

序文にかえて

中外医学社の企画部から「心電図速読：企画案」というファイルが添付されたメールを頂いたのは、京都大学の定年をおよそ100日後に迎えるという頃でした。面白い企画でもあり、定年後のライフスタイルを想像しながら、執筆をお引き受けした次第です。ただ、数多の心電図の教科書がある中、どのような切り口で「速読」のノウハウについて執筆を進めていくかは大変難しい課題でした。問題は、「素早く」かつ「見落としなく」判読するためのノウハウの伝達を、従来のように「各種疾患の心電図所見を記述して、心電図波形の解説に終始」せずに、いかにして成し遂げるかという点に尽きました。

著者がかねてより、標準12誘導心電図からは文字通り12の誘導波形が得られるものの、判読に必要な情報が12の誘導の各誘導に1/12ずつの重みがあるのではなく、誘導により情報量に違いがあると考えていました。自らが心電図を判読する中で、電気軸、左右の電極の付け間違い、右胸心、肺性P波、僧帽性P波、右脚ブロック、Brugada症候群、左脚ブロック、J波、右室肥大、左室肥大……といった所見は、「I、aVF、V1、V5の4つの誘導」に注目すれば、「素早く」かつ「見落としなく」判読できると考えていました。同時に、心拍数と整・不整に関する所見、および1度房室ブロックや早期興奮症候群などPR間隔に関する所見、心内膜下虚血といったST低下に関する所見もこの「キーになる4誘導の判読」で問題ありません。すなわち、細かい不整脈診断以外の所見は、この4誘導に着目することで、ほぼ見落としなく判読できるのです。このアイデアを使わない手はないでしょう。また、不整脈の判読には「P波を探し、QRS幅に注意する」ことで、たいいてい場合は正しい心電図診断に到達します。こういったコンセプトで本書の執筆を開始しました。

著者は、文体と内容に一貫性を保つことが大切と考えており、単独での執筆にこだわりました。そのため、本書に相応しい心電図を著者1人では収集することができず、多くの先生方から心電図やイラストのご提供を頂きました。北海道勤労者医療協会 勤医協中央病院の鈴木隆司先生、宮城県成人病予防協会 中央診療所の佐藤文敏先生、仲田内科の大村延博先生、ハート先生こと心臓病看護教育研究会の市田聡先生（ホームページの引用許諾以外にも国循時代の貴重な心電図もご提供頂きました）、京都下鴨病院の山下文治先生、川西市立総合医療センター（前協和会協立病院）の岡島年也先生、国立病院機構 京都医療センター（前武田病院健診センター）の榊田出先生、JA広島総合病院の藤井隆先生には、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。中でも藤井隆先生には、不整脈に関する多くの心電図をご提供頂くとともに、第6章全体に目を通して頂き、ご指導・ご助言を賜りました。初稿に比べて格段にブラッシュアップされました。感謝に堪えません。

定年前後に、著者の公私にわたる環境が激変したことから思うように執筆が進まず、脱稿までに多くの時間を要してしまいました。そのような状況で、企画案をご提供頂いた中外医学社企画部の上岡里織さん、編集の労をお取り頂いた編集部の上村裕也さんにも厚くお礼を申し上げます。

最後になりますが、本書が心電図の判読に携わる方々に、少しでもお役に立てばと心から祈念致します。よろしく願い申し上げます。

2022年11月

いまだにコロナ禍が収束しない中で
上 嶋 健 治

本書の使い方

本書は序文にもありますように、12誘導心電図とはいうものの12の誘導のすべてに1/12ずつの重みがあるのではなく、誘導により判読の重みに違いがあり、「I、aVF、V1、V5の4つの誘導こそがキーになる誘導」というコンセプトで書かれています。その点に留意して読み進めて頂ければと思っています。

また、心電図所見を判読、理解する上で、各章の各項目については、その「重要度」をミシュラン風に★の数で示しました。次のように4つに分類しています。

- ★★★★ 決して忘れてはならない必須の知識
- ★★★ 基礎的で重要な知識
- ★★ 応用的で重要な知識
- ★ 応用的な予備知識

時間のない方は、★の数をおおよその目安にして、重要度の高い項目から読み始めて頂いてもよいでしょう。

さらに、各章のおわりには「この章のまとめ」として、判読のポイントを箇条書きでまとめました。各章ごとに知識の整理ができるようにしていますので、第1章から順に読み進めて頂ければと思っています。そして、各章末の表を確認することで、「自力で心電図が読める」範囲が着実に広がり、判読能力がレベルアップしていくことを実感して頂けるものと思います。

巻末には付録として、人間ドック学会が公開している「心電図健診判定マニュアル」を掲載し、各所見の「臨床的な重み（軽度異常・経過観察・要精査など）」も理解できるようにしています。どうぞ、心電図の判読をお楽しみください。

第1章

これだけは、覚える —心電図判読に必要な最低限の ルールと判読の心得

心電図とは、「心臓の機械的収縮に先行して生じる電気的刺激の発生と伝達の過程を、体表面の電極から記録したもの」と定義されます。この心臓の「電気的刺激の発生と伝達」は、微弱な電流ながら全身にも広がるため、体表面に電極をおいて記録すると心臓由来の電気的な興奮とその伝播および回復の過程を評価することができます。そして、これらの電気活動を解析することで、①心拍数、②脈の整・不整、③電気的位置、④心筋の肥大、⑤脚ブロック、⑥心筋虚血、⑦不整脈といった心臓の電気的な機能評価が可能となり、心疾患の診断にもつながります。

しかし、心電図の記録には最低限のルールがあります。また、そのルールは理解するとともに、習得して覚えてしまわねばなりません。

本章では、このルールの習得と、そのために注目すべきポイントを示しました。

1 心電図の記録に関するルールを知る

1) 記録紙のルール ★★★★★

心電図は1 mm×1 mmの方眼紙に、25 mm/秒の紙送り速度で記録されます。したがって横軸の1目盛りは1 mmなので、1/25秒で0.04秒(40 msec)になります。また、縦軸には通常1 mVを10 mmとする較正ですので、縦軸の1目盛り(1 mm)は0.1 mVになります(図1)¹⁾。

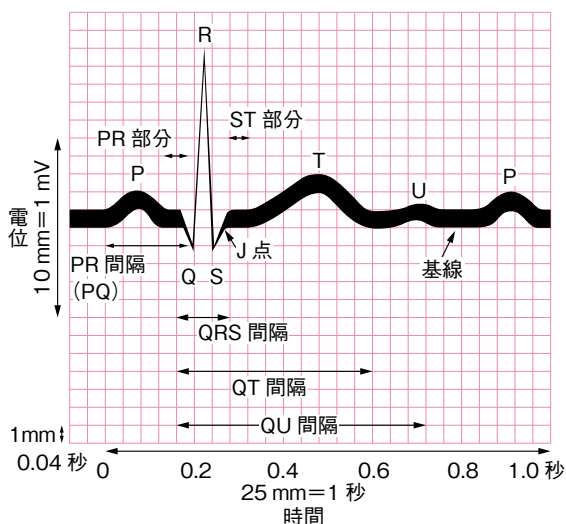


図1 ▶ 心電図記録のルールと各波の名称および間隔・部分など

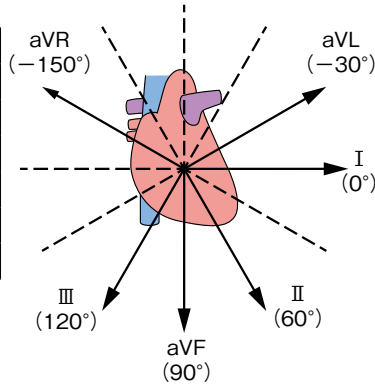
心電図は紙送り速度を25 mm/秒とし、10 mmを1 mVとして記録する。心電図波形にはP～Uまで6つの波があり、各波を評価し、波の高さや間隔などを計測して判読の材料にします。

(上嶋健治, ビギナーのための心電図便利帳, 最新医学社; 2016. p.14¹⁾より改変)

表1 ▶ 肢誘導は心臓のどこをみているか

座標軸の観点も含めて各誘導の視点からみた心臓の部位を示します。

誘導	視点	角度
I	左室の側壁をみる	0°
II	心臓を心尖部からみる	60°
III	左室下壁と右室側面をみる	120°
aVR	心臓を右上方からみる	-150°
aVL	心臓を左上方からみる	-30°
aVF	心臓を真下からみる	90°



2) 胸部の電極の装着部位: 単極誘導 (図8) ★★★★★

図8aに示した胸部誘導の電極はすべて単極誘導です²⁾。ここで注意すべきことは、V3はV2とV4の間であるため、V2とV4の位置をまず決定します。また、V5以降の誘導の高さはV4の高さと同じであって、第5肋間ではありません。すなわち、肋骨(肋間)は水平に走行しておらず、V5以降の誘導の高さのまま装着していくと、電極は肋間を離れて水平に移動します。

電極は第4肋間から装着していくのですが、不慣れなうちは第4肋間を探し出すことに結構時間がかかってしまいます。コツとしては、胸骨を上から触っていくと、数cm下りたところにやや隆起した部分(胸骨角)があり、その真横部分が第2肋間になります。ここから肋間を指で確認して第4肋間を探し出します。通常男性では、第4肋間は大体乳首の高さでV4誘導は乳首のすぐ下になります。ただし、肋間を探るときにゴリゴリと強く胸壁を押さえると、患者さんには結構痛いものですから、あまり力を入れてはいけません。

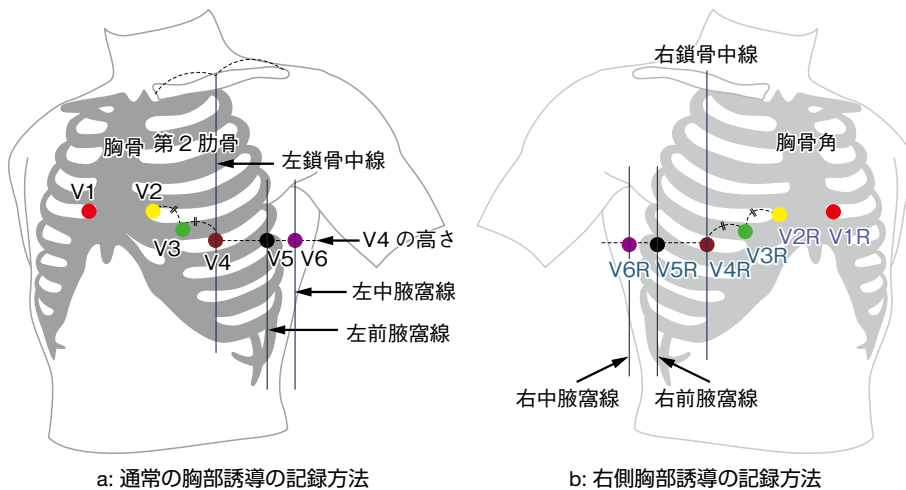


図8 ▶ 胸部の電極の装着部位

(ハート先生の心电图教室. 12誘導心电图の捉え方. http://www.cardiac.jp/view.php?lang=ja&target=ecg_style.xml)より一部改変)

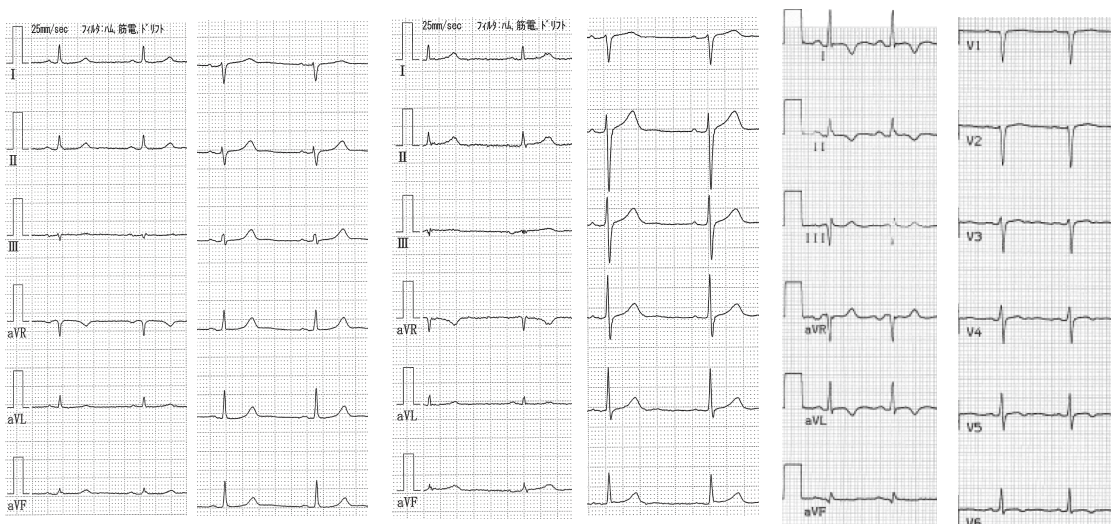
5 評価すべき心電図所見について

それでは、実際に評価すべき心電図所見にはどのようなものがあるのでしょうか？ 本邦では、日循協ミネソタコード2005（1982年版ミネソタコード準拠⁴⁾や日本人間ドック学会の心電図健診判定マニュアル⁵⁾は、その手引きにならうかと思えます。日本人間ドック学会の心電図健診判定マニュアル⁵⁾は、巻末に「付属資料」としてお示ししています。

本書では「速読」という観点から、注意を向ける誘導を絞り込んで焦点をあて、そこから見落としのない心電図の判読を目指したいと思っています。表3に評価すべき心電図「所見」と、注目すべき「キーになる誘導」をあげました。所見によっては注目すべき誘導がなく、ケースバイケースの場合もありますが、そのときは「-」で示しています。また、心拍数や期外収縮など全誘導で評価可能な場合には本書の趣旨に沿って「-(I・aVF・V1・V5)」としています。

表3 ▶ 評価すべき心電図所見とキーになる誘導

	心電図所見	キーになる誘導		心電図所見	キーになる誘導
調律	心拍の整・不整	-(I・aVF・V1・V5)	虚血	異常Q波	-
	心拍数	-(I・aVF・V1・V5)		R波の増高不良	V1~V3
	歩調取り (洞・それ以外)	II・III・aVF		ST上昇	-
位置	電気軸	I・aVF		ST低下	V5
	移行帯	全胸部誘導		U波	-
	右胸心	I		早期再分極	-
	電極付け間違い	I		J波	-
早期興奮 症候群	WPW	-(I・aVF・V1・V5)	不整脈		
	LGL	-(I・aVF・V1・V5)	結滞	上室期外収縮	-(I・aVF・V1・V5)
房室伝導 障害	1度房室ブロック	-(I・aVF・V1・V5)	心室期外収縮	-(I・aVF・V1・V5)	
	2度房室ブロック	-(I・aVF・V1・V5)	補充収縮	-(I・aVF・V1・V5)	
	3度房室ブロック	-(I・aVF・V1・V5)	頻脈性 不整脈	洞頻脈	-(I・aVF・V1・V5)
	房室解離	-(I・aVF・V1・V5)		上室頻拍	-(I・aVF・V1・V5)
肥大と 電位	左房負荷	V1		心室頻拍	I・aVF
	右房負荷	II・III・aVF		心室細動	-(I・aVF・V1・V5)
	左室肥大(高電位差)	V1・V5	徐脈性 不整脈	洞機能不全症候群	-(I・aVF・V1・V5)
	右室肥大	V1		(3度房室ブロック)	-(I・aVF・V1・V5)
	低電位差	-	変動	洞性不整脈	-(I・aVF・V1・V5)
心室内 伝導障害	右脚ブロック	V1(V2)	心房細動	V1	
	Brugada症候群	V1(V2)	心房粗動	II・III・aVF・V1	
	左脚ブロック	V1・V5	その他	QT延長	-(I・aVF・V1・V5)
	左脚前枝ブロック	I・aVF		QT短縮	-(I・aVF・V1・V5)
	左脚後枝ブロック	I・aVF		テント状T波	-
	2枝ブロック	V1・I・aVF		冠性T波	-
		ストレインパタン		V5	
		副調律		-(I・aVF・V1・V5)	



a: 肢誘導・胸部誘導ともに低電位差

b: 肢誘導に低電位差

c: 胸部誘導に低電位差

図 15 ▶ 低電位差の実例

a は標準肢誘導（I，II，III）の電位が 0.5 mV 以下の基準，b はすべての胸部誘導の電位が 1 mV 以下の基準を満たした低電位差の実例で，c は両方の基準を満たした低電位差例です。

この章のまとめ

- ▶ 肢誘導と胸部誘導をざっと眺めて、脈の整・不整と心拍数、および心臓の電気的位置を確認します。
- ▶ 心拍数の概算には「300の法則」、「1,500の法則」、「6秒計測法」を用います。
- ▶ 徐脈の場合には、「1,500の法則」、整脈でない場合には「6秒計測法」が有用です。
- ▶ 心拍数が50/分未満を徐脈、101/分以上を頻拍とよびます。
- ▶ 不整脈の病態は大きく、①結滞、②頻脈、③徐脈、④変動に分類されますが、細かい評価は後回しにします。
- ▶ 肢誘導から求められる電気軸と、胸部誘導から求められる移行帯から、心臓の電気的な位置を知ることができます。
- ▶ 肢誘導のIとaVF誘導に着目して、電気軸（正常・左軸偏位・右軸偏位）を評価します。
- ▶ 正しい判読のために、肢誘導をCabrera配列で見直してみることも有用です。
- ▶ 胸部誘導ではV1～V5・V6にかけてR波が、連続して徐々に増高するか否かを確認します。
- ▶ 胸部誘導のR波とS波の比が1：1になる誘導を移行帯とよび、正常・時計回転・反時計回転などを評価します。
- ▶ 標準肢誘導（I，II，III）の各誘導の電位が0.5 mV以下のとき、または、すべての胸部誘導の電位が1 mV以下のときに低電位差と診断します。

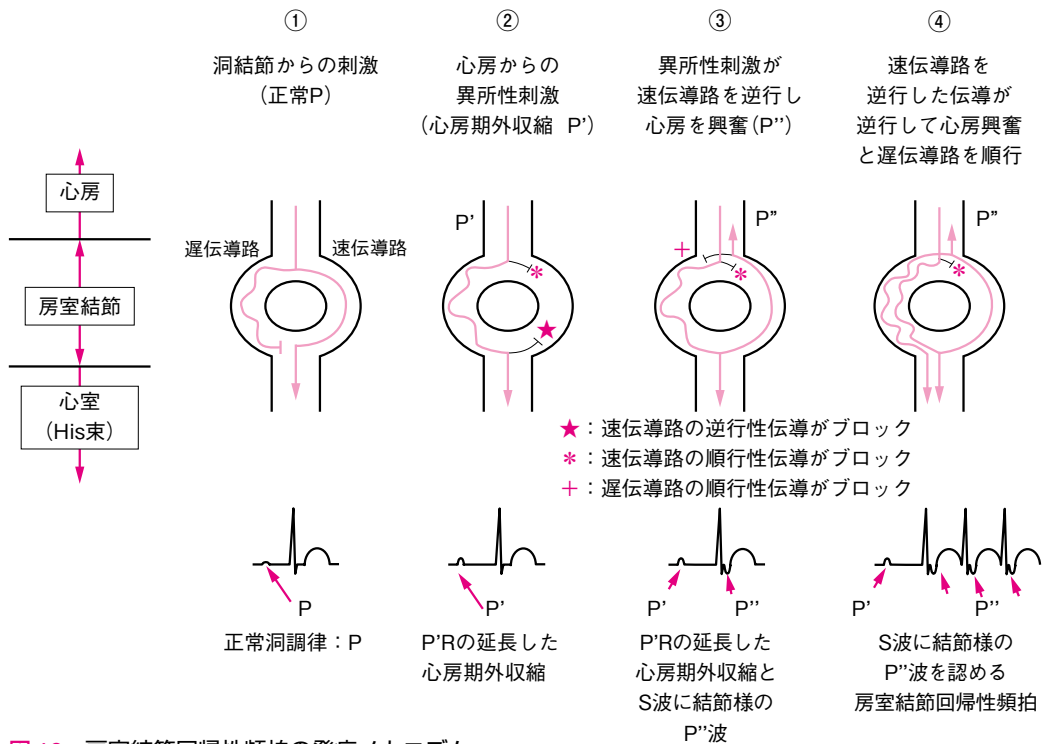


図12 ▶ 房室結節回帰性頻拍の発症メカニズム
詳細は本文の解説を参照。

ここで興奮の伝播は終了します。その結果、通常の洞性P波とは異なるP'波とP'R間隔延長を伴う(遅伝導路を通るため)心房期外収縮が記録されます。

③もし、②のような心房の異常興奮が発生したタイミングで、たまたま「速伝導が不応期から脱していた」場合には、その刺激が速伝導路を逆行します。そして一部は心房に逆伝導するため、先に発生した心房性期外収縮のQRSの後ろにP波が記録(逆行性P波:P'')されます。このとき、遅伝導路がまだに不応期にある場合には、順行性伝導が遮断されてしまい(図12の+),そこで興奮の伝播は終了します。その結果、P'波とP'R間隔の延長を伴う心房期外収縮、さらにはその直後にP''波が記録されます。このP''波は前ページで述べた「偽性s波」,「偽性r波」に相当するものです。

④さらに、②、③のような心房の異常興奮が発生したタイミングで、「速伝導路が不応期から脱していた」うえに「遅伝導路も不応期を脱していれば」、速伝導路を逆行してきた電気刺激は遅伝導路に「再進入」します(+がない状況)。再進入した刺激は心室を興奮させるとともに、速伝導路を逆行して心房に逆伝導されるため、持続性の回帰性頻拍が生じます。

このように異所性の心房からの興奮が、各伝導路の不応期の状況によって、「心房期外収縮のみを認める」,「心房期外収縮とP''を認める」,「房室結節回帰性頻拍を生じる」場合が生じることを忘れないでください。

一般的にリエントリーを成立させるには3つの条件が必要になります。それは、①2つの伝導路の存在(dual pathway),②その不応期が異なること,③一方向性のブロック(unilateral block)の存在です。ここで説明した房室結節のリエントリーでは、①2つの伝導路の存在(dual pathway)は速伝導路と遅伝導路,②2つの伝導路は機能的に不応期が異なり,③一方向性のブロックは速伝導路の