

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 24 年 6 月 11 日現在

機関番号：12701  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21500627  
 研究課題名（和文） 持続的筋力発揮時の筋音信号増大因子を単一運動単位活動電位・筋音波形から検討する  
 研究課題名（英文） Possible factors to increase mechanomyographic signals during submaximal prolonged activity investigated from MUAP and MUMS(motor unit mechanical signal) wave-forms.  
 研究代表者  
 森本 茂 （MORIMOTO SHIGERU）  
 横浜国立大学・教育人間科学部・教授  
 研究者番号：70119858

研究成果の概要（和文）：低い水準での持続的筋力発揮時に筋振動信号（筋音）は初期一定値を示した後、増大する傾向にある。これまでの運動単位活動からの提唱では、① 運動単位の活動参加、② 運動単位の放電間隔変化、③ 運動単位の同期化活動、が関与しているとされてきた。しかし、実験的に立証された報告はなされてきていない。本研究では直接運動単位レベルから観察・検討を行った結果、運動単位の活動参加には増大因子となる可能性があったが、②と③は増大因子とはならないことが示された。

研究成果の概要（英文）：During prolonged isometric constant contraction at low level, mechanomyographic signal and its integrated value showed initial constant and then increased. It proposed the factors based on the motor unit activities to influence the mechanomyographic signal increment during the activity as follows: motor unit recruitment, motor unit firing interval changes and motor unit synchronization. However, yet not, the experimental results did reported. In the present experiments, it showed the possibility of the mechanomyographic signal increment in the motor unit recruitment, but there was no relationship between mechanomyographic signal increment and the motor unit synchronization, and motor unit firing interval changes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2010 年度	400,000	120,000	520,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ生理学

キーワード：筋音信号

1. 研究開始当初の背景  
 低い水準での持続的筋力発揮時に筋振動信号（筋音）は初期一定値を示した後、増大す

る傾向にある。これまでの運動単位活動からの提唱では、① 運動単位の活動参加、② 運動単位の放電間隔変化、③ 運動単位の同

期化活動、が関与しているとされてきた。しかし、実験的に立証された報告はなされてきていない。

## 2. 研究の目的

①単一 MU の MUAP と MUMS を同時に導出し、LPD (運動単位の同期化活動の指標) から推定する MU 同期化活動と MUMS 振幅の関係を観察し、同期化活動の iMMG への貢献性について検討することを目的とした。

②種々の目標筋力を短時間一定保持する課題 (brief isometric constant contraction: BICC)、および一定筋力発揮と MU 一定放電間隔といった 2 種類の持続的筋力発揮課題にて観察対象 MU の MUAP と MUMS を同時に導出した。MU 放電間隔と MS-V<sub>positive</sub> (amplitude of MUMS) の関係を各々の課題で観察し、BICC 時に Stokes & Cooper (1992)<sup>11)</sup> および Yoshitake et al. (2002)<sup>12)</sup> の成果と同様な関係にあるか、また PICC 時の MU 放電間隔の変化動態が MS-V<sub>positive</sub> の増大因子となり得るか検討する事に目的を置いた。

## 3. 研究の方法

実験実施に先立ち本実験の目的、意義および想定される危険性について十分な説明を行い、参加に同意の得られたものを被験者として実験参加を依頼した。この実験は横浜国立大学倫理委員会からの承認を得て実施した。被験者は神経-筋疾患および障害履歴の無いものであった。

MES, MUAP と MMG, MUMS は 7 名の成人被験者 (女性 1 名、男性 6 名: 20~58 歳、身長: 172.0±6.4 cm; 体重: 60.2±7.5 kg) の右内側広筋または外側広筋より導出した。被験者には、実験実施日 2 日前より、高強度の身体活動は控えるように依頼した。実験室内温度は 23~26 °C であった。

### A. 信号の記録

被験者は実験台 (高さ 70 cm) に腰かけ、下腿を下垂した。被験者の腰部はベルトを介して実験台に固定した。また、筋力発揮時、上肢は腕組みの姿勢とした。膝関節伸展張力を等尺性に検出するために実験側足関節部にベルトを固定し、ワイヤーを介してロードセル (RTB-100K, 日本光電) に接続した。ロードセルの出力はキャリアアンプ (6M84, 日本電気三栄; low-pass filter 100 Hz) にて増幅した。股関節と膝関節角度は 90 から 95 度とした。

MMG, MUMS 導出にはコンデンサー型マイクロフォンを用いた (DMS-011, ダイアメデイカルシステム、band-pass 2-1 kHz、直径 10 mm、重量 9 g)。MUMS 導出マイクロフォンの装着位置は観察対象 MU の運動終板領域とし、実験に先立ち MUAP 波形の解析から位置の特定を行った<sup>10) 14) 15)</sup>。マイクロフォンはドラムと外部との気密性を保つよう両面接着テープで皮膚表面上に固定した。マイクロフォンの出力は直流増幅器 (DPA-251S, ダイアメデイカルシステム; 入力抵抗 1 MΩ、出力抵抗 100 Ω) に入力し、通過周波数帯域 1-1 kHz にて増幅した。MMG 導出のマイクロフォンは、観察対象の MU 筋線維走行に対して内側あるいは外側直行方向へ MUMS 導出センサーから 30 mm 以上離れた位置に装着した。

MES および MUAP 導出には 2 対の Ag/AgCl 皿型電極を用いた (直径 5 mm)。1 対は MUAP 双極導出電極 (電極間距離 10 mm) とし、MUMS 導出用マイクロフォンセンサー直近の中枢側、筋線維の走行方向に沿った位置に絆創膏にて装着した。また、他の 1 対は MES 導出電極とし、1 対の一方の電極は MMG 導出マイクロフォンの直近、末梢側に装着した。この電極は

差動増幅器（入力抵抗 50 M $\Omega$ , 出力抵抗 100  $\Omega$ , band-pass: 3 – 10 kHz; DPA-401S, ダイアメディカル）の陽極入力（非反転増幅入力）端子に接続した。他の電極は膝蓋骨上の皮膚に装着し、増幅器の陰極入力（反転増幅入力）端子に接続した（単極導出法）。電極間抵抗は 20 k $\Omega$  以下となるようにケラチンクリーム（フクダ電子）にて皮膚を研磨後、酒精綿にて十分に払拭した。

全ての信号は PCM データレコーダー（周波数帯域: DC - 5 kHz、入力抵抗 100 k $\Omega$ , PC-208A x、ソニーマニユファクチュアリングシステムズ）に入力し、DAT テープに記録した。

#### 4. 研究成果

##### ①の成果

持続的一定筋力発揮を 20%MVC 以下の目標筋力で行った時、iMMG は暫時増大する傾向にあった。この増大には新しい MU の活動参加、発火頻度変化、MU 間の同期的活動などが関与すると考えられている。本実験では MU 間の同期的活動の iMMG への影響を検討するために、単一運動単位レベルで MUAP と MUMS を同時導出し解析を行った。MU 間の同期性の指標に、単極導出 MUAP の第 3 相の緩徐な陽性電位に重畳する LPD を用いた。運動終板上から導出した MUMS の初期陽性相の振幅を MMG の構成要素として計測した。

BICC 条件下で、MS-V<sub>positive</sub> は V<sub>LPD</sub> に依存した変化動態に無く、MU 同期性活動の MS-V<sub>positive</sub> 振幅への影響は見出せなかった。

PICC 時に V<sub>LPD</sub> と MS-V<sub>positive</sub> は共に増大傾向にあり、両変数間には有意な相関が得られた。しかし、増大の推移は、V<sub>LPD</sub> で初期に急峻その後緩徐に、これに対し MS-V<sub>positive</sub> は初期に緩徐その後急峻に増

大し、増大の推移に差異が見られた。ここで見られた有意な相関関係が V<sub>LPD</sub> の MS-V<sub>positive</sub> への直接的影響とは考え難い。

短時間の一定筋力発揮（Brief Isometric Constant Contraction: BICC）時に V<sub>LPD</sub> と MS-V<sub>positive</sub> の関係が見出せなかった点、持続的一定筋力発揮（Prolonged Isometric Constant Contraction: PICC）時での V<sub>LPD</sub> と MS-V<sub>positive</sub> の関係性を説明できなかった点を含め、本実験結果から、MU の同期的活動が V<sub>positive</sub> に直接的な影響を及ぼしたと考えるには困難であった。MU の同期的活動のみの影響ではなく、他の因子の関与を検討する必要が示唆された。

##### ②の成果

- 1) 短時間の筋力発揮を種々の目標筋力で行った時、MUMS 振幅 (MS-V<sub>positive</sub>) は MU の放電間隔に比例して増大した。
- 2) 持続的一定筋力発揮時、運動単位放電間隔変化は初期に延長し、その後短縮する傾向にあった。観察対象の MU の放電間隔を一定調節した持続的筋力発揮時、MS-V<sub>positive</sub> は初期一定値、その後漸増する変化動態を呈し、持続的一定筋力発揮時の MS-V<sub>positive</sub> の変化動態と類似した傾向にあった。

以上の結果から、短時間の筋力発揮条件下では、Stokes & Cooper (1992)<sup>11)</sup>, Yoshitake et al. (2002)<sup>12)</sup> 等の報告と同一の傾向を示し、本来的に随意運動下の MS-V<sub>positive</sub> はその運動単位の放電間隔に比例関係を持つことが確認された。しかし、持続的一定筋力発揮時、放電間隔一定持続的筋力発揮時ともに MS-V<sub>positive</sub> は放電間隔変化に依存した変化動態に無かった。本結果から、持続的筋力発揮時の MMG の変化動態は、活動参加する運動単位の放電間

隔変化に依存しない可能性が示された。

研究者番号：

## 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)

① 森本茂 随意筋力発揮時の単一運動単位筋振動信号(筋音) 振幅の放電間隔依存性 体力科学 2011、60：207-216.

② 森本茂、石渡千草、宮本奈芳美、加茂美冬 持続的筋力発揮時の運動単位筋振動信号と運動単位の同期化活動 体力科学 2009、58：365-378.

[学会発表] (計 6 件)

① 森本茂 持続的筋力発揮時の運動単位の活動参加と筋振動(筋音) 信号波形 第 66 回日本体力医学会大会 2011 年 9 月、山口

② Shigeru MORIMOTO Relationship between inter-spike interval and amplitude of mechanomyographic signal from single motor units during voluntary muscle contraction. 88<sup>th</sup> Annual Meeting of the Physiological Society of Japan. Mar 28-30, 2011, Yokohama Japan.

③ 森本茂 間欠的筋力発揮時の単一運動単位”筋音“信号の変化動態 第 65 回日本体力医学会大会 2010 年 9 月、千葉

④ 森本茂 運動単位放電間隔一定条件下における持続的筋力発揮時の運動単位筋振動現象の変化動態 第 11 回日本電気生理運動学会大会、2009 年 11 月、京都

⑤ 森本茂 運動単位放電間隔一定条件下における持続的筋力発揮時の運動単位筋振動現象の変化動態 第 65 回日本体力医学会大会 2009 年 9 月、新潟

⑥ 森本茂 低い目標筋力での持続的筋力発揮時の運動単位筋振動現象と運動単位の同期化活動 第 17 回日本運動生理学会大会 2009 年 7 月、東京

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森本茂 (MORIMOTO SHIGERU)

横浜国立大学・教育人間科学部・教授

研究者番号：70119858

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )