

高齢者の歩行速度とバランス能力, 筋力, 年齢の関係

坂田 凱¹⁾²⁾ 執行大樹¹⁾ 永森健大¹⁾ 吉野開人¹⁾ 八谷瑞紀¹⁾
釜崎大志郎¹⁾ 北島貴大²⁾ 中村正造³⁾ 大田尾 浩¹⁾

要旨 [目的] 年齢や筋力, バランス能力が高齢者の歩行速度にどの程度寄与するかを検証した。[対象] 高齢者1,339名(平均年齢78±7歳)とした。[方法] 測定項目は, 年齢, 歩行速度, 握力合計, 膝伸展筋力比, 片足立ち合計とした。歩行速度と各測定項目との関連は相関係数および曲線回帰分析で検討した。次に, 歩行速度を従属変数とした重回帰分析を実施し, 歩行速度に及ぼす影響度を比較した。[結果] 歩行速度と相関が強い順に, 片足立ち合計, 握力合計, 膝伸展筋力比, 年齢に有意な相関が認められた。歩行速度を予測する回帰式は予測精度が高い順に, 片足立ち合計, 握力合計, 膝伸展筋力比, 年齢であった。重回帰分析の結果, 歩行速度へ寄与が高い順に, 片足立ち合計, 握力合計, 膝伸展筋力比, 年齢であった。[結語] 高齢者の歩行速度には, 片足立ち合計, 握力合計, 膝伸展筋力比, 年齢の順に寄与することが明らかとなった。またこれらの因子は高齢者の歩行速度の55.7%を説明した。

Key words : 歩行速度, バランス能力, 筋力

I. はじめに

歩行速度は全身状態を反映するとされている。高齢者の歩行速度は, 健康と関係のある指標 (BMI, 腹囲, 血圧, 主観的健康観) と関連する¹⁾。実際, 男女ともに歩行速度が速い者は死亡リスクが低い²⁾。近年はサルコペニアの研究により, 歩行速度は筋量や筋力のみならず骨密度³⁾や栄養状態の変化⁴⁾を捉えることが明らかにされつつある。このように, 歩行速度は高齢者の包括的な評価法と言える⁴⁾。

歩行速度は加齢に伴い低下することが知られている。移動能力に着目した追跡調査によると, 60歳代に持久力と歩行速度が低下することが明らかにされている⁵⁾。また, 運動介入を受けていない施設入所者は, 月平均でTUG (timed up and go test) は2.8%, 歩行速度は2.1%減少すると報告されている⁶⁾。このように, 高齢者の歩行速度は, 加齢に伴い低下し, また活動量や機能低下を反映する指標とされる。

歩行速度は, 簡便で定量的な評価法である。歩行路

の設定とストップウォッチの準備だけで測定が可能である。歩行能力は, 年齢や筋力, 運動制御等の影響を受けるが, 姿勢制御の関与も大きい⁷⁾。姿勢バランスが不安定な高齢者は, 転倒のリスクが高く, バランス能力の低下と歩行能力の低下は強く関連している⁷⁾。とくに高齢者の場合, 歩行速度の低下には筋力の衰退が影響を及ぼす⁸⁾⁻¹¹⁾。このように, 歩行能力は年齢やバランス能力, 筋力が影響することが既に明らかになっている。

本研究は, 既に高齢者の歩行能力に関連すると明らかにされている年齢, 握力, 膝伸展筋力および片足立ちの各因子が歩行速度にどの程度寄与しているかを検証することを目的とした。本研究の結果は, 高齢者の歩行能力の維持や再獲得のために実施する理学療法に資すると考える。

受付日: 令和3年11月1日, 採択日: 令和3年12月1日

1) 西九州大学リハビリテーション学部 リハビリテーション学科 理学療法専攻

2) ひらまつ病院リハビリテーション科

3) 河畔病院リハビリテーション科

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、65歳以上の高齢者1,339名（男性365名、女性974名、平均年齢 78 ± 7 歳）とした（表1）。対象の取り込み基準は、歩行が可能な65歳以上の高齢者とし、移動に車いすを併用している者や歩行時に介助が必要な者は除外した。

なお、対象者には研究の趣旨と内容について十分に説明し、理解を得たうえで協力を求めた。なお、研究への参加は自由意志であり、対象者にならなくても不利益にならないことを説明した。研究調査が行われた施設の長および現場責任者の許可を得てから実施した。

表1. 対象の基本属性 (n=1,339)

性別(男性/女性)(人)	365 / 974
年齢(歳)	78 ± 7
身長(cm)	152.2 ± 8.5
体重(kg)	51.9 ± 10.0
BMI(kg/m ²)	22.3 ± 3.5
握力右(kg)	20.9 ± 7.5
握力左(kg)	18.3 ± 8.0
握力合計(kg)	39.2 ± 14.6
膝伸展筋力右(kgf)	15.3 ± 7.5
膝伸展筋力左(kgf)	14.5 ± 7.2
膝伸展筋力比(kgf/kg)	0.57 ± 0.25
片足立ち右(秒)	21 ± 33
片足立ち左(秒)	20 ± 32
片足立ち合計(秒)	41 ± 60
歩行速度(m/s)	1.32 ± 0.63

(平均±標準偏差)

2. 方法

測定項目は、握力、膝伸展筋力、片足立ち、歩行速度とした。

握力は、デジタル握力計（T.K.K. 5401、竹井機器工業）で左右2回ずつ測定した。肘関節は伸展位とし体幹や下肢に上肢が触れないように注意した。計測は、左右各2回実施し、それぞれの最大値を握力（kg）とした。また、左右の合計値を算出した。

膝伸展筋力の測定は、固定ベルトを装着したハンドヘルドダイナモメーター（ミュータス F1、アニマ社）を用い大腿四頭筋の筋力を測定した。測定には背もたれのない椅子を用い、肢位は座位とし体幹は垂直位、両上肢は胸の前で組ませた。センサー部分を下腿遠位部前面にベルトで固定した。計測は左右2回ずつ実施し、それぞれの最大値を膝伸展筋力（kgf）とした。

また左右の合計値を体重で除した膝伸展筋力比（kgf/kg）を算出した。

片足立ちは、測定の上限を120秒とし、左右1回ずつ測定した。挙げている足が支えている足に触れたり、立位を保持している足が動いたりした場合も、その時点で測定を終了した。

歩行速度は、平地11mをなるべく速く歩いてもらい、歩行路の中間5mの歩行所要時間をストップウォッチで測定した。測定は2回行い、その最短値を歩行時間とした。測定された歩行時間から速度を求め、歩行速度（m/s）とした。

統計処理は、歩行速度と各測定項目との関連をPearsonの相関係数および曲線回帰分析から検討した。次に、歩行速度を従属変数とした重回帰分析により、歩行速度に関係する各測定項目の影響を検討した。強制投入法により各独立変数の影響度を比較した。なお、統計解析にはSPSS statistics V25.0（IBM）を用いた。

III. 結果

対象の内訳は、地域在住の自立した高齢者が430名、通所リハビリテーションを利用する要介護高齢者が788名（うち要支援高齢者653名、要介護高齢者135名）、入院および通院加療中の高齢者が121名であった。また、既往・現病歴がない高齢者が393名、運動器疾患が309名、脳血管疾患が297名、難病疾患が55名、心大血管疾患が14名、呼吸器疾患が9名、その他疾患が262名であった。

歩行速度と各測定項目の相関分析の結果、相関が強い順に片足立ち合計、握力合計、膝伸展筋力比、年齢に中等度（ $|r| = 0.40$ ）以上の有意な相関が認められた（表2）。また、歩行速度と各測定項目の曲線回帰分析の結果、各回帰式の精度が高い順に、片足立ち合計（ $R^2 = 0.470$ ）（図1）、握力合計（ $R^2 = 0.358$ ）（図2）、膝伸展筋力比（ $R^2 = 0.307$ ）（図3）、年齢（ $R^2 = 0.235$ ）（図4）であった（表3）。なお、線形（1次）回帰式と曲線（2次）回帰式の採用は R^2 値から判断し、いずれも曲線回帰式が選択された。

次に、重回帰分析の結果、歩行速度への影響が強い順に、片足立ち合計（標準化係数：0.302）、握力合計（同：0.279）、膝伸展筋力比（同：0.251）、年齢（同：-0.192）であった。ANOVAから重回帰式の有意性を確認し、各独立変数の標準化係数も有意であった。 R^2 は0.5以上と予測精度は高かった。多重共線性を確認するためにVIFを算出したが、10を超える値はな

表 2. 各測定項目の相関係数

	歩行速度	握力右	握力左	握力合計	膝伸展 筋力右	膝伸展 筋力左	膝伸展 筋力比	片足立ち 右	片足立ち 左	片足立ち 合計
握力右	0.481**									
握力左	0.587**	0.734**								
握力合計	0.576**	0.927**	0.929**							
膝伸展筋力右	0.512**	0.537**	0.556**	0.582**						
膝伸展筋力左	0.500**	0.547**	0.525**	0.576**	0.744**					
膝伸展筋力比	0.549**	0.407**	0.460**	0.464**	0.838**	0.834**				
片足立ち右	0.546**	0.330**	0.367**	0.374**	0.305**	0.300**	0.367**			
片足立ち左	0.537**	0.317**	0.357**	0.355**	0.301**	0.323**	0.382**	0.746**		
片足立ち合計	0.579**	0.347**	0.389**	0.392**	0.323**	0.335**	0.401**	0.928**	0.932**	
年齢	-0.478**	-0.420**	-0.295**	-0.377**	-0.328**	-0.337**	-0.310**	-0.382**	-0.399**	-0.419**

Pearson の相関係数, *p<0.05, **p<0.01

表 3. 各測定項目の曲線回帰分析

方程式	モデルの要約			パラメータ推定値		
	R 2 乗	F 値	有意確率	定数	b 1	b 2
片足立ち合計	線形 (1 次)	0.332	634.594	0.000	0.343	0.025
	曲線 (2 次)	0.470	501.845	0.000	0.928	0.018
握力合計	線形 (1 次)	0.332	634.594	0.000	0.343	0.025
	曲線 (2 次)	0.358	355.434	0.000	-0.235	0.054
膝伸展筋力比	線形 (1 次)	0.302	524.919	0.000	0.501	1.387
	曲線 (2 次)	0.307	269.058	0.000	0.332	1.964
年齢	線形 (1 次)	0.228	373.162	0.000	4.600	-0.042
	曲線 (2 次)	0.235	194.159	0.000	9.960	-0.179

従属変数：歩行速度

表 4. 歩行速度に関連する要因の影響程度

	非標準化係数		標準化係数	t 値	有意確率 (P)	95.0% 信頼区間		VIF
	B	標準誤差	ベータ			下限	上限	
定数	1.643	0.174		9.438	0.000	1.301	1.984	
握力合計	0.012	0.001	0.279	11.671	0.000	0.010	0.014	1.390
膝伸展筋力比	0.616	0.058	0.251	10.550	0.000	0.501	0.731	1.378
片足立ち合計	0.003	0.000	0.302	12.620	0.000	0.003	0.004	1.391
年齢	-0.016	0.002	-0.192	-8.268	0.000	-0.020	-0.013	1.310

重回帰分析 (強制投入法), ANOVA p<0.01, R²=0.577, Durbin Watson=1.314

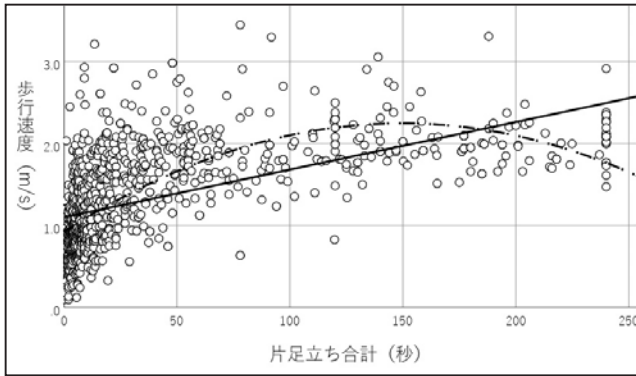


図1. 歩行速度と片足立ち合計の曲線回帰分析
片足立ちの測定は120秒を上限とした。ここでは左右の合計値で表している。つまり、片足立ち合計の上限は240秒となる。

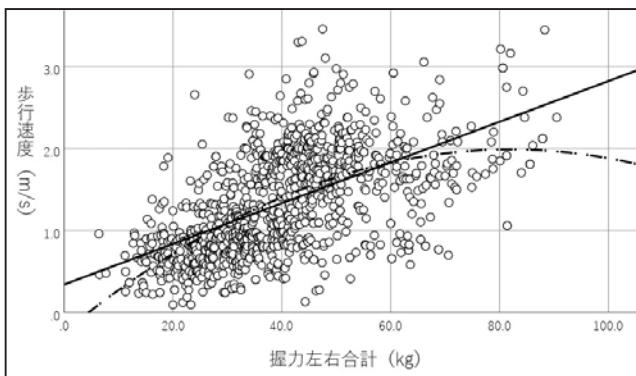


図2. 歩行速度と握力合計の曲線回帰分析

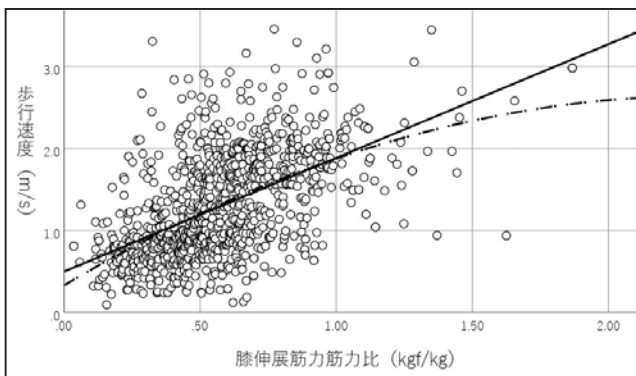


図3. 歩行速度と膝伸展筋力比の曲線回帰分析

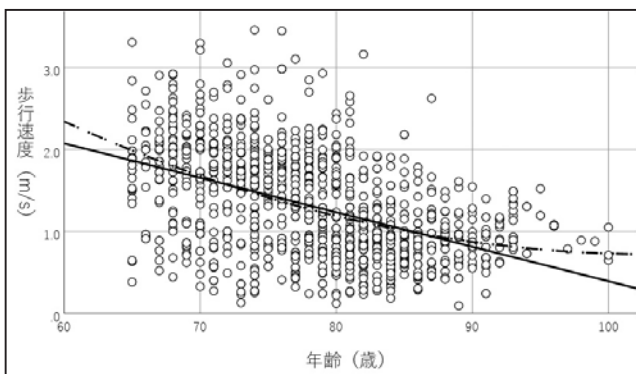


図4. 歩行速度と年齢の曲線回帰分析

かった。Durbin Watsonにより残差を確認し1.314と異常がないことを確認した(表4)。

IV. 考察

本研究は、走ることができる高齢者から、歩行補助具を用いてなんとか歩行できている高齢者までを分析対象とした。相関分析の結果から、歩行速度が速いほど片足立ちは長く、握力と膝伸展筋力は強く、若かった。また、個々の因子から高齢者の歩行速度を予測し回帰式が成り立つかを確認した。いずれの測定項目も、曲線(2次)回帰式の方が線形(1次)回帰式よりも予測精度が高かった。換言すると、各測定項目が向上すると歩行速度は速くなるが、ある一定レベルで閾値に到達すると歩行速度はそれ以上に速くならないことを示している。歩行速度を推定できた測定項目は、予測精度が高い順に片足立ち合計、握力合計、膝伸展筋力比、年齢であった。さらに、各測定項目の組み合わせにより歩行速度を推定できるかを重回帰分析から検証した。標準化係数から判断した歩行速度への影響度は、片足立ち合計、握力合計、膝伸展筋力比、年齢の順に高かった。また、これらの因子で、高齢者の歩行速度の57.7%を説明できた。

曲線回帰分析の結果から、片足立ち合計と歩行速度は曲線的関係にある可能性がある。高齢者のバランス能力は、抵抗運動による筋力強化、太極拳やダンスにより改善することが知られている¹²⁾。加えて、歩行をすることでバランス能力を効果的に改善することができる¹²⁾。歩行速度とバランス能力は相互に影響しあい、その関連も強い⁷⁾。つまり、バランス能力が向上すると歩行速度は改善し、歩行速度が向上するとバランス能力は改善する。歩行速度とバランス能力の因果関係を明らかにすることはできないが、本研究の結果から高齢者の歩行速度の改善には、ある一定程度の片足立ち能力が必要であることが示された。

次に、歩行速度と関連を認めたのは、握力合計と膝伸展筋力比であった。歩行速度と膝伸展筋力比は非線形の関係にあることが確認された。また、本研究において握力合計と歩行速度は非線形の関係にあることを新たに確認した。高齢者を対象とした調査では、下肢筋力は歩行速度を線形モデルで17%説明したが、非線形モデルでは22%説明できたと報告している¹³⁾。本研究においても、先行研究と同様に高齢者の歩行速度は、膝伸展筋力と非線形の関係にあることが確認され、先行研究を追認した。一方、膝伸展筋力よりも握力の方

が, 歩行速度との関係が強かった. これまで, 地域在住高齢者の移動能力の制限は握力が識別することが報告されている¹⁴⁾. また, TKA 術後患者の階段昇降の獲得は, 術前の握力で予想できることが示されている¹⁵⁾. 握力は全身状態の指標であり, 歩行能力と握力の関連が強いのは妥当であると考えられる.

本研究の結果から, 高齢者の歩行速度には, 影響の程度が強い順に片足立ち合計, 握力合計, 膝伸展筋力比, 年齢が関係することが明らかとなり, またこれらの因子は歩行速度の57.5%を説明できることが明らかとなった. 健常高齢者を対象とした調査では, 歩行速度は筋力とバランスが大部分を構成すると結論付けている¹⁶⁾. 虚弱高齢者を対象に含めた本研究でも同様の結果であり, バランス能力と筋力の重要性が再確認された. ただ, 本研究は横断研究であることから因果関係に言及することはできず, バランス能力や筋力を向上させると歩行速度が速くなるとは言えない. また, 高齢者の歩行速度には, 本研究の測定項目以外の要因が影響している可能性が残された.

[引用文献]

- 1) De la Cámara MÁ, Higuera-Fresnillo S, Sadarangani KP, et al.: Clinical and ambulatory gait speed in older adults: Associations with several physical, mental, and cognitive health outcomes. *Phys Ther*, 2020, 100 (4): 718-727.
- 2) Celis-Morales CA, Gray S, Petermann F, et al.: Walking pace is associated with lower risk of all-cause and cause-specific mortality. *Med Sci Sports Exerc*, 2019, 51(3): 472-480.
- 3) Matsumoto H, Tanimura C, Tanishima S et al.: Association between speed of sound of calcaneal bone assessed by quantitative ultrasound and sarcopenia in a general older adult population: A cross-sectional study. *J Orthop Sci*, 2019, 24 (5): 906-911.
- 4) Tabue-Teguo M, Perès K, Simo N, et al.: Gait speed and body mass index: Results from the AMI study. *PLoS One*, 2020, 15 (3): e 0229979.
- 5) Hall KS, Cohen HJ, Pieper CF, et al.: Physical performance across the adult life span: Correlates with age and physical activity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2017, 72 (4): 572-578.
- 6) Masciocchi E, Maltais M, Rolland Y, et al.: Time effects on physical performance in older adults in nursing home: A narrative review. *J Nutr Health Aging*, 2019, 23 (6): 586-594.
- 7) Pua YH, Ong PH, Clark RA, et al.: Falls efficacy, postural balance, and risk for falls in older adults with falls-related emergency department visits: prospective cohort study. *BMC Geriatr*, 2017, 17 (1): 291.
- 8) Lord SR, Lloyd DG, Li SK.: Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, 1996, 25 (4): 292-299.
- 9) Bohannon RW.: Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 1997, 26 (1): 15-19.
- 10) Ferrucci L, Guralnik JM, Buchner D, et al.: Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: The women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 1997, 52 (5): M 275-285.
- 11) Judge JO, Underwood M, Gennosa T.: Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 1993, 74 (4): 400-406.
- 12) Howe TH, Rochester L, Nei FI, Skelton DA, et al.: Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, 9; (11): CD 004963.
- 13) Buchner DM, Larson EB, Wagner, EH et al.: Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing*, 1996, 25 (5): 386-391.
- 14) Vasconcelos KS, Domingues JD, Bastone Ade C, et al.: Handgrip strength cutoff points to identify mobility limitation in community-dwelling older people and associated factors. *J Nutr Health Aging*, 2016, 20 (3): 306-315.
- 15) Hashimoto S, Hatayama K, Terauchi M, et al.: Preoperative hand-grip strength can be a predictor of stair ascent and descent ability after total knee arthroplasty in female patients. *J Orthop Sci*, 2020, 25(1):167-172.
- 16) Mantel A, Trapuzzano A, Chizmar S, et al.: An Investigation of the Predictors of Comfortable and Fast Gait Speed in Community-Dwelling Older Adults. *Phys Ther*, 2019, 42 (4): E 62-E 68.