

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750264

研究課題名(和文) 相対的または抽象的な表現での運動強度呈示下における力覚変化と運動制御機構の解明

研究課題名(英文) The differences and mechanisms of force sense between relative and abstract instruction of force intensities .

研究代表者

速水 達也 (HAYAMI, Tatsuya)

信州大学・学術研究院総合人間科学系・准教授

研究者番号：50551123

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学校体育やスポーツ活動の指導現場で見受けられる、「50%」や「全力より少し弱く」といった、相対的(数値使用)あるいは抽象的(数値不使用)な種々の表現方法での運動強度呈示下における、運動実施者の主観と客観の差異を明らかにするとともに、その際の運動制御機構を解明することを目的とした。数値使用/不使用状況下での力覚測定およびその際の筋活動動態を計測した結果、運動強度の段階付けにおいて、上肢運動では、強度が高い場合には数値使用、より低い場合には数値不使用による運動強度呈示下で精度良く目標とする運動強度を実現できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the differences and mechanisms of force sense between two conditions that instructed with numerical value(e.g. 50%) and without numerical value(e.g. slightly less than half). The force sense examination and electromyography recording were conducted under two conditions that instructed with numerical value and without numerical value. The results showed that the actual force was more correctly, in the upper limb movement, when high intensity target force was instructed with numerical value. On the other hand, the actual force was more correctly when their low intensity target force was instructed without numerical value.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：トレーニング科学 力覚 筋電図

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、筋紡錘あるいはゴルジ腱器官からの求心性入力によって知覚される力発揮の程度に関する感覚(力覚)は、正確に実現した運動強度を再現した際の誤差などによって評価されている。一方で、実際の教育・指導場面では、指導者が設定する運動強度と実施者が主観的に目標として設定した運動強度との整合性がそもそもとれているか否かが不明である。さらに、大人数が対象となることも考慮すると、指導者が口頭で運動強度を呈示する方法を取らざるを得ないのが現状である。口頭での内容としては、「50%」、「7割」のような数値による相対的な表現のみならず、時として「全力より少し弱く」や「半分より少し強く」等の抽象的な表現も多用する。したがって、そのような状況下で対象者が実際にどの程度の力発揮を行っているか、また、どのような運動制御機構によって成り立っているかを解明する必要があると考えた。

### 2. 研究の目的

本研究では、相対的または抽象的な運動強度が呈示された条件下で、1)力発揮時の主観と客観との誤差を定量化し(力覚測定)、2)その際の筋活動様相を解明する。そして、同程度の運動強度を発揮することが期待される異なる表現方法での運動強度の呈示下における3)皮質脊髄路の興奮性の相違を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 力覚測定

運動課題は、上肢の運動として示指外転運動および手関節掌屈/背屈運動、下肢の運動として足関節底屈/背屈運動とした。運動強度の呈示は、相対的な呈示として、最大努力の10%から90%まで10%刻みで9段階、抽象的な呈示として、「全力より少し弱く」「半分より強く」「半分より少し強く」「半分より弱く」「弱く」等の11段階、合計20段階とした。対象者が発揮した力を測定し、呈示された運動強度下で行った力発揮が実際はどの程度の強度であったかを定量化した。なお、下肢運動に関しては、男女別に比較検討も行った。

#### (2) 筋電図測定

表面筋電図を用いて、各条件下における主動筋および拮抗筋の筋活動を測定した。得られたデータから、発揮する力の程度を調節する際の各筋の筋活動量および主導/拮抗の割合を算出した。表面筋電図は、アクティブ電極を使用した。被験筋は、上肢運動においては、示指外転筋、尺側/橈側の手根伸筋/屈筋とした。下肢運動においては、内側/外側腓腹筋、ヒラメ筋、前頸骨筋とした。測定中、力波形および筋電図波形の異常を確認する

ために、研究代表者自らプログラミングした波形確認アプリケーションによってPC上で測定者が常にモニタリングできるセッティングとした。

#### (3) 経頭蓋磁気刺激(TMS)の実施について

示指外転筋の運動野支配領域に対して、8字コイル使用して経頭蓋磁気刺激を実施した。標的となる筋からの運動誘発電位を導出するために最も適した部位を探索し、その最適部位を刺激部位とした。刺激方法として、単発刺激および二連発刺激を実施した。二連発刺激に関しては、皮質内促進効果を調べるために、基準刺激と試験刺激との刺激間隔を10ms-15msとした。また、皮質内促進効果を調べるために、基準刺激と試験刺激との刺激間隔を2ms-3msとして設定した。

### 4. 研究成果

#### (1) 上肢運動の結果

数値使用条件では、20%maxから60%maxの間で隣り合う運動強度との間に有意差が認められなかった( $p>0.05$ 、図1)。

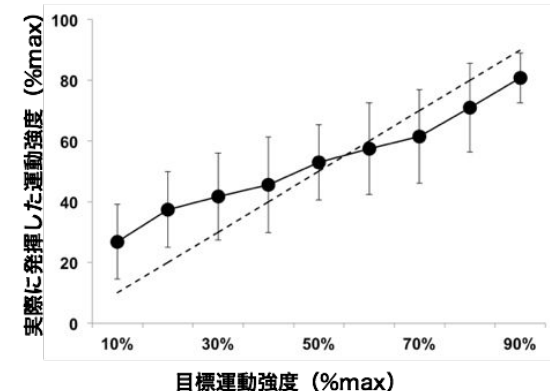


図1. 数値使用条件における目標運動強度と実際に発揮した運動強度

数値不使用条件では、「半分より少し弱く」と「半分より弱く」との間に有意差が認められなかった(図2)。それら以外に関しては、すべて有意差を認めた。数値使用条件および数値不使用条件ともに、およそ約5割より低い運動強度においてグレーディングが困難となる傾向が伺えた。

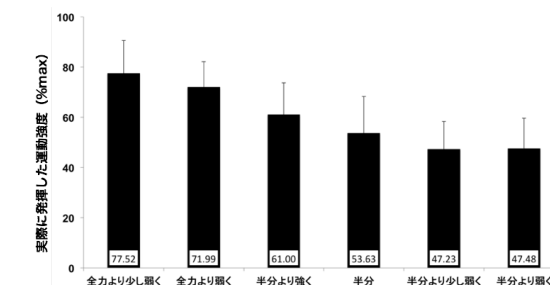


図2. 数値不使用条件における目標運動強度と実際に発揮した運動強度

低強度下での力発揮においては、目標力に対して overshoot することから、微細な運動調節が困難であることを示していると考えられた。また、数値不使用条件の結果は、基準より低い(弱い)運動強度を指定する際、「少し」の表現が曖昧さを助長する可能性を示していることが考えられた。さらに、数値使用条件と不使用条件との間で、同程度の運動強度が実現される運動強度呈示の対応関係が明らかとなった。

筋電図測定を実施した結果、同程度の正確性であった異なる条件間で、主働/拮抗の関係にある筋の同時収縮値が異なり、数値使用条件においては主働筋の活動量が高く、数値不使用条件では主働/拮抗の割合が同程度となる運動強度があることが明らかとなった。なお、同程度の正確性となる数種類の運動強度呈示下における運動誘発電位に関しては現在解析中であるが、数値不使用条件下では皮質内抑制効果が増大している傾向が観察されている。

これらのことから、数値使用条件における中強度の段階付けは、およそ 20%刻みで明確分類できる可能性が考えられた。また、運動強度の段階付けにおいて、強度が高い場合には数値使用、より低い場合には数値不使用による運動強度呈示下で精度良く目標とする運動強度を実現できる可能性が示唆された。

## (2) 下肢運動の結果

図3に、相対条件における性別および各運動強度別の測定結果を示す。統計解析の結果、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、男子では、50%MVCと60%MVCとの間を除く全ての運動強度間で有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。女子では、50%MVCと60%MVC、60%MVCと70%MVC、80%MVCと90%MVCとの間を除く全ての運動強度間で有意差を認めた。 ( $p < 0.05$ ) また、10%MVCから80%MVCにおいて、各運動強度内で男女間に有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。

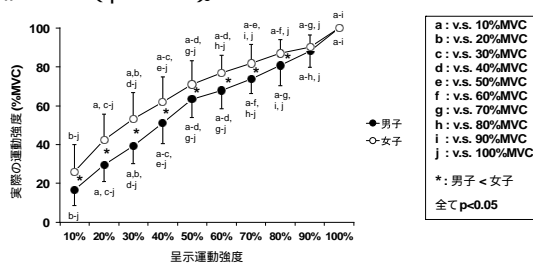


図3. 数値使用条件における目標運動強度と実際に発揮した運動強度

図4には、抽象表現によって呈示した各運動強度における男女別の測定結果を示した。統計解析の結果、群要因および運動強度要因ともに有意な主効果を示した ( $p < 0.05$ )。交互作用は認められなかった。各要因において事後検定を行った結果、群要因では、男子が女子に比べて低値を示した ( $p < 0.05$ )。運動

強度要因では、「全力より少し弱く」と「全力より弱く」とも、「半分より強く」を除いた全ての運動強度との間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。「半分より強く」では、「半分より少し強く」を除く全ての強度との間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

「半分より少し強く」では、「半分より強く」と「半分」を除く全ての運動強度との間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。「半分」では、「半分より少し強く」と「半分より弱く」を除く全ての運動強度との間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。「半分より少し弱く」では、「半分」を除く全ての運動強度との間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。全ての運動強度との間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

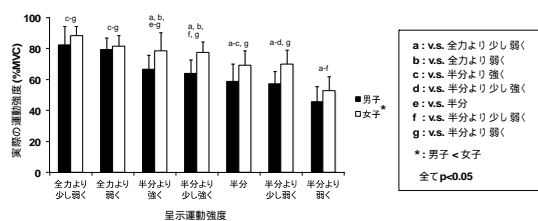


図4. 数値不使用条件における目標運動強度と実際に発揮した運動強度

これらのことから、目標とする運動強度を最大努力の相対値で設定した場合には、グレーディングが少なくともおよそ 10%MVC 間隔で可能であることが考えられた。しかしながら、上肢運動の結果とは異なる結果を示しており、ほぼ全ての運動強度において過大な力発揮を行っていた。また、その正確性は中強度まで一貫して低く、強度の増加に伴って正確性が高まる傾向を示していたことがわかった。さらに、抽象表現下であっても、「強く」「弱く」「半分」などの段階付けをすることで、ある程度のグレーディングが可能であり、さらに、「少し」の表現を追加することで、5%MVC 程度の増減が認められることが明らかとなった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

速水達也, 木塚朝博: 主観的運動強度を用いた疲労課題後における力覚変化の検証. 長野体育学研究, (20):9-14 2015. (査読有)

廣野準一, 藤井彩乃, 速水達也, 杉本光公: 平成 26 年度信州大学新入生の体力傾向の分析-測定時期の違いによる検討-. 信州大学人文社会科学研究所, 9:54-64 2015. (査読有)

速水達也, 金子文成, 横井孝志, 木塚朝博: ハプティックデバイスを用いた下肢の体性感覚-運動連関機能の評価. バイ

オメガニズム,22:81-91 2014. (査読有)

[学会発表](計2件)

Hayami T, Hayashi Y, Hirono J, Kizuka T: Influence of instruction with or without numerical value on the grip force grading. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2015年6月25日, Malmo

速水達也: 数値使用の有無による運動強度指定下における握力グレーディング能力の相違. 長野体育学会第50回大会, 2015年1月24日, 長野

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

速水 達也 (HAYAMI, Tatsuya)  
信州大学・学術研究院総合人間科学系・  
准教授

研究者番号: 50551123