

新装版

心電図免許皆伝

心電図の読みかた・考えかた

著 小沢友紀雄 *Yukio Ozawa*
MJG心血管研究所所長

日本医事新報社

2 心房負荷の心電図のみかた (右房拡大・左房拡大)

Keywords 僧房P, 肺性P, 左房性P, 右房性P

I. 心房負荷の心電図の読みかたのポイント

- ▶ペースメーカーである洞結節の興奮は微小で、体表の心電図では記録されない。それが心房に伝達され、心房を興奮させて初めてP波を形成する。
- ▶P波の始まりは心房の興奮の始まりを、P波の終末部は心房の興奮が全体に行き渡ったことを意味する。すなわち、P波の幅は心房内の興奮伝導時間を示すもので、正常では0.1秒未満である。心房の興奮が房室結節を経て心室に伝導され、QRS波を形成するまでの部分がPR間隔であり、正常では0.12~0.20秒で、これを房室伝導時間としている(図1)。
- ▶心房に負荷がかかると、心房筋は薄いので主として心房の拡大が起こり、心電図ではP波の形態に変化が生じる。
- ▶しかし、P波の波形は心房の興奮の拡がり方によっても変化する。たとえば、洞結節以外の部分から刺激が発生して心房の興奮が起こると、洞調律のときは異なった形のP波が記録される。
- ▶したがって、心房負荷の心電図の判定は、洞調律の心電図のP波で判定しなくてはならない。洞調律では興奮が右房から始まり左下方へ興奮が拡がるので、チェックポイントとして第I誘導とaVfの誘導のP波が陽性であることを確認する。
- ▶心房の興奮は通常は洞結節のある右房から始まり、左房へと拡がるので、P波の始めの部分は右房成分、終末部は左房成分、中間は右房と左房の両者の興奮の成分から成り立っている。したがって、右房に拡大が起こればP波の前半に、左房の拡大であればP波の後半に変化が出やすい(図2)。

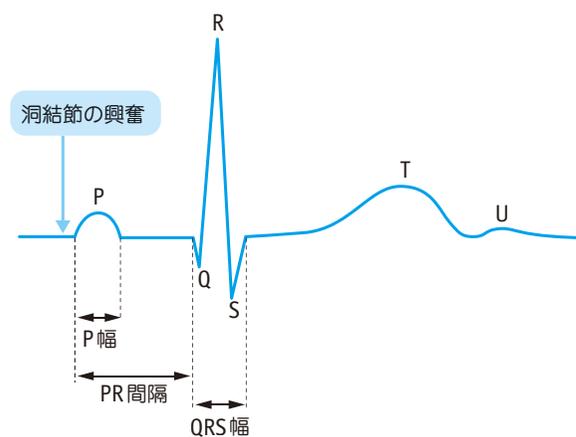


図1 心房から心室への興奮の移動

洞結節の興奮は心電図の波形に現れない。P波は心房の興奮(0.1秒以下)、PR(PQ)間隔は房室伝導時間(0.12~0.20秒)、QRSは心室の興奮(0.1秒未満)。

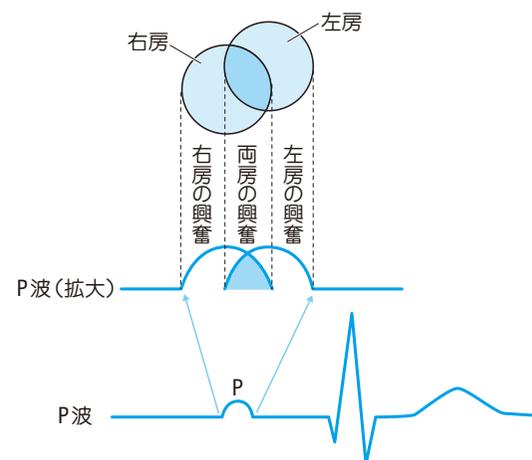


図2 P波と心房の興奮

P波の前方は右房の興奮、後方は左房の興奮、中央付近は右房の興奮の後方と左房の興奮の前方が重なっている部分とみなされる。

II. 右房負荷(右房拡大)心電図の所見

- ▶右房に負荷がかかると右前下方に拡大して、II, III, aVf, V₁, V₂のP波が増高する。右房が拡大しても、左房の興奮の始まりは洞結節から左房への伝導路による興奮で遅れないのでP波全体の幅は増大しない。したがってP波の形は高く尖鋭化したようにみえる。
- ▶右房の拡大が肺性心などで起こるとII, III, aVfに尖鋭増高(典型例では0.25mV以上)し、これを肺性P(P pulmonale)と呼び、さらに、V₁(あるいはV₂)の尖鋭増高P波を右房性Pとも呼ぶ(図3)。図4に右房拡大のP波の実例を示す。
- ▶右房負荷を示す代表的な疾患としては、急性肺性心、慢性肺性心、右心負荷のある先天性心疾患(心房中隔欠損、肺動脈狭窄、ファロー四徴症など)、二次的肺高血圧のある後天性心疾患、特発性肺高血圧などがある。

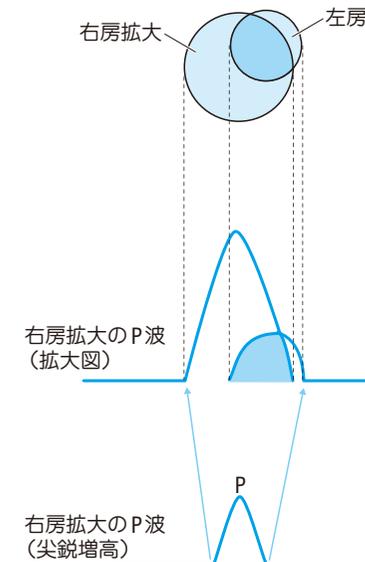


図3 右房拡大のときのP波

右房の興奮のP波の部分が大きくなるが、P波全体の幅は広くならないためにP波の形が尖鋭増高する(II, III, aVf, V₁, V₂などの誘導にみられる)。



図4 右房拡大のP波の心電図

III. 左房負荷(左房拡大)心電図の所見

- ▶左房が拡大すると、左房の左後方に向かう興奮が大となり、興奮の終了時間が遅れるのでP波の幅が若干延長し、二峰性となり後半部分が高くなる。この所見は特にI, V₅, V₆などの左側の誘導にみられやすく、左房拡大を起こす僧帽弁膜症に典型的なために僧帽P(Mitral P)とも呼ばれている(図5)。しかし、左房負荷の特徴的な波形はむしろV₁にみられる。それは左房が左後方にあり、それが拡大すると、V₁のP波の興奮が左後方に強く偏位するためである。すなわち、±2相性P波で後半の陰性部分の幅が広くて深い特徴があり、これを左房性Pとも呼ぶ(図6)。図7に左房拡大のP波の実例を示す。
- ▶左房負荷を示す代表的な疾患としては、僧帽弁疾患、高血圧、心筋疾患、虚血性心疾患、その他左室の拡張障害を示すものがある。

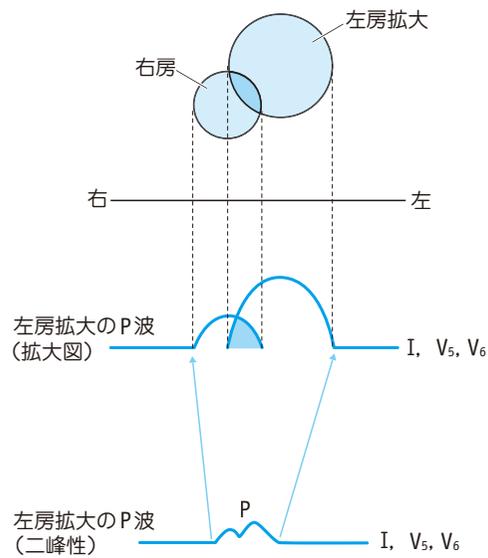


図5 左房拡大のときのP波 (僧帽P)

右房の興奮は正常で、左房の興奮部分が大きくなり、その終末部も後方へ遅れるためにP波の幅がやや広くなり、形が二峰性となる。この形はI、V₅、V₆などの左側の誘導にみられやすい。また、心房の興奮の全体を反映しやすいIIでも、幅広く分裂したP波を観察することができる。

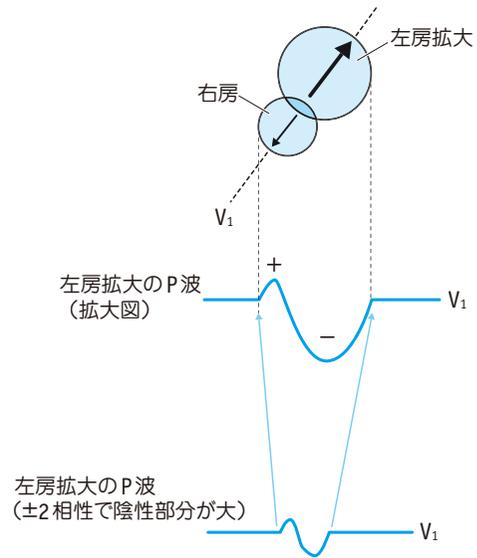


図6 左房拡大のときのP波 (V₁の左房性P波)

左房は左後方に位置するので、それが拡大すると左後方へ向かう興奮ベクトルが大きくなる。そのために右前方にあるV₁の誘導では、P波の後半の遠ざかる部分が大きくなるために、±2相性P波で後半の陰性の部分が幅広く、深くなる。



図7 左房拡大のP波の心電図

▶ 右房拡大と左房拡大の12誘導心電図の実例を図8、9に示す。

心電図の読みかたのポイント・まとめ

- ▶ 左房拡大は、左側誘導 (I、V₅、V₆など) で幅の広い二峰性で後半の高いP波 (僧帽P) とV₁の±2相性で陰性部分の大きなP波 (左房性P) が特徴。
- ▶ 右房拡大は尖鋭増高P波がII、III、aVF (肺性P) あるいはV₁、またはV₂ (右房性P) にみられる。

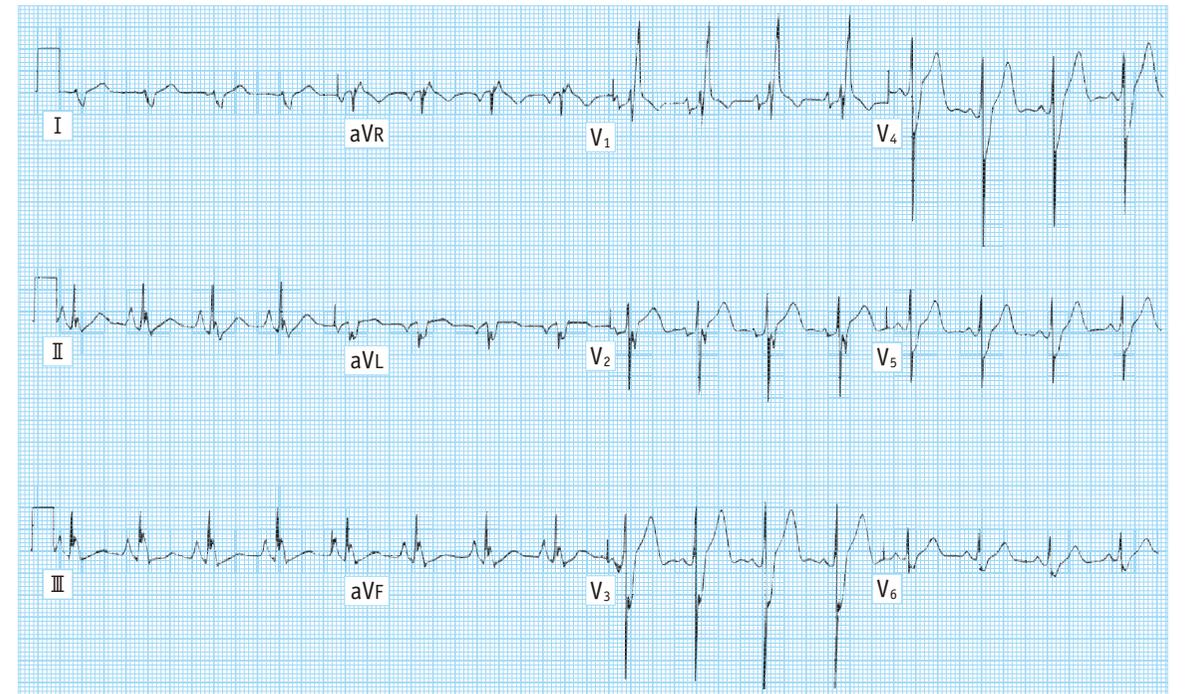


図8 肺気腫 (81歳, 男性)

肺気腫で慢性肺性心による右房負荷があり、II、III、aVFで典型的な尖鋭増高した肺性Pがみられる。V₁、V₂のP波は典型的な右房Pはみられないが、V₁の前半のP波はやや尖って目立つ。肺気腫では横隔膜が下がり、本例のように肢誘導で肺性Pが目立つが、胸部誘導では典型的な右房Pをみない例が少なくない。QRSは右脚ブロックを示している。

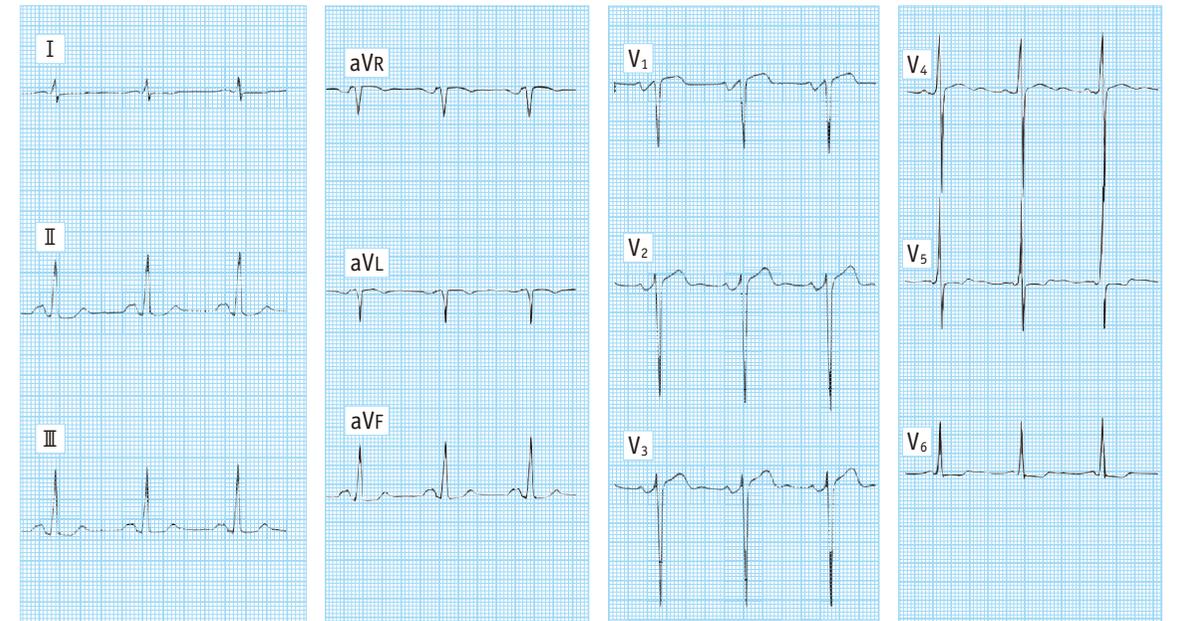


図9 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全 (52歳, 男性)

左側誘導 (I、V₅、V₆) のP波が二峰性で後半が高く、いわゆる僧帽Pを示している。P波の大きさは第II誘導で大であり、幅が広く二峰性であるのがみやすい。V₁のP波は±2相性Pで、陰性部分の幅が広く深い形をしており、いわゆる左房性P波の典型例である。

3 心室負荷の心電図のみかた (左室肥大・右室肥大)

Keywords 高電位差, 軸偏位, 時計回転, 二次性ST-Tの変化

I. 正常と心室負荷心電図のパターン

▶心室の興奮はQRS波を形成する。正常では右室壁より左室壁が厚く、心室の興奮は全体として左室成分が優勢なために、QRSの興奮の主たる方向は立体的には左やや後下方に向かう形となる。

II. 肢誘導での読みかた・考えかた

▶心室の興奮の方向(QRSベクトル)を前方(前額面)からみると、正常では図1Aの矢印のように左下方に向かう。肢誘導(I, II, III, aVR, aVL, aVF)は図のように前額面(上下左右)の変化を反映するので、QRSベクトルとの関係を見ると、IIの誘導に最も大きく反映されやすいので、一般にIIのR波がI, IIIのR波よりも高く、左下に向かうためにIやaVFではS波よりR波が大きい。

▶左室肥大が起こると、図1Bのように、QRSベクトルが左上方に強く向かうようになり、左軸偏位の傾向を示す。そのために、左方の誘導であるIやaVLの誘導でR波が増高し、左軸偏位の傾向を示す所見としてIIのS波よりIIIのS波が深くなる所見がみられるようになる。

▶一方、右室肥大では、図1Cのように、QRSベクトルが右下方に大きく偏位(右軸偏位)するために、Iの誘導でベクトルが左から右に向かうためR波よりS波が大($R/S < 1$)となり、IIIの誘導にQRSベクトルが大きく投影されるのでIIIのR波が増高する。

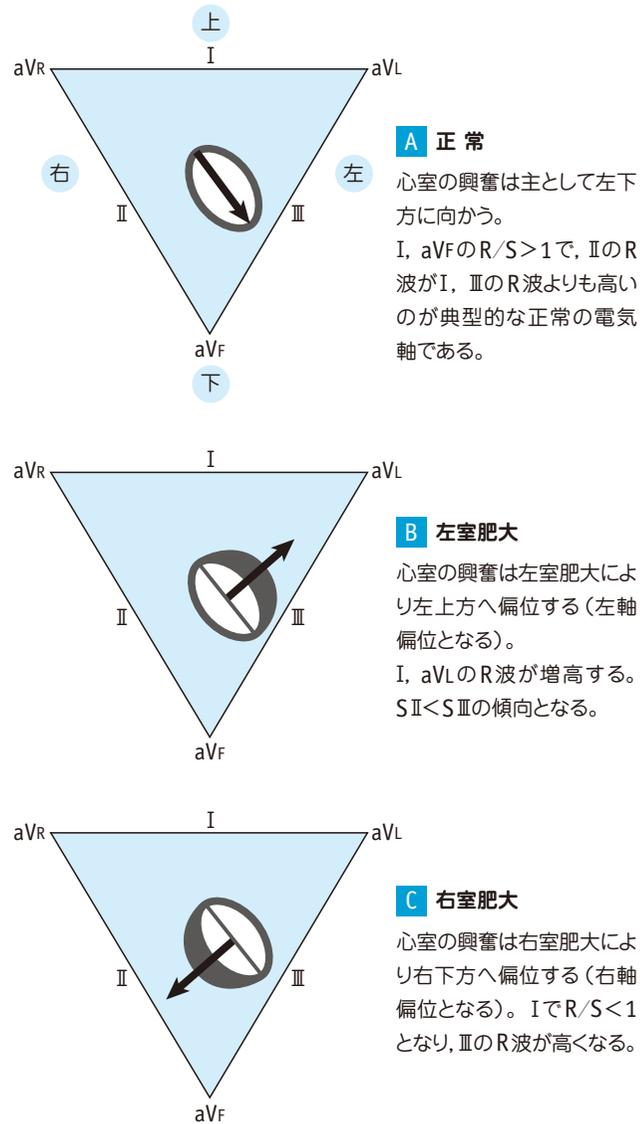


図1 前からみた(前額面)心室の興奮の方向

A 正常
心室の興奮は主として左下方に向かう。I, aVFの $R/S > 1$ で、IIのR波がI, IIIのR波よりも高いのが典型的な正常の電気軸である。

B 左室肥大
心室の興奮は左室肥大により左上方へ偏位する(左軸偏位となる)。I, aVLのR波が増高する。 $S II < S III$ の傾向となる。

C 右室肥大
心室の興奮は右室肥大により右下方へ偏位する(右軸偏位となる)。Iで $R/S < 1$ となり、IIIのR波が高くなる。

III. 胸部誘導での読みかた・考えかた

▶心室の興奮の方向(QRSベクトル)を上方からみる(水平面)と、正常でも図2Aのように、右前の右室成分は小さく、左後方への左室の興奮ベクトルのほうが大である。したがってV₁のR波は小さくS波が深く、それに対して、左方のV₅, V₆ではR波が大でS波は小さい。また、R波とS波がほぼ等しい誘導を移行帯と呼び、正常ではV₃付近に存在している。

▶左室肥大では、図2Bのように、左後方へのQRSベクトルが正常よりも増大して、V₁からは大きく遠ざかるためにS波が深く、V₅, V₆には大きく近づくためにR波が増高する。

▶一方、右室肥大では図2CのようにQRSベクトルが右前方に大きく偏位するために、V₁に近づくベクトルが大でR波が増高(かつ $R/S > 1$ となる)し、V₅, V₆のS波が深くなる(移行帯がV₄, V₅などの左方に移動して時計回転することを意味する)。

IV. 心室肥大に伴うST-Tの変化に関して

▶心室肥大が著明になると、高いR波(左室肥大ではI, aVL, V₅, V₆など、右室肥大ではIII, aVF, V₁, V₂など)を示す誘導でST低下や陰性T波を認めるようになる。これは心室の興奮(QRS波)と消褪(T波)の順序が、肥大により変化することにより生ずるもので、典型的には図3に示すようなストレイン型と呼ばれるST-Tの低下を示す。

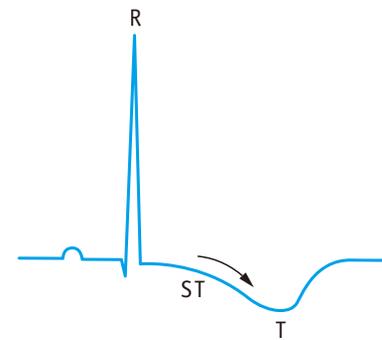
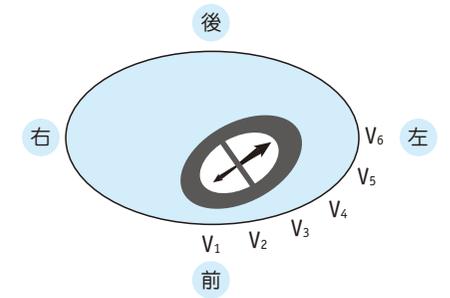
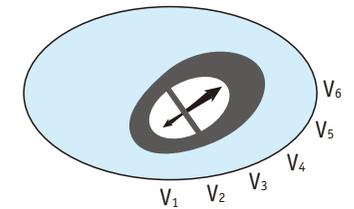


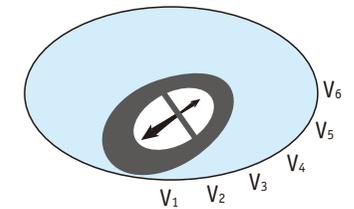
図3 心室肥大にみられるストレイン型ST-Tの異常



A 正常
心室の興奮は主としてやや左後方に向かう。右前の右室成分は小さく、左方の左室成分が大のためにV₁でR波が小さく、V₅, V₆のR波が大である。移行帯($R/S \approx 1$ の誘導)は通常はV₃付近にみられる。



B 左室肥大
左室肥大では心室の興奮は正常に比べて左後方に大きく偏位するので、V₁のS波が深く、V₅, V₆のR波が増高する。



C 右室肥大
右室肥大では心室の興奮が右前方に大きく偏位するために、V₁のR波の増高が起こり、V₅, V₆のS波が深くなる(右室の拡大により移行帯が左方に移動して時計回転を示す)。

図2 上からみた(水平面)心室の興奮の方向

V. 心室の圧負荷(収縮期負荷)と容量負荷(拡張期負荷)

▶心室の圧負荷(収縮期負荷)では心室壁の肥厚が、容量負荷(拡張期負荷)では心腔の拡大が主体となる。両者とも病態の進行とともに肥大と拡張が併存するようになるので、心電図所見も明確に両者を区別することが困難となるが、典型的な所見を知る必要がある。

- ①左室の容量負荷の代表は大動脈弁閉鎖不全と僧帽弁閉鎖不全である。上記の左室肥大の所見に、R波の高い誘導で、増高T波がみられる。しかし病態が進行するとST-Tが逆転するようになる。
- ②右室の容量負荷の代表は心房中隔欠損症である。拡張期に右室への灌流血液量の増大により右室は拡張し、右室流出路に負担がかかり、その部分の肥大が起こる。そのために右室流出路の興奮の遅れが生じて、V₁のQRSがrSR'となり、不完全右脚ブロックの所見を呈する[「心室内伝導障害の心電図のみかた」(63頁)で詳述]。

VI. 心室肥大の心電図所見

▶心肥大に関しては数多くの基準が提唱されているが、以上に述べたような所見から心室肥大の心電図診断の要点をまとめると以下ようになる。

【左室肥大】

- 1) 左側誘導の高いR波
 $RI > 2.0mV$, $RaVL > 1.2mV$, $RV_5 \text{ or } V_6 > 2.6mV$, $SV_1 + RV_5 \text{ or } V_6 > 4.0mV$
- 2) 左軸偏位 ($S_{II} < S_{III}$)
- 3) aVLでqR型
- 4) 移行帯の欠如(胸部誘導でR/S比が急に変わる)
- 5) 高いR波の誘導のストレイン型ST-Tの低下
- 6) $RV_6 > RV_5$ (左室拡大の所見)
- 7) 高いR波の誘導の陽性の増高T波(左室の容量負荷)

【右室肥大】

- 1) V₁の高いR波 ($RV_1 > 0.7mV$)
- 2) V₁のR/S比 > 1
- 3) 右軸偏位
- 4) 時計回転(移行帯がV₄, V₅の方向に移動)
- 5) V₅, V₆のS波が深い
- 6) 右房負荷の所見の存在
- 7) 不完全右脚ブロック型(右室の容量負荷)

◎

▶左室肥大と右室肥大の心電図の実例を図4, 5に示す。

心電図の読みかたのポイント・まとめ

- ▶左室肥大は左側誘導の高電位差と左軸偏位、右室肥大はV₁の高いR波と右軸偏位と時計回転がみられる。
- ▶高度の肥大では二次性ST-Tの変化が加わる。

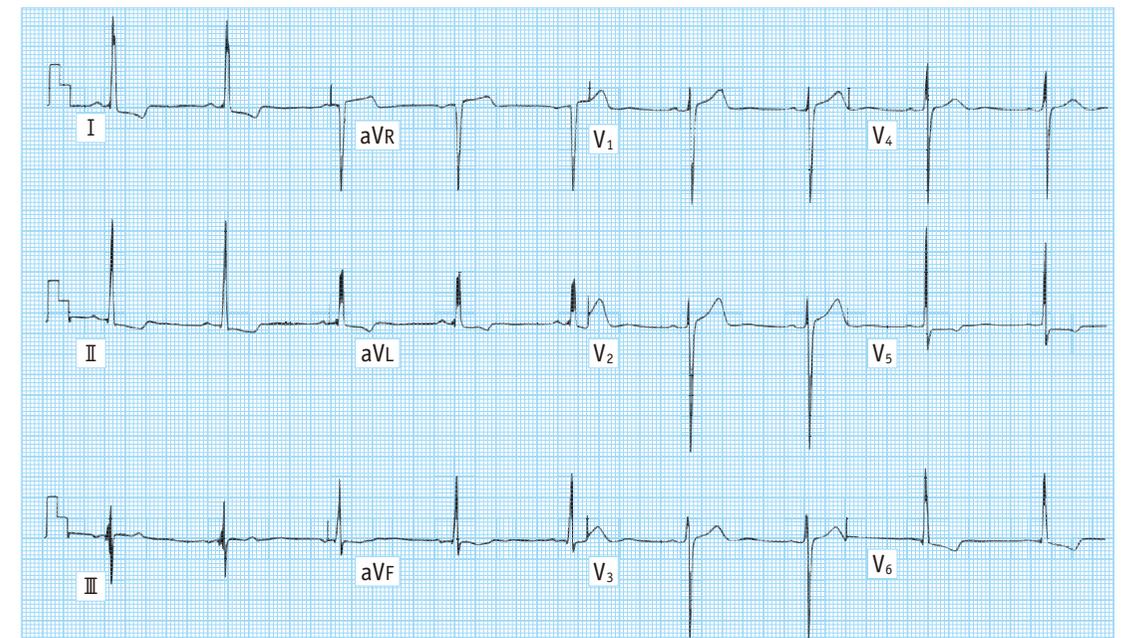


図4 → 高血圧性心疾患(70歳, 女性)

肢誘導は1mV=10mm, 胸部誘導は1mV=5mmで記録されている。I, IIのR波が2mVを超え、V₅のR波は4mVを超え、 $SV_1 + RV_5$ は9mVに達する高電位差となっている。また $S_{II} < S_{III}$ 、移行帯はV₄とV₅の間で欠如している。さらに、R波の高い左側誘導(I, aVL, V₅, V₆)でST-Tが逆転してストレイン型のST-T低下の形を示している。典型的な圧負荷型左室肥大の心電図である。

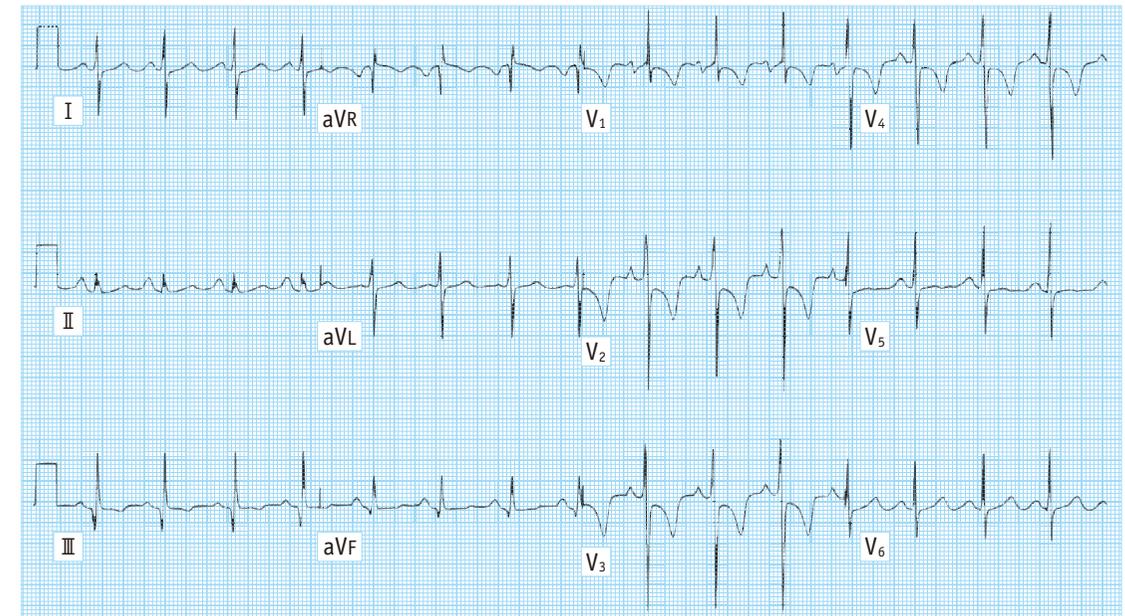


図5 → 急性肺動脈血栓症(42歳, 男性)

約+110度の右軸偏位がみられ、V₁のR波が1.2mVに増高し、V₁のR/S比 > 1 である。胸部誘導で時計回転を示し、V₅, V₆のS波も深く右室肥大の所見となっている。II, III, aVFのP波もやや大であるが典型的な肺性Pではない。しかしV₂のP波が尖鋭増高し明らかに右房拡大を示唆している。V₁のP波は±2相性Pで、I, V₆などの左側誘導のP波はむしろ左房負荷をも暗示し、P波からは両房負荷が考えられる所見である。急性肺性心によくみられるV₁~V₄あたりにかけての陰性T波や、標準肢誘導のSIQIIIパターンもみられる。