高齢心筋梗塞患者の下肢筋力と筋力トレーニング

山 崎 裕 司

LEG STRENGTH AND WEIGHT TRAINING IN ELDERLY PATIENTS WITH MYOCARDIAL INFARCTION

HIROSHI YAMASAKI, PT. MA.

Abstract

The present two studies were aimed at investigating the necessity of weight training in elderly patients with myocardial infarction.

Study 1 investigated the muscle strength and incidence of gait disorders in 300 patients with myocardial infarction. The age- and gender-related differences in knee extension peak torque were significant ($p < 0.01$). Peak torque in the 70~79 and 80~89 yr-old women was extremely low (0.88, 0.75 N·m/kg). Gait disorders occurred frequently in older patients amounting to approximately 30% of women > 70 years of age.

Study 2 was conducted to clarify the effects of combined aerobic and weight training. 35 elderly patients with myocardial infarction were assigned to two groups: Group I performed combined aerobic and weight training ($n=18$) and group II did not perform physical training ($n=17$). Physical training was prescribed for 8 weeks. Weight training of knee extensors was performed at 60% of one repetition maximum and aerobic training was prescribed at the anaerobic threshold (AT) level heart rate. After 8 weeks, the improvement in peak torque and gait speed was significantly greater in group I (32%, 12%) than group II (9%, 3%). The improvement in peak $\dot{V}O_2$, exercise time, AT was significantly greater in group I than group II. Increased peak torque was associated with increased gait speed and exercise time (modified protocol) ($r=0.71$, $r=0.53$). On the other hand, increased peak torque was not associated with increased peak $\dot{V}O_2$ and AT. Combined aerobic and weight training is an effective method for increasing muscle strength, gait speed and exercise capacity.

In conclusion, physical training in the recovery phase of elderly patients with myocardial infarction should include weight training.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1999, 48: 559~568)

key words: myocardial infarction, elderly patients leg strength, weight training, exercise capacity

I. 緒 言

心疾患患者の運動療法では心機能や有酸素作業能力の低下が主な問題とされてきた。しかし、最近になって重症心疾患患者において下肢筋力低下や骨格筋萎縮が顕著なことが報告されるようになり^{1,2)}、心疾患患者の骨格筋筋力が注目されている。さらに、本邦の高齢心疾患患者では入院前から身体活動量の低下している場合が多く、入院中の安静臥床を契機として歩行困難となり、通常の運動療法が適応できないケースが少なくない³⁾。したがって、特に高齢心疾患患者では運動

能力の制限要因として下肢筋力に注目すべきと考えられる。

一方、心疾患患者に対する筋力トレーニングについては、その有効性と安全性について数多くの報告がなされているが^{4~6)}、筋力水準の低い高齢心疾患患者を対象とした研究はない。したがって、筋力トレーニングが高齢心筋梗塞患者の運動能力に及ぼす影響については検討の余地が残されている。

以上の点から、今回2つの研究を実施した。第一は高齢心筋梗塞患者の下肢筋力の実態を把握するために心筋梗塞患者の膝伸展筋力および歩行障

害の出現状況について調査した。第二には高齢心筋梗塞患者に対して下肢筋力トレーニングを併用した運動療法を実施し、筋力トレーニングが歩行能力や運動耐容能に及ぼす影響について検討した。

II. 心筋梗塞患者の膝伸展筋力<研究1>

A. 対象

対象は平成5年4月から平成9年4月まで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おいて入院期プログラムを施行し、かつ膝伸展筋力の測定を実施できた50歳以上の心筋梗塞患者300例で、年齢は 66.3 ± 8.3 歳、男性206例、女性94例である。なお、脳血管障害や荷重関節の整形外科疾患を有する症例は対象から除外した。心筋梗塞発症前に明らかな歩行障害を呈した症例はなかった。

B. 方法

膝伸展筋力の測定は心筋梗塞発症後一か月以上経過し、症候限界性運動負荷試験によって低強度の運動負荷における心筋虚血や運動誘発性不整脈がないことを確認した後に行った。測定にはCybex社製Cybex II⁺を用い、60度/秒の角速度で全力で5回の膝関節屈曲伸展運動をさせた。測定値はトルク曲線から直接最大膝伸展ピークトルク値を読み取り、体重の影響を考慮して膝伸展ピークトルクを体重で除した値(以下、膝伸展ピークトルク体重比)を求めた。なお、本研究では右脚の結果をデータとして採用した。筋力測定中には心電図モニターを監視し、測定前後に聴診法によって血圧測定を行った。

歩行障害の出現状況については、入院期リハビリテーションプログラムの廊下歩行に際して、手すりや歩行器、杖などの歩行補助具を必要とした症例を歩行障害の出現例とした。

統計的手法としては2元配置分散分析と χ^2 検定を用い、膝伸展ピークトルク体重比と歩行障害の出現状況を比較した。

C. 結果

Table 1は膝伸展ピークトルク体重比の平均値を性別、年代別に示したものである。男性、女性とも高齢者において膝伸展ピークトルク体重比は有意に低値を示した($p < 0.01$)。また、いずれの年代においても男性に比べ女性で膝伸展ピークトルク体重比は低値であった($p < 0.01$)。

Table 1. Knee extension peak torque/Body weight

Age Range, Year	Men N·m/kg	Women N·m/kg
50~59	1.77 ± 0.30 (n=68)	1.25 ± 0.22 (n=19)
60~69	1.53 ± 0.34 (n=87)	1.04 ± 0.27 (n=36)
70~78	1.42 ± 0.28 (n=38)	0.88 ± 0.28 (n=29)
80~	0.98 ± 0.28 (n=13)	0.75 ± 0.21 (n=10)

Age *: $p < 0.01$, Gender #: $p < 0.01$

Values are means $\pm$ SD.

* Age effect in the absence of age-gender interaction.

Gender effect in the absence of age-gender interaction.

Table 2は同様に歩行障害の出現率について見たものである。高齢者において出現率は有意に高かった($p < 0.01$)。また、60、70歳代では男性に比べ女性において出現率は有意に高く、70歳以上の高齢女性では、その約30%に歩行障害の出現を認めた。

Table 2. The incidence of gait disorders in patients with acute myocardial infarction

Age Range, year	Men +/-	Women +/-	χ^2	p-value
50~59	0/68 (0%)	1/18 (5%)	3.62	<0.1
60~69	2/85 (2%)	8/28 (28%)	13.53	<0.01
70~79	3/35 (8%)	9/20 (45%)	5.99	<0.05
80~	3/10 (30%)	3/7 (43%)	0.14	NS

$\chi^2 = 19.88$, $p < 0.01$

III. 高齢心筋梗塞患者に対する下肢筋力トレーニングが運動能力に及ぼす影響<研究2>

A. 対象

対象は65歳以上の高齢心筋梗塞患者35例で、年

齢は 72.9 ± 5.8 歳、男性19例、女性16例である。これらの対象を以下の2群に分類した。すなわち、下肢の筋力トレーニングを含む監視型運動療法を施行したⅠ群(18例)と、同時期に他院より心肺運動負荷試験目的で当センターを受診し、運動療法は特別に指導されなかったⅡ群(17例)である。なお運動負荷試験を虚血性心電図変化、不整脈、収縮期血圧低下で終了した症例は対象から除外した。両群の臨床的背景について Table 3 に示す。初回検査時点における年齢、性別、身長、体重、peakCK-MB 値、心筋梗塞部位、冠動脈病変枝数、最高酸素摂取量(以下、peak $\dot{V}O_2$)、最大歩行スピード、膝伸展ピークトルクには群間で有意な差を認めなかった。なお、この研究中、投与薬物に変更はなかった。

B. 方法

発症から1か月の時点と3か月の時点で膝伸展筋力と歩行スピードの測定、および心肺運動負荷

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Cybex社製Cybex II⁺を用い、研究一と同様の方法で膝伸展ピークトルクを求めた。また、筋力トレーニングを実施した症例ではOG技研社製N-Kテーブルを使用し、膝伸展筋の1 Repetition Maximum (以下、1 RM)を測定した。1 RMはN-Kテーブル上に椅子坐位をとり膝関節90度屈曲から膝を完全伸展させ得る最大の重量を測定した。測定に際しては疲労を考慮し、5施行のうちに最大重量が測定できるように配慮した。なお、いずれも右脚の結果をデータとして採用した。

2. 歩行スピードの測定

測定は助走路を設け、計測開始地点のテープを越えた接床から10 m先のテープを越えた接床までの時間を計測した。歩行は極力早く歩くよう指導し、2回の計測のうち時間の短い記録を採用した。そして、最大歩行速度を算出した。

Table 3. Subject characteristics

	Group I n = 18	Group II n = 17
Age (yrs)	72.7 ± 6.2	73.1 ± 5.4
Gender (male/female)	10/8	9/8
Height (cm)	160 ± 6	158 ± 7
Weight (kg)	55.5 ± 9.9	52.3 ± 7.6
Peak CK-MB (mIU/ml)	257 ± 215	264 ± 150
Anterior MI	7	6
Inferior MI	7	7
Extensive Anterior MI	3	3
others	1	1
Number of patients with significant diameterstenosis (≥75%) of coronary artery		(after PTCA)
0, 1	12	13
2	4	3
3	2	1
Treadmill protocol		
Standard/Modified	8/10	9/8
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	17.6 ± 4.3	17.9 ± 2.8
Maximum gait speed (m/sec)	1.46 ± 0.26	1.45 ± 0.29
Knee extension peak torque (N·m)	62.4 ± 19.4	65.1 ± 24.3

Values are means ± SD.

3. 心肺運動負荷試験

運動負荷試験にはフクダ電子社製トレッドミル MAT-2500, 運動負荷システム ML 5000 および ミナト医科学社製 RM 300, Medical Gas Analyzer MG 360 を使用し, 12誘導心電図, 心拍数, 血圧ならびに呼気ガスデータを連続測定した. 運動負荷プロトコルは TABLE 4 に示す著者らの開発した 2 種類のランブ負荷プロトコルを用いた⁷⁾. なお, 歩行速度の遅い修正プロトコル(以下, 修正プロトコル)は標準プロトコルのスピードについていけない症例に対して用いた. 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⁸⁾. そして, peak $\dot{V}O_2$, 運動時間, Anaerobic Threshold (以下, AT), 最高酸素脈(以下, peak O_2 pulse), 最高心拍数(以下, peakHR), 最高収縮期血圧(以下, peakSBP), 最高ガス交換比(以下, peakGER)を求めた.

4. 運動療法

運動療法期間は退院後 8 週間, 週 3 回の頻度で監視型にて施行した. 有酸素トレーニングにはトレッドミル, または自転車エルゴメータを用い, 目標心拍数の強度で 30 分間施行した. 目標心拍数は心肺運動負荷試験より得られた AT レベルの心拍数の 90~100% に設定した. また, 有酸素トレーニング前後には 2 種類のストレッチング(下腿三頭筋, 大腿四頭筋)を施行した. 筋力トレーニングは上記した有酸素トレーニング前に, 膝伸展筋ならびに下腿三頭筋に対して実施した. 膝伸展筋の負荷強度は 1 RM の 60% とした. 反復回数は 5 回を 1 セットとし, 4~6 セット実施した. 筋収縮時間は約 5 秒とし, 休止時間は 5 秒以上設けるように指導した. 1 RM は 1~2 週間ごとに測定し, 負荷強度の再設定を行った. 下腿三頭筋のトレーニングは片脚立位での calf raise を 5 回 1 セットとし, 4~6 セット実施した. いずれの運動療法中も, 心電図モニターを常時監視し, 聴診法によって血圧測定を行った. なお, この筋力トレーニングの安全性については我々の先行研究によって確認されている⁶⁾.

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.

5. 解析方法

I, II 群間で筋力, 歩行スピード, 運動負荷試験結果の変化について比較検討した. 統計的手法としては, 分散分析および Bonferroni の方法を使用した. また, 膝伸展筋力の変化が運動能力に与える影響について, ピアソンの相関係数を用いて検討した. いずれの検定においても有意水準は危険率 5% とした.

C. 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, モニター心電図上 1 mm 以上の ST 下降や, 新たな不整脈の出現, ならびに不整脈の増悪は認めなかった.

1. 膝伸展筋力 (Table 5)

膝伸展ピークトルクは初回検査時点に比較し, 最終検査時点で両群とも有意に増加した (I 群: $p < 0.01$, II 群: $p < 0.01$). 膝伸展ピークトルクの変化率は I 群 32%, II 群 9 % で, II 群に比較し, I 群で有意に高い値を示した ($p < 0.01$). I 群における 1 RM 値も同様に 52% の有意な増加を示した ($p < 0.01$).

2. 歩行スピード (Table 5)

歩行スピードは I 群で有意に増加したが ($p < 0.01$), II 群では有意な変化を認めなかった. 変化率についても I 群で有意に大きい値を示した ($p < 0.01$). I, II 群の全症例を対象として見た場合, 膝伸展ピークトルクの変化率と歩行スピードの変化率のあいだには $r = 0.71$ の有意な正相関を認めた ($p < 0.01$).

3. 心肺運動負荷試験結果 (Table 6)

初回検査時点においては, いずれの指標も群間で有意差を認めなかった.

peak $\dot{V}O_2$ は I 群において 18% の増加を示したが ($p < 0.01$), II 群では有意な変化を認めなかった. peak $\dot{V}O_2$ の変化率も II 群に比較し I 群で有意に大きかった ($p < 0.01$).

運動時間は標準プロトコル, 修正プロトコルともに, I 群で有意な増加を示した ($p < 0.01$). II 群では修正プロトコルにおいて 5% の増加を

Table 4. Treadmill protocol

Stagh	Standard protocol			Modified protocol	
	Duration (min)	Speed (mile/hr)	Grade (%)	Speed (mile/hr)	Grade (%)
1	3	1.0	0.0	1.0	0.0
2	1	2.0	0.0	1.5	0.0
3	1	2.0	3.5	1.5	3.5
4	1	2.0	7.0	1.5	7.0
5	1	2.0	10.5	1.5	10.5
6	1	2.0	14.0	1.5	14.0
7	1	2.5	14.0	1.5	17.5
8	1	2.5	16.0	1.5	21.0
9	1	2.5	19.0	1.5	24.0
10	1	2.5	22.0	1.7	24.0
11	1	2.7	22.0	1.8	25.5
12	1	3.0	22.0	2.0	25.5
13	1	3.2	22.0	2.2	25.5
14	1	3.4	22.0		
15	1	3.4	24.0		
16	1	3.4	25.0		

Table 5. Changes in knee extensor strength and gait speed

		Initial	Final	% Change
Knee extension	Group I	62.4±19.4	82.1±18.8 [#]	32%
Peak torque (N·m)	Group II	65.1±24.3	70.8±25.4 [#]	9%
1 Repetition maximum (kg)	Group I	5.8±2.6	8.8±2.9 [#]	52%
Maximum gait speed (m/sec)	Group I	1.46±0.26	1.64±0.28 [#]	12%
	Group II	1.45±0.29	1.49±0.31	3%

Values are means±SD. Significant change from the initial to final value within the group; [#]p<0.01. Significant difference between the groups; *p<0.01.

認めたが有意ではなかった。増加率はいずれのプロトコルにおいてもⅠ群で有意に大きかった(p<0.01)。

AT, peakO₂ pulse も, Ⅰ群においてのみ有意な増加を認め(p<0.01), 増加率についてもⅠ群で有意に大きかった(p<0.01, p<0.05)。

peakHR, peakGER はⅠ群で有意に増加したが(p<0.05), Ⅱ群では変化を認めなかった。peakSBP は両群ともに有意な変化を認めなかった。

4. 膝伸展ピークトルクと運動能力諸指標の変化率の関連

Table 7 に標準プロトコルにおいて運動負荷

試験を行った症例の膝伸展ピークトルクの変化率と運動能力諸指標の変化率の関連を示した。膝伸展ピークトルクの変化率と有意な正相関を示した指標は歩行スピードの変化率のみであった(r=0.51; p<0.05)。peakVO₂, 運動時間, AT の変化率の間には, それぞれ有意な関連を認めた。

Table 8 には修正プロトコルにおいて運動負荷試験を行った症例の膝伸展ピークトルクの変化率と運動能力諸指標の変化率の関連を示した。膝伸展ピークトルクの変化率と有意な正相関を示した指標は歩行スピードと運動時間の変化率であった(r=0.74; p<0.01, r=0.53; p<0.05)。また, 歩行スピードの変化率と運動時間の変化率の間に

Table 6. Changes in exercise capacity

		Initial	Final	%Change
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	Group I	17.6 $\pm$ 4.3	20.9 $\pm$ 4.5 ^{#1}	18% ^{*1}
	Group II	17.9 $\pm$ 2.8	18.5 $\pm$ 2.6	3% ^{*1}
Exercise time (min)				
Standard protocol	Group I	8.0 $\pm$ 1.6	9.4 $\pm$ 1.8 ^{#1}	18% ^{*1}
	Group II	8.1 $\pm$ 1.4	8.2 $\pm$ 1.6	1% ^{*1}
Modified protocol	Group I	7.2 $\pm$ 1.2	9.2 $\pm$ 2.2 ^{#1}	28% ^{*1}
	Group II	8.0 $\pm$ 1.2	8.4 $\pm$ 1.3	5% ^{*1}
Anaerobic threshold (ml/min/kg)	Group I	13.0 $\pm$ 2.3	14.4 $\pm$ 2.5 ^{#1}	11% ^{*1}
	Group II	13.5 $\pm$ 1.8	13.3 $\pm$ 1.7	-1% ^{*1}
Peak O_2 pulse (ml/beat)	Group I	8.4 $\pm$ 2.4	9.4 $\pm$ 2.8 ^{#1}	12% ^{*2}
	Group II	8.6 $\pm$ 2.8	8.7 $\pm$ 2.4	1% ^{*2}
Peak heart rate (bpm)	Group I	129 $\pm$ 18	136 $\pm$ 19 ^{#1}	5% ^{*2}
	Group II	130 $\pm$ 15	129 $\pm$ 15	-1% ^{*2}
Peak blood pressure (mmHg)	Group I	185 $\pm$ 19	188 $\pm$ 22	2%
	Group II	187 $\pm$ 26	195 $\pm$ 35	2%
Peak gas exchange ratio	Group I	1.08 $\pm$ 0.10	1.14 $\pm$ 0.09 ^{#1}	6% ^{*2}
	Group II	1.09 $\pm$ 0.10	1.08 $\pm$ 0.08	-1% ^{*2}

Values are means $\pm$ SD. Significant change from the initial to final value within the group; ^{#1}p<0.01, ^{#2}p<0.05.

Significant difference between the groups; ^{*1}p<0.01, ^{*2}p<0.05.

Table 7. Correlations among percentage change of physical performance parameters (standard protocol)

	Gait speed	Exercise time	Peak $\dot{V}O_2$	AT
Peak torque	0.51 ^{*2}	0.29	0.03	-0.11
Gait speed		0.32	-0.02	0.14
Exercise time			0.72 ^{*1}	0.64 ^{*1}
Peak $\dot{V}O_2$				0.61 ^{*1}

Exercise capacity is measured by standard protocol.

^{*1}p<0.01, ^{*2}p<0.05.

Table 8. Correlations among percentage change of physical performance parameters (modified protocol)

	Gait speed	Exercise time	Peak $\dot{V}O_2$	AT
Peak torque	0.74 ^{*2}	0.53 ^{*2}	0.16	0.25
Gait speed		0.59 ^{*1}	0.20	0.17
Exercise time			0.49 ^{*2}	0.37
Peak $\dot{V}O_2$				0.49 ^{*2}

Exercise capacity is measured by modified protocol.

^{*1}p<0.01, ^{*2}p<0.05.

も $r=0.59$ の有意な相関を認めた。その他, peak $\dot{V}O_2$ と運動時間, AT の変化率の間に有意な関連を認めた ($r=0.49$; $p<0.05$)。

IV. 考 察

第一研究では高齢心筋梗塞患者の膝伸展筋力と

入院期の歩行障害の出現状況について調査した。男性心筋梗塞患者の膝伸展ピークトルク体重比は80歳以上の症例において $0.98 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ と極端に低値を示し、歩行障害の出現率も23%と高率であった。60～70歳代における歩行障害の出現率は低値であったが、膝伸展ピークトルク体重比は、蛭田たち⁹⁾が報告した健常高齢者の値をそれぞれ20%前後下回っており、下肢筋力低下の存在が確認された。女性での筋力低下はさらに顕著で、60歳代の22%、70歳以上の症例の30%には歩行障害を入院中に認めていた。入院中の歩行障害の原因については明らかではないが、入院後新たに出現したものであり、安静臥床にもとづく廃用性筋力低下がこの誘因になったものと推察された。入院期プログラムは短縮しているものの、室内歩行が自由になるには発症から7～10日の日数が必要である。また、筆者の先行研究では³⁾、歩行障害例の多くは心不全などの急性期合併症を生じており、平均臥床期間は16日であった。廃用性筋力低下については一日当たり1～1.5%の低下が報告されており¹⁰⁾、患者には10～15%程度の筋力低下は生じていたものと考えられた。

筋力水準からみた場合、運動器疾患のない高齢入院患者を対象とした研究では¹¹⁾、 $1.2 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ を下回る筋力において、膝伸展ピークトルク体重比の低下にともなって明らかに最大歩行スピードは低下した。また、 $0.58 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ を下回る高齢者では院内独歩自立例を全く認めなかった。Judge et al. は¹²⁾、 $0.86 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ を境として comfortable gait における歩行速度が低下することを報告している。今回の70、80歳代の高齢女性の膝伸展ピークトルク体重比はそれぞれ0.88、 $0.75 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ であり、筋力水準の低い症例では筋力低下が歩行能力を制限していた可能性が高いものと推察された。

以上のことから、高齢心筋梗塞患者の下肢筋力水準は低く、特に女性では下肢筋力低下が歩行能力の制限要因になり得るものと考えられた。

次いで、第二研究として高齢心筋梗塞患者に対して筋力トレーニングを併用した回復期運動療法を施行し、その効果について検討した。膝伸展ピー

クトルクの増加率はI群32%、II群9%であり、運動療法を施行したI群で明らかに良好であった。心疾患患者に対する筋力トレーニングの効果については、40～60% 1RMの強度、8～12週間のトレーニング期間によって20～30%^{13～15)}と報告されている。I群における1RM値は52%増加しており、増加率はこれらの報告に比較して良好であった。筋力増強はトレッドミルや自転車エルゴメータによる有酸素トレーニングによっても可能である。しかし、心疾患患者を対象とした先行研究では有酸素トレーニングによる膝伸展筋1RM値の増加率は5～9%にすぎず^{15～17)}、今回の筋力増強には筋力トレーニングの影響が大きいものと推察された。以上のことから高齢心筋梗塞患者の筋力を効果的に増強するには筋力トレーニングの併用が必須と考えられた。

歩行スピードは運動療法を施行したI群で12%の改善を認めたが、II群では有意な変化を認めなかった。また、膝伸展ピークトルクと歩行スピードの変化率の間には全体で $r=0.71$ の正相関を認めた。したがって、筋力の増加は少なからず歩行スピードの改善に影響したものと推察された。健常高齢者を対象とした先行研究でも、下肢筋力トレーニングによる最大歩行スピードの改善が報告されており^{18～20)}、今回の結果はこれを支持するものと考えられた。

運動耐容能に対する効果をみた場合、運動療法を処方したI群で peak $\dot{V}O_2$ 、運動時間、AT、peak O_2 pulse の改善は良好であり、心疾患患者を対象としたこれまでの研究と同様の結果であった^{21～24)}。peakHRの増加の背景については不明であるが、同時に peakGERが増加していたことから、より高い歩行努力を行ったことがその原因と推察された²⁵⁾。一方、II群では運動耐容能に有意な変化を認めず、高齢心筋梗塞患者の運動耐容能を改善させる上では、回復期運動療法の実施が必要不可欠なものと考えられた。

次に下肢筋力や歩行スピードの変化が運動耐容能に及ぼす影響について検討した。膝伸展ピークトルク、歩行スピードの変化率と修正プロトコルによって測定された運動時間の変化率の間に有

意な相関を認めた($r=0.53$, $r=0.59$). 筋力トレーニングと最大作業能力の関連を見た先行研究では、健常高齢者において筋力トレーニングがトレッドミル歩行時間や自転車駆動時間を増加させることが明らかとなっている^{26~28}). また、心疾患患者では筋力トレーニングを併用した運動療法が、有酸素トレーニング単独のものよりも最大作業能力を向上させる上で有効なことが報告されている^{14,15}). したがって、本研究結果もこれらの先行研究を一部支持するものと考えられた。しかし、今回標準プロトコルで測定された運動時間は膝伸展ピークトルクの変化率と有意な関連を示さず($r=0.29$), 一方で $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$, AT の変化率との間に高い相関を認めた($r=0.72$, $r=0.64$). この背景としては、標準プロトコルを使用した症例の膝伸展筋力 ($1.32 \text{ N}\cdot\text{m/kg}$) や歩行スピード (1.60 m/sec) が初回検査時点において、修正プロトコルを使用した症例よりも ($0.94 \text{ N}\cdot\text{m/kg}$, 1.29 m/sec) 明らかに高かったことが考えられた。つまり、標準プロトコルを使用した症例では、初回検査時点で筋力や歩行スピードが標準プロトコルを遂行する上で十分であり、運動時間の変化は有酸素作業能力の変化によって強く規定されたものと推察された。逆に、修正プロトコルを使用した症例では運動時間と AT の変化率の間に有意な関連を認めず、また $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ との相関係数も比較的低値に止まった。したがって、筋力や歩行スピードが低い症例では、有酸素作業能力の改善以外にも、筋力増強が最大作業能力を改善させる上で重要なものと考えられた。この他、今回の筋力トレーニングは、先行研究^{26~28}) よりもトレーニング期間や運動種目が少なく、このことも標準プロトコルで測定された運動時間と筋力の変化率の間に有意な関連を認めなかった一因と推察された。

次に、筋力と有酸素作業能力の関連について検討した。膝伸展ピークトルクの変化率と有酸素作業能力の指標となる $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$, AT の変化率の間には、いずれのプロトコルにおいても有意な関連を認めなかった。Jondeau et al. は²⁹) 心不全患者を対象とした研究で、運動に参加した筋量と

$\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ の間に有意な関連を認めている。一方、Frontera et al.³⁰) は筋力トレーニングによって健常高齢者の筋断面積は 28% 増加したが、 $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ の増加は 6 % に止まったことを報告している。その他の健常成人を対象とした研究では筋力トレーニングが $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ に与える影響については否定的な意見が多い^{28,31})。したがって、筋力トレーニングが高齢心筋梗塞患者の $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ に与える影響については、あったとしても極めて小さいものと推察された。

以上のことから、高齢心筋梗塞患者における筋力トレーニングは、運動能力の中でも、歩行スピードや最大作業能力の改善に寄与するものと推察された。

V. 総 括

本研究では高齢心筋梗塞患者の運動療法における筋力トレーニングの必要性について検討した。

1. 回復期心筋梗塞患者の膝伸展筋力および歩行障害の出現状況について調査した結果、高齢心筋梗塞患者の下肢筋力低下は著しく、特に高齢女性の膝伸展筋力は歩行能力を低下させうる水準にあった。

2. 高齢心筋梗塞患者に対する下肢筋力トレーニングを併用した運動療法は、運動療法を実施しない場合に比較し、筋力増強、歩行スピードの改善、運動耐容能の改善を図る上で有効であった。

3. 下肢筋力増強は、特に歩行スピード、最大作業能力の改善に寄与していた。

以上のことから高齢心筋梗塞患者の運動療法には筋力トレーニングを併用すべきである。

(受理日 平成11年6月30日)

文 献

- 1) Sunnerhagen, K. S., Cider, A. S. A., Schaefelberger, M., Hedberg, M. and Grimby, G. Muscular performance in heart failure. *J. Cardiac. Failure.*, (1998), **4**, 97-104.
- 2) Buller, N. P., Jones, D. and Poole-Wilson, P. A. Direct measurement of skeletal muscle fatigue in patients with chronic heart failure. *Br. Heart. J.*, (1991), **65**, 20-24.
- 3) 山崎裕司, 山田純生, 渡辺 敏, 大森 豊, 深井

- 和良, 三好邦達, 田辺一彦, 長田尚彦, 急性心筋梗塞にみられる歩行障害, 理学療法学, (1993), **20**, 307-311.
- 4) McCartney, N. Role of resistance training in heart disease. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1998), **30**, 396-402.
 - 5) Verrill, D., Shoup, E., McElveen, G., Witt, K., Bergey, D. Resistive exercise training in cardiac patients. *Sports. Med.*, (1992), **13**, 171-193.
 - 6) 山崎裕司, 山田純生, 渡辺 敏, 長谷川輝美, 青木治人, 田辺一彦, 長田尚彦, 伊東春樹, 村山正博, 回復期心筋梗塞患者に対する筋力トレーニングの安全性, PT ジャーナル, (1996), **30**, 120-124.
 - 7) 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
 - 8) 日本循環器学会 “運動に関する診療基準委員会” 1989年度報告 “運動療法に関する診療基準”, *Jap. Circ. J.*, (1991), **55**(Suppl III), 386-397.
 - 9) 蛭田秀一, 島岡みどり, 小林寛道, 高齢者の等速性最大筋力, 体力科学, (1988), **37**, 481.
 - 10) Muller, E. A. Influence of training and inactivity on muscle strength. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, (1970), **51**, 449-462.
 - 11) 山崎裕司, 横山仁志, 青木詩子, 黒澤保壽, 山田純生, 青木治人, 田辺一彦, 長田尚彦, 高齢患者の膝伸展筋力と歩行速度、独歩自立との関連, 総合リハ, (1998), **26**, 689-692.
 - 12) Judge, J. O., Underwood, M. and Gennosa, T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, (1993), **74**, 400-406.
 - 13) Haennel, R. G., Koon-Kang, T., Quinney, H. A. and Kappagoda, C. T. Effects of Hydraulic circuit training following coronary artery bypass surgery. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1991), **23**, 158-165.
 - 14) Keremen, M. H., Stewart, F. K. J., Gillilan, R. E., Ewart, C. K., Valenti, S. A., Manley, J. D. and Kere-men, M. D. Circuit weight training in cardiac patients. *J. Am. Coll. Cardiol.*, (1986), **7**, 38-42.
 - 15) McCartney, N., McKelvie, R. S., Haslam, D. R. and Jonse, N. L. Usefulness of weightlifting training in improving strength and maximal power output in coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, (1991), **67**, 939-945.
 - 16) Beniamini, Y., Rubenstein, J. J., Faigenbaum, A. D., Lichtenstein, A. H. and Crim, M. C. High-intensity strength training of patients enrolled in an outpatient cardiac rehabilitation program. *J. Cardiopulmonary. Rehabil.*, (1999), **19**, 8-17.
 - 17) 山崎裕司, 山田純生, 田辺一彦, 長田尚彦, 村山正博, 心疾患患者に対する筋力トレーニング, 理学療法学, (1995), **22**, 427-432
 - 18) Hunter, G. R., Treuth, M. S., Weinsier, R. L., Kekes-Szabo, T., Kell, S. H., Roth, D. L. and Nicolson, C. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J. Am. Geriatr. Soc.*, (1995), **43**, 756-760.
 - 19) Connelly, D. M. and Vandervoort, A. A. Improvement in knee extensor strength of institutionalized elderly women after exercise with ankle weights. *Physiother. Can.*, (1995), **47**, 15-23.
 - 20) Lord, S. R., Lloyd, D. G., Nirui, M., Raymond, J., Williams, P. and Stewart, R. A. The effect of exercise on gait patterns in older women. *J. Gerontol.*, (1996), **51**, 64-70.
 - 21) Foelicher, V., Jensen, D., Genter, F., Sullivan, M., McKirnan, M. D., Witzum, K., Scharf, J., Strong, M. L. and Ashburn, W. A randomized trial of exercise training in patients with coronary heart disease. *J. A. M. A.*, (1984), **252**, 1291-1297.
 - 22) Paterson, D. H., Shephard, R. J., Cunningham, D., Jones, N. L. and Andrew, G. Effect of physical training on cardiovascular function following myocardial infarction. *J. Appl. Physiol.*, (1979), **47**, 482-489.
 - 23) Blumenthal, J. A., Rejeski, W. J., Walsh-Riddle, M., Emery, C. F., Miller, H., Roark, S., Ribisl, P. M., Morris, P. B., Brubaker, P. and Williams, R. S. Comparison of high- and low-intensity exercise training early after acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, (1988), **61**, 26-30.
 - 24) 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, 日本臨床生理学会雑誌, (1988), **21**, 117-133.
 - 25) Savin, W. M., Haskell, W. L., Houston, N. and DeBusk, R. F. Improvement in aerobic capacity soon after myocardial infarction. *J. Cardiac. Rehab.*, (1981), **1**, 337-342.
 - 26) Parker, N. D., Hunter, G. R., Treuth, M. S., Kekes-Szabo, T., Kell, S. H., Weinsier, R. L. and White, M. Effect of strength training on cardiovascular responses during a submaximal walk and a weight-loaded walking test in older females. *J. Cardiopulmonary. Rehabil.*, (1996), **16**, 56-62.
 - 27) Ades, P. A., Ballor, D. L., Ashikaga, T., Utton, J. L. and Nair, K. S. Weight training improves walking endurance in healthy elderly persons. *Ann. Int. Med.*, (1996), **124**, 568-572.
 - 28) McCartney, N., Hicks, A. L., Martin, J. and Webber, C. E. A longitudinal trial of weight training in the elderly. *J. Gerontol.*, (1996), **51**, 425-433.
 - 29) Jondeau, G., Katz, S. D., Zohman, L., Goldberger, M., McCarthy, M., Bourdarias, J. P. and LeJemtel, T. H. Active skeletal muscle mass and cardiopulmonary reserve. *Circulation.*, (1992), **86**, 1351-1356.
 - 30) Frontera, W. R., Meredith, C. N. and Evans, W. J. Strength training and determinants of $\dot{V}O_2$ max in older men. *J. Appl. Physiol.*, (1990), **68**, 329-333.
 - 31) Hickson, R. C., Rosenkoetter, M. A. and Brown, M. M. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1980), **12**, 336-339.