

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：30116

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16490

研究課題名(和文) 上肢の随意的筋弛緩運動における予測的姿勢制御と事象関連脳電位

研究課題名(英文) Anticipatory postural control and event related potential in arm movements started by muscle relaxation

研究代表者

阿南 浩司 (ANAN, Koji)

札幌国際大学・スポーツ人間学部・講師

研究者番号：00553851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、上肢運動を同一の主動筋の収縮あるいは弛緩で開始する運動課題を課し、上肢運動に付随する外乱を補償する姿勢制御、および上肢運動前の注意や運動準備状態について検討した。収縮および弛緩による運動条件間で、運動前の注意や運動準備状態ならびに運動開始までの処理時間に差はなかった。しかし、主動筋に対する姿勢筋活動の変化の開始は、収縮運動の方が遅かった。これは運動速度の違いによる可能性が考えられた。今後、運動速度を考慮に入れて、収縮と弛緩による運動について検討していく必要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The differences in postural control to moderate any postural disturbances caused by the arm movements and attention and/or motor preparation just before arm movement were investigated between arm movements which is started by muscle contraction or relaxation. No significant differences were found in the attention and/or motor preparation and reaction time between these arm movement tasks. Onset time of postural muscle change was significantly later during the arm movement with muscle contraction than that with relaxation. This may be related to the difference of the movement speed. In the future study, the speed should be taken into consideration when the differences between the movements started by muscle contraction or relaxation is investigated.

研究分野：運動生理学

キーワード：上肢運動 筋収縮 筋弛緩 姿勢制御 注意 運動準備 切り替え スポーツ生理学

1. 研究開始当初の背景

立位で上肢を随意的に急速に運動する場合に、上肢運動によって生じる立位姿勢の平衡の乱れを和らげるために、下肢および体幹の姿勢筋が上肢運動の局所筋に先行して活動を開始することが報告されてきた (Belen'kii et al., 1967; El'ner, 1973; Fridli et al., 1984; Horak et al., 1984)。この姿勢筋の活動開始時間は、体内要因および身体外の力学要因によって変化することが報告されている (Cordo and Nashner, 1982)。上肢運動時の姿勢制御の検討では、姿勢外乱を引き起こす手法として、上肢の筋収縮に伴う上肢挙上課題が多く用いられている。しかし日常生活の多くの場面では、外界の状況に対応して、筋を随意的に収縮させる以外にも、弛緩させることで運動を行っている。

スポーツの熟練者と未熟練者との違いは、筋活動制御の効率性に現れると考えられている。体操競技の初心者と熟練者の筋活動様相を検討した Kamon and Gormley (1968) の報告によると、高い水準のスキルを有する熟練者は、不必要な運動が生じないよう、筋の収縮および弛緩を効率的に制御することが明らかとなっている。練習によって体操選手の運動は洗練され、筋活動の効率が改善されるとの知見が得られている。また一方、運動経験者は、運動未経験者に比べて上肢運動を含む動作の切り替え能がきわめて高いことが報告されている。これらのことを踏まえると、上肢運動を同一の主動筋の収縮あるいは弛緩で開始する運動課題を比較すると、運動の切り替え能や上肢運動に付随する外乱を補償する姿勢制御には運動経験による差異があるものと予想される。上肢の筋弛緩への切り替え、および重力による上肢の下垂運動を補償する姿勢制御についてはこれまで国内外で検討されておらず、またさらに、その運動経験による差異についての検討も認められない。

我々は、外乱に対する動的姿勢制御に関連した脳活動状態を検討するために、事象関連脳電位を用いてきた (Fujiwara et al., 2009; 2011; 2012; Kiyota and Fujiwara, 2014)。その中でも特に、運動課題を課す命令刺激 (S2) の出現前に警告信号 (S1) が提示される S1-S2 課題にて記録される事象関連能電位の随伴陰性変動 (CNV) は、S2 に向けた注意や運動準備状態を反映し、その電位は、上肢運動時の姿勢筋の活動開始と相関することが報告されている (Fujiwara et al., 2009)。運動経験の差異によって、運動の切り替えの困難さが異なるとすれば、上肢運動前の注意や運動準備状態が異なることも、十分に予想される。

2. 研究の目的

本研究では、上肢運動を同一の主動筋の

収縮あるいは弛緩で開始する運動課題を課し、運動の切り替え能、上肢運動に付随する外乱を補償する姿勢制御、および上肢運動前の注意や運動準備状態について検討した。

3. 研究の方法

本研究では、2つの実験を行った。

【実験1】

上肢運動を筋の随意的収縮あるいは弛緩にて開始する選択反応課題時の運動の切り替え能、上肢運動に付随する外乱を補償する姿勢制御、および上肢運動前の注意や運動準備状態の検討

右利きの若年成人7名を対象とした。被験者はフォースプレート上で、足幅を27cm開き、右上肢を側方に吊り下げた姿勢を保持した(図1)。その際、手関節部が肩峰の高さの10cm下の高さになるように、上肢を吊るすワイヤーの長さを被験者ごとに調節した。

はじめに画面の中央の固視点上に、S1として直径1°の円が100ms間出現し、その2秒後にS2が150ms出現した。S2は、縦長あるいは横長の長方形(1°×2°)とした。縦長は上肢運動課題を課す標的刺激とし、横長は運動課題を課さない非標的刺激とした。標的および非標的刺激の提示確率は、それぞれ50%とした。

運動課題として課される上肢運動が、三角筋中部線維(MD)の収縮によって開始される挙上条件と、MDが弛緩し、重力によって開始される降下条件の2つを設定した。挙上条件では、ワイヤーにて上肢を吊り下げた姿勢を運動開始姿勢とし、標的S2に対して肩峰の高さまでの肩関節外転運動を行った。降下条件では、手関節部が肩峰の高さとなる位置に上肢を保持した姿勢を運動開始姿勢とし、標的S2に対してMDを弛緩させ、手関節部が肩峰の高さの10cm下の高さになるまで重力による降下運動を行った。いずれの課題中も、標的S2の出現に対して、可能な限り早くかつ正確に応答するように指示した。

CNVおよび以下の筋から筋電図を記録した：上肢運動の主動筋として右のMD、MDの拮抗筋である右の肩関節内転筋(大胸筋、大円筋、広背筋)、姿勢筋として左の脊柱起立筋と中殿筋。

【実験2】

上肢運動を筋の随意的収縮あるいは弛緩にて開始する単純反応課題時の上肢運動に付随する外乱を補償する姿勢制御、および上肢運動前の注意や運動準備状態の検討

右利きの若年成人9名を対象とした。実験2ではS2として、縦長の長方形のみを用い、S2が出現したら必ず上肢運動を行うようにした点以外は、実験手順およびデータ記録のいずれも、実験1と同様とした。

データ分析として、CNV に関しては S1-S2 間の最大陰性頂点を CNV ピークとし、基線からの振幅と、S2 時点に対するピーク潜時を算出した(図 2)。MD および各姿勢筋の筋電図に関しては、はじめに活動変化時点として、挙上条件ではバースト活動開始時点(図 3)、降下条件では、上肢保持時の活動の平均値(標準偏差の 2 倍)を下回る活動となった時点(図 4)を定めた(図 4)。これらの活動変化時点(図 4)を定める際には、手関節部にとりつけた加速度計波形を参考にした。その後、条件ごとに上肢運動の反応時間として、S2 出現時点に対する MD の活動変化時点までの時間を、姿勢筋の活動開始時間として、MD の活動変化時点に対する各姿勢筋の活動変化時点までの時間を算出した。姿勢筋の活動開始時間については、姿勢筋の変化時点が MD のそれに先行する場合は、負の値で示した。

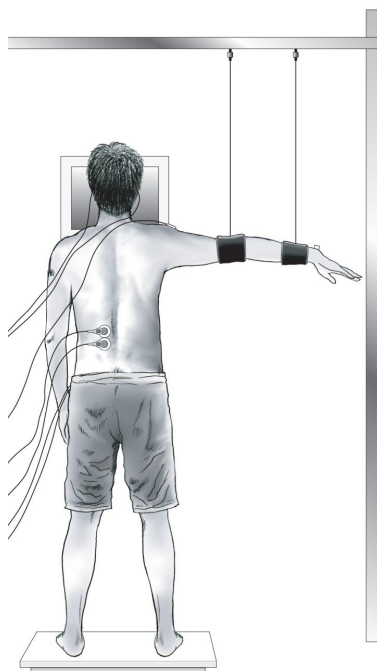


図 1 実験 1 および実験 2 での測定風景

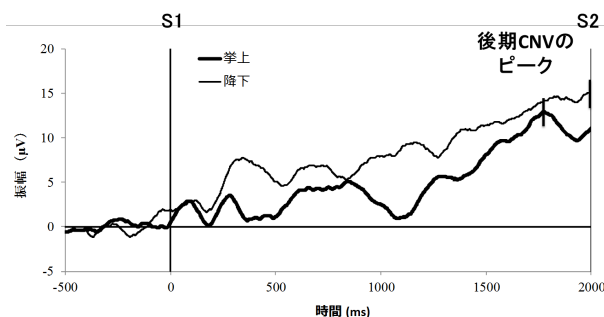


図 2 CNV の代表波形

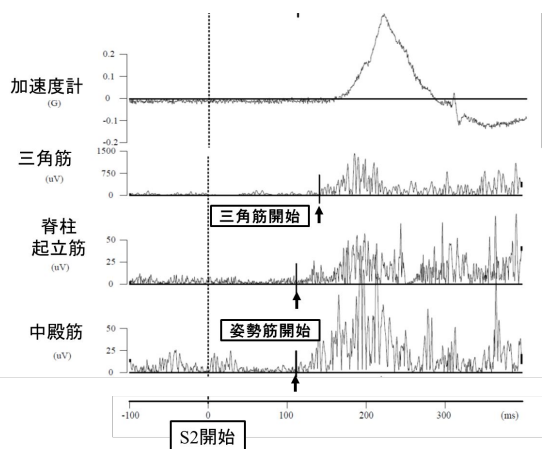


図 3 挙上条件での筋電図の代表波形

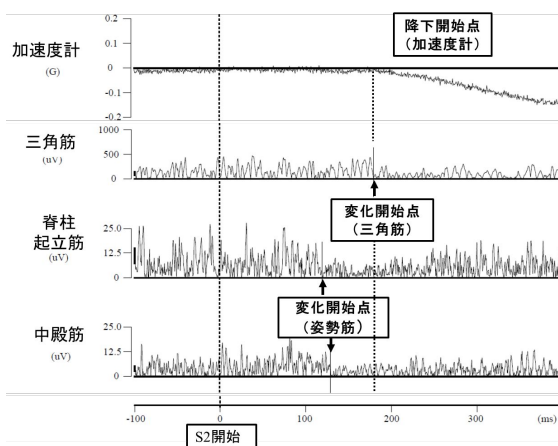


図 4 降下条件での筋電図の代表波形

4. 研究成果

【実験 1】

< 結果と結論 >

弛緩条件では 7 名中 2 名の被験者は肩関節内転筋の収縮にて上肢を降下させており、他の 2 名は内転筋の活動はないものの、十分に MD を弛緩できなかった。立位での肘伸展運動では、随意的な伸展運動よりも重力による自由落下で反応時間が長いことが報告されている(Nakamura et al., 1984)。これらのことから、弛緩運動は収縮運動よりも困難であったと考えられた。それゆえ、被験者が弛緩運動を十分に行えるような状況にて、本運動を詳細に検討する必要性が示唆された。

弛緩運動に集中できるようにするため、S2 を判断して標的刺激にのみ反応を行う選択反応課題から、S2 の形にかかわらず、常に反応を行う単純反応課題に変更し、肩関節内転筋の収縮にて上肢を降下させていた 1 名で再度実験を実施した。その結果、弛緩条件で MD の弛緩にて右上肢の降下を行うことができた。このとき、CNV には条件間で差がなかったが、S2 に対する上肢運動の反応時間は弛緩条件の方が遅かった。刺激出現前の準備状態

が同等でも弛緩の方が運動開始までに時間を要することが示唆された。

この予備実験の結果を踏まえ、S2 が単純反応である S1-S2 課題にて実験を重ねて、弛緩運動の詳細について明らかにした上で、収縮と弛緩の切り替えについて検討を行っていくこととし、実験 2 を行った。

【実験 2】

< 結果 >

CNV のピーク振幅、ピーク潜時および上肢運動の反応時間には、条件間で有意差が認められなかった。姿勢筋の活動開始時間は、脊柱起立筋と中殿筋のいずれも、拳上条件よりも降下条件で有意に早かった (図 5)。

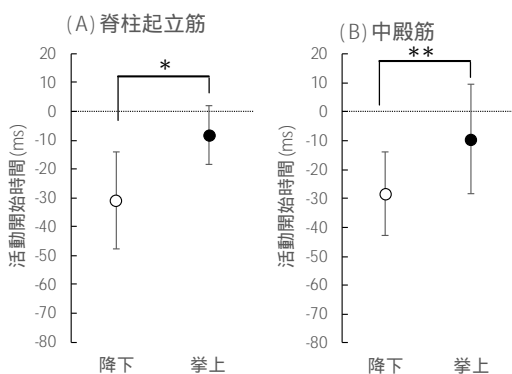


図 5 姿勢筋の活動開始時間の結果

< 結論 >

S2 時点で実施する運動課題が明確な場合には、拳上条件と降下条件で、反応時間に違いはなかった。CNV の結果から、被験者の S2 に向ける注意量や運動準備は、運動課題にかかわらず同等であったことが伺える。それゆえ、S2 出現時点から上肢運動の反応開始までに要する処理時間には違いが出なかったものと考えられる。

しかし、姿勢筋の活動開始時間には、条件間で明確な違いが認められ、拳上の方が遅かった。本研究では、運動開始から終了までの運動速度は測定していなかったが、拳上条件の方が、運動速度は速かったと考えられる。拳上条件では反応開始時点で重力と反対方向への加速度を生じさせる必要があるため、S2 時点では、姿勢制御よりも上肢運動を生じさせることに重点が置かれていた可能性が考えられる。それゆえ、姿勢筋の活動開始が遅れたのかもしれない。

このようなことをより詳細に検討するために、今後は上肢のポジションの時間的変化を記録し、運動速度を考慮に入れて、収縮と弛緩による運動の開始の関係について検討していく必要があると考えられる。また、収縮と弛緩によって開始される運動は、その運動実施が明確な場合、開始までの時間は同じであったが、いずれの運動を行うかが事前

に明らかとなっていない状況では、弛緩の方が運動開始までに時間を要する可能性があることが示唆された。これには、上肢運動を生じさせることの重要性が、収縮による運動の方に置かれていることと、関連するのかもしれない。

これらの本研究で示唆された可能性について、今後ひとつずつ検討していき、将来的に収縮と弛緩による運動間の切り替えや、それに及ぼす運動経験の影響について、明らかにしていく。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

阿南浩司、藤原勝夫、矢口智恵、清田直恵、国田賢治、清田岳臣 (2016) 上肢の随意的筋弛緩運動における予測的姿勢制御と事象関連脳電位 日本健康行動科学会 15 回学術大会 2016 年 9 月 10 日 (大阪市立大学、大阪府大阪市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿南 浩司 (ANAN Koji)

札幌国際大学・スポーツ人間学部・講師

研究者番号：00553851