

研究報告



転倒低リスク高齢者の Sit-To-Walk におけるステップ時間変動係数の転倒リスク評価指標としての有用性*

伊井公一¹⁾・鈴木一弘¹⁾・山中健行¹⁾・山田和政²⁾

【目的】既存の身体機能評価結果より転倒リスクが低いと判断された高齢者（以下、転倒低リスク高齢者）でもしばしば転倒することがある。転倒低リスク高齢者に対し、椅子からの立ち上がりと歩行の一連動作である Sit-To-Walk におけるステップ時間の変動係数（以下、STWCV 値）が、転倒リスクの評価指標として有用か否かを調査することとした。【方法】Timed Up and Go Test 10 秒以下、Functional Reach Test 15.3 cm 以上で転倒リスクが低いと判別された地域在住高齢女性 111 名（平均年齢 80.0 ± 5.2 歳）を対象に、加速度計を用いて STWCV 値を計測した。加えて、歩行動作でのステップ時間変動係数、下肢筋力、5 m 歩行時間、転倒恐怖心を計測し、過去 1 年以内の転倒経験との関連について分析し、STWCV 値についてはカットオフ値を算出した。【結果】STWCV 値 ($p < 0.01$) と転倒恐怖心 ($p < 0.05$) において転倒経験と関連が認められた。STWCV 値のカットオフ値は 10.3% であった。【結論】STWCV 値は、転倒低リスク高齢者の転倒予測指標として有効である可能性が示唆された。

キーワード：転倒リスク評価指標、STWCV 値、転倒低リスク高齢者

はじめに

日常生活では、立位姿勢から歩き出すだけでなく、椅子から立ち上がりながら歩行する Sit-To-Walk（以下、STW）が多くみられる（図 1）。STW は、椅子から立ち上がりながら歩行する過渡動作であり、1 日平均 26 回も行われている¹⁾。そのため、動作の過渡期に転倒しやすい高齢者²⁾にとって見過ごすことのできない重要な動作といえる。既存の代表的な転倒リスク評価である Timed Up and Go Test（以下、TUG テスト）や Functional

Reach Test（以下、FR テスト）においてそれぞれのカットオフ値をクリアした身体機能の良好な高齢者（以下、転倒低リスク高齢者）でもしばしば転倒を経験するなど、身体機能評価でのカットオフ値が適用できないことも指摘されている³⁻⁵⁾。そのため転倒低リスクと判別された高齢者のさらなる転倒予測評価が必要と考える。

近年、小型 3 軸加速度計を用いて歩行周期のばらつきである変動係数（以下、CV 値）から転倒を予測する報告が増えている。Hausdorff ら⁶⁾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て歩行周期の CV 値が有意に大きく、この値が最大歩行速度や TUG テストの遂行時間（以下、TUG 遂行時間）などの身体機能指標よりも転倒を予測することのできる指標であると報告している。また、我々は、これまでに転倒低リスク高齢者を対象にした歩行動作と STW の歩幅、一步速度の CV 値に着目した調査を行い、歩行動作では転倒経験の有無で定常歩行に至る歩数に差がみられなかったが、STW では転倒経験の有無で定常歩行に至る歩数に違いがあることを明らかにした⁷⁾。この研究では、定常歩行の決定を CV 値がある一

* Usefulness of coefficient of variation in step time during sit-to-walk task in evaluating the risk index for falls in elderly people with low risk of falling

1) 医療法人光生会 赤岩病院 リハビリテーション部
(〒440-0021 愛知県豊橋市多米町字蟬川 33-70)
Masakazu Ii, PT, MS, Kazuhiro Suzuki, PT, Takeyuki Yamanaka, OT: Department of Rehabilitation, Akaiwa Hospital

2) 星城大学 リハビリテーション学部
Kazumasa Yamada, PT, PhD: Division of Physical Therapy,
School of Care and Rehabilitation, Seijoh University

E-mail: iimasakazu1006@yahoo.co.jp

(受付日 2022 年 9 月 28 日 / 受理日 2022 年 11 月 2 日)

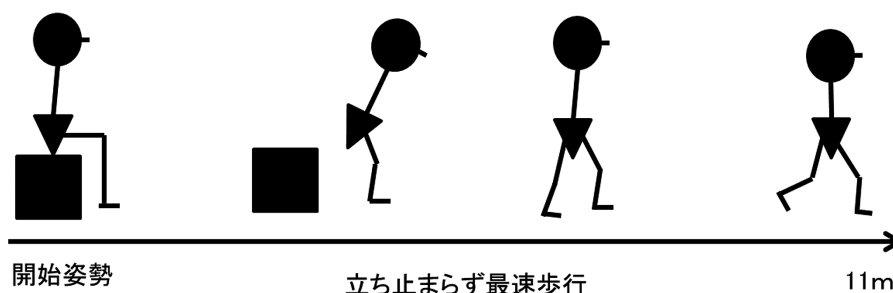


図1. Sit-To-Walk

定の水準に落ち着いた地点としており、身体機能が比較的良好な転倒低リスク高齢者では、歩行動作よりも難易度が高いSTWの方が転倒経験の有無を反映することができると考察した。

これらのことから、既存の身体機能での転倒リスク評価では判断できない転倒低リスク高齢者においても、STWでの歩行周期のCV値は転倒リスク評価指標として活用できるのではないかと考える。

そこで本研究では、転倒低リスク高齢者のSTWにおけるステップ時間CV値（以下、STWCV値）の転倒リスク評価指標としての有用性を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

当院が開催する運動教室に参加した地域在住高齢女性のうち、TUG遂行時間がTruebloodら⁸⁾の報告するカットオフ値10秒未満かつFRテストでのリーチ距離（以下、FR距離）が15.3 cm以上⁹⁾をクリアし、転倒リスクが低いと判断された者を対象とした。なお、認知症により本研究内容を理解できない者、中枢神経疾患や整形外科疾患により自力にて本研究課題が遂行できない者は、あらかじめ対象から除外した。

本研究の倫理事項ならび研究内容については星城大学研究倫理委員会の承認（2017C0007）を得た上で、対象者に対して研究の趣旨を十分に説明し文書による同意を得て実施した。

1. STWと歩行動作におけるステップ時間CV値の計測方法

STWの計測は、股・膝・足関節90°位の椅子座位を開始姿勢とし、椅子から立ち上がり止まることなく最速で11 mの歩行路を歩くよう指示した（図1）。また、歩行動作は立位姿勢を開始姿勢とし同様に歩行路を最速で歩行した。その際、被験者の第3腰椎棘突起部に3軸加速度計（Micro Stone社、MPV-RF 8-CG）を装着した。STWはそ

の特性から起立と歩行開始を同時に行う動作¹⁰⁾であることから、1歩目の開始が加速度計の波形から特定できない。また、歩行動作も同様に歩行開始のタイミングを加速度の波形だけでは特定できないため、加速度計と同期した加速度計専用タブレットカメラ（Micro Stone社、MVP-RF 8-TSG）にて両課題を撮影し、歩行開始を特定した。加速度計、加速度計専用タブレットカメラともにサンプリング周波数は100 Hzとした。歩数は、先行研究⁷⁾においてSTWでの定常歩行に至る歩数が4～5歩であることから両課題ともに1歩目から4歩目までとした。加速度計で得られたデータを付属の専用ソフトを用いて1歩目から4歩目までの踵接地のタイミングを判別し、ステップ時間を算出した。ステップ時間の平均と標準偏差を求め、STWCV値と歩行動作でのステップ時間CV値（以下、歩行CV値）を算出した。なお、計測は2回実施し、その平均値を採用した。

2. 転倒関連項目と計測方法

転倒と関連のある項目として膝伸展筋力（以下、下肢筋力）、5 m歩行時間（以下、歩行時間）、転倒恐怖心、転倒経験を評価した。また、転倒リスクが低いかな否かを判別するため、TUGテストとFRテストも実施した。転倒の定義は、Gibson¹¹⁾の「自らの意思からではなく、地面または膝より低い場所に、手や殿部などが接触すること」とした。

下肢筋力は、ハンドヘルドダイナモメーター（酒井医療社、モービィ）を使用し、股・膝関節90°位の座位にて専用ベルトで下腿部を固定し、左右2回ずつ計測し、最大値を体重で除した筋力体重比（kgf/kg）を用いた。歩行時間は、対象者の持つ歩行パフォーマンスをよりの確に引き出す¹²⁾とされている最大歩行を採用し、平坦な5 mの計測区間の前後に3 mの予備路を加えた全11 mを、「できるだけ早く歩いてください」と口頭で指示し、5 mの最速歩行時間をストップウォッチにて2回計測し、最速値（sec）を採用した。転倒恐怖心

は、Modified Falls Efficacy Scale（以下、MFES）を用いてアンケート調査を行った。転倒経験は、過去1年以内の転倒の有無を口頭にて質問した。

データ分析は、転倒経験の有無より転倒経験あり群と転倒経験なし群の2群に分類し、年齢、身長、体重、TUG 遂行時間、FR 距離、STWCV 値、歩行 CV 値、下肢筋力、歩行時間、MFES について比較した。統計学的手法として、各データの正規性を Shapiro-Wilk 検定を用いて確認した後、対応のない t 検定もしくは Mann-Whitney の U 検定を用いて2群間比較した。また、転倒経験と関連のある因子を調査するためにロジスティック回帰分析を行った。従属変数を転倒経験の有無とし、説明変数は先行研究^{6) 13)}より転倒リスク要因とされている TUG 遂行時間、FR 距離、下肢筋力、歩行時間、歩行 CV 値を選択した。また、STWCV 値の転倒リスク評価として有用性を調査することから STWCV 値を加えた。さらに、転倒は心理的要因もある^{14) 15)}ことから転倒恐怖心の評価である MFES も加えた。多重共線性に関しては、Variance influence factor（以下、VIF）が5点以上¹⁶⁾になる変数を除外した。ステップ時間 CV 値については、Receiver Operating Characteristic 曲線（以下、ROC 曲線）を求め、Youden-index を使用し、感度、特

異度が最大となる点からカットオフ値を定め、指標の判別能については Area Under Curve（以下、AUC）を使用し評価した。なお、統計解析ソフト EZR¹⁷⁾（version 2.7-1, Jichi Medical University）を使用し、有意水準はすべて 5% とした。

結果

転倒リスクが低いと判断された者は 111 名（年齢 80.0 ± 5.2 歳：平均 $\pm$ 標準偏差）で、うち転倒経験あり群は 31 名、転倒経験なし群は 80 名であった。転倒経験あり群は、転倒経験なし群に比べて STWCV 値は有意に大きかったが（ $p < 0.01$ ）、その他については有意な差はみられなかった（表 1）。ロジスティック回帰分析の結果として転倒経験と関連がみられた因子は、STWCV 値と MFES であった。オッズ比（以下、OR）、95% 信頼区間（以下、95%CI）、p 値、VIF は、それぞれ STWCV 値では OR 1.30、95%CI 1.15–1.47、 $p < 0.01$ 、VIF 1.15 であり、MFES では OR 0.88、95%CI 0.79–0.98、 $p < 0.05$ 、VIF 1.35 であった（表 2）。なお、VIF が 5 点以上となる変数は認められなかった。ROC 曲線による解析の結果、AUC は 0.823、95%CI 0.745–0.99 であり、ステップ時間 CV 値のカットオフ値は 10.3%、感度 0.839、特異度 0.713 であった（図 2）。

表 1. 属性と各評価の分析結果

	全体	転倒経験なし群	転倒経験あり群	p値
人数（人）	111	80	31	
年齢（歳）	80 ± 5.2	80 ± 5.1	80 ± 5.6	0.8
身長（cm）	149.9 ± 5.5	150.4 ± 5.3	148.7 ± 5.8	0.14
体重（kg）	51.2 ± 7.2	51.3 ± 6.9	50.9 ± 8.0	0.81
TUG 遂行時間（秒）	6.1 ± 1.1	6.0 ± 1.0	6.2 ± 1.2	0.49
FR 距離（cm）	30.6 ± 6.1	30.9 ± 5.7	29.9 ± 7.0	0.45
STWCV 値（%）	11.0 ± 6.3	9.0 ± 4.8	16.1 ± 6.8	< 0.01
歩行 CV 値（%）	4.3 ± 2.6	4.3 ± 2.6	4.5 ± 2.8	0.78
下肢筋力（kgf/kg）	0.47 ± 0.2	0.47 ± 0.2	0.48 ± 0.2	0.64
歩行時間（秒）	2.9 ± 0.5	2.9 ± 0.5	3.0 ± 0.6	0.12
MFES（点）	137.7 ± 6.2	139.0 ± 3.0	134.4 ± 10.2	0.12

TUG 遂行時間：Times Up and Go test 遂行時間、FR 距離：Functional Reach Test リーチ距離、STWCV 値：Sit-To-Walk でのステップ時間変動係数、歩行 CV 値：歩行動作でのステップ時間変動係数、MFES：Modified Falls Efficacy Scale

表 2. 転倒経験と関連のあるロジスティック回帰分析結果

	オッズ比	95% 信頼区間下限値	95% 信頼区間上限値	p値
STWCV 値（%）	1.30	1.15	1.47	< 0.01
MFES（点）	0.88	0.79	0.98	< 0.05

STWCV 値：Sit to walk でのステップ時間変動係数、MFES：Modified Falls Efficacy Scale

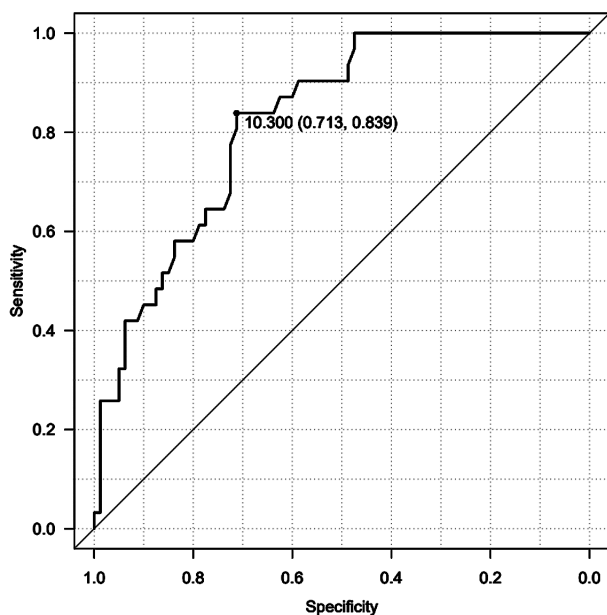


図2. Sit-To-Walk ステップ時間変動係数の Receiver Operating Characteristic 曲線

考察

歩行動作における歩行周期 CV 値は、1 歩毎の時間のばらつきを評価しており、歩行周期 CV 値が大きいほど 1 歩毎の時間変動が大きいことを意味し、歩行の安定性を示す指標とされている^{6) 13)}。また、転倒経験のある高齢者では、歩行周期 CV 値が大きくなることから他の身体機能評価よりも転倒との関連が強く、総合的な歩行能力を示す指標^{6) 13)}ともされている。本研究では、転倒低リスク高齢者の転倒経験の有無において歩行 CV 値に有意差はみられなかった。この結果は、先に述べた Hausdorff ら⁶⁾の報告とは異なる結果であるが、これは、本研究対象者が身体機能の良好な転倒低リスク高齢者であることから歩行動作では 1 歩毎のステップ時間にばらつきが生じにくかったと考える。また、我々の先行研究では、転倒低リスク高齢者の歩行動作を歩行周期 CV 値から分析した結果、転倒経験の有無において定常歩行に至る歩数に違いがなかった⁷⁾ことから、本研究結果は妥当であったと考える。これらのことから、転倒低リスク高齢者は、身体機能が良好であることで転倒経験の有無で比較しても歩行 CV 値に違いがないため、より動作遂行の上で難易度の高い STWCV 値を調査する必要があると考える。

本研究において転倒低リスク高齢者が転倒経験の有無でどのような特徴を示すか調査するため、心身機能評価を比較した。結果、STWCV 値のみ有意な差がみられ、転倒経験あり群のステップ時間に大きな変動が認められた。その他の心身機能

や歩行 CV 値に差はみられなかった。その理由として STW の特徴にあると考えられる。STW は、離殿と歩行開始が同時に行われ、起立時に支持基底面内に重心を留めながら歩行するために、難易度が高くバランス制御に大きく依存する動作である^{10) 18)}。そのため、起立時の前後左右への重心移動を制御しつつ姿勢を保ちながら歩き出さなければならず、1 歩毎のばらつきが生じやすくなり、転倒経験なし群と比べて転倒経験あり群で STWCV 値が大きくなったと考える。なお、心身機能について本研究では、転倒低リスク高齢者の基準を TUG テストと FR テストの転倒カットオフ値をいずれもクリアしている者としたことで、転倒経験の有無に関わらず身体機能は良好で、下肢筋力や歩行時間に違いがみられず、転倒経験の有無での差が無かったと考える。また、歩行動作での歩行周期 CV 値に関し、千鳥ら¹⁹⁾は、速い歩行速度での歩行周期 CV 値は 4.1% であったと述べており、Gabell ら²⁰⁾は、快適歩行での歩行周期 CV 値は 0.00-9.36% の範囲で中央値 3.21% と報告している。これらと比較して本研究の STW でのステップ時間 CV 値は大きいといえる。その理由として 2 点が考えられる。一つは、先述の通り、STW が歩行と比較してより難易度の高い動作であることから 1 歩毎のばらつきが大きくなったことである。もう一つは、千鳥らや Gabell らは定常状態での CV 値であるのに対し、本研究は動作の過渡期での CV 値であり、その違いが影響したと考える。過渡期とは、歩き始めや方向転換などを指し、動作が不安定な時期で転倒しやすいとされている。本研究では、STW でのステップ時間 CV 値を歩き始めから 4 歩目までとしており、動作が不安定な過渡期であった為、1 歩毎のばらつきが大きくなったと考える。

以上のことより、転倒低リスク高齢者の特徴として転倒経験なし群と比較して転倒経験あり群は、心身機能評価の中で STWCV 値のみ違いのあることが示唆された。

次に、STWCV 値と転倒経験との関連性、STWCV 値の転倒リスク評価としての有用性について調査するため、ロジスティック回帰分析を行った。結果、STWCV 値と転倒恐怖心において転倒経験との関連性がみられた。STWCV 値については、先にも述べたように、STW は動作を遂行する上で難易度が高く、不安定性をより反映させた動作であることから転倒低リスク高齢者であっても 1 歩毎のばらつきが生じやすく、転倒経験あり群では大きくなることから、転倒経験との関連がみられたと考え

る。なお、転倒恐怖心については、転倒経験との関連がこれまでも報告されている^{14) 15)}。

以上のことから、STWCV 値は、転倒低リスク高齢者の身体機能評価の中でも、転倒経験と強い関連性が認められ、既存の身体機能評価や歩行 CV 値では見落としてしまう転倒低リスク高齢者の転倒リスクを発見することができるのではないかと考える。

最後に、STWCV 値を転倒リスク評価として使用する際のカットオフ値を ROC 曲線から分析した。カットオフ値を 10.3% とした場合、感度 0.839、特異度 0.713、AUC 0.823 であった。一般に AUC が 0.5–0.7 は low accuracy, 0.7–0.9 は moderate accuracy, 0.9–1.0 は high accuracy とされており²¹⁾、本研究の AUC は moderate accuracy であり、妥当性があるものと解釈できる。また、成田ら²²⁾ は、定常歩行における安定した歩行の目安として CV 値 10% 以内が妥当だと報告している。本研究における STWCV 値は、過渡期であること、歩行動作より難易度が高い STW であることを踏まえるとカットオフ値 10.3% は転倒リスク評価指標として有用であり、転倒低リスク高齢者に対する転倒リスク評価指標のひとつとして検討できるものと考ええる。

高齢者の転倒を予防する上で、身体機能が良好な早期から転倒リスク者を見つけることが重要である。しかし、転倒低リスク高齢者は、身体機能が比較的良好であり、既存の転倒リスク評価では見落とされてしまいがちである。本研究において STW でのステップ時間 CV 値は、他の身体機能評価よりも転倒経験との関連性が強く、転倒経験による群分けにおいても心身機能評価や歩行 CV 値の中で STWCV 値のみ有意差が認められた。そのため、既存の身体機能評価と併せて STWCV 値を評価することも念頭に置いておきたい。

理学療法への貢献として転倒予防は理学療法士として重要な予防活動の一つであり、転倒低リスク高齢者を対象とした研究や報告は皆無に等しく、身体機能が比較的良好な早期からの予防活動に活かすことができる転倒リスク評価指標とし有用であり、信頼性と妥当性のある評価指標である可能性が示唆されたと考える。

本研究の限界として研究デザインが横断研究であり、すでに転倒した高齢者から STWCV 値を用いて転倒リスク評価指標のカットオフ値を求めているため、長期的な傾向やより詳細な因果関係を追及することはできない。そのため、今後、非転倒高齢者を対象に継続的な調査を行い、STWCV

値の転倒リスク評価指標としての有用性を検討する必要がある。また、転倒恐怖心と STWCV 値との関連についても追及していきたい。さらに、STWCV 値によって転倒リスクがあると判断した高齢者に対してステップ時間 CV 値の改善を図ることで、転倒予防に繋がるのかについても調査していく必要がある。

結論

STWCV 値と転倒経験との関連が認められたことから、STWCV 値は、転倒低リスク高齢者の転倒予測指標として有用である可能性が示唆された。

結論

本研究を行うにあたり、研究の主旨を理解し、ご協力頂きました被験者の皆様に心から感謝申し上げます。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反は存在しない。

【文 献】

- 1) Kerr A, Rafferty, et al.: A technique to record the sedentary to walk movement during free living mobility: A comparison of healthy and stroke populations. *Gait Posture*. 2017; 52: 233–236.
- 2) 池内秀隆, 大平高正・他: 人の歩行開始時の床反力作用逆変動と足指機能の関係. *ライフサポート*. 2004; 6: 325–326.
- 3) 島田裕之, 古名丈人・他: 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. *理学療法学*. 2006; 33 (3): 105–111.
- 4) Behrman AL, Light KE, et al.: Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease? *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83 (4): 538–542.
- 5) 松田憲亮, 中原雅美・他: 地域在住女性高齢者の転倒予防教室で用いる評価項目の有用性. *理学療法科学*. 2012; 27 (6): 635–639.
- 6) Hausdoff JM, Rios DA, et al.: Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001; 82 (8): 1050–1056.
- 7) 伊井公一, 山中健行・他: 転倒低リスク高齢者における転倒要因と転倒予防に向けた一考察. *理学療法科学*. 2017; 32 (6): 763–767.
- 8) Trueblood PR, Hodson-Chennault N, et al.:

- Performance and Impairment - Based Assessments Among Community Dwelling Elderly: Sensitivity and Specificity. *J Geriatr Phys Ther.* 2001; 24: 2-6.
- 9) Duncan PW, Studenski S, et al.: Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol.* 1992; 47 (3) : 93-98.
- 10) Magnan A, McFadyen BJ, et al. Modification of the sit-to-stand task with the addition of gait initiation. *Gait Posture.* 1996; 4 (3) : 232-241.
- 11) Gibson MJ: Falls in later life.: Improving the Health of Older People ; A World View. Oxford University Press. 1990; 296-315.
- 12) 村田伸, 忽那龍雄・他: 最適歩行と最速歩行の相違－GAITRiteによる解析－. 理学療法科学. 2004; 19 (3) : 217-222.
- 13) 新井智之, 柴喜崇・他: 10m歩行における歩行周期変動と運動機能, 転倒との関連－小型加速度計を用いた測定－. 理学療法科学. 2011; 38 (3) : 165-172.
- 14) Friedman SM, Munoz B, et al.: Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc.* 2002; 50 (8) : 1329-1335.
- 15) Scheffer AC, Schuurmans MJ, et al.: Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing.* 2008; 37 (1) : 19-24.
- 16) Marcoulides KM, Raykov T: Evaluation of Variance Inflation Factors in Regression Models Using Latent Variable Modeling Methods. *Educ Psychol Meas.* 2019; 79 (5) : 874-882.
- 17) Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* 2013; 48 (3) : 452-458.
- 18) Kouta M, Shinkoda K, et al.: Sit-to-Walk versus Sit-to-Stand or Gait Initiation: Biomechanical Analysis of Young Men. *J Phys Ther Sci.* 2006; 18 (2) : 201-206.
- 19) 千鳥司浩, 山本裕二: 高齢者の歩行周期時間変動に影響を及ぼす要因の検討. 理学療法科学. 2016; 31 (2) : 213-219.
- 20) Gabell A, Nayak US: The effect of age on variability in gait. *J Gerontol.* 1984; 39 (6) : 662-666.
- 21) 下方浩, 安藤富士子: 1. 検査基準値の考え方－医学における正常と異常－. 日本老年医学会雑誌. 2013; 50 (2) : 168-171.
- 22) 成田寿次, 内山寛・他: 高齢整形外科患者の理学療法施行中における歩行の距離・時間因子の変化. 理学療法科学. 2004; 31 (5) : 312-318.