

# 小児心電図の特徴

## 1. 心電図波形の成り立ちと刺激伝導系

刺激伝導系とは洞結節→結節間伝導路→房室結節→His束→左脚/右脚→Purkinje線維を通して心室筋に至る電氣的興奮の伝導路のことである。刺激伝導系を構成する心筋細胞は電気刺激を発生する能力(=自動能)をもっている。この心筋の電氣的興奮によって発生した心臓の電気活動の変化を体表面から記録すると心電図波形が得られる(図1)。

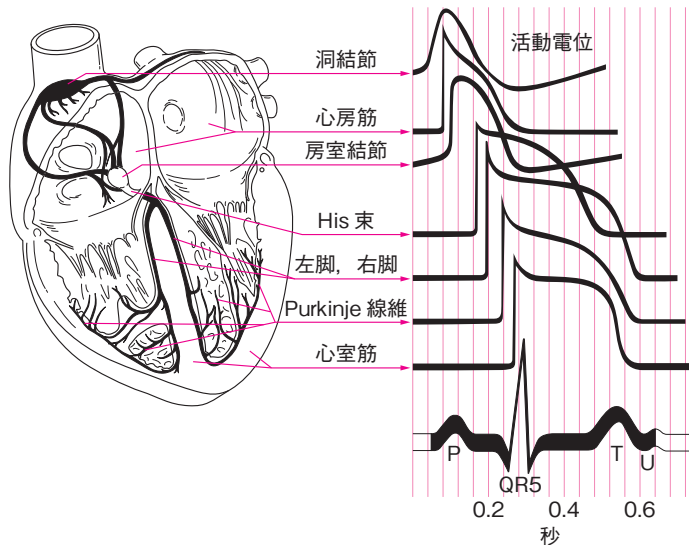


図1 刺激伝導系と心電図波形<sup>1)</sup>

## 2. 心電図の基本波形

心電図は心筋の電氣的な活動を縦軸に電位、横軸に時間をとって表したグラフである。

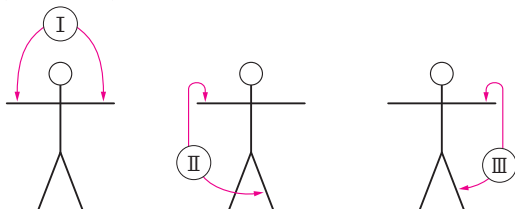
25 mm/秒のスピードで記録した場合、縦1 mmが0.1 mV、横1 mmが0.04秒になる。

3次元の空間で脱分極と再分極を繰り返している心臓の電気現象を、平面の情報として表現したものがスカラー心電図(12誘導心電図)である。

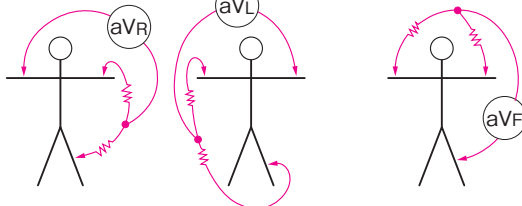
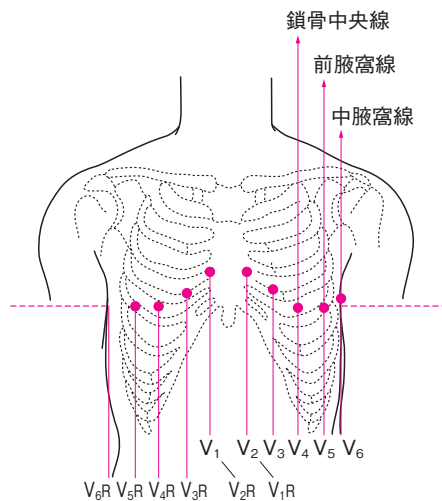
肢誘導(双極: I, II, III, 単極: aVR, aVL, aVF)と胸部誘導(V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>)の各誘導において、刺激伝導路を走る電気現象を波形で表す。

標準肢誘導	単極肢誘導
I 左手－右手	aVR 右手－左手と左足を結合した電極
II 左足－右手	aVL 左手－右手と左足を結合した電極
III 左足－左手	aVF 左足－左手と右手を結合した電極

〔標準肢誘導〕



〔単極肢誘導〕

図2 肢誘導の誘導法<sup>2)</sup>図3 胸部誘導における電極の位置<sup>2)</sup>

■肢誘導：前額面における心起電力ベクトルを表す方法である。心尖部は通常左側を向いているため、右房上方から流れる伝導は左下方へのベクトルを成し、aVR 以外は左下方に向かう波形が陽性となる（図2）。

■胸部誘導：水平面における心起電力ベクトルを表す方法である。前方に位置する右室へのベクトルは V<sub>1</sub>・V<sub>2</sub> 波形で陽性に、左方に位置する左室へのベクトルは V<sub>5</sub>・V<sub>6</sub> 波形で陽性に表される（図3）。

心電図波形は4つの波形で構成されており、順次、P、QRS、T、U波と名づけられている。各波形・間隔の名称と意義は以下の通りである。

- P波：心房の興奮（脱分極）を表す波形である。まず右房が興奮し、次いで左房の興奮が起こるため、P波の前半は右房の興奮に相当し、後半は左房の興奮に相当する。
- QRS波：心室全体の興奮を表す波形である。心室筋脱分極中の心臓ベクトルループが各誘導に投射されて陰性のQ波、陽性のR波、陰性のS波を形成する。心室筋が相対的に厚い部位の電位が大きくなる。
- ST部分：心室筋再分極過程のうち第2相のプラトーに相当する。
- T波：両心室の興奮からの回復（再分極）を表す波形である。心室の再分極は心内膜側→心外膜側へ緩徐に行われるため、T波の形状はQRS群よりも心室筋の種々の電気現象を反映しやすく、心筋障害や心室筋の電氣的安定性などの判断に有用である。
- U波：T波に続く小さな陽性の波形で、主に胸部誘導で見られる。心室筋の再分極の一部を表したものと考えられている。成因はまだ明らかにされていないが、心内膜層と心外膜層との間にあるM-cellに起因するとの説がある。

- PQ 間隔: P 波の始まりから QRS 波の始まりまでの間隔で, 心房から心室に電氣的興奮が伝導する時間を表す. その時間の多くは房室結節の伝導に費やされているため, PQ 間隔の延長は房室結節の伝導遅延を表す.
- QT 間隔: QRS 波の始まりから T 波の終わりまでの間隔で, 心室筋の電氣的興奮が始まってから終わるまでの時間で, つまり心室筋の活動電位持続時間 (APD) の平均的な長さを表している. 心室筋細胞のイオン電流の変化により異常をきたす. T 波の最終点をどこで計測するかは, 一般的に T 波の下行脚の接線と基線との交点とされている.

### 3. 小児心電図の特徴

小児の心電図はその対象が新生児から思春期まで広く分布している. そのため発育段階で変化する心電図所見を理解するべきである.

#### 1) 循環動態の変化

胎児期には右室からの心拍出量のほうが多く, 右室が発達している. 出生と同時に呼吸が開始され, 肺血管抵抗が低下すると共に左室の仕事量が増加するため左室が徐々に発育する. 一方, 右室の仕事量は減少するため, 右室壁は左室壁に比べ菲薄化する. すなわち, 出生直後の右室優位所見から成人循環の左室優性所見に変化していく移行期が小児期心電図の特徴といえる.

#### 2) 体型や胸郭の変化

思春期になると女子では皮下脂肪の発達や乳房の発育が顕著となり, 女子のほうが全体的に低電位となり, 男女差が明瞭になる. また, 肥満の場合は皮下脂肪により電気抵抗が大きくなるため電位が低くなる.

#### 3) 心電図波形の変化

- P 波: 平均電気軸は各年齢層で大きな変化はなく,  $0 \sim +90^\circ$  の範囲内にある. P 波時間は年齢と

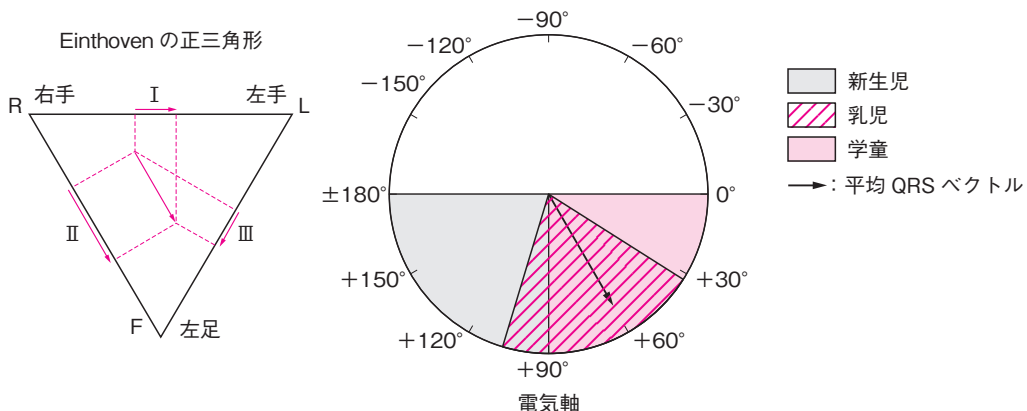


図4 前額面 QRS 電気軸の正常範囲<sup>3)</sup> (一部改変)

共に少しずつ延長し、幼児 0.08 秒未満、小学生 0.09 秒未満、中学生以上 0.10 秒未満とされる。波高は新生児期でやや高く、四肢誘導で 3.0 mm 以下とされ、小児から成人まで四肢誘導では 2.5 mm 以下で、胸部誘導では 1.5 mm 以下を正常範囲としている<sup>4)</sup>。

- **QRS 波:** 出生直後の電気軸は強い右軸偏位を呈するが、年齢と共に変化する。新生児では +90°~180°、乳児では +30°~110°、学童では 0°~90° を正常範囲としている<sup>5)</sup> (図 4)。Q 波は II, III, aVF, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub> でみられるが、幼児期以降に減高する。胸部誘導の R 波は、左側胸部誘導より右側胸部誘導のほうが高く、年齢と共に左側胸部誘導の R 波が高くなる。思春期には性差が明瞭に現れ、全ての誘導で男子が女子を上回る。S 波は男子のほうが女子に比較して深い傾向がある。また健常児での QRS 波の分裂がしばしばみられ、特に V<sub>1</sub> で多い。Rsr' の形は、それ単独ではほとんど病的意義はない。
- **T 波:** 胸部誘導では年齢と共に変化する。出生直後は V<sub>1</sub> から V<sub>6</sub> まで全て陽性であるが、数時間以内に左側胸部誘導の T 波は陰性または 2 相性になる。生後 1~2 日以内に右室圧の生理的な低下に伴って、右側胸部誘導は陰性化し、左側胸部誘導は陽性化する。その後は発育に伴って V<sub>4</sub> → V<sub>3</sub> → V<sub>2</sub> → V<sub>1</sub> と順次陽性化する。V<sub>4</sub> は 4~5 歳までに、V<sub>3</sub> は 10~11 歳ごろまでに、V<sub>2</sub> は 12~14 歳ごろまでに、V<sub>1</sub> は 16 歳以上で陽性化する<sup>6)</sup> (表 1)。
- **PR (PQ) 時間:** PR (PQ) 時間は年齢と共に延長するが、心拍数そのものによっても変化する。正常範囲は新生児期 0.07~0.12 秒、乳児期 0.08~0.14 秒、幼児期 0.10~0.15 秒、学童期 0.10~0.18 秒とされる<sup>6)</sup> (表 2)。判読に便利なのは P 波の主方向に平行する II 誘導である。
- **QT 時間:** QT 時間も年齢と共に変化する。新生児・乳児は 0.20~0.34 秒、幼児期は 0.24~0.35 秒、前思春期は 0.30~0.39 秒である<sup>6)</sup> (表 2)。また QT 時間は心拍数に依存するため、評価のためには補正式を用いる必要がある。補正は Bazett の補正式があり、 $QTc = QT / \sqrt{RR}$  で表される。成人

**表 1** おおよその T 波陽転完了時期<sup>6)</sup>

性別でみた胸部誘導の T 波の陽性率 (%)						
誘導部位	年 齢	3~5 歳	6~9 歳	10~11 歳	12~14 歳	15~18 歳
	V <sub>1</sub>	男	1	5	16	38
女		2	2	17	21	34
V <sub>2</sub>	男	21	62	83	87	99
	女	22	62	82	92	97
V <sub>3</sub>	男	65	85	95	96	100
	女	64	84	99	97	99
V <sub>4</sub>	男	99	100	99	100	100
	女	97	99	100	100	100
V <sub>5</sub>	男	100	100	100	100	100
	女	100	100	100	100	100
V <sub>6</sub>	男	100	100	100	100	100
	女	100	100	100	100	100

表 2 PR 時間の正常範囲<sup>6)</sup>

	PR (PQ) 時間 (秒)	QT 時間 (秒)
新生児期	0.07~0.12	0.20~0.34
乳児期	0.08~0.14	0.20~0.30
幼児期	0.10~0.15	0.24~0.35
学童期	0.10~0.18	0.28~0.37
前思春期	0.10~0.20	0.30~0.39

領域ではこの補正式で補正し、小児でも今までよく使われてきた。しかしこれは心拍数が多いときには過大評価を、心拍数が少ないときには過少評価をするおそれがあることが欠点である。そこで近年、心拍数の影響を受けにくいとされる Fridericia の補正式<sup>7)</sup>が推奨され、多く使われるようになってきた。Fridericia の補正式は  $QTc = QT / \sqrt{RR}$  で表され、0.36~0.44 が正常範囲である。

## 4. 位置異常と右胸心の心電図

先天性心疾患がない場合でも、心臓の回転や位置異常により心電図所見はさまざまに変化する。

### 1) 右胸心 (dextrocardia)

心臓が右胸郭内にあり、心尖部が右方を向いている。通常、内臓逆位に伴い、正常と鏡像関係にあるだけで先天性心疾患を伴わないことが多い。心電図においても左右関係が正反対となる。左側胸部誘導に行くに従って R 波が低電位になっていく場合、右胸心を疑い、肢誘導と胸部誘導ともに全く左右逆に電極を装着してみると波形が正常化する。

### 2) 心臓の右方偏位 (dextroversion of heart)

心臓の回転による右胸心で、心室が反時計回りに回転して左室が右室の左前方に位置している。心尖部は右方を向いている。胸部誘導を左右逆に装着した場合、鏡像関係にある右胸心と異なり、 $V_{6R}$  で Q 波を欠く。また心室全体の興奮が前方に向かうため  $V_{3R}$ 、 $V_{4R}$  で R 波が最大となる。

### 3) 修正大血管転位

心室の位置異常で、右房が解剖学的左室-肺動脈へとつながり、左房が解剖学的右室-大動脈へとながる心奇形である。合併心奇形がない場合、学校心臓検診でみつかるとは例も少なくない。①左軸偏位、②右側胸部誘導で QS パターン、③左側胸部誘導で Q 波を欠くなどがあれば本症を疑う。

### 4) 漏斗胸

漏斗胸では心尖部がより左方を向いている。 $V_1$  誘導で心房興奮は遠ざかる方向となり、P 波が陰性化する。心室興奮も全体的に遠ざかる方向となるため、QS、Rsr' パターンとなりやすい。また、胸郭