

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

岡山大学医学部第一内科教室 (主任: 長島秀夫教授)

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

(昭和53年8月25日受稿)

はじめに

ベクトル心電図¹⁾の Frank 誘導法の X 誘導と Z 誘導に関する胸部誘導子の I, E, C, A, M 電極の位置については, 第 5 肋間が慣用化されている。しかし, 原法は立位によるものであり¹⁾ 臥位では第 4 肋間がよいとするものもある²⁾ Frank¹⁾ は胸部誘導子の位置をきめるために Three-step technic を用いて検索する様に提唱している。

そこで著者らは, 人体胴体模型を用い, 人工双極子の位置および, 胸部誘導子の上下方向の位置の移動に伴う誘導ベクトルの変化について検討し, さらに, Three-step technic により日本人成人男子の心中心レベルについて検討した。

方 法

1) 人体胴体模型

標準的日本人成人男子をモデルとした人材胴体模型 (左右径 33cm, 前後径 19cm, 胴長 68cm) を厚さ 3mm のアクリル樹脂で作製した。

2) 人工双極子の位置および Frank 法ベクトル心電図の I, E, C, A, M 電極の水平レベルの設定条件

人工双極子は, 胴体模型の胸骨縁の第 5 肋間レベル, 正中前額面より前方 2.0cm, 正中矢状面より左方 2.5cm の場所におき, それぞれ左右, 上下, 前後に各 15mm 間隔の計 27ヶ所に移動させた。また I, E, C, A, M 電極を胸骨縁第 4 肋間レベルとした場合 (A), 胸骨縁第 5 肋間 (B), 胸部誘導心電図の V₁ の電極のレベルとした場合 (C) の 3 条件を設定した (Fig. 1)。

さらに, 人工双極子の位置が上方になる場合を検討するために, 人工双極子を胸骨縁第 4 肋間レベルで, 正中前額面より左方 2.0cm, 正中矢状面より左方 2.5cm の場所を中心に前述のごとく 27ヶ所に移動させ, 水平面電極を胸骨縁第 4 肋間レベルとした場合 (A'), 胸骨縁第 5 肋間レベルとした場合 (B') の 2 条件も併せて検討した (Fig. 2)。

誘導電極は, 直径 2mm の金メッキを施した銀線を胴体模型に植え込み, 壁内の突出部断端を除いて絶縁した。

3) 誘導ベクトルの測定

人体胴体模型内には, 比抵抗 499Ω cm (20°C) の 0.1% NaCl 溶液を満たし, 胴体内に挿入した人工双極子は, X, Y, Z 三軸方向に正確に動く移動台 (3 way cathetometer) に固定した (Fig. 1)。人工双極子から, 発振器 (Hewlett-Packerd 製 204C 型) より, 100 Hz, 4.0mA の正弦波電流を胴体解剖軸の左右, 上下, 前後方向に順次通電し, Frank 法の X, Y, Z 誘導の各誘導にあらわれる電位差を, 交流電圧計 (Hewlett-Packerd 製 403B 型) で測定した。その際測定した電位差の 10μV を誘導ベクトルの 1 単位とした。

誘導ベクトルの方向の決定には, X 方向通電の際には人工双極子の左側の電極を, Y 方向通電の際には人工双極子の下側の電極を, Z 方向通電の際には人工双極子の前側の電極を, それぞれプラス側に接続して, 電子管刺激装置 (日本光電製 MSE-20型) で直流電流を断続的に通電し, X, Y, Z 誘導をそれぞれ Photocorder (横河電機製 EMO 62型) に接続して, その矩形波の向きにより決定した。

4) 成人男子臨床例の電氣的心中心レベルおよび

図1. Dipole Position and Lead Level of I, E, C, A, M Electrodes (1)

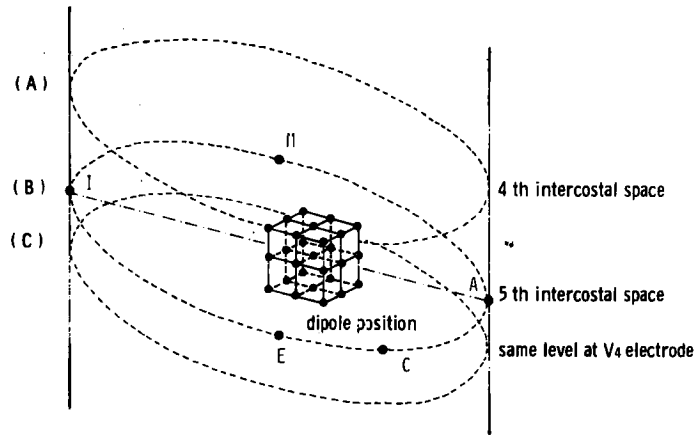
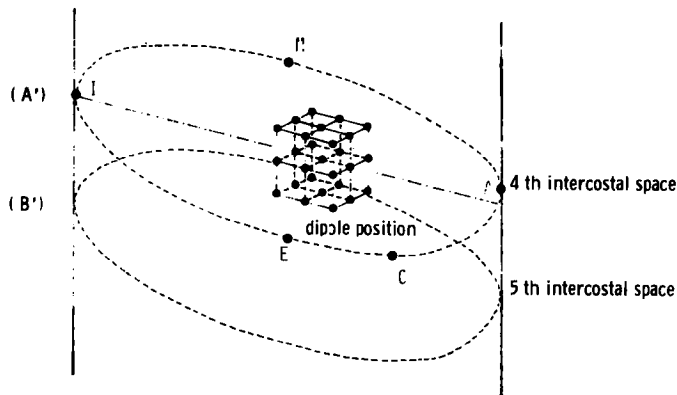


図2. Dipole Position and Lead Level of I, E, C, A, M Electrodes (2)



解剖学的心中心レベルの測定

電気的心中心レベルは、Fig. 3 に示す装置を用い、Three-step technic で測定した。被検者23例の体位は仰臥位とした。

解剖学的心中心レベルの測定には、正面像胸部 X 線写真で、心陰影の縦径と横径の垂直 2 等分線の交点とした。

成 績

1) 誘導ベクトルの正規性について

Table 1 に人工双極子と胸部誘導子の設定 5 条件について測定した誘導ベクトルの大きさと方向を、人工双極子の移動点 27ヶ所についての値の平均値と標準偏差を示した。また別に、誘導ベクトルの大きさについては、Fig. 4 に図示した。

人工双極子を第 5 肋間レベルを中心に移動させた

A, B, C の条件では、第 4 肋間レベルを中心に移動させた A, B' の条件に比べ、正規性は比較的良好に保たれている。人工双極子よりも上方の第 4 肋間レベルおよび下方の V₄ 電極のレベルに誘導電極をおいたときは、人工双極子と同じレベルで誘導したものに比較し、X, Z 誘導ベクトルは小となり、Y 誘導の誘導ベクトルは、上方の誘導では小、下方の誘導では大となった。

人工双極子を第 4 肋間レベルを中心に移動させた場合、正規性は悪くなり、人工双極子と同じレベルで誘導したものと、下方の第 5 肋間で誘導したものとを比較すると、X, Z 誘導の誘導ベクトルが前者より小となり、Y 誘導の誘導ベクトルが大となる。特にこの場合、Y 誘導の誘導ベクトルの増大、Z 誘導の誘導ベクトルの減少が特徴的である。

人工双極子と水平面電極のレベルが同レベルとな

る B の条件と A' の条件を比較すると, A' の方が X, Y, Z 誘導の誘導ベクトルはいずれも小さな値を示し, これは主に胸部の形の变化による影響と考えられる。

II) 誘導ベクトルの直交性について

Table 1 に示した誘導ベクトルの方向について,

Fig. 3 Experimental technic for determination of transverse level of equivalent dipole of human heart

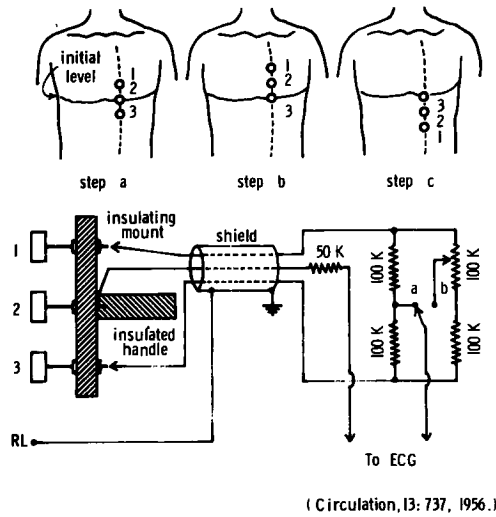


Fig. 5, 6 に図示した。

誘導ベクトルの直交性は, B' の条件で Z 誘導の誘導ベクトルが右方に偏位する以外は, 他の誘導条件の間に大きな差異は認められない。

III) 電気的心中心と解剖学的心中心について

Fig. 7 に Three-step technicにより求めた日本

Fig. 4 Strength of Lead Vectors

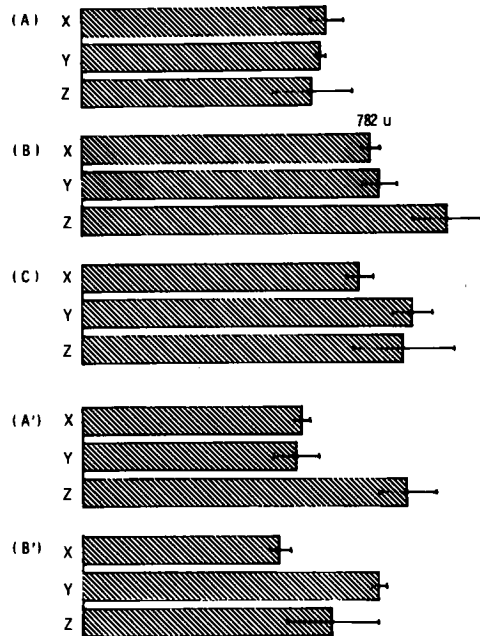


Table 1 Strength and Direction of Lead Vectors

	Strength		Azimuth (H°)		Elevation (V°)	
	Mean	% S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
(A) X Lead	85	6.8	8.4	0.6	106.6	3.4
Y	83	2.5	102.1	30.9	15.5	1.8
Z	80	17.3	96.9	6.2	104.1	4.8
(B) X	100 *	3.5	6.8	0.3	101.0	1.9
Y	103	6.1	144.8	52.7	16.0	3.0
Z	126	9.5	91.1	7.1	101.5	2.6
(C) X	96	5.1	6.8	0.4	95.2	6.7
Y	114	6.1	131.6	44.2	13.5	2.5
Z	111	15.7	93.2	6.6	104.7	5.6
(A') X Lead	76	3.6	20.0	3.1	104.0	2.6
Y	74	10.3	80.9	67.7	22.1	5.1
Z	112	8.7	93.6	7.0	103.3	2.1
(B') X	68	5.7	5.3	18.7	96.2	12.1
Y	102	2.6	-78.5	27.2	16.9	2.0
Z	86	18.4	16.9	2.0	96.6	7.3

* absolute value : 782u (1u=10μV)

人成人男子の電氣的心中心レベル、胸部X線写真より測定した解剖学的心中心レベル、および、電氣的心中心と心胸郭比との関係を図示した。

仰臥位で求めた電氣的心中心レベルは、ほとんどの例が胸骨縁第5肋間レベルより上方にあり、これらは解剖学的には第4肋間から第5肋間レベルの間に位置した。

電氣的心中心レベルと心胸郭比との関係では、心胸郭比の大なるものほど心中心レベルは上方になる傾向を認めた。

考 案

ベクトル電図の誘導法は、Burgerら^{3)~5)}による誘導ベクトル理論の発展とともに、従来の直交誘導法から修正直交誘導法が考案された^{1),6)~8)}

これらの修正直交誘導法のうち、現在では、その誘導理論と誘導法の簡便さの上から、Frank法が最も繁用されている。

ところで、このFrank法は、もともと被検者の体位を立位ないし坐位と想定して考案されたものであり、臨床的には心電図と同様に仰臥位で記録することが多い。そこで体位の変化に伴う心中心の移動に留意する必要がある。特に心中心の水平レベルの変化が問題であり、Frank法は、水平面の胸部誘導子のうちのM電極がY軸の誘導にも関与するので、立位での水平面電極のレベルはおおよそ第5肋間レベルとしながらも、M電極へのY軸方向電位の人力を最小とするために、Cancellationを利用したThree-step technicを考案し、水平面電極のレベルを検索するよう提唱している¹⁾

この点について、Langner²⁾らは、4種類の修正直交誘導法(Frank法¹⁾、SVEC III法⁵⁾、McFee法⁸⁾、Helm法⁷⁾)を臨床例について比較検討し、仰臥位でのFrank法ベクトル心電図は第5肋間での誘導より第4肋間での誘導の方が、他の3者のものに近似するとし、第4肋間での誘導を提唱した。

また、Gauら⁹⁾は、Frank法の胸部誘導子の肋間位置を変えて記録、検討し、第4肋間レベルで記録したベクトル心電図は、第5肋間レベルのものと比較して、QRSベクトルが左方および後方に偏位するのが特徴的であるとしている。

適正な胸部誘導子の位置を誘導ベクトルの面から検討する場合、正規性および直交性のより良好な位置を求めれば良い事になるが、今回の検討では、人工双極子の位置が上方の第4肋間となる場合を同レ

ベルの水平面導子で誘導すると、胸部の変化の影響を受けて、正規性は不良となった。このことは、心中心のレベルに胸部誘導子をおくことともに胴体の形がまた問題となると考えられる。

Fig. 5 Direction of Lead Vectors (1)

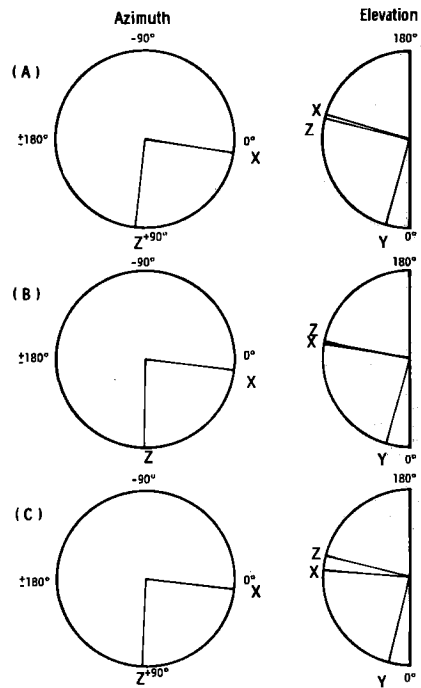


Fig. 6 Direction of Lead Vectors (2)

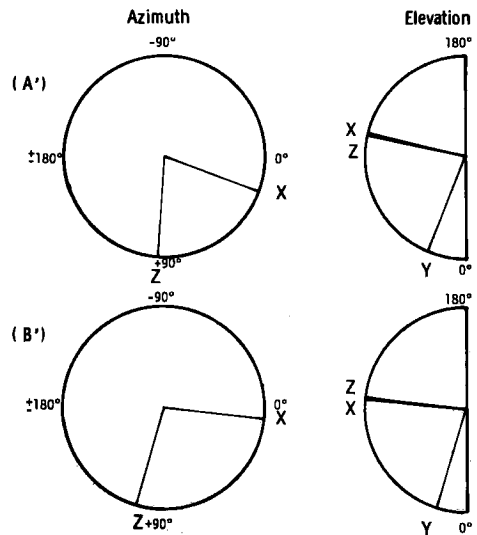
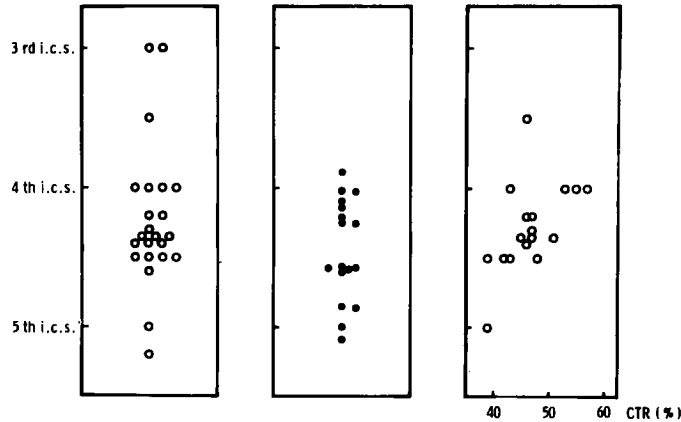


Fig. 7

Transverse Level of Electrical Heart Center by Means of "Three-step Technic" H.C. by Chest X-Ray Transverse Level of Anatomical H.C. by Chest X-Ray Relation between Electrical H.C. and CTR (%)



しかし、疾患自体の特徴として、心中心レベルが大きく変化すると考えられる左室肥大例（特に大動脈閉鎖不全例）とか肺気腫例等については、その心中心の位置が体位の変化とは別の因子を包含しているので、更にこの点についての検討が必要であろう。

ま と め

標準的日本人成人男子をモデルとした人体胴体模型を用い、Frank 法ベクトル心電図の E, E, C, A, M 電極の水平レベルの位置について誘導ベクトルの観点から検討し、さらに、Frank の Three-step technic により、成人男子例の心中心レベルを検索した。その結果、

1) 人工双極子を第 4 肋間レベルに置いた時は、第 5 肋間レベルに置いて誘導した場合に比較し、正規性は不良となった。

2) 高位にある人工双極子に対し、水平面電極を下位で誘導する場合、人工双極子と同レベルで誘導する場合に比して、Z 誘導の誘導ベクトルの減少、Y 誘導の誘導ベクトルの増大が特徴的である。

3) 臥位での成人男子の電気的心中心レベルは、ほとんどが第 5 肋間レベルより高位であった。

4) 心胸郭比の増大に伴ない、電気的心中心レベルは高位となる傾向を認めた。

(長島秀夫教授の御校閲を深謝する。)

文 献

- 1) Frank, E. : An accurate, clinically practical system for spacial 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) Burger, H. C. and van Milaan, J. B. : Heartvector and leads, I. Brit. Heart J., 8 : 157-161, 1946.
- 4) Burger, H. C. and van Milaan, J. B. : Heartvector and leads, II. Brit. Heart J., 9 : 154-160, 1947.
- 5) Burger, H. C. and van Milaan, J. B. : Heartvector and leads, III. Brit. Heart J., 10 : 229-233,

1948.

- 6) Schmitt, O. H. and Simonson, E. : Symposium on electrocardiography and vectorcardiography; Present status of vectorcardiography. *Am. Med. Ass. Arch. Int. Med.*, **96** : 574-590, 1955.
- 7) Helm, R. A. : A universal system of electrode placement for electrocardiography and spacial vectorcardiography. *Am. Heart J.*, **58** : 71-87, 1959.
- 8) McFee, R. and Parungao, A. : An orthgonal lead system for clinical electrocardiography. *Am. Heart J.*, **62** : 93-100, 1961.
- 9) Gau, G. T. and Smith, R. E. : The effect of electrode position on a electrovectorcardiographic lead system. *Mayo clin. Proc.*, **46** : 536-543, 1971.

**Effect of electrode position (I, E, C, A, M)
on Frank lead system of vectorcardiography**
**Shoichi HARAOKA, M.D., Masahiro NAKAGAWA, M.D.,
Daiji SAITO, M.D., Minoru MIYASAKA, M.D.,
Tomoko KAWASAKI, M.D., Toyotake IKENAGA, M.D.
and Nobuhiko YOSHIOKA M.D.**

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School

Okayama 700, Japan

(Director : Prof. Hideo Nagashima)

The transverse level of electrodes, A, C, E, I and M in Frank system vectorcardiography is important, since it affects the accuracy of the vectorcardiogram.

1. Using a Japanese male torso mode, the effects of shift in electrode position from the fifth to the fourth intercostal space level on lead vector were studied, and results were as follows.

The magnitude of elad vector decreased in lead Z and increased in lead Y with moving all electrodes downward from the level of artificial dipole.

2. The transverse level of the center of heart vector was determined in healthy Japanese males in supine position using three-step technique. Following results were obtained.

The level was upper than the fifth intercostal space, and in association with an increase in cardio-thoracic ratio, it shifted upward from the fifth intercostal space.