

審査の結果の要旨

氏名 湖上 碩樹

湖上碩樹氏の博士論文は「片麻痺患者の起立動作の解析とリハビリテーションにおける理学療法士の介入技能の解明」と題し、全6章より構成される。本論文では筋シナジーと呼ばれる筋肉の協同発揮と運動学を組み合わせた解析手法により片麻痺患者の起立動作を解析した。また、理学療法士による介入を神経筋協調の観点で定量的に評価可能な解析手法により、理学療法士の介入技能を解明した。

第1章では、本論文の背景である脳血管疾患が片麻痺患者に与える問題点や、リハビリテーション（以下リハビリ）において理学療法士による片麻痺患者の動作への介入に関して概観した。リハビリ支援機器の開発のためには、理学療法士と片麻痺患者の両者の動作の理解が重要であることが確認されている。そして本論文の目的である、片麻痺患者の起立動作の調査、回復度合いの評価基準の検討、理学療法士の介入の技能解析の意義について述べている。

第2章では、先行研究において、全身の筋を用いる起立動作では運動学的な評価だけでなく、複数筋の協調による運動の評価が必要であることが確認された。片麻痺患者の起立動作の調査のため、筋シナジーと呼ばれる複数筋の協調発揮のモジュール構造と運動学的指標を組み合わせるアプローチを用いることが述べられた。また、従来の臨床指標についてタスクの実行の評価か、麻痺肢の機能の評価のどちらかである問題点があるため、筋シナジーにより患者の回復の度合いを評価するアプローチを用いることが述べられた。さらに、理学療法士の介入技能が暗黙知であるという問題に対し、筋電図により技能を解明するアプローチが述べられている。

第3章では、片麻痺患者の起立を調べるため、筋シナジーと運動学的指標を組み合わせる手法の確立について述べられている。リハビリ病院に入院中の33名の片麻痺患者を対象に起立動作の計測がなされた。計測した表面筋

電図から、健常者と同様に片麻痺患者で麻痺側と非麻痺側ともに 4 つの筋シナジーを抽出した。筋の相対的な活動度を示す空間パターンは、各シナジーは上体の前屈、臀部の離床、全身の伸展、姿勢の安定化であった。一方、健常者と片麻痺患者の間で、また片麻痺患者では麻痺側と非麻痺側の間で、筋シナジーの重みづけの時間的変化を示す時間パターンの活動タイミングが異なることが示された。筋シナジーの活動タイミングが変化したため、上体を前屈するまでの腰関節角度や離臀時の重心の位置が健常者と片麻痺患者で異なった。すなわち、片麻痺患者では筋シナジーの活動タイミングが調節できなくなるので運動が阻害され、健常者の起立との違いが生じることが明らかにされた。

第 4 章では日常生活動作 (Activities of Daily Life, 以下 ADL) 能力の改善という回復の度合いの評価基準の検討のため、回復を与える起立動作の特徴の調査がなされている。発症 3 か月以内の患者を退院時の機能的自立度評価法 (Functional Independent Measurement, 以下 FIM) の点数から麻痺が重度な群と中程度な群の 2 つに分け、起立動作の筋シナジー構造と運動学的指標について 2 群の比較がなされた。中程度な群と重度な群でともに筋シナジーを 4 つ抽出し、空間パターンに違いは無かった。しかし、中程度な群では麻痺側を使用したため動作時間が延長し、時間パターンにおいて麻痺側の筋シナジー 3 のピークが遅くなることが確認された。発症 3 か月までの時点では運動機能に 2 群の違いはなかったが、麻痺側を使用していた中程度な群の方が退院時には ADL 能力がより回復することが示された。すなわち、筋シナジーという筋の使い方を評価することで回復の度合いを評価可能であることが明らかにされた。

第 5 章では、理学療法士の介入中の技能を調査するため、理学療法士の腕の表面筋電図から解析する手法の確立について述べられている。理学療法士は片麻痺患者の麻痺側の膝と骨盤後面に介入を行っており、上肢の曲げ伸ばしに関わる筋活動を計測し、理学療法士の筋シナジーを調査した。決定係数から筋シナジーの数は 4 つと決定され、それぞれ膝の引っ張りや骨盤後面の前方への誘導、臀部の持ち上げ、膝の押し戻し、膝を支えて骨盤を上向きにする、という役割を持つことが確認された。理学療法士の筋シナジーと片麻痺患者の筋シナジーの相互相関関数の計算結果から、理学療法士が片麻痺患者の運動に合わせて自身の介入動作のタイミングを変えていることが示された。また、第 3 章で確立した筋シナジー構造と運動学を組み合わせた解析手法により、理学療法士が介入中の片麻痺患者の起立についても述べられた。結果として、健常者よりも活動時間の長かった前屈の筋シナジーの活動時間が減少し、上体の前屈が減少することが確認された。すなわち、片麻痺患者では理学療法士の介入により重心の前方

移動から上方移動に切り替わるタイミングが早くなった。さらに、理学療法士の介入により左右の対称性が改善されることが示された。以上の調査から、理学療法士は動作の開始や離臀のタイミングを教示することが技能として抽出された。また、脳血管疾患により筋シナジーの活動タイミングを阻害された片麻痺患者に対し、理学療法士が介入することで筋シナジーの活動が改善されることが明らかにされた。

第 6 章では、本論文の成果が総括されている。また今後の研究の方向性として、特に本論文で形式知化された理学療法士の介入技能を応用したリハビリ支援機器の開発、理学療法士の技能教育への応用が述べられている。

以上、本論文ではリハビリテーションにおいて片麻痺患者の起立動作に対する解析手法の確立、回復度合いの評価基準の提案と理学療法士の介入技能の抽出を達成した。従来の問題点を克服し、筋シナジーと運動学を組み合わせた解析、筋シナジーを用いた回復度合いの評価、筋協調の観点による理学療法士の技能抽出を独自のアプローチで新規に達成しており、それらの有効性も十分に検証されている。以上の点において、博士論文として十分な独自性と貢献があると判断する。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。