Determination of the Origin of Ventricular Tachycardia Arising from the Septum by Epicardial Mapping : Experimental Studies

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/2297/8223

金沢大学十全医学会雑誌　第99巻　第5号　855－869（1990）

中隔起源心室性頻拍に関する実験的研究

－心表面興奮伝播図による頻拍起源の診断－

金沢大学医学部外科学第一講座（主任：岩　喬教授）
坪　田　誠

（平成2年10月11日受付）

心表面興奮伝播図を用いて中隔起源心室性頻拍起源の部位診断を行うことを目的に実験を行った．イヌの心室中隔に針電極を刺入してペーシングすることにより，中隔起源心室性頻拍モデルとした．近接双極電極で心表面電位を採取し，マッピングシステムで処理を行い，興奮伝播図を作成した．ペーシング部位は，左右心室中隔をそれぞれ前後および上中下に分け，12区画に分類した．洞調律時には，前中隔右側心尖部寄りに最早期興奮部位があり，続いて右脚領域，左脚領域の順に早期興奮を呈した．87点測定法は，53点測定法よりも精度が高く有用であった．各12区画のペーシング時の興奮伝播図はそれぞれ特徴的なパターンを呈した．ペーシング部位の左右鑑別は，脚領域の早期興奮・傍中隔領域の伝導遅延・最遅興奮部位の位置などにより可能であった．ペーシング部位の前後および上中下の鑑別は，最早期・最遅興奮部位の位置により可能であった．ペーシング部位の心表面からの深さとペーシングから心表面の早期興奮までの興奮伝播時間に正の相関関係を認めた（$p<0.001$）．また，深さの前方後方比に対する興奮伝導時間の前方後方比についても正の相関関係を認めた（$p<0.001$）．心室中隔における興奮伝導速度は伝導方向により異なり，前後方向（0.55m/sec）よりも刺激伝導系に沿った長軸方向（1.43m/sec）の方が速かった（$p<0.001$）．以上の結果より，心表面興奮伝播図より得られた情報から，心室中隔のペーシング部位の推定が可能と考えられる．ただし，刺激伝導系が関与して心尖部に最早期興奮が認められた例ではペーシング部位の推定は困難である．

Key words ventricular tachycardia, ventricular septal origin, epicardial mapping, isochronous map

当科では，1978年以来WPW症候群・心室性頻拍・心房性頻拍・房室結節回帰性頻拍などの頻脈性不整脈に対するマッピングガイド下根治的外科治療を世界に先駆けて行ってきた[1)~4)]．その際に，不整脈の発生機序の理解と手術部位の決定のために，術前の標準12誘導心電図・体表面心臓電位図・心臓超音波検査・心臓核医学検査・心臓電気生理学的検査を行ってきたが[5)~9)]，最終的な手術部位の決定のために最も有用であったのは術中の心膜切開後の心表面興奮伝播図であった[10)11)]．

400例を越える不整脈根治手術の経験の中で，心房あるいは心室の自由壁に頻拍の起源・原因（副伝導路など）が存在する場合には，術前検査並びに術中心表面興奮伝播図によりほぼ完全に部位診断が可能で，その部位に対する手術を行って容易に頻脈性不整脈の根治を得ている[12)~14)]．しかし，心房・心室の中隔の関与する部位に頻拍の起源・原因が存在する場合には，複雑な立体構造の中での頻拍起源部位の把握と刺激伝導系の関与という問題があり，自由壁ほど部位診断は容易ではなく，術式や手術部位の決定に難渋することが少くなかった[15)16)]．今回は，術中に行い得る最も確実性・信頼性の高い検査である心表面マッピングを用い

Abbreviations: AM, acute marginal branch; ANT., anterior wall; Ao, aorta; DIAPH., diaphragmatic wall; LAD, left anterior descending artery; LV, left ventricle; OM, obtuse marginal branch; PA, plumonary artery; PD, posterior descending branch; POST., posterior wall; RA, right atrium; RV, right ventricle

て，心室中隔起源の非虚血性心室性頻拍を対象とした部位診断の可能性について実験的検討を行った．

対象および方法

Ⅰ．心室中隔起源心室性頻拍モデルの作成

雑種の成熟イヌ19頭を用いて，塩酸ケタミン 20mg/kg 筋肉内投与による全身麻酔を行い，経口的に気管カニューレを挿管し，ハーバード型人工呼吸器にて毎分20回・30～40ml/kg/回の従量式人工呼吸を行った．両側第5肋間開胸・胸骨横断にて心嚢に到達し，心嚢を縦切開しつり上げることにより心臓を露出した．また，必要に応じてペントバルビタール 10～20 mg/kg の静脈内投与を追加した．四肢誘導心電図モニター下に，針長 30mm・電極間距離 2mm で先端以外は非伝導塗料によりシールドされた双極型釣針電極 I2-513 (東京医理科，東京) を，心表面より右心室腔を経由するかあるいは心室中隔に直接，心室中隔ののべ33ケ所に刺入し，心室波が記録されることを確認した．針電極は先端が釣り針型で返しがついており，いったん心腔内に突き抜けさせてから引き戻すことにより，心内膜あるいはその近傍の浅い心筋をペーシングしやすくした．刺激発生装置は SEN-7103 (日本光電社，東京) を，アイソレーターは SS-201J (日本光電社) を用いた．心室波をトリガーして 200～300msec の遅延時間をおき，パルス幅 2msec で出力を刺激閾値の約2倍とした単発刺激のペーシングを行って心室中隔起源心室性頻拍モデルとした (図1)．

Ⅱ．心表面電位の採取と興奮伝導時間の測定

まず，ペーシングに用いたものと同じ双極型釣針電極を心室自由壁に刺入・固定し，基準電極とした．心室表面の87点 (右室45点・左室42点) より，電極間距離 1mm の双極電極をその先端に有するハンドヘルド型電極を用いて近接双極誘導電位を採取した．同時に，体表面より四肢誘導の心電図を記録し，ペーシングが有効に行われていることを確認した．

採取された各点の電位は，時定数 0.003msec で 80～1000Hz のバンドパスフィルターを有するインプットボックス IB-300 (中日電子社，名古屋) を通して，既存の体表面心臓電位図用のマッピングシステム HPM-7100 (中日電子社) に入力した．入力された局所の電位波形は，同時に入力された体表面心電図および基準電極の電位波形とともに，A-D コンバーターを通してデジタル化された後にシステムのディスプレイ上に表示した．四肢誘導心電図・基準電位の波形より，ペーシングされた心拍を同定・選択し，自動処理プログラムに送り込んだ．各点での興奮伝達時点は，基準電極および測定電極よりのデジタル波形を微分しその絶対値が最大となる点で決定し，興奮伝導時間は測定電極の興奮伝達時間と基準電極の興奮伝達時間との差より求めた．この過程は随時ディスプレイ上に表示し，肉眼で確認するとともに，不正な認識が認められれば修正を行った (図1)．

Ⅲ．心表面興奮伝播図の作成と表示

心室表面の87点 (右室45点・左室42点) を後心室間溝で切り開いた扇型の心表面展開図上に規定した (図2A)．それぞれの点の興奮伝導時間を入力し，心室心表面興奮伝播図の作成を HPM-7100 マッピングシステム上の自動処理プログラムにて行った．等時線の描記には下のような計算法を用いた．

となりあう測定点 A・B・C それぞれの座標を (x_A, y_A)・(x_B, y_B)・(x_C, y_C)，興奮伝導時間を E_A・E_B・E_C (msec) とすると，等時線 Emsec と A-B および B-C との交点 E_{AB} および E_{BC} の座標 (x_1, y_2) および (x_1, y_2) は次のように求めた (図3)．

$$x_1=\frac{E-E_B}{E_A-E_B}(x_A-x_B)+x_B$$

$$y_1=\frac{E-E_B}{E_A-E_B}(y_A-y_B)+y_B$$

$$x_2=\frac{E-E_B}{E_C-E_B}(x_C-x_B)+x_B$$

$$y_2=\frac{E-E_B}{E_C-E_B}(y_C-y_B)+y_B$$

これにより，等時線 $E_{AB}-E_{BC}$ を描いた．

両心室表面全面にわたり，同様の処理を自動的に行って，心表面興奮伝播図を作成した．等時線の間隔は，原則的に 5msec とした．また，最早期興奮部位は－印 (図中では★印) で，最遅興奮部位は，＋印 (図中では▲印) で自動表示した．同時に，各測定点におけ

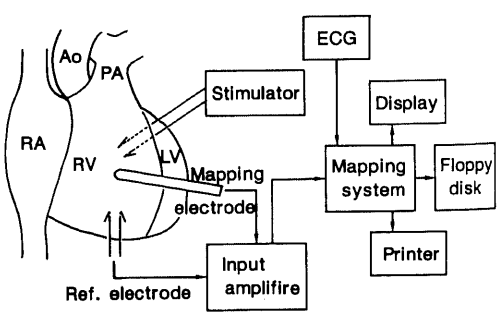


Fig. 1. Experimental system for epicardial mapping. Abbreviation: Ref. electrode, refference electrode

る興奮伝導時間を表の上に実測数値で表示した．この結果は，ディスプレイ上にはカラーで表示し，マッピングシステム付属のモノクロ熱転写プリンターによりプリントアウトした．

Ⅳ．ペーシング部位の確認と分類

実験に用いたイヌは，実験終了後ただちに電気的心室細動により屠殺し，刺入されたペーシング用の針電極をそのままに心臓を摘出した．肺動脈より右室自由壁を経て心尖部までと大動脈より左室自由壁を経て心尖部までの切開を行って心室中隔を露出し，中隔の心内膜面より肉眼的に確認できなかった針電極については中隔に切開を加えて，直接的に針電極の位置を確認した．そして，左右の心室中隔を前後に2等分することにより前中隔・後中隔に分け，更にそれぞれを心基部より心尖部方向に3等分して高位・中位・低位に分け，ペーシング部位を12区域に分類した（図4）．また，ペーシング部位より心表面の前壁・後壁および心尖部までの最短距離（以後これを“深さ”とする）を測定した．

Ⅴ．検討項目と方法

1．測定点数とマッピング精度に関する検討

33ケ所のペーシング部位すべてにおいて，測定点数を87点とした心表面マップと，その一部を省略し測定点数を53としてその間を補間法を用いた計算値を算出して補ったマップとを作成した（図2B）．補間される点0の興奮伝導時間 E_0 は，その上下左右に隣接する点1・2・3・4の興奮伝導時間がそれぞれ E_1・E_2・E_3・E_4 と測定されている場合には，$E_0=(E_1+E_2+E_3+E_4)/4$ として求めた．また，E_3 あるいは E_4 が未収録の場合には $E_0=(E_1+E_2)/2$，E_1 あるいは E_2 が未収録の場合には $E_0=(E_3+E_4)/2$ として求め，補間を行った．

その上で，87点測定法のマップと53点測定法のマッ

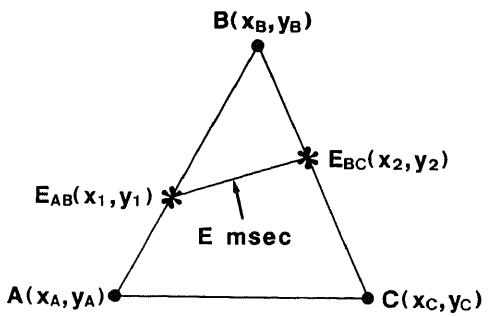


Fig. 3. Drawing of isochronous line. The E msec approximate isochronous line (E_{AB}-E_{BC}) is drawn by binding the E msec isochronous points (asterisks) found by calculation. The parenthesized letters mean coordinates of the points.

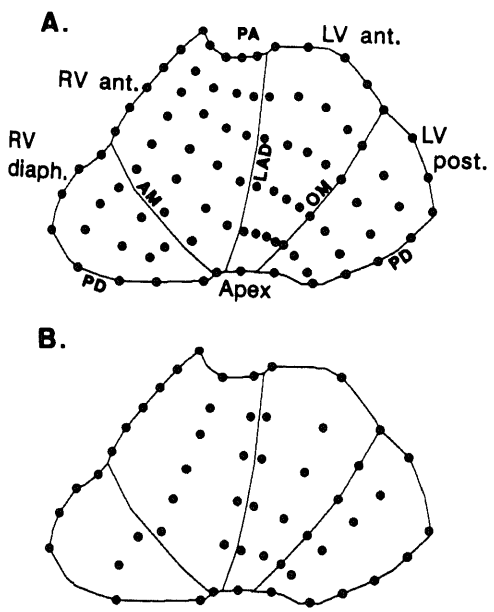


Fig. 2. Epicardial mapping points of the mapping system. A, standard 87 mapping points; B, abbreviated 53 mapping points. Mapping points are presented by closed circles.

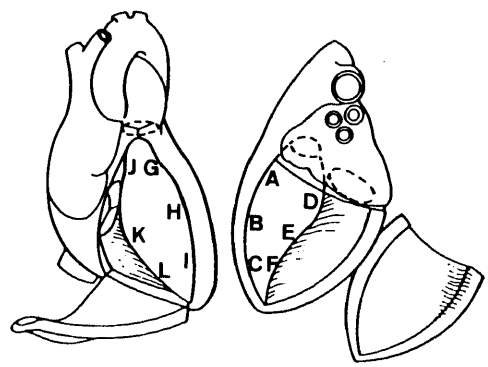


Fig. 4. Classification of the septal pacing site. A, left ventricular high anterior septum; B, left ventricular middle anterior septum; C, left ventricular low anterior septum; D, left ventricular high posterior septum; E, left ventricular middle posterior septum; F, left ventricular low posterior septum; G, right ventricular high anterior septum; H, right ventricular middle anterior septum; I, right ventricular low anterior septum; J, right ventricular high posterior septum; K, right ventricular middle posterior septum; L, right ventricular low posterior septum.

プを比較し，最早期興奮部位・最遅興奮部位および興奮伝導パターンに差異がないか検討を行った．まず，洞調律時の比較を行い，ついで中隔ペーシング時の比較を行った．最早期あるいは最遅興奮部位が2点以上離れた場合，遅延伝導が明かでなくなる場合，早い伝導の進行方向が異なる場合を差異があると判定することとし，87点測定法の優位性について検討した．

2．ペーシング部位による心表面興奮伝導パターンの検討

ペーシング部位を，まず左室中隔・右室中隔，ついで前中隔・後中隔に分けさらにそれぞれを高位・中位・低位に分類した．また，多くの場合は針電極を心腔内に貫通させて引き戻す手法により心内膜近傍のペーシングとなっていた．

分類項目別の内訳は，左室中隔では高位前中隔2例，中位前中隔1例，下位前中隔3例，高位後中隔4例，中位後中隔2例，下位後中隔2例であり，右室中隔では高位前中隔4例，中位前中隔3例，下位前中隔4例，高位後中隔3例，中位後中隔3例，下位後中隔2例であった．

検討項目は，最早期興奮部位・最遅興奮部位・遅延伝導領域とその進行方向および伝導パターンとした．

3．ペーシング部位の心表面からの深さの推定

心表面の最早期興奮部位からペーシング部位までの距離，すなわちペーシング部位の心表面からの深さと，各種パラメーターとの関係より，ペーシング部位の深さの推定が可能かどうかについて検討した．

1）深さ－興奮伝導時間

ペーシング部位の深さと前後中隔におけるペーシングから心表面最早期興奮部位までの興奮伝導時間との関係を検討した．

2）深さ－興奮伝導時間の前方後方比

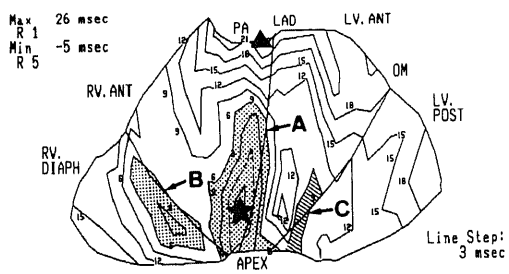


Fig. 5. Epicardial map during sinus rhythm. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point; A, anterior paraseptal early excitation area; B, early excitation area of right bundle branch lesion; C, early excitation area of left bundle branch lesion.

前壁および後壁からペーシング部位までの深さの比とペーシングから前壁および後壁までの興奮伝導時間の比との関係を検討した．

3）深さ－心表面興奮時間

ペーシング部位の深さと心表面の興奮伝播に要した時間との関係を検討した．

4）心尖部までの距離－伝導時間

ペーシング部位から心尖部までの距離とペーシングから心尖部までの興奮伝導時間との関係を検討した．

統計学的処理としては，2変量の相関分析に，Pearson (r) および Spearman(Rs) の各相関係数を算出し，$p<0.05$を有意相関有りと判定した．

成　　績

Ⅰ．測定点数とマッピング精度に関する検討

洞調律時には，87点測定法では前中隔右側心尖部寄りに最早期興奮部位があり，続いて右脚領域，左脚領域の順に早期興奮を呈し，最遅興奮部位は右室前壁肺動脈基部の前中隔寄りであった (図5)．

53点測定法における最早期興奮部位が87点測定法における最早期興奮部位と比較して，一致したものは26例 (78.7%)，87点測定法のマップ上で1測定点移動したものは5例 (15.2%)，2測定点以上離れてしまった

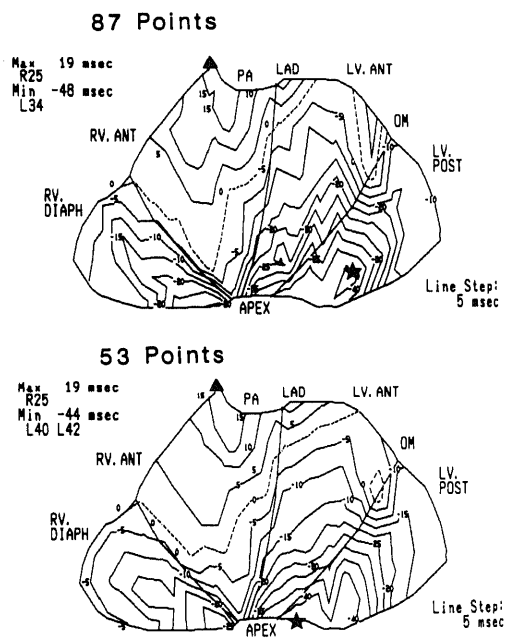


Fig. 6. Comparison of standard map (87-point-map) with abbreviated map (53-point-map). The earliest exciting point (★) is different between these two maps.

もの (図6) は2例 (6.1%) であった．また，同様に53点測定法における最遅興奮部位が87点測定法における最遅興奮部位と比較して，一致したものは18例 (54.6%)，87点測定法のマップ上で1測定点移動したものは11例 (33.3%)，2測定点以上離れてしまったもの (図7) は4例 (12.1%) であった．

II．ペーシング部位による心表面興奮伝導パターンの検討

1．左室高位前中隔 (図8)

最早期興奮は前下行枝近位部に出現し，まず前中隔に沿って心尖部方向に伝導し，次に左右心室自由壁に広がった．やや伝導速度の遅い領域が前中隔から右室前壁にかけて認められ，右室への興奮伝導は左室に比べて遅延していた．最遅興奮部位は右室後壁心基部の房室接合部であった．

2．左室中位前中隔 (図9)

最早期興奮は前下行枝中位部に出現し，まず前中隔に沿って心基部および心尖部方向に伝導し，次に左室自由壁に広がった．前中隔から右室自由壁に向かう興

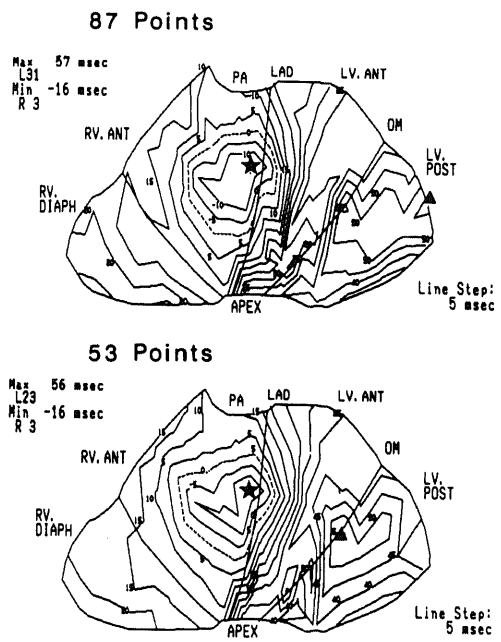


Fig. 7. Comparison of standard map (87-point-map) with abbreviated map (53-point-map). The latest exciting point (▲) is different between these two maps.

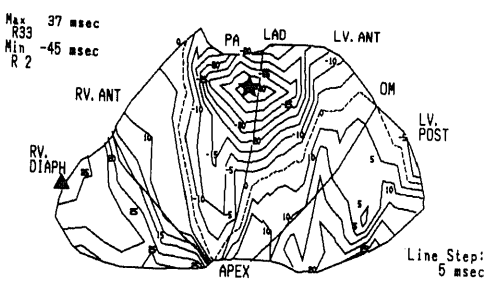


Fig. 8. Epicardial map during left ventricular high anterior septal pacing. ★, the earliest exciting point ; ▲, the latest exciting point.

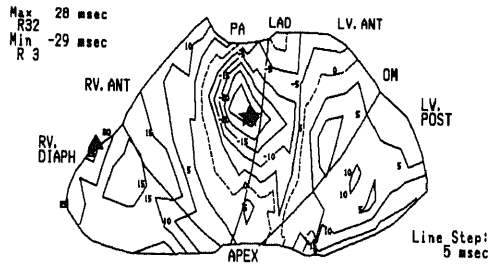


Fig. 9. Epicardial map during left ventricular middle anterior septal pacing. ★, the earliest exciting point ; ▲, the latest exciting point.

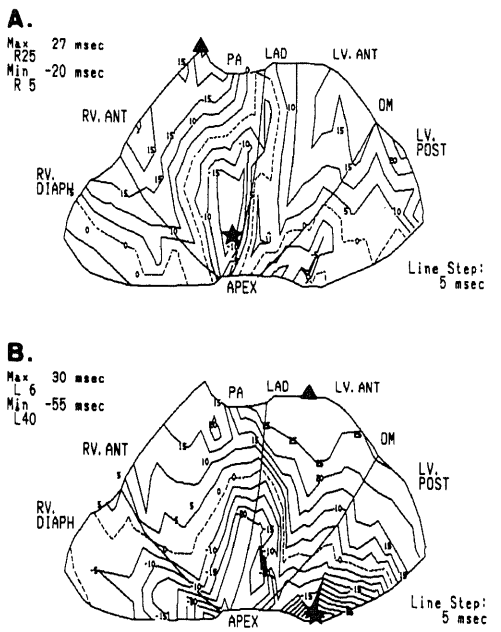


Fig.10. Epicardial map during left ventricular low anterior septal pacing. A is the standard pattern. The earliest exciting point is presented at low anterior septal site near the pacing point. B is the special pattern which shows the apical earliest excitation. ★, the earliest exciting point ; ▲, the latest exciting point.

奮は，等時線の密度が高く伝導が遅延していた．そのため，右室自由壁は左室自由壁に比べ遅れて興奮していた．最遅興奮部位は右室側壁心基部の房室接合部であった．

3．左室下位前中隔 (図10)

2種類の心室興奮伝導パターンが認められた．第一は，最早期興奮は前下行枝遠位部に出現し，まず前中隔に沿って心基部方向および心尖部を越えて後中隔方向に伝導し，次に左右心室自由壁に広がった．最遅興奮部位は右室流出路の肺動脈基部後中隔よりであった (図10A)．第二は，最早期興奮部位は左室心尖部に出現し，15msec 以上遅れて前中隔に沿って，続いて後中隔に沿って心基部方向に伝導し，その後で左右心室自由壁が心尖部側から心基部に向かって興奮した．最遅興奮部位は左室前壁心基部の房室接合部であった (図10B)．

4．左室高位後中隔 (図11)

最早期興奮は後下行枝近位部に出現し，まず後中隔から左室自由壁に，少し遅れてあるいは若干の遅延伝導を伴い右室自由壁に伝導した．前壁に関しては，前中隔を心尖部より心基部に向かい上行する興奮と心基部を左右の後壁から回り込む興奮により W 字型の興奮伝導を呈し，最遅興奮部位は右室流出路肺動脈基部あるいは左室前壁心基部の前下行枝根部近傍であった．

5．左室中位後中隔 (図12)

最早期興奮は後下行枝中位部に出現し，まず後中隔から左室自由壁に広がり，続いて前中隔を心尖部より心基部に向かい上行した．さらに，少し遅れてあるいは若干の遅延伝導を伴い興奮は右室自由壁に伝導した．最遅興奮部位は右室流入路前壁の房室接合部であった．

6．左室下位後中隔 (図13)

最早期興奮は左室心尖部あるいは左脚領域より出現し，まず左室自由壁に広がった．後中隔および前中隔より右室自由壁に向かう興奮は中隔の右室側で等時線が密となり伝導遅延が認められた．前後の中隔より興奮が伝導するため，右室自由壁の興奮伝導は V 字型を呈した．最遅興奮部位は右室前壁流出路肺動脈基部であった．

7．右室上位前中隔 (図14)

最早期興奮は前下行枝近位部右室側に出現し，まず前中隔を心尖部に向かい下行した．次に，4例中3例

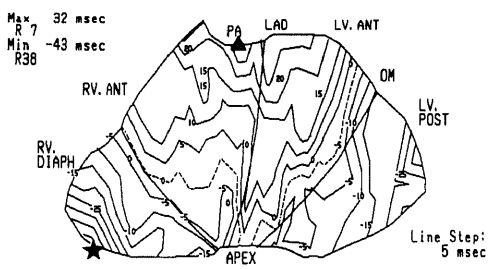


Fig.11. Epicardial map during left ventricular high posterior septal pacing. ★, the earliest exciting point ; ▲, the latest exciting point.

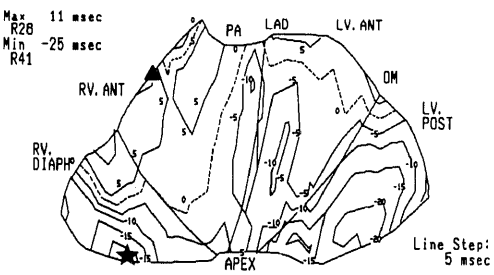


Fig.12. Epicardial map during left ventricular middle posterior septal pacing. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point.

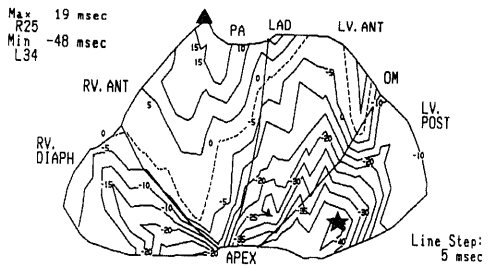


Fig.13. Epicardial map during left ventricular low posterior septal pacing. ★, the earliest exciting point ; ▲, the latest exciting point.

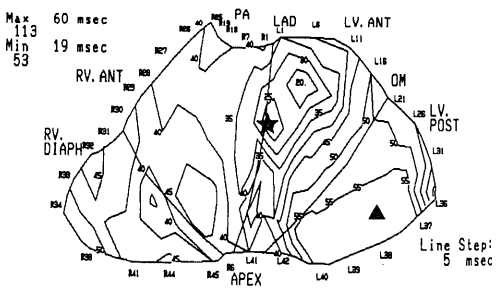


Fig.14. Epicardial map during right ventricular high anterior septal pacing. ★, the earliest exciting point, ▲, the latest exciting point.

において右脚領域の早期興奮が認められ，興奮は右室自由壁全体に伝導した．前中隔から左室自由壁に向かう興奮は伝導遅延を伴い，前壁から後壁へと伝導した．最遅興奮部位は左室後壁の後中隔寄りであった．

8．右室中位前中隔 (図15)

最早期興奮は前下行枝中位部右室側に出現し，まず前中隔に沿って心基部および心尖部方向に伝導した．次に，右脚領域の早期興奮が認められ，興奮は右室自由壁全体に伝導した．前中隔から左室自由壁に向かう興奮は伝導遅延を伴い，前壁から自由壁へと伝導した．最遅興奮部位は左室側壁ないし後壁の心基部房室接合部であった．

9．右室下位前中隔 (図16)

最早期興奮は前下行枝遠位部右室側に出現し，まず前中隔に沿って心基部方向に伝導すると同時に，右脚領域にも伝導した．興奮が右室全域に及んだ頃より前中隔から左室自由壁に向かう伝導遅延を伴う興奮が伝導し，後中隔から左室自由壁に向かう興奮とともに，V字型の等時線を形成した．最遅興奮部位は左室前壁心基部の房室接合部であった．

10．右室上位後中隔 (三尖弁と肺動脈弁の間の領域) (図17)

最早期興奮は右室流入路と流出路の間の大動脈基部と近接する領域に出現し，同心円状に右室へ興奮が伝播した．その後に前中隔および後中隔より左室自由壁に向かって興奮が伝播した．左室内の興奮伝導速度は明らかに遅く，等時線は右室より密であった．最遅興奮部位は左室自由壁のほぼ中央で，鈍角枝中位部の領域であった．

11．右室中位後中隔 (三尖弁より心尖部寄りの三尖弁側1/2の領域) (図18)

最早期興奮は後下行枝近位部ないしは中位部右室側に出現し，右室自由壁を後壁・前壁・流出路の順に広がった．左室は，後中隔続いて前中隔より伝導遅延を伴って興奮を始め，V字型の等時線が形成された．最遅興奮部位は左室前壁心基部の房室接合部であった．

12．右室下位後中隔 (三尖弁より心尖部寄りの心尖部側1/2の領域) (図19)

最早期興奮は後下行枝遠位部ないしは右室心尖部に出現し，右室自由壁を後壁・前壁・流出路の順に広がった．左室は，右室中位後中隔と同様の興奮様式で，V字型の等時線が形成された．最遅興奮部位は左室前壁心基部の房室接合部であった．

これらの最早期興奮部位および最遅興奮部位を各領

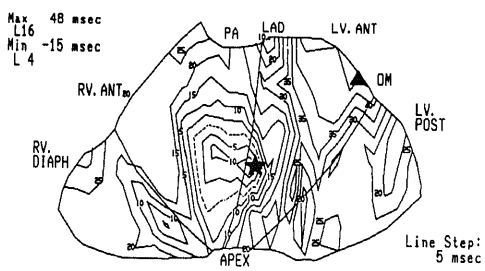


Fig.15. Epicardial map during right ventricular middle anterior septal pacing. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point.

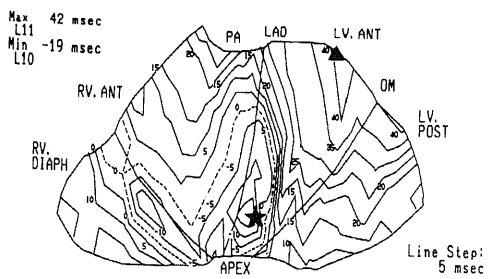


Fig.16. Epicardial map during right ventricular low anterior septal pacing. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point.

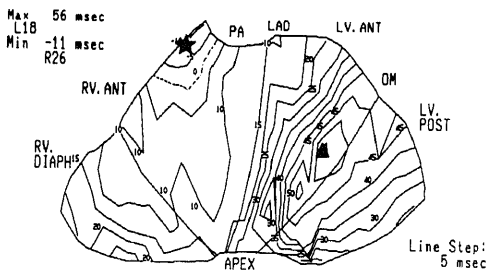


Fig.17. Epicardial map during right ventricular high posterior septal pacng. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point.

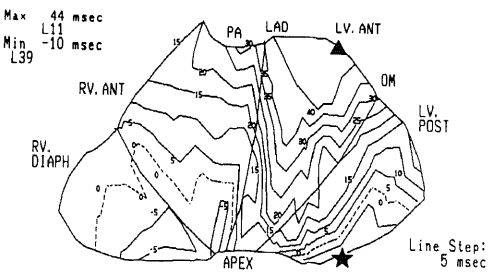


Fig.18. Epicardial map during right ventricular middle posterior septal pacing. ★, the earliest exciting point; ▲, the latest exciting point.

域ごとにまとめると図20から図23のごとくなった．

Ⅲ．ペーシング部位の心表面からの深さの推定

1．深さ－興奮伝導時間：ペーシング部位が心表面から深くなるほど興奮伝導時間は長くなった (n＝48；r＝0.808，p＜0.001；Rs＝0.844，p＜0.001)．一次回帰直線は，Y＝6.05＋1.83X であった (図24)．

2．深さの前方後方比－興奮伝導時間の前方後方比

深さの前方後方比が大きくなるほど興奮伝導時間の前方後方比は大きくなった (n＝18；r＝0.840，p＜0.001；Rs＝0.818，p＜0.001)．一次回帰直線は，Y＝0.912＋0.442X であった (図25)．

3．深さ－心表面興奮時間

この両者には有意な相関を認めなかった (n＝23；r＝－0.266，p＞0.20；Rs＝－0.397，p＞0.05) (図26)．

4．心尖部までの距離－伝導時間

心尖部に早期興奮を生じた例を除いて検討したが，ペーシング部位が心尖部より遠くなるほど興奮伝導時間は長くなった (n＝25；r＝0.753，p＜0.001；Rs＝

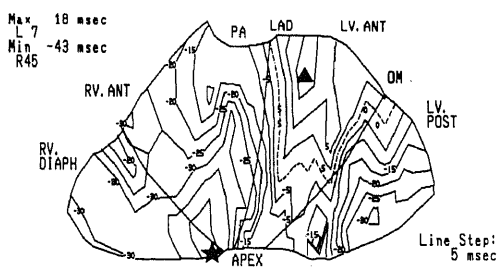


Fig.19. Epicardial map during right ventricular low posterior septal pacing. ★, the earliest exciting point；▲, the latest exciting point.

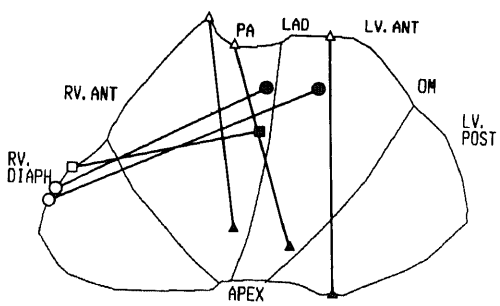


Fig.20. Locatin of the earliest exciting points and latest exciting points during left ventricular anterior septal pacing. Six pacing sites are classified in two high anterior (●—○), one middle anterior (▲—△) and three low anterior septum (■—□). The closed and open symbols mean respectively the earliest and latest exciting points.

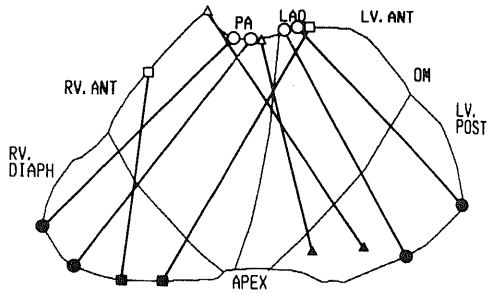


Fig.21. Location of the earliest exciting points and latest exciting points during left ventricular posterior septal pacing. Eight pacing sites are classified in four high posterior (●—○), two middle posterior (▲—△) and two low posterior septum (■—□). The closed and open symbols mean respectively the earliest and latest exciting points.

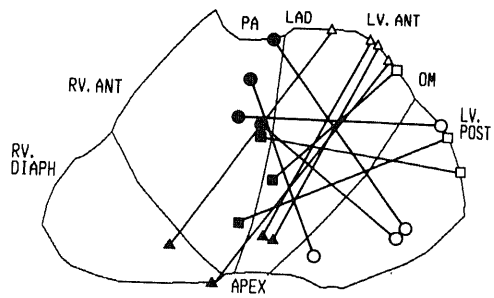


Fig.22 Location of the earliest exciting points and latest exciting points during right ventricular anterior septal pacing. Ten pacing sites are classified in four high anterior (●—○), three middle anterior (▲—△) and four low anterior septum (■—□). The closed and open symbols mean respectively the earliest and latest exciting points.

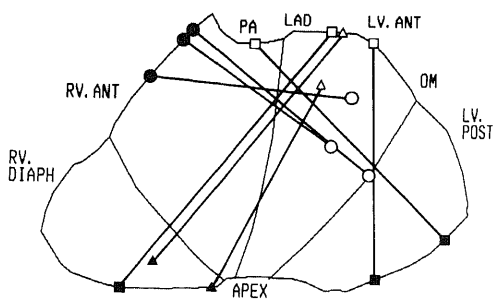


Fig.23. Location of the earliest exciting points and latest exciting points during right ventricular posterior septal pacing. Eight pacing sites are classified in three high posterior (●—○), three middle posterior (▲—△) and two low posterior septum (■—□). The closed and open symbols mean respectively the earliest and latest exciting points.

0.761, $p<0.001$). 一次回帰直線は, $Y=17.86+0.70X$ であった (図27).

考　　察

心表面マッピングによる心表面興奮伝播図の作成が, 不整脈の起源部位診断や機序の解析に有用であることは諸家の報告により明らかである[17~20]. 当科においても, WPW 症候群・心房性頻拍症・心室性頻拍症などに対して実験的検討を行い[21~23], かつ根治的外科治療の手術部位決定のために臨床応用し良好な成績を得ている[12~14].

虚血性の心室性頻拍症例では心表面興奮伝播図による手術部位の決定には, 限界があることが指摘されて

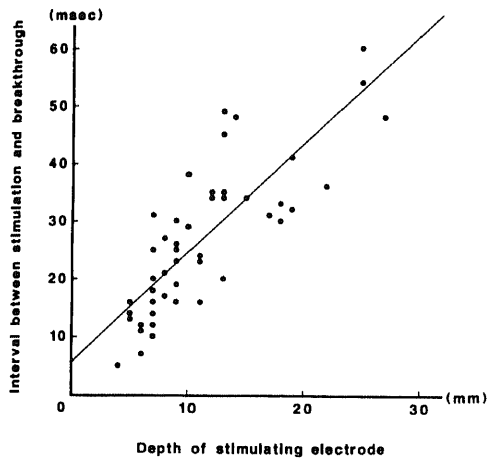


Fig.24. Correlation diagram between depth of the stimulating electrodes and the time from the stimulus to epicardial breakthrough. Correlation coefficient (r) is 0.808 ($N=47$, $p<0.001$). The line of best fit ($Y=1.83X+6.05$) is shown.

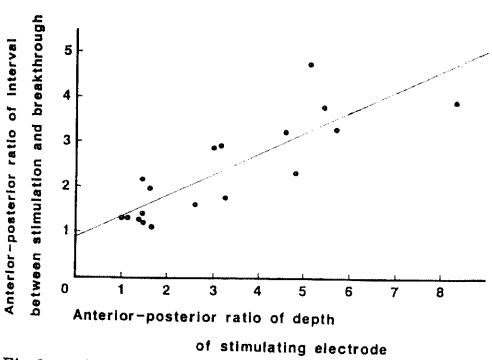


Fig.25. Correlation diagram between anterior-posterior ratio of depth of the stimulating electrodes and anterior-posterior ratio of interval between stimulation and breakthrough. Correlation coefficient (r) is 0.840 ($N=18$, $p<0.001$). The line of best fit ($Y=0.44X+0.91$) is shown.

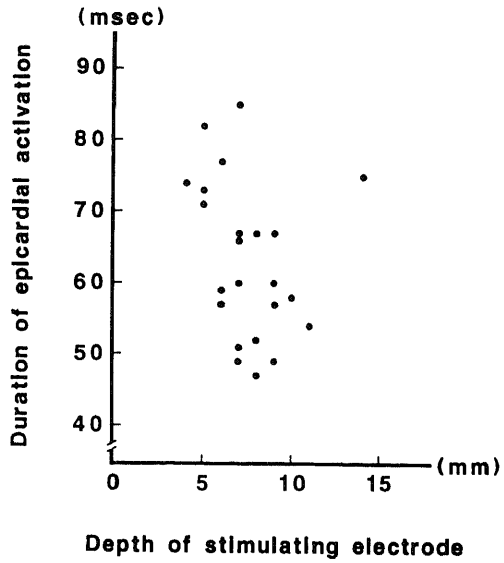


Fig.26. Correlation diagram between depth of the stimulating electrodes and the duration of epicardial activation. Correlation coefficient (r) is -0.267 ($N=23$, $p<0.20$).

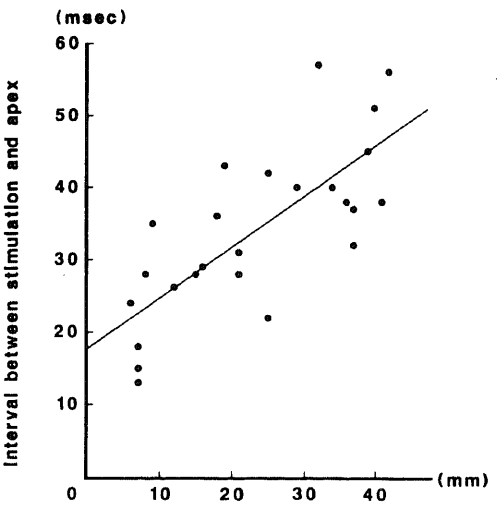


Fig.27. Correlation diagram between depth of the stimulating electrodes from apex and the time from the stimulus to apical excitation. Correlation coefficient (r) is 0.753 ($N=25$, $p<0.001$). The line of best fit ($Y=0.70X+17.86$) is shown.

おり，術中の心内膜マッピングに基づいて行われることが多い[24)~26)]．また，非虚血性でも中隔起源の心室性頻拍では心表面から得られた情報は間接的なものにすぎず，術前・術中の心内膜マッピングにより手術部位の決定がなされることが多い．しかし，術前検査では透視下の部位診断にすぎず，術中心内膜マッピングでも，特に非虚血性心室性頻拍では心室壁の切開・牽引を行うと頻拍が誘発されなくなり手術部位決定に難渋することが少くない．

心室中隔は心表面から離れかつ複雑な形態をしていること，刺激伝導系が存在して興奮伝播速度が伝播方向により異なること，実験的なペーシングが行いにくいことなどから，この領域に発生した興奮かどのように心表面に伝播するかという研究は少く[27)~29)]，まだ解決されていない問題の一つである．

また，これまでに種々のマッピング法が報告されている[30)~33)]．心表面よりの電位誘導法には単極誘導法・双極誘導法があり，電位採取点も最大192点までの報告がある．興奮到達時刻の判定法や興奮伝播図の作成法にもいくつもの方法がある．しかし，これらの報告を見ても，心表面に起源のある単純な不整脈の部位診断や解析には有用であったが，心室中隔のごとくより複雑な不整脈の解析にはまだ不十分と考えられた．

そこで，今回は精度の高いマッピングシステムを使用し，心表面興奮伝播の情報より心室中隔の興奮の発生部位および伝播様式を推定することを目的に実験および考察を行った．

今回用いたマッピングシステムでは，興奮到達時刻の測定に双極誘導法を，その判定には微分絶対値が最大となる点をとる方法を採用し，フィルター・アンプなどのハードウェアーの精度が極めて高く，採取された波形が良好で雑音もほとんど認められなかった．ゆえに，人間による自動認識の修正は1興奮伝播図 (87測定点) につき0ないし2点程度で，誤差をほとんど考慮する必要なく測定・処理が可能であった．その結果，ややなめらかさには欠けたが，解析に耐え得る非常に明瞭な等時線が描かれた．さらに，従来の方法では明らかに示し得なかった洞調律時の右脚および左脚によって早期に興奮する領域が，5例全例において明瞭に分離することができた．また，遅延伝導の生じる領域もより明瞭となった．

必要な情報が得られるならば，可能な限り心表面の電位採取点数を減らした方が興奮伝播図作成に要する時間も短縮され，マッピングシステムの単純化・小型化が可能となる．そこで，システムのプログラムに含まれている補間法を用いて，53測定点からの情報を用いて興奮伝播図を描かせ，87測定点法による興奮伝播図と比較を行った．洞調律時には，87測定点法で描出された左脚領域の早期興奮が53測定点法ではやや不明瞭となった．心室中隔ペーシング時には，両測定法の最早期興奮部位あるいは最遅興奮部位が87点測定法で2点以上すなわち実測で約 1cm 以上離れてしまったものが6例 (18.2%) あり，87点測定法の優位性は明かで以後の解析にはこの方法を用いることとした．

手術に際しては，切開を加える心室を決定するために左室中隔か右室中隔かの鑑別を行う必要があるが，それは今回の方法により比較的容易であった．最早期興奮部位は，ペーシング側の心室に存在することが多かったが，右室中隔ペーシングでは19例中5例 (26.3%) が前下行枝あるいは後下行枝より左室側であり，左室中隔ペーシングでは14例中7例 (50.0%) が右室側であった．これは，マッピングの基準としている前下行枝および後下行枝が中隔の左室側と右室側の境界を走行しているとは限らず，左室側に偏位していることが多かったためと考えられる．最遅興奮部位は，ペーシングされた心室を反映しており，右室中隔ペーシングでは19例中18例 (94.7%) で左室に，左室中隔ペーシングでは14例中10例 (71.4%) で右室に存在した．ペーシング側心室に最遅興奮部位が存在したのは5例 (15.2%) のみで，その存在部位は洞調律時においても最も遅く興奮する肺動脈基部から前下行枝の根部にかけての領域であった．逆にこの領域以外に最遅興奮部位が存在する場合には，全例でその対側心室中隔にペーシング部位が存在した (表1)．

Table 1. Relation between pacing sites and location of the earliest and the latest exciting points.

Pacing site	Location of EEP		Location of LEP	
	LV	RV	LV	RV
LV	7(50.0%)	7(50.0%)	4(28.6%)	10(71.4%)
RV	5(26.3%)	14(73.7%)	18(94.7%)	1(5.3%)

EEP, earliest exciting point: LEP, latest exciting point

Table 2. Relation between pacing sites and early excitation of bundle branch lesion.

Pacing site	Early excitation area		
	LBB lesion	RBB lesion	Apical lesion
LV ANT.	2(33.3%)	0	1(16.7%)
LV POST.	1(12.5%)	0	0
RV ANT.	0	8(72.7%)	1(9.1%)
RV POST.	0	0	1(12.5%)

LBB, left bundle branch : RBB, right bundle branch.

Table 3. Relation between pacing sites and conduction delay.

Pacing site	Direction of conduction delay	
	RV→LV	LV→RV
LV	4(30.8%)	13(92.9%)
RV	18(94.7%)	0

ペーシングの刺激が刺激伝導系を伝わり，洞調律時興奮伝播図で示された脚領域あるいは心尖部に早期興奮が認められたのは14例 (42.4%) であった．右脚領域早期興奮を認めたのはすべて右室前中隔ペーシングで，11例中８例 (72.7%) と高率であった．高位・中位・下位のいずれにも認められ，ペーシング部位が心基部寄りか心尖部寄りかの鑑別には有用でなかった．左脚領域早期興奮を認めたのは３例で左室下位中隔ペーシング例のみであった．この３例は，ほぼ同様に右脚ブロック類似の興奮伝播様式を呈し，最遅興奮部位も右室流出路の肺動脈基部からその後中隔よりであり，前中隔・後中隔の鑑別は困難であった．脚領域早期興奮を認めた11例ではすべて同側心室中隔にペーシング部位が存在した (表2)．

心尖部に早期興奮を認めたのは，右室下位前中隔・右室下位後中隔・左室下位前中隔の各１例合わせて３例であり，そのいずれも最遅興奮部位は左室前壁心基部寄りであった．これらの３例では，実測によるペーシング部位から心尖部までの距離は前後の心表面までの距離よりも長く，心尖部方向への興奮伝導速度が速くなっており，何らかの刺激伝導系の関与が示唆される．しかし，心尖部に早期興奮を認めただけでは，左右どちらの心室をペーシングしたか鑑別することは不可能であった．

Smith ら[28]の研究では，中位中隔レベルにおいて中隔を右・左・中間に分けさらにそれぞれを前部・中部・後部とした９区画のうち，左中部中隔のペーシングで心尖部あるいは左脚領域に早期興奮を認めたという．また，牛島[23]は中位心室中隔のペーシングを行い，最早期興奮部位は後方中隔刺激では心尖部に認められ，刺激部位が前方に移るほど前中隔の高位へ移る傾向を認めている．しかし，今回の検討では中位中隔刺激では心尖部に最早期興奮が認められるパターンは出現せず，刺激部位に近い心表面に最早期興奮を認めたのみであった．

解剖学的には，左右に分かれた脚は心内膜下を走行し，右脚は前乳頭筋基部に達した後に分枝するのに対し，左脚は右脚との分枝後すぐに前枝・後枝に分かれるとされていたが，中隔枝を含め３分枝とする報告[34]や扇状の広がりをもつという報告[35][36]もある．ゆえに，右脚にペーシングの興奮が伝導する場合にははっきりとした右脚領域の早期興奮を示すのに対して，左脚の場合には左脚領域の早期興奮が明瞭でないことが多く，その程度がまちまちであることは解剖学的特性によるものと考えられる．また，脚に興奮が伝導するならば脚領域に早期興奮をもたらし，刺激のはいる部位が近位・遠位に関わらず類似した心表面興奮伝播様式を呈すると考えられる．

心表面興奮伝播図の等時線密度より興奮伝導速度の大小が判定される．すなわち，密度が低いところでは伝導速度が速く，密度が高いところでは伝導速度が遅い．今回の検討では，右室中隔ペーシングを行った19例中18例 (94.7%) に中隔から左室方向への伝導の遅延を，左室中隔ペーシングを行った14例中13例 (92.9%) に中隔から右室方向，４例 (30.8%) に中隔から左室方向への伝導の遅延を認めた (表3) この伝導の遅延はペーシング部位が心表面より深いほど顕著な傾向であった．左室中隔ペーシングで，右室・左室両方向に伝導の遅延を認めた例は，すべてペーシング部位が心内膜面ではなく中隔心筋内に存在した．牛島[23]も同様の所見を認め，頻拍起源の左右心室中隔および中隔心筋内の鑑別に有用であると述べている．心筋内の興奮

伝導速度が均一であると仮定すると，左室中隔刺激の場合には右室自由壁の興奮は一旦心室間接合部を経由して伝わるために，左室自由壁に比べて伝導が遅く等時線が密になり得るが，右室中隔刺激の場合には左右差は出てきにくい．Durrer ら[37]，川筋[38]は正常心における心筋内を含めた興奮伝導様式の研究により，心内膜を速い速度で伝導した興奮が心筋層を通してややゆっくりと心外膜に広がることを確かめ，心内膜面における刺激伝導系の伝導速度・伝導様式における影響を証明している．心室中隔刺激でも，ペーシングにより生じた興奮が心内膜面の刺激伝導系を速く伝導し，次にやや遅い伝導速度で心内膜から心外膜およびペーシングした中隔から対側中隔に向かって興奮が伝わると考えると，この伝導遅延の機序およびペーシングされた左右中隔の鑑別に伝導遅延が有用な理由が説明される．

以上のことより，ペーシングされた心室中隔の左右鑑別は，1）脚領域に早期興奮が認められた場合には同側の心室中隔にペーシング部位が存在する．2）傍中隔領域に伝導遅延が認められた場合には対側の心室中隔にペーシング部位が存在する．3）最遅興奮部位が肺動脈基部ないしは前下行枝近位部に存在しない場合には最遅興奮部位の対側心室中隔にペーシング部位が存在する．の順に有用と考えられる．この3つの条件に基づいて左右診断を行うと，左室下位後中隔刺激で心尖部に最早期興奮が生じた1例を除き，34例中33例 (97.1%) で正しい左右診断が可能であった．

ペーシングされた心室中隔の前後の診断は，早期興奮が前中隔あるいは後中隔に明らかに認められた症例では，早期興奮の出現した方に偏位してペーシング部位が認められた．しかし，心尖部あるいは脚領域に早期興奮を認めた例では，中隔の早期興奮との融合により興奮伝播線が形成されるため，前後の鑑別が困難になることがあった．たとえば，左室下位前中隔で心尖部近くを刺激した1例では左脚および心尖部からの早期興奮の影響が強く，前後の鑑別が不能であった．

ペーシング部位の心表面からの深さとペーシングから心表面までの興奮伝導時間について，危険率0.1%未満で正の相関関係を認め，その一次回帰直線より算出された伝導速度は0.55m/sec であった．また，ペーシング部位から心尖部までの距離と伝導時間の間にも危険率0.1%未満で正の相関関係を認め，その一次回帰直線より算出された伝導速度は1.43m/sec であった．前者と後者の伝導速度には有意差を認めた ($p<0.001$)．これらは，これまでに報告されているPurkinje 線維 (2～4m/sec)，心室筋 (0.5～1.0m/sec) の興奮伝導速度とよく一致していた[39][40]．ゆえに，刺激伝導系そのものを刺激しなくとも中隔の興奮は伝導系に伝わり，長軸方向により速い速度で伝導しているものと考えられる．

さらに，心表面からペーシング部位までの深さの前方後方比に対する興奮伝導時間の前方後方比についても危険率0.1%未満で正の相関関係を認めた．個体差や麻酔等の影響を考慮する必要のある術中マッピング時には，前方後方比を用いた方がより有用な指標であると考えられる．

ペーシング部位の深さと心表面興奮時間に相関関係を認めたとの報告もあるが[28][41]，今回の検討では脚領域や心尖部に刺激伝導系を介する早期興奮を認めた例が多かったため相関は認められなかった．中隔ペーシングでは，心表面興奮時間は洞調律時より長く，自由壁ペーシング時より短い傾向を認めたのみであった．同じく，これらの報告では心表面初期興奮領域面積との相関をも述べているが，同様に今回は相関を認めなかった．刺激伝導系の関与のみならず便宜的に作成されたマップ上に投影された初期興奮領域の面積測定という人為的な操作の関与を考えると，一部の特殊な領域に限定するならばともかく全中隔領域のペーシング部位の深さを推定するパラメーターとしては不適当と考えられる．

結　　論

心室中隔ペーシングによる中隔起源心室性頻拍モデルの心表面興奮伝播図の検討を行い，以下の結論を得た．

1．87測定点による心表面興奮伝播図は53測定点法に比べて正確で情報量が多く優位であった．洞調律時には，前中隔右側心尖部寄りに最早期興奮部位があり，続いて右脚領域，左脚領域の順に早期興奮を呈し心室全体に興奮が伝播した．最遅興奮部位は右室前壁肺動脈基部の前中隔寄りであった．

2．心室中隔を左右，前後，上中下の12区域に区分してペーシングを行ったが，それぞれに特徴的な心表面興奮伝播図が得られた．

3．ペーシング部位の左右鑑別は，脚領域の早期興奮・傍中隔領域の伝導遅延・最遅興奮部位の位置などにより可能であった．

4．ペーシング部位の前後および上中下の鑑別は，最早期・最遅興奮部位の位置により可能であった．

5．ペーシング部位の心表面からの深さとペーシングから心表面の早期興奮までの興奮伝導時間および心尖部までの距離と興奮伝導時間にそれぞれ正の相関関

係を認めた ($p<0.001$). また，深さの前方後方比に対する興奮伝導時間の前方後方比についても正の相関関係を認めた ($p<0.001$).

6．心室中隔における興奮伝導速度は伝導方向により異なり，前後方向 (0.55m/sec) よりも刺激伝導系に沿った長軸方向 (1.43m/sec) のほうが速かった ($p<0.001$).

7．心表面興奮伝播図より得られた情報から，心室中隔のペーシング部位の推定が可能であると考えられる．ただし，刺激伝導系が関与して心尖部に最早期興奮が認められた例ではペーシング部位の推定は困難で，他のパラメーターを導入する必要がある．

謝　辞

稿を終えるにあたって，終始御指導と御校閲を賜った恩師岩　喬教授に心から深謝致します．また，研究に多大な御協力を頂きました金沢大学第一外科の諸先生方に感謝いたします．

文　献

1) 岩　喬，数井暉久，杉井重雄，和田寿郎：Wolff-Parkinson-White 症候群の外科治療．胸部外科，**23,** 513-517 (1970).

2) 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).

3) 市橋　匠，岩　喬，三崎拓郎，橋爪泰夫，石田一樹，岡田了三，濱本　鉱，飯田恵子：左房調律性頻拍の外科治療．心臓，**15,** 789-795 (1983).

4) 坪田　誠，岩　喬，三崎拓郎，向井恵一，松永康弘，渡辺洋宇：房室結節回帰性頻拍に対する直達手術成功の1例．心臓，**22,** 32-37 (1990).

5) **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., **91,** 225-233 (1980).

6) 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，**32,** 619-625 (1984).

7) **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).

8) 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：体表面心電図による心室性頻拍発生部位診断．心電図，**4,** 433-438 (1984).

9) **Nakajima, K., Bunko, H., Tada, A., Taki, J., Tonami, N., Hisada, K., Misaki, T. & Iwa, T.:** Phase analysis in the Wolff-Parkinson-White syndrome with surgically proven accessory conduction pathways: concice communication. J. Nucl. Med., **25,** 7-13 (1984).

10) 岩　喬，麻柄達夫：心表面電位図の効用について．総合臨床，**33,** 697-702 (1984).

11) 三崎拓郎，向井恵一，坪田　誠，松永康弘，大竹裕志，岩　喬：心室性頻拍のマッピングと手術所見から見たマクロリエントリー路．日本心電学会誌，**9,** 205-209 (1989).

12) **Iwa, T., Misaki, T., Mukai, K., Magara, T. & Kamata, E.:** Radical surgical cure of Wolff-Parkinson-White syndrome; The Kanazawa experience. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., **80,** 271-279 (1980).

13) 松永康弘，岩　喬，向井恵一，三崎拓郎，市橋匠，品川　誠：心房頻拍性不整脈の外科治療．日胸外会誌，**37,** 1083-1087 (1989).

14) 坪田　誠，三崎拓郎，岩　喬：心室性頻拍に対する外科治療の遠隔成績．日心血外会誌，**19,** 516-518 (1989).

15) 斉藤　裕，岩　喬，三井　毅，松永康弘，笠原善郎，三崎拓郎：右後中隔 WPW 症候群の特異性と外科治療．心臓，**19,** 1176-1182 (1987).

16) 三崎拓郎，向井恵一，坪田　誠，上山圭史，渡辺剛，松永康弘，飯田茂穂，岩　喬：左室後中隔起源の非虚血性心室性頻拍の外科治療の検討．心臓ペーシング，**4,** 393-398 (1989).

17) **Spurrell, R. A. J., Yates, A. K., Thorburn, C. W., Sowton, G. E. & Deucher, D. C.:** Surgical treatment of ventricular tachycardia after epicardial mapping studies. Br. Heart J., **37,** 115-126 (1975).

18) **Klein, G. J., Ideker, R. E., Smith, W. M., Harrison, L. A., Kasell, J. H., Wallace, A. G. & Gallagher, J. J.:** Epicardial mapping of the onset of ventricular tachycardia initiated by programmed stimulation in the canine heart with chronic infarction. Circulation, **60,** 1375-1384 (1979).

19) **Fontaine, G., Guiraudon, G. & Frank, R.:** Mechanisms of ventricular tachycardia with and

without associated chronic myocardial ischemia: Surgical management based on epicardial mapping. In O. S. Narula (eds.), Cardiac Arrhythmias, Electrophysiology, Diagnosis and Management, 1st ed., p515-545, Williams & Wilkins, Baltimore, 1979.

20) Mason, J. W., Stinson, E. B., Oyer, P. E., Winkle, R. A., Huns, S., Anderson, K. P. & Derby, G. C.: The mechanism of ventricular tachycardia in humans determined by intraoperative recording of the electrical activation sequence. Int. J. Cardiol., **8,** 163-172 (1985).

21) 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).

22) 三井 毅: Woff-Parkinson-White 症候群における頻拍性不整脈の臨床的実験的研究．十全医会誌，**93,** 73-97 (1984).

23) 牛島 聡: 心室性頻拍発生部位に関する実験的並びに臨床的研究．十全医会誌，**93,** 127-146 (1984).

24) Spielman, S. R., Michelson, E. L., Horowitz, L. N., Spear, J. F. & Moore, E. N.: The limitation of epicardial mapping as a guide to the surgical therapy of ventricular tachycardia. Circulation, **57,** 666-670 (1978).

25) Josephson, M. E., Horowitz, L. N., Spielman, S. R., Greespan, A. M., VandePol, C. & Harken, A. H.: Comparison of endocardial catheter mapping with intraoperative mapping of ventricular tachycardia. Circulation, **61,** 395-404 (1980).

26) Horowitz, L. N., Josephson, M. E. & Harken, A. H.: Epicardial and endocardial activation during sustained ventricular tachycardia in man. Circulation, **61,** 1227-1238 (1980).

27) Mickleborough, L. L.: Surgery for ventricular tachycardia: Intraoperative mapping techniques. Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg., **1,** 74-82 (1989).

28) Smith, W. M., Ideker, R. E., Smith, W. M., Kasell, J., Harrison, L., Bardy, G. H., Gallagher, J. J. & Wallace, A. G.: Localization of septal pacing sites in the dog heart by epicardial mapping. J. Am. Coll. Cardiol., **1,** 1423-1434 (1983).

29) Tweddell, J. S., Harada, A., Schuessler, R. B., Stone, C. M., Rokkas, C. K., Branham, B. H., Boineau, J. P. & Cox, J. L.: Computerized potential distribution mapping for rapid localization of ventricular tachycardia of septal origin. Surg. Forum, **34,** 257-259 (1988).

30) Gallagher, J. J., Kasell, J. H., Cox, J. L., Smith, W. M., Ideker, R. E. & Smith, W. M.: Techniques of intraoperative electrophysiologic mapping. Am. J. Cardiol., **49,** 221-240 (1982).

31) Downar, E., Parson, I. D., Mickleborough, L. L., Cameron, D. A., Yao, L. C. & Waxman, M. B.: On-line epicardial mapping of intraoperative ventricular arrhythmias: initial clinical experience. J. Am. Coll. Cardiol., **4,** 703-714 (1984).

32) Tweddell, J. S., Branham, B. H., Harada, A., Stone, C. M., Rokkas, C. K., Schuessler, R. B., Boineau, J. P. & Cox, J. L.: Potential mapping in septal tachycardia: Evaluation of a new intraoperative mapping technique. Circulation, **80,** I97-108 (1989).

33) 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).

34) Uhley, H. N. & Rivikin, M. L.: Electrocardiographic pattern following interruption of the main and peripheral branches of the canine right bundle of His. Am. J. Cardiol., **7,** 810-816 (1961).

35) Lazzaral, R., Ye, B. K. & Samet, P.: Functional anatomy of the canine left bundle branch. Am. J. Cardiol., **33,** 623-632 (1974).

36) Massing, G. K. & James, T. N.: Anatomical configration of the His bundle and bundle branches in the human heart. Circulation, **53,** 609-921 (1976).

37) Durrer, D., van Dam, R. Th., Freud, D. E., Janse, M. J., Meijler, M. D. & Arzbaecher, R. C.: Total excitation of the isolated heart. Circulation, **41,** 899-912 (1970).

38) 川筋道雄: 心室興奮伝播の電気生理学的研究 (1)正常心による基礎的研究．十全医会誌，**87,** 344-351 (1978).

39) Hoffman, B. F. & Cranefield, P. F.: Electrophysiology of the Heart, 1st ed., p175, McGraw-Hill, New York, 1960.

40) 後藤昌義: 心臓の生理，第1版，30頁，南江堂，東京，1984.

41) 笠原善郎：後中隔型 Wolff-Parkinson-White 症候群の基礎的臨床的研究．十全医会誌，**97**，413-431 (1988).

Determination of the Origin of Ventricular Tachycardia Arising from the Septum by Epicardial Mapping: Experimental Studies Makoto Tsubota, Department of Surgery(1), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Juzen Med. Soc., **99**, 855—869 (1990)

Key words ventricular tachycardia, ventricular septal origin, epicardial mapping, isochronous map

Abstract

To determine the source of excitation in ventricular tachycardia arising from the septum, the present study addressed the epicardial ventriculdr activation pattern, by experimental septal pacing at different locations in ninoteen mongrel dogs. Thirty-three bipolar stimulating elcctrodes were placed on the ventricular septllm to simulate ventricular tachycardia, and bipolar electrocardiograms were recorded from 87 epicardial points on the ventricle to construct an isochronous map by a computerized mapping system. The pacing locations were classified into 12 segments on the septum : right or left; anterior or posterior; upper middle or lower. Normal ventricular excitation through the conduction pathway revealed that the earliest point of excitation was at the right anterior lower paraseptal area, followed by another early point at the bilateral bundle branch area. The 87-point-mapping system was more valuable in analysing ventricular tachycardia than the 53-point-mapping system, and the epicardial activation patterns were characterized for each stimulation on the septal segments. The early excitation on both bundle branch areas, the delayed conduction on the paraseptal area and the later points of excitation were located laterally to the stimulated septal side. In addition, the location of the earlier and later epicardial excitation points determined the exact stimulated segment out of 6 segments on either side. The depth of the pacing points from the epicardium, correlated with the conduction time from stimulation to epicardial breakthrough ($p<0.001$) The anterior-posterior ratio of depth of the pacing points from the epicardium, also correlated with that of the conduction time from epicardial breakthrough ($p<0.001$). The conduction velocity in the ventricular septum depended on its direction being faster in the long axis direction (1.43m/sec) than in the anteroposterior direction (0.55m/sec). In conclusion, according to the information obtained from thc epicardial activalion map, except for the earliest apical excitation point through the conduction pathway, the source of excitation in ventricular tachycardia could be determined.