プレサルコペニア高齢者の歩行速度と身体機能・認知機能との関連

Relationships between Gait speed, Physical Functions and Cognitive Functions in elderly with pre-sarcopenia

森 耕平^{1,2)}, 村田 伸³⁾, 白岩加代子³⁾, 安彦 鉄平³⁾, 岩瀬 弘明⁴⁾内藤 紘一⁵⁾, 野中 紘士³⁾, 中野 英樹³⁾, 堀江 淳³⁾Kohei Mori^{1,2)}, Shin Murata³⁾, Kayoko Shiraiwa³⁾, Teppei Abiko³⁾, Hiroaki Iwase⁴⁾Koichi Naito⁵⁾, Koji Nonaka³⁾, Hideki Nakano³⁾, Jun Horie³⁾

要旨: 本研究の目的は、プレサルコペニア高齢者の歩行速度と身体機能および認知機能との関連を検討することである。対象者を正常筋肉量群（48名）とプレサルコペニア群（17名）の2群に分類し、歩行速度（通常・最速）と身体機能（膝伸展筋力、上体起こし、開眼片足立ち時間、長座体前屈距離）および認知機能（Mini-Mental State Examination, Trail making test-Part A; TMT-A）との相関分析を行った。その結果、プレサルコペニア群の通常歩行速度と中程度以上の有意な相関が認められたのは、膝伸展筋力（ $r=0.51$ ）およびTMT-A（ $r=-0.52$ ）であり、最速歩行速度では膝伸展筋力（ $r=0.74$ ）、TMT-A（ $r=-0.66$ ）および開眼片足立ち時間（ $r=0.56$ ）であった。一方、正常筋肉量群の歩行速度はいずれの項目とも中程度以上の有意な相関は認められなかった。これらの知見より、プレサルコペニア高齢者は正常筋肉量の高齢者に比べ努力性の高い歩行である可能性が示され、下肢筋力、バランス能力および注意機能のわずかな低下をきっかけに歩行能力低下を生じる可能性が示唆された。

キーワード: プレサルコペニア, 高齢者, 歩行速度, Trail making test

Abstract: The objective of this study was to analyze the association between gait speed and physical function as well as cognitive function in elderly individuals with pre-sarcopenia. Subjects were divided into the normal muscle mass group ($n=48$) and the pre-sarcopenia group ($n=17$). We performed a correlation analysis of gait speed (usual/maximum gait speed) with physical function (knee extension strength, sitting-up, one-leg standing time with eyes open, and sit-and-reach distance) and cognitive function (Mini-Mental State Examination and Trail making test-Part A [TMT-A]). The results showed moderate or higher significant correlations of usual gait speed with knee extension strength ($r=0.51$) and the TMT-A ($r=-0.52$). Maximum gait speed was correlated with knee extension strength ($r=0.74$), TMT-A score ($r=-0.66$), and one-leg standing time with eyes open value ($r=0.56$) in the pre-sarcopenia group. In contrast, in the normal muscle mass group, no moderate or higher significant correlations between gait speed and any of the items were observed. These findings indicated that elderly individuals with pre-sarcopenia may walk with a higher level of exertion than those with normal muscle mass; this finding implies that a slight decrease in leg strength, balance ability, or attention function may trigger a decrease in walking ability of elderly individuals with pre-sarcopenia.

Key words: pre-sarcopenia, elderly, gait speed, trail making test

受付日: 2019年2月22日, 採択日: 2019年3月20日

¹⁾ 京都橘大学大学院 健康科学研究科
Graduate School of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

²⁾ 関西福祉科学大学 保健医療学部: 〒582-0026 大阪府柏原市旭ヶ丘3-11-1 Phone: 072-978-0088 Fax: 072-978-0377
E-mail: morikouheil@gmail.com

Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare sciences, 3-11-1 Asahigaoka, Kashiwara-city, Osaka, 582-0026, Japan
Phone: 072-978-0088

³⁾ 京都橘大学 健康科学部
Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University

⁴⁾ 神戸国際大学 リハビリテーション学部
Faculty of Rehabilitation, Kobe International University

⁵⁾ 白鳳短期大学 総合人間学科
Department of Physical therapy, Hakuho College

I. 緒言

高齢者の自立した生活や健康寿命の延伸, Quality of life の向上には歩行能力の維持・向上が必要不可欠である¹⁾。この歩行能力の評価には, 高齢者の運動機能を代表する指標²⁾とされる歩行速度が主に用いられている。加齢による歩行速度の低下は, 60歳を超えると加速し, 高齢になるほどその低下率は大きくなる^{3,4)}。また, Studenski ら⁵⁾は, 約35,000人の高齢者を平均12年間追跡調査し, 歩行速度が0.1m/s上昇するごとに死亡リスクが12%低下すると報告しており, 生命予後との関連が指摘されている。

近年, 高齢化が加速するわが国において, 高齢者の虚弱の中核病態であるサルコペニア^{6,7)}を予防することの重要性が指摘されている。サルコペニアは筋肉量減少を必須項目とし, 筋力低下, 身体機能低下(歩行速度低下)の3つの要因から判定するというコンセンサスレポートが, 2010年にヨーロッパ⁸⁾, 2014年にはアジア⁹⁾から報告されている。また, その重症度は筋肉量減少のみをプレサルコペニア, 筋肉量減少に筋力低下あるいは歩行速度低下が加わるとサルコペニア, 3つの要因すべてが認められる場合を重度サルコペニアと階層的に分類される⁸⁾。サルコペニアの段階で認められる歩行速度低下は, 将来の生活機能低下や生命予後の決定因となる¹⁰⁾ことから, その前段階とされるプレサルコペニアから予防的介入を行い, 歩行能力を維持することは高齢者の健康支援において極めて重要な課題と考えられる。

高齢者の歩行速度の低下には, 様々な要因が関与することが報告されている。身体機能においては, 膝伸展筋力の低下^{11,12)}, 足趾把持力の低下^{13,14)}, バランス能力の低下^{14,15)}などとの関連が挙げられる。また, 身体機能以外との関連も報告されており, 認知機能障害を有する高齢者は歩行速度の有意な低下を認める¹⁶⁾ことや, 注意機能の低下が二重課題条件下の歩行速度低下と関連する¹⁷⁾といった認知機能との関連も報告されている。しかしながら, プレサルコペニア高齢者の歩行速度と身体機能, 認知機能との関連を総合的に検討した先行研究は見当たらない。このことが明らかになれば, プレサルコペニア高齢者の歩行能力を維持および改善するための介入方法を検討する一つの資料になると考えられる。

そこで本研究は, 筋肉量減少を生じたプレサルコペニア高齢者の歩行速度と身体機能・認知機能との関連を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は, 地域の高齢者交流事業に参加登録している高齢者のうち, 平成29年9月に実施された体力測定会へ参加し, 歩行機能評価が行えた65歳以上の女性高齢者70名とした。

対象者には事前に測定内容や測定結果の取り扱いについて十分に説明し, 書面にて同意を得たのちS市の保健師の立会いのもとで行った。なお, 本研究は京都橘大学研究倫理委員会の承認(承認番号17-14)を得て実施した。

2. プレサルコペニアの判定方法および歩行速度の測定方法

対象者の基本属性として年齢, 身長, 体重を収集したのち, 歩行速度, 握力, 四肢骨格筋指数(Skeletal Muscle Mass Index; SMI)を用いてプレサルコペニアの判定を行った。判定は, Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS)⁹⁾による女性のサルコペニアの判定基準(筋肉量低下: SMI $5.7\text{kg}/\text{m}^2$ 未満, 筋力低下: 握力 18kg 未満, 身体機能低下: 通常歩行速度 $0.8\text{m}/\text{sec}$ 以下)を基に, 筋肉量が基準値以上である正常筋肉量群(48名)と, 筋肉量が基準値未満で握力および通常歩行速度が基準値以上のプレサルコペニア群(17名)の2群に分類した。なお, 筋肉量が基準値以下で握力または通常歩行速度が基準値以下のサルコペニアと判定された高齢者が5名いたが, 本研究では分析対象から除外した。よって, 本研究の分析対象者は65名である。

歩行速度の測定には, アニマ株式会社製のシート型足圧接地足跡計測装置ウォーク WayMW-1000を使用した。歩行シートのサイズは長さ $2,400\text{mm}$, 幅 800mm (センサーシート部 $600\times 600\text{mm}$, 厚さ 5mm)であり, センサー空間分解能は $10\times 10\text{mm}$, 測定ポイント数は14,000ポイントである。歩行課題は, シート前後に 3m の助走路と追走路を設けた歩行路を「いつも通りの楽な速さで歩いてください」と指示を与えた通常歩行と, 「走らないで, できるだけ速く歩いてください」と指示を与えた最速歩行の2条件とした。本研究では, シート上を歩行して得られたデータから, 通常および最速歩行速度(m/sec)を抽出して解析に用いた。なお, プレサルコペニアの判定には通常歩行速度を用いた。握力の測定には, デジタル式握力計(竹井機器工業製, グリップ-D)を使用し, 示指の第2

関節が直角になるように握り幅を調整した。両足を左右に自然に開いて立ち、腕を自然に下げた状態で、握力計が身体に触れないようにして最大努力で握るように指示した。測定は左右2回ずつ行い、それぞれの最大値(kg)の平均を代表値とした。SMIの評価には、生体電気インピーダンス法によるポータブル体成分分析装置 InBody430 (インボディ・ジャパン製)を用い、測定により得られた四肢の骨格筋量(kg)を合計し、身長(m)の2乗で除したSMIを算出した。

3. 各種身体機能・認知機能の測定方法

身体機能の評価は、下肢筋力(膝伸展筋力)、体幹筋力(上体起こし)、バランス能力(開眼片足立ち時間)、柔軟性(長座体前屈距離)を測定した。膝伸展筋力の測定は、加藤ら¹⁸⁾の方法に従って実施した。椅子座位にて椅子の支柱にベルトを連結し、下腿下垂位での等尺性筋力をハンドヘルドダイナモメーター(アニマ社製、 μ -Tas F-1)を使用して測定した。測定の際は、被験者は両上肢を胸の前で組み、体幹垂直位、膝関節は90°屈曲位とし、センサーパッドは下腿遠位部に接触させた。測定中はセンサーパッドのずれを防止するために検者が前方で固定した。測定は左右2回ずつ行い、それぞれの最大値(kgf)の平均を代表値とした。膝伸展筋力は体重または下肢筋肉量等で補正した値を用いることもあるが、Hairiら¹⁹⁾は、補正した筋力値よりも補正しない筋力値の方が日常生活活動の制限や運動機能低下と関連したと報告しており、本研究では膝伸展筋力の実測値を採用した。

上体起こしの測定は、マット上で仰臥位にて両膝関節の角度を90°屈曲位に保ち、両腕を胸の前で組んだ姿勢から、両肘が両大腿部につくまで上体を起こすように指示を与えた。30秒間にできるだけ多く繰り返し、その回数を測定した。

開眼片足立ち時間の測定は、裸足にて両手は体側につけた状態で片足を上げた時から足が床に着くまでの時間をデジタルストップウォッチで測定した。左右2回ずつ測定し、それぞれの最長時間(秒)の平均を代表値とした。

長座体前屈距離の測定には、デジタル式長座体前屈測定器(竹井機器工業製、デジタル長座体前屈計)を使用した。壁に後頭部と腰背部をしっかりとつけ、膝関節を伸展した長座姿勢となり、両肘関節は伸展位で測定器に手を置いた。その後、できるだけ前方へ身体を倒すように指示した。測定は2回行い、最長距離

(cm)を代表値とした。

認知機能の評価には、Mini-Mental State Examination (MMSE)および注意機能の評価として Trail making test-Part A (TMT-A)を用いた。MMSEは全般的な認知機能評価²⁰⁾として広く用いられており、得点範囲は0~30点である。23/24点が認知症スクリーニングのカットオフとされている²¹⁾。TMT-Aは注意機能の検査として信頼性と妥当性がすでに確認されている^{22,23)}。方法は、紙面上にランダムに配置された1~25までの数字を小さい方から順に線で結ぶものであり、その所要時間(秒)を測定した。

4. 統計学的解析法

正常筋肉量群とプレサルコペニア群の基本属性、サルコペニア判定指標、身体機能、認知機能の比較には、対応のないt検定を用いた。その後、測定値の平均と標準偏差から効果量(Cohen's d)を求めた。Cohen's dにおける数値の解釈²⁴⁾は、小さい>0.20、中程度>0.50、大きい>0.80とした。また、各群の通常歩行速度・最速歩行速度と身体機能・認知機能との関連はPearsonの積率相関係数を求めた。なお、本研究では相関係数の絶対値0.4以上を相関ありと判定した²⁵⁾。解析には統計解析ソフトSPSS22.0(IBM社製)を用い、有意水準は5%とした。

III. 結果

1. 正常筋肉量群とプレサルコペニア群の各測定項目の比較

分析対象者65名のうち、正常筋肉量群に分類されたのは48名、プレサルコペニア群に分類されたのは17名であった。基本属性およびサルコペニア判定指標においては、体重($p<0.01$)、SMI($p<0.01$)、握力($p<0.01$)に有意差が認められ、いずれの項目もプレサルコペニア群で低値を示した。それら有意差が認められた項目の効果量は、体重($d=1.25$)、SMI($d=2.13$)、握力($d=0.59$)であった。一方、年齢、身長、通常歩行速度、最速歩行速度には有意な差は認められなかった。

身体機能においては、上体起こし($p<0.01$)にのみ有意差が認められ、プレサルコペニア群で低値を示した。その効果量は $d=0.97$ であった。一方、膝伸展筋力、長座体前屈距離、開眼片脚立ち時間には2群間に有意差は認められなかった。また、認知機能においては、MMSEおよびTMT-Aのいずれも有意差は認

表1 正常筋肉量群とプレサルコペニア群の各測定項目の比較

	正常筋肉量群 (n=48)	プレサルコペニア群 (n=17)	p 値	効果量
年齢 (歳)	71.88±3.56	70.94±4.90	0.40	0.24
身長 (cm)	153.06±4.59	151.46±6.13	0.26	0.32
体重 (kg)	54.07±7.06	45.58±5.82	<0.01	1.25
SMI (kg/m ²)	6.36±0.50	5.39±0.28	<0.01	2.13
握力 (kg)	23.08±3.62	21.14±1.88	<0.05	0.59
通常歩行速度 (m/sec)	1.36±0.20	1.37±0.23	0.82	0.06
最速歩行速度 (m/sec)	1.83±0.23	1.85±0.22	0.76	0.09
膝伸展筋力 (kgf)	20.21±4.16	18.76±3.41	0.21	0.36
上体起こし (回)	9.16±6.07	3.65±4.24	<0.01	0.97
長座体前屈距離 (cm)	36.94±7.63	33.06±8.24	0.08	0.50
開眼片脚立ち時間 (秒)	28.48±24.60	28.56±27.55	0.99	0.00
MMSE (点)	28.67±1.59	28.00±1.77	0.15	0.41
TMT-A (秒)	94.92±23.29	102.76±34.01	0.30	0.30

SMI: Skeletal Muscle Mass Index, MMSE: Mini-Mental State Examination, TMT-A: Trail making test-Part A

められなかった (表1)。

2. 正常筋肉量群およびプレサルコペニア群の通常歩行速度・最速歩行速度と身体機能・認知機能との相関分析

正常筋肉量群およびプレサルコペニア群における通常歩行速度と身体機能・認知機能との相関係数を表2に、最速歩行速度と身体機能・認知機能との相関係数を表3に示す。各群の通常歩行速度と相関係数 (絶対値) 0.4以上の有意な相関を示した項目は、プレサルコペニア群の膝伸展筋力 ($r=0.51$), TMT-A ($r=-0.52$) の2項目であった。一方、正常筋肉量群の通常歩行速度と相関係数0.4以上の有意な相関を示す項目はなかった。

各群の最速歩行速度と相関係数 (絶対値) 0.4以上の有意な相関を示した項目は、プレサルコペニア群の膝伸展筋力 ($r=0.74$), 開眼片脚立ち時間 ($r=0.56$), TMT-A ($r=-0.66$) の3項目であった。一方、正常筋肉量群では相関係数0.4以上の有意な相関を示す項目はなかった。

IV. 考 察

プレサルコペニアは、筋力や身体機能 (歩行速度) の低下はないが、筋肉量の減少のみを認める段階であり、サルコペニアの前段階に位置づけられる⁹⁾。本研究対象者の測定項目を比較した結果、プレサルコペニア高齢者は筋肉量の指標である SMI の有意な減少に加え、筋力の指標である握力および上体起

こしに有意な低下を示したことから、正常な筋肉量の高齢者に比べ、身体機能において虚弱な傾向を示すことが示唆された。

本研究では、プレサルコペニア高齢者と正常筋肉量の高齢者における歩行速度と身体機能・認知機能との

表2 通常歩行速度と身体機能・認知機能の相関分析

	正常筋肉量群 (n=48)		プレサルコペニア群 (n=17)	
	通常歩行速度 相関係数	p 値	通常歩行速度 相関係数	p 値
膝伸展筋力	0.27	0.08	0.51	<0.05
上体起こし	0.14	0.38	0.12	0.66
長座体前屈距離	0.14	0.35	0.12	0.65
開眼片脚立ち時間	0.36	<0.05	0.35	0.17
MMSE	0.10	0.51	0.03	0.90
TMT-A	-0.27	0.06	-0.52	<0.05

MMSE: Mini-Mental State Examination, TMT-A: Trail making test-Part A

表3 最速歩行速度と身体機能・認知機能の相関分析

	正常筋肉量群 (n=48)		プレサルコペニア群 (n=17)	
	最速歩行速度 相関係数	p 値	最速歩行速度 相関係数	p 値
膝伸展筋力	0.33	<0.05	0.74	<0.01
上体起こし	0.15	0.34	-0.17	0.50
長座体前屈距離	0.16	0.28	0.32	0.21
開眼片脚立ち時間	0.39	<0.05	0.56	<0.05
MMSE	0.24	0.10	0.18	0.48
TMT-A	-0.22	0.13	-0.66	<0.01

MMSE: Mini-Mental State Examination, TMT-A: Trail making test-Part A

関連を検討した。その結果、プレサルコペニア高齢者の通常歩行速度には下肢筋力および注意機能が関連し、最速歩行速度にはそれらに加えてバランス能力が関連することが示された。一方、正常筋肉量の高齢者においては、相関係数0.4以上の相関を示す項目は認められなかった。

高齢期における下肢筋力低下は、将来の歩行能力低下に影響を及ぼす要因²⁶⁾とされ、歩行能力の維持に下肢筋力は必要不可欠な機能である。下肢筋力の指標とした膝伸展筋力と歩行速度との関連については、最速歩行速度は膝伸展筋力と関連する^{11, 27)}ことが明らかであるが、通常歩行速度では膝伸展筋力との関連を認めないとする報告^{28, 29)}が多い。この要因として、最速歩行時には通常歩行時と比べ下肢筋群に2倍前後の筋活動が生じる³⁰⁾ことから、最速歩行においてより強い下肢筋力の発揮が要求されるためであると考えられる。本研究のプレサルコペニア高齢者では、最速歩行速度のみならず通常歩行速度でも膝伸展筋力との関連が認められた。このことは、プレサルコペニア高齢者が少ない筋肉量で相対的に大きな筋力の発揮が求められた可能性があり、通常歩行速度においても努力性の歩行を呈したものと推察した。また、相関係数の絶対値が正常筋肉量の高齢者に比べプレサルコペニア高齢者で明らかに高い値を示すことから、プレサルコペニア高齢者の歩行速度はより筋力の影響を受けることが示唆された。

またプレサルコペニア高齢者では、通常歩行速度および最速歩行速度と注意機能の指標としたTMT-Aとの間に有意な相関が認められた。すなわち、プレサルコペニア高齢者は、注意機能が低下するほど歩行速度が遅くなるという関係が示された。注意機能と歩行との関係について、辻井ら³¹⁾は、高齢者の最速歩行速度に影響を及ぼす要因として注意機能が抽出されたことを報告している。また、山田ら¹⁷⁾やHollmanら³²⁾は、注意機能の低下は二重課題条件下の歩行速度が低下するだけでなく、安定性の低下や不規則なリズムとなることを明らかにしている。特に、歩行能力が低下した高齢者ほど、歩行を行うこと自体に大きな注意が必要になる¹⁷⁾と考えられることから、本研究で対象としたプレサルコペニア高齢者は、歩行に対して大きな注意配分が必要となり、不安定な歩行状態である可能性が示された。

さらに、プレサルコペニア高齢者の最速歩行速度とバランス能力との間に有意な正の相関が認められた。

歩行動作は、重心を移動させながら片脚支持期と両脚支持期を交代させ、力学的にはバランスが失われ、再び元に戻ることが規則的に反復する現象³³⁾であることから、バランス能力は歩行の遂行において重要な要因と考えられる。先行研究においても、歩行速度は開眼片足立ち時間と関連する^{15, 34)}ことが報告されており、本研究のプレサルコペニア高齢者も先行研究の結果を支持した。このことより、プレサルコペニア高齢者の最速歩行は、バランス能力を必要とする不安定な歩行であり、それを安定化させるために最速歩行速度とバランス能力との間に関連が認められたものと推察した。

一方、正常筋肉量の高齢者においては、通常歩行速度と開眼片足立ち時間、最速歩行速度と膝伸展筋力および開眼片足立ち時間とに弱い関連が認められたものの、相関係数0.4以上の関連を認める項目はなかった。大杉ら³⁴⁾は、歩行動作は筋力やバランス能力などの種々の身体機能と関連し、それぞれが複合的に機能することで行為が遂行されると述べている。言い換えれば、本研究の正常な筋肉量を有する高齢者は、個々の機能のどれかに依存するのではなく、それぞれを効率よく機能させて歩行動作を遂行しているため、いずれの項目とも明らかな関連が認められなかったものと推察した。

これらの知見より、プレサルコペニア高齢者の通常歩行速度には下肢筋力および注意機能が関連し、最速歩行速度にはそれらに加えてバランス能力が関連することが示された。一方、正常筋肉量の高齢者においては、身体機能や認知機能の個々の機能との間に関連は認められなかった。このことは、プレサルコペニア高齢者は正常な筋肉量の高齢者に比べ、努力性の高い歩行である可能性が示され、プレサルコペニア高齢者が心身機能のわずかな低下をきっかけに歩行能力低下をきたすリスクを有すると考えられた。ただし、本研究の結果は女性高齢者のみを対象とした検討であり、一般化するためには男性高齢者も含めた検討が必要である。

引用文献

- 1) 眞竹明宏, 三浦由紀子, 福元清剛: 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, 山口県立大学看護学部紀要, 2007, 11: 1-6.
- 2) Nagasaki H, Itoh H, Furuna T.: The structure underlying physical performance measures for older adults in the community. *Aging Clin Exp Res*, 1995, 7(6): 451-458.
- 3) 杉浦美穂, 長崎浩, 古名丈人・他: 地域高齢者の歩行能力.

- 体力科学, 1998, 47(4): 443-452.
- 4) Kaneko M, Morimoto Y, Kimura M, et al.: A kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can J Spt Sci*, 1991, 16(3): 223-228.
 - 5) Studenski S, Perera S, Patel K, et al.: Gait speed and survival in older adults. *Jama*, 2011, 305(1): 50-58.
 - 6) Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al.: Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2001, 56(3): M 146-M 157.
 - 7) Xue QL: The frailty syndrome: definition and natural history. *Clin Geriatr Med*, 2011, 27(1): 1-15.
 - 8) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al.: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 2010, 39(4): 412-423.
 - 9) Chen LK, Liu LK, Woo J, et al.: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 2014, 15(2): 95-101.
 - 10) Furuta T, Nagasaki H, Nishizawa S, et al.: Longitudinal change in the physical performance of older adults in the community. *J Jpn Phys Ther Assoc*, 1998, 1(1): 1-5.
 - 11) 山崎裕司, 黒沢保寿, 山田純生・他: 高齢者の膝伸展筋力と歩行速度, 独歩自立との関連. 総合リハ, 1998, 26(7): 689-692.
 - 12) Buchner DM, Larson EB, Wagner EH, et al.: Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age and ageing*, 1996, 25(5): 386-391.
 - 13) 金子諒, 藤澤真平, 佐々木誠: 足趾把持筋力トレーニングが最大速度歩行時の床反力に及ぼす影響. 理学療法科学, 2009, 24(3): 411-416.
 - 14) 池田望, 村田伸, 大田尾浩・他: 地域在住女性高齢者の握力と身体機能との関係. 理学療法科学, 2011, 26(2): 255-258.
 - 15) Wu T: 高齢女性の歩行能力と基礎的体力要因との関連. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 第二部, 文化教育開発関連領域, 2004, 52: 279-286.
 - 16) Auyeung TW, Kwok T, Lee J, et al.: Functional decline in cognitive impairment-the relationship between physical and cognitive function. *Neuroepidemiology*, 2008, 31(3): 167-173.
 - 17) 山田実, 村田伸, 太田尾浩・他: 高齢者における二重課題条件下の歩行能力には注意機能が関与している. 理学療法科学, 2008, 23(3): 435-439.
 - 18) 加藤宗規, 山崎裕司, 終幸伸・他: ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸展筋力の測定-固定用ベルトの使用が検者間再現性に与える影響-. 総合リハ, 2001, 29(11): 1047-1050.
 - 19) Hairi NN, Cumming RG, Naganathan V, et al.: Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. *J Am Geriatr Soc*, 2010, 58(11): 2055-2062.
 - 20) Folstein M.: Mini-mental and son. *Int J Geriatr Psych*, 1998, 13(5): 290-294.
 - 21) Cullen B, Fahy S, Cunningham CJ, et al.: Screening for dementia in an Irish community sample using MMSE: a comparison of norm-adjusted versus fixed cut-points. *Int J Geriatr Psych*, 2005, 20(4): 371-376.
 - 22) Tombaugh TN: Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Arch Clin Neuropsych*, 2004, 19(2): 203-214.
 - 23) Heilbronner RL, Henry GK, Buck P, et al.: Lateralized brain damage and performance on trail making A and B, digit span forward and backward, and TPT memory and location. *Arch Clin Neuropsych*, 1991, 6(4): 251-258.
 - 24) 水本篤, 竹内理: 効果量と検定力分析入門-統計的検定を正しく使うために-. 外国語教育メディア学会 (LET) 関西支部メソドロジー研究部会2010年度報告論集, 2010: 47-73.
 - 25) 渡辺和之, 菊地臣一, 紺野慎一・他: 整形外科患者に対する精神医学的問題評価のための簡易質問表 (BS-POP) -妥当性の検討. 臨床整形外科, 2005, 40(7): 745-751.
 - 26) Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, et al.: Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *J Am Geriatr Soc*, 2001, 49(1): 21-27.
 - 27) 村田伸, 大田尾浩, 村田潤・他: 虚弱高齢者における Timed Up and Go Test, 歩行速度, 下肢機能との関連. 理学療法科学, 2010, 25(4): 513-516.
 - 28) Burnfield JM, Josephson KR, Powers CM, et al.: The influence of lower extremity joint torque on gait characteristics in elderly men. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000, 81(9): 1153-1157.
 - 29) Judge JO, Underwood M, Gennosa T.: Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 1993, 74(4): 400-406.
 - 30) 小澤実奈, 村田伸, 窓場勝之・他: 最適歩行と最速歩行中の歩行パラメーターと下肢筋活動の比較. ヘルスプロモーション理学療法研究, 2016, 5(4): 179-183.
 - 31) 辻井優衣, 村尾太郎, 岩瀬弘明・他: 地域在住女性高齢者の最速歩行時の歩行パラメータと身体機能との関連. ヘルスプロモーション理学療法研究, 2018, 8(2): 65-70.
 - 32) Hollman JH, Kovash FM, Kubik JJ, et al.: Age-related difference in stride-to-stride variability during dual task walking: a pilot study. *J Geriatr Phys Ther*, 2004, 27(3): 83-87.
 - 33) 中村隆一, 斎藤宏, 長崎浩: 基礎運動学第6版補訂. 医歯薬出版, 東京, 2012: 379-439.
 - 34) 大杉紘徳, 村田伸, 堀江淳・他: 地域在住高齢者の各種歩行パラメータに関連する要因分析. ヘルスプロモーション理学療法研究, 2014, 4(1): 31-35.