

先天性心疾患のベクトル心電図 (Frank 法) による研究

第 1 編

心室中隔欠損症のベクトル心電図：主として、血行動態との関連性について

岡山大学医学部第一内科教室 (主任：小坂淳夫教授)

副 手 森 脇 重 光

〔昭和50年2月5日受稿〕

緒 言

心室中隔欠損症 (以下 VSD と略す) の血行動態は、基本的には、左→右短絡量に比例した左右両室の拡張期負荷と肺動脈圧に比例した右室の収縮期負荷である¹⁾。形態学的には、それらの負荷を反映する左右両室の肥大と拡張であるが、短絡量や肺血管抵抗の変化に応じ、左右両室への負荷の程度も様々に変化する。²⁾

一方、近年、ベクトル心電図 (以下 VCG と略す) の発展により心肥大の判定や血行動態との関連性に VCG の有用性が認識され^{3)~5)} VSD の診断に心電図 (以下 ECG と略す) とともに、VCG が利用されてきている^{6)~10)} Witham ら¹¹⁾ は VSD の VCG は上記の血行動態を反映して、正常状態の両心室、右室の圧負荷と容量負荷および左室の容量負荷の組み合わせであると述べている。また、VSD の欠損孔の解剖学的位置と VCG との関係についての報告はみられないが、ECG との関係について、Toscano-Barboza ら¹²⁾ 正津ら¹³⁾ は V₁誘導の QRS 棘波の形態と欠損孔の位置との間に相関性を認めている。しかし、Vince¹⁴⁾ は両者の相関性はないと述べている。

そこで、著者は他に合併奇形を有せず、手術によって確認された VSD の VCG を分析し、手術所見や右心カテーテル所見などと対比しながら、主として、次の3項目について比較検討した。

すなわち、(1) VCG 所見のうち、循環諸量、とくに、右室収縮期圧および短絡率に最も相関性がみられるパラメーター。(2) 欠損孔の解剖学的位置と VCG 所見。(3) VCG 所見からみた左右両室負荷の進展過程。の各項目である。

対象と方法

対象は昭和43年から46年まで岡山市榊原十全病院に入院し、手術によって確認された VSD 64例である。その詳細は表 I の如くで、年齢は2才から29

表 I 年齢別、性別症例数

年 令	男	女	計
2才以上 7才未満	23	18	41
7才以上13才未満	5	9	14
13才以上	2	7	9
合 計	30	34	64

平均年齢 7.1才

才 (平均年齢7.1才、男30例、女34例である。循環動態の指標として、右心カテーテル所見のうち VCG の右室負荷所見と最も相関性が高い¹⁵⁾ と言われている右室収縮期圧を、左右両室の容量負荷の指標としては左→右短絡率を使用した。欠損孔の解剖学的分類は Kirklin の分類¹⁶⁾ に従った。

まず対象を右室収縮期圧により、次の4群に分類した。①40 mm Hg 以下のもの (以下、低右室圧群とする)、35例。②41 mm Hg 以上でかつ体血圧比70%未満のもの (以下、中右室圧群とする)、10例。③体血圧比70%以上でかつ体血圧を超えないもの (以下、高右室圧群とする)、15例。④体血圧を超えるもの (以下、アイゼンメンゲル症候群とする)、4例。(表2)

つぎに、短絡率により、次の5群に分類した。①20%以下のもの (以下、最小短絡群とする)、27例。②20% < ~ ≤ 40% のもの (以下、小短絡群とする)、18例。③40% < ~ ≤ 60% のもの (以下、中短絡群と

表2 右室収縮期圧,短絡率および欠損孔による分類

右室圧 短絡率分類	欠損孔						合計
	I	II	III	IV	II+III	II+IV	
低 右室圧群	9	23	2	1			35
中 右室圧群	2	7	1				10
高 右室圧群	3	7	1		3	1	15
最小 短絡群	8	17	1		1		27
小 短絡群	5	11	1	1			18
中 短絡群		6	2		1		9
大 短絡群	1	3			1	1	6
アイゼンメンゲル 症 候 群	2	2					4
合 計	16	39	4	1	3	1	64

する), 9例。④60%を超えるもの(以下,大短絡群とする), 6例。⑤アイゼンメンゲル症候群, 4例。(表2)

欠損孔はI型16例, II型39例, III型4例, IV型1例, II+III型3例, II+IV型1例である。(表2)

VCGの誘導法はFrank法を用い,仰臥位で導子の位置は第5肋間とした。このVCGを35mmフィルムで撮影し, MITSUBISHI HISHICOPYで拡大し分析した。計測方法は第6回ベクトル心電図研究会²¹⁾の計測要項を参考にした。

ベクトル心電図の計測項目

1. 各平面における計測

1) QRS環

①最大QRSベクトル: 大きさ(mV), 方向(°)を前額面, 左矢状面, 水平面につき計測(図1)

②QRS環回転方向: 反時計式(ccw), 時計式(cw), 8字形(F8)

③QRSベクトルのスカラー成分(図2): 最大下方成分(Ry), 初期最大上方成分(Qy), 終期最大上方成分(Sy), 最大左方成分(Rx), 最大前方成分(Rz), 最大後方成分(Sz), 初期最大右方成分(Qx), 終期最大右方成分(Sx)

2) T環

①最大Tベクトル: 大きさ(mV), 方向(°)を前額面, 左矢状面, 水平面につき計測。計測方法はQRS環と同様。

②T環回転方向: 反時計式(ccw), 時計式(cw), 8字形ないし線状(F8, l)

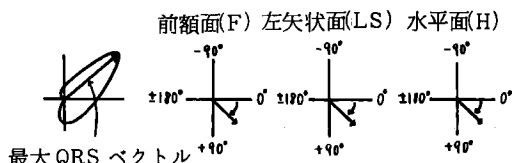


図1 最大QRSベクトルの方向の測定法

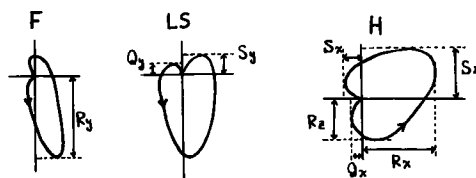


図2 QRSベクトルのスカラー成分の計測法

③三面のQRS-T夾角: 各面ごとに最大Tベクトルの方向(角度)より, 最大QRSベクトルの方向(角度)をさしひいたもの

2. 空間最大ベクトルについて

1) QRSベクトル: 大きさ(mV), 方位角(H°), 仰角(V°)

計算法 大きさ = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$

$\tan H^\circ = Z/X$

$\cos V^\circ = \frac{-Y}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}$

(但し, Yは上方をプラス)

2) Tベクトル: 大きさ(mV), 方位角(H°), 仰角(V°) 計算法はQRSベクトルと同様。

(但し, X, Y, Zは最大QRS, Tベクトルのそれぞれ, 左右成分, 上下成分, 前後成分である。)

3) 空間QRS-T夾角

計算法, $\cos Q = \frac{X_1 \cdot X_2 + Y_1 \cdot Y_2 + Z_1 \cdot Z_2}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2} \times \sqrt{X_2^2 + Y_2^2 + Z_2^2}}$

(但し, X₁, Y₁, Z₁はQRSベクトルの成分, X₂, Y₂, Z₂はTベクトルの成分である。)

VCGの心室肥大診断基準

左室肥大^{21)~27)} 右室肥大^{28)~31)} 両室肥大^{32)~35)}などに多数の基準が発表されているが一定したものはみられない。そこで, 著者は横山³⁶⁾ Khouryら³⁷⁾ Hugenoltzら³⁸⁾ および佐藤³⁹⁾の正常小児ないし健康若年者のVCG基準を参考に, 左室肥大に関しては, Khoury²⁷⁾の量負荷の基準を改訂し, 右室肥

表3 心室肥大診断基準

- 1 左室肥大
- 1) 水平面 QRS 環の回転方向が反時計式または 8 字式で、その最大ベクトルの方向は左後方へ向き、かつ左方成分は前後成分よりも大.
 - 2) 水平面最大 QRS ベクトルの大きさが 2.2mV 以上
 - 3) 前額面 QRS 環の回転方向が反時計式.
- 以上の3項目を満足するもの
- 2 右室肥大
- 1) 水平面 QRS 環の回転方向が時計式または 8 字式で、その最大ベクトルの方向は左前方もしくは右前方へ向き、かつ前方成分は後方成分より大.
 - 2) 前額面 QRS 環の回転方向が時計式.
- 以上の2項目を満足するもの
- 3 両室肥大
- 1) 左室肥大の条件の1) または2) と右室肥大の条件の2) をもつもの.
 - 2) 水平面 QRS 環に於て、前方成分は後方成分より大で、かつ反時計式回転をとるもの.
 - 3) 左室肥大の条件の3) と右室肥大条件の1) をもつもの.
- 以上のいずれか1項目に合致するもの.

大については Chou ら²⁹⁾の基準にそった。両室肥大に関しては、左室肥大もしくは右室肥大単独では考えられない VCG の変化という考えを基本にした。診断基準の詳細は表3に記した。

水平面 QRS 環の形態

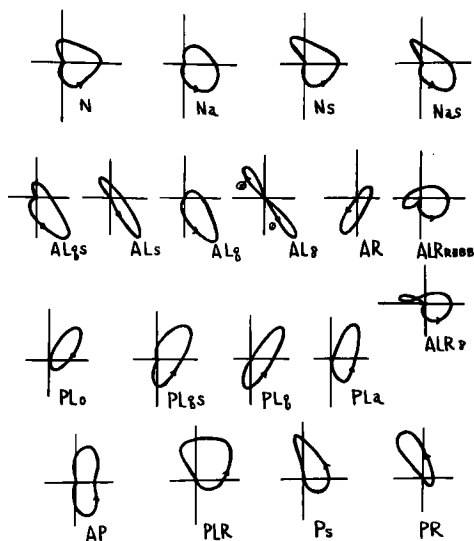
水平面の QRS 環を最大ベクトルの方向、QRS 環主部の占める位置、初期ベクトルの右前方あるいは左前方への張り出し、終期ベクトルの右後方への張り出し、および、QRS 環の回転方向などを参考に図3の様に分類した。

成 績

(I) VCG 診断と右室収縮期圧および短絡率

右室収縮期圧、短絡率との関係は表4の如くである。正常 VCG 21例中20例が低右室圧群、17例が最小短絡群にふくまれている。しかし、逆に、低右室圧群35例中15例が、また、最小短絡群27例中10例が両室肥大の所見を呈する。そして、重症群となるにしたがい、両室肥大 VCG を呈するものが多くなる。

図3 水平面 QRS 環形態の略図



水平面 QRS 環の形態分類の説明

N, 最大 QRS ベクトルの方向は 0° 前後, 最大 QRS ベクトルの大きさは 2.2mV 未満.

AL, QRS 環の主部と最大 QRS ベクトルの方向が左前方に位置する.

AR, QRS 環の主部と最大 QRS ベクトルの方向が右前方に位置する.

ALR, QRS 環の主部は前方に位置し、かつ左右両側に張り出している.

PL, QRS 環の主部と最大 QRS ベクトルの方向が左後方に位置する.

AP, 前後成分の大きさがほぼ等しく、左右成分よりも前後成分の大きさが大.

PLR, QRS 環の主部は後方に位置し、かつ左右両側に張り出している.

PR, QRS 環の主部と最大 QRS ベクトルの方向が右後方に位置する.

右下の小文字 a, q, s, 8, は次のことを示す.

a 左前方への張り出し, q 初期ベクトルの右前方への張り出し, s 終期ベクトルの右後方への張り出し, 8 は QRS 環の 8 字式回転. RBBB, 右脚ブロック

アイゼンメンゲル症候群では 4 例中 3 例が右室肥大 VCG, 1 例が両室肥大 VCG である。左室肥大, 右脚ブロックは 3 例と 1 例で従来の報告^{9) ~11) 32) 40)}と同じく少数である。

(II) 水平面 QRS 環の形態と右室収縮期圧、短絡

表4 VCG診断と右室収縮期圧, 短絡率との関係

VCG 診 断	合計	右室収縮期圧分類				短 絡 率 分 類				
		低 右室圧群	中 右室圧群	高 右室圧群	アイゼン メンゲル 症 候 群	最小 短絡群	小 短絡群	中 短絡群	大 短絡群	アイゼン メンゲル 症 候 群
正 常	21	20	1			17	4			
左室肥大	3		2	1			3			
両室肥大	36	15	7	13	1	10	11	9	5	1
右室肥大	3				3					3
右脚ブロック	1			1					1	

表5 QRS環の形態分類と右室収縮期圧, 短絡率および欠損孔との関係

QRS環 形態分類	症 例 数	右室収縮期圧分類				短 絡 率 分 類				欠 損 孔 の 位 置 分 類					
		低	中	高	アイゼン メンゲル	最小	小	中	大	I	II	III	IV	II+III II+IV*	
N	N	8	8			7	1			3	4	1			
	Na	4	4			3		1		2	1	1			
	Ns	8	7	1		5	3			2	6				
	Nas	2	2			1	1				2				
	計	22	21	1		16	5	1		5	14	2	1		
	ALqs	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1			
	ALs	9	3	2	4	2	4	2	1	1	8				
	ALq	2	1		1	2					2				
	AL8	4	2			1		1		1	3				
	計	19	8	3	6	2	6	5	4	2	3	15	1		
AR	1		1				1				1				
ALR8	2			2				2			1			I'	
ALR RBBB	1			1					1		1				
PL	PL	1	1			1				1					
	PLqs	5	1	1	1	1		2	1	1	2	1	1	I'	
	PLq	2			2					2	1			I'	
	PLa	3	1	1	1		1	2			2	1			
	計	11	3	2	5	1	2	4	1	3	6	2	1		2
AP	4	1	2	1		1	2	1			3			I'	
PLR	1		1				1				1				
P _s	2	2				2					2				
PR	1				1					1					
合 計	64	35	10	15	4	27	18	9	6	16	39	4	1	4	

率, 欠損孔との関係(表5)

水平面QRS環と右室収縮期圧との関係では, N型
22例中21例は低右室圧群であり, PL型(11例), AL

型(8例)には低右室圧群からアイゼンメンゲル症
候群までがふくまれている。右脚ブロック及びそれ
に似たALR_s型は右室収縮期圧, 短絡率ともに高値

を示している。アイゼンメンゲル症候群はAL_s型が2例、PLqs型とPR型が1例ずつで、すべて優位な右後方成分を有する。AL_s型は軽症にもみられるが、前額面QRS環の回転方向がアイゼンメンゲル症候群では時計式回転であるのに反し、軽症例では反時計式回転である。欠損孔との関係では、PL型とAL型との間に右室収縮期圧、短絡率とも有意の差は認めないが、I型はAL型よりPL型が多く、II型は

逆にAL型が多い。small S成分を有する割合はI型で16例中7例(43.8%)、II型で39例中26例(66.7%)、III型で4例中2例(50%)と差を認めないが、低右室圧群に限ると、20例中18例がII型であり、I型は2例のみであり、両者間に有意の差(P<0.001)を認める。

(III) QRS環終末部伝導遅延 (terminal conduction delay)

図4 QRS環終末部伝導遅延の一症例
女子、10才、右室圧30mmHg、短絡率33%

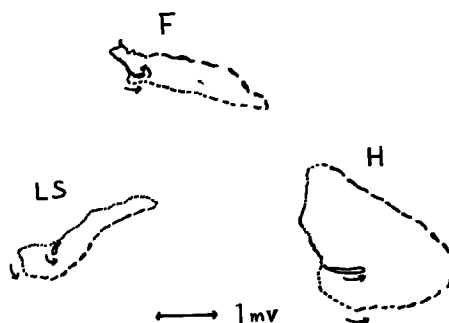


表6 QRS環終末部伝導遅延と右室収縮期圧および欠損孔との関係

	症例数	欠損孔
低右室圧群	6 (17.1%)	II型 6
中右室圧群	1 (10%)	II型 1
高右室圧群	6 (40%)	II型 4 II+III型 2
アイゼンメンゲル症候群	3 (75%)	I型 1 II型 2
合計	16 (25%)	I型 1 II型 13 II+III型 2

表7 QRS環、T環の回転方向

	前額面			左矢状面			水平面										
	QRS環 C, CC, 8	T環 C, CC, 8	8 _l	QRS環 C, CC, 8	T環 C, CC, 8	8 _l	QRS環 C, CC, 8	T環 C, CC, 8	8 _l								
低右室圧群 N=35	10	19	6	18	14	3	30	5	32	3	33	2	4	30	1		
中右室圧群 N=10	1	9		2	6	2	1	7	2	10		10		10			
高右室圧群 N=15	2	11	2	9	4	2	3	10	2	6	8	1	12	3	5	10	
最小短絡群 N=28	8	15	4	14	10	3	1	23	3	1	22	4	26	1	4	22	1
小短絡群 N=17	4	13	1	8	6	4	1	15	2	18		18		18			
中短絡群 N=9	1	6	2	5	4		1	6	2	3	6		6	3	3	6	
大短絡群 N=6		5	1	2	4		1	4	1	2	4		5	1	2	4	
アイゼンメンゲル症候群 N=4	2	1	1	3		1	3	1	3	1			2	2		3	1
合計 N=64	15	40	9	32	24	8	4	50	10	9	51	4	57	7	9	53	2

表 8 計測値と右室収縮期圧との関係 (No. 1)

計測項目 右室収縮期圧	症例数	最大 QRS ベクトルの方向 (°)			最大 T ベクトルの方向 (°)			QRS-T 夾角 (°)			最大 QRS ベクトルの大きさ (mv)		
		F	LS	H	F	LS	H	F	LS	H	F	LS	H
低右室圧群	35	38.6 (15.7)	92.1 (43.4)	-0.8 (36.1)	38.4 (7.8)	93.1 (28.3)	3.6 (21.7)	-2.7 (22.1)	-2.9 (54.5)	-3.3 (38.1)	2.13 (0.74)	1.70 (0.58)	1.84 (0.70)
中右室圧群	10	41.6 (19.3)	107.4 (54.8)	-7.8 (37.1)	41.4 (10.9)	91.8 (32.1)	4.5 (28.9)	-0.2 (17.9)	11.2 (65.8)	14.9 (36.4)	2.13 (0.38)	1.67 (0.46)	2.26 (0.42)
高右室圧群	15	17.1 (24.7)	84.0 (63.3)	-6.3 (35.9)	49.0 (30.6)	95.6 (38.2)	0.15 (58.2)	29.0 (43.2)	2.5 (82.7)	6.3 (77.8)	3.70 (1.77)	2.56 (1.26)	3.73 (1.84)
アイゼンメンゲル症候群	4	36.5 (7.0)	98.0 (57.1)	-3.5 (62.5)	62.0 (19.2)	96.5 (35.9)	-2.3 (74.0)	25.5 (16.9)	-1.5 (76.4)	1.8 (100.7)	2.40 (1.28)	2.03 (0.48)	1.95 (0.53)
平均	64	34.6 (20.4)	92.6 (51.9)	-3.8 (38.5)	43.2 (18.4)	92.2 (33.9)	2.5 (39.9)	11.5 (34.6)	1.7 (71.6)	2.8 (56.4)	2.42 (1.26)	1.91 (0.85)	2.36 (1.30)
低右室圧群													
中右室圧群													
高右室圧群													
アイゼンメンゲル症候群													

表 8 (No. 2)

計測項目 右室収縮期圧	症例数	水平面 QRS ベクトルの成分							mv Ry	左矢状面上方ベクトル		
		mv Rz	mv Sz	mv Rx	mv Qx	mv Sx	Qx % Rx+Qx	Sx % Qx+Sx		Sz % Sz+Rz	mv Qy	mv Sy
		低右室圧群	35	0.94 (0.50)	1.12 (0.53)	1.67 (0.68)	0.15 W. S.	0.29 W. S.	8.1 (7.1)	14.6 (12.5)	57.2 (11.8)	1.39 (0.55)
中右室圧群	10	1.34 (0.46)	1.35 (0.63)	1.96 (0.36)	0.26 W. S.	0.37 (0.27)	10.6 W. S.	15.1 (9.1)	46.8 (11.4)	1.33 0.46	0.07 W. S.	0.40 (0.25)
高右室圧群	15	1.92 (0.93)	1.75 (1.27)	3.40 (1.84)	0.47 (0.47)	0.95 (0.91)	11.4 W. S.	22.3 (14.9)	44.1 (12.0)	2.02 (0.84)	0.09 W. S.	0.77 W. S.
アイゼンメンゲル症候群	4	1.20 (0.26)	1.20 (0.47)	1.33 (0.86)	0.08 (0.08)	0.83 (0.25)	5.0 W. S.	41.6 (7.3)	48.7 (12.0)	1.23 (0.74)	0.08 (0.08)	0.58 (0.33)
平均	64	1.25 (0.73)	1.28 (0.83)	2.09 (1.29)	0.24 W. S.	0.49 W. S.		16.6 (13.5)	52.0 (13.3)	1.53 (0.67)	0.07 W. S.	0.39 W. S.
低右室圧群												
中右室圧群												
高右室圧群												
アイゼンメンゲル症候群												

terminal conduction delay を示す症例と右室収縮期圧、欠損孔との関係を見ると、表6の如くで、右室収縮期圧の上昇につれ、terminal conduction delay を有する症例数は増加し、低、中右室圧群では、それぞれ17.1%、10%であるが、高右室圧群では40%、アイゼンメンゲル症候群では75%となる。欠損孔との関係ではほとんどがII型であり、I型はアイゼンメンゲル症候群に1例存在するのみである。図4にII型の1例を呈示する。

(IV) 計測項目の分析

①ベクトル環の回転方向について(表7)QRS環は前額面で反時計式回転が最も多く64例中40例を占め、とくに、短絡率が高値をとるにつれ反時計式回転となる。左矢状面でも反時計式回転が64例中50例と最も多いが、重症度による差はみられない。水平面の8字式回転は重症例に多く、7例中3例が高右室圧群、2例がアイゼンメンゲル症候群である。T環については、前額面と左矢状面では右室収縮期圧の高値群で、時計式回転を示す例が増加してくるが短絡率による差は無い。また、水平面T環の回転方向と重症度との間には有意な相関はみられない。

②各平面における計測値および空間最大ベクトルと右室収縮期圧、短絡率との関係は表8、9の如くである。◎右室収縮期圧と関係の深いVCG分析表8(No.3)

所見は、前額面のT環の方向とQRS-T夾角、終期最大上方成分(Sy)、終期最大右方成分(Sx)、左右成分中に占めるSxの割合($Sx/Rx + Sx \times 100\%$)、空間QRS-T夾角、QRS環の方位角、の7項目である。◎短絡率と関係の深いVCG分析所見は、前額面QRS環の最大ベクトルの方向、各三面の最大QRSベクトルの大きさ、最大左方成分(Rx)、初期最大右方成分(Qx)、空間最大QRSベクトルの大きさ(QRSm)、空間最大Tベクトルの大きさ(Tm)、の8項目である。◎右室収縮期圧と短絡率の両者に関係の深いVCG分析所見は、最大前方成分(Rz)、前後成分中に占める後方成分の割合($Sx/Rz + Sz \times 100\%$)、前額面下方ベクトルの大きさ(Ry)、の3項目である。

(V) 上方偏位を伴い反時計式回転をする前額面QRS環について

図5に呈示するようなVCGは1960年にBeregovichら¹¹⁾が“共通房室弁孔残遺”に特有なVCG所見として報告しているが、著者の心室中隔欠損症の成績でも5例(7.8%)にみられる。それらの平均右室収縮期圧と短絡率は 71.6 ± 20.7 mm Hg, $57.9 \pm 31.8\%$ と高値を示し、4例が高右室圧群、1例が中右室圧群である。欠損孔ではII型が4例、II+IV型が1例であり、I型、3型はみられない。

計測項目 右室収縮期圧	症例数	空間ベクトル							
		mv QRSm	mv Tm	Tm % QRSm	QRS-T 夾角°	方向角°		仰角°	
		QRS	Tm	QRS	QRS	T	QRS	T	
低右室圧群	35	2.20 (0.64)	0.60 (0.27)	27.3 (10.7)	24.5 (17.4)	9.5 (32.5)	2.3 (32.3)	56.2 (12.2)	54.3 (8.9)
中右室圧群	10	2.41 (0.56)	0.52 (0.24)	22.4 (11.0)	40.3 (20.4)	9.7 (32.7)	1.8 (29.6)	48.2 (45.3)	52.9 (10.7)
高右室圧群	15	4.23 (1.89)	0.85 (0.42)	21.2 (7.3)	44.2 (29.4)	1.6 (21.5)	11.9 (34.3)	72.9 (34.5)	47.7 (18.9)
アイゼンメンゲル症候群	4	2.58 (0.67)	0.40 (0.19)	16.1 (6.9)	63.7 (34.9)	41.6 (36.3)	36.5 (35.2)	61.2 (17.3)	46.5 (5.4)
平均	64	2.76 (1.34)	0.69 (0.32)	24.1 (10.4)	32.9 (24.8)	9.4 (29.0)	7.7 (30.5)	58.8 (28.4)	52.0 (13.5)
低右室圧群									
中右室圧群									
高右室圧群									
アイゼンメンゲル症候群									

———— P < 0.01
 ———— P < 0.05
 P < 0.1

表9 計測値と短絡率との関係 (No. 1)

計測項目 短絡率の分類	症例数	最大QRSベクトルの方向 (°)			最大Tベクトルの方向 (°)			各平面のQRS-T夾角 (°)			各平面の最大QRSベクトルの大きさ (mv)		
		F	LS	H	F	LS	H	F	LS	H	F	LS	H
最小短絡率	28	42.1 (16.7)		-9.9 (40.6)	43.6 (18.1)		-7.1 (40.7)	5.0 (32.3)		-4.0 (54.0)	2.07 (0.88)	1.69 (0.57)	1.85 (0.78)
小短絡率	17	32.7 (15.1)		2.3 (26.1)	39.5 (13.7)		6.3 (29.1)	7.4 (17.2)		10.3 (33.8)	2.43 (1.25)	1.99 (0.81)	2.27 (1.10)
中短絡率	9	25.1 (16.5)		17.7 (15.8)	39.6 (11.7)		-3.6 (24.5)	17.6 (9.8)		-20.9 (23.0)	2.63 (0.80)	1.89 (0.60)	2.54 (0.73)
大短絡率	6	13.0 (28.1)		-18.2 (32.4)	40.2 (31.3)		14.4 (45.4)	23.5 (45.1)		32.4 (71.1)	4.47 (1.63)	3.15 (1.42)	5.22 (1.82)
アイゼンメンゲル症候群	4	36.5 (7.0)	98.0 (57.1)	-3.5 (62.5)	62.0 (19.2)	96.5 (35.9)	-2.3 (74.0)	25.5 (16.9)	-1.5 (76.4)	1.8 (100.7)	2.40 (1.28)	2.03 (0.48)	1.95 (0.53)
最小短絡率	28												
小短絡率	17												
中短絡率	9												
大短絡率	6												
アイゼンメンゲル症候群	4												

表9 (No. 2)

計測項目 短絡率の分類	症例数	水平面QRSベクトルの成分								左矢状面上方ベクトル		
		mv Rz	mv Sz	mv Rx	mv Qx	mv Sx	Qx % Rx+Qx	Sx % Qx+Sx	Sz % Sz+Rz	mv Ry	Qy	Sy
最小短絡率	28	0.89 (0.42)	1.10 (0.52)	1.61 (0.79)	0.17 W. S.	0.20 W. S.	7.5 (7.3)	12.1 (11.1)	55.3 (12.9)	1.49 (0.59)	0.07 W. S.	0.25 W. S.
小短絡率	17	1.38 (0.80)	1.07 (0.51)	2.06 (1.10)	0.22 (0.22)	0.45 W. S.	9.8 (9.2)	20.3 (15.7)	51.9 (10.6)	1.36 (0.60)	0.09 W. S.	0.24 (0.24)
中短絡率	9	1.48 (0.48)	1.17 (0.58)	2.18 (0.58)	0.16 W. S.	0.74 (0.56)	6.0 W. S.	22.5 (14.5)	47.6 (11.9)	1.45 (0.70)	0.04 W. S.	0.31 (0.18)
大短絡率	6	2.25 (1.02)	2.01 (1.68)	4.45 (1.72)	0.83 (0.56)	1.15 (0.96)	14.1 (8.2)	19.3 (13.5)	44.3 (10.7)	2.28 (0.89)	0.04 W. S.	1.22 (0.93)
アイゼンメンゲル症候群	4	1.20 (0.26)	1.20 (0.47)	1.33 (0.86)	0.08 (0.02)	0.83 (0.25)	5.0 W. S.	41.6 (7.3)	48.7 (12.0)	1.23 (0.74)	0.08 (0.08)	0.58 (0.33)
最小短絡率	28											
小短絡率	17											
中短絡率	9											
大短絡率	6											
アイゼンメンゲル症候群	4											

総括と考案

(1) VCG による心室肥大判定について

心室中隔欠損症のベクトル心電図の心室肥大については、VCG の診断基準が一定していないことと、対象が異なるために、報告者^{9)~11) 40)}によりかなりの差異がみられる。すなわち、正常 VCG が18~40%、両室肥大12~50%、右室肥大6~44%とかなりのバラツキがみられる。著者の成績では右室肥大が4.7%と少いが、Witham ら¹⁰⁾ Ellison ら¹¹⁾ は VSD では左室負荷の影響が残り、純粋な右室肥大は少いと述べている。長谷川ら¹²⁾ も肺高血圧を伴う VSD 42例の

図5 前額面で反時計式回転をとり上方位置をとる QRS 環の一症例

女子, 19才, 右室圧100mmHg, 短絡率90%

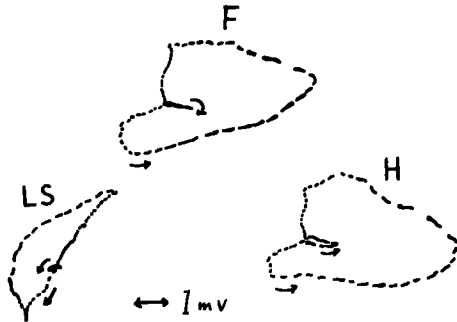


表9 (No. 3)

計測項目 短絡率の分類	症例数	空間ベクトル							
		QRSm	Tm	Tm % QRSm	QRS-T 夾角	方位角		仰角	
						QRS*	T*	QRS*	T*
最小短絡率	28	2.33 (0.66)	0.56 (0.25)	24.6 (10.4)	23.5 (17.1)	3.93 (28.3)		20.3 (31.1)	
小短絡率	17	2.71 (1.15)	0.72 (0.41)	27.6 (10.8)	28.7 (19.5)	14.8 (29.7)		40.0 (27.4)	
中短絡率	9	2.74 (0.84)	0.62 (0.23)	21.7 (6.5)	36.7 (15.8)	23.5 (17.2)		37.5 (23.1)	
大短絡率	6	4.69 (2.42)	0.94 (0.24)	19.8 (10.1)	47.0 (38.9)	2.1 (33.4)		58.6 (42.7)	
アイゼンメンゲル症候群	4	2.58 (0.67)	0.40 (0.19)	16.1 (6.9)	63.7 (34.9)	41.6 (36.3)		58.8 (28.4)	
最小短絡率	28								
小短絡率	17								
中短絡率	9								
大短絡率	6								
アイゼンメンゲル症候群	4								

————— P < 0.01
 ——— P < 0.05
 P < 0.1

VCG を分析したところ, 3例のみが右室肥大で残りはすべて両室肥大の所見を呈したと報告している。著者の高右室圧群15例でも13例が両室肥大である。また、低右室圧群35例中15例, 最小短絡群27例中10例に両室肥大がみられるが、このことは血行動態の負荷が左右両室へ同時に生ずること、および、Ben-chimal ら⁴²⁾ や Vince ら⁴³⁾ の述べているように、心室の肥大よりも圧負荷や量負荷がより強くまたより早期に VCG 所見に反映しているためと思われる。

(2) 水平面 QRS 環の形態

表10 終期最大後方成分 (Sx) と右室収縮期圧との関係

分類	低右室圧群 N = 35	中右室圧群 N = 10	高右室圧群 N = 15	アイゼンメンゲル症候群 N = 4
(mv) 0 ≤ ~ < 0.5	28例 (80.0)	7例 (70.0)	6例 (40.0)	
0.5 ≤ ~ < 1.0	4例 (11.4)	3例 (30.0)	1例 (6.6)	3例 (75.0)
1.0 ≤ ~ < 1.5	3例 (8.6)		4例 (26.7)	1例 (25.0)
1.5 ≤ ~			4例 (26.7)	

東ら⁴¹⁾は水平面 QRS 環の形態と短絡率との関係进行分析し、短絡率の低い群は種々な形態をとり、短絡率が高くなると、しだいに QRS 環の形態は統一され、最大の短絡率群では反時計式回転で左後方または左方に大きい QRS 環となると述べている。著者の例でも短絡率の低い群はあらゆる形態をとり、中～大短絡群になると、AL 型、PL 型、ALR 型などに統一されてくる。また、AL 型では、概して、低右室圧群の例数が多いのに反し、PL 型では高右室圧群の例数が多い。このことは低右室圧群では右室の収縮期負荷よりも、左→右短絡による容量負荷が VCG 所見への影響が強く、QRS 環の前方成分へ反映しているものと考えられる。佐藤⁴²⁾も右室負荷の VCG で、右室の拡張期負荷の場合には QRS 環が右前方へ向う傾向があると報告している。

(3) 終末部伝導遅延 (terminal conduction delay) について

terminal conduction delay の成因について、Cabrera⁴³⁾ Castellanos ら⁴⁴⁾は右室の拡張、哲翁⁴⁵⁾は右室の拡張+右室の流出路肥大、Burch ら⁴⁶⁾ Lee ら⁴⁶⁾は右室流出路肥大によるという。著者の成績では、右室収縮期圧上昇とともに terminal conduction delay を呈する症例が増加し、アイゼンメンゲル症候群では 4 例中 3 例となっている。このことより、terminal conduction delay の存在は右室流出路の肥大によるものと考えられる。そこで右室流出路の肥大がその成因とするならば、軽症例の terminal conduction delay には I 型が無く、すべてが II 型であることの説明が可能となる。すなわち、II 型の欠損孔は右室流出路へ開口し、短絡血流が直接流出路へ当るので⁴⁷⁾その部分の肥大を起し易い。そのため II 型では軽症例でも terminal conduction delay を伴う例があるのであろう。また、Burch ら⁴⁷⁾は VSD では右室流出路の肥大がみられ、Dammann ら⁴⁸⁾はその部分の肥大が VSD の特徴の一つであると述べている。

(4) 計測項目の分析

①ベクトル環の回転方向について

前顔面の QRS 環の反時計式回転は短絡率の高値群で多くみられる。Cabrera⁴⁹⁾ Toscano-Barboza ら⁵⁰⁾ Pileggi ら⁴⁹⁾は前顔面 QRS 環の反時計式回転は左室の拡張期負荷 (容量負荷) を示すものであると述べ、Castellanos ら⁴¹⁾は左→右短絡の証拠の一つであると述べている。水平面 QRS 環の回転方向は Ellison ら¹⁵⁾と同じく、短絡率との間に有意の差

を示さない。アイゼンメンゲル症候群では 2 例が反時計式回転で、残りの 2 例が 8 字式回転をとり時計式回転を示さない。このことは、Witham ら¹⁴⁾が VSD では純粋な右室肥大よりも左室負荷の影響が残っている形態をとると述べていること、また、Ellison ら¹⁵⁾も右室収縮期圧と体血圧が同程度のときは時計式回転をとるよりも 8 字式回転するほうが多いと述べていることと一致する。Toyama ら²⁸⁾は三面とも T 環の回転方向が QRS 環の回転方向よりも負荷に早く反応すると述べているが、著者の成績では左矢状面においてのみその傾向がみられる。すなわち、QRS 環の回転方向は右室収縮期圧や短絡率との間に有意な関係はみられないが、T 環の回転方向は右室収縮期圧の高い群で反時計式回転が減少し、時計式回転をとる例が増加している。

②最大 QRS ベクトルの方向および最大 T ベクトルの方向について

前顔面の最大 QRS ベクトルの方向は、短絡率増加に従い、上方へ向って移動する。水平面の最大 QRS ベクトルの方向は最小および小短絡率群で左後方へ向っているが、中短絡群で左前方へ向い、大短絡群で再び左後方へ移動する。すなわち、中短絡群は左→右短絡による右室の拡張期負荷の影響が VCG へ反映していたものが、大短絡群になると、左室の容量負荷が VCG 所見のうえで、右室負荷の影響を凌駕してしまうためであろう。また、右室収縮期圧分類によるよりも短絡率分類によるほうが一層各群間に差異がみられるのは、右室負荷よりも左室の容量負荷が最大 QRS ベクトルの方向により強く影響するからと思われる。

最大 T ベクトルの方向は他の報告者^{21) 14) 15)}と同じく一定の傾向をしめさない。

③QRS ベクトルのスカラー成分について

最大前方成分 (Rz) は右室収縮期圧および短絡率増加に従い、次第にその大きさは増大する。逆短絡となり右室の拡張のないアイゼンメンゲル症候群になると、逆に、その大きさは縮小してくる。Choen ら⁵⁰⁾も QRS 環の前方への偏位は右室の拡張で著しいと述べている。すなわち、最大前方成分は右室の肥大とともに拡張も反映していると思われる。大短絡群で各面の最大 QRS ベクトルの大きさは急速に増大する。それは左右心室の起電力のバランスがくずれ、左室の容量負荷の影響が優位にたってくるためと思われる。前顔面下方成分 (Ry) が右室収縮期圧の上昇によっても増大してくるが、これは野原ら⁵¹⁾

が述べているように、横隔面の右室壁の肥大を反映したものと考えられる。終期最大上方成分 (Sy) は表10の如く右室収縮期圧の高い群で増大している。Kossmann ら⁵²⁾ Walker ら⁵³⁾ は S loop の上方偏位は室上稜の起電力の反映をしめすという。右後方成分も右室流出路の起電力を反映する^{54)~57)}といわれているので、右室収縮期圧上昇とともに右室の流出路肥大が著明となると思われる。最大左方成分 (Rx) は左室の起電力をあらわしている^{58)~60)}ので、当然のことながら、短絡率の増加は左室の仕事量を増し Rx の大きさは増大している。

QRS 初期ベクトルの右前へ向う成分は中隔の起電力⁶¹⁾あるいは中隔と右室自由壁の起電力^{58)~60)}であるといわれている。Cabrera¹⁾が左室の拡張期負荷で右前方へ向う成分は増大し、右室の収縮期負荷で縮小するとして、それらの特徴ある所見として取り挙げて以来、Yano ら⁶⁾ Selzer ら⁶²⁾の批判もあるが、肯定している研究者^{12) 14) 27) 63) 64)}が多い。

Toshima ら⁶⁴⁾は左室の拡張により右前方へ向う初期ベクトルが増大する理由として、左室の拡張は中隔の起電力を落さないが左室の自由壁の興奮が遅れるために、初期ベクトルが大きく右前方へ向うと述べている。右室の収縮期負荷のと き縮小するのは、右室肥大のときは中隔の右室側の肥大が著明となり⁶⁵⁾右から左へ向う起電力が増加し、左から右へ向う起電力と互いに打消し合うためである。^{14) 66)}初期最大右方成分 (Qx) は大短絡群で急激に増大し、アイゼンメンゲル症候群で再び縮小する。中短絡群以下の間で差がないのは、中隔の右側の肥大と左室の容量負荷がバランスをとって進展するために、両方の起電力が互いに打消しあうのであろう。また、各短絡群間で Rx と Qx の比には有意の差はないが、Cabrera¹⁾や Witham ら¹⁴⁾も左室の容量負荷では Q と R が平行して大きくなると述べている。

左室の容量負荷のとき、心電図上高い T 波がみられるという^{61) 67) 68)}大短絡群の空間最大 T ベクトルの大きさ (Tm) にその VCG 的反映が表現されている。

(5) 上方偏位を伴い反時計式回転を行う前額面 QRS 環

上方偏位を伴い反時計式回転を行う前額面 QRS 環は“共通房室弁孔残遺”に特有な VCG として Beregovich ら⁴¹⁾が報告しているが、心房中隔欠損症 (二次口)^{69) 68)}ファロー四徴症^{69) 70)}三尖弁閉鎖⁷¹⁾を始め、VSD^{11) 15) 19) 69) 70)}にもみられるといわれている。Hasegawa ら⁶⁹⁾は心房中隔欠損症 (二次

口)に3.1%, VSDに4.3%, ファロー四徴症に2.2%, 三尖弁閉鎖に57%, 大血管転移症に40%の割合で共通房室弁孔残遺型の VCG を含んでいると報告している。Neufeld⁷²⁾は“共通房室弁孔残遺型心室中隔欠損症”という新しい疾患単位を提案している。正津ら⁷³⁾によれば Neufeld の新しい疾患の範疇に入れるためには、少くとも、Kirklin 分類の III 型に欠損孔が位置しなくてはならないと述べている。著者の5例には III 型はないので、普通の心室中隔欠損症と思われる。VSD での頻度は、著者は7.8%, Toscano-Barboza ら¹⁶⁾14%, Ellirson ら¹⁵⁾16%, Papadopoulos ら¹¹⁾8%, Feldt ら⁷⁰⁾6.4%とやや差を認める。重症度に関しては、Witham ら¹⁴⁾Ellison ら¹⁵⁾は関連性を認めていないが、Hasegawa ら⁶⁹⁾は7例中4例が重症、3例が中等症、東ら⁷⁴⁾は短絡の大なるものが、Papadopoulos ら¹¹⁾は右室収縮期圧の高い例が多いと報告している。著者の5例でも、4例は高右室圧群、1例が中右室圧群である。短絡率の面からも、2例が大短絡群、1例が中短絡群で重症例に多い傾向がみられる。

(6) 欠損孔の解剖学的位置と VCG 所見

正津ら⁷⁾Toscano-Barboza ら¹⁶⁾は心電図 V₁の QRS 波型と欠損孔との間に相関を認めている。正津ら¹⁷⁾は不完全右脚ブロック型心電図を呈する VSD の欠損孔は I 型、II 型の欠損孔か、あるいは III 型に多いと報告している。Toscano-Barboza ら¹⁶⁾は V₁QRS 波が RSR', RsR', rsR' を呈する例は流入路に欠損孔が存在し、rS, rR's, rR' では流出路に存在する。また、不完全右脚ブロック型30例中22例は右室流出路に、8例は流入路に欠損孔が存在するので、不完全右脚ブロック型は“combined” systolic and diastolic overloading 型であるという。

著者の成績でも、I 型と II 型との間に、水平面の右後方成分と QRS 環形態および terminal conduction delay に前述した様な差異を認め、水平面の QRS-T 夾角の平均でも I 型が 26.7°, II 型が -15.6° と有意の差 (p<0.01) を認める。すなわち、右室収縮期圧や短絡率の平均が I 型と II 型との間に差がないにもかかわらず、VCG 所見に対する右室負荷の影響が II 型でより強く反映されていることは、右室流出路肥大と右室自由壁の肥大と拡張が I 型に比し II 型でより著明であることを示唆すると思われる。III 型、IV 型は例数が少く一定の傾向を認めない。II + III 型、II + IV 型は欠損孔が大なる故に右室収縮期圧や短絡率が高値をとり、それらの影響を反映する

VCG 所見を呈する。

(7) 容量負荷の影響の強い VCG 所見

大短絡群とアイゼンメンゲル症候群間で有意の差をあらわす VCG 所見は短絡による左右心室の容量負荷を特に強く反映するものと思われる。それらの所見は前額面、水平面の最大 QRS ベクトルの大きさ、最大前方成分、最大左方成分、初期最大右方成分、空間最大 T ベクトルの大きさ、などである。

(8) VCG よりみた VSD の左右両室への負荷と両室の肥大、拡張の進展過程

低右室圧群や最小短絡群の軽症群でも、VCG 診断上、両室肥大を呈するものが多数であり、すでにこの時期に両室への血行動態的負荷が存在するようである。このうち II 型の一部には、右室流出路の局所的肥厚が早くも存在している。中右室圧群になると、短絡率 20~40% で右室の拡張性肥大が出現し、水平面の QRS 環前方成分へ反映する。しかし、容量負荷による左室の拡張は中短絡群になって始めて生ずる。これは前額面の QRS 環の反時計式回転と水平面の左方成分の増大でうかがわれる。そして、初期最大右方成分 (Qx) の大きさに変化がみられないことから推測すると、中隔の右室側の肥大も伴ってきていると思われる。高右室圧群となり肺高血圧症を合併してくると、前額面下方成分の増大よりみて、右室の肥大は横隔膜までおよんで、かつ、右室流出路の肥大も著明になってくる。このとき短絡率 60% 以上の大短絡を伴うと、初期最大右方成分と最大左方成分の急激な増大がみられ、左室の容量負荷による肥大、拡張は急激に著明になる。さらに、右室収縮期圧が進行しアイゼンメンゲル症候群になると、水平面の前方成分と左方成分、空間最大 T ベクトルの大きさなどの縮小からうかがわれるように、容量負荷による心室拡張の所見が消える。しかし、前額面の最大 QRS ベクトルの方向や、前額面、水平面の回転方向などからみて、左室肥大の影響は残存していると思われる。右室流出路の肥大は、terminal conduction delay を呈する頻度が増加することよりみて、一層著明となるようである。

結 語

手術により確認され、他に合併奇形を有しない心室中隔欠損症 64 例のベクトル心電図を分析し、手術所見、右心カテーテル所見と対比較検討することにより次の結論を得た。

1. ベクトル心電図は左右心室への血行動態的負

荷をよく反映した。

① VCG 肥大診断で、軽症例の約 40% にすでに両室肥大の傾向を認める。

② 右室収縮期圧上昇につれ、前額面 QRS-T 夾角および空間 QRS-T 夾角が開大し、終期最大上方成分および終期最大右方成分が増大する。

③ 短絡率増加につれ、前額面の最大 QRS ベクトルの方向は上方へ移動し、各面の最大 QRS ベクトルの大きさ、初期最大右方成分および最大左方成分は増大する。とくに、大短絡群で初期最大右方成分、最大左方成分、空間最大 QRS、T ベクトルの大きさは急激に増大する。

④ 最大前方成分、最大下方成分は右室の肥大、拡張に関係し、右室収縮期圧および短絡率増加につれ次第に大きさは増大し、アイゼンメンゲル症候群で再び縮小する。

⑤ 水平面 QRS 環の形態分類では、正常ないしその亜型を含む N 型は 22 例で、そのうちの 21 例が低右室圧群または小短絡群である。また、左前方に主成分を有する AL 型は 19 例、左後方に主成分を有する PL 型は 11 例であり AL 型が多い。

2. 上方偏位を伴い反時計式回転をする前額面 QRS 環は 5 例 (7.8%) にみられる。そのうちの 4 例が高右室圧群であり重症例に多い。

3. 欠損孔の解剖学的位置の差、とくに、Kirklin の分類による I 型と II 型との間に、水平面 QRS 環の右後方成分、水平面 QRS 環の形態および terminal conduction delay の各項目について有意の差を認め、同程度の右室収縮期圧、短絡率では II 型は I 型に比し、VCG 上でも右室負荷の影響が強い所見がみられる。

4. ベクトル心電図所見から左右心室への血行動態的負荷の進展過程を推論し得た。すなわち、軽症例の約 40% にすでに両室負荷の影響があらわれ、欠損孔 II 型の一部には右室流出路の局所的肥厚を伴っている。中等症では左室の拡張と中隔の右室側の肥大がバランスをとって進展している。高右室圧兼大短絡では、左室の肥大拡張が急速に著明となり、右室では自由壁の拡張および横隔膜の肥大が生じてくる。アイゼンメンゲル症候群では左右心室の拡張は消失するが、左室の肥大の影響は残存し、右室流出路肥大はさらに著明となる。

稿を終えるに当たり、小坂淳夫教授、原岡昭一助教授の御指導、御校閲を深謝致します。また、榊原十全病院に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Cabrera, E.: Diagnostic Contribution of the Vectorcardiogram in Hemodynamic Overloading of the Heart. *Am. Heart J.*, **60**:296, 1960.
- 2) Moss, A.J. and Adams, F.H.: Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents. The Williams & Wilkins Co. Baltimore, 1968, P. 311.
- 3) Donoso, E., Sapin, S.O., Braunwald, E., and Grischmann, A.: A study of the Electrocardiogram and Vectorcardiogram in Congenital Heart Disease. II Vectorcardiographic criteria for Ventricular Hypertrophy. *Am. Heart J.*, **50**:674, 1955.
- 4) Castellanos, A., Hernandez, F.A., Lemberg, L. and Castellanos, A. Jr.: The Vectorcardiographic Criteria of Hemodynamical Overloadings in Congenital Heart Disease. *Cardiologia*, **44**:392, 1964.
- 5) Benchimal, A. and Lucena, E.G.: Vectorcardiography in Congenital Heart Disease with the Use of the Frank System. *Brit. Heart J.*, **27**:236, 1965.
- 6) Hugenholtz, P.G. and Gamboa, R.: Effect of Chronically increased Ventricular Pressure on Electrical Forces of the Heart: Correlation between Hemodynamic and Vectorcardiographic Data (Frank Lead System) in 90 Patients with Aortic or Pulmonic Stenosis. *Circulation*, **30**:515, 1964.
- 7) Kovatz-Hopff, L. and Wyss, D.A.M.: Vectorcardiographic Signs of Biventricular Hypertrophy. *Cardiologia*, **48**:269, 1966.
- 8) Hamer, J.: The Vectorcardiogram in Mitral Valve Disease. *Brit. Heart J.*, **32**:149, 1970.
- 9) Dack, S.: The Electrocardiogram and Vectorcardiogram in Ventricular Septal Defect. *Am. J. cardiol.*, **5**:199, 1960.
- 10) Beregovich, J.: The Vectorcardiogram and Electrocardiogram in Ventricular Septal Defect with Special Reference to the Diagnosis of Combined Ventricular Hypertrophy. *Brit. Heart J.*, **22**:205, 1960.
- 11) Papadopoulos, C., Lee, Y.C., and Scherlis, L.: Isolated Ventricular Septal Defect. Electrocardiogram, Vectorcardiogram and Catheterisation Data. *Am. J. Cardiol.*, **16**:359, 1965.
- 12) 横山達郎: 第II 偏, 先天性心疾患に関する Frank 誘導法によるベクトル心電図の研究. *小児科紀要*, **9**:327, 1963.
- 13) 長谷川嗣夫, 伊藤健二, 古瀬 彰, 小藤田敬己, 三枝正裕: 肺高血圧を伴った心室中隔欠損症のベクトル心電図. *呼吸と循環*, **16**:425, 1968.
- 14) Witham, A.C. and McDoniel, J.S.: Electrocardiogram, Vectorcardiogram and Hemodynamics in Ventricular Septal Defect. *Am. Heart J.*, **79**:335, 1970.
- 15) Ellison and Restieaux: Vectorcardiography in Congenital Heart Disease. A Method for Estimating Severity. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1972, P. 86.
- 16) Toscano-Barboza, E. and Dushane, J.W.: Ventricular Septal Defect. Correlation of Electrocardiography and Hemodynamic Findings in 60 proved Cases. *Am. J. Cardiol.*, **3**:721, 1959.
- 17) 正津 晃, 滝沢秀浩, 小出司郎策, 井上 正, 奏 順一: 心室中隔欠損症, フォロー四徴症の手術所見と術前術後心電図. *最新医学*, **24**:193, 1969.
- 18) Vince, D.J.: The Electrocardiogram in Ventricular Septal Defect. *Circulation.*, **23**:225, 1961.
- 19) 哲翁元治: 右室負荷ベクトル心電図の定量的分析. *日循誌*, **33**:623, 1969.
- 20) Kirklin, J.W., Harshbarger, H.G., Donald, D.E., and Edwards, J.E.: Surgical Correction

- 33 : 45, 1957.
- 21) 第6回ベクトル心電図研究会：健康成人男子の Frank 誘導法ベクトル心電図. 日本臨床., 24 : 2385, 1966.
 - 22) Wallace, A. G., McCall, B. W., Estes, E. H. Jr., and Durham, N. C.: The Vectorcardiogram in Left Ventricular Hypertrophy: A Study using the Frank Lead System. *Am. Heart J.*, : 63 : 466, 1962.
 - 23) Varriale, P., Alfentio, J. C., and Kennedy, R. J.: The Vectorcardiogram of Left Ventricular Hypertrophy Analysis and Criteria (Frank Lead System). *Circulation*, 33 : 569, 1966.
 - 24) Romhilt, D. W., Greenfeeld, J. C., and Estes, E. H.: Vectorcardiographic Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy. *Circulation*, 37 : 15, 1968.
 - 25) Mori, H., Hidaka, Y., Ohshita, K., and Kudo, A.: Vectorcardiographic Criteria for the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy by Means of Linear Discriminant Function with mathematical Appendix. *Jap. Circulation J.*, 32 : 1723, 1968.
 - 26) Abbott-Smith, C. W. and Te-Chuan Chou: Vectorcardiographic Criteria for the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy. *Am. Heart J.*, 79 : 361, 1970.
 - 27) Khoury, G. H.: Vectorcardiographic Patterns of Left Ventricular Hypertrophy in Infancy and Childhood. In *Vectorcardiography-2*. North-Holland Publishing Co. Amsterdam, 1971. P. 573.
 - 28) Toyama, S., Suzuki, K., Ishiyama, T., Yamagami, T., Terada, A., and Tsukamoto, N.: Vectorcardiographic Criteria of Left and Right Ventricular Hypertrophy with the Frank System. *Jap. Circulation J.*, 30 : 189, 1966.
 - 29) Te-Chuan Chou and Helm, R. A.: *Clinical Vectorcardiography*. Grune & Stratton, New York and London, 1967. P. 77.
 - 30) Cueto, T., Toshima, H., Armijo, G., Tuna, N., and Lillehei, C. W.: Vectorcardiographic Studies in Acquired Valvular Disease with Reference to the Diagnosis of Right Ventricular Hypertrophy. *Circulation*, 33 : 588, 1966.
 - 31) Gamboa, R., Hugenholtz, P. G., and Nadas, A. S.: Corrected (Frank), Uncorrected (Cube), and Standard Electrocardiographic Lead Systems in Recording Augmented Right Ventricular Forces in Right Ventricular Hypertension. *Brit. Heart J.*, 28 : 62, 1966.
 - 32) Beregovich, J.: The Vectorcardiogram and Electrocardiogram in Ventricular Septal Defect with special Reference to the Diagnosis of Combined Ventricular Hypertrophy. *Brit. Heart J.*, 22 : 205, 1960.
 - 33) Elliott, L. P.: Combined Ventricular Hypertrophy in Infancy. Vectorcardiographic Observations with special Reference to the Katz-Wachtel Phenomenon. *Am. J. Cardiol.*, 11 : 164, 1963.
 - 34) Varriale, P.: Vectorcardiogram of Combined Ventricular Hypertrophy: Posterior counterclockwise Loop (Frank Lead). *Brit. Heart J.*, 31 : 457, 1969.
 - 35) Toyama, S. and Suzuki, K.: Vectorcardiogram in Biventricular Hypertrophy with the Frank System. *Jap. Circulation J.*, 34 : 549, 1970.
 - 36) 横山達郎：小児ベクトル心電図に関する研究. 第1編, 小児ベクトル心電図, 特に Frank 法を中心に Wilson-Burch 法, Grischmann 法, 高安法その比較. *小児科紀要*, 9 : 265, 1963.
 - 37) Khoury, G. H. and Fowler, R. S.: Normal Frank Vectorcardiogram in Infancy and Childhood. *Brit. Heart J.*, 29 : 563, 1967.
 - 38) Hugenholtz, P. G. and Liebman, J.: The Orthogonal Vectorcardiogram in 100 Normal Children (Frank System) with some comparative Data Recorded by the Cube System. *Circulation*, 26 : 891, 1962.

- 39) 佐藤迪彦: ベクトル心電図に関する研究. 第1編 健常若年者のベクトル心電図 (Frank 法, 木村法). 岡山医学会雑誌, **79**: 847, 1967.
- 40) Burch, G.H. and Wajszczuk, W.J.: The TsE-loop in Congenital Ventricular Septal Defect. *Am. J. Med. Sc.*, **244**: 75, 1962.
- 41) Beregovich, J., Bleifer, S., Donoso, E., and Grishman, A.: The Vectorcardiogram in Persistent Common Atrioventricular Canal. *Circulation*, **21**: 63, 1960.
- 42) Benchimal, A., Tio, S.: Early invaltionary Vectorcardiographic Signs of Right Ventricular Hypertrophy. *Am. Heart J.*, **80**: 19, 1970.
- 43) Vince, D.L., Finchum, R.N., Dodge, H.T., Bancroft, W.H. Jr., and Hurst, D.C.: Comparison of the Vectorcardiogram with the Electrocardiogram in the Prediction of Left Ventricular Size. *Circulation*, **43**: 574, 1971.
- 44) 佐藤迪彦: ベクトル心電図に関する研究. 第2編 右室負荷のベクトル心電図 (Frank 法). 岡山医学会雑誌, **79**: 857, 1967.
- 45) Burch, G.E. and DePasquale, N.: The Electrocardiogram and Ventricular Gradient in Atrial Septal Defect. *Am. Heart J.*, **58**: 190, 1959.
- 46) Lee, Y.C. and Sherlis, A.L.: Atrial Septal Defect. Electrocardiographic, Vectorcardiographic and Catheterization Data. *Circulation*, **25**: 1024, 1962.
- 47) Burch, G.E. and DePasquale, N.D.: Electrocardiogram and Spatial Vectorcardiogram of Localized Myocardial Hypertrophy. *Circulation*, **26**: 544, 1962.
- 48) Dammann, J.F. Jr., Thompson, W.M. Jr., Sosa, O., and Christlieb, I.: Anatomy, Physiology and Natural History of Simple Ventricular Septal Defect. *Am. J. Cardiol.*, **5**: 136, 1960.
- 49) Pileggi, F., Ebaid, M., Tranchesi, J., Macruz, R., and De'court, L.V.: The Vectorcardiogram in Ventricular Septal Defect Associated with Pulmonary Stenosis. A Study of 60 cases. *Am. Heart J.*, **63**: 25, 1962.
- 50) Cohen, W., Abildskov, J.A., and Jacobson, E.D.: Theoretical and Clinical Studies of the Electrocardiogram and Vectorcardiogram in Right Ventricular Enlargement. *Am. Heart J.*, **61**: 656, 1961.
- 51) 野原義次, 村井健一郎, 太田金助, 若林 章, 酒井 章, 柳沼淑夫, 霜野幸雄, 楠川礼造: 後天性弁膜疾患のベクトル心電図. 最新医学, **25**: 762, 1970.
- 52) Kossmann, C.E., Berger, A.R., Brumlik, J., and Briller, S.A.: An Analysis of Causes of Right Axis Deviation Based Partly on Endocardial Potentials of the Hypertrophied Right Ventricle. *Am. Heart J.*, **35**: 309, 1948.
- 53) Walker, W.J., Mattingly, T.W., Pollock, B.E., Cormichoel, D.B., Inmon, T.W., and Forrester, R.H.: Electrocardiographic and Hemodynamic Correlation in Atrial Septal Defect. *Am. Heart J.*, **52**: 574, 1955.
- 54) Burchell, H.B., Essex, H.E., and Pruitt, R.D.: Studies on the Spread of Excitation through the Ventricular Myocardium. II The Ventricular Septum. *Circulation*, **6**: 161, 1952.
- 55) Penaloza, D. and Tranchesi, J.: The Three Main Vectors of the Ventricular Activation Process in the Normal Human Heart. I. Ist Significance. *Am. Heart J.*, **49**: 51, 1955.
- 56) Sodi-Pallares, D., Brancato, R.W., Pileggi, F., Medrano, G.A., Bisteni, A., and Barbato, E.: The Ventricular Activation and the Vectorcardiographic Curve. *Am. Heart J.*, **54**: 498, 1957.
- 57) 水野 康, 田村 寛, 磯部竹飛虎, 岩塚 徹, 長屋昭夫, : 心室興奮伝播機構. 呼吸と循環, **8**: 4, 1960.
- 58) 豊島英雄, 山田和生, 岡島光治, 堀 一彦, 藤野哲郎, 村木寛茂, 外山淳治, ら: 犬摘出心室自由壁切

- 断による心電図, ベクトル心電図の右室源成分及び左室源成分の検討 (第一報). 環境医学研究所年報, 17 : 63, 1965.
- 59) 同第二報. 環境医学研究所年報, 18 : 67, 1966.
- 60) Muraki, H., : Dextrocardiogram, Levocardiogram and Septocardiogram as obtained by Cutting away of the Ventricular free walls of the perfused Canine Heart. Jap. Circulation J., 31 : 995, 1967.
- 61) Yano, K., and Pipberger, H.: Correlations Between Radiologic Heart Size and Orthogonal Electrocardiograms in Patients with Left Ventricular Overload. Am. Heart J., 67 : 44, 1964.
- 62) Selzer, A., Naruse, D.Y., York, E., Kahn, K.A., and Matthews, H.B.: Electrocardiographic Findings in Concentric and Eccentric Left Ventricular Hypertrophy. Am. Heart J., 63 : 320, 1962.
- 63) Murata, K., Kurihara, H., Matsushita, S., IKeda, M., and Seki, M.: Significance of T-loop change in Vectorcardiographic Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy. Am. Heart J., 73 : 49, 1967.
- 64) Toshima, H., Cueto, T., and Lillehei, C.W.: Vectorcardiographic Studies in Acquired Valvular Disease with Reference to the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy. Circulation, 35 : 132, 1967.
- 65) Sodi-Pallares, D., Bisteni, A., and Herrmann, G.R.: Some Views on Significance of qR and QR type complexes in Right Precordial Leads in the Absence of Myocardial Infarction. Am. Heart J., 43 : 716, 1952.
- 66) Fowler, N.O., Jr., and Helm, R.A.: The Spatial QRS loop in Right Ventricular Hypertrophy with Special Reference to the Initial Component. Circulation, 7 : 573, 1953.
- 67) Dushane, J.W. and Kirklin, J.W.: Selection for Surgery of Patients with Ventricular Septal Defect and Pulmonary Hypertension. Circulation, 21 : 13, 1960.
- 68) Burch, G.E., and DePasquale, N.: The Spatial Vectorcardiogram in Proved Congenital Atrial Septal Defect. Am. Heart J., 58 : 319, 1959.
- 69) Hasegawa, T., Ito, K., Furuse, A., and Saigusa, M.: Studies on the Vectorcardiogram Referred to an Atrio-Ventricular Canal Type Loop, Counterclockwise Superiorly Oriented Frontal Loop in Various Congenital Heart Disease other than Persistent Common Atrio-Ventricular Canal. Jap. Heart J., 8 : 620, 1967.
- 70) Feldt, R.H., Dushane, J.W., and Titus, J.L.: The Anatomy of the Atrio-Ventricular Conduction System in Ventricular Septal Defect and Tetralogy of Fallot: Correlation with the Electrocardiogram and Vectorcardiogram. Circulation, 34 : 774, 1966.
- 71) Davachi, F., Lucas, R., and Moller, J.H.: The Electrocardiogram and Vectorcardiogram in Tricuspid Atresia. Correlation with Pathologic Anatomy. Am. J. Cardiol., 25 : 18, 1970.
- 72) Neufeld, H.N.: Isolated Ventricular Septal Defect of the Persistent Common Atrioventricular Canal Type. Circulation, 23 : 685, 1961.
- 73) 正津 晃, 石倉義弥, 福田豊紀, 井上 正, 秦 順一: 心室中隔欠損症の外科的解剖と手術手技. 特に欠損孔後下縁の性状と伝導路について. 手術, 24 : 1498, 1970.
- 74) 東 貞光, 水野 康, 外畑 巖, 堀 一彦, 相原信夫, 西嶋憲治, 日比野進: 左室容量負荷時のベクトル心電図. 日本臨床, 24 : 963, 1966.

Vectorcardiographic Studies on Congenital Heart Disease
by means of Frank's Lead System
Part I Vectorcardiograms of Ventricular Septal Defect.
Special reference to its hemodynamics

By

Shigemitsu Moriwaki

The First Department of Internal Medicine,
Okayama University Medical School
(Director: Prof. Kiyowo Kosaka)

The vectorcardiograms and data from cardiac catheterization of 64 patients with VSD were analyzed and the following results were obtained.

(1) The vectorcardiographic patterns of combined ventricular hypertrophy are found in 40% of the patients with mild cases.

(2) QRS loops with delayed terminal conduction are found dominantly in severe cases; in 40% of VSD with pulmonary hypertension and in 75% of Eisenmenger Complex.

(3) In 5 cases (7.8%), frontal QRS loops have counterclockwise rotation, and they direct superiorly and to the left. Four cases of them belong to severe group.

(4) The vectorcardiograms of the second type in Kirklin's classification showed the overloading of right ventricle more sensitively than the first type. i. e.

I) Of 16 cases with the terminal conduction delay, only one case is the first type, 13 cases are the second type and 2 cases belong to the second plus third type.

II) In mild cases, 18 out of 20 patients with the rightward deflection of the posterior portion belong to the second type and only 2 cases belong to the first type.

(5) The elevation of right ventricular systolic pressure results in an increase of the magnitudes of both maximum upward and rightward deflections of the terminal portion.

(6) Large shunts from left to right result in an exceeding increase of the magnitude of spatial maximum QRS, T vectors, the maximum rightward deflection of the initial portion and the maximum leftward deflection.

(7) The magnitudes of the maximum anterior deflection and the maximum inferior deflection increase correlatively with both hypertrophy and dilatation of the right ventricle.