

氏名（本籍）	宮本 健史
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	博甲第 9914 号
学位授与年月	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	人間総合科学研究科
学位論文題目	努力度に基づく筋出力の制御に影響を及ぼす要因

主査	筑波大学教授	博士（体育科学）	木塚朝博
副査	筑波大学准教授	博士（医学）	小野誠司
副査	筑波大学教授	博士（学術）	藤井範久
副査	筑波大学准教授	博士（体育科学）	前村公彦

## 論文の内容の要旨

宮本健史氏の博士學位論文は、努力度に基づく筋出力の制御に影響を及ぼす要因を検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

本論文は 8 章で構成されている。第 1 章の緒言および第 2 章の文献研究では、著者は本論文の研究背景として、筋出力の制御に関与する末梢および中枢神経系の要因と感覚フィードバックの影響、さらに努力度と筋出力の制御を評価した研究について先行研究に基づき詳細に論じている。そして、これらの背景を踏まえて本研究の仮説を提起し、本論文全体の目的は、様々な運動の基礎となる筋出力の制御に焦点を当て、等尺性筋収縮における努力度と、それに基づく筋出力との関係に影響を及ぼす要因を明らかにすることであると述べている。第 3 章では、その研究目的を達成するために用いる研究課題の設定、方法論的利点および研究の意義について述べている。

第 4 章では、著者は、制御方式の違いが努力度と筋出力との関係に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った実験（研究課題 1）について述べている。この研究課題 1 では、異なる筋出力の制御方式を用いて、再求心性フィードバックが努力度と筋出力との関係に及ぼす影響を検証している。筋出力の制御方式はフィードバック制御とフィードフォワード制御に大別され、フィードフォワード制御は瞬発的な筋収縮（Ballistic 収縮）で用いられる制御方式であり、筋活動の開始から終了までが極めて短時間に遂行されるため、大脳皮質で事前に構築された運動指令に基づいて運動が制御される。一方で、フィードバック制御は時間的制約のない筋収縮で用いられる制御方式であり、再求心性フィードバックを利用して筋出力が制御される点に着目し、両者が再求心性フィードバックの関与の点で明確に異なる制御方式であることから、それぞれの制御方式を用いて異なる発揮レベルに合致するように、努力度に基づいて筋出力を発揮する課題を実施したところ、以下の結果が得られている。(1) 同一の努力度であっても、発揮される筋出力は再求心性フィードバックが利用できるフィードバックの方が、利用できないフィードフォワード制御よりも小さい。(2) 努力度と筋出力との関係は示指外転運動、肘関節屈曲運動、および足関節底屈運動とで異なる傾向を示したが、再求心性フィードバックによる影響はいずれの

運動課題においても一貫している。(3) 筋出力の再現性は、一部の運動課題においてフィードバック制御のほうがフィードフォワード制御よりも高い。これら研究課題 1 の結果から、再求心性フィードバックは上位中枢制御で生成される努力度と統合されることで筋出力の制御に影響を及ぼし、努力度に対する筋出力を減少させる要因となることを明らかにしている。

第 5 章では、著者は、予備緊張が努力度と筋出力との関係に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った実験（研究課題 2-1）について述べている。この研究課題 2-1 では、運動指令による筋出力の制御を上位中枢制御、脊髄の運動ニューロンの入力-出力ゲインの変調を下位中枢制御と定義し、予備緊張による下位中枢制御の興奮性レベルの増大が努力度と筋出力との関係に及ぼす影響を検証している。予備緊張を伴わない条件と 10%MVC および 20%MVC の強度の予備緊張に重畳して筋出力を発揮する 3 条件で努力度と筋出力との関係を比較した結果、予備緊張は筋出力の制御に影響を及ぼすことを明らかにしている。

第 6 章では、著者は、予備緊張が筋出力の制御における運動関連脳電位（MRCP）に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った実験（研究課題 2-1）について述べている。この研究課題 2-1 では、視覚的フィードバックに基づいて、安静状態から筋出力を発揮する条件と予備緊張に重畳して筋出力を発揮する 2 つの条件を比較している。その結果、筋出力が同程度であるにも関わらず、予備緊張に重畳する筋出力の発揮では MRCP 振幅が減少することを示し、予備緊張は下位中枢制御の興奮性レベルを高めることで努力度と筋出力との関係を変化させ、上位中枢制御に対する影響は小さいことを明らかにしている。

以上の研究課題の結果から、著者は、下位中枢制御の興奮性レベルは上位中枢制御とは独立して筋出力の制御に関与し、下位中枢制御の興奮性レベルが増大することで、努力度と筋出力の乖離が生じることを示しており、本博士論文では、筋出力に伴う努力度を変化させる再求心性フィードバックの要因と、運動指令に対する筋の応答を変化させる下位中枢制御の興奮性レベルの要因によって、努力度と筋出力との関係が変化すると結論づけている。

第 7 章では、総合討論として、本研究で得られた知見の機能的利用点について、加齢、トレーニングおよびスポーツ場面における影響を踏まえて総合的に考察すると共に今後の課題についても整理しており、最後に第 8 章では、結論として本研究の成果および意義についてまとめている。

## 審査の結果の要旨

### (批評)

本博士学位論文は、これまで現象論の報告に留まっていた努力度と筋出力との関係に関する先行研究の知見を大きく発展させ、随意収縮における努力度と筋出力との関係の変化が、再求心性フィードバックおよび末梢中枢制御の興奮性レベルに起因していることを複数の要因を考慮した上で実証しており、学術的、応用的な見地から優れた研究であると評価することができる。

また、先行研究では、等尺性筋収縮による努力度と筋出力との関係が、関節角度の変化を伴う等速性筋収縮や等張性筋収縮と類似した傾向を示すことが報告されていることから、本研究で得られた知見は等尺性筋収縮のみならず、努力度に基づく動的な運動の制御特性を理解するうえでも重要であることを示唆するものであり、共通メカニズムの理解と実践的な活用にもつながる意義深い研究であると評価することができる。

令和 2 年 12 月 25 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。