

原 著

中高年女性の下肢筋群の筋量および筋力と歩行速度との関係

眞竹 昭宏* 三浦由紀子** 福元 清剛***

要約

高齢者が自立して高いADLを維持し健康寿命を延伸するためには、自立歩行能力の維持・向上が不可欠と考える。そのためには、まず下肢筋群の機能の維持向上を主体とした運動介入ならびに筋力トレーニングが必要である。

本研究では、低強度でも歩行能力改善に繋がる効果的なトレーニング方法を見いだす基礎資料を得るために、中高年女性33名を対象として、下肢筋群の筋量および筋力と歩行速度との関係を検討することとした。

その結果、歩行速度の改善に有効な手法として、足関節底屈筋群のトレーニングが効果的で、その効果も得られやすいことが示唆された。

キーワード：下肢筋力、筋横断面積、歩行速度、足関節底屈筋、筋力トレーニング

I 緒言

高齢者が自立して高いADLを維持し健康寿命を延伸するためには、自立歩行能力の維持・向上が不可欠と考える。そのためには、まず下肢筋群の機能の維持向上を主体とした運動介入ならびに筋力トレーニングが必要であると考えられる。

筋機能を維持するためには、加齢にともなう筋量の低下を抑制することが必要である。我々はすでに、下肢筋群において、膝関節伸展筋群、足関節背屈筋群、足関節底屈筋群の筋量は加齢とともに減少するが、膝関節屈筋群、いわゆるハムストリングは加齢変化を示さなかったことを報告している⁶⁾。また金らは大腰筋の筋量も加齢とともに減少することを報告している³⁾。これらの筋量の低下は必然的に筋力の低下をもたらしていると考えられる。下肢の最大筋力や筋パワーが大きいほど、歩行能力において、歩行速度や歩幅が大きいことが報告されている¹⁾。下肢筋量の低下は筋力の低下の要因となり、その結果、歩行能力も低下する。

近年、介護予防においても運動器の機能向上を目指した筋力トレーニングが実施されている。これらの筋力トレーニングでは、主に下肢筋力の向上を目的として、前述の加齢変化による減少の著しい大腰筋や膝関節伸展筋群をターゲットとしたトレーニングが実施されている。高齢者の筋量の維持・増進のためには、一定以上の強度をもつ筋力トレーニングは効果的でその成果もいくつか報告されている²⁾⁵⁾。

反面、非常に多くの運動量が確保されていても、運動強度の低い場合には、加齢にともなう筋量の低下を抑制できないことも報告されている⁴⁾。しかし実際の現場では、運動強度の高い筋力トレーニングを実施するのに必要なトレーニング機器の導入は困難であり、チューブトレーニングや徒手体操的な運動トレーニングを実施している例が多くみられる。

そこで本研究では、低強度でも歩行能力改善に繋がるトレーニング方法を見いだす基礎資料を得るために、下肢筋群の筋量と筋力に着目し、歩行速度とそれぞれの関係を検討することとした。筋量と筋力の両面から同時に歩行速度との関係を検討した例は少ない。加えて、本研究では独自に開発した下肢筋力測定装置により、大腰筋および足関節底屈筋群の筋力を含めた筋力との検討から新たな知見が得られることが期待される。

II 方法

1. 被検者

被検者は、行政の主催する健康運動教室に参加した中高年女性33名であった(平均年齢62.2±7.2歳)。なお、平均身長は153.2±5.3cm、平均体重は53.9±6.6kgであった。測定に先立ち、本測定の目的、方法およびリスクについての説明を行い、全員から測定の承諾を得た。

2. 歩行速度

10mの歩行区間を設定し、その前後2mを助走区

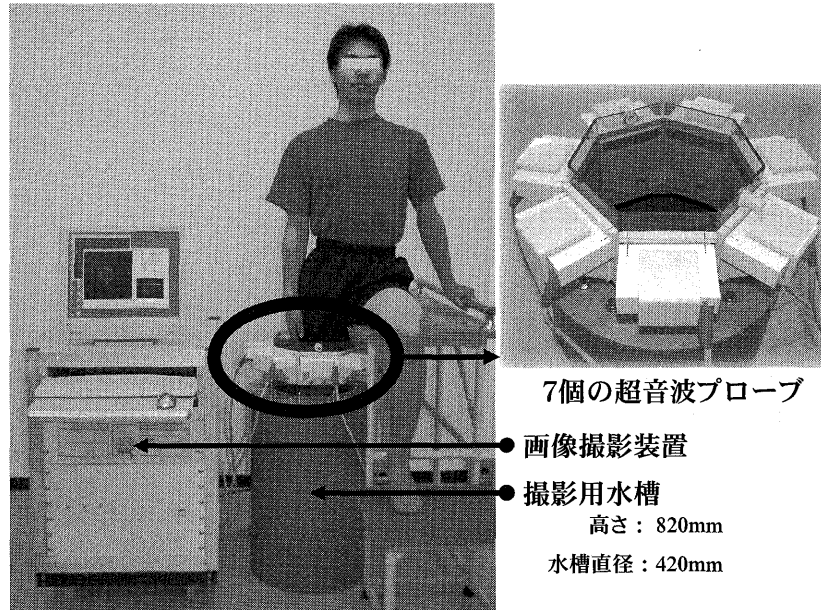


図1 超音波体肢横断面撮影システム

間として、テープでマーキングし、そのマーキングされた区間6mを実測距離とした。実際の歩行距離は、計測開始地点のテープを越えた接床地点 (a) から6m先のテープを越えた接床地点 (b) までとなり、6mからaを減じ、bを加算することで求められる。この間の歩数および歩行時間を測定し、歩行速度を求めた。

測定は、普段歩くペースで歩く普通歩行と、最大努力でできるだけ速く歩く努力歩行をそれぞれ2回計測し、2回の平均値をそれぞれの歩行速度とした。

3. 下肢筋群の筋量

下肢筋群の筋量は、大腿部および下腿部の横断面画像を、佐藤らが開発した超音波体肢横断面撮影システムを用いて測定した⁹⁾。本システムは複数個の超音波プローブ、超音波プローブを集中制御する画像撮影装置、画像撮影用水槽、および撮影した画像を1枚の横断面画像に合成するプログラムで構成されている (図1)。

測定部位は、大腿部では転子点と脛骨点の中央部、下腿部では脛骨点と内果点の遠位30%の位置とした。得られた横断面画像は、Quick Grain Video Pro (イノテック社製) により、下肢の機能別に膝関節伸筋群、膝関節屈筋群、足関節背屈筋群、足関節底屈筋に区別し、それぞれの横断面積を測定した (図2)。

4. 膝関節伸展筋力測定

椅子座位下腿下垂位での等尺性膝関節伸展筋力を測定した。約5秒間の最大努力による等尺性膝伸展運動を右脚で1回行わせ、本研究の資料とした。

5. 下肢筋力

下肢筋力は、独自に開発した下肢筋力測定装置を使用し測定した。装置は、計測測定部を含む測定装置本体。計測測定部からの信号を処理するセンサーインターフェイス (PCD-300A: 共和電業社製)。処理信号を解析するソフトで構成されている。計測測定部は、装置本体に固定したベースプレート (200

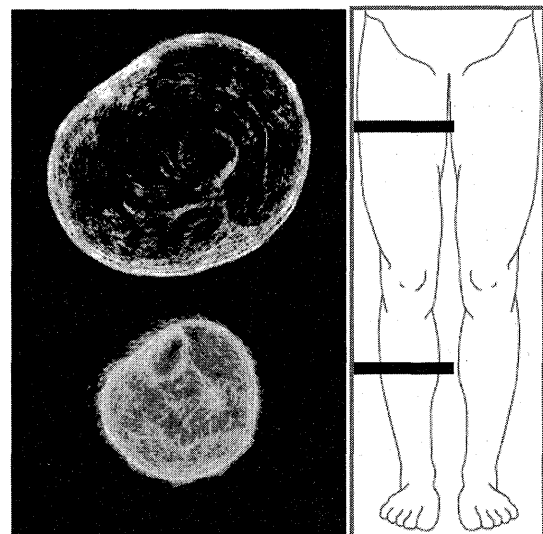


図2 大腿部および下腿部横断面画像⁹⁾

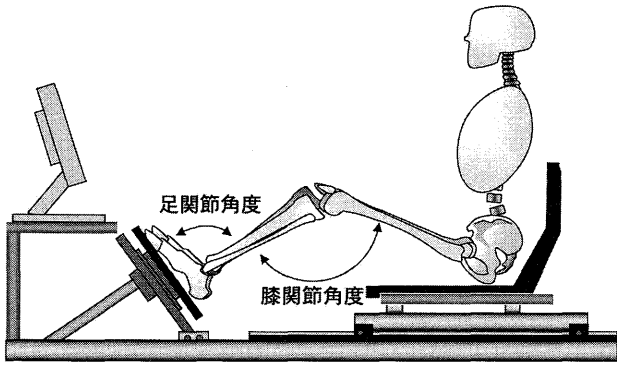


図3 下肢筋力測定装置

mm×200mm) にロードセル (150mm×150mm) (MWAL2-200K-P: 共和電業社製) を固定し、ロードセルに踏みつけ板 (300mm×300mm) を固定している。

測定は、被検者の膝関節角度を110~130度、足関節角度を70~80度の範囲で、被検者の主観で最大努力できる角度で設定した後、数回の試行を経て2回測定した (図3)。2回のうち大きい値を下肢筋力として採用した。

6. 統計処理

各測定値は平均値と標準偏差で示した。普通歩行速度と努力歩行速度における平均値の差の検定には paired-t を用いた。下肢筋力と他の測定項目との関係の検討には Pearson's 単相関を用いた。なお有意水準は危険率 5% 未満とし、すべての統計処理には統計ソフトウェア SPSS 12.0J (SPSS社製) を用いた。

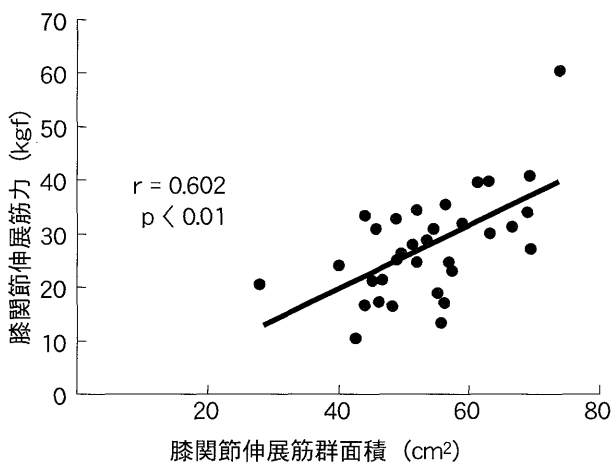


図4 膝関節伸展筋力と膝関節伸展筋群との関係

III 結果

1. 歩行速度

普通歩行速度は 140.9 ± 18.9 cm/sec であった。努力歩行速度は 188.5 ± 23.1 cm/sec であった。努力歩行速度が有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。

努力歩行速度は年齢と有意な負の相関がみられ ($r = -0.382$, $p < 0.05$)、加齢とともに努力歩行速度の低下が起こることが認められた。

2. 下肢筋群の筋量

膝関節伸筋群の筋量は 53.75 ± 9.86 cm²。膝関節屈筋群の筋量は 58.62 ± 8.65 cm²。足関節背屈筋群の筋量は 17.85 ± 2.55 cm²。足関節底屈筋の筋量は 48.02 ± 7.76 cm² であった。

筋量と歩行速度の間には有意な相関は認められなかった。

3. 膝関節伸展筋力と下肢筋群の筋量との関係

膝関節伸展筋力は 27.5 ± 9.7 kgf であった。膝関節伸展筋群との間に有意な正の相関がみられた ($r = 0.602$, $p < 0.01$) (図4)。また足関節底屈筋群との間にも有意な正の相関がみられた ($r = 0.362$, $p < 0.05$) (図5)。膝関節屈筋群および足関節背屈筋群との間には有意な相関は認められなかった。

4. 下肢筋力と下肢筋群の筋量との関係

下肢筋力は 1115 ± 444 N であった。膝関節伸展筋群との間に有意な正の相関がみられた ($r = 0.495$, $p < 0.01$) (図6)。また足関節底屈筋群との間にも

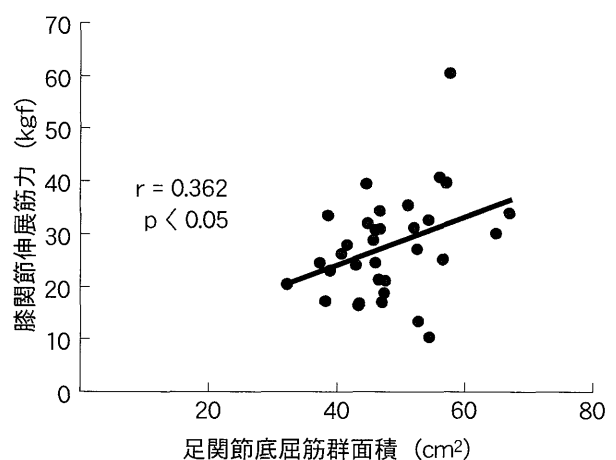


図5 膝関節伸展筋力と足関節底屈筋群の関係

有意な正の相関がみられた ($r=0.393, p<0.05$) (図7)。膝関節屈筋群および足関節背屈筋群との間には有意な相関は認められなかった。

5. 歩行速度と膝関節伸展筋力および下肢筋力との関係

膝関節伸展筋力と普通歩行速度との間には有意な相関は認められなかった。努力歩行との間には有意な正の相関がみられた ($r=0.366, p<0.05$) (図8)。

下肢筋力とは、普通歩行速度 ($r=0.379, p<0.05$) と努力歩行 ($r=0.483, p<0.01$) で共に有意な正の相関がみられた (図9)。

IV 考察

膝関節伸展筋力と膝関節伸展筋群との間に高い有意な相関がみられたことは、運動力学的に必然のこ

とであるが、同時に本研究方法の妥当性も支持される結果であるといえる。

膝関節伸展筋力と足関節底屈筋群との間に有意な正の相関がみられたことは、膝を伸展させる動作時に同時に足関節を底屈させている動作機序を示す結果であり興味深い。歩行時の推進に効く筋肉としてはハムストリングや下腿三頭筋であるといわれている⁸⁾。600名を超える高齢者を対象に、歩行パラメータと下肢の動作の3次元計測値に主成分分析を適用した西澤ら⁷⁾は、加齢にともなう歩行速度の低下はもっぱら歩幅の減少によると報告している。膝関節伸展筋群と足関節底屈筋群が協同筋として作用しているのであれば、この歩幅の減少にも大きく両者が関係していることが推測される。

歩幅の減少は、踵着地(ヒール・ストライク)直前に膝が十分に伸びないために起こるとされている。

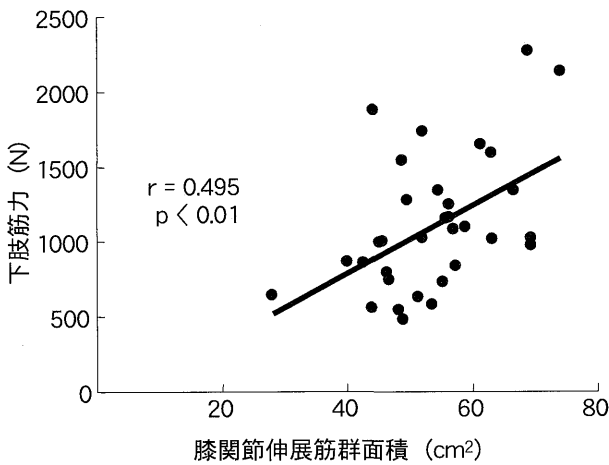


図6 下肢筋力と膝関節伸展筋群との関係

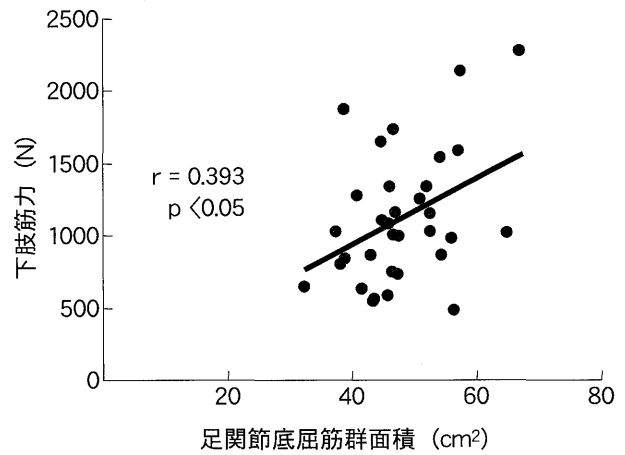


図7 下肢筋力と足関節底屈筋群との関係

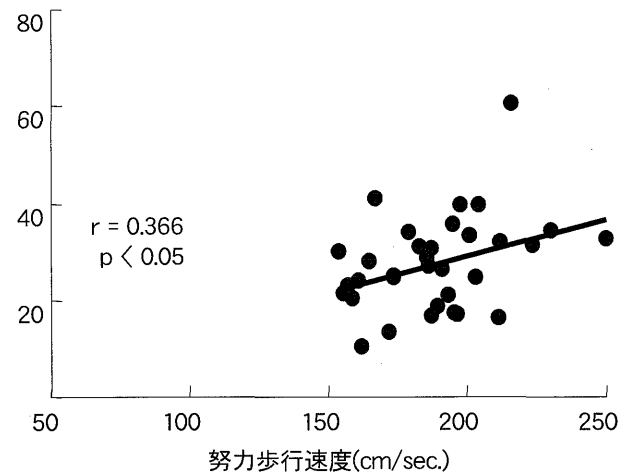
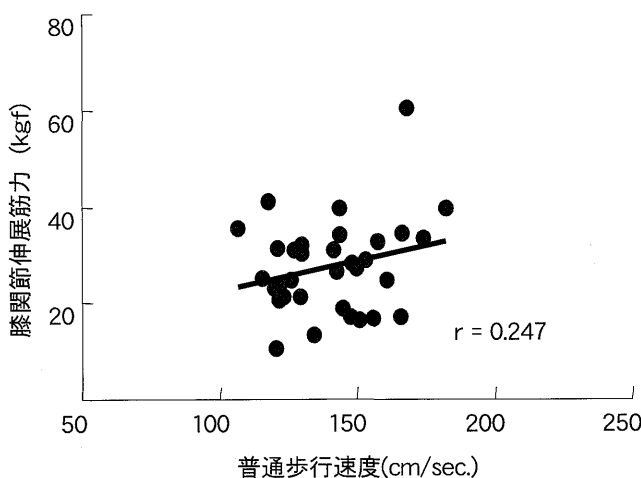


図8 膝関節伸展筋力と歩行速度との関係

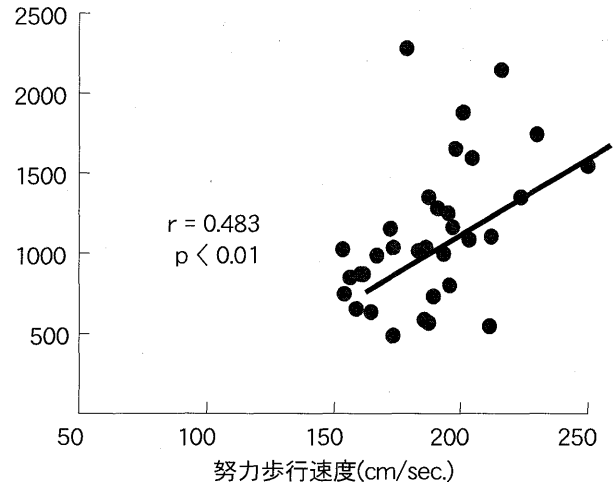
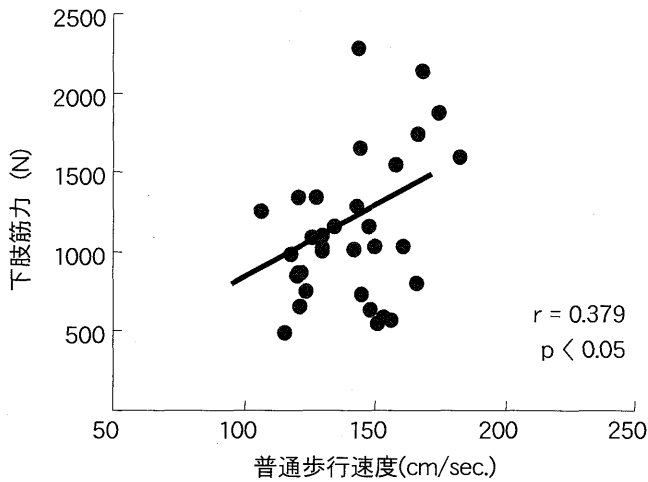


図9 下肢筋力と歩行速度との関係

膝関節伸展筋群の筋量が加齢とともに著しく減少することから、膝の伸展が十分になされていないことは、膝関節伸展筋群の筋量の低下に起因することと考えられていたが、今回の結果は、足関節底屈筋群の減少も、膝関節の伸展に影響を及ぼす重要な要因であることが示唆された。

下肢筋力と膝関節伸展筋群および足関節底屈筋群との関係も、膝関節伸展筋力と同様の傾向がみられた。膝関節伸展筋力と下肢筋力との関係をみると、有意な高い正の相関がみられた ($r=0.676, p<0.01$) (図10)。今回の下肢筋力測定に使用した機器の特性上、得られた下肢筋力値には、膝関節伸展筋力測定では得られない、大腰筋の筋力および足関節底屈筋力も含まれていると推測される。下肢筋力と足関節底屈筋群との間に、膝関節伸展筋力より強い相関がみられることが予想されたが、相関係数でわずかに高い値を示したがさほど大きな差は認められなかった。

次に、歩行速度との関係をみてみると、下肢筋力と努力歩行速度との間に最も強い相関がみられた。膝関節伸展筋力と普通歩行速度との間に有意な相関がみられなかったこと。また、努力歩行速度との間には有意な正の相関がみられたものの、下肢筋力と努力歩行速度の相関係数に比べると低い値であったことから、努力歩行速度には足関節底屈筋群の筋量および筋力が最も重要な要素となっていることが示唆された。我々がすでに行った、高齢者を対象とした8ヶ月間の運動介入の前後に行った調査で⁹⁾、膝関節伸展筋群と足関節底屈筋群の筋量、および膝関節伸展筋力も変化がみられなかったが、努力歩行速

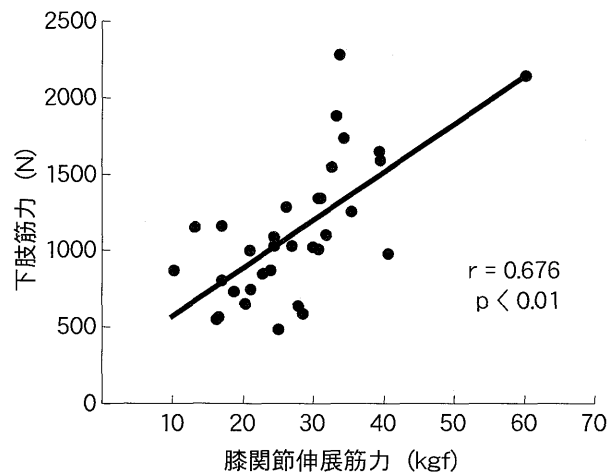


図10 膝関節伸展筋力と下肢筋力との関係

度に改善がみられたという結果を得ている。このことは、高齢者では現在ある筋量に応じた筋力が十分に発揮されてなく、運動介入によって筋量の増加よりも、まず筋力発揮機序などの筋機能の改善がなされているのではないかと推測している。この推測に基づき考えた場合、まず足関節底屈筋群の筋機能改善が運動介入により、いち早く発現するのではないかと推測される。もちろん、大腰筋の影響も示唆されるが、本研究では大腰筋との関係について検討する資料を得ていない。今後、MRIを用いた大腰筋の筋量測定とその筋力を明らかにし、さらに検討する課題としたい。

V まとめ

本研究では、低強度でも歩行能力改善に繋がる効果的なトレーニング方法を見いだす基礎資料を得る

ために、中高年女性33名を対象として、下肢筋群の筋量および筋力と歩行速度との関係を検討することとした。

その結果、膝関節伸展筋力と足関節底屈筋群との間に有意な正の相関がみられ、膝を伸展させる動作時に同時に足関節を底屈させている動作機序を示す結果が得られた。これは、足関節底屈筋群の減少も、膝関節の伸展に影響を及ぼす重要な要因であることを示唆すると考えられる。さらに、下肢筋力と努力歩行速度との間に最も強い相関がみられた。

以上のことから、歩行速度の改善に有効な手法として、足関節底屈筋群のトレーニングが効果的で、その効果も得られやすいことが示唆された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、広島県薬業株式会社ならびに株式会社ウエルウエルのスタッフの皆様に多大なる御協力を得たことをここに記し深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 淵本隆文、加藤浩人、金子公宥：高齢者の歩行能力に関する体力的・動作学的研究（第2報）—膝伸展、足底屈、足背屈の筋力と歩行能力の関係—, 体育科学, 28, 108–115, 1999.
- 2) 石津政雄：行政からみた高齢者の運動指導の意義, 臨床スポーツ医学, 16, 1041–1045, 1999.
- 3) 金俊東、久野譜也、相馬りか、増田和実、足立和隆、西嶋尚彦、石津政雄、岡田守彦：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, 49, 589–596, 2000.
- 4) Kuno S et al : Influence of endurance training on muscle metabolism during exercise in elderly men. , Adv Exerc Sports Physiol, 1, 51–56, 1994.
- 5) 久野譜也：加齢に伴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, 5, 47–55, 1997.
- 6) 眞竹昭宏、田中マキ子、佐藤広徳：高齢者の下肢骨格筋量の加齢変化と身体平衡機能との関連性, 山口老年総合研究所年報, 18, 1–7, 2005.
- 7) 西澤 哲 編：高齢者歩行の決定要因, 東京, 東京大学出版会, pp131–140, 2000.
- 8) 岡田守彦、松田光生、久野譜也：高齢者の生活機能増進法, 東京, 有限会社ナップ, p25, 2000.
- 9) 佐藤広徳：体肢各筋の構造・機能の加齢変化とそれに基づく新たな高齢者向け筋トレ法の提案, 科研費研究成果報告書, 2005.

Title : Relationship between cross sectional area of lower limb muscles or strength and walking speed in the elderly

Author : Akihiro MATAKE*, Yukiko MIURA**, Kiyotaka FUKUMOTO***

* School of Nursing, Yamaguchi Prefectural University.

** Physical Fitness & Sport Science Lab, School of Nursing, Yamaguchi Prefectural University.

***Graduate school of Design, Kyushu University.

Abstract :

In elderly people, it is indispensable to maintain and to advance independent walking ability in order to maintain activity of daily living (ADL) level and to increase healthy life expectancy. Therefore, at first, exercise intervention and strength training are necessary for the sake of maintenance and advancement of function of leg muscle.

The purpose of this study was to consider relationship between cross sectional area (CSA) of lower limb muscles or strength and walking speed in order to obtain a base document to find effective training methods of low intensity lead to improvement of walking ability about 33 elderly women. As a result, it suggested that it was effective to train a group of ankle plantar flexion muscles and that effect was easy to be obtained, as the methods that were effective for improvement of walking speed.

Key words : lower limb muscle strength, cross sectional area, walking speed, ankle plantar flexion muscles, strength training
