

原著論文

介護予防のためのポールを用いた歩行法の開発

Development of the walking style with poles for preventive care

田中 ひかる<sup>1,2)</sup> 松浪 登久馬<sup>1,2)</sup> 佐川 和則<sup>1,2)</sup>  
Hikaru Tanaka<sup>1,2)</sup> Tokuma Matsunami<sup>1,2)</sup> Kazunori Sagawa<sup>1,2)</sup>

Abstract

This study examined the effects of the walking with pole work to prevent care dependency among the elderly. Middle-aged and elderly participants with a habit of walking for exercise walked with poles for 3 weeks (intervention group) to examine changes in their walking patterns and muscle strength during normal walking after intervention. They were also compared with controls who walked only normally during the study period. In the intervention group, the leg extensor strength increased ( $p<0.01$ ), and the step frequency during normal walking significantly decreased after intervention ( $p<0.05$ ), with a greater forward trunk tilt angle ( $p<0.001$ ). As the intervention effect varied among the parameters, discriminant analysis was performed to examine differences in the 5 parameters (walking speed, step length, step frequency, forward trunk tilt angle, and leg extensor strength) between before and after intervention. The correct classification rate was as high as 90.5%. The results support the rejuvenating effect of walking with middle-length poles, each of which is planted in front of the leading foot, on the elderly with a reduced walking function, as it reduces the forward trunk tilt angle while prolonging the single support time.

キーワード 歩行, 介護予防, 運動  
walking, preventive care, exercise

緒言

ロコモティブシンドローム (以下;ロコモ) は, 運動器の障害によって介護・介助が必要な状態になる, またはそうなるリスクが高くなっている状態を指すが, その予防は日頃からの運動の継続が有効である. アジアサルコペニアワーキンググループは, アジア人のためのサルコペニア診断基準を設け高齢者の歩行と握力および筋肉量の指標を作成している (荒

井, 2016, pp.339-340). ロコモをはじめ, サルコペニア・フレイルに関する要介護高齢者を増やさないように早期予防と改善を主旨とした研究が近年多く行われている (平野・笠野, 2016, pp.29-31; 松本ほか, 2016, pp.42-44; 志波, 2016, pp.361-363).

高齢者の歩行運動は, 体力の低下に伴い注意深い足運びを必要とする随意的運動である. 歩行速度 (自由歩行や急歩) は加齢とともに低

1) 近畿大学 経営学部 教養・基礎教育部門

2) 近畿大学 アンチエイジングセンター

Faculty of Business Administration, Kindai University

Anti aging Center, Kindai University

下し (Kaneko et al., 1991, pp.224-225 ; Murray et al., 1970, pp.633-639), それは歩幅や歩調の低下によるものとされている (Ferrndez et al., 1990, pp.87-88 ; Murray et al., 1969, pp.169-171).

2本のポールを用いた歩行は、歩行時の転倒を防止するだけでなく、心理的な安心が運動に対する動機づけを強化する効果が期待できる。しかしポールを用いた歩行は、普及団体によって歩行スタイルおよび名称が異なっており、その効果も普通歩行と比較して同速度でのエネルギー消費が高く出来たり、上肢の筋活動を大きくすることによって上肢を鍛えたりと様々である。ノルディックウォーキング (以下: NW) は、ウォーキング (普通歩行) に比べて、速度が高くなるにつれ膝関節に負担が増すことから、高齢者や関節機能障害者が NW を行う際に下肢関節に過大な負荷がかからないよう注意が必要である (田中ほか, 2012a, pp.30-31)。ポールの長さは歩容や消費エネルギーに影響を与える可能性があるため、年齢、体格差、トレーニング状態などによって調整が必要である。例えば消費エネルギーに関しては、NW のポールの長さを短くした場合、エネルギー消費は通常長さの NW より低くなることが報告されている (田中ほか, 2012b, p.329)。

本研究では、歩行機能の低下した高齢者に対しやや長めのポールを持ちゆっくりと歩く (前足の前方にポールをつく) 歩行スタイルに着目し、この運動を一定期間実施することによる普通歩行の歩容および筋力の改善効果を検討し、介護予防への可能性を検討した。

## 方法

### 1. 被験者

被験者は運動習慣のない健康な中高年男女 10 名 (78 ± 8 歳) および対照群として同様に運動習慣のない健康な中高年男女 11 名 (69 ± 6 歳) とした。被験者には本研究の内容を十分に説明し、疾病歴や健康に問題がないか、事前に健康調査アンケートを実施し、実験参加

に対する同意を得た。

本研究は、近畿大学薬学部倫理委員会の審査、承認 (承認番号 15-087) を経て実施した。実施期間は、平成 27 年 11 月 5 日～平成 27 年 11 月 27 日に行った。

### 2. 実施方法

被験者は各自、毎日 20 分を 3 週間、次に示す各群の歩行スタイルで実施した。すなわち介入群は、着地した足先より 3-10 cm 前方にポールを突く歩行するスタイルで、かつポールの長さは身長 × 0.69 とした。対照群は、通常のウォーキングとした。両群ともこれらの運動以外の身体活動は生活活動のみとするよう指示した。

### 3. 測定・分析方法

被験者は以下の項目について介入前と介入後に測定を行った。

#### 1) 普通歩行動作の撮影と運動学的解析

被験者には、「歩行の様子をビデオカメラで撮影するので、いつものように歩行してください」と説明し、21 m の歩行路を設置し運動シューズを履いた状態で普通歩行を 1 回行った。なお、先行研究 (田中ほか, 2009, pp.56-57) と同様の方法で、歩行開始地点から進行方向へ約 2 m 進んだ地点の右側方に、被験者からよく見えるようにダミーのビデオカメラ (GZ-MG575 ビクター社製) を設置し、そこから 10m 先の右側方 5.7m 地点に撮影用ビデオカメラ (GC-LJ20B ロジカルプロダクト社製) を被験者から見えないように設置した。撮影速度は 60fps、露出時間は 1/500 秒とした。キャリブレーション用のマークをカメラの光軸から左右 1.25m 地点に設置し、2.5 m × 2 m の長方形になるよう床上に置き、フォーカスは長方形の中心で合わせ、画角はマークがぎりぎり入るよう設定した。4つのキャリブレーションマークはあらかじめ撮影しておき、被験者が歩く際は撤去した。

撮影した映像から歩行速度、歩幅、歩調、片脚支持時間と両脚支持時間を算出した。片脚離地時の前傾角度は、股関節を水平軸とした上体の角度として算出した (図 1)。

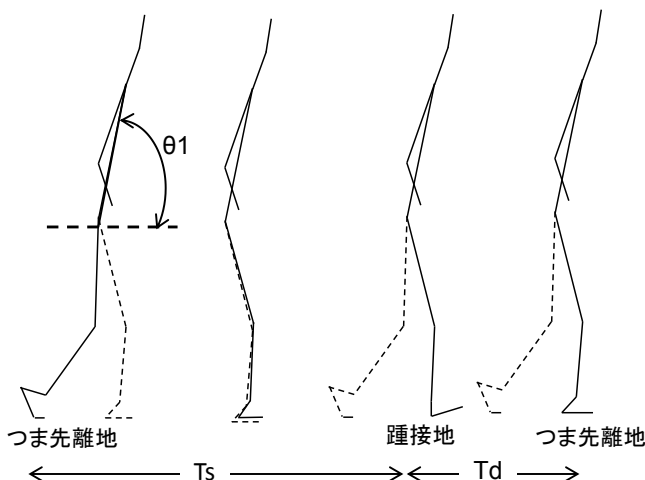


図 1. 自由歩行における 1 歩の所要時間（片脚支持時間と両脚支持時間）とつま先離地時の前傾角度  
 実線：右足，破線：左足，片脚支持時間：Ts，両脚支持時間：Td，前傾角度： $\theta 1$

2) 筋力（握力と脚伸展筋力）と柔軟性（長座体前屈）の測定

握力測定は、握力計（竹井機器工業株式会社製）を身体や衣服に触れないようにして無理のないよう、最大の力で握りしめるよう指示した。左右交互に 1 回ずつ測定し、左右の平均値を算出した。脚伸展筋力は、静的最大筋力測定装置トレマックス（トレビック株式会社製）を用いて、測定器の回転軸と膝の関節中心を合わせるよう調整した後、背もたれを合わせ、ベンチに深く座り、グリップをしっかりと握り、尻を浮かさないで、膝関節 90 度から無理のないよう、両脚を静的最大脚伸展するよう指示した。測定は 1 回のみとした。長座体前屈は、被験者が壁に背・尻をぴったりとつけ長座姿勢をとり、肩幅の広さで両手掌を下に向けて手のひらの中央付近がデジタル長座体前屈計（竹井機器工業株式会社製）の台にかかるように置き、ゆっくりと前屈するよう指示した。測定前に前屈動作を数回行った後、1 回のみ測定した。

4. 統計処理

得られた測定結果については、各群とも介入前（以下；pre）と介入後（以下；post）で、普通歩行の歩容、筋力と柔軟性の平均値及び

標準偏差を算出した。

介入による違いを調べるため、2 要因の分散分析を行った。主効果（介入群と対照群、各パラメータの介入前と介入後）と交互作用を確認した。主効果が認められた場合は、介入群と対照群それぞれの介入前と介入後の平均値の差の検定を行い、対応のある t 検定を用いた。統計ソフトには SPSS (ver.19) を用い、検定における有意水準は 5% とした。

さらに介入効果を見るため、各群の算出された介入前後の差分から欠測値を除いたパラメータで判別可能な 5 つ（歩行速度・歩幅・歩調・前傾角度・脚筋力）を用いて線形判別分析をおこなった。判別分析はそれぞれの被験者が介入群と対照群のどちらの群に分類されるのか判別するための手法である。R-3.3.3 (R Core Team, 2017) を用いて判別関数を算出し、判別得点が正なら介入群に、負なら対象群に判別した。

結果

歩行機能の低下した高齢者に対し、一定期間ポールを前方につく歩行運動を実施することで普通歩行の歩容の改善効果があるか検討した。本研究では運動学的指標（歩行速度、歩幅、

歩調、片脚支持時間、両脚支持時間、前傾角度)と体力指標(脚伸展筋力、握力、長座体前屈)の9つのパラメータを算出し、介入群と対照群の各々のパラメータで2要因分散分析を行った。その結果、すべてのパラメータで有意な交互作用は認められなかった。介入群と対照群の被験者間の主効果は、運動学的指標すべてにおいて介入群と対照群の被験者間で見られなかった。体力指標は、握力のみ被験者間の主効果が見られ、脚伸展筋力と長座体前屈には見られなかった。介入前と介入後については、歩調・片脚支持時間・前傾角度と脚筋力の4つのパラメータに主効果がみられた。

主効果が認められたパラメータを見たところ握力は介入群の方が対照群に比べ有意に高い値を示した(介入群 pre 21.3 ± 3.5kg, 対照群 pre 29.3 ± 5.7kg, p<0.01)。

次に4つのパラメータについて平均値の差を見たところ、歩調は介入群が介入前に比べ有意に低い値(pre 2.09 ± 0.10 歩/秒, post 1.95 ± 0.11 歩/秒, p<0.05)を示し、対照群は有意

差が認められなかった(pre 2.08 ± 0.21 歩/秒, post 1.99 ± 0.11 歩/秒, NS)(図2)。

普通歩行における1歩の所要時間は片脚支持時間と両脚支持時間から成る。介入により1歩時間の違いについて比較した結果、介入群の片脚支持時間は介入後、有意に高い値(pre 0.363 ± 0.037秒, post 0.393 ± 0.031秒, p<0.05)を示し、対照群は有意差が認められなかった(pre 0.367 ± 0.026秒, post 0.373 ± 0.020秒, NS)。

右脚つま先離地時の矢状面における上体の前傾角度は、介入群は介入後、有意に高い値(pre 86.0 ± 1.5度, post 88.7 ± 1.7度, p<0.001)を示し、対照群は有意差が認められなかった(pre 86.5 ± 2.2度, post 86.2 ± 2.8度, NS)(図2)。

脚伸展筋力は、介入群が介入後、有意に高い値(pre 25.5 ± 16.9kg, post 33.3 ± 15.6kg, p<0.01)を示し、対照群は有意差が認められなかった(pre 34.8 ± 15.0kg, post 36.8 ± 17.3kg, NS)(図3)。

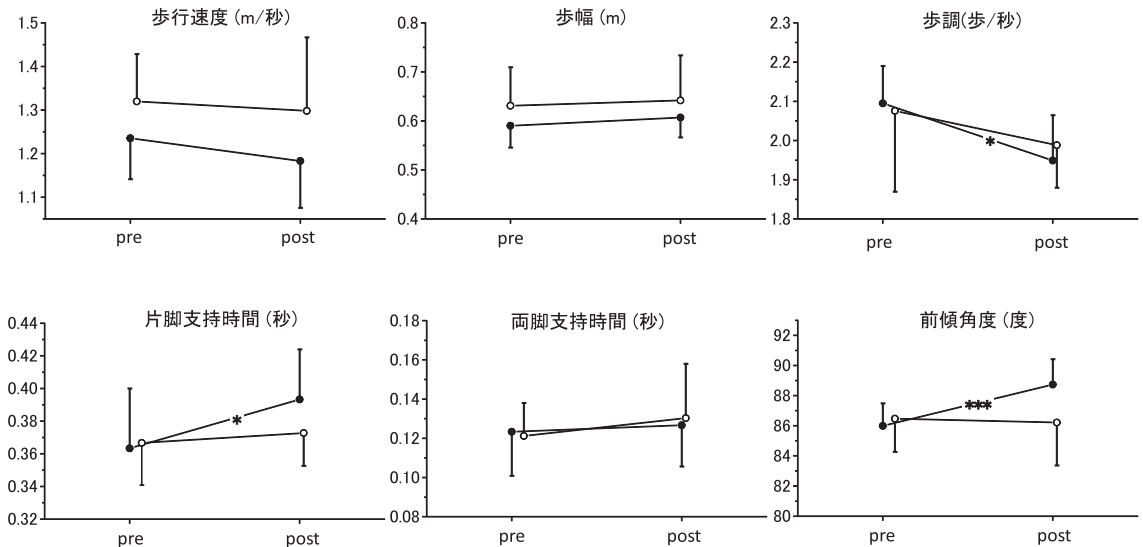


図2. 動作学的指標における介入による効果

●：介入群, ○：対照群, \*：p<0.05, \*\*\*：p<0.001

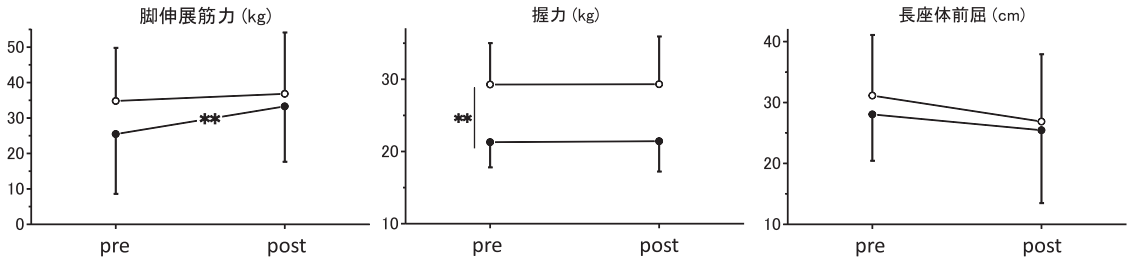


図 3. 体力指標における介入による効果

● : 介入群, ○ : 対照群, \*\*: p<0.01

以上のように、介入の効果は各パラメータにより相違がみられたことから、5つのパラメータ（歩行速度・歩幅・歩調・前傾角度・脚伸展筋力）の介入前後の差分を用いて判別分析を行った。その結果、図4にある対照群でありながら判別係数が正を示した2名以外は、それぞれの群に所属すると判別され、正判別率は19/21=90.5%と高い値を示した。

なお、判別関数は次の式で算出された。

$$Z = -36.04 \times \text{歩行速度} + 69.93 \times \text{歩幅} + 20.33 \times \text{歩調} + 0.265 \times \text{前傾角度} + 0.0386 \times \text{脚伸展筋力} - 0.496$$

Z = 0 : 境界線, Z > 0 : 介入群, Z < 0 : 対照群となる。

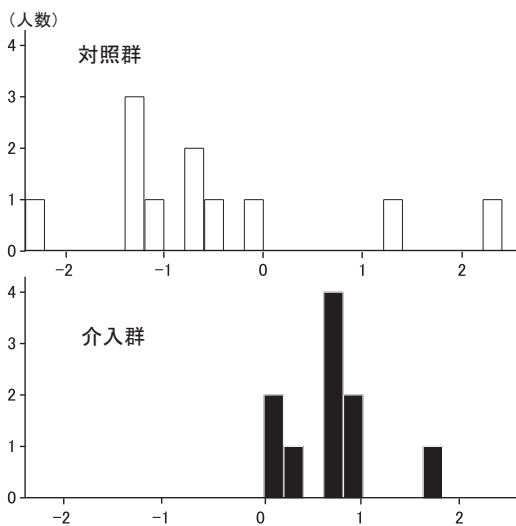


図 4. 線形判別分析による判別関数の度数

### 考察

「ヒトは筋肉とともに老いる」ともいわれるように、骨格筋量が減少すると歩行速度や筋力が低下し、転倒や骨折、要介護状態に至るリスクも高くなると考えられる。サルコペニアは、要介護状態となる原因の一つで早期予防が必要であり、近年はサルコペニア・フレイル予防に対する運動の役割が期待されている。本研究は座業的な中高齢者を対象に「介護予防」に役立つと考えられるポールを持った歩行を一定期間実施し、普通歩行の歩容および筋力の改善効果を検討した。

加齢に伴い歩行速度は60歳付近から顕著な低下を示し、その原因は歩幅や歩調の減少、下肢筋力の低下である。先行研究では、転倒経験のある高齢者は転倒経験のない高齢者に比べ脚伸展筋力と歩行能力が低下していること（琉子, 1999, p.784）、また在宅高齢女性を脚筋力の高い群と低い群に分類し、2年半後の歩行速度の変化を調べた研究では、脚筋力の低い群の歩行速度が低下する（田井中ほか, 2004, p.389）。これらの報告は、高齢者の歩行能力を維持するためには、脚筋力を高い水準に維持あるいは改善することが重要であることを示唆するものと考えられる。

本研究でのポールを用いたウォーキングは、介護予防を目的とした軽度な運動のため、NWのような運動効果は見られなかった。介入前後の普通歩行の歩幅と歩行速度が、両群とも先行研究（金子ほか, 1998, pp.384-385; 田中ほか, 2009, p.57）と近似した値を示し、介入群は介



入前より片脚支持時間が長く、ゆっくりとした歩調で歩く傾向を示した。これは、片脚支持時間が長くなることで自体重の保持機能が改善されることにより、遊脚期の歩容が安定感のある歩行動作になったと考えられる。

若者の筋力増加は、筋や腱などに対して過負荷を与え神経-筋機能の適応を引き出すレジスタンス運動が効果的で、高齢者においても高強度でのトレーニングのほうが筋力増加に有効であることを報告している（金久，2007，pp.175-178）。加齢によって力発揮時の脳の興奮レベルが変化すれば発揮される筋力にも大きな影響を与える（福永，2009，p.217）ことから、本研究の被験者のように高齢かつ活動量の低い場合は中枢神経の興奮レベルが低下し筋力が低下していることが推測される。介入群が行った運動は、本研究に参加した体力の低い被験者に対して片脚支持時間の延長により過負荷を与え、中枢神経の興奮レベルが高まり脚伸展筋力の増加が生じた可能性がある。

泉（2007，p.17）はウォーキング時の良い姿勢は「耳・肩・腰・膝・足首のラインが垂直に同じラインになるよう、上半身が常時このラインにあると、背筋は前傾になったり、反ったりせず、ゆっくりとした状態で伸ばし、ほどよい緊張をもたせることで良い歩き方のフォームになる」と述べている。また、ウォーキングは、良い姿勢でウォーキングすることが大切であり、自分の体のくせ（ゆがみ）を知り、立位時の自然体の姿勢を身に着け、これらの歩行姿勢を維持することが健康づくりに役立つ最も基本的なエクササイズであるとしている（泉，2007，pp.17-19）。

高齢者と若者の歩行姿勢を比較すると、高齢者は関節の可動域が減少し、やや前傾姿勢で股関節が屈曲すること、踵やつま先が挙上できなくなること、小股で歩くなど、若者に比べて著しく歩行能力が低下傾向にある（鈴木ほか，2006，p.5）。柳本（2015，p.49）は、NWが姿勢改善に有効な活動で、認知機能の低下予防および改善に好影響を与える可能性

を示唆し、「あくまでも普通歩行を助長することが目的でありポールがなければ歩けないような身体を作ることが目的ではないことも認識しておかなければならない」と述べ、NWの効果は普通歩行の改善にも結び付くことの重要性を指摘している。

本研究では、介入による影響は5つ（歩行速度・歩幅・歩調・前傾角度・脚伸展筋力）のパラメータについて、判別分析を用いた多変量的な解析によって介入効果があることを示した。介護予防を目的としたポールを用いた歩行運動は、上体の前傾化を予防し、転倒する危険性を低下させる可能性を示した。しかしながら、個々のパラメータの独立した解析では交互作用での有意性は証明できず、対照群において介入前の時点での体力差の有無を完全には証明できなかった。被験者の選出方法と介入による影響を見るために今後さらに被験者数を増やし、再度検討する必要がある。

介入群が一定期間行ったポールを用いた歩行運動は、これまで報告されてきたNWの効果と比べると、歩行速度や歩幅が大きくなるというものではなかった。なぜなら、このポールを用いた歩行は通常のNWに比べてやや長めのポールを使用し、ポールを着地する足の前方に突くため、NWに比べ前方への推進力を抑えられるからである。ノルディックフィットネス協会が推奨しているポールの長さは身長×0.68であり、国内ポールメーカー2社の基準は身長×0.63である。一般的に、初心者は短めのポールの方が技術を習得しやすいとされている。長いポールでNWをした場合、前述のとおり短いポールに比べエネルギー消費が高くなる（田中ほか，2012b，p.329）。

本研究で用いたポールの長さは、最大9.9cm長くしたものであり、前述のNWの歩行様式とは異なり、ポールを前方に突くうえに上肢をやや上方向に挙上することになる。その結果、エネルギー消費は普通歩行と変わらないものの（田中ほか，未発表資料）、この歩行様式が普通歩行とは異なる歩容の変化をもたらすことが推察された。

以上のことから、本研究で扱った2本のやや長めのポールを用いたゆっくりとした歩行は、座業的な生活をしている高齢者に対し、①普通歩行時の片脚支持時間を延長し、②上体の前傾する普通歩行の姿勢をより直立姿勢に近づける効果を持つ可能性が示された。

### まとめ

本研究は、介護予防を目的としてポールを用いた歩行運動の介入による座業的高齢者への効果を検討した。被験者は中高年男女のウォーキング愛好者とし、普通歩行の歩容と筋力を介入の実施前と3週間実施した後で比較した。対照群として、通常のウォーキングだけの者も同様に比較した。その結果、介入群は実施後、脚伸展筋力が高まり、普通歩行がゆっくりとした歩調で、上体を起こした姿勢になる傾向がみられた。本結果から、歩行機能の低下した高齢者は、やや長めのポールを前足の前方にポールをつく歩行の実施により、上体が直立し、片脚支持時間が延長する歩容の若返り効果が期待できる。

### 参考文献

荒井秀典 (2016) サルコペニアとフレイル～ロコモとの相違について考える～, 体力科学, 65 (3) 337-341.

Ferrndez, A-M., Paihous, J. and Durup, M. (1990) Slowness in elderly gait. *Experimental Aging Research*, 16:79-89.

福永哲夫 (2009) 筋の科学事典－構造・機能・運動－, (株)朝倉書店, p217.

平野孝行・笠野弘美 (2016) 地域在住高齢者の筋力と骨格筋量および身体機能との関連性, 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学編, 4 (2) 23-33.

泉嗣彦 (2007) ウォーキング, 健康エクササイズ からだの科学増刊, 日本評論社, 14-23.

Kaneko, M., Morimoto, Y., Kimura, M., Fuchimoto, K. and Fuchimoto, T. (1991) A Kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Canadian Journal of Sports Sciences*, 16:223-228.

金子公宥・淵本隆文・山本明美・田中ひかる (1998) 高齢者の歩行運動に及ぼす意識的歩幅変化の影響, 体育科学, 26: 124-132.

金久博昭 (2007) 高齢者におけるレジスタンストレーニングの効果. *トレーニング科学*, 19, 173-191.

松本浩実・中祖直之・松浦晃宏・秋田朋子・萩野浩 (2016) ロコモティブシンドロームの重症度と転倒頻度, 低骨密度およびサルコペニアの関連性について, *理学療法学*, 43 (1) 38-46.

Murray, M. P., Kory, R. C. and Clarkson, B. H. (1969) Walking patterns of healthy old man. *Journal of Gerontology*, 24:169-178.

Murray, M. P., Kory, R. C. and Speic, S. B. (1970) Walking patterns of normal women, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 51:637-650.

R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>, (参照日 2017/05/13) .

志波直人 (2016) 筋肉のエイジング・アンチエイジング -サルコペニアと運動の効果について, *臨床整形外科*, 51 (4) 361-366.

琉子友男 (1999) 高齢者の平衡機能, 脚筋力および歩行能力と転倒, *体力科学*, 48 (6) 784.

鈴木みずえ・浜砂貴美子・満尾恵美子 (2006) 高齢者の転倒ケア 予測と自立支援のすすめ方, 医学書院.

田井中幸司・船倉麻衣子・青木純一郎 (2004) 在宅高齢女性の脚筋力および歩行能力の加齢変化, *理学療法学*, 31 (7) 385-390.

田中ひかる・新野弘美・田邊智・熊本和正・伊藤章・佐川和則 (2012 a) ノルディックウォーキングにおける種々速度に対する生理的および力学的負荷の関係, *体育学研究*, 57: 21-32.

田中ひかる・松浪登久馬・熊本和正・佐川和

則（2012 b）ポールウォーキングにおける物理的・生理的・自覚的運動強度間の関係，日本体育学会大会予稿集，63：329.

田中ひかる・佐川和則・淵本隆文（2009）高齢者の転倒予防に関する基礎的研究 - 女性の自然歩行における爪先高に及ぼす影響について -，近畿大学健康スポーツ教育センター研究紀要，9（1）29-36.

柳本有二（2015）ノルディック・ウォークを実践する根拠とその活動について，バイオメカニクス研究，19（1）39 - 51.

（平成 28 年 11 月 19 日受付，平成 29 年 6 月 12 日受理）