

Experimental and Clinical Study of the Diagnosis of the Site of Origin of the Ventricular Tachycardia

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/2297/7709

心室性頻拍発生部位診断に関する実験的並びに臨床的研究

金沢大学医学部第一外科学教室 (主任: 岩 喬教授)

牛 島 聡

(昭和59年1月28日受付)

本研究は心室性頻拍 (ventricular tachycardia, VT) の発生部位を心電図から診断する目的で行った。VT手術症例10例, 開心術後心室ペースング療法症例50例を対象に12誘導心電図, 体表面電位図を記録し心表面最早期興奮部位との関係を検討した。さらに心室中隔を含めた心室各部位刺激時の心室興奮伝播様式, 心筋梗塞の心室興奮伝播に及ぼす影響を知る目的で犬30頭を用いて実験した。術後ペースング例の心電図をQRS波形パターン, 最大QRSベクトルの方向, QRS波初期成分の極性に着目して検討した結果, 心電図から心外膜刺激部位を右室は流出路および前壁中央, 前壁下位, 下壁, 前基部, 側基部, 後基部, 心尖部の7ヶ所に, 左室は前壁中央, 前壁下位, 後壁, 前基部, 後基部, 中隔寄り心尖部, 心尖部の7ヶ所に分類して推定できた。VT手術症例の心電図はほぼこの成績と一致した。さらにVT手術症例および術後ペースング例の体表面電位図をQRS波初期40 msecにおける極小, 極大の出現位置に着目して検討した結果, 電位図は右室流出路型, 右室前壁型, 右室下壁型, 右室心尖部型, 左室前壁型, 左室後壁型, 左室心尖部型の7型に分類できた。犬を用いた実験モデルで, 心室自由壁刺激時にはVT臨床例と基本的に同じ心電図所見と心室興奮伝播様式を示した。心室中隔刺激時には心尖部から前中隔に沿った限られた領域にepicardial breakthroughが出現し自由壁刺激時と異なった心室興奮伝播様式を認めた。梗塞作製犬心室自由壁刺激時には梗塞部での著しい伝導遅延のため正常犬とは大きく異なった心室興奮伝播様式を示した。

以上の成績から, 非虚血性心室性頻拍発生部位は12誘導心電図および体表面電位図から正確に推定できた。

Key words Ventricular Tachycardia, Ventricular Pacing, Epicardial Mapping.

心室性頻拍(以下VT)は, 血行動態の悪化とともに心室細動に陥りやすく危険な不整脈とされてきた。近年, Josephsonら¹⁾は虚血性心疾患に伴なうVTに対して, Guiraudon²⁾, 岩ら^{3,4)}は非虚血性VTに対して外科治療を行い良い成績をあげている。VTの外科治療に際しては確実な手術手技とともにカテーテル心内膜マッピング, 術中心外膜ならびに心内膜マッピングによるVT発生部位の正確な決定が必要である。

従来VT発生部位診断は心電図学上の興味にとどまった⁵⁾が, 術前非侵襲的にVT発生部位を推定することは術前カテーテル検査時間の短縮, 術中検査時間の短縮については手術侵襲の軽減につながり, 外科治療の成功に重要な役割を果たしてくる。

著者は, 12誘導心電図および体表面電位図によるVT発生部位診断を目的としてVT臨床例および術後ペースング症例を対象として臨床的研究を行った。さらに犬を用いてペースング時の心室興奮伝播様式について検討したので心電図所見と比較して報告する。

対象および方法

I. 臨床的対象と方法

1-a. 心室性頻拍手術症例

1983年10月までに教室で心室性頻拍症例に対して外科的根治術を行ったものは12例であった。うち虚血性心疾患を伴った2例を除いた10例(全例男性, 平均年齢23才)を対象とした。疾患別内訳は右室異形成

Experimental and Clinical Study of the Diagnosis of the Site of Origin of the Ventricular Tachycardia. Satoshi Ushijima, Department of Surgery (I), (Director: Prof. T. Iwa), School of Medicine, Kanazawa University.

症 3 例, 心筋症 2 例, 心筋炎 2 例, 心臓線維腫 1 例, 特発性 VT 2 例である。

1-b. 開心術後ペースング症例

教室では従来より術後不整脈の治療を目的として開心術後ほぼ全例に心外膜下筋層にペースングワイヤーを縫着し, その約半数で術後ペースング療法を行ってきた⁹⁾。1982年6月より1983年4月までの間に教室で経験した開心術症例138例中, 術後ペースング療法中に12誘導心電図を記録し得た50症例を対象とした。男性34例, 女性16例で平均年齢は40才である。疾患別内訳はWPW症候群37例, 心房中隔欠損症6例, 僧帽弁狭窄症4例, その他3例で虚血性心疾患症例は含まれていない。

原則として双極(電極間距離: 約1cm)に縫着したペースングワイヤーを利用して, パルス幅1msecの矩形波, 出力は閾値の1.5倍, レートは100-150回/分で心室ペースングを行った。

2. 12誘導心電図

VT手術症例10例の術前VT発作時および開心術後ペースング症例50例の心室ペースング時の心電図を日本光電社製心電計 Cardio-fax にて記録した。

3. 体表面電位図

VT手術症例7例の術前VT発作時および開心術後ペースング症例20例の心室ペースング時の体表面電位図を記録した。Body Surface Mapper (フクダ電子社製 Model HPM 5100, HPM 6500) を使用し, Wilson 結合電位を不関電極として前胸部および背面

の計87点より単極誘導心電図を同時記録した。内臓のマイクロコンピューター, プリンターを通して等電位図を作製した。サンプリング間隔2ms, ステップ0.2mV (または0.1mV) にて記録した。

4. 心室興奮伝播図

VT手術症例10例全例で術中VT誘発時, 後述の実験モデルと同様の方法で心室興奮伝播図を作製した。

II. 実験的対象と方法

1. 実験モデルの作製

a. 正常犬における心室ペースング

体重8-20kgの雑種成犬25頭にKetamine hydrochloride 10mg/kgの筋肉内投与およびSodium pentobarbital 10mg/kg-20mg/kgの静脈内投与により麻酔を行い気管内挿管下にHarbard型人工呼吸器を用いて調節呼吸を行った。第5肋骨を横断し両側開胸し, 心膜を縦切開し, 両心室自由壁心外膜, 心内膜さらに心室中隔に刺激用双極電極を留置した。中隔刺激用電極としては自作の電極間距離5mmの双極電極を外筒をつけたまま経自由壁的に心室腔, 心室中隔を貫通して刺入した後, 外筒のみ抜去して留置した。

ペースングはパルス幅1msecの矩形波で出力は閾値の1.5倍, レートは180-200回/分で行った。

b. 心筋梗塞作製犬における心室ペースング

心筋梗塞が心室興奮伝播様式におよぼす影響を調べる目的で雑種成犬5頭を用いて左前下行枝結紮による

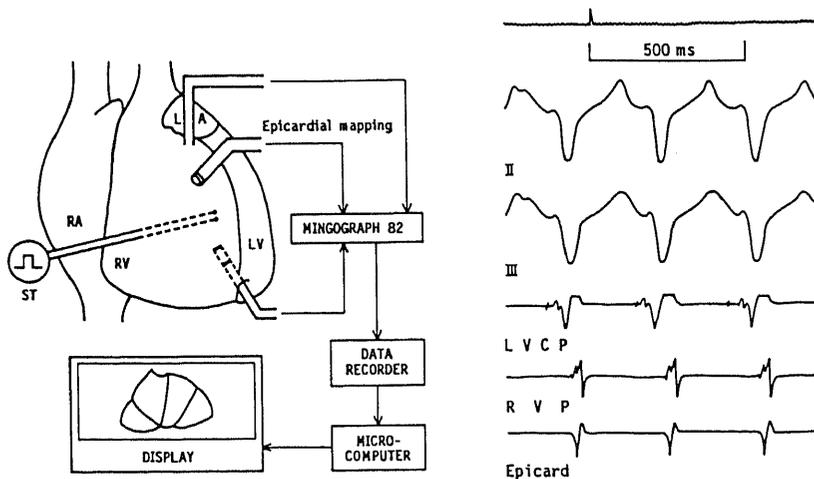


Fig. 1. Experimental model. Epicardial maps display system is presented. Abbreviations: ST, stimulation; LA, left atrium; RA, right atrium; RV, right ventricle; LV, left ventricle; LVCP, left ventricular cavity potential; RVP, right ventricular potential; Epicard, epicardial bipolar electrocardiogram.

心筋梗塞作製術を施行した。初回手術から72時間後に再開胸し心室ペースングを施行した。

2. 心室興奮伝播図

左室心腔内電位記録の為、カテーテル電極を心尖部より左室心腔内へ刺入した。次いで心表面電位記録の為、右室心外膜面に双極電極を縫着した。心表面マッピングは直径1mmの電極を電極間距離2mmで三角形に配置した Elecath 社製 Kaiser 電極を用い、右室36ヶ所、左室33ヶ所の計69ヶ所より近接双極誘導を行い左室腔内電位、右室表面電位、心電図II、III誘導と同時に Siemens Elema 社製 Mingograph 82 を用い紙送り速度100 mm/sec で記録し、出力側より Teac 社製 データレコーダー R 80 に磁気収録した⁷⁻⁹⁾。

心室興奮時間の測定は左室心腔内電位誘導における刺激波を基準として、近接双極誘導電位の intrinsic deflection までの時間を同一部位で3-4拍計測し、その平均をその部位の興奮到達時間とし、この興奮到達時間をもとに教室で開発したマイクロコンピュータを用いた自動表示装置によって心室興奮伝播図を作製した。

3. 12誘導心電図

各実験モデルにおいて、心表面マッピング終了後、各電極を縫着したまま心膜と開胸創を密に縫合閉胸し、再度心室刺激を行い、Siemens Elema 社製 Mingo-

graph 82 (時定数0.003秒、周波数特性5-1250 Hz) を用いて12誘導心電図を記録した。紙送り速度25

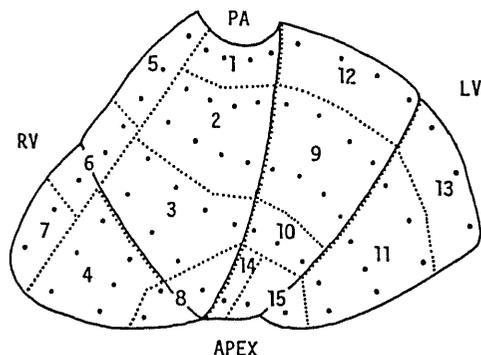


Fig. 2. Classification of the epicardial pacing site. 1, right ventricular outflow; 2, right ventricular mid-anterior wall; 3, right ventricular low-anterior wall; 4, right ventricular inferior wall; 5, right ventricular anterior base; 6, right ventricular lateral base; 7, right ventricular posterior base; 8, right ventricular apex; 9, left ventricular midanterior wall; 10, left ventricular low-anterior wall; 11, left ventricular posterior wall; 12, left ventricular anterior base; 13, left ventricular posterior base; 14, left ventricular para-septal apex; 15, left ventricular apex; RV, right ventricle; LV, left ventricle; PA, pulmonary artery.

Table 1. Electrocardiogram during ventricular pacing in the postoperative pacing cases

Pacing site	No. of cases	I	II	III	V ₁	V ₃	V ₆
RV outflow	15	QR, R, QS, RR'	R, Rr', Rs	R, Rr, RR'	QS, rS	rS, QS	R, RS, rS, rR'
RV mid-anterior wall	7	R, RS, RR'	RS, R, rsr', QS, RR'	QS, RS, rS	QS	QS, rS	R, RR'
RV low-anterior wall	6	R	QS, QS, Qrs	QS	QS	rS, RS, QS, R	R, RS
RV anterior base	3	R, RR'	R	R, RR'	QS, rS	QS, Rs, rS	R
RV lateral base	3	R, RR'	RS, R	R, QS, qrs	QS	rS	R
RV posterior base	1	R	QS	QS	QS	rS	RS
RV apex	4	R, QR	QS	QS	QS	QS	QS, RS
LV mid-anterior wall	5	QS	R	R	RR', R, rsr', rR'	R, rS, RS	QS, RS, qrs
LV low-anterior wall	1	RS	QS	QS	R	R	QS
LV posterior wall	2	R, RR'	QS	QS	RR'	R	R, RR'
LV anterior base	1	RS	R	R	R	Rs	RS
LV posterior base	2	RS, qrsr'	RS, qrs	qrs, QS	R	R	Rs
LV apex (septal)	5	QS, RR', R	QS RS	QS, rS, QR	QS, rS	QS	QS, QR
LV apex	4	RS, rS, R, QS	QS	QS	R	Rs, rS, QS	QS, rS

mm/秒, 50 mm/秒, 100 mm/秒で記録した。

実験終了後, 心臓を摘出し, 刺激電極の位置を確認した。

成 績

1. 開心術後症例における心外膜刺激部位と12誘導心電図の相関についての検討

検討にあたって右室を流出路(1), 前壁中央(2), 前壁下位(3), 下壁(横隔膜面)(4), 前基部(5), 側基部(6), 後基部(7), 心尖部(8)の8ヶ所に, 左室を前壁中央(9), 前壁下位(10), 後壁(11), 前基部(12), 後基部(13), 中隔寄り心尖部(14), 心尖部(15)の7ヶ所に分類した(図2)。またV₁誘導でQS, rSを呈するものを左脚ブロック(LBBB)型, V₁誘導でR, RR', rsr', rR'を呈するものを右脚ブロッ

ク(RBBB)型とした。

右室ペースング例は全例LBBB型を呈し, 左室ペースング例は中隔寄り心尖部ペースング5例を除いてRBBB型を呈した(表1, 図3)。

右室流出路刺激例ではII, III, aVF誘導で高いR波を認め最大QRSベクトルの方向は前頭面では+40°~+110°, 水平面では-35°~-105°であった。右室前壁中央刺激例ではII, III, aVF誘導の主棘の振れは上向きで最大QRSベクトルの方向は前頭面では+40°~+100°, 水平面では-30°~-90°であった。この両者の鑑別は困難であった。

右室前壁下位刺激例ではI誘導の主棘の振れは上向きでaVF誘導は様々であった。最大QRSベクトルの方向は前頭面で0°~50°, 水平面で-50°~-80°であっ

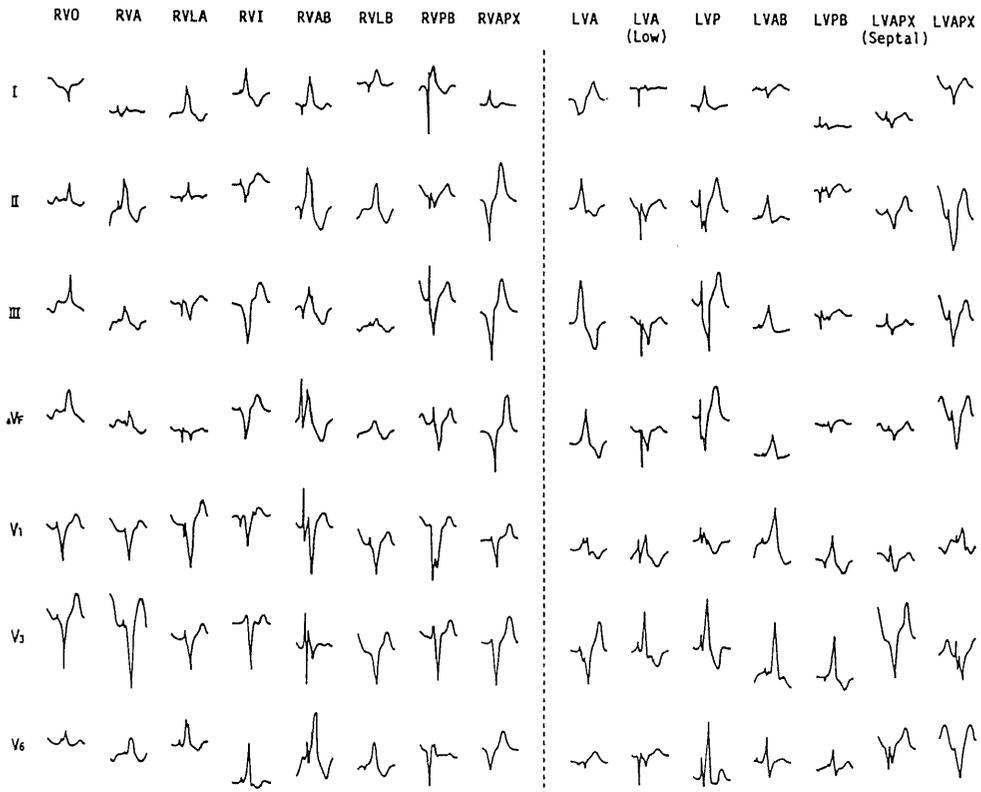


Fig. 3. Representative QRS morphologies during ventricular pacing in the postoperative pacing cases.

Abbreviations: RVO, right ventricular outflow pacing; RVA, right ventricular mid-anterior wall pacing; RVLA, right ventricular low-anterior wall pacing; RVI, right ventricular inferior wall pacing; RVAB, right ventricular anterior base pacing; RVLB, right ventricular lateral base pacing; RVPB, right ventricular posterior base pacing; RVAPX, right ventricular apex pacing; LVA, left ventricular mid-anterior wall pacing; LVA (Low), left ventricular low-anterior wall pacing; LVP, left ventricular posterior wall pacing; LVAB, left ventricular anterior base pacing; LVPB, left ventricular posterior base pacing; LVAPX (Septal), left ventricular paraseptal pacing; LVAPX, left ventricular apex pacing.

た。

右室下壁刺激例ではII, III, aVF誘導の主棘の振れは下向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $-20^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 、水平面で $-10^{\circ}\sim -90^{\circ}$ であった。

右室前基部刺激例ではI, II, III, aVF誘導の主棘の振れは上向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $+50^{\circ}\sim +75^{\circ}$ 、水平面で $-20^{\circ}\sim -80^{\circ}$ であった。

右室側基部刺激例ではI誘導の主棘の振れは上向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $-30^{\circ}\sim +60^{\circ}$ 、水平面で $-50^{\circ}\sim -80^{\circ}$ であった。

右室後基部刺激例ではII, III, aVF誘導はQS, I誘導はRを呈し、最大QRSベクトルの方向は前頭面で -50° 、水平面で -65° であった。

右室心尖部刺激例ではII, III, aVF, $V_1\sim V_5$ 誘導はQSを呈し、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $-60^{\circ}\sim -90^{\circ}$ 、水平面で $-90^{\circ}\sim -105^{\circ}$ であった。

左室前壁中央刺激例ではI誘導の主棘の振れは下向き、II, III, aVF誘導は上向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $+110^{\circ}\sim +120^{\circ}$ 、水平面で $+60^{\circ}\sim +160^{\circ}$ であった。

左室前壁下位刺激例ではII, III, aVF誘導はQSパターンで最大QRSベクトルの方向は前頭面で -90° 、水平面で $+110^{\circ}$ であった。

左室後壁刺激例ではII, III, aVF誘導はQS波を呈し、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $-50^{\circ}\sim$

55° 、水平面で $+40^{\circ}\sim +90^{\circ}$ であった。

左室前基部刺激例はII, III, aVF誘導はRを呈し、 $V_1\sim V_6$ 誘導もR波を有し、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $+110^{\circ}$ 、水平面で $+90^{\circ}$ であった。

左室後基部刺激例ではII, III, aVFの主棘の振れは下向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面では $-70^{\circ}\sim -100^{\circ}$ 、水平面では $+60^{\circ}\sim +100^{\circ}$ であった。

左室中隔寄り心尖部刺激例では例外的に V_1 誘導はLBBB型を呈しII, III, aVF誘導の主棘の振れは下向きで、最大QRSベクトルの方向は前頭面で $-65^{\circ}\sim -160^{\circ}$ 、水平面で $-70^{\circ}\sim -130^{\circ}$ であった。

左室心尖部刺激例ではII, III, aVF誘導はQSを呈し、最大QRSベクトルは前頭面で $-80^{\circ}\sim -110^{\circ}$ 、水平面で $+120^{\circ}\sim +180^{\circ}$ であった。

QRS波初期成分(QRS波立ち上がりより60 msec)の極性について検討した結果を表2に示したが、右室ペースング例では V_1 で(-)、 V_6 で(+)を示し、左室ペースング例では V_1 で(+)を示す傾向を認めた。

2. 正常犬心室ペースング時の心室興奮伝播様式とQRS波初期成分の検討

心内膜刺激と心外膜刺激との間に興奮伝播様式に本質的な違いは無かったが、心内膜刺激では刺激波から15-20 msec遅れてepicardial breakthroughを認めた。

右室刺激では全例ペースング部位より同心円状に右

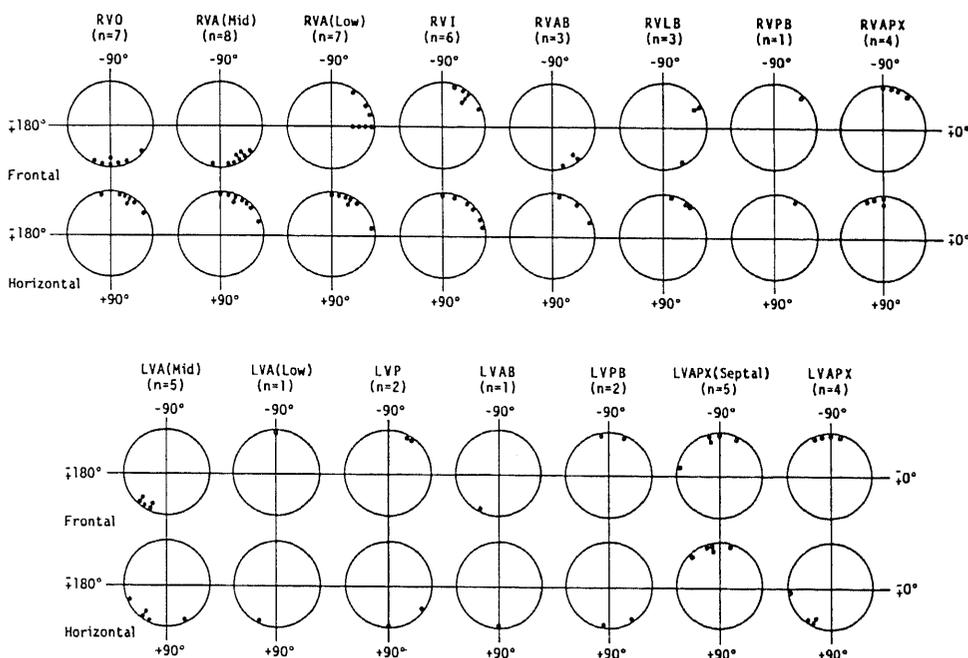


Fig. 4. Maximal QRS vector during epicardial pacing in the postoperative pacing cases.

室全面に速やかに興奮が拡がり前中隔で伝導遅延をみせて左心室に波状に伝播した。全例、左脚ブロックパターンを示した。左室刺激では全例、右脚ブロックパターンを示した。

ペーシング時心電図 QRS 波初期成分の極性を検討した結果を表 3 に示したが、右室刺激時 V₁ で (-)

~(±), V₆ で (+) を示したのに対し、左室刺激時は V₁ で (-)~(±), V₆ で (-)~(±) を示した。また II, III, aVF 誘導の極性は刺激部位が心臓の高位から低位(横隔膜面)へ移るに従い (+) → (±) → (-) となる傾向を認めた。

3. 正常犬心室中隔刺激時の心室興奮伝播様式の検

Table 2. Polarity of the initial QRS wave in the postoperative pacing cases

Site of pacing	I	II	III	aV _F	V ₁	V ₆
RV outflow	+~-	+	+	+	-	+
RV mid-anterior wall	+	+~-	+~-	±	-	+
RV low-anterior wall	+	-	-	-	-	+
RV inferior wall	+	+	+	+	+~-	+
RV anterior base	+	+	-	+	-	+
RV lateral base	+	-	-	-	-	+
RV posterior base	+~-	-	-	-	-	+~-
RV apex	-	+	+	+	+	+~-
LV mid-anterior wall	+	-	-	-	+	-
LV low-anterior wall	+	-	-	-	+	+
LV posterior wall	+	+	+	+	+	+
LV anterior base	+	+~-	-	-	+	+
LV posterior base	-~+	-	-	-	-	-
LV apex (septal)	+~-	-	-	-	+	-
LV apex						

Symbols: +, positive; -, negative; ±, isoelectronic

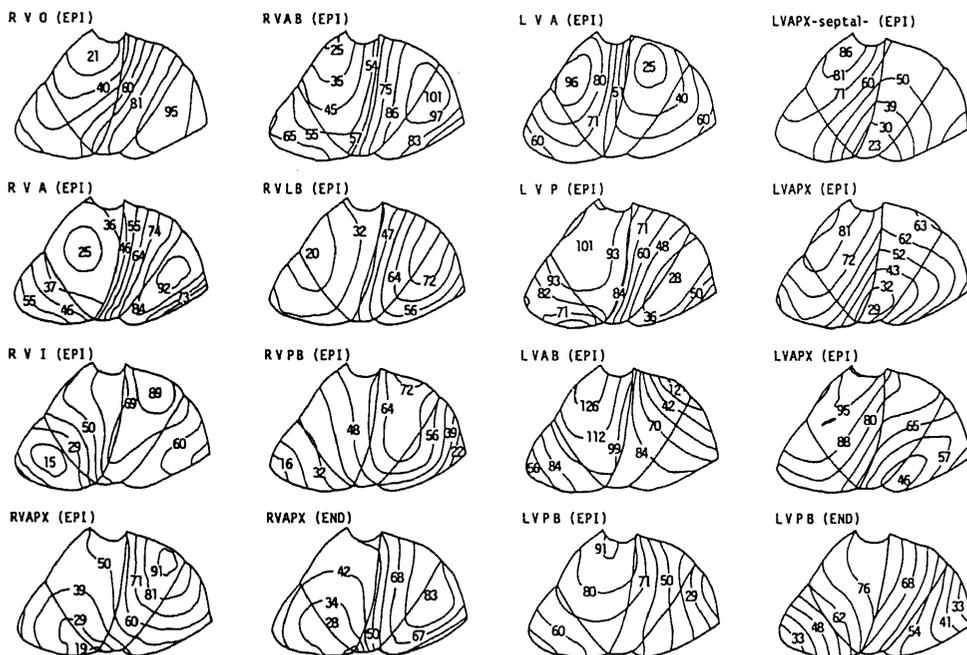


Fig. 5. Epicardial maps during ventricular pacing in the canine heart. Abbreviations: EPI, epicardial pacing; END, endocardial pacing.

討

心室中隔刺激時にはいくつかの共通した所見がみられたが、次の3点より心室中隔刺激を心室自由壁刺激から鑑別できた。1) epicardial breakthroughは刺激波から35-45 msecの時相の遅れを有した。2) epi-

cardial breakthroughから心表面の興奮終了までに30-40 msecを有した。3) epicardial breakthroughは心尖部から前中隔に沿った限られた領域に出現した。

また、右室心内膜側中隔では興奮は右室側へ速やか

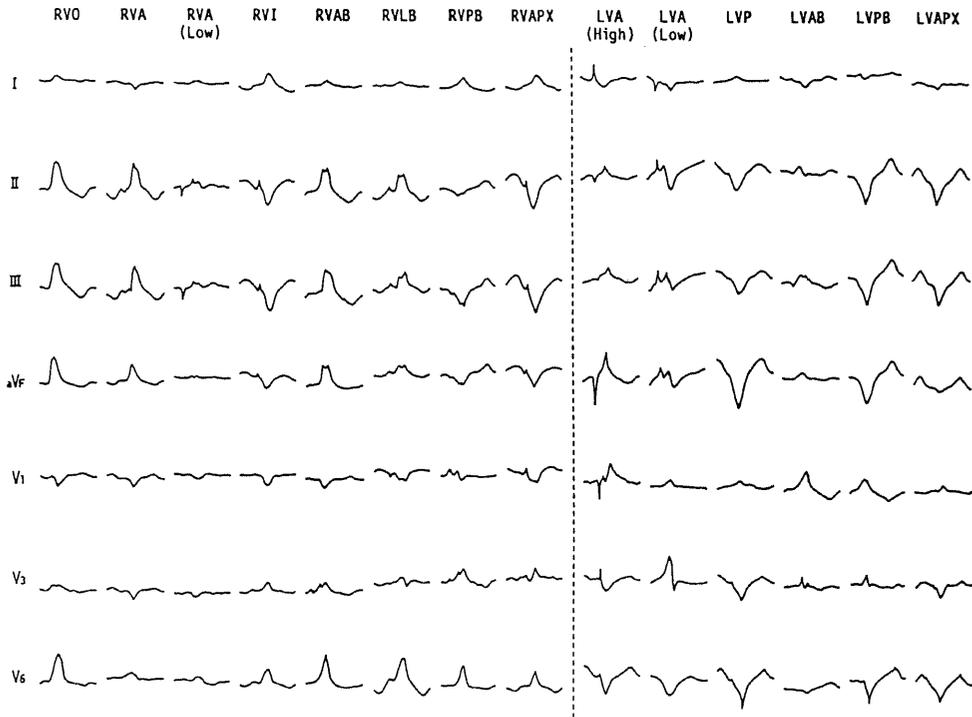


Fig. 6. Representative QRS morphologies during ventricular pacing in the canine heart.

Table 3. Polarity of the initial QS wave in the canine heart.

Site of pacing	I	II	III	aV _F	V ₁	V ₆
RV outflow	-~+	+	+	+	-	+
RV mid-anterior wall	±	+	+	+	-	+
RV low-anterior wall	+	-	-	-	-	+
RV inferior wall	+	-	-	-	-~+	+
RV anterior base	+	+	+	+	-	+
RV lateral base	+	±	±	±	-	+
RV posterior base	+	-	-	-	±	+
RV apex	+	±~-	-	-	-	+
LV mid-anterior wall	-	+	+	+	±	-
LV low-anterior wall	-	-~±	+	-~±	+	-
LV posterior	±	-	-	-	+	-
LV anterior base	±	+	+	+	+	-
LV posterior base	±	-	-	-	+	±
LV apex	-~±	-	-	-	±~+	-

Symbols: +, positive; -, negative; ±, isoelectric.

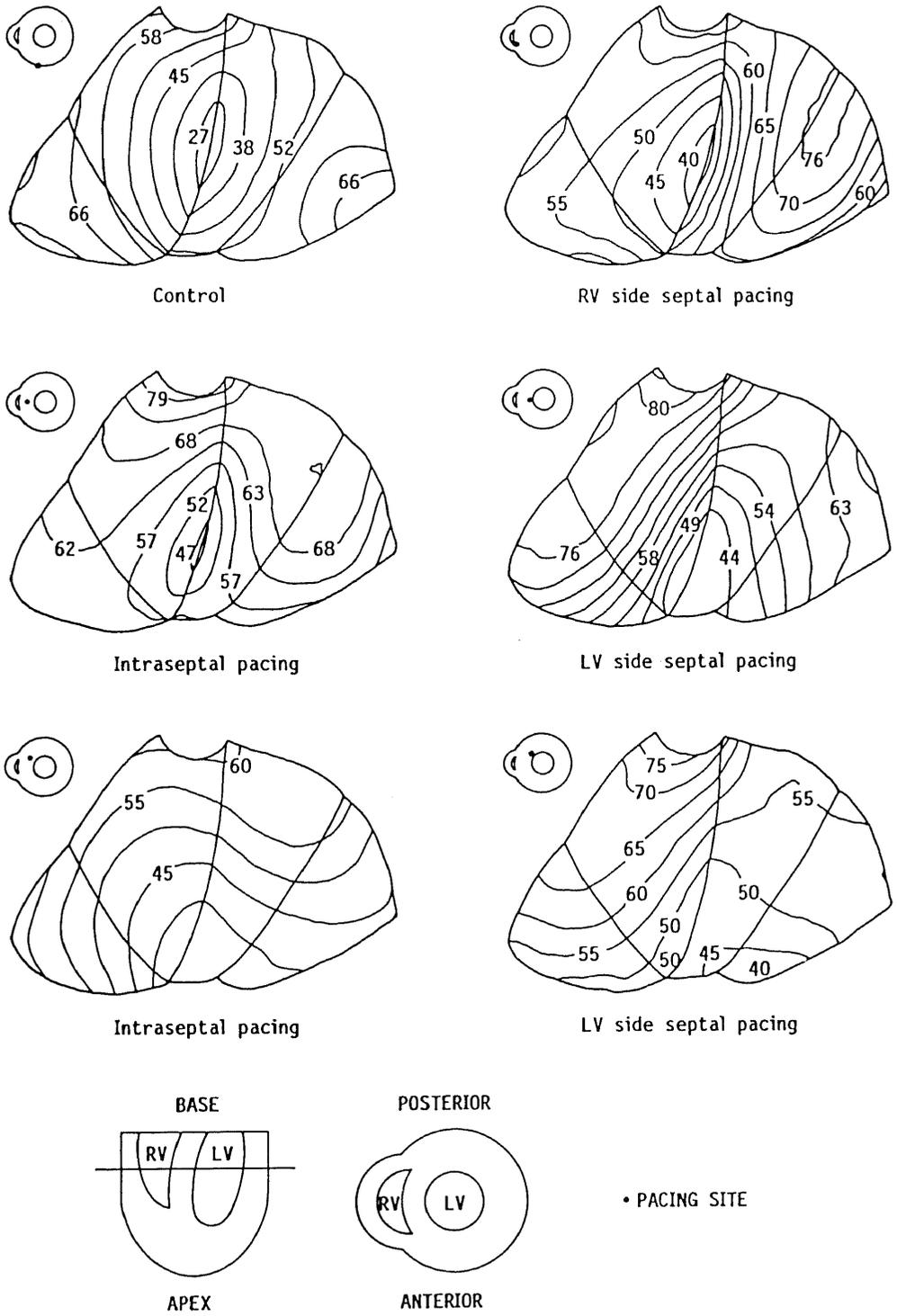


Fig. 7. Epicardial maps during septal pacing in the canine heart.

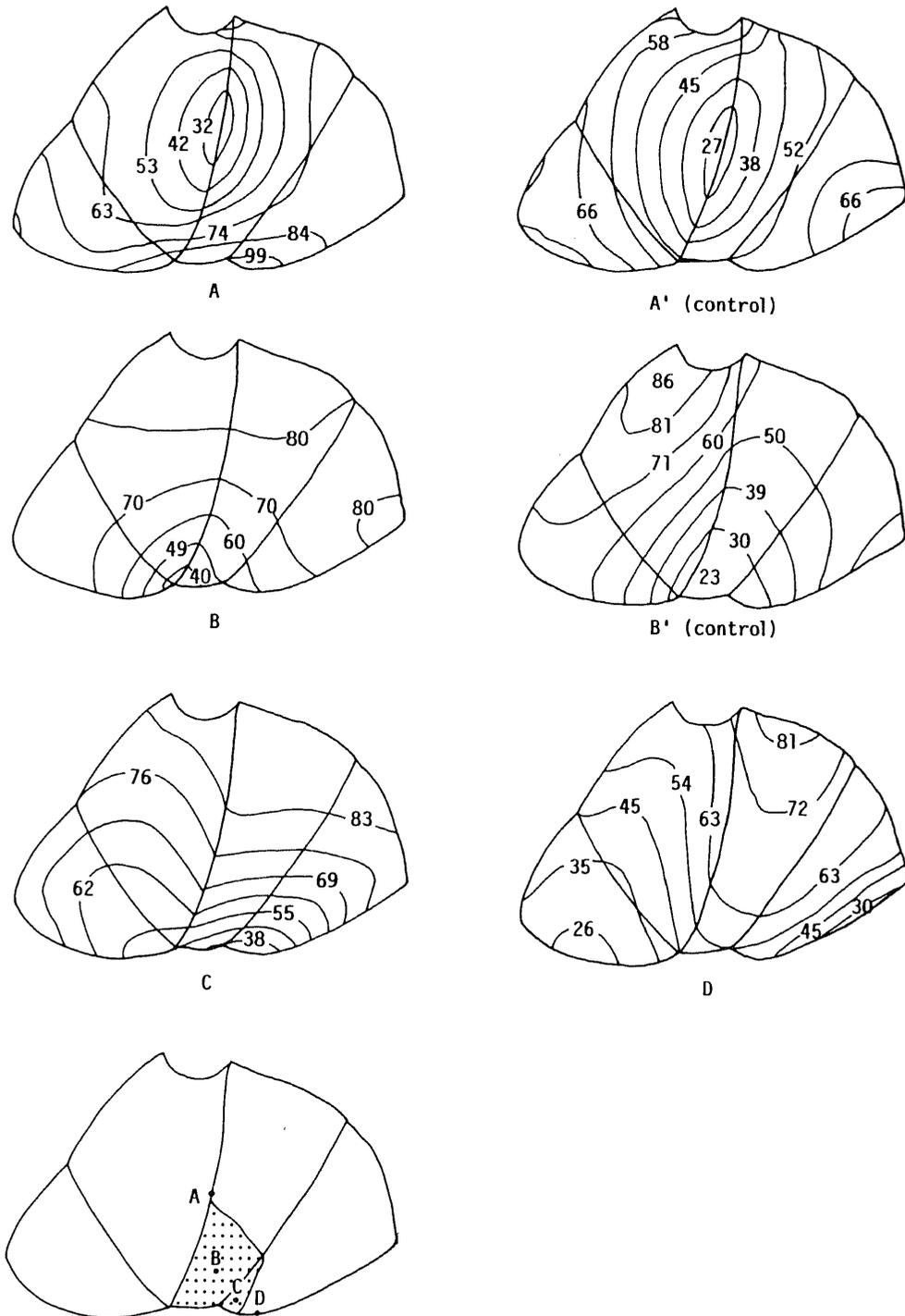


Fig. 8. Epicardial maps during epicardial pacing in the infarcted canine heart. A, anterior septal pacing in the infarcted dog ; A', anterior septal pacing in the non-infarcted dog ; B, anterior apical pacing in the infarcted dog ; B', anterior apical pacing in the non-infarcted dog ; C, posterior apical pacing in the infarcted dog ; D, posterior septal pacing in the infarcted dog. Dotted zone shows the infarcted area.

に伝播し、左室心内膜側中隔刺激では左室側へ速やかに伝播し、中隔内刺激では前中隔あるいは心尖部から両心室基部へ向かってほぼ対称的に伝播した。

さらに後方中隔刺激では epicardial breakthrough は心尖部に出現し、刺激部位が前方に移るに従い epicardial breakthrough の出現部位は前中隔の上位へ移る傾向がみられた。

4. 心筋梗塞犬心室ペースング時の心室興奮伝播様式の検討

図8に心筋梗塞犬心室刺激時の心室興奮伝播図の1例を呈示した。前中隔心外膜刺激時、非梗塞犬ではほぼ同心円状に興奮が拡がり後中隔基部よりに興奮が終了したが、梗塞犬では梗塞部で著るしい伝導遅延をみせ左室心尖部に興奮が終了した。左室心尖部刺激時にも左室への興奮の遅れのため右脚ブロックパターンで心室興奮伝播図を示さなかった。さらに後中隔心外膜刺激に際しても興奮は速やかに右室下壁から右室前壁へと伝播し、左心室の興奮が遅れた。

以上、梗塞犬では梗塞部での著るしい伝導遅延の為、興奮伝播様式は様々の修飾を受け、刺激心室と反対側の心室の興奮が先行したり刺激部位に近い梗塞部の興奮が最も遅れたりした。

5. 心室性頻拍手術症例における心室興奮伝播様式と12誘導心電図の検討

1) 心室興奮伝播図について

右室流出路起源のVTでは興奮は速やかに前壁から下壁へと伝播し、中隔で伝導遅延をみせ左室後基部に興奮が終了した。右室下壁起源のVTでは興奮は同心円状に拡がり右室全面に速やかに伝播した後、中隔で伝導遅延をみせ左室前基部に興奮が終了した。

左室心尖部起源のVTでは速やかに左室の興奮をみた後、前中隔で伝導遅延をみせ、右室流出路から前基部に興奮が終了した。左室後壁起源のVTでは興奮は左室心尖部に向かって速やかに拡がり右室側では前後中隔から内方に向かって伝播し右室流出路に終了した。

以上、右室起源VTは左脚ブロックパターンを、左室起源VTは右脚ブロックパターンの心室興奮伝播図を示した。

2) 12誘導心電図について

右室起源VTは全例LBBB型を、左室起源VTは全例RBBB型を呈した。

右室流出路起源VTではII, III, aVF誘導は単相性R波を呈し、QRS軸は垂直軸偏位を示した。右室心尖部起源VTではII, III, aVF誘導の主棘の振れは下向きで、2例中1例ではV₁-V₆誘導でQS波を示した。

左室心尖部起源VTではII, III, aVF誘導の主棘の

振れは下向きで、V₃誘導でRS、V₆誘導でrSを示した。左室後壁起源VTではII, III, aVF誘導およびV₆誘導でQS波を示した。

QRS波期成分(QRS波立ち上がり60 msec)の極性について検討した結果を表4に示したが、右室起源VTはV₁誘導で(-)、左室起源VTはV₁誘導で(+)を示した。

以上、臨床VT例心電図の所見は左室心尖部起源VTでII, III, aVF誘導にr波を認めた以外、術後ペースング例心電図の所見と一致した。

6. 心室性頻拍手術例における心室興奮伝播図と体表面電位図の相関

左室心尖部起源VT例の体表面電位図を図11に呈示した。QRS波立ち上がりから20 msecの時点では前胸部および背部の左半分を正領域、右半分を負領域が占めた。40 msecではいわゆるNiche¹⁰⁾を思わせる正領域の陥凹、零線のヒズミを生じて下方より負領域が進出し、左鎖骨中線上の下位に新たな極小が出現した。これは左室心尖部でのepicardial breakthroughと左室前壁を中心とした興奮の拡がりを反映するものと考えられた。100 msecでは前胸部および背部の左側を負領域が占め、極小は左上前胸部、極大は前胸部中央やや上位に位置した。これは右室側での房室間溝へ向かう興奮伝播過程を反映していた。

他の凡てのVT手術症例の体表面電位図も心室興奮伝播過程を良く反映した。さらにQRS波初期成分40 msecにおける極小の体表面上への出現位置は心表面最早期興奮部位の局在とよく対応した。

7. QRS波初期40 msecにおける極大、極小の出現位置パターンの検討

心表面最早期興奮部位の局在を最も良く反映すると考えられるQRS波初期40 msecの時点¹¹⁾における極小、極大の体表面上への出現位置に着目して、VT手術症例9例、術後心室ペースング症例19例の計28例の体表面電位図を検討した。右室流出路型、右室前壁型、右室下壁型、右室心尖部型、左室前壁型、左室後壁型、左室心尖部型の7型にパターン分類できた。

1) 右室流出路型

VT 4例、術後ペースング3例の計7例がこの型に属した。極小は前胸部正中線上の上位に位置し、極大は左前胸部下位に位置した。

2) 右室前壁型

術後ペースング4例がこの型に属した。極小は前胸部中央左寄りに位置し、極大は左背部に位置し極小と同じ高さないしは低かった。

3) 右室下壁型

術後ペースング4例がこの型に属した。極小は右前

胸部から正中の下位に位置し、極大は前胸部のより左方、高位に位置した。

4) 右室心尖部型

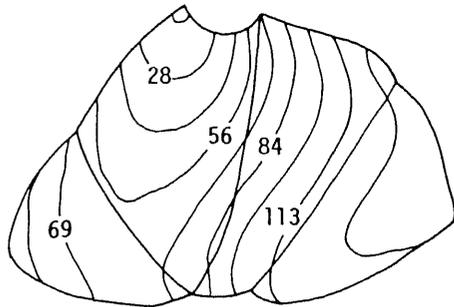
VT 1例, 術後ペースング3例の計4例がこの型に属した。極小は胸骨下縁に位置し、極大は背部のより高位に位置した。

5) 左室前胸部型

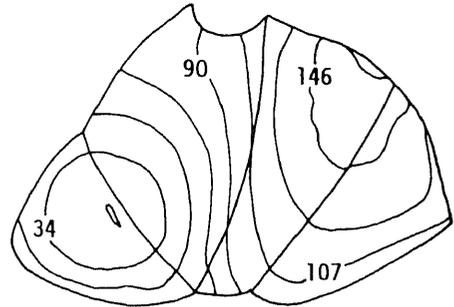
術後ペースング2例がこの型に属した。極小は左前胸部上位に位置し、極大は前胸部正中線上の下方に位置した。

6) 左室後壁型

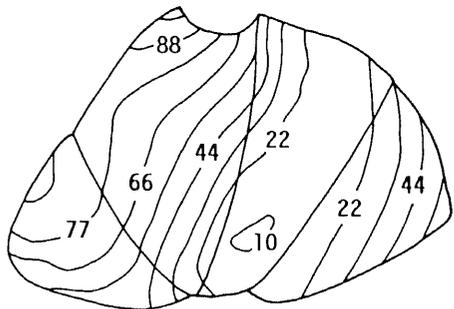
VT 1例, 術後ペースング1例の計2例がこの型に属した。極小は左背部最下位に位置し、極大は左前胸部上方に位置した。



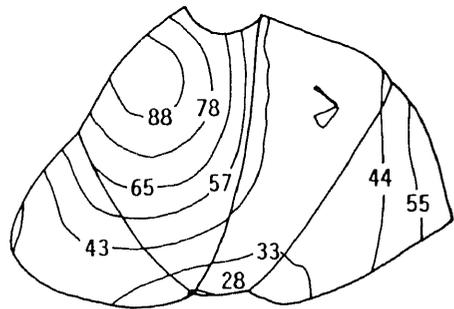
RV Outflow origin



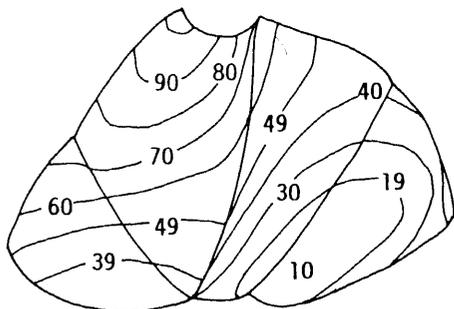
RV Inferior wall origin



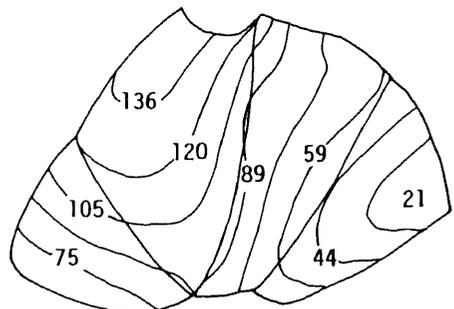
LV Anterior Apex origin



LV Apex origin



LV Posterior Apex origin



LV Posterior wall origin

Fig. 9. Epicardial maps of clinical cases of non-ischemic ventricular tachycardia.

7) 左室心尖部型

VT 3例, 術後ペーシング2例の計5例がこの型に属した。極小は左前胸部下位に位置し, 極大は前胸部正中線上の上方に位置した。

8. QRS波初期40 msecにおける極小の出現位置に関する検討

心表面最早興奮部位を最もよく反映すると考えら

れる¹¹⁾QRS波初期成分における極小の出現位置を数字表現する為に電位図の縦列は1~16, 横列1~7と番号をつけた¹²⁾。その上で各型毎に電位図上に極小出現位置データを平均値と標準偏差で表わした。極小は前胸部を中心とした限られた領域に出現した。右室流出路型では極小は縦列 5.4 ± 0.5 (平均値 \pm 標準偏差) 横列 5.8 ± 0.4 に位置した。以下, 右室前壁型では縦列

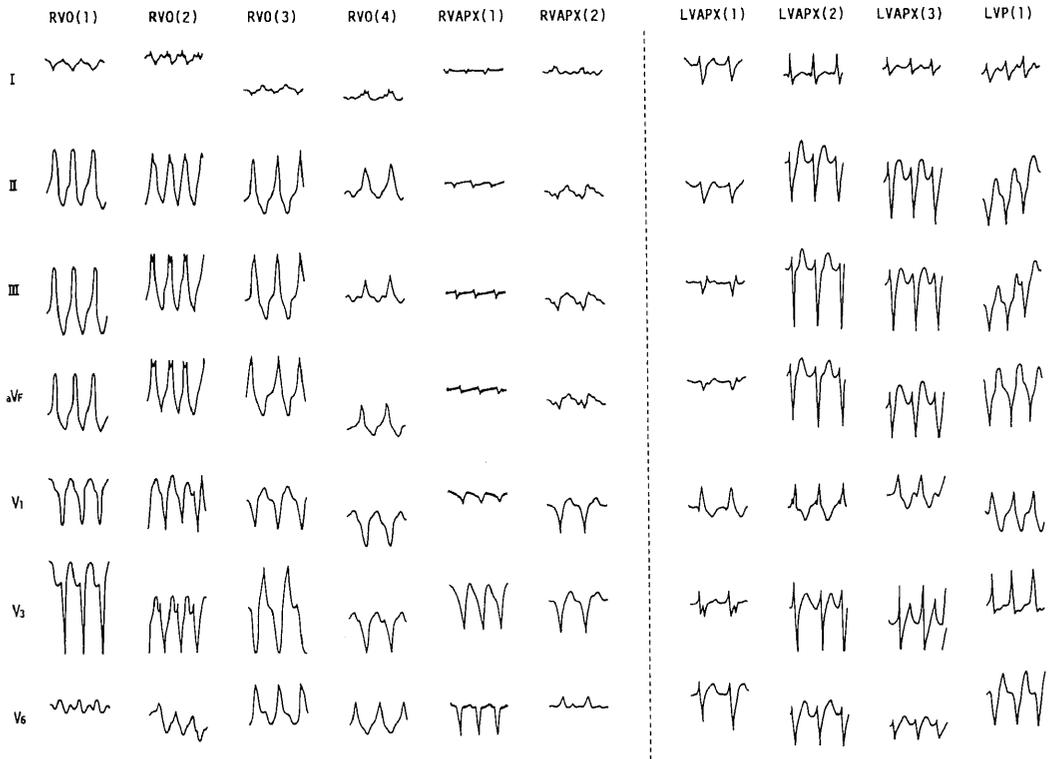


Fig. 10. Representative QRS morphologies in clinical cases of non-ischemic ventricular tachycardia.

Table 4. Polarity of the initial QRS wave in the clinical cases of the ventricular tachycardia.

Origin		I	II	III	aV _F	V ₁	V ₆
RVO	(1)	-	+	+	+	-	+
	(2)	+	+	+	+	-	+
	(3)	-	+	+	+	-	+
	(4)	+	+	+	+	-	+
RVAPX	(1)	-	-	-	-	-	-
	(2)	+	-	-	-	-	+
LVAPX	(1)	+	-	-	-	+	+
	(2)	-	-	-	-	+	+
	(3)	+	-	-	-	+	+
LVP	(1)	+	-	-	-	+	-

Symbols: +, positive; -, negative; ±, isoelectoric.

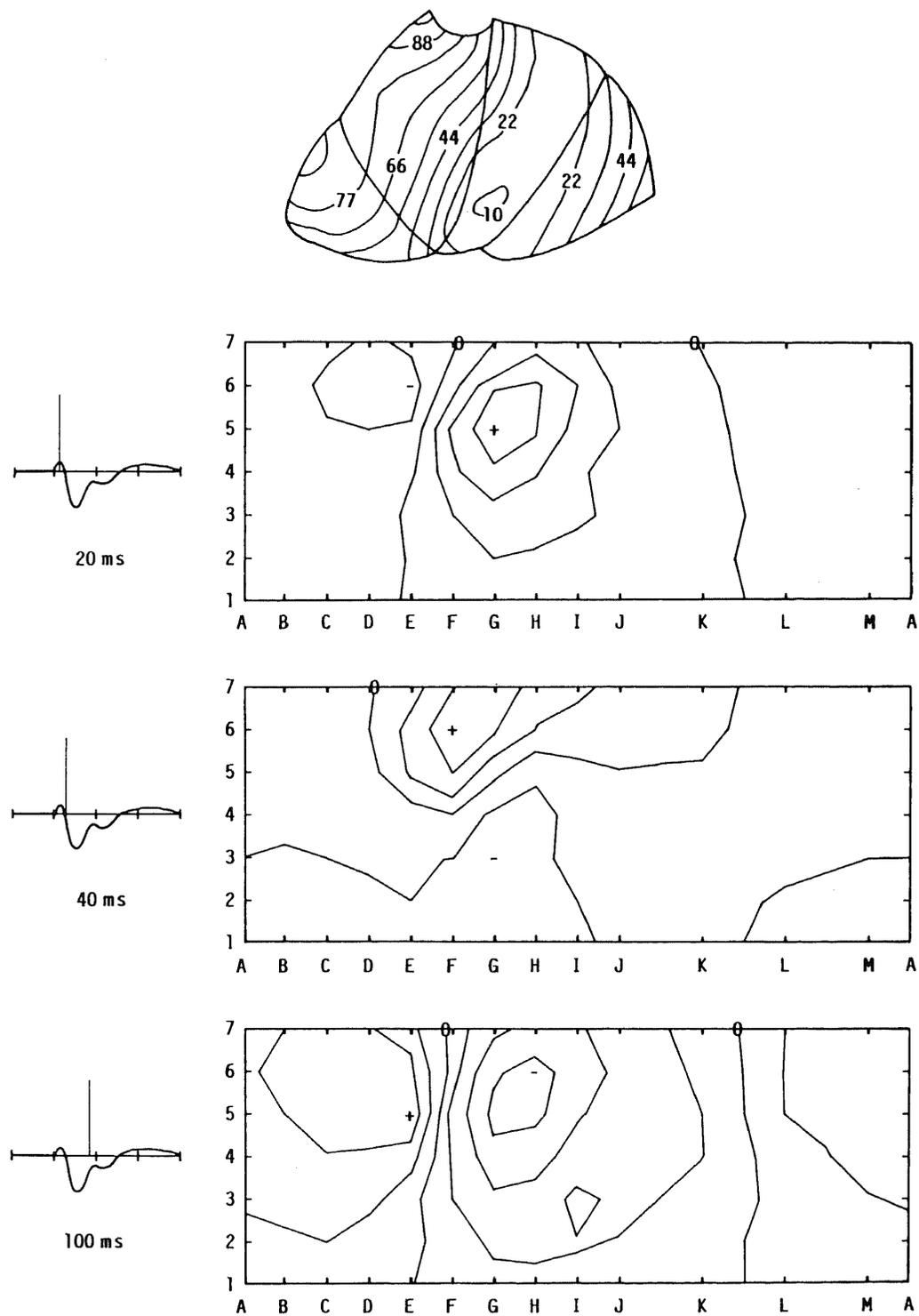


Fig. 11. Epicardial maps and body surface maps of the clinical case of the ventricular tachycardia.
 Symbols: +, the potential minimum; -, the potential minimum.

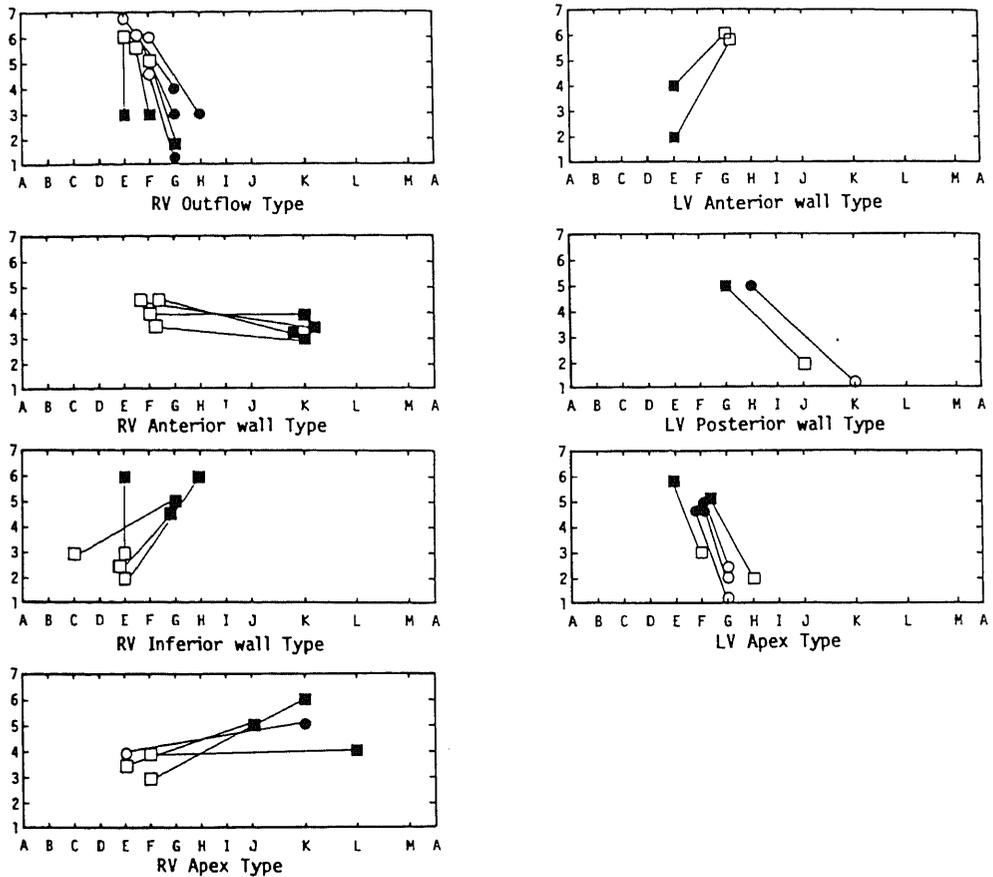


Fig. 12. Location of the potential maximum and the potential minimum at 40 msec after the onset of the QRS wave. Body surface maps were classified into 7 types according to the potential maximum and the potential minimum. Nine cases of the clinical VT (○, potential minimum; ●, potential maximum) and 19 cases of the ventricular pacing (□, potential minimum; ■, potential maximum) are presented.

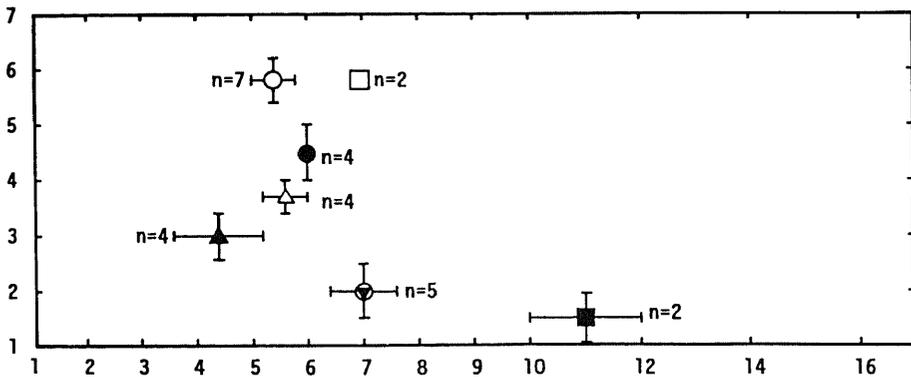


Fig. 13. Location of the potential minimum at 40 msec after the onset of the QRS wave. The potential minimum of the clinical VT and the postoperative pacing cases appeared on the limited area of the body surface in relation to the epicardial earliest excitation site. Each group represents the mean \pm S.D. (n=28). ○, RV outflow type; ●, RV anterior wall type; ▲, RV inferior wall type; △, RV apex type; □, LV anterior wall type; ■, LV posterior wall type; ◎, LV apex type.

6.0±0.0, 横列4.5±0.5に, 右室下壁型では縦列4.5±0.9, 横列2.8±0.4に, 右室心尖部型では縦列5.5±0.5, 横列3.8±0.4に, 左室前壁型では縦列7.0±0.0, 横列6.0±0.0に, 左室後壁型では縦列11.0±1.0, 横列1.5±0.5に, 左室心尖部型では縦列7.0±0.6, 横列2.0±0.6に位置した。各型毎の極小の位置は図13に示す如く上下方向, 左右方向の位置の違いによって明らかに区別された。

考 察

心室性頻拍は心筋梗塞の急性期あるいは慢性期の危険な合併症として知られており, しばしば心室細動へ移行する為, 適切な治療を行わない限りその予後は悪い¹³⁾¹⁴⁾。これら虚血性VT以外にも僧帽弁逸脱症¹⁵⁾, Rommano-Ward症候群¹⁶⁾¹⁷⁾, 心筋炎, 心筋症¹⁸⁾, 心臓腫瘍¹⁹⁾²⁰⁾などを原因としたVT, さらには全く原因となる心疾患を伴わない特異性VT²¹⁾が報告されている。VT発生機序としては自動能亢進, リエントリー, Triggered activityが考えられているが臨床的には不明の部分も多い。近年の電気生理学的検査の進歩とWPW症候群を主とした不整脈に対する外科治療の進歩を背景に, Guiraudon²²⁾²³⁾ Josephson¹⁾²³⁾²⁴⁾, Mason²⁵⁾, 岩ら³¹⁾⁴⁾によってVTに対しても心臓直達手術が行われるようになった。外科治療の成功には確実な手術手技とともにVT発生部位の正確な局在診断が要求される。

本研究は12誘導心電図, 体表面電位図によるVT発生部位診断を目的として行われたが, その結果を中心にいくつかの問題について考察を加えたい。

犬の心内外膜各部位に電気刺激を与えて作った期外収縮モデルの心電図, ベクトル心電図を検討した報告は既になされている²⁶⁾²⁷⁾。ヒトでは心臓カテーテル検査時の期外収縮の心電図あるいはペースメーカー植え込み症例の心電図, ベクトル心電図をその期外収縮発生源との関係から検討した報告がなされている^{28)~32)}。またRosenbaumら⁵⁾は期外収縮臨床例を多数集計して脚ブロック所見を中心に心電図分類している。しかし, これら動物実験での成績をそのまま臨床のVT, 期外収縮の心電図解釈に応用することはできない。また, 臨床例における心室刺激報告の多くは右室の限られた場所が殆んどであり, 左心室の心内外膜の各部位を刺激したものは少なく, かつそのペースング部位決定も多くは2方向の透視によってなされているにすぎず不正確である。

本研究では心臓手術時直視下に心外膜に縫着された術後不整脈治療用ペースメーカーワイヤーを利用して両心室各部位を刺激した。さらに術前, 術中心臓マッ

ピングにより正確に発生部位を決定された臨床VT症例の心電図と比較しておりこの種の検討としては最も適切なものであると考える。

心外膜ペースング時の12誘導心電図所見では, 右室ペースング例は全例V₁誘導でLBBB型を呈し, 左室ペースング例は中隔寄り心尖部刺激の5例を除いて他は全てV₁誘導でRBBB型を呈した。臨床VT例心電図でも, 右室源性VT 6例は全例V₁誘導でLBBB型を呈し, 左室源性VT 4例は全例V₁誘導でRBBB型を呈した。すなわちこのことは, 心電図V₁誘導のQRS波形から, 右室源性VTか左室源性VTかは明らかになることを示している。

心外膜刺激時心電図の最大QRSベクトルは右室流出路, 右室前壁中央, 右室前基部, 左室前壁中央, 左室前基部など心室上位刺激時は下方を, 右室下壁(横隔膜面), 右室後基部, 左室後壁, 左室後基部, 左室心尖部など心室下位刺激時は上方を向いたが, 臨床VT例においても全く同様であった。左室源性臨床VT例では最大QRSベクトルが前頭面で+0°~+90°を向く例は無かった。これはWaxmanら³³⁾の左室心内膜多数部位ペースング時の心電図を検討した結果と一致するものである。

その他, 前胸部V₁-V₆誘導の全てでQS波を呈する所見は右室心尖部または前中隔寄り左室心尖部刺激例に特異的であり, V₁誘導でRBBB型を呈しI誘導でQS波, II誘導で単相性R波を呈する所見は左室前壁中央刺激例に特異的であった。Waxmanら³³⁾もI, V₂-V₆誘導でのQSパターンは心尖部刺激に特徴的であり, V₁, V₂誘導での単相性R波は左室前側壁刺激に特徴的であったと述べている。

本研究の中隔寄り左室心尖部刺激例が例外的にLBBB型を呈したが, その理由としては, 中隔近傍で発生した興奮が左室心表面全体へ伝播するよりも早く, 経中隔的に右脚を介して右室全体へ興奮伝播したものと考えられる。Sodi-Pallaresら³⁴⁾が犬で明らかにした電気的には右室とみなすべき左室心内膜側中隔筋束の存在, あるいは小範囲の陳旧性梗塞の存在の可能性もあり得ると思われる。しかし, 臨床VT例, 犬での実験では左室心尖部起源あるいは左室心尖部刺激(中隔寄りを含む)例は全例右脚ブロックパターンの心電図, 心室興奮伝播様式を示した。

臨床VT例で中隔起源例が無く, またヒトで正確に中隔刺激を行い難いことから犬を用いて中隔刺激を行い心電図を記録したが, QRS軸が垂直軸偏位を示すことが多かったこと, 左室心内膜側中隔刺激例ではV₁誘導でLBBB型を呈することが多かった他は特異的な所見は無かった。Waxmanら³³⁾は対象を左室心内膜刺

激例に限って V_1 , V_2 誘導の QS パターンは中隔刺激例に特徴的であったと報告している。QRS 波形の構成には心室最早期興奮部位の局在以外に脚ブロックなどの心室内伝導障害、心筋症、心室肥大、心筋梗塞、心臓の位置など種々の要素がからんでくることから、中隔起源 VT の心電図診断には最早期興奮部位心筋の心起電力を最も良く反映していると考えられる QRS 波初期成分に着目してさらに検討していくことが必要であると思われる。

本研究の結果からは V_1 誘導波形から心室の決定は容易であり、12 誘導心電図からペースング例での成績に準じて VT 発生部位を右室 7ヶ所、左室 7ヶ所に分類して推定できると考えられた。Josephson ら³⁵⁾は術前、術中心内膜マッピングから正確に発生部位が決定された 34 症例 41 VT の心電図を retrospective に検討し V_1 誘導波形から心室は決定できなかつたとしている。これは Josephson らの対象が虚血性心疾患を伴った VT が多いことによると考えられる³⁶⁾。

一方、O'Keefe³⁷⁾、岩ら³⁸⁾は術中ペースマッピングにて VT 発生部位決定を行い手術治療に成功した例を報告している。術中ペースマッピングは術中 VT 誘発が不可能なケース、VT の持続が危険すぎて術中心表面、心内膜マッピングができないケースでは特に有用である。しかし術中開胸下あるいは人工心肺下で 12 誘導心電図を記録することは無理であり、術前 VT と同様の波形を得難いこともある。したがって術前に 12 誘導心電図から VT 発生部位推定を行うことの重要性はなんら変わらない。

従来教室では WPW 症候群の心室興奮伝播図の作製に本研究と同じ自動表示装置を導入し好成績を得てきた³⁹⁾。VT の外科手術に際しても四肢誘導 QRS 波の立ち上がり時間を時間基準として心室興奮伝播図を作製してきた³⁹⁾。臨床 VT 例では QRS 波立ち上がりより 5-15 msec おくれて epicardial breakthrough が 1ヶ所でのみ出現しその直下の内膜側に VT 発生部位を決定できた。犬心室自由壁刺激時(時間基準は左室心腔内心電図での刺激波)、興奮は刺激部位(心内膜刺激時は直上心外膜に epicardial breakthrough をみた)から同心円状に拡がり心室中隔で伝導遅延をみせ、反対側心室を波状に興奮伝播し、房室弁輪部に終了した。これらの所見は興奮伝播がヒス束や脚を介さずに直接的にプルキンエ繊維網や心筋そのものを伝播することを示している。またこれは今回対象とした非虚血性 VT の心室興奮伝播様式と本質的に同じであり本実験モデルが非虚血性心室性頻拍モデルとして妥当なものであると考えられる。

心室中隔起源 VT の心室興奮伝播図について詳細

な報告は無い。本研究の心室中隔刺激時の心室興奮伝播様式の検討からは次の 3 点で中隔刺激を自由壁刺激から鑑別できた。第 1 に心室中隔刺激時は自由壁刺激時に比べて刺激から epicardial breakthrough までの時間が長い。第 2 に心室中隔刺激時は自由壁刺激時に比べて心室興奮伝播に要する時間 (epicardial breakthrough から心表面興奮終了まで) が短い。第 3 に心室中隔刺激時、epicardial breakthrough は心尖部から前中隔に沿った限られた領域に出現する。さらに興奮伝播様式から左室心内膜側中隔、右室心内膜側中隔、中隔内刺激を鑑別可能であった。最近、Smith ら⁴⁰⁾も犬を用いた実験でほぼ同様の結果を報告している。したがって実際の VT 手術時、心表面マッピングから中隔起源を示唆する所見が得られたならば、人工心肺下に心室切開を行い心室中隔を中心に十二分な心内膜マッピングを行うべきである。

Spielman ら⁴¹⁾は梗塞作製犬 VT モデル実験で、心表面最早期興奮部位と心内膜側 VT 発生部位との間に 0.5~6.0 cm の距離的差異を証明している。本研究の梗塞作製犬でのペースング実験でも、刺激部位の近くに極めて興奮の遅い領域が存在したり、刺激反対側の心室にいちやく興奮伝播したりする所見が認められた。梗塞領域でのプルキンエ繊維網の障害、筋性伝導の不均一な障害の為、様々の程度の興奮伝導遅延が生じ心室興奮伝播様式が修飾を受けるものと考えられる。これらが心電図による虚血性 VT 発生部位診断を困難なものとしていると考えられる。また、Josephson⁴²⁾⁴³⁾、Horowitz⁴⁴⁾らは虚血性心疾患に伴った VT の正確な発生部位診断には心表面マッピングのみでは不十分であり、術前、術中の心内膜マッピングが必要であることを示している。本研究の結果もこれを支持している。

体表面上多数の誘導点より単極誘導で心電図を記録する体表面電位図は心室興奮伝播過程を正確に反映し⁴⁵⁾、12 誘導心電図では得がたい情報を与えてくれる¹²⁾。WPW 症候群については Ambroggi⁴⁶⁾、山田⁴⁷⁾、麻柄ら⁴⁸⁾⁴⁹⁾は QRS 波初期成分および電位図パターンの経時的変化から副伝導路部位診断を行った。

経時的に変化する電位図パターンから心室性期外収縮発生源の推定を試みた報告はあるが、正確に決定された心表面最早期興奮部位と体表面電位図所見を対応させて VT 発生部位診断を試みた報告はみられない。

今回著者は VT 手術例の心室興奮伝播図と体表面電位図を対比させることにより epicardial breakthrough の時相より 20-30 msec 遅れて零線のヒズミと正領域の陥凹を生じさせる負領域の進出と新しい極小の出現を観察した。これは洞調律時の電位図で Tac-

cardi¹⁰⁾, 山田ら⁵⁰⁾が報告している“Niche”“Pseudo-pod”という所見に類似しており, VT 時の epicardial breakthrough を反映したものと考えられる。

さらに, QRS 波初期 (QRS 波の立ち上がりより 40 msec) の電位図の極小, 極大の出現位置に着目して VT 例, 術後ペースング例の電位図を検討した結果, 電位図は 7 型に分類できた。右室起源性 VT, 右室ペースング例では極小は電位図上極大の右側に出現し, 左室起源性 VT, 左室ペースング例では極小が極大の左側に出現することで両者は鑑別できた。さらに 12 誘導心電図では鑑別の困難な例もあった右室流出路と右室前壁中央, 右室下壁と右室心尖部についても極大の位置に着目することで容易に鑑別できた。

麻柄ら⁴⁸⁾⁴⁹⁾は WPW 症候群の体表面電位図を検討した結果, デルタ波初期成分 40 msec における極小は体表面上の帯状の限られた領域に出現し, 副伝導路部位とよく対応したことを報告している。本研究で対象とした体表面電位図の QRS 波初期 40 msec での極小はこの帯状領域の内側に分布し, 各型毎の極小の位置は明らかに区別された。房室弁輪部付近を起源とする VT の QRS 波初期成分での極小の出現位置は WPW 症候群での成績と類似すると考えられることから, QRS 波初期 40 msec の極小の位置に着目すると VT 発生部位は心表面上にさらに細分化して推定される。

結 論

心室性頻拍発生部位診断を目的として心室性頻拍手術症例 10 例, 術後ペースング例 50 例, 雑種成犬 30 頭を用いた実験モデルの 12 誘導心電図, 体表面電位図, 心室興奮伝播図について検討し以下の結論を得た。

1. 術後右室ペースング例は V₁誘導で QS, rS と左脚ブロック型を呈し, 左室ペースング例は中隔寄り心尖部ペースング例を除いて全例 V₁誘導で R, RR', rsr', rR' と右脚ブロック型を呈した。

2. 術後ペースング時, 最大 QRS ベクトルは右室流出路, 右室前壁中央, 右室前基部, 左室前壁中央, 左室前基部など心室上位刺激時はすべて下方を向いた。また右室下壁, 右室心尖部, 右室後基部, 左室後壁, 左室心尖部, 左室後基部など心室下位刺激時はすべて上方を向いた。

3. 術後ペースング時, V₁-V₆誘導のすべてが QS 波を呈する所見は心尖部刺激に特異的であった。V₁誘導で右脚ブロック型を呈し I 誘導で QS 波, II 誘導で単相性 R 波を呈する所見は左室前壁中央刺激に特異的であった。

4. 臨床 VT 例心電図で右室源性 VT はすべて左脚ブロック型を呈し, 左室源性 VT はすべて右脚ブ

ロック型を呈した。さらに, 左室心尖部起源 VT で II, III, aVF 誘導に先行する r 波を認めた以外, 術後ペースング例の結果に一致した。

5. 以上より 12 誘導心電図から VT 発生部位を右室は流出路および前壁中央, 前壁下位, 下壁, 心尖部, 前基部, 側基部, 後基部の 7ヶ所, 左室は前壁中央, 前壁下位, 後壁, 中隔寄り心尖部, 心尖部, 前基部, 後基部の 7ヶ所に分類することができた。

6. 臨床 VT 例, 術後ペースング例の体表面電位図を QRS 波初期 40 msec の極小, 極大の出現位置から右室流出路型, 右室前壁型, 右室下壁型, 右室心尖部型, 左室前壁型, 左室後壁型, 左室心尖部型の 7 型に分類できた。

以上の 12 誘導心電図所見および体表面電位図所見を参考にして術前に非侵襲的に VT 発生部位診断を行うことは, 術前カテーテル検査時間, 術中検査時間の短縮と手術侵襲の軽減につながり手術成績の向上が期待できる。

謝 辞

稿を終るに臨み, 終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました恩師岩喬教授に深く感謝の意を表します。また研究に御協力いただいた金沢大学第 1 外科の諸先生方に心から感謝します。

尚, 本論文の要旨は第 12 回臨床心臓電気生理研究会 (昭和 58 年 5 月), 第 7 回心臓ペースング研究会 (昭和 58 年 6 月) および第 6 回体表面電位図研究会 (昭和 58 年 10 月) において発表した。

文 献

- 1) Josephson ME, Harken AH, Horowitz LN.: Long-term results of endocardial resection for sustained ventricular tachycardia in coronary disease patients. *Am. Heart J.*, 104, 51-57 (1982).
- 2) Guiraudon G, Fontaine G, Frank R, Lendri R, Barra J, Cabrol C.: Surgical treatment of ventricular tachycardia guided by ventricular mapping in 23 patients without coronary artery disease. *Ann. Thrac. Surg.*, 32, 439-450 (1981).
- 3) 岩 喬・小林弘明・佐藤博文・向井恵一・平野誠・土屋和弘・永沼寿喜・小池一行: 特発性心室性頻拍症の手術的根治。心臓, 13, 478-484 (1981).
- 4) 岩 喬・三崎拓郎・鎌田栄一郎・三井 毅・橋爪泰夫・川筋道雄: 非虚血性心室性頻拍に対する外科的根治療法。臨床胸部外科, 3, 31-38 (1983).
- 5) Rosenbaum MB.: Classification of ventricular extrasystoles according to form. *J. Electrocardiol.* 2, 289-297 (1969).
- 6) 桜井潤司・三崎拓郎・坂東 健・佐藤博文・飯田

- 茂穂・小林弘明・児玉吉明・渡辺洋宇・岩 喬：開心術後不整脈のペースング療法。胸部外科，33，44-49 (1980)。
- 7) 岩瀬孝明・船田哲男・岩 喬・小林弘明・川筋道雄・三崎拓郎：心表面興奮伝播図の自動表示とその臨床応用。心臓，11，1055-1060 (1979)。
- 8) 岩瀬孝明：心表面興奮伝播図の自動表示に関する研究。第1編：実験的研究。日胸外会誌，29，396-408 (1981)。
- 9) 向井恵一：複数副伝導路の実験的臨床的研究。日胸外会誌，30，1952-1969 (1982)。
- 10) **Taccardi B.**：Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circulation Res.*, 12, 341-352 (1963)。
- 11) 牛島 聡・麻柄達夫・三井 毅・向井恵一・鎌田栄一郎・飯田茂穂・川筋道雄・三崎拓郎・岩 喬：体表面電位図による心室性頻拍発生部位診断。心電図(印刷中)，4 (1984)。
- 12) 山田和生・外山淳治・大杉順一・木下 淳・平井真理・太田寿城：12誘導心電図で診断困難な陳旧性下壁梗塞の体表面電位図とベクトル心電図。環研年報，34，128-132 (1983)。
- 13) **Federman J, Whitford JA, Anderson ST, Pitt A.**：Incidence of ventricular arrhythmias in the first year after myocardial infarction. *Br. Heart J.*, 40, 1243-1250 (1978)。
- 14) **Josephson ME, Kastor JA, Horowitz LN**：Electrophysiologic management of recurrent ventricular tachycardia in acute and chronic ischemic heart disease. *Cardiovasc. Clin.*, 11, 35-55 (1980)。
- 15) **Whinnery JE**：Acceleration-induced ventricular tachycardia in asymptomatic men; relation to mitral valve prolapse. *Aviat. Space Environ. Med.*, 54, 58-64 (1983)。
- 16) **Romano C, Genrme G, Pongiglione R.**：Aritomie cardiache Rare, dell'età pediatrica II. accessi sincopali per fibrillazione ventricolare parossistica. *Clinique Pediatr.*, 45, 658-683 (1963)。
- 17) **Ward O**：A new familial cardiac syndrome in children. *J. Irish Med. Assoc.*, 54, 103-106 (1964)。
- 18) 岩 喬・佐藤博文・小林弘明・桜井潤司・川筋道雄・三崎拓郎・塩谷謙二：心室性頻拍性不整脈の2手術知見。胸部外科，33，915-919 (1980)。
- 19) 鎌田栄一郎・岩 喬・三崎拓郎・川尻文雄・石田一樹・松原藤継・安井昭二：左室線維腫による心室性頻拍の手術的根治。心臓，15，933-938 (1983)。
- 20) **Engle MA, Ebert PA, Redo SF.**：Recurrent ventricular tachycardia due to resectable cardiac tumor. *Circulation*, 50, 1052-1057 (1974)。
- 21) **Fontaine G, Guiraudon G, Frank R, Vandel J, Grosgeat Y, Cabrol C.**：Modern concept of ventricular tachycardia. *Eur. J. Cardiol.*, 8, 565-580 (1978)。
- 22) **Guiraudon G, Fontaine G, Frank R, Escande G, Etievent P, Cabrol C.**：Encircling endocardial ventriculotomy; a new surgical treatment for life-threatening ventricular tachycardias resistant to medical treatment following myocardial infarction. *Ann. Thrac. Surg.*, 26, 438-444 (1978)。
- 23) **Horowitz LN, Harken AH, Kastor JA, Josephson ME.**：Ventricular resection guided by epicardial and endocardial mapping for treatment of recurrent ventricular tachycardia. *N. Engl. J. Med.*, 302, 589-593 (1980)。
- 24) **Martin JL, Untereker WJ, Harken AH, Horowitz LN, Josephson ME.**：Aneurysmectomy and endocardial resection for ventricular tachycardia; favorable hemodynamic and antiarrhythmic results in patients with global left ventricular dysfunction. *Am. Heart J.*, 103, 960-965 (1982)。
- 25) **Mason JW, Stinson EB, Winkle RA, Griffin JC, Oyer PE, Ross DL, Derby GRN.**：Surgery for ventricular tachycardia; efficacy of left ventricular aneurysm resection compared with operation guided by electrical activation mapping. *Circulation*, 65, 1148-1155 (1982)。
- 26) **Mautner B, Girotti AL.**：Premature ventricular beat. experimental study. *Am. Heart J.*, 85, 389-396 (1973)。
- 27) **Boineau JP, Spach MS, Harris JS.**：Study of premature systoles of the canine heart by mean of the spatial vectorcardiogram. *Am. Heart J.*, 60, 925-935 (1960)。
- 28) **Klein MD, Feldman CL, Clark DL, Plessas AP, Ryan TJ, Peura RA.**：Vectorial characteristics of ventricular extrasystoles stimulated during cardiac catheterization. *J. Electrocardiol.* 9, 103-108 (1976)。
- 29) **Mower MM, Aranaga CL, Tabatznik B.**：Unusual patterns of conduction produced by pacemaker stimuli. *Am. Heart J.*, 74, 24-28 (1967)。
- 30) **Castellanos A, Maytin O, Lemberg L, Castillo C.**：Unusual QRS complexes produced by

- pacemaker stimuli. *Am. Heart J.*, **77**, 732-742 (1969).
- 31) **Castellanos A, Ghafour AS, Pastis N, Myerberg RJ, Berkovits BV.**: The electrocardiogram and vectorcardiogram of ectopic ventricular beats. *Acta. Cardiol.*, **28**, 562-575 (1973).
- 32) **Bauman DJ, Lamb KC, Tsagaris TJ.**: Unusual QRS wave forms associated with pacemakers. *Chest*, **64**, 480-485 (1973).
- 33) **Waxman HL, Josephson ME.**: Ventricular activation during ventricular endocardial pacing; 1. Electrocardiographic patterns related to the site of pacing. *Am. J. Cardiol.*, **50**, 1-10 (1982).
- 34) **Sodi-Pallares D, Roderiguez MI, Chait LO, Zuckermann R.**: The activation of the inter-ventricular septum. *Am Heart J.*, **40**, 569-608 (1950).
- 35) **Josephson ME, Horowitz LN, Waxman HL, Cain ME, Spielman SR, Greespan AM, Marchlinski FE, Ezri MD.**: Sustained ventricular tachycardia; Role of the 12-lead electrocardiogram in localizing site of origin. *Circulation*, **64**, 257-272 (1981).
- 36) 牛島 聡・鎌田栄一郎・斉藤 裕・三井 毅・小林弘明・岩 喬: 12誘導心電図による心室性頻拍発生部位診断—心室性頻拍臨床例心電図の検討—。呼と循 (印刷中), 32 (1984).
- 37) **O'Keefe DB, Curry PVL, Prior AL, Yates AK, Deverall PB, Sowton E.**: Surgery for ventricular tachycardia using operative pace mapping (abstr). *Br. Heart J.*, **43**, 116 (1980).
- 38) 岩瀬孝明: 心表面興奮伝播図の自動表示に関する研究 第2編 Wolff-Parkinson-White症候群の心表面興奮伝播図. *日胸外会誌*, **29**, 1345-1358 (1981).
- 39) 小林弘明・向井恵一・佐藤博文・三崎拓郎・岩喬: 心室性頻拍症手術的根治例における電気生理学的検討. *臨床心臓電気生理.*, **4**, 89-98 (1981).
- 40) **Smith WM, Ideker RE, Kasel J, Harrison L, Bardy GH, Gallagher JJ, Wallace AG.**: Localization of septal pacing sites in the dog heart by epicardial mapping. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **1**, 1423-1434 (1983).
- 41) **Spielman SR, Michelson EL, Horowitz LN, Spear JF, Moore EN.**: The limitation of epicardial mapping as a guide to the surgical therapy of ventricular tachycardia. *Circulation*, **57**, 666-670 (1978).
- 42) **Josephson ME, Horowitz LN, Farshidi A, Spear JF, Kastor JA, Moore EN.**: Recurrent sustained ventricular tachycardia 2. endocardial mapping. *Circulation*, **57**, 440-447 (1978).
- 43) **Josephson ME, Horowitz LN, Spielman SR, Greespan AM, VandePol C, Harken AH.**: Comparison of endocardial catheter mapping with intraoperative mapping of ventricular tachycardia. *Circulation*, **61**, 395-404 (1980).
- 44) **Horowitz LN, Josephson ME, Harken AH.**: Epicardial and endocardial activation during sustained ventricular tachycardia in man. *Circulation*, **61**, 1227-1238 (1980).
- 45) **Spach MS, Barr RC, Lanning CF, Tucek PC.**: Origin of body surface QRS and T wave potentials from epicardial potential distributions in the intact chimpanzee. *Circulation*, **55**, 268-278 (1977).
- 46) **Ambroggi LD, 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**, 251-262 (1976).
- 47) **Yamada K, Toyama J, Wada M, Suguyama S, Sugenoja J, Toyoshima H, Mizuno Y, Sotohata I, Kobayashi T, Okajima M.**: Body surface isopotential mapping in Wolff-Parkinson-White syndrome; noninvasive method to determine the localization of the accessory atrioventricular pathway. *Am. Heart J.*, **90**, 721-734 (1975).
- 48) 麻柄達夫・岩 喬・小林弘明・三崎拓郎・岩瀬孝明・川筋道雄: WPW症候群における副伝導路の位置と体表面電位図の相関. *呼と循*, **29**, 1085-1089 (1981).
- 49) **Iwa T, Magara T.**: Correlation between localization of accessory conduction pathway and body surface maps in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Jpn. Circul. J.*, **45**, 1192-1198 (1981).
- 50) 山田和生・外山淳治・小栗 孟・新見伸朗・菅屋潤★・杉山 理・和田正敏: 体表面心臓電位分布図—日本人健康成人について—. *環研年報*, **27**, 103-107 (1976).

Experimental and Clinical Study of the Diagnosis of the Site of the Origin of Ventricular Thachycardia Satoshi Ushijima, Department of Surgery (I), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920 – J. J.uzen Med. Soc., **93**, 127–146 (1984)

Key words: Ventricular Thachycardia, Ventricular Pacing, Epicardial Mapping

Abstract

The purpose of this study was to diagnose the site of the origin of ventricular tachycardia (VT). Twelve-lead electrocardiograms (ECGs) and body surface maps of VT operated cases and postoperative pacing cases were evaluated in relation to the earliest excitation site. The experimental model of VT was induced by stimulating different sites including the ventricular septum in 30 dogs. The ventricular excitation pattern (VEP) was displayed by our computer display system of epicardial maps.

According to the pattern of QRS morphology, the direction of the maximal QRS vector and the polarity of the initial QRS wave, ECGs of the postoperative pacing cases were classified into 14 types. They were as follows: RV outflow and RV mid-anterior wall type, RV low-anterior wall type, RV inferior wall type, RV anterior base type, RV lateral base type, RV posterior base type, RV apex type, LV mid-anterior wall type, LV low-anterior wall type, LV posterior wall type, LV anterior base type, LV posterior base type, LV paraseptal apex type and LV apex type. Prediction of the site of VT origin in the 10 operated cases by the present classification of ECG coincided very well with those obtained by epicardial mapping during surgery. Furthermore, seven types of body surface maps were classified according to the location of the potential minimum and the potential maximum at 40 msec after the onset of the QRS wave. These seven types were as follows: RV outflow type, RV anterior wall type, RV anterior wall type, RV inferior wall type, RV apex type, LV anterior wall type, LV posterior wall type and LV apex type. Free wall pacing of the canine heart presented the same ECG findings and VEPs as clinical VT cases fundamentally. In the canine heart, septal pacing could be distinguished from free wall pacing by the following respects, the region of epicardial breakthrough, the time from the stimulus to the epicardial breakthrough and the duration of recorded epicardial activation. In infarcted dogs, VEPs during ventricular pacing showed different patterns from those of non-infarcted dogs.

It was concluded that the site of non-ischemic VT origin was exactly predicted by the 12-lead ECG and body surface maps.