

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16516

研究課題名(和文)運動の正確性に資する筋力発揮方略の探索と制御メカニズムの解明

研究課題名(英文)The differences of force output strategy to the accuracy of movement control

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) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、初期値として設定した強度から発揮筋力を漸増あるいは漸減する条件下で、目標強度を正確に実現するために適正な発揮筋力の変化量を明らかにすることを目的とした。発揮筋力の増減および異なる変化量を設定した場合の目標強度に対する正確性の定量化と、筋活動様相の解明を行った。その結果、変化量が大きく、且つ、漸減する条件において誤差が最も大きい結果となった。また、筋活動についても、変化量が大きく、且つ、漸減する条件において同時収縮の程度が大きくなることが確認された。また試験的に上位中枢機能の変化を調べたところ、漸減する局面において皮質内抑制の程度が低くなることが考えられた。

研究成果の概要(英文):The purpose of this study was to investigate the differences of force output strategy to the accuracy of movement control. In the condition of ascending or descending force output to the target forces, matching accuracy and muscle activities were recorded. As a results, large changing amount during descending force affects large error, and also muscle activities (co-contraction). Finally, we examined corticospinal excitability as a trial experiment. It was considered that inhibitory effect was related to the difficulty of force modulation during descending force output.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：力の漸減 筋活動

1. 研究開始当初の背景

これまで、目標とする筋力を発揮する際の運動制御メカニズムとして、異なる数種類の運動強度で力発揮を行った際の、大脳皮質運動野興奮性の相違、脊髄運動ニューロンプールにおける神経活動電位入出力の利得変化等によって様々な知見が報告されている。一方で、先行研究で明らかにされているそれら制御メカニズムは、脱力した状態から目標とする強度へ筋力発揮することを条件としているものが大半である。

また、筋力発揮時には、筋紡錘由来の求心性入力と、さらにゴルジ腱器官由来の求心性入力と、上位中枢レベルで力発揮の程度が知覚される(力覚)。筋収縮の程度や同時収縮比によって力覚は変化し、筋出力の増減等の運動調節の善し悪しに関係することが分かっており運動強度のグレーディング能力や運動の正確性、再現性に寄与するものと考えられる。

実際の運動場面では、脱力した状態から目標強度へ発揮筋力を増加させる場合のみならず、ある強度から目標強度へ漸増あるいは漸減するケースが多い。発揮筋力の正確性は、目標とする運動強度や運動課題等に応じて変化することが明らかにされている。そして、筋力発揮の正確性は目標強度によって変化し、発揮筋力の増減に影響を受けることが考えられている。一方で、実際の運動場面では、初期段階の運動強度から目標強度に至るまでの発揮筋力の変化量が多様である。そのため、一様の変化量を条件とした実験的な知見のみでは、効果的な指導方法へとつなげる根拠としては不足している面があると考えられる。

したがって、目標強度へ至るまでの発揮筋力の増減やその変化量といった要因が、運動調節の正確性にどのような影響を及ぼすか明らかにするとともに、それらが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。これらのことは、体育・スポーツの指導や教育現場において、より効果的な指導方法の考案に対する学術的根拠を示す事につながると考えた。以上のことが、当該研究計画の着想に至った経緯である。

2. 研究の目的

本研究では、初期値として設定した強度から発揮筋力を漸増あるいは漸減する条件下で、目標強度を正確に実現するために適正な発揮筋力の変化量を明らかにすることを目的とした。

将来的には、体育・スポーツの指導場面における種々の運動形態(単関節運動から全身運動、競技特異的動作など)に応じた運動強度の呈示に関して、効果的かつ合目的な方法を確立するための実践研究へと発展させる。

さらに、本研究で得られた知見が、誤った指導方法について運動強度の面から証拠を示すために必要な基礎資料となることを目的としたものである。

3. 研究の方法

本研究では、1) 発揮筋力の増減および異なる変化量を多段階に設定した場合の目標強度に対する正確性の定量化、2) 発揮筋力の増減あるいは変化量を多段階に設定した場合の筋活動様相の解明を行い、最終的に、今後の課題へ移行するために上位中枢機能の検証も行った。

対象者は、整形外科的および神経学的な既往がない成人男性とし、以下の2項目を測定した。

(1) Force Matching Task

運動課題は、上肢の運動として手関節掌屈/背屈運動、下肢の運動として足関節底屈/背屈運動とした。研究代表者らのこれまでの研究成果を基に、測定条件は、目標強度3種類(最大随意収縮力: MVCの30%、50%、70%)×発揮筋力2種類(漸増/漸減)×変化量2種類(30%MVC、10%MVC)の計12条件とした。視覚フィードバックは行わず、対象者は自身の力覚変化を参照して筋力発揮を行った。なお、目標強度までの到達時間は統一した。

正確性を定量化するために、対象者が発揮した力を測定し、目標強度に対する誤差、試技開始から目標強度に至るまでの力積および力曲線の躍度(2階微分)等を算出した。

(2) 筋電図測定

アクティブ電極を使用し、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、各筋の筋活動量および主導/拮抗の割合を算出した。被験筋は、上肢では尺側/橈側の手根伸筋/屈筋とし、下肢では内側/外側腓腹筋、ヒラメ筋、前頸骨筋とする。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。

4. 研究成果

(1) 上肢の結果

図1に、変化量30%MVCにおける各条件のCEを示した。統計処理の結果、背屈条件において30%MVCよりも70%MVCにおいてCEが高値を示した。また、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、30%MVCと70%MVCにおいて、漸増よりも漸減の方が有意に高値を示した。一方で、掌屈条件においては、有意差は認められなかった。また、変化量10%MVCにおいては、どの条件においても有意差は認められなかった。

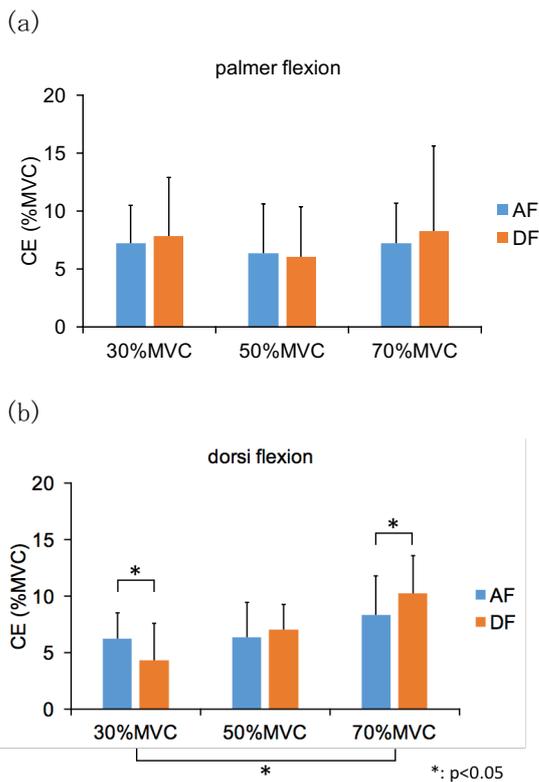


図 1. 上肢対象における変化量 30%MVC の結果

筋電図測定の結果から、各筋の筋活動量を MVC 時の活動量を基に相対値として算出し、主導/拮抗にある関係の筋について、同時収縮値を算出した。その結果、CE の結果と同様に、変化量 30%MVC の背屈条件において、30%MVC と 70%MVC では漸増よりも漸減の方が有意に高値を示した。掌屈条件においては、有意差は認められなかった。また、変化量 10%MVC においては、どの条件においても有意差は認められなかった。

(2) 下肢の結果

図 2 に、変化量 30%MVC における各条件の CE を示した。統計処理の結果、背屈条件において 30%MVC よりも 70%MVC において CE が高値を示した。また、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、50%MVC において、漸増よりも漸減の方が有意に高値を示した。一方で、底屈条件においては、有意差は認められなかった。また、変化量 10%MVC においては、どの条件においても有意差は認められなかった。

筋電図測定の結果についても同様であり、変化量 30%MVC の背屈条件において、30%MVC と 70%MVC では漸増よりも漸減の方が有意に高値を示した。底屈条件においては、有意差は認められなかった。また、変化量 10%MVC においては、どの条件においても有意差は認められなかった。

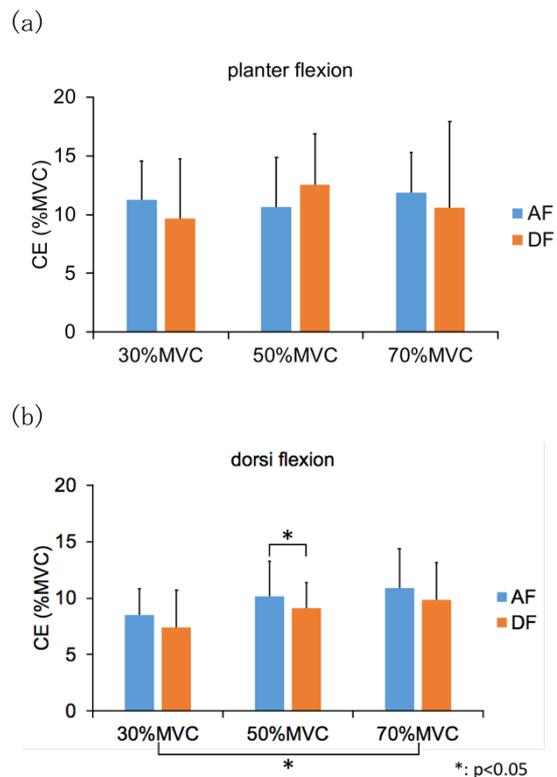


図 2. 下肢対象における変化量 30%MVC の結果

以上のことから、目標とする運動強度への到達方略として、高強度の運動強度を漸減して調節する際に、目標と実際の誤差が大きくなり、そのメカニズムの1つとしては、同時収縮の程度が強くなり、円滑な運動調節が困難となっていることが考えられた。また、到達するための変化量が大きいほどそのような結果となることが考えられた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 速水達也：運動感覚からみた力を抜くことの困難さ．バイオメカニクス研究，2018 (印刷中)．(査読無し)
- ② 速水達也：運動強度の提示方法によるグレーディングの変化．体育の科学，67(12)：831-835 2017. (査読無し)
- ③ 速水達也，廣野準一，加藤彩乃，杉本光公：大学初年次生の運動実施頻度が体力に及ぼす影響：信州大学初年次生の 18 歳を対象として，信州大学総合人間科学研究，11：153-159 2017. (査読有り)

[学会発表] (計 3 件)

- ① Hayami T, Hirono J, Kizuka T: Influence of ascending or descending force output on the accuracy to the target force. 21th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2016.
- ② Hayami T, Hirono J, Kizuka T: Influence of low load weight and different

movement direction on the knee position sense. 22th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2017.

- ③ 速水達也: 低強度の負荷が関節角度の再現性に及ぼす影響. 長野体育学会第 52 回大会, 2017.

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