

# 虚血性心疾患を負荷心電図からどこまで読めるか？

山本真千子

宮城大学看護学部

## キーワード

虚血性心疾患、運動負荷試験、心電図診断

Ischemic heart disease, Exercise stress test, Electrocardiographic diagnosis

## 要 旨

虚血性心疾患における古くも簡便な運動負荷試験の心電図情報について、これまで我々が行ってきた運動負荷試験、運動負荷心電図所見から得た知見、すなわち心電図ST偏位、運動時間、薬剤効果、及びこれらの相互関係、その他心電図所見などを用いて臨床現場の一助となるよう運動負荷心電図の読み方について以下5項目について再提示した。§1 狭心症における運動負荷試験の再現性、§2 運動負荷試験による狭心症の病型と抗狭心症薬の評価（1枝病変と多枝病変例の比較）、§3 運動負荷試験による狭心症の病型と抗狭心症薬の評価（純型労作型、労作兼安静型及び陳旧性心筋梗塞を有する狭心症の比較）、§4 狭心症における運動負荷試験中のST動揺現象、§5 狭心症における運動負荷試験中一過性に見られる陰性U波 虚血性心疾患では、運動負荷試験における心電図情報が極めて重要で、心電図ST偏位を読むことが診断そのものであったが、前述のごとき運動負荷心電図所見に関する研究がさらに進められれば、保健指導やリハビリテーション等の臨床現場で広く活用される可能性が残されていると思われる。

Challenge for Electrocardiographic Diagnosis of Ischemic heart disease by Exercise Stress Testing

Machiko Yamamoto

Miyagi University School of Nursing

## Abstract

The ischemic electrocardiographic response is characterized by ST segment depression. When this response is elicited by exercise and is accompanied by anginal discomfort, it constitutes powerful diagnostic evidence of the presence of coronary artery obstructive disease. Exercise is now playing an increasingly important role in the diagnosis and functional evaluation of cardiac disease as well as in its treatment. We reviewed following five themes for the subsequent extension from the detection of myocardial ischemia. 1.Reproducibility of Treadmill Exercise Test in Patients with Angina Pectoris 2.Comparative Effects of Anti-anginal Drugs in Different Types of Angina Pectoris Studied by Treadmill Exercise Test ; Single Vessel Disease vs Multi vessel Disease 3.Comparative Effects of Anti-anginal Drugs in Different Types of Angina Pectoris Studied by Treadmill Exercise Test ; Effort Angina Pectoris, with Rest Angina Pectoris vs with Old Myocardial Infarction 4.ST-Segment Fluctuation during Treadmill Exercise in Patients with Angina Pectoris 5.Exercise-induced U Wave Inversion in Patients with Effort Angina Pectoris. We hope that these electrocardiographic findings in this review will be utilize in various clinical situations.

## はじめに

すべての人間は絶えず行動しており、心臓血管系に関する臨床症状の多くは運動に伴って惹起されることから、運動負荷試験は循環器病の診断には不可欠な検査である。従って、その歴史は1933年 Goldhammerと Scherf<sup>1)</sup>が虚血性心疾患の診断に運動負荷心電図を導入して以来70年近くにも及び、しかもこの間運動負荷試験の目的は虚血性心疾患の診断にあったと言っても過言ではない。現在は虚血性心疾患の診断のみならず、重症度や予後の推定、治療効果の判定、リハビリテーションなどの目的で多用されている。また運動負荷試験によって何を検出しようとするかによっていろいろな手段が用いられ、最近では心臓核医学の手法を応用した心筋虚血の診断や左室機能の推定、呼気ガス分析を用いた運動能力の測定などが検査としても一般化されてきた。しかし、もっとも一般的な検出手段はやはり心電図であり、運動負荷試験といえば今でも運動負荷心電図検査を指していることが多い。

虚血性心疾患に関しては、運動負荷試験における心電図情報が極めて重要で、目前で胸痛、胸部圧迫感、息苦しさといった症状と心電図ST偏位を確認できることは診断上最大の武器となる。しかし、もとより100%信頼できる検査はなく、運動負荷心電図、特にST低下には多くの要因が関与しており、其の要因のすべてが解明されているわけではないために、ST低下が即有意冠動脈病変の存在あるいは狭心症を診断するものではないし、またSTが低下しないからといって冠動脈疾患の存在を否定できるものではないことも周知の事実である。米国心臓病学会<sup>2)</sup>の運動負荷試験による虚血性心疾患診断基準は最終的には胸部症状と有意なST偏位のみである。この1mmのST偏位による診断は過去の報告総括から斎藤<sup>3)</sup>は、感度65%、特異度90%、すなわち35%を見落とし、10%が疑陽性と述べている。一方、運動負荷心電図という観点からST偏位以外の所見にも視野を広げてゆくと、これまでも「陰性U波の出現」「Q波高の増強」「V1誘導P波陰性部の増大」「房室ブロック・脚ブロックの出現」「各種不整脈の出現」など虚血性心疾患の補助的診断所見として多くの研究が行われてきた。

本稿では虚血性心疾患における古くも簡便な運動負荷試験の心電図情報について、これまで我々が行ってきた運動負荷試験、運動負荷心電図所見から得た知見、すなわち心電図ST偏位、運動時間、薬剤効果、及びこれらの相互関係、その他心電図所見などを用いて臨床現場の一助となるよう運動負荷心電図の読み方について再考した。

## § 1 狭心症における運動負荷試験の再現性

運動負荷試験では1回目のデータは捨てるべきであるといわれる程、トレーニング効果の問題や、環境条件・時間帯に関する問題は重要かつ永遠のテーマである。よく指摘されることの再現性の問題であるが、これから展開する運動負荷試験を使った病型や薬剤効果の評価には再現性が良好であることが不可欠である。そこで狭心症例における運動負荷試験の再現性を検討した。<sup>4)</sup>

労作狭心症18例(冠動脈造影を施行し、75%以上の有意冠動脈病変ならびに冠攣縮の有無が確認された症例)を対象とし、無投薬下、原則として午前中に2回目をかえてトレッドミルによる運動負荷試験を施行。負荷方法はBruceのプロトコールに従い、運動中止基準はそれまでに患者が経験した最強の胸痛の5分の3程度の胸痛<sup>5)</sup>ほか、息切れ、疲労などの自覚症状、ST 2mm以上の低下ないしST 1mm以上の上昇、または目標心拍数到達とした。運動中の心拍数、カフによる収縮期血圧、STレベルの経時的変化から相互の関係について比較検討。6例ではプラセボ効果についても検討した。

2回行った無投薬下負荷の成績について比較し、各パラメーターの相関性を図-1に示した。1回目と2回目の最大運動時間の再現性は、運動中止理由が胸痛であった9例では相関係数は $r=0.91$ と、胸痛以外の理由で運動を中止した9例の $r=0.78$ に比し、はるかに良かった。また、この胸痛発現例における最大運動時ST下降度についても同様の検討を行ったが、これも $r=0.93$ とよい再現性を示した。ただし、胸痛発現例においてもST下降1mmに到達するまでの時間の再現性は $r=0.86$ とやや低かった。6例でプラセボ効果のみたところ、最大運動時間、ST 1mm下降に至る運動時間ともに、投薬前後で有意差はなく、プラセボ効果は明らかでなかった。

虚血性心疾患を負荷心電図からどこまで読めるか？

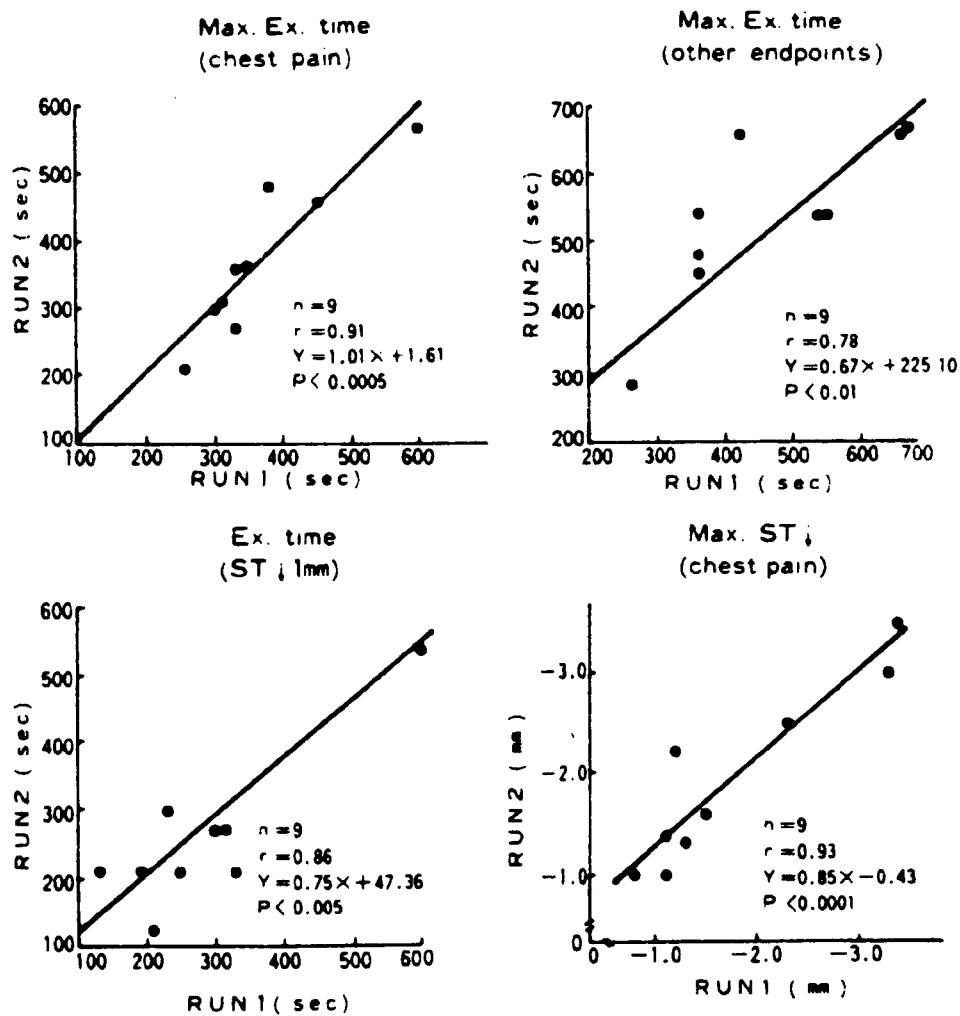


図-1 運動による各パラメーターの再現性

労作狭心症における運動負荷試験の再現性は予想以上に良く、胸痛出現を運動中止理由とする最大運動時間、ST下降の程度でみると最も良好であった。

§ 2 運動負荷試験による狭心症の病型と抗狭心症薬の評価

< 1枝病変と多枝病変例の比較 >

狭心症1枝病変例の運動時間は図-2に示すごとく、わずか数分から10分以上まで幅広く、運動時間からは多枝病変例と区別することは出来ない。しかしながら、労作狭心症患者において1枝病変を多枝病変から鑑別することはその治療や予後を考える上で有益と思われる。そこで1枝病変の運動負荷における薬剤効果の特徴について検討した。<sup>6)</sup>

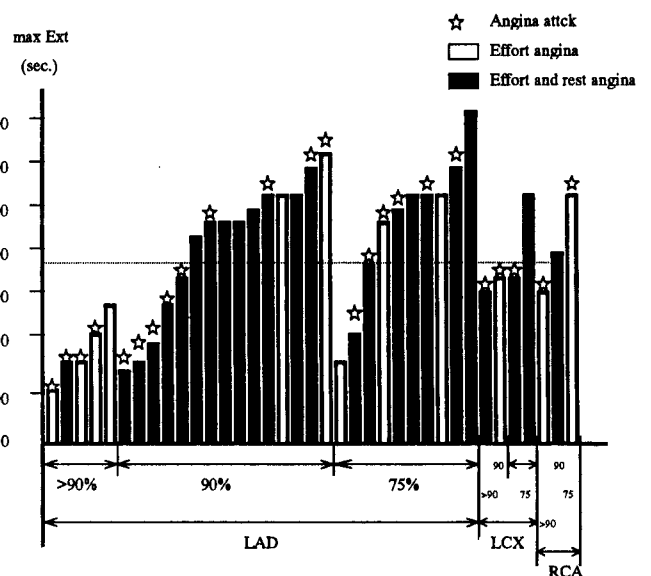


図-2 1枝病変例の運動時間

労作狭心症を有し、冠動脈造影上主冠動脈のいずれかに75%以上の器質的狭窄病変を有する1枝病変10例、2枝病変11例、3枝病変7例を対象とし、前項§1と同様の運動負荷プロトコルを用い、無投薬時、それぞれ作用の異なる代表的抗狭心症薬ISDN 5mg舌下30分後、Nifedipine 10mg舌下30分後、Propranolol 20-30mg内服1時間後に各々日をかえて検査を行い、その効果を比較した。

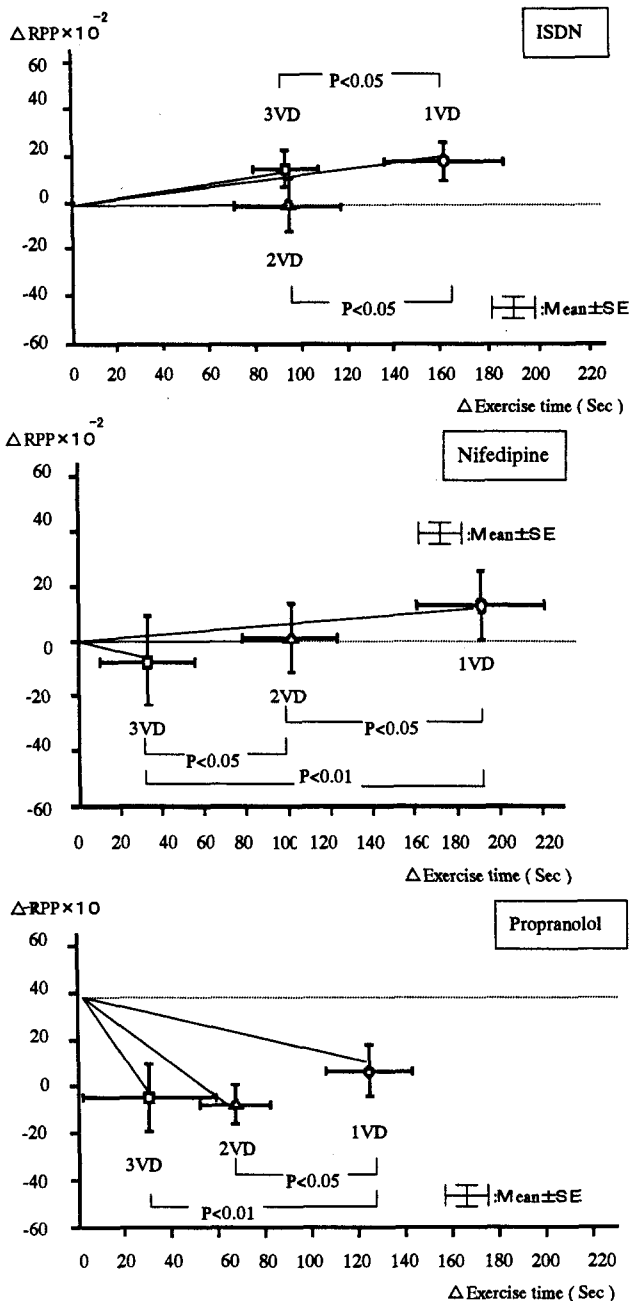


図-3 運動における1枝病変例と多枝病変例の薬剤効果の比較

無投薬時の負荷成績では全例Endpointは胸痛で、それぞれの最大運動時間は1枝病変：350±138sec、2枝病変：278±87sec、3枝病変：249±64secで、1枝病変と2、3枝病変の間に有意差はなかった。図-3に示すようにISDN投与による無投薬時に対する最大運動時間の延長、ΔEx. tは1枝病変：155±83sec、2枝病変：123±75sec、3枝病変：93±51secで、1枝病変と3枝病変の間に有意差があった。Nifedipine投与では1枝病変：179±95secは2枝病変：113±70sec、3枝病変：33±74secより有意に大きく、2枝病変、3枝病変の間にも有意差を認めた。またPropranolol投与後も同様に1枝病変：124±58sec、2枝病変：65±54sec、3枝病変：30±57secと1枝病変が最大で3群間に有意差を認めた。

一般に労作時発作を有する1枝病変例の運動耐容能は多枝病変例より大きいものの、胸痛発現時間、最大Rate Pressure Products、最大ST偏位などからは多枝病変と鑑別できない。しかし、これらの症例ではISDN、Nifedipine、Propranololなどの抗狭心症薬の効果が多枝病変例より大きいことが特徴的で、その原因として、RPP増加抑制及び狭心症閾値に対する薬剤効果の差が考えられ、このような特徴をみることで1枝病変と多枝病変を鑑別することが可能と考えられた。

### §3 運動負荷試験による狭心症の病型と抗狭心症薬の評価

#### <純型労作型、労作兼安静型及び陈旧性心筋梗塞を有する狭心症の比較>

抗狭心症薬は種々のパラメーターを介して心筋の酸素需要と供給に作用し、そのバランスを変化させる。しかし各薬剤のもつ薬理的作用が、いかに抗狭心症効果に結びつくかは、対象となる患者の病態、すなわち虚血をもたらす要因によっても異なると考えられる。そこで、病態の理解と治療に役立てるために、臨床的に頻用されている抗狭心症薬ISDN、Nifedipine、Propranololを用い、病型の異なる労作狭心症に対する抗狭心症効果を運動負荷試験により検討した。<sup>7)</sup>

無投薬時、薬剤投与時いずれの場合も、ST下降を伴う胸痛にて運動を中止した労作狭心症例24例(男

虚血性心疾患を負荷心電図からどこまで読めるか？

22例、女2例、平均年齢54.8歳)を対象とした。全例冠動脈造影を施行し、主冠動脈のいずれかに75%以上の器質的狭窄病変を有することが確認されており、心筋梗塞の既往のあるE+OMI群7例、無い純型労作型狭心症E群9例、安静時発作も有するE+R群8例に分類。E+R群では5例で冠攣縮が確認されている。前項§2と同様の運動負荷プロトコルを用い、無投薬時、それぞれ作用の異なる代表的抗狭心症薬ISDN 5mg舌下30分後、Nifedipine 10mg舌下30分後、Propranolol 20-30mg内服1時間後に各々日をかけて検査を行い、その効果を比較した。

労作兼安静狭心症

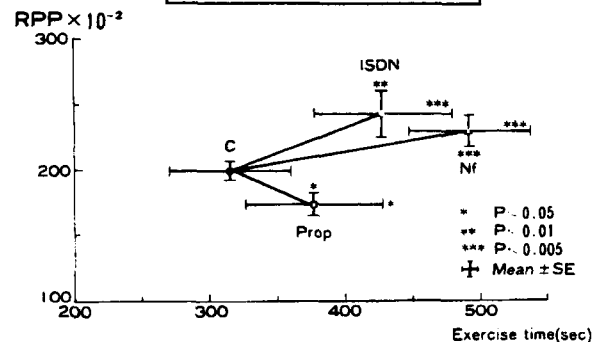
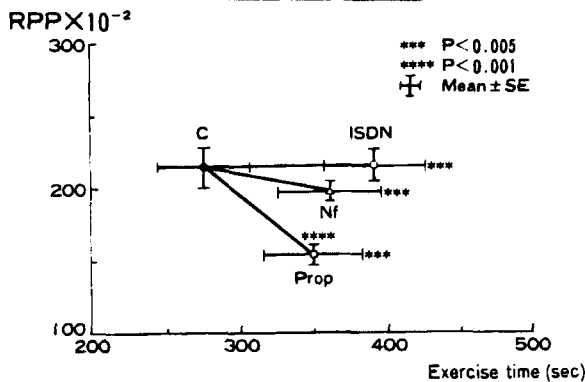
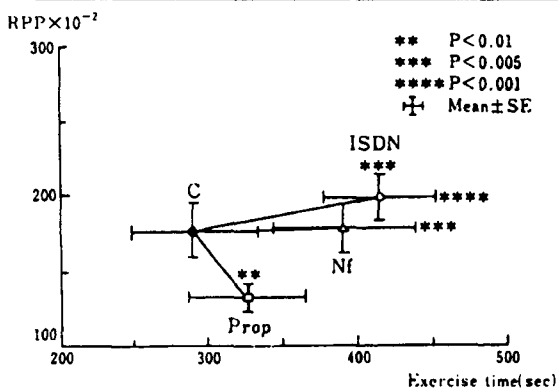


図-4 狭心症発作閾値に及ぼす各薬剤の比較

労作狭心症



陳旧性心筋梗塞を有する労作狭心症



結果は図-4に示すとおり、E群では3剤の効果はほぼ同程度であり、最大Rate Pressure ProductsはISDN、Nifedipineで無投薬時と同程度、Propranololでは減少した。E+OMI群ではISDN、Nifedipineが有効で、Propranololの効果は小さかった。最大RPPは無投薬時に比し、ISDNで増大、Nifedipineで同程度、Propranololでは減少をみた。E+R群ではNifedipine、ISDN、Propranololの順に有効で、Nifedipine、ISDNでは最大RPPの増大を伴ったが、Propranololでは無投薬時より減少した。また、E群、E+OMI群には多枝病変例、E+R群には1枝病変と冠攣縮例が多く、E+OMI群には心拡大例、心機能低下例が多かった。

運動負荷試験を用い各種抗狭心症薬の効果をみると、純型労作型、労作兼安静型及び陳旧性心筋梗塞を有する狭心症などその病型により結果は様々で、冠動脈病変、心筋梗塞の有無、心機能、冠攣縮の関与により大きく左右されることがわかった。従って、運動負荷試験で作用の異なる抗狭心症薬の効果を見ることは狭心症の病態をさぐり、治療を考える上で有用と考えられた

§4 狭心症における運動負荷試験中のST動揺現象

1959年Prinzmetalら<sup>1)</sup>は異型狭心症の報告の中で、その臨床的特徴の一つとして周期的にSTが上昇を繰り返す点(waxing and waning)をあげている。一方、この異型狭心症以外にも、安静のみならず労

作を誘因とするST上昇を示す狭心症があり、冠動脈造影にて運動による冠攣縮が証明されている。<sup>9)</sup>我々は、安静時発作を有する狭心症患者において比較的高頻度に、Propranolol投与下の運動負荷中、STレ

ベルが一過性に下降ないし上昇を繰り返す、いわゆるST動揺現象を経験したので、このような運動負荷心電図所見からどのような臨床背景が見られるか検討した。<sup>10)</sup>

表-1 狭心症例の臨床所見

| 年齢, 性           | 陳旧性<br>心筋梗塞 | 発作時心電図                          | ST動揺現象 |             | 冠動脈造影  |          |  |
|-----------------|-------------|---------------------------------|--------|-------------|--------|----------|--|
|                 |             |                                 | 無投薬    | Propranolol | 罹患冠動脈数 | Spasmの誘発 |  |
| <b>安静狭心症</b>    |             |                                 |        |             |        |          |  |
| K.H. 49, 男      | (-)         | T↑, II, III, aVF, V2-6          | (-)    | (+)         | 0      | L(+), Er |  |
| S.Y. 47, 男      | (-)         | ST↑, II, III, aVF, V5-6         | (+)    | (2+)        | 0      | L(+), Er |  |
| T.K. 43, 男      | (-)         | T↑, V5                          | (-)    | (-)         | 0      | D(+), Er |  |
| T.K. 48, 男      | (-)         | ST↑, V2-6                       | (-)    | (-)         | 0      | L(+), Er |  |
| Y.K. 60, 男      | (-)         | ST↑, II, III, aVF, V4-6         | (-)    | (2+)        | 2      | L(+), Eg |  |
| S.M. 53, 男      | (-)         | ST↑, II, V2-6                   | (-)    | (2+)        | 1      | L(+), Er |  |
| O.T. 42, 男      | (-)         | ST↑, II, III, aVF               | (-)    | (-)         | 0      | D(+), Er |  |
| M.Y. 63, 女      | (-)         | ST↑, II, III, aVF               | (-)    | (-)         | 0      | D(+), Sp |  |
| <b>安静兼労作狭心症</b> |             |                                 |        |             |        |          |  |
| O.Y. 46, 男      | (-)         | ST↓, aVF, V5                    | (-)    | (2+)        | 1      | L(+), Er |  |
| I.T. 49, 女      | (-)         | ST↓, II, III, aVF, V5-6         | (-)    | (-)         | 0      | D(+), Sp |  |
| R.S. 58, 男      | (-)         | ST↓, I, II, III, aVF, V5-6      | (-)    | (-)         | 0      | D(+), Er |  |
| Y.F. 52, 男      | (-)         | ST↑, V2-3                       | (-)    | (-)         | 1      | D(+), HG |  |
| H.S. 44, 男      | (-)         | ST↓, I, II, aVF, V3-6           | (-)    | (2+)        | 1      | (-), Er  |  |
| <b>労作狭心症</b>    |             |                                 |        |             |        |          |  |
| T.K. 48, 男      | (-)         | ST↓, III, aVF, V5-6             | (-)    | (-)         | 1      | (-), Er  |  |
| M.N. 52, 男      | (-)         | ST↓, II, III, aVF               | (-)    | (-)         | 1      | (-), Er  |  |
| T.F. 51, 男      | (-)         | ST↓, II, III, aVF, V5-6         | (-)    | (-)         | 1      | 未施行      |  |
| I.M. 66, 女      | (-)         | ST↓, I, II, III, aVF, V3-6      | (-)    | (-)         | 1      | //       |  |
| S.T. 51, 男      | (-)         | ST↓, I, aVL, II, III, aVF, V3-6 | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |
| T.Y. 63, 男      | (-)         | ST↓, II, III, aVF, V4-6         | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| Y.S. 63, 男      | (-)         | ST↓, V4-6                       | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| M.K. 50, 男      | (-)         | ST↓, II, III, aVF, V2-6         | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| T.K. 60, 男      | (-)         | ST↓, II, III, aVF, V2-5         | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |
| S.T. 60, 男      | (+)         | ST↓, I, aVL, V2-6               | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| N.S. 40, 男      | (+)         | ST↓, V4-5                       | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |
| M.T. 47, 男      | (+)         | ST↓, V5-6                       | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |
| F.Y. 61, 男      | (+)         | ST↓, V5-6                       | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |
| K.M. 48, 男      | (+)         | ST↓, V4-6                       | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| I.Y. 38, 男      | (+)         | ST↓, aVF, V5-6                  | (-)    | (-)         | 2      | //       |  |
| I.M. 47, 男      | (+)         | ST↓, V4-6                       | (-)    | (-)         | 3      | //       |  |

陳旧性心筋梗塞を有する例については、運動によりST上昇を示す梗塞部誘導は検討から除外した。

Er : ergonovine maleate

Eg : ergometer exercise

HG : handgrip exercise

Sp : spontaneous attack

L : localized spasm

狭心症患者29例(表-1)と正常者7例を対象とした。狭心症例は発作状況により、安静時及び軽い日常労作時にのみ発作を有する安静狭心症8例、一定量の労作によってのみ発作が誘発される労作狭心症16例と労作兼安静狭心症5例に分類。罹患冠動脈数、冠攣縮の有無については表-1に示す通りで、負荷試験は2日に分け、無投薬時とPropranolol 20-30mg内服1時間後に施行。負荷プロトコール及び負荷中止基準は前項§3と同様とした。

またST動揺現象とはJ点より40~60msのSTレベルが正常者の上限である0.4mmを越える0.5mm以上の上昇ないし下降を運動中に繰り返す現象と定義し、この現象が無投薬時及びPropranolol内服時にどの程度認められるか、狭心症の病型との間にいかなる関係がみられるかについて検討した。

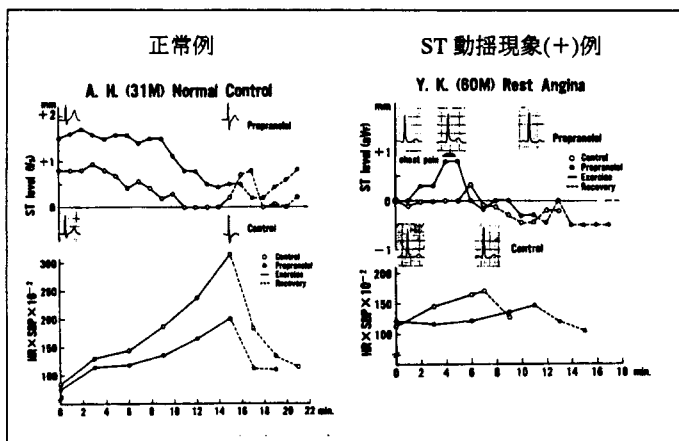


図-5 正常例・安静狭心症例の負荷試験中のSTレベルとRPPの経時的变化

結果は表-1及び図-5に示す通りで、図-5は左が正常例右が安静狭心症例、上段は2回の運動負荷試験中のSTレベルの経時的变化を、下段は同様にRPPの経時的变化を示す。

正常例では運動負荷開始に伴い、RPPは増大、安静時上昇していたSTレベルはIsoelectric lineまで降下、この現象はPropranolol内服時も程度の差はあるものの同様。しかし、安静狭心症例ではRPPは運動で増大、無投薬時STは軽度低下のみであるが、Propranolol内服時にはRPPが明らかにコントロール時より低いにもかかわらず、負荷4分で胸痛

を伴うST上昇がaVf誘導で認められている。ところが、この胸痛は進行性ではなく、運動の継続にもかかわらず1分以内に消失し、同時にSTレベルも基線に復している。このようなST動揺現象は安静時発作を有する狭心症例では、無投薬時13例中1例7.7%、プロプラノロール投与時13例中6例46.2%に認められ、この現象の出現がプロプラノロール投与により促進される傾向がみられた。また、この現象がみられた6例は表-1に示すように冠動脈造影時冠攣縮が認められ、とくに限局性冠攣縮と密接な関係が明らかとなった。

安静時発作を有する狭心症例では運動負荷中一過性にST動揺現象が認められ、この現象がプロプラノロール投与下で促進されることから、狭心症発作のおこり方や冠攣縮と密接な関係を有することがわかった。また、この現象といわゆるwalk through現象との関連性も示唆された。従って、狭心症例で運動負荷中にみられるST動揺現象の臨床的意義は大きいものと思われた。

### §5 狭心症における運動負荷試験中一過性に見られる陰性U

狭心症を有する患者に運動負荷を行うと、負荷中または負荷後に心電図U波が逆転することがしばしば観察される。このような現象の報告は古くからあるが<sup>11), 12)</sup>、運動に起因する陰性U波の臨床的意義についての検討は不充分といわざるをえない。そこで、運動負荷時出現する陰性U波が局所心筋における虚血を反映する徴候といえるのか、またそうであればこれを認める場合とそうでない場合では虚血の程度に差があるのかについて検討した。<sup>13)</sup>

冠動脈造影にて主冠動脈のうち少なくとも1枝以上に有意な狭窄ないし冠攣縮が認められた労作狭心症76例を対象として、運動負荷試験を施行した。負荷プロトコール及び負荷中止基準は前項§4と同様とした。出現した陰性U波の判定には、筋電図や基線の動揺の比較的少ない運動終了直後から回復初期の心電図を用い、aVRを除くいずれかの誘導でT波とのあいだに明確な屈曲点を有する0.1mV以上の陰性のふれを陰性U波とした。

表-2 陰性U波出現群 (A群): Ex.dur.=運動時間 (分), C.P.=胸痛, C.O.=胸部圧迫感, S.O.B.=  
息切れ, ST-change 下線部はST上昇, その他は降下誘導, CADは75%以上の有意冠動  
脈病変を有する主要冠動脈, S=冠れん縮

| No.  | Age  | Peak HR | Peak SBp | Ex. dur. | End point | ST change                              | Neg.U.             | CAD                                    |
|------|------|---------|----------|----------|-----------|--|--------------------|--|
| 1    | 50   | 100     | 150      | 6'       | CP        | II, III, aVF, V3-6                     | V3-6               | LAD(99%),LCX(75%)                      |
| 2    | 66   | 106     | 160      | 4.5'     | CP        | V4-6                                   | V4-6               | LAD(90%)                               |
| 3    | 57   | 113     | 160      | 1'       | CP        | I, II, III, aVL, aVF, V2-6             | II, III, aVF, V4-6 | LMT(50%),RCA(99%), LAD, LCX(75%)       |
| 4    | 54   | 115     | 168      | 3'       | CO        | <u>I, aVL, V1</u> , II, III, aVF, V2-6 | aVL, V2-6          | LAD(99%)                               |
| 5    | 56   | 115     | 180      | 2.5'     | CO        | II, III, aVF, V4-6                     | V3-6               | LAD(90%)                               |
| 6    | 60   | 93      | 186      | 5.5'     | CP        | II, III, aVF, V4-6                     | II, III, aVF, V4-6 | LAD(50% long segment), LCX(99%),S(+)   |
| 7    | 40   | 110     | 106      | 5'       | ST↓       | II, aVF, V4-6                          | V4-6               | RCA, LAD, LCX(100%)                    |
| 8    | 52   | 108     | 160      | 4'       | CP        | II, III, aVF, V6                       | V4-6               | LAD(99%)                               |
| 9    | 65   | 111     | 130      | 2.5'     | SOB       | I, II, III, aVF, V3-6                  | V4-6               | LAD(100%), LCX(90%), RCA(50%)          |
| 10   | 57   | 120     | 160      | 6'       | CO        | II, III, aVF, V6                       | V5-6               | LAD(75%), LCX(95%), D1(75%)            |
| 11   | 62   | 132     | 225      | 9'       | CO        | <u>aVL, V1-2</u> , II, III, aVF, V5-6  | II, III, aVF, V4-6 | LAD(99%), S(+)->LAD(100%)              |
| 12   | 46   | 110     | 154      | 7.5'     | ST↓       | II, III, aVF, V4-6                     | V3-5               | None, S(+)->LAD(100%)                  |
| 13   | 39   | 134     | 150      | 8.5'     | CP        | <u>V3</u> , I, II, III, aVF            | V3-5               | LAD(90%)                               |
| 14   | 67   | 106     | 190      | 6'       | ST↓       | II, III, aVF, V4-6                     | II, III, aVF, V4-6 | LCX(99%), D1, D2(75%)                  |
| 15   | 47   | 138     | 154      | 5'       | CO        | <u>aVL, V1-3</u> , II, III, aVF, V4-6  | V4-6               | LAD, LCX(100%)                         |
| 16   | 68   | 97      | 130      | 5'       | CP        | II, III, aVF, V5-6                     | II, III, aVF, V6   | LCX(100%), RCA(95%)                    |
| 17   | 48   | 126     | 150      | 4'       | CP        | <u>V1-5</u> , II, III, aVF, V6         | V2-6               | LAD(90%), HL(75%)                      |
| 18   | 63   | 75      | 178      | 1.5'     | CO        | II, III, aVF, V4-6                     | V3-6               | LMT(50%), LAD(95%), LCX(90%), RCA(75%) |
| 19   | 62   | 118     | 160      | 7'       | CP        | <u>aVL, V1-2</u> , II, III, aVF, V5-6  | V5-6               | LAD, LCX(100%)                         |
| 20   | 74   | 95      | 160      | 4.5'     | CP        | <u>aVL, V1</u> , I, II, III, aVF, V4-6 | V4-6               | LAD(90%), LCX(90%)                     |
| 21   | 58   | 103     | 128      | 7.5'     | SOB       | <u>V1-4</u> , I, II, III, aVF, V5-6    | V3-6               | LAD(75%), S(+)->LAD(>90%)              |
| 22   | 60   | 111     | 138      | 3'       | CP        | <u>V1-4</u> , II, III, aVF, V5-6       | V4-6               | LAD(90%), LCX(75%)                     |
| 23   | 52   | 143     | 140      | 7'       | CP        | <u>aVL, V1-4</u> , II, III, aVF, V5-6  | V2-6               | LAD(90%), S(+)                         |
| 24   | 53   | 104     | 156      | 3'       | ST↓       | V4-6                                   | V4-5               | LAD(100%), LCX(90%), RCA(75%), D1(90%) |
| 25   | 63   | 118     | 180      | 5'       | CO        | <u>aVL, V1</u> , II, III, aVF, V4-6    | V3-6               | RCA(90%), LAD(90%), LCX(99%), D1(90%)  |
| Mean | 56.8 | 112.0   | 158.1    | 4.9'     |           |  |                    |  |
| SD   | ±8.8 | ±15.1   | ±24.1    | ±2.1     |           |  |                    |  |



虚血性心疾患を負荷心電図からどこまで読めるか？

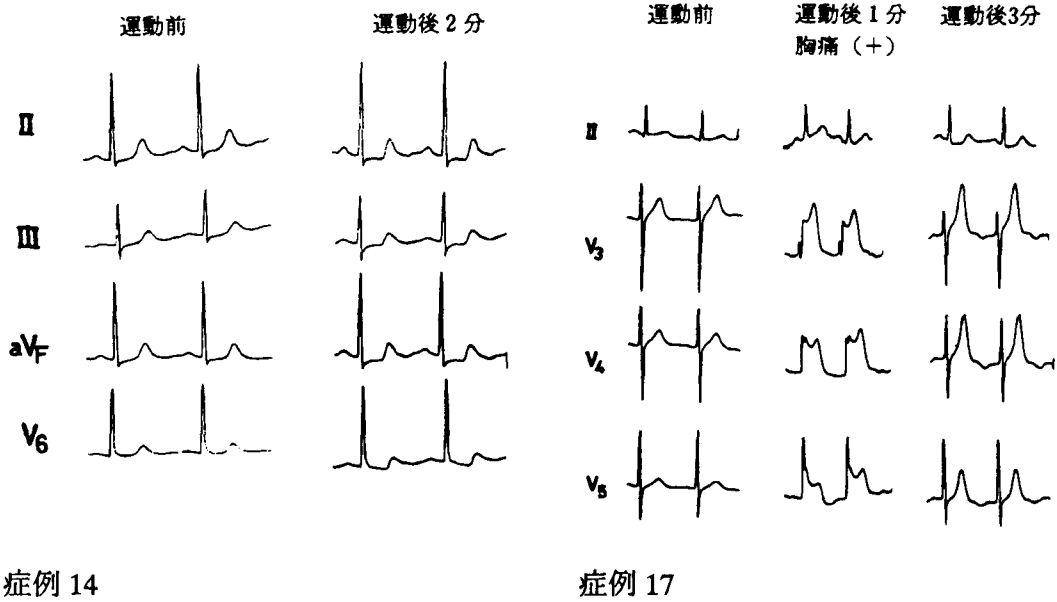


図-6 陰性U波出現例

狭心症76例のうち25例(32.9%)において心電図上運動終了直後ないし回復期初期に図-6に示すようなU波の一過性陰性化を認めた。この陰性U波の認められた狭心症群をA群、残りの陰性U波の認められなかった群をB群としてその臨床的背景について検討。A群の運動負荷および冠動脈造影所見は表-2に示す。また、A群とB群の運動負荷成績ならびに冠動脈造影所見の比較は表-3、心電図誘導別陰性U波出現例数は表-4にそれぞれ提示した。A・B両群の比較では冠動脈狭窄の程度はA群で有意に重症度が高く、運動負荷時胸痛の出現率、ST上昇出現率も同様に高かった。ただし、両群間の平均年齢や高血圧症の合併については差がなかった。さらに、陰性U波はその多くは主としてV4-6誘導を中心に出現したが、一部の例では肢誘導にも認められた。

陰性U波は狭心症群の32.9%に出現し、90%以上の冠動脈狭窄を背景に形成される低還流領域を反映する誘導で認められ、ST上昇、下降に関わらず局所心筋における貫壁性虚血の心電図徴候であり、重症狭心症のサインであると考えられた。従って、運動負荷時出現する陰性U波の臨床的意義は大きく、負荷心電図の判読に大いに貢献するものと思われた。

表-3 A群とB群の比較

|                 | HT=高血圧症, chest symp=胸部症状 |               |         |
|-----------------|--------------------------|---------------|---------|
|                 | GroupA (n=25)            | GroupB (n=51) |         |
| Age             | 56.8±8.8                 | 54.4±7.0      | N.S.    |
| HT              | 44% (11/25)              | 41% (21/51)   | N.S.    |
| Ex.dur. (min)   | 4.9±2.1                  | 7.1±2.4       | P<0.005 |
| Peak HR (bpm)   | 112.0±15.1               | 134.3±17.6    | P<0.005 |
| Peak SBP (mmHg) | 158.1±24.1               | 172.5±27.6    | N.S.    |
| Chest symp.     | 84% (21/25)              | 57% (29/51)   | P<0.005 |
| ST elevation    | 44% (11/25)              | 4% (2/51)     | P<0.005 |
| ≥90% narrowing  | 92% (23/25)              | 45% (23/51)   | P<0.005 |

表-4 心電図誘導別陰性U波出現例数

| I              | II             | III            | aV <sub>R</sub> | aV <sub>L</sub> | aV <sub>F</sub> |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0              | 5              | 5              | 0               | 1               | 5               |
| V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | V <sub>4</sub>  | V <sub>5</sub>  | V <sub>6</sub>  |
| 0              | 3              | 11             | 22              | 24              | 22              |

## おわりに

虚血性心疾患における古くも簡便な運動負荷試験の心電図情報について、これまで我々が行ってきた運動負荷試験、運動負荷心電図所見から得た知見、すなわち心電図ST偏位、運動時間、薬剤効果、及びこれらの相互関係、その他心電図所見などを用いて臨床現場の一助となるよう運動負荷心電図の読み方について再提示した。文頭にも述べたように、すべての人間は絶えず行動しており、心臓血管系に関する臨床症状の多くは運動に伴って惹起されることから、運動負荷試験は循環器病の診断には不可欠な検査である。しかも、虚血性心疾患では、運動負荷試験における心電図情報が極めて重要で、心電図ST偏位を読むことが診断そのものであった。近年、多くの新しい検査技術・検査機器の発達により運動負荷心電図診断が軽視されがちであるが、これほど簡便で患者に苦痛を与えることなく、多くの情報をもたらしてくれる検査は他にはないと言っても過言ではない。従って、さらに運動負荷心電図所見に関する研究が進み、臨床の現場で広く活用され続けること、保健指導やリハビリテーションの場でもこういった知識や技術がフルに活用されることを願ってやまない。

稿を終えるにあたり、本稿にて引用した論文及びその資料は心臓血管研究所において加藤和三前所長・飯沼宏之副所長のご指導の下、多くの研究員と共に行った研究の成果であることを明記し、深謝致します。また本稿の一部は第26回比較心電図研究会シンポジウムにて口演した。

## 参考・引用文献

- 1) Goldhammer S, Scherf D : Elektrokardiografische Untersuchungen bei Kranken mit Angina Pectoris. *Zschr Klin Med* 122 : 134, 1934
- 2) Selzer A et al : On the Interpretation of the Exercise Test. *Circulation* 58 : 193-195, 1978
- 3) 斎藤宗靖 : 心臓病と運動負荷心電図 中外医学社、1995
- 4) 山本真千子、飯沼宏之、加藤和三他 : Treadmill 負荷試験による抗狭心症薬の評価  
最新医学 41(2) : 429-431, 1986
- 5) Smokler P E, MacAlpin R N, Alvaro A and Kat-tus A A : Reproducibility of multi-stage near maximal treadmill test for exercise tolerance in angina pectoris. *Circulation*, 48 : 346, 1973
- 6) 山本真千子、麻野井英次、飯沼宏之、加藤和三他 : 労作狭心症を有する1枝病変例の運動負荷試験における特徴 *脈管学* 23(6) : 769, 1983
- 7) 麻野井英次、山本真千子、飯沼宏之、加藤和三他 : 狭心症の病型と各種抗狭心症薬の効果 *心臓* 15(11) : 1149-1158, 1983
- 8) Prinzmetal M, Kenamer R, Merliss R, Wada T, Bon N : Angina Pectoris, I.A Variant Form of Angina Pectoris *Am J Med* 29 : 375, 1959
- 9) Yasue H, Omote S, Takizawa A, Nagao M, Miwa K, Tanaka S : Circadian Variation of Exercise Capacity in Patients with Prinzmetal's Variant Angina, Role of Exercise-induced Coronary Arterial Spasm. *Circulation* 59:938, 1979
- 10) 麻野井英次、山本真千子、飯沼宏之、加藤和三他 : 狭心症におけるトレッドミル負荷試験中のST動揺現象について  
*心電図* 2(2) : 168-174, 1982
- 11) Lepeschkin E, Surawics B : Characteristics of True-Positive and False-Positive Results of Electrocardiographic Master Two-Step Exercise Tests. *New England J Med* 258:511, 1968
- 12) Gerson MC, Phillips JF, Morris SN, Mchenry PL : Exercise-induced U-wave Inversion as a Marker of Stenosis of the Left Anterior Descending Coronary Artery. *Circulation* 60 : 1014, 1979
- 13) 山本真千子、伝 隆泰、麻野井英次、飯沼宏之、加藤和三他 : 労作狭心症における運動負荷時一過性にみられる陰性U波の臨床的意義 *心電図* 5(3) : 383-389, 1985