

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 27 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22500577

研究課題名（和文） 随意動作における素早い筋出力の調節に関わる中枢制御機構

研究課題名（英文） Central Control Mechanism during quick regulation of voluntary Muscle Output

研究代表者 藤原 素子（FUJIWARA MOTOKO）
奈良女子大学・人文科学系・教授

研究者番号：30220198

研究成果の概要（和文）：本研究では、上肢による等尺性の肘関節屈曲動作を用い、ヒトの素早い筋出力調節時の中枢制御について、発揮された張力と筋活動より明らかにしようとした。具体的には、筋出力を増やす場合と減らす場合、また一側の上肢で行う場合と両側の上肢で同時に行う場合を比較した。力の増加時と減少時における運動単位の動員様式の特徴、また両側同時に筋出力を調節する場合には、力を減らす場合に調節時間が遅延することが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the central control mechanism behind the rapid adjustment of muscle output during isometric elbow flexion by analyzing tension and muscle activity as an indicator. In particular, attentions were focused on rapid decrease or increase in muscle output and muscle output was adjusted by unilateral or bilateral. In conclusion, characteristics of motor units mobilized during increase and decrease muscle output and extension in adjustment time when muscle output was decreased were revealed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総 計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：スポーツバイオメカニクス

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：筋出力、随意動作

1. 研究開始当初の背景

日常生活およびスポーツにおける重要な身体能力の一つに、「素早さ」がある。「動作が素早い」とは、外界の状況変化から動作開始までの時間が短く、かつ動作開始から終了までの時間（動作時間）も短いという時間的側面が強調された表現である。このうち、

前者の動作開始の素早さは、脳・神経系の情報処理速度に依存しており、後者の動作完了の素早さは、筋の収縮性能に依存している。実際場面では、両者が同時に必要な場合が多いので、これらを含む能力として「俊敏性」という体力指標が使われているが、両者を司る身体部位は脳と筋という異なる部位であ

る。本研究での「素早さ」は主に前者についての能力として捉える。

そして、素早さと合わせて、場面や状況に応じた適切なレベルの力発揮を行う「正確さ」も非常に重要である。実際のスポーツ場面を考えると、ヒトの体肢の力発揮では、「左右の体肢が同じ力を発揮する場合」あるいは「同程度に出力を増加あるいは減少させる場合」と、「どちらか一方の体肢では増加、対側肢では減少させる場合」に分けることができる。しかしながら、このような条件での力調節に関する中枢制御についての先行研究はほとんどない。

2. 研究の目的

本研究では、発揮張力と筋活動から、上肢による素早い筋出力調節に関わる中枢制御機構について検討することを目的とする。

本研究における大きな特色は、筋出力の調節において、「素早い筋出力の増加」に加えて、「素早い筋出力の減少（脱力）」にも着目する点である。実際のスポーツ場面では、バレーボールのフェイントやテニスのドロップショット、サッカーのトラップのように“力を適切に抜く”ことも非常に重要なスキルである。

さらに、実際のスポーツ場面では発揮すべき出力レベルが予めわかっている場合よりも、とっさに判断して調節しなければならない場面が多いことから、本研究では単純反応課題と選択反応課題を用い、両者の比較から中枢制御機構について検討する。

3. 研究の方法

本研究課題では「一側上肢による筋出力の調節」、「両側上肢による素早い筋出力の調節-出力調節が左右で同じ場合-」、「両側上肢による素早い筋出力の調節-出力調節が左右で異なる場合-」について、実験を行なった。いずれの実験においても、被験者は右利きの女子大学生12名で、同じ装置（図1）を用いて以下の課題を行った。

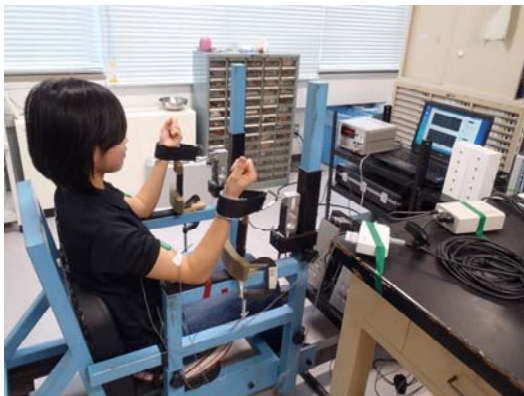


図1 実験装置

＜刺激装置＞視覚刺激（LED）を用いた。

＜筋力測定器＞等尺性肘屈曲力測定器（竹井機器製）を用いる。被験者は椅子に座り、側面から見たときに体幹と上腕の角度が90°になるように調節されたアームレストに腕を載せる。そして、肘関節を90°屈曲した状態で前腕をやや回外し、手根部にアームバンドを通す。被験者が肘関節を屈曲しようとするこ

とで、等尺性に力が発揮される。
＜筋力表示モニター＞コンピュータ画面上に目標となる発揮張力（筋出力）の値と実際に発揮している張力の値を波形グラフとして呈示し、視覚フィードバックとして用いる。

＜手続きおよび課題＞まず、各被験者の最大発揮張力を測定する。その後実験を行うが、験者の「準備してください」の言葉かけにより、最大随意発揮張力の40%（40%MVF）に相当する力を筋力表示モニターを見ながら発揮し、LEDの点灯に備える。予告刺激として中央のLEDが点灯し、その2.0s後に反応刺激としてLEDが点灯する（20%MVFあるいは60%MVF）。被験者は、上肢による発揮張力ができるだけ早く要求水準に達するように調節する。

上記の課題を、右上肢一側で行う場合、両側同時で同じ出力調節を行う場合（左右とも増やすあるいは減らす）、さらに両側同時に異なる出力調節を行う場合（一側が増やし対側は減らす、またその逆）について行った。

＜測定項目＞発揮張力および上腕二頭筋と上腕三頭筋より双極表面電極法により、筋電図を導出する。

得られたデータについて、張力変化開始潜時と張力調節時間、およびこれらを合わせた全体調節時間を求める。また、一側による力発揮に関しては、筋電図の周波数分析を行う。

4. 研究成果

(1) 一側上肢による素早い筋出力調節

正確性については、力を増やす場合と減らす場合で、恒常誤差に差はなかった。反応時間については、全体調節時間において、選択反応のほうが単純反応よりも長く、この差は調節開始時間の差によるものであった。

また、調節時間における張力変化速度の絶対値は、力を増やす場合のほうが減らす場合よりも最大値が大きく、かつ最大値に到達するまでの時間が短かった。調節時間における筋電図周波数帯域は、力を増やす場合のほうが減らす場合よりもより高かった。

以上の結果から、一側による素早い筋出力調節における出力促進と抑制制御においては、中枢における調節開始に関わる時間的要素は変わらないが、調節期間においては動員される運動単位の違いが張力変化の様式の違いとして表れることが示唆された。

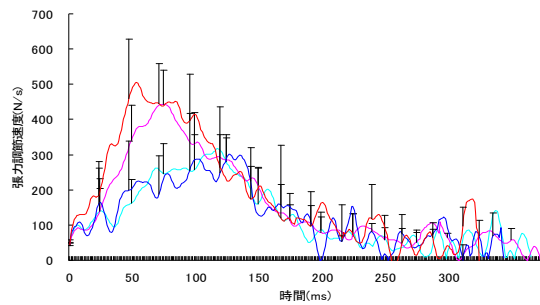


図2 調節時間(AT)区間の張力調整速度の典型例
(—単純 20%, —選択 20%, —単純 60%, —選択 60%)

(2) 両側上肢による素早い筋出力調節

①出力調節が左右で同じ場合

正確性については、要求水準、課題による差は見られなかった。

張力変化開始潜時、張力調節時間、および全体調節時間において左右差は認められなかった。

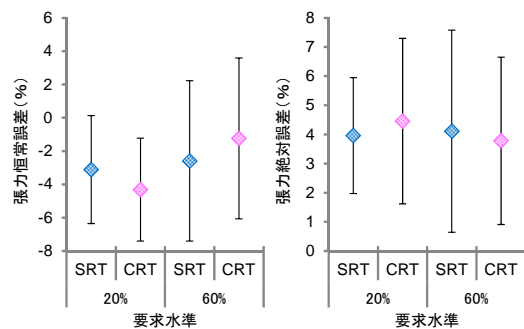
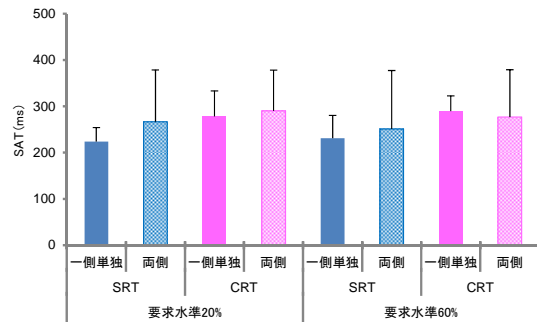


図3 両側同時力発揮時の張力誤差

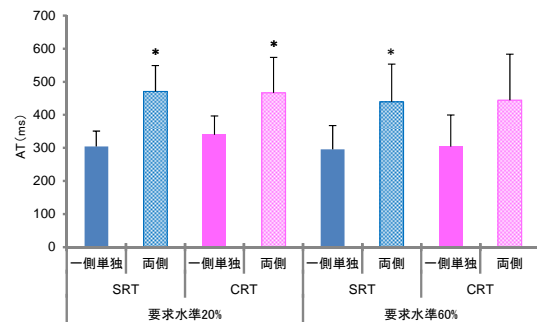
調節開始時間については、出力を増加させる場合が減少させる場合よりも有意に短く、また単純反応課題が選択反応課題よりも有意に短かった。調節時間および全体調節時間においては、要求水準、課題による差は認められなかった。2010年度の一側による調節時の結果と比較して、調節開始時間は単純反応課題においてのみ長かった。また、調節時間および全体調節時間については、両要求水準、両反応課題とも長くなった。

以上の結果から、両側同時での出力調節においては、力を減少する場合には増加させるときよりも、中枢からの運動指令が到達するのに時間がかかることが示された。また、一側単独で調節するときよりも調節開始および調節に要する時間が長くなることも明らかとなった。

調節開始時間



調節時間



全体調節時間

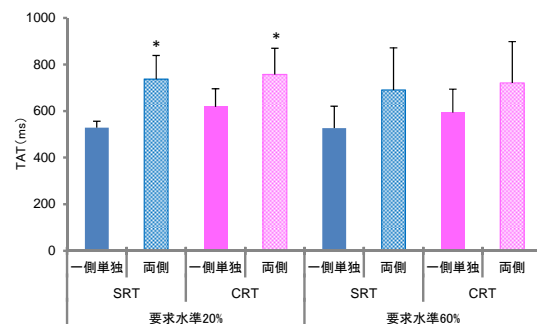


図4 各要求水準における反応時間の一側と両側の比較 (* : 発揮様式による有意差, * : $p < .05$)

②出力調節が左右で異なる場合

調節開始時間については、出力増加時と減少時で差はなく、単純反応課題が選択反応課題よりも有意に短かった。調節時間と全体調節時間には、要求水準、課題による差はなかった。一側による調節時の結果と比較すると、恒常誤差は選択反応課題において両要求水準で有意に小さかった。調節開始時間は差がなく、調節時間と全体調節時間は、両要求水準、両反応課題とも長くなった。

以上の結果から、両側同時に筋出力の増減を行う場合には、一側単独で調節する場合よりも調節に要する時間が長くなることが明らかとなった。

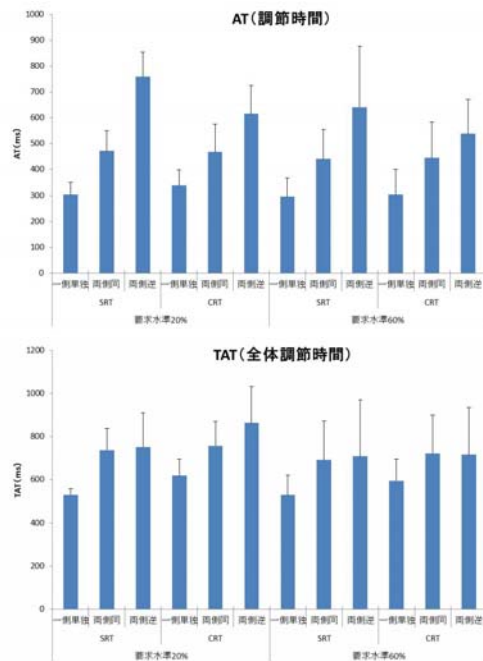


図5 各要求水準における反応時間の一側と両側の比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①大高千明, 藤原素子: 「力の抜き」が出力調整の正確性に及ぼす影響, 奈良女子大学スポーツ科学研究, 査読有, 15, 37-46, 2013.

②岡井理香, 藤原素子: 外乱のリスクを伴う押し動作時の筋活動, バイオメカニクス研究, 査読有, 16, 118-127, 2012.

③Takatoku, N. and M. Fujiwara: Muscle activity patterns during quick increase of movement amplitude in rapid elbow extensions, Journal of Electromyography and Kinesiology, 査読有, 20, 290-297, 2010.

〔学会発表〕(計4件)

①大高千明, 藤原素子: 「力の抜き」が出力調整の素早さに及ぼす影響, 第22日本バイオメカニクス学会, 審査有, 2012年9月, 北海道.

②藤原素子, 大高千明, 堀川真那: 両側同時力発揮による素早い出力調節 - 等尺性肘関節屈曲動作における力増加時と減少時の比較 -, 第22日本バイオメカニクス学会, 審査有, 2012年9月, 北海道.

③大高千明, 藤原素子: 「力の抜き」が出力調整の正確性に及ぼす影響, 第63回日本体育学会, 審査有, 2012年8月, 神奈川.

④Fujiwara M.: Central control mechanism in rapid variation of muscle output during

isometric elbow flexion, The 5th Asia-Pacific Conference on Exercise and Sports Science, 審査有, Shanghai, 2011.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原素子 (FUJIWARA MOTOKO)

奈良女子大学・人文科学系・教授

研究者番号: 30220198

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし