片麻痺患者の起立動作のリハビリテーションにおける理学療法士の技能の解析*

○湖上碩樹　Qi An　楊濬嘉　山川博司　田村雄介　山下淳　淺間一（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）

概要　本研究は日常生活の中で活動の起点となる起立動作に着目し，リハビリテーション中の起立動作の筋シナジーに与える影響を調査する．これを達成するために片麻痺患者の筋シナジーや理学療法士の筋活動の計測を行った．片麻痺患者は自力では起立動作の筋シナジーを個別に調整できなかったが，理学療法士が介入した時にはシナジーを個別に調整することが可能となった．また，理学療法士の筋活動から理学療法士は片麻痺患者に対して離床のタイミングを教示していることが示唆された．

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

片麻痺患者は理学療法士からリハビリテーションを受けることで下肢の機能の再建を行う．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，筋シナジー仮説 [1] に基づいて理学療法士の介入による片麻痺患者の起立動作への影響について調べる．また，片麻痺患者の起立動作に理学療法士が介入する際に理学療法士がどのような動作を行っているかを調べる．

2　研究手法

理学療法士の介入の有無が片麻痺患者の起立動作に与える影響を筋シナジーや運動学的な違いに着目して比較する．次に，介入中の理学療法士の筋活動を計測することで理学療法士が行う技能を明らかにする．

筋シナジーモデルについて述べる．筋シナジー仮説では個の筋肉の筋活動は空間パターンと時間パターンの線形和で生成されるとしている．空間パターンとは筋の相対的な活動度を表し，時間パターンとは筋シナジーの重み係数の時間変化を表す．

先行研究から起立動作は 4 つの筋シナジーで構成され，以下の役割があることが報告されている [2]．

シナジー 1: 上体の前屈
シナジー 2: 臀部の離床と重心前移動
シナジー 3: 膝関節と腰関節の伸展
シナジー 4: 立位姿勢の安定化

この 4 つのシナジーを調節して起立動作が達成されるが，片麻痺患者では筋シナジーが統合するという報告がある [3]．本研究では起立動作に関わる筋活動を計測して非負値行列因子分解 [4] によって筋シナジーを抽出する．そして，これらの先行研究に基づいて片麻痺患者の筋シナジーの構造および理学療法士の介入によって変化する部分を調べる．また，運動学的手法については身体軌道，重心の軌跡，床反力ベクトルを用いる．

片麻痺患者へ介入する際の理学療法士の技能を調べる方法について述べる．理学療法士は片麻痺患者の膝と骨盤後面に腕を用いて介入するため，理学療法士の上肢の筋活動を計測する．理学療法士の筋活動と片麻痺患者の身体軌道を比較することで理学療法士がどのようなタイミングで介入を行っているのかを調査する．

*本研究は第 23 回創発システムシンポジウムで発表したものである．

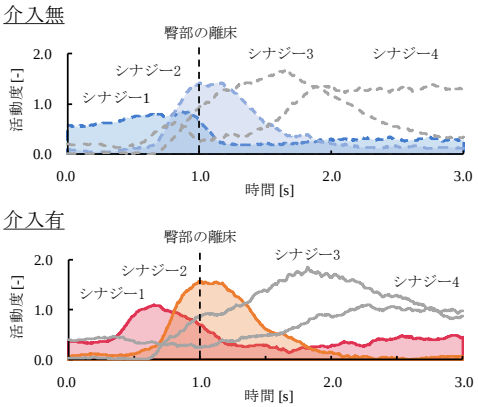

Fig. 1: 筋シナジーの時間パターンの変化

3　結果

実験に参加した片麻痺患者は 6 人とし，理学療法士は 20 年以上従事している 2 人であった．理学療法士の介入無と介入有でそれぞれ 10 試行の起立動作の筋活動のデータから 4 つの筋シナジーを抽出した．図 1 に示されるように，介入無では筋シナジー 1，2 の時間パターンが統合していた．しかし，介入有では統合していた筋シナジーが分離した．重心の軌道については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た．また，床反力ベクトルは介入無よりも介入有の方が起点が踵に近づいていた．

計測した理学療法士の表面筋電位から，理学療法士は片麻痺患者の膝への介入により重心を前方へ誘導している．離床時には片麻痺患者の踵方向に荷重を加えることで離床のタイミングを片麻痺患者に教示している．また，骨盤後面への介入では上方への重心移動の切替を行うことが分かった．

4　結論・展望

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，理学療法士は離床のタイミングを教示していることがわかった．この教示により片麻痺患者の統合していた筋シナジーの時間パターンが分離し，重心移動を上方に切り替えるタイミングが早くなった．

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 の助成を受けた．

参考文献

1) N. Bernstein: The Co-ordination and Regulation of Movements, Pergamon, Oxford（1967）
2) Q. An, Y. Ishikawa, S. Aoi, T. Funato, H. Oka, H. Yamakawa, A. Yamashita and H. Asama: “Analysis of Muscle Synergy Contribution on Human Standing-up Motion Using a Neuro-Musculoskeletal Model”, Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 5885/5890（2015）
3) N. Yang, Q. An, H. Yamakawa, Y. Tamura, A. Yamashita and H. Asama: “Muscle Synergy Structure Using Different Strategies In Human Standing-up Motion”, Advanced Robotics, **31**–1–2, 40/54（2017）
4) D. Lee and H. Seun: “Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization”, Nature, **401**–6755, 788/791（1999）