

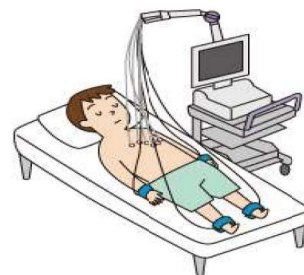
心電図の基礎

～虚血性心疾患の心電図を診る～

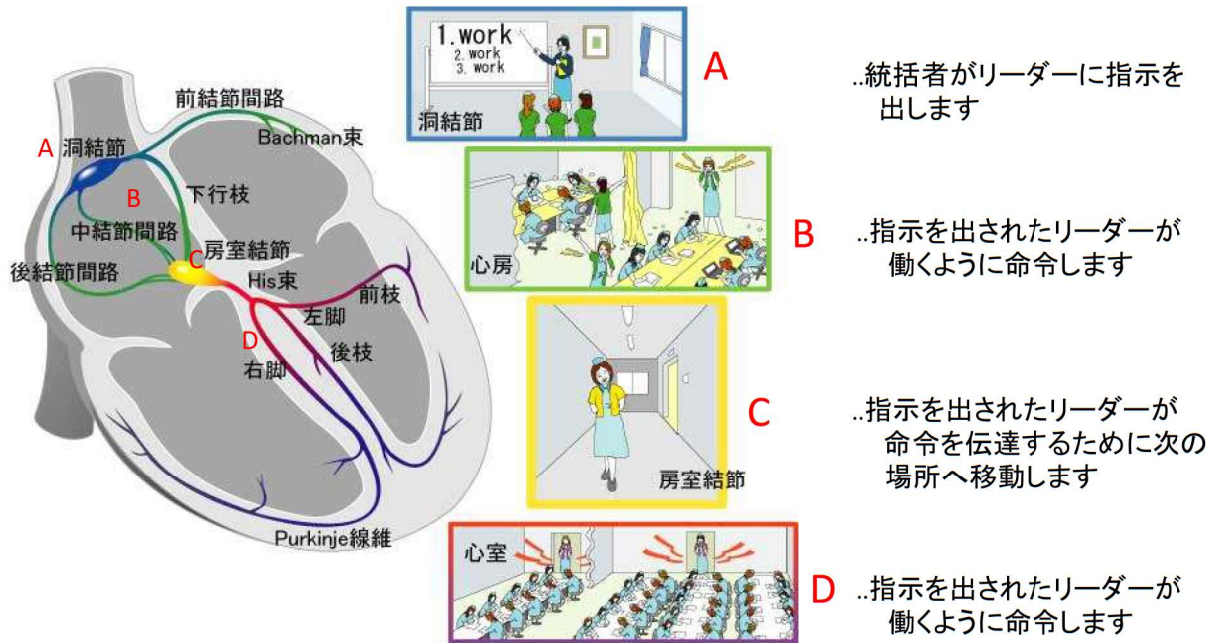
医療法人社団 中央会 金沢有松病院 検査部
池田 彩

本日の内容

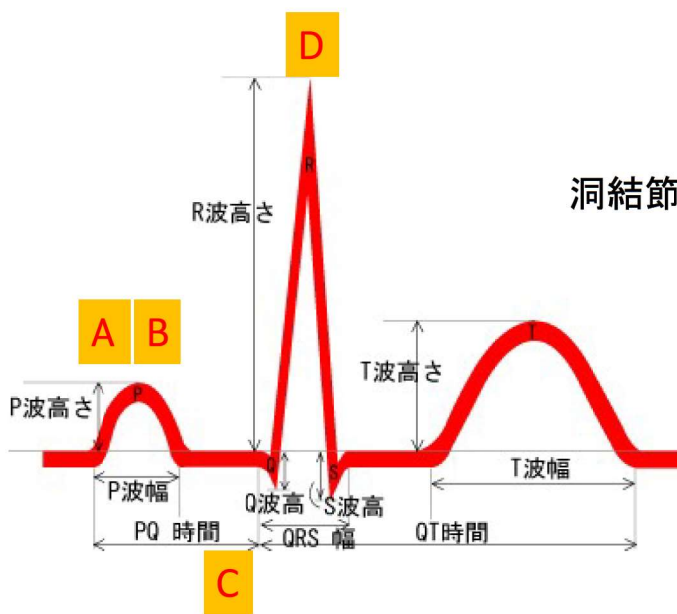
- ① 心電図の基本波形
- ② 心電図の判読方法
- ③ 虚血性心疾患の心電図



①心電図の基本波形～刺激伝導系～

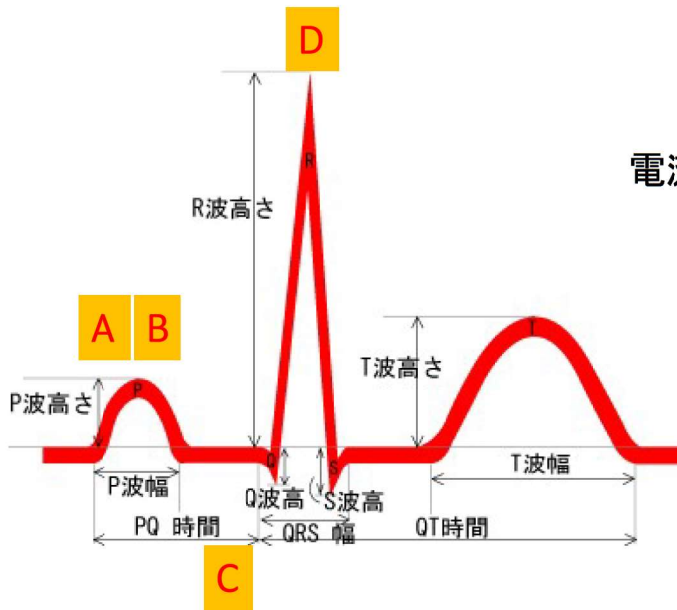


①心電図の基本波形～波形の表記～



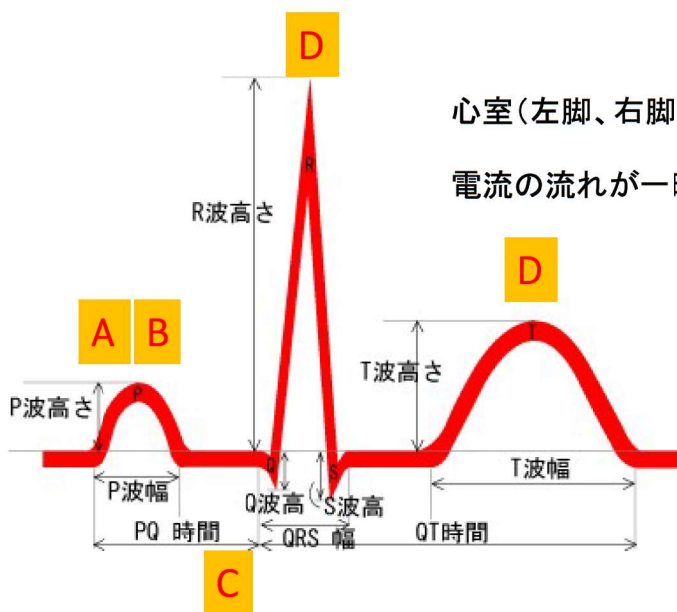
洞結節にスイッチがはいり、心房が興奮する → P波

①心電図の基本波形～波形の表記～



電流が心房から房室結節に流れる → PQ 時間

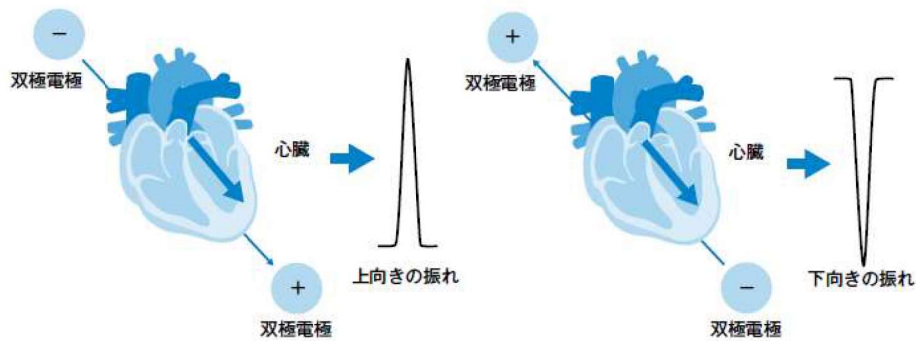
①心電図の基本波形～波形の表記～



心室(左脚、右脚)に電気が流れて心臓が収縮する(脱分極) → QRS 波

電流の流れが一時的に途切れ、心臓が弛緩する(再分極) → T波

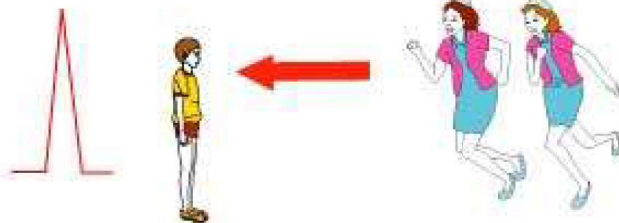
①心電図の基本波形～心電図の記録～



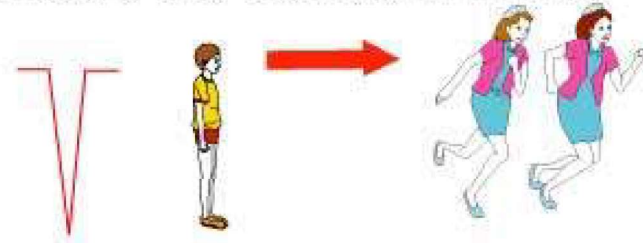
- ✓ 心臓を挟んで電極を2つ取り付けることで心電図が1つ記録できる。
- ✓ 電気はマイナス電極からプラス電極へ流れる。
- ✓ 電気の流れに対して、その上流にマイナス電極、下流にプラス電極をつければ心電図の振れは上向きとなり、逆の方向につければ下向きの振れとなる。

①心電図の基本波形～波形の捉え方～

興奮が向かってくる場合、波形を上向きに描く

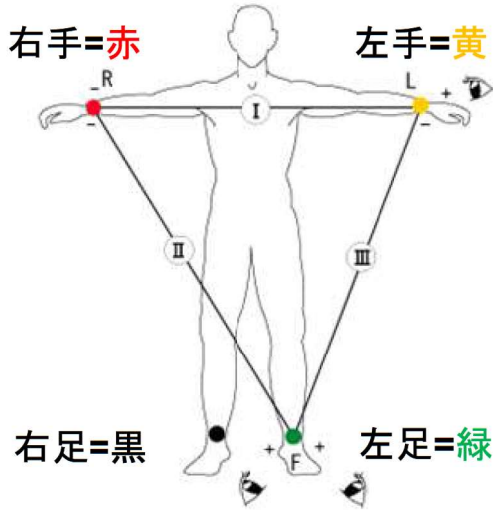


興奮が遠ざかっていく場合、波形を下向きに描く

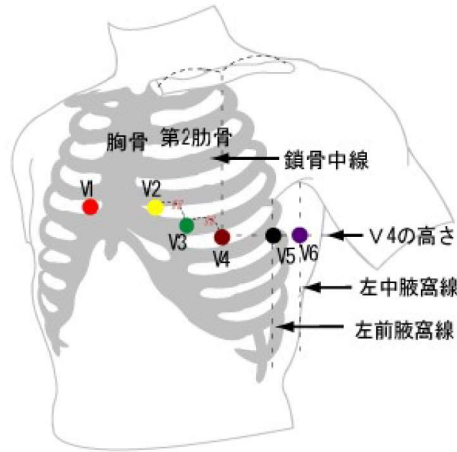


①心電図の基本波形～標準12誘導心電図～

四肢誘導



胸部誘導



- V1 第4肋間胸骨右縁
- V2 第4肋間胸骨左縁
- V3 V2とV4の間
- V4 第5肋間と左鎖骨中線上との交点
- V5 V4と同じ高さで左前腋下線との交点
- V6 V4と同じ高さで左中腋下線との交点

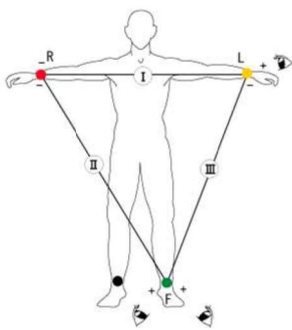
あきみちゃんのくろむらさき

①心電図の基本波形～標準12誘導心電図～

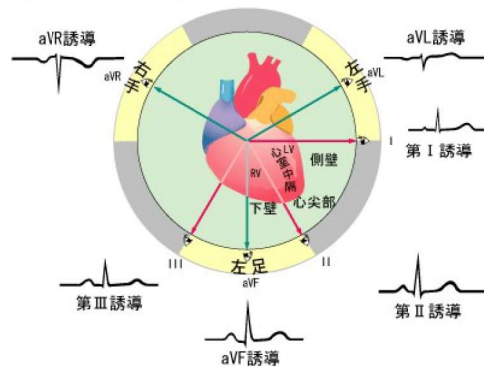
四肢誘導

I, II, III誘導は双極誘導。
aVR, aVL, aVF誘導は単極誘導。

※「a」は増大 augmentedの略
「V」は電位 voltageの略



【アイントーベンの三角形】

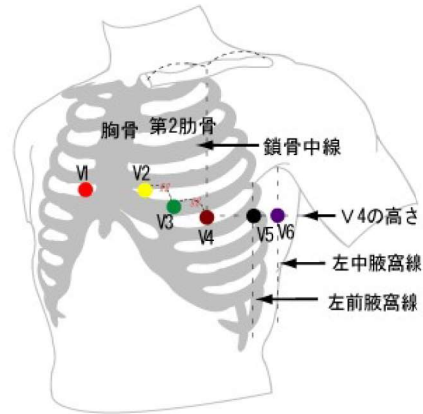
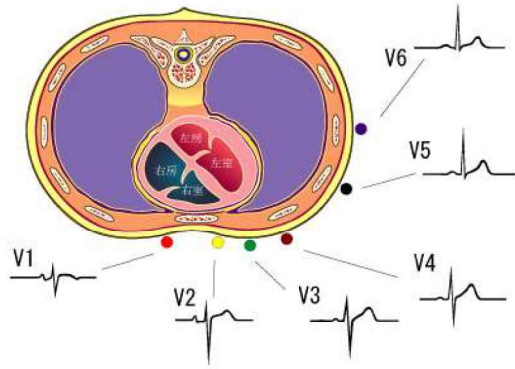


- 第 I 誘導: 左室の側壁を見る誘導。
- 第 II 誘導: 心臓を心尖部から見る誘導。
⇒四肢誘導で、波形が最も明瞭に描かれる。
- 第 III 誘導: 右室側面と左室下壁を見る誘導。
- aVR誘導: 右肩から心臓を見る誘導。
⇒すべてが下向きの波形となる。
- aVL誘導: 左肩から心臓を見る誘導。
- aVF誘導: 心臓を、ほぼ真下から見る誘導。

①心電図の基本波形～標準12誘導心電図～

胸部誘導

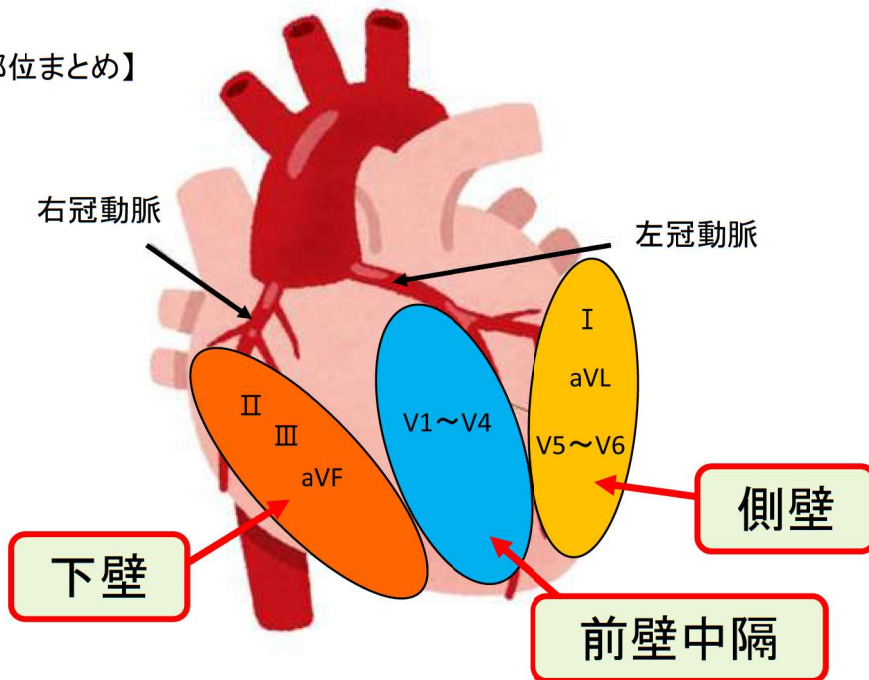
すべて単極誘導である。



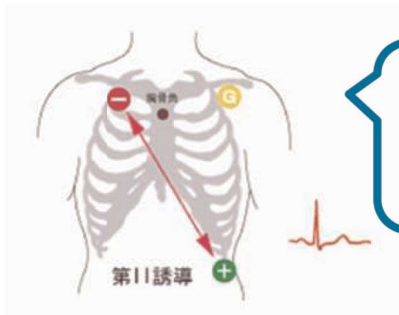
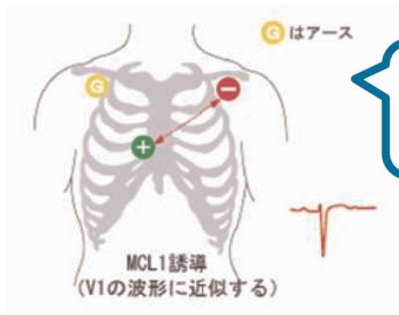
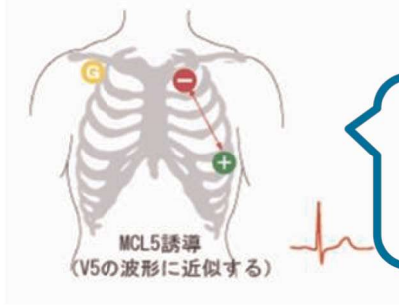
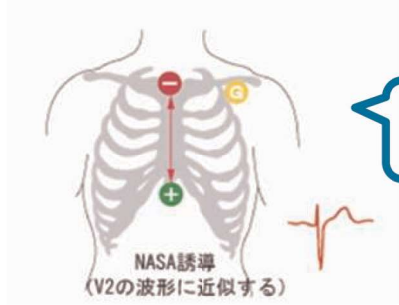
- V1: 主に右室側から心臓を見る誘導。
- V2: 右室と左室前壁側から心臓を見る誘導。
- V3: 心室中隔と左室前壁から心臓を見る誘導。
移行帯が見られる。
- V4: 心室中隔と左室前壁方向を見る誘導。
- V5: 左室前壁と側壁を見る誘導。
- V6: 左室側壁を見る誘導。

①心電図の基本波形～標準12誘導心電図～

【各誘導の観察部位まとめ】



①心電図の基本波形～さまざまな記録方法～

 <p>第II誘導</p>	<p>心臓の軸に最も近い誘導。 通常はP波、QRS波、T波がすべて陽性。</p>	 <p>MCL1誘導 (V1の波形に近似する)</p>	<p>不整脈をモニターしたい場合。 P波がみやすくなる。</p>
 <p>MCL5誘導 (V5の波形に近似する)</p>	<p>心筋梗塞や狭心症などの心筋虚血をモニターしたい場合。 左心室のST変化をとらえやすい。</p>	 <p>NASA誘導 (V2の波形に近似する)</p>	<p>鎖骨下・下胸部でも筋電図が入る場合。</p>

①心電図の基本波形～アーチファクト～

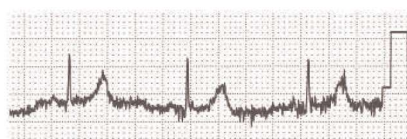
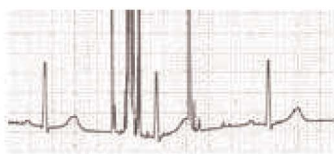
◎基線(波形自体)の動揺

- ・呼吸による変動 ⇒呼吸が荒い、大きい。体動。
- ・コネクタ接続不良 ⇒電極の乾き。コードの断線。発汗。



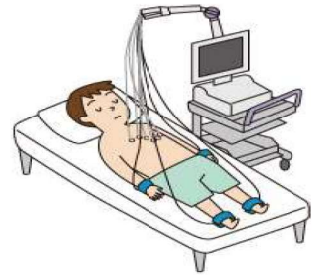
◎基線の小さな揺れ(乱れ)

- ・交流障害 ⇒周辺機器の影響。アースの不備。コードの断線。
- ・筋電図混入 ⇒力が入っている。痛み。こわばり。緊張。寒さ。

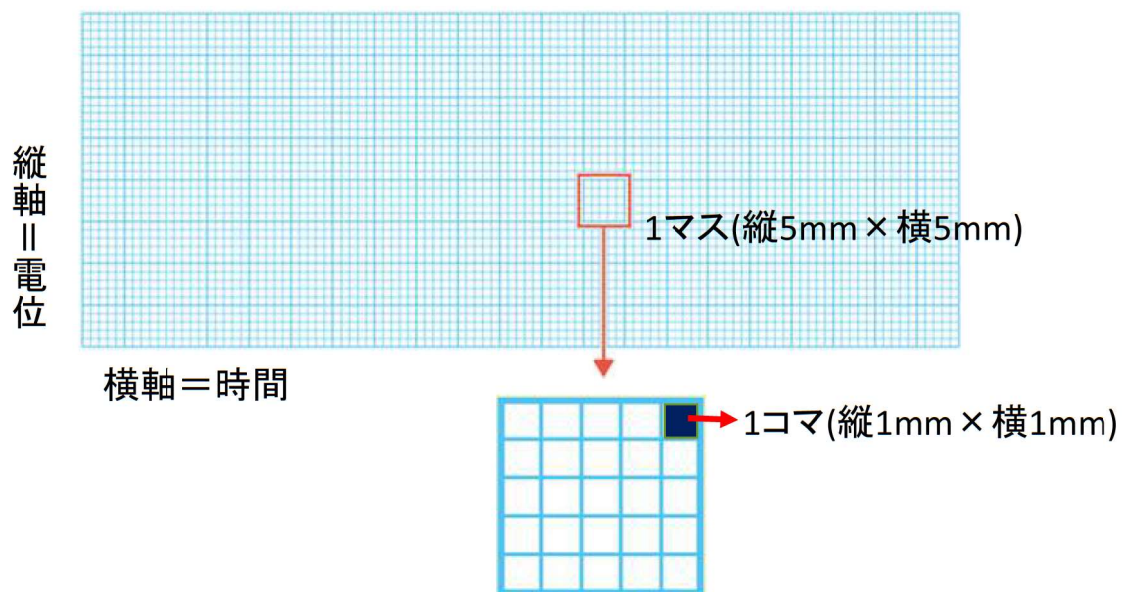


本日の内容

- ① 心電図の基本波形
- ② 心電図の判読方法
- ③ 虚血性心疾患の心電図



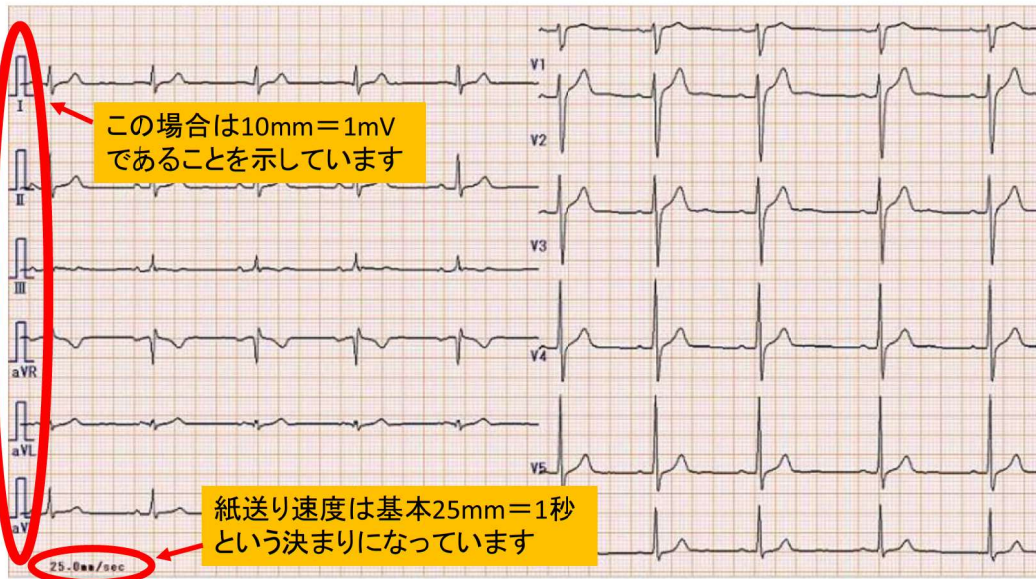
②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～



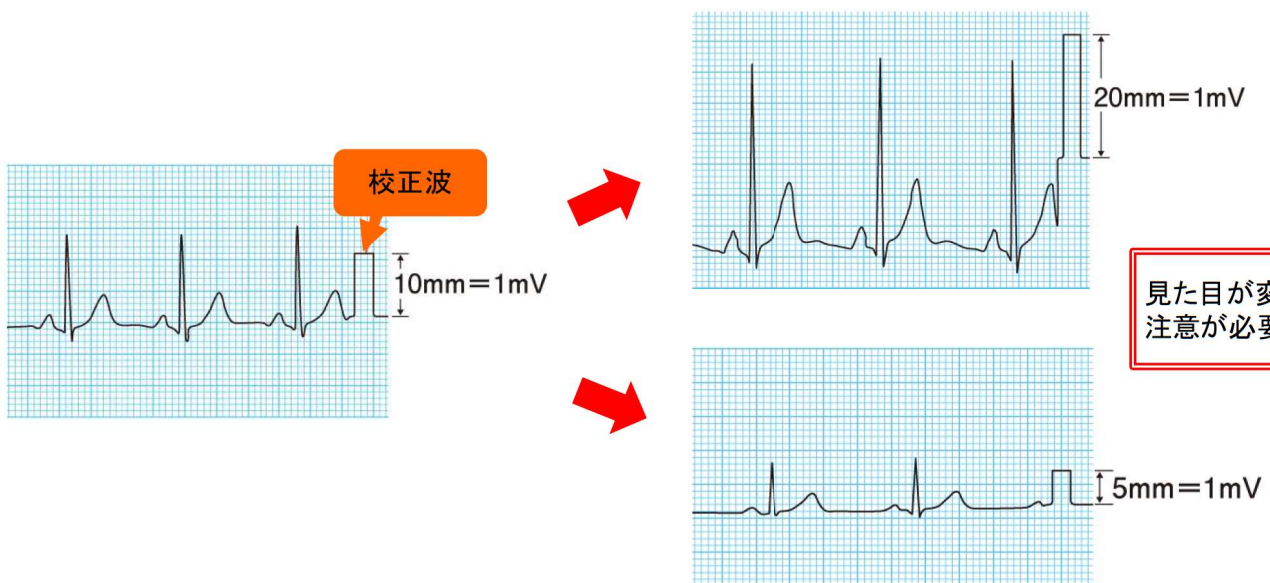
②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～

心電図の設定を確認しましょう！

縦軸＝電位

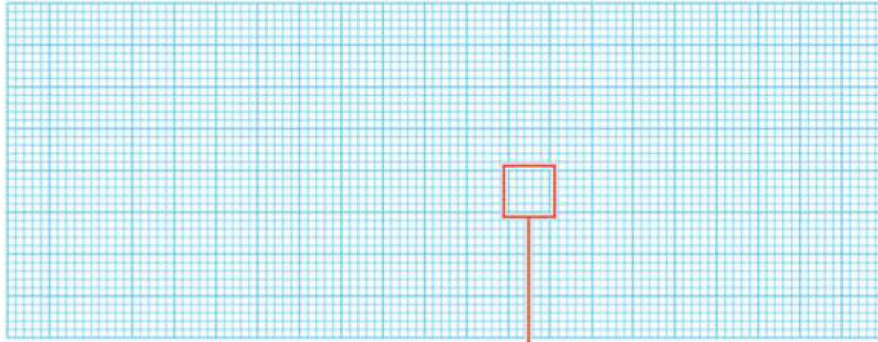


②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～



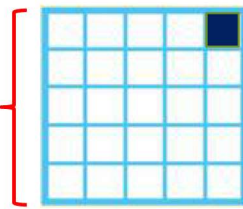
②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～

縦軸
||
電位



※10mm=1mVの設定の場合

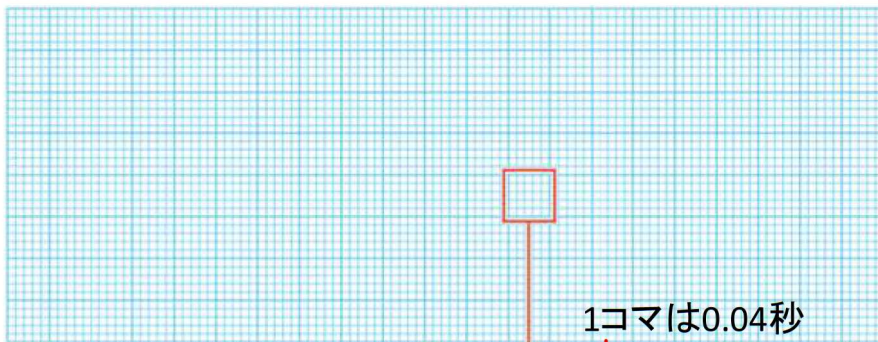
1マスは0.5mV



1コマは0.1mV

(1mV÷10mm=0.1mV)

②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～

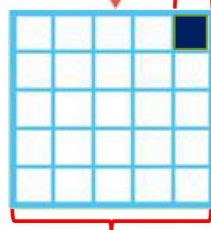


横軸=時間

※基本の紙送り速度
25mm=1秒

1コマは0.04秒

(1秒÷25mm=0.04秒)



1マスは0.20秒

②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

step1 リズム

脈が一定でうっているか(整っているか)をみる

整(一定のリズムである)

不整(一定のリズムでない。バラバラ。)

不整脈の種類を特定する

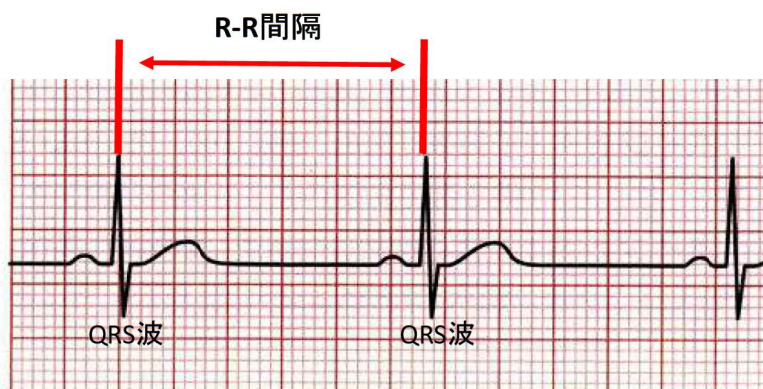
②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step2 心拍数

1分間(60秒間)に心臓が収縮する回数

$$\text{心拍数} = 60(\text{秒}) \div \text{R-R間隔}(\text{秒})$$



例) 左の心電図の心拍数を求めましょう。

1コマは0.04秒

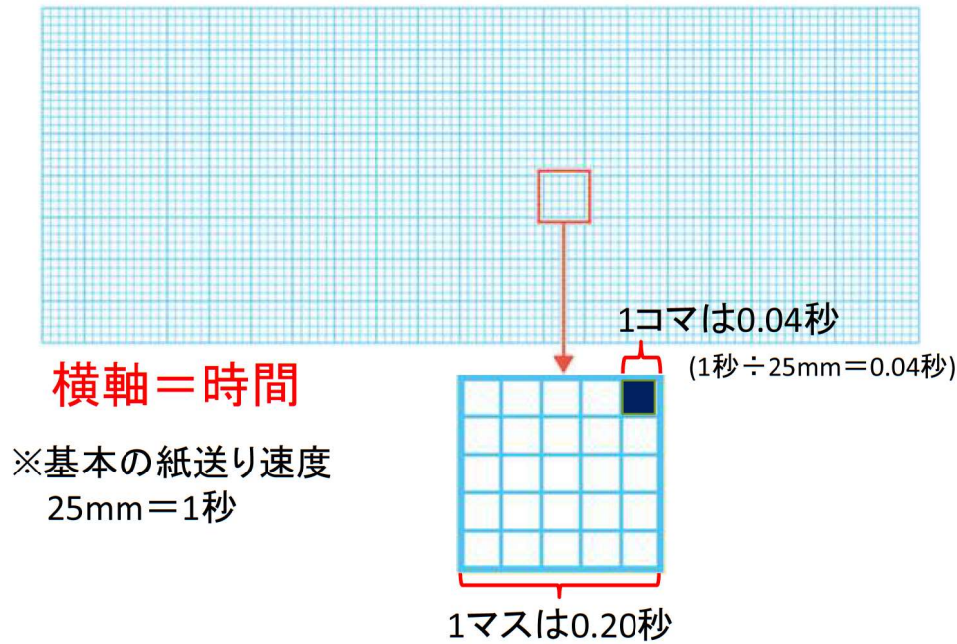


R-R間隔は28コマ
1コマは0.04秒であったので
 $0.04(\text{秒}) \times 28(\text{コマ}) = 1.12(\text{秒})$ となる

したがって、
心拍数 $= 60(\text{秒}) \div 1.12(\text{秒}) \approx 54$

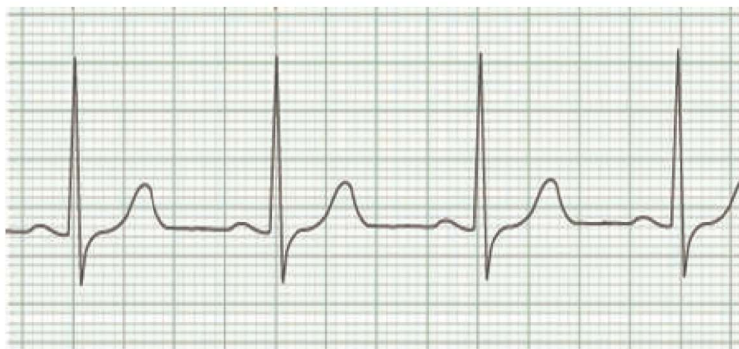
もっと簡単に知りたい！！

②心電図の判読方法～方眼紙のコマとマス～



Step2 心拍数

マスを使って心拍数を求める



$$R-R\text{間隔} = (\text{QRS波とQRS波の間のマスの数}) \times 0.20(\text{秒})$$

$$\text{心拍数} = 60(\text{秒}) \div R-R\text{間隔}(\text{秒})$$

$$\begin{aligned} \text{心拍数} &= 60(\text{秒}) \div \{(\text{QRS波とQRS波の間のマスの数}) \times 0.20(\text{秒})\} \\ &= 60(\text{秒}) \div (\text{QRS波とQRS波の間のマスの数}) \div 0.20(\text{秒}) \end{aligned}$$

つまり

$$\text{心拍数} = 300 \div (\text{QRS波とQRS波の間のマスの数})$$

例) 左の心電図の心拍数を求めましょう。

QRS波とQRS波の間のマスの数は4

$$\text{心拍数} = 300 \div 4 = 75$$

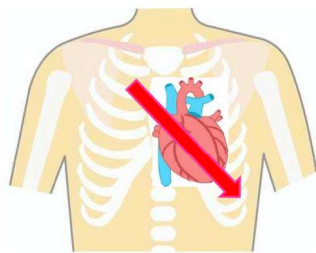
R-R間隔	1マス	2マス	3マス	4マス	5マス	6マス	7マス
心拍数	300	150	100	75	60	50	43

②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step3 電気軸

電気の流れる方向



正常軸

$-30^{\circ} \sim +90^{\circ}$

右軸偏位

$+90^{\circ} \sim +180^{\circ}$

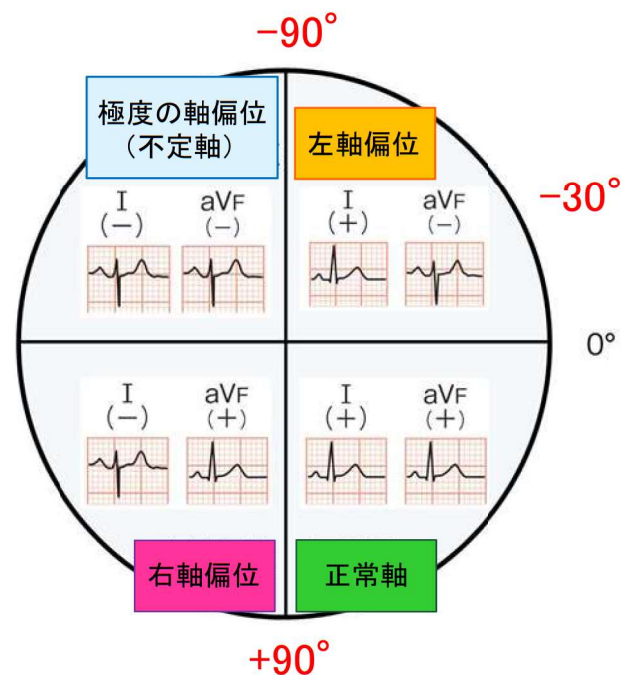
左軸偏位

$-30^{\circ} \sim -90^{\circ}$

極度の軸偏位
(不定軸)

$+180^{\circ} \sim -90^{\circ}$

$+180^{\circ}$



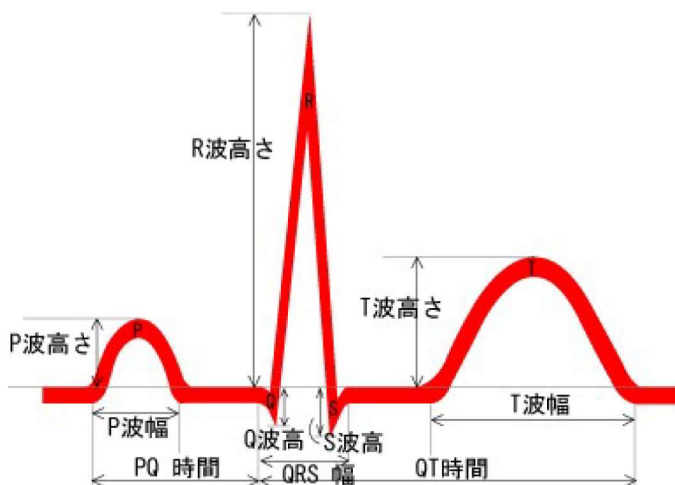
②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step4 P波

洞結節にスイッチがはいり、心房が興奮する

刺激伝導系のスタート



✓ QRS波の前にP波がある？ない？

ある

洞調律

ない

房室接合部調律
心室調律
心房細動などの
その他の不整脈

✓ P波の幅 正常値:0.12秒以下

※0.12秒以上⇒左房負荷

✓ P波の高さ 正常値:0.25mV以下

※0.25mV以上⇒右房負荷

②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step5 PQ時間

電流が心房から房室結節に流れる

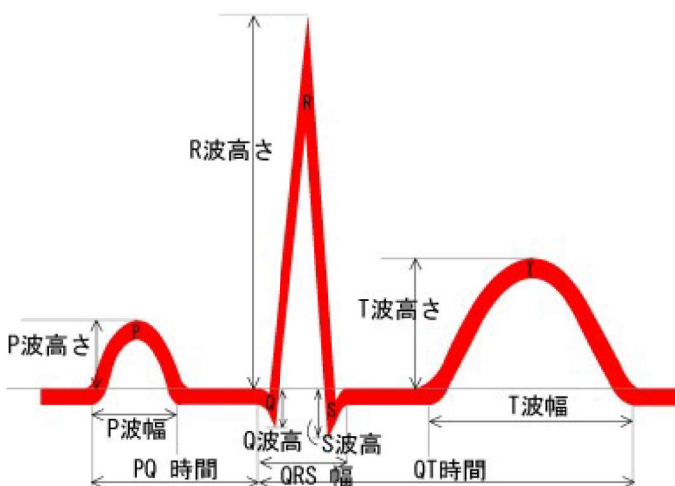
通過するのに少し時間がかかる

✓ PQ時間 正常値: 0.12~0.20秒

PQ時間の延長(PQ延長) 0.20秒以上
⇒1度房室ブロック

PQ時間の短縮(PQ短縮) 0.12秒未満
⇒(代表的なもの)WPW症候群

心房の興奮後、房室結節を bypass せずに別のルート(ケンタ束)を通り、心室に伝導する。



②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step6 QRS波

心室(左脚、右脚)に電気が流れて心臓が収縮する(脱分極)

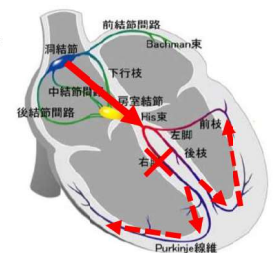
✓ QRS波の幅 正常値 0.06~0.10秒(0.12秒(3コマ)未満)

QRS波の幅が0.12秒以上

- ①心室の中の電気の流れが悪くなっている場合
 - ・脚ブロック(完全右脚ブロック、完全左脚ブロック)
 - ・冠動脈硬化による強い心筋の血流障害

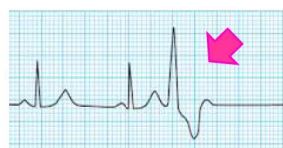


(例)完全左脚ブロック

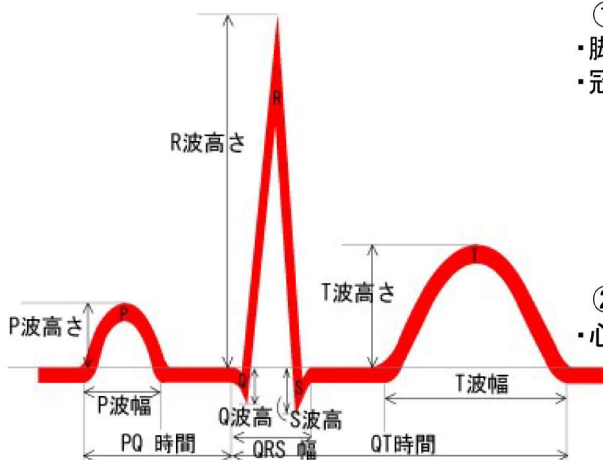
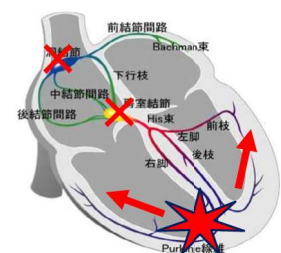


②心室からの興奮の場合

- ・心室性期外収縮、心室固有調律など



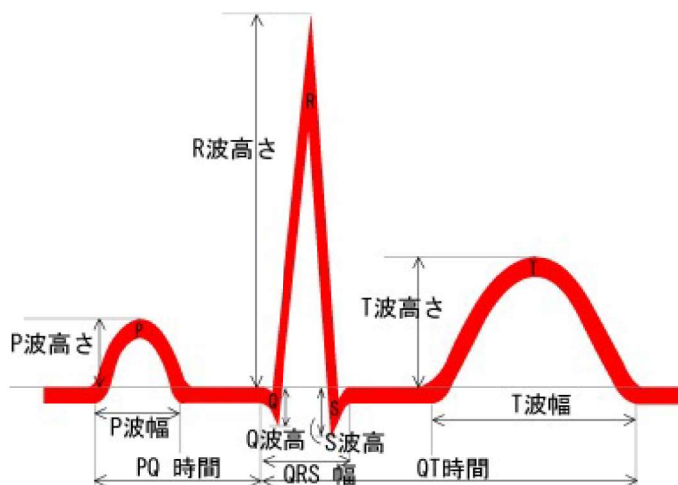
(例)心室性期外収縮



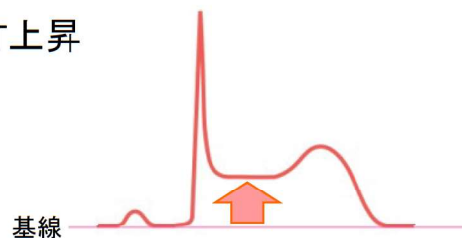
②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

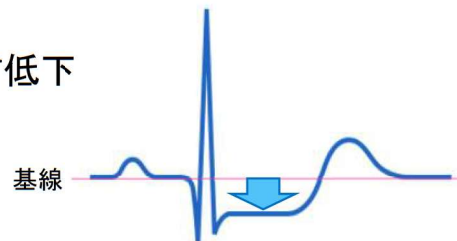
Step7 ST



ST上昇



ST低下



虚血性心疾患を診るうえで重要な部分!!
⇒後半のスライドで詳細に解説します。

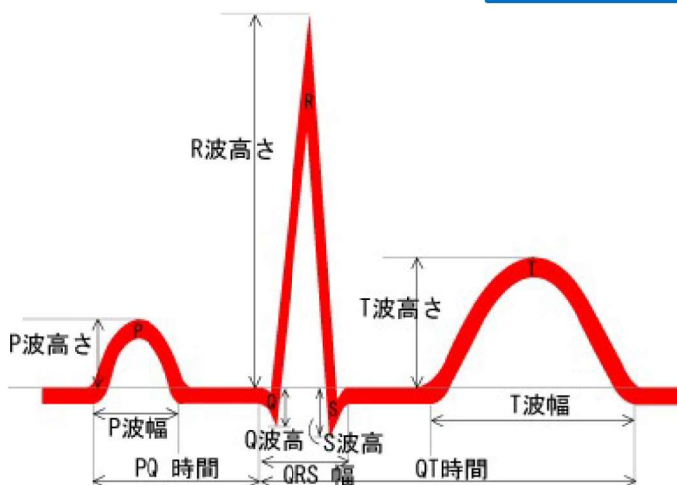
②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step8 T波

電流の流れが一時的に途切れ、心臓が弛緩する(再分極) → T波

正常心電図におけるT波は aVR誘導で陰性
 aVL, III, V1誘導で陽性あるいは陰性
 I, II, V2~V6誘導では陽性



<代表的な病態>

陽性

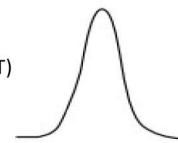


陰性



・虚血性心疾患 ※巨大陰性T
 ⇒肥大型心筋症
 ・心肥大、心筋症
 ・肺血栓塞栓症 たこつぼ心筋症

先鋭増高(テント状T)



・高カリウム血症
 ・心筋虚血の超急性期

平坦



・低カリウム血症(QTの延長もみる)

②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step9 QT時間

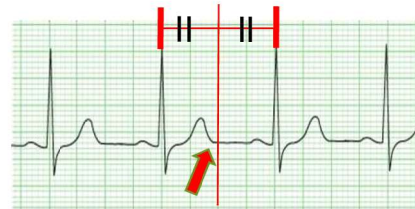
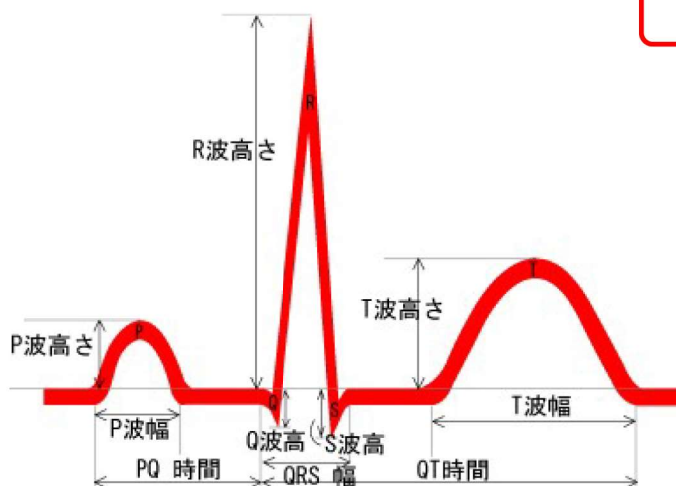
QT時間は心拍数によって変動する



QT時間はRR間隔で補正した値(QTc)で評価

$$QTc = QT \div \sqrt{R-R}$$

✓ QTc 正常値 0.36~0.44秒



②心電図の判読方法

step1	リズム	整 or 不整
step2	心拍数(HR)	徐脈？頻脈？
step3	電気軸	
step4	P波	ある or ない
step5	PQ時間	短縮がある？延長がある？
step6	QRS波	
step7	ST	上昇？低下？
step8	T波	
step9	QT時間	延長がある？
step10	その他	(電位など..)

Step10 その他

低電位

四肢誘導の全誘導で電位差が 0.5 mV 以下の場合
胸部誘導の全誘導で1mV 以下の場合

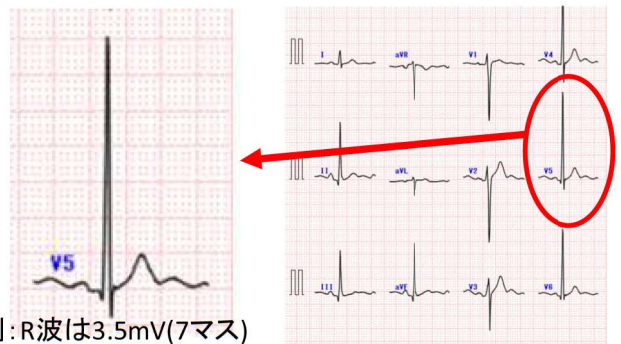
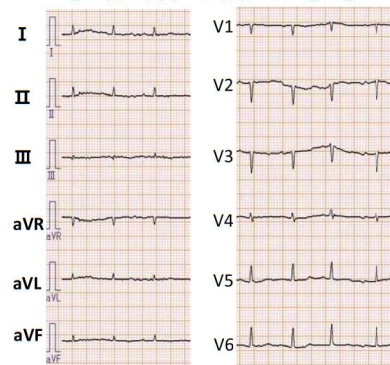
心臓の周囲に水分が貯留している場合(心嚢液の貯留)
四肢に浮腫のある場合(心不全, 低蛋白血症など)
心臓の起動力(電氣的刺激を発生させる力)が減少した場合(心筋梗塞など)

左室高電位

V5誘導もしくはV6誘導でのR波が2.5mVより大きい(5マスを超える)

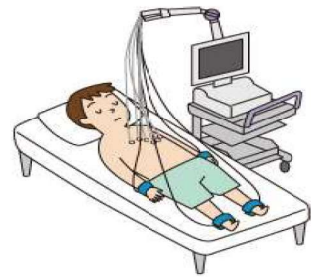
心臓の電気現象(電位)が増加している⇒心臓の細胞が増えている状態
つまり心筋重量が大きくなっている可能性を考えます。

【心嚢水貯留の患者の心電図】



本日の内容

- ① 心電図の基本波形
- ② 心電図の判読方法
- ③ 虚血性心疾患の心電図



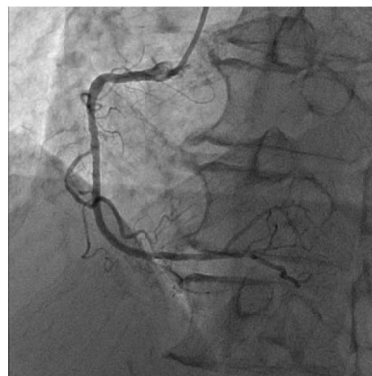
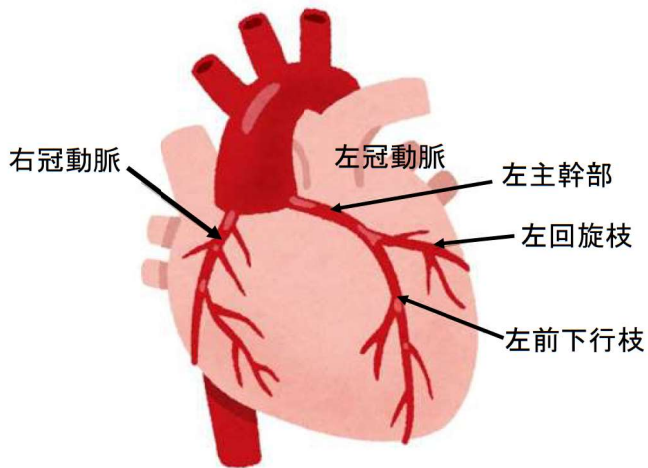
虚血性心疾患

動脈硬化や血栓で心臓の周りにある血管が狭くなり、心臓の筋肉に酸素・栄養がいきわたらず、運動やストレスで前胸部などに痛み、圧迫感といった症状を生じる状態

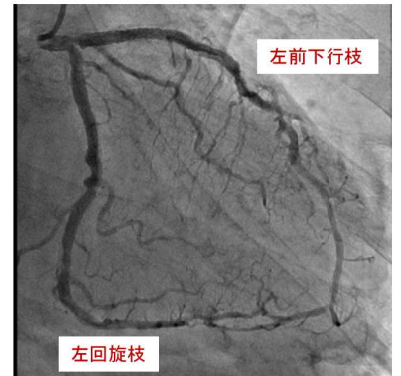
心臓の周りにある血管＝冠動脈



【心臓カテーテル検査による冠動脈造影】



右冠動脈



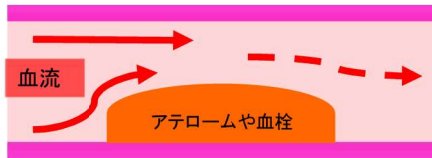
左冠動脈

虚血性心疾患

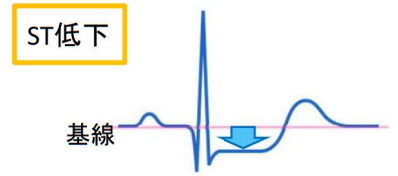
動脈硬化や血栓で心臓の周りにある血管が狭くなり、心臓の筋肉に酸素・栄養がいきわたらず、運動やストレスで前胸部などに痛み、圧迫感といった症状を生じる状態



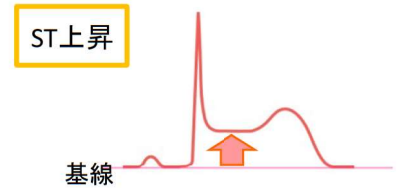
正常な冠動脈



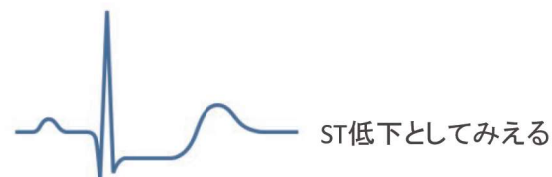
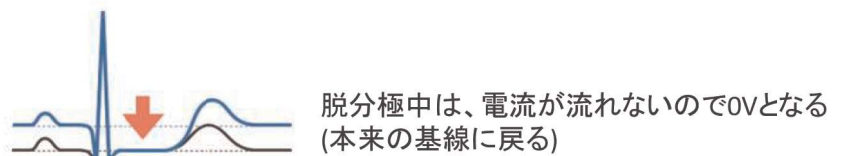
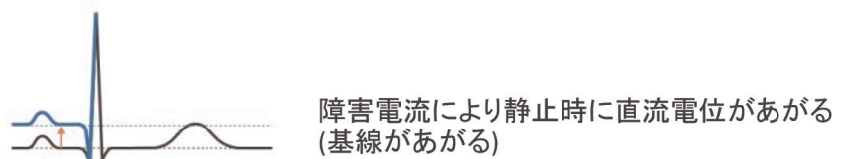
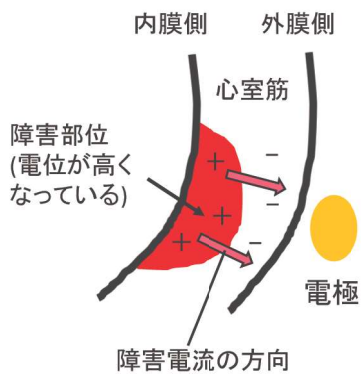
冠動脈が狭くなった状態
⇒狭心症



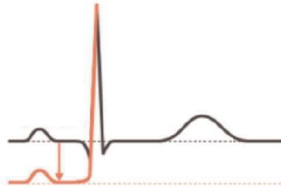
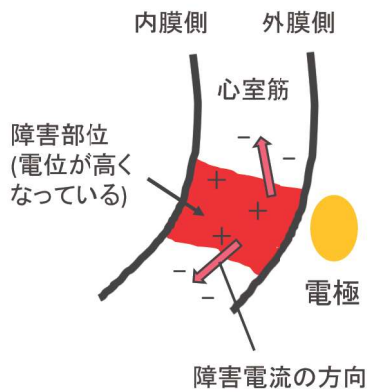
冠動脈が完全に詰まった(閉塞した)状態
⇒心筋梗塞



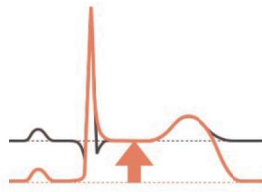
ST低下のメカニズム



ST上昇のメカニズム



障害電流により静止時に直流電位がさがる
(基線がさがる)

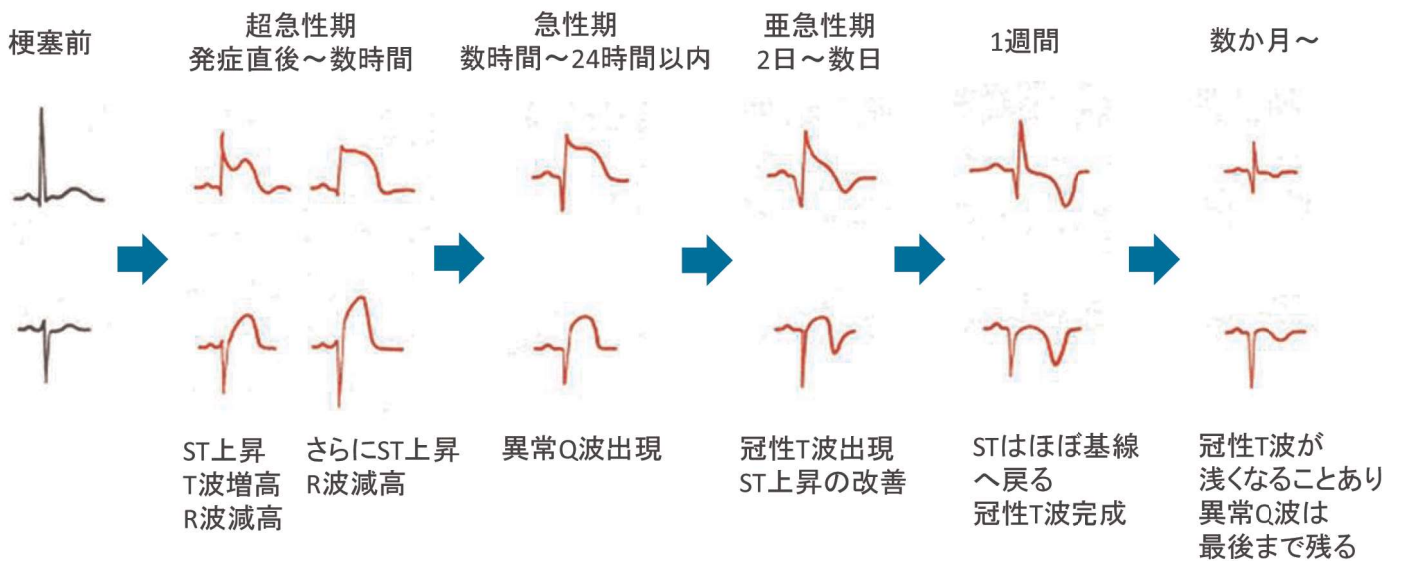


脱分極中は、電流が流れないので0Vとなる
(本来の基線に戻る)



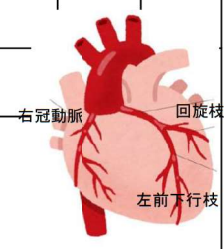
ST上昇としてみえる

心筋梗塞の心電図 経時的変化



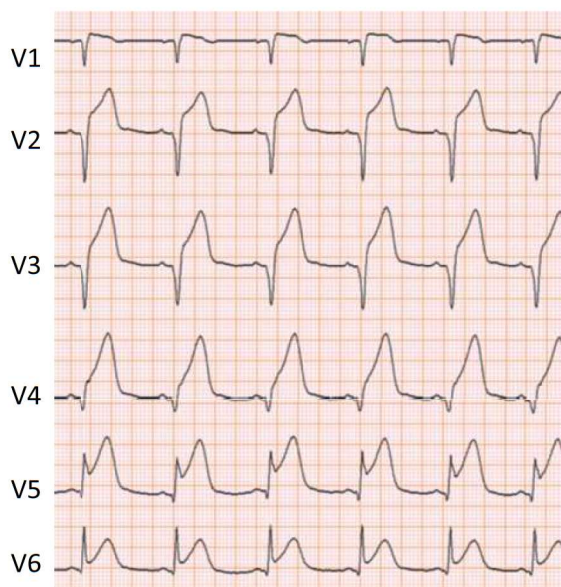
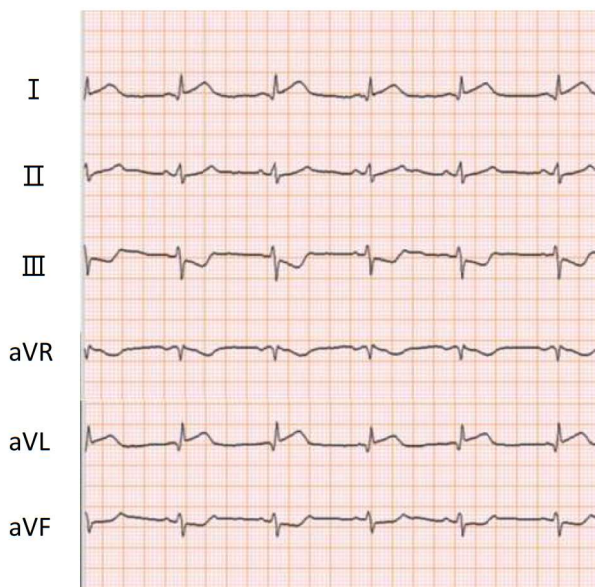
梗塞部位と心電図変化

梗塞部位	主な閉塞枝	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
前壁中隔	左前下行枝							●	●	●			
広範囲前壁		●				●		●	●	●	●	●	△
側壁	左前下行枝 もしくは 左回旋枝	●				●						●	●
高位側壁		●				●							
下壁	右冠動脈		●	●			●						
後壁	左回旋枝 もしくは 右冠動脈							★	★				

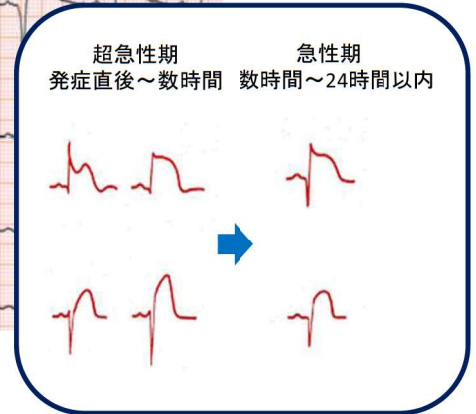
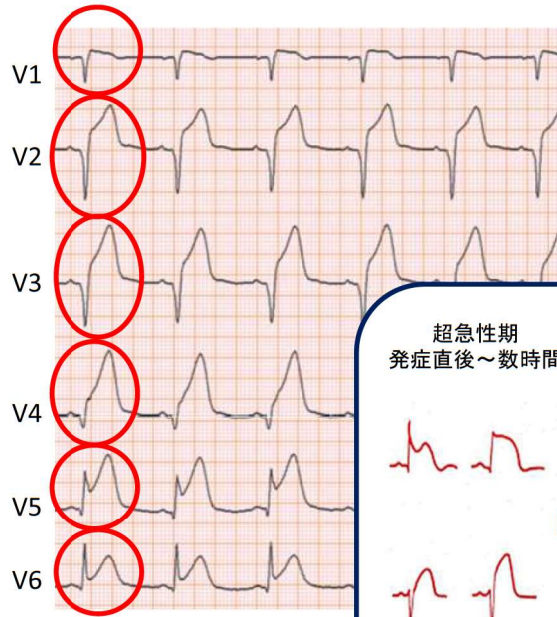
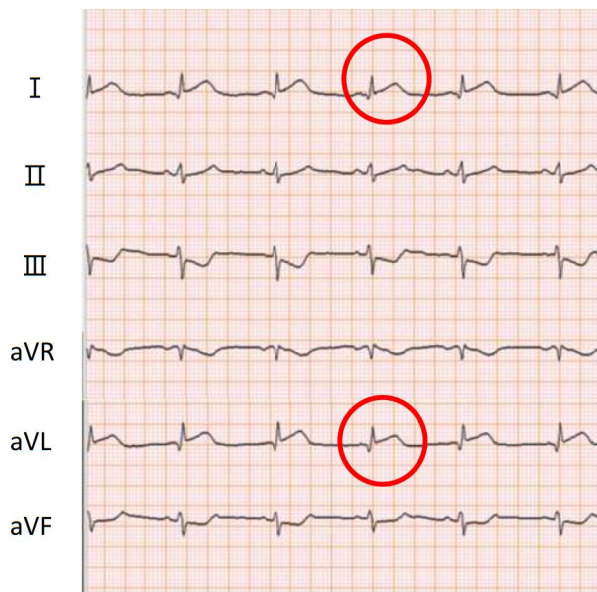


●:主にSTが上昇する △:ST上昇する場合があります ★:R波増高

Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



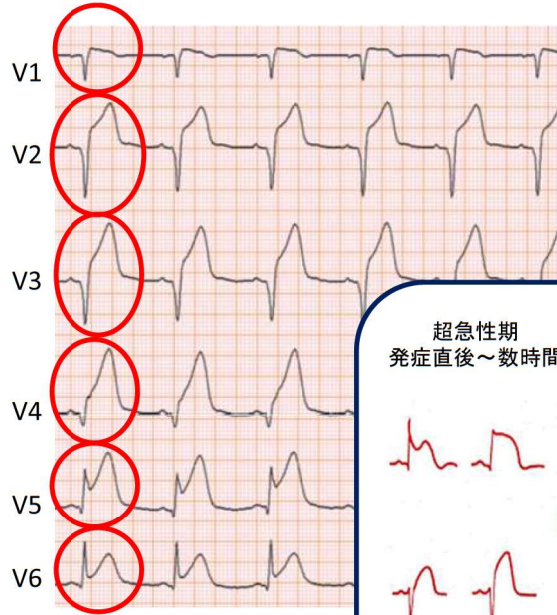
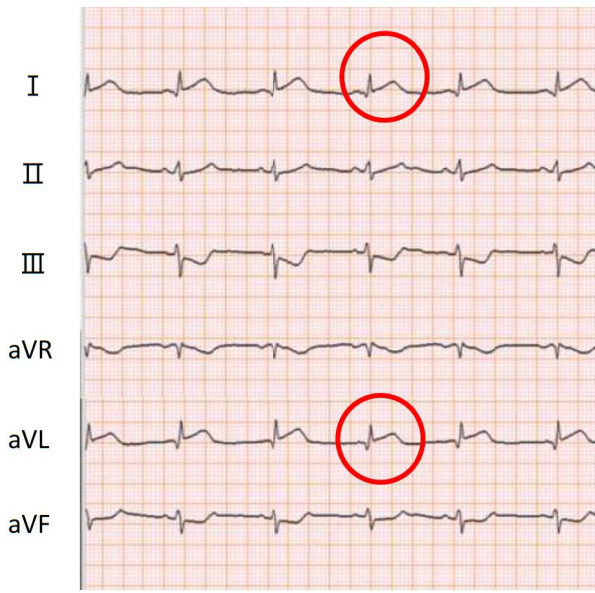
梗塞部位と心電図変化

梗塞部位	主な閉塞枝	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
前壁中隔								●	●	●			
広範囲前壁	左前下行枝	●				●		●	●	●	●	●	△
側壁	左前下行枝 もしくは 左回旋枝	●				●						●	●
高位側壁		●				●							
下壁	右冠動脈		●	●			●						
後壁	左回旋枝 もしくは 右冠動脈							★	★				

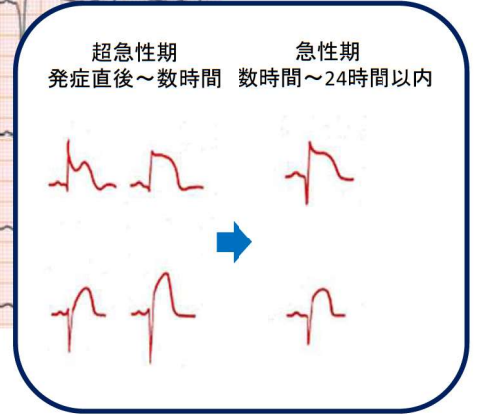
●:主にSTが上昇する △:ST上昇する場合があります ★:R波増高

Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？

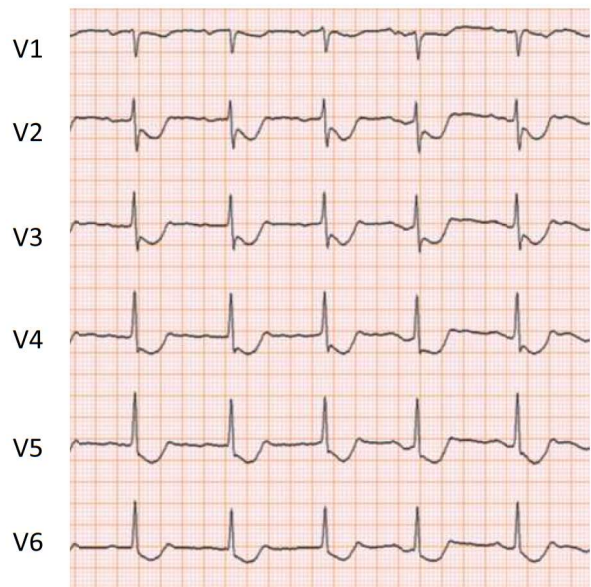
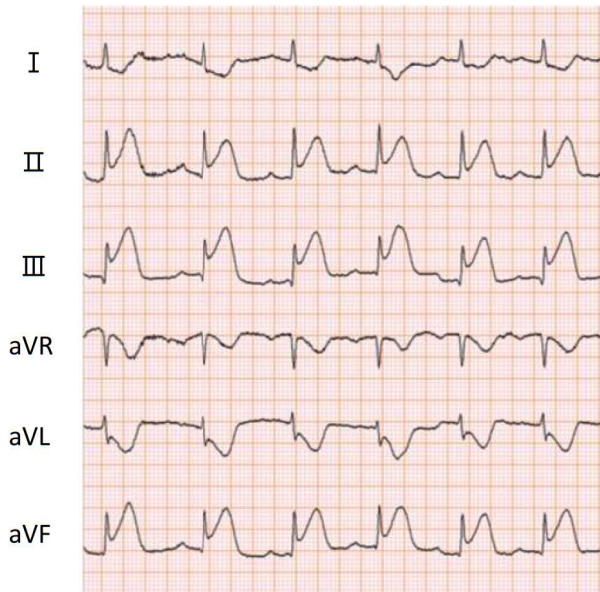
⇒ 梗塞部位: 広範囲前壁 閉塞枝: 左前下行枝



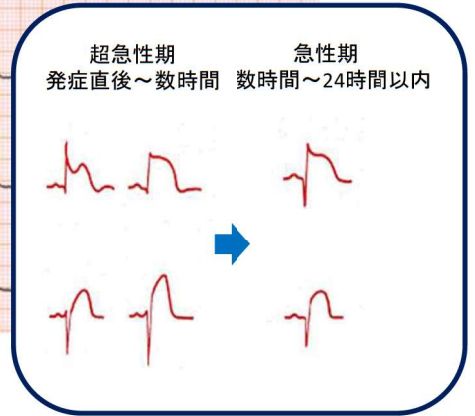
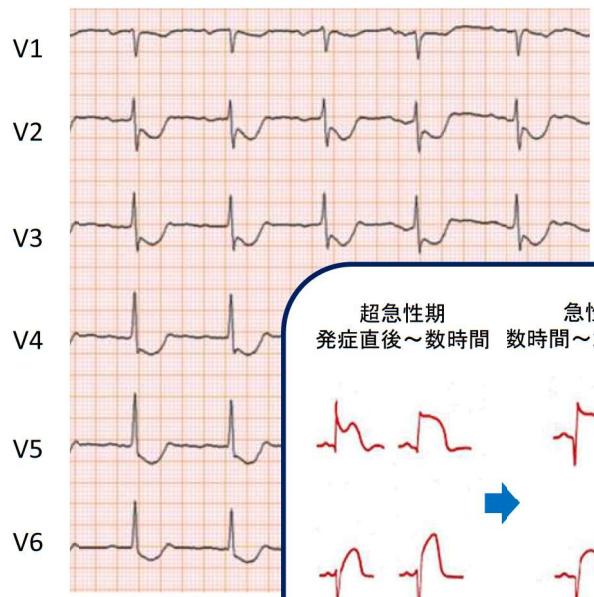
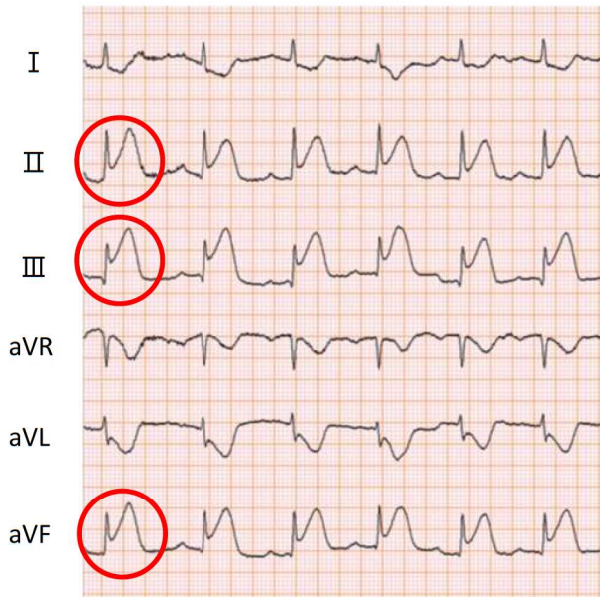
急性心筋梗塞(広範囲前壁)



Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？

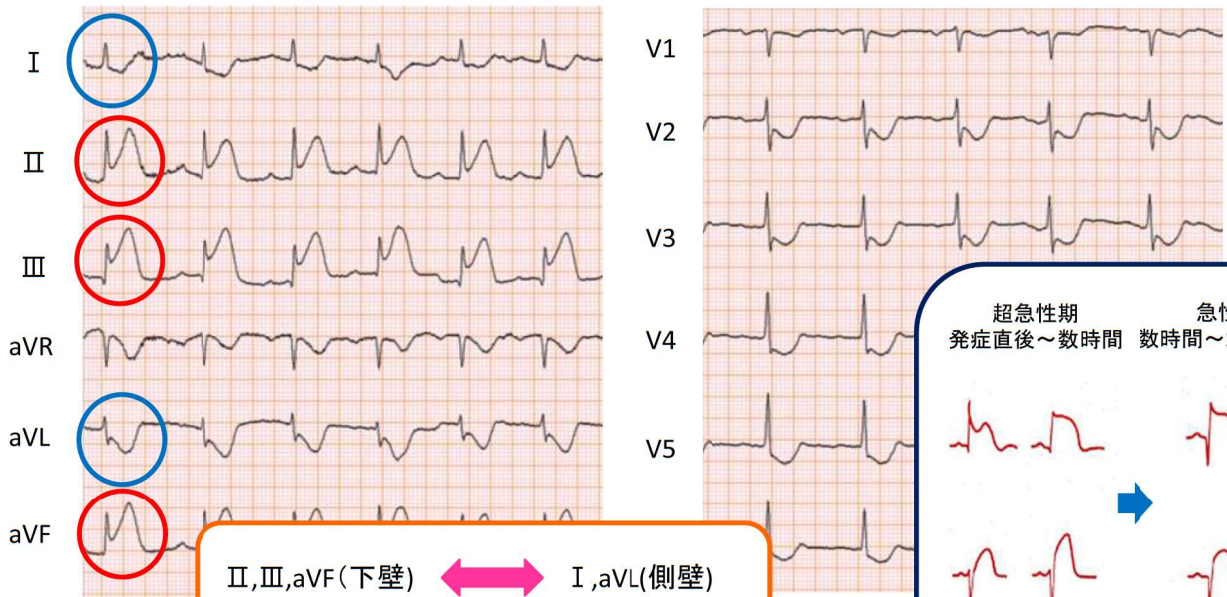


梗塞部位と心電図変化

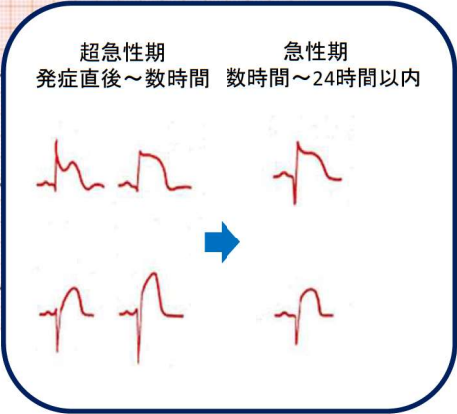
梗塞部位	主な閉塞枝	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
前壁中隔	左前下行枝							●	●	●			
広範囲前壁		●				●		●	●	●	●	●	△
側壁	左前下行枝 もしくは 左回旋枝	●				●						●	●
高位側壁		●				●							
下壁	右冠動脈		●	●			●						
後壁	左回旋枝 もしくは 右冠動脈							★	★				

●:主にSTが上昇する △:ST上昇する場合があります ★:R波増高

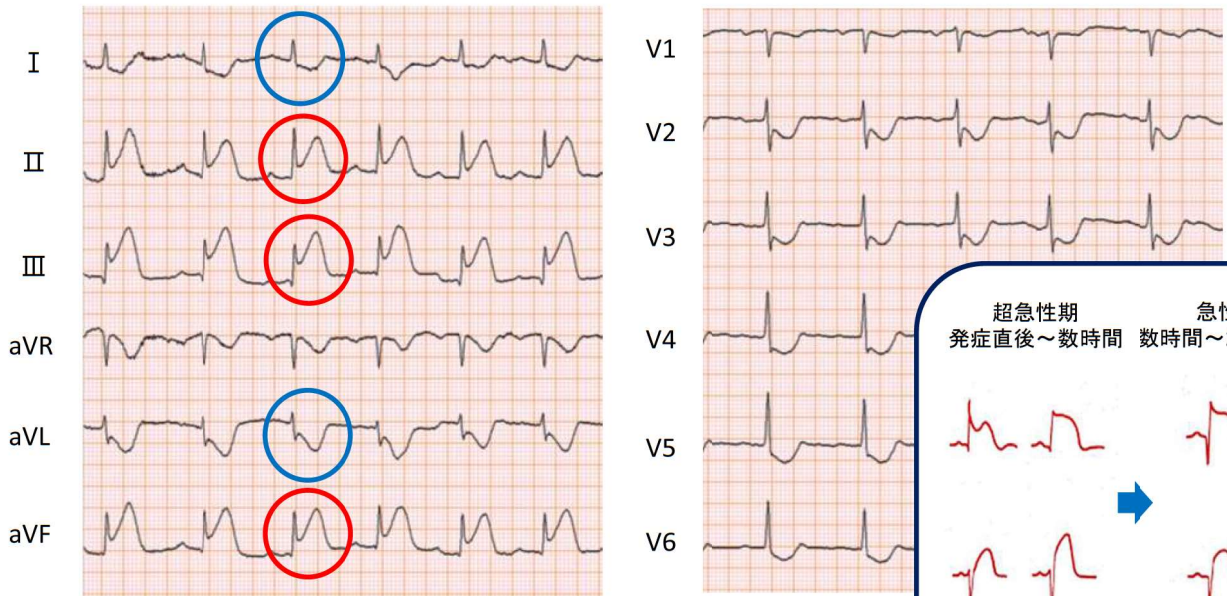
Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



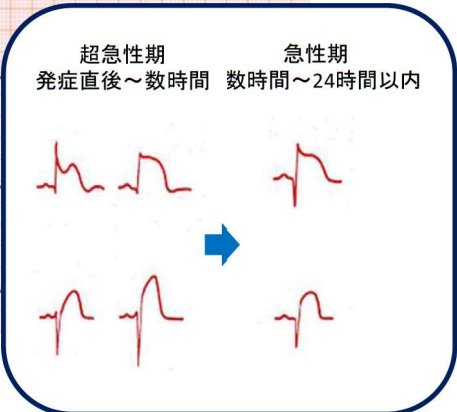
II, III, aVF (下壁) ←→ I, aVL (側壁)
 ST上昇 (対側変化) ST低下



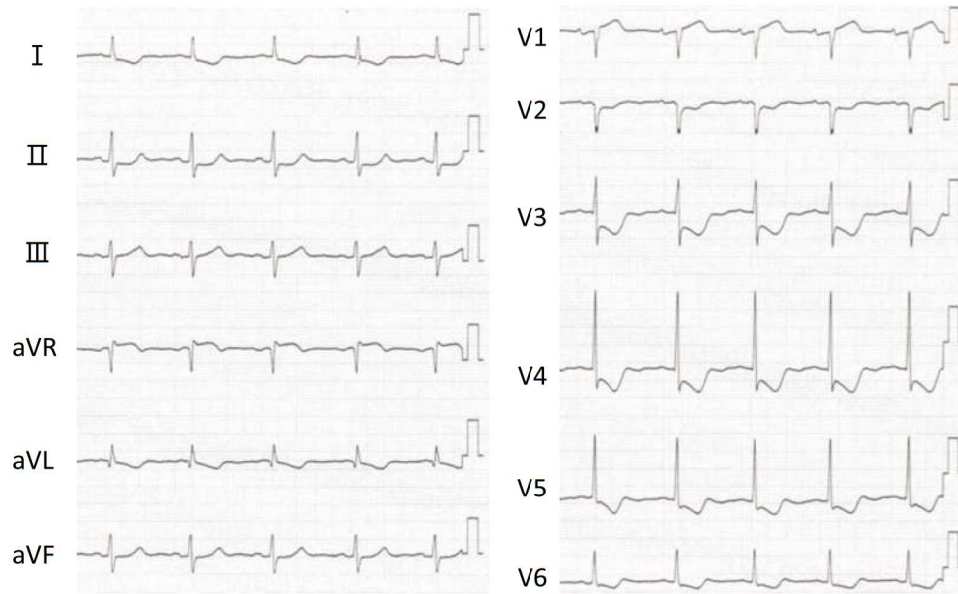
Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？ ⇒ 梗塞部位: 下壁 閉塞枝: 右冠動脈



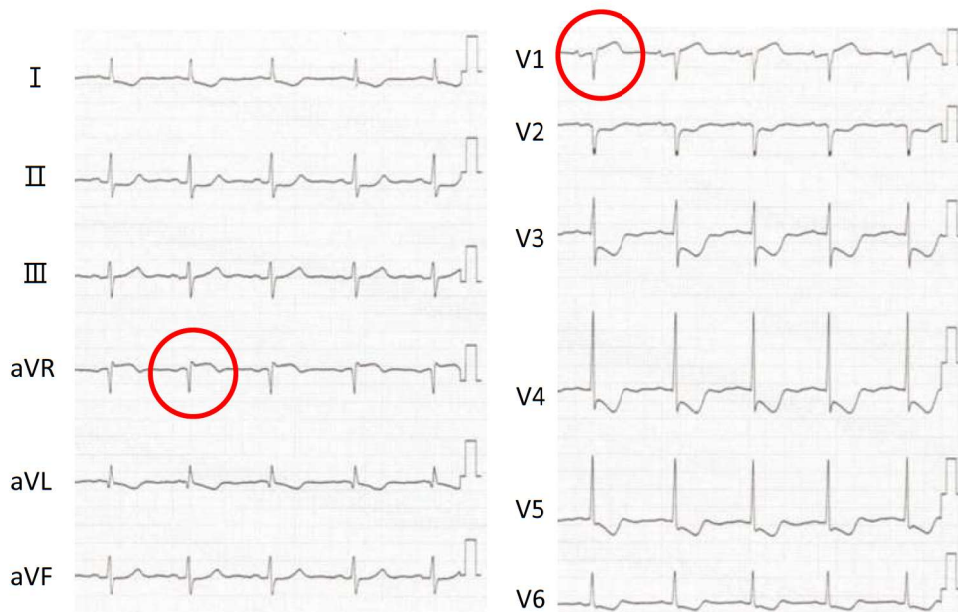
急性心筋梗塞(下壁)



Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



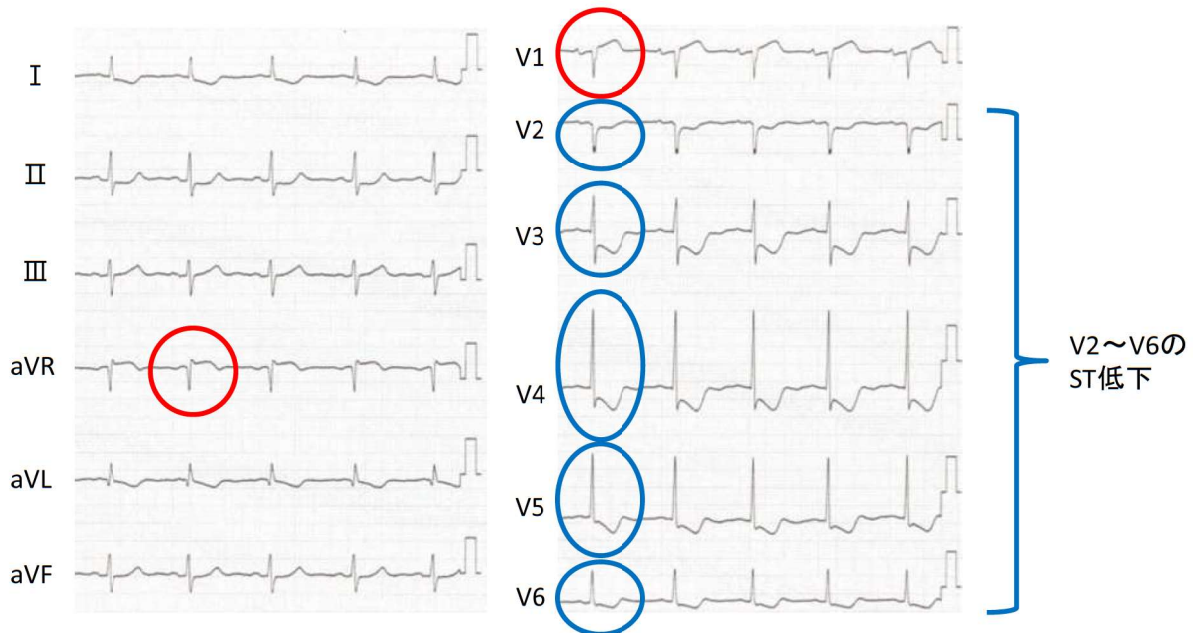
梗塞部位と心電図変化

あてはまるものがない..

梗塞部位	主な閉塞枝	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
前壁中隔	左前下行枝							●	●	●			
広範囲前壁		●				●		●	●	●	●	●	△
側壁	左前下行枝 もしくは 左回旋枝	●				●						●	●
高位側壁		●				●							
下壁	右冠動脈		●	●			●						
後壁	左回旋枝 もしくは 右冠動脈							★	★				

●:主にSTが上昇する △:ST上昇する場合がある ★:R波増高

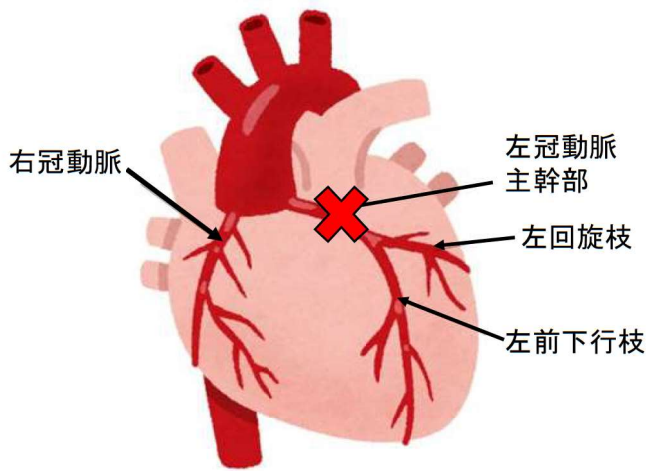
Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



この心電図は絶対見逃していけない心筋梗塞！



左冠動脈主幹部の心筋梗塞



【心電図変化の主な特徴】

- ・aVRのST上昇
- ・広範囲のST低下

aVRのST上昇(0.1mV以上)を認める



左冠動脈主幹部の心筋梗塞であるという
感度63%、特異度74%

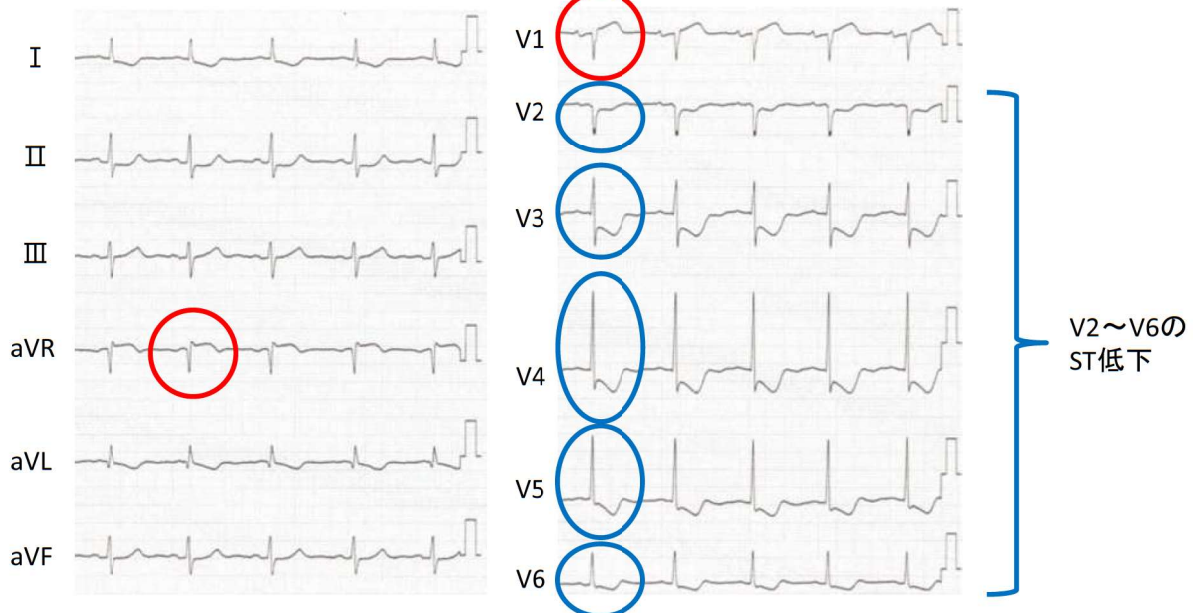
【参考文献】

Nough H. The value of ST-segment elevation in lead aVR for predicting left main coronary artery lesion in patients suspected of acute coronary syndrome Rom J Intern Med 2012

Q、梗塞部位と考えられる閉塞枝は？



梗塞部位: 広範囲前壁、側壁が予測される
閉塞枝: 左冠動脈主幹部



心電図変化の主な特徴はaVRのST上昇と広範囲のST低下