

心室興奮伝播の電気生理学的研究-2-右脚ブロックの心室興奮伝播

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/2297/8717

心室興奮伝播の電気生理学的研究

〔II〕右脚ブロックの心室興奮伝播

金沢大学医学部第1外科学教室（主任：岩 喬教授）

川 筋 道 雄

（昭和53年4月13日受付）

心電図上の右脚ブロック (RBBB) パターンは、心室中隔欠損症、フォロー四徴症、肺動脈狭窄症等の右室切開を必要とする各種先天性心疾患の開心術後に、また二次孔心房中隔欠損症や一次孔心房中隔欠損症においてよく認められる。RBBB パターンの成因は実験的 RBBB 作成により研究されたものがあるが^{1)~5)}、心電図の RBBB パターンを呈する心疾患について、その心表面興奮伝播を総合的に研究した論文は稀である。

心室中隔欠損症の根治術後に出現する RBBB パターンは、右脚本幹の損傷⁶⁾、あるいは右室切開による末梢 Purkinje 系の断裂^{6)~8)}にもとづく右室興奮の遅延が成因であるとされている。また二次孔心房中隔欠損症における RBBB パターンは右室肥大にもとづく右室興奮の遅延が原因であると考えられている^{9)~12)}。一方、一次孔心房中隔欠損症は RBBB パターンと左軸偏位を示すが、Rosenbaum らはその心電図の特徴が右脚ブロックと左脚前枝ブロックによると述べている¹³⁾。Durrer らは一次孔心房中隔欠損症患者の心表面興奮伝播過程を研究し、左室後基底部に最早期興奮を認めたと報告しており¹⁴⁾、また、Boineau らは刺激伝導系の不均等が一次孔心房中隔欠損症における心電図変化の原因であるとしている¹⁵⁾。

以上の如く、心電図 RBBB パターンの成因は疾患により一様ではないため、本研究において心電図上 RBBB パターンを呈する心疾患の心表面興奮伝播過程を研究し、RBBB パターンの成因を考察した。

対象及び方法

I. 動物実験

1. 心表面マッピング

20頭の雑種成犬を用いた。自作した双極電極を用いて心室表面上の多数の点(100-150個所)より電位を記録した。左室腔電位の起始点より双極誘導の主棘の頂点までの時間を測定し、電極部位の興奮到達時間と

した。得られた結果より等時間線を用いて心表面興奮伝播過程を図示した。実験方法の詳細は「心室興奮伝播の電気生理学的研究、第1報、正常心による基礎的研究」で述べた。

2. RBBB の作成

10頭の成犬において、自作した特殊なメスを右室自由壁より右室内に挿入し右脚本幹を切断することにより RBBB を作成した。メスの刺入部位より末梢の右室表面上の点より双極誘導をモニターし、メスの刺入により心表面興奮伝播過程に影響がないことを確認した。RBBB の発生は、操作中にモニターしてある心電図において、QRS 時間の延長、aV_R 誘導における高い R 波、II、III、aV_F 誘導における深い S 波の出現をもって診断した(図1)。心表面マッピングを行なった後、心臓を摘出しルゴール氏液を心内膜面に浸して刺激伝導系を染色し、右脚の障害部位を確認した。

3. 心室ペーシング

心室ペーシング中の心表面興奮伝播過程を研究し、RBBB 時の興奮伝播過程と比較検討し、また、心筋内興奮伝播速度を測定した。10頭の成犬において、多極心筋電極を心尖部より左室壁内に刺入した。体外ペースメーカーを用いて、心内膜面及び心外膜面において、洞調律よりやや高い頻度で心臓を電気刺激した。電極の深さは、あらかじめ同一電極で単極及び双極誘導を記録し確認した。心表面上の興奮到達時間は、電気刺激の時点より測定した。

II. 臨床研究

人における心表面興奮伝播過程を研究するために、1才から59才までの心臓手術を受けた35例を対象とした。対象疾患の内訳は、二次孔心房中隔欠損症10例、一次孔心房中隔欠損症3例、心室中隔欠損症10例、冠動脈疾患5例、その他7例である。動物実験と同様の手技を用いたが、左室腔電位の記録が困難であった少数の症例では、右室腔内電位あるいは心電図II

Electrophysiological Study of Ventricular Excitation. [II] Ventricular Excitation in Right Bundle Branch Block. Michio Kawasuji, First Department of Surgery, (Director: Prof. T. Iwa) School of Medicine, Kanazawa University.

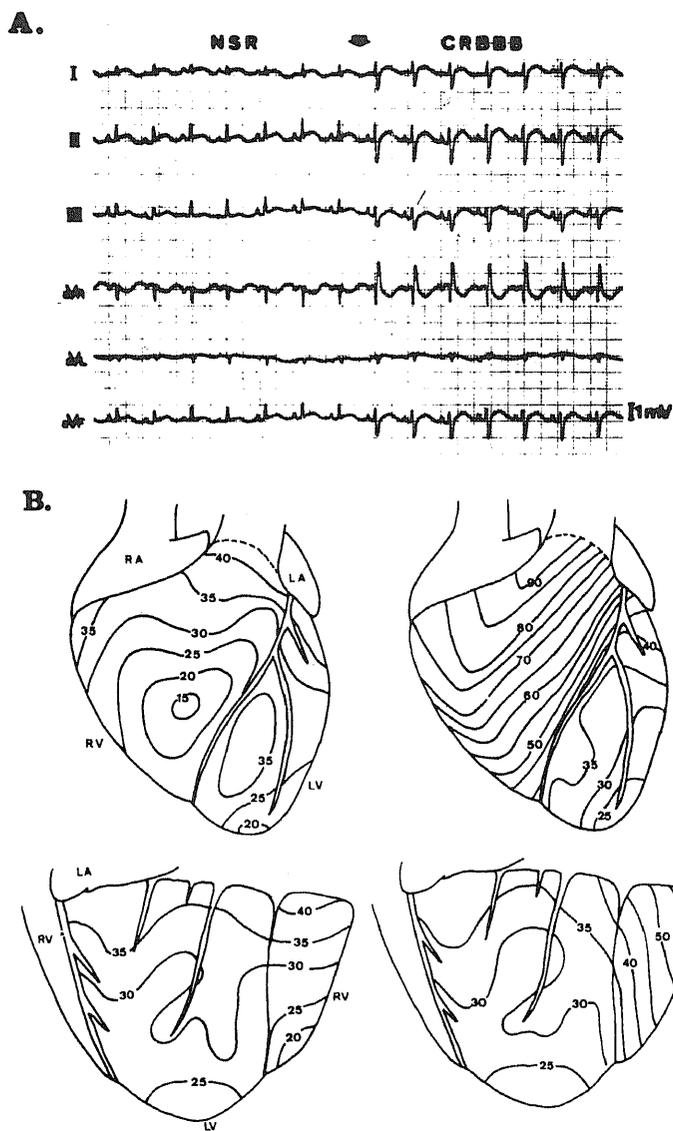


Fig.1. Epicardial activation sequence in the canine heart before and after production of RBBB. Panel A : The ECG monitoring throughout the procedure. RBBB occurred at the time of incision of the main right bundle branch. Panel B : Alteration of epicardial activation sequence. Activation time was measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. An anterior and posterior views are shown. The right figures show epicardial activation sequence of RBBB.

誘導のQRS波の起始部をreferenceとした。心表面マッピングはElecath社製の双極電極を用いて心室表面上の可及的多数の点(42から70点)より電位を記録した。マッピングには10-15分を要し、術前、術後に行なった。臨床例では心筋や刺激伝導系への傷害の危険があるために心筋内多極電極は用いなかった。2症例において心房細動を認めたが、心表面マッピングの実施には支障はなかった。

成 績

I. 動物実験

1. 実験的RBBBの心表面興奮伝播過程

犬におけるRBBB作成前後の心表面興奮伝播過程を図1に示す。興奮到達時間は刺激伝導系の障害がない左室の心腔内電位の起始時点より測定した。下段Bの左図は右脚切断前の心表面興奮伝播過程を示し、最早期興奮は右室前面傍中隔付近にあり、右室、左室とも正常パターンを呈した。

右室の興奮伝播過程は自由壁より細身のメスを挿入する操作によっては変化しなかったが、右脚の本幹を切断することにより心電図とともに直ちに变化した(下段B右図)。左室の興奮伝播過程は右脚切断後も全く変化せず、最早期興奮は後心尖部付近で認められ、

正常パターンで左室壁に波及し、40msecで興奮は終了した。一方、右室の興奮は著明に遅延し、術前に存在した右室前部傍中隔付近の最早期興奮は消失した。左室の興奮が前方及び後方より心室中隔を通して右室に波及し、右室前面ではV字型のパターンを呈した。最終興奮は肺動脈円錐部右側において90msecで記録された。

心表面全興奮時間は術前正常値の2倍以上となり、このことは心電図QRS時間の延長として認められた。遅延を併ない、肺動脈円錐部に向かう右室興奮伝播過程は心電図I, II, III, aV_F誘導において深いS波、及びaV_R誘導における幅広いR波として表われた。等時間線は右室の前部及び後底部傍中隔付近で密に分布し、右室の右上部において粗に分布した。このことは右室の右上部においてPurkinje系が興奮伝播に関与したことを示唆する。

2. 心室ペースングの心表面興奮伝播過程

心室ペースング中の心表面興奮伝播より求めた心筋の伝導速度は平均35cm/secであった。

図2は心室ペースング中の心表面興奮伝播過程を等時間線で示したものである。図2Aは心室ペースング前の正常心表面興奮伝播過程を示しコントロールとした。心内膜(図2B)及び心外膜(図2C)を双極でペー

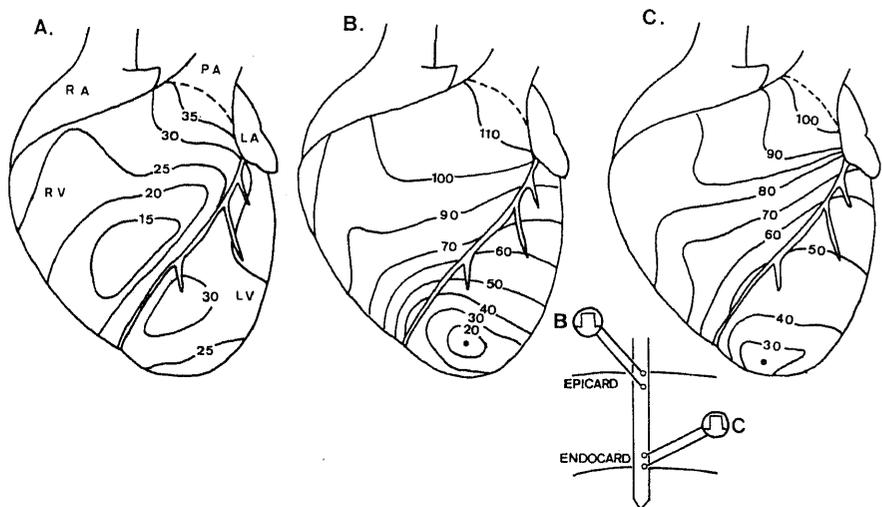


Fig.2. Epicardial activation sequence during ventricular pacing. Fig. A shows the control activation sequence before pacing. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. Fig. B and C show epicardial activation sequence during ventricular pacing. The dotted site was stimulated by an intramural needle electrode. Activation times were measured in msec after the beginning of stimulation. The epicardium and the endocardium were stimulated bipolarly in B and C respectively.

シングした。刺激点より発した興奮は同心円状に広がった。右室興奮は左室より伝播される刺激によっておこり、コントロールに比し著しい遅延を呈した。最終興奮は肺動脈円錐部において100-110msecで認められた。等時間線は刺激点の近位や心室中隔付近で密に分布し、右室流出路に近づくにつれて興奮伝播は速くなった。このことは、末梢 Purkinje 系の関与によると考えられる。2種類のペースング方法を比較すると、心外膜ペースングより心内膜ペースングにおいて興奮が10msec速く伝播した。

II. 臨床研究

1. 正常心表面興奮伝播過程

心筋硬塞を併わない冠動脈疾患、心室肥大が軽度の心室中隔欠損症、及び心室肥大の軽度の僧帽弁狭窄症患者を正常群とした。図3は正常群のうちの代表例の

心表面興奮伝播過程を5msecの等時間線を用いて表わしたものである。興奮到達時間は症例A, C, Dでは左室腔電位の起始点より、また症例Bでは心電図II誘導のQRS波の起始点より測定した。

人の心表面興奮伝播過程は犬のものと同様であった。心表面最早期興奮は左室腔電位の起始時点より20-25msec後に右室前面傍中隔付近で“breakthrough”として認められた。右心室では、この部位より興奮はほぼ同心円状に心室表面を伝播し、最終興奮は50-60msec後に肺動脈円錐部で記録された。左心室の心表面早期興奮は右室のそれよりやや遅れて30-40msec後に、後心尖部、前部傍中隔付近、及び後底部傍中隔付近において認められた。これらの部位より興奮前線はたがいに複雑に融合しながら左室壁に波及し、房室間溝に向かって伝播した。70-

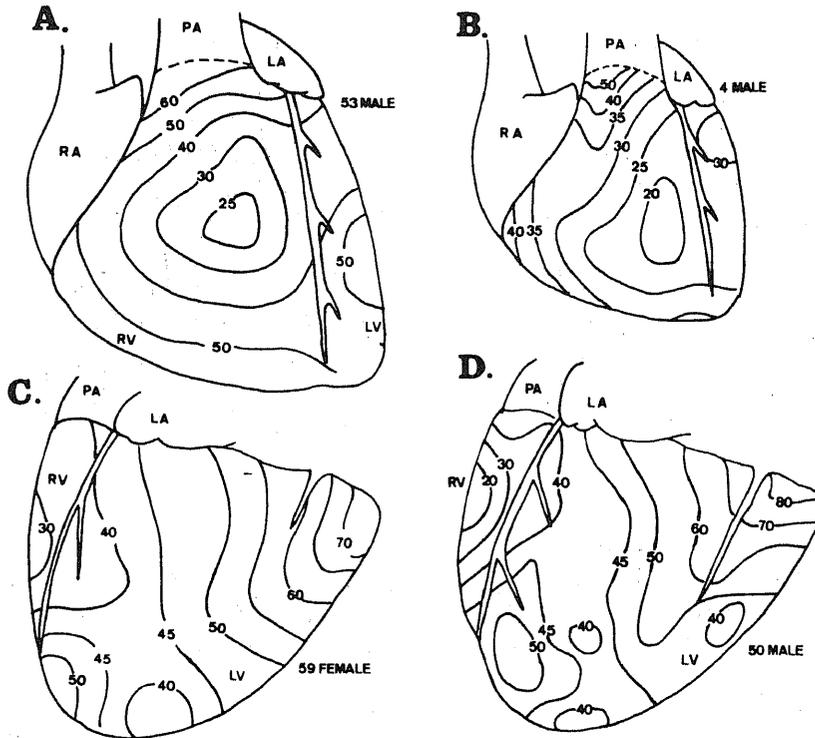


Fig.3. Epicardial activation sequence of human hearts. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential in patients A, C, and D, or after the onset of QRS wave in lead II ECG in patient B.

A : 53 year-old man with ischemic heart disease.

B : 4 year-old boy with ventricular septal defect with minimum ventricular hypertrophy.

C : 59 year-old woman with coronary artery fistel to the pulmonary artery.

D : 50 year-old man with mitral stenosis.

80msec後に左室後基底底部において最終興奮を記録した。犬の心表面興奮伝播と比較すると、人では前方心室中隔の高位付近において最終興奮を示す症例はなかった。

心表面マッピングを行なった臨床例中2例において術前、術中に心房細動を認めたが、これらの症例においてもなんら不都合なく心表面マッピングを行なうことができた。症例Dはその1例を示すもので、ほぼ正常な心表面興奮伝播過程を示した。

2. 右室切開後の心表面興奮伝播過程

心室中隔欠損症において右室切開による欠損孔閉鎖後、心表面興奮伝播過程は変化した。図4、5は2例の心室中隔欠損症の術前・術後の心電図及び心表面興奮伝播過程を示す。興奮到達時間は図4の症例においては心電図II誘導のQRS波の起始点より、また図5の症例においては左室腔電位の起始点より測定した。

図4の症例では、術前の心表面興奮伝播過程は正常パターンを呈した。図の点線で示される部位にて右室切開が行なわれた。右室切開後、心電図はQRS時間の延長を呈したがQRS軸には変化はなかった。術後の心表面興奮伝播過程は右室切開創の遠位部において著しい遅延を示した。人工心肺の影響による興奮伝播の遅延はあるが、右室前面傍中隔付近に最早期興奮を認め、切開創の近位側では著しい伝播遅延は認めなかった。等時間線は右室切開創の周囲で密に分布したが、このことは末梢Purkinje系の断裂を示唆すると考えられる。

心室中隔欠損を閉鎖した10例のうち1症例に右脚本幹の傷害にもとづくと考えられるRBBBが発生した。図5は心表面興奮伝播過程の特徴的な変化を示すものである。術前の心表面興奮伝播過程はほぼ正常のパターンを呈した。術後、心電図ではQRS時間の延

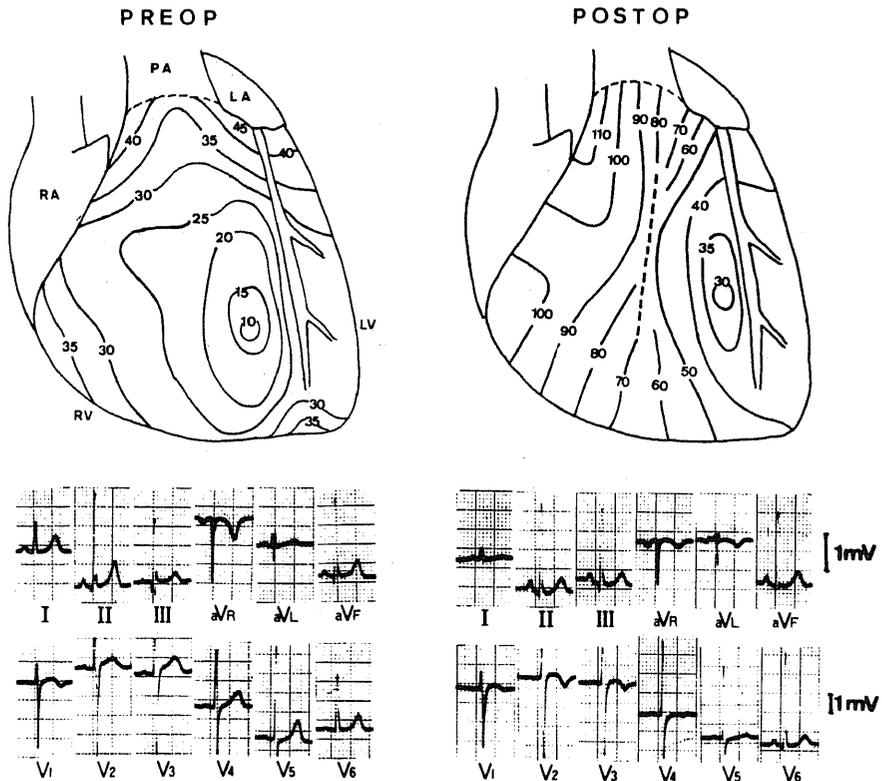


Fig.4. Epicardial activation sequence and ECG of a patient with ventricular septal defect before and after operation. Activation times were measured in msec after the onset of QRS wave in lead II ECG. The left figures show the preoperative activation sequence and ECG, and the right figures show the postoperative activation sequence and ECG. The dotted line indicates the area of ventriculotomy.

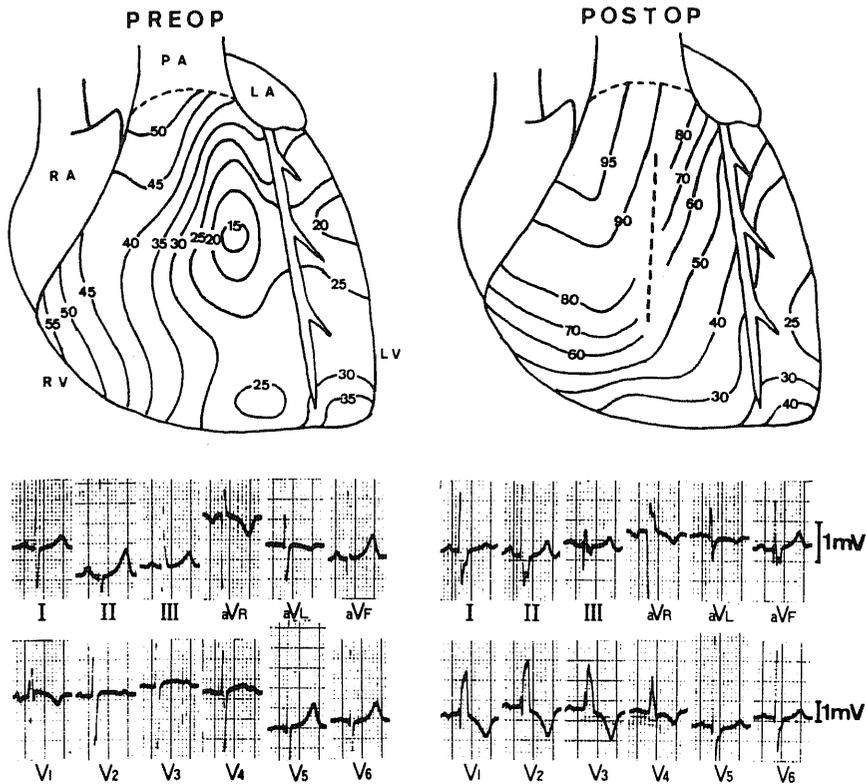


Fig.5. Epicardial activation sequence and ECG of a patient with ventricular septal defect before and after operation. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. The left figures show preoperative activation sequence and ECG. The dotted line shows the area of ventriculotomy. In this case, RBBB occurred due to a trauma to the main right bundle branch. The right figures show the postoperative activation sequence and ECG.

長、Ⅱ、Ⅲ、aV_f誘導における深いS波、及びV₁誘導におけるrsR'パターンが出現しRBBBパターンを呈した。

術後RBBB心では右室前部傍中隔付近の最早期興奮は消失した。術後の左室興奮伝播過程は術前と同じく正常であり、この左室より興奮は前方及び後方より右室に波及し、V字型の興奮伝播過程を呈した。興奮は肺動脈円錐部右側に向かって進行し、95msecで最終興奮を示した。等時間線は右室切開創及び前後の傍中隔付近で密に分布し、右室右上部において粗に分布した。本症例の心表面興奮伝播過程は右脚本幹傷害によるRBBB作成犬の成績と同様であり、本症例では心電図RBBBパターンの成因は右脚本幹の損傷であると考えられた。

3. 二次孔心房中隔欠損症

二次孔心房中隔欠損症における心表面全興奮時間は正常心の60-80msecに比し95-130msecと著明な延長を呈した。図6は二次孔心房中隔欠損症の代表例の心表面興奮伝播過程を等時間線を用いて図示したものである。

症例A及びBでは右室前面傍中隔付近の心表面最早期興奮は正常群より10msec遅れて認められ、この部位より興奮は正常パターンで右室に波及した。しかし、右室の全興奮時間は著明な延長を示し、正常心では右室の興奮がほぼ終了する60-70msecにおいても、右室の2分の1に興奮が波及したのみであった。

症例Cでは、最早期興奮は右室では認められず、左室前部傍中隔付近で認められた。左室の興奮は前方及び後方より右室に波及したが、そのパターンはRBBBのV字型とは異なり、また興奮伝播速度は心筋伝導に

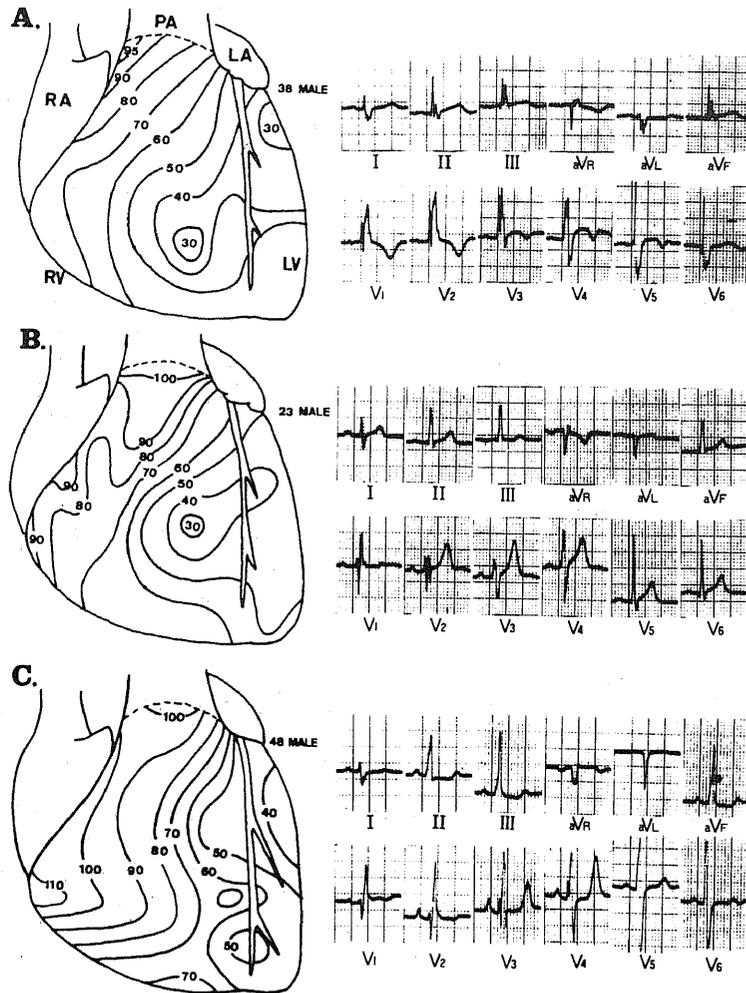


Fig.6. Epicardial activation sequence of ostium secundum atrial septal defect. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. The right figures show the corresponding ECGs.

よるもの程は遅くなく、右室伝導系の障害は考えにくい。

二次孔心房中隔欠損症では血行動態上、必然的に右室肥大をきたし、本症では右室興奮の遅延は刺激伝導系の障害によるものではなく、右室肥大によると考えられた。症例 A, B, C において右室収縮期圧は 40, 42, 60mmHg であり、左-右短絡率は 80%, 67%, 78% であった。

図 7 は心電図上 -10° の左軸偏位を併なう二次孔心房中隔欠損の一症例の心表面興奮伝播過程及びその心電図、ベクトル心電図である。本例の術中診断は僧帽弁後尖の逸脱を合併する二次孔心房中隔欠損症であ

り、僧帽弁逆流は併なわなかった。本症例のベクトル心電図所見は、最大 QRS ベクトルの上方移動及び前面 QRS 環の反時計方向回転であり、この所見は一般に、一次孔心房中隔欠損症として診断的価値のある所見とされている。しかし、本例では心表面最早期興奮は右室及び左室の傍中隔部位で認められ、右室ではこの部位より房室間溝に向かって興奮が波及した。右室前面中央部で等時間線は密に分布し、心筋内興奮伝播を示唆した。右室の全興奮時間は 130msec と著明な延長を呈した。左室においては正常パターンを呈し、90msec で興奮は終了した。この症例の心表面興奮伝播過程は右室における Purkinje 系の伝導障害を

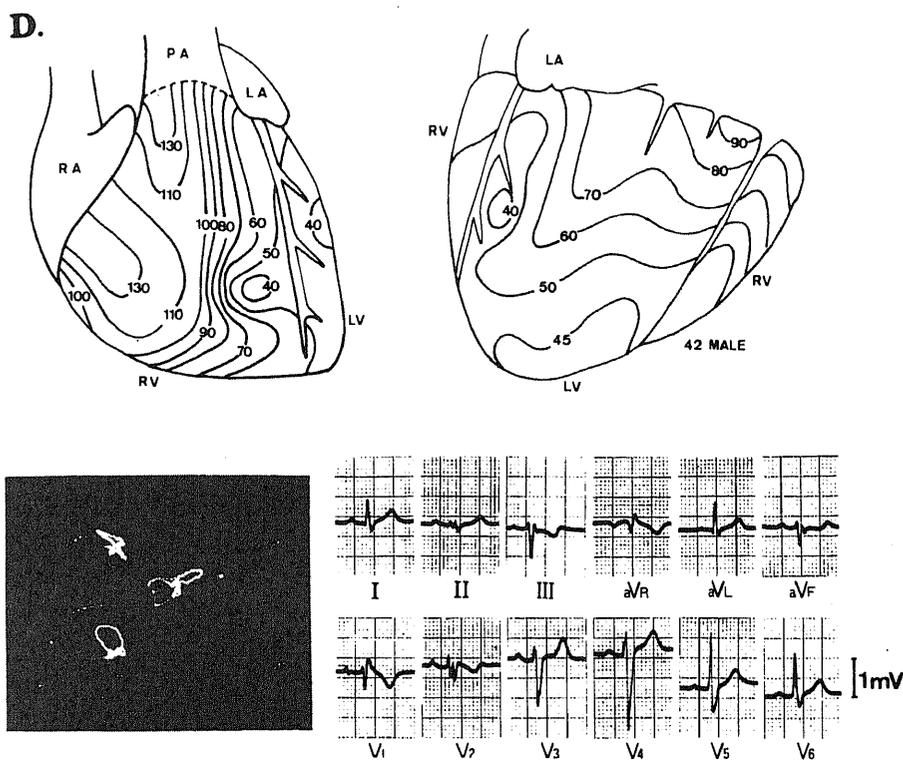


Fig.7. Epicardial activation sequence of ostium secundum atrial septal defect with left axis deviation. Anterior and posterior views are shown. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. The lower left figure shows VCG (top ; frontal loop, middle ; sagittal loop, bottom ; horizontal loop). The lower right figure shows ECG.

示唆した。本例の右室収縮期圧は 35mmHg, 左-右短絡率は 40%であった。

他の 6 例の二次孔心房中隔欠損症例の心表面興奮伝播過程は症例 A あるいは B のそれに類似していた。10 例の二次孔心房中隔欠損症例を総括すると、左軸偏位の 1 例を除き、心表面全興奮時間は右室収縮期圧と良い相関を示した。

4. 一次孔心房中隔欠損症

図 8 は一次孔心房中隔欠損症の一症例の心表面興奮伝播過程を図示したものである。心電図及びベクトル心電図は -15° の左軸偏位、前面 QRS 環の上方偏位及び反時計方向回転を呈した。心表面マッピングでは、最早期興奮は左室腔電位の起始時点より 20msec 遅れて左室後壁の傍中隔部位で認められた。この早期興奮部位より興奮前線は心尖部、房空間溝及び右心室に向かって波及した。右室表面の早期興奮は左室のそれより 10msec 遅れて正常心と同じく右室前部傍中隔付近で認められ、ここよりほぼ同心円状に右室に波及した。

右室の後底部では両心室の早期興奮部位よりの興奮が融合した。肺動脈円錐部は 70msec にて興奮し、最終興奮は右室の後底部で 80msec で認められた。

これらの心表面興奮伝播過程より、一次孔心房中隔欠損症における RBBB パターンは、右脚の伝導障害によるものではなく、右室肥大によるもの及び左室後壁の異常早期興奮による相対的右室興奮の遅延が成因であると考えられた。

考 察

臨床例においては、術中の心表面マッピングは時間的制約を受ける。臨床研究では心表面上の 40-70 点において電位を採取したが、これらの部位からのデータにもとづく心表面興奮伝播についての結果は動物実験による結果とほぼ同様であり、また Durrer らの報告と一致している¹⁰⁾。しかし、人の全心室興奮時間は犬の例よりも長く、これは心臓の大きさの差によるものと考えられる。また、Purkinje 線維は人では心内膜面に限局

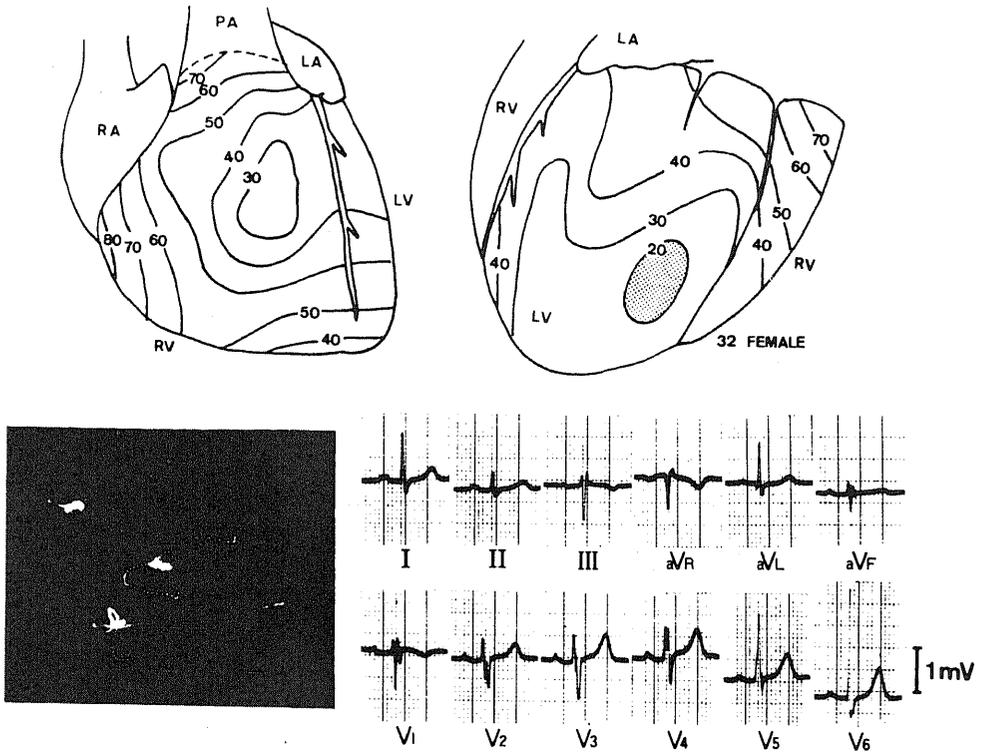


Fig.8. Epicardial activation sequence of ostium atrial septal defect. Anterior and posterior views shown. Activation times were measured in msec after the beginning of left ventricular cavity potential. The earliest epicardial breakthrough was recorded in the area indicated by the stippled mark. The lower left figure shows VCG (top ; frontal loop, middle ; sagittal loop, bottom ; horizontal loop). The lower right figure shows the ECG.

して存在するが、犬においては心筋内に深く侵入していることが認められており、Purkinje系を介して速く興奮が伝播すると考えられる。心室中隔に関しては、人では左側から右側方向にのみ興奮が伝播するが¹⁶⁾、犬では両側から興奮が波及することが認められている¹⁸⁾。

心室興奮伝播速度は、人工心肺の影響により低下するが、興奮伝播過程は著変を示さなかった。左室腔電位の起始時間は心室の脱分極の開始時点と一致し、上室性不整脈によって左右されることがないために、左室腔電位をreferenceとして用いれば、心房細動合併例においても心表面マッピングを行なうことができる。

心電上のRBBBパターンは右室切開により欠損孔を閉鎖した心室中隔欠損症の術後にしばしばみられるが、RBBBパターンの成因については意見が異なり、欠損孔閉鎖時の右脚本幹の傷害が⁹⁾、あるいは右室切開

による末梢Purkinje線維の断裂が考えられる^{6)~8)}。

心表面マッピングを用いてRBBBパターンの成因を考察した。実験的右脚ブロック心の心表面興奮伝播過程は以下の如く特徴づけられる。(1)左室興奮は正常である。(2)右室前面最早期興奮は消失する。(3)全興奮時間は、右室興奮の著明な遅延により延長する。(4)右室興奮伝播過程はV字型を呈する。(5)最終興奮は肺動脈円錐部に認める。(6)興奮は前及び後部傍中隔付近でゆっくり波及し、右室右上部において速く波及する。臨床における術後右脚ブロック心の心表面興奮伝播過程は実験的RBBB作成犬の成績と同様であり、右脚本幹の傷害により右室興奮は著しく遅延し、左室より心筋を介してゆっくり伝播する刺激により右室興奮が開始された。右脚ブロックに関するこれらの結果はvan Damらの報告と一致した¹⁷⁾。

右室切開により右室自由壁の末梢Purkinje系は障

害され、切開創の末梢部右室において著しい興奮伝播の遅延が認められる。しかし、切開創の中核側においては著明な興奮伝播遅延は認めない。心表面興奮伝播過程の比較によって、右脚本幹障害と末梢 Purkinje 系障害を鑑別することができる。すなわち、右脚本幹障害では右室の初期及び末期の興奮とも遅延を示すが、末梢 Purkinje 系障害では右室の末期の興奮が遅延を示すのみである。Okoroma らはベクトル心電図の QRS 初期ベクトルによって鑑別しようと述べている⁶⁾。

左室ペースング時の右室興奮は著明な遅延を示したが、RBBB パターンとは異なっていた。興奮伝播は刺激点の近位では遅く、刺激点の遠位では速かった。心筋内伝導の速度は 30-50cm/sec と報告されており、本研究の結果とほぼ一致し、このことより、遠位部の速い興奮伝播には Purkinje 系の関与が推測される。また、心外膜ペースングより心内膜ペースングにおいて興奮伝播が速いことも、上記のことを支持すると考えられる。

二次孔心房中隔欠損症の心表面興奮過程は種々のパターンの右室興奮伝播遅延を呈した。心室全興奮時間は右室収縮期圧の程度とよく相関を示したが、他の血行動態所見とは相関を示さなかった。Boineau らは実験的に心房中隔欠損を作成した犬の心室興奮伝播過程を研究し、右室自由壁の肥大が興奮伝播時間の延長の原因であり、Purkinje 系の伝導障害が原因ではないと述べている⁹⁾。図 6, 7 の症例 C, D の心表面興奮伝播過程は、図 6 の症例 A, B と異なり RBBB のパターンに似る。しかし、興奮伝播速度の分析より、C では右室肥大が、D では右室肥大及び Purkinje 系の障害が右室興奮遅延をもたらすと考えられる。

一次孔心房中隔欠損症の心表面興奮伝播過程は Durrer らが報告した如く特徴的である¹²⁾。フォロー四徴症の術後に発生する心電図変化より、Rosenbaum らは一次孔心房中隔欠損症の心電図変化の原因は RBBB と左脚前枝ブロックと考えた¹³⁾。しかし、一次孔心房中隔欠損症における右室興奮伝播過程は RBBB パターンを示さず、正常パターンの遅延を示した。また、Boineau らは一次孔心房中隔欠損症を有する犬では刺激伝導系が不均等であると報告している。すなわち本症では、刺激伝導系の後下部偏位にもとづいて、左脚後枝が短縮し左脚前枝及び右脚の延長が認められると述べている¹⁵⁾。著者の研究においても、左室後壁の異常早期興奮は刺激伝導系の不均等が原因であると考えられる。

ベクトル心電図において QRS 主ベクトルの上方偏

位及び前面 QRS 環の反時計方向回転は一次孔心房中隔欠損症の診断指標とされている。しかし、本研究において僧帽弁逸脱を併なう二次孔心房中隔欠損症の一例は、一次孔心房中隔欠損症の心電図及びベクトル心電図所見を呈した。しかし、本例では左室後壁の異常早期興奮は認められず、左室は二次孔心房中隔欠損症と同様に正常パターンを呈し、一方右室興奮は Purkinje 系障害によると考えられるパターンを呈した。したがって、左室後壁の異常早期興奮は一次孔心房中隔欠損症に特異的と考えられる。

結 論

心電図上 RBBB パターンを示す心疾患は右室興奮遅延を併なう種々の心表面興奮伝播過程を呈した。

1. 右脚本幹の障害による RBBB では、右室興奮は特徴的な V 字型の伝播遅延パターンを呈した。
2. 右室切開例では切開創の末梢側において著しい興奮伝播遅延を認めたが、中核側においては遅延を認めなかった。術後の RBBB に関して、心表面マッピングにより右脚本幹障害と末梢 Purkinje 系障害を鑑別しえた。
3. 左室ペースングでは、興奮は放射状に伝播し、右室興奮は遅延した。
4. 二次孔心房中隔欠損症では右室興奮は右室肥大にもとづく種々の伝播遅延パターンを呈した。一次孔心房中隔欠損症では、左室後壁に異常早期興奮を認め、右室の興奮は二次孔欠損症と同様であった。

心表面マッピングは心臓電位を直接採取することにより心室興奮に関する詳細な情報を提供し、心電図上の RBBB パターンの成因の考察に役立った。

稿を終るにあたり、終始御懇意なる御指導と御校閲を賜りました恩師岩喬教授に心から感謝いたします。また御協力いただきました第一外科学教室の諸先生方に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Erickson, R. V., Scher, A. M. & Becker, R. A.: *Circ. Res.*, 5, 5 (1957).
- 2) 長屋昭夫: *日本循環器学誌*, 23, 503 (1959).
- 3) Uhley, H. N. & Rivkin, L.: *Am. J. Cardiol.*, 7, 810 (1961).
- 4) Moor, E. N., Hoffman, B. F., Patterson, D. F. & Stuckey, J. H.: *Am. Heart J.*, 68, 347 (1964).
- 5) Hishida, H.: *Jap. Heart J.*, 10, 350 (1969).
- 6) Okoroma, E. O., Guller, B., Maloney, J. D. &

- Weidman, W. H. : *Am. Heart J.*, 90, 14 (1975).
- 7) Krongrad, E., Hefler, S. E., Bowman, F. O. Jr., Malm, J. R. & Hoffman, B. F. : *Circulation*, 50, 1105 (1974).
- 8) Gelband, H., Waldo, A. L., Kaiser, G. A., Bowman, F. O. Jr., Malm, J. R. & Hoffman, B. F. : *Circulation*, 44, 1022 (1971).
- 9) Boineau, J. p., Spach, M. S. & Ayers, C. R. : *Am. Heart J.*, 68, 637 (1964).
- 10) Wallace, A. G., Spach, M. S., Estes, E. H. & Boineau, J. P. : *Am. Heart J.*, 75, 728 (1968).
- 11) Blumenschein, S. D., Spach, M. S., Boineau, J. P., Barr, R. C., Gallie, T. M., Wallace, A. G. & Ebert, P. A. : *Circulation*, 38, 917 (1968).
- 12) Freud, G. E., Stern, M. C., Watson, H. & Durrer, D. : *Cardiovasc. Res.*, 9, 302 (1975).
- 13) Rosenbaum, M. B., Corrado, G., Oliveri, R., Castellanos, A. Jr. & Elizari, M. V. : *Am. J. Cardiol.*, 26, 12 (1970).
- 14) Durrer, D., Roos, J. P. & van Dam R. TH. : *Am. Heart J.*, 71, 642 (1966).
- 15) Boineau, J. P., Moore, E. N. & Patterson, D. F. : *Circulation*, 48, 556 (1973).
- 16) Durrer, D., van Dam, R. TH., Freud, G. E., Janse, M. J., Meijler, F. L. & Arzbaecher, R. C. : *Circulation*, 41, 899 (1970).
- 17) van Dam, R. TH. : *The Conduction System of the Heart*, p.377, Ed. by H. J. J. Wellens, K. I. Lie & M. J. Janse, Leiden, Stenfert Kroese, 1976.
- 18) Scher, A. M. & Young, A. C. : *Circ. Res.*, 4, 461 (1956).
- 19) Scher, A. M. & Young, A. C. : *Circ. Res.*, 3, 535 (1955).
- 20) Toscano-Barbosa, E., Brandenburg, R. O. & Burchell, H. B. : *Staff. Meet. Mayo Clin.*, 31, 513 (1956).

A b s t r a c t

The sequence of epicardial excitation of various cardiac lesions exhibiting the electrocardiographic pattern of RBBB was investigated by means of epicardial mapping and the etiology of RBBB pattern in the ECG was also investigated.

1. In RBBB due to trauma to the main right bundle branch, the right ventricular activation sequence showed marked delay and the characteristic V-shaped pattern.

2. Following vertical right ventriculotomy, the right ventricular epicardial activation showed marked delay at sites distal to the ventriculotomy but no significant delay proximal to the ventriculotomy. Regarding postoperative RBBB, central right bundle branch injury was able to be differentiated from distal Purkinje injury due to right ventriculotomy by means of epicardial mapping.

3. In left ventricular pacing, the activation spread in a circular fashion with the prolonged ventricular activation.

4. In ostium secundum defect, the right ventricular epicardial activation sequence showed various patterns of activation delay resulting from right ventricular hypertrophy. In ostium primum defect, the earliest epicardial activation was found in the left posterior paraseptal area, and the right ventricular activation was similar to ostium secundum defect.

Epicardial mapping has been the precise representation of ventricular excitation by direct measurement of cardiac potentials and provided various informations to investigate the electrocardiographic pattern of RBBB.