

運動負荷試験に伴う心室頻拍および心室細動の検討

Clinical Characteristics of Ventricular Tachycardia and Ventricular Fibrillation in Exercise Stress Testing

藤原 正義*
朝 隈 進
大平 昭子
榎谷 充男
志水 栄伸
峰 隆直
大柳 光正
岩崎 忠昭

Masayoshi FUJIWARA, MD*
Susumu ASAKUMA, MD
Akiko OHHIRA, MD
Mitsuo MASUTANI, MD
Eishin SHIMIZU, MD
Takanao MINE, MD
Mitsumasa OHYANAGI, MD, FJCC
Tadaaki IWASAKI, MD, FJCC

Abstract

Objectives. Ventricular tachycardia (VT) and ventricular fibrillation (Vf) induced in exercise stress testing should be treated urgently, although the occurrence of arrhythmia is rare. The conditions for the onset of arrhythmia and the clinical characteristics of VT and Vf patients in exercise stress testing were studied.

Methods. Fifty-nine patients (mean age 54 ± 17 years, 41 males, 18 females) with VT (succession of 3 or more ventricular premature beats) or Vf induced in exercise stress testing were selected from 7,594 patients with consecutive treadmill stress testing in our hospital from January 1993 to February 1998.

Results. The incidence of exercise-induced VT or Vf was 0.8%, and there were no fatal accidents in all tests. Among the 59 patients with exercise-induced VT or Vf, 52 patients had non-sustained VT, 5 had sustained VT, and 2 had Vf. Of the 59 patients, 23 had rhythm or conduction disturbances, 14 had coronary artery disease, 13 had cardiomyopathy, and 9 had valvular heart disease. The VT or Vf incidence in coronary artery disease was 0.2%, and in valvular heart disease was 10.8%. VT or Vf occurred at over 80% of maximum heart rate exercise intensity in 40 patients, including 4 with sustained VT and 2 with Vf, of the 59 patients. Also, in 9 VT patients including the 4 sustained VT patients, VT occurred in the exercise recovery period within 2 min after the exercise. Although VT disappeared spontaneously in 52 non-sustained VT and 3 sustained VT patients, intravenous injection of lidocaine was needed in 2 sustained VT patients and direct current defibrillator was needed in 2 Vf patients. Furthermore, only one non-cardiac death was observed in the follow-up period of average 42 months.

Conclusions. Our results showed clinical characteristics and incidence of VT or Vf similar to past reports. Furthermore, all sustained VT and Vf patients, who should be treated urgently, had a past history of ventricular premature beats or VT. Our data suggest that VT and Vf could occur during the recovery period, especially in patients with documented ventricular tachyarrhythmias when the stress intensity has reached the critical level in the exercise tolerance test.

J Cardiol 2000; 36(6): 397-404

Key Words

Ventricular tachycardia
Complications

Ventricular fibrillation

Exercise tests

兵庫医科大学 第一内科: 〒663-8501 兵庫県西宮市武庫川町1-1; *(現)社会福祉法人大阪暁明館病院 循環器内科: 〒554-0022 大阪市此花区春日出中1-22-12

The First Department of Internal Medicine, Hyogo College of Medicine, Hyogo; *(present) Department of Cardiology, Osaka Gyomeikan Hospital, Osaka

Address for reprints: FUJIWARA M, MD, Department of Cardiology, Osaka Gyomeikan Hospital, Kasugade-naka 1-22-12, Konohana-ku, Osaka 554-0022

Manuscript received February 22, 2000; revised August 22 and September 11, 2000; accepted September 12, 2000

はじめに

運動負荷試験は、心疾患患者の診断と治療や患者個々の心機能評価において欠くことのできない検査の一つである。最近では、以前と比べて比較的安全に施行されている¹⁾が、1万例につき約1例が死亡し、約3例に入院を要する重大合併症が発生するとの報告²⁾や、死亡例はないものの1万例につき約0.3-1.9例の重大合併症が生じるとの報告もある³⁾。運動負荷試験に伴う心臓系の合併症としては心筋梗塞や不整脈が知られており、不整脈の中でも心室頻拍および心室細動は緊急処置を誤れば検査中の突然死に結びつき、とくに注意が必要と考えられる。

運動負荷試験中の心室頻拍や心室細動については、欧米を中心として検査対象に虚血性心疾患を含むもの⁴⁻⁷⁾のほか、健常人を対象とするものでも報告されている⁸⁾。我が国でも、心室頻拍の成因を電気生理学的に検討した報告^{9,10)}があるものの、患者背景や発生時の詳細についての検討は少ない。そこで、今回我々は、心疾患患者および健常人を対象としたトレッドミル運動負荷試験中に出現した心室頻拍および心室細動症例について、その基礎疾患および出現時の状況や予後などの臨床的特徴を検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は1993年1月-1998年2月に、当院にてトレッドミル運動負荷試験を施行した7,594例(男性5,553例、女性2,041例)のうち、検査中に心室頻拍または心室細動を認めた59例(平均年齢 54 ± 17 歳、男性41例、女性18例)である。

2. 方法

トレッドミル運動負荷試験は、フクダ電子製Treadmill, MAT-2500, ML-5000を使用した。Table 1に示す我々独自のプロトコル¹¹⁾により、被験者の体格・年齢などを考慮し、運動時間が5-10分程度となるように、あらかじめlow grade, middle grade-1, middle grade-2の3つのプロトコルから1つを選択して、症候限界性多段階にて運動を開始した。運動終点は自覚症状のほか、予測最大心拍数の90%以上、収縮期血圧の低下、3連発以上の心室期外収縮とした¹²⁾。

運動終了後は1分間のクーリングダウン歩行の後、トレッドミル上で座位とし、運動回復期として最低5分間観察した。なお、59例の負荷プロトコルは、low gradeが9例、middle grade-1が22例、middle grade-2が28例であった。

なお、心室頻拍は3連発以上の心室期外収縮とし、非持続性心室頻拍は3連発以上で持続が30秒未満の心室期外収縮、持続性心室頻拍は30秒以上持続する心室頻拍とした¹³⁾。また、症例によっては心臓電気生理学的検査として心室頻拍誘発試験を施行した。

運動負荷試験中および運動回復期に心室頻拍、心室細動の出現した症例について、その発生頻度、主たる基礎疾患名、心室頻拍、心室細動出現時の運動強度を検討した。さらに、持続性心室頻拍と心室細動症例については、緊急処置の状況、転帰についてさらに詳細を検討した。なお、基礎疾患は虚血性心疾患、心筋症、弁膜症、不整脈、その他の5つに分類し、運動負荷試験実施時の主たる疾患名、すなわち例えば不整脈についてはその発生原因として虚血性心疾患、心筋症、弁膜症の存在が明らかでないものとし、不整脈の背景に虚血性心疾患の存在が明らかなものは主たる基礎疾患を虚血性心疾患として分類した。そのほかは、健常人、先天性心疾患、基礎疾患のはっきりしなかった例などとした。

運動強度については、運動中に出現した心室頻拍、心室細動に対してはその直前の心拍数から、また運動回復期に出現した心室頻拍に対しては運動中の最大心拍数から、それぞれの心拍数が予測最大心拍数($220 - \text{年齢}$)⁴⁾の何%に当たるかをpercentage maximum heart rate($\%_{\text{max}}\text{HR}$)として算出した。また、1999年2月の時点で、59症例の予後を調査するため、生死の有無を本人あるいは家族に確認した。

3. 統計学的処理

各数値は平均 \pm 標準偏差で示し、統計学的検討は、分類データについてFisherの直接確率計算法を用い、 $p < 0.05$ を有意差の判定とした。

結 果

1. 心室頻拍、心室細動の基礎疾患および発生状況
全7,594例中の基礎疾患別内訳は、虚血性心疾患が74.5%、不整脈12.9%、心筋症3.5%、弁膜症1.1%、そ

Table 1 Treadmill protocol

	Stage						
	1	2	3	4	5	6	7
Low grade(<i>n</i> = 9)							
Speed(km/hr)	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Grade(%)	0	0	5	5	8	10	10
Time(min)	1	1	2	2	2	2	2
Middle grade-I(<i>n</i> = 22)							
Speed(km/hr)	2.0	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
Grade(%)	0	5	8	10	13	13	13
Time(min)	2	2	2	2	2	2	2
Middle grade-II(<i>n</i> = 28)							
Speed(km/hr)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Grade(%)	5	8	10	13	15	15	15
Time(min)	2	2	2	2	2	2	2

の他が8.0%であった(Table 2).

心室頻拍, 心室細動を起こした59症例のうち, 非持続性心室頻拍は52例, 持続性心室頻拍5例, 心室細動2例であった. 59症例のうち基礎疾患で最も多かったのは不整脈で, 59症例中の39.0%を占め, ついで虚血性心疾患が23.7%, 心筋症が22.0%, 弁膜症が15.3%, その他は0%であった. なお, 全7,594例中の心室頻拍, 心室細動の発生率は0.8%で, 持続性心室頻拍と心室細動の発生率は0.09%(7例)であった.

基礎疾患別の心室頻拍, 心室細動の発生頻度は, 虚血性心疾患が0.2%, 不整脈2.3%, 心筋症5.0%, 弁膜症10.8%であった(Table 3). なお, 基本調律が心房細動であったものは16例で, 全体の27%を占めていた. また, 心房細動の16例のうち11例にジギタリスが投与されていた.

心室頻拍, 心室細動が運動負荷中, 運動回復期のいずれの時期かについては, 59例中9例が運動回復期に出現していた. 運動終了後60秒以内に9例中8例に心室頻拍が出現し, 1例のみ120秒後に出現していた. また, 運動回復期に出現した心室頻拍9例には持続性心室頻拍が4例含まれ, 全体の持続性心室頻拍5例中4例が運動回復期に出現しており, 持続性心室頻拍は運動回復期に多かった($p < 0.05$; Table 4).

心室頻拍, 心室細動の転帰については, 59例中4例(心室細動2例, 持続性心室頻拍2例)に緊急処置が必要であった. 心室細動2例はいずれも直ちに直流カウターショックを施行し, すべて除細動に成功し, 持

Table 2 Clinical diagnosis in all patients

Diagnosis	No. of patients (<i>n</i> = 7,594)
Coronary artery disease	5,661(74.5)
Angina pectoris	3,057
Subacute myocardial infarction	728
Old myocardial infarction	1,876
Arrhythmia	982(12.9)
Cardiomyopathy	262(3.5)
Valvular heart disease	83(1.1)
Others	60(0.8)

() %.

続性心室頻拍2例には塩酸リドカイン100mg静注により, いずれも心室頻拍は停止した. なお, 非持続性心室頻拍52例と持続性心室頻拍3例については, 心室頻拍は自然停止した. なお, 電気生理学的検査は, 59例中17例に施行されたが, 2例のみが心室頻拍誘発に成功したのみで, その2例はいずれもリエントリーと診断された.

2. 心室頻拍, 心室細動出現時の運動強度

心室頻拍, 心室細動出現時の心拍数が予測最大心拍数の何%に当たるかを $\%_{\max}HR$ とし, $80\%_{\max}HR$ を境とした症例数をグラフに示す(Fig. 1). $80\%_{\max}HR$ 以上の運動強度で40例が出現し, $80\%_{\max}HR$ 未満では19例であった. また, 持続性心室頻拍においては5例中4例

Table 3 Clinical diagnosis of 59 patients with exercise-induced non-sustained or sustained ventricular tachycardia and ventricular fibrillation

Clinical diagnosis	Non-sustained VT	Sustained VT	Vf	Underlying diseases	Total patients
Arrhythmia				23 (39.0)	23/98 (2.3)
Supraventricular arrhythmia					
PSVT	3				
Lone atrial fibrillation	3				
Ventricular arrhythmia					
VT	6	2			
VPC	1				
Bradyarrhythmia					
Complete AV block	5				
SSS	2	1			
Coronary artery disease				14 (23.7)	14/5,661 (0.2)
Angina pectoris	7	1	1		
Myocardial infarction	5				
Cardiomyopathy				13 (22.0)	13/262 (5.0)
Dilated cardiomyopathy	10	1			
Hypertrophic cardiomyopathy			1		
Drug-induced cardiomyopathy	1				
Valvular heart disease				9 (15.3)	9/83 (10.8)
Mitral stenosis	3				
Mitral regurgitation	2				
Tricuspid regurgitation	2				
Aortic regurgitation	2				
Total number	52	5	2	59	59/7,594 (0.8)

() %.

VT = ventricular tachycardia; Vf = ventricular fibrillation; PSVT = paroxysmal supraventricular tachycardia; VPC = ventricular premature contraction; SSS = sick sinus syndrome.

Table 4 Patients with ventricular tachycardia developed during postexercise recovery phase

Patient No.	Time of post exercise (sec)	Non-sustained or sustained	% _{max} HR of end point (%)	% _{max} HR of VT	End point	Diagnosis
1	0	Sustained	87	87	Leg fatigue	SSS
2	0	Sustained	90	90	VPC	VT
3	10	Non-sustained	113	61	Chest pain	AP
4	20	Non-sustained	88	75	Leg fatigue	VT
5	25	Non-sustained	71	66	Dyspnea	3°AV block
6	50	Non-sustained	80	69	VPC	DCM
7	60	Non-sustained	94	78	Leg fatigue	Drug-induced CM
8	60	Sustained	100	99	100% _{max} HR	AP
9	120	Sustained	96	79	Leg fatigue	VT

%_{max}HR = percentage maximum heart rate; AP = angina pectoris; (D)CM = (dilated) cardiomyopathy. Other abbreviations as in Table 3.

が、また心室細動では2例とも80%_{max}HR以上の運動強度で出現した。なお、運動回復期出現の心室頻拍では、運動終了時の%_{max}HRは、1例が71%_{max}HRであったほかはすべて80%_{max}HR以上であった。しかし、統計学的には、80%_{max}HR以上の運動強度で、とくに持続性心室頻拍と心室細動が多いとはいえなかった。

3. 予 後

1999年2月の時点で、1例が悪性新生物により死亡していた以外、58例は生存していた。平均経過観察期間は42 ± 20ヵ月であった。

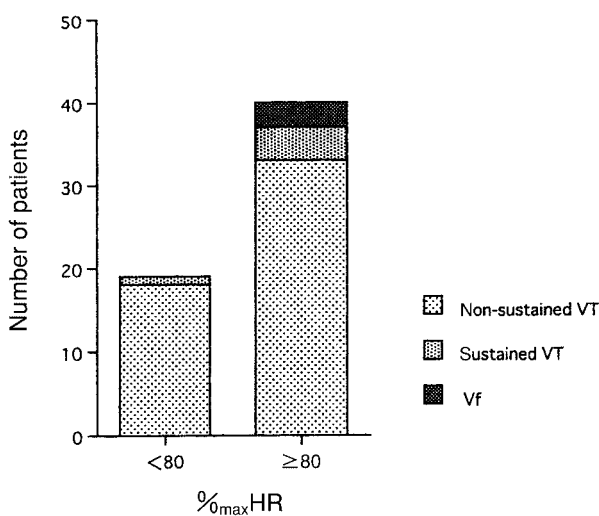


Fig. 1 Percentage maximum heart rate in patients with ventricular tachycardia and ventricular fibrillation

Abbreviations as in Tables 3, 4.

4. 持続性心室頻拍および心室細動症例

持続性心室頻拍5例および心室細動2症例の詳細をTable 5に示す。持続性心室頻拍の2例にはリドカインの静注が、心室細動の2例には直流カOUNTERショックが必要であった。いずれの症例においても、検査前にはホルター心電図などにより心室期外収縮の存在が確認されていた。

考 察

1. 心室頻拍、心室細動の発生頻度および基礎疾患

今回の検討における運動負荷試験中の心室頻拍、心室細動の発生頻度は0.8%であったが、これは心室頻拍を3連発以上の心室期外収縮と定義したFlegら⁸⁾の1.1%、Codiniら⁵⁾の0.8%、Yangら⁷⁾の1.5%などと同様であった。また、我が国の報告として南家ら¹⁰⁾が、心室頻拍を5連発以上の心室期外収縮とした最近の報告で、運動負荷試験誘発心室頻拍の頻度を0.38%と報告している。今回の我々の検討においても、心室頻拍を5連発以上の心室期外収縮とした場合、心室頻拍は19例で心室細動2例と合わせて21例となり、全7,594例中の発生頻度は0.28%で、南家らの報告とも近似している。また、緊急処置が必要となることがとくに多いと考えられる持続性心室頻拍と心室細動に限定すると、その発生率は0.09%であった。

運動負荷中の心室頻拍、心室細動の発生頻度を考える場合、検査対象者全体において、いかなる基礎疾患を有する例がどれだけの割合で含まれていたかを考慮することも重要である。過去の報告では、対象者の基

Table 5 Clinical characteristics of patients with exercise-induced sustained ventricular tachycardia or ventricular fibrillation

Patient No.	Sustained VT or Vf	Sex	Age(yr)	Diagnosis	Rhythm	% _{max} HR	EF(%)	Past history	Treatment	EPS
1	Sustained VT	Male	18	DCM	NSR	39	62	VT	(-)	(-)
2	Sustained VT	Female	48	SSS	NSR	87	62	VPC	(-)	(-)
3	Sustained VT	Female	11	VT	NSR	90	62	VPC	(-)	Unknown
4	Sustained VT	Male	54	AP	NSR	100	48	VPC	Lidocaine iv	Reentry
5	Sustained VT	Male	55	VT	NSR	96	55	VT	Lidocaine iv	Reentry
6	Vf	Male	55	HCM	Af	114	72	VPC	DC shock	(-)
7	Vf	Male	69	AR(post-CABG)	Af	99	66	VPC	DC shock	(-)

EF = ejection fraction ; EPS = electrophysiological study ; HCM = hypertrophic cardiomyopathy ; CABG = coronary artery bypass grafting ; NSR = normal sinus rhythm ; Af = atrial fibrillation ; DC = direct current counter. Other abbreviations as in Tables 3, 4.

礎疾患が虚血性心疾患患者に限定されているものは別として、対象者全体の基礎疾患割合を示しているものは少ない。基礎疾患の定義が我々独自の方法であったことに問題があるものの、全検査症例の内訳は虚血性心疾患が74.5%と多く、不整脈が12.9%、心筋症が3.5%、弁膜症が1.1%、正常者を含めたその他が8.0%であった。さらに、疾患別の心室頻拍、心室細動の発生頻度では、虚血性心疾患が0.2%であったのに対して、弁膜症は10.8%と高かったが、この理由については明らかではなかった。

なお、基本調律が心房細動であった16例のうち、ジギタリスが11例に投与されていたが、心房細動であること自体が運動負荷試験における心室頻拍、心室細動の発生頻度を高めるのか、ジギタリスの使用が問題であったのか、今回の検討からだけでは明らかではなかった。

2. 心室頻拍、心室細動出現の時期と運動強度

運動負荷試験中の心室頻拍、心室細動の出現時期では、59例中9例(15%)が運動回復期に出現していた。運動回復期における心室頻拍の出現については、Yangら⁷⁾が49%、Tuiningaら¹⁵⁾が58%と報告しており、それらと比較すると、15%と低頻度であった。また、今回の検討においては、持続性心室頻拍は運動回復期に多いことが明らかとなり、これは過去の報告にも認められず、今後さらに検討を加える必要がある。

Dimsdaleら¹⁶⁾は、自転車エルゴメーターを使用した運動負荷試験において、運動強度が増加するにつれて血中カテコールアミン濃度が上昇し、運動終了後も3分後に最大血中濃度を示したことから、血中カテコールアミンが運動負荷試験回復期の不整脈出現に何らかの関与があることを示唆した。また、Sokoloffら¹⁷⁾の報告では、血中カテコールアミン濃度が運動終了後1分以内で最大を示したとしており、今回の我々の症例で1例が運動終了後120秒で心室頻拍、心室細動が出現したほかは、60秒以内での出現が多かったことから、運動回復期出現症例では、その発生機序としてカテコールアミンの関与も考えられたが、測定はできておらず、今後の検討が必要である。なお、運動回復期に心室頻拍が出現した9例は、いずれも内服として遮断薬を投与されていなかった。

運動誘発性不整脈の発生には、運動による代謝性因

子、血行動態的因子、電気生理学的因子の3つが、単独にあるいは複合的に関係し合い、運動誘発心室頻拍については、心筋虚血が原因となるもののほか、虚血によらないものとしてリエントリー、トリガードアクティビティ、自動能亢進などによるものが考えられている¹⁸⁾。今回の検討では電気生理学的検討を行った17例中2例がリエントリーと確認できたのみで、心室頻拍、心室細動の機序についての検討はできなかった。

3. 予 後

運動負荷試験中に出現した心室頻拍および心室細動の予後については、虚血性心疾患患者においては独立した予後規定因子にならず、また死亡の独立予測因子になることも少なく、非持続性心室頻拍についても比較的予後は良好という¹⁹⁾。今回の我々の結果でも、平均42カ月の経過において非心臓死が1例あったのみであり、持続性心室頻拍および心室細動についても心臓死はなかった。

4. 持続性心室頻拍および心室細動症例の検討

運動負荷試験中の心室頻拍および心室細動で注意すべきは、もしそれらが出現したとしても的確に救急処置を施行し、検査を安全に終了させることである。そこで、今回の59例中、緊急処置を要した4例は持続性心室頻拍2例と心室細動2例であったことから、とくに持続性心室頻拍5例と心室細動2例についてはさらに詳細を検討した。7例すべて、検査以前にホルター心電図などにより少なくとも心室期外収縮の出現が確認されており、検査にあたっては心室期外収縮の出現を予測することが可能であったと考えられた。また、心室細動2例は運動中であったものの、持続性心室頻拍はとくに運動回復期に多かったことから、運動負荷試験においては運動回復期にも十分な注意が必要と考えられた。

5. 本研究の限界

今回の検討はすべて後ろ向きな検討であったことから、電気生理学的検討がすべてに施行されておらず、発生機序については明らかではなかった。さらに、基礎疾患の定義が不十分であり、これについても、症例を限定した検討が必要であると考えられた。

結 論

運動負荷試験中に心室頻拍，心室細動をきたした症例について，検査全体に対する発生率は0.8%と，以前の報告とほぼ同様であった．基礎疾患としては，虚血性心疾患と関連のない不整脈が多く，つぎに虚血性心疾患が多かったが，疾患別の発生率では虚血性心疾患が0.2%と最も低かった．心室頻拍，心室細動は，

運動強度が80%_{max}HR以上の比較的高い運動強度で発生しており，持続性心室頻拍については運動回復期に多く出現していた．また，持続性心室頻拍と心室細動症例については，過去に少なくとも心室期外収縮の診断がついており，発生率は0.09%と低いものの，検査施行時に心室期外収縮の存在が明らかな症例については運動負荷試験実施時には注意が必要である．

要 約

目 的: 運動負荷試験により誘発される心室頻拍や心室細動は，頻度は少ないものの緊急処置を要することがある．そこで，当施設における運動負荷試験中の心室頻拍，心室細動について，発生時の状況および臨床的特徴について検討した．

方 法: 対象は，1993年1月 - 1998年2月にトレッドミル運動負荷試験を施行した7,594例(男性5,553例，女性2,041例)のうち，検査中に心室頻拍(3連発以上の心室期外収縮)または心室細動を認めた59例(発生率0.8%，平均年齢54 ± 17歳，男性41例，女性18例)である．

結 果: 59例の内訳は，非持続性心室頻拍52例，持続性心室頻拍5例，心室細動2例であった．基礎疾患は，不整脈23例，虚血性心疾患14例，心筋症13例，弁膜症9例であったが，疾患別の心室頻拍，心室細動の発症率は，虚血性心疾患が0.2%，弁膜症が10.8%であった．59例中，持続性心室頻拍4例と心室細動2例を含む40例は，80%_{max}HR以上の運動強度で心室頻拍，心室細動が出現していた．また，4例の持続性心室頻拍を含む心室頻拍9例が運動終了後2分以内の回復期に出現していた．非持続性心室頻拍52例と持続性心室頻拍3例は自然消失したが，持続性心室頻拍2例にリドカインの静注が，心室細動2例に電氣的除細動が必要であった．なお，運動負荷試験中の死亡例はなかった．59例の予後は，平均42カ月の観察期間で非心臓死が1例のみであった．

結 論: 今回の結果は，過去の報告と比較すると，発生率や臨床的特徴はほぼ同様であった．しかし，とくに緊急処置を要すると考えられる持続性心室頻拍5例と心室細動2例の7例は，いずれも過去に心室期外収縮や心室頻拍の診断がついていたことから，過去に心室期外収縮や心室頻拍の既往がある患者において，運動強度の高い状況および運動回復期が，運動負荷試験における心室頻拍，心室細動出現の危険率が高いと考えられた．

J Cardiol 2000; 36(6): 397 - 404

文 献

- 1) Gordon NF, Kohl HW: Exercise testing and sudden cardiac death. *J Cardiopulm Rehabil* 1993; **13**: 381 - 386
- 2) Rochmis P, Blackburn H: Exercise tests: A survey of procedures, safety, and litigation experience in approximately 170,000 tests. *JAMA* 1971; **217**: 1061 - 1066
- 3) Gibbons L, Blair SN, Kohl HW, Cooper K: The safety of maximal exercise testing. *Circulation* 1989; **80**: 846 - 852
- 4) Mokotoff DM, Quinones MA, Miller RR: Exercise-induced ventricular tachycardia: Clinical features, relation to chronic ventricular ectopy, and prognosis. *Chest* 1980; **77**: 10 - 16
- 5) Codini MA, Sommerfeldt L, Eybel CE, Messer JV: Clinical significance and characteristics of exercise-induced ventricular tachycardia. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1981; **7**: 227 - 234
- 6) Milanes J, Romero M, Hultgren HN, Shettigar U: Exercise tests and ventricular tachycardia. *West J Med* 1986; **145**: 473 - 476
- 7) Yang JC, Wesley RC Jr, Froelicher VF: Ventricular tachycardia during routine treadmill testing: Risk and prognosis. *Arch Intern Med* 1991; **151**: 349 - 353
- 8) Fleg JL, Lakatta EG: Prevalence and prognosis of exercise-induced nonsustained ventricular tachycardia in apparently healthy volunteers. *Am J Cardiol* 1984; **54**: 762 - 764
- 9) Murata M, Aizawa Y, Niwano S, Miyajima S, Funazaki T, Satoh M, Suzuki K, Aizawa M, Shibata A: Five cases of exercise-induced ventricular tachycardia: Reproducibility

- and electrophysiologic properties of exercise-induced ventricular tachycardia. *Kokyu to Junkan* 1987; **35**: 1273 - 1279 (in Jpn with Eng abstr)
- 10) 南家俊彦, 中沢 潔, 武者春樹, 村山正博: 運動負荷試験誘発心室頻拍の頻度と機序. *心臓* 1999; **31**(Suppl 2): 102 - 108
- 11) Fujiwara M, Asakuma S, Nakamura T, Nakamura K, Iwasaki T: Effect of cilazapril on exercise tolerance and neurohumoral factors in patients with asymptomatic chronic heart failure after myocardial infarction. *J Cardiol* 1995; **26**: 287 - 292 (in Jpn with Eng abstr)
- 12) Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML: Exercise standards: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1995; **91**: 580 - 615
- 13) The Criteria Committee of the New York Heart Association: Normal and ectopic impulse formation. *in* The Physiologic Cardiac Diagnosis: Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels, 9th Ed. Little, Brown & Co, Boston, 1994; pp 177 - 202
- 14) Williams MA: Human development and aging. *in* ACMS Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription (ed by Johnson EP), 3rd Ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1998; pp 501 - 506
- 15) Tuininga YS, Crijns HJGM, Wiesfeld ACP, Van Veldhuisen DJ, Hillege HL, Lie KI: Electrocardiographic patterns relative to initiating mechanisms of exercise-induced ventricular tachycardia. *Am Heart J* 1993; **126**: 359 - 367
- 16) Dimsdale JE, Hartley LH, Guiney T, Ruskin JN, Greenblatt D: Postexercise peril: Plasma catecholamines and exercise. *JAMA* 1984; **251**: 630 - 632
- 17) Sokoloff NM, Spielman SR, Greenspan AM, Rae AP, Porter RS, Lowenthal DT, Hakki AH, Iskandrian AS, Kay HR, Horowitz LN: Plasma norepinephrine in exercise-induced ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1986; **8**: 11 - 17
- 18) Sung RJ, Lauer MR: Exercise-induced cardiac arrhythmias. *in* Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside (ed by Zipes DP, Jalife J), 2nd Ed. WB Saunders, Philadelphia, 1995; pp 1013 - 1023
- 19) Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP, Labovitz AJ: Interpretation of ECG responses. *in* Exercise and the Heart (ed by Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP, Labovitz AJ), 3rd Ed. Mosby-Year Book Inc, St. Louis, 1993; pp 99 - 129