

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350762

研究課題名(和文) 左右体肢の協応による素早い筋出力調節方略

研究課題名(英文) Coordinate strategy during quick regulation of voluntary muscle output by right and left legs

研究代表者

藤原 素子 (FUJIWARA, MOTOKO)

奈良女子大学・生活環境科学系・教授

研究者番号：30220198

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、下肢による等尺性の膝関節伸展動作を用い、ヒトの素早い筋出力調節時の中枢制御機構について、発揮された張力から明らかにすることを目的とした。具体的には、筋出力を増加させる場合と減少させる場合、また一側の下肢で行う場合と両側の下肢で同時に行う場合、下肢と上肢による筋出力を同時に行った場合をそれぞれ比較した。さらに下肢の両側で行う場合には、左右の出力が同じ場合と異なる場合についても比較した。本研究結果から、下肢における等尺性筋出力調節の特徴が明らかとなった。

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 knee extension by analyzing tension as an indicator. In particular, attentions were focused on rapid increase or decrease in muscle output, muscle output was adjusted by unilateral or bilateral, and coordinate of muscle output by leg with arm. In the case of bilateral muscle output by leg, moreover, accuracy and quickness were compared between output level were same or not same among legs. The characteristics of muscle output control manner by leg were clarified.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

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。

報告者は平成22年度から24年度にかけて、等尺性肘関節屈曲動作を用いて、左右の上肢間の協応について調べた。そこで、今回の研究期間では、下肢における左右の協応について調べることとした。

2. 研究の目的

本研究では、発揮張力を指標として、下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した。

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を行った。

3. 研究の方法

本研究課題では、「両側下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-」、「両側下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-」、「同側あるいは対側の下肢と上肢による素早い筋出力の調節」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10名で、同じ装置(図1)を用いて以下の課題を行った。



図1. 実験の様子

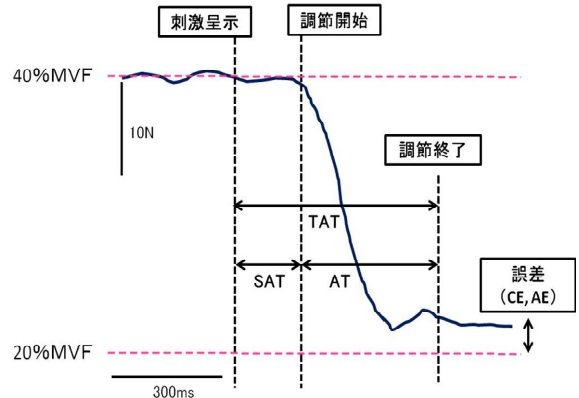


図2. 結果の模式図と分析項目

<刺激装置> 視覚刺激(LED)を用いた。
 <筋力測定器> 等尺性膝伸展力測定器および等尺性肘屈曲力測定器(竹井機器製)を用いた。被験者は椅子に座り、側面から見たときに膝関節角度が120度、体幹と上腕の角度が90度になるように姿勢を保持した。そして、下肢による筋力発揮の場合は膝関節が伸展する方向に、また上肢による筋力発揮の場合は、肘関節を90度、前腕をやや回外した状態で手根部にアームバンドを通し、肘関節を屈曲する方向に等尺性力発揮を行った。

<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た。

<手続きおよび課題> まず、各被験者の最大発揮張力を測定した。その後、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の点灯に備えた。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を点灯させた(20% MVFあるいは60% MVF)。被験者は、下肢および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した。

上記の課題を左右の下肢により両側同時で同じ出力調節を行う場合(左右とも増加あるいは減少)さらに両側同時に異なる出力調節を行う場合(一側が増加で対側は減少、またその逆)について行った。また、同側あるいは対側の下肢と上肢により、同時に同じ出力調節を行った。

<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で筋電図を導出した。得られたデータについて、正確性については恒常誤差と絶対誤差を、素早さについては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た(図2)。

4. 研究成果

(1) 両側下肢による素早い筋出力の調節 -出力調節レベルが左右で同じ場合-

課題は、40% MVF を保持した状態から、LEDの点灯により呈示される視覚刺激に対して、左右の下肢により同時にできるだけ正確にかつ素早く20% MVF(減少課題)または60% MVF(増加課題)の2種類の要求水準に到達することであり、単純反応と選択反応を行った。

<下肢伸展動作における一側と両側の比較>

正確性については、増加課題も減少課題も恒常誤差は1~4%、絶対誤差は2~6%で、差はみられなかった。

素早さについては、調節開始時間において、一側が両側より有意に短く、また単純反応が選択反応より有意に短かった。調節時間および全体調節時間には、発揮様式と課題による差はみられなかった。

<一側と両側における下肢と上肢の比較>

我々がこれまでに行った上肢の一側および両側による肘関節屈曲力と比較を行った。

正確性については、増加課題、減少課題とも、体肢、発揮様式による差はみられなかった。

素早さについては、調節開始時間は増加課題、減少課題において、体肢、発揮様式による差はみられなかった。調節時間については、減少課題において、単純反応、選択反応とも一側では上肢が下肢よりも有意に短く、また上肢では一側が両側よりも有意に短かった(図3)。

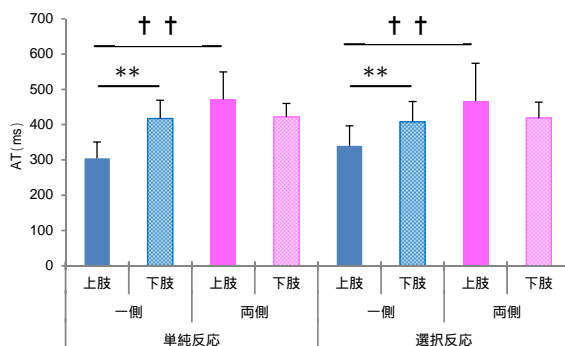


図3. 調節時間(減少課題)

* : 体肢 ** : p<.01
† : 発揮様式 †† : p<.01

以上の結果から、下肢により力を調節する場合、両側同時に行う場合には一側よりも調節開始が遅くなることから、運動プログラムの準備に時間を要することが示唆された。

また、上肢と下肢では、力の発揮様式による調節メカニズムが異なる可能性が示され、1) 上肢では両側で行う場合に目標値との照合と左右での出力の一致度の照合が必要であること、2) 下肢では上肢よりも調節が難しいため、一側で行う場合に両側と同等の調節時間を要する可能性が示唆された。

(2) 両側下肢による素早い筋出力の調節 -出力調節レベルが左右で異なる場合-

課題は、40% MVF を保持した状態から、視覚刺激に対してできるだけ素早く2種類の要求水準(20% MVF、60% MVF)に対して、一側は60% MVFまで増加させつつ、対側は20% MVFまで減少させることであり、単純反応と選択反応で行った。

正確性に関しては、単純反応で力を減らす場合に恒常誤差が大きくなった(図4)。すでに報告した左右で同じレベルに出力する場合(両側同条件: 左右とも60% MVFもしくは20% MVF)と比較すると、単純反応において、力を増やす場合も減らす場合も両側異条件で絶対誤差が大きかった。また反応時間では、選択反応で両条件とも力を増やすほうが減らすよりも調節時間と全体調節時間が長くなる傾向がみられた(図5)。

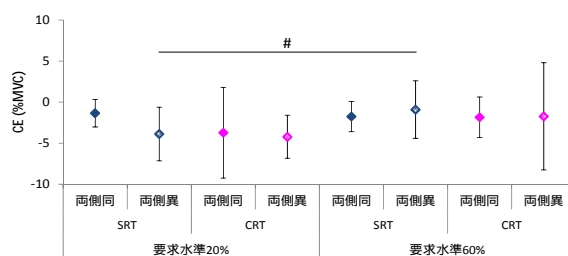


図4. 恒常誤差

: 要求水準 # : p<0.05

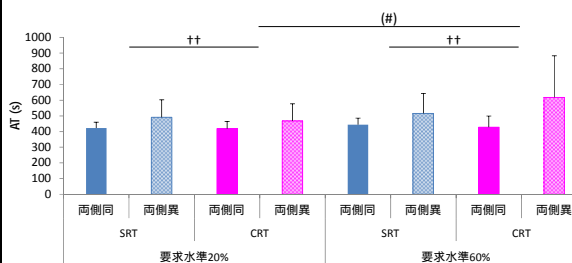


図5. 調節時間

: 要求水準 (#) : p<0.1
† : 課題の有意差, †† : p<0.01

(3) 同側の下肢と上肢による素早い筋出力の調節

課題は、同側の下肢と上肢（同側条件）、あるいは対側の下肢と上肢（対側条件）で、40% MVF を保持した状態から、視覚刺激に対してできるだけ素早く 2 種類の要求水準（20% MVF、60% MVF）に対して、同時に出力調節を行うことであった。

結果、正確性については、恒常誤差において減少課題で対側条件では減少量が大きい傾向がみられた。また、絶対誤差においては、減少課題において対側条件で誤差が大きい傾向がみられた。一方、素早さに関しては、条件および要求水準による違いは認められなかった。

以上の結果から、下肢と上肢の組み合わせにおける出力調節では、対側の組み合わせにおいて、力を抜く場合に上肢での正確性が低下する（抜きすぎる）ことが明らかとなった。一方、素早さに関しては、下肢と上肢の組み合わせによる影響はみられないことが分かった。

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 2 件)

大高千明, 藤原素子: 「力の抜き」のレベルが出力調整に及ぼす影響, 奈良女子大学スポーツ科学研究, 査読有, 17, 1-8, 2015.

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, 奈良女子大学スポーツ科学研究, 査読有, 16, 1-8, 2014.

〔学会発表〕(計 7 件)

藤原素子, 梅本麻実, 田中千尋, 大高千明: 等尺性膝関節伸展動作を用いた両側同時力発揮による素早い出力調節 調節方向が左右で異なる場合と同じ場合の比較, 第 66 回日本体育学会, 審査有, 2015 年 8 月, 東京.

大高千明, 藤原素子: 素早い出力増加および減少時の力制御方略 等尺性力発揮動作における上肢と下肢の比較, 第 66 回日本体育学会, 審査有, 2015 年 8 月, 東京.

Ohtaka, C. & Fujiwara, M.: Force control strategy for accurate generation and relaxation, 25th Congress of the International Society of Biomechanics, 審査有, Glasgow, July, 2015.

藤原素子, 梅本麻実, 大高千明: 両側同時力発揮による素早い出力調節 等尺性膝関節伸展動作における張力増加時と減少時の比較, 第 23 回日本バイオメカニクス学会, 審査有, 2014 年 9 月, 東京.

大高千明, 藤原素子: 素早い出力増加および減少時の力制御方略, 第 23 回日本バイオメカニクス学会, 審査有, 2014 年 9 月, 東京.

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張力増加時と減少時の比較, 第 64 回日本体育学会, 審査有, 2013 年 8 月,

滋賀.

大高千明, 藤原素子: 「力の抜き」のレベルが出力調整に及ぼす影響, 第 64 回日本体育学会, 審査有, 2013 年 8 月, 滋賀.

〔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・生活環境科学系・教授

研究者番号: 30220198

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし