

片麻痺患者の起立動作における縦手すりにかかる力の解析

○ Qi AN, 山川博司, 楊澤嘉, 湖上碩樹, 吉田和憲, 山下淳 (東京大学)
石黒周 (S ケアデザイン研究所), 下田真吾, 山崎弘嗣, 園尾萌香,
Fady S. Alnajjar (理化学研究所), 木野本誠 (大阪発達総合療育センター),
服部憲明, 高橋幸治, 藤井崇典, 乙宗宏範, 宮井一郎 (森之宮病院), 浅間一 (東京大学)

概要 脳血管疾患により片麻痺になると起立動作に困難を抱えてしまう。このような片麻痺患者は手すりを利用することで、低下した運動機能を補って運動を達成することができる。このことから、我々は片麻痺患者の起立動作中に手すりにかかる力を計測することで、片麻痺患者の低下した運動機能を推定可能であるという仮説を立てた。本研究では起立動作中の力を計測可能な縦手すりを製作し、16名の片麻痺患者を対象に手すりにかかる力の計測実験を行った。計測結果から、手すりにかかる水平方向の力は離臀時に大きくなり、身体の前方移動を支援していることがわかった。一方で手すりに鉛直方向にかかる力は小さく、その使い方にも個人差があることがわかった。これらのことから、縦手すりにかかる水平方向の力を計測することで、片麻痺患者の起立動作の評価ができることが示唆された。

キーワード: 片麻痺, 起立動作, 手すり

1 序論

起立動作は要介護度の判定基準となる日常生活における重要な動作である。加齢や運動疾患によって身体機能が低下すると、起立動作に困難を抱えるようになり、生活の質が低下してしまう。特に脳血管疾患によって片麻痺になると、運動が大きく制限されるため、リハビリテーションによって、身体機能の回復を目指す必要がある。我々の研究グループでは、筋シナジーと呼ばれる筋の協同発揮に着目して、ヒトの起立動作の解析を行ってきた。我々の先行研究から、片麻痺患者の起立動作に対するリハビリテーションで理学療法士が介入を行った際に、離臀時に活動する筋シナジーの活動が改善されることがわかった¹⁾。また運動障害の重度なグループと中度なグループを比較したときに、離臀や起立後の姿勢の安定化に寄与する筋シナジーの活動タイミングに差が示された²⁾。このように片麻痺患者のリハビリテーションにおいて、どの運動機能が低下しているかを判断し、患者に合わせて適切に介入を行うことが重要である。

これに対して我々は片麻痺患者がリハビリテーションの過程において手すりを使って、低下した運動機能を補助しながら起立動作を達成することに注目した。起立動作は、上体の前屈、離臀、全身の伸展、姿勢の安定化から構成されるが³⁾、片麻痺患者が起立動作を行う際には苦手としている動作に応じて異なる手すりの使い方をしているという仮説を立てた。より具体的には、片麻痺患者は上肢を用いて手すりを引いたり押し下げることで、苦手としている運動を補助していると考えた。過去の手すりを用いた起立動作に関する研究では、高齢者の起立動作を対象に、手すりの位置や向きなどが関節角度に与える影響が報告されているが⁴⁾⁵⁾、片麻痺患者が起立動作中に手すりに対してどのように力をかけているのかはわかっていない。特に片麻痺患者では苦手とする運動に応じて水平方向や鉛直方向に異なる力のかけ方をすることが考えられる。そのため本研究では、起立動作中にかかる力を計測することができると手すりを用いて、片麻痺患者の起立動作中の手すりにかかる力を計測し、どのように手すりを利用して起立動作を達成しているのか調べる。

2 手法

本研究では手すりの下部に力センサを取り付け、起立動作中の手すりにかかる水平方向と鉛直方向の力を計測する。また起立動作後に全身を直立した伸展位を取れるように、本研究では縦手すりをを用いた。手すりにかかる力と起立動作の対応関係を調べるために、本研究では特に離臀のタイミングに着目した。そのため起立動作時に手すりにかかる力と同時に臀部にかかる反力も床反力計を用いて計測をした。臀部にかかる鉛直方向の力が10 N以下となったときを離臀とみなし、離臀の前1秒と後2秒を起立動作の1試行とし、そのデータ区間に手すりにかかった力を調べた。なお手すりとの臀部の床反力を計測するためのセンサはテック技販社のTF4060を使用した。データは2,000 Hzで計測し、10 Hzの2次のバターワース・ローパスフィルタによってフィルタリングした。また手すりにかかる力に対して、被験者の重量を100%として正規化し、起立動作中において手すりにかかる力を調べた。

本計測実験には森之宮病院に入院中の回復期の片麻痺患者16名(男性9名, 女性7名, 54.4 ± 9.5 歳)が参加した。片麻痺患者の下肢のFugl-Myer Assessmentの平均のスコアと標準偏差は 19.5 ± 4.7 (34点満点)であり、中度の運動障害を有する人であった。本実験では、実験参加者には上肢をまっすぐ伸ばしてもらって縦手すりを把持してもらい、各被験者それぞれ5-10回の起立動作を計測した。

3 結果と考察

片麻痺患者の起立動作中に手すりにかかる力を図1に示す。手すりに水平方向にかかる力は図1(a)に示されており、点線は各被験者の得られた試行での平均を表し、実線は全被験者の平均を表す。力の値において、正の値となっているものは手すりを上肢で引いている際の力の向きを示し、負の値は手すりを上肢で前方に押すときの力の方向を表す。同様に手すりに鉛直方向にかかる力を図1(b)に示す。鉛直方向の力において正の値は、手すりを下に押し下げる力の向きで、負の値は手すりを引っ張り上げる方向の力を表す。

この結果より、起立動作時の水平方向の力は離臀時にピークがあることがわかり、離床のタイミングで手

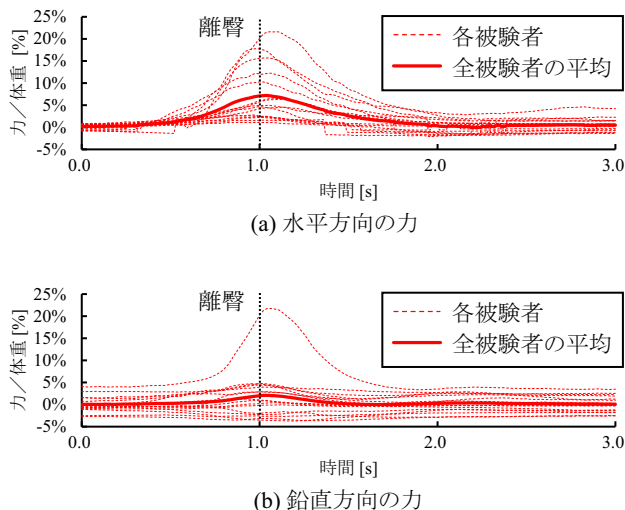


Fig. 1: 起立動作時に手すりにかかる力

すりを引いていることがわかる。先行研究から身体機能が低下した人の起立動作においては、上体をより前屈し重心を足裏の支持基底面へ移動してから全身を伸展させるということが知られている⁶⁾。このことから片麻痺患者が手すりを用いて起立動作を行うときにも、さらに上肢を使って手すりを引くことで身体を前方に移動させることを補助していることが示唆される。

一方で手すりに鉛直方向にかかる力に関して、1名の被験者を除いた15名の力は $\pm 5\%$ の範囲に収まっていることがわかる。このことから片麻痺患者が起立動作を行う際には、手すりに対して鉛直方向に力がかかる度合は少なく、鉛直方向の運動への寄与が少ないことが示唆される。また鉛直方向の力は、解析したデータ区間の全体を通じて正負両方の値となっている。これは片麻痺患者が起立する際に、手すりを押し下げて身体を上方向に押し上げるだけでなく、全身の伸展に伴い手すりを引っ張り上げる被験者がいることを示す。このように片麻痺患者の手すりを用いた起立動作において、鉛直方向に関しては使い方に個人差が存在することがわかる。またこの結果は本研究では縦手すりを用いており、鉛直方向に力がかけにくくなっていることにも起因すると考えられる。一方で片麻痺患者の症状は多岐に渡るため、体を伸展する動作を苦手とする患者も存在する。今後の研究では横手すりの使用も検討することで、離臀の動作だけでなく、全身の伸展に寄与する動作の評価ができるか検証する。

4 結論

本研究は起立動作中の力を計測可能な手すりを製作し、運動機能が低下した片麻痺患者が起立動作中にどのように手すりに力をかけているのか調べた。その中でも水平方向の力は離臀時にピークが存在し、離床時に上肢を使って手すりを引いて、身体の前方向移動を補助していると考えられる。一方で鉛直方向の力は小さく、手すりの使い方にも個人差があることがわかった。このことから、縦手すりを用いた起立動作では、特に水平方向の力を計測することで、離床動作の評価が行えることが示唆された。今後の研究では、水平方向の力において片麻痺患者の運動機能をより詳細に評価可能な指標を調べる。

謝辞

本研究の一部は科研費 2612005, 18H01405, 19H05729, 19K22799 の助成を受けた。

参考文献

- 1) H. Kogami et al., “Effect of Physical Therapy on Muscle Synergy Structure during Standing-up Motion of Hemiplegic Patients”, IEEE Robotics Automation Letter, vol. 3, no. 3, pp. 2229-2236, 2018.
- 2) N. Yang et al., “Temporal Features of Muscle Synergies in Sit-to-stand Motion Reflect the Motor Impairment of Post-Stroke Patients”, IEEE Transactions on Neural System and Rehabilitation Engineering (In Press).
- 3) M. Schenkman et al., “Whole-body Movements during Rising to Standing from Sitting”, Physical Therapy, vol. 70, no. 10, pp. 638-648, 1990.
- 4) D. Vena et al., “The Evaluation of Vertical Pole Configuration and Location on Assisting the Sit-to-Stand Movement in Older Adults with Mobility Limitations”, Assistive Technology, vol. 27, no. 4, pp. 208-219, 2015.
- 5) S. Kinoshita et al., “Effect of Handrail Height on Sit-to-Stand Movement”, PLoS ONE, vol. 10, no. 7, e0133747, 2015.
- 6) M.A. Hughes et al., “Chair Rise Strategies in the Elderly”, Clinical Biomechanics, vol. 9, pp. 187-192, 1994.