

# Experimental and Clinical Studies on Ventriculoatrial Conduction

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	<a href="http://hdl.handle.net/2297/7854">http://hdl.handle.net/2297/7854</a>

## 室房伝導に関する実験的臨床的研究

金沢大学医学部第一外科学講座 (主任: 岩 喬教授)

松 永 康 弘

(昭和61年2月4日受付)

本研究は正常例での室房伝導の伝導路部位の決定と Wolff-Parkinson-White (WPW) 症候群における室房伝導時の心房内伝導様式の電気生理学的解明を目的に行った。正常犬を対象とし、心臓カテーテル法によるプログラム刺激法、心房心外膜マッピング、心房中隔マッピングを用いて、室房伝導の電気生理学的検討を行った。また WPW 症候群 15 症例および犬で作製した WPW 症候群モデルを対象に心房心外膜マッピング、心房中隔マッピングを用いて副刺激伝導路を介する室房伝導様式について検討した。正常犬 41 頭中 26 頭が右室連続刺激にて室房伝導を示した。右室連続刺激にて室房伝導を示さなかった (室房ブロック) 15 頭中 7 頭に室房同時ペーシング心室早期刺激法、硫酸アトロピン負荷、開胸術、体外循環、洞結節部切除を行い全例で室房伝導を認めた。室房伝導時の心房心外膜マッピングでは右房後中隔部が、心房中隔マッピングでは三尖弁中隔尖中央部が最早期興奮部位であり、この部は房室結節に一致していた。また、心房中隔マッピングで房室伝導時ヒス束電位が得られた部位で逆行性ヒス束電位が捕えられた。以上より正常犬における室房伝導路は正常伝導路の逆行性伝導であり、室房伝導能は全例に存在するが機能的差異によって室房伝導の発現が影響された。また、副刺激伝導路を介する室房伝導における心房内伝導様式の解析では興奮は副刺激伝導路を最早期興奮部位として同側心房内を伝導し、Bachmann 束と心房背側一後中隔の二経路を介して他側の心房へ進展していた。中隔マッピングでは右房内の結節間路を伝導していた。心房興奮様式は副刺激伝導路の存在部位により特徴的所見を示し、心房心外膜マッピングによる副刺激伝導路の部位診断は信頼すべき方法であった。以上の研究結果から不整脈に対するより正確な診断が可能であり適切な治療がなされうと期待された。

---

**Key words** 室房伝導, 正常伝導路, 心房マッピング, 電気生理学的検査, Wolff-Parkinson-White 症候群

---

近年、心臓電気生理学的諸検査の発達に伴い、心臓の生理的興奮機序や不整脈の発生機序が解明されてきている<sup>1)</sup>。現在、生理的な興奮の伝導路として房室結節-ヒス束-プルキンエ線維系が認められている<sup>2)</sup>。一方、室房伝導に関しては多くの検討がなされてきたが<sup>3)-5)</sup>、A-V universal (DDD 型) ペースメーカー使用に伴う endless loop tachycardia の存在により再び注目されている<sup>6)</sup>。室房伝導時の伝導路については現在まで上記の正常伝導系の逆行性によるものと考えられてきた<sup>7)</sup>。しかし、一方では房室伝導時副刺激伝導路

が存在しない症例において室房伝導曲線の解析から室房伝導方向の副刺激伝導路の介在の主張もなされている<sup>8)-10)</sup>。また従来室房伝導路の決定には切除心筋標本を使用した解析が主になされてきているが臨床状態と異なった面も多い<sup>11)</sup>。その他の室房伝導に関しての実験的<sup>12)</sup> または臨床的研究は<sup>13)14)</sup>、殆どが数本のカテーテル電極による数点の心房内の電位測定点での興奮伝導順序による伝導様式の検討または室房伝導曲線の解析である。

そこで著者は臨床応用可能な手段を用い室房伝導路

---

Abbreviations: Ao, aorta; AS, atrial septum; A-V, atrioventricular; AVN, atrioventricular node; BCL, basic cycle length; CL, cycle length; CS, coronary sinus; CSRT, corrected sinus recovery time; ERP, effective refractory period; FO, fossa ovalis; FRP, functional refractory period; HBE, His bundle electrogram; HRA, high right atrium; IVC,

の決定を目的とし、正常犬および臨床例において室房伝導の伝導路の部位とその伝導様式に関し心臓電気生理学的検討を加え、新たな知見を得たので報告する。

### 対象および方法

#### I. 実験的検討

##### 1. 実験モデルの作成

体重 9.5~32 kg 雑種成犬 41 頭に塩酸ケタミン 10 mg/kg の筋肉内投与、ペントバルビタール 20 mg/kg の静脈内投与による全身麻酔下、気管内挿管により Harvard 型人工呼吸器を用いて室内空気にて調節呼吸を行った。

##### 2. 心臓カテーテル法による心臓電気生理学的検査

右房電位記録および心房刺激のため 4 極カテーテル電極 (6 Fr) (USCI, 米国) を右外頸静脈より挿入し右房腔内に留置した。右室電位記録および心室刺激のための 4 極カテーテル電極を左外頸静脈より挿入し右室腔内に留置した。ヒス束電位記録のための 3 極カテーテル電極 (6 Fr) (Electro-catheterer, 米国) を右大腿静脈より挿入し右房腔内の三尖弁弁輪部のヒス束電位の記録される付近に留置した。

正常犬心臓の室房伝導の有無および心臓電気生理学的特性を検討する目的で以下のプログラム刺激を行った。刺激装置は心臓刺激装置 SEC-2102 (日本光電, 東京) を用い、刺激波のパルス幅は 2 msec, 矩形波で出力は閾値の 2 倍とした。高位右房電位 (HRA), 中位右房電位 (MRA), ヒス束電位 (HBE), 右室電位 (RV) および体表面心電図 I, II 誘導を同時に Mingograph 82 (時定数 0.003 秒, 周波数特性 5-1250 Hz) (Siemens Elema, スウェーデン) を用い、紙送り速度 100 mm/秒で記録した。

##### 1) 高位右房における期外収縮作成法

高位右房に留置した双極電極を用い、基本周期 (basic cycle length, BCL) 300 msec で 9 個のトレイン刺激 ( $S_1$ ) を行い、10 個目に早期刺激 ( $S_2$ ) を加え、連結時間 ( $S_1-S_2$ ) を 5~20 msec ずつ、心房の有効下応期 (effective refractory period, ERP) に達するまで短縮させた。これにより右房の ERP・機能的不応期 (functional refractory period, FRP), 房室伝導系の ERP・FRP を測定した。

##### 2) 右室における期外収縮作成法

右室心尖部に留置した双極電極を用いて 1) と同様の方法によって右室の ERP に達するまで連結時間を短

縮させた。これにより右室の ERP・FRP, 室房伝導系の ERP・FRP を測定した。

##### 3) 高位右房における漸増性連続刺激法

高位右房に留置した双極電極を用いて連続刺激を行い洞調律と同じ刺激周期 (cycle length, CL) から CL を 10~20 msec ずつ 100 msec まで短縮させた。これにより房室伝導系の II 度 A-V block 点を求めた。

##### 4) 右室における漸増性連続刺激法

右室心尖部に留置した双極電極を用いて 3) と同様の方法によって CL を 160 msec まで短縮させた。これにより室房伝導系の II 度 V-A block 点を求めた。

5) 高位右房における連続刺激による洞機能回復時間の測定

高位右房に留置した双極電極を用いて連続刺激を 30 秒間行い 30 秒間休止し、CL 300~150 msec の範囲で 50 msec ずつ短縮させた。これにより最大洞機能回復時間 (maximum sinus recovery time, mSRT), corrected sinus recovery time (CSRT), 自己調律と mSRT との比 (mSRT/p-p) を求めた。

##### 6) 負荷による検討

以上で室房伝導が認められない例に対しては、BCL 300 msec で 9 個のトレイン刺激を高位右房、右室両者に行い、10 個に早期刺激 ( $S_2$ ) を右室のみに加え、連結時間を 5~20 msec ずつ右室の ERP に達するまで短縮させた室房同時ペースング心室早期刺激法 (ventricular extrastimulus testing during basic ventricular and atrial simultaneous pacing, VE·VASP), 硫酸アトロピン負荷 (0.05 mg/kg, 静注) を行い室房伝導の有無を検索した。

検査終了後、各静脈を結紮し、創を閉じ、抗生物質を経静脈的に投与した。

#### 3. 開胸による心臓電気生理学的検査

検査約 1 週間後に、初回検査時と同様の麻酔および呼吸管理下に第 4 肋骨間で胸骨横断、両側開胸し心臓を露出した。

高位右房、右心耳、右房前中隔、左心耳、右心室心尖部の心外膜下に電極間距離 2 mm の双極電極 I<sub>2</sub>-513 (東海医理科, 東京) を刺入した。

##### 1) 心房心外膜マッピング

心房心外膜マッピングは直径 0.5 mm の電極を電極中心間距離 1 mm で三角形に配置した自作の Kaiser 型電極を用い、両心房の心外膜電位採取により心房心外膜マッピングを行った。まず洞調律時の心房

inferior vena cava; LA, left atrium; LAW, left anterior wall; LLW, left lateral wall; LPS, left posterior septum; LPW, left posterior wall; LV, left ventricle; MRA, middle right atrium; MS, membranous septum; mSRT, maximum sinus recovery time; PA, pulmonary

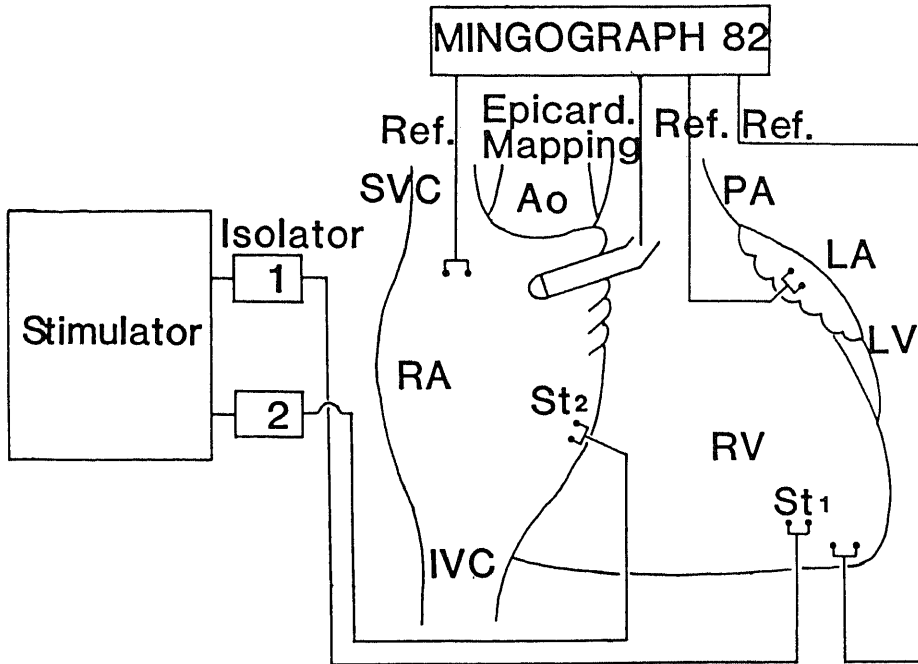


Fig. 1. Schematic representation of the experimental model for epicardial mapping. Epicard. Mapping, atrial epicardial potential; St1, stimulation for right ventricle (RV); St2, stimulation for right atrium (RA).

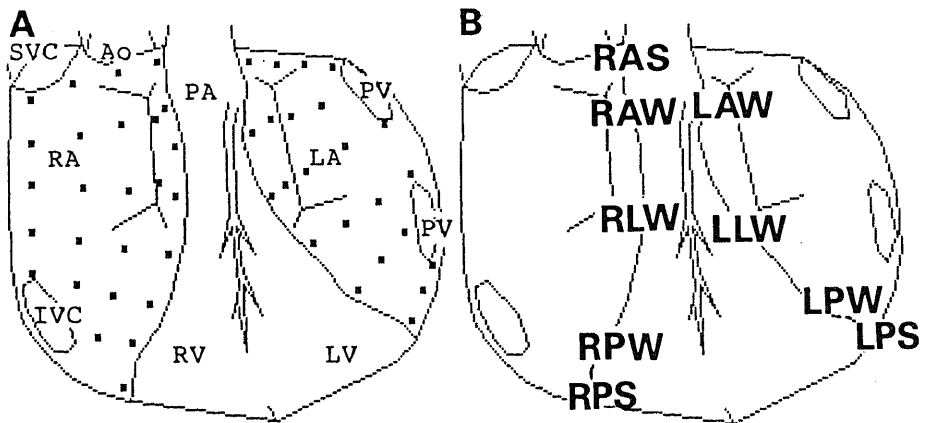


Fig. 2. Atrial map for epicardial excitation. In panel A, the measure points (dots) consist of 49 points. In panel B, atrioventricular ring was divided into 9 sections.

artery; PV, pulmonary vein; RA, right atrium; RAS, right anterior septum; RAW, right anterior wall; Ref., reference; RLW, right lateral wall; RPS, right posterior septum; RPW, right posterior wall; RV, right ventricle; RVA, right ventricular apex; RVS,

興奮伝播図作製のため右房 26 か所、左房 23 か所の計 49 か所の測定点から近接双極誘導を行い、心電図 I, II 誘導、心外膜下電位と同時に Mingograph 82 を用い紙送り速度 100, 250 mm/秒で記録した (図 1)。心房興奮時間の測定は高位右房電位、右心耳電位、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 4~5 拍計測し、その平均値をその部位の興奮到達時間として、著者らが開発したマイクロコンピュータを用いた自動表示装置<sup>15)16)</sup>により心房興奮伝播図を作製した (図 2)。

### 2) 心房中隔マッピング

心房心外膜マッピング後、上大静脈・下大静脈・上行大動脈にそれぞれカニューレションし、ウィリアム・ハーベイ型人工肺 H-800 J (William Harvey, 米国)、人工心肺装置 sarns 5000 (Sarns, 米国) を用いて体外循環下に右房自由壁を房室弁輪から 2 cm 放して弁輪に沿って切開し心房心外膜マッピングと同様の方法で右心房中隔面に 43 点の電位測定点を設定しマッピングを行った (図 3)。

さらに前述の双極電極を心室中隔右室側の膜性中隔直下の心内膜下に刺入した (RVS)。自作の直径 0.5

mm の電極 (電極中心間距離 1 mm) を 1 対とし各電極対が 2×3 mm の距離で 5×6 対並んだ 30 対多重双極マット型電極を用い、心房中隔ヒス束付近をマッピングした。心電図 II 誘導、心外膜下電位、心内膜下電位と同時にポリグラフ MIC-9800 (時定数 0.001 秒, high cut 500 Hz) (フクダ電子, 東京) を紙送り速度 200 mm/秒で記録した (図 4)。

以上の 1), 2) のいずれのマッピング時においても 1) の 2), 3) と同様の方法で右室期外収縮法または右室連続刺激を行って伝導様式を検討した。

また、以上までの操作においても室房伝導を示さない犬では洞結節部を 1×2 cm にわたり切除し室房伝導の有無を検討した。

### 3) WPW 症候群モデルでの検討

5 頭において前述の双極電極を心房の房室間溝付近の心外膜下に刺入し、心房刺激用電極とした。刺激用電極の刺入部位は、WPW 症候群の臨床例において副刺激伝導路の存在部位を 9 か所の区域に分類したのと同様に<sup>17)18)</sup>、右房側を前中隔 (Right anterior septum, RAS)、後中隔 (Right posterior septum, RPS)、前壁 (Right anterior wall, RAW)、側壁 (Right lateral wall, RLW)、後壁 (Right posterior wall, RPW) の 5 か所に、左房側を前壁 (Left anterior wall, LAW)、側壁 (Left lateral wall, LLW)、後壁 (Left posterior wall, LPW)、後中隔 (Left posterior septum, LPS) の 4 か所に分類した。房室間溝心房側心外膜下に前述の刺激電極、刺激装置、条件にて洞調律より 10% 多い刺激数にて心房ペースングを行い、前述の方法にて心房心外膜マッピングを行った。また、前述の体外循環下にまず右室自由壁を切開し経三尖弁口的に心房中隔に刺激電極を刺入し心房ペースング下に心房心外膜マッピングを行い、次に心房切開後心房中隔マッピングを行った。以上より得た心房興奮伝播図を用いて心房興奮様式を検討した。

### 4. 室房伝導の存在頻度

20 頭においては心臓カテーテル法のみまたは開胸下心外膜ペースング法のみで右室連続刺激を行い室房伝導の存在の有無を検索した。

## II. 臨床の対象

昭和 60 年 9 月までに金沢大学医学部第一外科学講座では 228 例の WPW 症候群に副刺激伝導路切断術を行った。このうち右室ペースング、または、回帰性頻拍時に心房心外膜マッピングを施行し心房興奮伝播

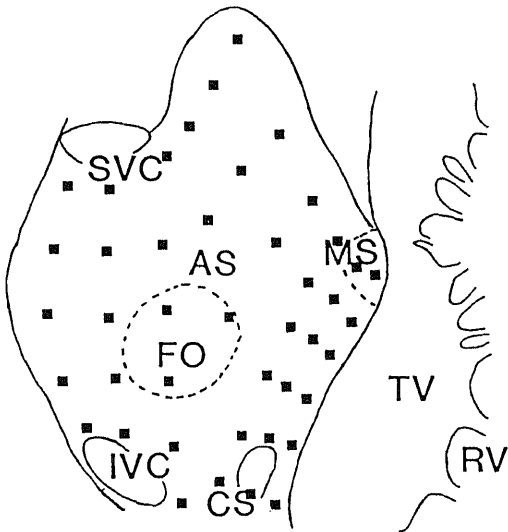


Fig. 3. Atrial map for septal excitation. The measure points (dots) consist of 43 points.

ventricular septum (right ventricular side); SRT, sinus recovery time; SVC, superior vena cava; TV, tricuspid valve; V-A, ventriculoatrial; VS, ventricular septum; VSD, ventricular septal defect; WPW, Wolff-Parkinson-White.

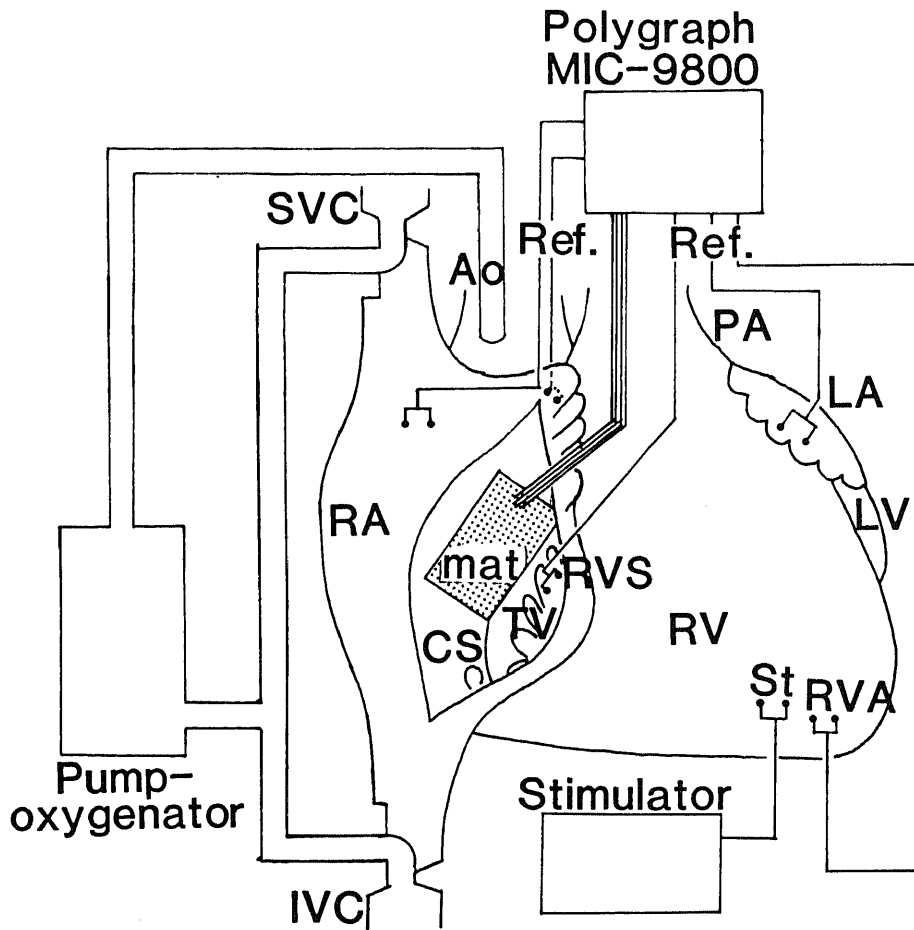


Fig. 4. Schematic representation of the experimental model for atrial septal mapping. Atrial septal mapping performed under extracorporeal circulation. mat, mat-shaped multiple electrodes; St, stimulation for RV.

図を作成できた 15 症例を検討の対象とした。また心電図上副刺激伝導路が存在しないと診断された心室中隔欠損症 (ventricular septal defect, VSD) 1 例に右室ペースング下に心房心外膜マッピングを施行し正常例での室房伝導時の心房興奮伝播様式の検討の対象とした。右室ペースングは洞調律より 10~20%多い刺激数で行い、心房心外膜マッピングは実験と同様の方法にて右心房のみ行った。

### III. 統計的処理

統計的処理は平均値の差および相関係数の検定は t 検定を用い、 $p < 0.05$  以下を有意とした。

## 成 績

### I. 実験的検討

#### 1. 心臓カテーテル法による心臓電気生理学的検査所見

プログラム刺激法を行った 21 頭中右室連続刺激法のみでは 14 頭に室房伝導が存在した。この 14 頭を室房伝導を有する群 (+群) とし、室房伝導を示さなかった残りの 7 頭を室房伝導ブロック群 (-群) とし両者間で測定された電気生理学的各パラメーターを比較した。なお、以下、平均値±標準偏差として表す。

##### 1) 洞機能

洞機能の示標として洞周期、CSRT、mSRT/p-p を用いた。洞周期は +群,  $365 \pm 43.8$  msec; -群,  $409 \pm 77.0$  msec; CSRT は +群,  $87.1 \pm 46.7$  msec; -群,  $113 \pm 49.8$  msec; mSRT/p-p は +群,  $127 \pm 13.5$ %; -群,  $129 \pm 13.5$ %といずれも有意な差がな

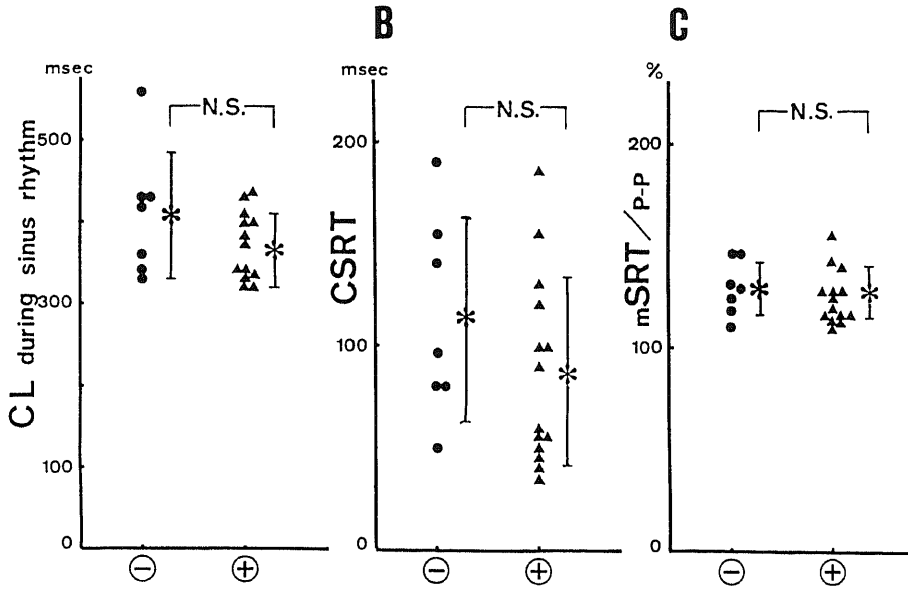


Fig. 5. Comparison of sinus node function in V-A block group and V-A conduction group. A, cycle length (CL) during sinus rhythm; B, corrected sinus recovery time (CSRT); C, maximum sinus recovery time (mSRT) and control rates (p-p interval) ratio in percentage. |—\*—|, mean±SD; ⊖, V-A block group; ⊕, V-A conduction group; N.S., not significant.

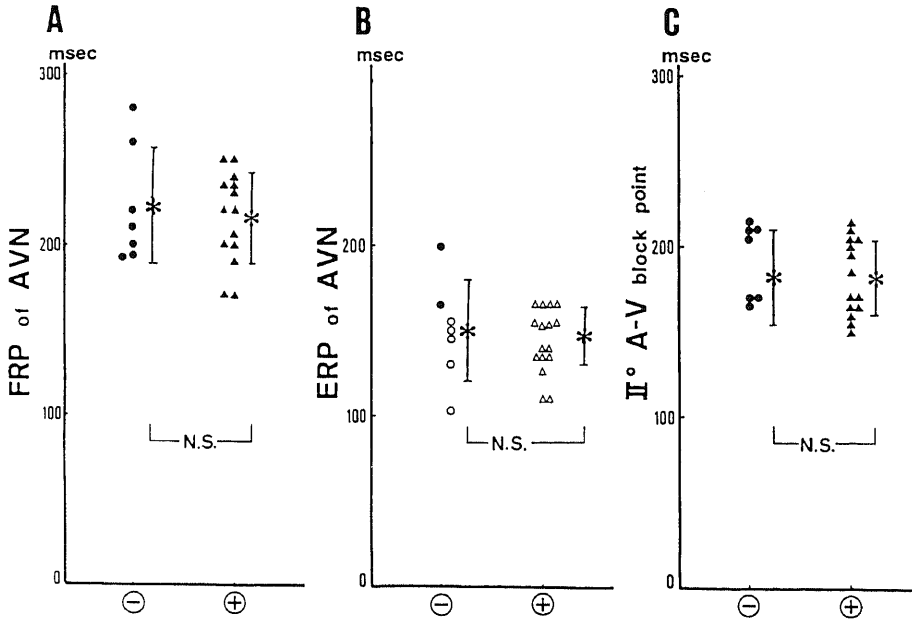


Fig. 7. Comparison of A-V conduction function in V-A block group and V-A conduction group. A, FRP of atrioventricular node (AVN); B, ERP of AVN; C, second (II°) A-V block point; |—\*—|, mean±SD; ⊖, V-A block group; ⊕, V-A conduction group; Δ, ○, FRP of RA; N.S., not significant.

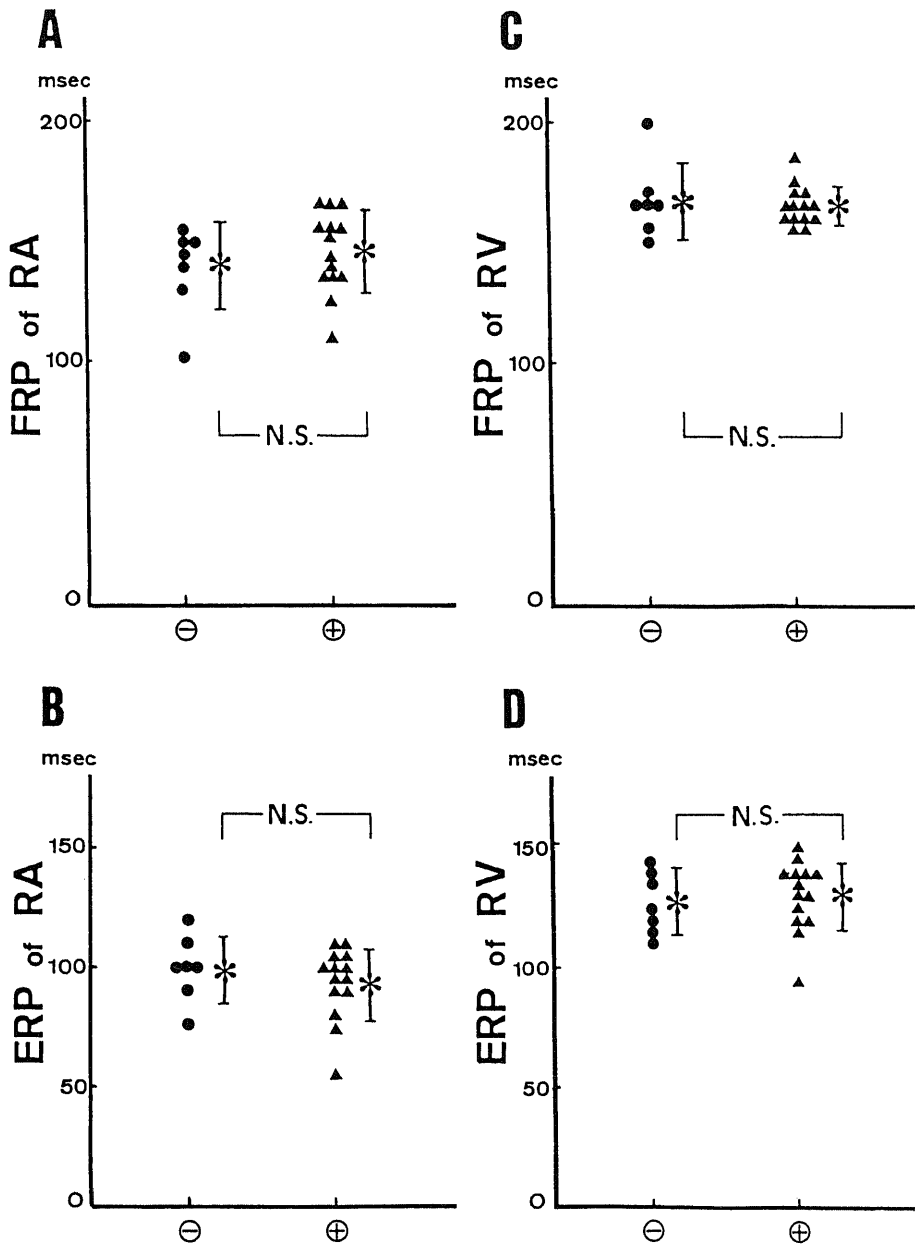


Fig. 6. Comparison of RA and RV function in V-A block group and V-A conduction group. A, functional refractory period (FRP) of RA; B, effective refractory period (ERP) of RA; C, FRP of RV; D, ERP of RV; —\*—, mean±SD; ⊖, V-A block group; ⊕, V-A conduction group; N.S., not significant.



かった (図5)。

2) 右房機能および右室機能

右房のERPは+群, 93.6±15.1 msec; -群, 99.3±14.3 msec; FRPは+群, 147±17.1 msec; -群, 140±18.3 msecと有意差はなかった。

右室のERPは+群, 130±14.5 msec; -群, 129±14.6 msec; FRPは+群; 165±8.09 msec; -群, 167±16.0 msecと有意差はなかった(図6)。

3) 房室伝導系機能

房室伝導系のERP, FRPは全例房室結節のERP, FRPにより規定されていた。房室結節のERPは+群, 147±17.1 msec; -群, 150±30.0 msec; FRPは+群, 216±26.2 msec; -群, 223±34.0 msec; II度A-V block点は+群, 182±22.4 msec; -群, 182±28.1 msecと有意差はなかった(図7)。

4) 房室伝導時と室房伝導時との相関関係

+群のうち伝導系のERP, FRPの測定が可能であった10頭, II度V-A block点は14頭において房室伝導時と室房伝導時との伝導系のERP, FRP, II度block点の相関関係を検討したところ, FRPでは $r = 0.863$  ( $p < 0.01$ ), 回帰直線 $y = 1.26x - 27.1$ , II度block点では $r = 0.616$  ( $p < 0.05$ ), 回帰直線 $y = 1.14x + 28.5$ と有意に正相関を示した。ERPでは $r = 0.165$ で有意な相関を示さなかった(図8)。

5) 室房伝導途絶部位

心臓カテーテル法では室房伝導+群-群ともに逆行性ヒス束電位は記録できなかったため, 逆行性ヒス束

電位の有無により室房伝導途絶部位の決定はできなかった。一群のうちの1頭のヒス束電位図を図9に呈示した。図左は自己調律時の房室伝導時である。心房電位(図中A)の興奮順序はHRA→MRA→HBEの順であり, AH時間は40 msecであった。図右の右室連続刺激時は心室電位(図中V)は刺激波(図中S)に同期している(CL 340 msec)が心房電位(図中A)はCL 380 msecと同期しておらず自己調律を示している。また心房電位の興奮順序は房室伝導時と同様のHRA→MRA→HBEの順であり, 本例は室房伝導を認めない。一方, ヒス束電位(図中H)は第一拍目の心室電位の後の自己調律心房電位に続いて起こっておらずAH blockを示している。第二拍目の心室電位の後の自己調律心房電位(図中Ⓐ)に続いてヒス束電位(図中Ⓜ)が起こっているが, このときのAH時間は90 msecと延長していた。このことは心室よりの興奮が房室結節一近位ヒス束へ達している(逆行性の潜伏伝導)ことを示し, また, 心室電位に続く心房興奮がないことは房室結節一近位ヒス束部が室房伝導途絶部位である所見であった。一群全例で同様の所見を認めた。

6) 条件負荷による室房伝導の出現

一群において室房同時ペーシング心室早期刺激法にて1頭, 硫酸アトロピン負荷+室房同時ペーシング心室早期刺激法にて2頭, 開胸にて3頭, 体外循環にて2頭, 洞結節部切除にて1頭(2頭は重複)と7頭全例が室房伝導を示した。図10に室房伝導一群のうち室房

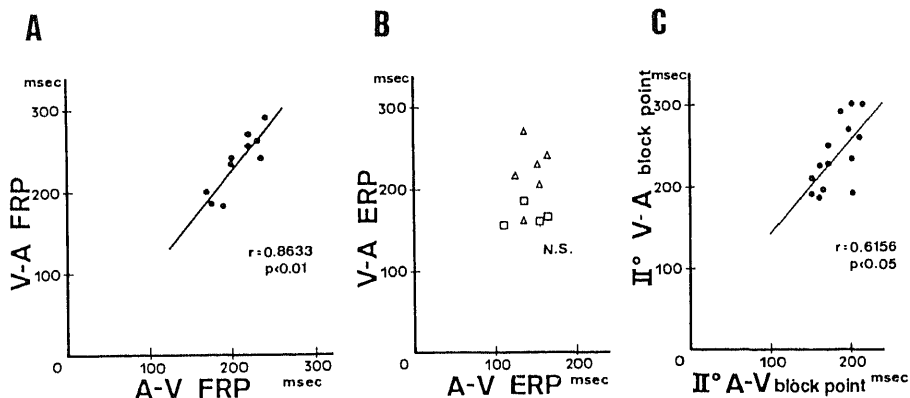


Fig.8. Relationship between A-V conduction and V-A conduction. A, relationship between A-V FRP and V-A FRP; B, relationship between A-V ERP and V-A ERP; C, relationship between second A-V block point and second V-A block point;  $\Delta$ , FRP of RV;  $\square$ , FRP of RV and FRP of RA; N.S., not significant.

同時ペーシング心室早期刺激法にて室房伝導を示した1頭のヒス束電位図を呈示した。BCL 300 msecにて心房・心室に加えた連続刺激(図中 $S_1$ )に続いて連結期280 msecで加えた心室早期刺激(図中 $S_2$ )により生じた心室電位(図中 $V_2$ )に引き続いて心房電位(図中 $A'_2$ )が起こっている。 $A'_2$ の興奮順序はHBE→MRA→HRAの順であり、洞調律時心房電位(図中A)のHRA→MRA→HBEの順の逆であり $A'_2$ は室房伝導により引き起こされた心房電位であった。これにより室房伝導の存在が証明された。

## 2. 心房心外膜マッピング

20頭で室房伝導時の心房心外膜マッピングが可能であった。うち1頭の心房心外膜興奮伝播図を図11に呈示した。右房後中隔部房室弁輪部を最早期興奮部位とし、やや遅れて(20 msec以内)右房前中隔、境界陵からも右房前面に興奮が出現し右心耳基部の下方で終了していた。左房では右房中隔部より約30 msec遅れて左房後中隔部から興奮が始まり左房上背側へ到達した。

## 3. 心房中隔マッピング

11頭でマッピングが可能であった。うち1頭の心房中隔興奮伝播図を図12に示す。三尖弁中隔尖中央部の房室弁輪部を最早期興奮部位とし、後および前中結節間路にそって逆行性に右房の自由壁前面上方に向かって興奮が伝播していた。同一例での心房心外膜・中隔マッピングでの最早期興奮部位は三尖弁中隔尖中央部の房室弁輪部であった。

多重双極マツト型電極を用いたヒス束部マッピングは8頭で行ない得た。このうち4頭で右室刺激時心室電位と逆行性心房電位との間に以下に示す棘波を捕えた。うち1例を図13に呈示した。BCL 350 msecの右室連続刺激( $S_1$ )時では心室電位( $V_1$ )内に隠れていた棘波が連結期( $S_1$ - $S_2$ )150 msecの右室早期刺激( $S_2$ )により心室電位( $V_2$ )と逆行性心房電位( $A'_2$ )との間に $H'_2$ として捕えられた。この棘波(図中、↓印)は房室伝導時ヒス束電位(図中、▽印)の捕えられた電極において房室伝導時ヒス束電位と逆の極性を示した。また房室伝導時ヒス束電位の興奮順序が電極番号10→6, 5→1と房室結節から膜性中隔へ向かっているのと対称的に室房伝導時には電極番号6→10, 1→5の

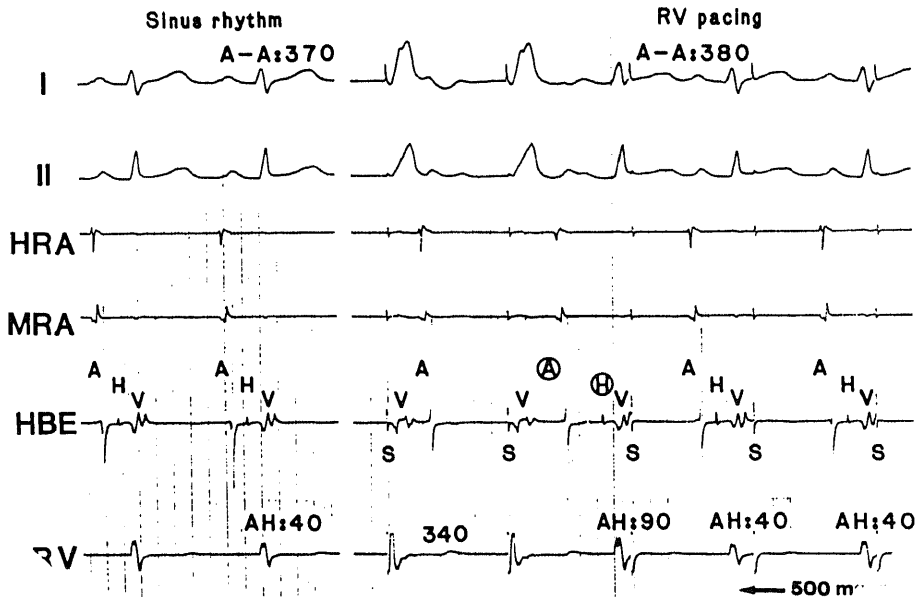


Fig. 9. Concealed conduction in a dog with V-A block. In the both panels, ECG lead I, II, intracardiac electrograms from high RA (HRA) and middle RA (MRA), His bundle electrogram (HBE) and an intracardiac electrogram from RV are displayed from top to bottom. The left panel shows HBE during sinus rhythm. In the right panel, concealed conduction is displayed during RV pacing (S) with a CL of 380 msec. AH interval (Ⓐ and Ⓜ) after RV excitation (V) is longer than other AH intervals. S, stimulus artifact; A, atrial electrogram; H, His bundle electrogram; V, ventricular electrogram.

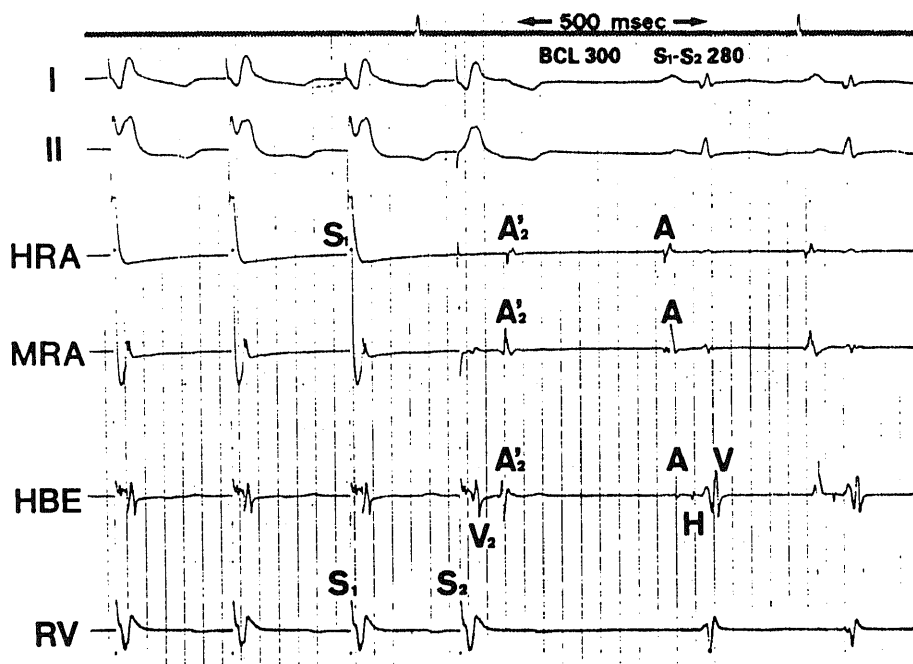


Fig. 10. V-A conduction with ventricular extrastimulus testing during basic ventricular and atrial simultaneous pacing. V-A conduction is proved in a dog with V-A block during RV pacing, by a ventricular premature beat ( $V_2$ ) given during ventricular and atrial simultaneous pacing ( $S_1$ ) with a basic cycle length (BCL) of 300 msec.  $S_1$ , basic drive stimulus artifact;  $S_2$ , premature test stimulus artifact;  $V_2$ , premature ventricular electrogram;  $A_2$ , atrial electrogram; A, atrial electrogram (sinus rhythm); H, His bundle electrogram (sinus rhythm); V, ventricular electrogram (sinus rhythm).

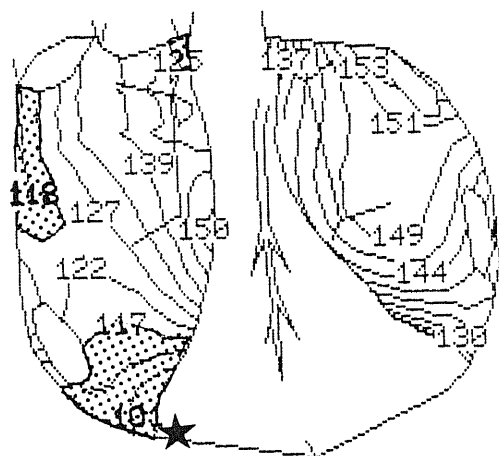


Fig. 11. Epicardial map during V-A conduction with RV pacing. The earliest excitation point (★) located near the right posterior septum. The numbers indicated in the map are activation times (msec). Dotted areas mean early excitation areas.

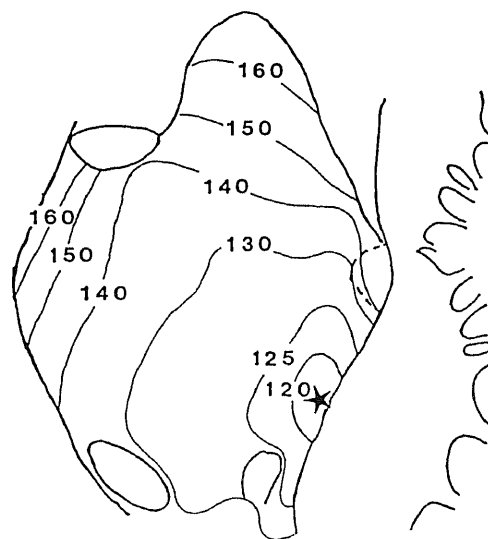


Fig. 12. Septal map during V-A conduction. The earliest excitation point (★) located at the middle portion of the septal leaflet of the tricuspid valve. The numbers indicated in the map are activation times (msec) measured from the onset of the RV pacing spike.

順に膜性中隔から房室結節へ向かって興奮伝導しており、伝導方向が正反対であった。心室電位と逆行性心房電位との間に棘波を捕えられなかった4頭は連結期を短縮していくうちに棘波が心室電位から分離される前に右室のFRPとなりそれ以上短い連結期で右室早期刺激を加えることができなかった。

#### 4. 室房伝導の頻度

心臓カテーテル法のみによる検討を行った9頭中5

頭に室房伝導が存在した。開胸下心外膜ペースング法のみにより検討を行った11頭中7頭に室房伝導が存在した。

#### 5. 副刺激伝導路を介する室房伝導モデルにおける心房興奮伝播 (図14)

##### 1) 心房心外膜マッピング

##### i) 右前壁型 (RAW)

興奮は右房前壁より同心円状に右房境界陵へ向かう

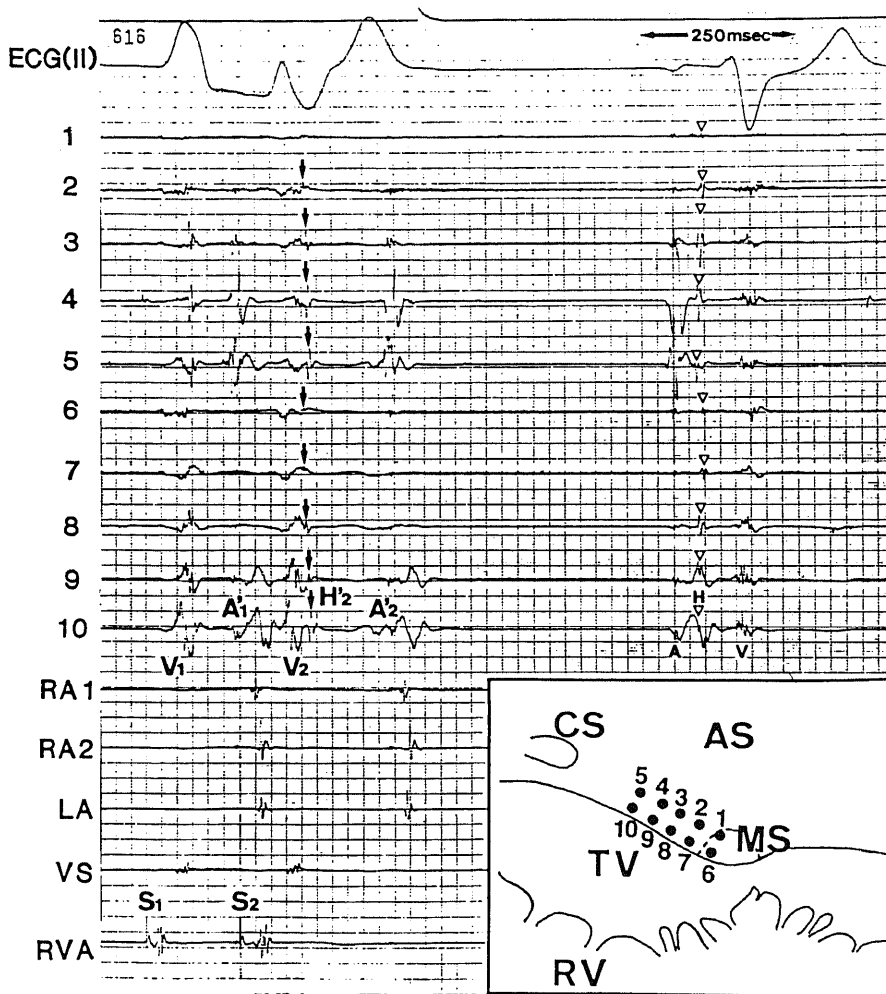


Fig. 13. Retrograde activation of the His bundle. It was recorded with a premature ventricular beat ( $V_2$ ) during RV pacing ( $S_1$ ) with a BCL of 350 msec. His activation sequence during A-V conduction (H,  $\nabla$ ) and during V-A conduction ( $H'_2$ ,  $\downarrow$ ) is in opposite order;  $S_1$ , basic drive stimulus artifact;  $S_2$ , premature test stimulus artifact;  $V_1$ , ventricular electrogram of basic response;  $V_2$ , premature ventricular electrogram;  $A'_1$  &  $A'_2$ , atrial electrogram;  $H'_2$ , His bundle electrogram (V-A conduction); A, atrial electrogram (sinus rhythm); H, His bundle electrogram (sinus rhythm); V, ventricular electrogram (sinus rhythm).

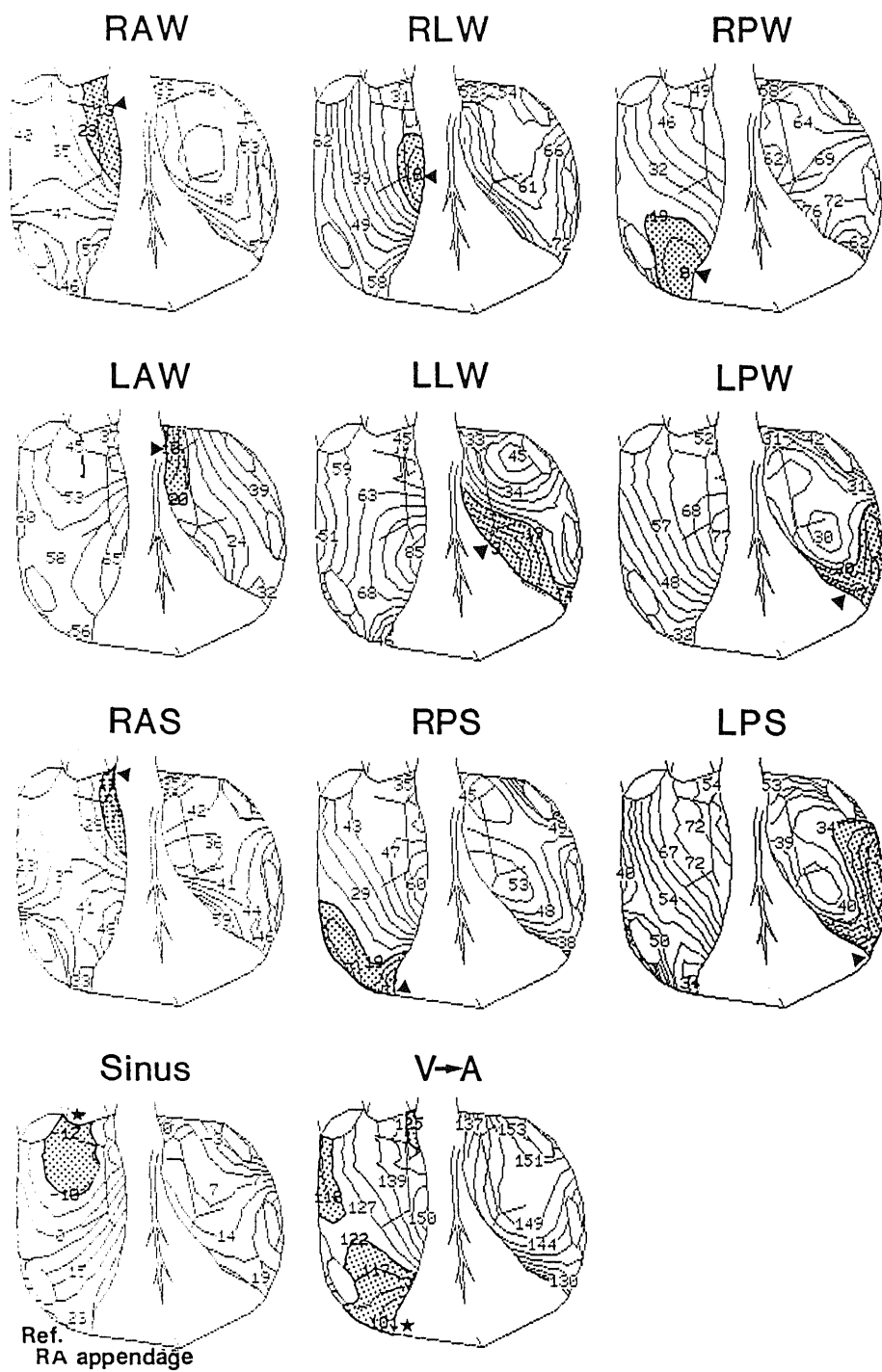


Fig. 14. Experimental atrial epicardial excitement patterns during atrial stimulation in dogs. Each number reveals arrival time (msec) of excitation from a stimulated point (except sinus rhythm). ▲, stimulated point ; dotted area, early excitation area ; ★, the earliest excitation point.

とともに右房後壁で終わっている。左房では興奮は左心耳基部上方から侵入し左房後中隔部で終了していた。

ii) 右側壁型 (RLW)

興奮は右房側壁より同心円状に右房境界陵へ広がった。左房では上後方の左上肺静脈起始部付近に興奮が最も早く到達しここより同心円状に広がり左房後中隔部で終了した。

iii) 右後壁型 (RPW)

興奮は刺激部位から右房前中隔部方向へ順次伝導していた。左房へは左房前中隔部が最も早く、やや遅れ

て左房後中隔部から侵入してきた興奮の両者が伝播し左房側後壁部で終了した。

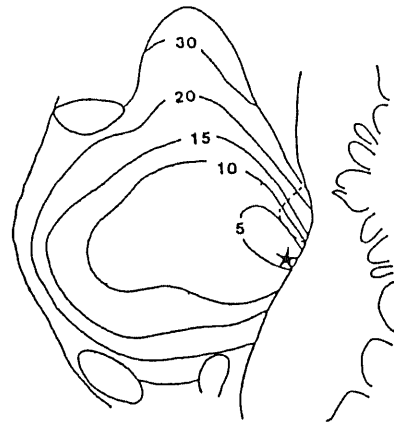
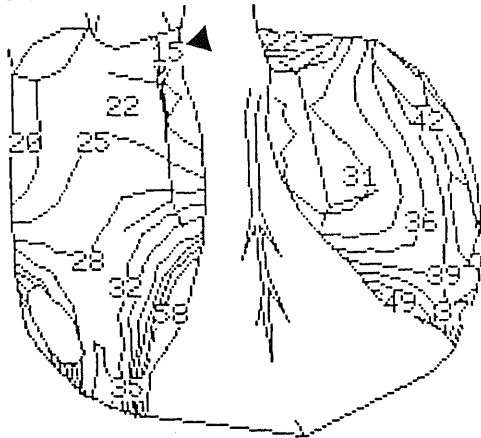
iv) 左前壁型 (LAW)

興奮は左房前壁より同心円状に広がり背部方向へ向かった。右房では興奮は右房前中隔部から同心円状に伝播し右房側壁～後壁部で終了した。

v) 左側壁型 (LLW)

興奮は左房側壁より同心円状に広がり左上肺静脈起始部方向へ進行した。右房では興奮は右房前中隔部と右房後中隔部両者にほぼ同時に達し右房後壁部で終了した。

## RAS



## RPS

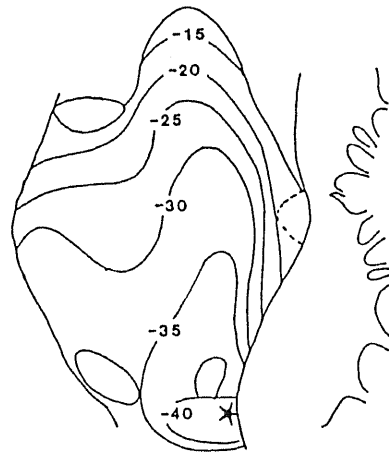
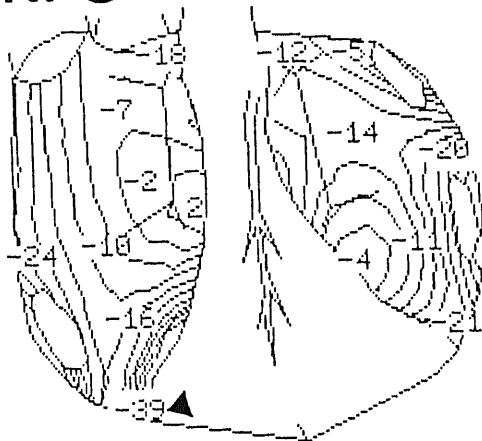


Fig. 15. Experimental atrial excitement patterns during atrial septal stimulation in dogs. In the left panel, epicardial maps are shown. In the right panel, septal maps are shown. Each number reveals arrival time (msec) of excitation from a stimulated point in RAS and a reference point (RA appendage) in RPS. ▲, the earliest excitation point in the epicardial map; ★, stimulated point.

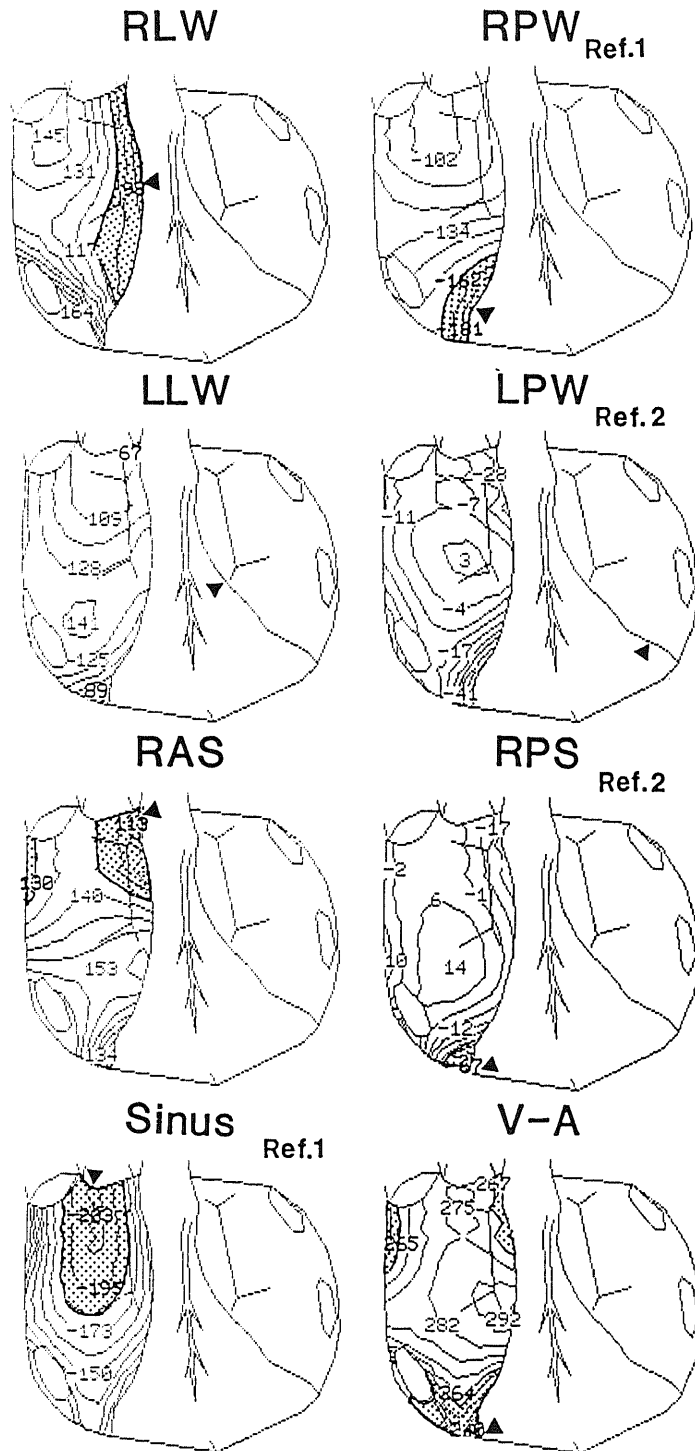


Fig. 16. Atrial epicardial map during V-A conduction in man. In man, atrial epicardial mapping was performed only at RA. Each number reveals arrival time (msec) of excitation from a stimulated point or a reference point. ▲, the earliest excitation point; dotted area, early excitation area; Ref. 1, The reference point is the onset of R-wave (ECG-II lead). Ref. 2, The reference point is RA appendage.

## vi) 左後壁型 (LPW)

興奮は左房後壁より順次伝導し左上肺静脈起始部方向へ進行した。右房では興奮は右房後中隔部で最も早く順次前方へ伝導しかなり遅れて右房前中隔部からも興奮が出現し右房側壁部で終了した。

## vii) 右前中隔型 (RAS)

右房前中隔部に最も近い心表面より興奮が順に広がり、やや遅れて心房中隔を介して伝導したと考えられる興奮が境界陵および右房後中隔部からも現れて右房後壁に達した。左房では左房前中隔部付近より興奮が始まり遅れて左房後中隔部からも現れ左房後壁で終了した。

## viii) 右後中隔型 (RPS)

興奮は右房後中隔部から境界陵に沿って上方へ向かうとともに右房前中隔部からも現れ右房側壁部で終了した。左房では左房後中隔部付近より興奮が始まり遅れて左房前中隔部からも現れ左房側壁で終了した。

## ix) 左後中隔型 (LPS)

興奮は左房後中隔部から左肺静脈起始部に沿って前壁に向かい左房前中隔部付近で終了した。右房へは右房後中隔部を最早期興奮部位として興奮が前壁に向かうとともに境界陵と更に遅れて右房前中隔部からも興奮が現れ右心耳に達した。

## x) 洞調律時 (Sinus)

興奮は上大静脈起始部の洞結節部より同心円状に右房自由壁を伝播し右房後中隔部で終了した。左房には Bachmann 束を伝わったと考えられる左心耳基部下方面の興奮で始まり左房後中隔部で終了した。

## xi) 室房伝導時 (V → A)

興奮は右房後中隔部より最初に出現し 20 msec 以内の遅れで右房前中隔および境界陵からも出現し右心耳基部の下方で終了した。左房では後中隔部より興奮が始まり左房上背側で終了した。

## 2) 心房中隔マッピング (図 15)

## i) 右前中隔型 (RAS)

右房膜性中隔近傍における刺激では興奮はこの部より主に前・中結節間路を、一部遅れて後結節間路を逆行性に伝導し右心耳で終了していた。

## ii) 右後中隔型 (RPS)

右房後中隔部の冠静脈洞開口部近傍における刺激では主に後結節間路を上方に向かい、わずかに遅れて前・中結節間路を通ってきた興奮とともに右心耳に向かった

## II. 臨床的検討

心房心外膜マッピングによる心房興奮様式 (図 16)

## 1) 右側壁型 (RLW)

興奮は副刺激伝導路部位より同心円状に伝播し下大

静脈付近へ向かっていた。

## 2) 右後壁型 (RPW)

興奮は右房後壁より前上方に向かって順次伝導していた。

## 3) 左側壁型 (LLW)

Bachmann 束を逆行性に伝導したと考えられる右房前中隔部よりの興奮が右房内を順に広がり、遅れて右房後中隔部よりの興奮も出現し右房自由壁下部で終了していた。

## 4) 左後壁型 (LPW)

心房中隔を介したと考えられる右房後中隔部より興奮が前上方に向かうとともに遅れて右房前中隔部よりも興奮が現れ右心耳付近で終了していた。

## 5) 右前中隔型 (RAS)

興奮は右房前中隔部より始めるとともに心房中隔を介したと考えられる境界陵上部・右房後中隔部よりの興奮が現れ右房側～後壁で終了していた。

## 6) 右後中隔型 (RPS)

右房後中隔部より興奮が始まるとともに前上方に進み、40 msec 以上遅れて心房中隔を介したと考えられる右房前中隔部・境界陵よりも興奮が現れ右心耳下部に達していた。

## 7) 洞調律時 (Sinus)

上大静脈起始部付近より興奮が始まり同心円状に伝播し右房後中隔部で終了した。

## 8) V-A 伝導例 (VSD 症例)

右房後中隔部よりの興奮が起こり、約 20 msec 以内の遅れで右房前中隔部・境界陵よりも興奮が現れ右房側壁で終了していた。

## 考 察

Scherlag ら<sup>19)</sup> による心臓カテーテル電極によるヒス束電位記録法、Wellens ら<sup>20)</sup> によるプログラム刺激法を用いた臨床心臓電気生理学的検査法の開発により、不整脈の解明は著しい進歩をとげてきた。また、不整脈に対する外科治療は、Sealy ら<sup>21)</sup>、岩ら<sup>22)</sup> により創始された WPW 症候群に対する副刺激伝導路切断術を代表とする頻拍性不整脈における直達手術と、房室ブロック、洞不全症候群等の主に徐脈性不整脈および一部の頻拍性不整脈に対するペースメーカー療法が現在行われ<sup>23)24)</sup>、いずれも安全確実な治療法として広く認められている。特に DDD 型ペースメーカーの臨床応用は生理的ペーシングの実現により心拍数のみでなく血行動態的改善をも可能とした<sup>25)26)</sup>。しかし、室房伝導存在例での endless loop tachycardia の存在は大きな問題となっている<sup>27)28)</sup>。また、WPW 症候群に対する副刺激伝導路切断術においては副刺激伝導路部位決



定のため室房伝導の解析は必須である<sup>29)</sup>。本研究ではこのような不整脈に対する外科治療を確立させる一助として、正常例での室房伝導路部位の解明と副刺激伝導路による室房伝導様式の解析について臨床心臓電気生理学的に検討を行った。

本研究では心臓カテーテル法、心房心外膜・中隔マッピング法を用いて室房伝導路の部位決定を行った。Janseら<sup>30)</sup>は摘出家兎心筋標本にて微小電極法を用いて房室結節部のマッピングを行い、逆行性伝導(室房伝導)時興奮が房室結節部を逆行性に伝導すると報告した。Moore<sup>31)</sup>は摘出家兎心筋標本にて微小電極をヒス束、右脚に刺入し室房伝導時の興奮順序より室房伝導は正常伝導路の逆行性伝導であると報告した。しかし、これらの報告では切除標本を使用し細胞電位による解析に基づいており臨床の状態と異なった面もあると考えられるとともに、臨床使用は困難である。著者は実験例に対しても臨床応用可能な方法を用いて詳細な室房伝導路の検討を行った。

心臓カテーテル法を用いた心臓電気生理学的検査において現在一般的には右室連続刺激法により室房伝導の有無が判定されている<sup>32)</sup>。右室連続刺激時の室房伝導の有無により分類した二群間において心臓電気生理学的な各パラメーターに差異がなかったことから両群間に器質的な差異がないことが推察された。但し、房室方向には伝導せず、室房方向にのみ伝導する潜在性副刺激伝導路の存在の可能性は残る<sup>33)</sup>。しかし、室房伝導を有する群で房室伝導時と室房伝導時との比較において、II度 block 点、FRP に有意な相関関係が見されたことは、それぞれの伝導時に介在する伝導路が電気生理学的に同じ特性を有していることを示唆している。これより室房伝導は房室伝導の伝導路である正常伝導路を介しており、潜在性副刺激伝導路の介在の可能性はないと考えられる。このような成績は Camousら<sup>34)</sup>のヒトでの室房伝導時 Wenckebach 点と室房伝導時のII度 block 点に有意の相関があったとする報告と一致している。なおERPには相関が見られなかったが、これらが右房および右室のFRPにより規定されていたためと考えられた。

室房伝導を認めなかった群の伝導途絶部位は全例房室結節～ヒス束近位部であった。Narulaら<sup>35)</sup>はヒス束電位記録法による潜伏伝導を用いて臨床例で解析を行い、1対1の房室伝導を示し室房伝導を認めなかった症例の伝導途絶部位は95%が房室結節であったと報告しているが、これとほぼ一致している。一方、室房伝導を認めなくても興奮は房室結節～ヒス束近位部にまで達しておりこの部が室房伝導の発現を規定していると考えられた。

著者の実験例では右室連続刺激法のみでは63.4%に室房伝導が存在した。その頻度について比較しうる実験例がないため臨床例と比較するとNarula<sup>35)</sup>は30%、Schuilenburg<sup>36)</sup>は68%、Goldreyerら<sup>32)</sup>は89%と種々の報告がなされており一定の頻度は得られていない。また、著者の実験で右室連続刺激法のみでは室房伝導なしと判定された全例に適切な条件を負荷することにより室房伝導の存在を証明し得た。この機序に関しては以下のように推察した。右室連続刺激法では洞周期より短い刺激周期でしか検査できないため、室房伝導系特に房室結節の不応期がわずかでも洞周期より長い場合には室房伝導なしと判定される。また、心室興奮に続いて興奮が房室結節に達してもその前に自己調律による興奮が心房筋または房室結節を興奮させ不応期に陥っていた場合も室房伝導による心房興奮は得られず室房伝導なしと判定される。これらより室房伝導の発現を規定する因子は洞周期と室房伝導系特に房室結節の伝導性(不応期および伝導時間)であることが推察される。硫酸アトロピン負荷は自身の薬理作用により、開胸および体外循環は侵襲または血行動態の変化に伴う自律神経系の変化により房室結節の伝導性に変化をきたしたと考えられた<sup>37)</sup>。また洞切除は洞周期の延長により、室房同時ペース心室早期刺激法では洞周期と室房伝導時間の関係を右室連続刺激時と変えることにより室房伝導を証明し得たと考えられた。臨床例において右室連続刺激法のみでは室房伝導を認めなくても硫酸アトロピン負荷<sup>38)39)</sup>、室房同時ペース心室早期刺激法<sup>40)</sup>、心房心室順次ペース法<sup>41)</sup>にて室房伝導の存在が示された報告がある。これらの報告では必ずしも全例での室房伝導の存在は示されていないが臨床例であるため負荷条件が限定されていることを考慮すれば、著者が示したように、正常例においては室房伝導能は原則として全例に存在しており、室房伝導系の伝導性と洞周期により規定される機能的差異によって室房伝導を発現するか否かが決定されると考えられた。

心表面マッピングは、臨床的に伝導路の決定に最も有用かつ重要な検査法である<sup>42)</sup>。このため、著者は心房マッピングを用いて室房伝導路の決定を試みた。心房心外膜マッピングでは、右房後中隔部が最も早期に興奮が始まっておりこの付近に伝導路の存在が推定された。右房後中隔部の詳細な検討のために行った心房中隔マッピングでは三尖弁中隔尖中央部が最早期興奮部位であった。この部は解剖学的に房室結節部と一致していた<sup>43)</sup>。一方、房室結節近傍に存在する副刺激伝導路を介する室房伝導モデルとして検討したWPW症候群の中隔型(RAS・RPS)モデルと比較しても伝導様

式がこれらと正常例の室房伝導例とでは明らかに異なっていた。以上より室房伝導路の心房側接合部は房室結節部と推定された。

室房伝導におけるヒス束の関与についても検討を加えた。心臓カテーテル法では逆行性ヒス束電位を同定できなかったが、Josephson ら<sup>41)</sup>、Akhtar ら<sup>45)</sup>も通常の方法では逆行性ヒス束電位の検出率が低いと報告している。今回著者は電極間距離 1 mm の双極電極を配した多重双極マツト型電極を用いるとともに心室早期刺激法を併用しヒス束電位の検討を行ったところ、逆行ヒス束電位の同定が可能となり、更にヒス束内での興奮伝播様式をも捕え得た。これは心室早期刺激法を併用したために、心室電位からヒス束電位の分離が可能となり、室房伝導時の逆行性ヒス束電位を明らかにできたと考えられる。Josephson ら<sup>41)</sup>、Akhtar ら<sup>45)</sup>は心室早期刺激法を用い心室電位と同時に存在しているヒス束電位を心室電位から分離して記録した。また、Castillo ら<sup>47)</sup>は電極間距離 1 mm の双極電極を配したカテーテル電極を用い心室電位内に存在している逆行性ヒス束電位をも検出が可能であったと報告している。しかし、これらの報告ではいずれもヒス束内での興奮伝播様式は捕えていない。本研究では逆行性ヒス束電位を捕えるとともにヒス束内での興奮伝播様式が房室伝導時と逆であることを示した。従って、マッピングで得られた所見を考察すると、室房伝導路は房室結節-ヒス束系の逆行性伝導と考えられた。これは心臓カテーテル検査時の結果とも一致しており、正常例での室房伝導は副刺激伝導路ではなく正常伝導路である房室結節-ヒス束系を逆行性に伝導しているものと結論づけられた。

副刺激伝導路を介する室房伝導様式の解明を目的として WPW 症候群およびこの実験モデルの検討を行った。WPW 症候群に対する根治手術は今や確立された治療法であるが<sup>48)</sup>、手術の成否は副刺激伝導路の部位決定にかかっている。術前に心臓カテーテル法により副刺激伝導路の部位診断はある程度可能である<sup>49)</sup>。また、房室伝導時の心室マッピングによる部位決定は既に確立されている<sup>50)51)</sup>。しかし、室房伝導しか示さない潜在性副刺激伝導路を有する潜在性 WPW 症候群<sup>52)</sup>や複数副刺激伝導路症例<sup>53)</sup>では心房マッピングによる室房伝導の解析が必須である。心房マッピングによる詳細な心房興奮伝播図を用いて手術結果から確定された副刺激伝導路部位との比較検討された報告は限られており<sup>54)55)</sup>、実験モデルと臨床例を体系的に検討した報告は見られない。

犬を用いた WPW 症候群モデル例では、右心型では左房へは Bachmann 束を介すると考えられる左房前

中隔部からの伝導と右房背側一心房中隔を介すると考えられる左房後中隔部からの伝導の両者が融合されていた。右前壁型ではすべて左房中隔部からの伝導であり、刺激部位が後壁方向へ移動するに従って左房後中隔部からの伝導が強くなっていた。しかし、右後壁型でも左房内の最早期興奮部位は左房前中隔部であり右房へは Bachmann 束を介する伝導が主と考えられた。

左心型では右房へは Bachmann 束を逆行性に伝導したと考えられる右房前中隔部からの伝導と左房背側一心房中隔を介すると考えられる右房後中隔部からの伝導の両者が融合されていた。左前壁型では右房前中隔部が、左側壁型では右房前中隔部と右房後中隔部がほぼ同時に、左後壁型では右房後中隔部が右房内の最早期興奮部位であった。このことは左心型においても右房の伝導様式の解析により刺激部位の推定がある程度可能であると考えられた。

中隔型のうち右中隔型では左房への興奮伝導は右心型と同じ傾向を示したが中隔型の方が肺静脈のある背側からの左房前面への興奮がより強く出現していた。左後中隔型では左後壁型と比較して左房背側面を早く上方に伝導し、右房への伝導のしかたも右房境界陵からの興奮の出現が強く影響していた。中隔型は自由壁型(右心型、左心型)と比較して心房中隔を介しての伝導が心房の自由壁に早く出現し伝導様式に強く影響したと考えられた。

正常例の室房伝導では右房後中隔部を最早期興奮部位としており、副刺激伝導路を介する右後中隔型と比較すると両者は最早期興奮部位では鑑別不能であった。しかし、右房境界陵、右房前中隔部への興奮出現時間と最早期興奮部位との時間差が実験例・臨床例とも右後中隔型では 30 msec 以上であったのに正常例の室房伝導では 20 msec 以内であり、この 3 か所の時間関係で鑑別が可能と考えられた。この差異は正常例では房室結節から心房内の結節間路に直接興奮が伝わるため一般心房筋から結節間路に興奮が伝導する副刺激伝導路例よりも早期に興奮が心房内を伝導すると考えられた。

心房中隔マッピングでも同様の傾向が認められるとともに室房伝導時には心房内の結節間路を主に逆行性に伝導していた。結節間路は周囲の心筋にも興奮を伝えながら他の部位よりも早く伝導していく点が特殊伝導系と異なっていた。村北<sup>56)</sup>は洞調律時の心房興奮伝播様式を検討し洞調律時の結節間路の伝導様式について同様の報告を行っているが、室房伝導時・副刺激伝導路例の検討は行っていない。

臨床例の検討においても伝導様式は犬での実験モデルとよく一致した。したがって臨床例においても、右

房のみの心房心外膜マッピングにより右心型、右中隔型は最早期興奮部位のみで、左心型、左後中隔型では右房全体の興奮伝導様式を検討することにより副刺激伝導路の部位推定が可能と考えられた。また、臨床例においても正常例の室房伝導路は正常伝導路の逆行性伝導と考えられた。

### 結 論

心電図上正常房室伝導を示した雑種成犬に対して、心臓カテテル法、プログラム刺激法、心房心外膜マッピング、心房中隔マッピングを用いて正常例での室房伝導路について心臓電気生理学的検討を行った。また、犬および臨床例に対して行った心房心外膜マッピングより得た心房興奮伝播図をもとに副刺激伝導路を介する室房伝導に関して検討した結果、以下の結論を得た。

1) 正常犬 41 頭中 26 頭 (63.4%) に右室連続刺激のみで室房伝導を認めた。

2) 右室連続刺激のみで室房伝導を認めなかった 15 頭中 7 頭に洞切除等の種々の条件を负荷したところ全例に室房伝導の存在を証明した。

3) 室房伝導例でヒス束電位の逆行性伝導時のマッピングが得られた。

4) 心房心外膜マッピング、心房中隔マッピングにより室房伝導時の心房内の最早期興奮部位は房室結節部であった。この結果より正常例での室房伝導路は正常伝導路の逆行性伝導と考えられた。

5) 副刺激伝導路の存在部位を 9 か所に分け、心房心外膜マッピングより得た室房伝導時の心房興奮伝播図を検討することにより副刺激伝導路の部位決定が可能であった。

以上、正常犬および臨床例における室房伝導時の伝導路の決定と伝導様式の心臓電気生理学的解明により、不整脈の外科治療における正確な診断と治療成績の向上が期待される。

### 謝 辞

稿を終えるに当たり、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学教室の諸先生方に深く感謝致します。

本論文の要旨は第 2 回日本心電学会学術集会 (昭和 60 年 10 月) において発表した。

### 文 献

- 1) Marchlinski, F. E. & Josephson, M. E.: Appropriate diagnostic studies for arrhythmias surgery. *PACE*, 7, 902-916 (1984).
- 2) James, T. M.: Structure and function of the

AV junction. *Jap. Circ. J.*, 47, 1-47 (1983).

3) Kistin, A. D. & Landowne, M.: Retrograde conduction from premature ventricular conduction, a common occurrence in the human heart. *Circulation*, 3, 738-751 (1951).

4) Castillo, C. & Samet, P.: Retrograde conduction in complete heart block. *Brit. Heart J.*, 29, 553-558 (1967).

5) Mirowski, M. & Tabatznik, B.: The spatial characteristics of atrial activation in ventriculo-atrial excitation. *Chest*, 57, 9-17 (1970).

6) Dulk, K. D., Lindemans, F. & Wellens, H. J. J.: Management of pacemaker circus movement tachycardias. *PACE*, 7, 346-355 (1984).

7) Josephson, M. E. & Seides, S. F.: Electrophysiologic investigation, p. 23-60. In M. E. Josephson & S. F. Seides (ed.), *Clinical cardiac electrophysiology. Techniques and interpretations*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1979.

8) Spurrell, R. A. J., Krikler, D.M. Sowton, E.: Concealed bypasses of the atrioventricular node in patients with paroxysmal supraventricular tachycardia revealed by intracardiac electrical stimulation and verapamil. *Am. J. Cardiol.*, 33, 590-595 (1974).

9) Gomes, J. A. C., Dhatt, M. S., Rubenson, D. S., & Damato, A. N.: Electrophysiologic evidence for selective retrograde utilization of a specialized conduction system in atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *Am. J. Cardiol.*, 43, 687-698 (1979).

10) Narula, O. S.: Paroxysmal supraventricular tachycardia due to reciprocation via concealed accessory pathways. p. 313-346. In O. S. Narula (ed.), *Cardiac arrhythmias. Electrophysiology, diagnosis, and management*, Williams & Wilkins, Baltimore, 1979.

11) Spach, M. S., Lieberman, M., Scott, J. G., Barr, R. C., Johnson, E. A. & Kootsey J. M.: Excitation sequences of the atrial septum and the AV node in isolated hearts of the dog and rabbit. *Cir. Res.*, 29, 156-172 (1971).

12) Damato, A. N., Lau, S. H. & Bobb, G. A.: Studies on ventriculo-atrial conduction and the reentry phenomenon. *Circulation*, 41, 423-435 (1970).

13) Sung, R. J., Waxman, H. L., Saksena, S. &

- Juma, Z.: Sequence of retrograde atrial activation in patients with dual atrioventricular nodal pathway. *Circulation*, **64**, 1059-1067 (1981).
- 14) Weiss, J. & Stevenson, W.: A new type of ventriculo-atrial gap phenomenon in man. *PACE*, **7**, 46-50 (1984).
- 15) 松永康弘・三崎拓郎・三井 毅・川尻文雄・麻柄達夫・船田哲男・岩 喬: 心房の心表面興奮伝播図のコンピューター化. *心電図*, **4**, 940 (1984).
- 16) 松永康弘・三崎拓郎・向井恵一・大池恵広・川筋道雄・渡辺洋宇・岩 喬・船田哲男: 心房の心表面伝播図の自動表示. *医用電子と生体工学*, **23**(特別号), 168 (1985).
- 17) 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).
- 18) Iwa, T., Kawasuji, M., Misaki, T. & Iwase, T.: Localization and interruption of accessory conduction pathway in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **80**, 271-279 (1980).
- 19) Scherlag, B. J., Helfant, R. H. & Damato, A. N.: A catheterization technique for His bundle stimulation and recording in the intact dog. *J. Appl. Physiol.*, **25**, 425-428 (1968).
- 20) Wellens, H. J. J., Schuilenburg, R. M. & Durrer, D.: Electrical stimulation of the heart in patients with ventricular tachycardia. *Circulation*, **46**, 216-226 (1972).
- 21) Sealy, W. C., Hattler, B. G. Jr., Blumenstein, S. D. & Cobb, F. R.: Surgical treatment of Wolff-Parkinson-White syndrome. *Ann. thorac. Surg.*, **8**, 1-11 (1969).
- 22) 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**, 513-518 (1970).
- 23) Dreifus, L. S.: Optimal choice of cardiac pacemakers. *心臓ペースング*, **1**, 8-19 (1984).
- 24) 松永康弘・三崎拓郎・大池恵広・向井恵一・川筋道雄・三井 毅・桜井潤司・渡辺洋宇・岩 喬: 頻拍に対する高周波誘導型ペースメーカー治療の遠隔成績. *人工臓器*, **12**, 66-69 (1983).
- 25) Kruse, I., Arnaman, K., Conradson, T.-B. & Ryden, L.: A comparison of the acute and long-term hemodynamic effects of ventricular inhibited and atrial synchronous ventricular inhibited pacing. *Circulation*, **65**, 846-855 (1982).
- 26) Raza, S. T., Lajos, T. Z., Bhayana, J. N., Lee, A. B. Jr., Lewin, A. N., Gehring, B. & Schmetz, G.: Improved cardiovascular hemodynamics with atrioventricular sequential pacing compared with ventricular pacing. *Ann. Thorac. Surg.*, **38**, 260-264 (1984).
- 27) Levine, P. A. & Mace, R. C.: Pacemaker-mediated tachycardia, p. 215-227. In P. A. Levine & R. C. Mace (ed.), *Pacing therapy. A guide to cardiac pacing for optimum hemodynamic benefit*, Futura Publishing Co., New York, 1983.
- 28) Johnson, C. D.: AV universal (DDD) pacemaker-mediated reentrant endless loop tachycardia initiated by a reciprocal beat of atrial origin. *PACE*, **7**, 29-33 (1984).
- 29) Gallagher, J. J., Gilbert, M., Svenson, R. H., Sealy, W. C., Kasell, J. & Wallace, A. G.: Wolff-Parkinson-White syndrome. The problem, evaluation, and surgical correction. *Circulation*, **51**, 717-785 (1975).
- 30) Janse, M. J., Capelle, F. J. L. V., Anderson, R. H., Touboul, P. & Billette, J.: Electrophysiology and structure of the atrioventricular node of the isolated rabbit heart, p. 296-315. In H. J. J. Wellens, K. I. Lie & M. J. Janse (ed.), *The conduction system of the heart. Structure, function and clinical implications*, Martinus Nijhoff Medical Division, Hague, 1978.
- 31) Moore, E. N.: Microelectrode studies on retrograde concealment of multiple premature ventricular responses. *Cir. Res.*, **20**, 88-98 (1967).
- 32) Boldreyer, B. N., & Bigger, J. T. Jr.: Ventriculo-atrial conduction in man. *Circulation*, **41**, 935-946 (1970).
- 33) Narula, O. S.: Retrograde pre-excitation. Comparison of antegrade and retrograde conduction intervals in man. *Circulation*, **50**, 1129-1143 (1974).
- 34) Camous, J. P., Dolisi, C., Baudouy, M., Guarino, L., Crenesse, D. & Morand, P.: Relationship between different AV conduction parameters, p. 41-43. In S. Levy & R. Gerard (ed.), *Recent advances in cardiac arrhythmias*, John Libbey, London, 1982.
- 35) Narula, O. S. & Samet, P.: Study of ventriculo-atrial conduction by His bundle recordings in man. *Circulation (Suppl.)*, **41 & 42**, III-47 (1970).

- 36) **Schulenburg, R. M.** : Pattern of V-A conduction in the human heart in the presence of normal and abnormal A-V conduction, p. 485-503. In H. J. J. Wellens, K. I. Lie & M. J. Janse (ed.), The conduction system of the heart. Structure, function and clinical implications, Martinus Nijhoff Medical Division, Hague, 1978.
- 37) **Narula, O. S.** : Electrophysiology of normal impulse propagation, p. 57-65. In O. S. Narula (ed.), Cardiac arrhythmias. Electrophysiology, diagnosis and management, Williams & Wilkins, Baltimore, 1979.
- 38) **Takehita, A., Tanaka, S. & Nakamura, M.** : Study of retrograde conduction in complete heart block using His bundle recordings. *Br. Heart J.*, **36**, 462-467 (1974).
- 39) 篠田 晋・伊藤明一・長島道夫・古田達次・徳留俊博・鈴木彦之 : 心室刺激時の室房伝導に関する電気生理学的検討. 呼と循, **25**, 607-611 (1977).
- 40) 鈴木文男・久保一郎・平尾見三・諸井幸夫・佐竹修太郎・比江島一昌 : 室房同時ペーシング心室早期刺激法による室房伝導の証明, 心電図, **4**, 467-473 (1984).
- 41) **Mahmud, R., Lehmann, M., Denker, S., Gilbert, C. J. & Aktar, M.** : Atrioventricular sequential pacing : differential effect on retrograde conduction related to level of impulse collision. *Circulation*, **68**, 23-32 (1983).
- 42) 岩 喬・岩瀬孝明・川筋道雄・麻柄達夫・小林弘明・渡辺洋宇 : WPW 症候群の外科と心表電位図. 日本臨床, **37**, 3639-3644 (1979).
- 43) **Becker, A. E. & Anderson, R. H.** : Morphology of the human atrioventricular junction area, p. 263-286. In H. J. J. Wellens, K. I. Lie & M. J. Janse (ed.), The conduction system of the heart. Structure, function and clinical implications, Martinus Nijhoff Medical Division, Hague, 1978.
- 44) **Josephson, M. E. & Kastor, J. A.** : His-Purkinje conduction during retrograde stress. *J. Clin. Invest.*, **61**, 171-177 (1978).
- 45) **Akhtar, M., Damato, A. N., Batsford, W. P., Ruskin, J. N. & Ogunkelu, J. B.** : A comparative analysis of antegrade and retrograde conduction patterns in man. *Circulation*, **52**, 766-778 (1975).
- 46) **Akhtar, M., Gilbert, C. J., Wolf, F.G. & Schmidt, D. H.** : Retrograde conduction in His-Purkinje system. *Circulation*, **59**, 1252-1265 (1979).
- 47) **Castillo, C. & Castellanos, A., Jr.** : Retrograde activation of the His bundle in the human heart. *Am. J. Cardiol.*, **27**, 264-271 (1971).
- 48) 岩 喬・三井毅 : WPW 症候群の手術的根治療法, 150 例の知見から. 日医新報, **3136**, 13-18 (1984).
- 49) **Svenson, R. H., Miller, H. C., Gallagher, J. J. & Wallace, A. G.** : Electrophysiological evaluation of the Wolff-Parkinson-White syndrome. Problems in assessing antegrade and retrograde conduction over the accessory pathway. *Circulation*, **52**, 552-562 (1975).
- 50) **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).
- 51) 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 WPW 症候群の心表面興奮伝播図. 日胸外会誌, **29**, 1345-1358 (1981).
- 52) 向井恵一・岩 喬・小林弘明・児玉吉明・土屋和弘・松下重人 : 潜在性 WPW 症候群の手術治療. 呼と循, **29**, 779-783 (1981).
- 53) 岩 喬・麻柄達夫・川筋道雄・三崎拓郎・向井恵一・小林弘明・渡辺洋宇・深谷月泉 : WPW 症候群における複数の副刺激伝導路の切断手術知見. 心臓, **12**, 1115-1126 (1980).
- 54) 河村剛史・和田寿郎・稲垣弥寿子・佐藤禎二 : WPW 症候群における Kent 束部位別の逆行性伝導パターン分析, 右心房心表面マッピングによる実験および臨床的検討. 心臓, **17**, 913-918 (1985).
- 55) 三井 毅 : Wolff-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).
- 56) 村北和広 : 心房の興奮伝導に関する研究・心房興奮伝播図による基礎的ならびに臨床的研究. 日胸外会誌, **28**, 446-461 (1980).

**Experimental and Clinical Studies on Ventriculoatrial Conduction** Yasuhiro Matsunaga, Department of Surgery (I), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920 – J. Juzen. Med. Soc., 95, 124–144 (1986)

**Key words:** ventriculoatrial conduction, normal conduction pathway, atrial mapping, electrophysiological examinations, Wolff-Parkinson-White syndrome

#### **Abstract**

The present study was pursued to investigate the ventriculoatrial (V-A) conduction pathway in the presence of normal atrioventricular (A-V) conduction and the patterns of V-A conduction in Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome. Electrophysiological studies were conducted using intracardiac electrocardiogram, programmed intracardiac stimulation and atrial mapping. In 26 of 41 dogs which had intact A-V conduction, V-A conduction occurred with the ventricular pacing at a variety of constant rates. In 7 of 15 dogs demonstrating V-A blocks with that method, V-A conduction was assessed by other methods. All of them proved to have V-A conduction with the ventricular extrastimulus testing during basic ventricular and atrial simultaneous pacing, atropine, thoracotomy, extracorporeal circulation or resection of the sinus node. Epicardial and septal atrial mapping revealed that the earliest excitation point was the middle portion of the septal leaflet of the tricuspid valve, where the A-V node existed. Retrograde activation of His bundle was observed. These findings suggest that V-A conduction in dogs with normal A-V conduction is retrograde conduction through a normal conduction pathway, and exists in all dogs, but its appearance was affected by functional differences. In order to analyze in detail retrograde atrial sequence in WPW syndrome, atrial epicardial mapping was performed in man and experimentally in dogs. Atrial excitation passed to another atrium over Bachmann's bundle and the posterior septum, and was conducted through internodal tracts. It demonstrated characteristic atrial excitation patterns correlated to the sites of the accessory conduction pathway (ACP), and atrial epicardial mapping localized the portion of ACP accurately. Based on the results of the present study, more definitive diagnosis, and more appropriate treatment for arrhythmias will be achieved.