

## 短期間の筋力 training 及び detraining が等尺性 随意最大筋力と筋電図積分値比率に及ぼす影響

Effects of short period strength training and detraining on  
the maximal voluntary strength and related iEMG activity  
of the elbow flexor muscles in aged men

中野 雅之\*・堀川 浩之\*\*・角田 直也\*\*

Masayuki NAKANO\*, Hiroyuki HORIKAWA\*\*  
and Naoya TSUNODA\*\*

### ABSTRACT

Ten aged male subjects were divided into two groups: the MG group wherein isometric training of the elbow flexor muscles was conducted for four weeks at 100% MVC for short periods (10 sec.) and the HG group wherein training was conducted at 50% MVC for long periods (20 sec.). The influences played by the two different methods of muscular training on strength after detraining and their effects on iEMG activity were then examined.

The following results were observed.

- 1) With short periods of training, an increase in maximal voluntary isometric strength for both MG and HG groups was observed accompanied by a decrease following detraining. These trends, however, were not statistically significant.
- 2) Following detraining, %iEMG for the biceps brachii, brachialis, and brachioradialis muscles at 100% MVC, 75% MVC, and 50% MVC in both MG and HG group presented nearly identical trends. However, the degree of change observed for the three muscles was lower in the HG group.
- 3) From these results, it may be inferred that despite the shorter period of training, the primary muscles involved in elbow flexion were trained and that this training effect residually remained after detraining.

### 目 的

筋力トレーニングは骨格筋の形態的及び機能的特性を変化させる。即ち、筋出力の増大は筋の活動性肥大<sup>4)</sup>や神経系の改善<sup>2)3)6)7)8)12)</sup>を伴うことが指摘されている。特に短期間における筋力トレーニングでは神経的要因が筋力増加に大きく影

響することが報告されている<sup>2)6)8)</sup>。例えば、角田<sup>11)</sup>は高齢者を対象として、トレーニング強度の違う筋力トレーニングを実施した結果、高強度で短時間よりも低強度で長時間の方がより顕著なトレーニング効果を示したことを報告している。また、中野ら<sup>9)</sup>は異なるトレーニング負荷法(100% MVCで10秒間と50% MVCで20秒間)での筋

\* 格技研究室 (Judo Department)

\*\* 運動生理学研究室 (Exercise Physiology & Biomechanics Lab.)

カトレーニングを中高年者の上腕屈筋群について行った結果、トレーニングによって上腕と前腕の各筋群の筋電図積分値比率は両群とも変化したが、その変化量は50% MVC で20秒間のトレーニング群の方が大きかったことを報告した。

一方、ヘッティンガー<sup>5)</sup>は筋力トレーニングにおけるトレーニング頻度の違いが detraining の発揮筋力に及ぼす影響について検討し、その頻度の差異は detraining 後の筋力低下割合に影響することを報告している。しかしながら、トレーニング強度の違いが detraining 後の筋力と神経筋活動に及ぼす影響に関する報告はわずかしみられない。

そこで本研究では高齢者を対象として肘関節屈筋群の筋力トレーニングにおけるトレーニング強度の違いが detraining 後の筋力と神経筋活動に及ぼす影響を検討することにした。

## 方 法

### 1. 被 検 者

被検者は、これまでに規則的な身体トレーニングを行っていない健康な高齢者男子10名であった。

これらの被検者を高強度（最大筋力で10秒間）のトレーニング群と低強度（最大筋力の50%で20秒間）のトレーニング群にそれぞれ5名ずつを無作為に分けた。

被検者の年齢及び身体的特徴を平均値と標準偏差でトレーニング群別に表1に示した。

ここで高強度の筋力トレーニング群は MG, 低強度の筋力トレーニング群は HGを示す。

### 2. 最大筋力の測定

肘関節屈曲時の等尺性随意最大筋力の測定はストレンゲージ法を用いて特別に作製した総合筋力測定装置（竹井機器）により、肘関節角度を70度

（肘関節伸展時を0度とした）に固定して行った。

被検者は筋力測定装置の椅子に股関節をほぼ90度にして座り、上腕部を床とほぼ水平に保ち、体幹部をシートベルトで、また上腕部をマジックテープでそれぞれ固定して、随意に肘関節の屈曲動作を行った。各被検者とも最大筋力の発揮は1分間の休息をおいて3回行い、その最大値を随意最大筋力（MVC）とした。

また、最大筋力の測定は、MG群の筋力トレーニング群では、トレーニング開始前と終了後及びトレーニング時に毎回行った。

HG群の筋力トレーニング群の最大筋力測定はトレーニング開始前と終了後及び2週間に一度トレーニング負荷決定のために行った。さらに detraining 後に最大筋力の測定を行った。

### 3. 筋電図の測定

最大及び最大下での筋力発揮中の筋電図測定は表面意極法を用いて上腕二頭筋（BB）と上腕筋（BR）及び腕橈骨筋（BBR）について行った。

各筋とも電極を筋腹中央をはさんで筋の走行方向に沿って3cmの距離に装着した。導出された筋の活動電位は生体アンプ（日本光電製）で増幅し、積分アンプ（日本光電製）を用いて積分した後、筋電図とその積分値（iEMG）を熱ペン式レコーダー（日本光電製）で同時記録した。

筋電図の測定はトレーニング開始前と終了後及び detraining 後に行った。

### 4. トレーニング内容

MG群トレーニングは最大筋力（100% MVC）を10秒間発揮し、1分間の休息をおいて1日に4回行った。

HG群トレーニングは最大筋力の1/2（50% MVC）の筋力発揮を20秒間行い、1分間の休息をおいて1日に4回行った。また、HG群につい

Table 1 Physical Characteristics of Subjects

Group	n	Age (yrs)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)
M Group	5	60.20±2.17	167.4±2.9	64.40±3.78
H Group	5	60.60±3.05	164.6±6.8	69.80±6.98

Mean ± S. D.

Table 2 The changes of peak torque and Δ%

		M G			H G		
		Befor	After	Det.	Befor	After	Det.
Peak Torque	Mean	227.6	260.9	259.9	245.2	285.4	277.6
	S.E.	17.9	16.8	20.8	18.9	10.4	12.6
Δ%	Mean	—	15.5	-0.7	—	18.2	-2.5
	S.E.	—	5.6	2.3	—	8.3	1.8

Det.. Detraining

ては最大筋力の 1 / 2 のトレーニング負荷を決定するために 2 週間に一度最大筋力を測定した。

MG 群及び HG 群ともにトレーニング負荷（筋力とその発揮している時間との積）は一定になる様にした。また、両群ともトレーニング頻度は週に 3 日間を原則として 4 週間実施した。また, detraining の期間はトレーニング終了後から 17 日間とした。

### 5. データの処理方法

各グループごとの等尺性随意最大筋力値 (MVC) と各筋の筋電図積分値 (iEMG) の平均値及び標準誤差値を算出した。トレーニング開始前の等尺性随意最大筋力の平均値に対するトレーニング後の増加率をグループ間で求め差の検定をした。さらに本研究で測定した 3 筋 (BB, BR 及び BBR) の筋電図積分値の総和に対する各筋の比率をトレーニング開始前と終了後及び detraining 後について算出し、トレーニング前後と detraining 間における差の検定を t 検定を用いて行った。

### 結果と考察

表 2 はトレーニング前後と detraining 後の MVC の平均値をトレーニング群別に比較したものである。トレーニングにより MG 群は 15.5 %, HG 群が 18.2 % 増大し, detraining では HG 群が 2.5

% 低下した。しかし、両群ともトレーニング前後及びトレーニング後と detraining 間には有意な差はみられなかった。トレーニング強度の違いが最大筋力に及ぼす影響について角田<sup>11)</sup> は最大筋力の 100 % と 50 % で筋力トレーニングを行い、その結果最大筋力の 100 % でトレーニングを行ったグループよりも 50 % でトレーニングを行ったグループの方が顕著な増加がみられたことを報告しており、本研究の結果も同様な傾向を示した。一方、Narici<sup>10)</sup> は等速性の筋力トレーニングを行い、その結果 40 日間の detraining で最大筋力が約 20 % 減少することを報告しているが、本研究では MG 群は 0.7 %, HG 群は 2.5 % の減少であり Narici ら<sup>10)</sup> と異なる結果が得られた。

表 3 は 100 % MVC における各筋の筋電図積分値を 3 筋の筋電図積分値の総和に対する比率で示し、トレーニング前後及びトレーニング後と detraining について両群で比較したものである。トレーニング前後における各筋の比率は、両群とも BB が増加し BR, BBR はともに減少する傾向がみられ、HG 群の BB 及び BR は有意な変化を示した。Moritani ら<sup>8)</sup> によると高齢者の筋力トレーニングに対する適応機序は神経系の要因が大きいことから、本研究でも筋力トレーニングによって神経系の改善がみられたと考えられる。また、

Table 3. The changes of % iEMG in BB, BR and BBR, and  $\Delta\%$  in 100% strength.

			M G			H G		
			Before	After	Det.	Before	After	Det.
BB	% iEMG	Mean	43.5	52.1	40.1	40.5	56.3	49.7*
		S.E.	3.1	4.0	4.1	2.7	1.7	3.1
	$\Delta\%$	Mean	—	23.0	-21.0	—	41.4	-11.7
		S.E.	—	14.2	9.7	—	9.6	4.7
BR	% iEMG	Mean	26.8	21.8	26.0	30.6	19.0	23.9**
		S.E.	2.6	7.9	2.7	2.0	0.3	1.2
	$\Delta\%$	Mean	—	-19.5	31.2	—	-37.1	25.5
		S.E.	—	9.1	23.6	—	3.4	5.8
BBR	% iEMG	Mean	29.7	26.2	33.9*	28.9	24.7	26.4
		S.E.	2.9	1.7	4.9	3.5	1.7	2.5
	$\Delta\%$	Mean	—	-7.5	29.9	—	-10.4	7.3
		S.E.	—	11.3	9.1	—	11.1	8.6

Det.: Detraining

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

Table 4 The changes of %iEMG in BB, BR and BBR, and Δ% in 75% strength.

			M G			H G		
			Before	After	Det.	Before	After	Det.
BB	% iEMG	Mean	47.4	51.5	41.6*	40.2	54.3	49.8
		S.E.	3.3	2.3	2.7	3.1	2.0	2.6
	Δ%	Mean	—	11.2	-18.4	—	38.0	8.2
		S.E.	—	10.7	6.9	—	10.9	3.9
BR	% iEMG	Mean	26.1	21.7	25.2	30.8	20.0	23.3
		S.E.	2.8	2.5	2.0	2.8	1.2	0.6
	Δ%	Mean	—	-14.2	18.8	—	-32.7	18.6
		S.E.	—	10.6	8.8	—	7.9	8.6
BBR	% iEMG	Mean	29.0	26.9	33.3*	29.0	25.7	26.9
		S.E.	1.0	0.8	2.0	2.0	1.7	2.1
	Δ%	Mean	—	-7.1	24.1	—	-8.7	4.7
		S.E.	—	3.4	7.6	—	10.9	6.5

Det.: Detraining

\* : p < 0.05

Table 5 The changes of %iEMG in BB, BR and BBR, and Δ% in 50% strength.

			M G			H G		
			Before	After	Det.	Before	After	Det.
BB	% iEMG	Mean	42.8	46.8	35.0	38.1	48.9	44.0
		S.E.	2.9	3.6	4.2	3.4	1.7	3.5
	Δ%	Mean	—	10.4	-23.7	—	31.4	-10.4
		S.E.	—	7.5	9.8	—	10.0	4.7
BR	% iEMG	Mean	27.3	22.1	28.1	30.4	19.9	26.1***
		S.E.	2.5	2.8	3.0	2.7	1.1	0.6
	Δ%	Mean	—	-14.2	32.4	—	-33.8	32.4
		S.E.	—	15.5	18.9	—	2.3	7.4
BBR	% iEMG	Mean	30.0	31.1	36.8	31.4	31.2	29.9
		S.E.	4.7	1.9	3.1	4.0	1.1	3.3
	Δ%	Mean	—	10.2	19.0	—	4.6	5.0
		S.E.	—	13.2	9.1	—	10.9	7.9

Det.: Detraining

\*\*\* : p < 0.001

トレーニング後と detraining との間の比較では両群とも BB が低下し, BR と BBR が増加する傾向を示した。特に, HG 群では BB が 56.3 ± 1.7% から 49.7 ± 3.08%, BR が 19.0 ± 0.3% から 23.9 ± 1.2% と有意な変化が認められた。また, MG 群の BBR は 26.2 ± 1.7% から 33.9 ± 4.9% に有意な変化を示した。

表 4 は 75% MVC での各筋の筋電図積分値の比

率及びその増加率を両群について示したものである。両群ともトレーニング後と detraining 後の値を比較すると 100% MVC の場合と同様な傾向を示した。特に, MG 群においては BB の比率はトレーニング後で 51.5 ± 2.3% を示したが detraining 後では 41.6 ± 2.7% と有意に低下した。一方, BBR の比率はトレーニング後の 26.9 ± 0.8% に比較して detraining 後では 33.3 ± 2.0% と

有意に増加する傾向が認められた。

同様に表5は50% MVCにおける各筋の筋電図積分値の比率及びその変化率を両群について示したものである。detraining 後の変化をみると、両群とも BB の比率は低下し、BR の比率については増加する傾向がみられ、HG 群の BR の増加は有意であった。しかし、BBR の比率については MG 群では増加する傾向を示したが、HG 群では低下する傾向がみられた。

トレーニング前後及び detraining における各 % MVC での % iEMG の変化についてみると、BB は MG 群においてはトレーニングで増加し、detraining ではトレーニング前の値より低下した。一方、HG 群の BB においてもトレーニングで増加し、detraining ではトレーニング後の値より減少したがその変化度合は MG 群より低かった。また MG 群における BR 及び BBR についてはトレーニングにより減少したが、detraining で増加し、トレーニング前と同様の値を示した。HG 群の BR、BBR はトレーニング後の値より増加の傾向を示したが、トレーニング前の値より低かった。

これらの結果から HG 群での筋力トレーニングは肘関節屈曲動作に参与する主働筋のトレーニング効果が顕著にみられ、detraining 後でもその効果は存続することが示唆された。

## まとめ

本研究では高齢者男子10名を対象として、肘関節屈筋群における等尺性での高強度（100% MVC）で短時間（10秒）の筋力トレーニングと低強度（50% MVC）で長時間（20秒間）の筋力トレーニングを4週間実施し、筋力トレーニング負荷法の違いが detraining 後の筋力と筋電図積分値に及ぼす影響を検討した。その結果、次の様なことが明らかになった。

1. 短期間の筋力トレーニングにより、等尺性随意最大筋力は MG 群、HG 群ともトレーニングにより増大し、detraining で低下する傾向がみられたが統計学的な有意差は認められなかった。
2. detraining 後における 100% MVC、75%

MVC 及び50% MVC での筋力発揮において、BB、BR 及び BBR の各筋の筋電図積分値比率（% iEMG）は MG、HG 両群ともほぼ同様な傾向を示したが、各筋の変化度合は MG 群より HG 群の方が少なかった。

3. これらのことから短期間の筋力トレーニングにもかかわらず、HG 群のトレーニングは肘関節屈曲動作に参与する主働筋がトレーニングされ、detraining 後でもそのトレーニング効果は存続されていることが推察された。

本研究の一部は平成元年度国土館大学体育学部附属体育研究所助成金により行った。

## 参考文献

- 1) Davies, C.T.M. and Young, K.. Effects of training at 30 and 100% maximal isometric force (MVC) on the contractile properties of triceps surae in man. *J. Physiol.* 336 : 22—23, 1983.
- 2) Davies, J., Paker, D.F., Rutherford, O.M. and Jones, D.A.. Changes in strength and cross sectional area of the elbow flexors as a result of isometric strength training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57 : 667—670, 1988.
- 3) Enoka, R.M.. Muscle strength and its development. *Sports Medicine* 6 : 146—168, 1988.
- 4) Frontera, W.R., Meredith, C.N., O' Reilly, K.P., Knuttgen, H.G. and Evans, W.J.. Strength conditioning in older men : skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J. Appl. Physiol.* 64 (3) : 1038—1044, 1988.
- 5) Hettinger, T. *Physiology of strength*. Springfield, Ill, Thomas. 3—82, 1961.
- 6) Ikai, M. and Fukunaga, T.. A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Eur. J. Appl. Physiol.* 28: 173—180, 1970.
- 7) McDonagh, M.J.N., Hayward, C.M. and Davies C.T.M.. Isometric training in human elbow flexor muscles : the effects on voluntary and electrically evoked forces. *J. Bone Joint Surg.* 65 (B) : 355—358, 1983.

- 8) Moritani, T. and Devries, H.A.. Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J. Gerontology* 35 : 672—682, 1980.
- 9) 中野雅之・島野敬四郎・角田直也：異なる強度の筋力トレーニングが高齢者の筋力及び筋電図積分値比率に及ぼす影響，*国士舘大学体育研究所報*，第7巻，47—51，1988.
- 10) Narici, M.V., Roi, G.S., Landoni, L. Minetti A.E., and Cerretelli, p., Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59 : 310—319, 1989.
- 11) 角田直也：高齢者における筋力トレーニングの効果，*国士舘大学体育研究所報*，第6巻，15—19，1986.
- 12) Young, A., Stokes, M., Round, J.M. and Edwards, R.H.T.. The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur. J. Clin. Invest.* 13 : 411—417, 1983.