

# 胸郭前後径の変化がFrank法ベクトル心電図に及ぼす影響とその修正法

## 第 2 編

### Frank法, Frank修正法の臨床的検討

岡山大学医学部第一内科学教室 (主任: 長島秀夫教授)

万 袋 喜 敬

**key words:** フランク法ベクトル心電図, フランク修正法, 体型による差  
成人男子正常値, 誘導法の比較

#### 緒 言

Frank法ベクトル心電図の正常値については, 欧米人では pipberger<sup>1)</sup>, Forkner<sup>2)</sup>, Droper<sup>3)</sup>らの報告があり, 日本人については, ベクトル心電図研究会<sup>4)</sup>, 外畑<sup>5)</sup>, 石川<sup>6)</sup>, 柴田<sup>7)</sup>らの報告がある. これらの論文には, 人種間, 性差, 年齢差などによる測定値の変動について論じているが, 胸郭の形による差異についての報告は少ない. また, 日本人は欧米人に比較して胸郭の前後径が狭く, Frank法をそのまま日本人に应用することは従来から問題があるとされてきた. そこで, 著者は, 第1編で胸郭の前後径の狭い日本人に应用出来ると考えられるFrank修正法を考案し, ほぼ良好な結果を得た. そこで, 健常日本成人男子を対象として, その胸郭前後径及び横径を測定し, その比により, 上記の修正法を応用してベクトル心電図を記録し, Frank原法の値と比較検討した.

#### 対 象

対象は, 心, 肺疾患の既往がなく, 心電図上異常を認めない日本人健康成人男子55例である. この対象の胸郭前後径 (SD), 左右径 (TD) を測定した. 図1のごとく TD は第5肋間の高さで左右中腋窩線上の所を測定し, SD は, 同じ高さで前後正中線上の所で測定した. 測定した計測値は表1のごとくで, 平均年齢は30才で, 平均 TD 29.2cm, 平均 SD 19.2cm, 平均 TD/SD 1.53であった. また, これら55例を TD/SD 比により2群に分類した. 即ち, 比が1.32~1.58の41例をNo.1群とし, その比が1.59~1.96の14例をNo.2群とした. これらNo.1群とNo.2群の胸郭測定値は表1に示した. No.1群は日本人平均胸郭

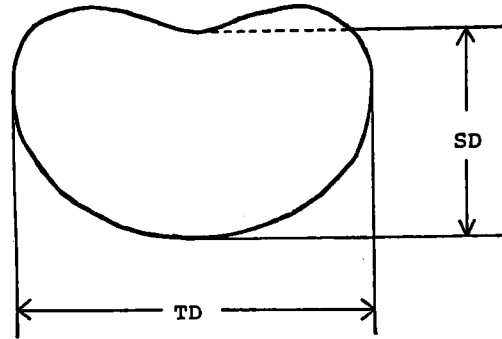


図1 第5肋間における胸郭横断面の各計測法  
SD: 前後径  
TD: 左右径

表1 胸郭横断面の各計測値  
TD: 胸郭左右径 SD: 胸郭前後径  
No.1群, No.2群は TD/SD比 (1.585) により分類する.

	number	age(year)	TD(cm)	SD(cm)	TD/SD
total group	55	30±5	29.2±1.6	19.2±1.5	1.53±0.09
group No.1	41	31±5	29.3±1.6	19.7±1.2	1.49±0.05
group No.2	14	29±3	28.9±1.5	17.9±1.9	1.62±0.11

mean±S.D.

に近い症例であり, No.2群は日本人平均よりやや前後径が狭い症例であった. そして, TD/SD 比の分類に用いた値は, 第1編で用いた各模型の TD/SD 比の値を応用した. TD/SD 比が1.97以上の症例は今回の検討では含まれていなかった.

#### 方 法

ベクトル心電図誘導法は表2に示したごとくであ

表2 Frank 法および Frank 修正法  
誘導法の抵抗網を示す。R=KΩ

F0法: Frank system (original)  
F1法: Frank system のM電極とF電極を結ぶ  
2.90Rの抵抗を取り除き, 切り離す。  
F2法: F1法に加えて, 下図のごとく  
X, Z誘導短絡抵抗値を前後径により変える。

Elliptical Cylinders	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
X Lead	7.15R	7.95R	8.05R	8.98R
Z Lead	13.30R	4.68R	4.50R	2.92R

り, 全例に Frank 法 (FO法) を用いて, 次に Frank 修正法としてNo.1 群には第1編の模型No.1の実験結果よりF1法を用いた。同様にNo.2 群には模型No.2の実験結果よりF2法を用いた。このF1法は, F0法のY誘導のM電極とF電極を切り離したものであり, F2法はF1法に加えてX・Z誘導の短絡抵抗値を変更したものであり, TD/SD比が大きい場合には, これらF1法, F2法はF0法より正規性, 直交性が優れていた。

ベクトル心電図の撮影体位は仰臥位とし, 浅い呼吸時に記録した。ベクトル心電図は, QRS環全体とT環の拡大したものの2種類について, 前額面, 左側面及び水平面の3面を同時に35mmフィルムに撮影したQRS環の刻時間隔は1.25msec, T環の刻時間隔は5msecを用いた。使用した装置はフクダ電子株式会社製ベクトル心電計VA-3c5型である。Frank修正法の抵抗網は独自に製作し(F1,F2)前記ベクトル心電計に接続して記録した。ベクトル心電図の分析にあたっては印画紙に拡大, 焼き付けたものを用い, 各計測項目はベクトル心電図研究会<sup>4)</sup>の取り決めに従った。

### 分 析 項 目

#### 1. 空間最大ベクトル

##### (A)QRSベクトル

大きさ (Magnitude, mV), 方位角 (Azimuth, H°), 仰角 (Elevation, V°), X, Y, Z

計算法は

$$\text{Magnitude} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

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

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

X……左右軸の成分 (左を⊕)

Y……上下軸の成分 (上を⊕)

Z……前後軸の成分 (前を⊕)

##### (B)Tベクトル

大きさ (mV), 方位角 (H°), 仰角 (V°), X, Y, Z

##### (C)T/QRS比

##### (D)QRS-T 夾角 (θ)

空間最大QRSベクトルと空間最大Tベクトル間の夾角

計算法は

$$\cos \theta = \frac{X_1 X_2 + Y_1 Y_2 + Z_1 Z_2}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2} \cdot \sqrt{X_2^2 + Y_2^2 + Z_2^2}}$$

ただしX<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, Z<sub>1</sub>……QRSベクトルの成分  
X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>, Z<sub>2</sub>……Tベクトルの成分

#### 2. 各平面における計測

##### (A)QRS環

###### ①最大QRSベクトル

大きさ (mV), 方向 (θ)を前額面, 水平面, 左矢状面につき計測

###### ②QRS環回転方向

CCW (反時計式), CW (時計式)

F8 (8字形), ℓ (線状) と分類した。

###### ③QRS環の各スカラー成分

(1)最大上方成分 (mV)

初期および終期成分を矢状面で測定

(2)最大下方成分

(3)最大右方成分 (初期, 終期)

(4)最大左方成分

(5)最大前方成分

(6)最大後方成分

(3)~(6)は水平面で測定

##### (B)T環

###### ①最大Tベクトル

大きさ (mV), 方向 (θ)

###### ②T環回転方向

CCW, CW, F8(8字形), ℓ (線状) に分類

##### (C)T/QRS比

##### (D)T-QRS 夾角

各面ごとに平面最大Tベクトルの角度から平面最大QRSベクトルの角度をさしひいたもの

以上の項目を測定し平均値と標準偏差で示した。

成 績

1. 空間最大ベクトル

a) 最大QRSベクトル

各群の空間最大QRSベクトルの測定値は表3

に示すごとくで、No.1群については、その大きさはF0法では $1.67 \pm 0.38$ mV、F1法では $1.79 \pm 0.46$ mVとなりF1法が有意に( $P < 0.005$ )大であった(図2)。方位角、仰角についてはF1法では各々 $0.2 \pm 18^\circ$ 、 $42 \pm 12^\circ$ といずれもF0法に比較して有

表3 Frank法とFrank修正法における空間QRSベクトルの大きさと方向  
F0, F1, F2は誘導法をしめし、数値は平均 $\pm$ SDであらわす。  
No.1群, No.2群は表1と同様。

	magnitude (mV)	azimuth (degree)	elevation (degree)	X (mV)	Y (mV)	Z (mV)
Total group F0	$1.69 \pm 0.41$	$-5 \pm 20$	$45 \pm 13$	$1.11 \pm 0.33$	$1.16 \pm 0.41$	$-0.11 \pm 0.41$
Group No.1 F0	$1.67 \pm 0.38$	$-2 \pm 18$	$47 \pm 11$	$1.12 \pm 0.29$	$1.12 \pm 0.41$	$-0.04 \pm 0.38$
F1	$1.79 \pm 0.46$ ***	$-0.2 \pm 18$ *	$42 \pm 12$ ***	$1.10 \pm 0.30$	$1.33 \pm 0.52$ ***	$-0.02 \pm 0.39$
Group No.2 F0	$1.75 \pm 0.45$	$-16 \pm 18$	$43 \pm 13$	$1.08 \pm 0.41$	$1.23 \pm 0.37$	$-0.31 \pm 0.40$
F2	$1.83 \pm 0.45$ *	$-9 \pm 13$ *	$40 \pm 12$ ***	$1.08 \pm 0.41$	$1.41 \pm 0.42$ ***	$-0.15 \pm 0.21$ **

\*\*\*  $P < 0.005$  \*\*  $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$

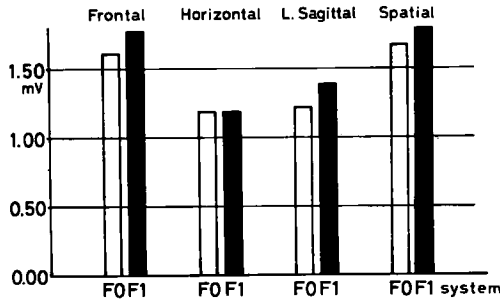


図2 No. 1群のFrank法およびFrank修正法の最大QRSベクトルの大きさ

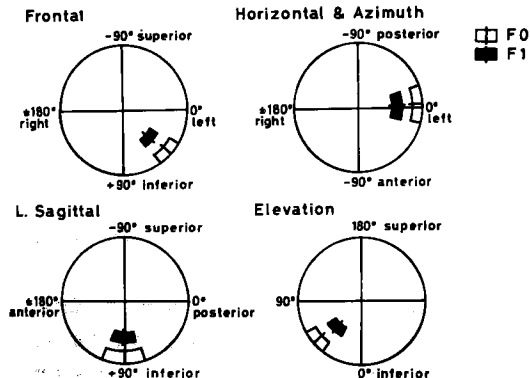


図3 No. 1群のFrank法およびFrank修正法の最大QRSベクトルの方向

意に( $P < 0.05$ ), ( $P < 0.005$ )小であった(図3)。この最大QRSベクトルのX, Y, Z成分についてはY成分がF1法で $1.33 \pm 0.52$ mVとなり、F0法より有意に( $P < 0.005$ )大であった。

次に、No.2群についても表3のごとくにNo.1群と同様の傾向がみられ、空間最大QRSベクトルの大きさはF2法で $1.83 \pm 0.45$ mVとF0法より有意に( $P < 0.05$ )大であり(図4)、方位角、仰角に

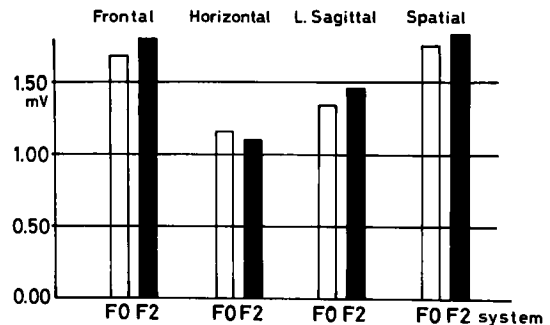


図4 No. 2群のFrank法およびFrank修正法の最大QRSベクトルの大きさ

についてもF2法では各々 $-9 \pm 13^\circ$ 、 $40 \pm 12^\circ$ とF0法より有意に( $P < 0.05$ ), ( $P < 0.005$ )小であった(図5)。この最大QRSベクトルのX, Y, Z成分については、F2法でY成分は、 $1.41 \pm 0.42$ mVと有意に( $P < 0.005$ )大であったが、Z成分は、 $-0.15 \pm 0.21$ mVと有意に( $P < 0.01$ )小であった。

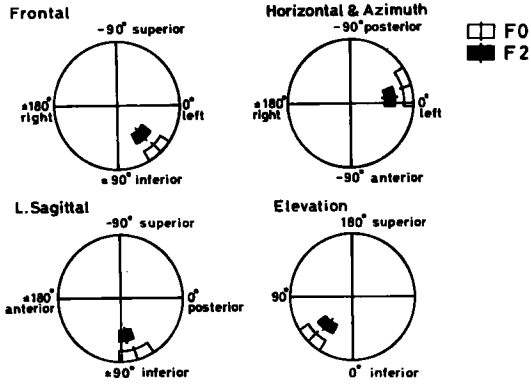


図5 No. 2群の Frank 法および修正法の最大QRSベクトルの方向

b) 最大Tベクトル

各群の空間最大Tベクトルの測定値は、表4に示

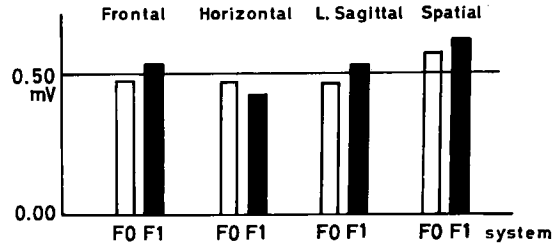


図6 No.1群の Frank 法および Frank 修正法の最大Tベクトルの大きさ

に( $P < 0.01$ )大であり(図8), その方向は方位角がF2法では $24 \pm 15^\circ$ と有意に( $P < 0.005$ )小であった(図9). この最大TベクトルのX, Y, Z成分についてはF2法においてY成分は $0.39 \pm 0.15\text{mV}$ と有

表4 Frank 法と Frank 修正法における空間最大Tベクトルの大きさと方向および空間T/QRS比と空間QRS-T夾角  
F0, F1, F2は誘導法をしめし, 数値は平均 $\pm$ SD であらわす.  
No.1群, No.2群は表1と同様.

	magnitude (mV)	azimuth (degree)	elevation (degree)	X (mV)	Y (mV)	Z (mV)
Total group F0	$0.54 \pm 0.14$	$37 \pm 19$	$51 \pm 10$	$0.31 \pm 0.10$	$0.33 \pm 0.12$	$0.25 \pm 0.13$
Group No.1 F0	$0.56 \pm 0.14$	$41 \pm 19$	$52 \pm 8$	$0.32 \pm 0.11$	$0.34 \pm 0.11$	$0.27 \pm 0.13$
F1	$0.61 \pm 0.16$ ***	$43 \pm 17$ ***	$46 \pm 9$ ***	$0.30 \pm 0.10$	$0.42 \pm 0.15$ **	$0.28 \pm 0.13$
Group No.2 F0	$0.46 \pm 0.11$	$29 \pm 16$	$48 \pm 11$	$0.29 \pm 0.08$	$0.32 \pm 0.13$	$0.17 \pm 0.12$
F2	$0.53 \pm 0.15$ **	$24 \pm 15$ ***	$43 \pm 10$	$0.31 \pm 0.10$	$0.39 \pm 0.15$ ***	$0.13 \pm 0.08$ *
	T/QRS ratio		QRS-T angle (degree)			
Total group F0	$0.32 \pm 0.09$		$20 \pm 9$			
Group No.1 F0	$0.35 \pm 0.10$		$21 \pm 10$			
F1	$0.36 \pm 0.11$		$21 \pm 9$			
Group No.2 F0	$0.28 \pm 0.07$		$16 \pm 7$			
F2	$0.29 \pm 0.08$		$11 \pm 7$ *			

\*\*\*  $P < 0.005$  \*\*  $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$

すごとくで, No.1群については, その大きさはF1法で $0.61 \pm 0.16\text{mV}$ と有意に( $P < 0.005$ )大であり(図6), その方向は仰角がF1法で $46 \pm 9^\circ$ と有意に( $P < 0.005$ )小であった(図7). この最大TベクトルのX, Y, Z成分については, Y成分がF1法で $0.42 \pm 0.15\text{mV}$ と有意に( $P < 0.01$ )大であった.

次に No.2群についても表4のごとく, 空間最大Tベクトルの大きさはF2法 $0.53 \pm 0.15\text{mV}$ と有意

に( $P < 0.005$ )大であったが, Z成分は $0.13 \pm 0.08\text{mV}$ と有意に( $P < 0.05$ )小であった.

c) T/QRS比については, 差はなかった(表4).

d) QRS-T 夾角については, No.1群でF0法とF1法との間には差はみられなかったが, No.2群ではF2法で $11 \pm 7^\circ$ と有意に( $P < 0.05$ )小であった(表4).

2. 各平面におけるQRS環

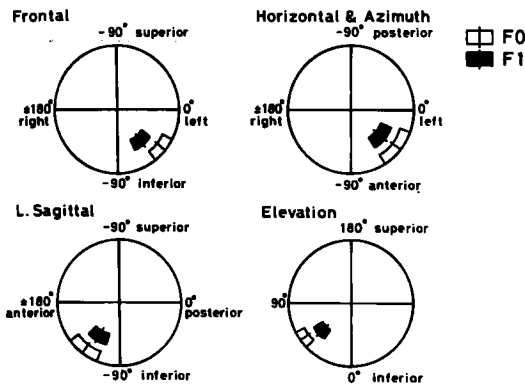


図7 No.1 群の Frank 法および Frank 修正法の最大Tベクトルの方向

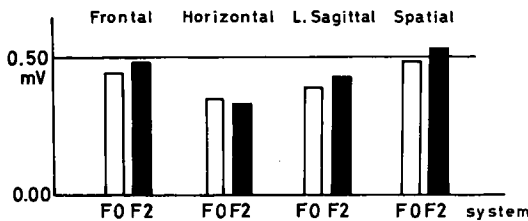


図8 No.2 群の Frank 法および Frank 修正法の最大Tベクトルの大きさ

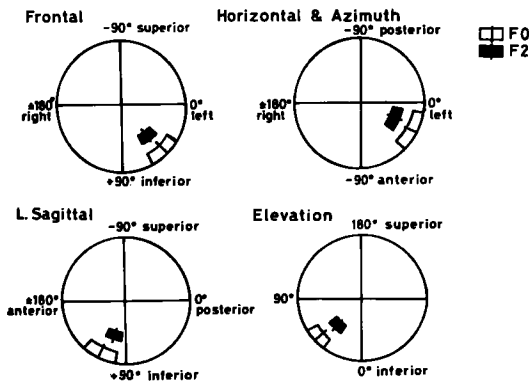


図9 No.2 群の Frank 法および Frank 修正法の最大Tベクトルの方向

a) 各群の3面における最大QRSベクトルの大きさと方向は表5に示したごとくで、No.1 群ではその大きさは F1 法が左矢状面で  $1.39 \pm 0.54 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 大であり(図2), その方向は F1 法で前額面では  $49 \pm 12^\circ$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 垂直

であり、水平面では  $-0.2 \pm 18^\circ$  とわずかに ( $P < 0.05$ ) で前方であった(図3)。

次に、No.2 群ではその大きさは F2 法で前額面、左矢状面において各々  $1.80 \pm 0.47 \text{ mV}$ ,  $1.46 \pm 0.44 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.05$ ), ( $P < 0.005$ ) 大であった(図4)。方向は F2 法で水平面では  $-9 \pm 13^\circ$  と有意に ( $P < 0.05$ ) 前方にあり、左矢状面では  $83 \pm 10^\circ$  と有意に ( $P < 0.01$ ) 垂直であった(図5)。

b) QRS 環スカラー成分については表6のごとく No.1 群では F1 法で最大上方成分の終期が  $0.11 \pm 0.11 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.01$ ) 大であり、最大下方成分も  $1.33 \pm 0.52 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.11$ ) 大であった。従って、QRS 環は左矢状面で細長くなった。

次に、No.2 群では F2 法で最大下方成分が  $1.41 \pm 0.42 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 大であり、最大前方成分と最大後方成分が各々  $0.33 \pm 0.15 \text{ mV}$ ,  $0.48 \pm 0.18 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.01$ ), ( $P < 0.005$ ) 小であった。QRS 環は左矢状面と水平面で細長くなった。

c) QRS 環の回転方向については表7のごとく F0 法と Frank 修正法とでは特に差はないが、Frank 修正法でわずかに8字回転が多くなる傾向がみられた。

### 3. 各面におけるT環

a) 各群の平面における最大ベクトルの大きさと方向は表8のごとくで、No.1 群では F1 法で、前額面、左矢状面で各々  $0.53 \pm 0.15 \text{ mV}$ ,  $0.52 \pm 0.18 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.005$ ), ( $P < 0.005$ ) 大であり(図6), その方向は F1 法で、前額面では  $53 \pm 12^\circ$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 垂直であり、左矢状面では  $122 \pm 14^\circ$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 垂直であった(図7)。

次に、No.2 群においては、その大きさは F2 法で左矢状面で  $0.43 \pm 0.16 \text{ mV}$  と有意に ( $P < 0.01$ ) 大であり(図8), その方向は F2 法で前額面、左矢状面では各々  $52 \pm 11^\circ$ ,  $108 \pm 10^\circ$  とそれぞれ有意に ( $P < 0.05$ ), ( $P < 0.05$ ) 垂直であり水平面では  $24 \pm 15^\circ$  と有意に ( $P < 0.005$ ) 後方であった(図9)。

b) T環回転方向については表9のごとく、F0 法と Frank 修正法とでは大きな差はないが Frank 修正法で線状が増える傾向がみられた。

### 4. 各面における T/QRS 比

T/QRS 比については表10のごとく、各面において F0 法と Frank 修正法に差は認めなかった。

### 5. 各面における T/QRS 夾角

T-QRS 夾角については表10のごとく、No.1 群

表5 Frank 法と Frank 修正法における平面最大 QRS ベクトルの大きさと方向  
F0, F1, F2, は誘導法をしめし数値は平均±SD であらわす。  
No.1 群, No.2 群は表1と同様。

	Frontal magnitude (mV)	direction (degree)	Horizontal magnitude (mV)	direction (degree)	Left Sagittal magnitude (mV)	direction (degree)
Total group F0	1.62±0.39	45±12	1.18±0.36	-5±20	1.23±0.42	87±20
Group No.1 F0	1.61±0.39	44±12	1.19±0.30	-2±18	1.22±0.42	91±20
F1	1.77±0.48	49±12 ***	1.19±0.33	-0.2±18 *	1.39±0.54 ***	92±16
Group No.2 F0	1.68±0.39	49±13	1.16±0.47	-16±18	1.34±0.41	77±16
F2	1.80±0.47 *	52±12	1.10±0.45	-9±13 *	1.46±0.44 ***	83±10 **

\*\*\* P<0.005 \*\* P<0.01 \* P<0.05

表6 Frank 法と Frank 修正法における QRS 環スカラー成分値  
F0, F1, F2 は誘導法をしめし, 数値は平均±SD であらわす。  
No.1 群, No.2 群は表1と同様。

	total group F0 (mV)	group No.1		group No.2	
		F0 (mV)	F1 (mV)	F0 (mV)	F2 (mV)
upper initial	0.07±0.08	0.07±0.07	0.06±0.06	0.07±0.09	0.04±0.03
terminal	0.09±0.10	0.09±0.10	0.11±0.11 **	0.10±0.10	0.17±0.24
under	1.16±0.41	1.12±0.41	1.33±0.52 **	1.23±0.37	1.41±0.42 ***
right initial	0.10±0.08	0.10±0.07	0.08±0.06	0.10±0.10	0.11±0.11
terminal	0.23±0.18	0.23±0.20	0.20±0.12	0.22±0.12	0.22±0.13
left	1.11±0.33	1.12±0.29	1.10±0.30	1.08±0.41	1.08±0.41
anterior	0.46±0.23	0.46±0.24	0.46±0.17	0.44±0.18	0.33±0.15 **
posterior	0.63±0.27	0.64±0.27	0.64±0.23	0.60±0.26	0.48±0.18 ***

\*\*\* P<0.005 \*\* P<0.01 \* P<0.05

表7 Frank 法と Frank 修正法における QRS 環回転方向  
F0, F1, F2 は誘導法をしめし, 数値は症例数をあらわす。  
No.1 群, No.2 群は表1と同様。

	Frontal				Horizontal				L. Sagittal			
	CW	CCW	F8	ℓ	CW	CCW	F8	ℓ	CW	CCW	F8	ℓ
Total group F0	26	4	25		48	7			51	4		
Group No.1 F0	17	4	20		37	4			39	2		
F1	15	4	21	1	36	5			36	5		
Group No.2 F0	9		5		11	3			12	2		
F2	5	1	6	2	11	3			12	2		

表8 Frank 法と Frank 修正法における平面最大Tベクトルの大きさと方向  
F0, F1, F2 は誘導法をしめし, 数値は平均±SD であらわす.  
No.1 群, No.2 群は表1 と同様

	Frontal magnitude (mV)	direction (degree)	Horizontal magnitude (mV)	direction (degree)	Left Sagittal magnitude (mV)	direction (degree)
Total group F0	0.46±0.12	47±13	0.42±0.12	37±19	0.43±0.14	124±16
Group No.1 F0	0.47±0.12	47±12	0.46±0.14	41±19	0.46±0.16	127±15
F1	0.53±0.15 ***	53±12 ***	0.43±0.11	43±17	0.52±0.18 ***	122±14 ***
Group No.2 F0	0.44±0.12	48±13	0.35±0.10	29±16	0.39±0.14	116±16
F2	0.48±0.15	52±11 *	0.33±0.08	24±15 ***	0.43±0.16 **	108±10 **

\*\*\* P<0.005 \*\* P<0.01 \* P<0.05

表9 Frank 法と Frank 修正法におけるT環の回転方向  
F0, F1, F2 は誘導法をしめし, 数値は症例数をあらわす.  
No.1 群, No.2 群は表1 と同様

	Frontal				Horizontal				L. Sagittal				
	CW	CCW	F8	ℓ	CW	CCW	F8	ℓ	CW	CCW	F8	ℓ	
Total group F0	36	12		7			52	3				55	
Group No.1 F0	25	12		4			39	2				41	
F1	24	12		5			37	4				39	2
Group No.2 F0	11			3			13	1				14	
F2	10			4			11	3				14	

表10 Frank 法と Frank 修正法における T/QRS 比および T/QRS 夾角  
F0, F1, F2 は誘導法をしめし, 数値は平均±SD であらわす.  
No.1 群, No.2 群は表1 と同様.

	T/QRS ratio			T-QRS angle (degree)		
	Frontal	Horizontal	L. Sagittal	Frontal	Horizontal	L. Sagittal
Total group F0	0.30±0.08	0.38±0.15	0.39±0.16	2±10	42±28	38±23
Group No.1 F0	0.31±0.08	0.39±0.14	0.42±0.17	4±10	42±28	37±25
F1	0.32±0.10	0.37±0.11	0.41±0.16	4±10	43±26	30±21 ***
Group No.2 F0	0.27±0.07	0.34±0.15	0.30±0.16	-1.0±11	43±28	40±20
F2	0.27±0.09	0.34±0.18	0.30±0.12	0.4±10	34±21 ***	24±13 ***

\*\*\* P<0.005

では F1 法において左矢状面で30±21° と有意に (P<0.005) 小であった。また, No.2 群ではF2 法で水平面, 左矢状面において各々34±21°, 24±13° と有意に(P<0.005), (P<0.005) 小であった。

6. No.1 群と No.2 群との F0 法ベクトル心電図を比較すると No.2 群の方が No.1 群と比較して空間最大 QRS ベクトルは, その方向では方位角が

やや後方であり(P<0.05), 各平面最大 QRS ベクトルは, その方向は水平面で後方であり(P<0.05), 左矢状面でも後方に位置していた(P<0.05)。また, 空間最大Tベクトルは, その方向が方位角はやや後方であり(P<0.01), 各平面最大Tベクトルは, その大きさは水平面でやや小さく(P<0.01), その方向は, 水平面でやや後方(P<0.05), 左矢状面で

はやや後方に( $P < 0.05$ ).位置していた。

### 考 案

新しい理論により構成された corrected orthogonal lead system がベクトル心電図に導入され、ベクトル心電図学は飛躍的進歩をとげてきた。この誘導法の中で現在最も広く用いられているのは Frank 誘導法<sup>9)</sup>である。本誘導法は、人体胴体モデル(左右径33cm, 前後径25cm, 胴長68cm)を用いて均一導体下で image vector を測定し、image surface を作図し、正規性、直交性を正確に保つように工夫されている。本誘導法の特徴は胸郭の外形や内部における心臓の位置などによって歪みを受けることが少ない点の特徴とされている。しかし、心電図波形に影響を及ぼす可能性のある因子には年齢、性、人種身長、体重、胸郭の形があり、各因子が実際にどの程度心電図波形に影響するかを検討する必要がある。

心電図、ベクトル心電図には人種間で差があることは古くより指摘されており、Simonson<sup>10)</sup>は成人の白色人種と黒色人種との間には心電図上根本的な差はないと云う見解を述べているが、しかし同時に日本人と米国人の青年、壮年群においては多くの心電図項目に統計的にかなり大きな差があることを指摘している。特に  $\Sigma T[\Sigma T = R_1 + R_2 + R_3 + S_1$  (または  $Q_1$ ) +  $S_2$  (または  $Q_2$ ) +  $S_3$  (または  $Q_3$ ) ただし  $S$  と  $Q$  の大きい方をとりあげる],  $R_{V5}$ ,  $T_{V5}$  がほとんどすべての年齢群で日本人の方が大きいと述べている。Pipberger<sup>1)</sup>はベクトル心電図で白色人種と黒色人種間には大きな差があったとしている。Mizuno<sup>11)</sup>は標準十二誘導心電図で日本人と米国人の間には Simonson と同様の差があったと述べている。Frank 法ベクトル心電図について森<sup>12)</sup>は Droper<sup>3)</sup>の成績との比較において、日本人は米国人に比して空間最大 QRS ベクトルの大きさは小さく、また、水平面と矢状面の最大 QRS ベクトルも小さいとし、その方向は日本人が水平面と矢状面の最大 QRS ベクトルは前方に位置しているとし、また空間最大 T ベクトルの大きさは日本人が大きく、前額面最大 QRS ベクトルも大きいとし、その方向は、水平面と矢状面の最大 T ベクトルはより後方に位置していると述べている。これら差異の主な原因は Z 成分の違いであり、その成因として胸郭の形の形の差であろうと推定している。石川ら<sup>13)</sup>は心筋硬塞の診断基準の検討において、日本人は白人に比し QRS 環前方成分が大きく、 $Q_x$  が大きい、前額面最大 QRS ベクトル

ルの方向が垂直位にあると述べている。以上のように日本人と白人の間には心電図、ベクトル心電図に明らかな差が認められ、諸外国で得られた成績を日本人に適用する際無視出来ない問題となる。特に欧米人を対象に作られた診断基準を無批判に日本人に適用する事は避けるべきである。これら日本人と白人との差の成因は、心臓の大きさ、位置変化、肺機能などの違いも影響していると考えられるが、一つの大きな因子は森も指摘している通り体型の違いがある。

一般に、日本人は欧米人に比し胸郭前後径が狭く、胴長である。Simonson<sup>10)</sup>は白人の胸郭について、体格の大きい群では SD は 27.8cm, TD は 35.5cm であり、体格の小さい群では SD は 23.3cm, TD は 31.0cm であったと述べている。著者の成績では、平均胸郭は SD は 19.2cm, TD は 29.2cm であり、明らかに日本人の方が SD, TD 共に小さく、特に SD の方が小さくなっている。この胸郭の形の違いが Frank 法の誘導ベクトルに重大な影響を及ぼす事は喜多<sup>14)</sup>、著者<sup>8)</sup>が報告した通りである。Simonson<sup>10)</sup>は心電図で TD/SD が大きくなると  $\Sigma T$ ,  $T_2$  が大きくなると述べている。Frank 法ベクトル心電図では石川<sup>15)</sup>は TD/SD が大きくなると前額面最大 T ベクトルの角度が大きくなるとしている。Pipberger<sup>1)</sup>は TD/SD が大きくなると Y, Z 誘導の R 波が大きくなり、空間最大 QRS ベクトルは大きく、前額面最大 QRS ベクトルの方向は下方へ、水平面最大 QRS ベクトルの方向は後方へ向かうと述べている。著者の成績では TD/SD が大きくなると、つまり No.1 群と No.2 群との比較においてこれら報告者より多くの項目で差異を認めた。

胸郭の形、特に TD/SD 比が異なるために起こる Frank 法の誘導ベクトルの歪みについては第 1 編で述べたごとくであるが、Frank 法を日本人に応用するに当たり Frank 修正法を考案したのは豊嶋<sup>16)</sup>らが最初である。彼らは Frank 法の Y 誘導の M 電極と F 電極を切り離し X 誘導の短絡抵抗値を 50.0R に増大した Frank 修正法を考案した。そして 2 症例で両者を比較し Frank 修正法ベクトル心電図において X 誘導の振れは 16.2%, 18.1% それぞれ増加、Y 誘導のそれは 11.2%, 5.4% それぞれ増加、Z 誘導のそれは 11.7%, 10.1% それぞれ減少がみられ、各面の最大 QRS ベクトルの方向は、前額面と矢状面においては垂直の方向へ変化し、水平面ではわずかに前方へ変化したと述べている。彼らの用いた胴体モデルは著者の No.1 模型とほぼ同じ大きさであ



るが、心中心の位置とモデルの形の差があるため、彼らの Frank 修正法は著者の F1 法とは多少異なるが、これらの2症例における Frank 修正法ベクトル心電図の変化は著者の成績とほぼ同じ傾向であった。

臨床的に胸郭変化の著明な pattern として Straight Back Syndrome が報告されているが、その心電図変化について大鈴<sup>17)</sup>、Leon<sup>18)</sup>、赤塚<sup>19)</sup>、らの報告がある。彼らによれば Straight Back Syndrome においては右軸偏位、 $V_1$  の rSf, aVR の small terminal  $\gamma$  wave, 非特異的 T 波変化が高率にみられたと述べている。これらの変化は胸郭の前後径が減少する為に胸骨と心臓各部の接触が大きくなると共に縦隔に収容しきれない心臓の一部が左方へはみ出す為に起こっているとしている。これら変化のある部分は胸郭前後径が狭くなる為に起こる誘導ベクトルの変化による影響も含まれていると考えられる。

mastectomy 前後の心電図変化が La Monte<sup>20)</sup>により報告されている。彼によれば左の mastectomy では  $V_6$  の QRS 波の大きさが増し、左右両側の mastectomy では  $V_{3R}$ 、 $V_1$  の QRS 波の大きさが増すと述べている。これら変化の成因として心臓と誘導導子との距離が減少する事と胸部組織の伝導性の変化を指摘しているが、これらは共に誘導ベクトルの変化として考える事が出来る。

Frank 法ベクトル心電図について年齢差による変化は Mc Call<sup>21)</sup>、Burch<sup>22)</sup>、Silverberg<sup>23)</sup>、石川<sup>24)</sup>、上田<sup>25)</sup>、らの報告がある。いずれの報告者も最大 QRS、Tベクトルの大きさが加齢に伴い減少する事、方向では特に前額面最大 QRS ベクトル角が加齢に伴い漸次左上方に偏位する傾向を認めている。これら年齢差の成因に関しては Simonson<sup>11)</sup>は加齢に伴う冠硬化を指摘し、笹本<sup>26)</sup>は加齢に伴う肺気腫傾向を指摘している。正岡<sup>27)</sup>は加齢に伴う貧血傾向を指摘している。本検討の症例は平均年齢30歳であり、40歳以上の症例は極くわずかであり、年齢による影響は除外してよいと考える。

性差については Mc Cell<sup>21)</sup>、Groeben<sup>28)</sup>、Sotobata<sup>29)</sup>、外畑<sup>5)</sup>らが報告している。ほとんどの報告者が QRS 環、T 環共に女性が男性より小さいことを認め、方向は女性の QRS 環はより下方へ、T 環はより後方へ向かうと述べている。本研究は成人男子のみ対象としており、性差による影響は明らかでない。

身長、体重、皮下脂肪の差による Frank 法ベク

トル心電図の変化が柴田<sup>7)</sup>、Pipberger<sup>11)</sup>、石川<sup>15)</sup>らにより報告されている。柴田及び Pipberger は身長体重の差はベクトル心電図に著しい影響は与えないとし、柴田は皮下脂肪の差は影響はほとんどないとしている。しかし石川は多少の有意差を認め、身長の大なる者においては最大 Tベクトルは大きくなり、体重の大なる者は QRS 環が上方に偏位するとしているが、しかし、これら差異は極くわずかであり本検討に大きな影響はないと思われる。

呼吸時期による Frank 法ベクトル心電図の変化に関して石沢<sup>30)</sup>らが深呼吸期では深呼期にくらべ  $R_x$  は減少し、 $S_z$  が増加したと述べている。ベクトル心電図記録に際しては呼吸時期を一定しておく必要があり、著者は浅い呼気位にて記録した。

人体の心中心と Frank 法胸部導子の位置に関しては Frank<sup>9)</sup>は Three-step technique により心中心は第5肋間にあり、胸部導子は第5肋間が良いとしている。Ritsem<sup>31)</sup>は同様に three-step technique を用いて心中心は第4肋間より下にあったと報告している。日本人は一般に欧米人に比し胸長であるが、石沢<sup>30)</sup>らは胸部X線の心中心を日本人で調べた結果正常の呼吸下では第4肋間と第5肋間のほぼ中間に位置していたと述べている。本検討では各症例につき電気的心中心を求めておらず、Frank に従い胸部導子は第5肋間を使用した。

## 結 語

- 1) 日本人健康成人男子55名につき Frank 法と第1編で述べた Frank 修正法ベクトル心電図を比較検討した。
- 2) 対象を胸郭前後径対左右径比により2群に分類し、その比が日本人平均に近い群には Frank 修正法として F1 を用い、それより前後径がやや狭い群には同様に F2 法を用いた。
- 3) Frank 修正法 (F1) において Y 誘導の増加がみられ、空間 QRS および Tベクトルの大きさは大となり、方位角はやや前方を、仰角はやや垂直に変化した。
- 4) Frank 修正法 (F2) において Y 誘導の増加と Z 誘導の減少がみられ、空間 QRS および Tベクトルの大きさは大となり、方位角は前方を、仰角はやや垂直に、空間 QRS-T 夾角は小となった。

(本論文の要旨は、第41回日本循環器学会総会において発表した。)

稿を終るに臨み、御校閲をいただいた長島秀夫教授に いただいた原岡昭一助教授に深謝いたします。  
 深甚なる謝意を表するとともに、御懇篤なる御指導をい

### 文 献

1. Pipberger, H.V., Goldman, M.J., Littmann, D., Murphy, G.P., Cosma, J. and Snyder, J.R.: Correlation of the Orthogonal Electrocardiogram and Vector-cardiogram with Constitutional Variables in 518 Normal Men. *Circulation* **35**, 536-551, 1957.
2. Forkner, C.E., Hungenholz, P.G. and Levine, H.D.: The vectorcardiogram in normal young adults-Frank Lead System-. *Am. Heart J.* **62**, 237-246, 1961.
3. Droper, H.W., Peffer, C.J., Stallmann, F.W., David Littmann, Sc.d. and Pipberger, H.V.: The Corrected Orthogonal Electrocardiogram and Vectorcardiogram in 510 Normal Men-Frank Lead System-. *Circulation* **30**, 853-864, 1964.
4. ベクトル心電図研究会：健康成人男子の Frank 誘導心電図, 日本臨床, **24**, 2385-2390, 1966.
5. 外畑巖, 石川宏靖, 山内一信, 野村雅則, 水野康：日本人正常成人の Frank 法ベクトル心電図, 心臓, **5**, 891-902, 1973.
6. Ishikawa, K., Handa, S., Nagoshi, H., Ogino, T., Kaminokuchi, A., Katayama, K. and Hosono, K.: A Study of the Normal Frank Vectorcardiogram. *Keio J. Med.* **16**, 13-21, 1967.
7. 柴田卓：Frank 誘導正常ベクトル心電図の定量解析的研究. *Jpn. Circ. J.* **30**, 1437-1449, 1966.
8. 万袋喜敬：胸郭前後径の変化が Frank 法ベクトル心電図に及ぼす影響とその修正法. 第1編, 胴体模型による基礎的検討, 準備中
9. Frank, E.: An accurate, clinically practical system for spacial vectorcardiography. *Circulation* **13**, 737-749, 1956.
10. Simonson, E.: *Differentiation Between Normal and Abnormal in Electrocardiography*. CV St. Louis, Mosby, 1961.
11. Mizuno, Y.: Normal limit and variability of electrocardiographic items of the Japanese. *Jpn. Circ. J.* **30**, 357-378, 1966.
12. Mori, H., Shibata, T., Oshita, K. and Kawamura, H.: Spatial Analytico-geometrical Analysis of the Vectorcardiogram by Electronic Computer. *Jpa. Circ. J.* **30**, 1017-1029, 1966.
13. 石川宏靖, 外畑巖, 山内一信, 安井昭二, 水野康：Frank 誘導ベクトル心電図による心筋硬塞診断基準の検討, 心臓, **4**, 979-989, 1972.
14. 喜多利正：胴体模型実験による胸部前後径変化と心電図, ベクトル心電図の研究. 岡山医学会雑誌, **87**, 373-391, 1975.
15. 石川恭三, 細野清士：身体諸計測値, 年齢ならびに性別と Frank 法ベクトル心電図との相関について. 日本臨床, **32**, 2990-2993, 1974.
16. 豊嶋英雄, 山田和生, 岡島光治, 堀一彦, 藤野哲郎, 村木寛茂, 外山淳治, 小林利次：Frank 誘導及び胸部誘導心電図の非単一定位双極子成分の検討. 環研究年報, **18**, 47-56, 1966.
17. 大鈴木孝, 服部成彦, 綾正二郎, 山崎元, 半田俊之介, 中村芳郎：straight back syndrome 8 症例の臨床成績, 心臓, **8**, 944-950, 1976.
18. De Leon, A.C., Jr., Perloff, J.K., Twigg, H. and Majd, M.: The straight back syndrome. Clinical cardiovascular manifestations. *Circulation* **32**, 193-203, 1965.
19. 赤塚宣治, 小松行雄：straight back syndrome. 呼吸と循環, **17**, 807-811, 1965.
20. La Monte, C.S., Freiman, A.H.: The Electrocardiogram after Mastectomy. *Circulation* **32**, 746-754, 1965.
21. Mc Call, B.W., Wallage, A.G. and Jr., Esters, E.H.: Characteristic of the Normal Vectorcardio-

- gram Recorded with the Frank Lead system. *Am. J. Cardiol.* **10**, 514-524, 1962.
22. Burch, G.E., Golden, L.H. and Cronvich, J.A.: An Analysis of Changes in the Spatial Vector-Cardiogram with Aging. *Am. Heart J.* **55**, 582-590, 1958.
  23. Silberberg, S.M.: A Quantitative Study of the Frank Vectorcardiogram. *Am. J. Cardiol.* **18**, 672-681, 1966.
  24. 石川宏靖: 日本人正常成人の Frank 誘導ベクトル心電図の性差, 年齢差の分析, 日循誌, **37**, 543-560, 1973.
  25. 上田英雄, 村尾覚, 春見建一, 真島三郎, 松尾博司, 山本睦夫, 井口鉄之丞, 陳家茂, 山本英男, 塩谷美智子: Frank 誘導ベクトル心電図の年齢別正常値. 日本臨床, **27**, 1950-1953, 1969.
  26. 笹本浩: 第 8 回日本老年医学会総会シンポジウム(I); 老年者の肺機能. 日老医誌, **4**, 18-20, 1967.
  27. 正岡徹: 老人性貧血に関する研究; 第 1 編, 老人の虚血像について. 阪大医誌, **19**, 1-26, 1966.
  28. Von Der Groeben, J., Fischer, D.D. and Toole, J.G.: Temporospacial frequency distribution of P, QRS and T in normal men and women. *Am. Heart J.* **75**, 487-590, 1968.
  29. Sotobata, I., Richman, H. and Simonson, E.: Sex differences in the vectorcardiogram. *Circulation* **37**, 438-448, 1968.
  30. 石澤一甫, 横山永, 岡田守二, 松森昭:  $R_{V_5}$  と  $R_x$ ,  $R_{aV_f}$  と  $R_y$  の高さ,  $S_{u_2}$  と  $S_z$  の深さに及ぼす深呼吸の影響. 心臓, **10**, 515-519, 1978.
  31. Ritsema, H.J.: Anatomical Level of X and Z Electrodes in the Frank VCG Lead System. *J. Electrocardiology* **5**, 335-365, 1972.

**The effect of variations in the antero-posterior distance  
of the trunk on vectorcardiography in the Frank system  
and the modified Frank system**

**Part 2. Clinical studies on the Frank system  
and the modified Frank system**

**Nobuyoshi MANDAI**

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School.

Okayama

(Director : Prof. Hideo Nagashima)

The Frank system was compared to my modified system in 55 healthy adult men in order to investigate the effect of variation in the antero-posterior distance of the trunk. The modified Frank system described in the preceding paper was investigated in two groups who were divided according to the ratio of antero-posterior to right-left distance. The modified Frank system 1 was applied to group 1, and the modified Frank system 2 was applied to group 2.

The following results were obtained:

1. The magnitude of the maximum QRS vector in the modified system increased in the sagittal plane and in space in comparison with that of the Frank system. The direction of the maximum QRS vector was located anteriorly in the horizontal plane and in azimuth, and elevation shifted to vertical.

2. The magnitude of the maximum T vector in the modified system increased in space. The direction of the maximum T vector was located vertically in the frontal plane and in the sagittal plane and in elevation.