

運動負荷試験における心室頻拍の出現頻度とその背景

Prevalence and Clinical Background of Exercise-Induced Ventricular Tachycardia During Exercise Testing

玉腰久美子
福田恵津子
田嶋 明彦
小池 朗*
小笠原 憲*
飯沼 宏之*
相澤 忠範*
傳 隆 泰*
伊東 春樹*

Kumiko TAMAKOSHI
Etsuko FUKUDA, BS
Akihiko TAJIMA, BS
Akira KOIKE, MD, FJCC*
Ken OGASAWARA, MD*
Hiroyuki IINUMA, MD*
Tadanori AIZAWA, MD, FJCC*
Long-Tai FU, MD*
Haruki ITOH, MD, FJCC*

Abstract

Objectives. This study assessed the prevalence and clinical background of exercise-induced ventricular tachycardia during exercise testing.

Methods. Complications during exercise testing were reviewed in 25,075 consecutive patients, 14,037 men and 11,038 women, who underwent a total of 47,656 maximal treadmill or bicycle exercise tests between April 1985 and March 1999. The mean age of the patients was 53.3 ± 8.8 (mean \pm SD) years. Non-sustained ventricular tachycardia was defined as 8 or more consecutive ventricular ectopic beats at > 100 beats/min. A total of 126 patients undergoing exercise testing to evaluate the efficacy of pharmacotherapy for ventricular tachycardia were excluded.

Results. The major reasons for the exercise test were chest pain (27.0%) and screening (20.3%). Twenty patients (0.08%) had exercise-induced ventricular tachycardia. Six patients had ischemic heart disease, two had cardiomyopathy, five had other cardiac diseases, and seven patients showed no clinical evidence of heart disease. The incidence of ventricular tachycardia in patients with cardiomyopathy (2/109) was higher than in other patients, but the number of patients with ventricular tachycardia was small. Ventricular tachycardia was documented at heart rates of more than 80% of predicted maximal heart rate in 12 of the 20 patients.

Conclusions. These results suggest that the exercise testing can be done safely when the end-point criteria are properly applied.

J Cardiol 2002 Apr; 39(4): 205 - 212

Key Words

■ Exercise tests ■ Ventricular tachycardia (exercise-induced)

はじめに

運動負荷試験において誘発される心室頻拍はまれで

はあるが、重篤な合併症の一つである。その発生頻度については諸外国の報告はあるものの¹⁻³⁾、我が国では1979年にMurayamaら⁴⁾が3例の心室頻拍を報告し、

心臓血管研究所附属病院 生理機能検査部, *循環器科: 〒106-0032 東京都港区六本木7-3-10

Exercise Laboratory, *Division of Cardiology, The Cardiovascular Institute Hospital, Tokyo

Address for correspondence: TAMAKOSHI K, Exercise Laboratory, The Cardiovascular Institute Hospital, Roppongi 7-3-10, Minato-ku, Tokyo 106-0032

Manuscript received September 5, 2001; revised December 19, 2001 and January 17, 2002; accepted January 17, 2002

BS = bachelor of science

2000年には南家ら⁵⁾が30例の心室頻拍を報告しているが、多数例を対象にした運動負荷試験時の心室頻拍出現に関する検討は極めて少ない。そこで我々は、当施設での運動負荷試験施行時の心室頻拍出現頻度とその背景について検討した。

対象と方法

1. 対象

1985年4月 - 1999年3月の14年間に運動負荷試験を施行した連続47,656件(25,075症例)、男性14,037例、女性11,038例、平均年齢 53.3 ± 8.8 歳を対象とした。負荷試験の内訳はトレッドミルが44,315件(24,361症例)、自転車エルゴメーターが3,341件(714症例)であった。なお、心室頻拍は8連発以上かつ心拍数100/min以上の心室期外収縮とし、30秒以上持続した心室頻拍を持続性心室頻拍とした。また、心室頻拍の診断が運動負荷前にすでに確定しており、治療効果判定などのための運動負荷試験を行った126症例は今回の検討から除外した。

2. 方法

トレッドミル試験はマルケット製CASEを用いてBruce法⁶⁾、Kattus法⁷⁾、またはramp法^{8,9)}のいずれかでを行い、自転車エルゴメーターはロード製LP-400を用いて20W 4分のウォームアップの後、10W/minの割合で負荷を増量するramp法¹⁰⁾で行った。12誘導心電図はMason法¹¹⁾で装着し、運動中および回復期に連続的に観察し1分ごとに記録した。血圧は旭光物産製自動血圧計CM-4001を用いて、運動中はトレッドミルでは3分ごと、自転車エルゴメーターは1分ごとに測定し、回復期には両方法とも2分ごとに測定した。運動中止基準は胸痛・下肢疲労などの自覚症状の出現や、他覚所見としてJ点から40msecにおけるST上昇もしくは2mm以上のST下降、血圧の上昇不良、収縮期血圧の250mmHg以上の上昇、8連発以上の心室頻拍出現などが認められた場合とし、予測最大心拍数はRobinsonの表¹⁾を用い、その90%を目標心拍数とした。

なお、検査目的別および性別の心室頻拍出現頻度の検定には²⁾検定、心室頻拍出現例と非出現例の年齢の差は対応のない¹⁾検定を用い、いずれも $p < 0.05$ を有意差の判定とした。

Table 1 Underlying suspected heart diseases or reasons for exercise testing □

Reasons for testing	No. of □ patients	No. of VT □ patients	p value
Atypical chest pain □	6,770 (27.0)	2 □	NS □
Angina pectoris □	1,349 (5.4)	3 □	NS □
Postmyocardial infarction □	1,066 (4.3)	2 □	NS □
Dilated cardiomyopathy □	109 (0.4)	2 □	< 0.01 □
Evaluation of PVCs □	2,296 (9.2)	4 □	NS □
Evaluation of supraventricular □ arrhythmias □	2,155 (8.6)	2 □	NS □
Palpitation □	1,524 (6.1)	2 □	NS □
Valvular heart diseases □	1,253 (5.0)	2 □	NS □
Heart dock □	3,470 (13.8)	0 □	□
Others □	5,083 (20.3)	1 □	NS
Total □	25,075 (100)	20	

() %. $p < 0.01$, vs other reasons for testing. □

□VT = ventricular tachycardia PVC = premature ventricular contraction.

結 果

運動負荷試験を実施した全症例の検査目的と心室頻拍の出現頻度をTable 1に示す。胸痛を主訴として虚血性心疾患の疑いのために行われた症例は27.0%と最も多く、つぎに多く占めたのは息切れなどの症状より潜在性心疾患のスクリーニング検査として行われた症例の20.3%であった。また、心臓を中心とした精査を目的とする心臓ドックは13.8%であった。年齢構成では50歳代、60歳代が男女とも全体の61%を占めていた(Fig. 1)。

心室頻拍出現例は20例で、うち30秒以上持続した心室頻拍は7例(心室細動様2例を含む)、意識消失例は1例であった。原疾患は虚血性心疾患6例、拡張型心筋症2例、そのほか弁膜疾患など5例、基礎疾患のない症例7例であった。運動負荷試験を行った検査目的・原疾患に着目し、それぞれの心室頻拍の出現頻度を比較すると、拡張型心筋症で109例中2例に認められ、他の疾患より高頻度であった($p < 0.01$)。しかし、拡張型心筋症以外の心疾患、検査目的の間には心室頻拍の出現頻度に有意な差は認められなかった。また、心精査の心臓ドック例では心室頻拍の出現はみられなかった。心室頻拍出現例は男性17例、女性3例で、年齢は21歳から70歳、平均年齢 55.7 ± 13.2 歳で、性別お

よび年齢においても心室頻拍出現頻度に有意な差はみられなかった。なお、20例中6例ではホルター心電図などで認められた心室期外収縮に対し抗不整脈薬が処方されていた(Table 2)。

安静時心電図は心房細動3例、洞調律が17例で、うち1例はWPW型であった(Table 2)。運動負荷で虚血性ST変化を伴い、心室頻拍が出現した症例は6例で、そのうち5例はその後の冠動脈造影で虚血性心疾患と診断され、1例はX症候群であった(Table 2)。

Table 3に出現した心室頻拍についてまとめた。出現直前の心拍数についてみると、運動中に出現した14例のうち心房細動が3例あり、うち2例で予測最大心拍数の100%以上であった。洞調律例の11例では90%以上100%未満が2例、80%以上90%未満は4例で、いずれも比較的強い運動強度で心室頻拍が出現していた。また、運動終了直後および回復期に出現した6例

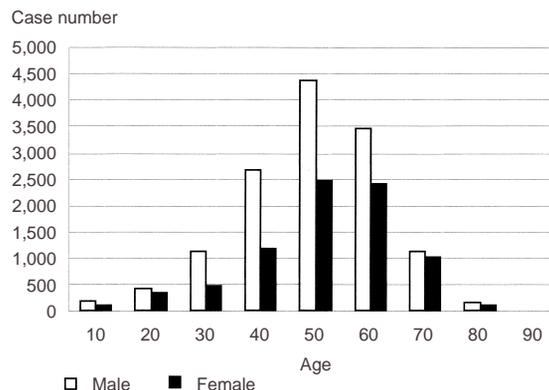


Fig. 1 Distribution of age of patients

Table 2 Clinical and electrophysiologic observations (I)

Case No.	Age(yr)	Sex	Cardiac history	Antiarrhythmic drugs			Digoxin	Basic rhythm
				a	b	c		
1*	57	Male	MI, PVC		□□□□			SR, PVC(+)
2	57	Male	VSA					SR
3	65	Male	RMI					SR
4	66	Male	AP, AR				□	Af
5	52	Male	Post CABG					SR
6*	65	Male	VSA, HT					SR
7	62	Male	Syndrome X					SR
8	54	Male	DCM suspected				□	Af, PVC(+)
9	66	Male	DCM, HT					Af
10*	70	Male	AS, MR					SR
11*	70	Male	Post AVR					SR
12*	31	Female	ASD, PVC					SR
13*	57	Male	WPW, PSVT, PAF			□□		SR, WPW
14	56	Male	PVC	□□□□				SR
15	38	Female	PVC					SR, PVC(+)
16	56	Male	PVC					SR, PVC(+)
17	21	Male	PVC					SR, PVC(+)
18	59	Male	PAf suspected					SR
19*	55	Female	Normal					SR, PVC(+)
20	54	Male	Normal					SR

*VT sustained more than 30 sec. †by Vaughan Williams. □MI = previous myocardial infarction; VSA = vasospastic angina; RMI = recent myocardial infarction; AP = angina pectoris; AR = aortic regurgitation; CABG = coronary artery bypass grafting; HT = hypertension; DCM = dilated cardiomyopathy; AS = aortic stenosis; MR = mitral regurgitation; AVR = aortic valve replacement; ASD = atrial septal defect; WPW = Wolff-Parkinson-White syndrome; PSVT = paroxysmal supraventricular tachycardia; PAF = paroxysmal atrial fibrillation; SR = sinus rhythm; Af = atrial fibrillation. Other abbreviations as in Table 1.

Table 3 Clinical and electrophysiologic observations (II)

Case No.	Onset of VT	Maximum HR [bpm(%THR)]	HR onset of VT [bpm(%THR)]	ST - T change	Duration of VT	VT rate	VT morphology	Mono-form	Multi-form	Treatment
1	Immediately after ex.	148(87)	145(85)	ST elev.	1.7 min	220 - 300	RBBB	*		Thump-version
2	Immediately after ex.	90(52)	45(26)	ST elev.	27 beats	195	LBBB + RBBB		*	Terminated spontaneously
3	4 min after ex.	140(90)	147(90)	ST elev.	13 beats	200	RBBB + LAD	*		Lidocaine + Disopyramide i.v.
4	During ex.	147(90)	147(90)	ST dep.	11 sec	188	RBBB + LAD	*		Terminated spontaneously
5	During ex.	129(74)	129(74)	-	8 beats	200	RBBB + LBBB		*	Terminated spontaneously
6	During ex.	130(80)	130(80)	ST dep.	2 min	130 - 138	RBBB	*		Terminated spontaneously
7	During ex.	139(83)	139(83)	ST dep.	28 sec	230	LBBB + LAD	*		Terminated spontaneously
8	During ex.	194(113)	194(113)	-	12 beats	200	LBBB	*		Terminated spontaneously
9	During ex.	180(111)	180(111)	-	28 beats	185	RBBB	*		Terminated spontaneously
10	During ex.	156(90)	145(90)	-	10 min	175 - 145	RBBB + LAD	*		Terminated spontaneously
11	During ex.	100(62)	100(62)	-	> 28 min	220 - 160	LBBB		*	DC countershock
12	During ex.	153(80)	153(80)	-	1.3 min	210	LBBB	*		Terminated spontaneously
13	Immediately after ex.	153(90)	153(90)	-	45 sec	214	LBBB	*		Thump-version
14	40 sec after ex.	155(90)	102(60)	-	8 beats	226	LBBB	*		Terminated spontaneously
15	During ex.	150(83)	145(78)	-	4.5 sec	192	RBBB + LAD	*		Terminated spontaneously
16	During ex.	120(70)	120(70)	-	14 beats	225	LBBB	*		Terminated spontaneously
17	During ex.	162(81)	162(81)	-	11 beats	180	LBBB	*		Terminated spontaneously
18	During ex.	138(81)	130(76)	-	21 beats	200 - 250	RBBB + LAD	*		Terminated spontaneously
19	During ex.	132(77)	132(77)	-	1 min	270	LBBB	*		Terminated spontaneously
20	30 sec after ex.	172(100)	145(84)	-	10 beats	250 - 300	LBBB	*		Terminated spontaneously

HR = heart rate; bpm = beats/min; %THR = % of target heart rate; ex. = exercise; elev. = elevation; dep. = depression; RBBB = right bundle branch block type; LBBB = left bundle branch block type; LAD = left axis deviation; i.v. = intravenous. Other abbreviation as in Table 1.

Table 4 Findings of other examinations

Case No.	VT during Holter ECG	Late potential	VT provocation in EPS	CAG	Case No.	VT during Holter ECG	Late potential	VT provocation in EPS	CAG
1	-	-	-	3VD	11	-	-	-	NA
2	+	-	NA	0VD, EM(+)	12	+	NA	+(ABL to RV)	NA
3	+	+	-	2VD	13	+	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	2VD	14	+	NA	NA	NA
5	-	+	NA	2VD	15	-	NA	NA	NA
6	-	NA	NA	0VD, EM(+)	16	+	+	+(ABL to RV)	NA
7	-	NA	NA	0VD	17	-	NA	-	NA
8	-	NA	NA	NA	18	-	NA	-	0VD
9	-	NA	NA	1VD	19	-	-	+(ABL to RV)	NA
10	-	+	NA	NA	20	-	-	-	0VD

ECG = electrocardiography; EPS = electrophysiologic study; CAG = coronary angiography; NA = not applicable (examinations not performed); ABL = ablation; RV = right ventricle; VD = vessel disease; EM = ergonovine maleate test. Other abbreviation as in Table 1.

中5例は、運動終了時の心拍数が予測最大心拍数の80%以上であり、やはり強い運動後の心室頻拍出現であった。また、心室頻拍の心拍数はいずれも200/min

前後速かった。心拍数と基礎疾患やQRS波形、薬剤との関係などは見出せなかった。疾患別では虚血性心疾患(Case No. 1 - 6)の6例中4例で心室頻拍時のQRS

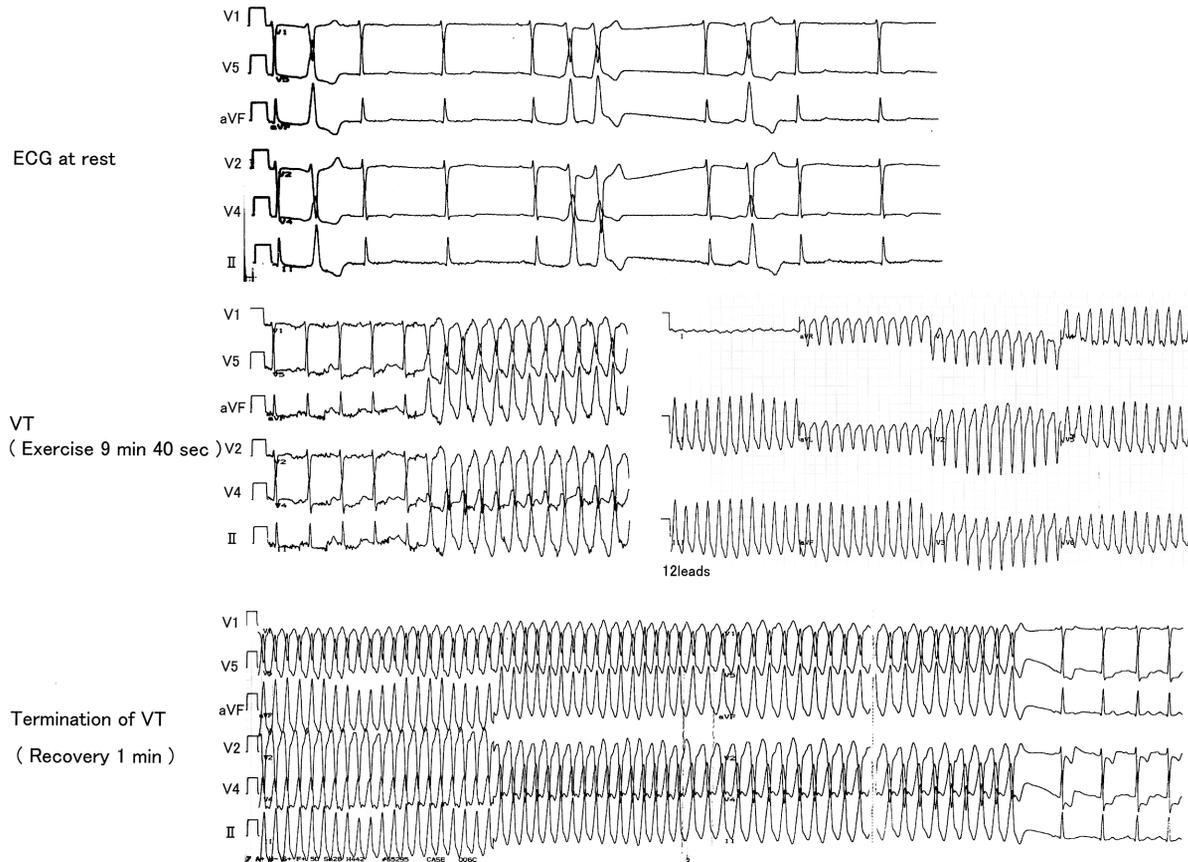


Fig. 2 Exercise-induced sustained VT in a 55-year-old woman without apparent heart disease: Case 19

Upper: At rest, PVC and a couplet of PVC with sinus bradycardia were noted.

Middle: Appearance of sustained VT at 9 min 40 sec of exercise testing.

Lower: VT was sustained for 1 min and terminated spontaneously.

Abbreviations as in Tables 1, 4.

波形が右脚ブロック型を呈し、2例は多形性であった。

心室頻拍出現に対する処置として、電気的除細動が1例、リドカインとジソピラミドの静注が1例、前胸部叩打が2例で、いずれも速やかに停止し、それ以外の16例は自然停止であった。

運動負荷試験と同時期に行ったホルター検査で心室頻拍がみられた症例は19例中6例で、加算平均心電図検査を行った9例では4例に心室遅延電位が認められた。また、電気生理学的検査を行った9例のうち3例では心室頻拍が誘発され、これらの症例はその後高周波カテーテルアブレーションが施行された(Table 4)。

Fig. 2に持続性心室頻拍が出現した1例(55歳女性、症例19)の心電図を示す。この症例は動悸の精査目的

のため無投薬で、運動負荷試験を施行した。安静時心電図では、心室期外収縮単発とRonTの2連発が認められ、Bruce法によるトレッドミル試験の9分40秒で心拍数270/minの心室頻拍出現により運動を中止した。動悸感があったが意識消失はなく、臥位による酸素吸入、胸部叩打を2回試みたが停止せず、回復期1分に自然停止した。心室頻拍のQRS波形は左脚ブロック型で、後日、電気生理学的検査で右室流出路源性心室頻拍と判明し、高周波カテーテルアブレーション治療により消失している。

Fig. 3は57歳男性例(症例2)における非持続性心室頻拍出現時の心電図を示す。本症例では胸痛はなく、階段昇降時の息切れの主訴により、無投薬で運動負荷試験を施行した。安静時心電図はほぼ正常であったが、

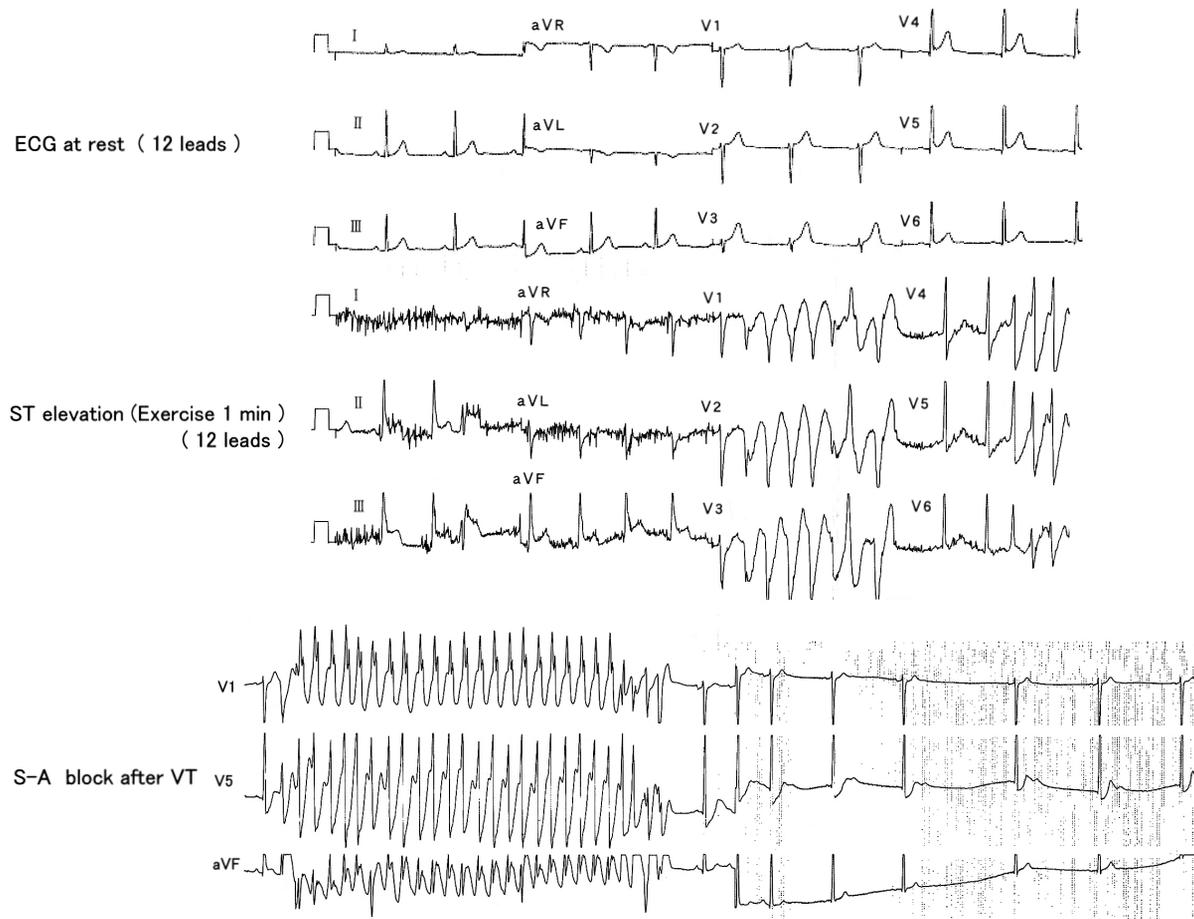


Fig. 3 Exercise-induced non-sustained VT in a 57-year-old man with vasospastic angina: Case 2

Upper: Normal sinus rhythm before exercise testing.

Middle: Non-sustained VT began at 1 min of treadmill exercise with ST segment elevation in leads I, II, III, and a F.

Lower: Sinus arrest was observed after VT termination.

Abbreviations as in Tables 1, 4.

トレッドミル試験Bruce法の1分目に、I, II, III, aVF誘導でST上昇とともに心拍数195/minの心室頻拍が出現したため運動を中止した。症状はなく心室頻拍は自然停止したが、回復期45秒に洞房ブロックがみられた。また、ST変化が回復するまで断続的心室頻拍を繰り返した。後日施行された冠動脈造影検査で有意狭窄はなく、エルゴノビン負荷で右冠動脈(分節3)に冠攣縮が確認され、血管攣縮性狭心症の診断でCa拮抗薬を中心とした内科的治療により心室頻拍は消失した。

考 察

運動負荷試験中に誘発される不整脈の中で頻度が高

いのは心室期外収縮であり^{4,12)}、その中でも危険性のあるのは心室頻拍や心室細動である。1969年、Ellestadら¹⁾は4,028回(1,000症例)の最大運動負荷試験で、20秒以内の非持続性心室頻拍を9例認め、その頻度は0.2%であったと報告している。また1991年、Yangら²⁾は3,351例中55例(1.6%)、1993年、Tuiningaら³⁾は5,842例中60例(1.0%)の心室頻拍出現を報告している。今回の検討では30秒以上の持続性心室頻拍7例を含む心室頻拍出現を20例に認めたが、その出現率は運動負荷試験を施行した全体の0.08%と過去の報告例と比較して極めて低かった。今回の検討ではスクリーニング例が多く含まれており、諸外国での事情を考えると対象例に差があると推測される。また、我が

国では1979年, Murayamaら⁴⁾は884例中3例(0.3%), 2000年, 南家ら⁵⁾は7,884例中30例(0.3%)と比較的低い出現率を報告しているが, 本検討の0.08%よりは高い。Murayamaらは心室頻拍の定義を3連発以上, 南家らは5連発以上とこの定義の違いも今回の検討との差異の原因と考えられる。

心室頻拍出現例で多くみられた基礎心疾患は虚血性心疾患で, YangらやMurayamaらと同様の結果であった。また, 6例中5例にはST変化がみられ, 虚血に伴い心室頻拍が誘発されたと考えられた。心室頻拍時のQRS波形は4例が右脚ブロック型を呈し左室起源が示唆されたが, 今回の検討では多枝病変例が多く, 病変部位との関連性は見出せなかった。南家らが注目した心室頻拍出現の多くは器質的心疾患のない症例だった点は, 今回の検討でも同様に7症例と最も多く認められ, 彼らの報告にもあるように, これら器質的心疾患のない例では左脚ブロック型正常軸を呈する心室頻拍が7例中5例と多い印象を受けた。

同時期に施行されたホルター心電図で心室頻拍がみられたものは19例中6症例(32%)で, ホルター心電図は日常生活レベルでの心室頻拍検出には有用であるが, それ以上の運動によって誘発される心室頻拍に対しては, 運動負荷試験がより有用であると考えられ

た。

現在, 運動負荷試験は虚血性心疾患の診断のみならず潜在性心疾患のスクリーニングや運動耐容能, 心不全重症度評価として用いられるなど, その適応が拡大してきており, それに伴い心室頻拍を含む心事故も増加する可能性が予想される。今回の検討からは, 心精査の心臓ドック例では心室頻拍の出現はみられず, 心室頻拍が出現した症例では拡張型心筋症を除き心室頻拍の出現原因となる疾患に一定の傾向はなかった。一方, 拡張型心筋症での心室頻拍出現率は統計的には有意に他の疾患より高頻度であったが, 出現例は2例と少ないためその意義づけは困難と考えられた。運動負荷試験で出現する心室頻拍のほとんどは運動中に出現し, しかも強い運動で出現する傾向が認められた。運動終了後に出現した心室頻拍も大半が目標心拍数以上の運動をしていたことから, 過負荷により心室頻拍が誘発される危険性が高い。運動負荷試験における心室頻拍を含む重篤事故の防止のためには負荷試験の適応と禁忌, 運動中止基準の遵守が必要である¹³⁾。運動負荷試験における中止基準は, その評価や解釈はもとより, 安全を確保するうえで極めて重要であり, 適切な中止基準で実施すれば心室頻拍出現率は0.08%と比較的安全性の高い検査であると考えられた。

要 約

目 的: 運動負荷試験施行時の心室頻拍出現頻度とその背景について検討した。

方 法: 1985年4月 - 1999年3月の14年間にトレッドミル試験または自転車エルゴメーターを施行した連続47,656件(25,075症例), 男性14,037例, 女性11,038例, 平均年齢53.5 ± 8.8(平均 ± 標準偏差)歳を対象に, 8連発以上かつ心拍数100/min以上の心室期外収縮を心室頻拍として, その出現頻度を調査した。治療効果判定などのための運動負荷試験を行った126症例は今回の検討から除外した。

結 果: 運動負荷試験の検査目的として多いものは虚血性心疾患の鑑別診断例が27.0%, 潜在性心疾患のスクリーニング検査として行われた症例が20.3%であり, 心室頻拍は持続性心室頻拍7例を含む20例に認められた(0.08%)。心室頻拍出現例の原疾患は虚血性心疾患6例, 拡張型心筋症2例, そのほか弁膜疾患など5例, 基礎疾患のない症例7例で, 出現頻度を検査目的で比較すると, 拡張型心筋症(109例中2例)では他の疾患より高頻度に心室頻拍出現が認められた($p < 0.01$)。しかし, 拡張型心筋症以外の心疾患, 検査目的の間には心室頻拍の出現頻度に有意な差は認められなかった。また, 心精査の心臓ドック例では心室頻拍の出現はみられなかった。心室頻拍出現例では20例中12例(60%)で出現時心拍数が予測最大心拍数の80%以上であり, 比較的強い運動強度で心室頻拍が出現していた。

結 論: 運動負荷試験は適切な中止基準で実施すれば, 比較的安全性の高い検査と考えられた。

J Cardiol 2002 Apr; 39(4): 205 - 212

文 献

- 1) Ellestad MH, Allen W, Wan MCK, Kemp GL: Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation* 1969; **39**: 517 - 522
- 2) Yang JC, Wesley RC Jr, Froelicher VF: Ventricular tachycardia during routine treadmill testing: Risk and prognosis. *Arch Intern Med* 1991; **151**: 349 - 353
- 3) Tuininga YS, Crijs 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
- 4) Murayama M, Shimomura K: Exercise and arrhythmia. *Jpn Circ J* 1979; **43**: 247 - 256
- 5) 南家俊彦, 中沢 潔, 三宅良彦, 村山正博: 運動負荷試験誘発心室頻拍の臨床的特徴. *Jpn J Electrocardiology* 2000; **20**: 619 - 627
- 6) Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW, Strait G: Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics* 1963; **32**: 742 - 756
- 7) Kattus AA, Alvaro A, MacAlpin RN: Treadmill exercise tests for capacity and adaptation in angina pectoris. *J Occup Med* 1968; **10**: 627 - 635
- 8) 山本雅庸: トレッドミル ramp 負荷のための酸素摂取量予測式と臨床応用. *日臨理学会誌* 1993; **23**: 1 - 13
- 9) Yamamoto M, Tanabe K, Ohmiya K, Iwasaki T, Ito H, Murayama M, Sugai J, Toyofuku N: Development of computer software in ramp slope controller for treadmill ergometer. *J Cardiol* 1992; **22**: 687 - 693 (in Jpn with Eng abstr)
- 10) Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K: A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981; **50**: 217 - 221
- 11) Mason RE, Likar I: A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. *Am Heart J* 1966; **71**: 196 - 205
- 12) Faris JV, McHenry PL, Jordan JW, Morris SN: Prevalence and reproducibility of exercise-induced ventricular arrhythmias during maximal exercise testing in normal men. *Am J Cardiol* 1976; **37**: 617 - 622
- 13) 武者春樹, 中村俊香, 國島友之, 村山正博, 太田壽城, 大津文雄, 川久保 清, 岸田 浩, 久保田 功, 外畑 徹, 平井真理: 負荷試験における事故に関する検討. *心電図* 1997; **17**: 21 - 28