

学校心臓検診で見られる異常Q波の成因の検討

柴田利満

医) しばた医院

要 旨: 学校心臓検診ではスクリーニング基準に基づいて心電図の判読がおこなわれている。先天性心疾患の多くは学校心臓検診以前に診断されるが、その他の心疾患や不整脈疾患など重要な疾患が学校心臓検診において発見される。スクリーニング基準の項目に、QRS波の異常の一つとして異常Q波があり、その存在により二次検診の対象となりうる。異常Q波の存在が心疾患の診断につながる場合も多く、学校心臓検診において心電図を判読する上で重要な所見である。また、異常Q波を示す正常亜型の存在もあり心疾患との鑑別も必要となる。V₆誘導の深いQ波という異常Q波は、もともと心室肥大判定基準に含まれた所見であるが、それ以外のパターンの異常Q波も含めて肥大型心筋症などに認められることがあり注意を払うべき所見である。異常Q波を呈する疾患は多岐にわたるので、異常Q波の成因と発生部位に分けて、Q波と初期ベクトルの関係を論じ、異常Q波を呈する症例を提示して検討した。異常Q波の成因がベクトル心電図のQRSループの変形として視覚的に認識できるためベクトル心電図を表示した。

Key words: 異常Q波 (abnormal Q wave), 心室肥大 (ventricular hypertrophy), 肥大型心筋症 (hypertrophic cardiomyopathy), 初期ベクトル (initial vector), ベクトル心電図 (vectorcardiogram)

はじめに

学校心臓検診ではスクリーニング基準¹⁾に基づいて心電図の判読がおこなわれている。その中の項目に、QRS波の異常の一つとして異常Q波があり、学校心臓検診においてはその存在により二次精検の対象となりうる。小児循環器領域において異常Q波は、もともと心室肥大判定基準に含まれるものであったが²⁾、現在の学校心臓検診においては、心室肥大を示す異常Q波は先天性心疾患より特発性肺動脈性肺高血圧、肥大型心筋症、正常亜型(心電図上、大多数の正常の人とは異なる表現型を呈するが異常ではない人)などの診断に重要な所見となる。

12誘導心電図において各誘導のq波の存在はQRS波の初期ベクトルの方向により決まる。Durrerら³⁾の報告により、心臓で最も早く脱分極する左心室内の3つの部位(中隔の中心部、後部中隔近傍、前心基部)のベクトルの合

成により初期ベクトルが形成される。この初期ベクトル(10-15 msec)の方向により12誘導心電図の各誘導にq波が現れる。初期ベクトルは、正常人の75%において右前上方を向く⁴⁾のでI誘導、II・III・aVF誘導、V₆誘導に小さいq波が存在し、V₁誘導でr波が出現する。瞬時心室興奮ベクトルの方向を示した図1A、1B⁵⁾において、数字1で示した初期ベクトル(10 msec)は、前額面で右上方を向いていることがわかり、水平面で右前方を向いていることがわかる。これより、初期ベクトルは立体的には右前上方を向いていると判断される。異常Q波は初期ベクトルとそれに続くQRSループ初期部分(ベクトル心電図)より形作られ、その出現部位が決まってくる。

循環器内科の成書では、心筋梗塞のQ波との鑑別において異常Q波を呈する疾患が詳細に記載されている⁶⁾。学校心臓検診において異常Q波とは、通常q波の存在しない誘導(V₁、V₂)に存在するQ波、深さが0.5mVを越す

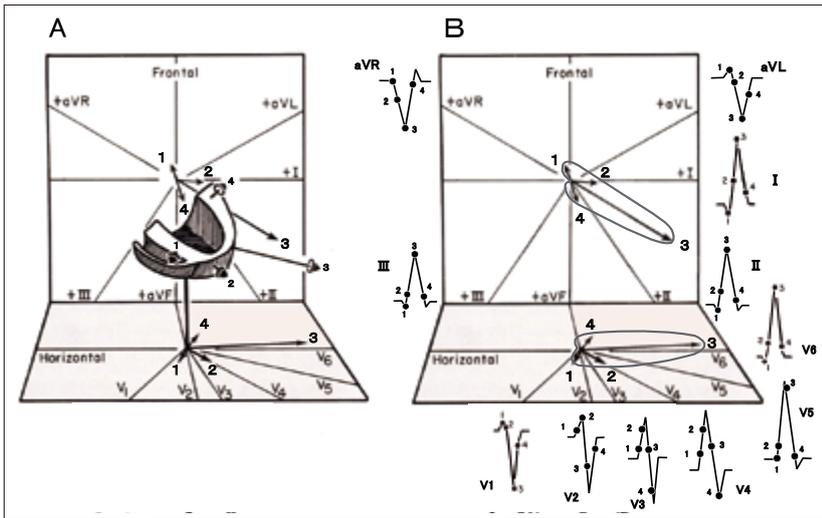


図1 A, B: 瞬時心室興奮ベクトルとそのベクトルの前額面と水平面への投影図。

ベクトル1: 初期心室中隔の初期興奮ベクトル (10msecベクトル), ベクトル2: 左室心尖前壁脱分極ベクトル (20msecベクトル), ベクトル3: 主に左室の脱分極 (40msecベクトル), ベクトル4: 左室基部の終末の興奮 (60msecベクトル). 1~4の瞬時ベクトルはI, II, III, aVR, aVL, V₁~V₆各誘導のQRS波形上にプロットしている。(Cooksey JD, et al.⁴⁾の図を一部改変.)

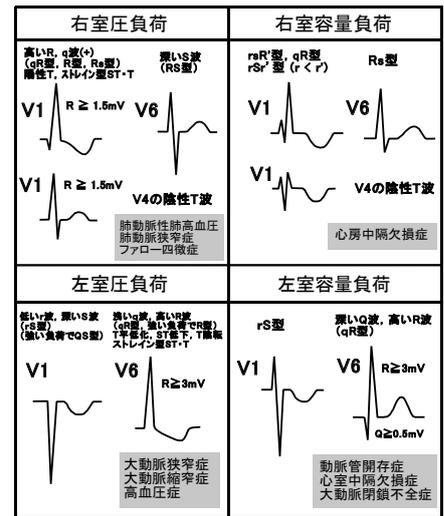


図2 心室肥大の心電図基準 (柴田利満⁷⁾)

表1 異常Q波の分類

A. 病態生理による異常Q波の分類	
1. 心室肥大	右室圧負荷(V ₁ :qR型) 左室圧負荷 (V ₁ :QS型) 左室容量負荷(V ₆ :qR型) 肥大型心筋症(V ₁ :qR, QS pattern, V ₆ :qR pattern, III:qR, QS pattern)
2. 位置異常	修正大血管転位症 (V ₁ :QS pattern, III:QS pattern) ロート胸 (V ₁ :qR, Qr pattern) 先天性左側心外膜欠損症 (V ₁ :QS pattern) 左側気胸 (V ₁ :QS pattern)
3. 伝導異常	完全左脚ブロック (V ₁ :QS pattern) 左脚前枝ブロック (V ₁ :QS pattern) WPW症候群 (V ₁ :QS pattern, V ₆ :qR pattern, III:QS, Qr pattern) 東枝心室副伝導路 (V ₁ :QS, qrS pattern) ペースメーカー (V ₁ :QS pattern)
4. 心筋虚血	川崎病 (V ₁ :QS pattern, V ₆ :qR pattern, III:qR, Qr pattern) 冠動脈奇形 左冠動脈肺動脈起始 (BWG症候群): (V ₆ :qR pattern, I・aVL: qR pattern) 左冠状動脈口狭窄・閉鎖:(V ₆ :qR pattern)
5. 心筋傷害	心筋炎, 拡張型心筋症, 心臓腫瘍, 特定心筋症など
6. 正常型	(V ₁ :QS pattern, V ₆ :qR pattern, III:qR pattern)
B. 異常Q波の出現する誘導の分類	
1. 右側誘導 (V _{4R} , V _{3R} , V ₁):qR, Qr, QS型	
2. 左側誘導 (V ₆ , I, aVL) : qR型	
3. 下方誘導 (II, III, aVF) : qR, QS型	

Q波, 幅が0.04秒を越すQ波と定義することができる。小児科領域において異常Q波の深さを0.5mV以上とするのは, 心電図専門委員会の心室肥大基準²⁾による。異常Q波の成因として, 肥大所見, 位置異常, 伝導障害, 心筋虚血, 心筋障害, 正常型 (表1A) の6つに分類でき⁷⁾, 発生部位により右側誘導, 左側誘導, 下方誘導 (表1B)

の3つに分けることができる⁷⁾。肥大所見での異常Q波は, 左心室・右心室の圧負荷・容量負荷により出現し, 位置異常による異常Q波は, 他の心内奇形を合併しない修正大血管転位での左右心室の位置の入れ替わりやロート胸での胸郭変形の圧迫による心臓の偏位に基づき出現するものなどである。伝導障害による異常Q波はWPW症候群など副伝導路の存在で出現したり完全左脚ブロックにおける伝導障害により発生するものである。心筋虚血による異常Q波は, 心筋梗塞に起因した伝導異常で出現し, 心筋障害は心筋炎など心筋の障害がもって出現する。正常型でも異常Q波が記録されることがあるが心臓疾患等は認めない。異常Q波が出現する部位によるQRS波形は, 右側誘導 (V_{4R}・V_{3R}・V₁) ではqR型・Qr型・QS型を呈し, 左側誘導 (I・aVL・V₆) では, qR型になり, 下方誘導 (II・III・aVF) ではqR型・QS型を示す。以下, 異常Q波の成因別に学校心臓検診等でみられる心電図所見を検討する。12誘導心電図上では異常Q波は, 深い, 幅が広い, 出現する誘導が異なるといった表現にとどまるが, どのような機序で異常Q波が出現するのかベクトル心電図 (VCG) で説明した。VCGは, 心室の脱分極波が伝導する経過をQRSループの形状として俯瞰できるので, 異常Q波の発生機序を推測できる。本稿に掲載したVCGは一部の合成VCGを除きすべてFrank誘導ベクトル心電図である。合成VCGは, Bjerleの式 (X=1.06・V₆, Z=0.043・V₆-0.532・V₂)⁸⁾により計算されたものである。

VCGのQRSループは, 図1Bに示すように, 各瞬時の心室興奮ベクトル (図の番号1~4) の頂点を曲線 (破線で記録) で結んだもので, 前額面と水平面に投影され

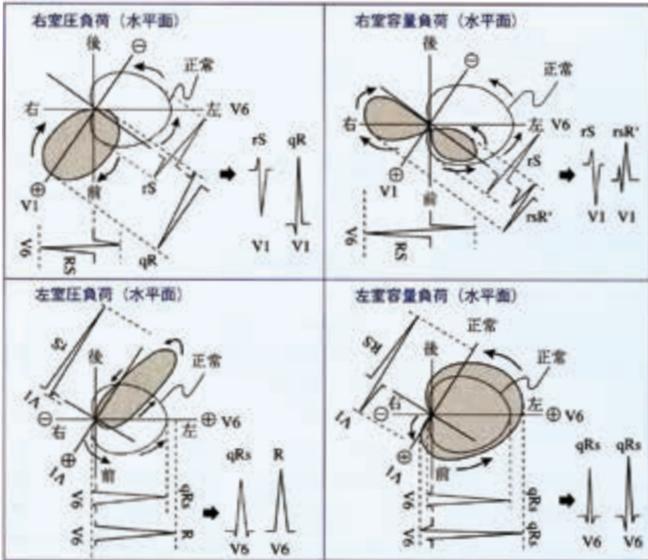


図3 心室負荷と水平面QRSベクトル (柴田利満⁷⁾)

る。正常QRSループの基本形は、前額面では左下方に長い楕円形(図6C参照)を呈し時計方向回転で、水平面ではハートを横にしたような形(図4参照)となり反時計方向の回転となる。水平面のQRSループは胸部誘導と対応し、前額面のQRSループは肢誘導と対応する(図1B)。QRSループの変形が、R波の増高・減高と表現されたり、ある誘導のQ波の出現として表現される。本稿の心電図症例は、文献9および文献19より引用したものである。

I. 心室肥大所見としての異常Q波

小児循環器医の基本である心室肥大所見を、右心室と左心室の圧負荷と容量負荷に分け心電図パターン認識の図を示した^{7,9)}(図2)。VCGにおける心室肥大所見⁷⁾は図3に示した。強い右室圧負荷を呈する特発性肺動脈性肺高血圧でV₁誘導においてq波が見られqR型を呈する。図4に13歳女児の特発性肺動脈性肺高血圧の典型的な心電図を提示する。V₁誘導でqR型を呈し、V₆誘導で深いS波、V₁~V₅誘導及びII・III・aVF誘導でST低下と陰性T波があり強い右室圧負荷の所見である。VCGにおいて、胸部誘導に対応した正常の水平面QRSループ(図4C)を見ると、ハートを横にしたような形になり初期ベクトルは右前を向いて反時計方向の回転になるが、本例のように強い圧負荷があると、右前方に位置する右室の起電力が増強しQRSループが右前方に引っ張られて反時計方向に回転するループになる(図4B, 図3)。初期ベクトルは図4Bに示す通り左やや前方を向くが、この原因は強い圧負荷による右室内腔の拡大で心室中隔が扁平となり左室が狭小化・変形することによると推測される。初期ベクトルとそれに続くQRSループの初期部分を表す

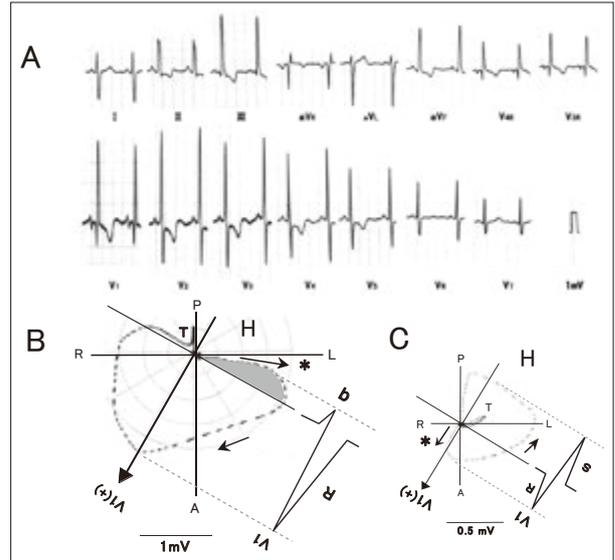


図4 A: 特発性肺動脈性肺高血圧症12歳女児の心電図。V₁・V₂・V₃誘導はハーフスケールで記録したものを縦に2倍拡大している。B: ベクトル心電図(水平面QRSループ)とV₁誘導QRS波形。C: 10歳女児の正常水平面QRSループとV₁誘導QRS波形。矢印はループの回転方向を示し、アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す。シェードの部分はV₁誘導のq波と対応する。H: 水平面, V1 (+): V₁誘導の座標軸を示す。

QRSループの灰色の部分の部分がV₁座標の陰性部分になりV₁誘導のq波に対応する(図4B)。これが異常Q波の成因と考える。灰色の陰性部分に続く時計方向回転のQRSループがV₁誘導の高いR波と対応する。特発性肺動脈性肺高血圧は、学校心臓検診で初発見されることもあるので注意を要する。

強い左室圧負荷を呈する大動脈弁狭窄などの場合V₁誘導でr波が消失しQS型になり、V₆誘導でq波が消失し高いR波(R型)を呈し、ストレイン型のST・T波形になる(図2, 3)^{7,9)}。左室容量負荷で見られるV₆誘導の深いQ波(図2)は、心室中隔欠損症、動脈管開存症、大動脈弁逆流などに見られる。左室容量負荷の場合、V₆で高いR波、高いT波も認められる⁹⁾。近年、強い左室圧負荷や強い左室容量負荷を呈する先天性心疾患が心臓検診で初発見されることはまずない。小学生は、中学・高校生より、V₆誘導のQ波は深い傾向にあるが¹⁰⁾、QV₆が0.5mVを超えても心疾患を認めなければ正常型に分類される。深いQV₆は、後述する肥大型心筋症との鑑別も重要である。学校心臓検診時に胸部誘導を1肋間上に誤配置して記録すると、V₆誘導に深いQ波(≥0.5mV)が出現することがある¹¹⁾。この場合、正しい位置で胸部誘導をとることでQ波が減高するので正常心電図であることがわかる。

肥大型心筋症では、90%以上に心電図異常所見が見つかり¹²⁾、QRS波の高電位、陰性T波、異常Q波が主な所見で、深いQ波は肥大型心筋症の25%-33%くらいに認め

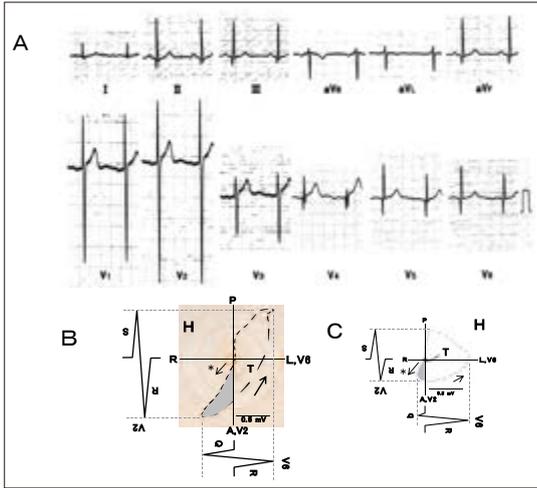


図5 A: 肥大型心筋症15歳男児の心電図, V₁, V₂, V₃誘導はハーフスケールで記録したものを縦に2倍拡大している. B: A症例の20歳時の水平面QRSベクトルループとV₂・V₆誘導のQRS波形図. C: 10歳女児の正常水平面QRSループとV₂・V₆誘導のQRS波形の図. H: 水平面, T: Tループ, 矢印はループの回転方向を示し, アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す. シェードの部分はV₆誘導のq波と対応する.

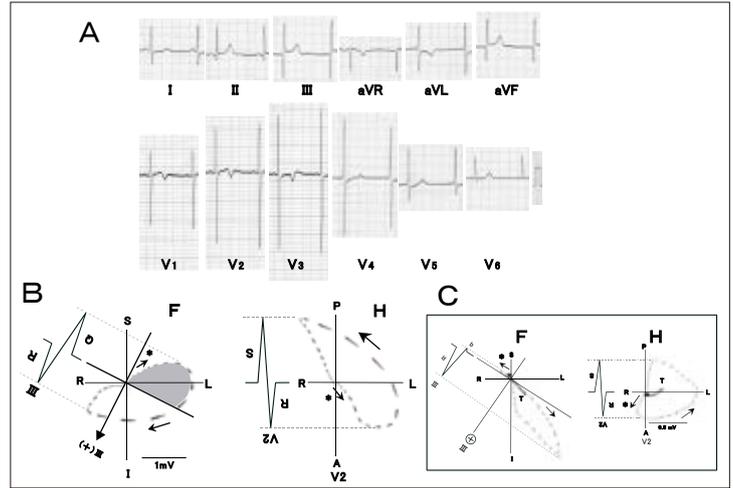


図6 A: 肥大型心筋症9歳男児の心電図, V₁, V₂, V₃誘導はハーフスケールで記録したものを縦に2倍拡大している. B: 同症例のベクトル心電図(前額面QRSループと水平面QRSループ)とⅢ誘導QRS波形の図とV₂誘導QRS波形の図. C: 10歳女児の正常ベクトル心電図(前額面QRSループと水平面QRSループ)とⅢ・V₂誘導のQRS波形の図. F: 前額面, H: 水平面, T: Tループ, 矢印はループの回転方向を示し, アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す. 前額面QRSループのシェードの部分(図6B)はⅢ誘導のq波と対応する. Ⅲ(+): Ⅲ誘導の座標軸.

られている¹³⁾. 若年者においては, 異常Q波の頻度が成人より高い傾向にある¹⁴⁾. 肥大型心筋症では, 症例により右側誘導(V₁誘導), 下方誘導(Ⅲ誘導), 左側誘導(V₆誘導)のどの誘導にも異常Q波が出現しうが, 出現部位は下方誘導と左側誘導に多く前方誘導(右側誘導)は少ない¹³⁾. 過去の報告では, 肥大型心筋症における異常Q波の定義は種々あるが^{14,15)}, 本稿においては, 前述したように通常q波の存在しない誘導(V₁, V₂誘導)に存在するQ波, 深さが0.5mVを越すQ波, 幅が0.04秒を越すQ波と定義して記載する. 肥大型心筋症の15歳男児例(図5A)では, V₆誘導の深いQ波(0.7mV)があり, V₁・V₂誘導で高振幅のRS波が記録された. 図5Bは図5A症例の20歳時に記録したVCG水平面ベクトル図である. 縦軸(Z軸)に沿って前後径の大きい楕円形様のQRSループが認められる. このように変形したQRSループが生じる理由は, 心室中隔に肥大が存在し(中隔厚:14mm, 後壁厚:10mm), 左室壁の肥大が不均一なことによると推測される. 初期ベクトル(矢印*)は正常と同じ右前方に向かい, それに続くQRSループ遠心脚の初期部は大きく右前方に向かいその後, 反時計方向回転をする. この初期部分(灰色の部分)がV₆の深いQ波に対応する. V₂の高振幅RS波は, QRSループの前後径が大きいことを反映している(図5B). RV₆波高がV₂誘導のR波高に比べ高くないのは, QRSループが前後に伸展した楕円形様の形をし, 横軸(X軸)方向への電位が高くないことの反映である. V₆誘導で見られる深いQ波は, 図5Bに示したようにQRSループが大きく変形し右前方に突出したことに対応している. このQRSループの特異な変形は, 深

いQV₆を示す左室容量負荷のQRSループ(図3)^{7,8)}とは明確に異なる.

肥大型心筋症の9歳男児の心電図(図6A)では, Ⅲ誘導で深いQ波(1.3mV)が認められ, I・aVL誘導とV₄・V₅誘導に軽度ST低下があり, V₂・V₃・V₄誘導でRS波の高電位が記録されている. 本例においても左室壁の不均一な肥大(中隔厚:10mm, 後壁厚:8.7mm)が原因で前額面および水平面の特異なQRSループ(図6B)が描かれると推測される. 初期ベクトルは図6BのVCG前額面で左上方に向かい, 水平面で左前方に向かうので立体空間では左前上方に向かうことになり, Ⅲ誘導では深いQ波が存在し, 左側誘導のV₅・V₆誘導ではQ波が存在しない. Ⅲ誘導で深いQ波となるのは, 初期ベクトルに続く前額面QRSループの初期部分が左上方に大きく突出し, 前額面のⅢ誘導座標軸の陰性部分(図6Bの灰色の部分)が大きいことに対応する. 水平面QRSベクトルは, 縦軸(Z軸)に沿って前後径の大きい楕円形様であるため心電図ではV₂・V₅誘導で高振幅RS波が認められる. その他の肥大型心筋症においても, 左右心室肥大で見られるQRSループのパターン(図3)^{7,9)}とは全く異なる形のQRSループ像がえられた. 心室中隔部の肥大という部分的肥大がある場合は, 左室全体の均一な肥大を示す左室圧負荷や左室容量負荷とは異なるQRSループ型が得られ, また心電図では左室圧負荷や左室容量負荷とは異なる誘導でのR波・S波の高電位が認められる. そのため従来の左室肥大の電位基準は適合しにくいと考える. 左室心尖部に肥大のある肥大型心筋症では, V₄~V₆誘導の陰性Tが顕著で, 異常Q波は認められなかった. 小児の肥

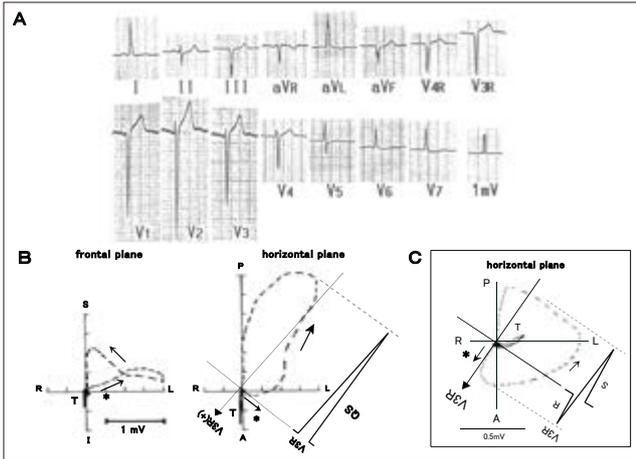


図7 修正大血管転位症11歳男児の心電図 (A) とベクトル心電図・前額面および水平面QRSループ (B)。C: 10歳女児の正常ベクトル心電図 (水平面QRSループ)。V3R (+): V3R誘導の座標軸。T: Tループ。矢印はループの回転方向を示し、アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す。

大型心筋症では、上記2例で示したような胸部誘導の高電位と深いQ波の合併が最も多かったとの報告¹⁵⁾があるが、V₅・V₆誘導の深いQ波 (≥0.5 mV) の所見のみで高電位RS波やST・T異常が顕著でない症例もあるので注意が必要である。一次検診では、胸部誘導の高電位や陰性T波により抽出されることも多いが、深いQ波のみの所見で抽出されることもあるので重要な所見であると考えられる。肥大型心筋症は、学校心臓検診で初発見されることがあるので、突然死予防の観点からも重要である。

II. 位置異常による異常Q波

心臓検診で発見される位置異常による異常Q波は、他の心内奇形を合併しない修正大血管転位症 (以下、修正大血管転位症) とロート胸がある。修正大血管転位症の12歳男児例を図7Aに示す。右側胸部誘導 (V_{3R}・V_{4R}誘導) でQS型となり、QRS電気軸は-37度 (左軸偏位) でⅢ・aVF誘導でもQS型を呈した。本症例ではV₁誘導でrS型であるがQS型となる症例もある。二次性のT波変化があり、T波高がTV₁ > TV₆、T_{aVF} > T₁を呈する。水平面のQRSループ (図7B) は左右に扁平で後方に長い楕円形を呈し、図7Cの正常例と比べると水平面のQRSループ波形はかなり異なる。この後方に伸展する特異な形のQRSループは、右側にある左室より脱分極が開始するためである。初期ベクトルは水平面で左前方向に向かい、その後QRSループは後方に伸展するのでV_{3R}誘導でQS型として表現される。前額面では初期ベクトルが左上方に向かいQRSループも上方に位置することはⅢ・aVF誘導でのQS型と対応している。

ロート胸では胸骨部の陥凹により心臓が圧排される。右心房は圧迫され左心房は左後方に偏位し左右心室は左

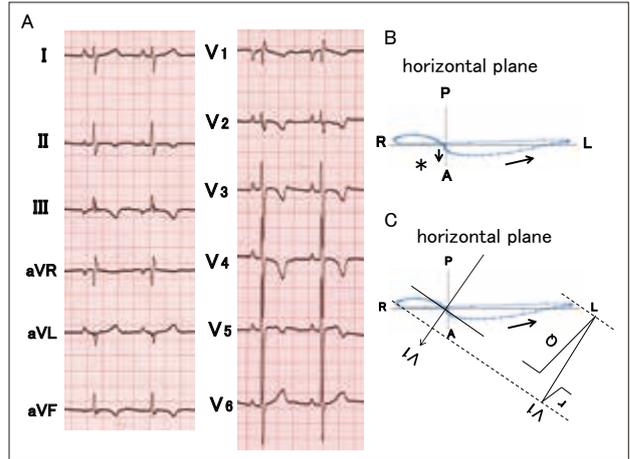


図8 A: ロート胸12歳男児の心電図。B: 合成ベクトル心電図 (Bjerleの式⁸⁾による)。C: 合成ベクトル心電図とV₁誘導QRS波形の図。矢印はループの回転方向を示し、アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す。

側に偏位する。ロート胸で見られる心電図変化は、V₁誘導の陰性P波、不完全右脚ブロック型QRS波、V₁~V₄誘導の陰性T波などであるが、時にV₁誘導でQR型を呈する。図8で示す12歳男児の心電図は、V₁誘導でQR型となり、V₁誘導の陰性P波とV₁~V₄誘導の陰性T波を呈している。前述したBjerleの式⁸⁾に基づく合成VCGの水平面QRSベクトルは前後に扁平で基本的には不完全右脚ブロック型を呈する。前後に扁平なQRSループは左右心室が左側に偏位することに起因すると考えられる。不完全右脚ブロックでは初期ベクトルが右前方に向くが、本例のように心臓の左方偏位のため前方に向かうとV₁誘導でq波が出現しqr型として表現される。

III. 伝導異常による異常Q波

心疾患を伴わない完全左脚ブロックは小児においてはまれではあるが¹⁶⁾、心臓検診で見つかることもある。図9は6歳男児の心電図である。完全左脚ブロックにおいては右心室側から心室興奮が始まるので、初期ベクトルが左前方向に向かい (図9B, C)、V₁誘導でQS型を呈する。QRS電気軸は-13度で、QRS幅は120msecである。V₆誘導にQ波は存在しない。図9B, Cに提示した完全左脚ブロックのVCGでは、脱分極が右心室から開始した後、左室作業心筋を介して左室全体に広がる経過を反映し、初期ベクトルは左前方向に向かい、その後QRSループは左後方に伸展した長くて幅の狭いループになる。その反映として心電図V₁誘導で幅の広いQS型になる。

伝導異常でよく見かける異常Q波には、古典的WPW症候群がある。異常Q波は、V₁誘導、Ⅲ誘導、V₆誘導に出ることがあるが、デルタ波が存在するので診断は容易である。V₁誘導ではQS型・Qr型、Ⅲ誘導ではQS型・Qr

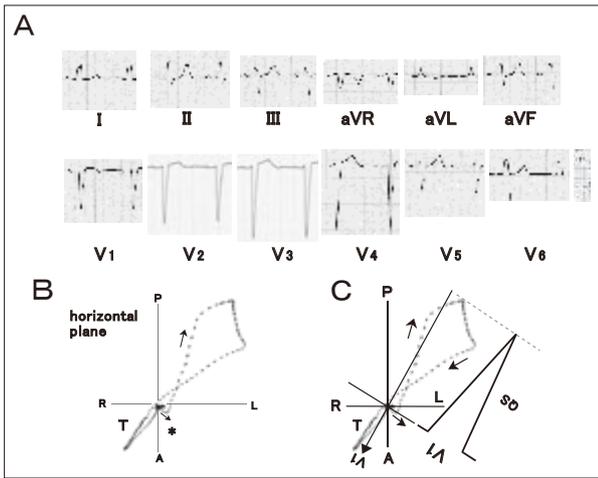


図9 A: 完全左脚ブロックの6歳男児の心電図. B・C: 完全左脚ブロック49歳女性のベクトル水平面QRSループ (Chou TC et al⁴⁾)とV₁のQRS波形図. T: Tループ, 矢印はループの回転方向を示し, アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す.

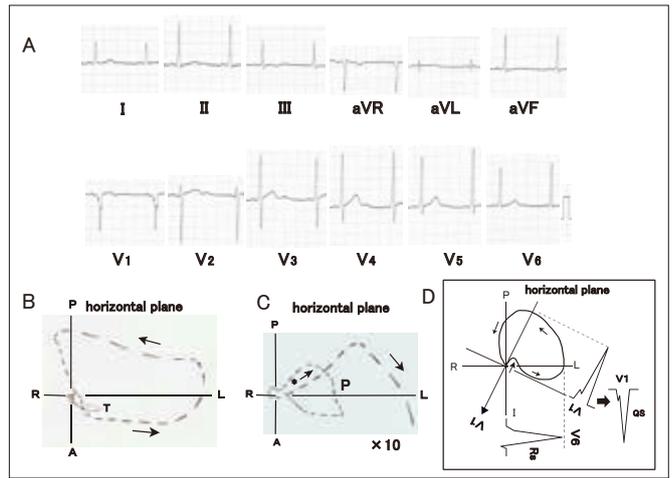


図10 A, B: 13歳男児束枝-心室副伝導路の心電図とベクトル心電図水平面QRSループ. C: BのQRSループ初期部の10倍拡大図. T: Tループ, P: Pループ, D: 束枝-心室副伝導路のQRSループ図とV₁・V₆誘導の心電図波形図. 矢印はループの回転方向を示し, アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す.

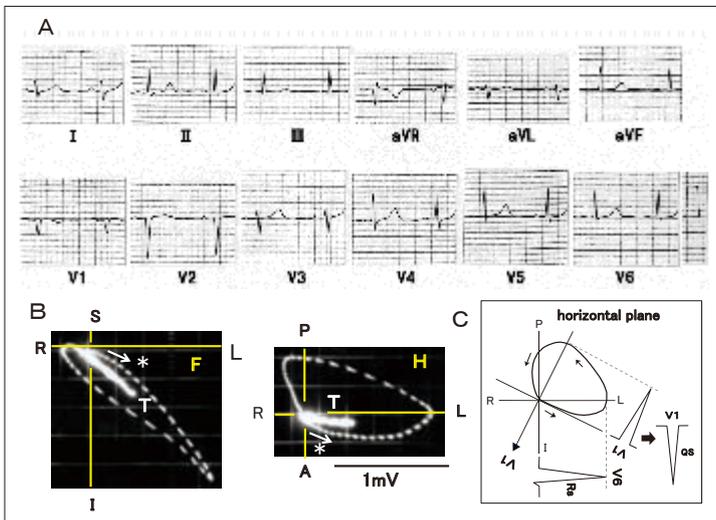


図11 A, B: 12歳男児正常型型の心電図とベクトル心電図. V₁誘導でQS型を呈する. C: 正常型型のQRSループの図. V₁: V₁座標軸. T: Tループ. F: 前額面. H: 水平面. 矢印: ループの回転方向, アスタリスクの付いた矢印: 初期ベクトルの方向.

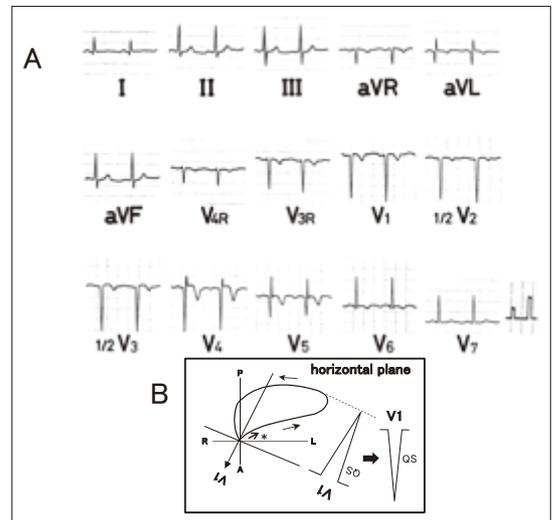


図12 A: 5歳男児, 川崎病前壁梗塞の心電図. B: 前壁梗塞の水平面QRSループの図とV₁誘導の心電図波形図. 矢印はループの回転方向を示し, アスタリスクの付いた矢印は初期ベクトルを表す.

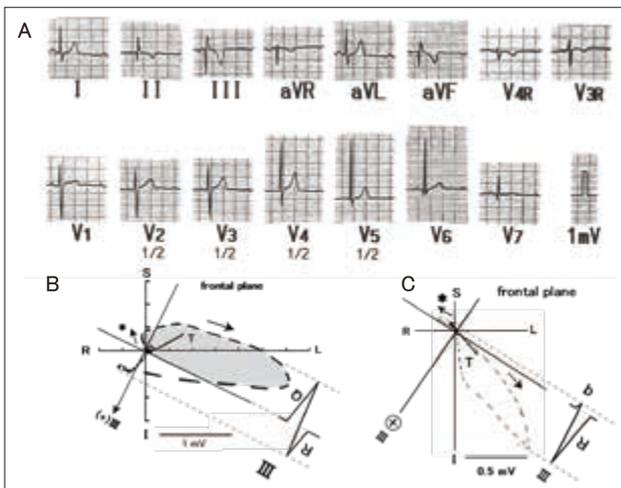


図13 A, B: 8歳男児, 川崎病下壁梗塞の心電図とベクトル心電図 (前額面QRSループ). C: 10歳女児, 正常QRSループ. T: Tループ, III (+): III誘導の座標軸. 矢印: ループの回転方向, アスタリスクの付いた矢印: 初期ベクトルの方向. シェード部分はIII誘導の深いQ波と対応する.

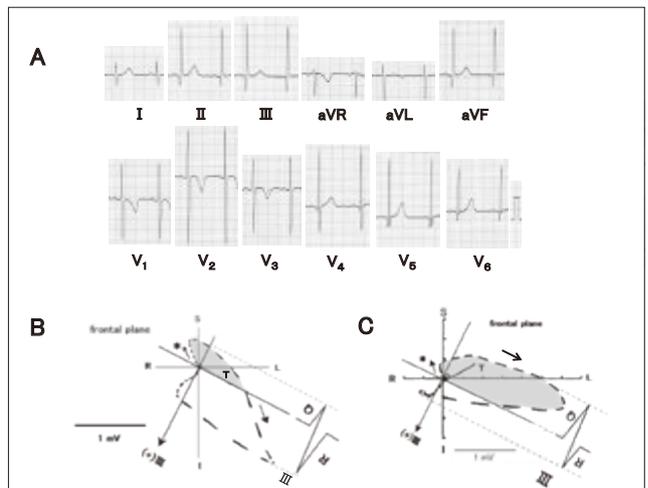


図14 A: III誘導で深いQ波を呈した6歳男児正常型型. B: 正常型型の前額面QRSループ. C: 8歳男児川崎病下壁梗塞の前額面QRSループ. III (+): III誘導の座標軸. 矢印: ループの回転方向, アスタリスクの付いた矢印: 初期ベクトルの方向. シェード部分はIII誘導のQ波に対応する. T: Tループ.

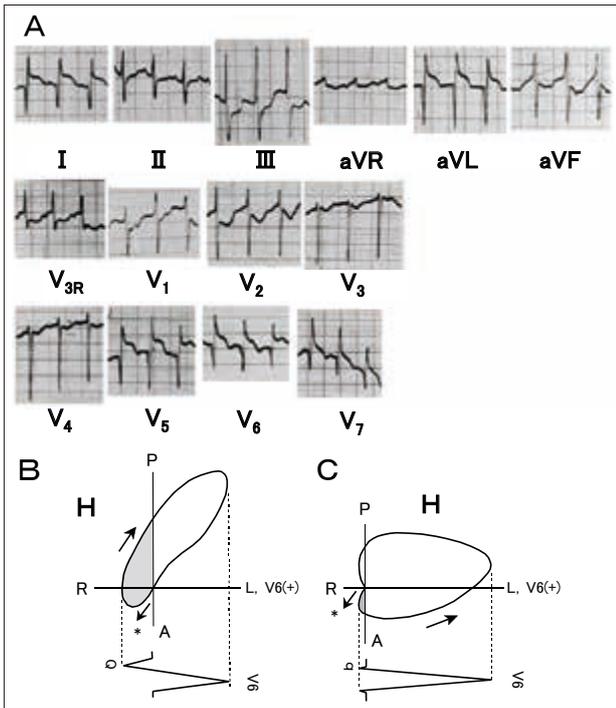


図15 左冠動脈肺動脈起始症の2か月男児の心電図。B: 前側壁梗塞の水平面QRSループの図。C: 正常の水平面QRSループの図。矢印: ループの回転方向, アステリクの付いた矢印: 初期ベクトルの方向。シェード部分はV₆誘導のQ波に対応する。

型, V₆誘導ではqR型を呈することが多い。WPW症候群の中でも非定形的WPW症候群分類されるMahaim線維の中の束枝-心室副伝導路の症例でV₁誘導にq波が出てQS型やqrS型を呈する。このq波は小さいデルタ波である。非定形的WPW症候群はPR ≤ 0.12秒, QRS間隔: 0.1~0.12秒, 小さいデルタ波の存在として表される¹⁷⁾。束枝-心室副伝導路はリエントリー性頻拍を起こさないとされている。図10に束枝-心室副伝導路症例と考えられる13歳男子例を示す。V₁誘導は小さいデルタ波を伴ったQS型を呈し, V₆誘導にも小さいデルタ波が存在する。PR間隔は0.12秒で, QRS幅は0.10秒である。副伝導路のため初期ベクトルは水平面で左後方に向かい伝導遅延(輝点の密集)を呈するためV₁誘導の小さいデルタ波として表現される。近年, 束枝-心室副伝導路とされたものは心房-束枝副伝導路ではないかとの指摘がある¹⁸⁾。

このような症例と鑑別を要するのは, V₁誘導でQS型を呈する正常亜型である。図11に12歳男児例を示す。V₁誘導でQS型を呈し, I・II・aVF誘導およびV₆誘導でq波を認めない。小さいデルタ波は存在しないので束枝-心室副伝導路とは鑑別ができる。図11Bに示すように初期ベクトルは正常亜型として水平面で左前方に向かい前額面で左下方に向かう。水平面で初期ベクトルは左前方に向かったのち反時計方向回転のQRSループを描き, V₁誘導QS型に対応する。

IV. 心筋虚血による異常Q波

心筋虚血による異常Q波の症例が心臓検診で初発見されることはまずない。しかし, 心筋梗塞による異常Q波は他の成因による異常Q波と鑑別においても重要なので詳しく検討したい。川崎病おける異常Q波は, 前壁梗塞を起こした時にV₁誘導でQS形を呈し, 胸部誘導でR波増高不良が存在する⁹⁾(図12)。図12Bに描いた前壁梗塞のVCG水平面QRSループの図では, 左室前壁が心筋壊死で起電力がないためQRSベクトルの前方成分がなくなり初期ベクトルが左後方に向かいそのまま後方に伸びたQRSループとなる。前方成分がないためV₁・V₂誘導でQS型となりR波増高不良を呈す。心筋梗塞既往の情報がない症例においてはV₁誘導でQS型を呈する正常亜型との鑑別が必要である。

下壁梗塞症例では, III誘導に深いQ波が出現し, 同じ誘導でR波の減高が起こる(図13A)。心電図QRS電気軸は-4度でT波電気軸は-49度となりII・III・aVF誘導で陰性T波になる。胸部誘導波形には変化は見られない。下壁梗塞において初期ベクトルは正常同様に右上方に向かうが下方の左室心筋が壊死のため電気的に興奮しないので前額面QRSループは下方に向かわず水平軸に近くなり, 灰色で示したIII誘導座標軸の陰性部分がIII誘導の深いQ波と対応する(図13B)。正常VCGの前額面QRSループ(図13C)と比較すると, QRSループの電気軸の違いが判る。正常亜型でのIII誘導の深いQ波はしばしば下壁梗塞との鑑別にも上がる。図14A・BはIII誘導で深いQ波を呈した正常亜型の6歳男児の心電図とVCGである。心電図ではIII誘導のQ波は0.7mVと深くR波も2.3mVと高くQRS電気軸は+85度である。図14Bの前額面QRSループは垂直軸に近くなり, III誘導座標軸の陰性部分(灰色部分)が深いQ波に対応する。川崎病下壁梗塞例の前額面QRSループ(図14C)と比較するとQ波成因の違いがわかる。心臓検診においては川崎病の心筋梗塞例が初発見例となることは考えにくいので, 深いQ IIIの正常亜型は, 前述した肥大型心筋症との鑑別が必要となる。

先天性心疾患では, 左冠動脈肺動脈起始症(BWG症候群)の乳児の未治療例では数か月以内に前側壁梗塞を起こすことがある。本症は心臓検診で初発見されることはないが, 心筋梗塞性の深くて幅広いQ波を呈する稀な症例なので参考のため心電図¹⁹⁾を提示する(図15)。I誘導, aVL誘導, V₅・V₆誘導に深くて幅の広い異常Q波が出現し, また胸部誘導のR波増高不良を認める。本症例においては, 心筋梗塞性の異常Q波が認められる誘導においてSTセグメントの上昇が認められるが, 虚血残存心筋が混在していると考えられる。前側壁の広範囲な梗塞部分が心筋壊死のため電気的に不活性で脱分極しないので興奮波は前側壁に向かわず, 初期ベクトルも右前方を

向きそれに続く水平面QRSループは右後方に反転し時計方向回転となる(図15B)。そのためQ波の出方は正常とは全く異なりV₆誘導電気軸の初期陰性部分(灰色の部分)が深く幅の広い異常Q波として表現される(図15B)。図15Cの正常QRSループの初期陰性部分に対応した正常の小さいq波とは発生機序が全く異なることがわかる。現在は、生後早期に根治術が行われるのでこのような心筋梗塞症例はない。

V. 正常型における異常Q波

異常Q波の出現部位(表1B)によりV₁誘導の異常Q波、Ⅲ誘導の異常Q波、V₆誘導の異常Q波の3種類の正常型がある。V₁誘導でQS型を呈する正常型(図11)は前述したように束枝-心室副伝導路のV₁誘導のQS型や修正大血管転位症のV₁誘導QS型との鑑別が必要となる。修正大血管転位症との鑑別は、本例の初期ベクトルが左前下方に向かい正常QRS電気軸である(図11参照)のに比べ、修正大血管転位症では初期ベクトルは左前上方に向かいQRS電気軸が左軸偏位(図7参照)になるので区別できる。及び修正大血管転位症では二次性T波変化でT波の電気軸が変化するので(TV₁>TV₆, T_{avF}>T₁)、正常T波電気軸をしめす正常型との鑑別の助けになる。成人の症例では前壁梗塞と鑑別を要することもあるが、正常小児においては鑑別不要である。小学1年生はV₆誘導のQ波が深い傾向にあり⁹⁾、V₆誘導で深いQ波を呈する正常型であることがある。学校心臓検診時に胸部誘導を1肋間上に誤配置して記録すると、V₆誘導に深いQ波(≥0.5mV)が出現することがある¹⁰⁾。学校心臓検診において左室容量負荷を呈する先天性心疾患の初発見はないので深いQ_{V6}波の正常型は、肥大型心筋症との鑑別が必要となる。正常型のⅢ誘導の異常Q波(図14)はしばしば下壁梗塞との鑑別にも上がるが、前述したように下壁梗塞の心電図像とは異なる。深いQ_Ⅲ波の正常型は深いQ_Ⅲ波のある肥大型心筋症とも鑑別が必要になる。正常型では異常Q波以外の異常所見はないが、肥大型心筋症では、胸部誘導高振幅波やST・T異常を示す。

まとめ

心電図上の異常Q波を発生機序および発生部位に分けて症例を検討した。学校心臓検診において異常Q波はQRS波異常の一つの所見ではあるが、重要な心疾患の診断につながるの見落としてはならない所見と考える。

本稿はヘルシンキ宣言に準拠している。

利益相反

本稿について開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 柴田利満: 事業報告-心臓検診管理委員会. 横浜市医師会学校医部会レポート, **37**: 54-61, 2022.
- 2) 心電図専門委員会報告: 小児心電図心室肥大判定基準. 日本小児科学会誌, **75**: 1135-1137, 1971.
- 3) Durrer D, van Dam RT, Freud GE, et al.: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation*, **41**: 899-912, 1970.
- 4) Chou TC, Helm RA, Kaplan S: *Clinical vectorcardiography*. 2nd ed., Grune & Stratton, New York, 1974.
- 5) Cooksey JD, Dunn M, Massie E: *Clinical vectorcardiography and electrocardiography*. 2nd ed., Year Book Medical Publishers, Chicago, 1977.
- 6) Goldberger AL: *Myocardial infarction: electrocardiographic differential diagnosis*. 3rd ed., The C. V. Mosby Company, St Louis, 1984.
- 7) 柴田利満: 生理検査-心電図. 小児科診療, **68**: 891-900, 2005.
- 8) Edenbrandt L, Pahlm O: Vectorcardiogram synthesized from a 12-lead ECG: Superiority of the inverse Dower Matrix. *J Electrocardiology*, **21**: 361-367, 1988.
- 9) 新村一郎, 長嶋正實, 柴田利満: 心電図セルフトレーニング. 診断と治療社, 東京, 1999.
- 10) 大国真彦(編): 小児心電図の正常値. 第1版, 医学書院, 東京, 1985.
- 11) 柴田利満: 学校心臓病検診において胸部誘導位置の誤りを認めた心電図の検討. 日小児循環器会誌, **38**: 21-28, 2022.
- 12) Ryan MP, Cleland JGF, French JA, et al.: The standard electrocardiogram as a screening test for hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, **76**: 689-694, 1995.
- 13) Maron BJ: Q waves in hypertrophic cardiomyopathy. A reassessment. *J Am Coll Cardiol*, **16**: 375-376, 1990.
- 14) Panza J, Maron BJ: Relation of electrocardiographic abnormalities to evolving left ventricular hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, **63**: 1258-1265, 1989.
- 15) Konno T, Shimizu M, Ino H, et al.: Diagnostic value of abnormal Q waves for identification of preclinical carrier of hypertrophic cardiomyopathy based on a molecular genetic diagnosis. *Eur Heart J*, **25**: 246-251, 2004.
- 16) 白石真博: 小児における完全左脚ブロック. 米子医誌, **31**: 117-136, 1980.
- 17) 日本循環器学会. 循環器病の診断と治療に関するガイドライン(2010年度合同研究版報告) 臨床心臓電

- 気生理学的検査に関するガイドライン (2011年改訂版).
- 18) Ratnasamy C, Khan D, Wolff GS, et al. : Clinical and electrophysiological characteristics of fasciculoventricular fibers in children. *Int J Cardiol*, **123**: 257–262, 2008.
- 19) 大久保真一, 青山キヨミ, 内藤全之輔, et al. : 左冠動脈肺動脈起始症の2乳児例. *小児科診療*, **38**: 873–880, 1975.

Abstract

ANALYSIS OF ABNORMAL Q WAVES IN SCHOOL CARDIAC SCREENING

Toshimitsu SHIBATA

Shibata Clinic

In school cardiac screening, electrocardiograms are interpreted based on screening criteria. Although most congenital heart diseases are diagnosed before school cardiac screening, identifying other heart diseases including cardiac arrhythmias is also important in school cardiac screening. An abnormal Q wave is one of the criteria included in abnormalities of the QRS wave. Students who are identified in primary screening because of abnormal Q waves undergo secondary screening. Abnormal Q waves found in such subjects lead to diagnosis of the heart disease. A deep Q wave in lead V₆, which is originally included in the screening criteria for ventricular hypertrophy, and other types of abnormal Q waves are frequently recognized in hypertrophic cardiomyopathy. Therefore, abnormal Q waves require careful observation in school cardiac screening. Analysis of the genesis of abnormal Q waves is meaningful in diagnosing heart disease. Since abnormal Q waves are found in a wide range of heart diseases, they are classified into six groups by their pathophysiology and into three groups by their localization in the 12 leads. Vectorcardiography is also evaluated because the genesis of abnormal Q waves on electrocardiography is visually recognized as transformation of the QRS loop.