パーキンソン病患者のステップ運動における 視覚的手掛かりの有無が歩き始めに及ぼす影響

Comparison of Gait Initiation With and Without Visual Cues for Stepping in Patients with Parkinson's Disease

高塚 翔太郎¹⁾ 金子 秀雄²⁾

SHOTARO TAKATSUKA, RPT¹⁾, HIDEO KANEKO, RPT²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Murakami Karindoh Hospital: 2-14-45 Togire, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 819-8585, Japan
TEL +81 92-811-3331 E-mail: s.takatsuka0916@gmail.com

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences at Fukuoka, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 36(6): 871-875, 2021. Submitted Jul. 4, 2021. Accepted Jul. 31, 2021.

ABSTRACT: [Purpose] To clarify the influence of visual cues on stepping in patients with Parkinson's disease (PD patients), their gait initiation was compared between with and without such cues. [Participants and Methods] Twenty-one PD patients stepped randomly with and without visual cues. Before and after this task, the center of foot pressure (COP) and Timed Up & Go Test score during gait initiation were measured. [Results] The amount of change in the COP significantly increased after stepping with or without visual cues. On the other hand, there were significant decreases in the latency time and duration of toe-off on the supporting side without visual cues. Furthermore, the rate of change in the latency time was significantly higher without than with them. [Conclusion] In PD patients, gait initiation may be smoother when stepping without visual cues.

Key words: visual cues, Parkinson's disease, stepping

要旨:〔目的〕パーキンソン病患者のステップ運動における視覚的手掛かりの有無が、歩き始めに及ぼす影響を検証した。〔対象と方法〕パーキンソン病患者 21 名を対象に、視覚的手掛かり有無の 2 条件でのステップ運動をランダムに実施し、その前後に歩き始めの足圧中心と Timed Up & Go Test を測定した。〔結果〕ステップ運動後には各条件で足圧中心前後変位量が有意に増大し、視覚的手掛かりなし条件では、運動潜時および支持肢離地時間が有意に減少した。また、運動潜時変化率の 2 条件比較では、視覚的手掛かりなし条件で有意に高値であった。〔結語〕パーキンソン病患者に対する視覚的手掛かりのないステップ運動は、歩き始めをより円滑にさせる可能性が示唆された。

キーワード: 視覚的手掛かり、パーキンソン病、ステップ運動

¹⁾ 村上華林堂病院 リハビリテーション科：福岡県福岡市西区戸切 2-14-45 (〒819-8585) TEL 092-811-3331

²⁾ 国際医療福祉大学 福岡保健医療学部 理学療法学科

I. はじめに

パーキンソン病 (Parkinson disease: 以下, PD) 患者の歩行の特徴として, すくみ足が挙げられる。すくみ足とは「前方に進もうと足を持ち上げようとしたとき, 足が床に貼り付いたように動けない状態」¹⁾とされている。すくみ足に対する先行研究では, 視覚刺激を用いた反復ステップ運動²⁾や, 前後・左右方向の反復ステップ運動³⁾が歩行能力および姿勢の改善に有効とされている。ステップ運動はステップを視覚的手掛かりにすることで, PD 患者で制限されやすい歩行開始時の重心移動を改善するとされている。

PD 患者は無動や固縮だけでなく, 固有受容感覚の低下⁴⁾が指摘され, 視覚情報だけでなく, 体性感覚情報を活用した介入による歩行能力の改善^{5,6)}が報告されている。このように PD 患者に対して, 視覚情報以外の運動関連情報のフィードバックは運動学習に有効と考えられる。また, 視覚情報と体性感覚情報が同時に与えられた場合, 視覚情報に依存しやすい⁷⁾ことから, PD 患者では視覚的手掛かりが積極的に利用されることで, 体性感覚情報が活用されにくい可能性がある。しかし, 先行研究では視覚情報の遮断で体性感覚への依存度が向上した報告⁸⁾があることから, ステップ運動においても同様の効果が期待される。すなわち, PD 患者のステップ運動における手掛かりとなる視覚情報の排除は, 体性感覚情報を利用させ, 円滑な歩き始めを促せる可能性がある。

本研究の目的は, PD 患者のステップ運動における視覚的手掛かりの有無が, 歩き始めに与える即時効果を検証することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は, 当院に入院もしくは外来通院している Hoehn & Yahr 分類Ⅱ・Ⅲの PD 患者 21 名とした (表 1)。歩行能力は, 歩行補助具を使用せずに屋内歩行自立または見守りレベルとし, ステップ運動の実施を妨げる合併症がある, 脳深部刺激療法の手術を受けている, Mini Mental State Examination で 23 点以下の者は除外した。

本研究は, 国際医療福祉大学倫理委員会 (承認番号:

19-Ifh-066) と医療法人財団華林会村上華林堂病院倫理委員会の承認のもと, 対象者に本研究の目的と方法を書面および口頭にて十分に説明し, 本人の同意を得て実施した。

2. 方法

研究デザインは, クロスオーバーデザインを用いた。「視覚的手掛かりあり」と「視覚的手掛かりなし」の 2 条件のステップ運動を無作為に割り付け, 各条件間に 5 ~ 7 日の期間を設けステップ運動を実施した。そして, ステップ運動の前後に, 歩き初めにおける足圧中心 (center of pressure: 以下, COP) と Timed Up & Go Test (以下, TUG) の測定を行った。

COP の測定では, 重心動揺計 (竹井機器工業社製) と簡易音刺激装置を使用した。重心動揺計は, 課題実施時の COP 変位を記録解析するために用い, サンプリング周波数は 50 Hz に設定した。簡易音刺激装置は, パーソナルコンピューターを介して重心動揺計の計測開始とタイミングを同期させた。被験者には, 重心動揺計上で自然な立位姿勢をとらせ, 10 秒間の静止立位の後, 音声信号を合図に歩行を開始させた。課題実施に際し, 「音の合図が聞こえたら, すぐに前方に歩行を開始してください。」と口頭指示し, 至適歩行速度で課題を行わせた。なお, 歩行開始側下肢は本人が歩行開始しやすい側で統一して 3 回実施した。

COP の動き始めの定義は, 音声信号開始 1 秒前の静止立位時の COP の $\pm 3 \times$ 標準偏差を超えたときとした。音声信号開始から動き始めに要した時間 (運動潜時), 踵離地 (COP 変位量 0 となった時間) までの時間 (支持肢離地時間), 支持肢離地時間から運動潜時を引いた時間 (運動時間) を求めた。COP 変位量は歩き始めにおける前後左右の COP 最大変位値を求め, 左右方向と前後方向それぞれの変位量を算出した。運動潜時, 支持肢離地時間, 運動時間は最初のステップが生じるまでの時間的要素を表し, 各値の延長は歩行開始動作の遅延を表す。COP 変位量は歩行開始時の重心移動に関与している。COP 変位量, 運動潜時, 運動時間, 支持肢離地時間は各 3 回ずつ計測したデータの平均値を被験者の代表値とした。

TUG の計測方法⁹⁾は, 肘掛付きの椅子から立ち上がり 3 m 先のコーンまで最速歩行で歩いて折り返し, 再び着座するまでの時間を計測した。回転方向は被験者の回りやすい方向とした。「よいーい, スタート」の合図で計測開始し, 殿部が椅子につくまでの時間をデジタルストップウォッチによって 10 分の 1 秒単位で計測した。TUG は 2 回測定し, 最小値を代表値とした。なお, その際に要した歩数も計測した。

ステップ運動は, 先行研究³⁾を参考に, 前後方向へ高さ 10 cm の段差を昇降するものとした。昇降方法は,

表 1 対象者特性

性別 (名)	男性 8, 女性 13
年齢 (歳)	73 (64-85)
罹病期間 (年)	3.4 (0.3-12.1)
Hoehn & Yahr 分類 (名)	Ⅱ 16, Ⅲ 5

n=21. 中央値 (範囲)。

①開始肢位は台下に立たせる、②右足を前方の台上に1歩上げ、③左足を前方の台上へ1歩上げて両足を揃える、④右足を後方の台下に1歩下げて、⑤左足を後方の台下に1歩下げて①の位置に戻る。その移動を1回とし、50回を2セット実施した。なお2セット目は1セット目と逆の足から開始させた。また、ステップ運動中は手すりを軽く把持させた。視覚的手掛かりなし条件では、下半分をフェルトで覆ったゴーグルを装着しステップが見えないことを確認した後、ステップ運動を実施させた。視覚的手掛かりあり条件では、ゴーグルを外してステップ運動を実施させた(図1)。

実施手順は、TUG、歩行開始動作の評価後、反復ステップ運動を実施し、休息をとった後に再度TUG、歩行開始動作の順で評価した。2条件の順番は無作為に行うものとし、別日に他方の条件下で2回目を実施した。2条件ともon-off現象による日内変動の影響を除外するために、介入および評価の実施は理学療法士がonの状態であることを確認して実施した。またwearing offの影響を除外するために、2条件ともに服薬からの時間を統一し、同一の時間に介入および評価を実施した。

統計処理はSPSS Statistics (IBM社製)を用いた。視覚的手掛かりあり条件と視覚的手掛かりなし条件の前後および左右方向のCOP変位量、運動潜時、運動時間、支持肢離地時間、TUG時間・歩数の前後比較と2条件における変化率の比較を行うために、Wilcoxonの符号付順位検定を実施した。有意水準は5%とした。

III. 結 果

本研究は、PD患者21名を対象にステップ運動を実施した。計測中の疲労などによる脱落者はいなかった。

COP前後変位量は、視覚的手掛かりあり条件、視覚的手掛かりなし条件ともにステップ運動前より有意に増大したが、COP左右変位量は、2条件とも有意差が認められなかった(表2)。運動潜時および支持肢離地時間は、視覚的手掛かりなし条件でステップ運動後が有意

に減少した。TUG時間と歩数は、2条件ともステップ運動後に有意な変化は認められなかった。

測定項目における変化率の2条件間比較では、運動潜時のみ視覚的手掛かりあり条件がなし条件よりも有意に低値であった(表3)。

IV. 考 察

本研究結果により、パーキンソン病患者の視覚的手掛かりなし条件でのステップ運動実施は、COP前後変位量の増大に加え、運動潜時を短縮させる可能性があることが示された。PD患者に対する足元の視覚情報を遮断

図1 反復ステップ運動の方法(視覚的手掛かりなし条件)

表2 ステップ運動によるCOPおよびTUGの変化

	視覚的手掛かりあり		視覚的手掛かりなし	
	実施前	実施後	実施前	実施後
COP 左右変位量 (mm)	124.8 ± 27.1	130.0 ± 25.7	125.7 ± 20.4	133.0 ± 22.6
COP 前後変位量 (mm)	142.7 ± 27.5	148.5 ± 27.3*	144.4 ± 29.3	154.2 ± 25.9*
運動潜時 (秒)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1*
運動時間 (秒)	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.3
支持肢離地時間 (秒)	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.3	1.8 ± 0.3*
TUG 時間 (秒)	8.0 ± 2.2	7.9 ± 2.2	7.9 ± 2.0	7.8 ± 2.3
TUG 歩数 (歩)	15.8 ± 4.2	15.9 ± 4.3	15.9 ± 4.4	15.7 ± 4.2

平均値 ± 標準偏差. COP: center of pressure, TUG: Timed Up & Go Test. *: $p < 0.05$.

表3 視覚的手掛かりの有無による COP および TUG 変化率の比較

	視覚的手掛かり あり	視覚的手掛かり なし
COP 左右変位量 (mm)	5.1 ± 10.9	6.8 ± 16.9
COP 前後変位量 (mm)	4.8 ± 11.2	9.2 ± 22.6
運動潜時 (秒)	-2.5 ± 17.8	-9.2 ± 10.2*
運動時間 (秒)	-3.1 ± 24.3	1.3 ± 12.1
支持肢離地時間 (秒)	-3.6 ± 11.6	-3.6 ± 5.9
TUG 時間 (秒)	-1.5 ± 7.0	-0.9 ± 6.6
TUG 歩数 (歩)	0.5 ± 7.6	-0.5 ± 5.2

単位: %, 平均値 ± 標準偏差. COP: center of pressure, TUG: Timed Up & Go Test. *: $p < 0.05$.

させたステップ運動に関する研究は、筆者の知る限りなく、本研究結果は新たな知見と思われる。

ステップ運動後、歩行開始時の COP 前後変位量は、視覚的手掛かりの有無にかかわらず有意に増大していた。一般に、COP が遊脚側となる下肢の方向および後方へ移動することで、重心は支持側および前方へ移動し、歩行が開始される。この反応は、随意運動が開始される前の予測的姿勢調整と呼ばれ、歩行開始前には前脛骨筋の活動¹⁰⁾や、下腿三頭筋の活動低下¹¹⁾が観察される。COP 変位量は歩行開始時の予測的姿勢調整に関与し、歩き始めのスムーズさに関わる^{12,13)}。しかし、PD 患者は、健常高齢者や若年健常者と比較して COP 変位量が低下する¹⁴⁾ことが報告されている。本研究の結果は、視覚的手掛かりの有無にかかわらず COP 前後変位量が改善したことから、ステップ運動は前脛骨筋の活動を増大させ¹⁵⁾、歩行開始時の予測的姿勢調整を高め、歩行開始をスムーズにしていることが推測される。視覚遮断をすると母指底部の触圧覚への依存度が増加すること¹⁶⁾や、動作が大きくなることが報告されている¹⁷⁾。本研究においても視覚的手掛かりが得られないことで、ステップ運動中に足底触圧覚情報を活用しながら、より大きなステップを繰り返すことで前脛骨筋活動を増大させた可能性が推測される。しかし、今回これらの要因を特定できるデータは収集できていない。そのため、今後は、視覚遮断時の足底の触圧覚、下腿筋活動の変化についても検証する必要があると考える。

視覚的手掛かりなし条件のステップ運動は、運動潜時を短縮させた。そのことで支持肢離地時間も短縮したが、TUG 時間を短縮させるまでには至らなかった。寺本ら¹⁸⁾は、TUG を起立、直進歩行、方向転換、着座の相に分けて PD 患者と健常高齢者を比較し、全ての相において PD 患者に速度の低下を認め、特に着座動作の速度低下の割合が高いと報告している。本研究の結果からは TUG 時間が短縮しなかったことから、ステップ運動は

その後の TUG に影響を与えない可能性がある。しかし梅原ら³⁾は、2週間の反復ステップ運動で TUG 時間と歩数の改善を報告していることから、ステップ運動の長期的な効果について検証する必要がある。

本研究には2つの限界がある。1つはステップ運動時のステップ音が聴覚刺激となった可能性がある。COP 測定時の音声信号も聴覚刺激となった可能性はあるものの、メトロノームのように連続した刺激ではないこと、2条件とも同一条件で測定していることから影響は小さいと考えられる。2つ目は、対象者が Hoehn & Yahr 分類 II・III に限られたことである。PD は進行性疾患であり、今回の研究がすべてのステージに当てはまると限らない。そのため、今後は症例数を増やし、Hoehn & Yahr ステージごとの効果を検証する必要があると考える。

本研究は、PD 患者のステップ運動における視覚的手掛かりの有無が、歩き始めに及ぼす影響を検証した。結果、ステップ運動による COP 前後変位量の増大に加え、視覚的手掛かりなし条件で実施することで、直後の歩き初めにおける運動潜時を短縮させることが示唆された。今後は、視覚的手掛かりなし条件でのステップ運動を継続させることによる影響について検証する必要がある。PD 患者に対するステップ運動における視覚的手掛かりのないステップ運動は、歩き初めをより円滑にさせる可能性があることが示唆された。

利益相反 本研究に開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) 日本神経学会監修：パーキンソン病治療ガイドライン。医学書院，東京，2011，pp139-142.
- 2) Shen X, Mak MK: Repetitive step training with preparatory signals improves stability limits in patients with Parkinson's disease. *J Rehabil Med*, 2012, 44: 944-949.
- 3) 梅原圭二，高橋光彦：パーキンソン病の姿勢反射障害，すくみ足に対するクロスオーバーデザイン・矛盾性運動を利用した反復ステップ運動の効果。PT ジャーナル，2015，49: 365-373.
- 4) Konczak J, Corcos DM, Horak F, et al.: Proprioception and motor control in Parkinson's disease. *J Mot Behav*, 2009, 41: 543-552.
- 5) Ebersbach G, Ebersbach A, Edler D, et al.: Comparing exercise in Parkinson's disease—the Berlin LSVT®BIG study. *Mov Disord*, 2010, 25: 1902-1908.
- 6) 岡崎 瞬，有賀一朗，松岡大悟・他：パーキンソン病患者に対する LSVT BIG の効果—歩行解析を指標にして—。理学療法研究・長野，2017，46: 26-29.
- 7) 工藤孝幾：運動学習に対する視覚の優位性とその定量化。体育学研究，1980，25: 13-20.
- 8) Brodoehl S, Klingner CM, Witte OW: Eye closure enhances dark night perceptions. *Sci Rep*, 2015, 5: 10515.

- 9) 我満 衛, 奥本怜子, 西畑満純・他: Timed Up & Go test に影響を与える運動機能因子の検討. 総合健診, 2014, 41: 26-30.
- 10) Crenna P, Frigo C: A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. J Physiol, 1991, 437: 635-653.
- 11) 佐藤貴徳, 工藤慎太郎: 歩行開始時における下腿三頭筋の収縮動態. 理学療法科学, 2016, 31: 377-380.
- 12) 澤田智紀, 行宗真輝, 木藤伸宏: 異なる方向の歩き始め動作における姿勢制御—足圧中心と身体重心の関係—. 理学療法科学, 2014, 29: 431-436.
- 13) 関屋 昇: 歩行開始の制御. 理学療法科学, 2001, 11: 139-143.
- 14) Halliday SE, Winter DA, Frank JS, et al.: The initiation of gait in young, elderly, and Parkinson's disease subjects. Gait Posture, 1998, 8: 8-14.
- 15) 井川達也, 勝平純司, 山本澄子: 高齢者の歩行・階段昇降動作における主動作筋および拮抗筋活動についての筋電図学的分析. 理学療法科学, 2013, 28: 35-38.
- 16) 竹内弥彦, 吉村実千晴, 竹山由理恵・他: 視覚と母趾触圧覚情報が不安定肢位の足圧中心動揺に及ぼす影響. 理学療法の科学と研究, 2010, 1: 29-33.
- 17) 川見優貴, 木下和勇, 斎藤恵子・他: 視覚認知の仕方が跨ぎ動作に及ぼす影響. 理学療法科学, 2011, 26: 175-177.
- 18) 寺本 博, 秋葉 崇, 小川明宏・他: Timed Up and Go Test からみるパーキンソン病患者の障害特性について. 理学療法の科学と研究, 2019, 10: 31-35.