運動負荷心電図 ST, R波, Q波の判定基準の比較

里村公生* 水野杏一** 渋谷利雄*
荒川 宏* 栗田 明* 中村治雄*

トレッドミル (TM) テストと冠動脈造影を施行した93例を対象に, ST, R波, Q波の運動負荷試験の判定基準としての有用性およびQ波と心室中隔の灌流障害との関係を検討した。ST (V_s) は sensitivity 75%, specificity 76%と良好だったが, R波, Q波の判定基準は問題があった。しかし ST の基準をもとにR波, Q波の基準を加えると, 補足的に発見率を高めることができた。TM によるQ波 (V_s) の変動を調べたところ, 冠動脈狭窄群 ($VD \geq 70\%$) にQ波の変動の少ない例が多かった。左前下行枝と右冠動脈に Gensini score を用いて冠動脈狭窄の程度をみると, Q波による陽性群の方が高値を示した (陽性群: 11.65 ± 2.36 , 陰性群: 5.80 ± 1.72 , ns)。以上運動負荷試験の判定基準として ST は良好だが, R波, Q波の単独使用は問題があった。しかし 3 者の組み合わせ方により発見率を高めることができた。TM によるQ波 (V_s) の変動の少ない群に, 心室中隔の灌流障害が強い傾向がみられた。

Exercise electrocardiography. The comparison of criteria in ST segment, R wave and Q wave. Kimio Satomura*, Kyoichi Mizuno**, Toshio Shibuya*, Ko Arakawa*, Akira, Kurita*, Haruo Nakamura* *The first department of medicine, **The department of emergency, National Defense Medical College

運動負荷試験による冠動脈狭窄の診断には, 心電図変化が重要な役割をはたしている。中でも ST 変化は従来より心筋虚血の目安として用いられてきた。しかし最近 R波, Q波の変動にも注目され, これらを用いることにより診断率が高まるとの報告がある^{1)~4)}。そこで我々は, ST, R波, Q波の単独およびそれらの組み合わせが, 冠動脈狭窄の発見にどの位有効かを検討した。

I. 対象と方法

対象は狭心症状あるいは胸痛などを訴えトレッドミル (TM) テストと冠動脈造影 (CAG) を施行した93例 (男64例, 女29例, 32~69歳) である。心筋梗塞, 心臓弁膜症, 興奮伝導異常, 安静時心

電図の明らかな ST 降下例は除外した。CAG は TM テスト施行後 1 カ月以内に Judkins または Sones 法により行い, 主要冠動脈の70%以上の狭窄を有意とした。93例中36例 (男32例, 女4例, 39~69歳) が冠動脈狭窄 (CAD) 群であり, その内訳は1枝障害18例, 2枝障害12例, 3枝障害6例であった。一方, 有意な冠動脈狭窄をもたない非狭窄 (NL) 群は57例 (男32例, 女25例, 32~64歳) であった。TM テストは Delmar 社の装置 (P-101) を用い Ellestad 法⁵⁾に従って施行した。心電図誘導は Marquette CaseTM による各ステージ毎の標準12誘導および V_1 , V_5 , aV_F のコンピュータ処理を用い, すべて立位の状態で負荷中止後 5 分まで記録した。血圧は Korotkoff 法で 1 分毎に測

(1984年12月3日 原稿受領)

*防衛医科大学第一内科
**防衛医科大学救急部
(〒359 埼玉県所沢市並木3丁目2番地)

Keywords

exercise electrocardiography
Q wave
Gensini score

表1 STseg, R波, Q波による Sensitivity, Specificity, Predictive value の比較
Marquette Case™

	Sensitivity	Specificity	Predictive value(%)
ST V _s	75	76	66
aVF	78	71	62
R波(V _s)	59	41	39
Q波(V _s)	81	31	42

定した。TM テストの中止基準は年齢別最大心拍数の 85% を目標とし、一般的中止基準に従った。なお TM テストの施行に際しては、ニトログリセリン錠舌下投与を除く抗狭心剤や TM テストに影響を及ぼす恐れのある薬剤は、3 日前より投与を中止した。

TM テスト陽性基準：ST 降下に関しては、J 点から 0.08" で QRS の起始点を結ぶ線からの降下度を mm で表わし、Horizontal, Downsloping 型では 1.0 mm 以上、Upsloping 型では 1.5 mm 以上を陽性とした。R 波、Q 波も QRS の起始点を結ぶ線からの偏位を計測し、安静時と比較して最大運動負荷時の値が、R 波に関しては V_s で増高または不変を陽性、Q 波に関しては V_s で 0.5 mm 以上増高しなかったものを陽性とした。

II. 結 果

CAD 群 36 例のうち TM テストによる陽性例は、ST を基準にすると V_s で 27 例、aV_F も加えると 28 例となり、R 波基準で 22 例、Q 波基準で 29 例だった。一方 NL 群 57 例をみると TM テストによる陰性例は ST を基準にすると V_s で 44 例、aV_F も加えると 41 例であり、R 波基準で 24 例、Q 波基準で 18 例だった。以上の結果より sensitivity (true positive/true positive+false negative), specificity (true negative/true negative+false positive), positive test の predictive value (true positive/true positive+false positive) を求めると表 1 のようになった。すなわち ST の基準では、V_s でみると sensitivity 75%, specificity 76% と共に良好であり、aV_F の ST 降下も加えると V_s のみに比べ sensitivity は 78% とやや高くなるが specificity は 71% と軽度低くなった。R 波では sensitivity, specificity とともに ST に比べ低く、Q 波

図1 診断基準の組み合わせによる比較
ST and R and Q : ST, R波, Q波のすべての基準を満たせば陽性
ST or R or Q : ST, R波, Q波の1つでも基準を満たせば陽性
ST, R波, Q波の判定基準の組み合わせでは, sensitivity と specificity で開きが大きいものが多い。

では sensitivity は高かったが specificity が低かった。Positive test に対する predictive value では、R 波、Q 波は ST に比べ著しく低かった。次に V_s の ST, R 波、Q 波の 3 者または 2 者の組み合わせを図 1 に示す。3 者すべてを満たせば陽性 (ST and R and Q) とすると specificity は 91% と高かったが、sensitivity は 39% と低かった。一方、3 者のうち 1 つでも満たせば陽性 (ST or R or Q) とすると sensitivity は 97% と高かったが、specificity は 19% と低くなり開きが大きかった。また ST, R 波、Q 波のうち 2 者の組み合わせを検討したところ、R 波と Q 波を満たせば陽性 (R and Q) とすると sensitivity 50%, specificity 57% と開きは少いが、ST 単独の判定基準に比べ劣った。他の組み合わせでは sensitivity と specificity の開きが大きいものが多かった。冠動脈障害頻度による

表2 STの判定基準による分類

I) ST陽性(+)の場合

	CAD群	NL群	predictive value (positive test)
ST(+)	27例	14例	66%
R波(+) Q波(+)	12	3	80
R波(+) Q波(-)	2	2	50
R波(-) Q波(+)	11	5	69
R波(-) Q波(-)	2	4	33

II) ST陰性(-)の場合

	CAD群	NL群	predictive value (negative test)
ST(-)	9例	43例	83%
R波(+) Q波(+)	6	21	78
R波(+) Q波(-)	1	7	87
R波(-) Q波(+)	1	10	91
R波(-) Q波(-)	1	5	83

+ : positive exercise test - : negative exercise test

sensitivityの比較を図2に示す。STでは1枝障害67%,多枝障害83%と冠動脈障害頻度が高くなるとsensitivityも高くなる。しかしR波、Q波ではその傾向はみられなかった。

表2にSTの判定基準を用いた陽性例、陰性例のpredictive valueを示す。ST陽性例のCAD群であるpredictive valueは66%である。ST陽性例のなかでR波、Q波とも陽性基準を満たしたもののpredictive valueは80%となり、CAD群である確率は更に高くなる。しかしST陽性例でもR波、Q波とも陰性のときはpositive testのpredictive valueは33%と著しく低くなった。一方、ST陰性例のNL群であるpredictive value(true negative/true negative+false negative)は83%である。ST陰性例のなかでR波、Q波とも陽性基準を満たしたもののNL群である確率は78%と軽度低くなった。

運動負荷によるQ波の変動を図3に示す。Q波高を安静時と最大負荷時で分類するとNL群では0.5mm未満が安静時46例(81%),最大負荷時31例(54%)だった。一方、CAD群では0.5mm未満が安静時25例(69%),最大負荷時23例(64%)となり、運動負荷によるQ波の変動がCAD群で少いことが示された。次に心室中隔の血流に関与

図2 冠動脈障害頻度によるSensitivityの比較

STの判定基準では冠動脈障害頻度が高くなるとsensitivityも高くなる。しかしR波、Q波ではその傾向はみられない。

する右冠動脈と左前下行枝の狭窄をGensini score⁹⁾を用い、Q波の変化と心室中隔の灌流障害に

図3 運動負荷によるQ波の変動
RestとMaximum exercise (Max)を比較するとTMによるQ波の変動がCAD群で少い。

ついて検討した。この score は点数が高い程狭窄の程度は強いことを意味している。Q波によるTMテスト陽性群で score は 11.65 ± 2.36 (mean $\pm$ SEM), 陰性群で 5.80 ± 1.72 となり, Q波があまり変動しない例, すなわち陽性群では右冠動脈と左前下行枝の狭窄度が強い傾向を示したが有意ではなかった。

III. 考 案

運動負荷試験による冠動脈狭窄の診断には心電図変化が重要な役割をはたしている。Downsloping型, Horizontal型, ST降下などは心内膜下の虚血を表わすとされ, 従来より運動負荷試験の判定基準とされてきた⁷⁾。しかし最近ではR波やQ波の変化にも注目され, これらも運動負荷試験の判定基準として有用であるとの報告がある¹¹⁻¹⁴⁾。

1978年 Bonoris ら¹¹⁾は, TMテストの際のCM_s誘導でのR波高の増高または不変を異常反応とし負荷テスト陽性とする, R波を用いた診断率はSTのそれに比べ sensitivity, specificityとも有意に高値であると報告した。以来運動負荷時のR波高の変化による冠動脈疾患診断の有用性につき, いくつかの報告がなされている²⁾³⁾。運動負荷時のR波高増大の機序につき Bonoris らは Bro-

図4 Gensini ScoreによるQ波の比較
TMでQ波があまり変動しない例, すなわち陽性群では左前下行枝と右冠動脈の狭窄度が強い傾向を示す。

dy効果⁹⁾をあげている。すなわち狭心症発作時は一過性の左心不全状態となり, LVEDVの増加がおこり, これがR波高を増大させていると推測している。Mizuno ら⁹⁾によると30~40 mlの造影剤注入によるLVGの際, RV_s波の増高とLVEDPおよびLVEDVの増加の良い相関を認めている。

今回の研究ではR波による判定基準を用いると sensitivity 59%, specificity 41%であり, STの判定基準に比べるとかなり低く, R波単独での診断は無理と思われた。また冠動脈障害頻度で比べても, STの判定基準では1枝障害例67%, 多枝障害例83%と障害頻度が高くなるにつれ sensitivity も高くなるが, R波では障害頻度が高くなっても sensitivity は高くならなかった。

Maralus-Ballejo ら⁴⁾は冠動脈狭窄群50例と正常群50例を対象にTMテストを施行し, septal Q (CM_s)の変動とST降下との比較を行った。それによると正常群では負荷によるQ波の増高が大きだが, 冠動脈狭窄群では安静時, 負荷直後とも absent Q または embryonic Q (0.5 mm) が多く, 運動負荷により0.5 mm以上Q波 (CM_s) 高が増大

しないものを異常反応とし負荷テスト陽性とした場合、sensitivity 82%, specificity 88%となりSTの判定基準より良い結果を得られたと報告している。

我々はV₅誘導でTMテストによるQ波高の変動を調べたところ、NL群では0.5 mm未満のQ波は安静時で81%であるが負荷後には54%となり、運動負荷によりQ波が増大する傾向がみられた。これに対しCAD群では0.5 mm未満のQ波は安静時で69%であるが負荷後も64%であり、運動負荷によるQ波の変動は少なかった。しかしMaralus-Ballejoら⁴⁾の報告するような冠動脈狭窄群と正常群の間にみられるQ波高の変動の著しい違いは、我々には認められなかった。運動負荷試験の判定基準でもsensitivityは81%であったがspecificityは31%と低いので診断的価値はSTに比べ低いと思われる。

冠動脈疾患群で運動負荷によりQ波が変動しない機序はseptal fibrosisによるものと推測されている¹⁰⁾。Famularoら¹¹⁾はTMテストによるQ波の変動とCAG所見を検討したところ、左前下行枝狭窄例では負荷によりQ波の増大した例は皆無であり、Q波の変化と心室中隔の虚血との関係を示唆している。一般に心室中隔の血流は左前下行枝ばかりでなく右冠動脈も関与している¹²⁾ので、心室中隔に灌流する動脈（左前下行枝+右冠動脈）の狭窄度をGensini score⁶⁾で表わした。Q波が運動負荷により0.5 mm以上増高した時のscoreが 5.80 ± 1.72 であるのに対し、0.5 mm未満のあまり変化しない群のscoreは 11.65 ± 2.36 と高値を示した。運動負荷によりQ波があまり変化しない例、すなわち陽性例の方が冠動脈狭窄が重症で、心室中隔への灌流障害が強く、中隔の虚血とQ波の変化との関係が示唆されたが有意ではなかった。

運動負荷心電図試験の判定基準にはST変化が最も重要とされている。しかし基準を厳しくすればspecificityは良好となるがsensitivityは不良となり、基準を緩めれば逆の結果となり、両者とも良好な基準が望まれる。我々はST降下をJ点から0.08"でHorizontal, Downsloping型では1.0 mm, Upsloping型では1.5 mmを陽性としたところV₅でみるとsensitivity 75%, specificity 76%と共に良好な成績を示した。しかしR波、Q

波の判定基準を組合わせたところ、いずれの組合わせでもsensitivityとspecificityの開きが大きいものが多く、またR and Qのようにほぼ同率でも50%代であり、STのみの判定基準と比べ良好な結果が得られなかった。

そこでSTの判定基準を基にして、R波、Q波の基準を加えた場合の診断率が更に良くなるか否かを検討した。表2に示すように示すようにST陽性例のpositive testのpredictive valueは66%であった。これらST陽性例のうちR波、Q波とも陽性のときはpositive testのpredictive valueは80%と更に高くなるが、ST陽性でもR波、Q波とも陰性のときは33%と著しく低値となり、NL群の比率の方が多かった。一方、ST陰性例のnegative testのpredictive valueは83%であった。これらST陰性例のうちR波、Q波の1つでも陰性の場合のnegative testのpredictive valueは83~91%となり、ST単独で判定した値と同じか、それを上まわる結果であった。しかしR波、Q波とも陽性のときのpredictive valueは78%と軽度低下した。以上より、R波、Q波の判定基準の成績はSTに比べ劣るが、STの判定基準にR波、Q波の判定基準を加えることにより、ST単独の場合より補足的に診断率を高めることができた。

IV. 結 語

トレッドミルテストと冠動脈造影を施行した93例を対象に、ST、R波、Q波による判定基準の有用性につき検討した。

1)運動負荷試験の判定基準として、STはsensitivity, specificityとも良く有用であるが、R波、Q波の判定基準の単独使用はSTに比べ劣った。

2)ST、R波、Q波の3者または2者をそのまま組み合わせても、ST単独の判定基準に比べ良好な結果が得られなかった。

3)STの判定基準をもとにR波、Q波の基準を加えると、冠動脈狭窄の発見率を高めることができた。

〔文 献〕

- 1) Bonoris PE, Greenberg PS, Castellanet MJ, Ellestad MH: Significance of changes in R wave amplitude during treadmill stress testing: angiographic correlation. Am J Cardiol

- 41 : 846, 1978
- 2) Baron DW, Ilsley C, Sheiban I, Poole-Wilson PA, Rickards AF : R wave amplitude during exercise. Relation to left ventricular function and coronary artery disease. *Br Heart J* 44 : 512, 1980
 - 3) Berman JL, Wynne J, Cohn PF : Multiple-lead QRS changes with exercise testing. Diagnostic value and hemodynamic implications. *Circulation* 61 : 53, 1980
 - 4) Morales-Ballejo H, Greenberg PS, Ellestad MH : Septal Q wave in exercise testing : angiographic correlation. *Am J Cardiol* 48 : 247, 1981
 - 5) Ellestad MH : Stress Testing Principles and Practice. FA Davis, Philadelphia, 1975, 69
 - 6) Gensini GG : Coronary Arteriography. Futura, Mount Kisco, New York, 1975, 271
 - 7) Goldschlager N, Selzer A, Cohn K : Treadmill stress tests as indicators of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med* 85 : 277, 1976
 - 8) Brody DA : A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart-lead relationship. *Circ Res* 4 : 731, 1956
 - 9) Mizuno K, Kawaguchi S, Arakawa K, Shibuya T, Satomura K, Aosaki N, Kurita A, Hosono K : Relationships of R wave amplitude changes to left ventricular end-diastolic volume and pressure. *Jpn Heart J* 23 : 534, 1982
 - 10) Burch GE, Depasquale N : A study at autopsy of the relation of absence of the Q wave in leads I, a_{VL} , V_5 and V_6 to septal fibrosis. *Am Heart J* 60 : 336, 1960
 - 11) Famularo MA, Paliwal Y, Redd R, Ellestad MH : Identification of septal ischemia during exercise by Q-wave analysis : Correlation with coronary angiography. *Am J Cardiol* 51 : 440, 1983
 - 12) Hamby RI : Clinical-Anatomical Correlates in Coronary Artery Disease. Futura, Mount Kisco, New York, 1979, 55