

急性心筋梗塞症患者の回復期在宅運動療法における運動処方への検討：嫌気性代謝閾値時の心拍数を用いた処方

Non-supervised home exercise programs in a convalescent phase of acute myocardial infarction: Their effectiveness and the usefulness of the heart rate at the anaerobic threshold

下原 篤司
上嶋 健治
内本 定彦
飯田 英隆
佐藤 文敏
深見 健一
住吉 徹哉
土師 一夫
斎藤 宗靖*
平盛 勝彦

Atsushi SHIMOHARA
Kenji UESHIMA
Sadahiko UCHIMOTO
Hidetaka IIDA
Fumitoshi SATO
Ken-ichi FUKAMI
Tetsuya SUMIYOSHI
Kazuo HAZE
Muneyasu SAITO*
Katsuhiko HIRAMORI

Summary

The effectiveness of 2 different exercise programs in the convalescent phase of acute myocardial infarction (AMI) was assessed. One hundred and five patients with AMI were enrolled for one of these 2 nonsupervised home exercise programs immediately after discharge from the hospital. Before discharge and one month later, they underwent submaximal graded treadmill exercise tests with the application of expiratory gas analysis. All patients were assigned to perform 2 km of walk-jog exercise daily for one month. The heart rate during exercise, duration of exercise and the total steps during 24 hrs were measured. Eighty patients (group A) underwent the exercise program in which their heart rates were maintained at 100-110 beats/min during exercise; while 25 patients (group B) underwent the

国立循環器病センター 心臓内科
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

*自治医科大学 循環器内科

栃木県河内郡南河内町大字薬師寺 3311-1 (〒329-04)

Cardiology Division, National Cardiovascular Center,
Fujishirodai 5-7-1, Suita 565

*Department of Cardiology, Jichi Medical School,
Oaza Yakushiji 3311-1, Minamikawachi-cho, Kawa-
chi-gun, Tochigi 329-04

Received for publication February 2, 1990; accepted June 23, 1990 (Ref. No. 36-424)

other program in which their heart rates were maintained at 90–100% of those obtained at their anaerobic threshold (AT). The ventilatory AT was calculated by the standard technique using the Horizon System. In group A, AT increased from 13.4 ml/min/kg to 15.1 ml/min/kg ($p < 0.01$) after the exercise program and in group B, from 12.8 ml/min/kg to 14.9 ml/min/kg ($p < 0.01$). In group B, AT increased in all patients, while it remained unchanged in 30% of the patients in group A ($p < 0.01$).

In conclusion, a non-supervised home exercise program can be effective and easily instituted for rehabilitation in a convalescent phase of AMI. The program using 90–100% of the heart rates at the anaerobic threshold seemed to be more suitable for obtaining better effects on exercise tolerance than that using 100–110/min heart rate.

Key words

Acute myocardial infarction Cardiac rehabilitation Exercise tolerance Anaerobic threshold

はじめに

急性心筋梗塞症患者の回復期運動療法には、身体的なトレーニング効果のみならず、精神的・心理的な効果、さらには冠動脈疾患の二次予防効果などが挙げられている。わが国においても心臓リハビリテーションの一環として多くの施設で運動療法が行なわれ始めている。当院では1984年から急性心筋梗塞症患者的の歩行を用いた回復期在宅運動療法を行なってきた。今回、より至適な運動強度を有する運動療法プログラムを作成する目的で、歩行時の心拍数を一律に指導した運動処方と、個々に嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold: AT)¹⁾ 時の心拍数の90~100%で指導した運動処方と、その両運動療法効果の違いを比較検討した。

対象および方法

対象

対象は歩行による在宅運動療法を施行した急性心筋梗塞症回復期患者105例のうち、歩行時の心拍数を一律に100~110/分として運動処方したA群80例(男76例, 女4例, 平均年齢53±9歳)と、個々にAT時の心拍数の90~100%として処方したB群25例(男22例, 女3例, 平均年齢57±9歳)である。両群間で年齢・男女比・CPK最高値・左室駆出分画に差は認めなかった。

方法

退院後1ヵ月間、歩行による運動療法を行なわ

Table 1. Cardiopulmonary exercise test (CPX) protocol

Stage	Speed (km/hr)	Grade (%) CPX protocol	Time (min)
0	2.5	0	2
1	2.5	10	2
2	3.5	10	2
3	4.5	10	2
4	5.5	10	2
5	5.5	14	2
6	5.5	18	2
7	5.5	22	2
8	6.5	22	2
9	7.5	22	2

National Cardiovascular Center

Table 2. Exercise therapy

Type	: Walk-jog; 1 km for 1 week after discharge and then 2 km
Frequency	: Once a day, everyday
Duration	: 1 month
Intensity	: Group A; 100~110 beats/min Group B; 90~100% of the heart rates at the AT

せ、運動療法前後で呼気分析を併用したトレッドミル運動負荷試験(心肺運動負荷試験)を行ない、運動療法の効果を比較検討した。呼気分析にはSensor Medics製 Horizon Systemを、トレッ

Table 3. Daily records

運動の記録

日付	万歩計による1日の総歩数	運動療法の記録				自覚症状
		歩行距離	歩行時間	安静時脈拍数	運動時脈拍数()	
5.30	6860	1km	16'40"	77	85~115	つかれた
7.1	6220	1km	17'10"	75	87~115	つかれた
2	6350	1km	17'40"	75	100~115	つかれた
3	6440	1km	17'40"	89	104~115	息切れ
4	7200	1km	17'30"	84	107~114	+
5	12350	1km	10'50"	82	106~115	つかれた
6	12600	1km	10'40"	77	103~115	+
7	15340	2km	19'54"	82	104~115	5' 息切れ 吐き気
8	14190	2km	19'23"	86	106~115	息切れ 吐き気
9	6310	2km	19'2"	83	104~122	息切れ 吐き気
10	12320	2km	18'45"	84	105~124	息切れ 吐き気
11	16160	2km	18'12"	81	107~120	+
12	13240	2km	17'27"	87	103~123	+
13	13310	2km	17'00"	86	106~121	+
14	13620	2km	20'16"	84	104~116	息切れ 吐き気
15	16910	2km	16'30"	74	106~124	息切れ 吐き気
16	12330	2km	16'23"	78	107~131	息切れ 吐き気
17	8320	2km	16'14"	89	101~129	息切れ
18	14330	2km	17'36"	85	104~117	(息切れ)
19	12820	2km	15'37"	84	102~124	+
20	14720	2km	14'53"	85	106~124	息切れ 吐き気
21	14110	2km	14'46"	84	104~134	息切れ 吐き気
22	12920	2km	14'36"	85	104~131	息切れ 吐き気
23	7580	2km	14'26"	83	108~134	+
24	8670	2km	14'18"	85	106~132	息切れ 吐き気
25	15310	2km	14'10"	85	108~130	吐き気

Date, walking steps, distance, walking duration, heart rate (rest and during exercise), and symptoms (in Japanese).

ドミルには Marquette 製 Case を使用し、独自のプロトコールで施行した (Table 1). Table 2 に実際の運動処方を示す。運動の種類は歩行で、歩行距離は最初の1週間のみ 1km とし、以後は 2km とした。頻度は1日1回で毎日、期間は退院後1ヵ月とした。運動強度は歩行時の心拍数で指定しており、A 群では一律に 100~110/分、B 群では運動療法前の負荷試験で求めた AT 時の心

拍数の 90~100% とした。運動療法中の心拍数は腕時計型心拍数計で測定するように指導し、万歩計で計った1日の総歩数とともに、自覚症状も含め、「運動の記録」(Table 3)に記載させ、評価の参考にした。

結果

Fig. 1 に運動療法前の運動耐容能を示した。ト

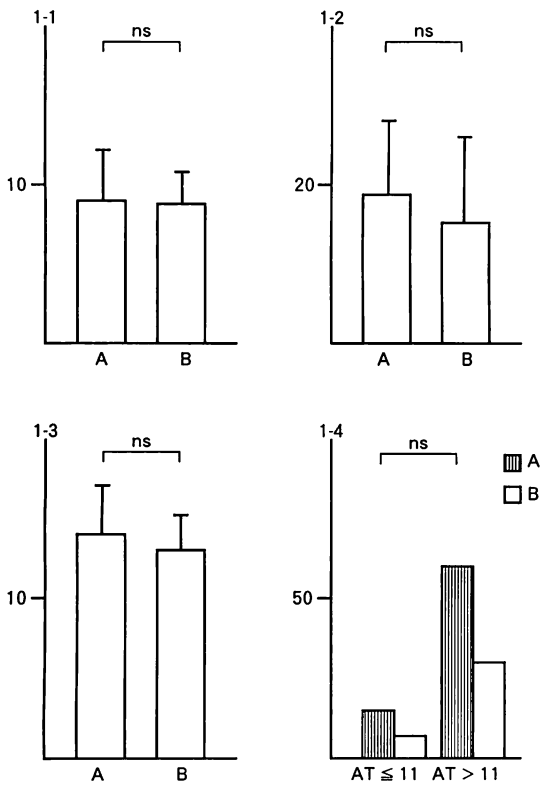


Fig. 1. Exercise tolerance before training.

A = group A; B = group B; 1-1 = exercise time (min); 1-2 = O₂ consumption (ml/min/kg); 1-3 = AT (ml/min/kg); 1-4 = distribution of AT before training.

レッドミル運動時間 exercise time (A vs B = 9.1 ± 3.4 vs 9.1 ± 1.7 min), 酸素摂取量 O₂ consumption (19.1 ± 4.5 vs 17.5 ± 4.7 ml/min/kg), AT (13.4 ± 2.7 vs 12.8 ± 2.3 ml/min/kg) に両群間で差を認めなかった. また AT が 11.0 ml/min/kg より大なる症例は, Weber-Janicki らの機能分類²⁾ のクラス (A) と (B) に当たり, 比較的高い運動耐容能といえる. これらの症例の分布を比較したところ, A・B 両群間で差を認めなかった (Figs. 1~4). 一律に 100~110/分で運動処方した A 群において, 運動療法後のレッドミル運動時間は 9.1 ± 3.4 から 11.1 ± 3.5 min へ, 酸素摂取量は 19.1 ± 4.5 から 21.3 ± 4.8 ml/min/kg へ, AT は

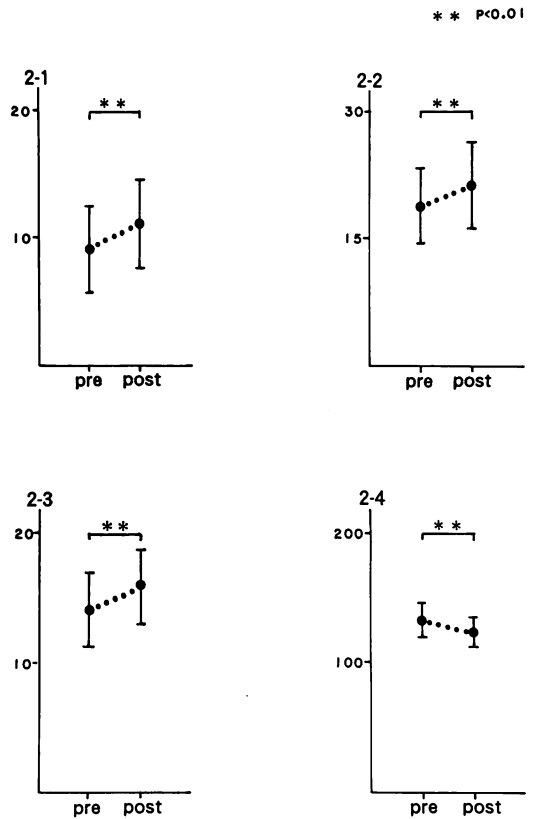


Fig. 2. Changes in exercise tolerance in group A.

2-1 = exercise time (min); 2-2 = O₂ consumption (ml/min/kg); 2-3 = AT (ml/min/kg); 2-4 = HR at the same loading (beats/min).

13.4 ± 2.7 から 15.1 ± 2.8 ml/min/kg へ増加し, 同一負荷量時 (運動療法前のレッドミル運動負荷時の終点) の心拍数は 132.7 ± 12.7 から 122.9 ± 11.8 beats/min へ減少し, 運動耐容能の改善を認めた (Fig. 2). AT 時の心拍数の 90~100% で運動処方した B 群でも, 運動療法後のレッドミル運動時間は 9.1 ± 1.7 から 10.4 ± 2.2 min へ, 酸素摂取量は 17.5 ± 4.7 から 19.8 ± 5.8 ml/min/kg へ, AT は 12.8 ± 2.3 から 14.9 ± 2.7 ml/min/kg へ増加し, 同一負荷時の心拍数は 138.7 ± 8.1 から 131.3 ± 16.2 beats/min へ減少し, 運動耐容能の改善を認めた (Fig. 3).

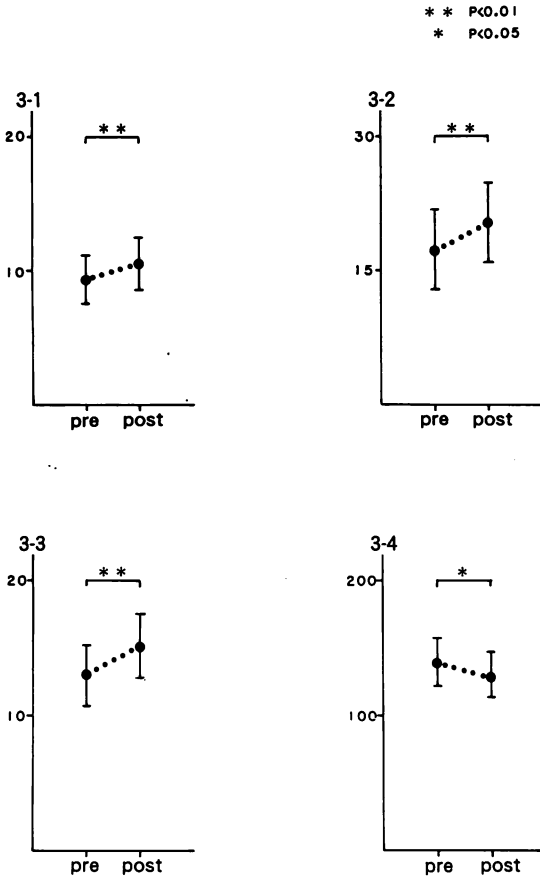


Fig. 3. Changes in exercise tolerance in group B.
 3-1=exercise time (min); 3-2= O_2 consumption (ml/min/kg); 3-3=AT (ml/min/kg); 3-4=HR at the same loading (beats/min).

Fig. 4 に、運動療法後 AT が増加したものと増加しなかったものの分布を示した。A 群では 80 例中 24 例 (30%) で AT の増加がみられなかったが、B 群では全例で増加しており、有意差を認めた。A 群において、AT が増加した症例と増加しなかった症例で運動療法前の AT を比較してみると、AT 増加症例の 13.0 ± 2.6 ml/min/kg に対して AT 非増加症例では 14.4 ± 2.6 ml/min/kg であり、非増加症例で有意に高値であった (Fig. 5)。そこで先述の Weber-Janicki 分類のクラス (A)・(B) 群の運動耐容能が比較的高い症例につ

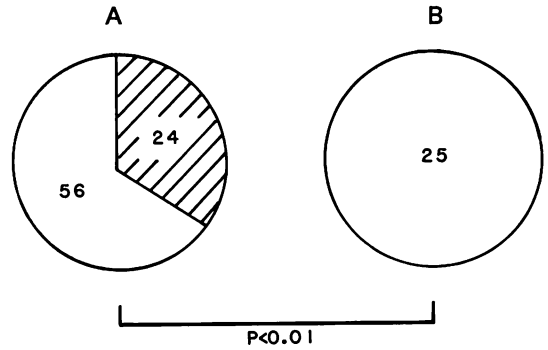


Fig. 4. Distribution of changes in AT.
 A=group A; B=group B; □=AT increased; ▨=AT did not increase.

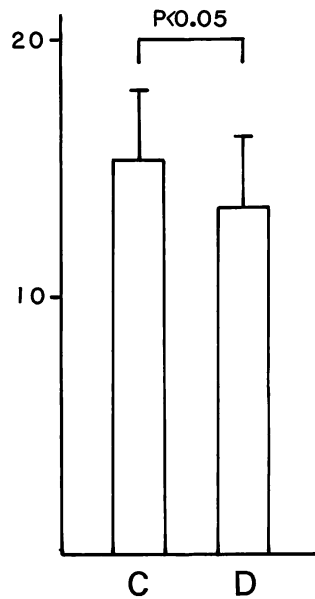


Fig. 5. Distribution of AT before training in group A.
 C=AT did not increase; D=AT increased.

いて、A・B 両群間で運動療法前後の AT の変化の分布をみると、A 群では 69 例中 22 例 32% で AT の増加がみられなかったが、B 群では 18 例全例で増加しており、両群間に有意差を認めた (Fig. 6)。

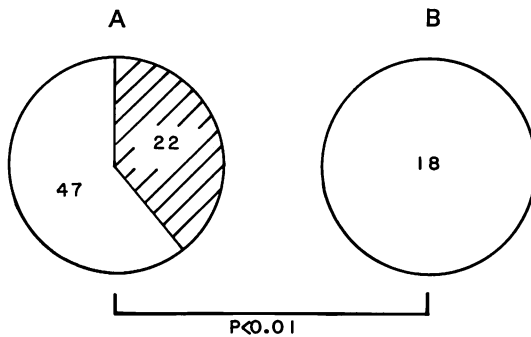


Fig. 6. Distribution of changes in AT (AT before training > 11 ml/min/kg).

A=group A; B=group B; □=AT increased; ▨=AT did not increase.

考 察

アメリカ・スポーツ医学協会によって作成された運動療法のガイドラインによれば³⁾, トレーニング効果と安全性の両面から考えて, 最大酸素摂取量の 50~85%, 最大心拍数の 60~90% に相当する強度の運動が効果的であるとされている. また, 歩行・ジョギング・水泳などの動的な運動を 1 日 1 回, 30~60 分間, 週に 3~5 回行なうのが効果的であるといわれている. 通常, 心疾患患者には最大運動負荷試験を行なうことは不可能であり, このため, 最大酸素摂取量や最大心拍数は得られないことが多い. これに代わって最近, AT が最大酸素摂取量と良く相関し, またトレーニング効果の検出に優れることから, 運動耐容能の指標として AT が広く用いられ始めている^{4,5)}.

我々の行なっている運動処方では心拍数で運動強度を規定し, これに合わせて歩行速度を調節させるものである. 心拍数を一律に 100~110/分に指定した場合, 実際の運動処方中の運動強度は, 個々の症例で約 2~7 METS までの広範なばらつきを認めた⁶⁾. また, すでに我々が報告したように⁷⁾, 心拍数による画一的な運動処方をした場合に, その処方された心拍数が AT 時の 90~100% に相当する症例群で最も運動療法効果が高かった

ことより, 今回, 運動療法中の心拍数を, 個々の症例について, 退院前の心肺運動負荷試験で求められた AT 時の心拍数の 90~100% に設定した運動療法群を設けた. AT をわずかに下回る運動強度 (sub-AT) の労作は疲労感が少なく, かつ長時間続けられる運動強度の中で, 最も強い労作と考えられる⁸⁾. 本研究でも 100~110/分の運動処方をした場合, 30% の症例では運動療法後に AT の増加が認められなかった. しかし sub-AT の処方では全例で効果を認めており, AT 時の心拍数の 90~100% の運動強度を用いた処方に, より安定した効果が示された. 非監視型の運動療法を行なう場合, 安全性の面から運動強度を低めに設定する傾向にある. その点, 今回の我々の研究で安定した効果が示された sub-AT の運動強度は, 最高酸素摂取量 (peak $\dot{V}O_2$) の 70~80% に相当し, 運動療法効果が期待でき, かつ安全に非監視下に負荷し得る最低限の運動強度と考えられる.

ま と め

運動強度が歩行時心拍数で 100~110/分の A 群と, AT 時の 90~100% とした B 群とで, 心筋梗塞後の運動療法を比較した.

1. A・B 両群の双方で, 運動療法後のトレッドミル運動時間・酸素摂取量・嫌気性代謝閾値の増加と, 同一負荷量時の心拍数の減少を認めた.

2. A 群の中で, 運動療法前の嫌気性代謝閾値が 11.0 ml/min/kg 以上の運動耐容能の高い症例のうち 32% で運動療法後, 嫌気性代謝閾値の増加が認められなかった. しかし, B 群では運動療法後, 全例で嫌気性代謝閾値が増加した.

以上より, 歩行による非監視型在宅運動療法を行なうときには, 嫌気性代謝閾値時の心拍数の 90~100% の心拍数での運動処方により, 安定した運動療法効果が得られると考えられた.

要 約

負荷強度の異なる 2 種類の運動処方では, 急性心筋梗塞症患者の歩行による回復期在宅運動療法を

行なわせ、運動療法効果の違いを明らかにした。急性心筋梗塞症回復期症例 105 例を対象に、退院後 1 ヶ月間、1 日 1 回毎日、2 km の歩行による運動療法を行なわせた。運動療法中の心拍数、運動時間、1 日の総歩数などは患者各自に計測させた。歩行時の平均心拍数を一律に 100~110/分として運動処方した A 群 80 例(男 76 例, 女 4 例, 平均年齢 53 ± 9 歳)と、個々に嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold: AT) 時の心拍数の 90~100% として処方した B 群 25 例(男 22 例, 女 3 例, 平均年齢 57 ± 8 歳)との間で、運動療法前後で呼気分析を併用したトレッドミル運動負荷試験(心肺運動負荷試験)を行ない、運動療法の効果を比較検討した。

運動療法後、AT は A 群で 13.4 から 15.1 ml/min/kg へ、B 群で 12.8 から 14.9 ml/min/kg へと有意に増加した ($p < 0.01$)。A 群のうち 30% の例で AT の増加が認められなかったが、B 群では全例で AT の増加を認めた ($p < 0.01$)。特にもとの運動能力が高い例において、A 群では運動療法効果が乏しかったが、B 群では効果が明らかであった。

以上より、歩行による在宅運動療法で十分な運動療法効果が得られ、また歩行時の心拍数を一律に 100~110/分 で処方するより、個々の運動能力を参考にして、AT 時の心拍数をもとに運動処方する方が、より安定した効果を有すると考えら

れた。

文 献

- 1) Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* **35**: 236-243, 1973
- 2) Weber KT, Janicki JS: *Cardiopulmonary exercise testing: Physiological principles and clinical applications*. WB Saunders Co, Philadelphia, 1986
- 3) アメリカスポーツ医学協会編(日本体力医学会体力科学編集委員会訳): 運動処方の指針——負荷テストと運動プログラム. 南江堂, 1982
- 4) Davis JA, Frank MH, Whipp BJ, Wasserman K: Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle aged men. *J Appl Physiol* **46**: 1039-1046, 1979
- 5) Smith DA, O'Donnell TV: The time course during 36 weeks' endurance training of change in VO_2 max and anaerobic threshold as determined with a new computerized method. *Clin Sci* **67**: 229-236, 1984
- 6) 斎藤宗靖: 心筋梗塞症回復期の非監視型運動療法とその効果. *Therap Res* **7**: 58-67, 1987
- 7) 下原篤司, 斎藤宗靖, 上嶋健治, 飯田英隆, 佐藤文敏, 深見健一, 住吉徹哉, 土師一夫, 平盛勝彦: 心筋梗塞症患者の回復期在宅運動療法における運動処方の検討. *Therap Res* **10**: 295-300, 1989
- 8) 上嶋健治, 斎藤宗靖, 下原篤司, 大村延博, 板金広, 佐藤文敏, 飯田英隆, 深見健一, 住吉徹哉, 土師一夫, 平盛勝彦: 運動時の自覚症状の半定量的評価法の検討. *日臨床生理会誌* **18**: 111-115, 1988