

回復期心筋梗塞患者に対する筋力トレーニングが筋力、運動耐容能に及ぼす効果

Effects of Weight Training on Muscle Strength and Exercise Capacity in Patients After Myocardial Infarction

山崎 裕司
山田 純生
田辺 一彦*
長田 尚彦*
中山 大*
伊東 春樹*
村山 正博*

Hiroshi YAMASAKI
Sumio YAMADA
Kazuhiko TANABE*
Naohiko OSADA*
Masaru NAKAYAMA*
Haruki ITOH*
Masahiro MURAYAMA*

Abstract

The effect of combined aerobic and weight training on indexes of muscle strength and exercise capacity was investigated in 59 patients after myocardial infarction. Subjects were randomly assigned into three groups: group I performing combined aerobic and weight training ($n=22$), group II performing ordinary aerobic training alone ($n=19$) and group III not performing physical training ($n=18$). Before and after the training, isokinetic knee extension strength was measured and cardiopulmonary exercise testing was performed. Physical training was prescribed for 8 weeks. Weight training of knee extensors was performed at 60% of 1 repetition maximum and aerobic training was prescribed at the heart rate of anaerobic threshold (AT) level.

After 8 weeks, the increase of isokinetic knee extension strength was significantly greater in group I ($26 \pm 14\%$) than group II ($6 \pm 8\%$) and III ($4 \pm 8\%$). Increases in peak $\dot{V}O_2$, exercise time, AT and peak O_2 pulse were greater in groups I and II than group III. Furthermore, increase of exercise time was greater in group I ($25 \pm 14\%$) than group II ($16 \pm 9\%$). The rating of perceived exertion in submaximal exercise decreased significantly only for group I.

In patients with myocardial infarction, combined aerobic and weight training is a more effective method for increasing muscle strength and exercise capacity than only ordinary aerobic training.

Key Words

exercise (weight training, capacity, muscle strength), myocardial infarction

はじめに

心筋梗塞患者における運動制限因子として心機能障害が最も重要であることは言うまでもない。しかし、高齢者や病前から日常生活活動量が低下した症例などでは心筋梗塞発症後の安静臥床によって下肢筋力の著しい低下を生じ、呼吸循環系には十分な予備能を有するにもかかわらず、下肢の強い疲労によって運動

が制限される症例が存在する¹⁾。また、下肢筋力が低下した心筋梗塞患者ほど最高酸素摂取量や最大作業能力も低下しており²⁾、心筋梗塞患者の運動耐容能が心機能障害だけでなく、筋力の低下によっても悪影響を受けることが示唆されている。したがって、心筋梗塞患者においても運動耐容能を維持改善するためには、下肢筋力の増強に注目することが重要と考えられる。

聖マリアンナ医科大学病院 リハビリテーション部, *第二内科: 〒213 川崎市宮前区菅生 2-16-1

Department of Rehabilitation Medicine and *the Second Department of Internal Medicine, St. Marianna University School of Medicine, Kawasaki
Address for reprints: YAMASAKI H, MD, Department of Rehabilitation Medicine, St. Marianna University School of Medicine, Sugao 2-16-1, Miyamae-ku, Kawasaki 213

Manuscript received June 14, 1995; revised September 6, 1995; accepted September 6, 1995

本研究では、回復期心筋梗塞患者に対して膝伸展筋の筋力トレーニングを併用した運動療法を実施し、筋力ならびに運動耐容能に及ぼす効果について、通常の有酸素トレーニングを主体とした運動療法と運動療法を施行しない場合とを比較検討した。

対 象

対象は1993年4月-1994年10月の期間に聖マリアンナ医科大学病院ハートリハビリテーションセンターに依頼のあった回復期心筋梗塞患者59例で、年齢は 62.5 ± 9.3 歳、男45例、女14例である。これらの対象を以下の3群に無作為に分類した。すなわち、筋力トレーニングを含む運動療法を施行したI群(22例)、通常の有酸素トレーニングを主体とした運動療法を施行したII群(19例)、運動療法を施行しなかったIII群(18例)である。

3群の臨床的背景についてTable 1に示す。初回検査時の年齢、性別、身長、体重、冠動脈病変枝数、および急性期Swan-Ganzカテーテルから得られたForrester分類には群間で有意な差を認めなかった。Peak CK-MB値はIII群において低い傾向にあったが、他群との間に有意差を認めなかった。

方 法

1. 筋力測定と心肺運動負荷試験

退院時(発症から約1カ月の時点)と発症3カ月の時点で膝伸展筋力の測定と運動負荷試験を実施した。

1) 膝伸展筋力の測定

膝伸展筋力の測定にはOG技研製N-Kテーブル、およびCybex製Cybex II⁺を用い、膝伸展筋の1 repetition maximum (1RM)と膝伸展ピークトルクを求めた。1RMの測定はN-Kテーブル上に椅子坐位をとり膝関節90°屈曲位から膝を完全伸展させうる最大の重量を測定した。疲労を考慮し、5施行のうちに最大重量が測定できるように配慮した。膝伸展ピークトルクはCybex II⁺上の椅子坐位から60°/secの角速度で全力で5回屈伸させ、トルク曲線から直接膝伸展ピークトルク値を計測した。いずれの筋力測定も運動負荷試験によって安全を確認した後に行った。筋力測定中には心電図モニターを監視し、終了直後に聴診法によって血圧測定を行った。なお、右膝伸展筋力の結果をデータとして採用した。

Table 1 Patient characteristics

	Group I (n=22)	Group II (n=19)	Group III (n=18)
Age (yrs)	63.2±8.7	62.4±8.5	62.6±9.5
Gender (male/female)	18/4	14/5	13/5
Height (cm)	162.2±7.6	159.4±9.1	161.7±6.5
Weight (kg)	58.7±6.6	58.0±8.8	57.7±6.6
Number of diseased vessels			
0, 1	16	15	15
2	3	2	2
3	2	2	1
Peak CK-MB (mIU/ml)	199±129	243±182	142±129
Forrester subset			
I	11	12	14
II	2	3	2
III	4	2	1
IV	2	1	1

Mean ± standard deviation (SD).

At first examination, no intergroup differences in age, sex, number of diseased vessels, peak CK-MB or Forrester subset were noted.

2) 心肺運動負荷試験

運動負荷にはフクダ電子製Treadmill MAT-2500、運動負荷System ML5000を用い、Table 2に示すわれわれの開発したランプ負荷プロトコールによって行った³⁾。呼気ガス分析にはミナト医科学製Respiromonitor RM300およびMedical Gas Analyzer MG360を使用し、breath-by-breath法によって連続測定した。運動負荷試験中には、12誘導心電図、心拍数、血圧を1分ごとに記録した。これらの指標より、最高酸素摂取量(peak $\dot{V}O_2$)、運動負荷時間、嫌気性閾値(anaerobic threshold: AT)、最高酸素脈(peak O_2 pulse)、最高心拍数(peak HR)を求めた。また、併せて下肢についてBorgの主観的疲労度(rating perceived exertions)を求めた⁴⁾。運動負荷試験は症候限界性とし、中止基準は日本循環器学会の基準を参考にした⁵⁾。

2. 運動療法

運動療法期間はいずれも退院後8週間で、週3回の頻度で通院して、監視型の運動療法を施行した。有酸素トレーニングにはトレッドミルを用い、1回に30-40分間施行した。運動強度は心肺運動負荷試験より得られたATレベルの心拍数を指標とした。また、有酸素トレーニング前後には下腿三頭筋、大腿四頭筋に対してストレッチングを施行した。

Table 2 Protocol of ramp method

Stage	Duration (min)	Speed (mile/hr)	Grade (%)
1	3	1.0	0.0
2	1	2.0	0.0
3	1	2.0	3.5
4	1	2.0	7.0
5	1	2.0	10.5
6	1	2.0	14.0
7	1	2.5	14.0
8	1	2.5	16.0
9	1	2.5	19.0
10	1	2.5	22.0
11	1	2.7	22.0
12	1	3.0	22.0
13	1	3.2	22.0
14	1	3.4	22.0
15	1	3.4	24.0
16	1	3.4	25.0

筋力トレーニングを併用した運動療法は上記の有酸素トレーニングに膝伸筋群の筋力トレーニングを追加して処方した。筋力トレーニングにはOG技研製N-Kテーブルを使用し、負荷強度は1RMの60%とした。反復回数は5回を1セットとし、4-6セット行った。筋収縮時間は5秒とし、休止時間は5秒以上設けるように指導した。なお、これらのトレーニングプロトコルはトレーニング中の過剰な心拍血圧反応を抑制する目的から、われわれの先行研究に基づいて設定したものである^{6,7)}。

いずれの運動療法においても運動療法前後および実施中には心電図モニターを行い、聴診法によって血圧測定を行った。また、検査や運動療法の実施に際しては、その内容と目的を患者に説明し、同意のもとに施行した。

3. 解析方法

3群間で筋力、運動耐容能、同一運動強度における主観的疲労度の変化について比較検討した。運動療法前後の比較には対称性*t*検定を用い、主観的疲労度の変化についてのみ符号検定を行った。3群間の比較には分散分析およびBonferroniの方法を使用した。なお、符号検定は標本が順序尺度の場合に用いられ、2標本の差の大きさを比較するのではなく、差の符号だけを比較する検定方法である。いずれの検定においても p

<0.05 を有意差の判定とした。

結 果

今回の筋力測定中ならびに筋力トレーニング中には、安静時心電図に比して1 mm以上のST下降、ST上昇や、新たな不整脈の出現は認めなかった。

1. 膝伸展筋力

初回および最終検査時点における各群の膝伸展ピークトルク、1RMの値およびその増加率をTable 3に示した。初回検査時点における膝伸展ピークトルクは3群間で有意な差を認めなかった。膝伸展ピークトルクはI, II群において初回検査時点に比較し最終検査時点で有意に増加した(I群: $p < 0.01$, II群: $p < 0.01$)。膝伸展ピークトルクの増加率はI群 $26 \pm 14\%$, II群 $6 \pm 8\%$, III群 $4 \pm 8\%$ で、II, III群に比較し、I群で有意に高い値を示した($p < 0.01$)。II, III群間の比較では、膝伸展ピークトルクの増加率には有意差を認めなかった。

2. 運動耐容能

初回および最終検査時点における3群のpeak HR, peak $\dot{V}O_2$, 運動負荷時間, AT, peak O_2 pulseと、その増加率をTable 4に示した。初回検査時点においてpeak HR, peak $\dot{V}O_2$, 運動負荷時間, AT, peak O_2 pulseにはいずれも3群間で有意差を認めなかった。

Peak HRはI群, II群, III群ともに増加傾向にあり、I, II群の増加は有意であった(I群: $p < 0.01$, II群: $p < 0.05$)。Peak HRの増加率は各群間で有意差を認めなかった。

運動療法後peak $\dot{V}O_2$ はI群, II群で有意に改善したが(I群: $p < 0.01$, II群: $p < 0.01$)、III群では有意差を認めなかった。Peak $\dot{V}O_2$ の増加率を各群間で比較した場合、I群, II群, III群の順にpeak $\dot{V}O_2$ の増加率は大きく、I, III群間およびII, III群間には有意差を認めた(I vs III群: $p < 0.01$, II vs III群: $p < 0.01$)。

運動時間はI群, II群, III群ともに有意に延長した(I群: $p < 0.01$, II群: $p < 0.01$, III群: $p < 0.05$)。増加率はpeak $\dot{V}O_2$ 同様にI群, II群, III群の順に大きく、I, II群間, I, III群間には有意差を認めた(I vs II群: $p < 0.05$, I vs III群: $p < 0.01$)。

ATはI群, II群において有意に改善したが(I群: p

Table 3 Changes in knee extension strength

		Initial	Final	% increase
Knee extension peak torque (N · m)	I	92.4 ± 21.1	116.7 ± 27.3 [#]	26 ± 14%
	II	98.0 ± 31.1	103.9 ± 31.4 [#]	6 ± 8%
	III	88.4 ± 25.5	91.9 ± 24.6	4 ± 8%
1 repetition maximum (kg)	I	8.4 ± 2.7	11.9 ± 2.8 [#]	42 ± 20%
	II	8.8 ± 3.2	10.0 ± 2.7 [#]	14 ± 16%

Mean ± SD. Significant change from the initial to final value within the group; [#] $p < 0.01$. Significant difference between the groups; * $p < 0.01$. Increase of knee extension strength was significantly greater in group I than in group II or III.

Table 4 Changes in exercise capacity

		Initial	Final	% increase
Peak oxygen uptake (ml/kg/min)	I	21.4 ± 5.3	25.5 ± 5.6 ^{#2}	19 ± 10%
	II	21.6 ± 3.6	25.1 ± 4.8 ^{#2}	16 ± 8%
	III	21.6 ± 2.5	22.5 ± 3.8	4 ± 9%
Exercise time (min)	I	8.8 ± 2.1	11.0 ± 1.9 ^{#2}	25 ± 14%
	II	8.9 ± 1.3	10.3 ± 1.7 ^{#2}	16 ± 9%
	III	8.6 ± 1.4	9.4 ± 2.1 ^{#1}	9 ± 12%
Anaerobic threshold (ml/kg/min)	I	14.9 ± 3.4	16.8 ± 3.0 ^{#2}	13 ± 12%
	II	14.4 ± 2.0	16.7 ± 2.5 ^{#2}	16 ± 13%
	III	15.6 ± 2.6	15.7 ± 3.2	1 ± 11%
Peak heart rate (bpm)	I	135 ± 16	144 ± 15 ^{#2}	7 ± 10%
	II	138 ± 18	145 ± 16 ^{#1}	5 ± 8%
	III	144 ± 15	145 ± 17	1 ± 7%
Peak O ₂ pulse (ml/beat)	I	9.9 ± 2.4	11.2 ± 2.6 ^{#2}	13 ± 5%
	II	9.9 ± 2.5	11.0 ± 2.7 ^{#2}	11 ± 4%
	III	9.1 ± 1.9	9.5 ± 2.0	4 ± 4%

Mean ± SD. Significant change from the initial to final value within the group; ^{#2} $p < 0.01$, ^{#1} $p < 0.05$. Significant difference between the groups; ^{#2} $p < 0.01$, ^{#1} $p < 0.05$.

Increases in peak Vo₂, exercise time, AT, peak O₂ pulse were greater in groups I and II than in group III. Increase of exercise time was greater in group I than group II.

< 0.01, II 群: $p < 0.01$), III 群には有意な変化を認めなかった. AT の増加率は III 群に比較し I 群, II 群で有意に大きかった (I vs III 群: $p < 0.05$, II vs III 群: $p < 0.01$).

Peak O₂ pulse は I 群, II 群で有意に改善した (I 群: $p < 0.01$, II 群: $p < 0.01$). また, 増加率は III 群に比較し I 群, II 群で有意に大きかった (I vs III: $p < 0.05$, II vs III: $p < 0.05$).

3. 主観的疲労度

初回および最終検査時点における 3 群の運動負荷試験中の Borg の下肢の主観的疲労度の推移を Fig. 1 に示す. 主観的疲労度は I 群では最終ステージを除く他のすべてのステージで有意に減少した. 一方, II, III 群では同様の傾向にはあるものの, 主観的疲労度の減少は小さく有意な変化を認めなかった.

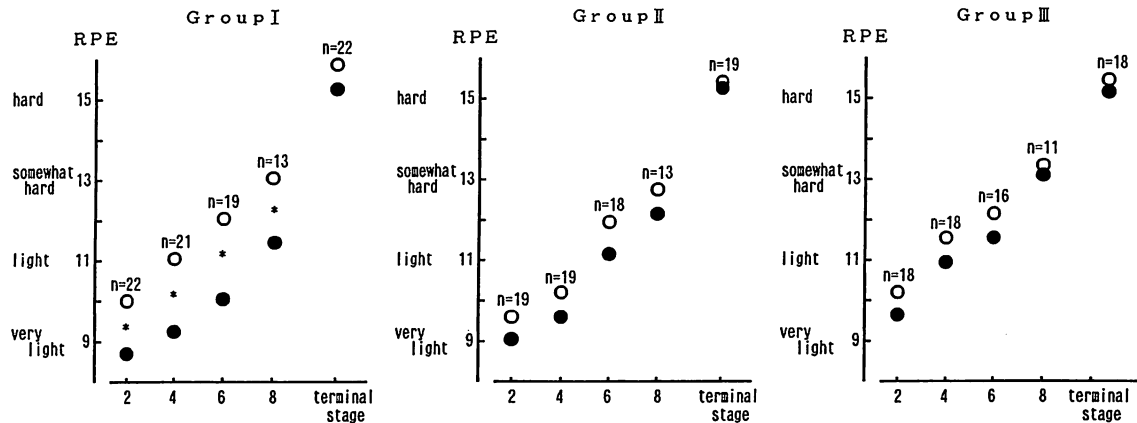


Fig. 1 Changes in rating of perceived leg exertion

X-axis indicates stage in ramp method protocol.

○: initial, ●: final, * $p < 0.01$.

RPE=rating of perceived exertion. Rating of perceived leg exertion in submaximal exercise decreased significantly only for group I.

考 察

心疾患患者の回復期運動療法に膝伸展筋群の筋力トレーニングを併用し、その効果について通常の有酸素トレーニングを施行した群とトレーニングを施行しなかった群の3群で比較検討した。対象とした3群の年齢、冠動脈病変の重症度、膝伸展筋力、運動耐容能には初回検査時点で群間に有意な差を認めなかったことから、患者背景の差が運動療法効果に及ぼす影響は小さいものと考えられた。

トレーニングの結果、膝伸展ピークトルク、1RMなどの膝伸展筋力の増加率はいずれもII、III群に比較しI群で良好であり、筋力トレーニングの併用によって通常の運動療法に比較し、優れた筋力増強効果を得られることが確認された。また、筋力増強効果は最大筋力の40-60%のトレーニング強度によって健常中高年者で20-50%⁸⁻¹⁰⁾、心疾患患者で20-30%^{11,12)}と報告されており、本研究におけるI群の1RMの増加率42%はこれらの報告に比較して良好であった。したがって、今回のトレーニング方法が筋力増強を図るうえで妥当であったと考えられた。II、III群間の比較では、膝伸展ピークトルクの増加率に有意差を認めなかった。このことは、従来の有酸素トレーニングを主体とした運動療法では、たとえ下肢筋群を主に使用する歩行や自転車エルゴメーターを用いたとしても十分な筋力増強効果が得られないことを示しており、筋力トレーニング併用の必要性がこの点からも示唆された。

心疾患患者に対する回復期運動療法が運動耐容能を改善させることは、多くの研究者によってこれまでに明らかにされてきた¹³⁻¹⁶⁾。今回の検討でも運動療法を施行しなかったIII群に比べ、AT心拍数を指標とした有酸素トレーニングを処方したI、II群でpeak $\dot{V}O_2$ 、AT、peak O_2 pulseなどの運動耐容能諸指標の改善は良好であり、今までの報告と同様の結果が得られた。

膝伸展筋の筋力トレーニング併用が運動耐容能に及ぼす効果をみた場合、運動時間の改善はII、III群に比較しI群で有意に良好であった。健常者を対象として筋力トレーニングが運動耐容能に及ぼす影響を検討した研究でも¹⁷⁻¹⁹⁾、運動時間などに代表される最大作業能力は有意に増加することが報告されており、今回の結果を支持している。このことから、膝伸展筋の筋力トレーニング併用はとくに最大作業能力の改善に有効であると考えられた。

本研究ではpeak $\dot{V}O_2$ の改善はI、II群間に有意差を認めなかった。筋力トレーニングがpeak $\dot{V}O_2$ に及ぼす影響については健常者の検討でpeak $\dot{V}O_2$ の増加はないか、あっても軽微な増加にとどまるとする報告が多い¹⁷⁻¹⁹⁾。これに対し心不全患者を対象とした研究では、運動に参加した筋量とpeak $\dot{V}O_2$ の間に有意な関連を認めるとの研究結果も報告されており²⁰⁾、筋力トレーニングによる筋量の増加がpeak $\dot{V}O_2$ の増加に関与するとも考えられる。しかし、Fronteraら¹⁹⁾は筋力トレーニングによって健常高齢者の筋断面積が28%増加したの対し、peak $\dot{V}O_2$ の増加は6%にとどまったこと

を報告している。したがって、現在のところ筋力トレーニングが peak $\dot{V}O_2$ に与える影響はあったとしても小さいものと考えられた。

AT や peak O_2 pulse の増加率には I, II 群間で差を認めず、膝伸展筋の筋力トレーニングの併用による効果はみられなかった。Marcinik ら¹⁸⁾ は 10 種類の筋力トレーニングを健常者に処方した結果、自転車駆動中の亜最大時の同一負荷強度における血中乳酸濃度は有意に減少し、AT が増加したことを報告している。このことは本研究の結果と異なっているが、方法論の違いがあり、今後の検討が必要である。

同一ステージにおける下肢の主観的疲労度は I 群においてのみ有意に減少し、筋力トレーニングを併用した運動療法の通常の有酸素トレーニングに比較し、亜最大時の運動における主観的疲労度を減少させるうえで有効であるものと考えられた。主観的疲労度の低下は運動耐容能の向上によっても生じるが、運動耐容能の向上した II 群においても主観的疲労度の低下は有意でなかった。筋力と主観的疲労度の関係について Grandevia ら²¹⁾ は筋弛緩剤によって人為的に筋力の低下を生じさせた場合、同一負荷強度における主観的な運動強度が増強することを報告している。また、Cafarelli²²⁾ も主観的疲労度には発揮された相対的筋力

と骨格筋の代謝状態が強く影響するとしており、本研究における下肢の主観的疲労度の減少には膝伸展筋力の増強が主に関与したものと推察された。

最後に今回の研究ではわれわれの先行研究を参考にして AT レベルの運動療法とほぼ同等の double product によって施行可能な膝伸展筋の筋力トレーニングを処方した⁷⁾。その結果、膝伸展筋の筋力トレーニング中には、通常みられない不整脈の出現や有意な ST 変化は認めず、安全性の面からも十分に臨床応用は可能であると考えられた。しかし、高負荷の筋力トレーニングでは過剰な心拍血圧反応を引き起こすことが知られており²³⁾、処方内容によっては心疾患自体にも悪影響を及ぼしかねない。したがって、筋力トレーニングを処方するにあたっては、心拍血圧反応に与える影響や心疾患の病態について配慮し、慎重に処方する必要があると考えられる。

結 論

膝伸展筋の筋力トレーニングを併用した運動療法の従来の有酸素トレーニングに比較し、筋力増強、運動時間の増加、主観的疲労度軽減などの点で有意に優れており、心筋梗塞患者の回復期運動療法としてより有用であると考えられた。

要 約

心筋梗塞患者の回復期運動療法に膝伸展筋の筋力トレーニングを併用し、それが筋力および運動耐容能の改善に及ぼす効果について検討した。

対象は心筋梗塞患者 59 例で、これらの患者を筋力トレーニングを含む運動療法を施行した I 群 22 例、通常の有酸素トレーニングを主体とした運動療法を施行した II 群 19 例、運動療法を施行しなかった III 群 18 例に無作為に分類した。運動療法は発症後 1 ヶ月の時点から 8 週間行い、その前後で膝伸展筋の筋力測定と運動負荷試験を施行した。膝伸展筋の筋力トレーニングは 1 repetition maximum の 60% の強度で実施し、有酸素トレーニングは嫌気性閾値 (AT) レベルの心拍数で処方した。

その結果、膝伸展ピークトルクは I 群で $26 \pm 14\%$ 、II 群で $6 \pm 8\%$ 、III 群で $4 \pm 8\%$ 増加し、増加率は II, III 群に比較し I 群で有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。最高酸素摂取量、運動負荷時間、AT、最高酸素脈は III 群に比較して I, II 群で改善が良好であった。また、運動負荷時間の改善は I 群 $25 \pm 14\%$ に対し II 群 $16 \pm 9\%$ で、I 群において有意に大きかった ($p < 0.05$)。亜最大時の運動中における下肢の主観的疲労度は、I 群においてのみ有意に減少した。

以上のことから、筋力トレーニングを併用した心筋梗塞の回復期運動療法は、通常の有酸素トレーニングを主体とした運動療法に比べ、筋力の増強、運動耐容能の改善、主観的疲労度の軽減の点で有用と考えられた。

文 献

- 1) 長田尚彦, 田辺一彦, 村山正博, 山崎裕司, 山田純生, 渡辺敏, 大森 豊, 深井和良: 運動負荷試験に対する筋力の影響. 診療と新薬 1993; **30**: 502-507
- 2) 山崎裕司, 山田純生, 渡辺 敏, 三好邦達, 長田尚彦, 田辺一彦, 村山正博: 心筋梗塞患者の下肢筋力. 総合リハ 1994; **22**: 41-44
- 3) 山田純生, 山崎裕司, 前田秀博, 村山正博: Anaerobic Threshold 測定用 treadmill protocol について. 体力科学 1989; **38**: 656
- 4) Borg G: Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982; **14**: 377
- 5) 日本循環器学会“運動に関する診療基準委員会”: “運動療法に関する診療基準”. 1989 年度報告. Jpn Circ J 1991; **55** (Suppl III): 386-397
- 6) 長谷川輝美, 山崎裕司, 山田純生, 長田尚彦, 田辺一彦, 村山正博: 筋力増強運動中の心拍血圧反応: 心負荷の減少を目的とした検討. 理学療法学 1995; **22**: 171-174
- 7) 山崎裕司, 山田純生, 渡辺 敏, 長谷川輝美, 田辺一彦, 長田尚彦, 中山 大, 村山正博: 心筋梗塞患者に対する筋力増強訓練の安全性の検討. 診療と新薬 1994; **31**: 312-316
- 8) Allen TE, Byrd RJ, Smith DP: Hemodynamic consequence of circuit weight training. Res Exerc Sport 1976; **47**: 299-306
- 9) Cononie CC, Graves JE, Pollock ML, Phillips MI, Summers C: Effect of exercise training on blood pressure in 70- to 79-year-old men and women. Med Sci Sports Exerc 1991; **23**: 505-511
- 10) Gettman LR, Ayres JJ, Pollock ML, Jackson A: The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. Med Sci Sports Exerc 1978; **10**: 171-176
- 11) Haennel RG, Koon-Kang T, Quinney HA, Kappagoda CT: Effects of hydraulic circuit training following coronary artery bypass surgery. Med Sci Sports Exerc 1991; **23**: 158-165
- 12) Keremen MH, Stewart FKJ, Gillilan RE, Ewart CK, Valenti SA, Manley JD, Keremen MD: Circuit weight training in cardiac patients. J Am Coll Cardiol 1986; **7**: 38-42
- 13) Foelicher V, Jensen D, Genter F, Sullivan M, McKirnan MD, Witztum K, Scharf J, Strong ML, Ashburn W: A randomized trial of exercise training in patients with coronary heart disease. JAMA 1984; **252**: 1291-1297
- 14) Paterson DH, Shephard RJ, Cunningham D, Jones NL, Andrew G: Effect of physical training on cardiovascular function following myocardial infarction. J Appl Physiol 1979; **47**: 482-489
- 15) Blumenthal JA, Rejeski WJ, Walsh-Riddle M, Emery CF, Miller H, Roark S, Ribisl PM, Morris PB, Brubaker P, Williams RS: Comparison of high- and low-intensity exercise training early after acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1988; **61**: 26-30
- 16) 岩崎達弥: 慢性期心筋梗塞患者における anaerobic threshold の経時的変化とその規定因子について. 日臨生理会誌 1988; **21**: 117-133
- 17) Hickson RC, Rosenkoetter MA, Brown MM: Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. Med Sci Sports Exerc 1980; **12**: 336-339
- 18) Marciniak EJ, Potts J, Schlabach G, Will S, Dawson P, Hurley BF: Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. Med Sci Sports Exerc 1991; **23**: 739-743
- 19) Frontera WR, Meredith CN, Evans WJ: Strength training and determinants of $\dot{V}O_2$ max in older men. J Appl Physiol 1990; **68**: 329-333
- 20) Jondeau G, Katz SD, Zohman L, Goldberger M, McCarthy M, Bourdarias J-P, LeJemtel TH: Active skeletal muscle mass and cardiopulmonary reserve: Failure to attain peak aerobic capacity during maximal bicycle exercise in patients with severe congestive heart failure. Circulation 1992; **86**: 1351-1356
- 21) Grandjean SC, McCloskey DI: Changes in motor commands, as shown by changes in perceived heaviness, during partial curarization and peripheral anaesthesia in man. J Physiol (Lond) 1977; **272**: 673-689
- 22) Cafarelli E: Peripheral contributions to the perception of effort. Med Sci Sports Exerc 1982; **14**: 382-389
- 23) MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR: Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. J Appl Physiol 1985; **58**: 785-790