

中年齡女子，高年齢男子，および高年齢チャンピオン・ジャンパーの筋出力にみられる身体トレーニングの効果

東京大学 宮下 充正  
(共同研究者) 同 武藤 芳照  
京都大学 小田 伸午  
東京大学 岩岡 研典

**Effects of Physical Training on Muscle Power Outputs Middle-aged Females, Senile Males and a Senile Champion Jumper**

by

Mitsumasa Miyashita, Yoshiteru Mutoh  
*Laboratory for Exercise Physiology  
and Biomechanics, Faculty of Education,  
University of Tokyo*

Shingo Oda

*College of Liberal Arts, Department of Health  
and Physical Education, University of Kyoto*

Kensuke Iwaoka

*Laboratory for Exercise Physiology  
and Biomechanics, Faculty of Education,  
University of Tokyo*

**ABSTRACT**

To examine the effects of physical training on muscle power outputs of 24 healthy females (aged 42—63 yr.) and 9 active males (63—81 yr.) were studied in the present study. Thirteen females performed isotonic strength training of knee extension three times a week for 12 weeks (Ex. I) and the other females participated in isokinetic strength training of elbow flex-

ion five times a week for 8 weeks (Ex. II). Dynamic (isokinetic) muscle strength measured using a Cybex II dynamometer at angular velocities of 60, 120, 180, 240 and 300°/sec increased significantly with the training in both groups of every velocity. There was no change in anthropometric parameters related to an increase in muscle strength. Performances of dynamic and static muscle power outputs were compared between one male international champion jumper trained for years and 8 males as the reference group (Ex. III). Biopsy specimen was taken from the vastus lateralis muscle of the dominant thigh of the jumper. Cross-sectional area of each fiber were 3.43 (type I), 3.32 (type IIA) and 2.34 (type IIB)  $\mu\text{m}^2 \times 10^3$ , respectively and found to be an age-related muscle fiber atrophy. Isokinetic muscle strength of the jumper measured as the same manner in Ex. I and II, were larger than the reference group, especially at faster angular velocities. From the torque-time curve of maximal isometric knee extension the jumper had the highest value per body weight from the onset to near the peak level. It might be concluded that the skeletal muscles of middle-aged females and masters athlete remain trainable and that the training effects would rather be attributable to neural factors than to morphological one.

## 要 約

身体トレーニングが筋出力に及ぼす影響を検討するために24名の健常な中年齢女子(42—63歳)と9名の活動的な高齢男子(63—81歳)について測定を行った。13名の女子は週3回12週間にわたり等張性の膝関節伸展トレーニング(実験Ⅰ)を、11名は週5回、8週間の等速性肘関節屈曲トレーニング(実験Ⅱ)を実施した。60—300度/秒の速度範囲でサイベックスⅡを用いて測定した等速性筋出力は両実験群とも全速度において有意に向上したが、それに関連した形態上の変化は認められなかった。

実験Ⅲでは1名のエリート高齢競技選手の大腿外側広筋に生検を施し、静・動的筋出力について8名の対照群と比較した。筋線維組成は同年代に一般的であり、顕著な萎縮が観察されたが、競技選手の等速性筋出力は対照群より特に高速度にお

いて大であり、またトルク—時間曲線から力の立ち上がりに優れている可能性が示唆された。中年齢女子や高齢競技者においても筋出力向上の可能性は存在し、またそのトレーニング効果は形態的というより、神経系の要因によるところが大であると推察される。

## 1. 緒 言

骨格筋に萎縮が生じ、筋出力が低下する現象は中高齢者に一般によく観察される。Campbellらは加齢にともない機能的な運動単位数が減少することを報告している<sup>6)</sup>。また横断的研究から骨格筋筋線維、特に type II 線維に選択的萎縮が生じることよく示されている<sup>7,11,21)</sup>。剖検の結果によれば70代の大腿四頭筋の総筋線維数は30代に比べ、約25%少ないという<sup>13)</sup>。

一方、筋出力トレーニングに焦点をあてた研究は中高齢者の筋にトレーナビリティの存在を認め

ており、論議はそれが形態的なものか、神経性のものかという点に向けられている。しかしながら、これらの研究は男子を対象としたものであり、これまでのところ中高齢女子を対象に筋出力を測定した報告はあるものの筋出力のトレーニング効果をみたものはない。

また、もし身体トレーニングが筋の構造や機能に影響を与えるとすれば、長期的にわたって身体トレーニングを実施してきた中高齢のエリート競技選手から得られる情報はこれらの問題を考えるうえで有用であると思われる。

本研究では40歳以上の女子を対象に筋出力トレーニングを実施し、そのトレーニングが各種速度における動的最大筋出力に及ぼす影響について検討すること、ならびに高齢エリート競技選手と一般健常高齢者の筋出力を比較し、競技選手にみられる発揮特性から身体トレーニングの効果について推察することを目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 被 検 者

本研究に参加した被検者は健常な成人女子24名(42—63歳)、成人男子8名(63—81歳)、エリート高齢陸上競技選手1名(71歳)の計33名であった。その身体的特徴を表1に示した。

女子は2グループから成り、膝関節伸屈筋(実験Ⅰ)と肘関節屈曲筋(実験Ⅱ)のトレーニングをおのおの、実施した。

高齢成人男子8名は定期的にダンス教室や体操

教室に参加しており、比較的活動的な生活を送っていると考えられる。高齢競技選手は短距離、三段跳びなどの種目で国際的に同年齢クラスのトップに位置し、日常的に(週5日)身体トレーニングに行っていた(実験Ⅲ)。

なお、本研究の実施にあたり、事前に研究の目的およびそれに付随する測定の危険性等について十分説明し、全被検者から口頭で同意を得た。

### 2) 筋出力トレーニング(実験Ⅰ, Ⅱ)

#### ① 実験Ⅰ

膝関節伸屈筋のトレーニングには等張性トレーニング装置の一種であるノーチラスマシン(NT-2, ノーチラス社製)を用いた。トレーニング負荷は、各被検者が12回以上できる最大重量(12RM)とし、12回反復を1セットとして1日に3セット、週に3回(隔日)の頻度で12週間続した。なお、トレーニング期間中随時トレーニング負荷を12RMになるように調節した。

#### ② 実験Ⅱ

肘関節屈曲筋のトレーニングには、等速性トレーニングを可能にするスーパーミニジム500X(ミニジム社製)を用いた。被検者は立位姿勢で肘関節を側腹部に固定して、両腕でミニジムの引き棒を全力で引き、肘関節屈曲筋のトレーニングを行った。トレーニングに用いた速度は、これまでに低速から高速まで広い速度範囲における筋出力の改善に効果があると報告されている180度/秒<sup>9)</sup>にほぼ近くなるようにセットした。トレーニングは15回を1セットとして1日に3セット、週

表1 被検者の身体的特徴(平均±標準偏差)

	人数	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)		
実験Ⅰ	13	50±6	153.7±4.5	52.9±6.0		
実験Ⅱ	11	53±7	157.7±6.1	52.6±4.2		
実験Ⅲ	}	対照群	8	73±6	161.4±4.8	58.6±6.1
		競技者	1	71	164.2	49.4

5日の頻度で8週間継続した。

3) 最大筋出力の測定 (実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)

① 等速性筋出力 (実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)

等速性筋出力の測定にはサイベックスⅡ (ルーメックス社製) を用いた。測定は実験Ⅰ, Ⅱについてはトレーニング前後におのおの右脚, 右腕について実施した。実験Ⅲでは利き脚 (踏切り脚) について行った。測定に用いた速度は 60, 120, 180, 240, 300度/秒の5段階であった。測定に際しては各被検者に最大努力で筋出力を行うよう指示し, 口頭で激励した。各被検者は十分サイベックスⅡに慣れた後, 各速度について3回ずつ最大努力の筋出力発揮を行い, ピークトルクの最も大きい値を各速度における最大筋出力とした。

② 等尺性筋出力 (実験Ⅲ)

最大等尺性筋出力の測定には①同様, サイベックスⅡを用いた。椅座位, 膝関節角度 110° の完全弛緩状態から号令とともに出来るだけ素早く, 最大努力での筋出力を行うよう被検者に指示した。3回の試行を実施し, そのうち最も大きな値を最大等尺性筋出力として採用し, さらにオフラインの分析 (SONY 8 チャンネルデータレコーダー, NEC PC 9801 パーソナルコンピューター) により, トルク-時間曲線を求めた。

4) 筋生検 (実験Ⅲ)

エリート 高齢競技選手については Mutoh らの開発した方法<sup>17)</sup>を用いて踏切り脚の大腿外側広筋に筋生検を実施した。筋線維は myosin ATPase 染色に<sup>18)</sup>より type I, type II<sub>A,B,C</sub> に分類した。

5) 形態計測 (実験Ⅰ, Ⅱ)

トレーニング前後に以下の形態計測を行った。

① 実験Ⅰ

体重, 右大腿囲 (膝蓋骨上端から 15cm 上方部), 皮脂厚 (大腿回計測部位の前面と後面)

② 実験Ⅱ

体重, 右上腕囲 (最大部位), 皮脂厚 (上腕囲計測部位の二頭筋側と三頭筋側)

6) 統計処理 (実験Ⅰ, Ⅱ)

筋出力と形態のトレーニング前後の比較には, 対の t 検定を用い, 危険率 5%以下をもって有意とした。

3. 結 果

1) 実験Ⅰ

① 膝関節伸屈ピークトルク

膝関節伸屈筋のトレーニング前後における最大等速性筋出力の結果を図1に示した。低速の60度/秒から高速の300度/秒までの全ての速度において有意な ( $p < 0.05 \sim 0.01$ ) 筋出力の向上がみられた。その増加率は約10%から50%と, 速度の増加に伴って高くなる傾向にあった。

② 形 態

体重および大腿周径囲が有意に減少し, 皮脂厚も減る傾向にあった (表2)。

2) 実験Ⅱ

① 肘関節屈曲ピークトルク

肘関節屈曲筋のトレーニング前後における筋出力の測定結果を図2に示した。実験Ⅰ同様, すべ

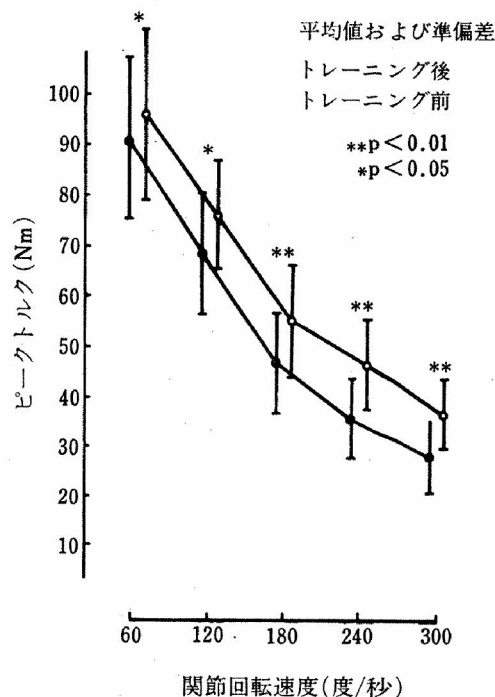


図1 膝伸展アイソトニック・トレーニングの効果

表2 トレーニング前後における被検者の形態的特徴 (実験I, II)

	体 重 (kg)	大 腿 囲 (cm)	皮 脂 厚 (mm)		
			大 腿 前 面	大 腿 後 面	
実 験 I	前	52.9±6.0**	46.3±2.7*	26.8±6.8	21.8±7.1
	後	51.7±5.3**	44.9±2.6*	25.3±5.1	20.2±5.4
	体 重 (kg)	上 腕 囲 (cm)	皮 脂 厚 (mm)		
			二 頭 筋 側	三 頭 筋 側	
実 験 II	前	52.6±4.2	24.2±0.7	6.9±3.1	16.0±2.9
	後	52.6±4.5	23.9±0.9	8.4±3.8	13.6±3.7

平均±標準偏差

\*: p<0.05    \*\*: p<0.01

ての速度においてトレーニング後に筋出力の有意な (p<0.05~0.01) 上昇が認められたが, 増加率は約20%とほぼ一定であった。

② 形 態

形態面に有意な変化はみられなかった (表2)。

3) 実験III

① 高齢競技選手の筋線維組成

高齢競技選手の大腿外側広筋筋線維組成は, type I が55.3, type II<sub>A</sub> 35.6, type II<sub>B</sub> 9.1 (各

%)で, 各筋線維の断面積は平均で type I が3.43, type II<sub>A</sub> 3.32, type II<sub>B</sub> 2.34 (各 μm<sup>2</sup> × 10<sup>3</sup>) であった。各筋線維断面積の値はこれまで報告されている日本人若年者<sup>19)</sup>や, 高齢者を対象とした Aniansson ら<sup>1)</sup>の値に比べ, 顕著に小さかった。参考までに同選手と同一日に筋生検を実施し, 同一方法で分析を行った27, 47歳の健常男子各1名の値を図3に示した。

② 膝関節伸展ピークトルク

各速度でのピークトルク値を健常な日本人若年者 (年齢19-25歳, n=40, 金久, 未発表資料による)の値と併せて示した (図4)。60度/秒を除く全ての速度において競技選手は対照群より高い値を示した。各速度での値を若年者に対して表わすと, 高速度においても競技選手が約60%のレベルを維持したのに対し, 対照群は40-50%まで徐々に低下する傾向にあった。

③ トルク-時間曲線

最大等尺性膝関節伸展時に記録した運動開始時からピークに至るまでのトルク-時間曲線には個人差が観察されたが (図5), 競技選手の値はその瞬間においても対照群の各被検者より大であった。発揮されたトルク (体重あたり) は3.48N·m/kg であり, 対照群の平均より36.5%大きく, またピークに至るまでの時間も 274msec と, 対

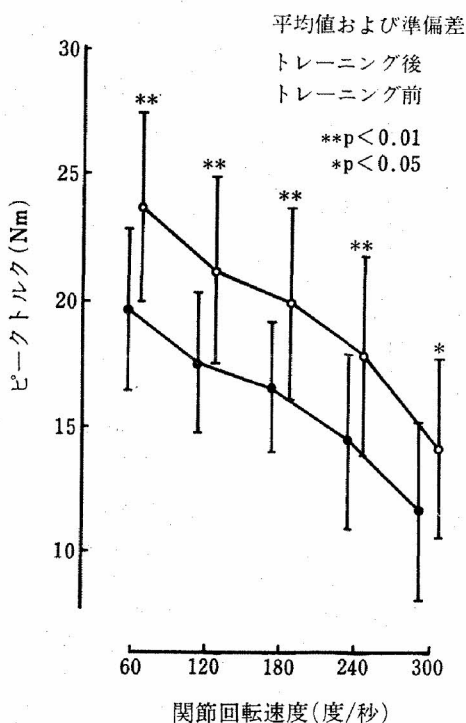


図2 肘屈曲アイソキネティック・トレーニングの効果

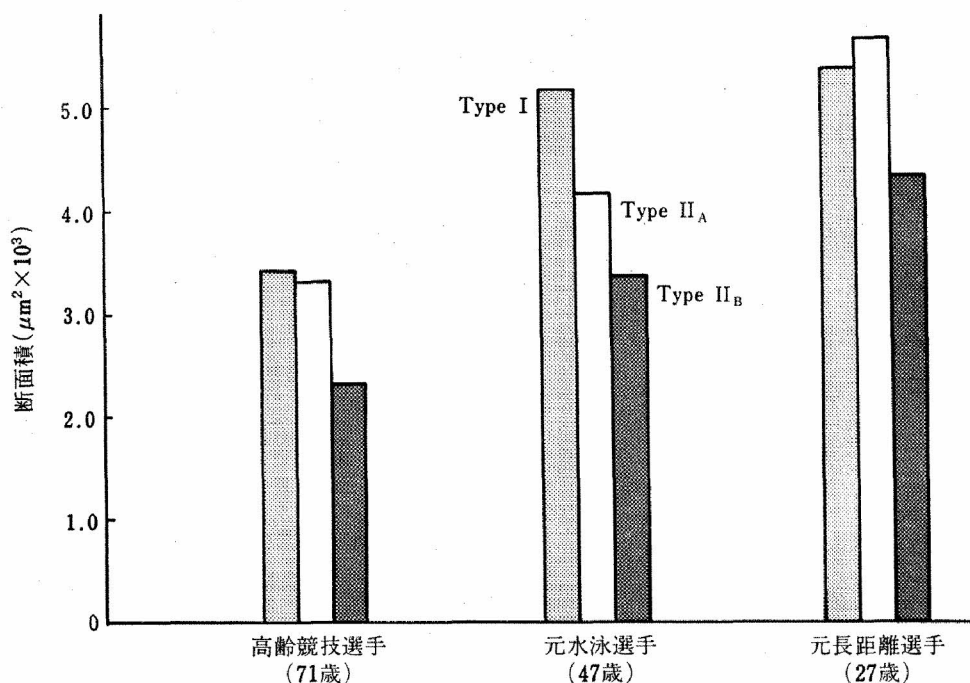


図3 大腿外側広筋の筋線維面積

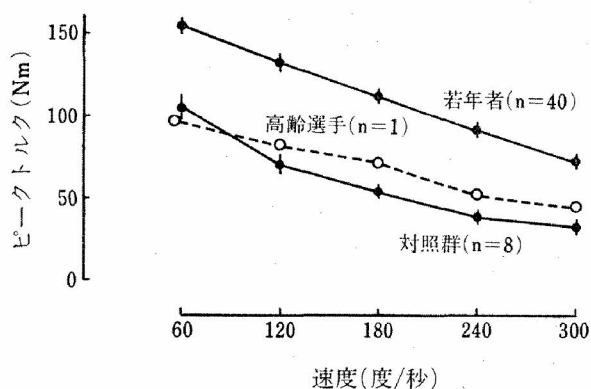


図4 膝関節伸展ピークトルクの比較 (若年者は金久, 未発表資料による)

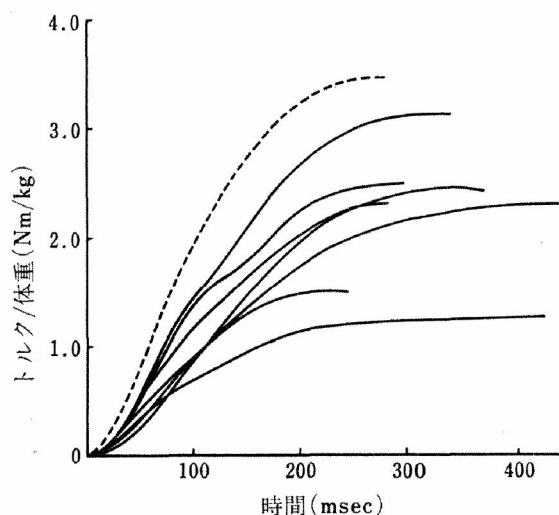


図5 最大等尺性膝関節伸展時に記録したトルク-時間曲線の比較 (破線: 高齢競技選手, 実線: 対照群)

照群の 361msec に比べて短かった。

#### 4. 論 議

本研究においては中年齢女子を対象とした実験 I, II で筋出力の向上が認められた。従来女子の筋出力トレーニングの効果についての報告は、若年齢層を被検者としたものがほとんどである。例えば、Mayhew と Gross は20歳前後の女子を対象として、数種類の上肢・下肢のウェイトトレーニングを1日に40分、週3回、9週実施した<sup>14)</sup>。

その結果、アームカールで39%、ベンチプレスで27%、レッグプレスで48%の増加がみられたと述べている。また Brown と Wilmore は16~23歳までの女子を対象として、10~3RM の負荷でのウェイトトレーニングを1日6日セット、週3回、6ヶ月間実施した<sup>5)</sup>。その結果、ベンチプレスに15~44%、ハーフスクワットに16~53%の増

大が認められたという。

Moritani と de Vries は高齢男子の筋出力の増加率が若年齢層のそれと同程度であったことを報告している<sup>10)</sup>。本研究では対照として同時に同一のトレーニングを若年齢層の女子に実施していないので、筋出力の増加率について直接、比較検討することはできない。また、前述した20歳前後の女子を対象とした先行研究との比較もトレーニング内容、期間、トレーニング効果の測定方法などが異なり、一概に断定することはできない。しかしながら、本研究の結果から中年齢女子において筋出力トレーニングの効果が期待できることは明らかであり、筋出力の増加率はこれまでに報告された若年齢層とほぼ同程度であろうと推察される。

実験Ⅰでは速度の増加に伴って筋出力増加率も増大する傾向がみられたが、実験Ⅱでは筋出力増加率は約20%とほぼ一定であった。加齢に伴う筋出力の低下は上肢筋が下肢筋に比較して小さいという<sup>3)</sup>。この点を Grimby らは組織化学的見地から示した<sup>7)</sup>。すなわち、高齢者の速筋/遅筋断面積比は外側広筋に比して上腕二頭筋の値が大であったのである。従って今回の中年齢女子の場合においても、上肢筋に比較して下肢筋にトレーニングの効果がより現われ、特に速筋線維の出力が強く関与すると思われる高速度での筋出力ほど、増加率が大きい傾向を示したものと考えられる。

実験ⅠとⅡでは被検者、トレーニング内容期間が異なり、断定することはできないが、上記の理由で膝関節伸展筋と肘関節屈曲筋とではトレーニング効果に差異が生じたものと推察される。

さて、筋出力増大の要因としては神経系および筋自体の2つの要因が考えられる。前者としては筋出力発揮に動員される運動単位数の増加や<sup>10)</sup>、トレーニングによる運動単位の同期化<sup>15)</sup>などがあげられており、後者としては筋の肥大が代表的である。

実験Ⅰ、Ⅱでは筋肥大を間接的に知るために周径囲と皮脂厚の計測を行った。実験Ⅰでは大腕囲の有意な減少が認められた。これは体重の有意な減少と皮脂厚の減少傾向からみて、体脂肪の低下が生じたことによるものと思われる。また実験Ⅱでは体重、上腕囲、皮脂厚の全項目に変化は認められなかった。本研究の両実験群の場合、得られた情報から考える限り、トレーニングによって筋全体としての肥大は生じなかった可能性が高いと推察される。

Larsson は加齢に伴う高齢者の筋萎縮が身体トレーニング後に消失することを報告しており<sup>12)</sup>、また Aniansson と Gustafsson<sup>2)</sup>も69—74歳の男子に筋出力トレーニングを実施し、トレーニング後に type II<sub>A</sub> 線維の断面積と速筋・遅筋の断面積比 (type II/type I) が上昇したことを認めている。

しかしながら、本研究の実験Ⅲにおいては長年にわたって身体トレーニングを実施しているエリート高齢競技選手を対象としたにも拘らず、外側広筋に顕著な萎縮が観察された。図3に示したように、同時に筋生検を施した27、47歳の男子の値は先行研究の同年代の値とほぼ合致していることから、分析上の問題はなかったと思われる。

従って上記の結果に対しては以下の2つの説明が考えられよう。ひとつはエリート競技選手の日常トレーニングが跳躍練習に重点を置いており、筋肥大を招来するに十分な強度に達していないということであり、いまひとつはトレーニング効果が筋肥大とは異なる面に現われているということである。後者に関連して、Moritani と de Vries<sup>10)</sup>は筋電図積分値を用いて筋出力向上に及ぼす形態的因子と神経系因子を区分した評価を試み、若年者ではトレーニング開始当初に神経系因子の関与がみられ、以後筋肥大による効果が支配的なのに対し、高齢者では全期間にわたって神経系因子の貢献が大であることを報告している。実験Ⅲにお

いてもⅠ, Ⅱ同様, 神経系の因子の関与を検討する必要があるものと思われる。

最大等尺性膝関節伸展時に得られたトルク-時間曲線によれば, 運動開始時からピークに至るまでのどの時点においても競技選手の方が対照群より大きな値を示した(図5)。先行研究<sup>4, 22)</sup>では力の立ち上がりが速筋線維の割合と負に関連していることが報告されている。本研究では対照群に対し, 筋生検を実施することが不可能であったため, この問題について言及することはできない。しかしながら, エリート高齢競技選手の筋線維組成が同年代に一般的であることを考えると, その影響は極めて小さいものと思われる。

一方, 身体トレーニングが力の立ち上がりに及ぼす影響についての研究によれば<sup>8, 20)</sup>, 力が一定レベルに達するまでの時間がトレーニング後に短縮することが示されている。この点に関しては Viitasalo と Komi<sup>22)</sup> による, 様々なグループの平均的な力-時間曲線の結果が興味深い。それによれば, 筋線維組成と力のピーク値が同様であったにも拘らず, スキージャンパーは非鍛練者より速い力の立ち上がりを見せたという。これは本研究のトルク-時間曲線の結果をよく説明するものである。すなわち, エリート選手のトレーニングは力の立ち上がりに効力を発揮したものと思われる。

エリート高齢競技選手の等速性筋出力は, 特に高速度において対照群より大であった(図4)。金久と宮下が3種類の速度(60, 180, 300度/秒)で行ったトレーニング実験の結果によれば<sup>9)</sup>, 180度/秒のトレーニングによって60-300度/秒までの速度にわたり筋出力の向上が認められたのに対し, 他の速度でのトレーニングは選択的に効果的であったという。競技選手にみられた高速度での大きなピークトルク値は, 同選手の日常トレーニングの速度によるものであろう。

以上の結果から, 中年齢女子および高齢競技選

手において身体トレーニングによって形態上の有意な変化を伴わずに最大筋出力が向上する可能性が示された。特に筋線維に萎縮が観察されたエリート高齢競技選手の力の立ち上がりが対照群より優れていることは, トレーニング効果に対する神経系の関与を強く感じさせるものである。今後, 電気生理学的手法を用いて随意性の影響を除外し, さらに筋生検やCTスキャンの結果と併せて検討することによって中高齢者における筋出力トレーニングの効果が一層, 明らかにされるものと思われる。

## 5. ま と め

1) 13名と11名の中年齢女子群(42-63歳)を対象に膝関節伸展筋(実験Ⅰ), 肘関節屈曲筋(実験Ⅱ)におのおの, 筋出力トレーニングを実施した。

2) トレーニング後, 60-300度/秒の速度で測定した等速性筋出力は実験Ⅰ, Ⅱとも有意に向上したが, それに関連した形態上の変化は観察されなかった。

3) 1名のエリート高齢競技選手(71歳)の大腿外側広筋に生検を施し, 静・動的筋出力を8名の対照群(63-81歳)と比較した。

4) 筋生検の結果からは加齢に伴う筋線維の萎縮と, 同年代に一般的な筋線維組成が観察されたが, エリート競技選手の等速性筋出力は対照群より大であり, トルク-時間曲線から力の立ち上がりに優れることが示された。

5) 以上の結果から, 中年齢女子・高齢競技選手の骨格筋はトレーニング可能性を有しており, そのトレーニング効果は筋肥大より神経系の要因によるところが大である可能性が示唆されたものと考えられる。

## 文 献

- 1) Aniansson, A. et al.; Muscle morphology, en-



- zyme activity and muscle strength in elderly men and women. *Clin. Physiol.*, **1** : 73—86 (1981)
- 2) Aniansson, A. and E. Gustafsson.; Physical training in elderly men with special reference to quadriceps muscle strength and morphology. *Clin. Physiol.*, **1** : 87—98 (1981)
  - 3) Asmussen, E. and K. Heebll-Nielsen.; Isometric muscle strength in relation to age in men and women. *Ergonomics*, **5** : 167—169 (1962)
  - 4) Bosco, C. and P.V. Komi.; Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **41** : 275—284 (1979)
  - 5) Brown, C.H. and J.H. Wilmore.; The effects of maximal resistance training on the strength and body composition of women athletes. *Med. Sci. Sports*, **6** : 174—177 (1974)
  - 6) Campbell, M.J. et al.; Physiological changes in ageing muscles. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.*, **36** : 174—182 (1973)
  - 7) Grimby, G. et al.; Morphology and enzymatic capacity in arm and leg muscles in 78—81 year old men and women. *Acta. Physiol. Scand.*, **115** : 125—134 (1982)
  - 8) Häkkinen, K. et al.; Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scand. J. Sports Sci.*, **3** : 50—58 (1981)
  - 9) 金久博昭, 宮下充正; アイソキネティック・トレーニング・トレーニング速度とトレーニング効果一, *Jap. J. Sports Sci.*, **1** : 147—151 (1982)
  - 10) Komi, P.V. et al.; Effects of isometric strength training on mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **40** : 45—55 (1978)
  - 11) Larsson, L.; Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man. A cross-sectional study. *Acta. Physiol. Scand. Suppl.*, 457 (1978)
  - 12) Larsson, L.; Physical training effects on muscle morphology in sedentary males at different ages. *Med. Sci. Sports Exer.*, **14** : 203—206 (1982)
  - 13) Lexell, J. et al.; Distribution of different fiber types in human skeletal muscle: effects of aging studied in whole muscle cross section. *Muscle and Nerve.*, **6** : 588—595 (1983)
  - 14) Mayhew, J.L. and P.M. Gross.; Body composition changes in young women with high resistance weight training. *Res. Quart.*, **45** : 433—439 (1974)
  - 15) Milner-Brown, H.S. et al.; Synchronization of human motor units: Possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **38** : 245—254 (1975)
  - 16) Moritani, T. and H.A. de Vries.; Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J. Gerontol.*, **35** : 672—682 (1980)
  - 17) Mutoh, Y. et al.; A new instrument for percutaneous muscle biopsies. *Int. J. Sports Med.*, **4** : 289—290 (1983)
  - 18) Padykula, H.A. and E. Herman.; The specificity of the histochemical method of adenosine triphosphatase. *J. Histochem. Cytochem.*, **3** : 170—195 (1955)
  - 19) Ryushi, T. et al.; Effects of muscle fiber composition and muscle cross-sectional area on isokinetic strength in humans. *Jap. J. Phys. Educ.*, **29** : 135—142 (1982)
  - 20) Thorstensson, A. et al.; Effects of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta. Physiol. Scand.*, **98** : 232—236 (1976)
  - 21) Tomonaga, M.; Histochemical and ultrastructural changes in senile human skeletal muscle. *J. Am. Geriat. Soc.*, **25** : 125—130 (1977)
  - 22) Viitasalo, J.T. and P.V. Komi.; Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **40** : 7—15 (1978)