

氏名	いわした あつし 岩下 篤司
本籍	京都府
学位の種類	博士（工学）
学位の番号	甲第32号
学位授与年月日	平成25年3月15日
学位授与の要件	本学大学院学位規則第6条
学位論文題目	自転車エルゴメーター運動時の下肢運動の解析
論文審査委員	主査教授 吉田正樹 副査教授 大石利光 副査教授 小柳磨毅

## 論文内容の要旨

筋力は、医療の現場では早期退院や社会復帰の時期や退院後の日常生活の水準に影響し、スポーツ選手にとって競技能力へ直結する要因である。その筋力を増強し維持するためのトレーニング手法は重要であり、より高い安全性や効率性が求められる。安全性について、適切な運動計画が提示されないと過度のトレーニングを行う危険性を含む。これは筋力増加や健康維持といった目的に反し、特に高齢者の場合でトレーニング強度を誤ると重大な障害を発生させる。そのため、トレーニングを安全に効率よく行うためには、トレーニング時の筋の活動状態を定量的に把握することが必要となる。本論文の目的は、臨床で用いる自転車エルゴメーター運動の筋活動量に対する定量的評価を行い、効率的なトレーニング方法の開発を進めることである。

第1章では、本研究に至った背景および意義、目的について述べている。第2章ではヒトの筋機能に対する理解を深めるため、筋の構造と収縮機構

について示している。第 3 章では筋電図およびその信号処理について、活動電位の発生と電極の種類や誘導方法、増幅方法やノイズ処理などの計測方法について述べ、筋電図と筋力の関係性、筋電図の周波数特性などを示している。第 4 章では、自転車エルゴメーター運動における先行研究の整理を行い、そのバイオメカニクスやトレーニング効果、臨床への適応について示している。

第 5 章では、自転車エルゴメーター運動において仕事率を一定にした条件で負荷量と回転数を変化させ、下肢筋の平均筋活動量と最大筋活動量に与える影響について筋電図を用いて解析し、最も筋力増強効果の高い条件と、筋持久力訓練に適した条件を示している。

第 6 章では、閉鎖的運動連鎖トレーニングである自転車エルゴメーター運動とスクワット、歩行の動作における筋活動量について、筋電図を用いて解析している。その結果では以下の 3 点を示している。(1) 膝関節における大きな伸展力を必要とするスクワットや自転車エルゴメーター運動は、歩行よりも大腿筋群の筋活動量を増加させるために有効である。(2) 歩行では腓腹筋の筋活動が重要であり、その強度を考慮する必要がある。(3) 前脛骨筋は自転車エルゴメーター運動よりも歩行やスクワットにより活動することが示唆され、自転車エルゴメーター運動ではトレーニング効果が少ない。

第 7 章では、マッチングパーシュート法を用い自転車エルゴメーター運動における筋活動の質的評価を行っている。方法は、自転車エルゴメーター運動時のペダリング一周期を短区間に分割し、各区間で計測された筋電図の周波数解析をマッチングパーシュート法で行なっている。その結果は、膝屈曲角度によって、大腿四頭筋の筋による筋活動の差異と、活動する運動単位のタイプが異なることを示している。

第 8 章では、第 5～7 章の結果を総括し、結論について述べている。

以上の成果は、学術論文や国際学会などで発表されている。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、臨床に用いる自転車エルゴメーター運動における筋活動量の定量的評価を行い、効率的なトレーニング方法の開発を進めるための基礎データの蓄積を行っている。

第4章では、一定仕事率で負荷量と回転数を変化させた自転車エルゴメーター運動時の筋活動量の平均値と最大値について検討し、一定仕事率であっても、低負荷高回転、中負荷中回転、高負荷低回転では筋活動が異なることを示している。この結果、低仕事率でも高仕事率と同様の筋活動が可能である条件を探索した研究であると判断した。

第5章では、自転車エルゴメーター運動とトレッドミル歩行、スクワット運動時の筋活動量を比較検討し、大腿四頭筋、ハムストリングス、腓腹筋、前脛骨筋の筋が最もよく活動する条件を求めている。その結果、自転車エルゴメーター運動とスクワットが大腿筋群の筋活動量を高めることができることが示している。また膝関節へのストレスが少なく大腿筋群の筋活動量を確保できる自転車エルゴメーター運動は、術後などのリハビリテーションでの有用性が高いことを示している。これら成果は、下肢筋へ与える負荷の違いを正確に把握することでリハビリテーションやトレーニングをより安全に、より効率高く処方できることを示した研究と判断した。

第6章では、自転車エルゴメーター運動において、一定仕事率にて運動を行ったときの大腿直筋の筋電図を測定し、そのときの膝関節屈曲 $90^{\circ}$ と $60^{\circ}$ 周辺の筋電図の周波数分析を行い、同じ膝関節屈曲角度における膝関節伸展の等尺性収縮時の筋電図周波数解析結果と比較している。その結果から、筋活動に参加する運動単位の動員数や、運動単位のタイプを推定している。この手法は、筋活動の質的評価を更に進めることができ、その詳細なトレーニング方法論を確立に貢献し、リハビリテーションの発展と科学

性の向上に寄与することが期待できると判断した。

以上のように本論文は、患者の負担を少なくして効率のよいリハビリテーションやトレーニング手法を開発することを可能にする重要な研究であり、新規性と客観性を有しており、博士学位論文としての条件を十分に満たしていると判断した。

論文審査委員 主 査 教授 吉 田 正 樹

副 査 教授 大 石 利 光

副 査 教授 小 柳 磨 毅

## 論文審査結果の要旨

最終試験の結果、合格と認める。

論文審査委員	主査	教授	吉田	正樹
	副査	教授	大石	利光
	副査	教授	小柳	磨毅