

原著：秋田大学保健学専攻紀要21(2)：125 - 130, 2013

脳卒中片麻痺患者における歩行周期変動の歩行・バランス能力及び下肢筋力との関連

伊藤 優也* 佐々木 誠** 佐川 貢***

要 旨

近年、歩行の恒常性の評価指標として歩行リズムを反映するとされる歩行周期変動が注目されている。本研究の目的は、脳卒中片麻痺患者において歩行自立群と歩行監視・介助群における歩行周期変動の比較、また歩行・バランス能力指標及び下肢筋力との関連を調査することである。脳卒中片麻痺患者41名を対象とし、歩行周期変動、Functional Ambulation Classification (以下、FAC)、10m最大歩行速度、Berg Balance Scale (以下、BBS)、麻痺側・非麻痺側下肢筋力を測定した。歩行自立群と歩行監視・介助群において歩行周期変動に有意差を認め、歩行周期変動とFAC、10m最大歩行速度、BBS、麻痺側下肢筋力との間に有意な相関を認めた。結果より、脳卒中片麻痺患者において歩行能力が低い者では歩行リズムが一定でないことが示唆され、また歩行周期変動は歩行能力に関連する指標であることが示された。

はじめに

脳卒中片麻痺患者において、安定した歩行を獲得することは理学療法において主たる目的の一つとされる。臨床での歩行評価においては、観察などの理学療法士の主観的判断によって行われることが多く、より正確で信頼性の高い評価には複数の客観的評価指標を併用する必要がある。

現在、脳卒中片麻痺患者における歩行評価では速度、持続性、恒常性の3要素が具備されるべきとされており¹⁾、速度に関しては10m最大歩行速度、自由歩行速度、持続性に関してはPCI、6分間歩行距離といった指標が用いられている。しかし、脳卒中片麻痺患者における恒常性の評価に関しては、正確かつ客観的指標が確立されておらず、臨床の理学療法場面における歩行機能の評価に用いられることは少ないのが現状となっている。

近年では恒常性の客観的評価指標として、歩行変動が注目されており高齢者を対象に自然歩行中の時間的・空間的変数を歩行機能の指標として用いる研究が散見

される。歩行変動とは、「1歩行周期から次の1歩行周期に要する時間やその際に起こる変化の変動」と定義されており²⁾、複数の指標が用いられている。この歩行変動の指標の内、特に1歩行周期時間の変動を示す歩行周期変動は、高齢者において歩行能力に関わる身体機能や転倒リスクとの関連が強いことが報告されている。先行研究において、Gabelら³⁾は高齢者と若年者の歩幅、1歩行周期時間、歩隔、両脚支持期の変動係数(Coefficient of variation: 以下、CV)を比較し、高齢者は若年者に比べて有意に増加していることを報告している³⁾。また、Hausdorffら⁴⁾は52名の高齢者を対象にした1年間にわたる前向き研究を行い、転倒した高齢者と転倒していない高齢者を比較した。その結果、転倒した高齢者の1歩行周期時間のCVが転倒していない高齢者に比べて有意に大きかったと報告している⁴⁾。さらに新井ら⁵⁾は、高齢者において歩行周期変動が10m快適歩行速度、10m最大歩行速度、Timed Up and Go Test、6分間歩行距離、Functional Reach Test、最大等尺性膝伸展筋力、30-s Chair Stand Testと有意に相関し、多重ロジスティッ

* 秋田県立脳血管研究センター機能訓練部

** 秋田大学医学系研究科保健学専攻理学療法学専攻

*** 弘前大学理工学部

Key Words: 脳卒中片麻痺患者

歩行周期変動

歩行リズム

ク回帰分析の結果、歩行周期変動のみが転倒に関わる因子として抽出されたと報告している⁵⁾。

これらの先行研究の結果から、高齢者において歩行周期変動は歩行機能評価指標として有用であるといえる。また、高齢者と比較して中枢神経系疾患を有する者では有意に歩行変動が増加すると報告され⁶⁻⁹⁾、脳卒中片麻痺患者においても恒常性という観点から、歩行周期変動が新たな歩行機能評価指標として有用であることが予測される。そこで、本研究では脳卒中片麻痺患者を対象とし、歩行周期変動が歩行・バランス能力及び下肢筋力とどのような関連があるかを検討した。

対象と方法

対象は、回復期病棟に入院加療し、病棟内の移動に一部でも歩行を導入している脳卒中片麻痺患者41名とした。対象者の平均年齢は 64.0 ± 11.5 歳であり、性別は男性26名、女性15名であった。また、疾患の内訳は脳梗塞24名、脳出血17名、麻痺側は右片麻痺17名、左片麻痺24名であった。対象群の属性を表1に示す。対象者の除外基準は、10m歩行が不可能な者、歩行時に疼痛のある者、6ヶ月以内に整形外科疾患の既往歴がある者、高次脳機能障害や認知症により理解に問題のある者とした。尚、全ての対象者に対し、本研究の趣旨と個人情報の守秘義務について説明し、口頭かつ書面上にて参加の同意を得た。また、全ての測定において必ず補助者が一人以上付くことで転倒等の危険性に配慮した。本研究は秋田大学大学院医学系研究科研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

歩行周期変動の測定は、新井らの方法⁵⁾に従って行っ

た(図1)。歩行周期変動の指標として1歩行周期時間のCVを用いた。1歩行周期時間の測定には小型3軸加速度・角速度センサー(Freescale Semiconductor, MMA7260Q, ± 6 [G])を用いた。測定について、運動麻痺による遊脚期の内反尖足やそれに伴う足尖の引きずりによる測定誤差への影響を考慮し、センサーは非麻痺側下肢の足尖部へと取り付けを行った。また、データロガーは非麻痺側の腰部に取り付け、加速度計のコードは歩行の邪魔とならないように大腿部側面にテープで貼り付けた。加減速期の影響を考慮し加速路と減速路をそれぞれ2mずつ設け、14mの直線歩行路を快適速度にて歩行した。対象者への指示は、「なるべくいつも通りに歩くようにしてください」と統一し、測定回数は1回とした。また、歩行時に杖、下肢装具が必要な者に関しては、その使用を問わないこととし、その際は普段の訓練時あるいは病棟での歩行時に用いているものとした。歩行中の加速度データは腰部に取り付けたデータロガーに記録される。1歩行周期時間のCVを求めるために、加減速期の影響を考慮し、歩き始めと終わりの2歩行周期を除いた1歩行周期時間を採用した。連続する1歩行周期時間から平均値と標準偏差を求め、それを元にCVを算出した。尚、CVは標準偏差/平均値 $\times 100$ で求めた。

歩行周期変動と歩行能力、バランス能力及び下肢筋力との関連を調べるために、歩行周期変動、各評価指標それぞれにおいて比較、検討を行った。歩行能力の指標として、Functional Ambulation Classification(以下、FAC)による分類、10m最大歩行速度、バランス能力の評価指標としてBerg Balance Scale(以下、BBS)を測定した。下肢筋力の評価として、非

表1 対象群の属性

性別	男性：26名 女性：15名
年齢	64.0 ± 11.5 歳
診断	脳梗塞：24名 脳出血：17名
麻痺側	右：17名 左：24名
発症からの日数	66.0 ± 33.3 日
FAC*	5点：14名 4点：4名 3点：9名 2点：14名
歩行補助具の使用	独歩：22名 T字杖：1名 四点杖：1名 短下肢装具：1名 T字杖+短下肢装具：7名 四点杖+短下肢装具：6名 その他：3名

FAC : Functional Ambulation Classification

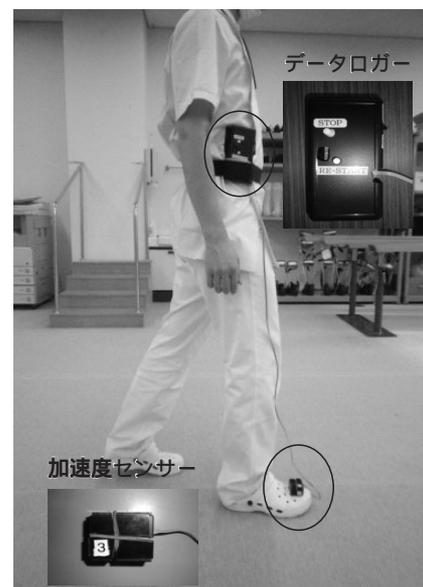


図1 1歩行周期時間の測定方法

表2 Functional Ambulation Classification

分類	定義
0. 歩行不能	<ul style="list-style-type: none"> 歩行できない 歩けても平行棒の中のみ 平行棒外で歩くためには、2人以上の介助が必要
1. 介助歩行	<ul style="list-style-type: none"> 転倒予防のため、平地歩行中は介助を常に必要とする 介助者は1名のみ 介助は、バランス保持、運動の手助けだけでなく、体重を支えている。
2. 介助歩行	<ul style="list-style-type: none"> 転倒予防のため、平地歩行中は介助を常に、あるいは時々必要とする 介助者は1名のみ 介助は、バランス保持、運動の手助けをするため、軽く触れる程度
3. 監視歩行	<ul style="list-style-type: none"> 機能的には介助なしで平地歩行可能 ただし、自立と判断しづらい、心機能に問題がある、あるいは口頭での指示が必要といった理由があり、安全確保のため1人のみ監視者が必要
4. 平地のみ歩行自立	<ul style="list-style-type: none"> 平地のみ歩行可能 ただし、階段、斜面、あるいは不整地を歩行する際は監視や介助を要する。
5. 歩行自立	<ul style="list-style-type: none"> 平地、不整地、階段、斜面の歩行可能

(文献10より抜粋)

麻痺側・麻痺側下肢筋力を測定した。尚、FACで4点または5点の者を歩行自立群（以下、自立群）、点数が3点以下の者を歩行監視・介助群（以下、監視・介助群）とし、2群間における各評価指標の比較、検討を行った。

FAC¹⁰⁾は介助量や歩行の質により歩行能力をグレード別に分類し、点数化するものである。FACは6段階より構成されている。歩行が不能で、歩くには2人以上の介助が必要であれば0点、介助者は1人でよいが、常に体重を支えるほどの介助量がいつ様な場合は1点、同じく介助者は1人必要だが、常に、あるいは時々触れる程度の介助量が必要な場合は2点、歩行はできるが監視が必要なものは3点、平地の歩行が自立していれば4点、坂道などの不整地歩行が可能であれば5点というように定義に従って採点を行った（表2）。

10m最大歩行速度の測定は衣笠ら¹¹⁾の方法に従い測定した。対象者は、加速路と減速路をそれぞれ2mずつ設けた10m直線歩行路を最大速度にて歩行し、ストップウォッチにて10m歩行に要した時間を測定した。測定は3回行い、最も速度が速い記録を用いた。尚、歩行時の対象者の指示は、「できるだけ早く歩いてください」と統一した。

BBS¹²⁾は、立ち上がり、立位保持、移乗動作、段差踏み替え、片脚立位などの14項目から構成される機能的バランス検査であり、各項目について0～4の選択肢から、最も近いと考えられる選択肢を決め段階づけた。全14項目に対して0～4点の選択肢があるため、合計点は0～56点となり、得点が高いほど機能が高い

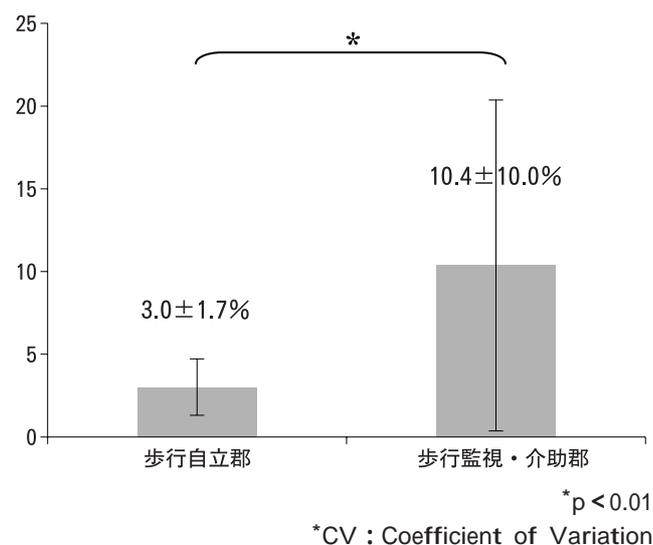


図2 2群間におけるCV*の比較

ことを示す。

非麻痺側・麻痺側下肢筋力の測定には、Strength Ergo 240[®]（三菱電機）を使用した。測定方法に関しては、先行研究¹³⁾に従い行った。Strength Ergo 240はリカベント式の自転車エルゴメーターであり、端座位での両脚ペダリング運動による両下肢の筋力測定が可能である。今回の測定では等速性のペダリング運動における最大筋力を測定した。測定肢位は股関節90°の端座位とし、ペダル位置は運動開始時に非麻痺側下肢の膝関節が30°になるよう設定した。対象者は両脚交互にそれぞれ5回ずつ最大努力にてペダルをこぎ、両脚それぞれ最大トルク値を体重で除した値を測

表3 2群間における各指標の比較

	歩行自立群 (18名)	歩行監視・介助群 (23名)	P 値
CV*	3.0 ± 1.7%	10.4 ± 10.0%	< 0.01
10m最大歩行速度	104.5 ± 22.5m/min	37.5 ± 22.8m/min	< 0.01
BBS*	55.0 ± 1.5点	38.0 ± 11.0点	< 0.01
麻痺側下肢筋力	1.2 ± 0.3N · m/kg	0.6 ± 0.4N · m/kg	< 0.01
非麻痺側下肢筋力	1.4 ± 0.4N · m/kg	1.1 ± 0.5N · m/kg	< 0.01

*CV : Coefficient of Variation

*BBS : Berg Balance Scale

定値として用いた。

統計学的処理は、CV、10m最大歩行速度、BBS、麻痺側下肢筋力、非麻痺側下肢筋力を自立群と監視・介助群で比較し、対応のないt検定にて有意差を求めた。そのうち等分散が仮定されないものに対してはWelchの補正を用いた。また、CVとFAC、10m最大歩行速度、BBS、麻痺側・非麻痺側下肢筋力との関連をPearsonの相関係数を実施し求めた。尚、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。統計解析ソフトには、SPSS17.0Jを用いた。

結 果

自立群と監視・介助群におけるCVの比較の結果を図2、その他の各指標の比較の結果を表3に示す。自立群と監視・介助群におけるCVの平均値は自立群 $3.0 \pm 1.7\%$ 、監視・介助群 $10.4 \pm 10.0\%$ であり、自立群と監視・介助群との間に有意差を認めた ($p < 0.01$)。また、その他の評価指標の平均値は、10m最大歩行速度が自立群 $104.5 \pm 22.5\text{m/min}$ 、監視・介助群 $37.5 \pm 22.8\text{m/min}$ 、BBSでは自立群 55.0 ± 1.5 点、監視・介助群 38.0 ± 11.0 点、麻痺側下肢筋力では自立群 $1.2 \pm 0.3\text{N} \cdot \text{m/kg}$ 、監視・介助群 $0.6 \pm 0.4\text{N} \cdot \text{m/kg}$ 、非麻痺側下肢筋力では自立群 $1.4 \pm 0.4\text{N} \cdot \text{m/kg}$ 、監視・介助群 $1.1 \pm 0.5\text{N} \cdot \text{m/kg}$ 、であり、全ての指標において2群間に有意差を認めた ($p < 0.01$)。尚、監視・介助群の内、FAC2点の者は14名、3点の者は9名、自立群の内、4点の者は4名、5点の者は14名であった (表1)。

CVと各評価指標との相関の結果を表4に示す。CVとFAC ($r = -0.532$, $p < 0.01$)、10m最大歩行速度 ($r = -0.586$, $p < 0.01$)、麻痺側下肢筋力 ($r = -0.496$, $p < 0.01$) との間に中等度の相関を認め、BBS ($r = -0.744$, $p < 0.01$) との間には高い負の相関を認めた。また、CVと非麻痺側下肢筋力 ($r = -0.237$, $p = 0.136$) との間には有意な相関を認めなかった。

表4 CVと各評価指標との相関

	CVとの相関係数 (r)	P 値
FAC	- 0.532	< 0.01
10m最大歩行速度	- 0.586	< 0.01
BBS	- 0.744	< 0.01
麻痺側下肢筋力	- 0.496	< 0.01
非麻痺側下肢筋力	- 0.237	0.136

*CV : Coefficient of Variation

*FAC : Functional Ambulation Classification

*BBS : Berg Balance Scale

考 察

現在、歩行変動に関する研究は歩幅や歩隔¹⁴⁾、歩行周期時間⁵⁾、歩行中の下肢関節角度の変化¹⁵⁾などの指標が用いられている。しかし、歩行変動の個々の指標に対し、他の評価指標との関係を詳細に検討した報告は少ない。そこで、本研究では歩行周期変動に着目し、脳卒中片麻痺患者における歩行・バランス能力、及び下肢筋力との関連を調査した。

結果より、自立群と監視・介助群との比較において、CV、10m最大歩行速度、BBS、麻痺側下肢筋力、非麻痺側下肢筋力で有意差を認めた。歩行周期変動は歩行リズムを示す指標とされ、歩行リズムを調節する能力によって制御される⁵⁾。本研究では歩行周期変動の指標として1歩行周期時間のCVを用いており、CVが高値を示すほど一定のリズムで歩いていないことになる。よって、自立群と監視・介助群との比較の結果より歩行能力が低い者ほど歩行リズムが一定でないことが示唆された。

CVと各評価指標との関係について、CVとFAC、10m最大歩行速度、麻痺側下肢筋力との間に中等度の相関を認め、BBSとの間には高い相関を認めた。10m最大歩行速度は歩行能力を評価する際の代表的な評価指標であり、BBSは歩行時に必要なバランス能力を示す指標、麻痺側下肢筋力は歩行能力と関連が高いことが報告されている^{12, 16)}。よって、歩行周期変動は

歩行時に必要なバランス能力, 下肢筋力を示す指標と関連し, 歩行能力を反映する可能性が示唆された. また, 麻痺側下肢筋力と中等度の相関を認めたことに関して, 運動麻痺による麻痺側下肢の支持性・随意性低下のため, 1歩ごとに麻痺側下肢の立脚時間や遊脚時間がばらついたことが要因の一つとして考えられる. 本研究では直接的に麻痺側, 非麻痺側下肢の立脚・遊脚時間を測定していないため, 今後更なる検討を行う必要があるが, 非麻痺側下肢筋力と有意な相関を認めなかったことを加味すると, 少なくとも非麻痺側よりも麻痺側下肢の機能の方が歩行リズムの形成に参与している可能性が示唆された.

本研究における歩行周期変動の評価の利点として, 短距離歩行での測定が可能であることと, 測定方法の簡便さが挙げられる. これまでの歩行変動の研究では, 短距離歩行で評価するためには測定機器として床反力計や三次元解析装置といった大型の装置が必要であり, 測定する環境が限られていた. また, 一方でストップウォッチなど簡易な機器を使用する方法では長距離歩行による評価が必要であった. 本研究では測定距離が短く, 小型のセンサーを用いることで, より多くの対象者, また様々な環境下での測定が可能と考える.

今後の展望として, 近年では歩行リズムを改善させ歩行能力を向上させる治療として注目されている部分免荷トレッドミル歩行練習¹⁶⁾やペダリング運動¹⁸⁾などの治療効果判定や, リハビリテーションを進めていくにあたって経時的な介入効果の判定にも有用であることが期待される. また, 先行研究では高齢者において, 転倒に密接に関連する因子であることが示されており⁵⁾, 脳卒中片麻痺患者において将来起こりうる転倒の可能性を予測する因子となり得るのではないかと考えられる. そのため, 今後は縦断研究により歩行周期変動の有用性を検討することで, より幅広い活用法が確立されるのではないかと考える.

謝 辞

本研究に取り組むにあたり, データの収集にご協力頂きました機能訓練部スタッフの皆様に対し感謝いたします. また, 測定機器の提供にご協力して頂いた弘前大学理工学部佐川貢一教授に深謝致します.

文 献

- 1) 千田富義, 高見彰淑: リハ実践テクニック脳卒中. メジカルビュー社, 2008, pp134-135.
- 2) Hausdorff J: Gait variability: methods, modeling and meaning. *J Neuro Engineering Rehabil* 20:

- 1-9, 2005
- 3) Gabell A, Nayak USL, et al.: The effect of age on variability in gait. *J Gerontol* 39: 662-666, 1984
- 4) Hausdorff JM, Rios DA, et al.: Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 1050-1056, 2001
- 5) 新井智之, 柴喜崇・他: 10m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. *理学療法学*38: 165-172, 2011
- 6) Koller WC, Trimble J: The gait abnormality of Huntington's disease. *Neurology* 35: 1450-1454, 1985
- 7) Baltadjieva R, Giladi N, et al.: Marked alteration in the gait timing and rhythmicity of patients with de novo Parkinson's disease. *Euro J Neurosci* 24: 1815-1820, 2000
- 8) Schaafsma JD, Gilladi N, et al.: Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. *J Neurol Sci* 212: 47-53, 2003
- 9) Sheldan PL, Solomont J, et al.: Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc* 51: 1633-1637, 2003
- 10) 高橋加奈子, 高見彰淑: 脳卒中患者における Functional Ambulation Classification の有用性・信頼性の検討. *秋田理学療法* 19: 21-24, 2011
- 11) 衣笠隆, 長崎浩・他: 男性 (18~83歳) を対象にした運動機能の加齢変化の研究. *体力科学* 43: 343-351, 1994
- 12) Berg KO, Wood-Dauphinee SL, et al.: Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 41: 301-311, 1989
- 13) 今直樹, 高見彰淑・他: 脳卒中片麻痺患者における運動麻痺各回復段階による両脚および片脚レッグパワーと歩行・立ち上がり能力との関係. *理学療法科学*25: 397-402, 2012
- 14) 滝沢恵美, 阪井康友・他: 歩行距離変数における変動性の特徴について. *理学療法* いばらき 2: 37-40, 2000
- 15) 山中主範, 村上忠洋・他: 脳卒中片麻痺患者における異常歩行パターンと歩行周期の「ばらつき」との関係. *日本私立医科大学理学療法学会誌*21: 18-20, 2004
- 16) 井上和章, 清水ミシェル・アイスマン・他: 脳卒中片

- 麻痺患者の自立歩行能力判定 バランス評価スケールと歩行時の二重課題を組み合わせて . 理学療法科学 25 : 322-328, 2010.
- 17) 長谷川智, 臼田滋 : 歩行リズムに着目した介入により, 歩行能力向上を認めた右被殻出血の一症例. 理学療法群馬23 : 46-50, 2012
- 18) 寺西利生, 大塚圭・他 : 脳卒中片麻痺患者における歩行時間因子・距離因子の変化 : トレッドミル歩行による評価. 理学療法学29 : 181, 2002
- 19) 三村夏代, 小澤純一・他 : 脳卒中片麻痺患者に対するペダリングが歩行能力に与える影響. 理学療法福井14 : 87-90, 2012

The Relationship Between Stride Time Variability, Walking Ability and Balance, Lower-limb Muscle Strength in Stroke Patients

Yuya ITO* Makoto SASAKI** Koichi SAGAWA***

* Department of Rehabilitation, Research Institute for Brain and Blood Vessels Akita

** Course of Physical Therapy, School of Health Sciences, Akita University

*** Department of Science and Engineering, Hirosaki University

Stride Time Variability (STV) to be in recent years, to reflect the walking rhythm as an evaluation index of homeostasis of walking has attracted attention. The purpose of this study is to investigate the relationship between lower extremity muscle strength and walking ability, balance also comparison of STV in the walking group monitoring and assistance with walking independence group in hemiplegic patients. Attach to target 41 people stroke hemiplegic patients, was measured STV, Functional Ambulation Classification (FAC), 10m Maximum Walking Speed (10MWS), Berg Balance Scale (BBS), the paralyzed side and non-paralyzed side leg strength. Significant differences in STV in walking non-independence group and independence group, showed a significant correlation between STV and FAC, 10MWS, BBS, and the paralyzed side leg strength. The results show that STV is an index related to the ability to walk that walk rhythm is not constant, and also been suggested that a person walking ability is low in stroke hemiplegic patients has been shown.