

中等度パーキンソン病患者における歩行時体幹動揺の特性

松村剛志¹⁾, 吉田英雄²⁾, 山田順志³⁾, 小沼寛恵³⁾, 楯人士²⁾

1) 常葉大学 保健医療学部 理学療法学科

2) 堀田内科医院 リハビリテーション科

3) 城西クリニック リハビリテーション科

要 旨

姿勢反射障害の出現した中等度パーキンソン病患者において、歩行時体幹動揺の特性を明らかにすることを試みた。対象者は、Hohen-Yahr Stage IIIのパーキンソン病患者4名とし、性構成比および年齢をマッチさせた健常成人8名を対照群とした。測定には体幹2点歩行動揺計を用い、上部体幹と下部体幹における3軸方向の動揺量と各運動面上での軌跡長、および平均歩行周期時間を比較した。また、上部体幹と下部体幹の運動軌跡をリサージュ図形にて描出し、その特徴も確認した。その結果、中等度パーキンソン病患者の快適歩行では、上部体幹の上下動揺量、下部体幹の前後・上下動揺量および矢状面軌跡長の有意な減少が認められた。さらに矢状面上における橢円曲線の大きさの左右差拡大、前額面上における上部体幹の平坦∞図形化と下部体幹のV字曲線化、水平面上における上部体幹と下部体幹の図形の類似化がリサージュ図形の特徴として認められた。体幹2点歩行動揺計による歩行時体幹動揺の計測は、パーキンソン病患者の長期的変化を追跡する歩行分析手段として有効である可能性が示された。

キーワード：中等度パーキンソン病患者，歩行時体幹動揺，体幹2点歩行動揺計

はじめに

Wearable化された3軸加速度センサから得られる歩行時の体幹加速度波形は、加齢変化や転倒との関連が示唆されており¹⁾、身体動揺を示す指標にも変換されている²⁾。すくみ足や小刻み歩行といった特徴的な歩行障害を呈するパーキンソン病（以下、PD）患者においても、体幹加速度を用いた歩行分析が試みられ、歩行時の円滑性・規則性の低下³⁾、前後および左右方向の安定性低下⁴⁾、重症度の進行に伴う動揺性の増加⁵⁾が報告されてい

る。これらの研究は重心位置に近似した腰椎部の1点に加速度センサを装着し、得られた波形を身体重心の加速度波形とみなして歩行分析を行っているものと考えられる⁶⁾。しかし歩行時の体幹部には、胸郭と骨盤の間に回旋運動が出現し⁷⁾、水平面上における上部体幹と下部体幹での異なる加速度の発生が想定される。さらにPD患者の歩行では、発症早期から体幹回旋の不足が指摘されており⁸⁾、体幹を上部と下部の2点に分けて分析することが、PDの異常歩行を明確化するには有効

ではないかと考えた。

そこで近年、歩行分析への利用が散見されるようになった体幹2点歩行動揺計^{9,10)}を用いて、姿勢反射障害が出現した中等度PD患者における歩行時体幹動揺の特性を明らかにすることを試みた。

方法

1. 対象

対象は、静岡県中部地域にて外来または通所での個別リハビリテーションを受けている、Hohen-Yahr Stage IIIのPD患者4名（平均年齢68±6.2歳、男性2名、女性2名）（以下、PD群）とした（表1）。対照群は、静岡県西部地域の地区協働センターで開催された「歩き方講座」参加者のうち、PD群と性構成比と年齢をマッチさせた健常成人8名（平均年齢67±5.9歳、男性4名、女性4名）とした。両群共に歩行に支障をきたすようなPD以外の神経疾患や整形外科疾患のない者を選択した。

2. 体幹動揺指標の測定

体幹2点歩行動揺計（Micro Stone社製 MVP-WS2-S）は、上部体幹（第6胸椎棘突起高位）と下部体幹（第2仙椎高位）に装着

した2つの3軸加速度センサ（Micro Stone社製 MVP-RF8-GC-500）から得られた加速度波形を、前後、上下、左右方向における一歩行周期中の平均化した動揺量と軌跡長に変換することができる。同時に、一歩行周期の平均時間（以下、歩行周期時間）の算出やセンサ装着部の運動状況をリサージュ図形として描出することも可能である¹¹⁾。本研究においては、上部体幹および下部体幹の前後、上下、左右の動揺量ならびに矢状面、前額面、水平面の軌跡長を体幹動揺指標とした。このような体幹動揺指標は、菊池ら¹²⁾の「健常成人は歩行開始から3~4歩で定常歩行となる」との知見を参考に、歩行開始より3歩行周期目からの5歩行周期間における平均値から算出した。

歩行測定は、PD群が個別リハビリテーションを受けている機能訓練室に隣接した廊下、対照群は地区協働センターの講義室内に10m程度の直線歩行路を確保して計測した。PD群は、個別リハビリテーション終了直後の自覚的に「動きやすい」と認識している時間帯を選択した。対象者には、歩行路上を快適と感じる速度にて直進するように指示し、練習歩行後に体幹動揺指標と歩行周期時間の測定を1回行った。

表1 パーキンソン病の対象者一覧

No.	性別	年齢区分	Hohen-Yahr Stage	罹病期間(年)	UPDRS 運動項目			内服薬
					合計(点)	前傾姿勢(点)	突進現象(点)	
1	男性	60歳代後半	III	3	23	2	1	レキップ、アーテン、マドバー、ドブス、コムタン、トレリーフ
2	女性	60歳代前半	III	17	37	2	2	メネシット、コムタン、トレリーフ
3	男性	60歳代後半	III	6	24	1	2	ネオドバストン、ノウリアスト、ミラベックス
4	女性	70歳代後半	III	3	21	1	1	メネシット、マドバー、ピ・シフロール

UPDRS: Unified Parkinson's Disease Rating Scale

3. 分析方法

統計解析には IBM SPSS Statistics (Version 24) を用いた。PD 群と対照群の比較には Mann-Whitney の U 検定を使用し、危険率 5% 未満を有意差ありとした。さらに、各体幹動揺指標の平均値に最も近い対象者のリサージュ図形について、PD 群と対照群を比較し、PD 群のリサージュ図形の特徴を抽出した。

4. 倫理的配慮

計測開始にあたり、筆頭著者が書面ならびに口頭にて研究の概要、個人情報保護等について、対象者全員への説明を行い、同意書への署名を得た。また、本研究において開示すべき利益相反関係は発生していない。

結 果

体幹動揺指標と歩行周期時間の群間差を比較すると、上下動揺量にて上部体幹が PD 群 $27.00 \pm 2.16\text{mm}$ に対して対照群 $39.63 \pm 8.58\text{mm}$ 、下部体幹では PD 群 $27.75 \pm 4.57\text{mm}$ に対して対照群 $38.88 \pm 7.30\text{mm}$ にて有意な PD 群の上下動揺量減少が認められた ($P < 0.05$)。下部体幹では、前後動揺量でも PD 群 $17.50 \pm 3.11\text{mm}$ に対して対照群 $28.25 \pm 8.84\text{mm}$ と PD 群の動揺量減少が認められた ($P < 0.05$)。さらに、下部体幹の矢状面軌跡長でも PD 群 $110.75 \pm 16.01\text{mm}$ に対して対照群 $170.75 \pm 48.63\text{mm}$ と PD 群の軌跡長減少が認められた ($P < 0.05$)。これら以外では両群間に有意差は認められなかった。一方、上下動揺量を除いた各体幹動揺指標の平均値において、対照群では上部体幹が下部体幹の指標より小さくなり、PD 群では上部体幹が下部体幹よりも大きくなっていった (表 2)。

対照群と比較した場合の PD 群の典型的なリサージュ図形パターンは、矢状面上における楕円曲線の大きさの左右差拡大、前額面上における上部体幹の平坦∞図形化と下部体幹

の V 字曲線化、水平面上における上部体幹と下部体幹の図形の類似化が認められた (図 1)。

考 察

姿勢反射障害が出現した中等度 PD 患者の歩行時体幹動揺の特性を明らかにするため、体幹 2 点歩行動揺計を用いて上部体幹と下部体幹の体幹動揺指標の測定とリサージュ図形の描出を試みた。体幹動揺指標において、中等度 PD 患者は上部体幹の上下動揺量、下部体幹の前後・上下動揺量および矢状面軌跡長が有意に減少しており、同時に、前後および左右動揺量の平均値において、上部体幹が下部体幹より大きくなるという対照群とは逆のパターンを示していた。

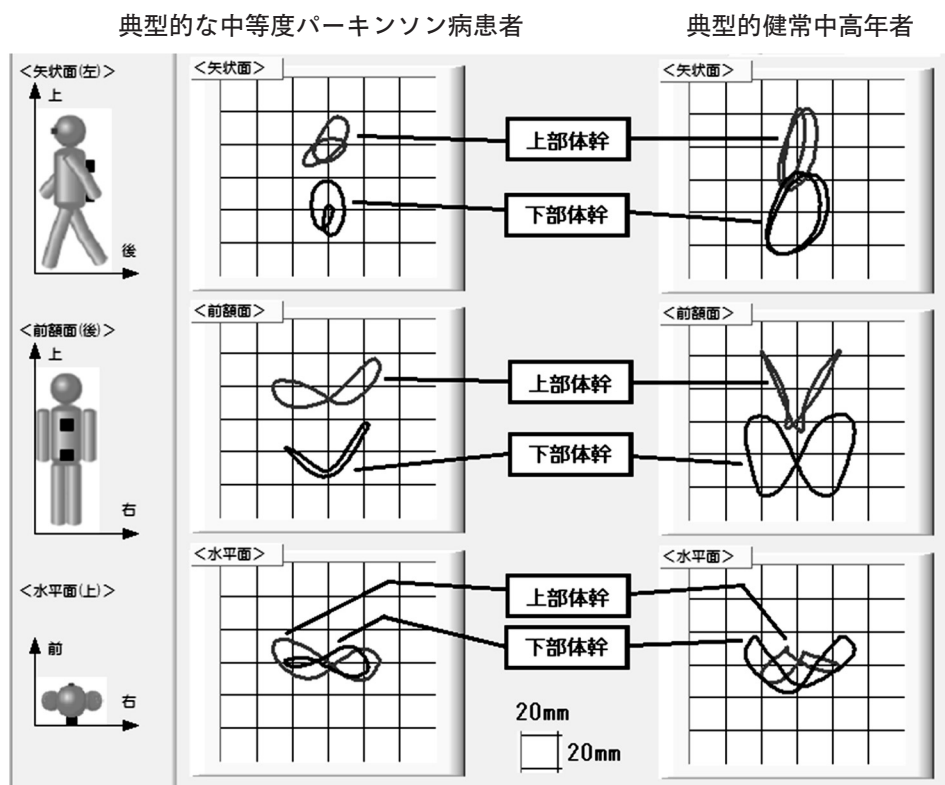
PD 患者の体幹部から得られた加速度波形を用いた歩行分析において、井平ら⁵⁾は Hohen-Yahr Stage I～IV の対象者 27 名と対照群の比較から上下、前後方向の平均加速度波形の振幅の減少を明らかにし、動作緩慢や歩幅の減少によるものと考察している。一方、Okuda ら¹³⁾は Hohen-Yahr Stage III～IV の対象者 16 名と対照群の比較から内-外側方向の Root mean square の増大を報告し、左右への動揺性の増加と捉えている。本研究においては、体幹動揺指標が上下、前後方向において対照群より小さくなっており、井平らの結果を支持するものであった。高齢者における身体動揺性と筋力との関係においては、上下動揺と膝伸展筋力および足趾把持力、前後動揺性と足趾把持力の相関が報告されており¹⁴⁾、PD 患者の足趾把持力の低下と重症度の進行に伴う低下率の上昇も明らかとなっている¹⁵⁾。以上より、本研究における体幹動揺指標の変化は動作緩慢や小刻み歩行といった PD 患者の特徴的な異常歩行パターンや足趾把持力といった歩行に關与する筋力の低下を示しているものと推測される。一方で、健常者においては歩行中の加速度は仙骨部で最も大きく、頭部が一番小さくなることが示

表2 体幹動揺指標および平均歩行周期時間の群間比較

測定指標			PD群		対照群		
体 幹 動 揺 指 標	上部 体幹	前後	22.50	± 4.36	23.13	± 7.02	
		動揺量 (mm)	上下	27.00	± 2.16 *	39.63	± 8.58
			左右	61.00	± 20.35	36.25	± 15.30
	下部 体幹	矢状面	120.25	± 16.03	161.63	± 50.04	
		軌跡長 (mm)	前額面	159.00	± 23.34	161.00	± 36.34
			水平面	146.00	± 37.94	112.38	± 29.73
	平均歩行周期時間 (sec)			0.97	± 0.09	0.97	± 0.16

・数値は、平均±標準偏差を示す

* : $P < 0.05$



されている¹⁶⁾。これは頭部をできる限り静かに前方へ運ぶことで認知器官の照準をより良く合わせるためと考えられており、不整地歩行の実験においても骨盤運動が頭部の姿勢制御システムとして機能していることが示唆されている¹⁷⁾。しかし、PD患者においては股関節戦略による姿勢制御が困難になることから¹⁸⁾、骨盤運動によって体幹動揺をコントロールすることの難しさが上部体幹と下部体幹の動揺パターンの違いとして現れたのではないかと考えられる。

リサーチ図形は加速度波形を可視化し、2次元の図形として加速度センサの運動軌跡を表示することができる¹⁹⁾。リサーチ図形の対称性を指数化し、定量的に評価することも試みられているが²⁰⁾、図形のパターンから直感的に差異を見出すことが出来るため、動作分析の結果を説明するツールとしても有用と考えられる。本研究における中等度PD患者の典型的なリサーチ図形は、矢状面上における楕円曲線の大きさの左右差拡大、前額面上における上部体幹の平坦 ∞ 図形化と下部体幹のV字曲線化、水平面上における上部体幹と下部体幹の図形の類似化であった。これらをPDの異常歩行に当てはめると、矢状面上における楕円曲線の大きさの左右差拡大は、左右の歩調の崩れが想定される。前額面上における上部体幹の平坦 ∞ 図形化は上下方向の動揺性の減少を示し、下部体幹のV字曲線化は左右それぞれの下肢における片脚での体重支持の不十分さを示しているものと考えられる。さらに水平面上における上部体幹と下部体幹の図形の類似化は、上肢の振りの減少による歩行中の体幹回旋の不足を示す特徴と想定された。

本研究の限界は対象症例数が少ないことおよび同一環境下で2群の測定が行えなかったことである。しかし、環境面での相違があっても、歩行路が平坦で障害物等がなかったことから、歩行開始3歩目から5歩行周期間と

いう計測条件下において、計測に影響を与える相違は生じなかったものと考えられる。歩行時体幹動揺の計測は、異常歩行パターンを定量的かつ可視化して記録できる点において、神経変性疾患のような長期的変化を追跡する歩行分析手段として有効である可能性が示された。今後は、症例数を増やして他の歩行指標や下肢筋力と上部および下部の体幹動揺指標の関係を明らかにすると共に、リサーチ図形の特徴の精緻化を図る必要がある。同時に、PDにおける上部と下部の体幹動揺パターンの特徴を定量的に捉え、障害度の進行による変化も把握しなければならないと考える。

引用文献

- 1) 土井剛彦, 牧迫飛雄馬, 他: 高齢者における体幹加速度から得られる歩行指標と転倒との関連性-大規模データによる検討-. 理学療法学 43: 75-81, 2016.
- 2) 池淵充彦, 岩城啓好, 他: Wearable 加速度計を用いた三次元的な歩行重心動揺評価. 臨床バイオメカニクス 33: 433-438, 2012.
- 3) 関根正樹, 吉村拓巳, 他: 加速度センサを用いたパーキンソン病患者における歩行障害の評価. ライフサポート 16: 90-97, 2004.
- 4) Lowry KA, Smiley-Oyen AL, et al: Walking stability using harmonic ratios in Parkinson's disease. Movement Disorder 24:261-267, 2009.
- 5) 井平千暁, 松原幸代, 他: 体幹加速度からみるパーキンソン病患者の歩行-特徴と聴覚刺激による影響-. PT ジャーナル 45: 705-710, 2011.
- 6) 堀水湧, 木元稔, 他: 加速度から算出した身体重心変位の妥当性の検討-3次元動作解析装置との比較-. 理学療法科学 31: 591-596, 2016.
- 7) 中村隆一, 齋藤宏, 他: 基礎運動学第6版. 東京. 医歯薬出版, 2012, 384-386.
- 8) 菊本東陽, 浦山良平, 他: パーキンソン病

- Yahr 分類 I～II の理学療法. 理学療法 25 : 1520-1527, 2008.
- 9) 柘幸伸, 中村浩, 他: 小型センシングデバイスを用いた動作分析手法の開発ーモーションセンサによる歩行時体幹動揺の評価ー. 了徳寺大学研究紀要 10 : 191-196, 2016.
- 10) 松村剛志: 三軸加速度センサを用いた歩行時における上部と下部の体幹動揺の測定ー反復測定結果の信頼性と体幹動揺特性の検討ー. 常葉大学保健医療学部紀要 8 : 29 - 36, 2016.
- 11) 白鳥典彦: 産学官連携による体幹 2 点歩行動揺計の開発. 科学技術振興機構. (オンライン) <http://sangakukan.jp/journal/journal_contents/2015/05/articles/1505-05/1505-05_article.html>, (参照 2017-9-20).
- 12) 菊池麻美, 對馬均: 歩き始めから定常歩行となるまでの歩数と距離に及ぼす加齢の影響ー健全成人と虚弱高齢者の比較. 理学療法研究 30 : 11-15, 2013.
- 13) Okuda S, Takano S, et, al: Gait analysis of patients with Parkinson's disease using a portable triaxial accelerometer. *Neurology and Clinical Neuro-science* 4: 93-97, 2016.
- 14) 幸田仁志, 甲斐義浩, 他: 高齢者における最速歩行時の身体動揺性と筋力の関係. 日本ヘルスプロモーション理学療法研究 15 : 161-165, 2016.
- 15) 岡田洋平, 福本貴彦, 他: 疾患の進行に伴うパーキンソン患者の足趾把持力低下. 理学療法学 37 : 391-396, 2010.
- 16) Perry J, Burnfield JM (武田功統括監訳): ペリーー歩行分析ー原著第 2 版ー正常歩行と異常歩行ー. 東京, 医歯薬出版, 2012, pp9-29, 83-88.
- 17) Menz HB, Lord SR : Acceleration patterns of the head and pelvis when walking on level and irregular surfaces. *Gait Posture* 18 : 35-46, 2003.
- 18) 山永裕明, 野尻晋一: 図説ーパーキンソン病の理解とリハビリテーション. 東京, 三輪書店, pp46-47, 2010.
- 19) 香川真二, 千田廉, 他: リサーチ用図形を用いた歩行加速度データの可視化評価の開発と臨床的有用性. 理学療法学 36 : 18-23, 2009.
- 20) 小川美矢子, 小野崎彩可, 他: 三軸加速度計を用いたリサーチ指数による体幹部加速度の対称性の評価. 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻紀要 23 : 185-190, 2015.