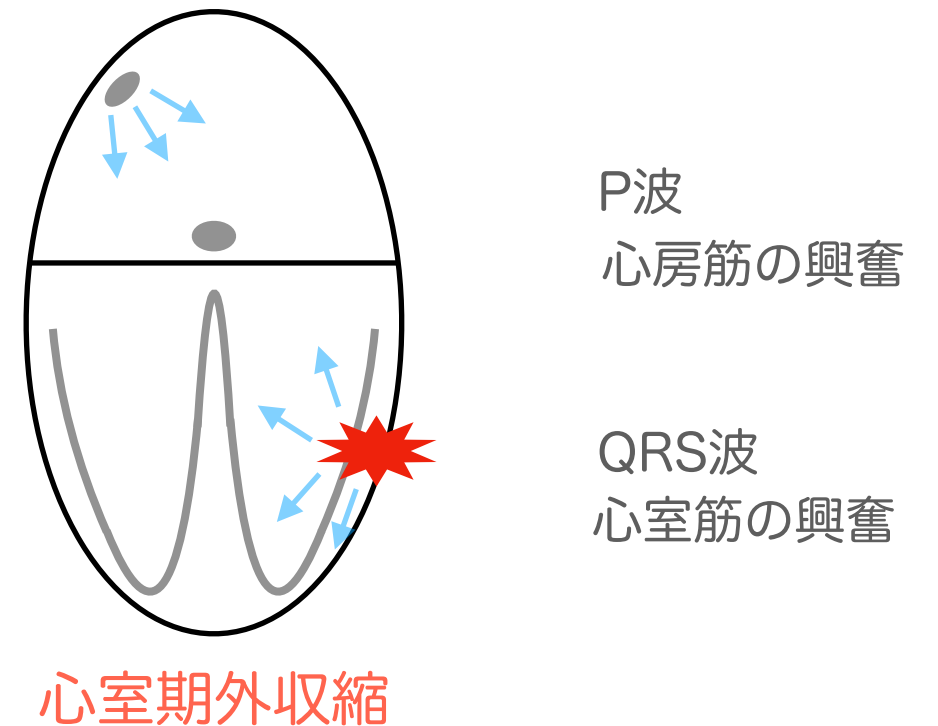
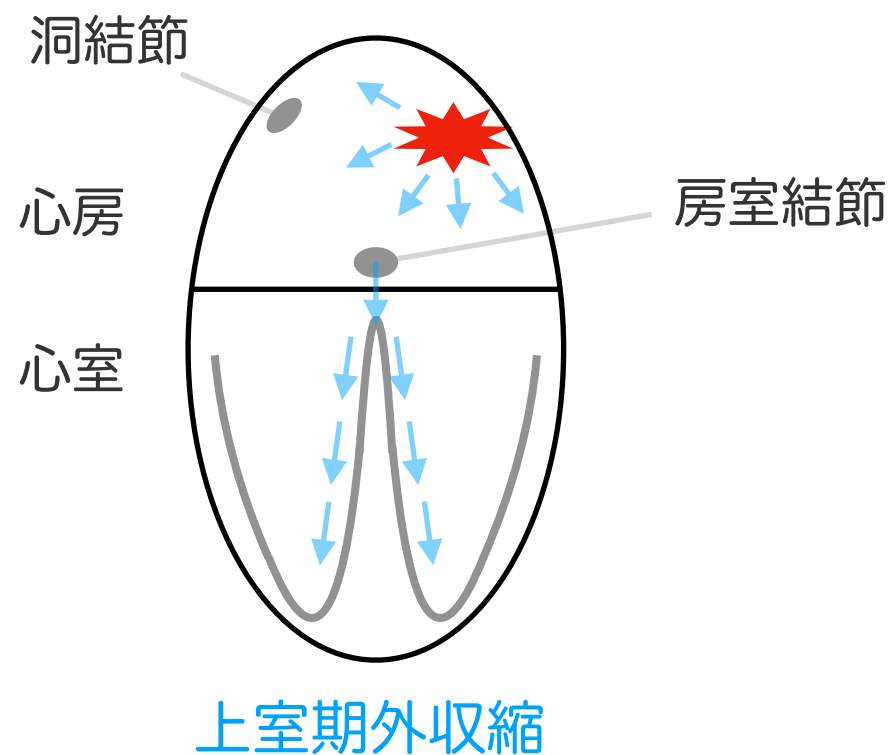
正常 or 延長

🔍 P波との関連は？



期外収縮 上室？ or 心室？

	上室期外収縮	心室期外収縮
QRS 形態	類似	異なる
QRS 持続時間	正常 0.07秒未満	延長 0.07秒以上
P波との関連	ある	ない



期外収縮 上室？ or 心室？

	上室期外収縮	心室期外収縮
QRS 形態	類似	異なる
QRS 持続時間	正常 0.07秒未満	延長 0.07秒以上
P波との関連	ある	ない

房室結節以下（＝心室）は通常の伝導路



上室期外収縮

通常と異なる心室内伝導路



心室期外収縮

心電図記録シート (犬)

1	P波, QRS波, T波を識別	○	
2	ペーパースピード 感度	50 mm/s 1 cm = 1 mV	
3	リズム 心拍数	不整 160 bpm	洞調律、洞性不整脈 60~170 bpm (成犬)

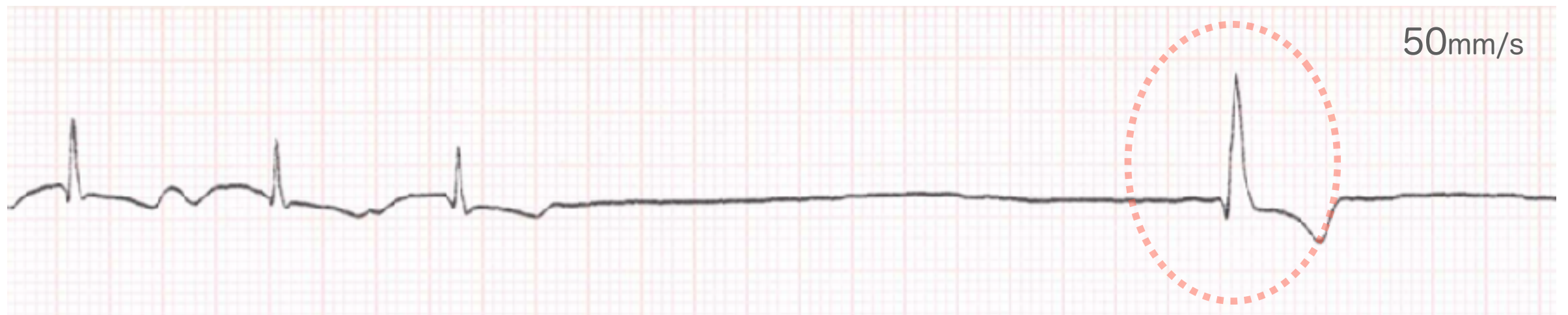


心室期外収縮



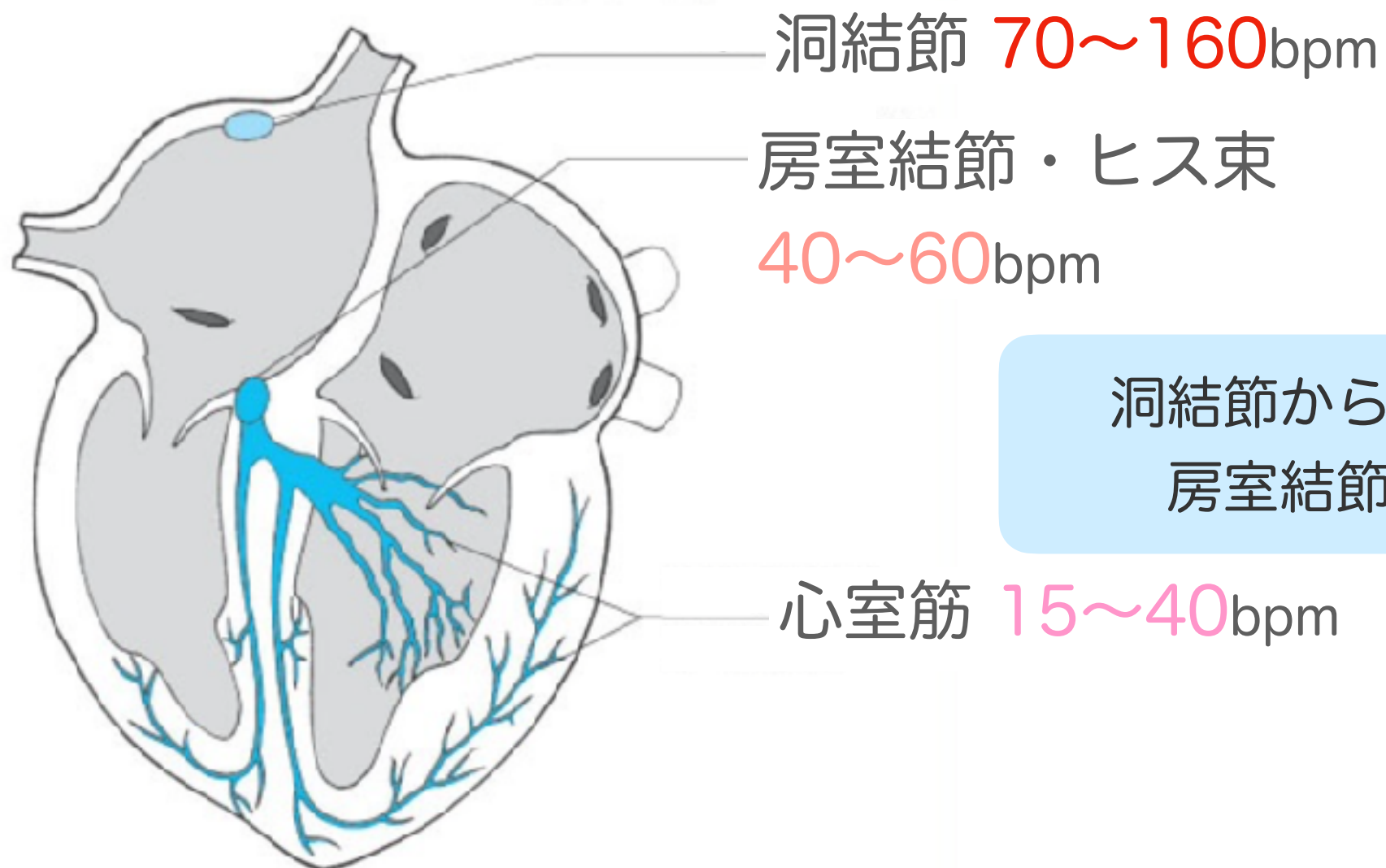
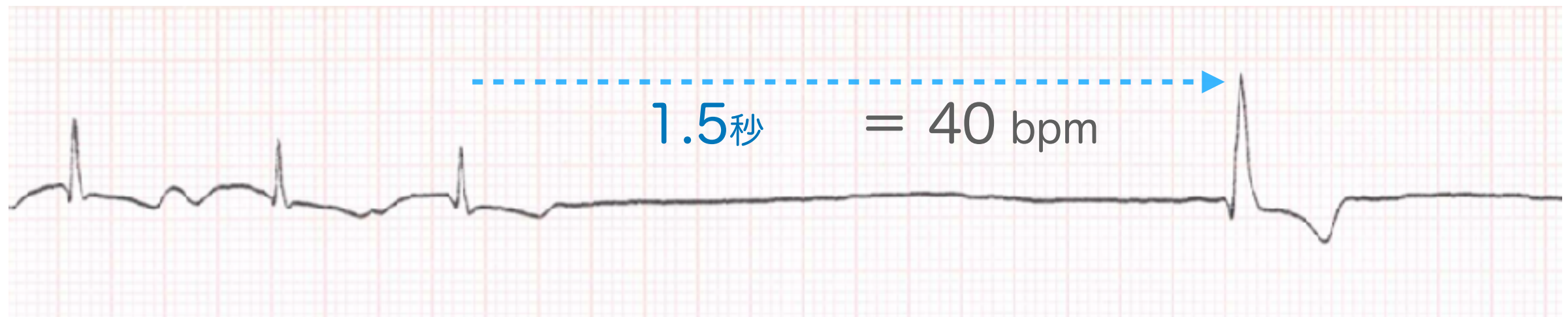
6	QRS波の幅 PQ間隔	0.08秒	< 0.07秒 0.06 ~ 0.13秒
7	P波高さ QRS波の高さ		< 0.4 mV 0.5 ~ 2.5 mV
8	平均電気軸		+40 ~ +100°

これは・・・？



心室期外収縮・・・？

補充調律



洞結節からの電気が来ないので
房室結節や心室が動きだす

「心電図」 × 「学び直し」

1. P波, QRS波, T波を識別する
2. ペーパースピード, 感度を確認する
3. リズム, 心拍数は?
4. P波はあるか?
5. P波とQRS波の関連は?
6. P波, QRS波の幅やPQ間隔は?
7. P波, QRS波の高さは?
8. 平均電気軸は?

できるだけ
多くの読図を

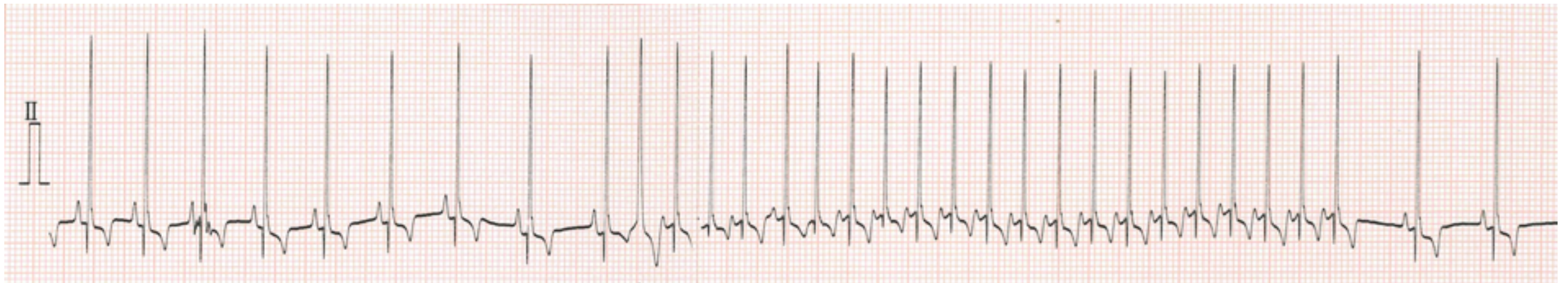




心室頻拍・上室頻拍

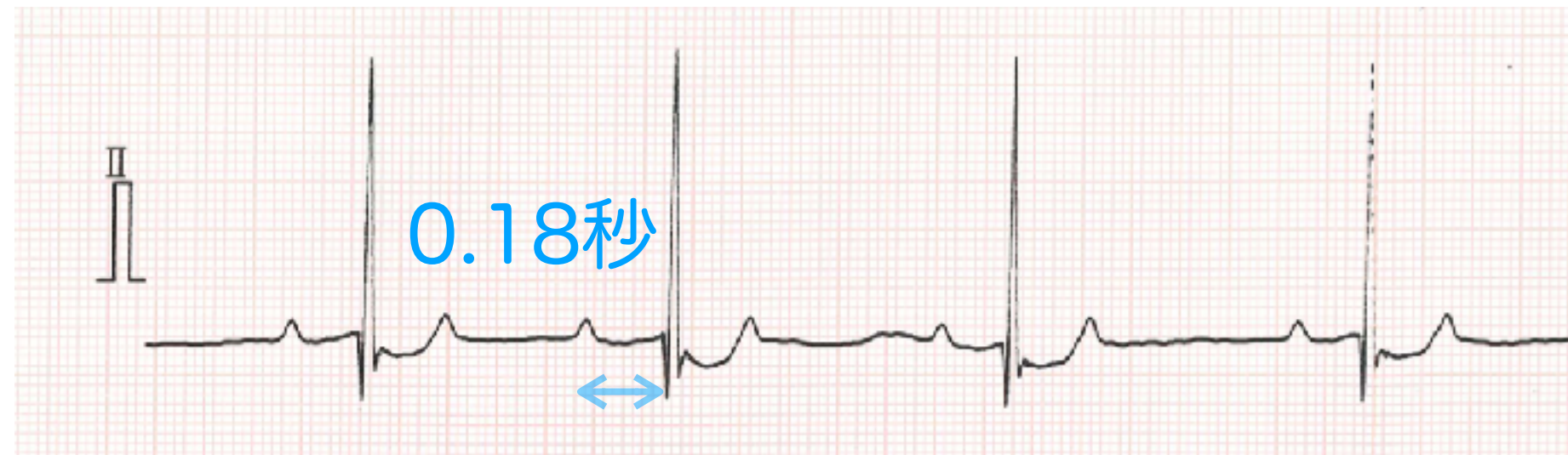


3連続以上であれば, 心室頻拍・上室頻拍





1度房室ブロック



伝導が遅延 = PQ間隔が延長 (>0.13 秒)

P波とQRS波は連携 (1 : 1)



2度房室ブロック

- Mobitz I 型 -



- Mobitz I 型 (Wenckebach型)

PQ間隔が徐々に延長しP波に続くQRS波が欠落

※ ブロック前のPQ間隔 > ブロック後のPQ間隔

0.14秒

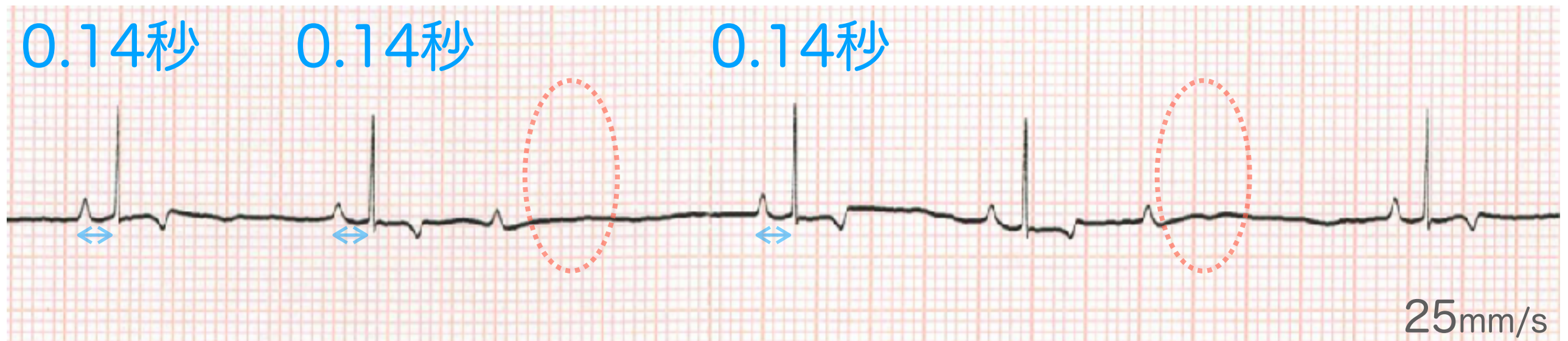
>

0.12秒



2度房室ブロック

- Mobitz II 型 -



PQ間隔が一定で間欠的にP波続くQRS波が欠落

※ ブロック前のPQ間隔 = ブロック後のPQ間隔

- Mobitz I 型 (Wenckebach型)

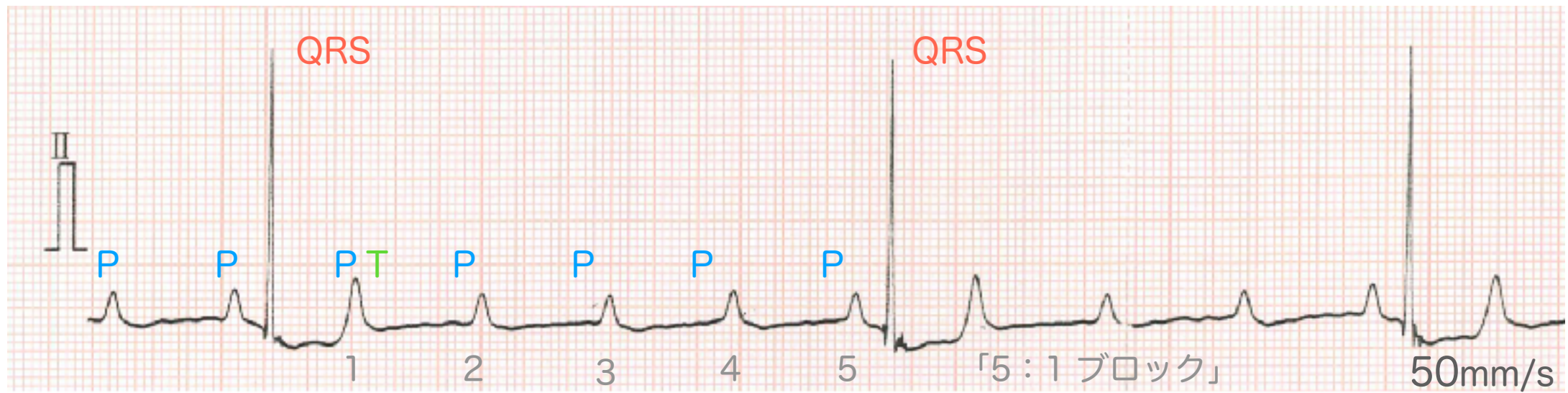
PQ間隔が徐々に延長しP波に続くQRS波が欠落

※ ブロック前のPQ間隔 > ブロック後のPQ間隔



2度房室ブロック

- 高度房室ブロック -

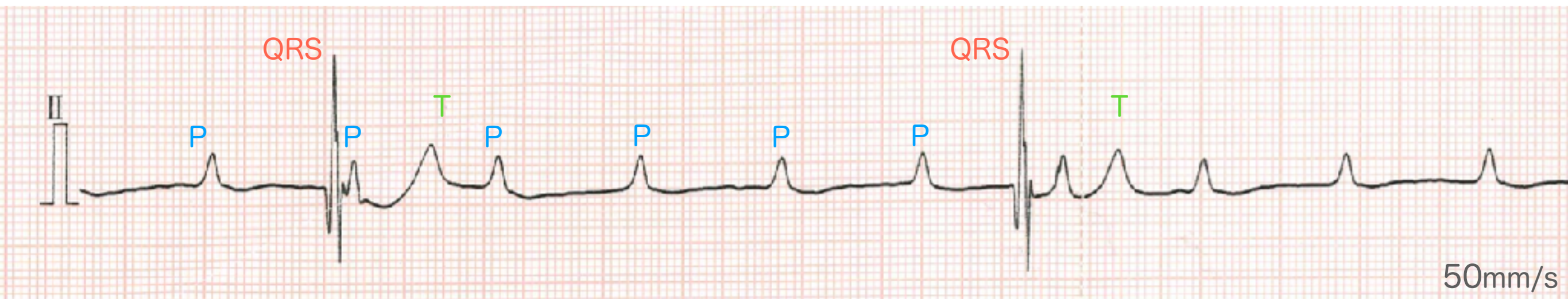


正常洞調律1つに対してP波（QRSが脱落した）が2つ以上
= 3つ以上のP波に対して伝導するQRSは1つ

2：1房室ブロック ≠ 高度房室ブロック



3度房室ブロック



伝導が完全に途絶 = P波とQRS波の関連がない
通常は徐脈となる



QRS波の持続時間や電気軸はバリエーションあり



ご質問等ございましたらお気軽にお声がけください！

seiya.niimi@gmail.com

 伊勢崎動物医療センター

Iseaki Animal Medical Center

