

I - ④ 心電図の波形と正常心電図

1 心電図の波形と名前

心臓が正常な状態の心電図は、**図1**に示すような基本波形から成り立っています。各波の呼び方は、アイントーフエン(Einthoven：オランダの生理学者)によって名づけられた名称です。

心臓は全身に血液を送り、循環させるポンプとして働いています。その心臓を動かす指令を送っているのが洞結節です。洞結節は、1分間に70回前後の頻度で電気刺激を発生し、それが心房や心室へ順序正しく伝えられ、電気的な興奮とそれに続く筋の収縮を生じます。心筋の電気的変化を、体表面においた電極を介して検出し、図形として記録したものが心電図です(**図2**)。

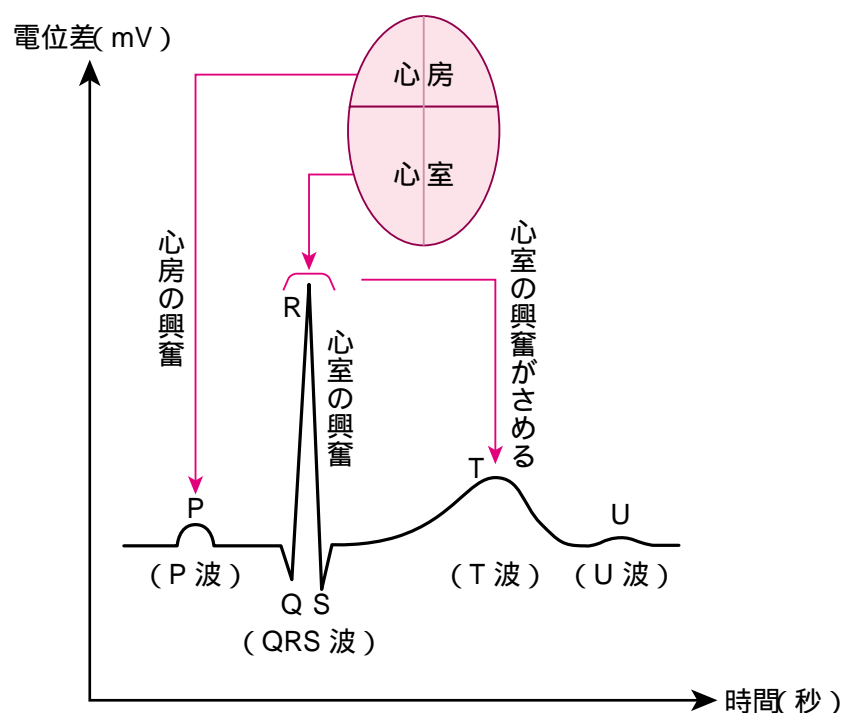


図1 心電図の波形と名前

心電図の波形は、P、QRS、T、Uの各波からなり、横に時間軸(秒)、縦に電位差(mV〔ミリボルト〕)の大きさで示したものです。

(筆者ら作成)

④ 心電図の波形と正常心電図

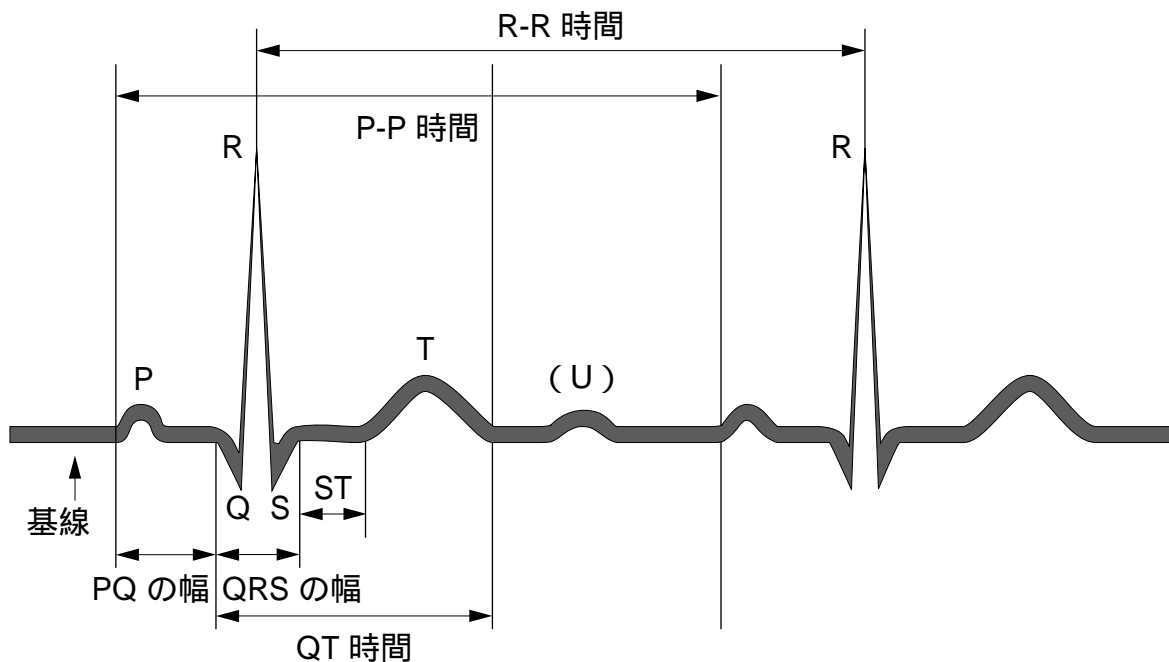


図2 心電図の基本波形

P-P 時間：P 波の始まりから次の P 波の始まりまでの時間をいいます。R-R 時間：R 波の頂点から次の R 波の頂点までの時間をいいます。これらは、心電図判読の際の調律診断に用いられます。R-R 時間が一定の場合には、 $[\text{心拍数}] = 60/\text{R-R 時間(秒)}$ という式を用いて、1 分間の心拍数を計算することができます。

(「臨床医のための心電図マニュアル,1987」より引用)

1 . P 波

この波は、心房の興奮過程を示しています。正常な場合には、まず右房が興奮した後左房が興奮します。このため、P 波の開始点は右房の興奮の始まりを示し、P 波の前 3 分の 2 が右房の興奮を、後ろ 3 分の 2 が左房の興奮を示し、両者が融合したものが P 波として示されます。

2 . QRS 波

左右両心室筋の興奮を示す部分で、Q 波の始めから S 波の終わりまでをいいます。QRS 波のうち、最初に現れる下向きの波を Q 波、上向きの波を R 波、R 波の後に現れる下向きの波を S 波と呼びます。

正常な心臓では、心室筋の興奮は心室中隔の左室側から始まり、中隔右室側、右室、左室、心尖部を経て、最後に心基部に向います。

I . 基本をまず覚えよう

3 . ST 部分

QRS 波の終わりから T 波の始まりまでの部分をいいます。

4 . T 波

ST 部分に続いて見られる、勾配がゆるやかな曲線によって描かれる波です。心室筋の興奮が消退していく過程を反映しています。

5 . U 波

T 波に続いて小さな波が見られることがあり、U 波と呼んでいます。

6 . PQ 間隔


P 波の始まりから Q 波の始まりまでの時間です。心房の興奮の始まりから、それが房室接合部（房室結節、ヒス束）を通り、心室筋の興奮が始まるまでの時間を示しています。

7 . QT 間隔

Q 波の始まりから T 波の終わりまでの時間です。心室興奮の始まりから興奮が消退するまでの時間を示しています。

2 心電図の計測とその医学的意味

1 . 記録速度と感度

心電図の紙送り速度は通常 25 mm/ 秒、縦軸は 1 mV = 10 mm に設定して記録します。すなわち、横軸は興奮（電氣的刺激）が心臓の中を進む時間を表し、記録紙の時間間隔は 1 mm = 0.04 秒となります。記録紙には 5 mm ごとに太線が入っていますが、その間隔は 0.04 秒 × 5 = 0.2 秒となります。そして、縦軸は電位（電氣的刺激の強さ）を示し、1 mm = 0.1 mV として記録されます（ 3）。

④ 心電図の波形と正常心電図

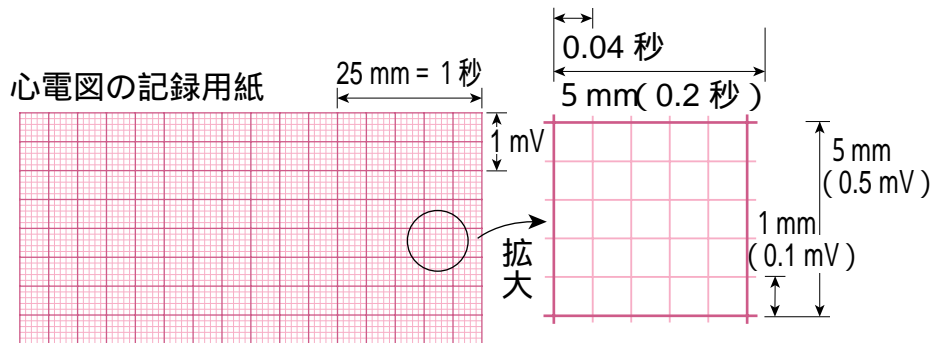


図3 心電図の記録用紙と標準尺度

横軸は時間を、縦軸は電位を表します。

(「臨床医のための心電図マニュアル, 1987」より引用)

2 . 波形計測の方法

1 基線

一般的には、P波の始まりから次のP波の始まりの点を結んだ線をいいます(図4)。

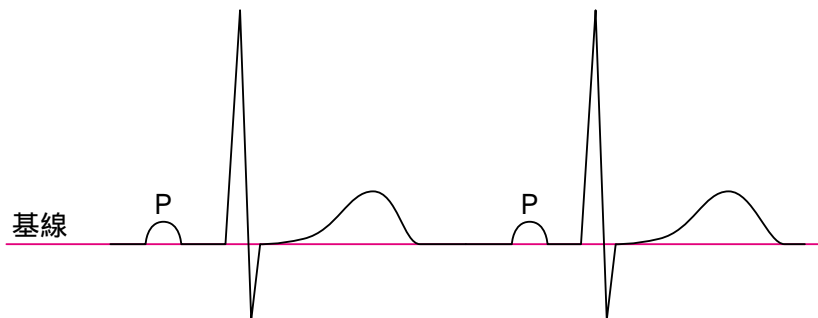


図4 心電図の基線の決め方

赤線は基線を示しています。

(筆者ら作成)

2 波形の計測点

図5に示すように、上向きの振れ(mV)は基線の上端からその波形の先端までを測定し、下向きの振れは、基線の下端からその波形の先端までを測定します。一方、時間(秒)の計測は、上向きの波形は基線の下縁で、下向きの波形は基線の上縁を使って計測します。

I . 基本をまず覚えよう

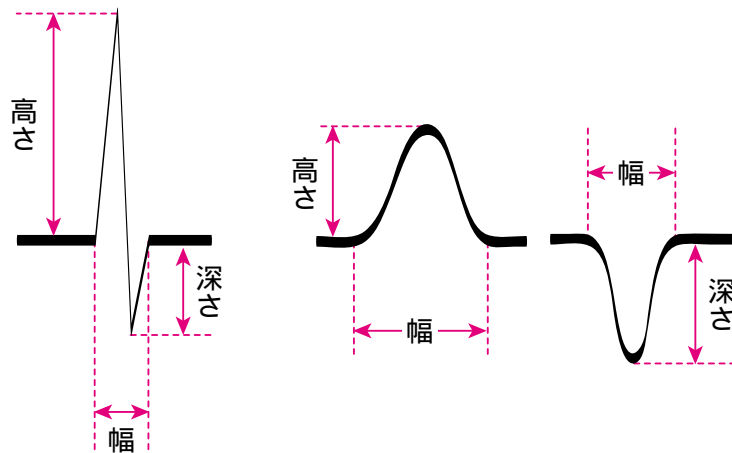


図5 心電図波形の計測点

横軸は時間を，縦軸は電位を表します。

(筆者ら作成)

3 . 波形の表現

1 P波

上向きの振れを「陽性」，下向きの振れを「陰性」といいます。また，最初に上向きに振れてその後に下向きに振れるか，またはその逆に最初に下向きに振れ，その後に上向きに振れるものを「2相性」と呼びます。このほかにも，頂点が2つに分裂するものを2峰性P波，頂点の尖っているものを尖鋭P波，正常より電位の低いものを平低P波と呼びます(図6)。

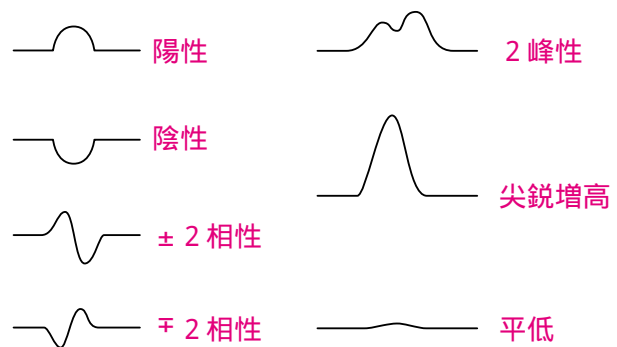


図6 P波のいろいろな形

P波の形には図6に示すように様々なものがあり，心房の状態を判断するのに役立ちます。

(筆者ら作成)

P波については，幅と高さを計測しますが，第II誘導で計測するのが一般的です。なお，P波の幅の正常値は $0.06 < P < 0.10$ 秒，高さは < 0.25 mV とされています。

④ 心電図の波形と正常心電図

2 QRS 波

QRS 波は、疾患により、また誘導の仕方によってさまざまな形状を示します。このため QRS 波を表現するために、共通の取り決めがなされています。

なお、振幅が小さいときには小文字 (q, r, s) を用います。

また、1 つの QRS 波内に同じ呼び名の波形が 2 つ以上認められるときには、2 番目に現れた波形に「」(ダッシュ)を付けます(図 7)。

QRS 波の幅の正常値は 0.06

QRS < 0.10 秒であり、QRS 波の幅の延長は心室を興奮が伝わる速度が遅延していることを意味します。

3 ST 部分

心電図では基本的に健常者の ST 部分は基線に一致します。一致しない例で、基線よりも ST 部分が上方にある(偏位)場合を「上昇」、下方に偏位しているものを「低下」と呼びます(図 8)。

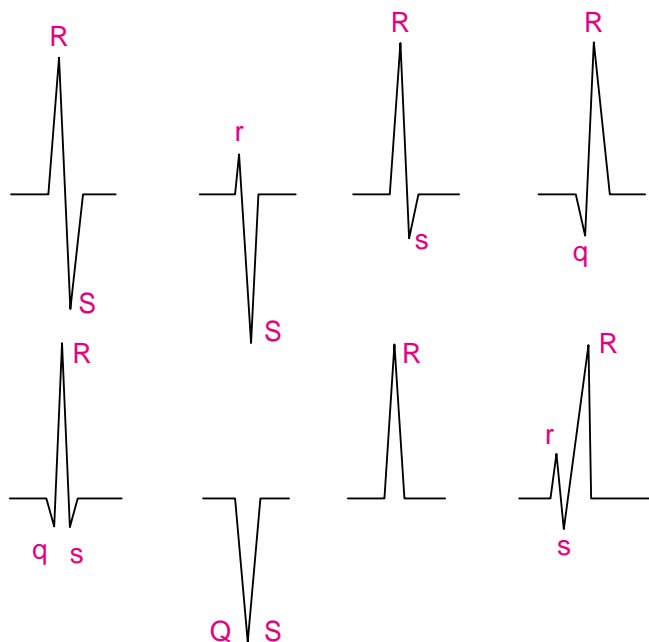


図 7 QRS 波の波形の命名

QRS 波は疾患により、また誘導により様々な形状を示します。

(筆者ら作成)

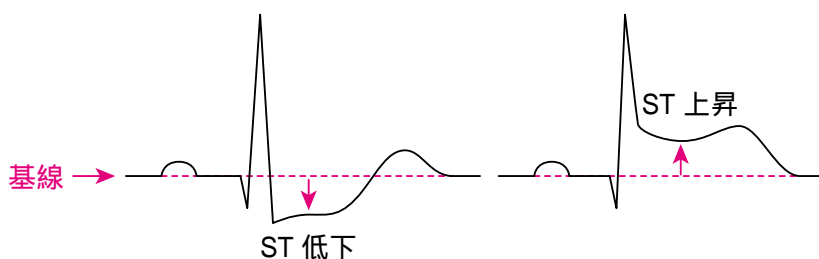


図 8 ST の低下と上昇

健常者の ST 部分は基線に一致します。

(筆者ら作成)

I . 基本をまず覚えよう

4 T波

極性（陽性，陰性または平坦）と大きさ，形（図9）に注目します。またT波の場合の平低（正常値より電位が低い）は，QRS波の振幅と相対的に評価され，その比が10分の1以下の場合に「平低T波」というように用いられます。

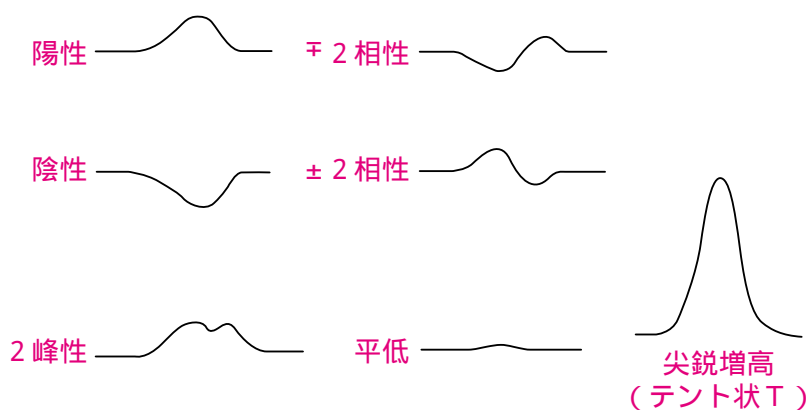


図9 T波のいろいろな形

T波の形には図9に示すように様々なものがあり，心室の状態を判断するのに役立ちます。（筆者ら作成）

5 U波

T波の後に見られる低い波形（図10）です。極性（陽性，陰性，2相性）と大きさを見ます。

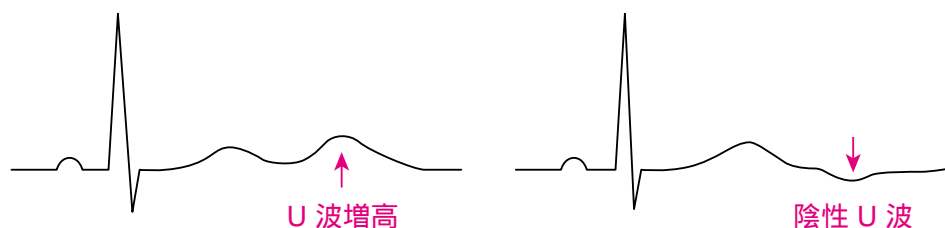


図10 U波の性状

陽性U波は健常者でも見られますが（陰性U波）が見られれば異常と判断します。（筆者ら作成）

6 PQ間隔

PQ間隔の測定法については，もしQRS波がR波で始まっていれば上に振れるRまでのPR間隔，Q波で始まっていれば下に振れるQまでのPQ間隔となります。房室伝導時間を示し，正常値は0.12 PQ < 0.20秒です。



脈拍の数が正常なときの QT 間隔の正常値は、 $0.36 < QTc < 0.44$ 秒です。

QT 間隔は、正常心電図においては頻脈時には短縮し、徐脈時には延長します。このため、それが異常かどうかを判定するためには、心拍数による補正が必要です。現在、最も使われているのは Bazett による $QTc = QT(\text{秒}) / \sqrt{RR}(\text{秒})$ という式です。すなわち QTc は、心拍数により補正した QT 間隔ということになります。

3 正常な心電図とは？

健全な人でも心電図には個人差があります。年齢・性別・体格・心臓の位置などにも影響されます。

しかし、簡単にいえば、まず不整脈がないことを確認して、P 波・QRS・ST・T 波・U 波の形に異常のないことを確認し、各波より得られる横の時間軸の計測値が正常であることを見て、心電図が正常であると判断します。

正常心電図のチェックポイント

- ①各心拍で、P・QRS・T・Uの各波が一定の周期で出ているでしょうか？（不整脈は？）
- ②洞調律でしょうか？
（Ⅰ，Ⅱ，aV_F，V₂～V₆のP波が陽性なのを確認）
- ③時間軸の異常はないでしょうか？
 - P 波の幅 0.1 秒以下か？
 - PQ 間隔 0.20 秒未満か？
 - QRS の幅 0.1 秒未満か？
 - QT 間隔 延長や短縮がないか？
- ④各波形の高さに異常はないでしょうか？
 - P 波の高さが 0.25 mV 未満か？
 - R の高さは高くないか（左室や右室の肥大・拡大はないか？）
 - T 波の増高や平低はないか？
 - U 波の増高や陰性 U 波はないか？

I . 基本をまず覚えよう

⑤各波形の形態に異常はないでしょうか？

P波(陰性波や2峰性あるいは尖鋭増高がないか？)

(Ⅲ, aV_Lでは陰性・陽性・2相性など種々な形のP波が正常でも見られます)

QRS波(分裂や結節がないか？)

(デルタ波や異常Q波は？)

T波(陰性・2相性・2峰性・平低などは？)

(Ⅲ, aV_L, aV_Fでは軽度の陰性Tや平低Tを正常でも認めます)

⑥STに異常はないでしょうか？

ST上昇や, ST低下はないか？

⑦IでR < S(右軸偏位を暗示)がないか？

aV_FでR < S(左軸偏位を暗示)がないか？

V₁でR > S(右室肥大などを暗示)がないか？

胸部誘導の移行帯(R Sの誘導)がV₃付近にあるか？

また臨床上大切なことは, 正常な心電図を示す心疾患もあることを知っておく必要があることです。

たとえば, 狭心症でも症状のないときには正常心電図が多く, 軽症弁膜症や軽症先天性心疾患などでは正常心電図を認めることがめずらしくありません。

なお, 図11に, 12誘導での正常な心電図の一例をあげておきました。チェックポイントを再確認していただければと思います。

心臓の状態を
目に見える形で
記録します



④ 心電図の波形と正常心電図

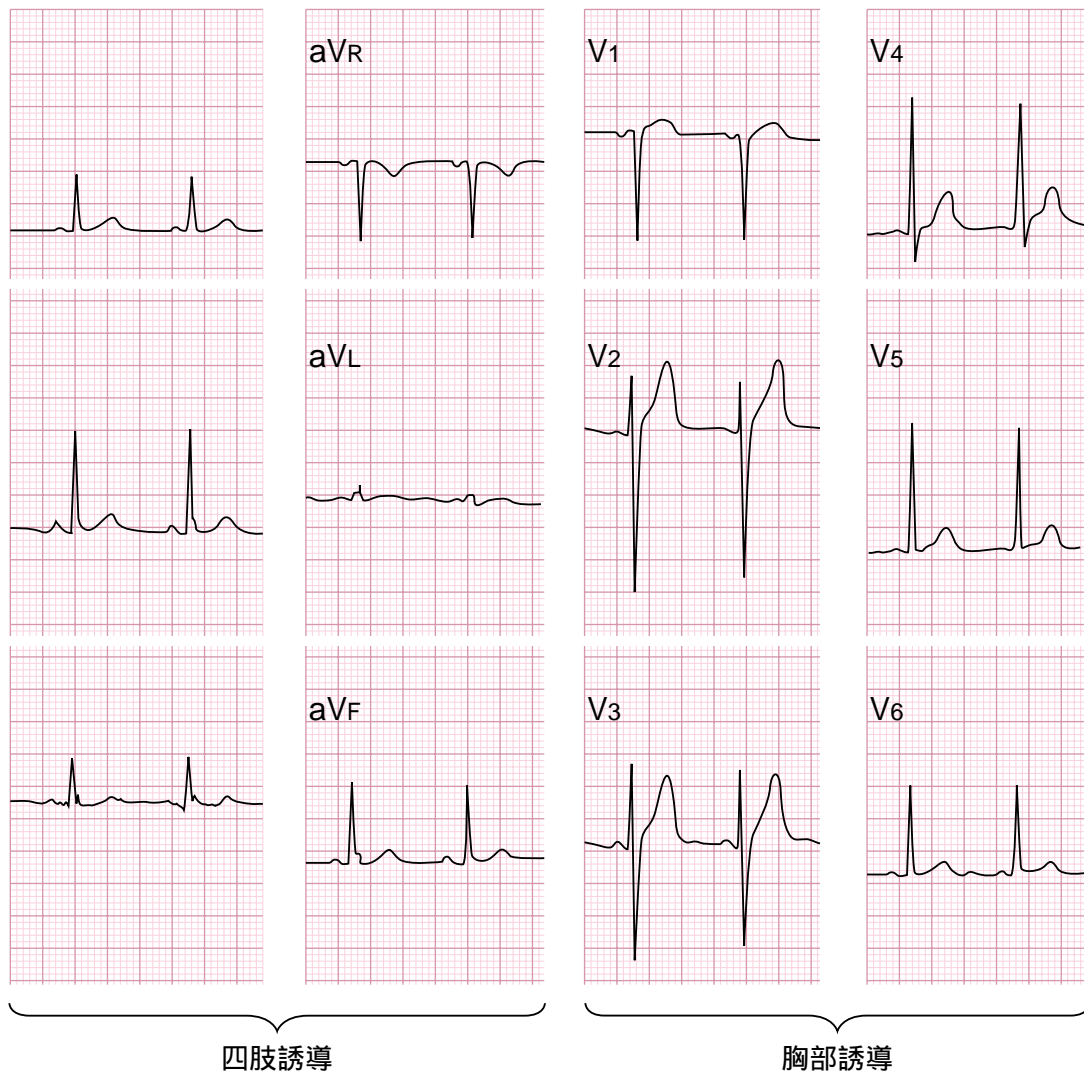


図 11 12 誘導での正常心電図

P 波は I , aV_F で陽性で洞調律です。QRS 幅は 0.10 秒未満で異常なく , PQ 間隔も 0.20 秒未満 , QT 間隔も正常です。P 波の形は V₁ で陰性ですが幅は正常で , 全誘導で高さが 0.25 mV 未満です。

R 波の高さも正常で , 移行帯 (R / S = 1 の誘導) は V₃ 付近で ST 低下も見られません。V₁ ~ V₃ 付近の ST は軽度上昇していますが , この辺の ST 上昇は健常者にも見られる所見です。

(笠巻 祐二)