

Frank 法ベクトル心電図の I,E,C,A,M 電極の位置の検討 (Three step technic, Y-Precordial technic による)

第 2 編

健常, 高血圧例による臨床的検討

岡山大学医学部第一内科学教室 (主任: 長島秀夫教授)

生 長 豊 健

Key words : Frank 法ベクトル心電図,
胸部導子, 心中心レベル,
Three step technic,
Y-Precordial technic,
lead vector

緒 言

ベクトル心電図の誘導法は, 現在 Frank 法が広く用いられている。この Frank 法の胸部導子 (I,E,C,A,M 電極) の位置の実験的検討は第一編で述べた。

この臨床的検討としては, Langner²⁾ らは 4 種類の修正直交誘導法の臨床例での比較を行ない, 被検者が仰臥位の場合, Frank 法の胸部導子は第 IV 肋間レベルに置かれる方が好ましいと提唱している。また Berson³⁾, Borun⁴⁾ らは Frank 法と McFee 法⁵⁾ にて胸部導子と背部導子の位置を変化させてスカラー心電図, ベクトル心電図 (以下 VCG と略す) を記録し, 各成分の変化より, Frank 法は, McFee 法に比較して胸部導子の上下方向の変化に敏感であると指摘している。Frank 自身も胸部導子の位置は, 水平面の image surface で "outward bulge"¹⁾ が最大となるレベル (以下心中心レベルと略す) に置かれるべきであるとして, そのレベルを求めするために, Three step technic を考案し, また Ritsema van Eck は Y-Precordial technic⁶⁾ で胸部導子の位置の検討を行なっている。そこで著者は, Three step technic, Y-Precordial technic で心中心レベルを求め, 胸部導子を心中

心レベルに置いた場合と第 V 肋間レベルに置いた場合の VCG の変化を臨床例で検討した。

対象及び方法

年齢 24 歳から 97 歳までの, 日本成人男子 154 名を対象とし, 以下の 4 群に分けて検討を行なった。

N 群: 心電図に異常所見を認めず, 血圧も正常範囲にあるもの (健常者群)。

HN 群: 高血圧はあるが, 心電図は正常範囲内にあり, 他に心血管系の疾患を認めない群。

HH 群: 高血圧があり, 心電図上 QRS 棘波の高電位を認めるが, 他に心血管系の疾患を認めない群。

HL 群: 高血圧があり, 心電図にて QRS 棘波の高電位, 及び ST-T の変化を認めるが, 他に心血管系の疾患を認めない群。

各群の例数, 平均年齢は表 1 に示した如くである。

高血圧は 40 歳以上の場合血圧 160/90 mmHg 以上, 40 歳未満の場合血圧 150/90 mmHg 以上とした。QRS 棘波の高電位は森, 川真田による Sokolow-Lyon 基準訂正值^{7)~10)} を用いた (表 2)。また各肋間の高さは被検者を仰臥位として胸骨左縁にて決定した。

表1 対象

N : 健常者群

HN : 高血圧はあるが心電図は正常範囲にある群

HH : 高血圧があり, 心電図に QRS 波の高電位を認める群

HL : 高血圧があり, 心電図に QRS 波の高電位 + ST-T 変化を認める群

(各群の u, d. は心中心が第 V 肋間より上方, 及び下方に存在する症例を, m. は第 V 肋間上に存在する症例を示している.)

	No	Age	IV - V (mm)	Electrical Center (mm)	CTR	Broca's Index	False C.	
N	u.	19	35.8 (28 ~ 52)	21.4	152	48.6	106.4	5
	d.	15	46.9 (28 ~ 85)	22.1	120	45.1	96.1	3
	m.	4	38.8 (24 ~ 62)	24.5			102.0	
HN	u.	18	48.8 (36 ~ 78)	23.0	14.9	48.5	110.4	2
	d.	12	51.4 (35 ~ 70)	22.2	14.0	44.1	102.9	1
	m.	11	50.7 (37 ~ 62)	23.4		47.8	103.4	
HH	u.	17	45.7 (26 ~ 70)	22.4	18.4	48.1	103.0	4
	d.	6	61.5 (41 ~ 97)	20.2	16.2	49.2	103.5	3
	m.	3	47.3 (37 ~ 53)	22.7			97.8	
HL	u.	10	55.4 (28 ~ 78)	25.7	13.8	48.2	97.1	3
	d.	7	65.0 (52 ~ 81)	18.9	13.7		105.7	4
	m.	4	67.3 (50 ~ 85)	24.0		55.7	94.1	

Undetermined Case..... 1 Case in Group HN.
1 Case in Group HH.
1 Case in Group HL.

表2 Sokolow-Lyon 左室肥大診断基準訂正基準値 (森, 川真田)

Rv5(6)	+	Sv1	≥ 4.0(5.0) mV
R1	+	S III	≥ 2.0 mV
Rv5			≥ 3.0 mV
Rv6			≥ 2.3 mV
RaVL			≥ 1.1 mV
RaVF			≥ 2.2 mV

() : 30歳以下の男子における基準値

方 法

心中心レベルの決定：心中心の上下方向の位置決定のため, Frank の Three step technic 及び Ritsema van Eck の Y-Precordial technic を用いた.

1) Three step technic¹⁾ : 被検者を仰臥位として, 胸骨左縁にて第 V 肋間の高さを決め, 図

1 に示した装置を用い, 電極 2 が第 V 肋間上にあり, 電極 1 が上方に位置する様にし, 得られた心電図の振幅を見る. 次に装置を高さを変えることなく, 外側に移動し, 振幅が最大となる点を見つけ, その点を通り, 身体の高軸と平行

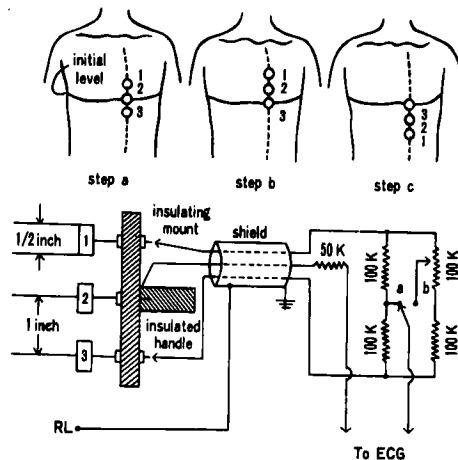


図1 Three step technic の実験装置

になる線を仮定し、その線上にて以下 step a, b, c を行なった。(図1)

step a: 電極2が第V肋間レベルに、電極1が第IV肋間レベルにある様に装置を置き、スイッチをaの位置にして心電図を記録する。

step b: 全体を一肋間ずつ上方へ移動し(電極3が第V肋間レベル)、スイッチをbの位置にして、心電図波形及び振幅がstep aと等しくなる様に抵抗を変化させる。

step c: 電極3を中心として装置を180°回転し、スイッチ、potentiometerは変化させずに、心電図波形及び振幅を観察する。

もし step a, b, c での波形、振幅が十分一致しているなら、step a での電極2の位置を中心として上下約6mm以内に、心中心レベルは存在する。もし一致しない場合は、step bとstep cの振幅を比較して、その振幅の差が小さくなる方向(上方あるいは下方)へ1/4インチ、step aの位置を移動した。また波形の一致の困難な症例もあったが、そのような症例では、振幅の一致で心中心を決定した。

II) Y-Precordial technic⁶⁾: 被検者を仰臥位とし、胸骨左縁第III肋間より下方に、図2-Aの

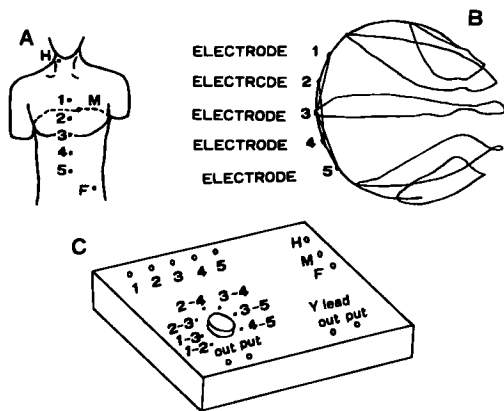


図2 Y-Precordial technicの導子の位置、及び装置

如く電極を置いた。そして図2-Cの装置を用いて、1-2, 1-3, 2-3, 2-4, 3-4, 3-5, 4-5の双極誘導心電図を記録し、Frank誘導法のY誘導心電図(H, M, F電極)と波形、振幅を比較し、さらに2個の電極を用いて、心中心が存在していると考えられるレベルの上下1/4インチ間隔で検索した。

そして心中心が第V肋間レベルより上方にあるものをu.群、下方にあるものをd.群、第V肋間レベルにあるものをm.群とした。

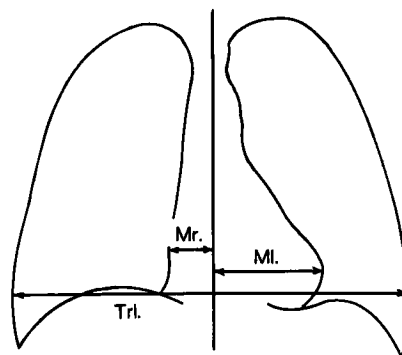
心胸郭比(以下CTR)の計測(図3): 胸部正面X線写真で心陰影の最大左右径/胸郭左右径で求めた。

Broca 指数:

A) 一般式: 実測値/標準体重×100

B) 標準体重の出し方

1) 原法: 身長(cm) - 100……①



$$C.T.R. = Mr. + MI. / Trl.$$

図3 心胸郭比の計測

Mr.: 正中線より心臓右縁までの最大距離

MI.: 正中線より心臓左縁までの最大距離

Trl.: 右心臓横隔膜角の高さにおける胸郭内側の水平距離

2) 変法: 身長(cm) - 105……②

3) 変法: [身長(cm) - 100] × 0.9……③

C) 使用法

身長 159cm以下……① を使用

身長 160~165cm ……② を使用

身長 166cm以上……③ を使用

D) 判定

+10~+19%: 肥満傾向

-10~-19%: 痩せ傾向

+20%以上 : 肥満

-20%以下 : 痩せ

ベクトル心電図の各成分の検討: 被検者を仰臥位として、胸部導子を第V肋間レベルに置いた場合と、求めた心中心レベルに置いた場合のVCGをフクダ製VA-3Dを用いて、前額、水平、左矢状面の3面を同時に35mmフィルムに撮影した。撮影したフィルムは1mVの振れが2cm、

あるいは4 cmになるように拡大焼き付けし、第6回ベクトル心電図研究会¹¹⁾の提案、「健康成人男子のFrank誘導ベクトル心電図」の計測要項にしたがって計測を行ない、以下の成分を比較検討した。

計測項目

- | | |
|-----------|----------------|
| 1) 最大上方成分 | 6) 最大後方成分 |
| i) 初期 | 7) 最大QRSベクトル |
| ii) 終期 | (前額, 左矢状, 水平面) |
| 2) 最大下方成分 | i) 大きさ |
| 3) 最大左方成分 | ii) 方向 |
| 4) 最大右方成分 | 8) 空間最大ベクトル |
| i) 初期 | i) 大きさ |
| ii) 終期 | ii) 方位角 |
| 5) 最大前方成分 | iii) 仰角 |

胸部導子を第V肋間レベルから、求めた心中心レベルに移動した時の水平面ベクトル環の形の変化(図4):

I型: 胸部導子を心中心レベルに移動した時、QRS環が丸くなる群

II型: 胸部導子を心中心レベルに移動した時、QRS環が細長くなる群

III型: 胸部導子を心中心レベルに移動した時、QRS環が相似形で大となる群

IV型: その他

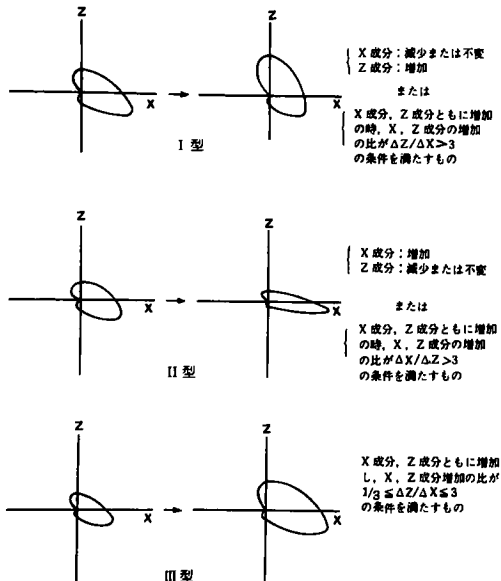


図4 胸部導子を第V肋間レベルより心中心レベルに移動した時の、水平面QRS環の形の変化

成 績

各群の例数, 年齢, 第IV-V肋間の距離, 心中心の偏位(第V肋間レベルを基準として), CTR, Broca 指数の平均値を表1に示した。False C.はX方向成分, Z方向成分がともに、各電極を心中心レベルと考えられる位置に置いた時の方が、第V肋間レベルに置いた時より小となる場合である。

i) 心中心の偏位について

各群の心中心の偏位を図5に示した。N群では46例中24例がu.群, 18例がd.群, 4例がm.群であった。(u.群に5例, d.群に3例のfalse C.を認めた。)

u.及びd.群の第V肋間レベルよりの偏位の平均値は、u.群で15.2mm, d.群で12.0mmとなった。このことよりN群では、心中心が第V肋間より上方にあるものがやや多く、偏位の程度も少し大であった。N群全体での偏位の平均値を出してみると、第V肋間レベルより上方2.9mmとなった。HN群では45例中20例がu.群, 13例がd.群, 11例がm.群となった。(u.群に2例, d.群に1例, false C.を認めた。)

u.及びd.群の第V肋間レベルよりの偏位の平均値は、u.群で14.9mm, d.群で14.0mmとなった。以上よりHN群でも心中心が第V肋間レベルより上方にあるものの方が、やや多く認められた。HN群全体での偏位の平均値は、第V肋間レベルより上方2.4mmとなった。

HH群では34例中21例がu.群に、9例がd.群に、3例がm.群に属し(u.群に4例, d.群に3例, false C.が認められた。), u.及び、d.群の第V肋間レベルよりの偏位の平均値を出してみると、u.群で18.4mm, d.群で16.2mmとなり、HH群でも心中心が第V肋間レベルより上方にあるものの方が多く認められ、偏位の程度も少し大であった。HH群全体での偏位の平均は、第V肋間レベルより上方8.3mmとなり、他の群に比較してやや偏位の程度は大となった。

HL群では29例中13例がu.群に、11例がd.群に、4例がm.群に属し(u.群に3例, d.群に4例, false C.が認められた。), u.及びd.群の第V肋間レベルよりの偏位の平均値は、u.群で13.8

mm, d.群で13.7mmとなった。即ち HL 群でも心中心が第V肋間レベルより上方にあるものの方が、やや多く認められた。HL 群全体での偏位の平均を出してみると、第V肋間レベルより上方2.0mmとなった。

以上より各群とも心中心は第V肋間レベルより上方のものの方がやや多く認められたが、平均するとその偏位は比較的小さく、HH 群にて

やや大となったが、他の三群間にはほとんど差が認められなかった。また図5より明らかな様に各群とも心中心は大部分が第V肋間レベルを中心として±20mm以内に存在し、さらにN群では47.4%、HN群では56.1%、HH群では30.8%、HL群では52.4%が第V肋間レベルを中心として±10mm以内に認められた。

ii) 心中心の偏位と CTR の関係

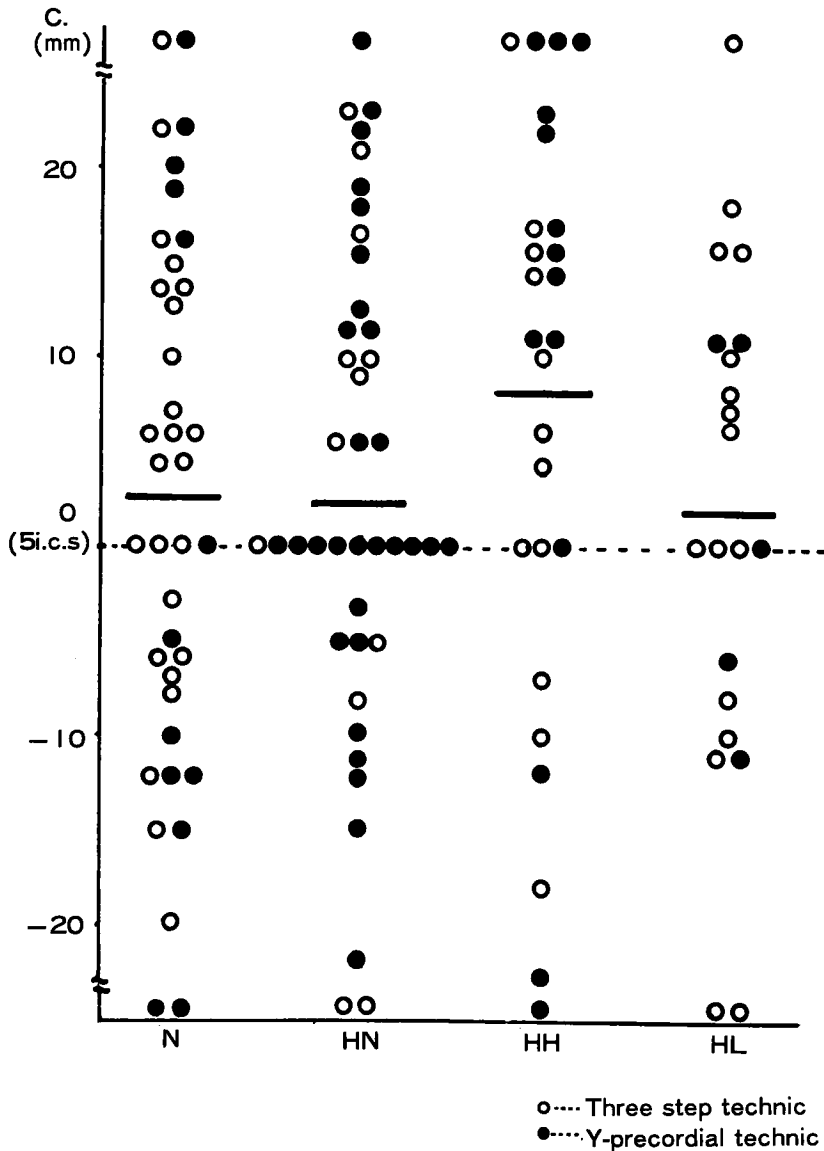


図5 心中心の第V肋間レベルよりの偏位

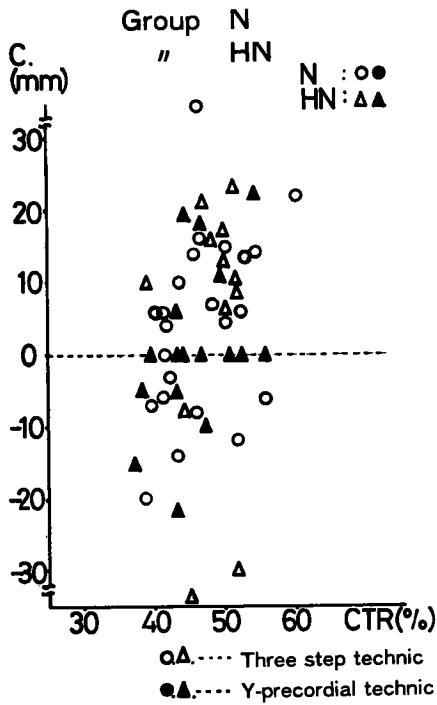


図6 心中心の偏位と心胸郭比の関係 (N, HN 群)

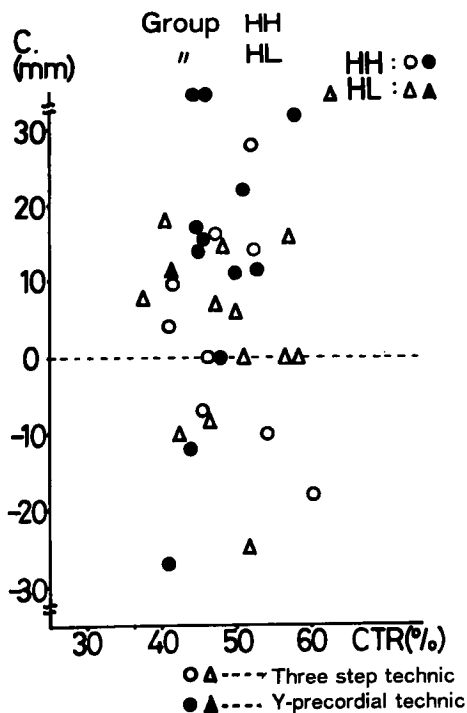


図7 心中心の偏位と心胸郭比の関係 (HH, HL 群)

表3 肥満及びやせ例の心中心

・肥満例 (Broca 指数+20%以上)
11例

	u.	d.	m.
N	2	0	0
HN	3	2	2
HH	1	0	0
HL	0	1	0

・やせ例 (Broca 指数-20%以下)
0例

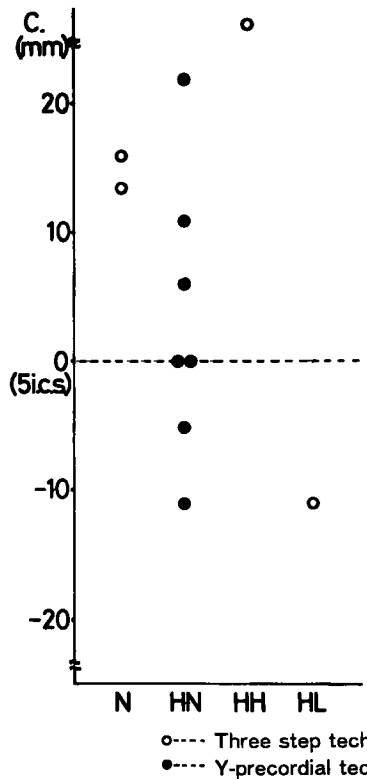


図8 肥満例での、心中心の第V肋間レベルよりの偏位

心中心の偏位とCTRの関係を図6, 7に示した。すべての群で相関は認めなかった。

iii) 心中心の偏位と肥満度の関係

肥満例の心中心を表3, 図8に示したが、明らかな相関は認めなかった。

iv) 胸部導子を第V肋間レベルから、心中心

Frank 法ベクトル心電図の I,E,C,A,M 電極の位置の検討

表 4 各成分の平均値 (M.), 標準偏差 (S.D.), 差 (C.-V.), 増減の% (V.を100として)
 V.: 胸部導子を第V肋間レベルに置いた時
 C.: 胸部導子を心中心レベルに置いた時

	最大上方		最大下方		最大右方		最大左方		最大前方		最大後方		最大QRS Vector			前最大		後最大				
	初期	終期	初期	終期	初期	終期	初期	終期	初期	終期	初期	終期	向き	向き	向き	向き	向き	向き	角	角		
N	V. (M., S.D.)		0.083	0.122	0.071	0.078	0.213	1.353	0.465	0.714	1.601	30.9°	1.019	62.4°	1.629	18.6°	1.628	1.628	1.628	1.628	60.3°	10.7°
	C. (M., S.D.)		0.090	0.111	0.074	0.070	0.205	1.296	0.438	0.725	1.526	30.9°	1.046	54.1°	1.411	14.7°	1.615	1.615	1.615	1.615	60.7°	10.4°
	差 (%)		-0.009	-0.011	0.003	0.007	0.012	0.057	0.027	0.009	0.022	0	0.027	8.3°	-0.018	-6°	0.383	0.383	0.383	15.29°	10.47°	0.2°
H N	V. (M., S.D.)		0.104	0.175	0.083	0.103	0.230	1.066	0.441	0.916	1.462	40.6°	1.291	38.7°	1.318	-43.8°	1.564	1.564	1.564	54.9°	21.0°	54.9°
	C. (M., S.D.)		0.099	0.129	0.086	0.072	0.118	0.424	0.441	0.728	1.417	19.28°	0.4361	34.99°	0.241	44.72°	1.609	1.609	1.609	24.80°	14.39°	16.6°
	差 (%)		-0.006	-0.006	0.003	0.008	0.116	0.642	0.001	0.221	0.042	18.59°	0.441	37.05°	0.225	43.4°	0.422	0.422	0.422	16.6°	55.0°	15.2°
H H	V. (M., S.D.)		0.097	0.105	0.089	0.104	0.166	0.314	0.488	0.940	1.545	26.8°	1.190	54.5°	1.520	-3.8°	1.650	1.650	1.650	1.9°	11.55°	64.2°
	C. (M., S.D.)		0.102	0.102	0.084	0.112	0.263	1.488	0.473	0.972	1.688	26.7°	1.225	44.0°	1.584	-7.2°	1.706	1.706	1.706	14.22°	11.06°	11.55°
	差 (%)		-0.005	-0.003	0.005	0.008	0.097	1.174	0.015	0.023	0.041	-0.1°	0.335	-10.5°	-0.064	-3.4°	0.532	0.532	0.532	15.28°	11.32°	6.4°
H L	V. (M., S.D.)		0.091	0.225	0.099	0.104	0.219	1.536	0.539	0.843	1.757	29.8°	1.169	47.2°	1.641	-7.2°	1.830	1.830	1.830	6.4°	13.90°	62.4°
	C. (M., S.D.)		0.034	0.112	0.028	0.116	0.216	1.601	0.548	0.855	1.828	28.7°	1.179	49.1°	1.699	-4.1°	1.902	1.902	1.902	19.3°	8.98°	8.98°
	差 (%)		-0.064	-0.017	0.029	0.091	0.093	0.065	0.009	0.012	0.072	-1.1°	0.330	50.58°	0.233	20.99°	0.316	0.316	0.316	3.3°	63.4°	9.03°

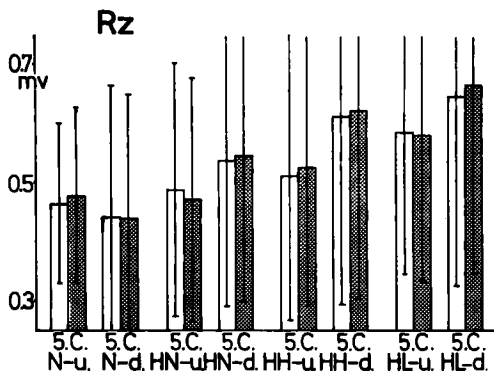


図9 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の最大前方成分の大きさの平均値、標準偏差
 u: 心中心が第V肋間より上方にある群
 d: 心中心が第V肋間より下方にある群
 5: 第V肋間レベル
 c: 心中心レベル

レベルに移動した時のベクトル心電図の各成分の変化(表4)

a) 最大前方成分:

各電極を移動した時、一定の傾向は認められず、HL-d群での変化が最も大で、3.25%の増加を示したが、有意差は認められなかった(図9)。

b) 最大後方成分:

各群とも心中心が第V肋間レベルより上方、下方に拘らず、心中心レベルに各電極を置いた時の方が、第V肋間レベルに置いた時に比較して、大となる傾向が認められ、N-u.群、HH-u.群、HL-u.群ではそれぞれ7.8%、15.2%、11.5%増加し、d.群に比較してu.群の方が増加の度合が大であった。またN-u.群では各電極を心中心レベルに置いた時の方が $P < 0.05$ にて有意に大となった(図10)

c) 最大左方成分:

各電極を第V肋間レベルより心中心レベルに移動した場合、u.群ではHN群を除いて小さくなる傾向があり、d.群ではHL群を除いて大となる傾向が認められた。N-d.群、HN-d.群では、それぞれ7.7%、4.2%の増加で、比較的大きな変化を認め、特にN-d.群では $P < 0.05$ にて有意に大となった。HL群では他の群に比較して、

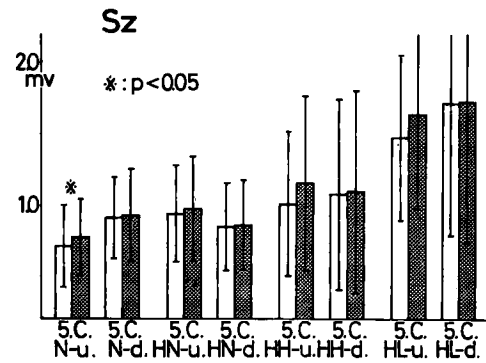


図10 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の最大後方成分の大きさの平均値、標準偏差
 u: 心中心が第V肋間より上方にある群
 d: 心中心が第V肋間より下方にある群
 5: 第V肋間レベル
 c: 心中心レベル

各電極を上下方向に移動させても、変化は比較的小であった。またN群を除いて、心中心が第V肋間レベルより下方にあるものは、上方にあるものに比較して、最大左方成分は大となる傾向が認められ、特にHH, HL群で著明であった(図11)。

d) 水平面最大QRSベクトル

大きさ: N-u., HL-d.群を除いて各電極を心中心レベルに移動した時、大となる傾向があり、HN-u.群では $P < 0.01$ で有意に大となった。しかしこの成分の変化は、比較的小であった。(図12)

方向: 平均値では、各群とも各電極を上方へ移動すると後方へ、下方へ移動すると前方へ向う傾向が認められ、N-u., HN-d., HH-u., HH-d.群にてそれぞれ、 $P < 0.02$, $P < 0.02$, $P < 0.02$, $P < 0.01$ で有意差が認められた(図13)。個々の症例では、表5に示す如く、反対の方向に向う例も認められたが、その変化は数例を除き、 3° 以下の変化であった。

e) 空間最大QRSベクトル

大きさ: 水平面最大QRSベクトルの変化と同様にN-u., HL-d.群で減少、他の群では増加を示した。N-u., N-d., HN-u.群ではそ

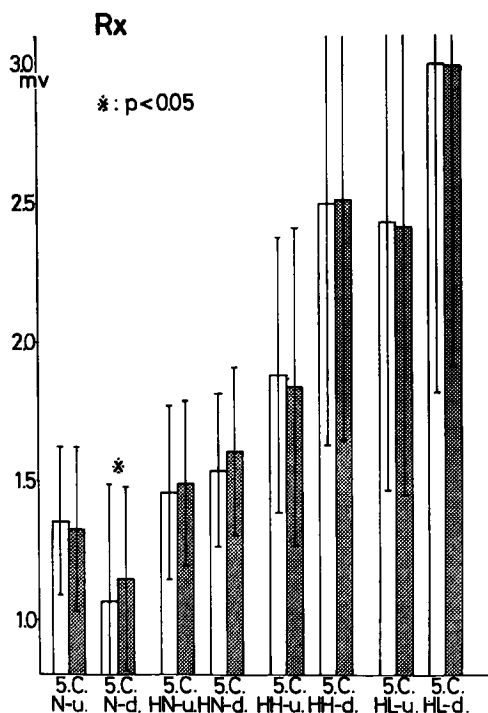


図11 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の最大左方成分の大きさの平均値、標準偏差
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群
 5. : 第V肋間レベル
 c. : 心中心レベル

それぞれ、 $P < 0.001$, $P < 0.05$, $P < 0.01$ で有意差が認められたが、変化はHN-d.群の+3.9%が最大で、N-u., N-d., HN-u.群ではそれぞれ-0.8%, +2.9%, +3.4%と比較的小であった(図14).

方位角: 平均値はすべての群で、各電極を上方に移動すると後方へ、下方へ移動すると前方へ向う傾向が認められ、N-u., N-d.群とともに $P < 0.01$, HN-u., HN-d.群でそれぞれ $P < 0.01$, $P < 0.05$, HH-u., HH-d.群でそれぞれ $P < 0.001$, $P < 0.02$ で有意差が認められた(図15). 個々の症例で見ると、表5で示すように逆の方向に向う例も認められたが、少数例を除き、 3° 以下の変化であった。

V) 胸部導子を第V肋間レベルから心中心レ

Maximum QRS vector
 Magnitude (Transverse plane)

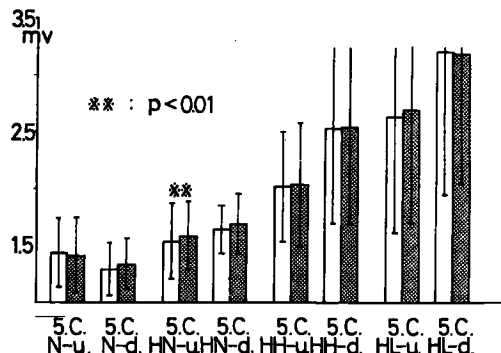


図12 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の水平面最大QRSベクトルの大きさの平均値、標準偏差
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群
 5. : 第V肋間レベル
 c. : 心中心レベル

Maximum QRS vector
 Direction (°) (Transverse plane)

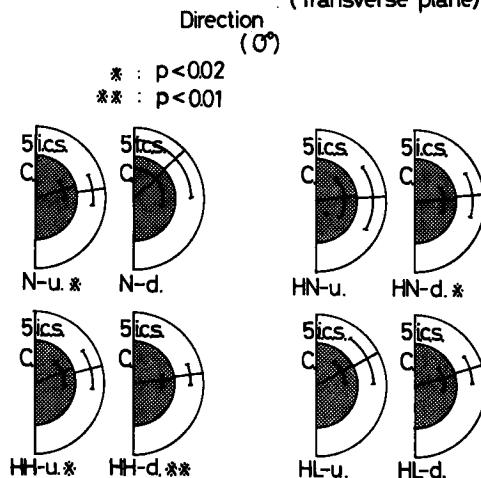


図13 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の水平面最大QRSベクトルの方向($^\circ$)の平均値、標準偏差
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群
 5ics. : 第V肋間レベル
 c. : 心中心レベル

	u. 群		d. 群	
	Maximum QRS Vector (Transverse P.)	Spatial Maximum QRS Vector	Maximum QRS Vector (Transverse P.)	Spatial Maximum QRS Vector
N	19 例中		15 例中	
	3 (15.8%)	3 (15.8%)	7 (46.7%)	2 (13.3%)
HN	18 例中		12 例中	
	3 (16.7%)	4 (22.2%)	1 (8.3%)	3 (25.0%)
HH	17 例中		6 例中	
	2 (11.8%)	1 (5.9%)	0	0
HL	10 例中		7 例中	
	2 (20.0%)	4 (40.0%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)

表5 導子の移動に伴い、予想と逆方向に向う症例
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群

		N	HN	HH	HL
I		10	6	10	6
II		4	7	1	2
III		3	4	5	2
IV	その他	2	1	1	0

表6 胸部導子を第V肋間レベルより心中心レベルに移動した時の、水平面QRS環の形の変化 (各u.群)

		N	HN	HH	HL
I		3	5	2	3
II		7	3	2	4
III		3	3	1	0
IV	その他	2	1	1	0

表7 胸部導子を第V肋間レベルより心中心レベルに移動した時の、水平面QRS環の形の変化 (各d.群)

ベルに移動した時の水平面QRS環の形の変化

a) u. 群: 表6に示した如く、N群、HH群、HL群ではI型が最も多く、それぞれ19例中10例(52.6%)、17例中10例(58.8%)、10例中6例

Maximum Spatial QRS Vector Magnitude

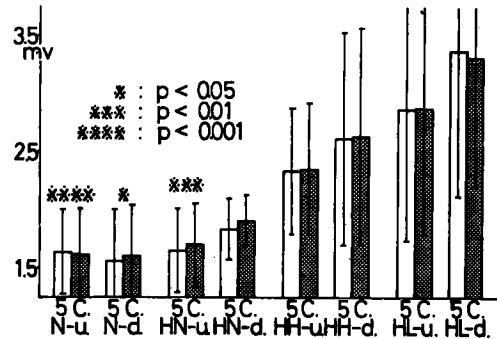


図14 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の空間最大QRSベクトルの大きさの平均値、標準偏差
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群
 5. : 第V肋間レベル
 c. : 心中心レベル

Maximum Spatial QRS Vector Azimuth (H°)

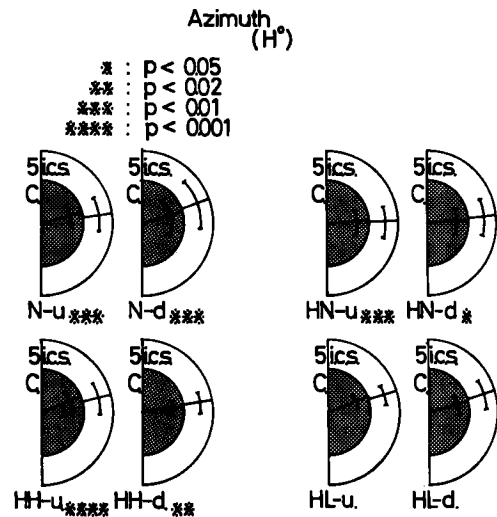


図15 胸部導子を第V肋間レベル、及び心中心レベルに置いた時の空間最大QRSベクトルの方位角(H°)の平均値、標準偏差
 u. : 心中心が第V肋間より上方にある群
 d. : 心中心が第V肋間より下方にある群
 5i.c.s. : 第V肋間レベル
 c. : 心中心レベル

(60%)であった。HN群ではI、II、III型がほぼ同数にみられたが、他の群ではII型は比較的

少なく、HH 群では17例中1例、また HL 群では10例中2例のみであった。u. 群全体では、I 型は64例中33例 (51.6%) と半数以上であった。

b) d. 群：u. 群に比較して表7の如く II 型が多くなった。N 群では II 型が最も多く15例中7例 (46.7%)、HH 群では I、II 型が同数で6例中、それぞれ2例、HL 群では II 型が最も多く7例中4例であった。d. 群全体では、I 型は40例中13例 (32.5%)、II 型は40例中16例 (40%) となり、u. 群と異なり II 型が最も多くなった。方向は、水平面最大 QRS ベクトルの場合と同様に、ほとんどが胸部導子を上方へ移動すると後方へ、下方へ移動すると前方へ向かう傾向が認められた。

考 案

Frank は Burger and van Milaan^{12)~14)} により提唱された誘導ベクトルの概念を導入し、「理想的な誘導法は、すべての人において、直交する3つの大きさの等しい lead vector を持つ誘導法」として、心起電力の位置、胴体の形の不規則性、伝導度の不均一性などによる歪みをできるだけ小さくし、しかも誘導電極の数も比較的少ない Frank 法¹⁾ を考案している。現在本邦ではほとんどの施設において、被検者を仰臥位とし胸部導子を第 V 肋間レベルに置いて記録しているが、原法では¹⁾ 坐位ないしは立位を想定している。しかも、さらに正確に言えば胸部導子は電気的心中心 (以下心中心と略す) レベルに置かれるべきであるとしている。

被検者が仰臥位の場合と、坐位または立位の場合では心中心と胸部導子の相対的な位置関係は当然変化すると考えられる。Langner²⁾ らは、SVEC Ⅲ法¹⁵⁾、McFee 法⁵⁾、Helm 法¹⁶⁾ の三種の修正直交法の記録と、胸部導子を第 IV 肋間レベル、及び第 V 肋間レベルにそれぞれ置いた Frank 法の記録を臨床例にて比較し、被検者を仰臥位にした場合は、胸部導子を第 V 肋間レベルより第 IV 肋間レベルに置いた時の方が他の3者の記録と近いとし、仰臥位にて Frank 法を用いる場合は胸部導子は第 IV 肋間レベルに置くべきであると提唱している。また Shapiro¹⁷⁾ らはまず被検者を

①仰臥位、②上肢を自然に下げた坐位、③自転車に乗りハンドルを持った姿勢の3種類の状態で Frank 法ベクトル心電図 (以下 VCG と略す) を比較し、仰臥位と坐位での VCG の間には大きな変化が認められ、②と③の条件の間でも X 誘導の R、S 波の大きさに変化が見られ、これらの変化は姿勢による胸部導子のレベルの変化、及び血液の移動するためではないかと述べ、また Riekkinen ら¹⁸⁾ は坐位から仰臥位になるとき E、A、C 電極は平均約1/4~1/2 肋間上方へ移動すると指摘し、その影響を述べている。このように X、Z 成分を誘導する胸部導子のレベルは重要であり、本来は個々の被検者ごとに心中心レベルを決定し、そのレベル上にこれらの導子を置くのが理想的である。原岡¹⁹⁾ らは健常日本成人男子を対象として Three step technic を用いて心中心を求め、心中心の第 V 肋間レベルからの偏位と、胸部 X 線写真での心胸比の関係を検討している。それによると仰臥位では心中心はほとんどの例で胸骨左縁第 IV 肋間と第 V 肋間の間に認められ、心胸比の増大に伴ない、心中心レベルは高位になる傾向が認められると述べている。また Ritsema van Eck⁶⁾ は44名の健常男子を仰臥位、及び立位にして Y-Precordial technic を用いて心中心を求めている。それによると心中心は被検者が仰臥位、立位に拘らず、第 V 肋間レベルが最も多く、ついで第 VI 肋間レベルとなっている。

また被検者が仰臥位から立位になると、第 V ~ 第 VI 肋間レベルの例が減少し、第 VI 肋間レベル以下の症例が増加している。このような報告は、Langner²⁾ らの報告とは異なっている。しかし Ritsema van Eck⁶⁾ は、胸部導子は第 IV 肋間レベル以下におかれるべきであると述べ、第 V 肋間レベル以下とは述べていない。

著者の成績では心中心のレベルは、Three step technic を用いると第 V 肋間レベルより上方に位置するものが下方に位置するものに比較してやや多く認められたが、Y-Precordial technic を用いると、第 V 肋間レベルより上方のものも下方のものも、ほぼ同数となった。しかしどちらの technic を用いても大部分の例で第 V 肋間レベルを中心に上下20mm 以内に認められた。また心胸郭比と心中心レベルの関係に関しては、変動が大で心胸郭比より心

中心レベルを予測することは困難と考えられた。

高血圧により心臓、及び心電図に種々の変化が表われることは多くの研究者により報告^{7),20)~26)}され、心中心の位置にも変化が現われると考えられる。高血圧があると心臓は後負荷の増大に対抗するため肥大と拡張を来す²⁷⁾。

そして高血圧により起こる心電図変化の最も顕著なものは左室肥大であり、これはQRS環の左後方成分の増大と、T環の右前方への偏位であり、種々の診断基準^{8)~10),24),25),28),29)}が提唱されている。野原²⁶⁾、北沢³⁰⁾は高血圧の比較的早い時期には左室流出路付近、すなわち心室中隔上部基部、及び左室後壁基部に変化が起り、その反映として後方ベクトルの増大が出現し、さらに圧負荷が続けば左室自由壁全体に圧負荷がおよび、水平面最大ベクトルの増大と方向偏位が示されるのではないかとしている。さらにエコーを用いた検討^{26),31)}より、高血圧の初期の変化としては心室中隔の肥厚が著しく、左室後壁はほぼ正常範囲にあり、中隔厚/後壁厚比は大となり、圧負荷が続く高血圧が重症になると後壁厚も増大してくることが指摘されている。

著者は心臓にこのような高血圧性の初期変化があると思われる群及び、心電図上左室肥大の所見を認める群に Three step technic, Y-Pre-cordial technic を実施したが、心電図でQRS棘波の高電位を認める群においてのみ、心中心の偏位は平均で第V肋間レベルの上方8.3mmとやや大きな値を示したが、健常者群との間に大差は認めなかった。

胸部導子の位置を変化させるとVCGの各成分に種々の変化が現われるが、Simonson³²⁾らはSVEC-III¹⁵⁾、Frank¹⁾、McFee⁵⁾、Grishmann³³⁾の4種類の誘導法を比較検討して、胸部導子の位置を間違った時、i) SVEC-IIIは最も影響を受けにくい、ii) Frank法が最も敏感である、iii) McFee法とGrishmann法はその中間であるとしている。さらに胸部導子の上下方向の偏位による影響は多くの研究者^{3),4),18),34),35)}により報告されているが、その報告によるとFrank法はMcFee法に比較して胸部導子の上下方向の変化には敏感である。Gau³⁴⁾らはFrank法にて胸部導子を第V肋間レベルより下方、ある

いは第IV肋間レベルより上方に移動する時、QRS環の各成分の大きさは著しく小さくなるが、第V肋間レベルより第IV肋間レベルに移動した時には、各成分の大きさは評価できるほどの変化を示さなかった、しかし最大QRSベクトルの方向は左後方へ明らかに偏位したと述べている。Riekkinenら¹⁸⁾は胸部導子を第V肋間レベルより第IV肋間レベルに上げると最大左方、最大後方、空間最大QRSベクトルはともに著明に小さくなると述べているが、Bersonら³⁵⁾は同様に第V肋間レベルより第IV肋間レベルに胸部導子を上げると、各ベクトル成分の大きさは変化するが、症例による変動が大であり、大きくなるか、小さくなるかをあらかじめ予測できないと述べている。

これらの報告は心中心の検討をせずに、胸部導子を一律に移動させたものであり、同じように胸部導子を第V肋間レベルから第IV肋間レベルに上げて、心中心が第V肋間レベルと第IV肋間レベルの中央より下方にある症例では、胸部導子は心中心より遠ざかり、心中心が第V肋間レベルと第IV肋間レベルの中央より上方にある症例では、心中心に近づく結果となり、各ベクトル成分の変化が症例により大きく変動し、一定の傾向を示しにくいと考えられる。著者の成績では心中心が第V肋間レベルより上方にある症例で、胸部導子を心中心レベルに移動すると水平面QRS環でZ方向成分が大きく、X方向成分が小さくなるものが多く、また心中心が第V肋間レベルより下方にある症例で、胸部導子を心中心レベルに移動するとX方向成分が大きく、Z方向成分が小さくなるものが多く認められたが、その他の変化を示すものもあり、その変化をあらかじめ予測することは困難であると考えられた。

また前述のように高血圧により心臓に種々の変化が表われるが、本来Frank法¹⁾は健常者をモデルにして実験的に考案されたものであり、心肥大などが起った時には当然胸部導子と心臓の相対的位置関係は変化し、また胸部導子が本来の位置から離れて置かれた場合の各ベクトル成分への影響も、健常者のそれとは異なったものになると考えられる。Bersonら³⁾は健常例と心

肥大例で、胸部導子を上下方向に移動して検討し、Frank 法は健常者群に比較して心肥大者群では胸部導子の変化に、より敏感であり、特に空間最大 QRS ベクトルに大きな影響を及ぼすと述べている。しかし著者の成績では心電図にて QRS 波の高電位、ST-T の変化を示す群にて、胸部導子を第 V 肋間レベルに置いた時と、心中心レベルに置いた時で最大左方成分、最大後方成分、空間最大 QRS ベクトルの大きさを比較してもその差はあまり大とならず、健常者群における差よりむしろ小さいほどであった。

Ritsema van Eck⁶⁾ 及び著者の実験で、Three step technic は均一胴体模型を用い、人工双極子が第 V 肋間レベルにある時 step a, b, c は良く一致するが、人工双極子の位置が変化したり、伝導度が不均一な場合、正確な心中心レベルを示さない可能性も否定できなかった。また Y-Precordial technic⁶⁾ についても、著者の均一胴体模型を用いた実験によると、心中心レベルを真の位置より 1/2 肋間上方とする可能性があり、さらに伝導度の不均一性のため真の心中心レベルが表わされにくい症例が存在することも考えられた。また両 technic とも心起電力を単一定位双極子と仮定して考案されたものであり、臨床例（特に肥大心例）では、この仮定に反する場合も考えられた。

Three step technic は導子の皮膚面への接触の強さ、肋骨との位置関係、呼吸運動などにより波高の変化が表われる症例があり、また Ritsema van Eck も指摘しているように Three step technic では最良のレベルを見逃がす可能性もあり、Frank が述べているほど簡単な操作とはいえず、その点 Y-Precordial technic の方が短時間で再現性の高い結果を得ることができた。以上より、被検者が仰臥位の場合、Frank 法の胸部導子のレベルに関する著者の検討では、心中心の第 V 肋間レベルからの偏位は、健常者群、高血圧群ともに平均値では上方 2.0~8.3mm にあり、比較的小さかった。胸部導子を第 V 肋間レベルから心中心レベルに移動させた時の各ベクトル成分を比較する時、空間最大 QRS ベクトルの方位角と水平面最大 QRS ベクトルの角度は、心中心が第 V

肋間レベルより上方にある時後方へ、心中心が第 V 肋間レベルより下方にある時前方へ向かう傾向があり、有意差を認めるものが多かった。次に各成分の大きさの変化を見ると有意差を認めるものも若干あるが、平均値で検討すると変化は小さく、大部分が Beat to Beat variation³⁶⁾、あるいは観察者³⁶⁾による変化と同程度か、それ以下の変化であった。その結果 VCG の各成分の詳細な検討（特に角度の検討）の際には、心中心レベルの検索は必要と考えられるが、日常一般に用いる Frank 法では、被検者を仰臥位として、胸部導子を胸骨左縁第 V 肋間レベルに置いて記録しても差支えないと考えられた。

結 語

日本成人男子 154 名を対象として、N 群、HN 群、HH 群、HL 群の 4 群に分類して、Three step technic、Y-Precordial technic で心中心レベルを求め、胸部導子を第 V 肋間レベル、心中心レベルにそれぞれ置いた時の各ベクトル成分の大きさ、方向の変化に関して検討した。

1) 心中心は 4 群ともに胸骨左縁第 V 肋間レベルより上方のものが下方のものに比較してやや多く認められた。

2) 心中心の偏位は症例により変動が大きい。いづれの群でも大部分は第 V 肋間レベルを中心に ±20mm 以内であった。

3) 心中心の第 V 肋間レベルよりの偏位は平均では、N 群、HN 群、HL 群では、第 V 肋間レベルより上方 2.0~2.9mm であり、その程度は非常に小さく、HH 群では第 V 肋間レベルより上方 8.3mm とやや大きくなった。

4) 胸部導子を第 V 肋間レベルより心中心レベルに移動した時のベクトル心電図の各成分の変化を見ると、空間最大 QRS ベクトルの方位角、水平面最大 QRS ベクトルの方向は、胸部導子を心中心の位置に従って上方へ移動すれば後方へ、下方へ移動すれば前方へ向かう傾向があった。また最大左方、最大後方、最大前方成分、空間最大 QRS ベクトル、水平面最大 QRS ベクトルの大きさの変化は比較的小であった。

謝 辞

稿を終るに臨み、御校閲をいただいた長島秀夫教授に深甚なる謝意を表するとともに、御懇篤なる御

指導をいただいた原岡昭一助教授に深謝いたします。

本論文の要旨は、第33回、第35回日本循環器学会中国四国地方会、第4回日本心臓ベクトル学会議および第43回日本循環器学会総会において発表した。

文 献

1. Frank, E.: An accurate, clinically practical system for spatial vectorcardiography. *Circulation* 13, 737-749, 1956.
2. Langner, P.H., Okada, R.H., Moore, S.R. and Fies, H.L.: Comparison of four orthogonal systems of vectorcardiography. *Circulation* 17, 46-54, 1958.
3. Berson, A.S., Gamboa, R., Naval, I.A. and Pipberger, H.V.: Differences caused by changes in electrode positions in two corrected orthogonal lead systems. *J. Electrocardiol.* 3, 29-42, 1970.
4. Borun, E.R.: Variability of electrocardiographic data recorded with orthogonal leads. *Am. Heart J.* 76, 62-69, 1968.
5. McFee, R. and Parungao, A.: An orthogonal lead system for clinical electrocardiography. *Am. Heart J.* 62, 93-100, 1961.
6. Ritsema van Eck, H.J.: Anatomical level of X and Z electrodes in the Frank VCG lead system. *J. Electrocardiol.* 5, 355-365, 1972.
7. 森 博愛: 心電図の最近の考え方(2)-左室肥大診断基準-。臨床と研究, 45, 153-157, 1968.
8. 森 博愛, 村上 駿, 川真田恭平: 左室肥大の心電図診断基準。臨床と研究, 38, 570-578, 1961.
9. 川真田恭平: 日本人正常心電図のベクトルの分析。第2編, 日本人正常心電図から見た左室肥大診断基準の検討。日循誌, 26, 466-471, 1962.
10. Sokolow, M. and Lyon, T.P.: The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am. Heart J.* 37, 161-186, 1949.
11. 第6回ベクトル心電図研究会: 健康成人男子のFrank誘導ベクトル心電図。日本臨床, 24, 205-210, 1966.
12. Burger, H.C. and van Milaan, J.B.: Heart-vector and lead, I. *Br. Heart J.* 8, 157-161, 1946.
13. Burger, H.C. and van Milaan, J.B.: Heart-vector and lead, II. *Br. Heart J.* 9, 154-160, 1947.
14. Burger, H.C. and van Milaan, J.B.: Heart-vector and lead, III. *Br. Heart J.* 10, 229-233, 1948.
15. Schmitt, O.H. and Simonson, E.: Symposium on electrocardiography and vectorcardiography; Present status of vectorcardiography. *Am. Med. Assoc. Arch. Int. Med.* 96, 574-590, 1955.
16. Helm, R.A.: A universal system of electrode placement for electrocardiography and spacial vectorcardiography. *Am. Heart J.* 58, 71-87, 1959.
17. Shapiro, W., Berson, A.S. and Pipberger, H.V.: Differences between supine and sitting Frank-lead electrocardiograms. *J. Electrocardiol.* 9, 303-308, 1976.
18. Riekkinen, H. and Rautaharju, P.: Body position, electrode level, and respiration effects on the Frank lead electrocardiogram. *Circulation* 53, 40-45, 1976.
19. 原岡昭一, 中川雅博, 斉藤大治, 宮阪 実, 川崎智子, 生長豊健, 吉岡信彦: ベクトル心電図(Frank法)の胸部誘導子(I, E, C, A, M)の位置に関する研究。岡山医学会雑誌, 90, 1399-1409, 1978.
20. Hugenholtz, P.G. and Gamboa, R.: Effect of chronically increased ventricular pressure on electrical forces of the heart. *Circulation* 30, 511-530, 1964.
21. Grossman, W., Jones, D. and McLaurin, L.P.: Wall stress and patterns of hypertrophy. *J. Clin. Invest.*

- 56, 56-64, 1975.
22. Dower, G.E., Horn, H.E. and Ziegler, W.G.: On electrocardiographic-autopsy correlations in left ventricular hypertrophy. A simple postmortem index of hypertrophy proposed. *Am. Heart J.* **74**, 351-367, 1967.
 23. Yano, K., Pipberger, H.V.: Correlations between radiologic heart size and orthogonal electrocardiograms in patients with left ventricular overload. *Am. Heart J.* **67**, 44-52, 1964.
 24. Abbott-Smith, C.W., Te-Chuan Chou: Vectorcardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Am. Heart J.* **79**, 361-369, 1970.
 25. 谷 勲: 高血圧症患者のベクトル心電図に関する研究. 日循誌, **33**, 215-230, 1969.
 26. 野原義次, 清水公明, 高橋敬輔, 安倍 哲: 肥大心電図と Overload. 日本臨床, **35**, 18-26, 1977.
 27. Frohlich, E.D., Tarazi, R.C.: Is arterial pressure the sole factor responsible for hypertensive cardiac hypertrophy? *Am. J. Cardiol.* **44**, 959-963, 1979.
 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. *Jpn. Circ. J.* **30**, 189-194, 1966.
 29. Varriale, P., Alfenito, J.C. and Kennedy, R.J.: The vectorcardiogram of left ventricular hypertrophy: Analysis and criteria (Frank lead system.) *Circulation* **33**, 569-576, 1966.
 30. 北沢信治, 山本高史, 松川和世, 渥美和美, 安倍 哲, 今泉 満, 高橋敬輔, 清水公明, 野原義次: 高血圧症による左室負荷の UCG と VCG による検討. 日本超音波医学会講演論文集, p.129, 1977.
 31. Safar, M.E.: Echocardiographic dimensions in borderline and sustained hypertension. *Am. J. Cardiol* **44**, 930-935, 1979.
 32. Simonson, E., Horibe, H., Okamoto, N. and Schmitt, O.H.: Effect of electrode displacement on orthogonal leads. In *Proc. Long Island Jewish Hosp. Symposium Vectorcardiography*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, pp. 36-46, 1966.
 33. Grishman, A., Borun, E.R. and Jaffe, H.L.: Spatial vectorcardiography: Technique for the simultaneous recording of the frontal, saggital and horizontal projections. I. *Am. Heart J.* **41**, 483-493, 1951.
 34. Gau, G.T. and Smith, R.E.: The effect of electrode position on a modified Frank electrocardiographic lead system. *Mayoclin. Proc.* **46**, 536-543, 1971.
 35. Berson, A.S., Haisty, W.K. and Pipberger, H.V.: Electrode position effects on Frank lead electrocardiograms. *Am. Heart J.* **95**, 463-473, 1978.
 36. Fischmann, E., Cosma, J. and Pipberger, H.V.: Beat to beat and observer variation of the electrocardiogram. *Am. Heart J.* **75**, 465-473, 1968.

**Effect of electrode (I, E, C, A, M) level on the vectorcardiograms
with the Frank lead system**

Part II. Clinical studies using the three step and Y-Precordial technics

Toyotake IKENAGA

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

(Director : Prof. H. Nagashima)

The transverse level of chest electrodes is important in the accuracy of the dipole component derived from the Frank lead system of vectorcardiography. The transverse level of the electrical center of the heart vector was determined in supine subjects utilizing a three step technic and a Y-Precordial technic, and the effect of shift in the electrode level from the fifth intercostal space to the level of electrical center was studied.

Vectorcardiograms were obtained from 154 adult male subjects: normal men (46), hypertensive patients with normal electrocardiogram (45), hypertensive patients with high voltage of the QRS complex (34) and hypertensive patients showing high voltage of the QRS complex with S-T segment and T wave changes (29).

The following results were obtained:

1) The cases in which the electrical center were present above the fifth intercostal space were more than those in which it was below that intercostal space. However, in most cases (101 out of 126 cases, 80.2 %), the electrical center was present within ± 20 mm of the level of the fifth intercostal space. In 28 out of 154 cases, these technics could not indicate the level of the electrical center.

2) With chest electrodes shifted from the level of the fifth intercostal space to the level of the electrical center, the magnitude of each component of the vectorcardiogram changes; especially the maximum posterior component increased in all groups regardless of whether the electrical center was above or below the fifth intercostal space.

However, in most cases these changes were equal to or smaller than beat-to-beat or observer variation.