研究

外科的右脚ブロックの成因—心外膜等時線図による検討—

加藤林也* 外山淳治** 村松博文* 喜多村敬* 安藤重幸*
石川真一* 平田幸夫* 沢田 健* 外畑 巖* 清水 健***
田中 稔*** 村瀬充也*** 阿部稔雄*** 弥政洋太郎***

外科的右脚ブロック(RBBB)の成因を検討するため、VSDを有する14例に術中心外膜電位マッピングを行った。全例で術後RBBBを生じ、心外膜等時線図により中枢性(5例)、末梢性(4例)、及び混合性ブロック(5例)に分類された。中枢性ブロックはVSD単独例5例に認められ、これらには右室切開とVSD閉鎖のみを施行した。末梢性ブロックはVSD及び右室2腔症合併例4例に認め、これらには右室切開、VSD閉鎖に加え、広範囲な右室心内膜側心筋切除を施行した。混合性ブロックはファロー四徴症5例に認め、これらには右室切開、VSD閉鎖に加え、流出部の心内膜側心筋切除及び流出路パッチを施行した。中枢性ブロックは、VSD閉鎖に伴う右脚本幹の損傷に起因すると考えられた。末梢性伝導障害は心筋切除を施行した9例に認め、切除領域と伝導遅延領域が一致したことから、末梢性ブロックは、心筋切除による、プルキンエ線維網の破壊によるものと考えられた。

The mechanism of surgically induced right bundle branch block Rinya Kato *, Junji Toyama **, Hirofumi Muramatsu *, Kei Kitamura *, Shigeyuki Ando *, Shinichi Ishikawa *, Yukio Hirata *, Ken Sawada *, Iwao Sotobata *, Takeshi Shimizu ***, Minoru Tanaka ***, Mitsuya Murase ***, Toshio Abe ***, Yotaro Iyomasa *** * The First Dept. of Int. Med. Nagoya Univ. School of Med. ** The Dep. of Respiration and Circulation, The research institute of Environmental Medicine, Nagoya Univ. *** The First Dept. of Surgery Nagoya Univ. school of Med.

開心術後に心室中隔欠損症(以下VSD)の術後に右脚ブロック(以下RBBB)が高頻度に発生することはよく知られており、これまでに多くの報告¹⁻¹⁰⁾がある。その成因として、欠損口閉鎖による右脚本幹の損傷や、^{1,2,6)}右室切開による右脚側枝の切断^{3,5,7,9)}があげられている。また最近では右室切開を行わない経右房のファロー四徴症根治術¹¹⁾後にもRBBBを生じることが報告^{8,10)}され、手術操作との関連を検討することは、その発生

防止のみならず、他の術後合併症^{4,12-15)}の予防という点においても極めて重要なことと考えられる。そこで我々は、術中に心外膜電位マッピングを施行し、外科的RBBBの成因について検討を行った。

I. 対象

VSDを有し、外科的根治術後に、心電図上RBBBパターンを呈した14例を対象とした。対象は年齢1～32才、男11例、女3例であった。その内訳はVSD単独例5例、ファロー四徴症(T/F)5

(1981年12月11日 原稿受領)

本研究は、昭和56年度文部省科学費(特定研究「心臓・血管障害の成因に関する基礎研究——心臓電気現象の異常成立機序」)の助成を受けて行った。

*名古屋大学医学部第1内科

(〒466 名古屋市昭和区鶴舞町65)

**名古屋大学環境医学研究所第3部門

(〒464 名古屋市千種区不老町)

***名古屋大学医学部第1外科

Keywords

Surgically induced right bundle branch block
Epicardial mapping
Ventricular septal defect
Two chambered right ventricle
Tetralogy of Fallot

表 1 患 者 表

症 例	氏 名	年令(才)	性 別	臨 床 診 断
1	K.N.	4	男	心室中隔欠損症 (Kirklin II)
2	T.I.	2	男	〃
3	H.Y.	4	男	〃
4	Y.K.	31	男	〃
5	Y.M.	3	男	〃
6	Y.N.	25	女	心室中隔欠損症 (Kirklin II)+右室 2 腔症
7	W.K.	2	男	〃
8	M.K.	4	女	〃
9	M.N.	4	女	〃
10	M.J.	6	男	ファロー四徴症
11	K.H.	6	男	〃
12	F.A.	6	男	〃
13	K.S.	30	男	〃
14	S.M.	8	男	〃

表 2 術 式

症 例	切 開 部 位	手 術 操 作
1	右 室 (横切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術
2	右 室 (横切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術
3	右 室 (横切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術
4	右 室 (横切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術
5	右 室 (横切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術
6	右 室 (縦切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術及び異常心筋切除術
7	右 室 (縦切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術及び異常心筋切除術
8	右 室 (縦切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術及び異常心筋切除術
9	右 室 (縦切開)	テフロンパッチによるVSD閉鎖術及び異常心筋切除術
10	右室—肺動脈(縦切開)	根治術 (VSD閉鎖術, 漏斗部切除術, 流出路パッチ)
11	右室—肺動脈(縦切開)	根治術
12	右室—肺動脈(縦切開)	根治術
13	右室—肺動脈(縦切開)	根治術
14	右室—肺動脈(縦切開)	根治術

例, VSD及び右室 2 腔症^{16,17)}(TCRV)合併例 4 例であった(表 1)。

手術方法は VSD 閉鎖術のみ 5 例, T/F根治術 5 例, VSD閉鎖及び右室内異常心筋切除術 4 例であった。全例において右室切開を行い, 欠損口閉鎖には, Teflon patch を使用した(表 2)。

II. 方 法

RBBB の診断は標準12誘導心電図により行った。診断基準は年令別正常QRS 時間^{18,19,20)}, V₁誘導における QRS 波形²¹⁾(rSR'型)を用いた。

1. 心外膜電位マッピング²²⁾

術中右室切開前と右室縫合後に, 洞調律下にて

右室外膜面上の16~24点及び左室前面心室中隔側の4点から局所電位を記録した(図1-A)。各点の興奮到達時間を測定し(図1-B), 右室心表面上に興奮伝播模式図を作成した(図1-C)。

1)局所電位の記録方法

極間距離1mmの白金製双極電極を作成し, 用手にて心表面上より電位を記録した。局所電位は日本光電社製生体用アンプModel RM-5を用い, 時定数0.03秒, Hi-cut 300Hzで入力し, 同社製 Cardiojet にて紙送り速度100または200mm/秒で記録した。同時にSONY社製 Data recorder DFR-1715 に記録後, 横河電気社製電機オシロスコープ photorecorder 62 にて紙送り速度100または200mm

図1 A) 心外膜電位マッピング
○印は心外膜面上の局所電位の記録部位を示す。
B) 局所電位と興奮到達時間の測定
i) 右室切開前, ii) 右室縫合後
局所の興奮到達時間は、同時記録を行ったⅡ誘導心電図のQRSの開始より、局所電位の最初の急峻な立ち上がりの頂点までの時間とした。
C) 心外膜等時線図
各記録点を測定した興奮到達時間により、20 msec 毎の等時線で結び作製した右室表面の興奮伝播模式図。

表3 右室の心外膜等時線図による右脚ブロックの分類

心外膜等時線図 ブロックの種類	breakthrough	右室の興奮開始部位	等時線の走行	等時線の密集度	例数
中枢性ブロック	—	心室中隔側	心室中隔に並行	疎	5
末梢性ブロック	+	前乳頭筋附着部	同心円状	密*	4
混合性ブロック	—	心室中隔側	複雑な走行	密**	5

* 流出路から流入路に及ぶ広い範囲に等時線の密集を認める。

** 切開創(流出路)の周囲に限局して等時線の密集を認める。

/秒で再生した。

2) 興奮到達時間の測定(図1-B)

同時記録した体表面心電図第Ⅱ(または第Ⅲ)誘導のQRS波の開始を基準として、局所電位の最

初の急峻な立ち上がりの頂点までの時間を各記録点の興奮到達時間とした。

3) 右室心外膜等時線図(図1-C)

右室切開前に測定した各点の興奮到達時間の成

図2 A) 中枢性ブロック (A群, $n = 5$) 心室中隔欠損症例
右室の興奮は左室より遅れて開始し, 等時線の走行は心室中隔に並行となり, 興奮が左から右へ伝播されるのを示している。
B) 末梢性ブロック (B群, $n = 4$) 心室中隔欠損症+右室2腔症例
右室の興奮開始は, 前乳頭筋付着部に認められ (epicardial breakthrough), この部より同心円状に右室に伝播される。流出路から流入路にかけて等時線の密集が認められる。
C) 混合性ブロック (C群, $n = 5$) ファロー四徴症例 ◆: 流出路パッチ
A群と同様に右室の興奮は左室より遅れて開始する。流出路に等時線の密集を認め, 複雑な等時線の走行を示す。

表4 心外膜マッピングによる右室切開前及び右室縫合後の各記録点への興奮到達時間 (単位: msec)

記録点 症 例	breakthrough point(B)			流出路(OF)			流入路(IF)			左室中隔側(LV)		
	前	後	ΔB	前	後	ΔOF	前	後	ΔIF	前	後	ΔLV
A群($n=5$)												
mean	26.0	60.0*	34.0	57.0	98.2*	41.2	51.8	96.0*	44.2	32.0	32.8	0.8
S.D	± 5.9	9.3	6.9	15.8	12.3	14.4	16.2	14.6	4.0	6.7	4.1	4.2
B群($n=4$)												
mean	18.0	23.0	5.0	34.3	84.8*	50.5	32.5	90.0*	57.5	23.8	25.5	1.8
S.D	6.7	7.3	3.7	17.9	21.9	4.8	9.6	10.0	8.1	4.3	4.2	3.3
C群($n=5$)												
mean	18.0	50.2*	32.2	40.0	106.0*	66.0	54.6	90.0*	35.4	21.0	24.2	3.2
S.D	7.6	9.6	10.1	11.2	14.7	13.9	10.3	8.7	12.2	11.4	10.9	2.9

* $P < 0.001$

績から, 20msec 毎の心外膜等時線図を作成した。右室切開前に最も早く興奮が到達した心外膜面上の点を breakthrough point (point ①)とした。また流出部, 流入部の記録点のうち最も遅い興奮到達を示した点をそれぞれ, outflow point (point ②), inflow point (point ③)とした。以上の3点を心外膜等時線図上の基準点とし, 右室縫合後の心外膜等時線図の定性的並びに定量的分析を行った。

Ⅲ. 結 果

1. 右脚ブロックの分類(表3)

右室縫合後の心外膜等時線図により RBBB は以下の3群に分類された。

1) 中枢性ブロック 全記録点で興奮到達時間が遅延した5例を中枢性ブロック群(A群)とした。A群では右室の興奮は左室より大幅に遅れ傍中隔部から開始した。右室心外膜面での等時線は心室中隔に並行, かつ等間隔となり, 等時線の密集を認

図3 breakthrough point における興奮到達時間の変化
○：右室切開前，●：右室縫合後(mean ± SD)

図4 流出路における興奮到達時間の変化
○：右室切開前，●：右室縫合後(mean ± SD)

図5 流入路における興奮到達時間の変化
○：右室切開前，●：右室縫合後(mean ± SD)

表5 breakthroughから流出路，流入路への興奮伝導時間*

(単位：msec)

記録点 症 例	1-2 interval			1-3 interval		
	前	後	$\Delta(1-2)$	前	後	$\Delta(1-3)$
A群($n=5$)						
mean	31.0	38.2	7.2	25.8	35.0	10.2
S.D	11.9	5.4	9.7	11.3	11.9	7.1
B群($n=4$)						
mean	16.3	61.8*	45.5	14.5	67.0**	52.5
S.D	15.9	22.2	7.2	7.5	5.9	5.5
C群($n=5$)						
mean	22.0	55.8*	33.8	36.6	40.6	4.0
S.D	5.7	8.3	7.7	4.2	3.8	5.9

* point②(point③)の興奮到達時間からpoint①の興奮到達時間を差し引いたものを興奮伝導時間とした。

** $P<0.001$

図6 A) breakthroughから流出路への興奮伝導時間の変化を示す。心筋切除を施行した末梢性および混合性ブロックでは著明な延長を認める。

B) breakthroughから流入路への興奮伝導時間の変化

混合性ブロック(ファロー四徴症例)では流入路への伝導時間の延長を認めない。

めなかった(図2-A)。

2)末梢性ブロック 右室前乳頭筋付着部及び傍中隔部を除く記録点の少なくとも1つ以上で興奮到達時間が遅延した4例を末梢性ブロック群(B群)とした。B群では右室の興奮は前乳頭筋付着部より開始し、流出部及び流入部に伝播された。等時線図はbreakthrough pointを中心として同心円状に描かれ、流出部から流入部にかけて等時線の密集を認めた(図2-B)。

3)混合性ブロック A群と同様に右室の全記録点で興奮到達時間が遅延し、右室の興奮は左室より遅れて傍中隔部から開始したが、等時線の走行はA群と異なり、心室中隔に並行とはならず、流出部のみに限局して等時線の密集を認めた。これら5例を混合性ブロック群(C群)とした(図2-C)。

2. 心外膜電位マッピングの定量的分析

各記録点から測定した興奮到達時間のうち、3つの基準点(point①, ②, ③)について検討を行った。

1)局所興奮到達時間(表4)

point①への興奮到達時間はA群では右室切開前 26.0 ± 5.9 msecから右室縫合後に 60.0 ± 9.3 msecへと有意に($P < 0.001$)に延長した。これに対してB群では、右室切開前 18.0 ± 6.7 msecから縫合後 23.0 ± 7.3 msecへとわずかに延長したのみで、有意差は認められなかった。C群では、A群と同様に、右室切開前 18.0 ± 7.6 msecから縫合後に 50.2 ± 9.6 msecへと有意に($P < 0.01$)延長した(図3)。point②への興奮到達時間はA群では 57.0 ± 15.8 msecから 98.2 ± 12.3 msecへ、B群では 34.3 ± 17.9 msecから 84.8 ± 21.9 msecへ、C群では 40.0 ± 11.2 msecから 106.0 ± 14.7 msecへ3群とも縫合後に有意に($P < 0.001$)延長した(図4)。

point③への興奮到達時間はA群では、 51.8 ± 16.2 msecから 96.0 ± 14.6 msecへ、B群では、 32.5 ± 9.6 msecから 90.0 ± 10.0 msecへ、C群では 54.6 ± 10.3 msecから 90.0 ± 8.7 msecへ、いずれも有意に延長した($P < 0.001$)(図5)。

これに対し、左室の傍中隔部の記録点への興奮到達時間は、心内手術操作によりいずれの群においても変化しなかった。

2)右室内興奮伝導時間(表5)

point②興奮到達時間からpoint①興奮到達時間

の差を①-②時間、point③興奮到達時間からpoint①興奮到達時間の差を①-③時間とし、これらの計測値を手術前後で比較検討した。

①-②時間はA群では右室切開前 31.0 ± 11.9 msecから右室縫合後 38.4 ± 5.4 msecへとわずかに延長したが、これは有意な変化ではなかった。B群では 16.3 ± 15.9 msecから 61.8 ± 22.2 msecへと有意に延長した($P < 0.001$)。C群では、B群と同様に 22.0 ± 5.7 msecから 55.8 ± 8.3 msecへと有意に延長した($P < 0.001$)(図6-A)。

①-③時間はA群では 25.8 ± 11.3 msecから 35.0 ± 11.9 msecへと延長したが、両者の差は有意でなかった。B群では 14.5 ± 7.5 msecから 67.0 ± 5.9 msecへと有意に延長した($P < 0.001$)。C群では 36.6 ± 4.2 msecから 40.6 ± 3.8 msecへとほとんど変化を認めなかった(図6-B)。

IV. 考 案

1. 右脚の障害部位の同定

右脚は周囲を電氣的に絶縁され、分枝を出すことなく心室中隔を下行使し、右室の前乳頭筋付着部に到達、分枝する^{23,24,25,26,27,28,38}。右室の興奮は前乳頭筋付着部から開始し右室全体に末梢のプルキンエ線維網を介して伝播される。右脚本幹、分枝およびプルキンエ系がいかなる個所で損傷されても心電図上右脚ブロックパターンが生じる。標準12誘導心電図では、RBBBにおける右脚の障害部位を同定することは困難であり²⁹、ベクトル心電図においても同様である^{6,30,31}。電極カテーテルを用いた心内膜電位マッピングは中枢性ブロックと末梢性ブロックの鑑別に有用であるが^{32,33}、記録部位が限られるため、右室内の興奮伝播過程の詳細な検討には不十分である。これに対し、心外膜電位マッピングは右室の興奮伝播を詳細に分析することができるため、右脚、プルキンエ系の障害部位の同定が可能であると考えられる^{7-10,18,34}。

右脚が前乳頭筋付着部より中枢側で損傷された場合(中枢性ブロック)、興奮は左室から心室中隔を経て右室へ伝播されるため、右室傍中隔部が最も早く興奮し、以後漸次右に伝播される。この場合、右室心外膜等時線図は正常と異なり、同心円状とはならず、心室中隔にほぼ並行となり、興奮が左から右へ伝播されるのをよく反映した(図

2-A)。

右脚が前乳頭筋付着部に到達、分枝後、分枝の一部または末梢プルキンエ線維網が障害された場合(末梢性ブロック)には、興奮は前乳頭筋付着部付近から開始し流出部、流入部に伝播されるが、損傷された右脚分枝またはプルキンエ線維網により支配される右室領域は周囲からの筋伝導により興奮の伝播がなされる。心外膜等時線図によると右室の興奮は前乳頭筋付着部付近から開始し(breakthrough)、この点を中心として同心円状に右室全体に広がるが、プルキンエ線維網の障害部位に対応する心外膜面上で興奮の遅延が生じることが示唆された(図2-C)。

右脚が中枢側で損傷され、かつ末梢プルキンエ系も傷害された場合(混合性ブロック)、右室の興奮は左室より大幅に遅れて傍中隔部より開始し、右へ伝播されるが、右室の一部に伝導遅延領域が生ずる。心外膜等時線図では breakthrough が消失し、等時線は傍中隔部では並行となるが、流出部(漏斗部)のみに限局して密集が認められ、島状の伝導遅延領域を形成した。混合性ブロック例における等時線図は、右室の複雑な興奮伝導様式をよく反映した(図2-C)。

2. 外科的右脚ブロックの成因

心臓手術後に生じた RBBB の成因として、右室切開^{3,5,7,9,35}、欠損口閉鎖^{1,2,6,23,24,36,38}、心筋切除^{8,10}などがあげられている。RBBB 発生におけるこれらの手術操作の関与について、各群で検討した。

1) 中枢性ブロックの成因

術後に中枢性障害を認めた10例(A群5例、C群5例)では右室の最早期興奮部位は傍中隔部に認められ、右脚が前乳頭筋付着部到達前、すなわち中枢側で障害されたことを示す。右室切開はA群では横切開、C群では縦切開で、いずれも前乳頭筋付着部より上方の右室流出部自由壁であるため、切開により右脚本幹が損傷されたとは考え難い。Kirklin II 型の VSD では右脚本幹は欠損口の直下を走行する^{23~27,36,37}ため、これらの群では欠損口閉鎖の際に右脚本幹が直接結紮されたり、出血壊死あるいは周囲の浮腫、炎症の波及により損傷^{36~38}されたと考えられる。

2) 末梢性ブロックの成因

末梢性ブロックの成因に関しては多くの文献が

あるが、その多くは右室壁切開による右脚側枝(分枝)の切断^{3,5,7,9}によるものであるという。しかし右室切開により末梢性ブロックが必発^{3,5}するものであれば、A群においても混合性ブロックが生ずることになる。しかしA群では、心外膜等時線図において、切開創の末梢側での伝導遅延は軽度であり、等時線図と切開創の間には明瞭な関連は認められなかった(図2-A)。また本研究の対象では、切開創は全例で前乳頭筋付着部より上方の流出部であり、右室切開により右脚側枝が切断されたとは考えられなかった。心外膜等時線図により末梢性伝導障害が示唆された9例(B群4例、C群5例)においても切開創と伝導遅延領域が一致したのはC群のみであった。B群では4例とも伝導遅延は切開創の周囲では認められず、右室流出部、流入部に認められた。B群の症例はすべて右室2腔症合併例であり、欠損口閉鎖術に加え、肥厚した右室の異常心内膜下心筋切除術が施行された。心内膜下心筋切除領域は流出部から流入部に及ぶ広範囲なものであり、伝導遅延はこの心筋切除領域に一致して認められた。またC群はファロー四徴症であり、欠損口閉鎖に加え、漏斗部狭窄は正のため、漏斗部の肥厚した心内膜下心筋の切除が行われた。心外膜等時線図では心筋切除領域に一致^{8,10}して流出部のみに限局した伝導遅延が認められた。C群では右室切開部位は漏斗部であり、心筋切除範囲は切開創周囲に限局していたため、心外膜等時線図上で切開創と等時線の走行が一致したものと考えられた。このように末梢性伝導障害を認めた9例では、全例に心内膜下心筋切除術が施行されており、なおかつ伝導遅延は切開創ではなく、心筋切除領域に一致して認められた。以上より、末梢性ブロックの成因は右室切開によるものではなく、心内膜側心筋切除による右室のプルキンエ線維網の破壊によるものと考えられた。

V. まとめ

VSD 閉鎖術後に発生する右脚ブロックの成因を検討するため、術後右脚ブロックを生じた14例で術中心外膜電位マッピングを行った。

1. 心外膜等時線図により右脚ブロックは以下の3群に分類された。

1) 他の心奇形を合併しない VSD 5 例は術後中

枢性右脚ブロックを生じた。

2) 右室2腔症を合併したVSD 4例は術後末梢性右脚ブロックを生じた。

3) ファロー四徴症5例は術後混合性右脚ブロックを生じた。

2. 中枢性右脚ブロックの成因は、欠損口閉鎖術に密接に関連する右脚本幹の損傷であると考えられた。

3. 末梢性右脚ブロックの成因は、心内膜下心筋切除によるプルキンエ線維網の破壊であると考えられた。

[文 献]

- 1) Bristow JD, Kassebaum DG, Starr A, Griswold HE: Observations on the occurrence of right bundle branch block following open repair of ventricular septal defects. *Circulation* 22:896, 1960
- 2) Kulbertus HE, Coyne JJ, Hallidie Smith KA: Conduction disturbances before and after surgical closure of ventricular septal defect. *Am. H. J.* 77:123, 1969
- 3) Gelband H, Waldo AL, Kaiser GA, Bowman FO, Malm JR, Hoffman BF: Etiology of right bundle branch block in patients undergoing total correction of tetralogy of fallot. *Circulation* 44: 1022, 1971
- 4) Wolff GS, Rowland TW, Ellison RC: Surgically induced right bundle branch block with left anterior hemiblock. *Circulation* 46:587, 1972
- 5) Krongrad E, Hefler SE, Bowman FO, Malm JR, Hoffman BF: Further observations on the etiology of the right bundle branch block pattern following right ventriculotomy. *Circulation* 50:1105, 1974
- 6) Okoroma EO, Guller B, Maloney JD, Weidman WH: Etiology of right bundle branch block pattern after surgical closure of ventricular septal defects. *Am. H. J.* 90:14, 1975
- 7) 河村剛史, 前田正信, 黒沢博身, 今井康晴, 高見沢邦武, 高尾篤良: 術中 Epicardial Mapping 法による外科的右脚ブロックの分析, *心臓* 9:884, 1977
- 8) Horowitz LN, Simson MB, Spear JF, Josephson ME, Moore EN, Alexander JA, Kastor JA, Edmunds LH: The mechanism of apparent right bundle branch block after transatrial repair of tetralogy of fallot. *Circulation* 59:1241, 1979
- 9) 幕内晴朗, 古瀬彰, 三枝正裕: 心外膜マッピング法による外科的右脚ブロックの研究, *胸外科* 33:176, 1980
- 10) Horowitz LN, Alexander JA, Edmunds LH: Postoperative right bundle branch block: Identification of three levels of block. *Circulation* 62:319, 1980
- 11) Edmunds LH, Saxena NC, Friedman S, Rashkind WJ, Dodd PF: Transatrial resection. *Circulation* 62:319, 1980
- 12) Rosenbaum MB, Corrado G, Oliveri R, Castellanos A, Elizari MV: Right bundle branch block with left anterior hemiblock surgically induced in tetralogy of fallot Relation to the mechanism of electrocardiographic change in endocardial cushion defects. *The American Journal of Cardiology* 26:12, 1970
- 13) Anderson PAW, Rogers MC, Canent RV, Jarmakani JM, Jewett PH, Spach MS: Reversible complete heart block following cardiac surgery Analysis of his bundle electrograms. *Circulation* 46:514, 1972
- 14) Steeg CN, Krongrad E, Davachi F, Bowman FO, Malm JR, Gersony WM: Postoperative left anterior hemiblock and right bundle branch block following repair of tetralogy of fallot Clinical and etiologic considerations. *Circulation* 51:1026, 1975
- 15) Krongrad E: Prognosis for patients with congenital heart disease and postoperative intraventricular conduction defects. *Circulation* 57:867, 1978
- 16) 清水健, 弥政洋太郎, 阿部稔雄, 石原智嘉, 村瀬充也, 浅井資弘, 竹中茂晴, 田本晃司, 田中稔, 彦坂博, 平松隼夫, 吉岡研二, 小沢勝男, 津田斉, 小林正治, 大宮孝, 宮田義弥, 小林淳剛, 福田巖: いわゆる右室二腔症の名称と分類。われわれの提唱する心室流入部狭窄症。 *日胸外会誌* 23: 15, 1975
- 17) 小林淳剛, 川村光世, 宮田義弥, 南川紀, 横地浩史, 牧葆雄, 安田敬志, 水川豊, 榊原欣作: 右室2腔症。 *心臓* 11: 952, 1979
- 18) 遠城寺宗徳監修
現代小児科学大系, 6-A, 中山書店, 東京, 1967
- 19) 大国真彦, 関一郎: 正常心電図-小児, 総合臨床 28: 654, 1974
- 20) 津田淳一: 健康小児心電図に関する研究, 右脚ブロック及び右室肥大の判定基準について, 臨床内科, 小児科 18: 533, 1963
- 21) James TN: Conduction and block in the right bundle branch, Real and imagined, *Circulation* 45:1, 1972

- 22) Kupersmith J: Electrophysiologic mapping during open heart surgery. *Progress in Cardiovascular Diseases* 19:167, 1976
- 23) Lev M: The architecture of the conduction system in congenital heart disease II tetralogy of fallot. *Archives of Pathology* 67:114/572, 1959
- 24) Lev M: The architecture of the conduction system in congenital heart disease III ventricular septal defect. *Archives of Pathology* 70:13/529, 1960
- 25) Latham RA, Anderson RH: Anatomical variations in atrioventricular conduction system with reference to ventricular septal defects. *British Heart Journal* 34:185, 1972
- 26) Krongrad E, Malm JR, Bowman FO, Hoffman BF, Waldo AL: Electrophysiological delineation of the specialized A-V conduction system in patients with congenital heart disease. Delineation of the distal his bundle and the right bundle branch. *Circulation* 49:1232, 1974
- 27) 磯部文隆: VSD閉鎖時の外科的右脚ブロック, RBBBの予防について—右脚走行様式の発生形態学的考案—*胸部外科* 32:841, 1977
- 28) Rossi L: Histopathology of cardiac arrhythmias pp 30, 196, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1978.
- 29) Sung RJ, Tamer DM, Agha AS, Castellanos A, Myerburg RJ, Gefband H: Etiology of the electrocardiographic pattern of "incomplete right bundle branch block" in atrial septal defect: An electrophysiologic study. *The Journal of Pediatrics* 87:1182, 1975
- 30) Penalzoza D, Gamboa R, Sime F: Experimental right bundle branch block in the normal human heart, Electrocardiographic, vectorcardiographic and hemodynamic observations. *The American Journal of Cardiology* 8:767, 1961
- 31) Scherlis L, Lee Y-C: Right bundle branch block following open heart surgery Electrocardiographic and vectorcardiographic study. *The American Journal of Cardiology* 8:780, 1961
- 32) Kastor JA, Goldreyer BN, Moore EN, Shelburne JC, Manchester JH: Intraventricular conduction in man studied with an endocardial electrode catheter mapping technique, Patients with normal QRS and right bundle branch block. *Circulation* 51:786, 1975
- 33) Sung RJ, Tamer DM, Garcia OL, Castellanos A, Myerburg RJ, Gelband H: Analysis of surgically-induced right bundle branch block pattern using intracardiac recording techniques. *Circulation* 54:442, 1976
- 34) Hill JD, Moore EN, Patterson DF: Ventricular epicardial activation studies in experimental and spontaneous right bundle branch block in the dog. *The American Journal of Cardiology* 21:232, 1968
- 35) Genender LJ, Stuckey JH, Jomain SL, Hoffman BF: Effects of right ventriculotomy upon activation of the epicardial surface of the canine right ventricle. *Circulation* 27:828, 1963
- 36) Esmond WG, Moulton GA, Cowley RA, Attar S, Blair E: Peripheral ramification of the cardiac conducting system. *Circulation* 27:732, 1963
- 37) Titus JL, Daugherty GW, Kirklin JW, Edwards JE: Lesions of the atrioventricular conduction system after repair of ventricular septal defect, Relation to heart block. *Circulation* 28:82, 1963
- 38) Lev M, Fell EH, Arcilla R, Weinberg MH: Surgical injury to the conduction system in ventricular septal defect. *The American Journal of Cardiology* 14:464, 1964