

高齢女性における下肢敏捷性と運動・移動能力との関係

東恩納 玲代, 奥本 正, 吉武 裕

Association of leg agility with mobility in older women

Akiyo HIGASHIONNA, Tadashi OKUMOTO, Yutaka YOSHITAKE

名桜大学

環太平洋地域文化研究 No. 2 抜刷

2021年3月

高齢女性における下肢敏捷性と運動・移動能力との関係

東恩納 玲代*, 奥本 正*, 吉武 裕**

Association of leg agility with mobility in older women

Akiyo HIGASHIONNA*, Tadashi OKUMOTO*, Yutaka YOSHITAKE**

要 旨

高齢者において、敏捷性と運動・移動能力との関連性についてのエビデンスは少なく、しかも両者の関連性については明らかにされていない。そこで本研究では、女性高齢者を対象として、下肢敏捷性の指標であるステッピングと運動・移動能力との関係を検討した。本研究の対象者は、女性高齢者108名(平均年齢74±5歳;範囲65-89歳)とした。本研究で用いたステッピングは、椅子座位にて10秒間左右の足をできるだけ素早く踏み換える反復動作であり、その回数により測定した。運動・移動能力の指標としてTimed up-and-go test (TUG) および最大歩行速度を用いた。また、筋力の指標として握力および膝伸展力を、バランス能力の指標としては開眼片足立ちを用いた。本研究の対象者において、ステッピングは74.8±14.2(範囲34-108)回/10秒であり、年齢と有意な関係は認められなかった。各指標を従属変数、またステッピングと年齢、BMIを独立変数とした重回帰分析を行った結果、ステッピングはTUG ($\beta=-0.239$, $p<0.05$), 最大歩行速度 ($\beta=0.446$, $p<0.001$), 握力 ($\beta=0.354$, $p<0.001$), 膝伸展力 ($\beta=0.281$, $p<0.01$) および開眼片足立ち ($\beta=0.301$, $p<0.01$), と関連が認められ、これらの中で最大歩行速度との関連が最も高かった。本研究の結果から、ステッピングは、運動・移動能力と関連が高いことが示唆された。

キーワード：高齢者、ステッピング、運動・移動能力、筋力、バランス能力

Abstract

The purpose of this study was to examine the association between the stepping rate (leg agility) and mobility in older women. The participants included 108 older women (age: 74±5 years old; range: 65-89 years old). The stepping rate, mobility (timed up-and-go test [TUG], maximum walking speed), muscle strength (handgrip strength, knee extension strength) and balance (one-leg standing time with eyes open) of the participants were measured. The maximal stepping rate in 10 seconds, as measured using an industrial stepping rate counter (Stepping Counter; Yagami), was used as an index of agility. The participants were instructed to perform alternating steps with each leg as quickly as possible for 10 seconds while in a sitting position. The total number of steps for both legs was used as the participant's score. A multiple regression analysis was used to evaluate the association between the stepping rate and each of the other variables. The stepping rate was 74.8±14.2 (range 34-108) times/10 s and was not correlated with age. A multiple regression analysis adjusted for age and the body mass index revealed that the stepping rate was associated with the TUG ($\beta=-0.239$, $p<0.05$), maximum walking speed ($\beta=0.446$, $p<0.001$), handgrip strength ($\beta=0.354$, $p<0.001$), knee extension strength ($\beta=0.281$,

* 名桜大学人間健康学部 〒905-8585 沖縄県名護市字為又1220-1 Faculty of Human Health Sciences, Meio University, 1220-1 Biimata, Nago, Okinawa 905-8585 Japan

** 鹿屋体育大学 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizucho Kanoya, Kagoshima 891-2393 Japan

$p < 0.01$) and one-leg standing time ($\beta = 0.301$, $p < 0.01$). The results of the present study suggest that the stepping in older women is associated with mobility.

Keywords: older women, stepping rate, mobility, muscle strength, balance

1. 緒言

歩行は、ヒトの運動の中で基本的なものである。歩行運動は、筋力・持久力・平衡機能・柔軟性・巧緻性・敏捷性などの体力の協働と、これらを統制する中枢の運動制御系の働きがあってはじめて可能となる (Snijders et al, 2007; Rosso et al, 2013)。歩行能力を含めた運動・移動能力は、高齢者の身体的自立の保持・向上に深い関連性が認められている (Reid and Fielding, 2012)。また、運動・移動能力は歩行速度で評価されることが多く、高齢者において歩行速度は、健康指標と関連性が高いこと (Studenski et al, 2011; Middleton et al, 2015) から vital sight の指標とされている (Middleton et al, 2015)。高齢者の身体的自立の保持・向上のためには、一定以上の歩行速度が必要となる。

高齢者の運動・移動能力 (歩行速度) の保持・向上を目的とした運動として、筋力や全身持久力の改善を主とした運動トレーニングだけでなく、柔軟性や平衡性のトレーニングを補助的に加えた複合的運動トレーニングが実施されている。複合的運動トレーニングは、特に虚弱高齢者を対象として行われている研究が多い (Fiatarone et al, 1994; Taguchi et al, 2010; Pahor et al, 2014)。運動・移動能力には、筋力、柔軟性や敏捷性などが相互に関連しているが、健康な高齢者を対象とした敏捷性と運動・移動能力との関連性についてのエビデンスは少ない (齊藤・丸山, 2006; 小林・柊, 2015)。高齢者の運動トレーニングには、筋力や全身持久力、柔軟性やバランス能力のトレーニングはもちろんのこと、敏捷性トレーニングも含むことが望ましい (American college of sports medicine, 2013)。敏捷性は、動作開始の素早さ、切り替えの素早さおよび筋の短縮速度の3要素で構成されている (大築, 2000)。また最近、高齢者における身体的自立の保持・向上のためのトレーニングとして、筋力や筋パワーの向上、神経・筋系の適応には従来の高強度・低速度でのトレーニングに代わって低強度・高速度でのトレーニングが推奨されている (Orssatto et al, 2019)。以上のことから、運動・移動能力の保持・向上には高速、つまり素早い動作である敏捷性トレーニングが有用である可能性が考えられる。しかし、高齢者に対する敏捷性トレーニングの効果については未だ一致した見解は示されておらず、下肢を最大速度で踏み替えるような動作に焦点をあてたトレーニングの考案が望まれている (小林・柊, 2015)。

敏捷性の評価法としては、タッピングやステッピングのように局部の小筋動作によるものや、反復横とびやバーピーのように全身の大筋動作によるものがあり (矢部, 1973; 文部科学省, 2000)、文部科学省の体力・運動能力調査では、高齢者を除いたすべての年齢層に反復横とびが用いられている (文部科学省, 2000)。本研究においては、下肢の敏捷性の指標として椅子座位でのステッピングを用いた (矢部, 1973)。このステッピングは、椅子に腰掛けた姿勢で、両脚をできるだけ素早く反復して床面を踏む運動を行い、10秒間の反復回数から敏捷性を評価するものである。高齢者においては、膝痛など下肢の痛みを有する者が多く (東恩納ら, 2018)、体重移動を伴う大筋動作による敏捷性テストでは、運動に支障をきたし正確に評価できない可能性がある。また、立位姿勢でのステッピングは、下肢の筋力や筋パワーの影響を考慮する必要がある。そのため、本研究では下肢の筋力や筋パワーの影響を極力少なくするために、椅子座位でのステッピングを採用した。本研究で採用したステッピングは、高齢者の健康指標と体力の関係を検討した研究において、敏捷性の指標として採用されている (Yamaga et al, 2002; Takata et al, 2007)。

また、運動・移動能力障害は男性と比較して女性に多く (Simonsick et al, 2008)、特に女性は中等度から重度の運動・移動能力障害が多いこと (Musich et al, 2018) が報告されているため、介護予防の観点から女性高齢者を対象とした運動・移動能力の保持・向上を検討することは重要である。

本研究では、女性高齢者を対象として下肢敏捷性の指標であるステッピングと運動・移動能力との関係を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

本研究の対象者は、2005～2012年に鹿児島県曾於郡大崎町に在住する高齢者に対して、毎年1回行った体力測定に参加した者253名 (男性79名, 女性174名) とした。体力測定は毎年11月から2月の間に大崎町の公民館もしくは鹿屋体育大学にて実施した。対象者は大崎町のバスにより送迎した。各年の参加人数は、2005年が100名 (男性50名, 女性50名)、2006年が21名 (10名, 11名)、2007年が64名 (13名, 51名)、2008年が95名 (24名, 71名)、2009年が78名 (18名, 60名)、2010年が81名 (15名, 66名)、

表 1 対象者の特徴

| | n | 平均 | ± | 標準偏差 | 最小値 | 最大値 |
|--------------------------|-----|-------|---|------|-------|-------|
| 年齢 (歳) | 108 | 74 | ± | 5 | 65 | 89 |
| 身長 (cm) | 108 | 147.8 | ± | 5.5 | 134.7 | 162.3 |
| 体重 (kg) | 108 | 51.0 | ± | 8.4 | 35.4 | 79.2 |
| BMI (kg/m ²) | 108 | 23.3 | ± | 3.2 | 17.0 | 32.9 |
| ステッピング (回/10 秒) | 108 | 74.8 | ± | 14.2 | 34.0 | 108.0 |
| Timed up-and-go test (秒) | 78 | 6.7 | ± | 1.1 | 4.3 | 9.7 |
| 最大歩行速度 (m/ 秒) | 108 | 1.9 | ± | 0.4 | 0.6 | 3.2 |
| 握力 (kg) | 107 | 23.6 | ± | 3.9 | 13.3 | 33.0 |
| 膝伸展力 (kg/ 体重 kg) | 105 | 0.5 | ± | 0.1 | 0.2 | 0.9 |
| 開眼片足立ち (秒) | 104 | 56.9 | ± | 44.1 | 2.0 | 120.0 |

BMI: Body mass index

2011年が70名 (12名, 58名), 2012年が61名 (12名, 49名)であった。また、参加回数は、1回が120名 (男性44名, 女性76名), 2回が49名 (14名, 35名), 3回が31名 (9名, 22名), 4回が21名 (5名, 16名), 5回が19名 (7名, 12名), 6回が11名 (0名, 11名), 7回が2名 (0名, 2名)であった。そのうち、ステッピングのデータが1回でも得られた65歳以上の女性108名 (平均年齢74±5歳)を解析対象とした。体力測定に複数回参加した者においては、体力測定への慣れが考えられることから、対象者の条件を可能な限り同一にするため、いずれの対象者においても最新のデータを採用した。本研究における解析対象者の特徴は、表1に示した。

本研究は、2004年度より大崎町と鹿屋体育大学が共同で行った介護予防のための「大崎町マスターズプロジェクト推進事業」(恒吉ら, 2008; 東恩納ら, 2011; 松元ら, 2017)の一環として実施したものである。対象者の募集は、介護予防教室や老人クラブへの広報、電話や手紙による参加奨励などを通して町の担当者が行った。全対象者には事前に研究の趣旨、手順、利益、不利益、測定の拒否などについて文書および口頭で詳細な説明を行い、書面での研究参加の同意を得た。なお本研究は、鹿屋体育大学倫理小委員会 (第8-3号)による承認を得て実施した。

2.2 測定項目および測定方法

体力測定に際しては、対象者の測定に対する安全性の確保や疲労防止のために、各測定間に十分な休息 (10分程度)を挟んで実施した。また、測定時は室内を暖かく保った。

2.2.1 身体的特徴

形態測定として、身長および体重を測定した。体重は体内脂肪計 (TBF-310, タニタ社製)を用いて測定し

た。また、身長および体重から体格指数 (Body mass index; BMI)を算出した。

2.2.2 下肢敏捷性

下肢敏捷性は、ステッピングにより評価した。ステッピングは、椅子座位姿勢にて左右の脚をできるだけ素早く踏み換える反復動作の回数により評価した。ステッピングの回数測定には、床に設置された四角形の板の中に、左右別々に埋め込まれたセンサーに足底が触れると自動的にカウントされ、それがデジタル表示されるステッピングカウンター (SP-7, ヤガミ社製)を用いた。ステッピング回数は、10秒間での左右それぞれの反復回数の合計値とした。測定は2回行い、最高値を測定値とした。

2.2.3 運動・移動能力

運動・移動能力は、Timed up-and-go test (TUG)および最大歩行速度により評価した。Timed up-and-go testは、椅子座位から起立し3m前方のコーンを回って元の椅子へ着座するまでの所要時間とし、所要時間はストップウォッチを用いて測定した。測定に際して、対象者にはできる限り最速で歩くように指示した。測定は2回行い、最速値を測定値とした。最大歩行速度は、10mの距離を対象者が主観的に最速と感じる歩行の距離とその時間を測定し、算出した。測定は2回行い、最速値を測定値とした。

2.2.4 筋力

筋力は、握力および膝伸展力により評価した。握力は、デジタル握力計 (TKK5401 グリップD, 竹井機器工業社製)を用いて測定した。測定は左右それぞれ2回行い、左右の最高値の平均値を測定値とした。膝伸展力は、脚筋力計 (GF-300, ヤガミ社製)を用い、椅子座位姿勢にて測定した。測定時は、膝関節角度を90度とし、足関節

の位置にはロードセルに接続したベルトを掛けた。測定に際して、対象者には前方へ最大努力で膝を伸展するように指示した。測定は左右それぞれ1回行い、左右の平均値を測定値とした。

2.2.5 バランス能力

バランス能力は、開眼片足立ちにより評価した。開眼片足起立時間は、ストップウォッチを用いて測定した。支持脚以外の身体部位が床に着いた時点で測定を終了した。また、測定は左右それぞれ1回行い、最大値を測定値とした。ただし、最大測定時間は120秒とした。

2.3 統計解析

各項目の測定値は、平均値±標準偏差で示した。下肢敏捷性と運動・移動能力、筋力およびバランス能力との関係については、Pearsonの相関分析 (Model 1) および年齢とBMIを制御変数とした偏相関分析 (Model 2) を行った。また、下肢敏捷性と運動・移動能力、筋力およびバランス能力との関係を検討するために、年齢とBMIを調整変数とし、ステッピングを独立変数、運動・移動能力、筋力およびバランス能力をそれぞれ従属変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。統計解析は、SPSS statistics 22.0 (IBM社製) を用い、有意水準はすべて5%とした。

3. 結果

表2は、ステッピングと運動・移動能力、筋力およびバランス能力との関係を示した。ステッピングは、TUG ($r=-0.270$, $p<0.05$)、最大歩行速度 ($r=0.467$, $p<0.001$)、握力 ($r=0.366$, $p<0.01$)、膝伸展力 ($r=0.222$, $p<0.05$) および開眼片足立ち ($r=0.330$, $p<0.01$) の全ての測定項目との間に有意な相関関係が認められた。また、年齢とBMIを制御変数とした偏相関分析の結果、ステッピングと膝伸展力を除く測定項目との間に有意な関係が認められた。表には示していないが、ステッピングと年齢との間には有意な相関関係は認められなかった。

表3は、年齢、BMIを調整変数とし、ステッピングを独立変数、TUG、最大歩行速度、握力、膝伸展力および開眼片足立ちをそれぞれ従属変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法) の結果を示した。ステッピングはTUG ($\beta=-0.239$, $p<0.05$)、最大歩行速度 ($\beta=0.446$, $p<0.001$)、握力 ($\beta=0.354$, $p<0.001$)、膝伸展力 ($\beta=0.281$, $p<0.01$) および開眼片足立ち ($\beta=0.301$, $p<0.01$)、と関連が認められ、これらの中で最大歩行速度との関連が最も高かった。また、表には示していないが多重共線性の有無を確認した結果、変動インフレーション因子 (variance inflation factor; VIF) は、いずれも1点台であり多重共線性の問題はみられなかった。

表2 ステッピングと運動・移動能力、筋力およびバランス能力との関係

| | | Timed up-and-go test | 最大歩行速度 | 握力 | 膝伸展力 | 開眼片足立ち |
|---------|--------|----------------------|---------|--------|-------|--------|
| Model 1 | ステッピング | -.270* | .467*** | .366** | .222* | .330** |
| Model 2 | ステッピング | -.326** | .530*** | .362** | .205 | .287* |

Model 1は、ピアソンの相関係数を示した。

Model 2は、年齢とBMIを制御変数とした偏相関係数を示した。

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

表3 重回帰分析 (ステップワイズ法) の結果

| 従属変数 | 独立変数 | β | R^2 |
|----------------------|--------|-----------|----------|
| Timed up-and-go test | 年齢 | 0.497*** | 0.319*** |
| | ステッピング | -0.239* | |
| 最大歩行速度 | ステッピング | 0.446*** | 0.339*** |
| | 年齢 | -0.348*** | |
| 握力 | 年齢 | -0.360*** | 0.323*** |
| | ステッピング | 0.354*** | |
| | BMI | 0.228** | |
| 膝伸展力 | ステッピング | 0.281** | 0.155*** |
| | BMI | -0.261** | |
| 開眼片足立ち | ステッピング | 0.301** | 0.211*** |
| | 年齢 | -0.282** | |
| | BMI | -0.177* | |

独立変数：年齢、BMI およびステッピング

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

4. 考察

本研究の特徴は、下肢敏捷性の指標として椅子に腰掛けた姿勢で両脚をできるだけ素早く反復して床面を踏むステッピングを採用したことである。また、これまで高齢者を対象として、本研究で採用したステッピングと運動・移動能力との関係を検討した報告は我々が調べた限りでは見当たらない。本研究で椅子座位でのステッピングを下肢敏捷性の指標として採用した理由は、高齢者においては膝痛など下肢の痛みを有する者が多く（東恩納ら、2018）、体重移動を伴う大筋群を必要とする敏捷性テストでは運動に支障をきたし、敏捷性を正確に測定できない可能性があるためである。また、高齢者において、体重移動を伴う反復横とびのような敏捷性テストは、下肢の筋力や筋パワーの影響が評価に大きく影響し、神経系の要因が十分に反映されない可能性が考えられるためである。

本研究では、ステッピングは最大歩行速度、TUG、筋力およびバランス能力と関連が認められた。歩行運動は、下肢筋の律動的な伸展と屈曲の交代性運動である（小宮山、2012）。最大速度の歩行は、できる限り速く左右の脚を切り替える素早い動作が必要であり、最大努力を要する下肢の動作様式は、ステッピングの動作に類似している。また、最大歩行速度は下腿三頭筋の神経・筋協働と活動度が影響すること（Clark et al, 2013）から、ステッピングと関連が最も高かったと考えられる。一方、TUGは、最大努力歩行に加えてコーンを回る際に方向転換が必要であり、歩行と方向転換のいずれも素早く左右の脚を切り替える能力が要求される。最大歩行速度やTUGは敏捷性を構成する動作開始の素早さ、切り替えの素早さおよび筋の短縮速度の3つの要素（大築、2000）を必要とする動作であることから、本研究で採用したステッピングは、最大歩行速度やTUGのような運動・移動能力と有意な関連が認められたものと推察される。

本研究は、ステッピングが高齢者の運動・移動能力の改善に有効な敏捷性トレーニングになり得るか否かについて横断的に検討したものである。前記したように本研究で用いたステッピング運動は、椅子に座った状態で行う運動であるため下肢への負担が少なく、高齢者に対して安全に実施できるものと考えられる。ニューロリハビリテーション領域において、自立歩行困難者などの歩行能力改善を目的とした免荷式トレッドミル歩行トレーニングが注目されている（中澤、2009；Apte et al, 2018）。免荷式トレッドミル歩行トレーニングは対象者をトレッドミル上で上方に牽引し、カウンターウエイトによって体重を一部軽減して行う歩行トレーニングである。健康な高齢者を対象とした免荷式トレッドミル歩行トレーニングにおいては、歩行速度の増加が認められて

いる（Thomas et al, 2007）。また、高齢者の下肢筋力や筋パワーの向上を目的としたレジスタンストレーニングにおいては、1RM（最大挙上重量）に対する20%程度の負荷でも筋力や筋パワーの向上が認められている（deVos et al, 2005）。さらに、高齢者におけるレジスタンストレーニングは負荷が同程度であった場合、筋収縮速度が低速よりも高速の方が筋力向上に効果的であることが報告されている（Reid and Fielding, 2012）。以上のことから、低強度高速度のレジスタンストレーニングは安全性の面からも下肢筋力や筋パワーの改善に有効であり、下肢筋力や筋パワーの改善は日常生活動作能力の改善に結びつくものと考えられる（Hazell et al, 2007）。

ところで、高齢者においては日常生活の中で素早い歩行活動の時間が低下し、特に後期高齢者ではその低下は著しくなる（東恩納ら、2019）。素早い歩行活動時間の低下は、運動・移動能力や下肢の敏捷性に関連する下腿三頭筋の神経・筋協働と活動度の低下をもたらす（Clark et al, 2013）。素早い動作を遂行する能力の衰えにつながる可能性がある。さらに、素早い動作の遂行能力の衰えは、転倒、フレイルや要介護の要因となる可能性が懸念される。しかし、高齢者においては素早い動作向上のための敏捷性トレーニング法については明らかではない（American college of sports medicine, 2013）。敏捷性は、動作開始の素早さ、切り替えの素早さおよび筋の短縮速度の3要素で構成されている（大築、2000）。高齢者の素早い脚の踏み換え動作トレーニングは、主動筋（および協働筋）と拮抗筋の収縮と弛緩をスムーズにし、加齢に伴う筋力や筋パワーの低下を抑制する（Barry and Carson, 2004）ことにより、運動・移動能力の保持・向上に有用であると考えられる。今後は、高齢者を対象とした本研究で採用した椅子座位でのステッピングトレーニングの介入研究により、下肢敏捷性が運動・移動能力へ与える影響を明らかにする必要がある。

5. まとめ

敏捷性は、からだの一部分、あるいは全身をすばやく動かしたり方向転換したりする能力であり（矢部、1973）、種々な評価法がある。これまで、高齢者を対象として下肢敏捷性と運動・移動能力との関係を検討した研究において、立位にてその場でのステッピングと最大歩行速度との間（斉藤・丸山、2006）や、椅子座位での両足開閉ステッピングとTUGとの間（小林・終、2015）に関係があることが報告されている。本研究においてもステッピングと運動・移動能力との間に有意な関連が認められたことから、本研究で用いた椅子座位で左右の脚をできるだけ素早く踏み換える反復動作であるステッピ

ングは、高齢者の運動・移動能力の保持・向上を目的とした運動介入トレーニングとして有用である可能性が考えられた。今後は、高齢者を対象とした椅子座位でのステップングトレーニングの効果について検討する予定である。

付記

本研究は、American College of Sports Medicine 64th Annual Meetingにて発表した内容に加筆・修正を行ったものである。

文献

- American college of sports medicine (2013) ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 9th ed. Lippincott Williams & Wilkins, pp. 162-211.
- Apte S, Plooij M, Vallery H (2018) Influence of body weight unloading on human gait characteristics: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil*, 15: 53.
- Barry BK, Carson RG (2004) The consequences of resistance training for movement control in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 59: 730-754.
- Clark DJ, Manini TM, Fielding RA, Patten C (2013) Neuromuscular determinants of maximum walking speed in well-functioning older adults. *Exp Gerontol*, 48: 358-363.
- de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA (2005) Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60: 638-647.
- Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*, 330: 1769-1775.
- Hazell T, Kenno K, Jakobi J (2007) Functional benefit of power training for older adults. *J Aging Phys Act*, 15: 349-359.
- 東恩納玲代, 涌井佐和子, 永山 寛, 浜岡隆文, 齋藤和人, 吉田剛一郎, 前田 明, 岡子浩二, 井上尚武, 和田智仁, 隅野美砂輝, 吉武 裕 (2011) 農村的地域に在住する外出頻度の低い高齢者の身体的特性, 生活習慣および社会的特性. *生涯スポーツ学研究*, 8: 13-22.
- 東恩納玲代, 永山 寛, 吉田剛一郎, 松元隆秀, 浜岡隆文, 前田博子, 竹下俊一, 吉武 裕 (2018) 主観的な膝痛を有する女性高齢者の身体活動, 体力および生活機能: 膝痛の日常生活活動への影響. *生涯スポーツ学研究*, 15: 37-47.
- 東恩納玲代, 永山 寛, 浜岡隆文, 松元隆秀, 吉田剛一郎, 吉武 裕 (2019) 前期高齢者と後期高齢者の加速度計により評価した身体活動の比較. *名桜大学総合研究*, 28: 59-67.
- 小林 薫, 柗 幸伸 (2015) 高齢者の下肢敏捷性とその他の運動機能および移動動作能力との関係. *理学療法科学*, 30: 829-832.
- 小宮山伴与志 (2012) ヒトにおける四肢運動のリズム形成とその反射性制御. *バイオメカニズム学会誌*, 36: 66-72.
- 松元隆秀, 東恩納玲代, 永山 寛, 吉田剛一郎, 隅野美砂輝, 山本直史, 前田博子, 竹下俊一, 吉武 裕 (2017) 自立女性高齢者における健康日本21 (第二次) の目標歩数達成状況と体力・生活機能の関連: 横断研究. *生涯スポーツ学研究*, 14: 1-12.
- Middleton A, Fritz SL, Lusardi M (2015) Walking speed: the functional vital sign. *J Aging Phys Act*, 23: 314-322.
- 文部科学省 (2000) 新体力テストー有意義な活用のためにー. *ぎょうせい*, p. 19.
- Musich S, Wang SS, Ruiz J, Hawkins K, Wicker E (2018) The impact of mobility limitations on health outcomes among older adults. *Geriatr Nurs*, 39: 162-169.
- 中澤公孝 (2009) 免荷式トレッドミル歩行トレーニングの理論と実際. *国立障害者リハビリテーションセンター研究紀要*, 30: 3-7.
- 大築立志 (2000) 体育・スポーツ科学への応用. 西野仁雄, 柳原 大編, *運動の神経科学ー基礎から応用までー*. NAP, pp. 232-243.
- Orssatto LBDR, Cadore EL, Andersen LL, Diefenthaler F (2019) Why fast velocity resistance training should be prioritized for elderly people. *Strength Cond J*, 41: 105-114.
- Pahor M, Guralnik JM, Ambrosius WT, Blair S, Bonds DE, Church TS, Espeland MA, Fielding RA, Gill TM, Groessl EJ, King AC, Kritchevsky SB, Manini TM, McDermott MM, Miller ME, Newman AB, Rejeski WJ, Sink KM, Williamson JD; LIFE study investigators (2014) Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the

- LIFE study randomized clinical trial. *JAMA*, 311: 2387-2396.
- Reid KF, Fielding RA (2012) Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev*, 40: 4-12.
- Rosso AL, Studenski SA, Chen WG, Aizenstein HJ, Alexander NB, Bennett DA, Black SE, Camicioli R, Carlson MC, Ferrucci L, Guralnik JM, Hausdorff JM, Kaye J, Launer LJ, Lipsitz LA, Verghese J, Rosano C (2013) Aging, the central nervous system, and mobility. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68: 1379-1386.
- 齊藤琴子, 丸山仁司 (2006) 敏捷性と歩行能力の関係—若年者と中高年者を比較して—. *理学療法科学*, 21: 7-11.
- Simonsick EM, Newman AB, Visser M, Goodpaster B, Kritchevsky SB, Rubin S, Nevitt MC, Harris TB; Health, Aging and Body Composition Study (2008) Mobility limitation in self-described well-functioning older adults: importance of endurance walk testing. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 63: 841-847.
- Snijders AH, van de Warrenburg BP, Giladi N, Bloem BR. (2007) Neurological gait disorders in elderly people: clinical approach and classification. *Lancet Neurol*, 6: 63-74.
- Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, Brach J, Chandler J, Cawthon P, Connor EB, Nevitt M, Visser M, Kritchevsky S, Badinelli S, Harris T, Newman AB, Cauley J, Ferrucci L, Guralnik J (2011) Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305: 50-58.
- Taguchi N, Higaki Y, Inoue S, Kimura H, Tanaka K (2010) Effects of a 12-month multicomponent exercise program on physical performance, daily physical activity, and quality of life in very elderly people with minor disabilities: an intervention study. *J Epidemiol*, 20: 21-29.
- Takata Y, Ansai T, Akifusa S, Soh I, Yoshitake Y, Kimura Y, Sonoki K, Fujisawa K, Awano S, Kagiya S, Hamasaki T, Nakamichi I, Yoshida A, Takehara T (2007) Physical fitness and 4-year mortality in an 80-year-old population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62: 851-858.
- Thomas EE, De Vito G, Macaluso A (2007) Speed training with body weight unloading improves walking energy cost and maximal speed in 75- to 85-year-old healthy women. *J Appl Physiol* (1985) , 103: 1598-1603.
- 恒吉玲代, 永山 寛, 涌井佐和子, 浜岡隆文, 齋藤和人, 前田 明, 関子浩二, 井上尚武, 和田智仁, 隅野美砂輝, 荻田 太, 吉武 裕 (2008) 地域在宅高齢者における「閉じこもり」と身体活動状況および体力. *体力科学*, 57: 433-442.
- 矢部京之助 (1973) 運動の制御. 猪飼道夫編, 身体運動の生理学. 杏林書院, pp. 54-107.
- Yamaga T, Yoshihara A, Ando Y, Yoshitake Y, Kimura Y, Shimada M, Nishimuta M, Miyazaki H (2002) Relationship between dental occlusion and physical fitness in an elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 57: M616-620.

