

虚血性心疾患における空間
QRS-T 夾角の標準偏差値
と運動負荷心電図の検討

Ischemic heart disease
detected by the standard
deviation of the spatial
QRS-T angle and by
treadmill exercise test

待山 昭
山本 英雄
堀中 繁夫
永島 和幸
八木 繁

Akira MACHIYAMA
Hideo YAMAMOTO
Shigeo HORINAKA
Kazuyuki NAGASHIMA
Shigeru YAGI

Summary

Beat-to-beat fluctuations of the spatial QRS-T angle, which are reported to be greater in patients with ischemic heart disease than in healthy subjects, are thought to be a helpful factor in diagnosing ischemic heart disease. In this study, we assessed the usefulness of the standard deviation of the spatial QRS-T angle per beat as an index of magnitude of the fluctuations. The subjects consisted of 27 patients with effort angina, 14 with vasospastic angina, 18 with the "chest pain syndrome" and 36 normal controls. The standard deviations of the spatial QRS-T angle were obtained for 10 consecutive stable beats at rest using Frank's orthogonal X, Y, Z scalar electrocardiogram. The results were compared with those of coronary angiography and exercise tolerance tests. Treadmill exercise tests were performed in all patients using Bruce's protocol to observe decreased ST levels and Δ ST/HR indices.

QRS-T angle deviation values were $8.10 \pm 8.64^\circ$ (mean \pm SD) in the effort angina group, $3.63 \pm 1.26^\circ$ in the vasospastic angina group, $4.13 \pm 1.70^\circ$ in the "chest pain syndrome" group, and $2.35 \pm 0.85^\circ$ in the normal control group; the groups of patients with heart disease showed significantly higher values (all $p < 0.01$) than did the control group. The effort angina group showed a significantly higher value than did the vasospastic angina group and the "chest pain syndrome" group (all $p < 0.05$).

Sensitivity and specificity of abnormal QRS-T angle deviation values (beyond mean + 2SD), Δ ST/HR indices and decreased ST levels for the effort angina group were compared with those for the "chest pain syndrome" group and expressed as percentage; as for sensitivity, 66.7, 77.8 and 70.4%; as for specificity, 55.6, 50.0 and 33.3%, respectively.

The QRS-T angle deviation values in patients with three-vessel disease in the effort angina group were significantly higher than those for the single-vessel and two-vessel disease groups ($p < 0.01$).

獨協医科大学 循環器内科
栃木県下都賀郡壬生町北小林 880 (〒321-02)

Department of Medicine, Division of Hypertension
and Cardiorenal Disease, Dokkyo University School
of Medicine, Kitakobayashi 880, Mibu-machi, Tochigi
321-02

Received for publication March 25, 1991; accepted September 30, 1991 (Ref. No. 37-PS24)

The QRS-T angle deviation values at rest were significantly higher in the effort angina group than in the other 3 groups in relation to the severity of coronary artery disease. The positive rates were correlated well with the results of exercise tolerance tests.

It was concluded that the evaluation of QRS-T angle deviation values is a useful noninvasive method for diagnosing ischemic heart disease.

Key words

Ischemic heart disease Spatial QRS-T angle Treadmill exercise test Coronary angiography

はじめに

虚血性心疾患における簡便かつ安全な非侵襲的診断は外来診療においては特に重要であり、これに対し、運動負荷心電図法や核医学的検査法などの成績が多数報告されている¹⁻³⁾。最近では運動負荷心電図法においても、ST/HR slope や Δ ST/HR index などの定量的評価法が試みられるようになり、虚血性心疾患の診断率の向上が報告されている⁴⁻⁶⁾。

近年、Sanz ら⁹⁾は“cardiogoniometry”と名付けた虚血性心疾患診断の新しい検査法を発表した。彼らは正面および側面の最大QRSベクトルと最大Tベクトルの方向、および空間QRS-T夾角の1心拍ごとのばらつきに注目して、虚血性心疾患群ではその変動が健常群より大きいことを示した。一方、従来から空間QRS-T夾角は心筋虚血によって開大することが報告されている¹⁰⁻¹²⁾。そこで今回我々は冠動脈造影施行例について、Sanz らの報告した計測値のうち、空間QRS-T夾角を取り上げ、連続心拍におけるその変動の大きさを表現する指標として、一定心拍数の空間QRS-T夾角の標準偏差値を求めた。その上で、この数値を冠動脈造影所見および運動負荷心電図所見と比較検討し、この指標の診断的有用性を検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は疾患群 59 例と健常対照群 36 例である。疾患群は全例狭心症様の症状を有し、冠動脈造影

および左室造影を施行して、左室造影にて壁運動異常を認めない労作狭心症群、血管攣縮性狭心症群、“胸痛症候群”例の3群に分類した。心筋梗塞、心臓弁膜症、心筋症、不整脈例は除外した。労作狭心症群は冠動脈造影にて有意な器質的狭窄を有する労作狭心症、および労作兼安静狭心症 27 例で、男性 26 例、女性 1 例、年齢は 52.4 ± 9.2 歳(平均 \pm 標準偏差)である。血管攣縮性狭心症群は冠動脈に有意な器質的狭窄を有さず、エルゴノビン負荷テスト陽性の症例 14 例で、男性 13 例、女性 1 例、年齢は 55.1 ± 5.0 歳である。“胸痛症候群”例は冠動脈に器質的狭窄を有さず、エルゴノビン負荷テスト陰性の症例 18 例で、男性 11 例、女性 7 例、年齢は 47.3 ± 12.5 歳である。健常対照群は検診において理学的所見、胸部 X 線写真、心電図に異常を認めない 36 例で、男性 26 例、女性 10 例、年齢は 46.7 ± 14.0 歳である。

2. 空間 QRS-T 夾角の標準偏差値の算出

疾患群では計測 48 時間前より投薬をすべて中止した状態で、健常対照群では適宜検査を施行した。仰臥位の安静状態でベクトル心電計(フクダ電子製 VA-3G)を用いて、Frank 誘導スカラー心電図 X, Y, Z の 3 誘導を同時に 5 分以上データレコーダー(ソニー製 FC-14)に記録し、アナログデジタル変換器(Kanopus 電子製 ANALOG PRO II)を介し、1,000 samples/sec でマイクロコンピュータ(NEC 製 PC-9801)に入力し、基線が安定し、QRS 相関係数 0.99 以上で QRS 幅が 3% 以内、連続 10 心拍の 1 心拍ごとの空間 QRS-T 夾角を求めた。空間 QRS-T 夾角を θ 、空間最大 QRS ベクトルと空間最大 T ベクトル

の X, Y, Z 成分をそれぞれ X_1, Y_1, Z_1 および X_2, Y_2, Z_2 とし, 次の式から θ を算出した.

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

合計 10 心拍の空間 QRS-T 夾角の平均値と標準偏差値を求め, この標準偏差値 (以下 QRS-T 角偏差値) をその症例の指標とした. 正常範囲は健常対照群の QRS-T 角偏差値より求めた平均値 $\pm 2 \times$ 標準偏差とし, その範囲を越えるものを異常と判定した.

3. 運動負荷心電図

疾患群全例に検査前 48 時間より投薬を中止して, トレッドミル運動負荷装置 (フクダ電子製ストレステストシステム ML-8000) を用い, 胸痛出現および最大予測心拍数の 90% 到達を終点とするトレッドミル運動負荷試験を Bruce のプロトコルにより施行した. 12 誘導心電図を記録し, ST 低下度と $\Delta ST/HR$ index を計測した. 終点で記録した心電図の J 点より 80 msec の時点で, aVR を除く誘導のうち, 最も大きな ST 偏位を認めた誘導で, 水平型または下向き下降型の ST が負荷前より 1 mm 以上の下降を認めたとき, および 1 mm 以上の ST 上昇を認めたとき, 運動負荷試験陽性と判定した. $\Delta ST/HR$ index は次式により算出した.

$\Delta ST/HR$ index

$$= \frac{\text{運動負荷時最大 ST 低下レベル} - \text{負荷前 ST レベル (mm)}}{\text{運動負荷時最大心拍数} - \text{負荷前心拍数 (bpm)}}$$

この式で求めた $\Delta ST/HR$ index は Kligfield ら⁸⁾ の報告に従い, 0.019 mm/bpm 以上を異常と判定した.

4. 冠動脈造影および左室造影

冠動脈造影および左室造影は, Frank 誘導 X, Y, Z 心電図および運動負荷試験施行前後 1 週間以内に施行した. 選択的冠動脈造影は Judkins 法¹³⁾を用い, ニトログリセリンまたは硝酸イソソルビドの冠動脈内注入後, 右前斜位 30° と左前斜

位 60° を基本にし, その他, 病変部に応じて適宜角度を変更して撮影し, 75% 以上の内腔狭窄をもって有意の狭窄とした.

エルゴノビン負荷テストは, 亜硝酸薬投与前に, 1 回につき 0.02 mg のエルゴノビンを 1 分間で冠動脈に注入し, 注入開始 3 分後, 冠動脈造影を行なった. 胸痛出現および心電図変化を認めたときは, 直ちに冠動脈造影を行なった. 1 回の検査で冠動脈攣縮を認めない場合は, 同様の操作を左冠動脈で 3 回 (合計 0.06 mg), 右冠動脈で 2 回 (合計 0.04 mg) 繰り返し行なった. 胸痛出現および心電図変化と同時に, 冠動脈造影所見において 99% 以上の内腔狭窄を認めた場合をエルゴノビン負荷テスト陽性と判定した.

左室造影は右前斜位 30° と左前斜位 60° を同時に撮影し, American Heart Association の基準¹⁴⁾に準じて壁運動を判定した.

統計学的処理には一元配置分散分析法を用い, 危険率 5% 未満を有意とした.

成 績

Frank 誘導 X, Y, Z 心電図記録時の心拍数は, 労作狭心症群 64.8 ± 13.5 bpm, 血管攣縮性狭心症群 63.1 ± 8.3 bpm, “胸痛症候群” 例 65.9 ± 11.3 bpm, 健常対照群 61.6 ± 13.6 bpm で, 各群間に有意差はなかった.

1. 疾患群および健常対照群の QRS-T 角偏差値

各疾患群および健常対照群の QRS-T 角偏差

Table 1. Standard deviations of spatial QRS-T angle in the control and three disease groups

Group	Standard deviations of spatial QRS-T angle (mean \pm SD)
Control	2.35 \pm 0.85°
Effort angina pectoris	8.10 \pm 8.64°
Vasospastic angina	3.63 \pm 1.26°
Chest pain syndrome	4.13 \pm 1.70°

* p < 0.05, ** p < 0.01.

Table 2. Number of cases having positive or negative results of three indices in patients with effort angina pectoris and chest pain syndrome

	Standard deviations of spatial QRS-T angle		ΔST/HR index		ST depression	
	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
Effort angina pectoris (n=27)	18	9	21	6	19	8
Chest pain syndrome (n=18)	8	10	9	9	12	6

値を **Table 1** に示した。健常対照群は $2.35 \pm 0.85^\circ$ 、労作狭心症群は $8.10 \pm 8.64^\circ$ 、血管攣縮性狭心症群は $3.63 \pm 1.26^\circ$ 、“胸痛症候群”例は $4.13 \pm 1.70^\circ$ で、3疾患群の QRS-T 角偏差値はすべて健常対照群より有意に大きく (それぞれ $p < 0.01$)、また労作狭心症群は血管攣縮性狭心症群および“胸痛症候群”例よりもそれぞれ有意に大きかった ($p < 0.05$)。

血管攣縮性狭心症群と“胸痛症候群”例の間では有意差はなかった。

QRS-T 角偏差値の正常範囲の上限 (4.05°) を越えた症例は、労作狭心症群では 27 例中 18 例 (66.7%)、血管攣縮性狭心症群では 14 例中 3 例 (21.4%)、“胸痛症候群”例では 18 例中 8 例 (44.4%) であり、健常対照群では 36 例中 1 例 (2.78%) のみであった。

2. 労作狭心症群における各指標の sensitivity と specificity

労作狭心症群と“胸痛症候群”例とを対比させて、冠動脈造影所見に基づく QRS-T 角偏差値、ΔST/HR index、ST 低下度の sensitivity と specificity を検討した。**Table 2** には両群の症例をそれぞれの検査結果によって分類した症例数を

Table 3. Comparisons of three indices for detecting ischemic heart disease

	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Standard deviations of spatial QRS-T angle	66.7	55.6
ΔST/HR index	77.8	50.0
ST depression	70.4	33.3

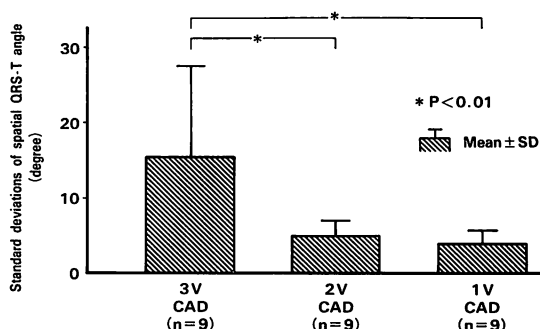


Fig. 1. Standard deviations of spatial QRS-T angle based on the number of diseased vessels.

CAD = coronary artery disease; 3V = 3 vessels; 2V = 2 vessels; 1V = single vessel.

示してあり、**Table 3** にはそれぞれの sensitivity と specificity を示してある。その sensitivity は QRS-T 角偏差値 66.7%、ΔST/HR index 77.8%、ST 低下度 70.4% であり、また specificity はそれぞれ 55.6%、50.0%、33.3% であった。

3. QRS-T 角偏差値と冠動脈病変の関係

Fig. 1 に示すように、労作狭心症群のうち、三枝病変群の QRS-T 角偏差値は $15.47 \pm 11.96^\circ$ 、二枝病変群では $5.00 \pm 2.03^\circ$ 、一枝病変群では $3.83 \pm 1.69^\circ$ で、三枝病変群は一枝病変群、二枝病変群に対して有意に高値を示した (それぞれ $p < 0.01$)。

考 按

虚血性心疾患の新しい診断法として、Sanz ら⁹⁾ が安静時の直交3誘導心電図を用いて発表した cardiogoniometry には、5項目の計測値が含まれている。その一つである空間 QRS-T 夾角は、健常者では1心拍ごとにほぼ一定しているが、虚

血性心疾患患者ではその変動が大である⁹⁾。彼らは特殊な誘導点4点より誘導した直交3誘導心電図を使用して空間 QRS-T 夾角を求めており、この X, Y, Z 誘導の波形は Frank 誘導法のそれと同一で、かつ簡便な誘導法であるとして推奨している。今回の研究では Frank 誘導 X, Y, Z 心電図から空間 QRS-T 夾角を求めて、その標準偏差値を算出した。健常群における QRS-T 角偏差値は、Sanz ら⁹⁾は 5° を正常上限としているが、本研究の成績でも正常上限は 4.05° であり、ほぼ同様の値を得、また平均値は 2.35° で、これらは同じように Frank 誘導法を用いた石原ら¹⁵⁾の報告(平均 2.62°, 正常上限 4.20°)にほぼ一致している。これらの成績から、QRS-T 角偏差値の算出には Sanz らの誘導法、Frank 誘導法のいずれによっても差がないと考えられる。

虚血性心疾患群における QRS-T 角偏差値が健常群よりも高値を示す機序はまだ明らかではない。Sanz ら⁹⁾は心筋虚血が心筋細胞の再分極過程に変化を生じさせ、1心拍ごとの T ベクトルの変動を大きくさせるためであろうとしており、この現象を T ベクトルの“floating”と名付けている。安静時においても“floating”が認められる理由として、器質的狭窄を有する冠動脈灌流領域の一部の心筋では一定度以上の虚血が常に生じており、“floating”はこの状態を反映しているものと考えられている。

今回の成績では内腔狭窄 75% 以上の労作狭心症群における QRS-T 角偏差値の sensitivity は 66.7%, specificity は 55.6% であった。Cardiogrametry として検討した成績では、Saner ら¹⁶⁾は内腔狭窄 70% 以上の疾患群で sensitivity 79%, specificity 82%, Meier ら¹⁷⁾は内腔狭窄 50% 以上の疾患群で sensitivity 63%, specificity 67% と報告している。これらの成績はいずれも QRS-T 角偏差値以外の計測値も検討の対象としているので、その成績を直接我々の成績と比較することはできないが、QRS-T 角偏差値のみでも Meier らの成績に近い値が得られており、この

QRS-T 角偏差値は独立した一つの指標として十分有用なものであると考えられる。

運動負荷試験の結果と比較した今回の指標に関する成績では、sensitivity については ST 低下度とほぼ同程度であったが、 Δ ST/HR index よりは低値であった。また、specificity に関しては ST 低下度より高値で、 Δ ST/HR index と同程度であった。この成績は、QRS-T 角偏差値の正常上限以上の高値を異常とした場合、疾患群の陽性率が運動負荷試験によって判定される陽性率にほぼ匹敵することを示している。Cardiogrametry の成績と運動負荷試験の成績を比較した Vontobel ら¹⁸⁾の報告でも、内腔狭窄 50% 以上の疾患群で、sensitivity は前者が 64%, 後者が 58%, specificity は 64% と 36% で、sensitivity については同程度であった。運動負荷試験の報告では、1 mm 以上の ST 低下の場合の陽性率は 63~89% であり、この点からも QRS-T 角偏差値は、従来の運動負荷試験による虚血性心疾患の診断に十分匹敵し得る。さらに運動負荷に伴う種々の危険性や、運動負荷施行不能例などを考慮すると、虚血性心疾患の診断において、QRS-T 角偏差値は臨床的意義の高い診断法と考えられる。また、冠動脈病変との関係を見ると、この偏差値は一枝病変群平均 3.83°, 二枝病変群平均 5.00°, 三枝病変群平均 15.47° であり、病変冠動脈数の増加に対応して QRS-T 角偏差値も高値となる傾向が認められる。このことは、QRS-T 角偏差値が心筋虚血をある程度定量的に評価し得る指標であることを示している。

血管攣縮性狭心症と胸痛症候群の症例について QRS-T 角偏差値を検討した報告は、我々が調べた範囲では、本研究以外にはみられない。今回の研究から、両疾患群の平均値は健常群より有意に大きく、労作狭心症群より有意に小さく、しかも両群間に有意差を認めないという興味ある成績が得られた。QRS-T 角偏差値の高値が、安静時に存在する心筋虚血によって生ずる T ベクトルの“floating”によるものと考えれば、冠動脈に有

意の器質的狭窄を認めない血管攣縮性狭心症と胸痛症候群の両群で、QRS-T 角偏差値が狭心症群より低値であることを理解できよう。しかし、両群で健常群よりも高値を示したことは、QRS-T 角偏差値を変化させる要因が心筋虚血だけではないことを示唆している。ただし胸痛症候群は冠動脈造影によって確認できない末梢細動脈の器質的病変に基づく small-vessel disease であるとする考えもあり^{19,20)}、これに従えば、胸痛症候群における QRS-T 角偏差値の軽度の増加は、虚血心筋の範囲、重症度等の差による可能性もあると考えられる。この点からすれば、労作狭心症群に対して“胸痛症候群”例を対照とした成績は、今後再検討の必要性があるかもしれない。

心室筋の再分極過程に自律神経機能が関与していることはよく知られているが²¹⁾、Atterhögら²²⁾は、ST が正常で T 波のみに変化を認めた若年男子 12 例について、空間 QRS-T 夾角と血中ノルアドレナリン濃度の間に正相関を認めており、空間 QRS-T 夾角に対する交感神経の影響を示唆している。一方、血管攣縮性狭心症における自律神経系の占める役割については、狭心発作誘発試験を含めて数多くの報告がある^{23,24)}。したがって、血管攣縮性狭心症における自律神経系の活動性の変化が同時に心室筋の再分極過程に関与していると考えられるならば、本疾患群における空間 QRS-T 夾角とその変動には、自律神経機能異常が影響している可能性が考えられる。この値は今回得られた成績では労作狭心症群より低値であることから、空間 QRS-T 夾角の変動に対する自律神経機能の影響は心筋虚血による影響よりも小さいと思われる。胸痛症候群についても自律神経系の関与を示唆している報告があり²⁵⁾、自律神経機能異常との関連は否定できない。QRS-T 角偏差値と自律神経機能の直接的な関係を検討した報告はないが、堀中ら²⁶⁾は、QRS-T 角偏差値と自律神経機能を反映するとされている RR 間隔変動係数を狭心症 20 例について検討し、対照群と比較して、狭心症群では前者が有意に大きく、後

者が有意に小さいと報告している。QRS-T 角偏差値と自律神経機能との関係は、今後検討すべき問題と思われる。

Saner ら¹⁶⁾は左室肥大体例、ジギタリス剤投与例、脚ブロック例では、心筋虚血と関係なく、QRS-T 角偏差値が変化する可能性があるので、診断上注意が必要であると述べているが、本研究ではそれらの症例はすべて除外した。

QRS-T 角偏差値は虚血性心疾患の診断に有用であり、今後負荷試験への利用、治療効果の判定など、さらに広範囲にその有用性を検討して、虚血性心疾患診断の向上のため、積極的活用が望まれる。

結 論

1. 安静時における QRS-T 角偏差値は、労作狭心症では、健常対照例、血管攣縮性狭心症、胸痛症候群よりも有意に高値で、病変冠動脈数の増加に対応して高値となる傾向を示した。血管攣縮性狭心症群、胸痛症候群では健常対照例に比し、それぞれ有意に高値であったが、両群間に有意差はなかった。

2. 労作狭心症群における QRS-T 角偏差値の陽性率は、運動負荷心電図の陽性率にほぼ匹敵した。

以上より、安静時における QRS-T 角偏差値は、計測が簡便でかつ安全に行なえることもあって、虚血性心疾患の非侵襲的診断法として、臨床上有用な指標であると考えられた。

要 約

健常者に比較して、空間 QRS-T 夾角の 1 心拍ごとの変動が虚血性心疾患では大きいとする報告がある。変動の大きさを表現する指標として、一定心拍数の空間 QRS-T 夾角の標準偏差値を算出し、この指標の臨床的有用性を検討するため、冠動脈造影所見および運動負荷試験と比較検討した。対象は冠動脈造影で診断された労作狭心症群 27 例、血管攣縮性狭心症群 14 例、“胸痛症

文 献

候群”例 18 例, および健常対照群 36 例である。安静時に Frank 誘導 X, Y, Z スカラー心電図を記録し, 安定した連続 10 心拍の空間 QRS-T 夾角の平均値と標準偏差値を計算し, この標準偏差値(以下 QRS-T 角偏差値)をその症例の指標とした。また, 疾患群全例に Bruce のプロトコルを用いてトレッドミルテストを施行し, ST 低下度および Δ ST/HR index を求めた。

QRS-T 角偏差値は労作狭心症群 $8.10 \pm 8.64^\circ$ (平均値 \pm 標準偏差), 血管攣縮性狭心症群 $3.63 \pm 1.26^\circ$, “胸痛症候群”例 $4.13 \pm 1.70^\circ$, 健常対照群 $2.35 \pm 0.85^\circ$ で, 疾患群が有意に高値を示し(それぞれ $p < 0.01$), 労作狭心症群は血管攣縮性狭心症群, “胸痛症候群”例に比し有意に高値を示した(それぞれ $p < 0.05$)。

労作狭心症群について, “胸痛症候群”例を対照とし, 健常対照群の正常上限(平均値 $+2 \times$ 標準偏差)以上の QRS-T 角偏差値を異常値として検討した成績では, QRS-T 角偏差値, Δ ST/HR index, ST 低下度の sensitivity はそれぞれ 66.7%, 77.8%, 70.4% で, specificity はそれぞれ 55.6%, 50.0%, 33.3% であった。

労作狭心症群の中で三枝病変群の QRS-T 角偏差値は一枝, 二枝病変群の QRS-T 角偏差値よりも有意に高値を示した(それぞれ $p < 0.01$)。

以上より, 安静時における QRS-T 角偏差値は, 労作狭心症群で他の 3 群よりも有意に高く, 病変冠動脈数の増加に対応して高値となる傾向にあった。また労作狭心症群における陽性率は, 運動負荷試験にほぼ匹敵する成績を示した。血管攣縮性狭心症群と“胸痛症候群”例では健常対照群よりそれぞれ有意に高値であったが, 両群間に有意差はなかった。

QRS-T 角偏差値は計測が簡便で, かつ安全に行なえるため, 虚血性心疾患の非侵襲的診断法として, 臨床上有用な指標であると考えられた。

稿を終えるにあたり, 本研究に御協力頂いたフクダ電子株式会社 北川信之氏に深謝致します。

- 1) Sheffield LT: Exercise stress testing. *in* Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 2nd ed (ed by Braunwald E), WB Saunders, Philadelphia, 1984, p 258
- 2) Goldschlager N, Selzer A, Cohn K: Treadmill stress test as indicators of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med* **85**: 277-286, 1976
- 3) Freeman MR, Chisholm RJ, Armstrong PW: Usefulness of exercise electrocardiography and thallium scintigraphy in unstable angina pectoris in predicting the extent and severity of coronary artery disease. *Am J Cardiol* **62**: 1164-1170, 1988
- 4) Elamin MS, Mary DASG, Smith DR, Linden RJ: Prediction of severity of coronary artery disease using slope of submaximal ST segment/heart rate relationship. *Cardiovasc Res* **14**: 681-691, 1980
- 5) Elamin MS, Boyle R, Kardash MM, Smith DR, Stoker JB, Whitaker W, Mary DASG, Linden RJ: Accurate detection of coronary heart disease by new exercise test. *Br Heart J* **48**: 311-320, 1982
- 6) Keta K, Sato I, Takaki H, Haze K, Ueshima K, Kamakura S, Matsuhisa M, Ohe T, Nakajima K, Shimomura K: Utility of ST/HR slope and modified ST/HR score for prediction of coronary artery disease in standard treadmill exercise test. *Jpn J Med* **76**: 357-364, 1987 (in Japanese)
- 7) Detrano R, Salcedo E, Passalacqua M, Friis R: Exercise electrocardiographic variables: A critical appraisal. *J Am Coll Cardiol* **8**: 836-847, 1986
- 8) Kligfield P, Ameisen O, Okin PM: Relation of the exercise ST/HR slope to simple heart rate adjustment of ST segment depression. *J Electrocardiol (Suppl)*: 135-140, 1987
- 9) Sanz E, Steger JP, Thie W: Cardiogoniometry. *Clin Cardiol* **6**: 199-206, 1983
- 10) Grant RP, Estes EH, Doyle JT: Spatial vector electrocardiography: The clinical characteristics of S-T and T vectors. *Circulation* **3**: 182-197, 1951
- 11) Massie E, Walsh TJ: Myocardial ischemia, injury, and infarction: General considerations. *in* Clinical Vectorcardiography and Electrocardiography. The Year Book Publ, Chicago, 1969, p 255
- 12) 森 博愛: 心電図とベクトル心電図. 金原出版, 東京, 1972, p 364
- 13) Judkins MP: Selective coronary arteriography. Part 1. A percutaneous transfemoral technic. *Radiology* **89**: 815-824, 1967
- 14) AHA Committee Report: A reporting system on

- patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* **51**: 5, 1975
- 15) 石原正人, 永井 弘, 野村真一, 真野謙治, 三ツロ文寛, 安保泰宏, 中野 博, 勅使河原敬明, 渡辺佳彦, 水野 康: Cardiogoniometry 正常成人における QRS-T angle の変動. *Jpn J Electrocardiol* **8** (Suppl 1): 50-52, 1988
 - 16) Saner H, Baur HR, Sanz E, Gurtner HP: Cardiogoniometry: A new noninvasive method for detection of ischemic heart disease. *Clin Cardiol* **6**: 207-210, 1983
 - 17) Meier A, Höflin F, Herrmann HJ, Wolf C, Gurtner HP, Rösler H: Comparative diagnostic value of a new computerized vectorcardiographic method (cardiogoniometry) and other noninvasive tests in medically treated patients with chest pain. *Clin Cardiol* **10**: 311-316, 1987
 - 18) Vontobel H, Tartini R, Steinbrunn W: Kardionometri bei koronarer Herzkrankheit. *Schweiz Med Wschr* **118**: 1609-1611, 1988
 - 19) Mosseri M, Yarom R, Gotsman MS, Hasin Y: Histologic evidence for small-vessel coronary artery disease in patients with angina pectoris and patent large coronary arteries. *Circulation* **74**: 964-972, 1986
 - 20) Cannon RO III, Epstein SE: "Microvascular angina" as a cause of chest pain with angiographically normal coronary arteries. *Am J Cardiol* **61**: 1338-1343, 1988
 - 21) Abildskov JA: Neural mechanisms involved in the regulation of ventricular repolarization. *Eur Heart J* **6** (Suppl D): 31-39, 1985
 - 22) Atterhög JH, Eliasson K, Hjemdahl P: Electrocardiographic and vectorcardiographic findings in asymptomatic young men with primary T wave aberrations in the electrocardiogram: Relationship to sympathoadrenal activity at rest and during different stress tests. *Clin Physiol* **2**: 289-298, 1982
 - 23) Yasue H, Touyama M, Kato H, Tanaka S, Akiyama F: Prinzmetal's variant form of angina as a manifestation of alpha-adrenergic receptor-mediated coronary artery spasm: Documentation by coronary arteriography. *Am Heart J* **91**: 148-155, 1976
 - 24) Maseri A, Chierchia S: Coronary artery spasm: Demonstration, definition, diagnosis, and consequences. *Prog Cardiovasc Dis* **25**: 169-192, 1982
 - 25) Ellestad MH, Thomas LA, Bortolozzo TL, Abate JA, Greenberg PS: Autonomic responses in chest pain syndromes as compared to normal subjects. *Cardiology* **74**: 35-42, 1987
 - 26) 堀中繁夫, 山本英雄, 岡村 篤, 玉野宏一, 小林直彦, 竹田幸一, 増田恭孝, 清水孝彦: 虚血性心疾患における空間 QRS-T 夾角の標準偏差値および RR 間隔の変動係数の検討. *Jpn J Electrocardiol* **8**: 490, 1988 (abstr)