

虚弱高齢者でも安全に行える 簡易下肢・体幹トレーニング法の開発

西九州大学 村田 伸
(共同研究者) 福岡医療福祉大学 山崎 先也
長崎大学 村田 潤
県立広島大学 大田尾 浩
福岡県立大学 大山 美智江

Development of Simple Leg/Trunk Training Methods Safely Achievable Even by the Frail Elderly

by

Shin Murata

Faculty of Rehabilitation Science, Nishikyushu University

Sakiya Yamasaki

*Faculty of Social Welfare and Human Services,
Fukuoka Social Medical Welfare University*

Jun Murata

*Department of Health Sciences,
Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University*

Hiroshi Otao

Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima

Michie Oyama

Faculty of Human and Social Sciences, Fukuoka Prefectural University

ABSTRACT

This study evaluated the effects of leg training to improve the load-bearing capacity, easily practicable using a commercially available resistance-training machine, on physical

functions of the frail elderly. Twenty-nine elderly people who successfully continued 15-minute daily training three times weekly for 12 weeks (intervention group) were compared regarding their physical functions (lower limb loading force, grip strength, walking speed, muscular strength of the quadriceps femoris, Timed up & go test (TUG), and the frequency of standing up) with 28 who did not practice any specific exercise (control group). The results showed no significant differences between the groups in grip strength, TUG, and the frequency of standing up. However, in the elderly in the intervention group, the lower limb loading force ($p<0.01$), muscular strength of the quadriceps femoris ($p<0.01$), and walking speed ($p<0.01$) significantly increased after the training, with the former two significantly higher than those in the control group. The elderly in the control group, on the other hand, showed no significant changes in any items measured before and after the training. These findings suggest that leg training to improve the load-bearing capacity effectively promotes the muscle strength as well as ambulatory ability of the frail elderly.

要 旨

本研究は、市販体重計を用いて簡易に行える下肢荷重力トレーニングが、虚弱高齢者の身体機能に及ぼす効果を検討した。1日15分間のトレーニングを週3日の頻度で12週間継続できた介入群29名と特別な運動を行わなかった統制群28名の身体機能（下肢荷重力、握力、大腿四頭筋筋力、歩行速度、TUG、立ち上がり回数）を比較した。その結果、握力、TUG、立ち上がり回数には有意な変化は認められなかったが、介入群の下肢荷重力 ($p<0.01$)、大腿四頭筋筋力 ($p<0.01$)、歩行速度 ($p<0.05$) はトレーニング後有意に高まり、下肢荷重力 ($p<0.01$) と大腿四頭筋筋力 ($p<0.05$) は統制群と比較しても有意に高値を示した。なお、統制群においては、測定したすべての項目でトレーニング前後に有意な変化は認められなかった。これらの結果から、下肢荷重力トレーニングは、虚弱高齢者の下肢筋力や歩行能力の向上に効果的であることが示唆された。

緒 言

高齢者の健康増進を目的としたトレーニング法は、ウォーキング¹⁾、太極拳²⁾、水中運動³⁾ など、活動レベルの高い高齢者を対象としたものが普及している。一方、虚弱高齢者を対象としたトレーニングは、トレーニングマシンを用いるパワーリハビリテーション⁴⁾ のように高価な機器を使用することが多く、実施場所が限定されてしまう。また、太極拳⁵⁾ やボールエクササイズ⁶⁾ による実践報告もあるが、安全性の面で問題が残る。体力が低下した虚弱高齢者であっても安全に実施でき、安価で幅広く実施可能なトレーニング法は見当たらず、早急な開発が望まれる。

我々は、健常高齢者や虚弱高齢者の下肢・体幹機能を簡便かつ定量的に評価する方法として、市販体重計を用いた座位での下肢荷重力測定法を考案し、その測定値の有用性について報告した⁷⁻¹⁰⁾。健常成人⁷⁾ や要介護高齢者⁸⁾ ならびに脳卒中片麻痺患者⁹⁾ を対象に、測定値の高い再現性を確認し（級内相関係数：0.823～0.978）、この

方法で得られた下肢荷重力が、下肢筋力（大腿四頭筋筋力）や体幹機能（バランス能力）と密接に関連することを筋電図学的分析や重心動揺計を用いて明らかにした^{7,10}。さらに、要介護高齢者を対象とした研究⁸では、歩行が可能か否かの指標（判別点：42.9%，判別的中率：86.0%）としての有用性を確認している。この測定法の利点は、場所を選ばず座位姿勢で簡単に測定できるため、その適応範囲が広く、高齢者自身でも安全に評価できる点である。

本研究の目的は、この下肢荷重力測定法を応用したトレーニングが、虚弱高齢者の身体機能に及ぼす効果を検証することである。

1. 研究方法

1.1 対象

対象は、2箇所の通所リハビリテーション施設に通所している60名（男性30名、女性30名）の虚弱もしくは軽度要介護高齢者であり、年齢と体重はそれぞれ 78.4 ± 1.1 歳、 56.7 ± 1.6 kg（平均±標準誤差）であった。これら対象者は、本研究への参加の同意が得られること、重度の認知症が認められない（Mini-Mental State Examination；MMSEで20点以上）こと、週3回の施設への通所が可能なおこと、本研究で行うすべての測定が行えることすべての条件を満たした。また、対象者を性別と年齢による層別化無作為割付け法¹¹を用いて、男女それぞれ15名ずつの介入群（30名）と統制群（30名）に分類した。なお、対象者には研究の目的や方法を十分に説明し、書面にて同意を得て行った。また、本研究は西九州大学倫理委員会の承認を受けた。

1.2 トレーニング前後の測定

A 座位での下肢荷重力の測定

測定姿勢は、治療台（プラットホーム型：高さ42cm）に端座位をとり、足底に体重計を置いた

状態で治療台端と膝窩部間を約10cm（拳一個分）空けた（図1）。測定開始の合図とともに、下肢

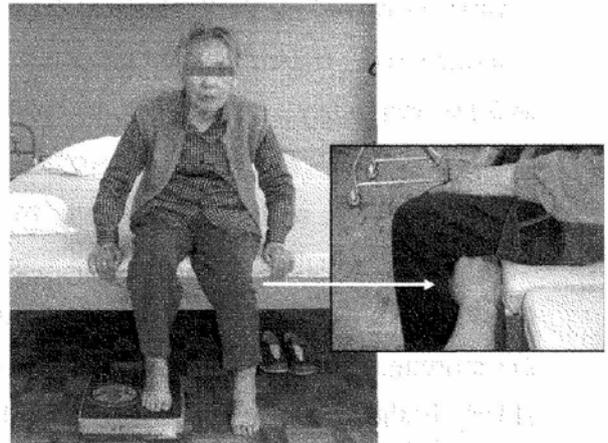


図1 測定開始姿勢

で体重計を垂直方向に最大努力下で5秒間押させた。その際、体幹の矢状面および前額面での動きは制限せず、体重計を押し易い姿勢をとらせたが、殿部を治療台から離さないように留意した（図2）。測定は、左右2回ずつ行い、その最大値の合計を下肢荷重力（kg）とし、体重比百分率（%）に換算して分析した。

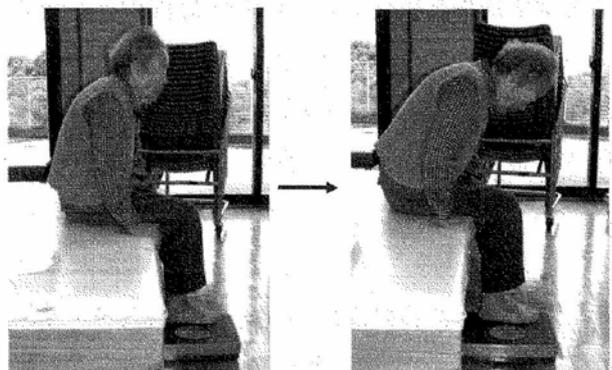


図2 下肢荷重力の測定

B 握力の測定

握力の測定には、デジタル式握力計（竹井機器工業製）を使用した。測定姿勢は立位で、左右の上肢を体側に垂らした状態で最大握力を左右とも2回測定し、その最大値の合計を握力値（kg）とし、体重比百分率（%）に換算して分析した。

C 大腿四頭筋筋力の測定

大腿四頭筋筋力は、ハンドヘルドダイナモメーター（アニマ社製等尺性筋力測定装置 μ Tas F-1）を用い、被験者を坐位、膝関節 90 度屈曲位として左右を 2 回測定し、その最大値（kg）の合計を採用し、体重比百分率（%）に換算して分析した。

D 歩行速度の測定

歩行速度は、平地 11 m を最速歩行してもらい、中間の 5 m を測定区間として所要時間をデジタルストップウォッチで計測した。測定は 2 回連続して行い、その最速値（m/sec）を代表値とした。

E Timed up & go test（TUG）の測定

TUG は、高さ 40 cm の肘掛けのないパイプ椅子に腰掛けた姿勢から、3 m 前方のポールを回って着座するまでの時間をデジタルストップウォッチで計測した。測定は 2 回連続して行い、その最短時間（sec）を代表値とした。原法¹²⁾では「楽な速さ」で歩行するが、本研究では最大努力で行ってもらい、測定時の心理状態や教示の解釈の違いによる影響¹³⁾を排除した。

F 立ち上がり回数の測定

Jones ら¹⁴⁾により考案された「A 30-sec chair stand test」を参考に、虚弱高齢者用に修正して行った。原法¹⁴⁾では、椅子座位で両上肢を組み、30 秒間に何回立ち上がりを繰り返すことができるかを評価する。本研究では、測定時間を 10 秒間とし、両上肢を膝の上に置いた状態からの立ち上がり回数を測定した。なお、椅子は高さ 40 cm

の肘掛けのないパイプ椅子を使用した。

1. 3 トレーニングの内容

下肢・体幹トレーニングの介入は、1 日 15 分間の運動を週 3 日の頻度で 12 週間実施した。トレーニングは、座位での下肢荷重力測定と同様の方法で、体重計を垂直方向に 5 秒間踏みつける運動を左右交互に繰り返した。運動強度は、介入前に実施した最大下肢荷重力値の 80% を目安に踏みつけてもらった。トレーニングの実施に際して、施設職員の監視の下、運動負荷量と踏みつけ時間の確認を行った。なお、運動強度は、トレーニング開始 4 週目と 8 週目のトレーニング終了時に、最大下肢荷重力を測定し、5 週目と 9 週目からはその測定値に基づく 80% の負荷量に調節した。トレーニングを行わない統制群には、特別な運動は行わず、通常通りの生活を送ってもらった。

1. 4 統計処理

座位での下肢荷重力と身体機能との関連は、ピアソンの相関係数を用いて検討し、トレーニング前の介入群と統制群の特性比較には、対応のない t 検定を用いた。また、トレーニングの効果判定は繰り返しのある二元配置分散分析（群×時間）を用いて検討した。

2. 結果

2. 1 座位での下肢荷重力と身体機能との関係
対象者 60 名における各測定項目間の相関を表 1 に示した。下肢荷重力は、大腿四頭筋筋力 ($r=0.51, p<0.01$)、歩行速度 ($r=0.51, p<0.01$)、

表 1 各測定値の相関分析 (n=60)

	下肢荷重力	握力	大腿四頭筋筋力	歩行速度	TUG
握力	0.21				
大腿四頭筋筋力	0.51 **	0.55 **			
歩行速度	0.51 **	0.28 *	0.44 **		
TUG	-0.38 **	-0.33 *	-0.32 *	-0.85 **	
立ち上がり回数	0.50 **	0.23	0.44 **	0.73 **	-0.71 **

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

表2 トレーニング前における各測定値の比較

	全体 (n=60)	介入群 (n=30)	統制群 (n=30)
年齢 (歳)	78.4 ± 1.1	78.7 ± 1.7	78.1 ± 1.5
体重 (kg)	56.7 ± 1.6	57.6 ± 2.1	55.7 ± 2.4
下肢荷重力 (%)	68.9 ± 1.5	68.8 ± 1.9	69.0 ± 2.4
握力 (%)	67.3 ± 2.8	66.8 ± 2.3	67.7 ± 3.8
大腿四頭筋筋力 (%)	65.7 ± 2.2	66.0 ± 1.9	65.5 ± 2.8
歩行速度 (m/sec)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1
TUG (sec)	14.8 ± 0.8	14.4 ± 0.9	15.1 ± 1.4
立ち上がり回数 (回)	3.3 ± 0.2	3.4 ± 0.3	3.2 ± 0.3

- 1) 測定値は平均±標準誤差で示した
- 2) 対応のないt検定, すべての項目に有意差なし

TUG ($r=-0.38, p<0.05$), 立ち上がり回数 ($r=0.50, p<0.01$) との間に関連が認められた。ただし、握力とは有意な相関は認められなかった (表1)。

2. 2 トレーニング前の介入群と統制群の特性比較

介入群および統制群, それぞれ30名における年齢, 体重, 下肢荷重力, その他すべての測定値に有意差は認められなかった (表2)。

2. 3 トレーニング前後の比較

介入群30名のうち, 12週間のトレーニングを実施できたのは29名であり, 1名が脱落した。また, 統制群30名のうち2名が脱落した。それら3名の脱落理由は, 2名が高齢者施設に入所し, 1名が脳血管障害を発症し入院したためであった。よって, トレーニング前後の比較は介入群29名, 統制群28名で行った。

トレーニング前後における介入群と統制群の各測定値の変化を図3に示す。介入群の下肢荷重力は, トレーニング後有意 ($p<0.01$) に高まり, 統制群と比較しても有意 ($p<0.01$) に高値を示した。また, 介入群の大腿四頭筋筋力 ($p<0.01$) と歩行速度 ($p<0.05$) は, トレーニング後有意に高まり, 大腿四頭筋筋力は統制群と比較しても有意 ($p<0.05$) に高値を示した。歩行速度は, 統制群

との比較では有意差は認められなかった。

一方, 介入群の握力, TUG, 立ち上がり回数の3項目には, トレーニング前後で有意な変化は認められず, 統制群とも有意差は認められなかった。なお, 統制群においては, 測定したすべての項目でトレーニング前後に有意な変化は認められなかった。

3. 考 察

本研究では, 12週間の下肢荷重力トレーニングを虚弱高齢者に対して実施し, そのトレーニング効果を判定した。その結果, 下肢荷重力トレーニングは, 虚弱高齢者の下肢筋力や歩行能力の向上に効果を示したが, 握力, TUG, 立ち上がり回数には効果が認められなかった。

今回, トレーニングの効果判定に用いた測定値の相関係数をみると, 下肢荷重力は, 握力とは有意な相関を認めなかったが, その他の大腿四頭筋筋力, 歩行速度, TUG, 立ち上がり回数とは, 有意な相関が認められた。すなわち, 下肢荷重力が高いほど大腿四頭筋筋力は強い。また, 歩行やTUGが速く, 10秒間に立ち上がれる回数が多いことが示唆された。このことは, 先行研究^{15, 16)}の結果と矛盾しない。

Skeltonら¹⁷⁾やJudgeら¹⁸⁾は, 地域在住の健康高齢者を対象に重錘やチューブ, あるいはマシントレーニングによる筋力増強運動を本研究と同

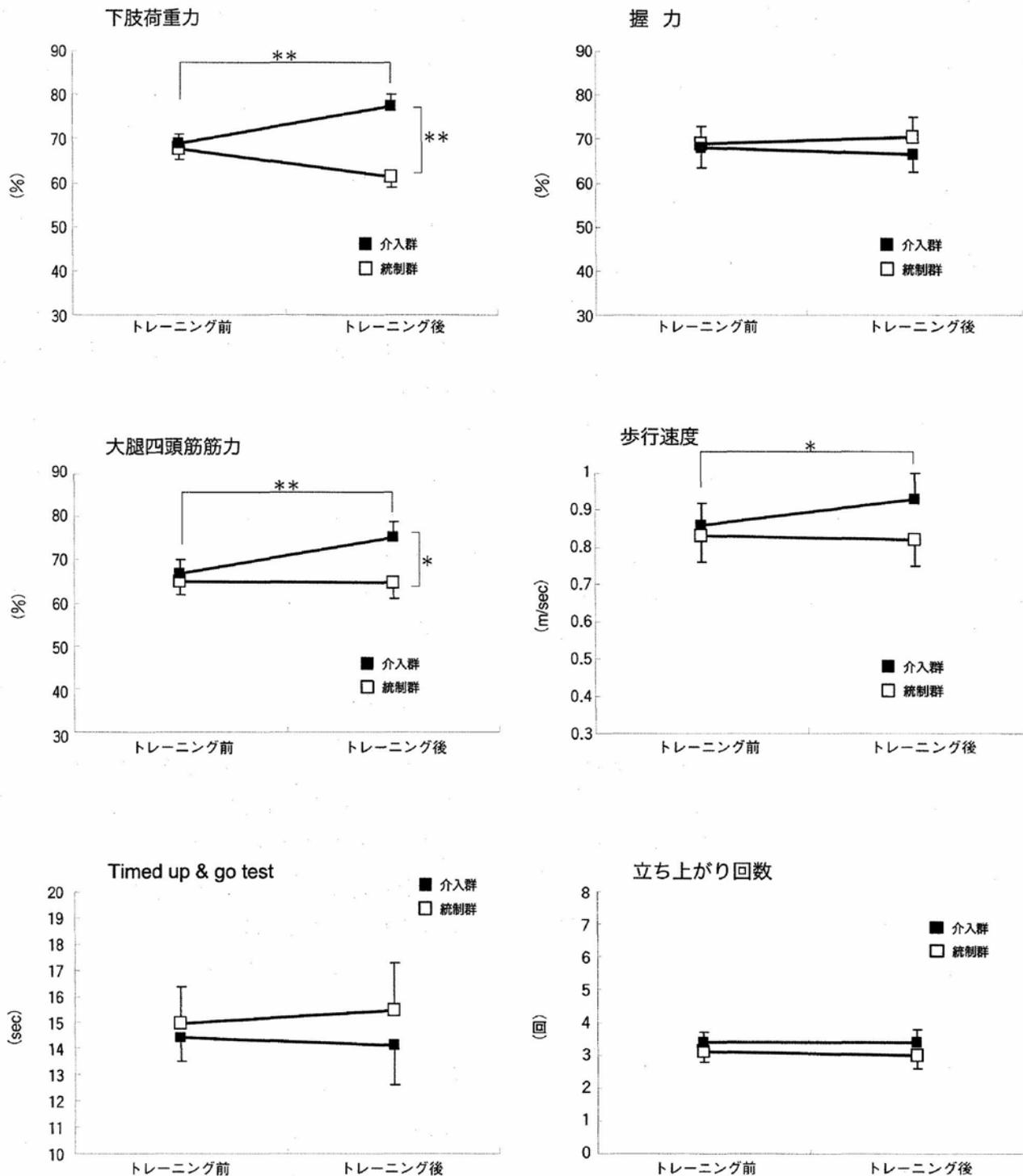


図3 トレーニング前後における各測定値の変化
* p<0.05 ** p<0.01

様に12週間、週3回の頻度で実施し、筋力増強効果があったことを報告している。一方、虚弱高齢者を対象としたBuchnerら¹⁹⁾やBinderら²⁰⁾の研究では、筋力増強効果が認められるまでに、週3回のマシントレーニングを24週間継続する必要があったと報告している。ただし、これらの先行

研究¹⁷⁻²⁰⁾は、いずれも下肢筋力の増強効果は認めているが、歩行やバランス能力の向上には効果を示していない。本研究における下肢荷重力トレーニングは、虚弱高齢者を対象としたにもかかわらず、短期間で下肢筋力の増強効果のみならず、歩行能力の向上にも効果を示した。

下肢荷重力発揮時の筋活動は、下肢筋群の同時収縮、とくに大腿四頭筋の活動が著しいことが確認¹⁰⁾されている。このことから、下肢荷重力トレーニングによって、大腿四頭筋筋力の増強が認められたと推察される。なお、大腿四頭筋筋力は歩行の重要な遂行要素^{21,22)}であり、高齢者においては歩行速度の決定要因²³⁾であることが報告されている。また、下肢荷重力発揮時の身体活動として、上半身の重心移動が上手く行える者ほど、高い荷重力値が発揮できることが明らかにされている¹⁰⁾。立位での身体重心は、床面から身長²⁴⁾の2/3の高さに位置し、歩行の際にはこの高さに位置する重心を常に制御する能力が必要となる。本研究では明らかにできないが、今回行った下肢荷重力トレーニングにより、大腿四頭筋筋力が高まったこと、および身体重心の制御機能がトレーニングされたために歩行速度が向上したと推察した。

一方、握力、TUG、立ち上がり回数の3項目には、トレーニングにより有意な向上は認められなかった。高齢者の握力は、日本体力試験における他の項目（シットアンドリーチ、開眼片脚平衡、10mハードル歩行、6分間歩行）との内的相関が高く²⁵⁾、日常身体活動レベルを良く反映する²⁶⁾ことから、高齢者の体力を表す指標として用いられることが多い。今回のトレーニング期間は12週間と短く、対象高齢者の総合的な体力の向上には至らなかったと考えられる。また、TUGと立ち上がり動作は、複合的な動作が要求され、これらを向上できるだけの体力の向上効果は認められなかったことが伺える。なお、TUG²⁷⁾と立ち上がり動作²⁸⁾には、バランス機能がとくに重要であることが報告されている。Lathamら²⁹⁾は、ランダム化比較試験による高齢者の筋力トレーニング効果を示した文献レビューを行い、下肢筋力や歩行速度には有意な改善が認められるが、バランス機能の改善は得られにくいことを報告している。

本研究結果も先行研究と同様の結果となったが、高齢者の転倒との関連が指摘^{30,31)}されているバランス機能を高めるには、下肢荷重力トレーニングのみでは不十分であり、その他のバランストレーニングを追加する必要がある。

今回、トレーニング介入群における脱落者は、高齢者施設に入所した1名のみであった。本研究期間が短期間であったこと、またトレーニングは施設職員の監視下で行われたことが、トレーニングを継続できた理由とも考えられるが、虚弱高齢者であっても継続しやすいトレーニング法であることが示唆された。なお、本トレーニングで用いた座位姿勢で行う市販体重計の踏みつけ動作は、心血管系への影響が少ないことがすでに報告³²⁾されており、安全性の面からも有用であると考えられる。

4. 結 論

下肢荷重力トレーニングは、短期間に虚弱高齢者の下肢筋力や歩行能力を向上できる有用な方法であることが確認された。ただし、握力、TUG、立ち上がり回数の向上には効果が認められず、それらの機能を高めるには、バランストレーニングなどその他のメニューを追加する必要性が示された。

謝 辞

研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心から感謝いたします。また、研究にご協力いただいた高齢者の皆様、ならびに施設職員の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) Rose J., Gamble J.G.: Walking for health, Human walking 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia: 149-163 (2006)

- 2) Klein P.J., Adams W.D.: Comprehensive therapeutic benefits of Taiji: a critical review., *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 83: 735-745 (2004)
- 3) Devereux K., Robertson D., Briffa N.K.: Effects of a water-based program on women 65 years and over: a randomized controlled trial., *Aust. J. Physiother.*, 51: 102-105 (2005)
- 4) Ota A., Yasuda N., Horikawa S., Fujimura T., Ohara H.: Differential effects of power rehabilitation on physical performance and higher-level functional capacity among community-dwelling older adults with a slight degree of frailty., *Journal of Epidemiology*, 17: 61-67 (2007)
- 5) 郭輝, 牛凱軍, 矢野秀典, 小鴨恭子, 中島絹絵, 王芸, 本川亮, 鈴木玲子, 藤田和樹, 齋藤輝樹, 永富良一: 太極拳及びカンフー体操を取り入れた転倒予防トレーニングの体力低下高齢者の体力に及ぼす効果の検証従来型転倒予防トレーニングとの比較. 体力科学, 56: 241-256 (2007)
- 6) 岩井浩一, 滝澤恵美, 阪井康友, 山田哲, 佐野歩, 三宅守, 佐藤たか子, 木村知美, 山本健太, 大瀬寛高, 居村茂幸: 地域の介護予防事業における運動プログラム参加者の体力向上効果. 茨城県立医療大学紀要, 13: 47-56 (2008)
- 7) 村田 伸, 甲斐義浩, 村田 潤: 下肢荷重力と下肢筋力および座位保持能力との関係. 理学療法科学, 21: 169-173 (2006)
- 8) 村田 伸, 宮崎正光: 障害高齢者の簡易下肢機能評価法 (市販体重計を用いた下肢支持力の測定). 理学療法科学, 20: 111-114 (2005)
- 9) 村田 伸, 大田尾 浩, 有馬幸史, 溝上昭宏: 脳卒中片麻痺患者における市販体重計を用いた下肢荷重力評価の検討. PT ジャーナル, 39: 1101-1105 (2005)
- 10) 村田 潤, 村田 伸, 甲斐義浩: 下肢荷重力測定における荷重量と下肢筋活動の関係. 理学療法科学, 22: 195-198 (2007)
- 11) 浜島信之: 無作為割付臨床試験. 癌と化学療法社, 東京: 84-95 (1994)
- 12) Podsiadlo D., Richardson S.: The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons., *J. Am. Geriatr. Soc.*, 39: 142-148 (1991)
- 13) 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 杉浦美穂, 吉田英世, 金憲経, 吉田祐子, 西澤哲, 鈴木隆雄: 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. 理学療法科学, 33: 105-111 (2006)
- 14) Jones C.J., Rikli R.E., Beam W.C.: A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults., *Res. Q. Exerc. Sport*, 70: 113-119 (1999)
- 15) 大田尾 浩, 村田 伸, 有馬幸史, 溝上昭宏, 弓岡光徳, 武田 功: 脳卒中片麻痺者における立ち上がり能力と座位での下肢荷重力との関連. 理学療法科学, 22: 293-296 (2007)
- 16) 村田 伸, 大田尾 浩, 有馬幸史, 溝上昭宏, 村田潤, 弓岡光徳, 武田 功: 脳卒中片麻痺患者における下肢荷重力と立ち上がり・立位保持・歩行能力との関係. 理学療法科学, 23: 235-239 (2008)
- 17) Skelton D.A., Young A., Greig C.A.: Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older., *J. Am. Geriatr. Soc.*, 43: 1081-1087 (1995)
- 18) Judge J.O., Whipple R.H., Wolfson L.I.: Effects of resistive and balance exercises on isokinetic strength in older persons., *J. Am. Geriatr. Soc.*, 42: 937-946 (1994)
- 19) Buchner D.M., Cress M.E., de Lateur B.J., Esselman P.C., Margherita A.J., Price R., Wagner E.H.: The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults., *J. Gerontol A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 52: 218-224 (1997)
- 20) Binder E.F., Brown M., Sinacore D.R.: Effects of extended outpatient rehabilitation after hip fracture: a randomized controlled trial., *JAMA*, 292: 837-846 (2004)
- 21) 西島智子, 小山理恵子, 内藤郁奈, 畑山聡, 山崎 裕司, 奥壽郎: 高齢患者における等尺性膝伸展筋力と歩行能力との関係. 学療法科学, 19: 95-99 (2004)
- 22) 神鳥亮太: 健常高齢者と若年者の体力要因の比較. 北里理学療法科学, 3: 57-60 (2000)
- 23) 鈴木堅二, 今田元, 竹内正人, 黒後裕彦, 大町おかり, 関和則, 岩谷力, 中村隆一: 地域で自立生活している高齢者の歩行速度と生活関連活動との関連. 総合リハ, 28: 955-959 (2000)
- 24) 長谷公隆: 立位姿勢の制御. リハ医学, 43: 542-553 (2006)
- 25) Nishijima T., Takahashi S., Ohishi T.: The Sensitivity of the Japan Fitness Test in Elderly People to Assess the Effects of Aging., *International Journal of Sport and Health Science*, 4: 583-590 (2006)
- 26) Yamauchi T., Midorikawa T., Hagihara Jun, S.: Quality of life, nutritional status, physical activity,

- and their interrelationships of elderly living on an underpopulated island in Japan., *Geriatrics & Gerontology International*, 7: 26-33 (2007)
- 27) 島田裕之, 内山 靖: 高齢者に対する3ヵ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. *理学療法学*, 28: 38-46 (2001)
- 28) 江原義弘, 山本澄子: 立ち上がり動作の分析. 医歯薬出版, 東京 (2001)
- 29) Latham N.K., Bennett D.A., Stretton C.M., Anderson C.S.: Systematic review of progressive resistance strength training in older adults., *J. Gerontol A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 59: 48-61 (2004)
- 30) de Rekeneire N., Visser M., Peila R.: Is a fall just a fall: correlates of falling in healthy older persons, The Health, Aging and Body Composition Study., *J. Am. Geriatr. Soc.*, 51: 841-846 (2003)
- 31) Haga H., Shibata H., Shichita K.: Falls in the institutionalized elderly in Japan. *Arch Gerontol Geriatr*, 5: 1-9 (1986)
- 32) 原 毅, 久保 晃: 高齢慢性期患者における座位での下肢荷重力測定動作に伴う血圧変化について. *理学療法科学*, 24: 473-477 (2009)