加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響

金 俊 東¹⁾ 久野 譜 也²⁾ 相 馬 り か²⁾ 増 田 和 実²⁾
足 立 和 隆⁴⁾ 西 嶋 尚 彦⁴⁾ 石 津 政 雄³⁾ 岡 田 守 彦²⁾

RELATIONSHIP BETWEEN REDUCTION OF HIP JOINT AND THIGH MUSCLE AND WALKING ABILITY IN ELDERLY PEOPLE

JUNDONG KIM, SHINYA KUNO, RIKA SOMA, KAZUMI MASUDA, KAZUTAKA ADACHI,
TAKAHIKO NISHIJIMA, MASAO ISHIZU and MORIHIKO OKADA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the hypothesis that the reduction in walking ability is due to muscle atrophy in the lower limb muscles with aging using equational structure modeling as well as investigate the influence of muscle on walking ability. The subjects consisted of 127 persons (57 males and 70 females) aged 20~84 year, who were grouped into 6 age brackets of 20~39, 40~49, 50~59, 60~69, 70~74, and 75 or older. Using MRI, muscle cross-sectional area was measured on psoas major and thigh muscle (divided into extensor and flexor). For walking patterns, each subject walked along a 7-m walking passage at normal speed for VTR-recording of the motion. The resulting pictures were used to analyze stride length, trunk inclination and walking speeds. Walking speeds showed a statistically significant decrease in value from the 50's age group in males and the 60's age group in females when compared with the 20~39 age bracket ($p<0.05$). In males, a significant co-relationship was observed only between the muscle cross-sectional area of thigh extensor and walking speed ($p<0.01$) while in females, a significant co-relationship was found between the muscle cross-sectional area of psoas major ($p<0.001$)/thigh muscle extensor ($p<0.01$) and walking speed. These results indicate that the muscle atrophy with aging in psoas major and thigh muscle extensor is a factor responsible for the decrease in walking speed. Meanwhile, a difference in sex was observed between the muscle cross-sectional area of psoas major and walking speed. It was considered that the muscle atrophy rate of the female's psoas major being higher than the male's influenced this. Furthermore, it was suggested possibility that the decline of walking ability is due to decreased muscle mass of the lower limbs with aging.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2000, 49 : 589~596)

key word : aging, muscle cross-sectional area, psoas major, walking speed

I. 緒 言

加齢現象の一つとして、歩行機能が低下する。若年者と高齢者の歩行能力を比較した多くの研究では、一般に若年者がより高い能力を持つことが

示されている^{5,14,16)}。高齢者の歩行の特徴としては、歩幅の減少、歩調の低下、両脚の支持時間の延長及び股関節、膝関節及び足関節における運動域の減少などがあげられ、特に歩行速度の低下が顕著である。また、このような歩行能力の低下

¹⁾ 筑波大学大学院博士課程体育科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

²⁾ 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

³⁾ 大洋村役場
〒311-2113 茨城県鹿島郡大洋村上幡木1500-2

⁴⁾ 筑波大学体育科学系
〒305-8574 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-nodai, Tsukuba, Ibaraki (305-8574)

Center for Tsukuba Advanced Research Alliance, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nodai, Tsukuba, Ibaraki (305-8577)

Mayor of Taiyo Village, 1500-2 Taiyomura, Kasimagan, Ibaraki (311-2113)

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nodai, Tsukuba, Ibaraki (305-8574)

には, 神経系調節能力の低下, 骨の弱化, 筋力の低下などが原因となっていることが報告されている^{2,6,17)}. これらのうち, 筋力の低下に関しては筋力が筋の横断面積と比例することから, 加齢に伴う筋量の減少がその主要因といえよう.

ヒトの歩行に関する筋電図学的な研究によると, 歩行能力は下肢筋の筋力と密接な関係にあることが示されている^{19,27)}. しかしながら, 最近, 歩行時のヒトの筋活動は大腿部および下腿部といった下肢筋群のみではなく, 股関節屈曲に関与する大腰筋の役割も重要であることが指摘され¹²⁾, 大腿部および下腿部の筋活動の検討だけでは, 歩行能力を評価するのに十分とは言えない可能性が考えられる. 事実, Andersson et al.¹⁾は, 歩行時の大腰筋の働きを検討し, 歩行時における筋電図の振幅が大腿部のみではなく大腰筋においても観察され, 特に歩行速度の増加にともなってさらに激しくなることを示している. また, 我々は, 160名の20歳代から80歳代の男女を対象にして, MRIにより大腰筋の筋横断面積を検討したところ, 男女とも70歳代では20歳代に比べて約40%減少することを明らかにした¹¹⁾. これまでの先行研究を考慮すると, 高齢者における歩行能力の低下に及ぼす重要な要因として, 筋量の減少による歩行速度の低下があげられるが, これらの2つ要因の関係を直接的に検討した研究は我々の知る限り他にはみられない.

そこで本研究では, 加齢により股関節及び大腿部の筋横断面積が減少し, その結果歩行能力の低下をもたらすとの仮説を検討すること, 及びそれ

らの筋群の中で歩行能力により強い影響を及ぼす筋についても検討することを目的とした.

Ⅱ. 方 法

A. 被検者

被検者には, 20~84歳までの男性57名, 女性70名の計127名を用いた. 年齢別の内訳, 身長及び体重を表1に示した. 身長において男女とも60~69歳代, 70~74歳代及び75歳以上の群では, 20~39歳代に比べて, それぞれ有意に低値を示した. 体重においては, 男性の70~74歳代及び75歳以上の群が20~39歳代に比べて, それぞれ有意に低値を示したが, 女性において各年齢群の間に有意な差は認められなかった.

全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書面と口頭により説明し, 参加の同意を得た. なお, 本研究は東京大学大学院生命環境科学系倫理委員会の承認を得た.

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

1. 大腰筋横断面積

MRI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MRI装置(Signa, GE社製, USA)を用いた. 測定に用いた撮影条件は, パルスシーケ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, 2 Nex で, 腹部の横断画像を1枚得た. 撮影位置は, 被検者間の横断面積の比較が可能となるように, 生体上において腸骨稜を確認し, その位置の横断

Table 1. Physical characteristics in each age group.

Age group	Male			Female		
	n	Height(cm)	Weight(kg)	n	Height(cm)	Weight(kg)
20-39	14	170.5 ± 6.6	67.8 ± 9.8	10	157.3 ± 3.9	52.5 ± 3.4
40-49	6	168.6 ± 4.0	68.5 ± 11.4	5	155.1 ± 6.5	56.5 ± 3.0
50-59	5	165.1 ± 6.2	70.3 ± 9.3	17	152.9 ± 5.4	56.0 ± 2.1
60-69	18	160.1 ± 4.2**	63.1 ± 8.0	25	149.2 ± 6.4**	54.5 ± 1.5
70-74	7	161.2 ± 4.0**	58.9 ± 8.7*	8	145.5 ± 4.1**	51.3 ± 2.4
75-	7	156.8 ± 6.4**	59.3 ± 8.1*	5	141.5 ± 6.1**	51.1 ± 3.2
Total	57			70		

Values are mean ± SD. ★P<0.05, ★★P<0.01 vs 20~39 age group.

画像を得られるよう設定した。被検者は、MRI装置内において仰臥位で固定した。

得られた画像は、直ちにMRI専用のフィルム上にプリントした。横断面積の測定は、フィルム上に左右2つの大腰筋像を同定した後、トレーシングペーパーにトレースし、それをスキャナーでコンピュータに取り込み、NIH imagingを用いて横断面積を測定した。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を合算した値とした。

2. 大腿部の筋横断面積

大腿部の筋横断面積は、あらかじめ下半身の冠状断像を撮影し、その像より右脚の大転子と脛骨頭の外側顆間結節を同定した。そして外側顆間結節から近位方向へ70%の距離にあたる位置を決定し、この位置より遠位方向へ等間隔に右脚の横断像を撮影した。繰り返し時間 900 msec, エコー時間 20 msec, 撮像領域 24 cm×24 cm, 厚さ 10 mm, マトリックス 256×128, 励起 1 回の条件であった。スライス間隔は 12 mm で遠位方向に15枚の横断像を連続的に撮影した。撮像の際には、完全に膝関節を伸展させ、大腿部がベッドに触れないように注意を払った。得られた画像から大腿四頭筋、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)の各横断面積を算出した。

C. 歩行動作

歩行動作は、被検者の左側の耳珠、大転子、膝関節、外果、踵、第5中足骨遠位端にマーカーを取り付けた状態で、実験室内の7m歩行路上を歩行させた。そして、その動きをビデオカメラ(SONY製XC-009)を用いて撮影した後、分析した。歩行速度は、被検者の主観的判断による“普通”の速度とし、十分に説明を行った。歩行は3回試行して、その平均の値を得た。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(応用計測研究所製Quick-MAG system 3)を使用して測定、記録した。各マーカーの位置座標から、歩行速度などを1歩行周期ごとに算出した。

ビデオでの分析項目は歩行速度、上体の前傾角度および歩幅である。歩行速度は1分あたりの距離(m/min)で、上体の前傾角度は、股関節の最大屈曲時における角度を測定した。

D. 統計処理

大腰筋横断面積、大腿部の筋横断面積と歩行速度、歩幅、歩行時の前傾角度の各変数間の関連性を検討するために、ピアソンの相関係数を求めた。各年代間の各筋横断面積、歩行速度、歩幅及び前傾角度の平均値の差の検定には、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 z 変換法にて行った。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。

また、本研究の仮説構造を検証するために、多重指標モデルを用いた共分散構造分析(Equational Structure Modeling: ESM)^{7,13)}を行った。仮説モデルの適合度指標にはGFI(Goodness of fit index), AGFI(Adjusted goodness of fit index), CFI(Comparative fir index)⁷⁾, NFI(Normed fit index), RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation), χ^2 (カイ)2乗検定の確率を用いた。モデル修正は、パス係数の有意性、修正指数(Amos 4.0J)に基づいて行い、モデル修正に伴うモデル適合度の変化はAIC(Akaike Information Criterion)によって確認した。GFIおよびAGFIは、推定された共分散構造と標本分散行列とのくいちがいの程度により適合度を示し、これらの値が1に近いときに良い当てはまりを示す。回帰分析では、GFIは重相関係数、AGFIは自由度調整済みの重相関係数に対応する。経験的に推定するパラメータ数が30未満の場合では0.90以上を優良適合と判断する。NFIおよびCFIは、モデルが独立モデルと飽和モデルとを結ぶ直線上の位置により適合度を示し、1に近いときに良い当てはまりを示す⁷⁾。RMSEAは、モデルの複雑さによる見かけ上の適合度の上昇を調整する適合度指標の1つである。0.08以下であれば適合度が高いとされており、0.10以上であればモデルを採択すべきではないとされている。AICは相対的なモデル

の良さを示す指標であり, モデル間の比較に適している. 以上の統計解析にはアプリケーションソフトウェア AMOS 4.0J および SPSS 9.0J を用いた²⁴⁾.

Ⅲ. 結 果

表 2 に, 年代群別の各筋横断面積と歩行能力を表す各変数を示した. その結果, 男性の大腰筋と大腿部伸筋群, 屈筋群の筋横断面積においては 20~39 歳代に比べて 60 歳代からそれぞれ有意に低値を示した. また, 歩行速度は 50 歳代から, 歩幅は 70~74 歳群から, 前傾角度は 75 歳以上の群で 20~39 歳代に比べてそれぞれ有意に低値を示した. 一方, 女性では大腰筋と大腿部伸筋群の筋横断面積において 20~39 歳代に比べて 50 歳代からそれぞれ有意に低値を示した. なお, 20~39 歳代に比べて歩行速度及び歩幅は 60 歳代から, 前傾角度は 75 歳以上の群で有意に低値を示した.

表 3 は男女における, 各測定項目の間の相関係数を示したものである. 男性において伸筋群の筋

横断面積と歩行速度との間には有意な相関関係 ($p < 0.01$) が認められたが, 大腰筋及び屈筋群の筋横断面積と歩行速度との間に有意な相関関係は認められなかった. 女性では大腰筋 ($p < 0.01$) 及び伸筋群 ($p < 0.01$) の筋横断面積と, 歩行速度との間に有意な相関関係が認められた. しかしながら, 男性と同様に屈筋群の筋横断面積と歩行速度との間には有意な相関関係は認められなかった. また, 大腰筋横断面積と歩幅の関係において, 男女ともに有意な相関関係が認められた (男: $p < 0.05$, 女: $p < 0.01$). 大腰筋横断面積と前傾角度との間にも, 男女とも有意な相関関係が認められた ($p < 0.05$, それぞれ). 伸筋群の筋横断面積と歩幅の関係においても, 男女ともに有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$, それぞれ).

図 1 および図 2 には, 加齢に伴う筋量の低下が歩行能力を低下させるという因果モデルについての共分散構造分析結果を男女別に示した. 男性のモデルの適合度指標では, AGFI は 0.895 と 0.9 を下回ったものの, GFI は 0.955, CFI は 1.000,

Table 2. Muscle CSA and walking ability in each age group.

Male						
Age group	Psoas major	Extensors	Flexors	Walking speed	Stride length	Trunk inclination
	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(m/min)	(cm)	(deg)
20-39	30.2(4.8)	68.8(11.2)	70.3(8.1)	74.5(7.5)	133.2(12.1)	3.4(2.0)
40-49	25.3(6.4)	62.8(7.4)	63.6(11.2)	69.7(7.8)	124.9(11.6)	4.2(1.5)
50-59	25.7(7.8)	62.3(8.0)	66.5(12.7)	60.5(14.0)*	117.8(15.3)	4.3(4.9)
60-69	20.5(3.3)**	49.3(5.5)**	54.9(8.3)**	66.8(11.0)*	124.1(15.1)	4.2(2.3)
70-74	19.5(7.7)**	45.4(5.9)**	48.1(11.6)**	54.9(16.9)**	106.7(22.1)**	5.1(3.9)
75-	17.8(4.0)**	43.1(6.1)**	50.5(9.5)**	53.0(6.9)**	94.3(17.7)**	9.5(6.7)**
Female						
Age group	Psoas major	Extensors	Flexors	Walking speed	Stride length	Trunk inclination
	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(m/min)	(cm)	(deg)
20-39	17.4(2.9)	45.8(4.0)	40.9(4.6)	76.2(8.0)	122.6(10.5)	2.5(2.9)
40-49	15.1(2.0)	43.4(5.5)	41.5(4.0)	66.9(8.8)	114.4(9.2)	1.4(1.1)
50-59	12.8(3.2)**	38.4(6.5)**	38.7(6.4)	74.3(12.1)	115.7(8.6)	2.5(3.2)
60-69	12.0(2.5)**	37.1(5.1)**	39.9(8.5)	64.7(9.6)**	111.6(10.9)*	3.1(3.2)
70-74	11.0(1.5)**	33.9(4.6)**	36.4(6.9)	60.5(8.2)**	101.2(14.2)**	4.8(4.3)
75-	8.5(1.4)**	33.6(5.9)**	34.0(6.5)	53.9(5.3)**	100.7(16.7)**	7.0(6.9)*

Values are mean. () = SD. ★P < 0.05, ★★P < 0.01 vs 20~39 age group.

Table 3. A coefficient of correlation between the each parameters.

【Male】

	Age							
Height	-0.690**	Height						
Weight	-0.337*	0.547**	Weight					
Walking speed	-0.530**	0.412**	0.204	Walking speed				
Stride length	-0.574**	0.538**	0.220	0.722**	Stride length			
Trunk inclination	0.364**	-0.263*	-0.211	-0.305*	-0.484**	Trunk inclination		
Psoas major	-0.668**	0.554**	0.554**	0.211	0.284*	-0.271*	Psoas major	
Extensors	-0.809**	0.585**	0.530**	0.362**	0.452**	-0.331*	0.654**	Extensors
Flexors	-0.646**	0.547**	0.600**	0.237	0.305*	-0.225	0.648**	0.699**

【Female】

	Age							
Height	-0.575**	Height						
Weight	-0.038	0.445**	Weight					
Walking speed	-0.477**	0.449**	-0.089	Walking speed				
Stride length	-0.492**	0.611**	0.107	0.736**	Stride length			
Trunk inclination	0.241*	-0.236	-0.011	-0.188	-0.132	Trunk inclination		
Psoas major	-0.639**	0.491**	0.123	0.459**	0.419**	-0.304*	Psoas major	
Extensors	-0.595**	0.408**	0.191	0.348**	0.347**	-0.301*	0.523**	Extensors
Flexors	-0.198	0.228	0.319**	0.136	0.260*	-0.286*	0.334**	0.495**

★ $p < 0.05$, ★★ $p < 0.01$

NFI は 0.959, いずれも 0.9 以上を示し, RMSEA は 0.000, カイ 2 乗検定は有意ではなく, 因果モデルは十分な適合であると判断された. 加齢→筋量間のパス係数は -0.88, 筋量→歩行能力間のパス係数は 0.73 を示し, 加齢→筋量→歩行能力間では統計的に有意な高い因果関係を示した ($p < 0.05$). 筋量と各筋群の筋横断面積との間で

は 0.76~0.90, 歩行能力と各歩行パフォーマンス変数との間では -0.50~0.89, いずれも統計的に有意なパス係数を示した ($p < 0.05$).

女性では, GFI は 0.969, AGFI 0.908, CFI は 1.000, NFI は 0.956, いずれも 0.9 以上を示し, RMSEA は 0.000, カイ 2 乗検定は有意ではなく, 男性の因果モデル同様に十分な適合であると判断

Fig. 1. Causal model of walking ability on muscle atrophy with aging for male.

Fig. 2. Causal model of walking ability on muscle atrophy with aging for female.

された。加齢→筋量間のパス係数は -0.87 、筋量→歩行能力との間のパス係数は 0.66 を示し、加齢→筋量→歩行能力間では、男性モデル同様に、統計的に有意な高い因果関係を示した($p < 0.05$)。筋量と各筋群の筋横断面積との間では $0.29 \sim 0.74$ 、歩行能力と各歩行パフォーマンス変数との間では $0.79, 0.83$ といずれも統計的に有意なパス係数を示した($p < 0.05$)。また、歩行能力と歩行時前傾角度間のパス係数は統計的に有意ではなかったため、因果モデルから削除した。

IV. 考 察

これまで高齢者を対象とした研究の中で、加齢による筋の量的変化に関する検討は多くなされてきている^{3,4,10,11}。高齢者の歩行に関する研究については、バイオメカニクスの手法を用いた歩行動作を検討している研究が多くみられる^{6,14}。しかしながら、特に高齢者において下肢筋の量的な状態が歩行能力に与える影響は大きいと予想されるにも関わらず、歩行動作と下肢筋量との関連性を同時に検討した研究は我々の知る限り他にはみられないのが現状である。また、いくつかの高齢者の歩行に関する研究においては、そのほとんどが大腿部あるいは下腿部の筋のみに着目したものである^{19,27}。一方、最近の先行研究^{1,12}によると、股関節に位置する大腰筋が歩行時の股関節

屈曲(脚の前方への振り出し)の原動力となることが明らかにされている。しかしながら、加齢に伴う大腰筋の筋量と歩行能力との関連を検討した研究についても、我々の知る限り他にはみられない。そこで本研究の目的は、従来から検討されている大腿部に加えて歩行に一定の役割を果たすと考えられる大腰筋についても検討対象とし、これらの筋量の低下がヒトの歩行能力の低下にどのような影響を及ぼしているのかについて検討することであった。

これまでの歩行能力における加齢の影響に関する研究は、歩行速度、歩幅、歩調及び各関節角度などが検討されてきた。これらの研究によって示された高齢者の歩行の特徴としては、高齢者は若年者に比べて歩行速度の低下を示し、その低下は歩幅の減少に大きく依存することが示されている^{6,14}。本研究においても、これまでの研究から得られた結果と同様な高齢者の歩行の特徴(歩行速度、前傾角度、歩幅の低下)が認められた^{5,6,14,20}。歩行速度は、若年者(20~39歳代)と比べて男性においては50歳代、女性では60歳代から統計的に有意に遅延を示した(表2)。また、歩幅も同様に男女とも60歳代あるいは70歳代において若年者より低値を示している。いくつかの研究により、歩幅の減少は脚筋力の低下と密接な関係にあることがこれまでに示唆されている^{16,17}。

このことは、歩幅の低下をきたす要因に筋の量的状態が大きく影響することを示唆するものである。そこで本研究では、歩行の主働筋と思われる筋群の筋横断面積と歩行速度との関係を検討した。その結果、男性では大腿部の伸筋群と女性では大腰筋及び大腿部・伸筋群と歩行速度との間にそれぞれ有意な相関関係が認められた。一方、各筋群と歩幅の間では、男女とも大腰筋・伸筋群及び屈筋群のいずれともそれぞれ有意な相関関係が認められた。これらの結果は、筋量の低下が歩幅の減少を引き起こし、最終的に歩行速度の低下をもたらすという図式を示唆するものであった。ヒトの歩行時に脚の動作を機能面から検討した研究によると、大腿部の伸筋群の大きな役割は、片脚を離地させる時に反対脚及び体幹をしっかりと固定させることである¹⁾。一方、大腰筋は脚を前方に振り出す時に主に動員されている¹⁾。したがって、これらの筋量が減少すると筋力の低下がおこるため、伸筋群の役割である体幹支持において安定感がなくなり、一定の歩幅をとることが困難になるものと考えられる。また、大腰筋量の減少は、大腰筋の役割である脚の前方への振り出しの距離が短くなるため、同じく歩幅の減少をもたらすものと予想される。したがって、これらの筋量が減少し、それらの複合的な要因によって歩幅の減少が引き起こされるのであろう。

この3つの筋群の加齢に伴う筋横断面積の減少と歩行速度あるいは歩幅における低下への影響度において、男女差が認められた。単純相関関係及び共分散構造分析のいずれにおいても、男性では伸筋群の低下度が他の筋群に比べて影響度が大きく、次いで大腰筋、屈筋群という傾向が認められた(図1)。一方、女性では大腰筋量の減少の影響度が最も大きく、次いで伸筋群という順序であり、屈筋群ではほとんど影響を及ぼしていないことが示された(図2)。このような男女差がみられた正確な理由については不明であるが、女性では20歳代からの大腰筋横断面積の低下度が男性に比べて75歳代で約10%高いこと、一方、屈筋群の低下度は逆に約10%低いことが影響したのと考えられる。

歩行機能と大腰筋の関係に関する研究は、筋電図による検討が古くから報告されているが^{8,15)}、これらの研究では大腰筋の役割として姿勢の保持に用いられていることを認めただけであった。これに対して最近、MRIを用いて大腰筋の機能に関する検討を行った名倉たちは、この筋が直立2足歩行を行うヒトの骨盤と股関節を安定させ、歩行時の股関節屈曲に大きく関与する主動筋であることを示した¹²⁾。本研究で大腰筋に着目した大きな理由も、大腰筋が脚を引き上げる動作に関係があるにも関わらず、加齢に伴う歩行能力の変化との関連性を調べた研究はみられなかったためである。

本研究の仮説を総合的に検討するために、仮説をモデル化分析する共分散構造分析を行った(図1, 2)。共分散構造分析は本研究の「加齢により下肢筋の筋横断面積が減少し、その結果歩行能力が低下する」との仮説のような変数間の因果関係を検討するのに適切な統計方法²¹⁾であると考えられる。実際、男女ともに加齢によって大腰筋及び大腿部の筋量が減少する因果関係は高いパス係数から認められており(男: -0.88, 女: -0.87)、各部位の筋量が減少した結果、歩行能力が低下するという因果関係にもパス係数は高かった(男: 0.73, 女: 0.66)。この結果は、歩行能力の低下原因が「加齢」そのものより直接的に加齢に伴う筋量の低下にあることを示しており、適合度指標である GFI 及び AGFI の適合度が男女とも1に違いほど高いことから、我々の仮説モデルは信頼性が高いことが認められた。

V. 要 約

本研究を要約すると、加齢に伴う歩行能力と歩行時に動員される大腰筋と大腿部の筋横断面積との関係を検討した結果、1) 大腰筋の筋横断面積と歩行速度の間には、女性において有意な相関関係がみられた。2) 大腿部伸筋群の筋横断面積と歩行速度の間には男女とも有意な相関関係がみられた。しかしながら、屈筋群の筋横断面積と歩行速度の間には男女とも一定な関係は認められなかった。3) 大腰筋及び伸筋群の筋横断面積と歩

幅との間には, 男女ともに有意な相関関係がみられた。また, 加齢による筋量の低下が歩行能力の低下を導いていることを共分散構造分析によって証明した。

以上の結果から, 加齢に伴う大腰筋と大腿部伸筋群の筋量の低下は, 歩行速度の低下に大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの筋群のトレーニング活動を行うことによって, 歩行能力は向上させることができると考えられる。そこで, 今後の課題として, 高齢者に対してトレーニングによる大腰筋および大腿部筋量の変化が歩行動作に及ぼす影響について検討する必要性が示唆された。

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・科学技術振興調整費(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8月10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), **151**, 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. *Clinical Science*, (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.
- Frontera, W. R., Carol, N., Meredith, C. N., Kevin, P. O., Howard, R. G. and Evans, W. J. Strength conditioning in older men; skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J. Appl. Physiol.*, (1988), **64**, 1038-1044.
- Himann, J. E., David A. and peter A. Age-related changes in speed of walking, *Med. Sic. Sports Exerc.*, (1988), **20**, 161-166.
- 金子公有. 高齢者の歩行運動, *Jpn. J. Sports Sci.*, (1991), **10**, 729-733.
- 狩野 裕. グラフィカル多変量解析, 現代数学社, 東京, (1997), 1-228.
- Keagy, R. D., Brumlik, J., and Bergan, J. Direct electromyography of the psoas major muscle in man. *J. Bone Joint Surg.*, (1966), **48**, 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.
- 木村忠直. 加齢に伴う骨格筋の機能形態変化(1), *治療*, (1996), **78**, 155-157.
- 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.
- 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.
- 前田忠彦. 日本人の満足感の構造とその規定因に関する因果モデル—共分散構造分析の「日本人の国民性調査」への適応—, *統計数理*, (1995), **43**, 141-160.
- 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.
- 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)—一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.
- 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.
- 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.
- Thorstensson, A., Nilsson, J. and Carlson, H. Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiol. Scand.*, (1984), **121**, 9-22.
- 豊田秀樹, 前田忠彦, 柳井晴夫. 原因をさぐる統計学, 講談社, 東京, (1992), 1-252.
- 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.
- 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.
- 柳井晴夫, 繁樹算男, 前川真一. 市川雅教因子分析, 朝倉書店, 東京, (1995), 1-174.
- 山口 満. 課題解決力, *学校体育*, (1998), **51**, 50.
- 山本嘉一郎, 小野寺孝義. Amos による共分散構造分析と解析事例, ナカニシヤ出版, (1999), 1-21.
- 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.