

運動負荷後 QRS 時間および QT 間隔の回復 時間と心電図異常との関係

解剖生理学 平野 三千代

Relationship between QRS Duration or QT Interval Recovery Time and Ischemic ST Changes after Master-two-step Test

Michiyo HIRANO

要 旨

マスター二階段試験実施時に同時記録していたホルター心電図のテープを用いて、ST 下降や不整脈を有しなかった 30 例と ST 下降を有する 23 例について、心電図 QRS 時間および QT 間隔の回復時間の測定を行なった。

さらに参考のため、明らかに健常な男子学生と協力者（ボランティア 9 名）についても同様に QRS 時間および QT 間隔の回復時間を測定した。

その結果、運動負荷後の心電図の QRS 時間の回復時間は、ST 正常群では、平均 24.6 ± 9.3 sec.、ST 下降群では、平均 45.0 ± 14.0 sec.、ST 下降 + 不整脈群では平均 71.4 ± 40.6 sec. であり、ST 正常群に比べ、ST 下降群、ST 下降 + 不整脈群の順に延長していた。

運動負荷後の心電図の QT 間隔の回復時間は ST 正常群は、平均 184.9 ± 77.1 sec.、ST 下降群では、平均 384 ± 183 sec.、ST 下降 + 不整脈群では平均 518 ± 195 sec.、ST 正常群に比べ、ST 下降群、ST 下降 + 不整脈群の順に延長していた。QRS 時間の回復時間・QT 間隔の回復時間はともに ST 下降 + 不整脈群で特に著明であった。また、自覚症状・心電図異常のない健常なボランティア群に比べ、必要があって、マスター二階段試験を実施していた例では ST 正常群でも QRS 時間、QT 間隔の回復時間は共に延長していた。

I. 緒 言

ホルター心電計が幅広く普及するに従い、虚血性心疾患の診断・治療・リハビリ段階にある患者への生活指導等への応用のほか、日常生活の各種生体情報の収集にも応用されるようになった。

各種生体情報から新しく色々なことが分るようになったが、一例として各種生体情報はそれぞれの生体リズムに従って変動していることなどが挙げられる¹⁾。

さらに心筋梗塞や虚血性心疾患の発作の発現にもリズムがあり、好発時間があることが分ってきている²⁾。近年では、青壮年の働き盛りに予期せずに発現する突然死が注目されている。その突然性のため社会的な影響も大きく、研究者

の関心が深まっており、原因、予測、予防等について疫学的・病理学的な研究をはじめとして多くの研究がなされている^{3,4)}。突然死とは「原因の分らない疾病の徴候のない死で長くとも 24 時間以内の死」(WHO-ICD)⁵⁾、「しかるべき疾患の既往がなく、治療をしていない一見健康人と思われる人が、日常生活中に、臨床的に予期出来ない急死を遂げること、あるいは急性または慢性の疾患の経過中に生じた通常では説明のつかない突然の死亡」(Baroldi)⁶⁾などと定義されている。そのほか突然死の定義については色々、意見が分れている⁷⁾。

突然死の中で特に心臓突然死の発現は、症状がなかったり、死とは結びつくとは考えられない程度ではあるが、虚血性心疾患や心筋症等が

潜在的に存在する場合に高い危険度を有すると考えられており虚血性心疾患や無症候性心電図異常の早期発見は、従来にも増して重要視されている⁸⁾。

また、突然死にも心筋梗塞や虚血性心疾患の発作の発現と近似のリズムがあり、好発時間があることが分ってきており、虚血性心疾患の早期発見のため、一般には運動負荷試験を実施し、潜在的に存在する異常を積極的に誘発することが行われる。その際、心筋虚血の指標としてはST下降が用いられている。

また、虚血がある場合にはQT間隔（厳密にはQTc）が延長すると言われている。QT間隔とはQRSの始まりからT波の終了までの時間をいう。しかも、QT間隔の延長は重篤な不整脈（心室頻拍、心室細動）の発現を助長すると言われている。なお、QTc間隔というのは、QT間隔は心拍数によって変動するので、心拍数60拍/分の時の値に補正したQT時間をいう。

一般に、運動負荷により、心拍数が増加するとQRS時間およびQT間隔は短縮し、運動負荷終了後、心拍数の回復とともに回復する。QRS群は心筋の脱分極過程を反映し、またQT時間（QT間隔）は心筋の再分極過程を反映し、その成因はそれぞれ異なっているため、運動負荷試験の影響も脱分極過程、再分極過程により異った反応を示すと考えられる。

特に心筋の状態に虚血が生じた場合には、心筋局所により虚血の影響の受け方に大きい相違が生じ、QRS群・QT間隔における反応に差が出ることが予想される。

著者は、以上のような、QRS群・QT間隔における反応様式の相違は心筋虚血の指標となり得るのではないかと考え、運動負荷後の心電図QRS時間およびQT間隔の回復時間を測定した。

その結果、明らかに心電図異常を有する症例において、運動負荷後に有意のQRS時間とQT間隔の回復時間の延長が認められ、虚血性心疾患や無症候性心電図異常の早期発見に有用と思われたので報告する。

II. 対 象

運動負荷後の心電図QRS時間およびQT間隔の回復時間の測定は、マスター二階段試験実施時に同時記録していたホルター心電図のテープを用いて再生して行なった。

一般に心筋虚血の指標とされているST下降を有する症例を異常群（23例）とし、ST下降を有せず、さらに不整脈を有しなかった症例を正常群（30例）として、それぞれの運動負荷後の回復時間を測定した。

さらに参考のため、明らかに健常な男子学生と協力者（ボランティア9名）についてもマスター二階段試験を実施し、運動負荷後の心電図QRS時間およびQT間隔の回復時間を測定した。

III. 方 法

運動負荷後の心電図QRS時間およびQT間

QRS時間およびQT間隔回復時間の測定法

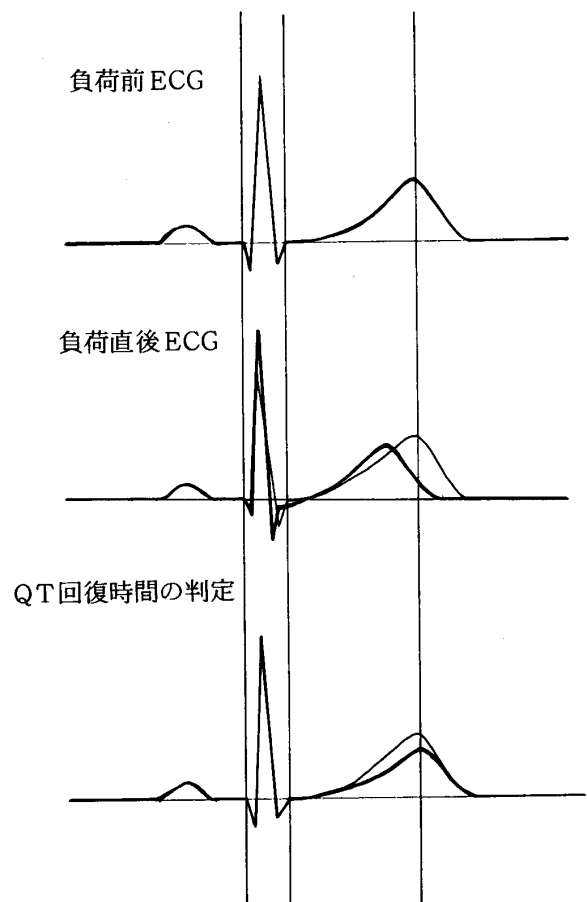


図1

隔の回復時間の測定は、ホルター心電図の拡大再生心電図をさらに拡大コピーし、図1に示すように、負荷前と負荷後を重ね合せ、透過光で波形が一致した時点を、それぞれ回復時間とした。

QRS時間は負荷直後は図のように短縮しているため、QRS時間の回復時間はQRS時間が負荷前と一致する時点、QT間隔の回復時間は測定法にいろいろ問題もあるが、今回は、Tの下降脚の後半部とTのピークが負荷前と一致する時点とした。

なお、測定に利用した心電図の導出法は、 CC_5 、ST降下の有無の判定のためのサンプリング・ポイントはRの前60msec.を基準としRの後100msec.の点を選択した。

IV. 結 果

運動負荷後の心電図のQRS時間の回復時間は、表1および図2に示すようにST正常群では、平均 24.6 ± 9.3 sec.、ST下降群では、平均 45.0 ± 14.0 sec.、ST下降+不整脈群では平均 71.4 ± 40.6 sec.であり、ST正常群に比べ、ST下降群、ST下降+不整脈群の順に延長していた。

また、運動負荷後の心電図のQT間隔の回復時間を表1・図3に示した。図3に示すように、ST正常群では、平均 184.9 ± 77.1 sec.、ST下降群では、平均 384 ± 183 sec.、ST下降+不整脈群では平均 518 ± 195 sec.、ST正常群に比べ、ST下降群、ST下降+不整脈群の順に延長していた。図2、3中の年齢は、いずれも各群の平均年齢である。

運動負荷後の心電図のQRS時間の回復時間、QT間隔の回復時間は、両者とも同様にST正常群、ST下降群、ST下降+不整脈群の順に延長した。QRS時間の回復時間・QT間隔の回復時間はともにST下降+不整脈群で特に著明であった。

今回は過去に、マスター二階段試験実施時のモニターと同時に記録していたホルター心電図データを用いており、通常、マスター二階段試験では運動負荷終了後10分までの記録しか保存されていないため、今回の報告は、QT間隔の回復時間が600sec.を越える症例については測定不能であった。そこで、実際のST下降+不整脈群のQT間隔の回復時間は、上記に示した値より大きい値であることが分るが実測値はない。

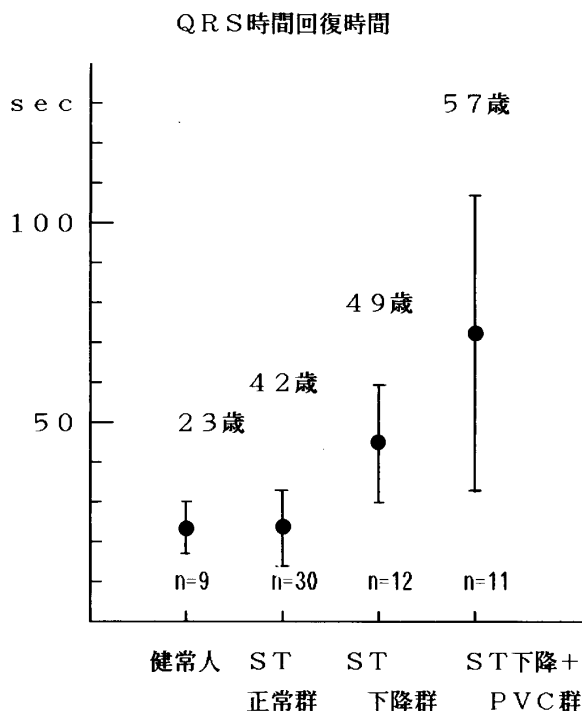


図2

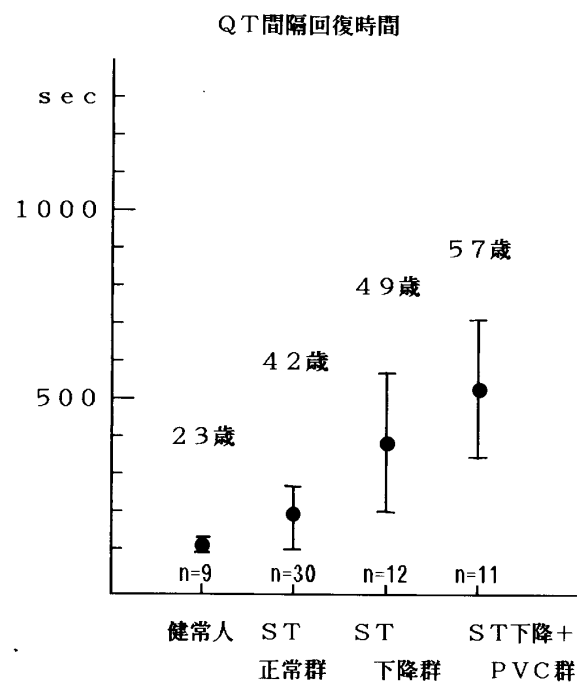


図3

表1 心電図とQRS時間回復時間とQT間隔回復時間

	QRS 時間回復時間(sec.)	QT 間隔回復時間 (sec.)
健常者ボランティア	23.7±7.2	138.5±20.0
ST 正常群		
平均	24.6±9.3	184.9±77.1
自覚症状無	23.6*	156.0*
自覚症状有	26.0*	244.0*
ST 下降群	45.0±14.0	384.0±183.0
ST 下降+不整脈群	71.4±40.6	518.0±195.0

*例数が少ないので参考のため平均値を示した。

図4に心拍数とQRS時間、QT間隔の回復時間の関係を示す。QRS時間、QT間隔の回復時間は共に自覚症状・心電図異常のない健常なボランティア群に比べ、マスター二階段試験を実施していたST正常群、ST下降群では明らかに差が見られ延長している。

ST下降を有せず、さらに不整脈を有していなかったST正常群中、動悸や胸痛など自覚症状および今回の記録では出現してはいないが過去に何らかの不整脈があった症例と全く異常のない症例を比較した場合、全く異常のない症例

群ではQRS時間の回復時間は23.6sec.、QT間隔の回復時間は156sec.であった。

ST正常群中、動悸や胸痛など自覚症状および今回の記録では出現してはいないが過去に何らかの不整脈があった症例群ではQRS時間の回復時間は26sec.、QT間隔の回復時間は244sec.であった。同じST正常群でも自覚症状がない群と自覚症状や過去に何らかの不整脈があった群とでは、後者で延長傾向が認められた。心拍数も負荷前への復帰には重症度に従い、時間を要した。

次に、図5にQRS時間の回復時間を横軸に、QT間隔の回復時間を縦軸にとり、両者の関係を調べた。

この図からも分るようにST正常群、ST下降群の差は顕著であり、心筋虚血の1つの指標として利用し得ると思われた。

V. 考 察

近年、虚血性心疾患は、成人病の一つとしてのほか、前触れもなく突然に死亡する突然死の原因として、関心が高まっている。突然死のうち、約70%は心血管系の突然死とされ、原因疾

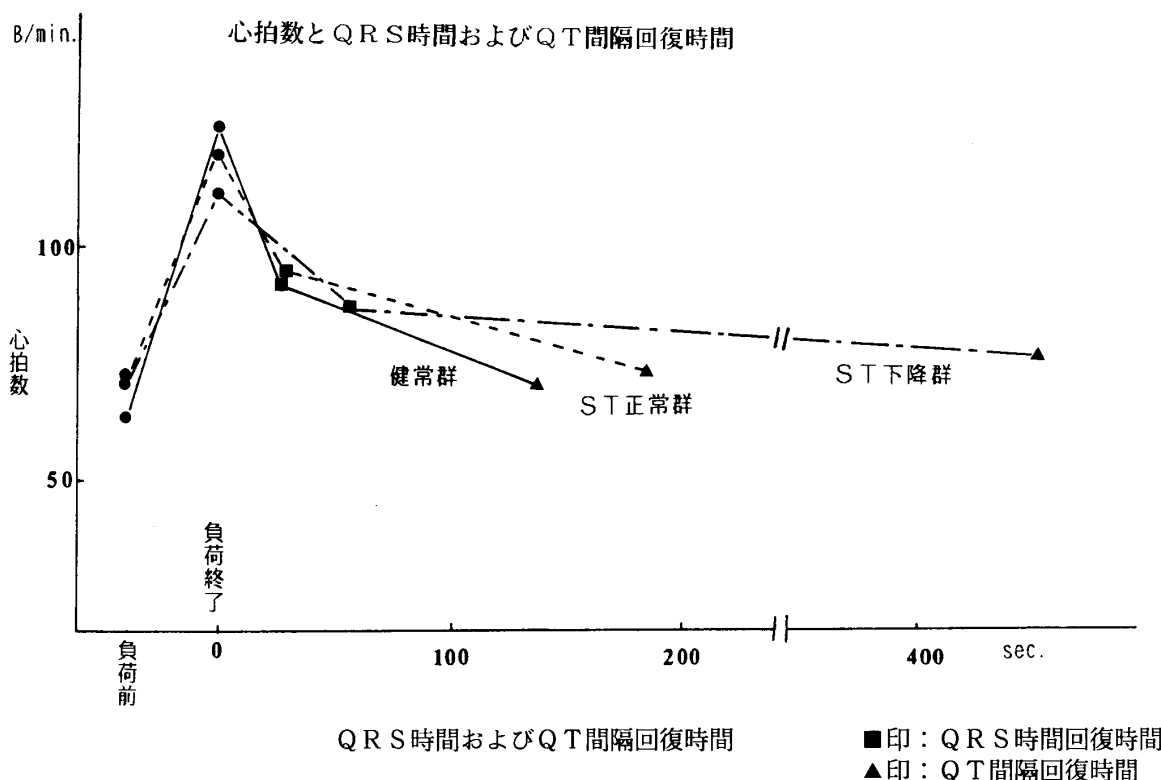


図4

QRS時間およびQT間隔回復時間の関係

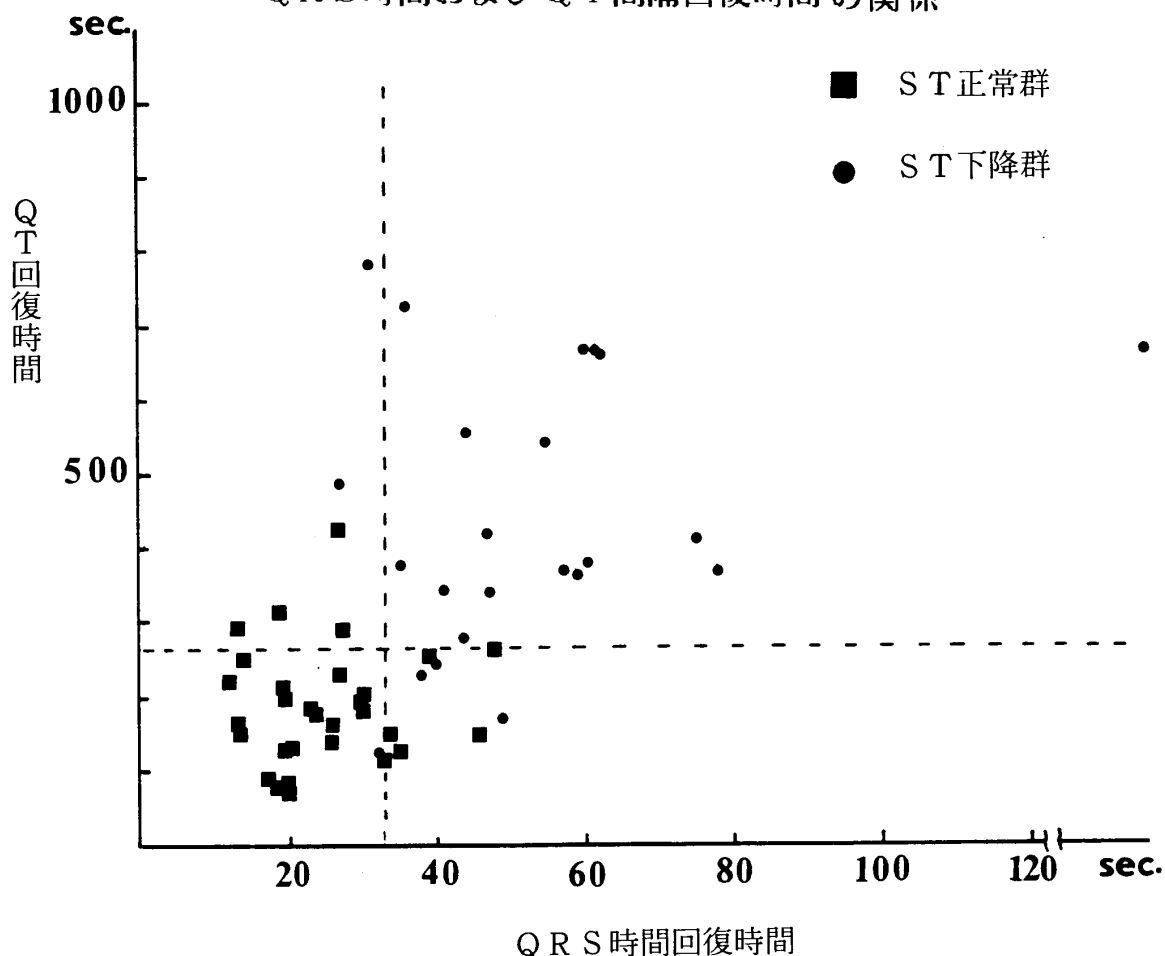


図5

患の内訳は、沢山⁹⁾らによると、35%が陳旧性心筋梗塞、26%が心筋症、14%が大動脈弁膜症、その他が25%となっている。その他急性心筋梗塞、無痛性狭心症等を入れると虚血性心疾患の割合は極めて多い。

ホルター心電図による研究報告によると、心筋梗塞や虚血性心疾患とくに無症候性ST変化の好発時間があると言われている発現時間のピークは、心臓突然死の発現時間のピーク、午前9時～午前11時と午後5時～午後7時とほぼ同様であり、虚血性心疾患や無症候性心電図異常の早期発見は、従来にも増して重要視されている。

今回は虚血性心疾患や無症候性心電図異常の早期発見を目的として、過去にマスター二階段試験実施時のモニターと同時記録していたホルター心電図データを用いて、運動負荷後の心電

図QRS時間およびQT間隔の回復時間を測定した。

QT間隔の測定法には、いろいろ問題もあるが、今回は、T波の下降脚の後半部とTのピークが一致する時点とした。1拍毎のQT間隔測定に比べ、時間スケールが長い分、測定が容易である点が長所と言える。

一般にST下降は心筋虚血の指標として利用されているがホルター心電図法によるST異常の判定にはいくつか問題点がある。その一つ導出法は一般的には CM_5 が利用されているが、この導出法はST異常の偽陽性が多いとされるので¹⁰⁾、 CC_5 によるST下降を心筋虚血の指標として利用した。

運動負荷後の心電図のQRS時間の回復時間は、ST正常群では、平均 24.6 ± 9.3 sec.、ST下降群では、平均 45.0 ± 14.0 sec.、ST下降+

不整脈群では平均 71.4 ± 40.6 sec. であり、ST 正常群に比べ、ST 下降群、ST 下降+不整脈群の順に延長し、QT 間隔の回復時間は、ST 正常群では、平均 184.9 ± 77.1 sec.、ST 下降群では、平均 384 ± 183 sec.、ST 下降+不整脈群では平均 518 ± 195 sec.、ST 正常群に比べ、ST 下降群、ST 下降+不整脈群の順に延長していた。とくに ST 下降+不整脈群では 600sec. 以上も復帰しない例もあり、延長が著明であった。

自覚症状も心電図の異常もない健常なボランティア群について同様に測定したデータと比べ、必要があって、マスター二階段試験を実施していた ST 正常群、ST 下降群では著名に延長していた。

これらのことから運動負荷後の心電図の QRS 時間の回復時間と QT 間隔の回復時間は、潜在的に存在する心筋虚血あるいは心電図の異常の指標として十分利用し得るものと考えられる。また ST 下降のみの群にくらべ ST 下降+不整脈群ではさらに各回復時間の延長は長く、心電図の重症度の判定にも利用できるのではないかと考えられる。

ST 下降を有せず、さらに不整脈を有していなかった ST 正常群中、動悸や胸痛など自覚症状さらに今回の記録では出現してはいないが過去に何らかの不整脈があった症例では、全く異常のない症例と比べ QRS 時間の回復時間には有意の差がないが、QT 間隔の回復時間は有意に延長していることが、特に注目された。ことに不整脈に関しては QT 間隔の延長は重篤な不整脈（心室頻拍）の原因となるので特に興味深い。

心筋再分極過程は心筋の部位により異なり、さらに心筋虚血があると不均一性が増大し、不整脈を発生することが知られており、心筋再分極過程は QT 間隔から推定し得るとされる。

今回の結果から QT 間隔回復時間の延長も心筋虚血および不整脈発生を予知する上で有用ではないかと考えられる。

次に図 5 に示した ST 正常群と ST 下降群の

QRS 時間・QT 間隔の回復時間の関係から、仮に一定の基準値を設け、分布をみると正常群と異常群が分類できる。基準値を越えたものを検討することで、ST 偽陽性および偽陰性の鑑別も可能となると思われる。

さらに、近年、虚血性心疾患や突然死において QT 間隔の延長のみならず QT 間隔のばらつきが問題となっているが QT 間隔のばらつきには、あるいは自律神経の影響が大きく作用しているらしいと考えられている¹¹⁾。

QT 間隔（時間）は運動負荷による心拍数増加により短縮し、睡眠中は延長することから、これにも交感神経および迷走神経の影響があると、考えられる。

QT 間隔のばらつきもまた、同様に重篤な不整脈・VF（心室頻拍）や突然死との関連が大きいと考えられており、突然死や虚血性心疾患は自律神経が不安定な時間帯に発生する機会が多いことから、QT 間隔の回復時間と QT 間隔のばらつきとの関係も、今後検討してみたい問題であると言える。

VI. 結 語

運動負荷後の心電図の QRS 時間の回復時間・QT 間隔の回復時間はともに ST 正常群に比べ、ST 下降群、ST 下降+不整脈群の順に延長していた。ST 下降+不整脈群で回復時間の延長は特に著明であり、運動負荷後の心電図の QRS 時間の回復時間と QT 間隔の回復時間は、潜在的に存在する心筋虚血あるいは心電図の異常の指標として十分利用し得るものと考えられた。

特に不整脈の予知や心電図の重症度の判定にも利用し得るとも考えられる。

近年、虚血性心疾患や突然死において QT 間隔の延長のみならず QT 間隔のばらつきが問題となっているが、運動負荷後の QT 間隔の回復時間と QT 間隔のばらつきあるいは自律神経との関係なども検討してみたい問題である。

引用文献

- 1) Rocco MB J., Campbell S., et al: Circadian variation of transient myocardial ischemia patients with coronary artery disease. *Circulation*, 75: 395-400, 1987
- 2) Muller JE, Stone PH, Turi ZG, et al.: Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction. *Engl J Med.*, 313: 1315-1322, 1985
- 3) 豊嶋英明: 突然死の疫学. *治療学*, 27: 1031-1036, 1993
- 4) 的場梁次, 大西俊造: 突然死の病理. *治療学*, 27: 1037-1042, 1993
- 5) International classification of disease, 9th revision: clinical classification (ICD・9・(M)) commission on professional and hospital activities. 1978
- 6) Baroldi G: Pathology and mechanism of sudden death. In *the Heart, Arteries and Vessel* (edited by Hurst JW et al), McGraw Hill, New York, p529, 1985
- 7) 野原隆司: 突然死の定義. *心臓突然死*, p10-12, 1994, 医薬ジャーナル社
- 8) 野原隆司: 突然死の高危険因子・誘因・予測. *心臓突然死*, p22-33, 1994, 医薬ジャーナル社
- 9) 沢山俊民: 心臓突然死の原因と機序. *最新医学*, 46: 19, 1991
- 10) 中沢潔: ホルター心電図誘導法の問題点とその対策. *心電図*, 7: 41-48, 1987
- 11) Linker NJ, Colona P, Kekwick CA, Till J, Camm AJ, Ward DE: Assessment of QT dispersion in symptomatic patients with congenital long QT syndromes. *Am J Cardiol*, 69: 634, 1992