Holter 心電図における ST 下降の新しい評価法

白井徹郎* 末武裕美子* 井上 清*

Holter 心電図にて認められる ST 下降が虚血性か否かを鑑別するための新しい方法につき検討した。対象は近接した時期に Holter および treadmill 負荷心電図、CAG を施行し得た27例である。全例 Holter 心電図では従来の虚血性とする1mm以上かつ1分間以上持続する水平型あるいは下降型 ST 下降を認め、treadmill 負荷にても有意な ST 下降を認めた。ST 下降の評価は心拍数と ST 下降レベルの関係の経時的变化から得られる HR-ST ループの回転方向により行った。症状の有無にかかわらず14例は時計方向回転(CR)、13例は反時計方向回転(CCR)を示した。CR を示した14例は、全例 treadmill 負荷時にも CR を示し、CAG 上有意狭窄病変を有していた。一方、CCR を示した13例中11例では treadmill 負荷時にも CCR となり、CAG 上有意狭窄は認められなかった。

HR-ST ループは、Holter 心電図における ST 下降が虚血性か否かの鑑別に有用と考えられた。
(心電図12: No.6, 732~738, 1992)

冠動脈疾患例において Holter 心電図にて無症候性心筋虚血を認めた場合は、将来 PTCA あるいは冠動脈バイパス術を必要とする率や心筋梗塞発生率および死亡率が高いことが報告され^{1)~6)}、無症候性心筋虚血が独立した一つの予後推定因子となるのではないかと注目されている。しかし、一方では

Holter 心電図により検出される ST 下降は必ずしも真の心筋虚血の存在を反映せず、体位変換、心拍数、基線の揺れなどの影響により生じることも知られている^{7)~9)}。したがって、どのような基準を満たす ST 下降が果たして真の心筋虚血を反映しているかが問題となってくる。現在最も多く用いられている判定方法は、ST 下降の型(水平型あるいは下降型)、ST 下降レベル(1mm以上)、ST 下降の持続時間(30秒あるいは1分間以上)を参考にするものである。しかし実際には、このような虚血性とする基準を満たす ST 下降のなかにも非虚血性変化と思われる例を経験するこ

Key Words

- ホルター心電図
- ST 下降
- 心筋虚血
- HR-ST ループ

* 東京警察病院循環器センター
(〒102 東京都千代田区富士見2-10-41)

A new criteria for assessing ST segment depression in Holter ECG
Tetsuro Shirai, Yumiko Suetake, Kiyoshi Inoue

1992年3月18日 原稿受領/1992年6月29日 掲載承認

とも少なくない。そこで今回われわれは、運動負荷の ST 下降の評価に用いられている HR-ST ループ^{10),11)}を応用し、Holter 心電図における ST 下降の新しい評価を試みたので報告する。

I. 方 法

対象はなんらかの胸部症状を有し、非治療時同時期(約 1 ヶ月以内)に Holter 心電図、treadmill 運動負荷心電図、冠動脈造影を施行し得た 27 例(男 22 例、女 5 例、年齢は 36~76 歳、平均 55 ± 11 歳)である。Holter 心電図はすべて外来にて施行した。全例で Holter 心電図にて従来の虚血性変化^{2),4)~6)}とする 1 分間以上持続する 1 mm 以上(J-80msec にて測定)の水平あるいは下降型 ST 下降を認め、かつ treadmill 運動負荷心電図にても 1 mm 以上(J-80msec にて測定)の ST 下降を認めた。

今回新しく ST 下降の評価に用いた指標は、心拍数(HR)と ST 下降レベル(ST)の変化の経時的関係から得られる HR-ST ループである。HR-ST ループは図 1 に示すように心拍数を横軸に、各々の心拍数に対応する ST 下降レベルを縦軸にとり作成した。実際には Holter 心電図にて上記の基準、すなわち 1 分間以上持続する 1 mm 以上の ST 下降を認めた場合には、ST 下降出現直前から回復するまでの間の実時間心電図を 30 秒ごとに記録した。心拍数は連続する 5 拍の洞調律の

図 1 HR-ST ループ

矢印の方向は、ST 下降および ST 下降の回復が進む方向を示している。

平均より求め、ST 下降レベルは J-80msec にて実測した。HR-ST ループの作成には原則として 1 分ごとの心拍数と ST 下降レベルを用い、心拍数と ST 下降レベルが急速に大きく変化する部分では 30 秒ごとの数値を用いた。しかし、同程度の心拍数および ST 下降レベルが持続する場合、基線の揺れが大きく ST 下降レベルの正確な測定ができないなどの理由により、ループのプロット間隔が粗になる場合を認めた。ST の評価に用いた誘導は全例 CM5 誘導である。

Treadmill 運動負荷心電図は修正 Bruce 法にて行い、運動終了点は 2 mm 以上の ST 下降、胸痛、重症心室性不整脈、収縮期血圧 250 mmHg 以上、下肢の疲れのいずれかとした。運動負荷時にも Holter 心電図と同様の方法にて HR-ST ループを作成した。

実際には負荷中、負荷終了後の回復期とも 1 分ごとに心拍数と ST 下降レベルを求めグラフ上にプロットした。各々の心拍数と ST 下降レベルは各 1 分間終了前の 16 拍の洞調律の平均から求めた。ST 下降レベルは、基線の揺れが大きくないかぎりでは自動計測とした。用いた誘導は、III と aV_R 誘導を除く最大 ST 下降を示した誘導とした。

使用した装置は、Holter 心電図は ICR 社製 7200 型記録機と 6201 型解析機、およびフクダ社製 SM-26 記録機と Reynolds Medical 社製 Pathfinder 解析機で、treadmill 負荷心電図は Marquette 社製 Case-II である。

冠動脈造影は Judkins 法にて行い、75% 以上を有意狭窄病変とした。

II. 結 果

1. Holter 心電図における HR-ST ループ

Holter 心電図施行中に出現した ST 下降レベルは 1 から 4 mm、平均 1.7 ± 0.7 mm、ST 下降持続時間は 3 から 24 分、平均 8.2 ± 4.1 分で、その際の HR-ST ループの型は大きく二つに分類可能であった。一つは最大 ST 下降レベルより時計方向に回りながら基線に戻る

場合と、他の一つは反時計方向に回りながら ST が基線に戻る場合とである。以下前者を時計方向回転(clockwise rotation: CR)、後者を反時計方向回転(counterclockwise rotation: CCR)とした。

症候性 ST 下降は 9 例に、無症候性 ST 下降は 25 例に認められ、7 例では両者を認めた(1 例あたりの平均 ST 下降回数は 1.4 ± 0.8 回)。各々の HR-ST ループの回転方向は、症候性 ST 下降 9 例中 6 例は CR、3 例は CCR を示し、無症候性 ST 下降 25 例中 13 例は CR、12 例は CCR を示した(表 1)。症候性と無症候性の両者を認めた 7 例では、症状の有無にかかわらず全例で HR-ST ループの回転方向は一致しており、5 例では CR、2 例では CCR を示した。したがって、症状の有無とは関係なく 14 例が CR、13 例が CCR を示していたことになる。なお、ST 下降時の最大心拍数は 104.8 ± 25.9 bpm で、運動負荷時の最大心拍数 128.9 ± 22.9 bpm に比し有意に低値であった。

2. Treadmill 運動負荷試験時の HR-ST ループ

27 例全例で treadmill 運動負荷時 1 mm 以

表 1 Holter 心電図にて認められた ST 下降時の自覚症状の有無と HR-ST ループの回転方向

対象 27 例中症候性 ST 下降は 9 例、無症候性 ST 下降は 25 例に認めた。うち 7 例は症候性と無症候性の両者を有しており、同一例でのループの回転方向は症状の有無にかかわらず一致していた(CR5 例, CCR2 例)。したがって、CR および CCR を示した延べ例数から重複した数を除いた例数が実際の症例数となる(CR14 例, CCR13 例となる)。

CR: 時計方向回転, CCR: 反時計方向回転

上の有意な ST 下降を認めた。その際の HR-ST ループの回転方向は、16 例が CR、11 例が CCR を示した。

3. HR-ST ループの回転方向に関する Holter 心電図と treadmill 運動負荷心電図との対比検討

症状の有無にかかわらず Holter 心電図にて HR-ST ループが CR を示した例は 14 例、CCR を示した例は 13 例に認められた。表 2 に示すように Holter 心電図にて CR を示した 14 例全例で、treadmill 運動負荷時の HR-ST ループにても CR を示した。CCR を示した 13 例では、11 例が同様に CCR を示したが、2 例では CR を示した。

4. Holter 心電図における HR-ST ループの回転方向と冠動脈造影所見との対比検討

冠動脈造影上 75% 以上の狭窄を有意狭窄とした場合、27 例中 16 例に有意狭窄病変が認められた。病変枝数別にみると、一枝病変が 9 例、二枝病変が 4 例、三枝病変が 3 例に認められた。HR-ST ループの回転方向と冠動脈有意狭窄病変の有無との関連についてみると、表 3 に示すように HR-ST ループの回転方向が CR を示した 14 例全例で、冠動脈造影上有意狭窄病変が認められた。一方、CCR を示した 13 例では 11 例で有意狭窄病変は認められず、2 例でのみ有意狭窄病変を認めた。2 例中 1 例は右冠動脈の、他の 1 例は左前下行枝の一枝病変であった。なお、これら 2 例の treadmill 運動負荷における HR-ST ループ

表 2 Holter 心電図と treadmill 運動負荷心電図における HR-ST ループの対比検討

CR: 時計方向回転, CCR: 反時計方向回転

表3 Holter 心電図にて認められた HR-ST ループの回転方向と冠動脈狭窄の有無との関連

Holter	CR n=14		CCR n=13	
CAG	狭窄(+)	狭窄(-)	狭窄(+)	狭窄(-)
	n=14	n=0	n=2	n=11

CR：時計方向回転，CCR：反時計方向回転

はいずれも CR に示していた。

図2は労作性狭心症例と胸痛精査の目的で入院した例の HR-ST ループ，ST 下降時の ST トレンドグラム，最大 ST 下降時の実記録心電図である。前者は左前下行枝と回旋枝に有意狭窄をもつ二枝病変例，後者は正常冠動脈例である。ともに 1 mm 以上の下降型 ST 下降および spike type¹²⁾の ST トレンドグラムを示していた。したがって，これからは虚血性・非虚血性の鑑別は困難であるが，HR-ST ループは前者が CR，後者が CCR と

明らかに異なっていた。

III. 考 察

Holter 心電図記録中に出現する ST 下降が虚血性か否かの鑑別は，臨床上きわめて重要である。特に無症候性心筋虚血の診断は困難であるのに対し，それを有する例と有さない例とでは心筋梗塞，安定狭心症，不安定狭心症のいずれにおいても予後に差があり重要となっている^{1)~6)}。これらの報告における虚血性 ST の判定基準は，大部分が ST 下降の型・下降レベル・下降の持続時間によっている。具体的には下降の型が水平型あるいは下降型で，1mm 以上かつ 1 分間以上持続するものが虚血性とされている^{2),4)~6)}。一部では 30 秒以上持続すれば虚血性としている報告^{1),3)}もみられている。しかし，今回のわれわれの検討では冠動脈造影上有意な狭窄病変を認めず，Holter 心電図上虚血性とする上記の基準を満たす例が 11 例認められた。したがって，

図2 図左は63歳，男性，労作狭心症，二枝病変例，右は37歳，女性，正常冠動脈例
上段より，HR-ST ループ，ST 下降時のトレンドグラム，最大 ST 下降時の実記録心電図を示す。
実記録心電図はともに 1 mm 以上の下降型 ST 下降を示し，トレンドグラムもともに冠動脈疾患例でみられる spike type¹²⁾を呈している。しかし HR-ST ループは異なり，狭心症例では時計方向回転(CR)，正常冠動脈例では反時計方向回転(CCR)を示している。

Holter 心電図における ST 下降の評価を上記の基準のみに行う場合、非虚血性変化を虚血性と判定する可能性が示唆された。

そのような観点から、今回われわれは Holter 心電図にて認められる ST 下降評価の新しい指標として HR-ST ループを用いてみた。HR-ST ループは運動負荷時に認められる ST 下降の評価に用いられているもので、最大 ST 下降レベルからの ST 回復の過程の回転方向にて虚血性か否かの判定を行っている。今回の検討も同様の方法にて Holter 心電図にて出現した ST 下降の評価を行った。

その結果、最大にまで下降した ST レベルが回復するパターンは大きく 2 種類に分かれた。一つは心拍数の戻りに対し ST 下降の回復が遅れるもので、その結果 HR-ST ループは時計方向回転を示す。他の一つは心拍数の戻りよりも ST 下降の回復の速度が速いもので、その結果 HR-ST ループは反時計方向回転を示す。これらの回転方向の違いにより虚血性・非虚血性との鑑別が可能か否かにつき検討した。

第一は treadmill 運動負荷試験との対比である。Holter 心電図での HR-ST ループが時計方向回転を示した 14 例では、全例運動負荷時の HR-ST ループも時計方向回転を示していた。そして、Holter 心電図にて反時計方向回転を示した 13 例中 11 例は運動負荷にても反時計方向回転を示した。

ここで運動負荷時の HR-ST ループの回転方向の意義に関する報告を参考にすると、時計方向回転を示す場合(ただし、Okin ら¹⁰⁾のように ST 下降レベルを縦軸のプラス側にとると反時計方向回転となる)は、出現した ST 下降が虚血性、逆に反時計方向回転を示す場合は非虚血性と考えられている^{10),11)}。これらの運動負荷時の HR-ST ループの結果をそのまま今回の検討にあてはめると、時計方向回転は虚血性、反時計方向回転は非虚血性と考えられる。

しかし、運動負荷と Holter 心電図におけ

る ST 下降の病態生理は同様であろうか。両者を対比させた検討¹³⁾では、Holter 心電図にて ST 下降を認める例の大部分では運動負荷にても ST 下降を認め、逆に運動負荷にて ST 下降を認めない例では、Holter 心電図にても ST 下降を認めることはまれであるとしている。したがって、心筋虚血の発生に冠動脈スパズムあるいは冠動脈血栓などが関与するような特殊な例を除けば、運動負荷および Holter 心電図における ST 下降はいずれも心拍数の増加を伴っており、両者の ST 下降の機序は同様であるとしている。このような観点に立つと、Holter 心電図で認める心拍数の増加を伴う HR-ST ループの解釈は運動負荷時と同様になると考えられる。今回対象とした ST 下降は全例で心拍数の増加を伴っていた。

第二は、冠動脈造影との対比である。Holter 心電図における HR-ST ループの回転方向が時計方向であった 14 例は、すべて冠動脈造影上有意狭窄病変を有しており、逆に反時計方向回転を示した 13 例中 11 例では冠動脈造影上有意狭窄病変を示さなかった。このことから時計方向回転を示す ST 下降は心筋虚血によると考えられ、反時計方向回転の場合は非虚血性の可能性が高いと考えられる。

したがって、今回用いた HR-ST ループは Holter 心電図記録中に出現する ST 下降の鑑別診断にも有用であると考えられる。ループの回転方向が時計方向回転を示したときは虚血性、反時計方向回転を示した場合は非虚血性と判定される。

一方、本研究の限界として Holter 心電図における ST 下降出現時に、実際に心筋虚血が存在したか否かの証明がない点があげられる。

第一の問題点は反時計方向回転を示した 13 例中 2 例で、冠動脈造影上有意狭窄病変を認めたことである。この 2 例の運動負荷時 HR-ST ループは虚血性を示す時計方向回転を示していた。したがって、心拍数の増加を伴う

ST 下降でもループの回転方向が異なる場合は、認められた ST 下降の機序が異なる可能性が考えられた。冠動脈疾患例で虚血以外の要因にて心拍数の上昇を伴い 1 mm 以上の水平型あるいは下降型の ST 下降を示すことは決してまれではないと考えられる¹⁴⁾。しかし、虚血の程度、心拍数および血圧の変動の程度などにより虚血性 ST 下降においても反時計方向回転を示す可能性は否定できない。冠動脈疾患例における反時計方向回転の解釈は今後さらに検討すべきと思われる。

第二の問題点は症候性 ST 下降時反時計方向回転を示した 3 例の取り扱いである。この 3 例の冠動脈造影所見は正常で、運動負荷時の HR-ST ループは反時計方向回転を示した。したがって一般には非虚血性変化と考えられる。冠動脈疾患を否定された胸部症状を有する例で、Holter 心電図にて水平型あるいは下降型を示す例の報告¹⁵⁾は認められる。しかし、概念的には胸部症状を有し、かつ虚血性を疑わせる ST 下降を認めることから syndrome X と診断される。Syndrome X について 1967 年の Likoff らの報告¹⁶⁾以来数多くの研究がなされているが、現在においても、その成因は明らかとなっていない¹⁷⁾。その理由としては、従来の報告には種々の病態が混在しているためと考えられる¹⁷⁾。したがって、この 3 例が syndrome X に含まれるとしても、ST 下降が虚血性か否かは明らかでない。

最後に、このように虚血性と非虚血性とのループの回転方向が異なってくる原因はなんだろうか。本研究からその機序を明らかにすることはできない。運動負荷時の HR-ST ループの解釈では、負荷中の ST 下降程度は心筋の酸素需要量、すなわち心拍数と直線関係にある。しかし運動終了直後の回復早期では、負荷中の同程度の心拍数から予測される ST 下降レベルより実際の ST 下降レベルは大きくなる。これは運動終了により心筋の酸素需要量は急速に減少するが、心内膜下に生じた心筋虚血の状態はしばらく残存するこ

とによると推測している¹⁰⁾。その結果 HR-ST ループは時計方向回転を示すと考えられている。

一方、非虚血性の場合は自律神経系などの影響によるため虚血性とは異なる HR-ST ループを示すのではないかと推測されるが、今回の検討あるいは従来の報告でも明らかな機序の説明はなされていない。Armstrong ら¹⁸⁾も正常人で認められる Holter 心電図における水平型あるいは下降型の ST 下降の成因として自律神経系の関与を推定しているが、証明は得られていない。

IV. ま と め

Holter 心電図における虚血性 ST 下降の基準とされる、1 mm 以上かつ 1 分間以上持続する水平型あるいは下降型 ST 下降のなかにも非虚血性変化と思われるものが含まれていた。ST 下降の鑑別診断の際、HR-ST ループの回転方向を検討項目に加えることで虚血性か否かの判定に有用であると考えられた。

HR-ST ループは Holter 心電図における ST 下降の新しい評価法として臨床的に有用と考えられた。

本論文の要旨は第 54 回日本循環器学会学術集会にて発表した。

〔文 献〕

- 1) Rocco MB, Nabel EG, Campbell S, Goldman L, Barry J, Mead K, Selwyn AP : Prognostic importance of myocardial ischemia detected by ambulatory monitoring in patients with stable coronary artery disease. *Circulation* 78 : 877, 1988
- 2) Deedwania PC, Carbajal EV : Silent ischemia during daily life is an independent predictor of mortality in stable angina. *Circulation* 81 : 748, 1990
- 3) Nademanee K, Intarachot V, Josephson MA, Rieders D, Mody FV, Singh BN : Prognostic significance of silent myocardial ischemia in

- patients with unstable angina. *J Am Coll Cardiol* 10 : 1, 1987
- 4) Gottlieb SO, Weisfeldt ML, Ouyang P, Mellits D, Gerstenblith G : Silent ischemia as a marker for early unfavorable outcomes in patients with unstable angina. *N Eng J Med* 314 : 1214, 1986
 - 5) Tzivoni D, Gavish A, Zin D, Gottlieb S, Moriei M, Keren A, Banai S, Stern S : Prognostic significance of ischemic episodes in patients with previous myocardial infarction. *Am J Cardiol* 62 : 661, 1988
 - 6) Gottlieb SO, Gottlieb SH, Achuff SC, Baumgardner R, Mellits D, Weisfeldt ML, Gerstenblith G : Silent ischemia on Holter monitoring predicts mortality in high-risk postinfarction patients. *JAMA* 259 : 1030, 1988
 - 7) Hinkle LE, Meyer J, Stevens M, Carver ST : Tape recordings of the ECG of active men : limitations and advantages of the Holter-avionics instruments. *Circulation* 36 : 752, 1967
 - 8) Krasnow AZ, Bloomfield DK : Artifacts in portable electrocardiographic monitoring. *Am Heart J* 91 : 349, 1976
 - 9) Deanfield JE, Ribiero P, Oakley K, Krikler S, Selwyn AP : Analysis of ST-segment changes in normal subjects : Implication for ambulatory monitoring in angina pectoris. *Am Cardiol* 54 : 1321, 1984
 - 10) Okin PM, Ameisen O, Kligfield P : Recovery-phase patterns of ST segment depression in the heart rate domain. Identification of coronary artery disease by the rare-recovery loop. *Circulation* 80 : 533, 1989
 - 11) 川久保清, 大城雅也, 戸田為久, 中島敏明, 三輪篤子, 岡井容子, 井上 博, 飯塚昌彦, 杉本恒明 : トレッドミル負荷試験時の HR-ST ループによる冠動脈硬化症の存在診断と重症度診断. *心電図* 9 : 293, 1989
 - 12) 矢永尚士, 上野照紀, 市丸雄平, 児玉泰幸, 矢野健一, 畑 洋一, 市丸みどり, 畑 知二, 岡本健次, 大塚邦明 : Holter 心電図による心筋虚血の診断. *心電図* 6 : 139, 1986
 - 13) Mulcahy D, Keegan J, Sparrow J, Park A, Wright C, Fox K : Ischemia in the ambulatory setting-tre total ischemic burden : Relation to exercise testing and investigaive and therapeutic implications. *JACC* 14 : 1166, 1989
 - 14) 田辺晃久, 本間康彦, 兼本成斌, 日本原茂雄, 五島雄一郎 : ホルター心電図法における虚血 ST-T 変化と体位変換 ST-T 変化の鑑別に関する研究. *日内会誌* 73 : 323, 1983
 - 15) Tzivoni D, Stern Z, Keren A, Stern S : Electrocardiographic chracteristicis of neurocirculatory asthenia during every day activities. *Br Heart J* 44 : 426, 1980
 - 16) Likoff W, Segal BL, Kasparian H : Paradox of normal selective coronary arteriograms in patients considered to have unmist akable coronary heart disease. *N Engl J Med* 276 : 1068, 1967
 - 17) Cannon III RO, Camici PG, Epstein SE : Pathophysiological dilemma of syndrome X. *Circulation* 85 : 883, 1992
 - 18) Armstrong WF, Jordan JW, Morris SN, McHenry PL : Prevalence and magnitude of S-T segment and T wave abnormalities in normal men during continuous ambulatory electrocardiography. *Am J Cardiol* 49 : 1638, 1982