

原 著

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

柴田 利満

しばた医院

Analysis of Electrocardiograms with Misplaced Precordial Leads in School Cardiac Screening

Toshimitsu Shibata

Shibata Clinic, Kanagawa, Japan

Background: In recent years, atrial septal defect has been the most common congenital heart disease discovered during school heart disease screening. Therefore, we carefully examine the electrocardiogram (ECG) of incomplete right bundle branch block (IRBBB) pattern in lead V₁, particularly the rsR' type. The rsR' pattern, however, frequently disappeared at the secondary screening. The presence of a deep Q wave in lead V₆ (QV₆), which is a screening criterion for heart disease, occasionally disappeared at the secondary screening. The findings were investigated because they were thought to be the lead misplacement.

Methods: The subjects included 14 students who showed rsR' pattern in lead V₁ and 3 students who had an ECG finding of deep QV₆ (≥ 0.5 mV). Their ECGs were recorded in both the standard and upward displaced positions on the chest. Furthermore, synthesized vectorcardiography was simultaneously recorded.

Results: At the secondary screening, the finding of IRBBB pattern of rsR' type had vanished in 14 students and an atypical IRBBB pattern or normal wave form was discovered. When the chest leads were displaced to the upper position, the rsR' pattern appeared. At the secondary screening, deep QV₆ amplitude decreased to < 0.5 mV in 3 students. When the chest electrodes were positioned upward by one intercostal space, deep QV₆ appeared.

Conclusions: These findings were thought to be the result of precordial lead displacement. They could be because the amplitude of waves in unipolar leads changed in inverse proportion to the square of the distance between an electrode and the heart.

Keywords: misplacement, precordial lead, incomplete right bundle branch block, deep Q wave, school cardiac screening

背景：近年、学校心臓病検診で初発見される先天性心疾患の多くは心房中隔欠損症である。そのためV₁誘導でのrsR'型の不完全右脚ブロック型には注意しているが、二次検診でその所見が消失することがある。また、V₆誘導の深いQ波も二次精検で消失することがある。この原因を検索した。

方法：V₁誘導でrsR'型の生徒14名とV₆誘導で深いQ波の生徒3名の心電図と合成ベクトル心電図(VCG)をとり、さらに高位肋間でも記録した。

結果：rsR'型症例で、二次検診ではrsR'型が消失したが、1～2肋間上の記録では一次検診と同じ波形が再現された。深いQV₆症例において、二次でその所見が消失したが、1肋間上の誘導で深いQV₆が再現した。上位肋間では合成VCGのQRSループ後半が前方偏位した。深いQV₆波例では、ループ初

2021年6月13日受付、2021年12月27日受理

著者連絡先：〒244-0003 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2810-8 土屋クリニックビル1F しばた医院 柴田利満

doi: 10.9794/jspccs.38.21

期部分が増幅し、最大 QRS ベクトルの増大も認められた。

結論：高位肋間で出現した rsR' 型は、合成 VCG 解析の結果、単極誘導から遠い部分の電位が減衰しループが前方偏位したと考えられた。深い QV₆ 例は、誘導が 1 肋間上ると QRS ループに電極が接近し高電位が記録されたと考えた。

背景

横浜市では、毎年、小学校・中学校・高等学校・特殊支援学校の 1 年生、約 6 万人を対象に心臓病検診を行っている¹⁾。近年、学校心臓病検診で初発見される先天性心疾患の多くは心房中隔欠損である¹⁾。そのため、一次のスクリーニング検査において、V₁ 誘導で右室容量負荷の所見としての「rsR' 型または rSr' (r < r') 型を呈する不完全右脚ブロック (IRBBB) 型、および/または V₄ 誘導の陰性 T 波^{2,3)}」を呈する症例は注意して抽出している。毎年、多くの IRBBB 型を呈する心電図が一次検診で抽出される¹⁾。また、V₆ 誘導の 0.5 mV 以上深い Q 波¹⁾ も、左室容量負荷型の心疾患や肥大型心筋症の所見であることがあるので^{2,3)}、一次スクリーニング検査で抽出の対象となる。一次検診で抽出され要二次精検になると二次医療機関で精検を行うが、その心電図所見が消失していることがある。このような所見を呈する心電図に関して、胸部誘導の電極が適正に配置され記録されているか検討した。

方法

対象は、2010 年から 2019 年に二次精検目的で当院を受診し、一次検診心電図の V₁ 誘導で、rsR' 型または rSr' (r < r') 型を呈した 6 歳から 16 歳の児童生徒 22 名と V₆ 誘導で 0.5 mV 以上の深い Q 波を呈した児

童生徒 3 名（6 歳から 12 歳、男児 3 名）である。一次心電図の V₁ 誘導で rsR' 型を呈し、当院心電図でも一次検診と同様の rsR' 型または rSr' 型を呈した 7 症例（6～13 歳、男 6 名、女 1 名）は分析の対象外とした。当院受診時に一次検診の心電図所見が消失していた児童生徒 14 名につき分析した。使用した心電計は、日本光電社製 ECG-9422 で、12 誘導心電図を記録したのち、一次検診の V₁ 誘導心電図波形に類似した波形が記録されるまで胸部誘導の肋間を上げて記録した。同時に、同心電計で合成ベクトル心電図（以下、合成 VCG）を記録した。合成 VCG 波形は、Bjerle P の以下の式により計算されたものである⁴⁾。

$$\begin{aligned} X_B &= 1.06 \cdot V_6 \\ Y_B &= 1.25 \cdot aVF \\ Z_B &= 0.043 \cdot V_6 - 0.532 \cdot V_2 \end{aligned}$$

合成 VCG は、ベクトル心電計 (Frank 誘導) で記録した波形と同一ではないが類似した波形が得られている⁴⁾。ベクトル心電図（以下 VCG）では QRS ループは実線ではなく刻時点という破線で示されるが、合成 VCG では実線で記録され、図が小さいため P ループは認識できない。当院で得られた正常例の合成 VCG の QRS ループは成書⁵⁾に記載されている Frank 誘導 VCG とほぼ類似した波形が得られた (Fig. 1)。現在、Frank 誘導 VCG 記録計は市販されてないため本研究では用いてないが、一般の胸部誘導電

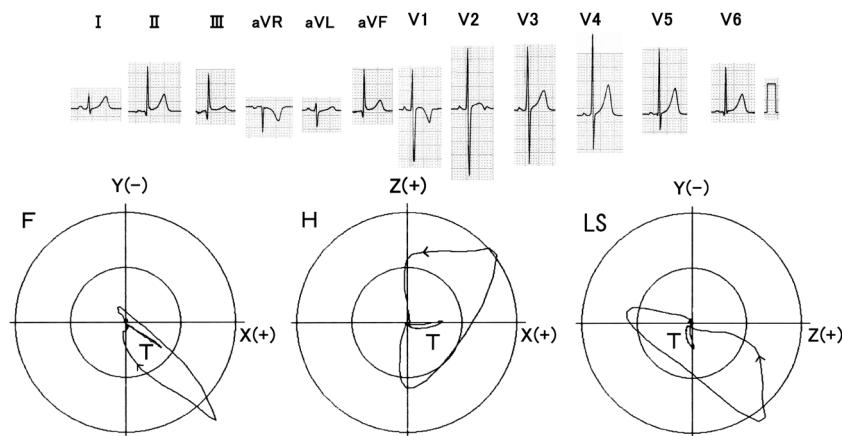


Fig. 1 The synthesized vectorcardiogram of an 8 year old boy

F, frontal plane; H, horizontal plane; LS, left sagittal plane; T, T loop. Arrows mean direction of rotation in QRS loop.

極で 12 誘導心電図と合成 VCG が同時に記録できる利点のため合成 VCG を用いることとした。

結 果

結果は Table 1 に示す。一次検診心電図の V_1 誘導で、 rsR' 型または rSr' ($r < r'$) 型の IRBBB 像を呈していた全症例で、当院受診時には正常心電図波形または R 波下降脚や S 波のノッチなど非特異的 IRBBB 型を呈した。1~2 肋間上に胸部電極をずらして記録すると一次検診で記録された V_1 波形を再現できた。Table 1 の肋間数は一次検診と同じ波形が得られた上方移動の肋間数である。全例で V_4 の T 波は陽性であった。

症例 13 の代表的な心電図と合成 VCG を Fig. 2 に提示した。一次検診の心電図では、 V_1 誘導で、 rsR' 型を呈したが、二次検診の V_1 誘導では rSr' ($r > r'$) 型の非特異的 IRBBB 型が記録された。標準肢誘導で

Table 1 Subjects who show incomplete right bundle branch block pattern in lead V_1

Case	Age	Sex	Wave form	Negative TV_4	Number of ics _s of upward palacement
1	12	M	$rSr' (r < r')$	none	1.5
2	13	M	rsR'	none	1
3	15	M	rsR'	none	1
4	13	M	rsR'	none	1.5
5	7	F	$rSr' (r < r')$	none	2
6	12	M	notched R	none	1
7	7	F	$rSr' (r < r')$	none	1
8	6	M	$rSr' (r < r')$	none	1
9	16	M	rsR'	none	1
10	13	M	$rSr' (r < r')$	none	1
11	16	M	rsR'	none	1
12	12	M	$rSr' (r < r')$	none	1
13	6	M	rsR'	none	1
14	6	F	$rSr' (r < r')$	none	1.5

ics, intercostal space

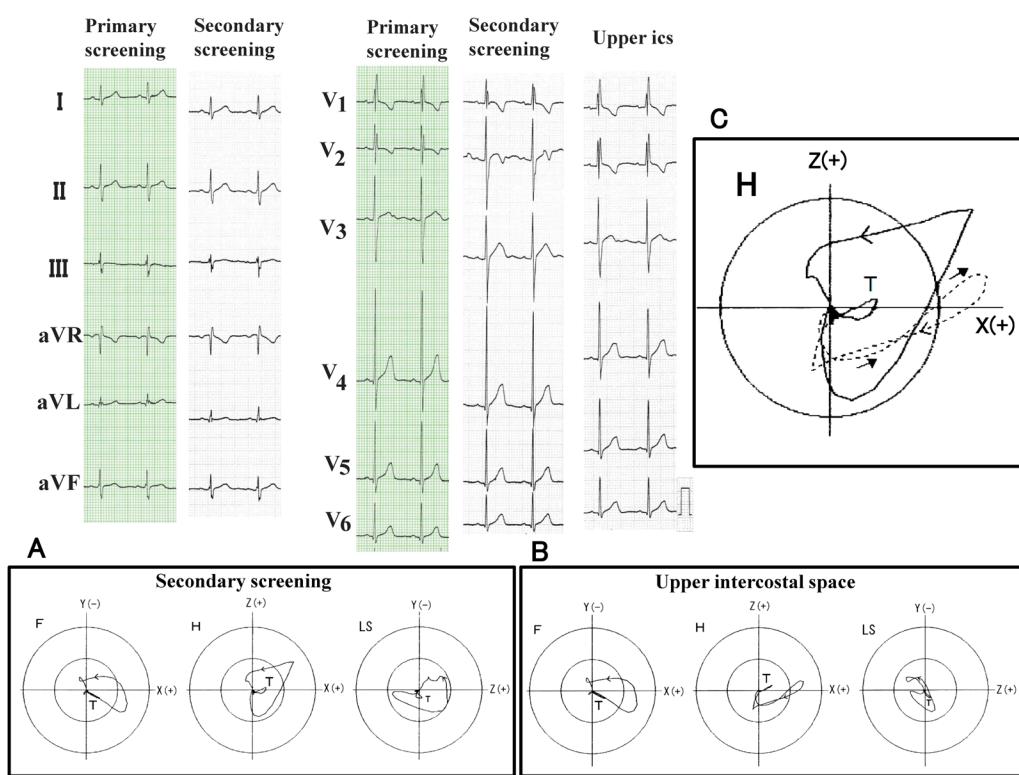


Fig. 2 The electrocardiogram and synthesized vectorcardiogram of a 6 year old boy at primary and secondary screening

A: QRS loop recorded at the standard position. B: QRS loop recorded at upper position of one intercostal space on the chest. C: QRS loop of dotted line, which is superimposed to the synthesized VCG at the standard position, is obtained at the upper position of one intercostal space on the chest. F, frontal plane; H, horizontal plane; LS, left sagittal plane; T, T loop; ics, intercostal space; upper ics, one intercostal space higher than the standard position. Arrows mean direction of rotation in QRS loop.

は、波形の変化や電気軸の変化は認めなかった。胸部誘導を1肋間上げて記録すると一次検診と同形のrsR'型を呈し、V₄誘導のT波は陽性であった。二次検診の正常肋間での合成VCGでは、水平面(H)で、反時計方向回転のハート型を横にしたような正常QRSループが描かれたが(Fig. 2A), 1肋間上の合成VCG水平面では、QRSループの後半部分(求心脚)が前方に大きく偏位し、QRSループの前半部分(遠心脚)は後方に大きく偏位している(Fig. 2B)。Fig. 2Cに2つの水平面QRSループを重ね合わせているが、QRS波形の変化は明確である。破線で表した1肋間上の合成VCGは、ループ後半部分が前方に大きく偏位して、Frank誘導VCGで認められるIRBBBの所見⁵⁾と同じ波形である。IRBBBのVCGで認められる電導遅延(刻時点の密集)は、合成VCGは実線表記のため判断できないが、正常のQRSループが電極位置の移動でループにゆがみが生じただけなので電導遅延の存在は考えられない。

一次検診でrsr'(r<r')型を呈した症例7(Fig. 3)では、二次検診においてV₁でrsr'(r>r')型の非特

異的IRBBB型であったが、1肋間上に電極がずれるとV₁誘導で後半のr'が高いrsr'(r<r')型になった。胸部誘導が1肋間上の場合、合成VCGの水平面QRSループ後半部分が前方に軽度偏位し、終末部が前方に突出している(Fig. 3B)。これが心電図のV₁誘導で後半のr'波が高くなった所見と一致すると考えられた。Fig. 3Cの図で正常肋間のQRSループと1肋間上のQRSループ(破線)を重ね合わせた。偏位した部分がよくわかる。ループ後半の求心脚の前方偏位の度合いはrsR'型の症例13に比して小さい。

1肋間上の合成VCGにおいて、症例7(Fig. 3)はループ前半部分の遠心脚はわずかに後方に偏位し、症例13(Fig. 2)ではループ前半部分(遠心脚)が大きく後方に偏位している。程度の差はあるが、これはループ前半部分とV₁誘導電極の距離が大きくなつたため、距離の2乗に反比例して電位が下がつたためである。この所見はV₁・V₂誘導のr波の減高に対応した。

その他の症例においても、胸部誘導位置が高位に偏位するとQRSループ後半部分の前方偏位は、程度の差はあるが全例に認められた。胸部誘導は単極誘導

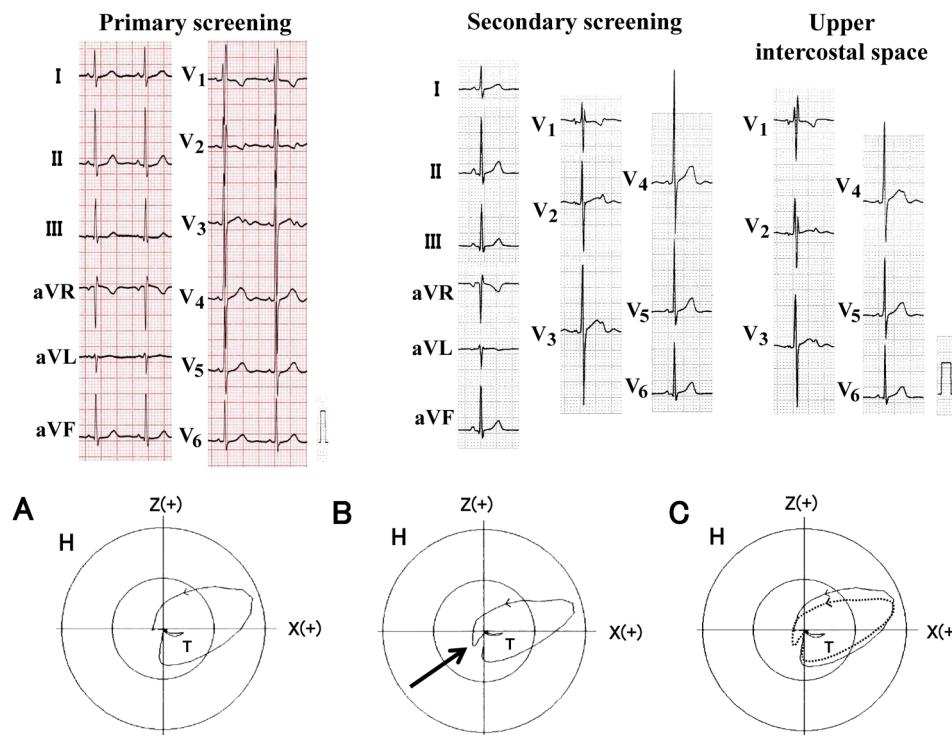


Fig. 3 The electrocardiogram and synthesized vectorcardiogram of a 7 year old girl at primary and secondary screening

A: horizontal QRS loop recorded at the standard position, B: horizontal QRS loop recorded at the upper position of one intercostal space on the chest. C: The QRS loop of dotted line, which is superimposed to the synthesized VCG at the standard position, is obtained at upper position of one intercostal space. H, horizontal plane; T, T loop; upper intercostal space: one intercostal space higher than the standard position. Arrows on the loop mean direction of rotation in the QRS loop.

であり、記録される胸腔内の電位は距離の2乗に反比例して減衰する⁶⁾。これは、V₁電極が1肋間上がるため、胸壁の端子からループ後半までの距離が増し、QRSループ後半の電位の減衰が起こり、相対的にQRSループ後半が前方に偏位したものと考えられた。

一次検診にてV₆誘導で深いQ波を呈して当院を受診した3症例は、Table 2に示す。これらはV₆誘導の深いQ波は存在するが、I誘導とaVL誘導でのQ波は深くなかった。全例、当院での二次検診心電図では、V₆誘導のQ波(QV₆)は正常範囲内($Q < 0.5 \text{ mV}$)となった。深いQV₆波を主訴に受診した症例16の12誘導心電図をFig. 4に示す。一次検診の心電図ではQV₆波は0.7mVを呈しているが、当院の二次検診の心電図ではQV₆波は0.3mVと正常範囲内である。胸部聴診で心雜音は聴取しなかった。胸部誘導を1肋間上に移動して心電図を記録するとV₆誘導のQ波は0.7mVと深く記録された。他の2例の深いQV₆症例も二次検診の心電図では正常範囲内であったが、肋間を1肋間上げて心電図を記録すると、深いQV₆波が出現した。Fig. 4の心電図において、1肋間上の心電図では、V₆誘導で深いQ波が出現すると同時にR波の增高が起こっている。Fig. 5で示した合成VCGでも、1肋間上の記録ではQ波に対応する初期ベクトル部(左向き矢印)が深くなり、R波と対応した右方に向かう最大ベクトル(右向き矢印)が大きくなっている。この所見は、胸腔という立体空間の中で脱分極波としてQRSループが描かれているが、単極誘導であるV₆誘導が1肋間上に上がることによりQRSループに接近し、短くなった距離の2乗に反比例した電位の上昇が起こり、R波とQ波のどちらも増高したものと考えられた。深いQV₆波の所見は、電極の位置異常に起因したものと推測された。

Fig. 4AのV₁誘導のP波に関して、1肋間上の心電図ではP波が二相性になり、後半の陰性P波部分が深くなっている。上位肋間でのPV₁波の陰性成分の増強は、rsR'型およびrSr'(r<r')型の症例と深いQV₆波の症例合わせて17例中14例に認められ、うち1例は陰性P波となった。

考 察

横浜市の学校心臓病検診では、毎年、小学校・中学校・高等学校・特殊支援学校の1年生の約6万人を対象に12誘導心電図を検査している。一次の心電図を横浜市の各区の医師(総勢約100名)が横浜市心臓病検診一次スクリーニング基準¹⁾により判読し抽出したものをさらに小児循環器医師である再判読委員10名が再判読して心臓病検診の精度を上げている。二次検診への抽出率は毎年1.5%程度である¹⁾。近年の心臓病検診において、初発見される先天性心疾患はほとんどが心房中隔欠損症である。そのため右室容量負荷様の心電図^{2,3)}を呈するものは特に注意して判読している。

rsR'型を呈する心電図について

V₁誘導でのIRBBB型には種々の波形がある⁷⁾が、心電図スクリーニング判定基準では、「V₁誘導でrsR'型またはrSr'(r<r')型で、および/または陰性TV₄」という室容量負荷像を反映する基準を重視している^{2,3)}。一次検診ではIRBBB型を呈する心電図の抽出頻度が高く¹⁾、二次検診を行っている当院にもV₁誘導でrsR'型を呈する児童生徒が受診するが、当院での心電図記録では、その所見が消失してV₁誘導で正常QRS波形またはR波下降脚のノッチなど非定型的なIRBBB型を呈した。その症例で、胸部誘導を1~2肋間上にずらして記録するとV₁誘導でrsR'型を呈したことから、これら一次検診心電図は胸部電極位置の誤りと判断した。この所見を合成VCGで比較検討すると、QRSループ後半(求心脚)の電位が単極胸部誘導で減衰して記録されるため後半のループが前方偏位しV₁誘導でrsR'型またはrSr'(r<r')型が記録されたと考えられた。これは胸部誘導が単極誘導であるから起こる変化であると考えられる。胸部誘導の電位は距離の2乗に反比例して減衰する⁶⁾ので、電極から遠く離れたQRSループ遠位部である求心脚で電位が大きく減衰し相対的にループ後半部分が前方に移動すると考えられる。

心房中隔欠損ではV₁誘導でrsR'型またはrSr'(r<r')型を呈するが、前者は大欠損に認められ、後者のようにR'波に比してr'波が低いものは小欠損に多い^{8,9)}。

Table 2 Subjects who show deep Q wave in lead V₆

Case	Age	Sex	Wave form	Depth of Q wave at primary screening	Depth of Q wave at secondary screening
15	6	M	deep QV ₆	0.65mV	0.3mV
16	12	M	deep QV ₆	0.7mV	0.3mV
17	6	M	deep QV ₆	0.6mV	0.4mV

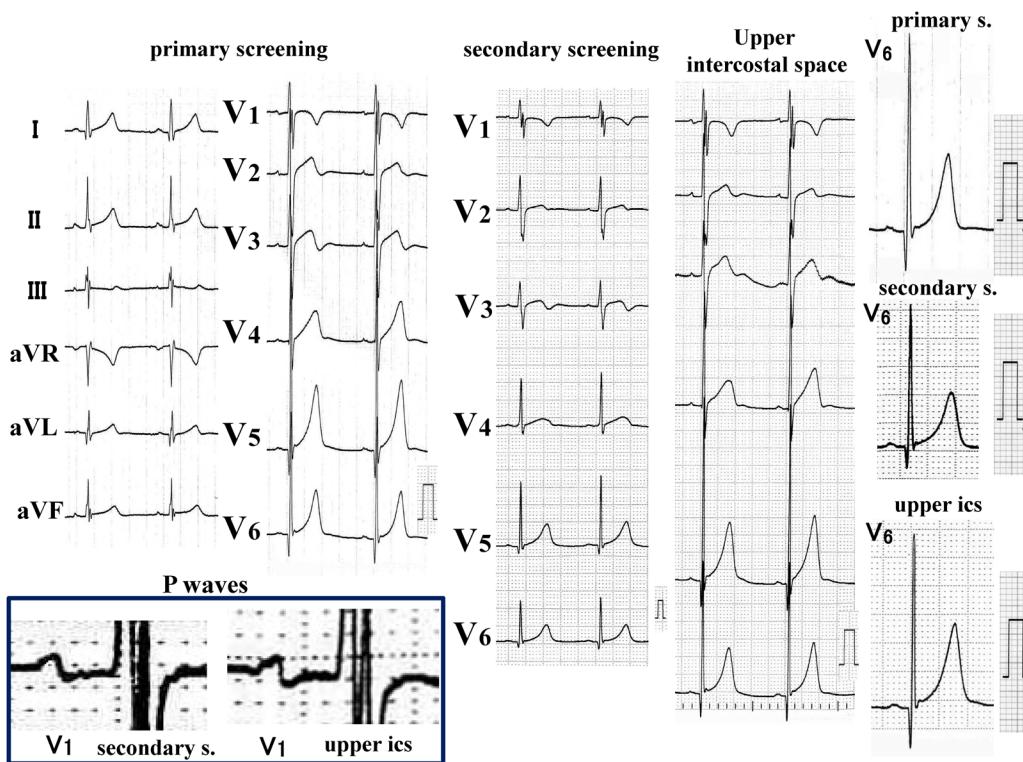


Fig. 4 The electrocardiogram of a 12 year old boy at primary and secondary screening

The Q wave, which is deep to 0.6mV at primary screening, becomes shallow at secondary screening. The Q wave becomes deeper to 0.6mV at the position of upward displacement of one intercostal space. Negative component of the P wave becomes prominent at upper position on the chest.

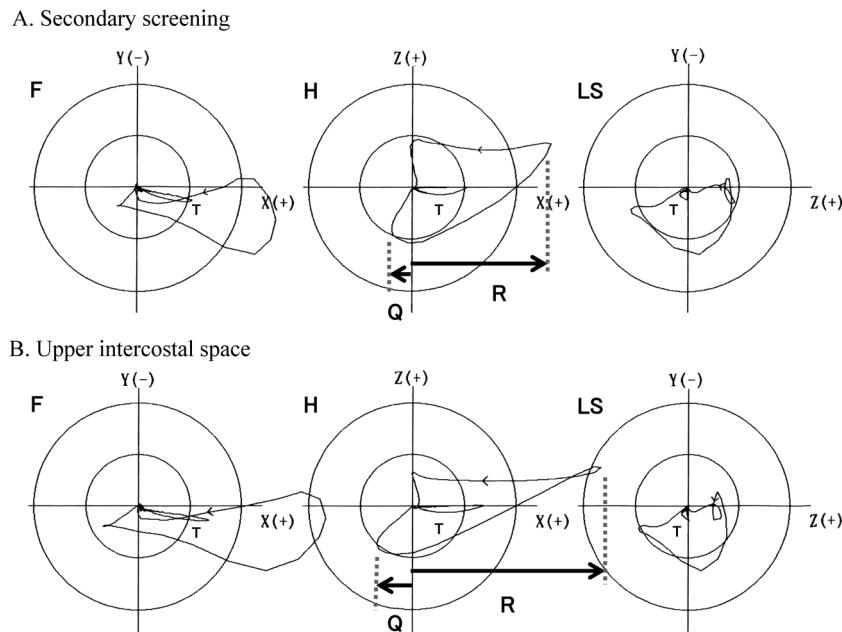


Fig. 5 The synthesized vectorcardiogram of a 12 year old boy at primary and secondary screening

In the secondary screening, the initial portion of QRS loop becomes larger, which means that the Q wave in lead V₆ becomes deeper. The body portion of QRS loop becomes longer to the left. This shows the higher R wave in lead V₆. H, horizontal plane; T, T loop; upper intercostal space: one intercostal space higher than the standard position. Arrows on the loop mean direction of rotation in QRS loop. Left arrow indicates Q wave and right arrow shows R wave.

V_1 誘導で rsR' 型波形を呈する心房中隔欠損は、従来の Frank 誘導 VCG では水平面で、IRBBB 型に似た 8 の字型の QRS ループを呈する^{5,10)}が、これは IRBBB ではなく、室上稜の肥大という右室の不均一な肥大がもとで QRS ループに変形が生じるためである^{3,11)}。QRS ループにゆがみを生じるので、それに応じて再分極波である T ループも二次性の変形を生じ、 V_4 誘導で陰性 T 波（孤立性陰性 T 波）が出現すると考えられる。胸部電極位置誤りの V_1 誘導 rsR' 型では、 V_4 誘導の陰性 T 波は認めなかった。ロート胸でも胸郭変形に伴い心臓の胸郭内偏位が起こり、 V_1 誘導の IRBBB 型、陰性 $TV_{4\cdot}$ 、陰性 PV_1 を呈するが、検診技師により心電図表紙にロート胸と記載されれば、二次精検にはならない。

V_6 誘導の深い Q 波について

心臓病検診で異常 Q 波として抽出されるものは、出現する部位によって V_1 誘導、III 誘導、 V_6 誘導に分けられる²⁾。そのなかで、 V_6 誘導の深い Q 波（横浜市心電図スクリーニング判定基準： $QV_6 \geq 0.5 \text{ mV}^1)$ は重要な所見で、左室容量負荷疾患や肥大型心筋症などで認められることがある^{2,3)}。また、小学 1 年生は、中学・高校生よりも QV_6 波は深い傾向にあり¹²⁾、0.5 mV 以上の異常 Q 波であっても器質的心疾患を伴っていなければ、正常垂型²⁾に分類される。小児では水平面で QRS ループが大人に比して前方に位置しているために記録される現象かもしれない。今回、検討した V_6 の深い Q 波は、二次検診医療機関で再検した際に消失している症例においてであるが、このようなことはしばしば経験することである。今回、報告した胸部電極位置の誤りによる深い QV_6 波は、単極電極で記録される電位が、距離の 2 乗に反比例して、増幅あるいは減衰する性質によると考えられる。電極が 1 肋間上がると、胸腔内という立体空間内で描かれる QRS ループに V_6 電極が近づくことになり、記録される電位が全体的に増幅され、Q 波も深くなったと考えられる。Fig. 4 の心電図で Q 波の增高と R 波の增高が顕著に認められるが、Fig. 5 の合成 VCG でもその心電図所見に対応した初期ベクトルの増大と最大 QRS ベクトルの増大が、視覚的に容易にとらえられる。

胸部誘導の電極位置の誤りで起こる心電図変化

胸部誘導は単極誘導のため記録部位の電位が強く増幅され、電極位置の少しの誤りでも変化は大きく、P 波、QRS 波、T 波のすべてに変化は起こりうる。P 波に関しても、Fig. 4 に示したよう、 V_1 誘導が上方に

移動すると、1 肋間上の心電図では P 波が二相性になり、後半の陰性 P 波部分が深くなつた。 V_1 誘導の P 波は、水平面で前方に向かう右房成分と左後方に向かう左房成分よりなり、 V_1 誘導の正常 P 波は、陽性または二相性である¹³⁾。左房負荷の場合は左後方成分が大きくなり V_1 誘導で陰性 P 波かまたは陰性部分の大きい二相性 P 波が出現すると解釈されている^{2,13)}。 V_1 誘導は水平面上の電位のみを表すものではなく、単極誘導の V_1 電極から奥の胸腔立体空間の電位を記録する。P ループは下方に長く伸びるループ⁵⁾であるので、 V_1 電極は下方に向かう電位も記録する。 V_1 誘導が 1 肋間上方に移動することで、P ループの下方に向かう電気軸に沿った方向からの電位をより強く反映することになり、陰性成分が増強するものと思われる。本症例の場合、左房負荷を示す病態ではないので、 V_1 誘導の 1 肋間上方移動により P 波陰性成分が顕著になったからと言って、左房成分が増強したわけではない。P 波の陰性部分の増大は左房負荷ではなく、電極の上方への移動でも起こりうる。心電図を立体的に解釈し、標準肢誘導は前額面からの情報で、胸部誘導は水平面からの情報であると解釈するのは非常に有効な方法であるが、胸部誘導は単極誘導のため水平面のみならず、立体空間における上下方向の電位も反映する。右房負荷が強く、高い II 誘導の P 波が認められる特発性肺動脈性肺高血圧³⁾において、 V_1 誘導で高い P 波と後半の深い陰性 P 波が認められるのは、II 誘導の高い P 波に示されるように下方成分の増強が V_1 誘導の陰性 P 波に反映しているのかもしれない。 V_1 誘導の T 波も位置の異常により波高、波形などに影響が出る。T 波に関しては、位置異常による変化は V_4 誘導に出やすい。鎖骨の左端の誤認で電極が鎖骨中線より内側に配置されたり、1 肋間下になると極性が変わり陰性となることもある。

大勢の医師が関与して心電図を判読する場合、明確なスクリーニング基準が必要であるし、基本どおり正確に記録された心電図が大前提となる。心電図の誘導を正確に取り付け記録することは、心電図判読の出発点である。標準肢誘導の電極の誤りは、記録している時に心電波形や電気軸の変化に気づくので、さすがに最近はほとんどない。胸部誘導の位置の誤りは気づかずに検診心電図に混じっていることがある。この誤りを防ぐためには、胸郭の解剖学的位置関係を頭において、肋間を指で正確に触れて、肋間を確認し電極をつけることが重要であると考える。目視で胸部を見て胸部誘導をつけると、不正確で誤った心電図をとることになる。胸部誘導は単極誘導で、局所の電位を増幅し

て記録するだけに、少しの位置のずれで波形に変化が出てくる。V₁誘導のIRBBB型、V₆誘導のQ波、V₁誘導のT波、V₄誘導のT波など少しの電極位置のずれで波形に変化が出る。陰性TV₄波の場合、それが記録された時は、その場で技師に電極位置を再確認してもらい、心電図表紙にV₄電極位置確認済みと記載し、誤っていれば再度記録しなおしていただくことで間違いはほとんどなくなった。横浜市の学校心臓病検診では、毎年、検診に先立ち検診業者の技師に、胸部誘導は肋間を指で触れ、心電図を正確に記録してくださいとお願いしている。最近は、胸部誘導位置間違いの心電図も少なくなった。

結　語

胸部誘導の位置の誤りによる心電図について検討した。胸部誘導の位置間違いは心電波形に変化を及ぼし心電図判読にも影響する。心電図を正確に記録することが心臓病検診の出発点であり何よりも大事なことである。誘導位置間違いの心電図を検討する過程で、単極誘導である胸部誘導の性質について再確認することができた。

謝　辞

横浜市心臓病検診委員会の協力に感謝いたします。

利益相反

本稿について開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 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 2019; **34**: 44–51
- 柴田利満：生理検査—心電図—。小児科診療 2005; **68**: 891–900
- 新村一郎、長嶋正實、柴田利満：心電図セルフトレーニング。東京、診断と治療社、1999
- Edenbrandt L, Pahlm O: Vectorcardiogram synthesized from a 12-lead ECG: Superiority of the inverse Dower Matrix. *J Electrocardiol* 1988; **21**: 361–367
- Chou TC, Helm RA, Kaplan S: Crinical Vectorcardiography. 2nd ed., New York, Grune & Stratton, Inc., 1974, pp 131–146.
- Surawicz B, Knilans TK: Chou's Electrocardiography in Clinical Practice: Adult and Pediatric. 6th ed., Philadelphia, Elsevier Saunders, 2008, pp 1–28
- 津田淳一、高尾篤良：小児心電図判読の実際。第5版、東京、金原出版、1982
- Burch GE, DePasquale NP: Electrocardiography in the Diagnosis of Congenital Heart Disease. Philadelphia, Lea & Febiger, 1967
- Mohammad R, Sunjidatul I, Mackie AS, et al: Correlation of electrocardiogram parameters and hemodynamic outcomes in patients with isolated secundum atrial septal defects. *Ann Pediatr Cardiol* 2017; **10**: 152–157
- Chabot M, Karamehmet A, Bourassa M, et al: Vectorcardiographic evaluation of postoperative changes in patients with interatrial septal defect: A review of 55 cases. *Can Med Assoc J* 1965; **93**: 1340–1345
- Ellison RC, Restieaux NJ: Vectorcardiography in Congenital Heart Disease. Philadelphia, WB Saunders Company, 1972
- 大国真彦(編)：小児心電図の正常値。第1版、東京、医学書院、1985
- Schamroth L: The 12 Lead Electrocardiogram. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1989