

修士学位論文

論文題名

(注：学位論文題名が欧文の場合は和訳をつけること。)

踵補高がパーキンソン病患者歩行の
運動効率に与える影響

平成 26 年 1 月 8 日 提出

首都大学東京大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻
理学療法科学域

学修番号：12895601

氏名：来住野 健二

(指導教員名： 古川 順光)

踵補高がパーキンソン病患者歩行の運動効率に与える影響

来住野健二^{1,2}, 古川順光³

1 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科 人間健康科学専攻 理学療法科学域

2 東京慈恵会医科大学附属第三病院 リハビリテーション科

3 首都大学東京 健康福祉学部 理学療法学科

【要旨】

踵補高がパーキンソン病 (PD) 患者歩行の運動効率に与える影響を検討した。PD 患者と健常者各 8 名を対象とし、踵補高の有無の 2 条件による立位時重心動揺 (GS-3000) と 6 分間歩行試験中の呼気ガス (K4b₂), 重心加速度 (MVP-RF8) の測定を実施した。呼気ガスからは運動効率の指標として 1m あたりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/m$) を算出し、各測定項目は Wilcoxon の符号付順位検定を用い有意水準 5%にて比較した。PD 患者群は踵補高により後方重心の改善、重心加速度の前方変換作用の向上が得られ歩行距離が延長した。また、PD 患者群は $\dot{V}O_2/m$ が高値であったが、換気能力低下は認めず、歩行時の運動効率には下肢運動制限因子の影響が先行していると考えた。一方、踵補高により $\dot{V}O_2/m$ は減少せず、歩行困難度が増加したことから、前方重心加速度の増加に対し突進を制御することで運動効率が低下した可能性が考えられた。

【キーワード】

踵補高/パーキンソン病/呼気ガス分析/重心加速度/運動効率

【本文】

I. はじめに

パーキンソン病 (Parkinson's Disease, 以下 PD) は、振戦・固縮・無動・姿勢反射障害を主とした錐体外路徴候を示し、自律神経障害や精神症状・認知機能障害など非運動症状も合併する多系統変性疾患である。さらに、疾患由来の一次的な機能障害による低活動性のため、筋力低下や関節可動域制限など、廃用症候群を中心とした二次的な機能障害を生じることも指摘されている¹⁾。このように様々な症状を呈する PD では、患者の QOL 低下が問題となる。Parkinson's Disease Questionnaire - 39 を用いた検討では、転倒・着衣困難・抑うつ・混乱・疲労感・off 現象・尿失禁・便秘・頭痛・体の痛み・ADL・歩行障害が QOL を低下させる要因として強い影響をもつと報告されている²⁾。また、これらの因子を予防改善することが QOL 向上につながる事がガイドライン¹⁾に示されている。

QOL を低下させる因子のうち理学療法の介入対象となりうる疲労感、つまり PD 患者の運動耐用量に関する研究がいくつか報告されている。小林ら³⁾は、PD 患者の歩行時エネルギー消費効率を検討するため、快適歩行による 6 分間歩行試験 (6-minutes walking test, 以下 6MWT) 時の呼気ガス分析による検討を行った結果、PD 患者は健常者よりも歩行速度が遅いにも関わらず酸素摂取量は健常者と同程度であり、エネルギー消費効率は悪化していたと報告した。また、内田ら⁴⁾も同様に、6MWT と呼気ガス分析による酸素摂取量の測定から PD 患者と健常者との体力特性の比較検

討を行った結果、PD患者は健常者と比較して6分間歩行距離は短縮し、総酸素摂取量および心拍数から算出した運動負荷強度には差が認められなかったが、歩行距離1mあたりに要する酸素摂取量はPD患者の方が高値を示し、PD患者は健常者より酸素消費効率が低いと述べている。さらに、小林ら⁵⁾は、自転車エルゴメータを用いた呼気ガス分析から、ramp負荷による心肺運動負荷テストにてPD患者の運動制限因子を検討した結果、運動中止の要因は下肢筋疲労とペダル駆動の低下であったが、呼吸予備能(MVV-peak VE, peak VE/MVV)は十分保たれており換気制限はなく、運動時換気能力には余力を有していたと報告した。また、PD患者では、組織への酸素運搬能力は運動の制限因子ではなく、筋固縮の存在により筋力発揮に無酸素系のエネルギー供給機構が用いられていることや、下肢の交互運動能力・運動速度調節の低下による運動器の制限から運動困難となり、心肺機能に負荷がかかりづらい状態にあることが示唆されたとも報告した⁵⁾。以上のように、PD患者の運動時における酸素摂取量には、時間因子による制限ではなく距離因子による酸素摂取量の増加を認め、酸素消費効率の低下を生じていることが認められる。また、酸素消費効率低下を生じる要因として、疾患由来の固縮などによる下肢運動能力低下が運動制限因子となり、活動範囲の狭小化、運動負荷の減少により、二次的な廃用性機能障害を助長している可能性が考えられた。

一方、踵補高(heel elevation)はPD患者のすくみ足に対する臨床対応の1つであり、その効果については多数の報告がある^{6,7,8,9,10)}。金子ら⁶⁾は、床反力および筋電計による踵補高歩行の分析から、踵補高により静止立位時には足圧中心が支持脚へ変位し、支持脚への円滑な体重移動が行われ、遊脚肢の足尖離地までの時間を速めていると考察している。また、奥ら⁷⁾は、パーキンソン病患者に対する踵補高の影響を立位での重心動揺、歩行能力の観点から検討した結果、静的立位バランス・前後側方への随意的重心移動能力が改善し、10m歩行時間および歩数も改善を認めたと報告した。以上のように、踵補高はすくみ足の改善のみではなく、歩行能力の改善にも効果が認められている。

PDの疾患由来の症状に対する治療はL-dopa剤など抗PD薬による薬物療法や定位脳手術・深部脳刺激術などの外科手術のように対症療法が行われている。一方、理学療法に関しては、パーキンソン病の進行を抑えることはできず、疾患由来の一次的な機能障害を改善する訓練はないと報告されている¹⁾。理学療法による介入については、二次的あるいは複合的な機能障害の予防・改善が主となる^{1,11,12)}。よって、前述の通り歩行距離因子からの影響を受けるPD患者の歩行時酸素消費量には、身体重心の前方加速度が増大し前方推進力を得ることで歩行速度を改善すると想定される踵補高が有効であると考えた。また、PD患者の運動時最大酸素摂取量など運動耐用能の改善を図った先行研究は、いずれも7週間以上の長期介入を行ったものであり、即時効果が得られる介入を検討したものはなかった^{13,14,15)}。病状や意欲などの変動をとまなうPD患者にとって、日常より簡単に使用でき即時効果の期待できる踵補高は、二次的な廃用性機能障害を予防する観点において臨床上有用であると考えた。

そこで、本研究では6MWT時の重心加速度と呼気ガスの分析により、PD患者歩行時における運動効率(酸素消費効率)に対する踵補高の影響を検討することを目的とした。

II. 実験方法

1. 対象

東京慈恵会医科大学附属第三病院において入院及び外来患者でリハビリ科に依頼があり、PD と診断された患者のうち研究に関する説明を行い、同意を得られた 8 名（以下 PD 患者群）および健常者 8 名（以下、対照群）を対象とした。PD 患者群の平均年齢（範囲）は 72.8（59-87）歳、平均身長（標準偏差, 以下 SD）は 158.9（11.7）cm, 平均体重（SD）は 54.8（12.9）kg, Hoehn & Yahr stage の内訳は II 3 名, III 5 名であった。PD 患者の採択基準は監視以上で歩行が可能であり、6 分間歩行試験が可能であるもので、投薬コントロールが良好であり、病状に関して日内変動のない者とした。

除外基準は、踵補高によって突進歩行を助長し、転倒のリスクを生じると思われる症例、呼吸器疾患あるいは下肢の整形外科的疾患の既往がない者とした。また、当院リハビリテーション科の規定に沿って、①安静時脈拍 120 bpm/min 以上、②血圧 200/120 mmHg 以上、③体温 38.5°C 以上、④主治医からの指示があった者は除外した。さらに、測定中も以下の表 1・2 の基準を中止基準として設定した。

また、対照群の平均年齢（範囲）は 25.5（20-30）歳、平均身長（SD）は 165.3（10.0）cm, 平均体重（SD）は 61.0（10.4）kg であった。

表 1：実験終了の絶対的理由（松村準・監訳：運動負荷試験ハンドブック¹⁶⁾より改変し引用）

-
- ①急性心筋梗塞, 重症狭心痛
 - ②労作性低血圧：圧縮期血圧が 20mmHg 以上低下した場合。または検査前座位で得られた値より低下した場合。うっ血性心不全または陳旧性心筋梗塞, 虚血を示す徴候や症状が示された対象者
 - ③重篤な不整脈：心室頻拍, 3 度心ブロック
 - ④皮膚温から判定された低灌流の存在およびチアノーゼ
 - ⑤神経学的徴候：錯乱, ふらつき, めまい, 頭痛
 - ⑥技術上のトラブル：記録器またはモニタ装置故障
 - ⑦患者の要望
-

表 2：実験終了の相対的理由, 適応（松村準・監訳：運動負荷試験ハンドブック¹⁶⁾より改変し引用）

-
- ①胸痛の増強
 - ②下肢痛, 跛行
 - ③喘鳴
 - ④疲労および息切れの発現
 - ⑤収縮期血圧の 260mmHg への上昇, 拡張期血圧 115mmHg への上昇
 - ⑥重篤度の低い不整脈
 - ⑦心室頻拍に類似して示される脚ブロック, またはその他の心拍依存性心室内伝導障害
-

2. 倫理的配慮

東京慈恵会医科大学倫理委員会（承認番号：25-030-7165）および首都大学東京荒川キャンパス研究安全倫理委員会（承認番号：12086）の承認を得た。対象者に対し、研究目的・内容・危険性・同意不同意の自由を書面および口頭にて説明し、書面にて同意を得た。

3. 課題

介入方法は、踵補高有り無しの2条件とし、課題として20秒間の静止立位時の重心動揺測定(課題1)と快適速度での6MWT(課題2)を行った。課題2に関しては24時間以上の間隔を空け、投薬効果の影響を考慮し別日の同時刻に実施した。対象者には、課題の2時間前からはすべての薬物(β -ブロッカやカルシウム拮抗剤など)およびコーヒー、喫煙、激しい運動を控え、2時間より前に軽食を取るように依頼した。また、PD患者群の測定は、食後2時間以降で投薬コントロールの良好なon状態の時間に実施した。対照群の測定も、24時間以上の間隔を空け、食後2時間以降の同時刻に実施した。

4. 測定項目及び使用機器

課題1では、重心動揺計(GS-3000, アニマ株式会社製)にて前後方向の動揺中心変位[cm]を測定した。課題2では、6MWTより総歩行距離[m], 呼吸困難感および全身疲労感(修正版Borg Scale), 歩行困難度(Visual Analog Scale, 以下VAS)[cm], 心拍数(Heart rate, 以下HR)[bpm]を計測し、同時に携帯型呼気ガス分析装置(K4b², Cosmed社製)にて酸素摂取量(oxygen intake, 以下 $\dot{V}O_2$)[ml \cdot min⁻¹ \cdot kg⁻¹], 分時換気量(ventilation volume, 以下 $\dot{V}E$)[ml \cdot min⁻¹ \cdot kg⁻¹], 1回換気量(tidal volume, 以下TV)[ml \cdot kg⁻¹], 呼吸数(respiratory frequency, 以下Rf)[bpm]を一呼吸毎に測定した。同時に、第3腰椎高位に加速度計(8ch小型無線モーションレコーダーMVP-RF8, Micro Stone社製)を固定し、重心加速度[m \cdot sec⁻²]をサンプリング周波数200Hzで測定した。

5. 測定手順

1) 機器及び対象者のセッティング

対象者の準備として、服装は身動きを制限しないものとし、靴は同種類のサイズが異なるものを準備し、足長に合わせて選択した。踵補高は楔状のゴム(高さ1cmの1種類のみ)を靴内に両面テープを使用し装着した。K4b²は専用のハーネスにて対象者へ装着し、フェイスマスクはテスト前にマスクのみを装着しマスクに慣れさせた。立位、歩行を試行し足元が見えにくい状況で影響とテスト時には空気漏れがないかどうかの確認を行った。MVP-RF8は重心加速度を反映する第3腰椎高位の背部にベルクロテープにて固定した。また、本研究の目的は即時効果の検討であるため、学習の影響は除外したいと考え、踵補高を使用した状態により突進を助長し、転倒を生じないかどうかの事前確認のみを行った。

2) 計測

まず、GS-3000にて踵補高の有無による立位時の重心動揺測定を行い、踵補高による重心動揺中心変位への影響を確認した。その後、6MWTの説明(表3)を行いK4b²による呼気ガス測定を開始し10分間安静椅子座位をとらせた。検者は禁忌、HR、 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ 、TV、Rfのベースラインを確認した。その後、研究対象者を起立させ、呼吸困難感と全身の疲労感を修正Borgスケールにて測定した。研究対象者をスタートラインに立たせ、MVP-RF8による加速度測定を開始した後、研究者の合図により歩行を開始させ6分間の計測を開始した。研究者は研究対象者の後

方に付き添い転倒へ備えた。歩行中、検者は誰にも話しかけず、対象者への声掛けは決まった言葉とした(表4)。研究対象者が歩行を中断、もしくは休息が必要となったら立位で休息を取らせ、再開が可能であれば継続した。課題中は呼気ガスモニターおよび研究対象者の表情・皮膚の色・意識レベル・下肢の動きに着目し、状態変化に注意を払った。課題の中止基準に触れた研究対象者はいなかった。課題遂行後は、研究対象者に安静椅子座位を取らせ、課題前のベースラインの10%増以内に回復するまでモニタリングを継続した。同時に呼吸困難と全体的な疲労感を修正 Borg スケール、歩行困難度を VAS にて測定、総歩行距離を記録し終了とした。

表3：課題の説明(内山靖・他編集：臨床評価指標入門¹⁸⁾より改変し引用)

「このテストの目的は、6分間でできるだけ距離を長く歩くことです。この片道を今から往復します。コーンで方向転換し往復歩行します。コーンを素早く回り、往復して下さい。これから私が実際にやってみます。見ておいて下さい。…快適な速度で6分間歩いて下さい。途中で息切れがしたり、疲労するかもしれません。必要ならペースを落したり、立ち止まったりしてもかまいません。壁にもたれかかって休んでもかまいませんが、できるだけ早く歩き始めて下さい。無理だと感じた時は、その場で終了しても問題ありませんので、遠慮せずにいてください。」

表4：課題中の声掛け(内山靖・他編集：臨床評価指標入門¹⁸⁾より改変し引用)

最初の1分「うまく歩けていますよ。残り時間はあと5分です。」
2分後「その調子を維持してください。残り時間はあと4分です。」
3分後「うまく歩けていますよ。半分が終了しました。」
4分後「その調子を維持してください。残り時間はもうあと2分です。」
5分後「うまく歩けていますよ。残り時間はもうあと1分です。」
終了「止まってください。椅子に座りましょう。安静にします。」
中断した場合「もし必要なら壁にもたれかかって休むこともできます。大丈夫と感じたらいつでも歩き続けてください。」

6. データの分析方法

6MWT からは歩行速度 $[m \cdot \text{min}^{-1}]$ ・cadence $[\text{steps} \cdot \text{min}^{-1}]$ を算出した。呼気ガス分析装置 K4b²から得られたデータは9呼吸数毎に移動平均処理を行い、1mあたりの酸素摂取量(以下 $\dot{V}O_2/m$) $[m \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$ を算出した。MVP-RF8からは5歩行周期における鉛直・前後・左右方向の加速度波形の加算平均化および加速度データの周波数解析を行い分析した。各測定項目は、PD患者群と対照群それぞれにおける、踵補高の影響をWilcoxonの符号付き順位検定を用い有意水準5%にて比較した。統計ソフトはIBM SPSS ver. 20を使用した。

III. 結果

重心動揺計による静止立位時の測定結果を図1に示した。踵補高を使用した結果、重心動揺中心は、平均値(95%CI)でPD患者群が -2.5 (-4.2 - -0.9) cm から -0.1 (-2.1 - 1.9) cmへ、対照群が -2.4 (-3.0 - -1.7) cm から -1.3 (-2.1 - -0.5) cmへ前方変位した。

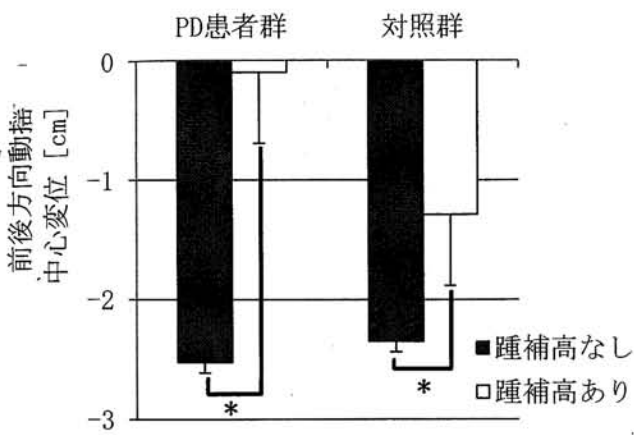


図 1 : 重心動揺計の測定結果 (*: $p < 0.05$)

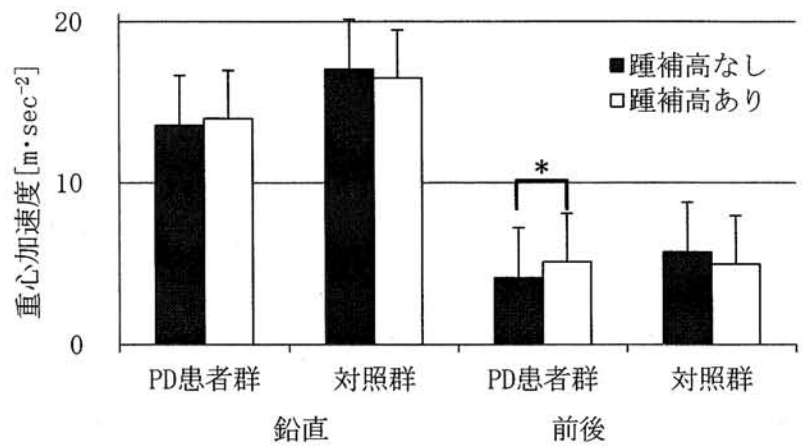


図 2 : 6MWT 時の重心加速度 (*: $p < 0.05$)

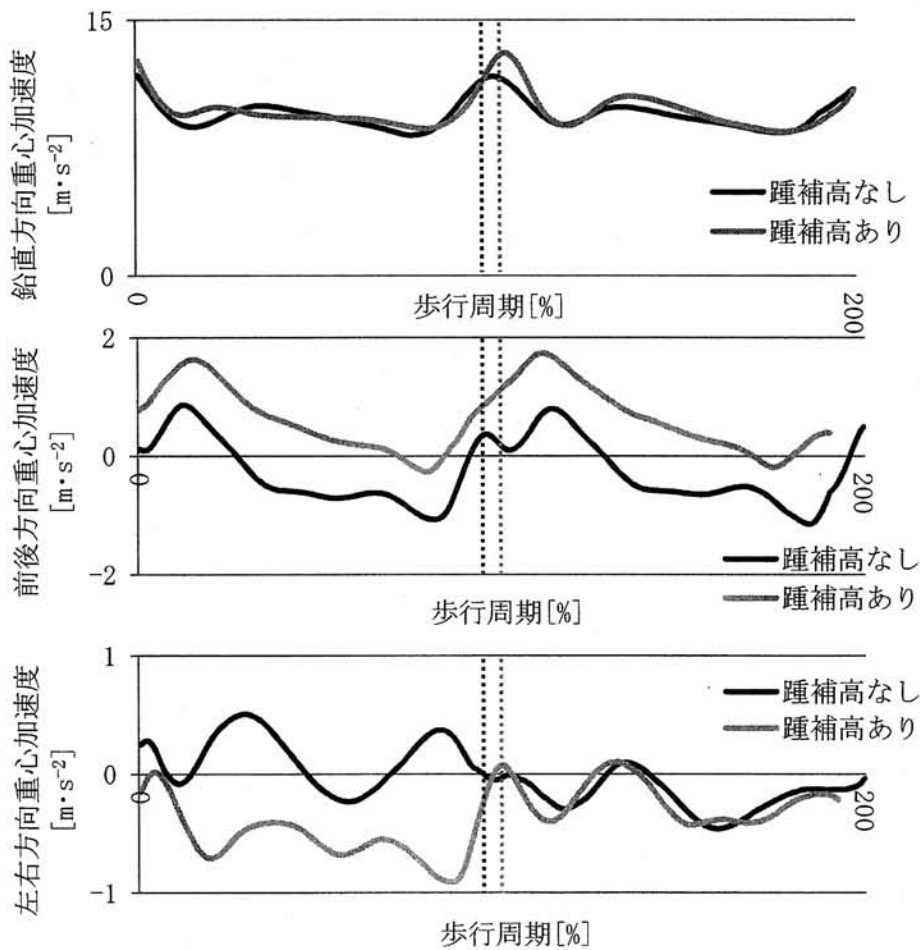


図 3 : PD 患者群の重心加速度の波形比較

次に、加速度計による 6MWT 時の重心加速度の測定結果を図 2 に示した。踵補高の使用により PD 患者群の重心前方加速度が、平均値 (95%CI) にて $4.1 (1.4 - 6.8) \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ から $5.1 (2.6 - 7.6) \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ へ増加した。その他、鉛直方向、対照群の重心加速度は差を認めなかった。PD 患者群の 6MWT 時における重心加速度の波形を図 3 に示した。破線は初期接地を表している。鉛直方向では、踵補高により初期接地後の 2 峰性が明確となった。前後

方向では、前方への加速度の変位が確認された。また、初期接地後の2峰性から1峰性への移行が確認された。左右方向では基軸がズレ、1歩行周期内でも数回左右への動揺が生じており、波形のバラつきが確認された。

6MWTの結果を表5、図4・5・6に示した。歩行距離の平均値は、PD患者群の踵補高なしで214.1m、踵補高ありで260.0m、対照群の踵補高なしで408.8m、踵補高ありで409.4mとなった。PD患者群では、踵補高の使用により歩行困難度が上昇する症例が認められた(図4)。PD患者群の6MWTにおける呼吸困難感および全身疲労感については、踵補高の有無による差は認めなかった(図5、6)。

表5：6MWTの測定結果 ※平均値(95%CI)

	踵補高	歩行距離 [m]	歩行速度 [m・min ⁻¹]	歩行困難度(VAS) [cm]
PD患者群	なし	214.1 (125.1-303.1)	35.7 (20.8-50.5)	4.4 (2.6-6.2)
	あり	260.0 (178.6-341.4)	43.3 (29.8-56.9)	4.5 (2.4-6.6)
対照群	なし	408.8 (361.5-456.0)	68.1 (60.3-76.0)	3.0 (1.3-4.7)
	あり	409.4 (365.9-452.9)	68.2 (61.0-75.5)	3.1 (1.5-4.6)

(*:p<0.05)

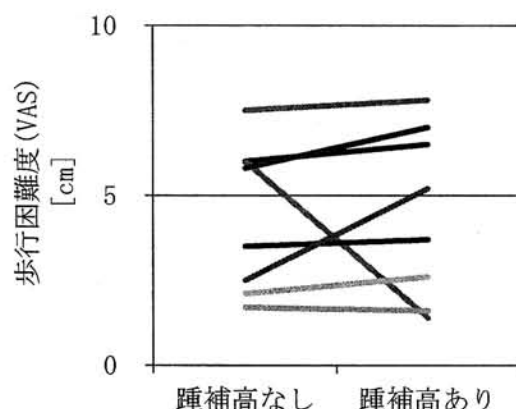


図4：各PD患者の6MWT時の歩行困難度

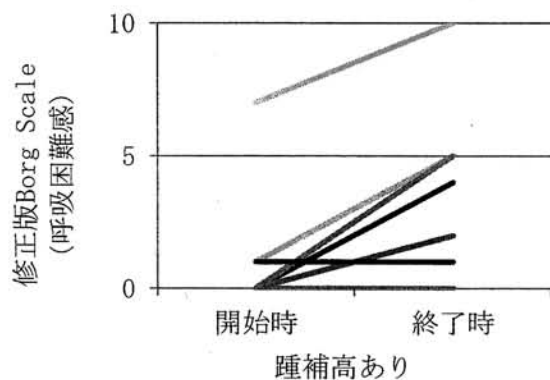
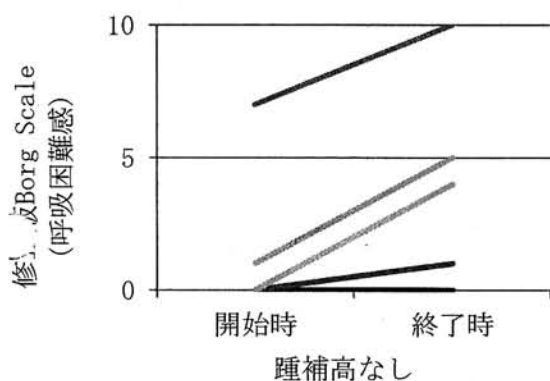


図5：各PD患者の6MWT時の呼吸困難感

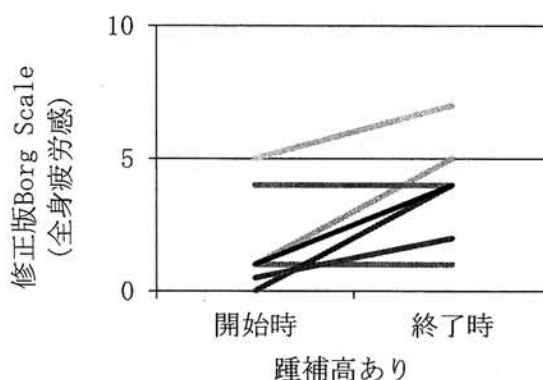
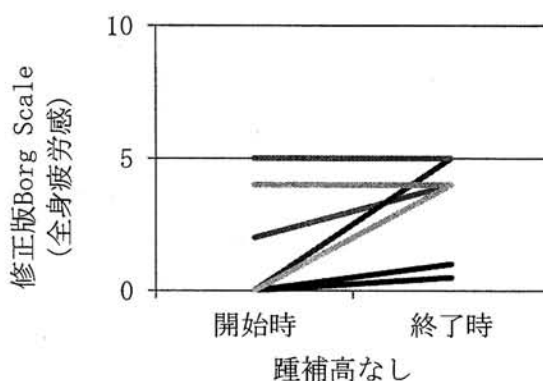


図6：各PD患者の6MWT時の全身疲労感

表 6 : 6MWT 時の呼気ガス測定結果 ※平均値 (95%CI)

踵補高		$\dot{V}O_2$ [ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹]	$\dot{V}E$ [ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹]	TV [ml·kg ⁻¹]	Rf [bpm]
PD 患者群	なし	11.7 (9.3-14.2)	19981.7 (15891.0-24072.4)	838.7 (630.4-1047.1)	24.3 (20.9-27.6)
	あり	12.0 (9.2-15.5)	19996.2 (14883.6-25108.9)	813.5 (600.1-1026.8)	24.7 (21.7-27.6)
対照群	なし	13.9 (11.9-15.8)	22710.6 (17893.2-27528.0)	889.2 (653.1-1125.2)	27.6 (19.3-35.8)
	あり	13.7 (11.8-15.7)	22047.9 (18236.7-25859.1)	905.1 (707.3-1103.0)	26.2 (17.1-35.3)

表 7 : 6MWT 時の歩行距離あたり $\dot{V}O_2$ ※平均値 (95%CI)

踵補高		$\dot{V}O_2/m$ [ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹ ·m ⁻¹]
PD 患者群	なし	0.074 (0.024-0.123)
	あり	0.050 (0.035-0.065)
対照群	なし	0.034 (0.032-0.036)
	あり	0.033 (0.031-0.036)

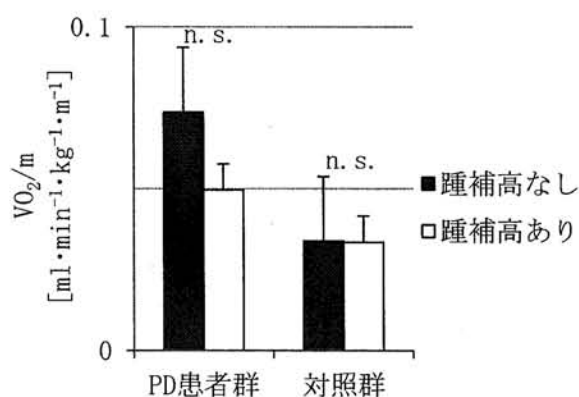


図 7 : $\dot{V}O_2/m$ の比較

最後に、6MWT 時の呼気ガス分析結果を表 6 に示した。 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ 、TV、Rf について、PD 患者群と対照群とも、踵補高の有無の 2 条件間に差を認めなかった。一方、 $\dot{V}O_2/m$ に関しては、PD 患者群が高値を示したが、両群ともに踵補高の有無による差は認められなかった(表 7, 図 7)。

IV. 考察

踵補高の影響により PD 患者群、対照群ともに重心の動揺中心は前方へ変位した(図 1)。PD 患者は後方重心の傾向があり、歩行時の前方への重心移動が円滑に行われないことが問題点として挙げられている^{19,20}。踵補高の影響により、静止立位時の重心動揺中心が前方へ変位することで、歩行時の前方重心移動が円滑となり、歩行速度および歩行距離の増加といった歩行能力の改善が得られたと考えた。

また、PD 患者の 6MWT 中の重心加速度は、踵補高ありの条件で前方加速度が増加したが、鉛直方向には大きな変化を認めなかった。歩行時の前方への動きには、身体重量が前方へ落下する力が駆動力として使われる。初期接地から荷重応答期にかけて、踵骨と接地面との間に回転軸が生じ、床反力がその後方を通ることで、足関節の底屈モーメントが生じる²¹。その結果、鉛直方向の位置エネルギーが変換され前方への推進力となる(ヒールロッカーの

作用)²¹⁾。図3の6MWT時の重心加速度波形による分析では、PD患者の踵補高なしの条件にて、初期接地により鉛直方向の重心加速度がピークを迎えた後、前後方向の重心加速度は一度減少し、再び増加する2峰性となっている。一方、踵補高の使用により、初期接地後の前後方向の重心加速度は2峰性から1峰性へと移行し、前方への推進力が円滑に増加していることがわかる。したがって、ヒールロッカーの作用が楔形の踵補高の影響により増加したことが考えられる。あるいは、初期接地時に足底面接地となる患者に対し、踵補高による踵接地が得られ、ヒールロッカーの作用を生じたことが考えられる。

以上の踵補高の効果により、先行研究と同様に、PD患者の歩行距離は平均で45m延長した(表5)。6MWTの歩行距離について学会等で承認された基準値はないが、Guyattら²²⁾は、6MWTにおける臨床的に有意な改善の最低値は30mであると報告し、また、大池ら²³⁾は6分間歩行距離は日常生活における移動能力に影響を及ぼすことを報告した。したがって、踵補高による歩行距離の延長は臨床的にも有効であると考えられる。

一方、運動効率の指標として挙げた $\dot{V}O_2/m$ に関しては、先行研究と同様にPD患者群が高値を示した^{3,4)}。これは、PD患者の6MWT中の酸素摂取量の増大、歩行距離の短縮が可能性として考えられるが、その他の呼気ガスの測定結果から、PD患者群では $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ 、 TV 、 Rf に差を認めなかった。6MWTは中等症から重症までの呼吸循環器系疾患患者において治療効果を最も反映するテストである¹⁸⁾とされているが、今回の症例では、一般的にPD患者で生じることの多い拘束性の換気機能低下を有していなかったことが考えられる。また、運動強度が増加すると、生体は主に酸素摂取と二酸化炭素排泄を目的に $\dot{V}E$ を増加させる²⁴⁾。分時換気量を増加させるためには、 TV もしくは Rf を増加させる必要があるが、いずれも踵補高の有無による差を認めなかったことから、運動時の換気能力としては同等であったことが考えられた。したがって、今回の結果からは歩行時の運動効率には呼吸機能の低下に先行して、下肢の固縮や筋力低下などの運動制限因子が影響を及ぼしていることが示唆された。

一方、踵補高の使用により歩行距離の延長が得られたが、仮説とは異なり $\dot{V}O_2/m$ は減少しなかった。PD患者群の6MWTにおける歩行困難度の聴取(図4)では、踵補高の使用により歩行困難度が増加している症例を認めた。本研究では、姿勢反射障害を有するHoehn & Yahr stageⅢの症例が含まれていたことから、踵補高の影響により前方への重心加速度が増加し、前方への突進を制御することで運動効率が低下した可能性が考えられた。したがって、踵補高の使用により歩行速度が増加し歩行距離が延長することが、必ずしも歩行困難度の軽減には繋がらない場合があることが示唆された。

以上より、PD患者に踵補高をすることは、歩行速度・歩行距離の改善の即時的効果を得ることができるとともに、下肢運動制限因子があるが呼吸機能低下が生じていない軽症のPD患者に対しては、二次的な廃用性機能障害を予防できる可能性があると考えた。

一方、対照群とした健常者では、踵補高による影響が認められたのは、重心動揺中心の前方変位のみであった。1cmの踵補高という外乱刺激に対し、静止立位時には1cm程の重心前方変位を生じたものの、歩行時には姿勢調節反応などにより自己修正を図ることができ、重心加速度や運動効率には影響を及ぼさない範囲の介入であると考えられた。

根治療法が発見されておらず、病状の進行を抑えることができないPDは、できる限り早期から介入をし、機能能力の維持を図れるかが重要である。しかし、軽症例では疾患に対する理解が不十分な場合も多く、継続した運動療法などが困難なことがある。また、逆にPDだからといって、病状への不安や転倒への恐怖などにより、運動、生活を制限してしまう場合も少なくはない。簡便ながら歩行速度の改善という即時効果が得られ、日常的に使用できる踵補高は、下肢の運動制限因子から先行する運動効率の低下、活動狭小化による呼吸機能低下や廃用性機能障害を予防する観点から臨床上有用であると考えた。

しかし、本研究では姿勢反射障害を有する症例では踵補高をすることが過剰な負荷となり、歩行時の運動効率の低下を招くことが示唆された。病状や精神症状などの変動をとまなうPD患者にとって、動作や活動に対する意欲は重要である。簡便である踵補高も、疲労感や転倒への恐怖感が増すような状況であれば、継続した使用も困難となる。したがって、踵補高の使用は、PD患者の主観的な評価である歩行困難度を考慮し、適応を検討していく必要があると考えた。

V. 結語

PD患者では踵補高により重心動揺中心の前方変位、歩行時の前方への重心加速度の増加を生じ、歩行距離の延長が得られた。PD患者に踵補高をすることは、歩行速度・歩行距離の改善の即時効果を得ることができ、下肢運動制限因子があるが呼吸機能低下が生じていない軽症のPD患者に対しては、二次的な廃用性機能障害を予防できる可能性がある。しかし、姿勢反射障害を有する症例では踵補高をすることが過剰な負荷となり、歩行時の運動効率低下を招く可能性があるため、歩行困難度を考慮し、踵補高の使用を検討していく必要がある。

【引用・参考文献】

- 1) 日本神経学会：パーキンソン病治療ガイドライン 2011. 医学書院，第1版，2011.
- 2) Findley L, Eichhorn T, Janca A et al : Factors impacting on quality of life in Parkinson's disease, results from an international survey. *Movement Disorders* 17(1) : 60-67, 2002.
- 3) 小林英司, 高田一史, 久保田友紀他 : パーキンソン病患者の快適歩行におけるエネルギー消費効率. *理学療法学*, 38(Suppl. 2) : OS3-030, 2011.
- 4) 内田賢一, 長澤弘, 桜井好美他 : パーキンソン病患者の6分間歩行距離と呼気ガス分析による酸素摂取量からみた行動体力に関する研究. *理学療法 (横浜)*, 33 : 35-38, 2005.
- 5) 小林英司, 成田雅, 久保田友紀他 : パーキンソン病患者の心肺運動負荷テストにおける運動制限因子. *理学療法学*, 38(Suppl. 2) : OI2-043, 2011.
- 6) 金子秀雄, 五日市克利 : パーキンソン病患者の歩行開始時における踵補高の効果. *理学療法学*, 27(Suppl. 2) : 184, 2000.
- 7) 奥壽郎, 網本和, 山崎裕司 : パーキンソニズム患者に対する補高が足圧中心動揺・歩行に及ぼす影響, 重症度別の検討. *理学療法学*, 22(8) : 454-459, 1995.
- 8) 奥壽郎, 網本和, 山崎裕司 : パーキンソニズム軽症例に対する補高の影響, 視覚遮断, 床面動揺での検討. *理学療法*, 13(4) : 315-318, 1996.

- 9) 奥壽郎, 網本和, 山崎裕司他: パーキンソニズムにおける補高の効果について, 重心動揺・歩行能力での検討. 総合リハビリテーション, 22(5): 391-394, 1994.
- 10) Eto F, Wada N, Maeno T et al: The effect of heel elevation in Parkinsonian gait. *Geriatrics & Gerontology International* 14(Suppl.1): 202-204, 2004.
- 11) Goodwin VA, Richards SH, Taylor RS et al: The effectiveness of exercise interventions for People with Parkinson's disease, A systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders* 23(5): 631-640, 2008.
- 12) Keus SHJ, Bloem BR, Hendriks EJM et al: Evidence-based analysis of physical therapy in Parkinson's disease with recommendations for practice and research. *Movement Disorders* 22(4): 451-460, 2007.
- 13) Bergen JL, Toole T, Elliott Iii et al: Aerobic exercise intervention improves aerobic capacity and movement initiation in Parkinson's disease patients. *Neuro Rehabilitation* 17(2): 161-168, 2002.
- 14) Ridgel AL, Vitek JL, Alberts JL et al: Forced, not voluntary, exercise improves motor function in Parkinson's disease patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 23: 600-608, 2009.
- 15) Bunini D, Farabollini B, Iacucci S et al: A randomized controlled cross-over trial of aerobic training versus Qigong in advanced Parkinson's disease. *Eura Medicophys* 42: 231-238, 2006.
- 16) 松村準: 運動負荷試験ハンドブック. メディカル・サイエンス・インターナショナル, 1997.
- 17) 石井光昭, 徳丸敬三, 藤川孝満他: 三軸加速度センサーによるパーキンソン病のすくみ足の解析. *理学療法学*, 36(Suppl.2): 399, 2009.
- 18) 千住秀明: 6-Minute Walking Distance (6MD), 6分間歩行距離. 内山靖, 小林武, 潮見泰蔵編, 臨床評価指標入門, 初版: 135-141, 協同医書出版社, 東京, 2003.
- 19) 堀場充哉: パーキンソン病によるバランス障害の評価と理学療法. *理学療法*, 29(4): 398-407, 2012.
- 20) 奥壽郎, 網本和, 渡辺敏他: パーキンソニズムの平衡機能, 静的・動的重心動揺における健常者との比較. *理学療法学*, 18(2): 125-130, 1991.
- 21) 月城慶一, 山本澄子, 江原義弘他: 観察による歩行分析. 第1版: 22-32, 医学書院, 東京, 2006.
- 22) Guyatt GH, Pugsley SO, Sullivan MJ et al: Effect of encouragement on walking test performance. *Thorax* 39:818-822, 1984.
- 23) 大池貴行, 濱崎広子, 栗田健介他: 慢性閉塞性肺疾患患者における下肢筋力と運動耐容能, 日常生活動作との関連性. *日本呼吸管理学会誌*, 10: 352-355, 2001.
- 24) 間瀬教史: 呼気ガス分析装置. 内山靖, 小林武, 間瀬教史編, 計測法入門, 初版: 224-251, 協同医書出版社, 東京, 2001.

【英語要旨 Abstract】

【Purpose】 We examined the effect that heel elevation gave in the exercise efficiency (oxygen consumption efficiency) of the patients with Parkinson's disease (PD) walk.

【Subject and Method】 We intended for eight PD patients (PD group) and eight healthy subjects (control group) . We measured center of gravity unrest at standing position (GS-3000) , expired gas (K4b₂) and center of gravity acceleration (MVP-RF8) in 6-minutes walking test by two conditions of the presence or absence of heel elevation. We calculated oxygen intake per 1-meter ($\dot{V}O_2/m$) for an index of the exercise efficiency from expired gas, and each measurement item compared it with 5% of level of significance using Wilcoxon signed-rank test.

【Result】 A center of gravity at the standstill standing position was displaced forward, and the front center of gravity acceleration of PD group increased by heel elevation. With it, the distance walked extended. PD group didn't accept a decrease to oxygen intake, ventilation volume, tidal volume, respiratory frequency, but, as for $\dot{V}O_2/m$, PD group showed high level. $\dot{V}O_2/m$ didn't decrease by heel elevation, and difficulty in walking degrees increased.

【Discussion】 The improvement of the backward center of gravity and front conversion effects of the center of gravity acceleration were obtained by heel elevation, and distance walked extended PD group. Also, as for $\dot{V}O_2/m$, PD group showed high level, but thought that the effect of the lower limbs physical limitation factor preceded exercise efficiency because the ventilatory capacity was equivalent to control group. However, $\dot{V}O_2/m$ didn't decrease by heel elevation, and the likelihood that exercise efficiency decreased by controlling dash for increase of the front center of gravity acceleration was thought about by the case that a difficulty in walking degree increased. It is necessary for heel elevation to consider a difficulty in walking degree for PD patients walk.

【Keywords】

Heel elevation/Parkinson's disease/Expired gas analysis/Center of gravity acceleration/Exercise efficiency

平成25年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注：学位論文題名が欧文の場合は和訳をつけること)

踵補高がパーキンソン病患者歩行の運動効率に与える影響

学位の種類： 修士 (理学療法学)

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 理学療法科学域

学修番号 12895601

氏名： 来住野 健二

(指導教員名： 古川 順光)

注：1 ページあたり 1,000 字程度 (欧文の場合 300 ワード程度) で、本様式 1~2 枚 (A4 版) 程度とする。

【目的】本研究の目的は6分間歩行試験(6MWT)時の重心加速度と呼気ガスの分析により、パーキンソン病(PD)患者歩行時における運動効率(酸素消費効率)に対する踵補高の影響を検討することとした。

【対象と方法】PD患者群と対照群(健常者)各8名を対象とした。踵補高の有無の2条件による①立位時重心動揺測定と②6MWT中の呼気ガスと重心加速度の測定を実施した。6MWTの呼吸困難感と全身疲労感を修正版Borg Scaleにて、歩行困難度をVASにて測定した。呼気ガス($K4b^2$)のデータは9呼吸数毎に移動平均処理を行い1mあたりの酸素摂取量($\dot{V}O_2/m$) [$ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$]を算出し、加速度計(MVP-RF8)により測定した重心加速度のデータは10歩行周期の加算平均化を行った。各測定項目は、踵補高の影響をWilcoxonの符号付順位検定を用い有意水準5%にて比較した。

【結果】両群とも踵補高により重心動揺中心は前方変位した。また、PD患者群の6MWT中の重心加速度は踵補高により前方加速度のみが増加し、歩行距離の平均値は45m延長した。PD患者群は酸素摂取量、分時換気量、1回換気量に低下を認めなかったが、 $\dot{V}O_2/m$ は高値を示した。PD患者群では踵補高により $\dot{V}O_2/m$ は減少せず、歩行困難度が増加した。

【考察】PD患者群は踵補高により後方重心の改善、初期接地から荷重応答期における重心加速度の前方への変換作用の向上が得られ、歩行距離が臨床的に有効と報告されている30m以上延長した。また、PD患者群は換気能力に低下を認めなかったが $\dot{V}O_2/m$ は高値を示したことから、PD患者の歩行時の運動効率には、呼吸機能低下に先行して下肢の運動制限因子が影響を及ぼしていることが示唆された。一方、踵補高により $\dot{V}O_2/m$ は減少しなかったが、歩行困難度が増加している症例を認めたことから、踵補高による前方重心加速度増加に対し、前方突進を制御することで運動効率が低下した可能性が考えられた。したがって、踵補高により歩行距離が延長することが、必ずしも歩行困難度の軽減には至らない場合があることが示唆された。

【結語】PD患者歩行に対し踵補高は、運動効率の観点からは歩行困難度を考慮する必要があるが、歩行能力の改善が得られ二次的な廃用性機能障害を予防できる可能性がある。