

在宅モニターシステムと油圧式足踏み歩行負荷器具を用いた心筋梗塞症後の準監視型在宅運動療法

Semi-Supervised Exercise Using a Step Machine at Home After Myocardial Infarction

鎌田 弘之
上嶋 健治
橋本 浩哉
小林 昇
平盛 勝彦

Hiroyuki KAMATA, MD
Kenji UESHIMA, MD
Koya HASHIMOTO, MD
Noboru KOBAYASHI, MD
Katsuhiko HIRAMORI, MD, FJCC

Abstract

Home exercise programs for patients with myocardial infarction effectively improve their ability to exercise as well as quality of life. However, there are no efficient methods for monitoring the patient's clinical status or conveying the physician's instructions to the home setting. To resolve these problems, we developed a computer-based, automated, telemetry system comprised of central and peripheral computers and telephone line.

Five myocardial infarction patients were evaluated for peak oxygen uptake (peak $\dot{V}O_2$) and anaerobic threshold (AT) before hospital discharge. At home, the patients performed 10-min exercise using a step machine. Patient data including blood pressure, pulse rate, and electrocardiogram before and after exercise were stored in the peripheral computer, and the central computer automatically retrieved the data through the phone line. If the current heart rate was less than the heart rate at AT, extreme changes in blood pressure were noted or dangerous arrhythmias appeared, appropriate instructions were indicated on the display of the peripheral computer. Following these instructions, the patients continued home exercise programs for 6 months.

Peak $\dot{V}O_2$ and AT increased significantly in all patients (peak $\dot{V}O_2$: baseline 24 ± 3.3 ml/kg/min, 6 months later 33.3 ± 3.7 ml/kg/min, $p < 0.01$, AT: baseline 15.2 ± 2.7 ml/kg/min, 6 months later 18.5 ± 2.8 ml/kg/min, $p < 0.01$). The computer-based automated telemetry system combined with a step machine facilitated effective prescription and monitoring of exercise programs at home.

Key Words

Computer, Rehabilitation, Myocardial infarction, Telemedicine

はじめに

急性心筋梗塞症回復期の患者では、リハビリテーションの一環として、また二次予防のためにも、退院後、引き続き運動療法を行うことの重要性が指摘されている¹⁾。この目的のために、油圧式の足踏み歩行負荷器具を用いた在宅での運動療法を考案し²⁾、既報の在宅モニター³⁾と組み合わせ、安全で効果的な運動療法を行うシステムを開発した。このシステムの有用性

について述べる。

対象と方法

1. 対象

対象は岩手医科大学第二内科に急性心筋梗塞症で入院した男性5例(平均年齢 52 ± 9 歳, Table 1)である。全員に本研究について説明を行い、研究に参加することの同意を得た。

岩手医科大学 第二内科: 〒020 盛岡市内丸 19-1

The Second Department of Internal Medicine, Iwate Medical College, Morioka

Address for reprints: KAMATA H, MD, The Second Department of Internal Medicine, Iwate Medical College, Uchimaruru 19-1, Morioka 020

Manuscript received July 8, 1996; revised September 17, 1996; accepted September 20, 1996

Selected abbreviations and acronyms

AT=anaerobic threshold peak $\dot{V}O_2$ =peak oxygen uptake

2. 方 法

1) 運動耐容能評価と運動療法時の運動強度の決定

退院時にトレッドミル法を用いた心肺運動負荷試験を施行し、最高酸素摂取量 (peak oxygen uptake: peak $\dot{V}O_2$) と嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold: AT) を測定した (Table 1)。この際、同時に油圧式足踏み歩行負荷装置 (トキコ製ステアークライマー®; Fig. 1) を用い、1分間の踏み込み回数を35, 40, 45, 50, 55, 60回とする多段階の漸増足踏み歩行運動を各3分間施行し、負荷中の呼気ガス分析を連続的に行った (漸増式足踏み歩行負荷試験)。これにより先に求めたATに相当する運動強度を、ステアークライマーの1分間当たりの踏み込み回数として求めた (Table 1)。

2) ホストコンピューターと在宅モニター間のデータの通信

在宅モニター (セタ製ホームドクターうらら®) は心電計と自動血圧計、およびあらかじめ設定された設問に対する回答用ボタンとホストコンピューター (シャープ製 X68000®) からの文字情報を表示する液晶表示から構成され、これにデータの保存と通信の自動作業を受け持つコンピューターとが組み込まれている (Fig. 2)。ホストおよび端末のコンピューターは、以下の作業を自動的に行うようプログラムした。

1) 1日1回設定された時間に、在宅モニター端末のコンピューターが電話回線を通じてホストコンピューターに接続する。在宅モニターに保存されている1日分のデータ (血圧、心電図、問診内容) を自動的にホストコンピューターに送信する。

2) ホストコンピューターはこのデータを受け取り保存する。

3) 医師の指示は文字 (ひらがなとアルファベットとアラビア数字で30文字以内) としてホストコンピューターに保存する。この指示はホストコンピューターが端末から接続を受ける際に在宅モニターに送信され、端末のコンピューターに保存される。患者が運動開始前に端末液晶表示部に表示された医師の指示を確認後、後述する運動を開始するよう説明した。

3) 在宅での運動療法

退院後、端末の液晶表示に示された踏み込み回数に従って、電子メトロノームの信号音に同期させたステアークライマーによる運動を毎日10分間行った。運動前後に、在宅モニター端末で血圧と心電図 (1誘導, 1分間) および問診所見 (動悸, 息切れ, 胸痛など) を記録し、在宅モニターの端末コンピューターに保存した。

4) データの分析および運動処方

医師がホストコンピューターの患者データを1週間ごとに分析した。この時に運動直後の血圧の上昇 (収縮期圧 230 mmHg 以上) と下降 (収縮期圧・拡張期圧ともに 20 mmHg) や不整脈が認められた時は運動を一時中止し、外来受診させた。踏み込み回数が運動直後の心拍数からみて AT に到達していないと判断した時は、設定した踏み込み回数から、毎分5回ごと、踏み込み回数を増加させた。また1週間で3日以上運動療法を施行できた患者は運動療法のコンプライアンスが良好とし、それ以外は不良と判定した。

5) 統計解析

統計学的処理には Student の paired *t* 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差ありとした。

結 果

1. 症例呈示

症例 1 (Table 1; Patient No. 1)

6ヵ月間の運動直後の平均心拍数と踏み込み回数を週単位で示す (Fig. 3-上)。リハビリテーションの進行に伴い、当初に設定された踏み込み回数 (45回/分) では心拍数の増加が認められなくなった。このため踏み込み回数を1段階 (5回/分) 増加するように指示した。運動療法の開始3ヵ月後に、踏み込み回数を4段階 (65回/分) に増加させても AT 時の心拍数に到達しなくなり、その後、踏み込み回数を7段階 (80回/分) まで増加したが、運動後の心拍数は AT 時の心拍数まで到達しなかった。本例は在宅リハビリテーション開始6ヵ月後に終了した。

症例 2 (Table 1; Patient No. 4)

6ヵ月間の運動直後の平均心拍数と踏み込み回数を週単位で示す (Fig. 3-下)。当初は踏み込み回数を50回/分で運動療法を開始した。送信されてきたデータより運動療法のコンプライアンスが不良であることを認めたため、運動療法開始5ヵ月後に外来受診する

Table 1 Patient data and step rate at baseline and 6 months later

Patient No.	Age (yr)	MI location	EF (%)	Peak VO_2 (ml/kg/min)		AT (ml/kg/min)		Step rate (/min)	
				Baseline	6 mo. later	Baseline	6 mo. later	Baseline	6 mo. later
1	64	Posterior	62	26.4	31.2	13.1	18.2	45	80
2	50	Inferior	59	27.5	33.1	14.2	17.6	40	60
3	60	Anterior	58	25.9	28.8	13.0	14.5	40	65
4	43	Inferior	67	33.1	34.9	16.4	20.8	50	55
5	44	Anterior	56	31.9	38.5	19.4	21.7	60	65

MI=myocardial infarction; EF=left ventricular ejection fraction; mo=months.

ように指示し、運動療法を再度指導した。その後は運動療法のコンプライアンスが良好であることが、送信データより確認できたが、コンプライアンスの不良時期があったため、6ヵ月後の踏み込み回数の増加は2段階(60/回)にとどまった。

2. 運動処方へのコンプライアンス

5例中3例は、準監視型在宅運動療法のコンプライアンスが良好なことが、送信されてきたデータより確認できた。他の2例は、在宅モニターのコンピューターにデータが保存されていないことから、運動療法のコンプライアンス不良を疑い、外来受診時に施行状況を確認したところ、コンプライアンスが不良であることを確認できた。この2例に対して運動療法の再指導を行い、その後は運動療法の中断は認められなくなり、6ヵ月後在宅での運動療法を終了した。

3. 準監視型在宅運動療法中の不整脈と血圧変動

5例全てで運動後の心電図に不整脈は認められなかった。5例中1例では運動後の収縮期血圧が180–230 mmHg 前後に上昇した。この例には外来を受診するよう指示し、降圧薬を追加処方したところ、その後の血圧上昇は認められなくなり、運動療法を継続できた。収縮期血圧、拡張期血圧ともに20 mmHg 以上の低下例はなかった。

4. 心肺運動負荷試験の変化 (Fig. 4)

準監視型在宅リハビリテーション前後の peak VO_2 および AT は全例で増加した (peak VO_2 : 退院前 24 ± 3.3 ml/kg/min, 6ヵ月後 33.3 ± 3.7 ml/kg/min, $p < 0.01$, AT: 退院前 15.2 ± 2.7 ml/kg/min, 6ヵ月後 18.5 ± 2.8 ml/kg/min, $p < 0.01$)。

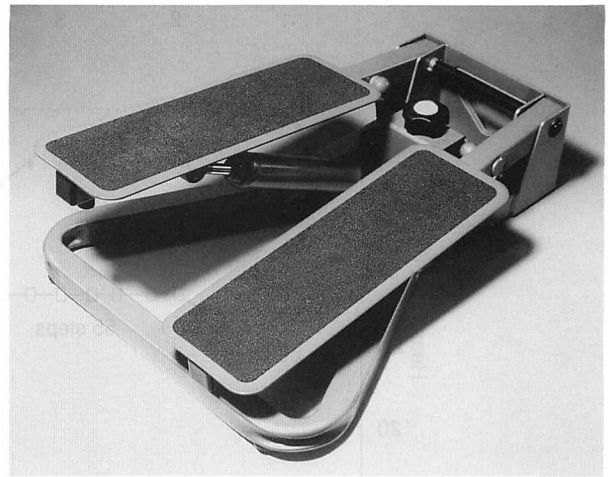


Fig. 1 Step machine (Stair Climber®)

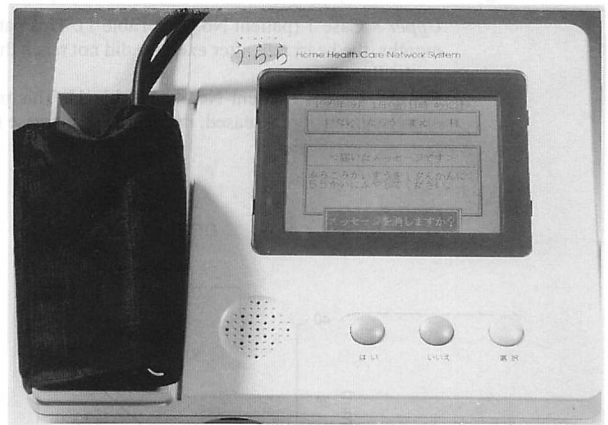


Fig. 2 Monitoring system including the sphygmomanometer, the electrocardiograph, and the display

考 案

心筋梗塞症の回復期の運動療法は監視システムの有無により監視型と非監視型に分類される。

監視型はエルゴメーターやトレッドミル運動負荷器

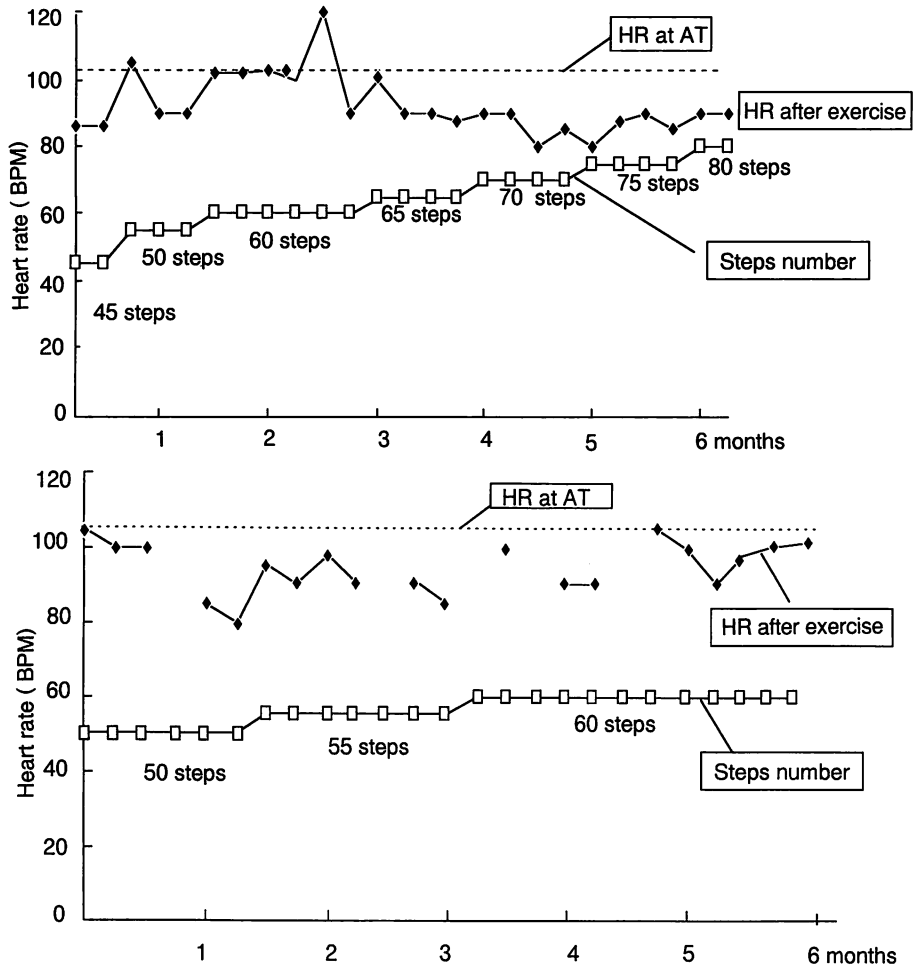


Fig. 3 Relationship between heart rate (HR) and step rate

Upper: Case 1 (patient No. 1 in Table 1). This patient had good compliance with the exercise instruction. After 3 months, the heart rate after exercise did not reach the heart rate at AT. The exercise intensity (as step rate) increased gradually.

Lower: Case 4 (patient No. 4 in Table 1). This patient sometimes discontinued the exercise program. Although exercise intensity increased, the degree of increase remained lower than case 1.

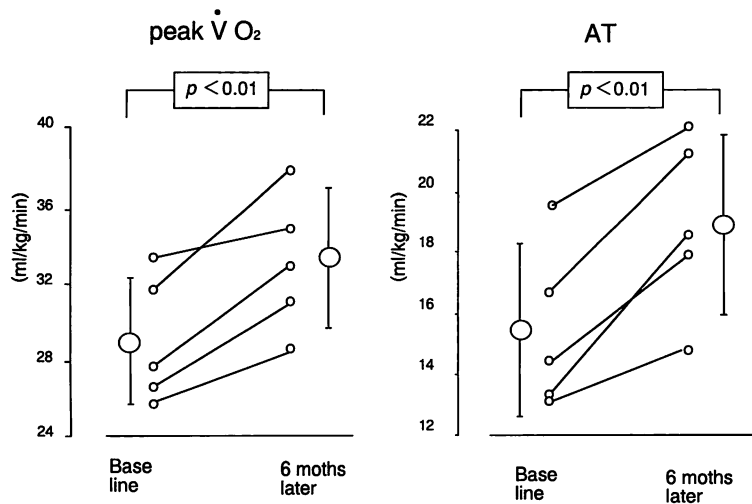


Fig. 4 Changes in peak $\dot{V}O_2$ and AT at baseline and 6 months later

具やスポーツ器具を備えたリハビリテーション施設に専属の医師やインストラクターが常駐し、患者が週に何回か定期的に受診する方式が多い。これは患者の状態を把握しながらそれに応じた運動処方が可能で、かつ運動処方に対するコンプライアンスを確認できるという点で理想的である。しかし、これには特別な施設とマンパワーが必要で、我が国では一部地域に限定されているのが現状である⁹⁾。また患者が施設に通う負担が運動療法の中断の一因となる⁹⁾。

一方、非監視型は主に屋外の歩行による運動を、患者自身の測定による脈拍数を目安に運動処方する方法である⁹⁾。特別な施設は不要であり、普及が容易であるものの、運動処方が指示どおり行われているかを確かめる方法がなく、また患者の状態に即した運動強度を与えることが難しい。更に寒冷地では、冬期間の屋外での運動は心疾患患者に過度の血圧の上昇や心筋虚血の誘発の可能性があること⁷⁾、道路の積雪凍結により実施が難しいことが問題となる。

以上の問題点を解決するために我々は屋内での油圧式足踏み歩行器具を使う運動療法を考案し、在宅モニター装置と組み合わせ、在宅での運動療法を監視する準監視型在宅運動療法のシステムを開発した。

非監視型の在宅運動療法では、より高い運動耐容能を獲得した場合、それに即した運動処方を、時間差がなく処方するのは難しい。リハビリテーションの進行に伴い、当初設定した運動強度では十分な負荷量が得られないことが判明した。より高い強度の運動処方を行った症例1のように、患者の運動耐容能の改善度に応じて運動処方を行えば、従来の非監視型のリハビリテーションより早期に高い運動耐容能を得られる可能性がある。リハビリテーションの期間短縮にも効果があると思われる。また、患者が処方に従って実際に運動療法を行っているか否かの確認が可能で、在宅運動療法が滞っている例には、運動療法の再指導を行うことにより、運動処方へのコンプライアンスを高めることができる。

従来、患者の状態把握が難しいため、心機能の著しく低下した例や高齢者および重症の不整脈を有する例は非監視型の運動療法の適応に乏しいとされている⁹⁾。しかし、心機能の低下した例であっても、適切な監視下の運動療法が患者の生活の質の改善に効果があることが報告されている⁹⁾。今回の検討では左室駆

出分画が著しく低下した例は含まれておらず、今後はこのような症例で準監視型運動療法の安全性の検討が必要である。しかし、近くに適当な施設がないため、今まで運動療法の施行が難しかった患者であっても、準監視型在宅運動療法であれば施行が可能である例があるものと思われ、運動療法の適応例の拡大が期待できる。

患者が一人で行う在宅運動療法の継続には、患者に忍耐を要求する場合が多い¹⁰⁾。このような時は、患者に適切な精神的支援を行うことが重要である。これまでは患者に外来受診してもらうか、医療従事者が訪問または電話でカウンセリングを行ってきた。しかし、これらの方法で患者と医療従事者がコミュニケーションをとるには両者の時間を合わせる必要があり、時間的に制約が多く効率が悪い。我々が開発した在宅モニターシステムは、患者の運動療法も医師の運動処方も、両者の都合の良い時に行える。患者は運動前後のデータや自覚症状を、医療従事者は指示をコンピューターに保存しておけば、コンピューター同士のメッセージやデータの自動的な送受信により、自動的に保存する。患者はライフスタイルに合わせて自分に最適な運動療法を行えるので、運動療法の継続に都合がよい。また、在宅患者が医師の適切な指示を効率よく得られることは、在宅リハビリテーションの精神的支援の補助的方法として有用であると思われる。また医療従事者側も時間に縛られることがなく、患者のデータを分析して運動処方ができるため、効率よく、より多数の患者の管理が可能となると思われる。

我々のシステムでは、端末コンピューターの容量の制約と患者が心電図を撮る時の簡便性から、運動前後での心電図と血圧値の記録しか行っていない。安全性を高めるためには、運動中の心電図と血圧値を記録できるような改良が必要と思われる。更に理解力が低下した高齢者でも、より簡便に在宅運動療法を行える端末機の改良が必要と思われる。

結 論

1) コンピューターと電話回線を使った準監視型在宅運動療法により、在宅でのリハビリテーションの状況把握が効率的に可能であった。

2) 準監視型在宅運動療法は在宅非監視型の欠点を補い、かつ監視型よりも普及および継続的施行が容易か

つ安全な方法として有用である。

なお本研究の一部は、平成6年度福田医療技術振興財団および慢性疾患・リハビリテーション研究振興財団の補助による。

要 約

安全で効果的な在宅での運動療法を行うために、コンピューターと電話回線で患者の生体情報を収集し、患者監視を行うシステムを開発した。

対象は急性心筋梗塞症患者5例である。退院時に最高酸素摂取量 (peak $\dot{V}O_2$) と嫌気性代謝閾値 (AT) を測定して運動耐容能を評価した。退院後、自宅で油圧式足踏み歩行負荷装置 (トキコ製ステアークライマー®) による運動を毎日10分間行い、運動前後の血圧、心拍数および心電図を末端コンピューターで処理して記録した。ホストコンピューターにより電話回線を通じてデータを自動的に収集保存した。最新の心拍数から AT を達成していない時、血圧の異常な変化、あるいは危険な不整脈を認められた時には、新たな運動処方をホストコンピューターから送信した。送信された運動処方に準じた運動療法を6ヵ月間行った。本システムにより、退院後も AT に相当する負荷量の運動処方を行うことが可能であった。

6ヵ月後の peak $\dot{V}O_2$ と AT は全例で増加した (peak $\dot{V}O_2$: 退院前 24 ± 3.3 ml/kg/min, 6ヵ月後 33.3 ± 3.7 ml/kg/min, $p < 0.01$, AT: 退院前 15.2 ± 2.7 ml/kg/min, 6ヵ月後 18.5 ± 2.8 ml/kg/min, $p < 0.01$)。本システムによる運動療法は、心筋梗塞症患者の退院後のリハビリテーションの方法として有用と考えられる。

J Cardiol 1997; 29: 23-28

文 献

- 1) Hartley LH: The role of exercise in the primary and secondary prevention of atherosclerotic coronary artery disease. *Cardiovasc Clin* 1985; 15: 1-8
- 2) 上嶋健治, 橋本浩哉, 鎌田弘之, 小林 昇, 千葉 誠, 鎌田 絢也, 平盛勝彦: 油圧式足踏み運動負荷装置を用いる心筋梗塞症患者の在宅運動療法の確立. *循環器* 1995; 38: 528-530
- 3) 鎌田弘之, 平盛勝彦: 内科領域における遠隔医療. *医のあゆみ* 1994; 171: 869-872
- 4) 谷口興一: 地域病院における心臓リハビリテーションセンター. *in* 循環器 NOW: 10. 運動指導・運動療法 (村山正博編). 南江堂, 東京, 1995; pp 135-142
- 5) Andrew GM, Oldridge NB, Parker JO, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Jones NL, Buck C, Kavanagh T, Shephard RJ, Sutton JR: Reasons for dropout from exercise programs in post-coronary patients. *Med Sci Sports Exerc* 1981; 13: 164-168
- 6) Ueshima K, Saito M, Shimoyama A, Uchimoto S, Kawaguchi M, Fukami K, Sumiyoshi T, Haze K, Hiramori K: Management and evaluation of non-supervised home exercise program in a convalescent phase of acute myocardial infarction. *Jpn Circ J* 1990; 54: 1437-1442
- 7) Petersen CL, Hansen A, Frandsen E, Strange S, Jonassen O, Nielsen JR, Dige PH, Hesse B: Endothelin release and enhanced regional myocardial ischemia induced by cold-air inhalation in patients with stable angina. *Am Heart J* 1994; 128: 511-516
- 8) 上嶋健治, 斎藤宗靖, 下原篤司, 平盛勝彦: 非監視型運動療法. *臨床医* 1989; 15: 894-897
- 9) Hedback B, Perk J: Can high-risk patients after myocardial infarction participate in comprehensive cardiac rehabilitation? *Scand J Rehabil Med* 1990; 22: 15-20
- 10) Dishman RK, Ickes W: Self-motivation and adherence to therapeutic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1981; 13: 224-228