

長期間トレーニングを継続している高齢アスリートの筋量と歩行能力の特徴

金 俊 東¹⁾ 大 島 利 夫¹⁾ 馬 場 紫 乃¹⁾ 安 田 俊 広²⁾
 足 立 和 隆³⁾ 勝 田 茂⁴⁾ 岡 田 守 彦⁵⁾ 久 野 譜 也⁵⁾

EFFECT OF LONG-TERM EXERCISE ON WALKING ABILITY
IN ELDERLY PEOPLE

JUNDONG KIM, TOSHIO OHSHIMA, SHINO BABA, TOSHIHIRO YASUDA, KAZUTAKA ADACHI,
 SHIGERU KATSUTA, MORIHIKO OKADA and SHINYA KUNO

Abstract

In order to clarify the effect of exercise on the walking performance and the muscle volume in lower limbs, elderly athletes long continuing to be trained and untrained elderly were compared with regard to their muscle cross-sectional area (CSA) of m. psoas major, thigh muscle and crus muscle and their walking ability. The subjects used consisted of thirty-six 80's-aged male and 70's-aged female elderly athletes and twenty-four elders having no regular exercise (control male group : CM, control female group : CF). The elderly athletes were further divided into two groups in accordance with their results of Japan Fitness Test (high performance male group : HPM, low performance male group : LPM, high performance female group : HPF, low performance female group : LPF). The walking performance was evaluated by analyzing their walking speed, stride-length and step rate during walking along a 15 m-strip of passage at normal and fast paces using video-taping. The muscle CSA was determined at m. psoas major, thigh muscle (extensors and flexors) and crus muscle (m. tibialis anterior and m. triceps surae) using MRI. As for the walking speed and stride-length at the normal pace, only HPM and HPF showed significantly higher values than CM and CF (male : $p < 0.05$, female : $p < 0.01$). Meanwhile at the faster pace, HPF and LPF showed significantly higher values than CF in female (HPF : $p < 0.01$, LPF : $p < 0.05$) and in the case of males, only HPM have a higher value only of the walking speed than CM ($p < 0.05$). The CSA of m. psoas major in HPM and HPF significantly higher than that in CM and CF (all $p < 0.05$), while in CSAs of knee extensor muscles and m. triceps surae, the statistical differences were not consistent among male and female groups. The results suggested that greater muscle mass of m. psoas major could influence higher walking speed in elderly people, and might be affected by regular exercise training.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2001, 50 : 149~158)

key word : elderly athlete, psoas major, walking ability

I. 緒 言

加齢に伴って歩行能力が低下することはよく知

られている。その歩行能力の低下の原因として、加齢に伴う歩幅の減少、股関節、膝関節、足関節の運動可動域の減少および歩行速度の低下などが

- 1) 筑波大学大学院体育科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1
- 2) 福島大学教育学部
〒960-1296 福島市松川町浅川字直道2番地
- 3) 筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1
- 4) 東亜大学大学院総合学術研究科
〒751-8503 山口県下関市一宮学園町2-1
- 5) 筑波大学先端学際領域研究センター
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nohdai, Tsukuba, Ibaraki (305-8574)
Fukushima University, Faculty of education 2 Sugumichi, Asakawa, Matsukawa Machi, Fukushima, Fukushima (960-1296)
Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nohdai, Tsukuba, Ibaraki (305-8574)
Graduate School of Integrated Science and Art, University of East Asia Shimonoseki-shi, Ichinomiya Gakuencho 2-1 (751-8503)
Center for Tsukuba Advanced Research Alliances, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nohdai, Tsukuba, Ibaraki (305-8577)

明らかにされている^{5,7,14)}. 歩行速度の低下の原因は主に歩幅と歩調の減少にあるが, Murray et al¹⁴⁾と Himann et al.⁵⁾は, 歩行速度低下の原因が歩調よりもむしろ, 加齢に伴う下肢の動きや動作範囲の縮小による歩幅の減少にあると強調している. 一方で, 加齢に伴う生理学的な身体の変化は筋萎縮と筋力の低下が代表的な例としてあげられる. 仮に歩幅の減少に筋力の低下や筋量の減少が関与しているとするならば, 生理学的に歩行に関する筋群の筋量の変化が, 歩行速度の変化と対応するはずである. 直立2足歩行には大腿部の筋群以外に, 骨盤と股関節を支持・安定化させる作用および股関節屈曲の主動筋として大腰筋が働くとされている^{4,17)}. そこで我々は磁気共鳴映像法(MRI)を用い, 各年代別の大腰筋および大腿部の筋量の変化と歩行能力との関係を調べたところ, 大腰筋および大腿伸筋群における筋量の低下が歩行速度(歩幅)の低下を導くとの結論を得た¹⁰⁾. しかしながら, われわれの上記のデータは, 横断的データによるものであり, ある個人の筋量の変化と歩行能力の変化との関係を直接的に調べたものではない. したがって, 加齢に伴う大腰筋および大腿部における筋量の変化が歩行能力に影響するの否かを明らかにするためには, 第一に高齢者における日常生活の活動量の違いが筋量に影響を及ぼすのかについて検討し, 筋量の差が歩行能力における相違に対応するかどうかを証明する必要があると考えられる. そのための一つとして, 日常生活の中で, 高水準で規則的な身体活動を実施している被検者を対象とすることにより, 筋量の差と歩行能力との関係を明らかにすることが可能であると考えられる. さらに, スポーツ種目が異なればトレーニング内容も異なることより, その内容の相違が筋量に影響することも十分に予想される.

そこで本研究では, これまで長期間にわたって高い水準での専門的トレーニングを継続し, それぞれの競技で高いパフォーマンスを発揮している高齢アスリート(男性80歳代, 女性70歳代)と, 特別な運動習慣を持たない一般高齢者について, 股関節の大腰筋, 大腿部および下腿部の筋横断面積

と歩行能力との関係について検討することを試みた.

II. 方 法

A. 被検者

被検者には各種の競技大会で優秀な成績を収めた高齢アスリート36名(男性; 19名, 女性; 17名), コントロール群として現在, 特別な運動習慣を持たない健康な高齢者24名, 計60名を用いた. 被検者は男女に群分けし, さらに高齢アスリート群の実施競技は複数にわたるため, 文部省新体力テスト(握力, 10 m 障害物歩行, 6分間歩行など)における成績(総合評価と総合点数)を元に(勝田茂: 未発表資料), 成績のより高い群と低い群の2群に分けた(High performance male; HPM 群9名, High performance female; HPF 9名, Low performance male; LPM群10名, Low performance female; LPF 群8名). また, 運動習慣を持たない群はコントロール群とした(Control Male; CM 群7名, Control Female; CF 群17名). なお, HPM 群および HPF 群の競技種目は陸上, 水泳, スキーであり, LPM 群および LPF 群の競技種目はテニス, 卓球, 剣道であった. 高齢アスリートには, 1997年度の50 m と 100 m 背泳ぎの世界記録保持者, 世界陸上競技での1,500 m 走の優勝者, 三段飛びの世界記録保持者, 日本ベテランズテニス大会のダブルス優勝者, 高齢者剣道大会の準優勝者, 海外山岳登頂記録保持者などが含まれている.

すべての被検者に実験の主旨, 内容および危険性についてあらかじめ説明し, 参加の同意を得た.

B. 磁気共鳴映像法(magnetic resonance imaging: MRI)による筋横断面積の測定

1. 大腰筋, 大腿部及び下腿部の筋横断面積
各筋横断像の測定は, 筑波大学附属病院に設置されている臨床用1.5 Tの超電導MR装置(Signa, GE社, USA)を用い, パルスシークエンスはスピンエコー法により繰り返し時間340 msec, エコー時間12 msecの条件で撮影した. 大腰筋の測定には腸骨稜腹部の位置の横断画像を

用いた。得られた画像はフィルム上にプリントし、左右2つの大腰筋像をトレーシングペーパーにトレースした後に、スキャナでコンピュータに取り込み、解析ソフトウェア(NIH image Ver 1.62, NIH社, USA)を用いて横断面積を測定した^{10,11)}。なお、大腰筋横断面積のデータは、左右2つの大腰筋横断面積の合算値とした。大腿部の筋横断面積は、あらかじめ下半身の縦断像を撮影した後、横断像を外側顆間結節の位置から遠位方向へ等間隔で15枚連続的に撮影した。得られた縦断像から右脚の大転子と脛骨頭の外側顆間結節を同定し、その距離の50%にあたる画像を筋横断面積の測定に用いた。大腿部の筋横断面積は伸筋群として大腿四頭筋を、屈筋群としてハムストリング(大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋)および内転筋群(大内転筋、短内転筋、長内転筋)の筋横断面積を算出した。下腿部の筋横断面積については、まず、下腿部の縦断像を撮影し、その後、前顆間区より遠位方向へ等間隔で15枚の横断画像を得た。分析には脛骨の前顆間区から外果までの距離の50%にあたる部位の前脛骨筋と下腿三頭筋の筋横断面積を算出した。

C. 歩行動作の測定

歩行動作は、被検者に左側の耳珠、大転子、膝関節、外果、踵、第5中足骨遠位端など14ヶ所にマーカーを取り付けた状態で室内15mの区間を歩行させ、その動きをデジタルビデオカメラ(GR-DVL, VICTOR社, 日本)を用いて撮影した。

歩行速度は、被検者の主観的判断による“普通速度”と“速歩”の2種類を行った^{10,16)}。各マーカーの動きは、被検者の左側面直角方向から二次元動作測定システム(Frame-DIAS, 電機計測販売, 日本)を用いて分析した。各マーカーの位置座標から、歩行速度、股関節角度、大腿振り上げ角度、歩幅、歩調を1歩行周期で算出した。なお、歩行速度は1秒あたりの距離(cm/s)で表示した。

一方、下肢長は歩幅に影響を及ぼす可能性があることから、被検者において地面から前腸棘高までの高さを測定し、下肢長とした。

D. 統計処理

高齢アスリート群とコントロール群の比較には一元配置の分散分析を用い、有意性の認められた場合、post-hocの検定をFisherのPLSD法にて行った。一方、各歩行パラメータの普通速度と速歩の差の検定はt検定を用いた。なお、統計量はすべて平均値±標準偏差で示し、有意水準は危険率5%未満とした。これらのデータ解析は統計ソフトウェア(StatView, Ver 5.0, HULINKS社, USA)を用いて行った。

Ⅲ. 結 果

Table 1は、各群の身体特性を示したものである。分散分析の結果、男性において、すべての項目でHPM群、LPM群とCM群の間にそれぞれ有意な差は認められなかった。また、女性においても同様に3群間に有意な差は認められなかつ

Table 1. Physical characteristics of each subject groups.

Group	n	Age (year)	Ht (cm)	Wt (kg)	Leg Ht (cm)
HPM	9	84.4±2.4	160.9±6.3	56.1±7.3	89.6±5.4
LPM	10	84.3±4.1	162.1±6.2	55.1±9.2	89.4±5.7
CM	7	82.3±2.1	160.5±3.8	57.0±4.9	87.8±2.6
HPF	9	77.1±4.0	152.0±6.0	51.0±6.4	84.7±4.5
LPF	8	74.9±4.3	150.0±3.7	54.5±6.4	83.4±1.3
CF	17	75.2±3.2	149.2±5.2	54.0±9.9	82.7±3.8

Values are means±SD. Ht: height, Wt: weight, Leg Ht: Leg height. HPM: High performance male, LPM: Low performance, CM: control male, HPF: High performance female, LPF: Low performance female, CF: control female.

た. 歩幅の値は身長や下肢長の影響を受けやすいが, 男女とも各群間で身長および下肢長に差は認められなかった.

Table 2 は, 男性の各群において, 普通速度および速歩時の歩行速度, 歩幅および歩調の結果を示したものである. 普通速度において, 分散分析の結果, 歩行速度と歩幅は HPM 群が CM 群より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) が, HPM 群と LPM 群, LPM 群と CM 群の間に差は認められなかった. 歩調においては, いずれの群間にも差は認められなかった. 速歩における, 歩行速度と歩調の分散分析の結果はそれぞれ, $p < 0.05$ の以下を示し, HPM 群が CM 群より有意に高い値を示したが, いずれの項目においても LPM 群と CM

群の間に有意な差は認められなかった. また, 各群の普通速度と速歩を比較すると, 全ての項目において速歩の方が普通速度に比べて有意に高い値を示した (Table 2).

Table 3 は, 女性の各群における, 普通速度および速歩時の歩行速度, 歩幅および歩調の値と分散分析の結果を示した. 普通速度において, 歩行速度と歩幅は HPF 群が CF 群より有意に高い値を示した (それぞれ, $p < 0.01$) が, HPF 群と LPF 群, LPF 群と CF 群の間では有意な差は認められなかった. また, 歩調においては 3 群間に有意な差が認められなかった. 速歩において歩行速度および歩幅は HPF 群および LPF 群の方が CF 群より有意に高い値を示し (歩行速度, HPF 群と

Table 2. The comparison of walking speed, stride length and step rate in male groups.

	HPM	LPM	CM	ANOVA	Post-hoc
—Normal pace—					
Walking speed	162.4 ± 27.9	141.0 ± 22.0	125.4 ± 25.4	$p < 0.05$	HPM > CM★
Stride length	152.4 ± 20.2	143.6 ± 17.1	124.5 ± 26.9	$p < 0.05$	HPM > CM★
Step rete	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1		
—Fast pace—					
Walking speed	204.6 ± 34.9 ^{\$\$}	173.7 ± 25.4 ^{\$\$}	157.6 ± 32.0 ^{\$\$}	$p < 0.05$	HPM > CM★
Stride length	156.4 ± 11.4 ^{\$}	158.0 ± 17.3 ^{\$\$}	141.7 ± 26.0 ^{\$\$}		
Step rete	1.3 ± 0.6	1.1 ± 0.1 ^{\$\$}	1.1 ± 0.1 ^{\$}	$p < 0.05$	HPM > CM★

Values are means ± SD. ★ $p < 0.05$ vs. CM. ^{\$} $p < 0.05$, ^{\$\$} $p < 0.01$ vs. normal pace. HPM: High performance male, LPM: Low performance male, CM: control male. Walking speed (cm/s), Stride length (cm), Step rate (steps/s).

Table 3. The comparison of walking speed, stride length and step rate in female groups.

	HPF	LPF	CF	ANOVA	Post-hoc
—Normal pace—					
Walking speed	141.5 ± 12.8	133.4 ± 21.3	117.7 ± 18.8	$p < 0.01$	HPF > CF★★
Stride length	137.7 ± 14.6	127.5 ± 16.8	116.4 ± 16.4	$p < 0.01$	HPF > CF★
Step rete	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1		
—Fast pace—					
Walking speed	181.6 ± 29.5 ^{\$\$}	163.6 ± 21.4 ^{\$}	136.4 ± 22.8 ^{\$\$}	$p < 0.01$	HPF > CF★★, LPF > CF★
Stride length	149.0 ± 17.9 ^{\$\$}	140.1 ± 19.3 ^{\$}	122.9 ± 17.1 ^{\$\$}	$p < 0.05$	HPF > CF★, LPF > CF★
Step rete	1.2 ± 0.1 ^{\$\$}	1.2 ± 0.1	1.1 ± 0.1 ^{\$\$}	$p < 0.05$	HPF > CF★

Values are means ± SD. ★ $p < 0.05$, ★★ $p < 0.01$ vs. CF. ^{\$} $p < 0.05$, ^{\$\$} $p < 0.01$ vs. normal pace. HPF: High performance female, LPF: Low performance female, CF: control female. Walking speed (cm/s), Stride length (cm), Step rate (steps/s).

CF 群: $p < 0.01$, 歩幅, LPF 群と CF 群: $p < 0.05$), 歩調においては HPF 群のみが CF 群より有意に高かった ($p < 0.05$). さらに, 各群の普通速度と速歩の値を比較すると, LPF 群の歩調を除く全ての項目において速歩の方が普通速度に比べて有意に高い値を示した (Table 3). 各被検者群において普通速度に対する速歩時の歩行速度の増加率を検討すると, 男性ではそれぞれ, HPM 群 26%, LPM 群 23.2%, CM 群 25.7% の増加率を示し, 女性では HPF 群 28.3%, LPF 群 22.6%, CF 群 15.9% の増加率が示された.

Fig. 1 は, 男性の各群において, 大腰筋, 大腿 50% 部位の伸筋群と屈筋群, 前脛骨筋および下腿三頭筋の筋横断面積を比較したものである. 大腰筋の筋横断面積は HPM 群 ($16.7 \pm 2.8 \text{ cm}^2$) が CM 群 ($13.3 \pm 2.6 \text{ cm}^2$) より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) が, HPM 群と LPM 群, また, LPM 群と CM 群の間には有意差が認められなかった.

下腿三頭筋の筋横断面積は HPM 群 ($29.5 \pm 8.3 \text{ cm}^2$) と LPM 群 ($30.5 \pm 8.6 \text{ cm}^2$) の値が CM 群 ($18.8 \pm 11.8 \text{ cm}^2$) より有意に高かった (それぞれ,

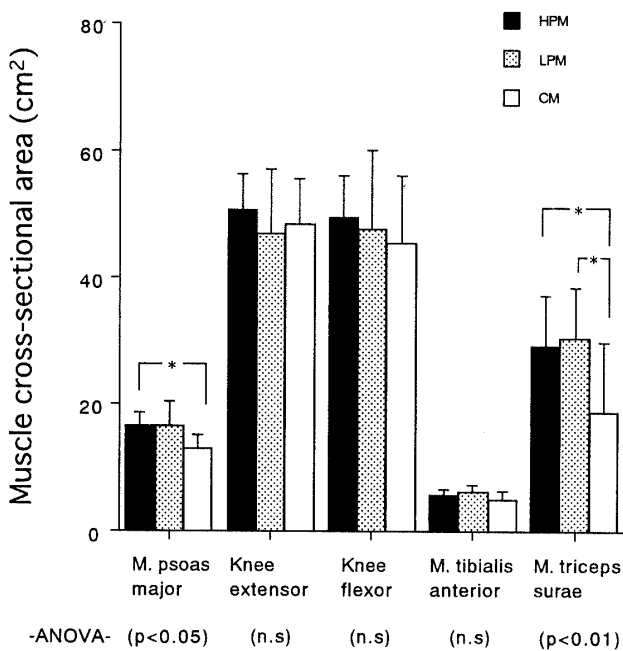


Fig. 1. Comparison of muscle cross-sectional area in the several muscle (groups) between the male groups. Values are means \pm SD. *: $p < 0.05$, post-hoc test. HPM: High performance male, LPM: Low performance male, CM: control male.

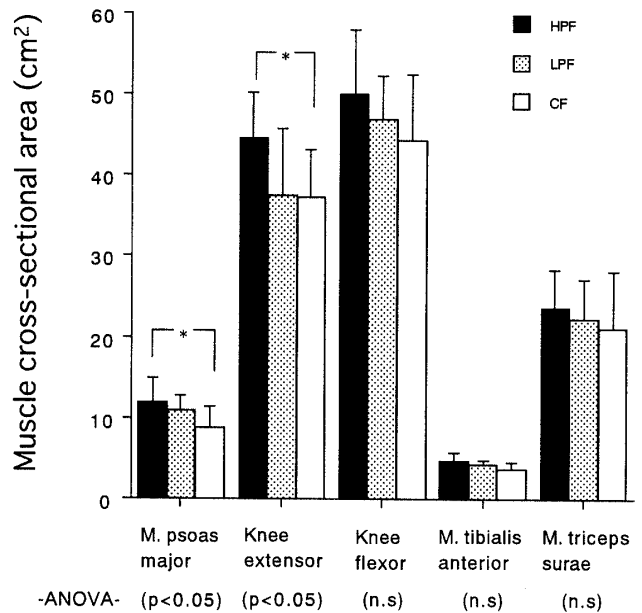


Fig. 2. Comparison of muscle cross-sectional area in the several muscle (groups) between the female groups. Values are means \pm SD. *: $p < 0.05$, post-hoc test. HPF: High performance female, LPF: Low performance female, CF: control female.

$p < 0.05$) が, HPM 群と LPM 群の間に有意な差は認められなかった.

大腿部の伸筋群, 屈筋群及び前脛骨筋の筋横断面積では 3 群間に有意差は認められなかった.

Fig. 2 は, 女性の各群において, 大腰筋, 大腿 50% 部位の伸筋群, 屈筋群, 前脛骨筋と下腿三頭筋の筋横断面積を示したものである. 大腰筋横断面積において HPF 群 ($12.0 \pm 3.6 \text{ cm}^2$) は CF 群 ($8.7 \pm 3.3 \text{ cm}^2$) より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) が, LPF 群と CF 群, また, HPF 群と LPF 群の間に有意差は認められなかった. 伸筋群筋横断面積も HPF 群 ($44.6 \pm 6.4 \text{ cm}^2$) が CF 群 ($37.3 \pm 6.4 \text{ cm}^2$) より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) が, HPF 群と LPF 群の間に有意差は認められなかった. また, 屈筋群, 前脛骨筋および下腿三頭筋の筋横断面積において各 3 群間に有意な差は認められなかった.

その他, 歩行時の大腿振り上げ角度と股関節角度, 前傾角度は, 男女ともばらつきが大きく, 3 群間に統計的有意な差が認められなかった. さらに, 大腰筋横断面積と前傾角度の間に男女とも 3 群間に有意な相関関係が認められなかった.

Ⅳ. 考 察

本研究の目的は、これまで長期間にわたって専門的なトレーニングを行ってきた高齢アスリートと同世代の一般高齢者における下肢の各筋横断面積と歩行能力との関係を検討することであった。なぜならば、高齢アスリート群はそれぞれの競技において明らかに高いパフォーマンスをコントロールと比べて発揮できるからである。そのような能力は、高齢者の生活機能として重要な役割を果たす歩行能力をより高い状態で維持することを可能とするであろう。これまでの先行研究により、加齢による歩行能力(歩行速度)の低下は、歩行時の歩幅の減少に大きく依存することが示されている^{5,7,14)}が、その歩幅の減少の一因としては筋力の低下が考えられる。筋力は、筋横断面積と比例関係にあるので、歩行に関与している各筋の横断面積と歩行能力の各パラメータとの関係を検討することは、高齢者の歩行能力の維持・増進を考える上で重要な知見を提供できるものと考えられる。さらに、これまでに我々は、一般の高齢者の大腰筋と大腿部の筋横断面積が、加齢に伴って減少していくことを横断的に確認し、この筋萎縮が加齢と身体的不活動の複合的要因によるものであることを指摘している¹²⁾。したがって、本研究で用いた高齢アスリート群は長期間にわたって高い水準での専門的トレーニングを継続していることから、アスリート群において歩行に関与する筋群(下肢構成筋群)における萎縮の程度はコントロールに比べて小さく、その結果、歩行能力はコントロールに比べて高いという仮説を立てるに至った。

歩行能力を検討した結果、普通速度においてHPM群およびHPF群の歩行速度の値は、CM群およびCF群よりそれぞれ有意に高値を示した。また、速歩時の歩行速度においてもCM群およびCF群と比べてHPM群とHPF群およびLPF群の値は高い傾向を示した。一般的に、加齢に伴う歩行速度の低下は、歩調より歩幅の影響を強く受けるということが報告されている^{5,14)}。普通速度において、本研究でも歩調においては男女と

も3群間に有意な差がみられなかったのに対し、歩幅はHPM群およびHPF群の方がCM群およびCF群より有意に長いという結果を示し、これまでの研究を支持するものであった。

これまでに報告されてきた下肢の筋力と歩行能力の関係から、歩行速度を決める要因として下肢筋の筋力や筋の活動水準が考えられる^{2,7,19,25)}。渡辺たち²⁵⁾は歩行中の大腿二頭筋と腓腹筋の筋活動を検討し、歩行時の推進力はこれらの筋活動水準によって変化すると述べている。さらに、大腿部の筋群および下腿三頭筋の筋力と歩行速度との間には正の相関関係があることも報告されている^{2,6,19)}。これまでの従来報告に加えて、我々は股関節を構成している各筋群の関与、とくに大腰筋の重要性を指摘している¹²⁾。この仮説は、針電極と表面電極を用いた筋電図の研究¹⁾において歩行開始期と離地期に大腰筋の強い筋活動を観察していること、及びMRIと3次元幾何学モデルによる解剖学的な機能解析を行った最近の研究¹⁷⁾によっても支持される。また、本研究において大腰筋・筋横断面積は、アスリート群の中でもより高い体力テストのパフォーマンスを発揮できるHPM群およびHPF群のみが、それぞれのコントロール群より有意に高い値を示している。それに対して大腿部及び下腿部の筋群では、男女とも大腰筋のように明確な差はあまり認められなかった。これらの結果は、高齢者における歩行能力の低下抑制という観点から考えたとき、歩行に関わる筋群の中でも大腰筋における筋量の維持は大きなウェートを占めている可能性を示唆するものである。さらに、HPM群及びHPF群における大腰筋の筋量は、長期間にわたるトレーニング効果によって一定水準に維持された可能性も示唆される。トレーニングによって大腰筋における筋量が維持され、その結果大腰筋の役割である股関節の屈曲動作(脚の引き上げ)や姿勢保持(前傾防止)などがスムーズに行われるため、歩幅をより長くとることが可能となったと考えられる。

本研究における歩行能力の評価は、それぞれの被検者の普通速度のみならず速歩においても行った。その背景には、速歩の評価が高齢者の歩行能

力をより反映しているという報告もみられるためである¹⁶⁾。本研究では、アスリート群の中でも男性においてはHPM群が歩行速度及び歩調においてコントロール群に対して有意に高い値を示したのに対し、歩幅においては差が認められなかった。女性においてはいずれのアスリート群も歩行速度がコントロール群より有意に速く、それは歩幅と歩調がコントロール群より高い水準を発揮できたためであることが示された。これらの結果から、男性において普通速度から速歩への移行は、歩幅を延ばすより歩調を上げる、いわゆるピッチを速めることによってなされているのに対し、女性の場合は歩幅と歩調のいずれも変化させることによって対応なされていると考えられる。このような性差は、速歩において男性の3群は普通速度と比べて歩行速度の値が同様な割合で増加していた(HPM群; 26%, LPM群; 23.2%, CM群; 25.7%)のに対し、女性では、HPF群とLPF群に比べてCF群の歩行速度の増加率は相対的に低いものであった(HPF群; 28.3%, LPF群; 22.6%, CF群; 15.9%)ことから示されている。これらの結果から、高齢であっても長期にわたる専門的トレーニングは速歩においても同世代コントロールに対し明らかに優位な能力を示すことができ、それは一つには男女共通して歩調を高めることによってなされる。また、女性はさらに歩幅を増すことも必要であることが示唆された。歩調及び歩幅を増すためには、筋線維タイプ別で考慮するとより速筋線維の動員が重要となることが推測される。一般的に高齢者の筋では速筋線維の選択的萎縮がみられ、これらの能力は低下することが知られている¹³⁾。さらに、速筋線維の選択的萎縮は加齢による筋量の低下の主要因と考えられる¹³⁾。したがって、アスリート群の中でもとくにHPM群及びHPF群が高い能力を発揮できたのは、長年の専門的トレーニングにより下肢構成筋においてより多い筋量を維持していたこと、すなわち速筋線維の面積における減少を抑制している可能性が示唆された。さらに、下肢構成筋群別に詳細に検討していくと、今回評価した筋横断面積においていずれのアスリート群においてもコン

トロール群と比較して有意に高値を示したのは大腰筋のみで、他の筋群については一定の傾向を示さなかった。これらの結果は、高齢者の歩行能力を規定する要因として下肢構成筋の中でも大腰筋の重要性を示唆するものと考えられる。

V. ま と め

本研究は、高齢アスリートの男女36名と一般高齢者24名を対象として大腰筋、大腿部および下腿部の筋横断面積と歩行能力との関係について検討した。被検者は男性が80歳代、女性が70歳代であった。アスリート群における被験者は、文部省新体力テスト(握力, 10 m 障害物歩行, 6分間歩行など)における成績(総合評価と総合点数)を基に2群に分類した(High performance male; HPM群, High performance female; HPF, Low performance male; LPM群, Low performance female; LPF群)。運動習慣を持たない群はコントロール群とした(Control Male; CM群, Control Female; CF群)。得られた結果は以下の通りである。

- 1) 普通速度において、歩行速度と歩幅ではHPM群およびHPF群の値がCM群、CF群より有意に高かった(HPM群: $p < 0.05$, HPF群: $p < 0.01$)が、LPM群およびLPF群とCM群、CF群の間に有意差は認められなかった。また、歩調には男女ともに3群間の有意差がみられなかった。
- 2) 速歩において、HPM群はCM群より歩行速度および歩調の値が有意に高かった(それぞれ、 $p < 0.05$)が、歩幅には有意差がみられなかった。LPM群とCM群の間にはいずれの項目において有意な差が認められなかった。一方、HPF群は歩行速度、歩幅および歩調での値がCF群より有意に高かった(歩行速度、歩幅: $p < 0.01$, 歩調: $p < 0.05$)。また、LPF群はCF群より歩行速度および歩幅のみにおいて有意に高い値を示した($p < 0.05$, それぞれ)。
- 3) 筋横断面積において、大腰筋の筋横断面積の値はHPM群およびHPF群の方がCM群、CF群より有意に高かった(それぞれ、 $p < 0.05$)。大腿伸筋群の筋横断面積では男性の3群間に有

意差がみられなかったが, 女性では HPF 群の値のみが CF 群より有意に高かった ($p < 0.05$). 屈筋群, 前脛骨筋の筋横断面積は男女ともに 3 群間に有意差がみられなかった. 下腿三頭筋の筋横断面積において, HPM 群および LPM 群の値は CM 群より有意に高かった(それぞれ, $p < 0.05$) が, 女性には 3 群間に有意な差はみられなかった.

本研究の結果より, 高齢アスリートは男女ともコントロール群に比べて高い歩行能力を示した. その高い能力は, 筋量という観点から検討すると下肢を構成している筋群(大腰筋, 大腿部筋, 下腿筋)の中でも, 大腰筋の果たす役割が高いことが示された. また, 長年にわたる専門的トレーニングにより高齢であってもこの筋の筋量を一定の水準で維持できる可能性が示唆された.

本研究は, 平成 9 年度発足の筑波大学 TARA プロジェクト(代表; 岡田守彦)及び平成 11 年度科学技術庁・科学技術振興調査費(代表; 村上和雄)による研究(SAT プロジェクト)の一部である.

(受理日 平成 12 年 11 月 21 日)

参 考 文 献

- Andersson, E. A., Nilsson, J. and Thorstensson, A. Intramuscular EMG from the hip flexor muscles during human locomotion. *Acta Physiol. Scand.* (1997), **161**, 361-370.
- Bassey, E. J., Bendall, M. J. and Pearson, M. Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years. *Clin. Sci.* (1988), **74**, 85-89.
- Fisher, N. M., Pendergast, D. R. and Calkins, E. C. Maximal isometric torque of knee extension as a function of muscle length in subjects of advancing age. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* (1990), **71**, 729-734.
- Gracovetsky, S. and Farfan, H. The optimum spine. *Spine.* (1986), **11**, 543-573.
- Himann, J. E., David A. and Peter A. Age-related changes in speed of walking. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1988), **20**, 161-166.
- 伊東 元, 橋詰 謙, 齊藤 広, 中村隆一. 大腿四頭筋機能と歩行能力の関係. *リハビリテーション医学*, (1985), **22**, 164-165.
- 金子公宥. 高齢者の歩行運動. *Jpn. J. Sports Sci.* (1991), **10-11**, 729-733.
- Keagy, R. D., Brumlik, J. and Bergan, J. Direct electromyography of the psoas major muscle in man. *J. Bone Joint Surg.* (1966), **48-A**, 1377-1382.
- 金 俊東, 久野譜也, 村上晴香, 坂戸英樹, 石津政雄, 岡田守彦, 勝田 茂. 加齢に伴う大腿部の異なる部位における筋量の変化. *バイオメカニクス研究概論*, (1999), 182-185.
- 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和実, 足立和隆, 石津政雄, 岡田守彦, 勝田 茂. 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響. *体力科学*, (2000), **49**, 589-596.
- Kim, J. D., Kuno, S., Soma, R., Masuda, K., Ishizu, M., Adachi, T., Nishijima, T., Okada, M. Relationship between reduction of hip joint and thigh muscle and walking ability in elderly people. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.* (2000), **49**, 589-596 (in Japanese)
- 久野譜也, 石津政雄, 岡田守彦, 西嶋尚彦, 松田光生, 勝田 茂. 加齢にともなう筋萎縮における個人差と活動量との関係. *小野スポーツ科学*, (1997), **5**, 47-55.
- 久野譜也, 金 俊東, 石津政雄, 坂戸英樹, 西嶋尚彦, 松田光生, 勝田 茂, 岡田守彦. 加齢にともなう骨格筋萎縮とライフスタイルとの関係. 第 13 回「健康医科学」研究助成論文集, (1998), 71-77.
- 久野譜也. 加齢に伴う骨格筋の退行性変化. *医学のあゆみ*, (2000), **7**, 613-616.
- Murray, M. P., Kory, R. C., Bertha, H. and Clarkson, B. S. Walking patterns in healthy old men. *J. Gerontol.* (1969), **24**, 169-178.
- 岡村征一. 脊柱の筋電図学的研究-特に腰筋および腸骨筋の活動動態について. *日大医誌*, (1979), **38**, 281-298.
- Nagasaki, H., Itoh, H. and Furuna, T. The structure underlying physical performance measures for older adults in the community. *Aging Clinical Experimental Res.* (1995), **7**, 451-458.
- 名倉武雄. MR 画像を用いた大腰筋の生体力学的機能解釈. *慶應医学*, (1997), **74**, T867-T876.
- 太田壽城, 小林 規, 深代千之. 高齢者の歩行に関する研究(第 1 報)-動的筋力および全身持久力からみた高齢者の歩行運動-. *スポーツ医・科学*, (1991), **5**, 31-36.
- 太田壽城, 小林 規. 高齢者の歩行に関する研究(第 2 報)-下肢筋力から見た高齢者の歩行運動-. *スポーツ医・科学*, (1992), **6**, 37-41.
- 鈴木良平. 下肢の運動力学. *日本整形外科学会雑誌*, (1972), **46**, 139-145.
- Sipila, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P. and Suominen, H. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol. Scand.* (1996), **156**, 457-464.
- Thorstensson, A., Nilsson, J. and Carlson, H. Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiol. Scand.* (1984), **121**, 9-22.
- 渡部和彦, 塩川満久, 宮川 健. 高齢者の歩行調整機能に関する研究 I. *体育科学*, (1992), **20**,

- 104-109.
- 24) 渡部和彦, 宮川 健. 高齢者の歩行調整機能に関する研究 II. 体育科学, (1993), **21**, 239-247.
- 25) 渡部和彦. 高齢者の歩行運動の特徴. 保健の科学, (1999), **41**, 506-511.
- 26) 山下謙智, 中村稔堯. Gait initiation における1歩目の歩速の変化と下腿筋の活動様式. 体力科学, (1990), **39**, 588.