

理学療法士の膝と臀部に対する介入が片麻痺患者の起立動作の身体軌道に与える影響の調査

○湖上碩樹 Qi An 楊澤嘉 山川博司 田村雄介（東京大学）
山崎弘嗣 Matti Itkonen Fady Shibata-Alnajjar 下田真吾（理化学研究所）
服部憲明 木野本誠 高橋幸治 藤井崇典 乙宗宏範 宮井一郎（森之宮病院）
山下淳 浅間一（東京大学）

概要 片麻痺患者は理学療法士のリハビリテーションを受けることで低下した身体機能の回復を図る。本研究では日常生活の中で活動の起点となる起立動作に着目し、理学療法士のリハビリテーションにより片麻痺患者の起立動作の身体軌道に与える影響を調査する。片麻痺患者の起立動作をモーションキャプチャシステムにより計測し、重心軌道や関節角度を算出した。片麻痺患者は自力では上体を深く曲げてから離臀を行っていたが、理学療法士が介入したときは上体を深く曲げずに離臀を行うことが可能となることが分かった。

キーワード: 筋シナジー、リハビリテーション、起立動作

1 序論

脳血管疾患の患者数は日本国内に約 25 万人存在し、後遺症により麻痺が残る場合がある。下肢に麻痺が残った片麻痺患者は理学療法士から受けるリハビリテーションを行うことで下肢の機能の再建を行い、健常な人と同等の機能を得ることを目指す。また、ハーネスで体を吊るした状態でのトレッドミル上の歩行¹⁾や、膝の伸展を補助するパワーアシスト装具などによる下肢の運動の練習²⁾など、下肢運動の支援装置を用いたリハビリテーションもある。

本研究では特に日常生活において活動の起点となる起立動作に着目する。片麻痺患者においては麻痺側の力の弱さや姿勢制御が難しいことから起立動作が不安定となることが分かっている³⁾。このような片麻痺患者は理学療法士や起立動作を支援する機器によるリハビリテーションを行うことで運動機能を回復する。しかし、その支援機器は体幹前屈と重心の持ち上げをゆっくりと行うという画一的な運動の教示となる。これは自力での起立に比べて筋肉の活動が妨げられる可能性があり、回復につながらない点が問題となっている⁴⁾。起立動作の支援機器を開発する上でどのような軌道で起立動作を支援するかは重要である。そこで、理学療法士のリハビリテーションにより片麻痺患者の起立動作の身体軌道、特に関節角度に与える影響を調査する。

2 研究手法

片麻痺患者の起立動作のリハビリテーションにおいて、理学療法士の介入により起立動作に与える影響を運動学的な違いに着目して調査する。

理学療法士は Fig. 1 に示すように、片麻痺患者の麻痺側大腿遠位部と骨盤後面に介入して患者の起立動作を援助する。先行研究から、起立動作には下記に示すように 4 つのフェーズがあることが報告されている⁵⁾。

- フェーズ 1: 上体の前屈
- フェーズ 2: 臀部の離床
- フェーズ 3: 全身の伸展
- フェーズ 4: 姿勢の安定化

我々の先行研究では理学療法士は離臀前のフェーズ 1 において膝をを前方に引っ張ることで重心の前方移動を促すことが分かった。また、離臀時のフェーズ 2



Fig. 1: Intervention of Physical Therapist

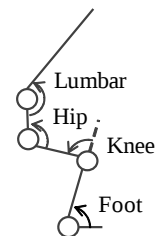


Fig. 2: Definition of Joint Angle

では膝関節を伸展させ、骨盤を持ち上げて重心の上方移動を援助することも分かった⁶⁾。この介入により片麻痺患者は理学療法士から離臀のタイミングを教示され、起立動作が改善される。

身体軌道について述べる。片麻痺患者においては上体を深く前屈させ、左右の足裏とその間の領域から成る支持基底面内まで重心を移動させてから立ち上がる。理学療法士の介入により離臀のタイミングが教示された患者は、起立動作の筋活動の活動タイミングが健常な人の活動タイミングに近くなり起立動作が改善される⁶⁾が、身体軌道への影響は分かっていないため関節角度に着目して調査する。関節角度については、まず筋骨格モデルを静止状態の体格に合わせたのち、計測した身体座標とモデルの座標との最小二乗誤差を計算することで導出する。角度を導出する関節は腰関節と股、膝、足の両側の関節とし、Fig. 2 のように角度を定義し、反時計回りを正とした。

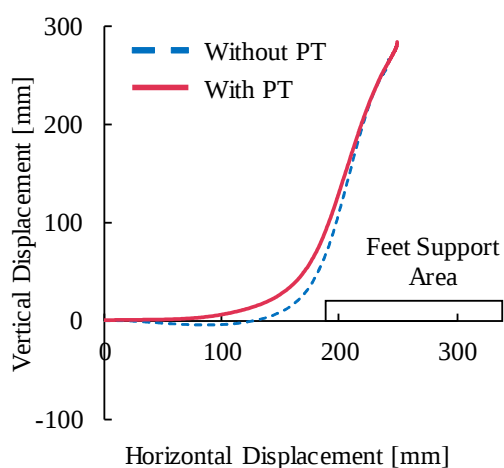


Fig. 3: Center of Mass of Patients

3 計測実験

3.1 被験者

12名の片麻痺患者（男性10名，女性2名）に対して実験を行った。麻痺側は左側が9名，右側が3名，年齢は 56.0 ± 11.6 歳であった。片麻痺患者の脳卒中後の運動機能の回復度を評価する Fugl-Meyer 下肢運動スコアは 23.6 ± 6.0 であり，被験者は全員自力で起立動作を行うことができた。理学療法士は20年以上従事している2名であった。

3.2 計測装置

起立動作の際の身体の動きは光学式モーションキャプチャシステム（MotionAnalysis 社）を用いた。計測部位は Hellen-Hayes のマーカセットに基づいて左右合わせて22点を100 Hzで計測した。計測により得られた身体軌道は6 Hzのローパスフィルタをかけてノイズを除去した。関節角度は SIMM(Musculographics 社)を用いて計算を行った。座面高は400 mmとし，腕の力を使わずに立ち上がるように指示した。

3.3 実験手順

起立を自力で10回（介入無），理学療法士による介入を受けている状態（介入有）で10回行う。得られた20回分の試行において，臀部が離床する前1.0 s，後2.0 sの計3.0 sの運動データを用いて解析を行った。

本実験は森之宮病院倫理委員会の承認を受け，あらかじめ被験者に実験の説明を行い同意を得た上で実施された。

4 結果・考察

被験者の足首を基準とした重心の変位量について全被験者で平均を取り，介入無と介入有について比較したグラフを Fig. 3 に示す。横軸は被験者の前後方向を，縦軸は上下方向を示し，破線が介入無，実線は介入有の重心軌道を示す。このグラフから，片麻痺患者の膝を伸展させ，骨盤後面を支えるという理学療法士の介入により重心移動を上方に切り替えるタイミングが早くなっていることが分かる。

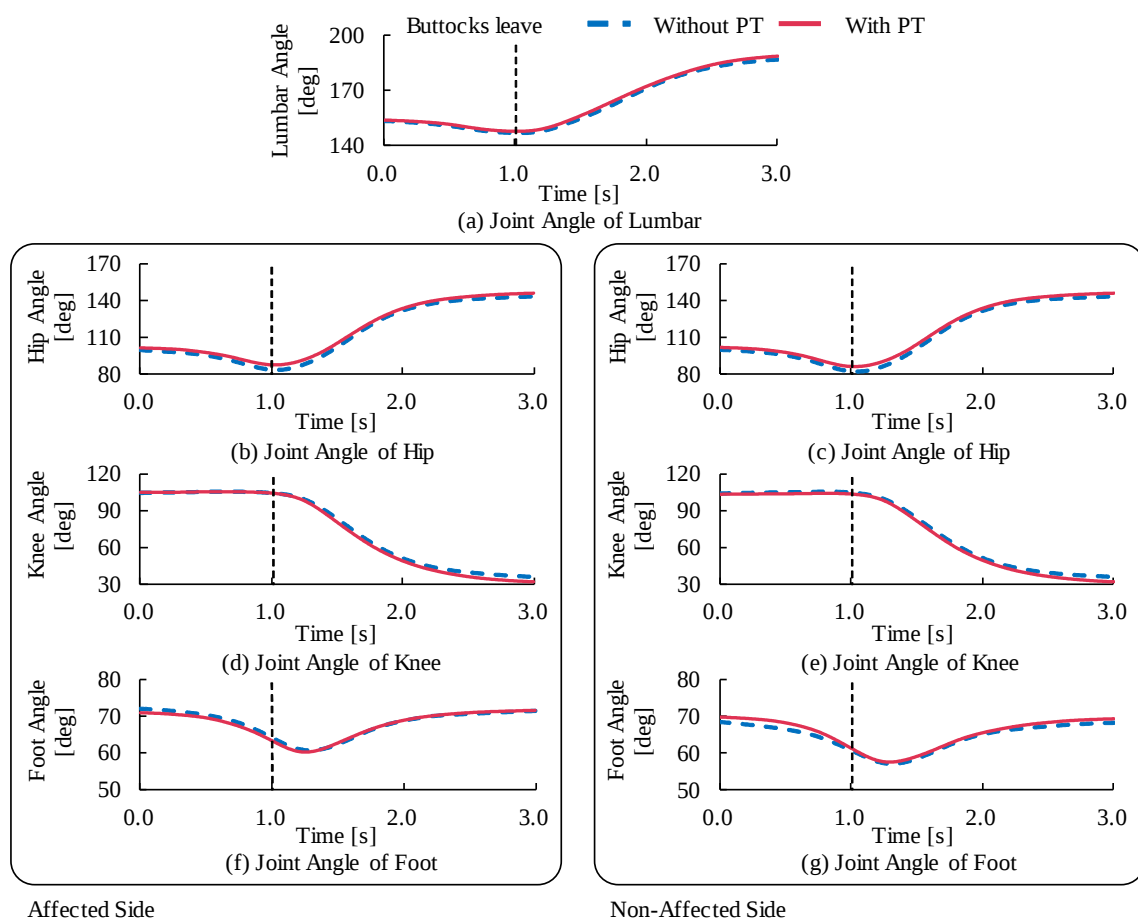


Fig. 4: Joint Angle of Patients

全被験者で平均を取った関節角度のグラフを Fig. 4 に示す。腰関節のグラフを (a) に、麻痺側の股、膝、足の関節のグラフをそれぞれ (b), (d), (f) に、非麻痺側の股、膝、足の関節のグラフをそれぞれ (c), (e), (g) に示す。横軸は時間を、縦軸はそれぞれの角度を示し、破線が介入無、実線は介入有の関節角度を示す。腰、膝、足関節においては介入の有無による大きな変化はなかった。しかし、股関節においては最小角度が介入無では麻痺側で 67.8 ± 11.1 deg, 非麻痺側で 63.6 ± 9.6 deg であったが、介入有では麻痺側で 68.8 ± 9.4 deg, 非麻痺側で 66.0 ± 7.8 deg となった。麻痺側と非麻痺側でともに t 検定による有意な差があり、介入有の方が介入無に比べて関節角度が大きくなった。すなわち上体を深く前屈しなくなったことが分かる。

腰、膝、足関節の関節角度のグラフにおいて介入の有無による大きな変化はなかったが、これらのグラフは Fig. 2 のように矢状面から見た関節の角度を表す。しかし、片麻痺患者は各関節の強調した筋活動がうまくできないため、麻痺側への荷重が困難となり膝が体の内側に入り込む⁷⁾。よって、理学療法士が片麻痺患者の膝への介入の影響を調べるには前頭面で関節角度の変化を見る必要がある。

股関節の関節角度において理学療法士の介入による変化があったが、これは理学療法士が患者の骨盤後面に介入している手が骨盤の向きを変えたためである可能性がある。足や膝の関節では矢状面では理学療法士の介入の変化はなかったが、重心の軌道において介入による変化があったことから股関節の角度の変化が重心の軌道の変化に影響を及ぼしている。このことから、起立動作を支援する際には股関節の角度から支援のタイミングを決定することの可能性が示唆された。

5 結論

本研究では片麻痺患者の起立動作への理学療法士の介入を調査し、理学療法士による離床のタイミングの教示により片麻痺患者は上体を深く前屈せずに起立動作を行うことが可能となることが分かった。

今後の展望として、片麻痺患者に対して解析した理学療法士の技能を活かして立ち上がり動作を支援する機器を開発することが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、科研費 26120005, 16H04293, 18H01405 の助成を受けた。

参考文献

- 1) S. Fisher, L. Lucas and T. Thrasher : “Robot-assisted gait training for patients with hemiparesis due to stroke”, Topics in Stroke Rehabilitation, **18**-3, 269/276(2015)
- 2) R. W. Horst : “A bio-robotic leg orthosis for rehabilitation and mobility enhancement”, Proceedings of the 31st Annual Conference IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis, 5030/5033(2009)
- 3) S. W. Chou, A. M. K. Wong, C. P. Leong, W. S. Hong, F. K. Tang and T. H. Lin : “Postural Control During Sit-to-Stand and Gait in Stroke Patients”, American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, **82**-1, 42/47(2003)
- 4) J. M. Burnfield, Y. Shu, T. W. Buster, A. P. Taylor, M. M. McBride and M. E. Krause : “Kinematic and electromyographic analyses of normal and device-assisted sit-to-stand transfers”, Gait & Posture, **36**-3, 516/522(2012)
- 5) P. Riley, M. L. Schenkman, R. W. Mann and W. Andrew : “Mechanics of A Constrained Chair-rise”, Journal of Biomechanics, **24**-1, 77/85(1991)
- 6) H. Kogami, Q. An, N. Yang, H. Yamakawa, Y. Tamura, A. Yamashita, H. Asama, S. Shimoda, H. Yamasaki, M. Itkonen, F. Shibata-Alnajjar, N. Hattori, M. Kinomoto, K. Takahashi, T. Fujii, H. Ootomune and I. Miyai, “Effect of Physical Therapy on Muscle Synergy Structure During Standing-Up Motion of Hemiplegic Patients”, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), **3**-3, 2229/2236(2018)
- 7) 原寛美, 吉尾雅春: 脳卒中理学療法の理論と技術, メジカルビュー社, 2016