

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 24 日現在

機関番号：30117

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20300206

研究課題名（和文） 後期高齢者にも有効な脚筋力養成型ウォーキング手法の開発と健康づくり応用

研究課題名（英文） Development of training-type walking and the application to health promotion also for aged

研究代表者

川初 清典（KAWAHATSU KIYONORI）

北翔大学・生涯スポーツ学部・教授

研究者番号：80026822

研究成果の概要（和文）：健康づくりに必須の要素である運動は 20 世紀の終わり頃までは所謂エアロビクスになる用語で表され、市民に身近な運動ではジョギングが主たる手法になっていた。21 世紀頃から高齢者・健康弱者の増加に対応して、ウォーキングが注目され普及もした。本研究では、健康づくりにより効果的なウォーキング方法の開発をし、太股の筋群を強く使うなど幾つかの考案手法を提示した。北国に似合うノルディックウォーキングの転倒予防効果をも示した。

研究成果の概要（英文）：Exercise to promote health was symbolized with term of “Aerobics” and was popularized mainly in a form of jogging up to the end of twentieth century. In the new century, walking was interested and performed by aged and low-healthy people practically. In this study, more effective form of walking to the health promotion could be developed, for example, as like as walking with emphasized stress on hip muscles. Effects of Nordic Walking to prevent falling down was analyzed also.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2012 年度	0	0	0
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツバイオメカニクス

キーワード：筋電図、シミュレーション、酸素摂取量、心拍数、床反力、動作分析、ウォーキング、ポーリング

1. 研究開始当初の背景：今日では国際的にメタボリック症候群の用語で一般化されている健康問題は特にアメリカ合衆国で 20 世紀半ばに社会問題化した循環器系、とりわけ冠動脈疾患の蔓延に端を発し、所謂クーパー、H. がその克服の方策に「エアロビクス」の運動による対応手法を提唱して世界的なムーブメントに発展していた。運動手法の主流は

エネルギー代謝量の点で有効性に優れるジョギングでありそれはブームにもなり健康づくりに果たしている役割は今日も将に大きい。そして、我が国を始めとする工業・経済先進国では平均寿命が延伸し、健康維持のための運動にもはやジョギングが不適である年代、あるいはそのような健康弱者の人口が増大した。キックから滞空への、並びに落

下から着地への移動動作時に伴う過大衝撃、それによって生じる膝関節や踵の各種の運動傷害がそれらの人々に多発するからであった。21世紀にかかる頃からそれらの人、そして自らの将来の健康を意識して運動を習慣化する人にウォーキングが普及し始めた。それは大事な流れであり、誠に「生涯スポーツ」の1つの形態であった。本研究は、このウォーキングをより有効に実践するための手法開発の必要に着眼することになった取り組みである。

2. 研究の目的：今、後期高齢者の健康生活の充実・延伸を見据えた運動手法の開発・応用は要医療期の短縮化に直接に貢献し、取り組みが必須のテーマである。世界の長寿先端の我が国に、超高齢化対策が必迫している。経済・工業の先進諸国の追従も必致である。我が国が国際的に先がけて研究・マニュアル化できる喫緊の課題である。我々に健全にして最期まで可能な運動はウォーキングである。またそれは、必要な筋・骨格系の能力の向上・維持によって支え得ると考える。

本研究の第1の目的は運動形態学的な観点から前期・後期双方の高齢者にも可能となる脚筋力養成かつ骨格系強化型のウォーキング・フォームを先ず考案し、概念化することである。第2の目的は、考案手法の有効性を運動生理学的・バイオメカニクス的に検証することである。第3には、考案手法の実践・応用試験によって獲得効果を量的に明示することである。

3. 研究の方法：先に、基本的なウォーキングをモーションキャプションした。運動生理学的・スポーツバイオメカニクスの計測とその分析結果を基にして本研究テーマである「脚筋力養成型ウォーキング」のフォームを考案した。また、それによるウォーキング時の脚筋への負荷強度を計測し通常型歩行の計測値と比較し、考案手法の筋力養成への有効性を評価した。考案手法の実用化のためにその実践プログラムを検討・提示した。次いで、考案手法によるトレーニング実験を行いその有効性を検証した。

この研究期間の経過の過程で、我が国に於いてもノルディックウォーキングが市民・国民に勢いある普及を見せた。このウォーキングについても新たに本研究テーマに組み込み、脚筋力養成になるウォーキングのフォームの検討や転倒予防効果の観点から動作学的計測値を得てそのウォーキングの効用を示した。研究テーマ個別的な諸計測方法は主に以下の手法に拠った。

(1) ウォーキング動作計測：レーザー光方式3次元計測用高速度カメラシステム、そのカメラ7台によるウォーキングの動画を3次元計測した。ウォーキングの身体各関節及び重心の移動を時系列で計測した。

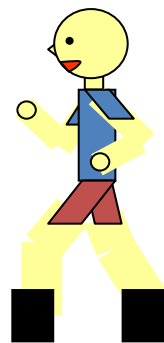
(2) 床反力計測：3次元床反力計をウォーキングバーンに設定しウォーキング時の3次元床反力を時系列で計測した。

(3) 筋活動水準：無拘束・無侵襲型皮膚表面電極法筋電計によってウォーキング時の筋電氣的活動を導出し時系列計測した。更に、動作計測の分析ソフトで筋の発揮張力をシミュレーションで計測した。

(4) 心肺機能・代謝量計測：心拍数と心電図を胸部双極誘導変法で導出しウォーキング時の変化を時系列で計測した。代謝量計測では、ウォーキング時の呼吸代謝値を得た。

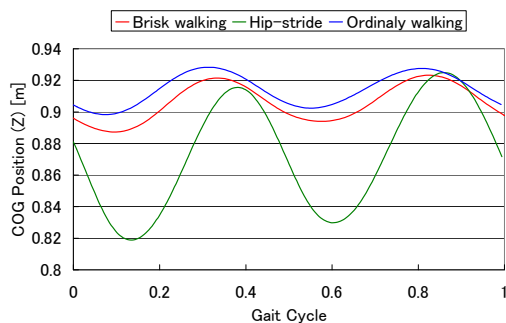
4. 研究成果：先ず総体的に、本研究では初期に述べた有効度に優れる健康づくりウォーキング手法の考案、考案手法の運動生理学的・スポーツバイオメカニクスの計測と評価、その実践による健康づくり効果の検証が研究計画に沿って遂行され、概ねそれらに対する積極的な成果が得られたと評価される。以下はその個別的なテーマ各々の成果である。

(1) 有効度に優れる健康づくりウォーキング手法の考案：手法考案の着想はクロスカントリースキーの古典的な基本滑走フォームから得られた。このスキー技術を応用して市民普及を遂げたのが所謂「歩くスキー」である。そのスキーでは、前方への滑り込み脚が膝関節を屈曲した脚姿勢でスキー板に乗り込み、滑走の位相を経て屈曲膝を後方へキックして伸展しながら逆側脚で同じ動作を行う繰り返しになっている点が脚筋駆動の安全性と筋活動への有効性の面で注目された。脚筋・脚の各関節に落下衝撃が無く、脚筋・脚の各関節の駆動時間が相対的に長時間に及び、その駆動時の筋出力は高いと観察された。本研究では下図のようにそのフォームを強調するウォーキングを考案し概念化した。



着地時に膝屈曲が強調され、
伸び上がり時に優れて筋ト
レ効果が得られる考案手法

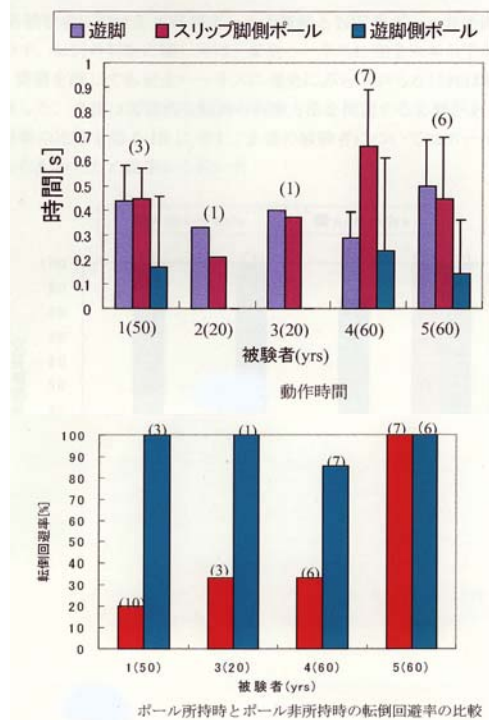
(2) 有効性の運動生理学的・バイオメカニクス的に検証：先の図に示されるウォーキングの考案手法を運動生理学的・バイオメカニクス的に実験検証した。その結果、対照実験として行われた通常歩行および厚生労働省が健康づくり指針に示す健康ウォーキングと比較して本考案手法では、①筋活動電位が高く、活動時間・活動量が多く、筋の発揮張力が高い、②心拍数、呼吸代謝量に見る全身性の運動負荷強度が高い、③床反力や身体重心（下図）の移動量が大きく、生体への運動負荷が大きい、などが確認されこのウォーキング手法によるトレーニング応用の有効性が見通された。



図中のCOGは身体重心

(3) 考案手法の実践・応用試験による獲得効果の実験検証：考案手法のトレーニング応用試験を健常高齢者5名（70.4±2.9歳）に対し、1日20分間、毎日21日間負荷した。その結果、高齢者に於いてもウォーキング時のストライドなど運動生理学的・バイオメカニクスの各計測パラメータに改善効果が認められ、膝関節の屈曲・伸展ともに筋力増強効果が有意に示された。

(4) ノルディックウォーキング応用と転倒予防への有用性の実験的検証：考案のウォーキング手法でノルディックウォーキングを行った場合の運動生理学的・バイオメカニクスの各計測値を得て健康づくり効果に優れる運動手法であることを認めた。また、転倒予防、特に冬季の凍結路面での歩行時に多発するスリップ転倒の予防・回避への有用性の実験的検証も行った。その結果、遊脚側の腕動作とノルディックポール操作が残りの3四肢の動作に相当に早期に先駆けて開始され転倒を予防・回避する行動を起こすこと（以下の上の図）、それによって、高齢者でも殆ど全てのスリップ実験事例に於いて転倒を防ぐ結果が示された（下の図）。



(5) 海外調査：ウォーキングは、元来ヨーロッパでワンダーフォーゲルや哲学の散歩道のように運動文化化され、今日では健康づくりの最大の個人的イベントであるバカンスに於いてその主要メニューになっている。本研究では、アルプスの山岳保養をする実態を調査し、冠動脈バイパス術施行患者がアルプス高所でするウォーキングをも含む5事例の心拍数応答と動脈血酸素飽和度の計測値とその行動の安全性を示した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計18件）

1. A. Iida, T. Maeda, S. Yokoyama and M. Kuramae: Peripheral circulation responses to oppression. 4th International Conference of Human-Environment System, p. 463-466 (2011)

2. 沢田祐太、川初清典、岸上博俊、井上馨、清水孝一：Training-type 歩行法の高齢者応用と評価、電子情報通信学会「信学技報」113、69-72、2010、

3. 大石純・齋藤眞幸・倉前正志・前田享史・横山真太郎：人体三次元計測システムの改良

とその応用に関する研究. 人間工学, 第 46 卷 特別号, p.370-371 (2010)

4. K. Inoue, W. Murata, S. Sakai, H. Kishigami, M. Maki, N. Kobayashi, K. Kawahatsu and S. Yokoyama: Polytypism of the Daily Physical Activity in Healthy Older Females Based on their Physical and Mental Characteristics. 10th International Congress of Physiological Anthropology, p. 43 (2010)

5. 新居大介, 三輪浩二, 山本敬三, 晴山紫恵子, 龍田記方, 肥田理恵, 金上宣夫, 村岡卓哉, 大堀克己, 川初清典, 清水孝一: 水中ポールウォーキング手法の健康運動効果の検討, 電子情報通信学会「信学技報」108, 25-30, 2009

6. 高倉圭祐, 三輪浩二, 晴山紫恵子, 山本敬三, 井上馨, 川初清典, 清水孝一: 脚筋力養成型ウォーキング手法の有効性の検討, 電子情報通信学会「信学技報」108, 19-23, 2009

7. 川初清典: 「太もも歩き」のすすめ メタボ解消と50代からの運動, ケア 26 (8), 48-53, 2008

[学会発表] (計59件)

1. 岡本祐一郎, 阿部史, 吉田恭子, 川初清典, 堀田大介, 菊池健次郎, 大堀克己: 20年間実施した「野外スポーツ」の安全性～北方圏心リハ「札幌モデル」の要素として～. 第17回日本心臓リハビリテーション学会学術集会抄録集, P. S179, 大阪, 2011

2. 阿部史, 井上愛, 岡本祐一郎, 吉田恭子, 川初清典, 堀田大介, 菊池健次郎, 大堀克己: 維持期虚血性心疾患患者の軽登山プログラムにおける循環応答～心リハ「札幌モデル」の野外プログラムから～第17回日本心臓リハビリテーション学会学術集会抄録集, P. S180, 大阪, 2011

3. 宮本将典, 井上愛, 阿部史, 川初清典, 堀田大介, 菊池健次郎, 大堀克己: 高齢者の

弁膜症術後心臓リハビリテーションの進行障害要因の分析. 第17回日本心臓リハビリテーション学会学術集会抄録集, P. S207, 大阪, 2011

4. 中嶋麻希, 鉢呂享平, 平野ミサヲ, 中村キミエ, 阿部史, 大堀克己, 村岡卓哉, 川初清典: 介護老人保健施設における高度肥満と認知症を有する入所者の冠危険因子に対する包括的アプローチの試み. 第16回日本心臓リハビリテーション学会プログラム・抄録集, S242, 2010

5. Danny Nou, Nobuki Kudo, Kiyonori Kawahatsu, Koichi Shimizu: Spatially resolved NIRS and EMG measurements of the lower back muscles to determine fatigue: Application to determine the effectiveness of back support devices. Proc. 7th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain, pp338-339, Los Angeles, 2010

6. Inoue K, Murata W, Sakai S, Kishigami H, Maki M, Kobayashi N, Kawahatsu K, Yokoyama S: Polytypism of the daily physical activity in healthy older females based on their physical and mental characteristics. The 10th International Congress of Physiological Anthropology (Fremantle, Australia) (abstract book, p43) (2010, September 9-12)

7. Danny Nou, Nobuki Kudo, Kiyonori Kawahatsu, Koichi Shimizu: Application of near-infrared spectroscopy and electromyography on lower back fatigue to prevent lower back disorders. 第49回日本生体医工学会大会, 生体医工学 48, 2010

8. 沢田裕太, 川初清典, 岸上博俊, 井上馨,

清水孝一 : ¹Training effects of muscle-loaded walking on elderly. 第 49 回日本生体医工学会大会, 生体医工学 8, P316, 2010

9. 杉山慶多、晴山紫恵子、菅原 誠、久木田隆、清水孝一、川初清典 :

Analysis of gait motion before and after total hip arthroplasty. 第 49 回日本生体医工学会大会, 生体医工学 8, P323, 2010

10. 新居大介, 三輪浩二, 山本敬三, 晴山紫恵子, 龍田記方, 肥田理恵, 金上宣夫, 村岡卓哉, 大堀克己, 川初清典, 清水孝一 : 水中ポールウォーキング手法の開発と有効性の検討 (2) - 筋電図の評価から, 第 48 回日本生体医工学会大会, 生体医工学 47, p174, 2009

11. 沢田裕太, 高倉圭祐, 川初清典, 岸上博俊, 井上馨, 清水孝一, Training-type 歩行法の高齢者応用における負荷強度の検討, 第 48 回日本生体医工学会大会, 生体医工学 47, p307, 2009

12. 高倉圭祐, 三輪浩二, 晴山紫恵子, 山本敬三, 山中正紀, 井上馨, 川初清典, 清水孝一 : Training-type 歩行法の考案と有効性の検討 (2)-動作および床反力計測の視点から-, 第 48 回日本生体医工学会大会, 生体医工学 47, p326, 2009

13. 杉山慶多、沢田祐太、晴山紫恵子、菅原誠、久木田隆、清水孝一、川初清典 : 人工股関節全置換術前後の歩行動作の分析. 第 89 回北海道医学大会抄録集、p 15、2009

14. Nou Danny, 工藤信樹、川初清典、清水孝一 : Spatially resolved NIRS and EMG measurements of lower back fatigue and muscle oxygenation in isometric and dynamic exercise. 第 89 回北海道医学大会抄録集、p 16、2009

15. 井上愛, 澤口雄治, 川村圭央, 岡本祐一郎, 秋田孝郎, 阿部史, 村岡卓哉, 岡林宏明,

菊地健次郎, 大堀克己, 川初清典 : 「PCI および CABG 患者における二次予防プログラムについての検討」, 第 72 回日本循環器学会学術大会・総会, 福岡, 2008

16. Sugimoto Tsubasa, Yamamoto Keizo and Kawahatsu Kiyonori: A PILOT STUDY OF THE INFLUENCE OF AN INCLINATION ON V2 SKATE TECHNIQUE IN CROSS-COUNTRY SKIING, 4th International Congress on Science and Skiing Book of Abstracts p.136 (St. Christoph a. Arlberg - Austria), 2008

17. 高倉圭祐, 川初清典, 三輪浩二, 清水孝一, 山本敬三 : Training-type 歩行法の考案と有効性の検討 : 第 47 回生体医工学会大会予稿集, p671, 生体医工学 46, p207, 神戸, 2008

18. 新居大介, 三輪浩二, 龍田記方, 肥田理恵, 金上宣夫, 村岡卓哉, 大堀克己, 川初清典, 清水孝一 : 水中ポールウォーキング手法の開発と有効性の検討, 第 47 回生体医工学会大会予稿集, p678, 生体医工学 46, p208 : 神戸, 2008

19. 村岡卓哉, 澤口雄治, 井上愛, 山となつみ, 幕田光祐, 秋田孝郎, 菊地健次郎, 大堀克己, 川初清典 : 後期高齢冠動脈疾患患者の維持期におけるトレーナビリティ, 第 56 回日本心臓病学会, 東京, 2008

20. 岡本祐一郎, 村岡卓哉, 大堀克己, 田中美幸, 川初清典 : 高齢者の体力測定値と QOL の関係-QOL を改善させるのは何か-, フィットネスサミット 2008, 東京, 2008

〔図書〕 (計 9 件)

1. 川初清典、竹田唯史、阿部史 : メタボリックシンドロームに対して有効な運動・スポーツの実際～9. スキー～、(坂本静男編)メタボリックシンドロームに効果的な運動・スポーツ第 6 章、pp173-184、(有)ナップ、2011 年

2. 川初清典：ビデオ「ノルディックウォーキング」, (財)北海道健康づくり財団

<http://www.hokkaidohealth-net.or.jp> ,

[2009](#)

[その他]

ホームページ等：なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川初 清典 (KAWAHATSU KIYONORI)
北翔大学・生涯スポーツ学部・教授
研究者番号：80026822

(2) 研究分担者

- ①竹田 唯史 (TAKEDA TADASHI)
北翔大学・生涯スポーツ学部・教授
研究者番号：10320574
- ②小田 史郎 (ODA SHIROU)
北翔大学・生涯スポーツ学部・教授
研究者番号：70347813
- ③横山 眞太郎 (YOKOYAMA SHINTAROU)
北翔大学・生涯スポーツ学部・教授
研究者番号：90002279
- ④山本 敬三 (YAMAMOTO KEIZOU)
北翔大学・生涯スポーツ学部・准教授
研究者番号：00405698
- ⑤晴山 紫恵子 (HAREYAMA SHIEKO)
北翔大学・北方圏生涯スポーツ研究センター・研究員
研究者番号：30228671
- ⑥井上 馨 (INOUE KAORU)
北海道大学・大学院保健科学研究院・教授
研究者番号：80133718
- ⑦清水 孝一 (SHIMIZU KOUICHI)
北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号：30125322

(3) 連携研究者：なし