

(様式4)

学位論文の内容の要旨

氏名 徳田 継祐

(学位論文のタイトル)

Muscle activation patterns in acceleration-based phases during reach-to-grasp movement

(リーチ動作の加速度に基づいた相分けにおける筋活動の分析)

(学位論文の要旨)

リーチ動作は、日常生活活動 (ADL) の遂行にとって不可欠である。整髪のような ADL は、大きな外転角度と前方屈曲角度が必要である。先行研究では、鏡視下腱板修復術後のリハビリテーションで、回旋筋腱板の弱さが ADL の制限の程度に影響を及ぼすこと、ADL のための代償方法を学ぶ必要があるかもしれないことを示唆している。このように運動器疾患では、上肢関節の可動域制限などの機能障害により、上肢の活動パターンが変化することが予測される。その視点から障害側の機能障害が、非障害側での代償作用などにより、どのように補償されていくかという再適応の過程についての報告が蓄積されてきている。しかし、それらの多くは、臨床所見に留まり、上肢機能の定量的な分析に至っていない。

本研究では、リーチ動作に着目し、筋活動や加速度を用いた分析を試みた。既存の報告では、リーチ動作は速度に基づき加速相と減速相に分けられている。そこで、筋活動と加速度を同期させ、加速度を用いて特徴的な相に分け、各相における個々の筋活動の役割を検討した。

右利きで神経学および整形外科的に既往のない健常者 10 名を対象とした。課題は、30cm 前方にある 0.5kg の円柱状の物体をつかむという単純な前方へのリーチ動作とした。表面筋電図で上部僧帽筋、三角筋前部、上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋活動を記録した。また、加速度計を用い前腕の長軸方向の加速度を計測した。筋電図の分析には、Root Mean Square を用いて、各筋の最大等尺性収縮 (Maximal Voluntary Contraction: MVC) に対する筋活動%MVC を算出した。加速度は、出発点から 2 回目の 0 point まで分析した。また、加速度を積分することで推定速度を算出した。統計学的分析には、Rest とリーチ動作フェイズの%MVC の比較は繰り返しのある分散分析を行い、その後の多重比較には Tukey 法を用いた。また、利き手と非利き手の比較には対応のある t 検定を用いた。

リーチ動作は、加速度の軌跡を分析することによって、正の加速度の増大期 (IA)、正の加速度の減衰期 (DA)、負の加速度の増大期 (ID)、負の加速度の減衰期 (DD) の 4 つの相に分けられた。

肩周囲筋は異なる活動パターンを示し、4 つの相と密接に関係していた。上部僧帽筋の有意な活動は IA (Rest の約 5 倍) と DD (Rest の約 3.5 倍) に見られた。三角筋前部はすべての相で活動を示し、経過とともに増加した (最終的には Rest の約 10 倍)。

上腕二頭筋の有意な活動は IA, ID, DD (それぞれ Rest の約 2.5 倍)に見られた。上腕三頭筋は DD のみで活動 (Rest の約 1.5 倍) が認められた。

利き手と非利き手の比較では、上部僧帽筋の IA と DD, 上腕二頭筋の ID と DD で非利き手のほうが有意に大きいことが示された。

リーチ動作の二相性の加速度を分析することによって、正の加速度の増大期 (IA), 正の加速度の減衰期 (DA), 負の加速度の増大期 (ID), 負の加速度の減衰期 (DD) の 4 つの相に分けられた。肩周囲の筋は異なる活動パターンを示し、加速度によって分けられた相と密接に関係していた。上部僧帽筋の役割は、IA では重力に抗し腕を保持し、ID では肩甲骨を安定化させ三角筋前部と拮抗し、手の前方への移動を制御することと考えられた。三角筋前部は、重力に抗し上腕を上げ、肩を屈曲させることで、リーチ動作中に連続しつづけるということが示唆された。上腕二頭筋は、IA ではテーブルから前腕を上げて保持するために働き、減速相では肘の伸展を制御しリーチ動作を減速する作用があると考えられた。上腕三頭筋の活動は DD のみで見られ、その目的は上腕二頭筋と拮抗して標的に対する手の移動を正確にコントロールするということが考えられた。

利き手と非利き手との比較では、利き手のほうがより効率的な筋活動を示した。非利き手では、上部僧帽筋と上腕二頭筋の過剰な活動が認められ、リーチ動作を制御するための筋活動が利き手に対して拙劣であることが示唆された。

これらの結果は、リーチ動作が肩周囲筋の筋活動のメカニズムにおいて加速度の軌道から得られる 4 つの相の重要な役割を暗示するかもしれない。また、利き手が肩と肘関節で非優位腕と比較して、より効果的なトルクパターンを使うかもしれないことも示唆された。

本研究の限界として、速度は加速度を積分することで得られた推定値であるため筋電図・加速度・速度を同時記録する必要があること、今回の対象筋以外の筋活動は不明であるため他の筋活動も計測する必要があることなどが挙げられる。