

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）
概要書

**Beginning Movement Load Training-Induced Neuromuscular
Adaptations in Humans**

初動負荷トレーニングによる神経筋の協応能の変化とその解析

2011年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

小山 裕史

Koyama, Yasushi

研究指導教員： 鈴木 秀次 教授

ヒトの神経筋系の協応動作は、日常行っている身体運動の量と種類に特異的に変化・適応する (Enoka 1997)。一般に、神経筋系の協応動作の適応は力の獲得を含め身体トレーニング中に関与する筋の状況や部位に特異的に起こり、それぞれの身体動作の特徴が明瞭に現れる。身体トレーニングや神経筋系の協応動作の特異性に影響を与える要素としては、運動時に使用される筋群、筋収縮の活動様式とその速さ、筋の可動範囲および運動時の姿勢が重要な役割を担っている。したがって、ある特定の身体トレーニングによって獲得された筋が発揮される力は、それと違う運動時には同名筋であっても筋の機能が十分に発揮されるとは限らない。これらの結果より、神経筋をトレーニングするには運動の特異性を考慮した身体トレーニングが極めて重要であるとされている。しかし、従来の筋力を発揮させる身体トレーニングの身体動作は通常に実施されている身体運動の動作とは大きな差異のあることが知られている。

このような背景を下に、筆者はヒトの神経筋系の協応動作をより改善するためのトレーニング理論の構築とそれを可能にする装置を併せて開発した結果、初動負荷トレーニングを体系化した (1994)。

初動負荷トレーニングでは、最大筋力の約30%の負荷を用いて筋の弛緩—伸張—短縮を律動的に繰り返させ、動作の開始では筋が弛緩した状態で始まると共に次に筋への負荷により伸張される点に特徴がある。筋の伸張過程では筋への負荷が漸増し、運動が繰り返されると周期毎に筋が最大に伸張されるため、その筋は伸張反射によって収縮する。その運動の直後には筋への負荷を減らして弛緩するよう工夫されている。このような初動負荷トレーニングのマシンは現在までに20種類小山によって発案・開発されている。

一方、初動負荷トレーニング動作には負荷の漸増—漸減に加えて“かわし動作”が関与していることが知られている。このかわし動作は多軸での回旋、近位筋から遠位筋への活動の流れ、短縮性収縮活動前の弛緩した主動筋の伸張と最少限の共縮が併存している点に特徴がある。この動作のトレーニングを特徴づけるためのマシンが開発されている。この装置は、カムを搭載して漸増—漸減を発揮させると同時にかわし動作が可能となっているものである。この装置を用いて身体トレーニングを行なうと、主動筋の弛緩—伸張—短縮が繰り返され、近位筋から遠位筋へと身体動作が円滑に伝わりと同時に、主動筋と拮抗筋との相反的な活動によって共縮を防止できることが明らかにされている (小山ら、2005)。

このような背景の下に、本研究では初動負荷トレーニングマシンを用いたときの身体動作特性を系統的に明らかにするため、単純なラットプルダウン動作の特徴を明らかにするとともに、マシンの自由度を徐々に増やしたときの身体動作特性をビデオカメラと筋電図学的に分析したデータを比較・検討した。

実験では、動きの自由度を三種類に変えて初動負荷トレーニング装置を製作し、それぞれの装置でラットプルダウン動作を行なったときのキネマティクス、筋電図活動およびそのタイミングをしらべた。被験者は健康で初動負荷トレーニングに習熟している男性7名（年齢：29.4 ± 5.6才）とした。運動負荷は三種類の装置とも最大筋力の30%で行った。自由度の異なる3種類のトレーニング装置は、タイプ1（前額面の動作のみを行なう装置）、タイプ2（前腕の回外一回内が付加した装置）、タイプ3（前腕の回外一回内と肩の水平伸展一屈曲が付加した装置）を用いた。全ての運動は弛緩一伸張一短縮の一連の筋活動を伴う初動負荷トレーニング動作とした。その結果、タイプ3型装置を用いたトレーニングでは、手首の鉛直方向の変位が最も大きく、肩の外転一内転方向の変位が最も大きかった。一方、肘関節については屈曲一伸展の変位が最も小さかった。下制中の肩の鉛直速度の最大値のタイミングは、肘や手首のタイミングより明らかに先行した。この装置を用いた身体トレーニング時の筋放電は、近位に位置する前鋸筋から順に後部三角筋、広背筋、そして遠位に位置する上腕三頭筋へと移動した。さらに、下制中の上腕二頭筋と上腕三頭筋との活動が逆転した。

以上の結果より、初動負荷トレーニングマシンのうち身体運動の自由度を大きくした装置を用いた初動負荷トレーニング動作は、競技場面あるいは日常の場面に見られる無拘束な身体運動の活動様式により近い形を再現することが明らかにされた。これらの結果は従来の研究にはみられないものであった。

以上より、本研究に用いた初動負荷トレーニングは、ヒトの動作改善、故障改善および麻痺改善に有用であることが強く示唆された。

本内容の掲載誌：

Koyama Y, Kobayashi H, Suzuki S, Enoka RM: Enhancing the weight training experience: a comparison of limb kinematics and EMG activity on three machines. *European Journal of Applied Physiology*, 109 (5): 789-801 (2010)