

An Experimental Study of Wolff-Parkinson-White Syndrome Employing Vectorcardiograms

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/8074

Wolff-Parkinson-White 症候群におけるベクトル 心電図を用いた実験的検討

金沢大学医学部内科学第一講座 (主任: 服部 信教授)

広 瀬 龍 吉

(昭和63年11月5日受付)

Wolff-Parkinson-White 症候群 (WPW 症候群) における副刺激伝導路 (accessory pathway, AP) 存在部位とベクトル心電図 (vectorcardiogram, VCG) 所見との関係を明らかにするために、雑種成犬を用いて実験的に WPW 症候群を作成し以下の検討を行った。すなわち、1. AP 存在部位と初期 20msec QRS ベクトル (initial 20msec QRS vector, I-V) および最大 QRS ベクトル (Maximum QRS vector, Max-V) の向きとの関係、2. 心内外膜側別 (endocardium, Endo; epicardium, Epi) 早期心室刺激の相違、3. 心室後底部 (左右後部傍中隔, 左右後部中隔) の対比についてである。作成に当っては、心房心室順次刺激間隔の長短にて融合程度を大小の二つに分け、刺激部位として左右心室自由壁と心室中隔の二つに分け、さらに左室自由壁では Epi と Endo の二つに分けた。心室早期刺激部位は前壁 (right anterior wall, RA; left anterior wall, LA), 側壁 (right lateral wall, RL; left lateral wall, LL), 後壁 (right posterior wall, RP; left posterior wall, LP), 後部傍中隔 (right posterior paraseptal wall, RPPS; left posterior paraseptal wall, LPPS), 右前部中隔 (right anterior septum, RAS), 後部中隔 (right posterior septum, RPS; left posterior septum, LPS) とした。正常刺激伝導系のみを介する心室収縮の VCG 所見は人のそれと良く相応した。左右心室自由壁の I-V は、早期心室刺激部位を、LA, LL, LP および LPPS の順に変化させると、右前下方, 右前水平, 右前上方および左前上方に向かい、次に早期心室刺激部位を、RA, RL, RP および RPPS の順に変化させると、前下方, 左前下方および左上方に向かった。これに対して左右心室自由壁の Max-V は、早期心室刺激部位を、LA, LL, LP および LPPS の順に変化させると、右前下方, 右前水平, 右前上方および左前上方に向かい、次に早期心室刺激部位を、RA, RL, RP および RPPS の順に変化させると、左後下方より左側水平に向かった。ベクトルの向きに関して刺激部位の Endo と Epi の相違は、LL においてのみ認められ、I-V では LL (Endo) が LL (Epi) に比して有意に左方に向かい、Max-V では LL (Endo) が LL (Epi) に比して有意に上方に向かった。早期心室刺激部位の左右後部傍中隔の比較では、I-V は LPPS において RPPS に比して有意に前方に、Max-V は LPPS において RPPS に比して有意に前上方に向かった。RAS の I-V は右側下方に、Max-V は右後下方に向かった。刺激部位が左右後部心室中隔にあるとき、I-V および Max-V はその左右で著しい差はなく、それぞれ左前下方および左前上方に向かった。後部心室中隔と後部心室傍中隔との大きな差異は I-V の向きにて認められ、後部心室中隔の I-V は下方に、後部心室傍中隔の I-V は上方に向かった。AP の存在部位と QRS 環回転方向については、有意な相関関係は認められなかった。融合の程度に関して、融合が小さい場合、大きい場合に比べて、I-V と Max-V の向きは一定の傾向を認めにくくなり、AP 存在部位推定に慎重な注意が必要と思われた。QRS 幅の延長した融合の程度が大きい場合には、I-V と Max-V の向きを組み合わせることにより房室弁輪部を心室自由壁 8 カ所 (RA, RL, RP, RPPS, LPPS, LP, LL, LA), 心室中隔 2 カ所 (RA と posterior septum, PS) の計 10 カ所に分類可能であった。しかし心内外膜側別および左右後部心室中隔の識別は困難であった。以上より一部の刺激部位の限界性を除けば VCG は非侵襲的 AP 存在部位診断法として簡潔で正確な方法と考えられた。

Key words Wolff-Parkinson-White 症候群, ベクトル心電図, 初期 QRS ベクトル, 最大 QRS ベクトル, 副刺激伝導路

Wolff-Parkinson-White 症候群 (WW 症候群) は、1930年、Wolff, Parkinson, White の3氏により、発作性頻拍を伴う若い健康人に見られる、PQ 間隔短縮および機能的脚ブロックを認める症例に対して名付けられたものである¹⁾。その成因について、現在では心房心室間に正常房室伝導路以外に副刺激伝導路が存在するためとされている²⁻⁴⁾。本症候群の臨床的意義は頻拍発作を高率に認める点であり、その頻度は50-70%とする報告もある⁵⁾。これら頻拍発作の大部分は上室性頻拍であるが、Campbell ら⁶⁾によれば心房細動はWPW 症候群のうち32%に認められ、心房細動の合併頻度は必ずしも低くはない。しかも、心房細動および粗動では、副伝導路を介して頻拍性に心室収縮が生じた場合には、心室細動に移行し致死的な不整脈に至る可能性があり、臨床的に特に問題になっている⁷⁾。近年、外科的根治手術として、副伝導路切断術が確立され⁷⁻⁹⁾、致死的不整脈の発生を防止し得るに至り、その副伝導路存在部位の診断は臨床的に重要となってきた。心電図を用いた WPW 症候群の分類は、Rosenbaum らの分類¹⁰⁾、上田らの分類¹¹⁾¹²⁾が広く用いられ、Rosenbaum らは2型に、上田らは3型に分類しているが、解剖学的検討¹³⁾、および手術所見¹⁴⁾より、副伝導路は左右房室弁輪部のほぼ全周にわたって存在することが知られる様になり、副伝導路存在部位の推定には、これらの心電図分類では不十分となった。これに対して、心電図の QRS 波形より Boineau らは¹⁵⁾、五カ所に、さらに岩らは¹⁶⁾、八カ所に左右房室弁輪部の副伝導路付着部位を分類した。しかし、基礎心電図異常、心室収縮の融合の割合の変化、P波とデルタ波との重合などの心電図分類上の制限⁹⁾を考慮し、副伝導路付着部位を分類した報告はなされていない。副伝導路付着部位として心内外膜側別については、副伝導路が線維輪 (annulus fibrosus) のきわめて近位を経由し心内膜側に付着する例¹⁶⁾、心外膜のきわめて表層に付着する例¹⁷⁾があり、一定していない¹⁸⁾¹⁹⁾。さらに、副伝導路付着部位として心内外膜側別の心電図に及ぼす影響についての報告は皆無である。また、心室後底部の心電図不一致例が報告されているが¹³⁾¹⁴⁾²⁰⁾、それらの詳細な検討はなされていないようである。

そこで本研究では、非侵襲的副伝導路付着部位診断法としてベクトル心電図法の有用性を検討するために、雑種成犬を用いて実験的に早期興奮を作成し、ベクトル心電図の初期 QRS ベクトルの方向、最大 QRS ベクトルの方向を測定検討し、以下に述べる副伝導路付着部位とベクトル心電図所見との対比研究を行った。すなわち 1. 早期興奮部位とベクトル心電図所見との関係、2. 副伝導路付着部位として心内膜側

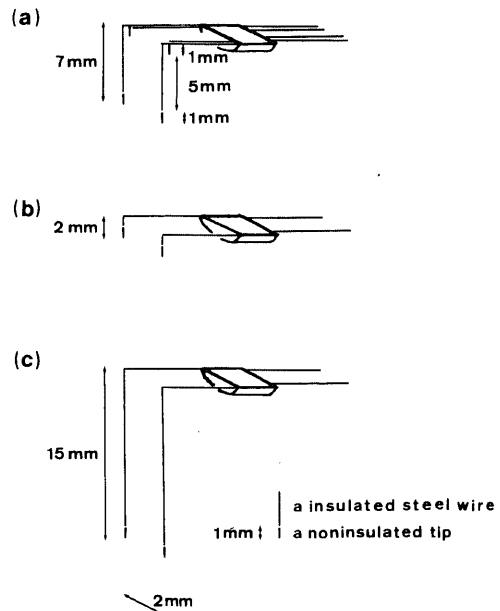


Fig. 1. Representation of electrodes for ventricular stimulation.

(a) Tetrapolar electrode consisting of two bipolar electrodes with interelectrode distance of 2mm was utilized for stimulation of left ventricular endocardial and epicardial free walls in the same locations. The distance between two bipolar electrodes was 5mm.

(b) Bipolar electrode with interelectrode distance of 2mm utilized for stimulation of right ventricular free walls.

(c) Bipolar electrode with interelectrode distance of 2mm utilized for stimulation of ventricular septums.

Abbreviations: AP, accessory pathway; CW, clockwise rotation; CCW, counterclockwise rotation; Epi, epicardium; Endo, endocardium; F, frontal plane; F8, figure of 8 configuration; H, horizontal plane; I-V, initial 20msec QRS vector; LA, left anterior wall; LAH, left anterior hemiblock; LL, left lateral wall; LL, left posterior wall; LPPS, left posterior paraseptal wall; LPS, left posterior septum; LS, left sagittal plane;

と心外膜側との相違, 3. 早期興奮部位として心室後底部 (右室後部傍中隔, 右室後部中隔, 左室後部中隔, 左室後部傍中隔) におけるベクトル心電図所見の対比である。

対象および方法

実験動物には体重 9-13kg の雑種成犬 30 頭を用い, 心室自由壁刺激用として 20 頭, 心室中隔刺激用として 10 頭を使用した。

1. 電極の縫着手術

ペントバルビタールナトリウム (20-25mg/kg) による静脈麻酔後人工呼吸器による間欠的陽圧呼吸下に, 犬を仰臥位に保ち, 胸骨正中切開にて開胸した。心嚢を切開し心臓を露出し, 房室間溝直下の心室側心外膜より心室早期刺激用電極を縫着した。心室早期刺激用電極として左心室自由壁では図 1 (a) に示す電極間距離 2mm の 4 極電極を, 右心室自由壁では図 1 (b) に示す電極間距離 2mm の 2 極電極を, 中隔では図 1 (c) に示す電極間距離 2mm の 2 極電極を用いた。心室早期刺激部位は, 左心室自由壁では左冠動脈前下降枝後側より左室側後部傍中隔へ等分に順に前壁

(left anterior wall, LA), 側壁 (left lateral wall, LL), 後壁 (left posterior wall, LP), 後部傍中隔 (left posterior paraseptal wall, LPPS) の 4 カ所とし (図 2), 右心室自由壁では, 肺動脈流出路基部付近より右室側後部傍中隔へ等分に前壁 (right anterior wall, RA), 側壁 (right lateral wall, RL), 後壁 (right posterior wall, RP), 後部傍中隔 (right posterior paraseptal wall, RPPS) の 4 カ所とした (図 2)。左心室自由壁では心内膜側 (endocardium, Endo) と心外膜側 (epicardium, Epi) を同一刺激部位にて刺激するために図 1 (a) に示すごとく 2 ケの電極間距離 2mm の 2 極電極を 5mm 離して組み合わせた 4 極電極を用いた。前部心室中隔では, 左側中隔が臨床例で少ないこと^{20,21)}, 刺激が技術的に困難なことから, 右側前部心室中隔のみを肺動脈流出路より右側前部心室中隔 (right anterior septum, RAS) へ図 1 (c) に示す電極を刺入して早期刺激を行った (図 2)。後部心室中隔は, 後下降枝をできるだけ避け, 後部心室中隔左側縁と右側縁よりそれぞれ図 1 (c) に示す 2 極電極を刺入し, 左側後部心室中隔 (left posterior septum, LPS) と右側後部心室中隔 (right posterior septum, RPS) の早期刺激

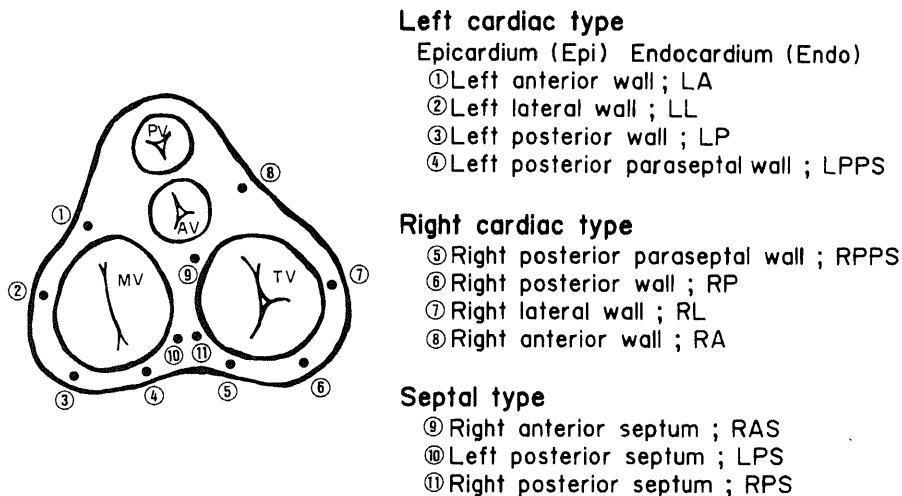


Fig. 2. Eleven representative sites of ventricular stimulation are depicted on a schematic cross-section of the ventricles at the level of the atrio-ventricular ring.

Max-V, maximum QRS vector; OT, others; PS, posterior septum; RA, right anterior wall; RAS, right anterior septum; RL, right lateral wall; RP, right posterior wall; RPPS, right posterior paraseptal wall; RPS, right posterior septum; VCG, vectorcardiogram; WPW 症候群, Wolff-Parkinson-White 症候群.

を行った(図2)。尚、後部心室中隔刺激用電極装着時には比較のために、同時に傍中隔刺激のための電極を装着した。心室早期刺激用電極装着後、心房刺激用電極として高位右房に径1mmのプラチナ電極2個うめこんだ径5mmのプラスチック板を縫着した。心室および心房刺激用電極縫着後、心臓の位置を整復するために心嚢を粗く閉じ、肺を十分に膨らませて後、閉胸した。

II. 融合収縮の作成

洞調律より10%から20%速いレートにて心房刺激用電極を用いて心房を刺激し、更に一定の遅延時間(delay time)をおいて房室弁輪直下に装着した心室早期刺激用電極を用いて心室を早期刺激し、心房心室順次刺激を行った。電気刺激装置は日本光電社製(東京)SEN-7103で、刺激波のパルス幅は2msecとし、その強さは閾値の2倍とし、心室に惹起された早期興奮と、遅れて正常伝導系を経由する正常心室興奮の間に融合収縮を形成し(図3)、Butterworthら²⁹の方法により遅延時間を種々に変化させることによって、早期心室興奮と正常伝導系を介する正常心室興奮との融合の程度を変化させた。

III. ベクトル心電図の記録

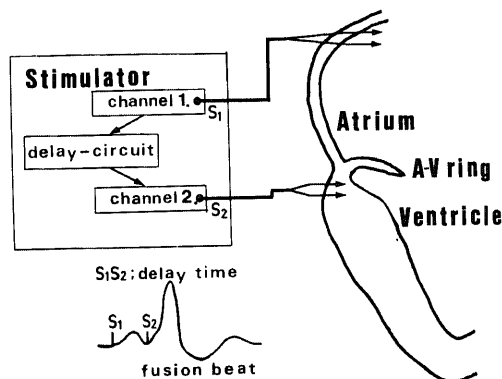


Fig. 3. Scheme of constriction of the fusion beats. Fusion beats were made by atrio-ventricular sequential pacing with the delay time (S_1 S_2) which corresponded to the atrio-ventricular conduction time of the accessory pathways. Stimulator included a delay circuit in which the delay time (S_1 S_2) was made. S_1 , stimulation for high right atrium (HRA); S_2 , stimulation for locations around the atrio-ventricular (A-V) ring.

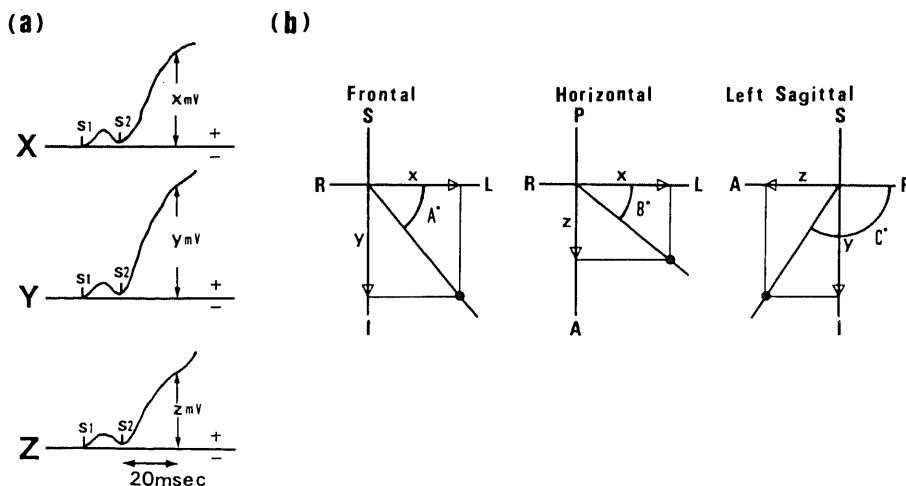


Fig. 4. Representation of the initial 20msec QRS vectors.

(a) Initial 20msec QRS scalar electrocardiograms. X, Y, Z; scalar electrocardiograms of Frank system. x , y , z ; initial 20msec QRS magnitude (mV) of X, Y, Z leads. S_1 , stimulation for high right atrium (HRA); S_2 , stimulation for ventricles.

(b) Directions of the initial 20msec QRS vectors. A° , B° , C° ; degrees of directions of the 20msec QRS vectors in the frontal, horizontal, and left sagittal planes. A, anterior; P, posterior; S, superior; I, inferior; R, right; L, left.

閉胸後仰臥位を保ちベクトル心電計 VA-3F(フクダ電子社製, 東京) を用いてフランク誘導にてベクトル心電図を記録した。ベクトル心電図は、一端データレコーダーを用いて磁気テープに記録し、後に再生した。再生にあたっては、X軸、Y軸、Z軸誘導のスカラー心電図と、前面 (frontal plane, F), 水平面 (horizontal plane, H), 左側面 (left sagittal plane, LS) のベクトル心電図を記録した。スカラー心電図の記録は、感度を $1\text{mV}=1\text{cm}$ 、速度を $100\text{mm}/\text{sec}$ とし、ベクトル心電図はフィルターを使用せずに、刻時間隔 2.5msec にて記録した。初期 QRS ベクトルの方向は、スカラー心電図より P 波の関与を考慮し、心室早期刺激波より 20msec 後のスカラー成分を実際に計測し、X

軸、Y軸、Z軸方向の成分を取り出し、これら2つずつを組み合わせて作図にてもとめた。すなわち、図4に示すようにX軸とY軸成分よりF面、X軸とZ軸成分よりH面、Y軸とZ軸成分よりLS面での初期QRSベクトルの向きを作図にて計測してもとめた。最大QRSベクトルの方向は、各投影面においてベクトル心電図の原点と各ベクトル環の原点から最も遠く離れた点を線で結びもとめた。

IV. 統計解析

閉胸後、ベクトル心電図を計測し、開胸前のベクトル心電図と比較して、心筋梗塞様の所見を呈するもの、著しいQRS環前方偏位を呈するもの、著しい心室内伝導障害を呈するものを除外して、心室自由壁刺

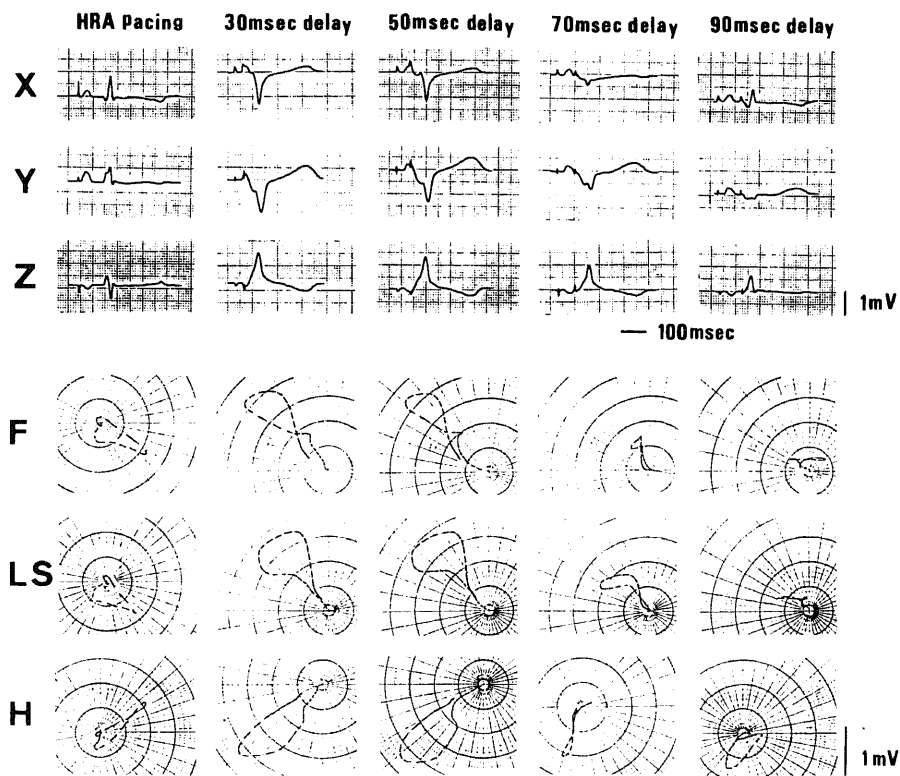


Fig. 5. Changes of scalar electrocardiograms (ECG) and vectorcardiograms (VCG) with the various delay time when the ventricular stimulation site was LP (Epi). When the delay time was 30msec and 50msec, the QRS configurations of scalar ECG and VCG exhibited almost same. At the delay time of 30msec, P wave was most superimposed on initial QRS vectors. At the delay time of 70msec, the QRS configuration of scalar ECG and VCG changed. At the delay time of 90msec, the QRS configuration changed further and exhibited near at high right atrial (HRA) pacing. X, Y, Z; scalar electrocardiograms of Frank system. F, frontal planes; H, horizontal planes; LS, left sagittal planes.

激を行った20頭中13頭, 心室中隔刺激を行った10頭中7頭を対象として, ベクトル心電図の各指標について統計解析を行った. 各刺激部位でのベクトル方向の平均値は各投影面での角度を加算することにて求めた. ただし極性が違う場合, 0度を挟んで絶対値が90度より大きい場合には一定の極性に変更して, 絶対値が90度より小さい場合にはそのままの極性にて加算した. Student's paired t test を用いて, 隣接する刺激部位間, 心内膜側刺激と心外膜側刺激, 左室後部傍中隔と右室後部傍中隔, 左室後部中隔と右室後部中隔, 左右の傍中隔と中隔における各指標間の差の検定を行い, 5%以下 ($p < 0.05$) を有意とした. 刺激部位の確認は, 実験終了後, 心臓を取り出し房室弁輪直上を房室弁輪に沿って切開し, 刺激電極刺入位置を実際に確認して行った.

成 績

図5に早期刺激を左心室後壁心外膜側に加えた際の実例を示す. すなわち, 遅延時間 (delay time, 心房心室順次刺激間隔) を 30msec, 50msec, 70msec, 90msec と延長させると, そのQRS波形は, 30msec, 50msec では初期成分を除いて大略変化なく, 70msec では向き, 大きさに変化を示し, 90msec ではさらに変化を示し正常刺激伝導系を介する心室興奮波形に近い形となる. 遅延時間 30msec の場合, P波との融合によりQRS波形の初期成分が変化を受けるため, 本研究では, 遅延時間 50msec の融合収縮を大きい融合 (large fusion), 遅延時間 70msec の融合収縮を

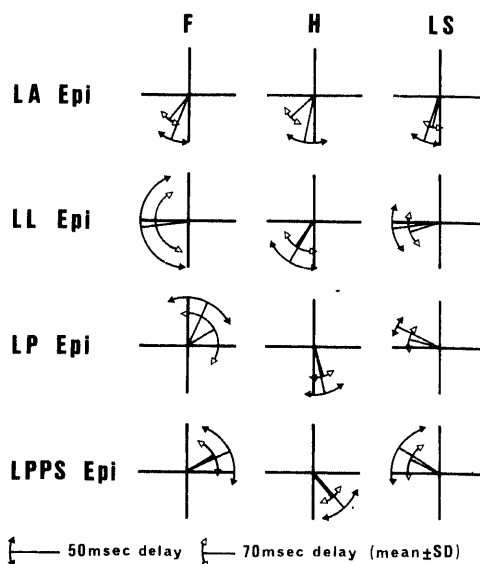


Fig. 6. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the left cardiac type (Epi) in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes at the delay time of 50msec and 70msec. The initial 20msec QRS vectors (I-V) of LA (Epi) and LL (Epi) revealed an ascending order in the right anterior quadrant, but the direction of I-V of LL (Epi) revealed the dispersions in superior and inferior directions. I-V of LP (Epi) and LPPS (Epi) were equally oriented anteriorly, superiorly and leftward, but I-V of LPPS (Epi) more leftward than that of LP (Epi). Directions of I-V at the delay time of 50msec and 70msec revealed the same tendencies.

Table 1. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the left cardiac type (Epi)

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
LA Epi	110±20]*	101±27]NS	109±20]***	128±23]*	138±24]NS	105±22]***
LL Epi	171±80]***	120±35]***	172±32]***	171±73]***	123±41]***	163±37]***
LP Epi	-65±39]***	75±25]***	-154±14]NS	-30±71]NS	73±25]***	-165±27]NS
LPPS Epi	-27±45	49±30	-150±44	-31±41	50±28	-155±38

Data are expressed as mean±SD. n=13.

F, frontal plane; H, horizontal plane; LS, left sagittal plane; * $p < 0.05$; ** $p < 0.02$; *** $p < 0.01$; NS, not significant; deg, degrees; LA, left anterior wall; LL, left lateral wall; LP, left posterior wall; LPPS, left posterior paraseptal wall; Epi, epicardium.

Statistical analyses were done by Student's paired t test.

小さい融合 (small fusion) とした。

I. 高位右房ペーシング時のベクトル心電図所見

正常人と犬のベクトル心電図所見を対比するために、高位右房ペーシングにより正常刺激伝導系のみを介する心室収縮のベクトル心電図を作成した。心室自由壁刺激群13頭および中隔刺激群7頭を対象に、初期20msec QRS ベクトル (initial 20msec QRS vector, I-V) の方向はそれぞれ、F面で $39 \pm 18^\circ$, $35 \pm 9^\circ$, H面で $7 \pm 23^\circ$, $6 \pm 22^\circ$, LS面で $100 \pm 29^\circ$, $101 \pm 30^\circ$, 最大QRSベクトル (maximum QRS vector, Max-V) の方向はそれぞれ、F面で $45 \pm 34^\circ$, $62 \pm 40^\circ$, H面で $-23 \pm 28^\circ$, $-22 \pm 48^\circ$, LS面で $67 \pm 34^\circ$, $63 \pm 38^\circ$ であり、スカラー心電図のQRS幅はそれぞれ 49 ± 4 msec, 51 ± 4 msecであり、回転方向はいずれの群でも、F面で時計回転もしくは8の時回転、H面で全例反時計回転、LS面で反時計回転もしくは8の時回転を示した。この成績を正常人のベクトル心電図所見²⁾と比較すると、QRS幅が短縮している点、I-Vが軽度左方に向く点、Max-Vが軽度前方に向く点を除外すれば、I-Vの方向、Max-Vの方向、QRS環の回転方向はヒトのベクトル心電図所見とほぼ匹敵するものと解釈してよいと思われた。

II. 心室自由壁刺激群のベクトル心電図所見

1. 初期20msec QRSベクトル (I-V)

1) 左心型

表1に左心室外膜側早期刺激でのI-Vの方向を示す。図6は遅延時間50msecおよび70msecで左心室外膜側を早期刺激した場合のI-Vの方向を図示したものである。

i. 遅延時間50msecの場合

先ずF面についてみると、LA $110 \pm 20^\circ$, LL

$171 \pm 80^\circ$, LP $-65 \pm 39^\circ$, LPPS $-27 \pm 45^\circ$ と、LAとLL, LLとLPおよびLPとLPPSとの間に有意差があり (それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.01$)、そのI-Vの向きは、LAで右下方を、LLで上

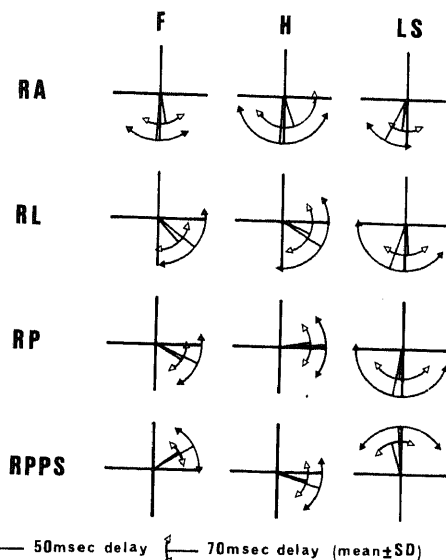


Fig. 7. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the right cardiac type in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes at the delay time of 50msec and 70msec. The initial 20msec QRS vectors (I-V) of RA were oriented anteriorly, inferiorly, and either rightward or leftward. I-V of RL and RP were equally oriented inferiorly, leftward and either anteriorly or posteriorly. I-V of RPPS oriented superiorly, leftward and either anteriorly or posteriorly. Directions of I-V at the delay time of 50msec and 70msec revealed the same tendencies.

Table 2. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the right cardiac type

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
RA	93 ± 42]**	93 ± 75]***	118 ± 32]NS	81 ± 43]**	71 ± 84]**	95 ± 35]NS
RL	38 ± 51]NS	31 ± 65]NS	109 ± 75]NS	47 ± 44]NS	24 ± 60]NS	88 ± 47]NS
RP	24 ± 37]***	-1 ± 41]NS	101 ± 83]***	30 ± 34]***	-3 ± 44]NS	93 ± 64]***
RPPS	-31 ± 32	19 ± 37	-93 ± 61	-32 ± 27	17 ± 38	-107 ± 41

RA, right anterior wall; RL, right lateral wall; RP, right posterior wall; RPPS, right posterior paraseptal wall.

Other abbreviations are as in Table 1.

下方向に不均一性を認めたが右側方を, LP で左上方を, LPPS で LP に比してより左方に向きを変えて左上方を示した. 次にH面についてみると, LA 101±27°, LL 120±35°, LP 75±25°, LPPS 49±30°と, LL と LP および LP と LPPS との間のみ有意差があり (いずれも $p < 0.01$), その I-V の向きは, LA と LL で右前方を, LP で左前方を, LPPS で LP に比してより左方に向きを変えて左前方を示した. LS 面に関しては, LA 109±20°, LL 172±32°, LP -154±14°, LPPS -150±44°と, LA と LL および LL と LP との間のみ有意差があり (いずれも $p < 0.01$), その I-V の向きは, LA で前下方を, LL で前方を, LP と LPPS で前上方を示した. すなわち, 遅延時間 50msec の時, 早期心室刺激部位を LA より LPPS に変化させた場合, その I-V は順に右前下方, 右前水平, 右前上方, 左前上方の向きを示した. 図 9 に左心室心外膜側自由壁を遅延時間 50msec にて早期刺激した際の実例を示した. すなわち, I-V の向きは, LA で前下方を, LL で右前方を, LP で前上方を, LPPS で左前上方を示した.

ii. 遅延時間 70msec の場合

F面では, LA 128±23°, LL 171±73°, LP -30±71°, LPPS -31±41°と, LA と LL および LL と LP との間のみ有意差があり (それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$), その I-V の向きは, LA で右下方を, LL で右側方を, LP と LPPS で左上方を示した. 次にH面についてみると, LA 138±24°, LL 123±41°, LP 73±25°, LPPS 50±28°と, LL と LP および LP と LPPS との間のみ有意差があり (いずれも $p < 0.01$), その I-V の向きは, LA と LL で右前方を, LP で左前方を, LPPS で LP に比してより左方に向きを変えて左前方を示した. LS 面については, LA 105±22°, LL 163±37°, LP -165±27°,

LPPS -155±38°と, LA と LL および LL と LP との間のみ有意差があり (いずれも $p < 0.01$), その I-V の向きは, LA で前下方を, LL で前方を, LP と LPPS で前上方を示した. すなわち, 遅延時間 70msec での異なる刺激部位における F面, H面,

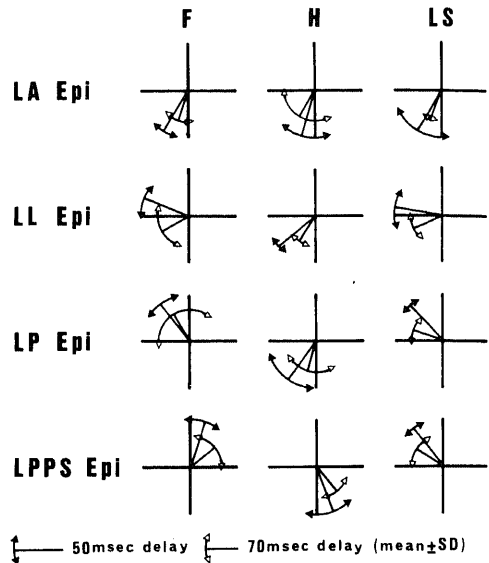


Fig. 8. Directions of the max. QRS vectors of the left cardiac type (Epi) in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes at the delay time of 50msec and 70msec. The max. QRS vectors (Max-V) of LA (Epi), LL (Epi) and LP (Epi) revealed an ascending order in the right anterior quadrant. Max-V of LPPS (Epi) were oriented anteriorly, superiorly and leftward. Directions of Max-V at the delay time of 50msec and 70msec revealed the same tendencies, but those at the delay time of 70msec showed the dispersions.

Table 3. Directions of the max. QRS vectors of the left cardiac type (Epi)

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
LA Epi	121±18]***	105±31]*	120±40]***	109±30]***	120±61]NS	112±17]***
LL Epi	-159±22]***	141±14]NS	-174±24]***	150±50]***	121±23]NS	156±28]***
LP Epi	-125±21]***	128±40]***	-133±10]**	-120±74]***	105±52]***	-162±28]NS
LPPS Epi	-76±23	73±31	-126±14	-39±46	51±33	-147±35

Abbreviations are as in Table 1.

LS 面の I-V の向きは、遅延時間 50msec の時とほぼ同様の傾向を示した

2) 右心型

表 2 に右心室早期刺激での I-V の方向を示す。図 7 は遅延時間 50msec および 70msec で右心室を早期刺激した際の I-V の方向を図示したものである。

i. 遅延時間 50msec の場合

まず F 面についてみると、RA $93 \pm 42^\circ$ 、RL $38 \pm 51^\circ$ 、RP $24 \pm 37^\circ$ 、RPPS $-31 \pm 32^\circ$ と、RA と RL および RP と RPPS との間にのみ有意差があり (それぞれ $p < 0.02$, $p < 0.01$)、その I-V の向きは、RA で下方を、RL と RP で左下方を、RPPS で左上方を示した。次に H 面については、RA $93 \pm 75^\circ$ 、RL $31 \pm 65^\circ$ 、RP $-1 \pm 41^\circ$ 、RPPS $19 \pm 37^\circ$ と、RA と RL との間にのみ有意差があり ($p < 0.01$)、その I-V の向きは、RA では左右方向に向かって不均一性を認めるものの前方を、RL では左前方を、RP と RPPS では前後方向に向かって不均一性を認めるものの左側方を示した。次いで LS 面に関しては、RA $118 \pm 32^\circ$ 、RL $109 \pm 75^\circ$ 、RP $101 \pm 83^\circ$ 、RPPS $-93 \pm 61^\circ$ と、RP と RPPS との間にのみ有意差があり ($p < 0.01$)、その I-V の向きは、RA では前下方を、RL、RP および RPPS では前後方向に向かって不均一性があつたが、RL と RP で下方を、RPPS で上方を示した。すなわち遅延時間 50msec の時、早期心室刺激部位を RA より RPPS に移動させると、その I-V は、RA では左右方向に、RL、RP、RPPS では前後方向に不均一性を認めるものの、順に前下方、左前下方、左上方の向きを示した。図 11 に右心室自由壁を遅延時間 50msec にて早期刺激した際の実例を示すが、その I-V の向きは、RA で右前下方を、RL で左後下方を、RP で左下方を、RPPS で左前上方を示すのが認められる。

ii. 遅延時間 70msec の場合

F 面では、RA $81 \pm 43^\circ$ 、RL $47 \pm 44^\circ$ 、RP $30 \pm 34^\circ$ 、RPPS $-32 \pm 27^\circ$ と、RA と RL および RP と RPPS との間にのみ有意の差を認め (それぞれ $p < 0.02$, $p < 0.01$)、その I-V の向きは、RA で下方を、RL と RP で左下方を、RPPS で左上方を示した。次いで H 面についてみると、RA $71 \pm 84^\circ$ 、RL $24 \pm 60^\circ$ 、RP $-3 \pm 44^\circ$ 、RPPS $17 \pm 38^\circ$ と、RA と RL との間にのみ有意差を認め ($p < 0.05$)、その I-V の向きは、RA で前方を、RL、RP および RPPS でいずれも左方を示した。次に LS 面については、RA $95 \pm 35^\circ$ 、RL $88 \pm 47^\circ$ 、RP $93 \pm 64^\circ$ 、RPPS $-107 \pm 41^\circ$ と、その I-V の向きは、RA、RL および RP でいずれも下方を、RPPS で上方を示した。すなわち遅延時間

70msec の I-V の方向も遅延時間 50msec のと同様の傾向を示し、RA では左右方向に、RL、RP、RPPS では前後方向に不均一性がみられたものの、早期心室刺激部位が RA より RPPS に変化すると、その I-V は順に、前下方、左前下方、左上方に向きを変えた。

2. 最大 QRS ベクトル (Max-V)

1) 左心型

表 3 に左心室心外膜側早期刺激での Max-V の方向を示す。図 8 は遅延時間 50msec および 70msec で左心室心外膜側を早期刺激した場合の Max-V の方向を図示したものである。

i. 遅延時間 50msec の場合

まず F 面についてみると、LA $121 \pm 18^\circ$ 、LL $-159 \pm 22^\circ$ 、LP $-125 \pm 21^\circ$ 、LPPS $-76 \pm 23^\circ$ と、LA と LL、LL と LP および LP と LPPS との間でそれぞれ有意差があり (いずれも $p < 0.01$)、その Max-V の向きは、LA で右下方を、LL で右上方を、LP で LL に比しより上方に向きを変えて右上方を、LPPS で左上方を示した。次いで H 面については、LA $105 \pm 31^\circ$ 、LL $141 \pm 14^\circ$ 、LP $128 \pm 40^\circ$ 、LPPS $73 \pm 31^\circ$ と、LA と LL および LP と LPPS との間にのみ有意差があり (それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$)、その Max-V の向きは、LA で前方を、LL と LP で右前方を、LPPS で左前方を示した。LS 面に関しては、LA $120 \pm 40^\circ$ 、LL $-174 \pm 24^\circ$ 、LP $-133 \pm 10^\circ$ 、LPPS $-126 \pm 14^\circ$ と、LA と LL、LL と LP および LP と LPPS との間でそれぞれ有意差があり (それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.01$, $p < 0.02$)、その Max-V の向きは、LA で前下方を、LL で前方を、LP で前上方を、LPPS で LP に比してより上方に向きを変えて前上方を示した。すなわち遅延時間 50msec の時、早期心室刺激部位を LA より LPPS に変化させると、その Max-V は順に右前下方、右前水平、右前上方、左前上方を示した。図 9 に左心室心外膜側自由壁を遅延時間 50msec にて早期刺激した際の実例を示すが、Max-V の向きは、LA で前下方を、LL で右前方を、LP で右前上方を、LPPS で左前上方を示すのが認められる。

ii. 遅延時間 70msec の場合

F 面では、LA $109 \pm 30^\circ$ 、LL $150 \pm 50^\circ$ 、LP $-120 \pm 74^\circ$ 、LPPS $-39 \pm 46^\circ$ と、LA と LL、LL と LP および LP と LPPS との間で有意差があり (いずれも $p < 0.01$)、その Max-V の向きは、LA で下方を、LL で右側方を、LP で右上方を、LPPS で左上方を示した。次に H 面については、LA $120 \pm 61^\circ$ 、LL $121 \pm 23^\circ$ 、LP $105 \pm 52^\circ$ 、LPPS $51 \pm 33^\circ$ と、LP と LPPS との間にのみ有意差があり ($p < 0.01$)、その

Max-V の向きは, LA, LL および LP で前方を, LPPS で左前方を示した. LS 面に関しては, LA $112 \pm 17^\circ$, LL $156 \pm 28^\circ$, LP $-162 \pm 28^\circ$, LPPS $-147 \pm 35^\circ$ と, LA と LL および LL と LP との間にのみ有意差があり (いずれも $p < 0.01$), その Max-V の向きは, LA で前下方を, LL で前方を, LP と LPPS で前上方を示した. すなわち遅延時間 70msec の時, 早期心室刺激部位を LA より LPPS に変化させると, その Max-V は, 遅延時間 50msec のときに比して, 個体間による不均一性が増したが, 遅延時間 50msec のときとほぼ同様の傾向を示し, 順に, 右前下方, 右前水平, 右前上方, 左前上方を示した.

2) 右心型

表 4 に右心室早期刺激での Max-V の方向を示す. 図 10 は遅延時間 50msec および 70msec で右心室を早

期刺激した際の Max-V の方向を図示したものである.

i. 遅延時間 50msec の場合

先ず F 面についてみると, RA $54 \pm 12^\circ$, RL $34 \pm 11^\circ$, RP $15 \pm 13^\circ$, RPPS $7 \pm 18^\circ$ と, RA と RL および RL と RP との間にのみ有意の差があり (いずれも $p < 0.01$), その Max-V の向きは, RA で左下方を, RL で RA に比しより左方に向きを変えて左下方を, RP と RPPS で左側方を示した. 次に H 面については, RA $-34 \pm 16^\circ$, RL $-20 \pm 15^\circ$, RP $-12 \pm 17^\circ$, RPPS $-2 \pm 17^\circ$ と, RA と RL との間にのみ有意の差があり ($p < 0.01$), その Max-V の向きは, RA で左後方を, RL で RA に比しより左方に向きを変えて左後方を, RP と RPPS で左側方を示した. LS 面に関しては, RA $68 \pm 10^\circ$, RL $60 \pm 15^\circ$, RP

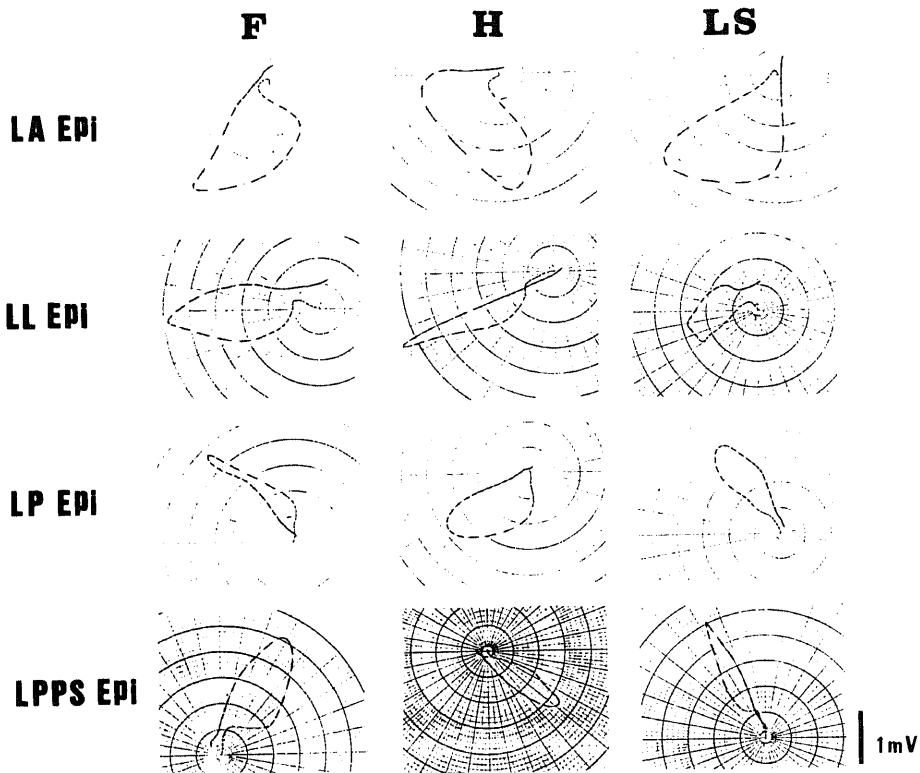


Fig. 9. Vectorcardiograms of various QRS loops when left ventricular free epicardial walls were stimulated at the delay time of 50msec. The initial 20msec QRS vector (I-V) and the max. QRS vector (Max-V) of LA (Epi) were oriented anteriorly and inferiorly. I-V and Max-V of LL (Epi) oriented anteriorly and rightward. I-V of LP (Epi) oriented anteriorly and superiorly, Max-V of LP (Epi) oriented anteriorly, superiorly and rightward. I-V and Max-V of LPPS (Epi) oriented anteriorly, superiorly and leftward.

46±42°, RPPS 133±72°と, RA と RL および RP と RPPS との間のみ有意差があり (それぞれ $p < 0.02$, $p < 0.05$), その Max-V の向きは, RA で下方を, RL で RA に比してより後方に向きを変えて後下方を, RP では RL と同様に後下方を, RPPS では前後方向に不均一性を認めるものの RP に比しより前方を示した. すなわち遅延時間 50msec の時, 早期心室刺激部位を RA より RPPS に変化させると, その Max-V の向きは順に, 左後下方, 左側水平を示した. 図11に右心室自由壁を遅延時間 50msec にて早期刺激した際の実例を示す. Max-V の向きは, RA で左後下方を, RL で左後下方を, RP で左後方を, RPPS で左側水平を示すのが認められる.

ii. 遅延時間 70msec の場合

F面に関しては, RA 61±11°, RL 33±9°, RP 9±21°, RPPS 2±18°と, RA と RL および RL と RP との間に有意の差があり (いずれも $p < 0.01$), その Max-V の向きは, RA で左下方を, RL で RA に比してより左方に向きを変えて左下方を, RP と RPPS で左側方を示した. 次にH面については, RA -1±48°, RL -18±19°, RP -12±12°, RPPS 1±18°と, RA と RL, RL と RP および RP と RPPS との間にいずれも有意差はないが, その Max-V の向きは, RA で左側方を, RL と RP では左後方を, RPPS で左側方を示した. LS面に関しては, RA 74±13°, RL 63±19°, RP 52±53°, RPPS 130±90°と, RA と RL および RP と RPPS との間に有意差があり (それぞれ $p < 0.02$, $p < 0.05$), その Max-V の向きは, RA で後下方を, RL では RA に比してより後方に向きを変えて後下方を, RP では RL と同様に後下方を, RPPS では RP に比してより前方を示した. すなわち遅延時間 70msec の Max-V は遅延時間 50msec の場合に比べて個体間による不均

一性は増すものの, 心室早期刺激部位が RA より RPPS に変化すると, その Max-V の向きは, 左後下方より左側水平を示す傾向が認められた.

3. 心内膜側 (Endo) と心外膜側 (Epi) に心室早期刺激を加えたときのベクトル方向の比較

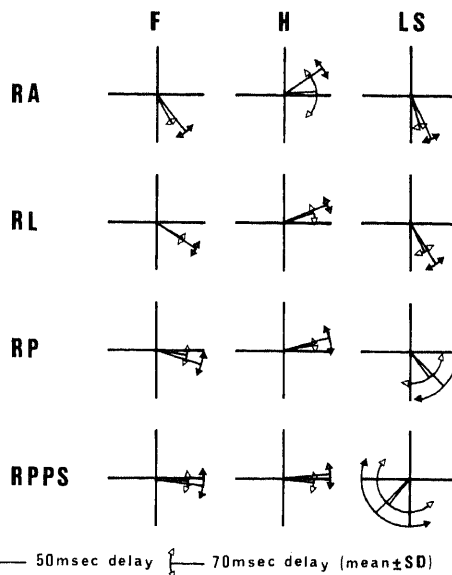


Fig. 10. Directions of the max. QRS vectors of the right cardiac type in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes at the delay time of 50msec and 70msec. The directions of the max. QRS vectors (Max-V) of RA, RL, RP and RPPS were shifted from posterior, inferior and left to horizontal and left in this order, but Max-V of RPPS was oriented either anteriorly or posteriorly. Directions of Max-V at the delay time of 50msec and 70msec revealed the same tendencies, but those at the delay time of 70msec showed the dispersions.

Table 4. Directions of the max. QRS vectors of the right cardiac type

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
RA	54±12]***	-34±16]***	68±10]**	61±11]***	-1±48]NS	74±13]**
RL	34±11]***	-20±15]NS	60±15]NS	33±9]***	-18±19]NS	63±19]NS
RP	15±13]NS	-12±17]NS	46±42]*	9±21]NS	-12±12]NS	52±53]*
RPPS	7±18	-2±17	133±72	2±18	1±18	130±90

Abbreviations are as in Table 1., 2.

1) I-V

表5に心内膜側(Endo)より心室早期刺激を加えたときのI-Vの向きを示す。

i. 遅延時間50msecの場合

まずLAについてみると、EndoとEpiのI-Vの向きはそれぞれ、F面 $117\pm 20^\circ$ 、 $110\pm 20^\circ$ 、H面 $109\pm 45^\circ$ 、 $101\pm 27^\circ$ 、LS面 $116\pm 23^\circ$ 、 $109\pm 20^\circ$ と、F面、H面およびLS面のいずれの面でも両者間で有意差なく、両者のI-Vの向きはいずれも右前下方を示した。次にLLについてみると、EndoとEpiのI-Vの向きはそれぞれ、F面 $81\pm 64^\circ$ 、 $171\pm 80^\circ$ 、H面 $92\pm 29^\circ$ 、 $120\pm 35^\circ$ 、LS面 $158\pm 24^\circ$ 、 $172\pm 32^\circ$ であり、F面およびH面においてその方向の角度に有意の差があった(それぞれ $p<0.02$ 、 $p<0.01$)。図12

(a)はLLでのEpiとEndoのI-Vの向きの比較を示したものである。すなわち両者のI-Vの向きは、F面ではEndoがEpiに比しより左下方を、H面ではEndoがEpiに比しより左方を、LS面ではEndoとEpiで同様に前方を示した。次いでLPに関しては、EndoとEpiのI-Vの向きはそれぞれ、F面 $-62\pm 55^\circ$ 、 $-65\pm 39^\circ$ 、H面 $78\pm 29^\circ$ 、 $75\pm 25^\circ$ 、LS面 $-162\pm 23^\circ$ 、 $-154\pm 14^\circ$ と、F面、H面およびLS面いずれの面でも両者間で有意差なく、両者のI-Vの向きは左前上方を示した。LPPSに関しては、EndoとEpiのI-Vの向きはそれぞれ、F面 $-32\pm 48^\circ$ 、 $-27\pm 45^\circ$ 、H面 $56\pm 26^\circ$ 、 $49\pm 30^\circ$ 、LS面 $-158\pm 37^\circ$ 、 $-150\pm 44^\circ$ と、F面、H面およびLS面のいずれの面でも両者間で有意差なく、両者のI-Vの向きは左

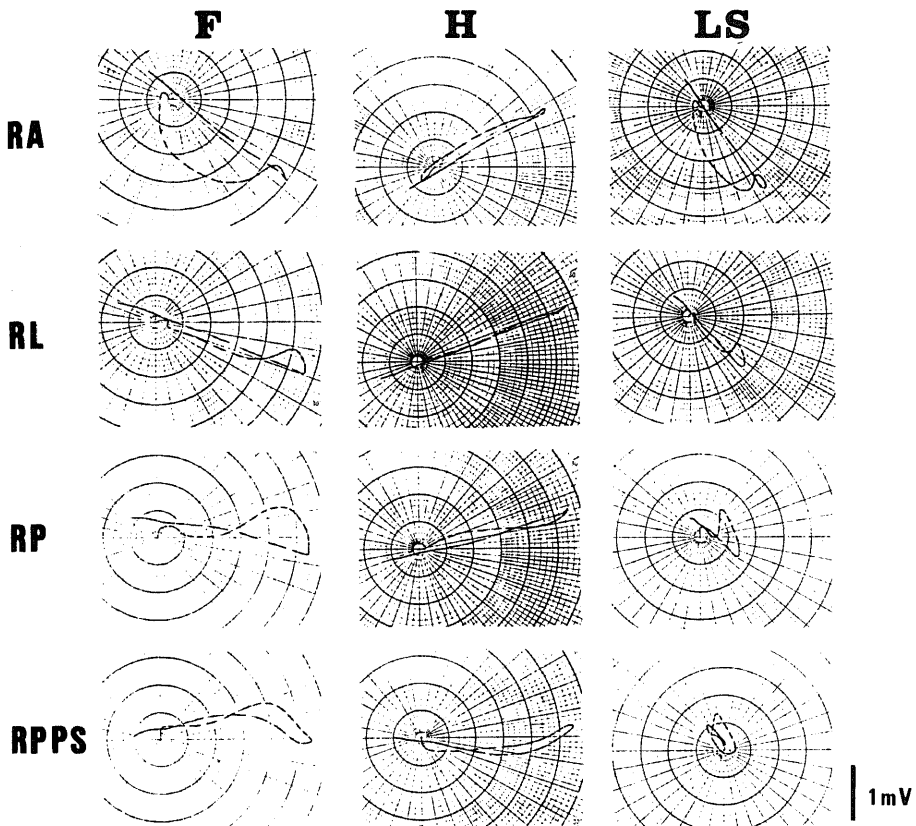


Fig. 11. Vectorcardiograms of various QRS loops when right ventricular free walls were stimulated at the delay time of 50msec. The initial 20msec QRS vector (I-V) of RA was oriented anteriorly, inferiorly and rightward, the max. QRS vector (Max-V) of RA oriented posteriorly, inferiorly and leftward. I-V and Max-V of RL oriented posteriorly, inferiorly and leftward. I-V and Max-V of RP oriented posteriorly and leftward. I-V of RPPS oriented anteriorly, superiorly and leftward, Max-V of RPPS oriented horizontally and leftward.

前上方を示した。

ii. 遅延時間 70msec の場合

LA での, Endo と Epi の I-V の向きはそれぞれ, F面 $107 \pm 31^\circ$, $128 \pm 23^\circ$, H面 $133 \pm 49^\circ$, $138 \pm 24^\circ$, LS面 $115 \pm 40^\circ$, $105 \pm 22^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意差なく, 両者の I-V の向きは右前下方を示した. 次に LL に関しては, Endo と Epi の I-V の向きはそれぞれ, F面 $78 \pm 41^\circ$, $171 \pm 73^\circ$, H面 $81 \pm 43^\circ$, $123 \pm 41^\circ$, LS面 $140 \pm 23^\circ$, $163 \pm 37^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面でも有意差を認め (それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.01$, $p < 0.05$), 両者の I-V は, Endo が Epi に比してより左下方を示した. 次いで LP については, Endo と Epi の I-V の向きはそれぞれ, F面 $-71 \pm 81^\circ$, $-30 \pm 71^\circ$, H面 $81 \pm 32^\circ$, $73 \pm 25^\circ$, LS面 $-171 \pm 41^\circ$, $-165 \pm 27^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意差なく, 両者の I-V の向きは左前上方を示した. また LPPS においても, Endo と Epi の I-V の向きはそれぞれ, F面 $-20 \pm 84^\circ$, $-31 \pm 41^\circ$, H面 $54 \pm 26^\circ$, $50 \pm 28^\circ$, LS面 $-170 \pm 37^\circ$, $-155 \pm 38^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意差なく, 両者の I-V の向きは左前上方を示した.

従って左心室側自由壁における心室早期刺激の I-V の心内外膜側別の差異は遅延時間 50msec および 70msec のいずれにおいても, LA, LP および LPPS において認められず, LL でのみ認め, LL (Endo) での I-V の向きは LL (Epi) に比して有意に左方を示した.

2) Max-V

表 6 に心内膜側 (Endo) より心室早期刺激を加えたときの Max-V の向きを示す.

i. 遅延時間 50msec の場合

LA についてみると, Endo と Epi の Max-V の向

きはそれぞれ, F面 $135 \pm 26^\circ$, $121 \pm 18^\circ$, H面 $109 \pm 31^\circ$, $105 \pm 31^\circ$, LS面 $120 \pm 19^\circ$, $120 \pm 40^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意差なく, 両者の Max-V の向きは右前下方を示した. これに対して LL では, Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ, F面 $-148 \pm 14^\circ$, $-159 \pm 22^\circ$, H面 $149 \pm 17^\circ$, $141 \pm 14^\circ$, LS面 $-148 \pm 23^\circ$, $-174 \pm 24^\circ$ と, F面, H面および LS面のいずれの面においてもその方向の角度に有意の差が認められた (それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.01$). 図 12 (b) は LL での Epi と

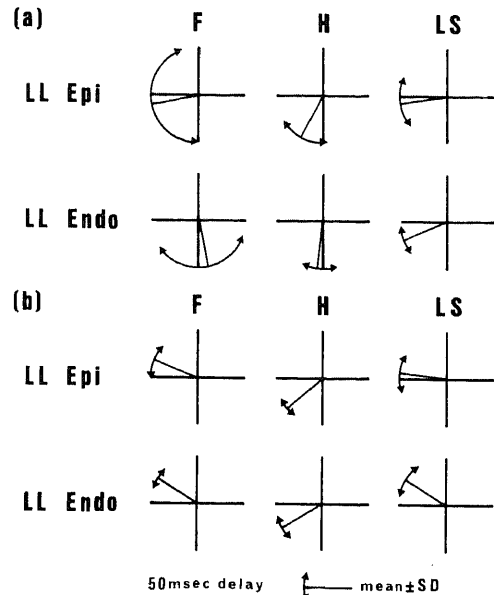


Fig. 12. Comparisons between LL (Epi) and LL (Endo).

(a) The initial 20msec QRS vectors of LL (Endo) were oriented more leftward than those of LL (Epi).

(b) The max. QRS vectors of LL (Endo) oriented more superiorly than those of LL (Epi).

Table 5. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the left cardiac type (Endo)

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
LA Endo	117 ± 20	109 ± 45	116 ± 23	107 ± 31	133 ± 49	115 ± 40
LL Endo	$81 \pm 64^{**}$	$92 \pm 29^{***}$	158 ± 24	$78 \pm 41^{***}$	$81 \pm 43^{***}$	$140 \pm 23^*$
LP Endo	-62 ± 55	78 ± 29	-162 ± 23	-71 ± 81	81 ± 32	-171 ± 41
LPPS Endo	-32 ± 48	56 ± 26	-158 ± 37	-20 ± 84	54 ± 26	-170 ± 37

* $p < 0.05$; ** $p < 0.02$; *** $p < 0.01$ vs Epi; Endo, endocardium. Other abbreviations are as in Table 1.

Endo の Max-V の向きを比較を図示したものである。すなわち両者の Max-V の向きは、F面では Endo が Epi に比しより上方を、H面では Endo が Epi に比しより右後方を、LS面では Endo が Epi に比してより上方を示した。次に LP については、Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $-127 \pm 25^\circ$ 、 $-125 \pm 21^\circ$ 、H面 $127 \pm 41^\circ$ 、 $128 \pm 40^\circ$ 、LS面 $-132 \pm 12^\circ$ 、 $-133 \pm 10^\circ$ と、F面、H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意差なく、両者の Max-V の向きは右前上方を示した。LPPS に関しては、Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $-78 \pm 35^\circ$ 、 $-76 \pm 23^\circ$ 、H面 $81 \pm 36^\circ$ 、 $73 \pm 31^\circ$ 、LS面 $-135 \pm 16^\circ$ 、 $126 \pm 14^\circ$ と、F面、H面および LS面のいずれの面でも両者間で有意の差なく、両者の Max-V の向きは左前上方を示した。

ii. 遅延時間 70msec の場合

LA での Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $105 \pm 26^\circ$ 、 $109 \pm 30^\circ$ 、H面 $100 \pm 82^\circ$ 、 $120 \pm 61^\circ$ 、LS面 $111 \pm 22^\circ$ 、 $112 \pm 17^\circ$ と、いずれの面でも両者間で有意差なく、両者の Max-V の向きはいずれも前下方を示した。これに対して LL では、Endo と

Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $-177 \pm 86^\circ$ 、 $150 \pm 50^\circ$ 、H面 $136 \pm 31^\circ$ 、 $121 \pm 23^\circ$ 、LS面 $-176 \pm 31^\circ$ 、 $156 \pm 28^\circ$ と、F面および LS面にて両者間でその方向の角度に有意の差が認められた (いずれも $p < 0.01$)。すなわち両者の Max-V は、F面と LS面では Endo が Epi に比しより上方を示した。LP では、Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $-105 \pm 67^\circ$ 、 $-120 \pm 74^\circ$ 、H面 $106 \pm 32^\circ$ 、 $105 \pm 52^\circ$ 、LS面 $-155 \pm 47^\circ$ 、 $-162 \pm 28^\circ$ と、いずれの面でも両者間で有意差なく、両者の Max-V の向きは前上方を示した。LPPS においても Endo と Epi の Max-V の向きはそれぞれ、F面 $-52 \pm 42^\circ$ 、 $-39 \pm 46^\circ$ 、H面 $59 \pm 34^\circ$ 、 $51 \pm 33^\circ$ 、LS面 $-146 \pm 25^\circ$ 、 $-147 \pm 35^\circ$ と、いずれの面でも両者間で有意差なく、両者の Max-V の向きは左前上方を示した。

従って左心室自由壁において心内膜側と心外膜側に心室早期刺激を加えたときの Max-V の差異は遅延時間 50msec、70msec のいずれにおいても LL においてのみ認められ、LA、LP、LPPS ではその差異はみられなかった。すなわち LL の Max-V の向きは、Endo で Epi に比して有意に上方を示した。

Table 6. Directions of the max. QRS vectors of the left cardiac type (Endo)

stimulation sites	50msec delay			70msec delay		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
LA Endo	135 ± 26	109 ± 31	120 ± 19	105 ± 26	100 ± 82	111 ± 22
LL Endo	$-148 \pm 14^{***}$	$149 \pm 17^*$	$-148 \pm 23^{***}$	$-177 \pm 86^{***}$	136 ± 31	$-176 \pm 31^{***}$
LP Endo	-127 ± 25	127 ± 41	-132 ± 12	-105 ± 67	106 ± 32	-155 ± 47
LPPS Endo	-78 ± 35	81 ± 36	-135 ± 16	-52 ± 42	59 ± 34	-146 ± 25

Abbreviations are as in Table 1., 5.

Table 7. Directions of the initial 20msec and the max. QRS vectors of the posterior paraseptal walls

stimulation sites	initial 20msec QRS vector			max. QRS vector		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
RPPS	-31 ± 32	19 ± 37	-93 ± 61	7 ± 18	-2 ± 17	133 ± 72
50msec delay]NS]***]***]***]***]***
LPPS Epi	-27 ± 45	49 ± 30	-150 ± 44	-76 ± 23	73 ± 31	-126 ± 14
50msec delay						
RPPS	-32 ± 27	17 ± 38	-107 ± 41	2 ± 18	1 ± 18	130 ± 90
70msec delay]NS]***]***]***]***]***
LPPS Epi	-31 ± 41	50 ± 28	-155 ± 38	-39 ± 46	51 ± 33	-147 ± 35
70msec delay						

Abbreviations are as in Table 1., 2.

4. 右室後部傍中隔 (RPPS) と左室後部傍中隔 (LPPS) の心外膜側 (Epi) に心室早期刺激を加えたときのベクトル方向の比較

表 7 に RPPS と LPPS (Epi) における I-V と Max-V の方向に関する対比を示す。

1) I-V

i. 遅延時間 50msec の場合

RPPS と LPPS (Epi) における I-V の向きはそれぞれ、F面 $-31 \pm 32^\circ$, $-27 \pm 45^\circ$, H面 $19 \pm 37^\circ$, $49 \pm 30^\circ$, LS面 $-93 \pm 61^\circ$, $-150 \pm 44^\circ$ と、F面では両者間に有意差はないが、H面とLS面にて両者間で有意の差があった (それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$)。図 13 (a) は遅延時間 50msec で RPPS と LPPS (Epi) を早期刺激した際の I-V の方向を図示したものである。すなわち I-V は、F面では RPPS と LPPS (Epi) のいずれにおいても左上方を、H面では RPPS で左側方から左前方を、LPPS (Epi) で RPPS に比してより前方に向きを変えて左前方を、LS面では RPPS で前上方を、LPPS (Epi) で RPPS に比してより前方に向きを変えて前上方を示した。

ii. 遅延時間 70msec の場合

RPPS と LPPS (Epi) における I-V の向きはそれぞれ、F面 $-32 \pm 27^\circ$, $-31 \pm 41^\circ$, H面 $17 \pm 38^\circ$, $50 \pm 28^\circ$, LS面 $-107 \pm 41^\circ$, $-155 \pm 38^\circ$ と、F面では両者間で有意差はないが、H面とLS面にて両者間で有意差がみられた (いずれも $p < 0.01$)。すなわち遅延時間 50msec の場合と同様に、両者の I-V の方向は、F面では RPPS と LPPS (Epi) でいずれも左上方を示し、H面とLS面では LPPS (Epi) において RPPS に比

てより前方を示した。

2) Max-V

i. 遅延時間 50msec の場合

RPPS と LPPS (Epi) における Max-V の向きはそれぞれ、F面 $7 \pm 18^\circ$, $-76 \pm 23^\circ$, H面 $-2 \pm 17^\circ$,

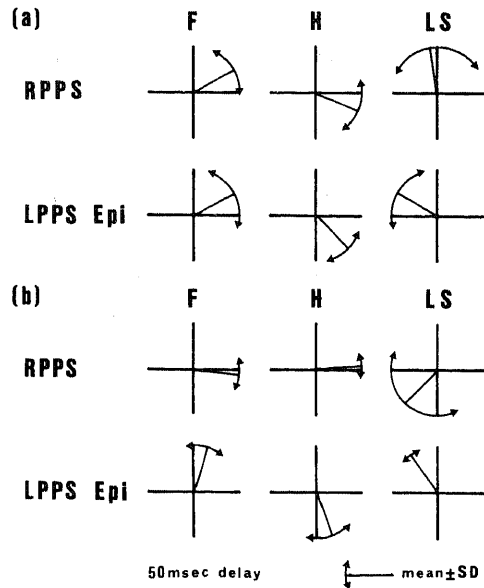


Fig. 13. Comparisons between the right and left posterior paraseptal walls (RPPS, LPPS). (a) The initial 20msec QRS vectors of LPPS were oriented more anteriorly than those of RPPS. (b) The max. QRS vectors of LPPS oriented more anteriorly and superiorly than those of RPPS.

Table 8. Directions of the initial 20msec and the max. QRS vectors of the septal type

stimulation sites	initial 20msec QRS vector			max. QRS vector		
	F(deg)	H(deg)	LS(deg)	F(deg)	H(deg)	LS(deg)
RAS 50msec delay	117 ± 18	-172 ± 17	83 ± 15	107 ± 16	-130 ± 44	77 ± 8
LPPS Epi 50msec delay	-38 ± 36]***	48 ± 18]*	-143 ± 32]***	-72 ± 30]NS ⁻	67 ± 30]NS	-132 ± 10]NS
LPS 50msec delay	27 ± 19]NS	37 ± 11]NS	148 ± 22]NS	-60 ± 37]*	52 ± 37]NS	-127 ± 11]NS
RPS 50msec delay	10 ± 37]NS	31 ± 28]*	171 ± 55]NS	-21 ± 20]*	14 ± 29]*	-104 ± 38]NS
RPPS 50msec delay	-17 ± 32	14 ± 20	-156 ± 77	3 ± 12	-1 ± 16	-89 ± 82

RAS, right anterior septum; LPS, left posterior septum; RPS, right posterior septum. Other abbreviations are as in Table 1., 2. n=7

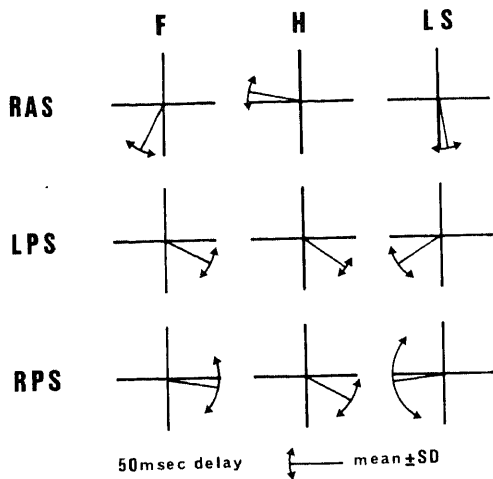


Fig. 14. Directions of the initial 20msec QRS vectors of the septal type in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes. The initial 20msec QRS vectors (I-V) of RAS were oriented inferiorly, rightward and either anteriorly or posteriorly. I-V of LPS and RPS were oriented anteriorly, inferiorly and leftward.

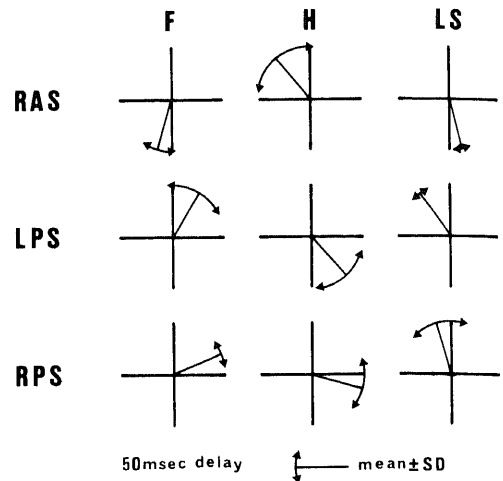


Fig. 15. Directions of the max. QRS vectors of the septal type in the frontal (F), horizontal (H), and left sagittal (LS) planes. The max. QRS vectors (Max-V) of RAS were oriented posteriorly, inferiorly and rightward. Max-V of LPS and RPS were oriented anteriorly, superiorly and leftward, but Max-V of RPS revealed the dispersions in anterior and posterior directions.

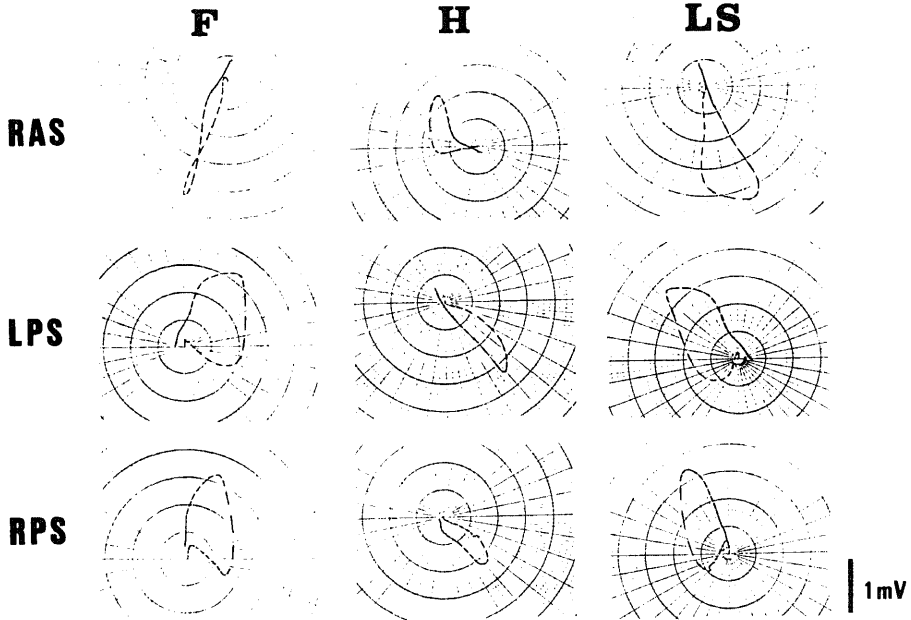


Fig. 16. Vectorcardiograms of various QRS loops when septal walls were stimulated at the delay time of 50msec. The initial 20msec QRS vector (I-V) of RAS was oriented anteriorly, inferiorly and rightward, the max. QRS vector (Max-V) of RAS oriented posteriorly, inferiorly and rightward. QRS loops of LPS and RPS exhibited almost same. I-V of LPS oriented anteriorly, inferiorly and leftward, I-V of RPS oriented anteriorly, and leftward. Max-V of LPS and RPS oriented anteriorly, superiorly and leftward.

73±31°, LS面 133±72°, -126±14°と、F面、H面およびLS面のいずれの面でも両者間で有意の差が認められた(いずれも $p < 0.01$)。図13(b)は遅延時間50msecでRPPSとLPPS(Epi)を早期刺激した際のMax-Vの方向を図示したものである。すなわち両者のMax-Vの方向は、F面ではRPPSで左側方を、LPPS(Epi)でRPPSに比してより上方に向きを変えて左上方を示し、H面ではRPPSで左側方を、LPPS(Epi)でRPPSに比してより前方に向きを変えて左前方を示し、LS面ではRPPSで前下方を、LPPS(Epi)でRPPSに比してより上方に向きを変えて前上方を示すのがみられた。

ii. 遅延時間70msecの場合

RPPSとLPPS(Epi)におけるMax-Vの向きはそれぞれ、F面 $2 \pm 18^\circ$, $-39 \pm 46^\circ$, H面 $1 \pm 18^\circ$, $51 \pm 33^\circ$, LS面 $130 \pm 90^\circ$, $-147 \pm 35^\circ$ と、いずれの面でも両者間で有意の差があった(それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.01$)。すなわち遅延時間50msecの場合と同様に、両者のMax-Vの方向は、F面ではLPPS(Epi)がRPPSに比してより上方を、H面ではLPPS(Epi)がRPPSに比してより前方を、LS面ではLPPS(Epi)がRPPSに比してより上方を示すのがみられた。

III. 心室中隔刺激群のベクトル心電図所見

表8は心室中隔に遅延時間50msecで早期刺激を加えたときのI-VおよびMax-Vの方向を示したものである。更に心室傍中隔との比較のために、同時に左右後心室傍中隔を刺激した成績も表8に示す。

1. 右前心室中隔(RAS)

図14, 15にそれぞれRASのI-VおよびMax-Vの方向を図示した。そのI-Vの向きは表8に示すごとく、F面 $117 \pm 18^\circ$, H面 $-172 \pm 17^\circ$, LS面 $83 \pm 15^\circ$ と、右側下方を示した。一方、Max-Vの向きは表8に示すごとく、F面 $107 \pm 16^\circ$, H面 $-130 \pm 44^\circ$, LS面 $77 \pm 8^\circ$ と、右後下方を示す傾向を認めた。図16に心室中隔を遅延時間50msecにて早期刺激した際の実例を示すが、RASのI-Vは右前下方を、Max-Vは右後下方を示すのが認められる。

2. 後心室中隔(RPS, LPS)

1) 右室後部中隔(RPS)と左室後部中隔(LPS)に心室早期刺激を加えたときのベクトル方向の比較

図14, 15にそれぞれLPSとRPSにおけるI-VおよびMax-Vの方向を図示した。LPSとRPSのI-Vの向きは表8に示すごとくそれぞれ、F面 $27 \pm 19^\circ$, $10 \pm 37^\circ$; H面 $37 \pm 11^\circ$, $31 \pm 28^\circ$; LS面 $148 \pm 22^\circ$, $171 \pm 55^\circ$ と、F面、H面およびLS面のいずれの

面でも両者間で有意差なく、両者のI-Vは左前下方を示した。しかし、RPSのI-Vは上下方向に不均一性を認め、7例中3例(43%)は上方を示した。一方、LPSとRPSにおけるMax-Vの向きは(表8)それぞれ、F面 $-60 \pm 37^\circ$, $-21 \pm 20^\circ$, H面 $52 \pm 37^\circ$, $14 \pm 29^\circ$, LS面 $-127 \pm 11^\circ$, $-104 \pm 38^\circ$ と、F面では両者間でその方向の角度に有意差を認めたが($p < 0.05$)、H面とLS面では両者間で有意の差はみられなかった。すなわちMax-Vの向きは、F面ではLPSとRPSは共に左上方を示すが、LPSでRPSに比しより上方を示し、これに対してH面ではLPSとRPSはいずれも左前方を示し、LS面では共に前上方を示すのがみられた。図16にLPSとRPSをそれぞれ遅延時間50msecにて早期刺激した際の実例を示した。RPSとLPSのQRS波形は同様の形を呈し、LPSのI-Vは左前下方を、RPSのそれは左前方を、LPSとRPSのMax-Vはいずれも左前上方を示すのが認められる。

2) 心室中隔と心室傍中隔との比較

i. 左室後部傍中隔(LPPS)の心外膜側(Epi)と左室後部中隔(LPS)に心室早期刺激を加えたときのベクトル方向の比較

LPPS(Epi)とLPSにおけるI-Vの向きは表8に示すごとくそれぞれ、F面 $-38 \pm 36^\circ$, $27 \pm 19^\circ$, H面 $48 \pm 18^\circ$, $37 \pm 11^\circ$, LS面 $-143 \pm 32^\circ$, $148 \pm 22^\circ$ であり、いずれの投影面でも両者間で有意の差があった(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.01$)。すなわち両者のI-Vは、H面ではLPSでLPPS(Epi)に比しより左方を示し、F面とLS面ではLPPS(Epi)で上方に、LPSで下方を示した。一方、LPPS(Epi)とLPSにおけるMax-Vの向きは(表8)それぞれ、F面 $-72 \pm 30^\circ$, $-60 \pm 37^\circ$, H面 $67 \pm 30^\circ$, $52 \pm 37^\circ$, LS面 $-132 \pm 10^\circ$, $-127 \pm 11^\circ$ であり、いずれの投影面でも両者間で有意差なく、両者のMax-Vは左前上方を示した。

ii. 右室後部中隔(RPS)と右室後部傍中隔(RPPS)に心室早期刺激を加えたときのベクトル方向の比較

RPSとRPPSにおけるI-Vの向きは表8に示すごとくそれぞれ、F面 $10 \pm 37^\circ$, $-17 \pm 32^\circ$, H面 $31 \pm 28^\circ$, $14 \pm 20^\circ$, LS面 $171 \pm 55^\circ$, $-156 \pm 77^\circ$ であり、H面でのみ両者間で有意差を認め($p < 0.05$)、それらのI-Vは、RPSでRPPSに比しより前方を示した。しかしF面とLS面では両者間で有意差を認めなかったが、RPPSは上方に、RPSは下方を示す傾向を認めた。次にRPSとRPPSにおけるMax-Vの向きは(表8)それぞれ、F面 $-21 \pm 20^\circ$, $3 \pm 12^\circ$; H面 $14 \pm$

29°, -1±16°, LS面 -104±38°, -89±82°と, F面とH面で両者間で有意の差を認め(いずれも p<0.05), F面ではRPSがRPPSに比しより上方を, H面ではRPSがRPPSに比しより前方を, LS面ではRPPSとRPSは共に上方を示した.

IV. QRS環の回転方向

表9, 10は左心例および右心例で心室早期刺激を加えたときのQRS環の回転方向をそれぞれ示したものである. 遅延時間50msecと70msecのときのQRS環の回転方向の内訳(counterclockwise rotation, CCW; clockwise rotation, CW; figure of 8

configuration, F8; others, OT)を, 同一刺激部位, 同一投影面にて比較検討すると, 両者の回転方向の内訳は一致しない. すなわち融合収縮の程度の違いにてQRS環の回転方向が変化するものと考えられる. 特に遅延時間70msecの場合, QRS環回転方向の不一致性が遅延時間50msecのときに比して増大する傾向がみられる. このことは, 遅延時間70msecの場合, 全体の心室興奮に占める正常刺激伝導系を介する心室興奮の割合が増大し, 早期心室興奮の割合が減少するために, QRS環回転方向が遅延時間50msecのときに比して変化し易くなるためと解釈される. 従って今

Table 9. QRS loop inscriptions of the left cardiac type

stimulation sites	delay time	Frontal plane				Horizontal plane				Left sagittal plane			
		CCW	CW	F8	OT	CCW	CW	F8	OT	CCW	CW	F8	OT
LA Endo	50	12	0	1	0	8	4	1	0	3	6	4	0
	70	6	1	6	0	4	4	3	2	2	10	1	0
LA Epi	50	11	0	2	0	8	3	2	0	6	4	3	0
	70	7	0	6	0	3	5	4	1	3	6	4	0
LL Endo	50	12	0	1	0	11	1	1	0	13	0	0	0
	70	10	0	2	1	11	1	0	1	11	0	2	0
LL Epi	50	12	0	1	0	7	1	5	0	11	0	2	0
	70	5	2	5	1	6	4	3	0	5	3	5	0
LP Endo	50	6	6	1	0	11	1	1	0	13	0	0	0
	70	3	7	2	1	8	3	2	0	12	0	1	0
LP Epi	50	4	6	2	1	12	0	1	0	13	0	0	0
	70	1	6	4	2	8	2	3	0	10	0	1	2
LPPS Endo	50	3	9	1	0	10	1	2	0	13	0	0	0
	70	2	10	1	0	6	4	3	0	11	0	2	0
LPPS Epi	50	1	8	4	0	7	4	2	0	12	0	1	0
	70	2	8	3	0	4	7	2	0	11	2	0	0

CCW, counterclockwise rotation; CW, clockwise rotation; F8, figure of 8 configuration; OT, others. n=13

Table 10. QRS loop inscriptions of the right cardiac type

stimulation sites	delay time	Frontal plane				Horizontal plane				Left sagittal plane			
		CCW	CW	F8	OT	CCW	CW	F8	OT	CCW	CW	F8	OT
RA	50	0	10	2	1	2	9	2	0	1	7	5	0
	70	1	9	3	0	0	10	2	1	0	11	2	0
RL	50	3	3	4	3	3	9	1	0	0	7	6	0
	70	2	4	6	1	2	10	1	0	2	8	2	1
RP	50	6	1	5	1	1	9	3	0	4	3	3	3
	70	2	5	6	0	0	10	3	0	1	3	6	3
RPPS	50	8	1	4	0	2	6	5	0	4	0	5	4
	70	3	2	7	1	3	6	4	0	4	2	3	4

Abbreviations are as in Table 9. n=13

回、大きい融合である遅延時間 50msec の QRS 環回転方向について検討した。

1) 左心型

心内膜側と心外膜側心室早期刺激の QRS 環回転方向について検討すると表 9 に示すように、F 面ではいずれの刺激部位でも心内外膜側別よりみた QRS 環回転方向の内訳はほぼ同様であったが、H 面および LS 面では不一致を示す刺激部位が認められた。すなわち、H 面では、LL で、Endo が 13 例中 CCW 11 例、CW 1 例、F8 1 例、OT 0 例、Epi が 13 例中 CCW 7 例、CW 1 例、F8 5 例、OT 0 例、LPPS で、Endo が 13 例中 CCW 10 例、CW 1 例、F8 2 例、OT 0 例、Epi が 13 例中 CCW 7 例、CW 4 例、F8 2 例、OT 0 例であり、LS 面では、LA で、Endo が 13 例中 CCW 3 例、CW 6 例、F8 4 例、OT 0 例、Epi が 13 例中 CCW 6 例、CW 4 例、F8 3 例、OT 0 例と、H 面の LL と LPPS、LS 面の LA で心内外膜側別よりみた QRS 環回転方向の内訳に不一致が認められた。一方、H 面の LL と LPPS および LS 面の LA を除いて、各投影面のどの刺激部位においても Endo と Epi の QRS 環回転方向はほぼ同様の傾向を示した。したがって QRS 環回転方向の検討を、H 面の LL および LPPS、LS 面の LA については心内外膜側の両側で、その他については、心外膜側のみで行った。

F 面において QRS 環回転方向に関して一定傾向を認めたのは、LA (Epi) では 13 例中 CCW 11 例、CW 0 例、F8 2 例、OT 0 例、LL (Epi) では 13 例中 CCW 12 例、CW 0 例、F8 1 例、OT 0 例、LPPS (Epi) では 13 例中 CCW 1 例、CW 8 例、F8 4 例、OT 0 例であった。すなわち、F 面の QRS 環回転方向は、LA と LL で反時計回転を、LPPS で時計回転を示すのが多くみられ、一方、LP では一定の傾向を認めなかった。次に H 面について QRS 環回転方向で一定の傾向を認めたのは、LL (Endo) では 13 例中 CCW 11 例、CW 1 例、F8 1 例、OT 0 例、LP (Epi) では 13 例中 CCW 12 例、CW 0 例、F8 1 例、OT 0 例、LPPS (Endo) では 13 例中 CCW 10 例、CW 1 例、F8 2 例、OT 0 例であった。すなわち、H 面の QRS 環回転方向は、LL (Endo)、LP および LPPS (Endo) で反時計回転を示すのが多くみられ、一方、LA、LL (Epi) および LPPS (Epi) では一定の傾向を示さなかった。次に LS 面で QRS 環回転方向について一定の傾向を認めたのは、LL (Epi) では 13 例中 CCW 11 例、CW 0 例、F8 2 例、OT 0 例、LP (Epi) では 13 例中 CCW 13 例、CW 0 例、F8 0 例、

OT 0 例、LPPS (Epi) では 13 例中 CCW 12 例、CW 0 例、F8 1 例、OT 0 例であった。すなわち、LS 面の QRS 環回転方向は、LL、LP および LPPS で反時計回転を示すのが多くみられ、一方、LA (Endo) と LA (Epi) ではいずれも一定の傾向を示さなかった。

2) 右心型

F 面において QRS 環回転方向について一定傾向を認めたのは、RA では 13 例中 CCW 0 例、CW 10 例、F8 2 例、OT 1 例であり、時計回転を示すのが多くみられた。これに対して、RL、RP および RPPS では一定の傾向はみられなかった。次に H 面で QRS 環回転方向について一定傾向を認めたのは、RA では 13 例中 CCW 2 例、CW 9 例、F8 2 例、OT 0 例、RL では 13 例中 CCW 3 例、CW 9 例、F8 1 例、OT 0 例、RP では 13 例中 CCW 1 例、CW 9 例、F8 3 例、OT 0 例であった。すなわち、H 面の QRS 環回転方向は、RA、RL および RP で時計回転を示すのが多くみられ、一方、RPPS では一定の傾向はみられなかった。次に LS 面については、各心室刺激部位で QRS 環回転方向は表 10 に示すように一定の傾向はみられなかった。

従って最大融合時の QRS 環回転方向の特徴は、左心型では、LA が F 面で反時計回転を、LL が F 面と LS 面で反時計回転を、LP が H 面と LS 面で反時計回転を、LPPS が F 面で時計回転を、LS 面で反時計回転を多く示し、これに対して、右心型では、RA が F 面と H 面で時計回転を、RL が H 面で時計回転を、RP が H 面で時計回転を示すのが多くみられた。しかし RPPS では QRS 環回転方向について特徴ある所見は認められなかった。

考 察

WPW 症候群の成因については、1. 解剖学的研究、2. 術中心表面マッピング、3. 副伝導路切断術、4. 電気生理学的研究(心内膜マッピング)により正常房室刺激伝導路系以外の心房と心室を連絡する副伝導路によるものが既に広く知られている²⁰⁾。副伝導路は、一条ないし数条の筋束で、幅 1-2mm 程度で通常特殊心筋ではなく一般作業心筋で形成されるとされている¹⁹⁾²⁰⁾。この副伝導路を経由した刺激による心室早期興奮波が Purkinje 線維網に入るまで固有心筋内を緩やかに筋性伝導するために QRS 波起始部には緩徐に描かれたデルタ波が形成される。デルタ波の存在が本症候群の最も特異的な所見であり、ベクトル心電図的には、QRS 環起始部で緩徐に描かれたデルタベクトルが形成される。副伝導路は両房室弁輪部に沿

い、左線維三角を除くほぼ全周に存在することが知られており²⁶⁾、心室側副伝導路付着部位の違いによりデルタベクトルの向きが立体的に変化することが予想される。副伝導路の解剖学的付着部位診断は、外科的副伝導路切断術の術前検査として⁷⁸⁾²⁶⁾、経冠静脈洞のカテーテル副伝導路電氣的焼却術の患者選択法として²⁷⁾²⁸⁾、更に副伝導路を複数有する患者の鑑別法として²⁹⁾³⁰⁾有用である。

副伝導路存在部位診断法には、非観血的診断法として、従来より標準十二誘導心電図¹⁵⁾³¹⁾、ベクトル心電図³²⁾³³⁾、体表面マッピング³⁴⁾³⁵⁾およびゲート心プールシンチグラフィ³⁶⁾³⁷⁾があげられる。特に心電図を用いた WPW 症候群の分類は30年以上前より行われ、Rosenbaum らの分類¹⁰⁾、上田らの分類¹¹⁾¹²⁾が広く臨床的に用いられている。Rosenbaum らの分類は右側胸部誘導の QRS 波形より A 型、B 型の 2 型に分け、A 型は R 型ないし R_s 型を呈し、その心室早期興奮部位は左室後基部にあるとし、これに対し B 型は rS 型ないし QS 型を呈し、その心室早期興奮部位は右室後基部にあるとした。一方、上田らは上記 B 型をさらに 2 型に分類し、rS 型を B 型、QS 型を C 型とし、A 型は左室の後部、B 型は右室の前側壁部、C 型は心室の後底部にその心室早期興奮部位があるとして、右側胸部誘導 QRS 波形より 3 型に分類した。さらに、Boineau ら¹⁴⁾、岩ら¹⁵⁾は右側胸部誘導 QRS 波形に付け加えて、II, III, aV_rの極性を加味した新しい分類を行った。すなわち Boineau らは心電図の QRS 波形と左右房室弁輪部五ヶ所(左室後壁、左室側壁、左室前壁、右室前側壁、右室後壁)の副刺激伝導路付着部位との関係を示し、一方、岩らは心室中隔に副刺激伝導路が付着する例を分類に加え、左右房室弁輪部八ヶ所(左室後中隔及び後壁、左室側壁、左室前壁、右室前壁、右室側壁、右室後壁、右室前中隔、右室後中隔)の副伝導路付着部位をデルタ波初期成分の極性にて分類した。しかし、基礎心電図異常、心室収縮の融合の割合の変化、基礎心電図の個体間の変化を考慮し、副伝導路付着部位を分類した報告はなされていない。さらに、副伝導路付着部位として心内外膜側別の心電図に及ぼす影響、および心室後底部を細分類し、心電図波形との詳細な対比検討はこれまでになされていない。

ベクトル心電図(vectorcardiogram, VCG)は、標準十二誘導心電図と同様人体表面より得られた電位差を記録する方法であるが、副伝導路を推定する際に、標準十二誘導心電図に比して VCG が優れた点は次の通りである³⁸⁾。第一に、誘導方法が優れている点で、

Frank 誘導などの補正直交軸誘導では、理論的基礎が明確で心臓の電気変化を歪みを少なくして正確に取り出せる。第二に、三次元的にまとまった形で表現されるため、心起電力の立体的特徴を把握し易い。第三に、高感度記録が容易である。第四に、ベクトル環自体に刻時しているため、刻時点の疎密度によりデルタ波を把握し易い。

一方、体表面マッピング方に関しては、心室興奮初期の極大、極小の位置により副刺激伝導路付着部位推定は比較的容易であるが³⁴⁾³⁵⁾、誘導点が多くその操作には煩雑な面が多いため、日常の検査として一般に用いられるには未だ問題が残されている。

そこで本研究の目的は、副伝導路付着部位診断法として VCG の有用性を検討するために、デルタベクトルすなわち初期 QRS ベクトルおよび最大 QRS ベクトルの向きと早期心室興奮部位との関係を明らかにすることにある。本研究では実験対象動物として雑種成犬を用いたが、ヒトと犬を比較すると、胸郭はヒトが横長であるのに対して犬では縦長であること、心臓の位置がヒトに比して尾側にあること、心臓の前表面と胸骨までの距離がヒトに比して犬では離れていること、心臓の位置がヒトに比して犬では垂直位にあることより体表面心電図がヒトと異なることが予想され、対象動物としては一見不適当と思われた³⁹⁾。しかし実際の高位右房ペースング時の VCG 所見の対比はヒトのそれと良く対応し、その結果は沢崎が報告している犬の心電図所見と一致している⁴⁰⁾。

デルタ波の持続時間はヒトの場合 20-80msec と言われており⁴¹⁾、初期 QRS ベクトルとして QRS 開始点よりどの時点での初期 QRS ベクトルが副伝導路存在部位と最も良く相関するかが問題であるが、Tonkin らは初期 QRS 環の開始点より 10msec の初期 QRS ベクトルと副伝導路存在部位との関係を示し⁴²⁾、岩らはデルタ波初期成分 40msec 迄の極性と副伝導路存在部位との良好な関係を示している¹⁵⁾。犬の QRS 持続時間が人のに比して短縮しているのを考慮すると QRS 波開始時点より 10msec もしくは 20msec の QRS ベクトルを初期 QRS ベクトルとして採択するのが最良と考えられた。しかし実験精度上初期 10msec QRS ベクトルは初期 20msec QRS ベクトルに比して再現性にとぼしく計測も困難なことから本研究では初期 20msec QRS ベクトルを初期 QRS ベクトルとして採択した。Spach らはチンパンジーを用いて実験的に WPW 症候群を作成し、心表面電位図と体表面電位図とを対比させて、早期心室刺激部位と QRS 波および ST-T 波との関係を検討し、QRS 波よりも T 波の方が

早期心室刺激部位との間に良い相関関係を有するとしている⁴⁵⁾。すなわち心室再分極過程の方が心室興奮過程よりも心臓の電気現象を体表面に反映しやすいとしている。しかし本実験でT波について検討しなかったのは、開胸および閉胸の操作の影響がQRS波よりもT波に著明に出現しやすいためであった。従って本研究では、早期心室刺激部位とVCG指標のうちQRS波との関係についてのみ限定し検索を行った。すなわち、本研究では房室弁輪部を自由壁(八カ所)と中隔(三カ所)に分け、更に左室自由壁では心内膜側と心外膜側に分けて、副伝導路付着部位とI-VおよびMax-Vとの関係を検討したわけである。

従来の動物実験及び術中心表面マッピングの検討では心室自由壁に早期興奮部位が存在する場合、その興奮伝播は早期興奮部位を中心に同心円状に興奮が伝播するとされている⁴⁴⁾。すなわち房室弁輪部より心尖部に向かって刺激が伝播される訳で、I-Vの向き及び副伝導路を介する刺激のみによる心室収縮のMax-Vの向きは副伝導路付着部位より最も遠くへ遠ざかる方向に向くことが予想される。特にI-Vの向きは正常刺激伝導系による心室興奮の影響を受けることなく副伝導路付着部位より最も遠ざかる方向に向くことが考えられ、理論的には副伝導路が房室弁輪全周のどの部位に存在してもそのI-Vの向きにより副伝導路付着部位が推定できることになる。

今回の成績では、左心室自由壁心外膜側(Epi)のI-Vは、心房心室順次刺激間隔の短い大きい融合の場合、LA, LLは右象限にあって順に右前下方より右側方に向かい、LP, LPPSは共に左前上方にあって順に左方に向かった。LA, LL, LPおよびLPPSは左冠動脈前下降枝左側より左室後部傍中隔まで等分に区画した部位で、隣接する刺激部位間の距離は2-3cmである。LAとLL, LLとLPおよびLPとLPPSの隣接部位間はI-Vの向きにて分類可能であった。心房心室順次刺激間隔の長い小さい融合の場合のI-Vも大きい融合の場合とほぼ同じ傾向を認めた。LLのI-Vは上下方向に不均一性を示したが、これはLLの部位の高さが心尖部の高さと相対的に等しいため、LLが心尖部に比して低い場合そのI-Vは上方に、高い場合そのI-Vは下方に向かい、個々で変化するためと考えられた。従って、左心室自由壁Epiに副伝導路が存在する場合、LAからLPPSにかけて隣接する付着部位間距離が2-3cm以上のとき、I-Vの向きにて隣接する副伝導路部位の識別は可能であると思われた。

一方、右心室自由壁のI-Vの向きは、大きい融合、小さい融合のいずれの場合でも、RAでは左右方向

に、RL, RPおよびRPPSでは前後方向に個体間による不均一性が認められた。これらの不均一性を説明するものとして、第一に、右室壁は左室壁に比して壁厚が薄く開胸操作および電極装着操作により変形をきたし興奮が同心円状に伝播しなかったこと、第二に、右室は左室に比して相対的に前方にあり、しかも後負荷の影響を受けやすく右室全体が前方に乗り出しRAが左室心尖部に比して相対的に左前方に移動したり、RL, RPおよびRPPSが左室心尖部に比して相対的に前方に移動するためと考えられた。すなわち、右室のI-Vの向きが左室のI-Vの向きに比して個体間による不均一性が認められたのは、右室壁が左室壁に比して心外性の因子を受け易いためと解釈された。今回の検討で、I-Vの向きによる隣接刺激部位間の識別は、大きい融合および小さい融合のいずれの場合でも、RAとRL, RPとRPPSでは可能であったが、RLとRPでは困難であった。RA, RL, RPおよびRPPSは房室弁輪直下で肺動脈流出路基部より右室後部傍中隔までを等分にした部位で、隣接する刺激部位間の距離は約2cmである。上田、春見らの犬を用いた動物実験では右室前一側壁ではそのI-Vの向きは前方に、後壁-後部傍中隔ではそのI-Vの向きは後方に向かうとしている⁴⁵⁾⁴⁶⁾。一方Boineauらは人で言うtype AのWPW症候群の犬を心表面マッピングおよび解剖学的検討にて、副伝導路が右室後部に存在したと報告し⁴⁷⁾、右室後部においてもI-Vの向きは前方に向くことがあるとしている。本研究ではRAのI-Vの向きは前方に向かうが、RL, RPおよびRPPSは前後方向にばらつき、上田らの分類でtype B, type Cのいずれかの型を呈した。すなわち今回の成績から右心系では、I-Vの前後方向より副伝導路存在部位の分類は困難で、上下の方向を加味することにて分類可能となり、特にRPとRPPSでは、RPが下方にRPPSが上方に向き分類可能となる。

左心室自由壁心外膜側(Epi)のMax-Vの向きは大きい融合の場合、LA, LLおよびLPでは右前象限にて順に上方に向かい、LPPSでは左前上方に向かった。すなわち心房心室順次刺激間隔の短い大きい融合の場合、その心室収縮はほとんど副伝導路を介する刺激のみにて行われていると考えられ、Max-Vの向きを知ることにより、刺激部位がLA, LL, LPおよびLPPSのいずれにあるかは識別可能であった。これに対して、刺激間隔の長い小さい融合の場合、大きい融合の場合と同じ傾向を示すが、正常刺激伝導系と副刺激伝導系を介する心室収縮の比率が大きい融合の場合に比して各個体間にて変動するため、Max-Vの向き

は各個体間にて不一致性を示し、しかも大きい融合の Max-V の向きとは各刺激部位および各投影面にて不一致を示す例が認められた。

右心室自由壁の Max-V の向きは、大きい融合では左後象限にて、RA, RL, RP および RPPS の順に後下方より左側水平に向かった。右心室自由壁の RA, RL, RP および RPPS は、大きい融合の場合、その心室収縮はほとんど副伝導路を介する刺激のみにて行われていると考えられ、Max-V の向きを知ることにより識別可能であった。小さい融合の場合、大きい融合のときに比して各個体間による不一致性を示し、さらに刺激部位に対応する Max-V の向きに大きい融合と不一致が認められた。

以上の事より大きい融合の場合、I-V の向きと Max-V の向きを組み合わせることで考慮することにより、左右方向、上下方向、前後方向の関係から、心室自由壁の隣接刺激部位間の識別が可能となるものと思われる。これに対して小さい融合の場合、Max-V の方向は各個体間にて不一致性を示し、Max-V の向きによる早期刺激部位推定は困難となる可能性が考えられた。

ヒトの場合、副伝導路を介する刺激による心室収縮と正常刺激伝導系を介する刺激による心室収縮の割合は不明だが、今回の検討から QRS 幅の延長した例では (QRS > 140 msec), I-V の向きと Max-V の向きを組み合わせることにより詳細に副伝導路付着部位を推定可能と考えられる。一方 QRS 幅の短縮した例では (QRS < 120 msec), Max-V の向きによる副伝導路存在部位の推定は困難な可能性が考えられた。これに関して、Lindsay ら⁵⁰は、QRS 幅が 140 msec 以上示したのはわずかに 30% であったが初期 QRS ベクトルおよび QRS 波形を組み合わせることにより、VCG を用いた副伝導路付着部位診断と実際の副伝導路付着部位の一致率は 98% としている。さらに QRS 幅の短縮した例でも、予想される副伝導路付着部位付近より心房ペースティングを行い QRS 幅の延長を図れば、副伝導路が心室自由壁に存在する場合、その QRS 波形を検討することにより比較的軽い侵襲にて副伝導路部位の推定が可能と考えられた⁴⁹。

一般に、副伝導路付着部位としての心内外膜側別については心外膜側に多いとされているが¹⁹、房室弁輪近位部を通り心内膜側に付着する例¹⁶、心外膜表層に付着する例もあり¹⁷一定していない。そこで本研究では心内外膜側別の VCG 所見の差異について検討したが、LL においてのみ心内外膜側別の差異が認められた。すなわち、LL の I-V の向きは、Endo で Epi に

比してより左方を示し、Max-V の向きは、Endo で Epi に比してより上方を示した点であった。ここで問題となることは電極による刺激が心内膜側と心外膜側を完全に隔離して行えたかどうかである。このことに関して今回の実験では、心外膜側刺激は心外膜より約 1 mm の深さにて、心内膜側刺激はそれより更に 5 mm の深さにて行ったが、犬の左室自由壁厚が 7-8 mm であることを考慮すると同一部位にて十分に心内外膜側別に刺激が行えたと考えられた。Durrer らによれば、心外膜側心筋興奮伝播過程は心内膜側心筋伝播過程と同様としている⁴⁹。また河村らは、心室ペースティング時の興奮伝播には刺激伝導系の関与は少なく、ほとんど筋性伝導によるものとしている⁵⁰。すなわちこれらのことは、本研究で LA, LP および LPPS において心内外膜側別に有意差を認めなかったことを支持するものである。一方、Prinzmetal ら⁵⁰、Sodi-Pallares ら⁵⁰によれば心筋壁の内側 2/3 の興奮伝播速度は 1-2 m/sec、外側 1/3 のは 0.3-0.4 m/sec と興奮伝播速度は心外膜側に比して心内膜側で速いとされている。また佐野ら⁵⁰は固有筋を興奮が伝播する場合に、その伝播速度は筋線維方向で最も速く、それと直角方向で最も遅いことを指摘し、その興奮速度の差は心室の興奮伝播において無視できないと述べている。解剖学的には、岡田によれば心室自由壁は心外膜側より外斜走筋、中層輪状筋、内斜走筋の三層構造に区別しうる⁵⁰。これらのことを考慮すると心内外膜側別にて VCG 所見上ベクトル方向に差を有することが理論的と考えられたが、実際には LL においてのみ有意差が認められた。Gallagher らの心表面マッピングの検討によれば、心外膜側に副伝導路が存在する時には、興奮が心外膜側より心内膜側に伝播するのを反映し、最早期興奮部位の単極誘導の波形は QS 型を呈し、これに対して心内膜側に存在する時には、興奮が心内膜側より心外膜側に伝播するのを反映して rS 型を呈するとしている⁵⁰。この事実を本例に当てはめれば、LL の場合、心内膜側に副伝導路が存在すると興奮は最初心内膜側より心外膜側に伝播して、その I-V は左方に向かい、心外膜側に存在すると逆にその I-V は右方に向くことになり、LL の I-V は Endo で Epi に比して左方に向くものと解釈される。すなわち刺激部位が LL にあるとき、それは左室の最も左側方に存在することとなり、心内外膜側別の差異が出現し易かったものと考えられた。これに対して刺激部位が LA, LP および LPPS にあるとき、それぞれの立体的位置関係および体表面心電図である VCG の精度を考慮すると、LA, LP および LPPS では LL ほど明確

に心内外膜側別の差異を、I-V および Max-V の向きで示された左右、上下および前後関係の差では検出困難と考えられた。

臨床的に副伝導路が心室後底部にあるときその付着部位推定に問題が生じることが多い²⁰⁾。今回の実験では左右後部傍中隔、左右後部中隔、左右の後部傍中隔と後部中隔との対比について検討した。左右後部傍中隔の比較に関して、I-V の向きは、RPPS で左上方を、LPPS で RPPS に比して有意に前方に向きを変え左前上方を示し、一方、Max-V の向きは、RPPS で左側水平を、LPPS で RPPS に比して有意に前上方に向きを変え左前上方を示した。すなわち LPPS と RPPS の差は、I-V の向きでは LPPS が RPPS に比して有意に前方を、Max-V の向きでは LPPS は RPPS に比して有意に前上方を示した点であり、左右後部傍中隔は I-V および Max-V の向きにより識別可能と考えられた。

次に左右後部心室中隔の比較に関して、I-V の向きは、RPS と LPS とで有意差なく共に左前下方を示し、一方、Max-V の向きは、F面では LPS で RPS に比して有意に上方を示すものの両者共に左上方を、H面では両者有意差なく共に左前方を、LS 面では両者有意差なく共に前上方を示した。すなわち LPS と RPS を比較すると有意差を認められたのは F面の Max-V においてのみであった。Sodi-Pallares らによれば、中隔を構成する心筋の大部分は電気生理的には左室筋に属し、右中隔面の一部にまで及んでいるとしている⁵⁹⁾。このために臨床的に、後部心室中隔に副刺激伝導路が存在する場合、I-V、Max-V の向きによる左右差の識別が困難となる可能性が考えられ、また左右後部心室中隔を一まとめに扱い後部心室中隔と分類している報告もある^{21,57)}。

後部心室中隔と後部心室傍中隔との対比に関して、LPPS (Epi) と LPS および RPPS と RPS について比較検討した。LPPS (Epi) と LPS の対比では、I-V の向きについては、H面では両者共に左前方を示すが、F面と LS 面では LPPS (Epi) が上方を、LPS が下方を示し両者間で有意差を認め、一方、Max-V の向きについては、両者有意差なく左前上方を示した。このことに関して臨床的には、Sealy¹⁹⁾ ら、Lindsay ら³⁰⁾ によれば副伝導路が LPS と LPPS にあるときの電気生理学的鑑別は困難としている。RPS と RPPS の対比については、I-V の向きは、H面でのみ有意差を認められたが、RPS では左前下方を、RPPS では左側上方を示す傾向を認め、一方、Max-V の向きは、F面では RPS が RPPS に比して上方を、H面では

RPS が RPPS に比して前方を示したが、LS 面では両者間に有意差を認めなかった。Gallagher らの WPW 症候群患者を対象にした心表面マッピングの検討によれば、副伝導路が心室自由壁傍中隔もしくは心室中隔のいずれに存在しても、その最早期興奮部位は房室弁輪直下で心室中隔近傍の心表面に出現している⁵⁹⁾。従って、副刺激伝導路が心室後底部にあるとき、それらを鑑別するのに心表面マッピング上最早期興奮部位における単極誘導 QRS 波形、およびその電位と体表面心電図デルタ波との出現時間関係からする必要があるのでとしている⁵⁹⁾。つまり副伝導路が後部中隔に存在する場合、中隔内部より心表面までに興奮がある程度の時間を要して伝播するために、最早期興奮部位の単極誘導 QRS 波形は rS 型を呈し、体表面心電図のデルタ波出現後心表面マッピング上の最早期電位が出現する。一方、磯部らは WPW 症候群副伝導路の中隔例と右室後壁例の部位診断上の特徴について心表面マッピングを用いた検討を行い、心房ペースティング下心室心外膜マッピング上、中隔例は十字 (crux) に接する左室に早期興奮と正常伝導路の breakthrough を認め、右室後壁例では十字 (crux) より右室側に最早期興奮が見られ正常伝導路の breakthrough は隠ぺいされるとしている⁵⁹⁾。この様に心室後底部における副伝導路存在部位診断の困難性について Sealy ら²⁰⁾ は、心室後部の解剖学的特徴として、右房後部が心室筋性中隔および左室に渡って騎乗していること、心房中隔が心室中隔に比して左方に存在していること、右の房室接合部が左の房室接合部より低位であること、副刺激伝導路起始部位として、右房、左傍、心房中隔、ヒス束近位部および冠静脈洞、付着部位として、心室中隔、左室、左室後上突起とそれらの複雑性を述べ、左-右中隔および傍中隔-中隔の鑑別の困難性を示している。

前述したごとく本研究で後部心室中隔と後部心室傍中隔との差異として特に注目されたのは、I-V の向きについてであり、後部中隔では左前下方に向かい、一方、後部傍中隔では左上方に向かった点である。すなわち後部中隔に副伝導路が存在する場合、興奮が後部中隔内部より後部心室心表面に伝播するのを反映し、I-V の向きは左前下方に向くものと考えられた。I-V の向きが左前下方を示す例として、他に左脚前枝ブロック (left anterior hemiblock, LAH) があるが、LAH の場合、左脚前枝による左室前部傍中隔の興奮が消失するための反対側ベクトルと、左脚後枝による左室後部傍中隔の興奮によるベクトルのために前下方に向く I-V が出現するとされている⁵⁹⁾。後部中隔の早

期興奮は、左室前部傍中隔の興奮が出現しない時点で後部中隔の興奮が先行する状態で、LAHの状況に類似するものと考えられた。Talwarらによれば、ヒトの後部中隔のI-Vの向きは隣接する傍中隔の向きに比してより上方に向かうとしている⁶⁰。さらにTonkinら⁶¹、岩ら⁶²も後部中隔のI-Vの向きは上方に向くとしており、下方に向くとする報告は著者の知る限り現在のところ数少ない。今回の研究において後部中隔刺激でI-Vが下方を示したことに關して、早期刺激を後部中隔心表面より約1.5cmの深部にて行い、その結果後部心室心表面よりかなり前上方にて早期刺激を行ったことになり、そのためにI-Vの向きが下方を示した可能性が考えられた。またGallagherらの心表面マッピングとECGを用いた検討によれば、後部中隔に副伝導路が存在する場合、中隔より後部心室心表面に興奮が伝播するのを反映しその最早期興奮部位電位はrS型を呈し、I-Vの向きは下方を示している⁶³。本研究では、後部心室底部に副刺激伝導路が存在する場合、I-Vが下方に向けばその副刺激伝導路は左右いずれかの後部中隔に、上方に向けば自由壁である傍中隔に存在しているものと結論できる。さらに左右の後部傍中隔は、I-VおよびMax-Vの向きにて識別可能であることより、I-VおよびMax-Vの向きを組み合わせれば、後部心室底部を左右後部心室傍中隔、後部心室中隔の三カ所に分類可能と考えられた。

正常刺激伝導路系による心室収縮の影響をなるべく少なくした大きい融合時のQRS環回転方向と、早期心室刺激部位との関係について検討したが、有意な相関関係は認めなかった。すなわち有意な関係が認められたのは、F面ではLAとLLにおいてCCW、LPPSとRAにおいてCW、H面ではRA、RLおよびRPにおいてCW、LPにおいてCCW、LS面ではLL、LPおよびLPPSにおいてCCWを示したが、この関係が大きい融合時という条件を考慮すると、副伝導路付着部位の推定にはQRS環回転方向は、I-Vの方向、Max-Vの方向ほど明確な指標にはならないものと考えられる。

Callagherらによれば副伝導路部位診断法として心電図診断法(ECG、VCG)の限界を下記の点より述べている³。1. 基礎心電図異常の存在、2. 副伝導路が複数存在すること、3. 副伝導路を介する心室収縮と正常刺激伝導系を介する心室収縮の割合の変化、4. デルタ波とP波との重合、5. 副伝導路の心内外膜側別の存在。本研究では1., 2., 4., の限界を除外し、心室融合の程度を二つに分け、さらに心内外膜側別に早期心室刺激部位を分け、副伝導路存在部位とVCG

所見の対比を検討したが、I-VとMax-Vの向きを組み合わせるにより、心房心室順次刺激間隔の短い大きい融合の場合にはかなりの精度にて副伝導路部位診断が可能と考えられた。すなわち房室弁輪部を心室自由壁8ヶ所(RA, RL, RP, RPPS, LPPS, LP, LL, LA)、心室中隔2カ所(RAS, posterior septum)の計10カ所に分類可能であった。犬の実験をヒトの例にそのまま当てはめることは困難であるが、ヒトでも上記限界を考慮し対象を限定するならばVCGを用いて副伝導路部位の診断が可能と考えられた。

結 論

WPW症候群を犬を用いて実験的に作成し、副伝導路存在部位とVCG所見の対比を行い以下の結論を得た。作成に当たっては、心房心室順次刺激間隔の長短により融合程度を大小の二つに分け、刺激部位として自由壁と中隔の二つに分け、さらに左室自由壁ではEpiとEndoの二つに分けた。

1. 左室自由壁のI-Vは、早期心室刺激部位をLAよりLPPSに移動させると、順に右前下方、右前水平、右前上方、左前上方を示し、これに対して、右室自由壁のI-Vは、早期心室刺激部位をRAよりRPPSに移動させると、順に前下方、左前下方、左上方を示した。

2. 左室自由壁のMax-Vは、早期心室刺激部位をLAよりLPPSに移動させると、順に右前下方、右前水平、右前上方、左前上方を示し、これに対し、右室自由壁のMax-Vは、早期心室刺激部位をRAよりRPPSに移動させると、順に左後下方、左側水平を示した。

3. I-VおよびMax-Vの向きは大小いずれの融合の場合でも同様の傾向を示したが、小さい融合では大きい融合に比してばらつきが大きくなった。

4. EndoとEpiにおけるI-VとMax-Vの向きに關する相違はLLにおいてのみ認められ、I-Vの向きは、LL(Endo)でLL(Epi)に比して有意に左方を、Max-Vの向きは、LL(Endo)でLL(Epi)に比して有意に上方を示した。

5. 心室後底部の対比に關して、左右後部傍中隔の比較では、I-Vの向きは、LPPSにおいてRPPSに比して前方を、Max-Vの向きは、LPPSにおいてRPPSに比して前上方を示し、一方、左右後部心室中隔の比較では、両者間で著しい差はなく、両者のI-Vの向きは左前下方を、Max-Vの向きは左前上方を示し、さらに後部心室中隔と心室傍中隔との比較では、その大きな差異はI-Vの向きで認められ、後部心室中

隔の I-V の向きは下方を，後部心室傍中隔の I-V の向きは上方を示した。従って，心室後底部を左右の後部傍中隔と後部心室中隔の三カ所に分類できた。

6. RAS の I-V の向きは右側下方を，Max-V の向きは右後下方を示した。

7. QRS 環回転方向と早期心室刺激部位とは良好な関係は認めなかった。

8. 犬を用いた実験で，大きい融合の場合，I-V と Max-V の向きを組み合わせることにより早期心室興奮部位を推定することが可能であった。したがって VCG は副伝導路部位診断法として簡潔で正確な診断方法と考えられた。

謝 辞

稿を終えるに臨み，御指導と御校閲を賜った恩師服部信教授に深甚の謝意を表します。また直接御指導，御教示下さった池田孝之金沢大学医学部第一内科講師並びに沼哲夫金沢大学教養部助教授に深く感謝いたします。さらに本研究の遂行に際し，多大な御協力を頂きました金沢大学医学部第一内科循環器班の各位に深く感謝いたします。

尚，本論文の要旨は，第二回日本心電学会学術集会（東京），第五十回日本循環器学会総会（京都）にて発表した。

文 献

- 1) Wolff, L., Parkinson, J. & White, P. D.: Bundle branch block with short P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. *Am. Heart J.*, **5**, 685-704 (1930).
- 2) Gallagher, J. J., Pritchett, E. L. C., Sealy, W. C., Kasell, J. & Wallace, A. G.: The preexcitation syndromes. *Prog. Cardiovasc. Dis.*, **20**, 285-327 (1978).
- 3) Wood, F. C., Wolferth, C. C. & Geckeler, G. D.: Histologic demonstration of accessory muscular connections between auricle and ventricle in a case of short P-R interval and prolonged QRS complex. *Am. Heart J.*, **25**, 454-462 (1943).
- 4) Öhnel, R. F.: Etiology of paroxysmal tachycardia. *Nature*, **152**, 216-217 (1943).
- 5) Hejtmančik, M. R. & Herrmann, G. R.: The electrocardiographic syndrome of short P-R interval and broad QRS Complexes. A clinical study of 80 cases. *Am. Heart J.*, **54**, 708-721 (1957).
- 6) Campbell, R. W. F., Smith, R. A., Gallagher, J. J., Pritchett, E. L. C. & Wallace, A. G.: Atrial fibrillation in the preexcitation syndrome. *Am. J. Cardiol.*, **40**, 514-520 (1977).
- 7) Sealy, W. C., Gallagher, J. J. & Pritchett, E. L. C.: The surgical anatomy of Kent bundles based on electrophysiological mapping and surgical exploration. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **76**, 804-815 (1978).
- 8) Iwa, T., Kawasuji, M., Misaki, T., Iwase, T., & Magara, T.: Localization and interruption of accessory conduction pathway in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **80**, 271-279 (1980).
- 9) 岩 喬, 川筋道雄: Wolff-Parkinson-White 症候群の手術治療. *日胸外会誌*, **28**, 361-369 (1980).
- 10) Rosenbaum, F. F., Hecht, H. H., Wilson, F. N. & Johnston, F. D.: The potential variations of the thorax and the esophagus in anomalous atrioventricular excitation (Wolff-Parkinson-White syndrome). *Am. Heart J.*, **29**, 281-326 (1945).
- 11) 上田秀雄, 行木秩父: Pre-excitation syndrome (WPW 症候群) について (1). *呼吸と循環*, **6**, 668-684 (1958).
- 12) 上田秀雄, 行木秩父: Pre-excitation syndrome (WPW 症候群) について (2). *呼吸と循環*, **6**, 828-846 (1958).
- 13) Becker, A. E., Anderson, R. H., Durrer, D. & Wellens, H. J. J.: The anatomical substrates of Wolff-Parkinson-White syndrome. A clinicopathologic correlation in seven patients. *Circulation*, **57**, 870-879 (1977).
- 14) Boineau, J. P., Moore, E. N., Spear, J. F. & Sealy, W. C.: Basis of static and dynamic electrocardiographic variations in Wolff-Parkinson-White syndrome. Anatomic and electrophysiologic observations in right and left ventricular preexcitation. *Am. J. Cardiol.*, **32**, 32-45 (1973).
- 15) 岩 喬, 岩瀬孝明: W-P-W 症候群における副伝導路の位置と心電図の関係. *心臓*, **16**, 225-234 (1984).
- 16) Guiraudon, G. M., Klein, G. J., Sharma, A. D., Milstein, S. & McLellan, D. G.: Closed-heart technique for Wolff-Parkinson-White Syndrome: Further experience and potential limitation. *Ann. Thorac. Surg.*, **42**, 651-657 (1986).
- 17) Untereker, W. J., Litwak, R. S., Mindich, B. P., Wiemann, G., Goldberg, S., Gorlin, R. & Kupersmith, J.: Superficial accessory pathway in

the Wolff-Parkinson-White syndrome. Electrophysiological, surgical and histologic demonstration. *J. Electrocardio.*, **13**, 393-400 (1980).

- 18) **Becher, A. E. & Anderson, R. H.** : The Wolff-Parkinson-White syndrome and its anatomical substrates. *Anat. Rec.*, **201**, 169-177 (1981).
- 19) **Davies, M. J., Anderson, R. H. & Becker, A. E.** : Morphological basis of pre-excitation. In M. J. Davies, R. H. Anderson & A. E. Becker (eds.), *The Conduction System of the Heart*, 1st ed. p181-202, Butterworths, London, 1983.
- 20) **Sealy, W. C. & Mikat, E. M.** : Anatomical problems with identification and interruption of posterior septal Kent bundles. *Ann. Thorac. Surg.*, **36**, 584-595 (1983).
- 21) **Smith, P. K., Holman, W. L. & Cox, J. L.** : Surgical treatment of supraventricular tachyarrhythmias. *Surg. Clin. North. Am.*, **65**, 553-570 (1985).
- 22) **Butterworth, J. S. & Poindexter, C. A.** : Fusion beats and their relation to the syndrome of short P-R interval associated with a prolonged QRS complex. *Am. Heart J.*, **28**, 149-155 (1944).
- 23) **Chou, T. C., Helm, R. A. & Kaplan, S.** : The normal vectorcardiogram. In T. C. Chou, R. A. Helm, & S. Kaplan (eds.), *Clinical Vectorcardiography*, 2nd ed. p55-70, Grune & Stratton, New York, 1974.
- 24) **Gallagher, J. J., Svenson, R. H., Sealy, W. C. & Wallace, A. G.** : The Wolff-Parkinson-White syndrome and the preexcitation dysrhythmias. Medical and surgical management. *Med. Clin. North Am.*, **60**, 101-123 (1976).
- 25) 三崎拓郎 : Wolff-Parkinson-White 症候群の外科的治療の研究—とくに副刺激伝導路の部位に関する基礎的臨床的研究—. *日胸外会誌*, **27**, 887-901 (1979).
- 26) **Cox, J. L., Gallagher, J. J. & Cain, M. E.** : Experience with 118 consecutive patients undergoing operation for the Wolff-Parkinson-White syndrome. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **90**, 490-501 (1985).
- 27) **Morady, F., Scheinman, M. M., Winston, S. A., DiCarlo, L. A., Davis, J. C., Griffin, J. C., Ruder, M., Abbott, J. A. & Eldar, M.** : Efficacy and safety of transcatheter ablation of posterose-

ptal accessory pathways. *Circulation*, **72**, 170-177 (1985).

- 28) **Scheinman, M. M. & Davis, J. C.** : Catheter ablation for treatment of tachyarrhythmias: Present role and potential promise. *Circulation*, **73**, 10-13 (1986).
- 29) **Gallagher, J. J., Sealy, W. C., Kasell, J. & Wallace, A. G.** : Multiple accessory pathways in patients with the preexcitation syndrome. *Circulation*, **54**, 571-591 (1976).
- 30) 三崎拓郎, 岩 喬, 向井恵一, 品川 誠, 坪田 誠, 松永康弘 : 複数副刺激伝導路症例の外科治療上の問題点. *心臓*, **19**, 547-558 (1987).
- 31) **Lindsay, B. D., Crossen, K. J. & Cain, M. E.** : Concordance of distinguishing electrocardiographic features during sinus rhythm with the location of accessory pathways in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am. J. Cardiol.*, **59**, 1093-1102 (1987).
- 32) **Numa, T., Ikeda, T., Kitawura, T., Hattori, N., Misaki, T. & Iwa, T.** : Locations of accessory pathways and vectorcardiograms. *Ann. Sci. Kanazawa Uni.*, **23**, 37-40 (1986).
- 33) **Lowe, K. G., Emslie-Smith, D., Ward, C. & Watson, H.** : Classification of ventricular pre-excitation: Vectorcardiographic study. *Br. Heart J.*, **37**, 9-19 (1975).
- 34) **DeAmbroggi, L., Taccardi, B. & Macchi, E.** : Body surface maps of heart potentials. Tentative localization of pre-excited areas in forty-two Wolff-Parkinson-White patients. *Circulation*, **54**, 251-263 (1976).
- 35) **Iwa, T. & Magara, T.** : Correlation between localization of accessory conduction pathway and body surface maps in the Wolff-Parkinson-White Syndrome. *Jpn. Circ. J.*, **45**, 1192-1198 (1981).
- 36) **Johnson, L. L., Seldin, D. W., Yen, H. L., Spotnitz, H. M. & Reiffel, J. A.** : Phase analysis of gated blood pool scintigraphic images to localize bypass tracts in Wolff-Parkinson-White syndrome. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **8**, 67-75 (1986).
- 37) **Nakajima, K., Bunko, H., Tada, A., Taki, J., Tonami, N., Hisada, K., Misaki, T. & Iwa, T.** : Phase analysis in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome: Correlations to surgically confirmed accessory pathways. *Jpn. J. Nucl.*

- Med., 20, 1101-1106 (1983).
- 38) 森 博愛, 中谷 豊, 日浅芳一: ベクトル心電図診断の実際. 第2版, 38-39頁, 医学出版社, 東京, 1980.
- 39) Spach, M. S., Barr, R. C., Lanning, C. F. & Tucek, P. C.: Origin of body surface QRS and T wave potentials from epicardial potential distributions in the intact chimpanzee. *Circulation*, 55, 268-278 (1977).
- 40) 沢崎 恒: 食肉類の心電図. 比較心臓学. (沢崎恒著), 第1版, 63-85頁, 朝倉書店, 東京, 1980.
- 41) Chung, E. K.: Principles of Cardiac Arrhythmias, 3rd ed., p388, Williams & Wilkins, Baltimore, 1983.
- 42) Tonkin, A. M., Wagner, G. S., Gallagher, J. J., Cope, G. D., Kasell, J. & Wallace, A. G.: Initial forces of ventricular depolarization in the Wolff-Parkinson-White syndrome. Analysis based upon localization of the accessory pathway by epicardial mapping. *Circulation*, 52, 1030-1036 (1975).
- 43) Spach, M. S., Barr, R. C. & Lanning, C. F.: Experimental basis for QRS and T wave potentials in the W-P-W syndrome. The relation of epicardial to body surface potential distributions in the intact chimpanzee. *Circulation Res.*, 42, 103-118 (1978).
- 44) Wallace, A. G., Sealy, W. C., Gallagher, J. J. & Kasell, J.: Ventricular excitation in the Wolff-Parkinson-White syndrome. In H. J. J. Wellens, K. I. Lie, & M. J. Janse (eds.), *The conduction System of the Heart. Structure, Function and Clinical implications*, 2nd ed. p613-630, Martinus Nijhoff, Medical Division, The Hague, Netherlands, 1978.
- 45) Ueda, H., Harumi, K., Mashima, S., Kuroiwa, A., Sato, S., Yamamoto, M., Iguchi, K. & Murao, S.: Experimental production of ventricular complex simulating A, B and C type of WPW syndrome. *Jap. Heart J.*, 15, 503-516 (1974).
- 46) 春見健一: W-P-W 症候群の A, B, C 型 (上田分類) 心電図について. *心臓*, 6, 765-783 (1974).
- 47) Boineau, J. P. & Moore, E. N.: Evidence for propagation of activation across an accessory atrioventricular connection in type A and B pre-excitation. *Circulation*, 41, 375-397 (1970).
- 48) Josephson, M. E. & Seides, S. F.: Preexcitation syndromes. In M. E. Josephson & S. F. Seides (eds.), *Clinical Cardiac Electrophysiology. Techniques and Interpretations*, 1st ed. p211-245, Lea & Febiger, Philadelphia, 1979.
- 49) Durrer, D. & Roos, J. P.: Epicardial excitation of the ventricles in a patient with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation*, 35, 15-21 (1967).
- 50) 河村剛史, 柴田仁太郎, 横山正義, 和田寿郎: 心室ペーシング時の心表面マッピング. *心電図*, 12, 339-343 (1982).
- 51) Prinzmetal M., Shaw, C. M., Maxwell, M. H., Flamm, E. J., Goldman, A., Kimura, N., Rakita, L., Borduas, J. L., Rothman, S. & Kennamer, R.: Studies on the mechanism of ventricular activity. VI The depolarization complex in pure subendocardial infarction; Role of the subendocardial region in the normal electrocardiogram. *Am. J. Med.*, 16, 469-489 (1954).
- 52) Sodi-Pallares, D., Bisteni, A., Medrano, G. A. & Cisneros, F.: The activation of the free left ventricular wall in the dog's heart. In normal conditions and in left bundle branch block. *Am. Heart J.*, 49, 587-602 (1955).
- 53) Sano, T., Takayama, N. & Shimamoto, T.: Directional difference of conduction velocity in the cardiac ventricular syncytium studied by microelectrodes. *Circulation Res.*, 7, 262-267 (1959).
- 54) 岡田了三: 心臓の形態学, *心臓*, 2, 1069-1083 (1970).
- 55) Gallagher, J. J., Kasell, J., Sealy, W. C., Pritchett, E. L. C. & Wallace, A. G.: Epicardial mapping in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation*, 57, 854-866 (1978).
- 56) Sodi-Pallares, D., Rodriguez, M. I., Chait, L. O. & Zuckermann, R.: The activation of the interventricular septum. *Am. Heart J.*, 41, 569-608 (1951).
- 57) Giorgi, C., Ackaoui, A., Nadeau, R., Savard, P., Primeau, R. & Pagé, P.: Wolff-Parkinson-White VCG patterns that mimic other cardiac pathologies: A correlative study with the preexcitation pathway localization. *Am. Heart J.*, 111, 891-902 (1986).

58) 磯部文隆, 藤田 毅, 下村克明: W-P-W 症候群副伝導路の中隔例と右室後壁例の部位診断上の特徴について (一般演題抄録). *Jap. Heart J.*, 50, 172 (1986).

59) Chou, T. C., Helm, R. A. & Kaplan, S.: The hemiblocks, bifascicular block. In T. C. Chou, R. A. Helm & S. Kaplan (eds.), *Clinical*

Vectorcardiography, 2nd ed. p147-185, Grune & Stratton, New York, 1974.

60) Talwar, K. K., Blomstrom, P., Edvardsson, N., William-Olsson, G. & Olsson, S. B.: Spatial vectorcardiography in the Wolff-Parkinson-White syndrome: Correlation with epicardial mapping findings. *Pace*, 7, 979-984 (1984).

An Experimental Study of Wolff-Parkinson-White Syndrome Employing Vectorcardiograms Rhykichi Hirose, Department of Internal Medicine (I), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. *Juzen Med. Soc.*, 97, 1077—1105 (1988)

Key words: Wolff-Parkinson-White Syndrome, vectorcardiogram, initial QRS vector, maximum QRS vector, accessory pathway

Abstract

This study was designed to determine the correlations of vectorcardiograms (VCG) and the locations of accessory pathways (AP) in the Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome by experimentally producing WPW syndrome with atrio-ventricular sequential pacing in dogs. Ventricular stimulations were performed with two degrees of large and small fusion, on the two types of free wall and septal wall, and on the two sides of endocardium (Endo) and epicardium (Epi). Ventricular stimulation sites were right and left anterior (RA, LA), lateral (RL, LL), posterior (RP, LP), posterior paraseptal (RPPS, LPPS) walls, posterior septums (RPS, LPS) and right anterior septum (RAS). The following items were examined in this study: (1) the correlations between the locations of AP and, directions of the initial 20 msec QRS vectors (I-V) or the maximum QRS vectors (Max-V); (2) the differences between Endo and Epi; (3) the comparisons between posterior ventricular sites; (4) the correlations between the locations of AP and the QRS loop inscriptions; (5) the VCG changes with various degrees of the ventricular fusion. The directions of I-V and Max-V of LA, LL, LP and LPPS were shifted from anterior, inferior and right to anterior, superior and left in this order. Those of I-V of RA, RL, RP and RPPS were shifted from anterior and inferior to superior and left, those of Max-V of RA, RL, RP and RPPS from posterior, inferior and left to horizontal and left in this order. The directions of I-V and Max-V of Endo were almost the same as those of Epi, but I-V of LL (Endo) were oriented more leftward than that of LL (Epi), and Max-V of LL (Endo) more superiorly than that of LL (Epi). I-V of LPPS were oriented more anteriorly than that of RPPS, Max-V of LPPS more anteriorly and superiorly than that of RPPS. Both I-V of LPS and RPS were similarly oriented anteriorly, inferiorly and leftward, Max-V of LPS and RPS similarly anteriorly, superiorly and leftward. I-V of posterior paraseptal walls were oriented superiorly, but that of posterior septums inferiorly. The directions of I-V and

Max-V with large and small fusion revealed the same tendencies, but those with small fusion showed the dispersions. The atrio-ventricular margin could be divided into ten sites (8 free walls, RAS, posterior septum) by the directions of I-V and Max-V. In conclusion, VCG might be thought to be a good method for noninvasive diagnosis of the locations of AP.