

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700523

研究課題名(和文) 徒手筋力検査のためのグローブ型表面筋電図計測システムの開発

研究課題名(英文) Development of glove-type surface EMG detecting system for the manual muscle testing

研究代表者

水戸 和幸 (Mito, Kazuyuki)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・准教授

研究者番号：90353325

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)：本研究は、筋肉の筋力を判定する筋力徒手筋力検査において、筋力を表面筋電図によって客観的に評価することを目的とした筋活動評価システムの開発である。本課題を実現するために、神経支配帯を客観的に見つけ出すアルゴリズムを構築、同アルゴリズムを用いた筋活動評価への応用、簡易筋電図計測に向けた導電性布電極の検討を行った。結果として、提案アルゴリズムを利用することで、従来の目視による推定法と88%の一致率で神経支配帯の推定が可能となり、短時間での筋活動評価が可能となった。また、導電性布により金属電極の不快感やノイズの少ない筋電図計測および筋活動評価の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to development of muscle strength evaluation system using surface electromyogram (sEMG) in the manual muscle testing. In this study, sEMG was detected by the glove-type electrode consisting of multi-channel electrodes. Three themes for achieving this purpose is as follows, (1) development an algorithm to find the innervation location objectively from sEMG, (2) application to muscular activity evaluation using its algorithm, and (3) availability of electrode prepared conductive cloth toward simplified sEMG measurement. In the results, new algorithm could estimate the innervation location at 88%. Next, difference of muscular activity by aging was shown by the experiment using its algorithm. In the measurement by glove-type electrode, the subject felt discomfort feeling to pressing of the pin-electrode and many noise was mixed in sEMG. The electrode of conductive cloth could be measured low noise sEMG and discomfort feeling of subject was low.

研究分野：人間情報学

キーワード：表面筋電図 神経支配帯 格子状多電極 導電性布電極

## 1. 研究開始当初の背景

医療、福祉の現場において、運動療法や物理療法の効果を検証する方法として表面筋電図法がある。この手法は、直接かつ客観的に筋の活動状況を評価できる点で有用であるとされているが、その計測には神経支配帯や腱と電極との位置関係、他の筋からの混信（クロストーク）、筋線維走行方向と電極の角度や脂肪や血管などの皮下組織の影響など多くの注意すべき点がある。特に、正確な筋電図を計測するには筋線維走行方向に沿って、神経支配帯および筋末梢の腱を避ける位置に電極を配置する必要があり、その場所を見つけ出すには専門的知識と技術が必要となる。ゆえに、電極貼付位置を配慮することなく計測された筋電図の諸特性は、個人内および個人間でバラツキが大きく、結果の解釈を困難にさせている。また、神経支配帯を見つける手法の一つである多電極を用いる方法に関しても、多電極の貼付や計測された信号群からの主観的な神経支配帯の推定し、正確な電極貼付位置を見付け出すまでに大きな労力と時間を要し、結果として被験者に与える負担を大きくしている。

## 2. 研究の目的

本研究は、筋肉の筋力を判定する筋力徒手筋力検査において、筋力を表面筋電図によって客観的に評価することを目的とした筋力判定システムの開発である。本研究では、正確な表面筋電図を計測するための電極装着位置、つまり神経支配帯を除く位置を推定し、簡単に表面筋電図の計測と筋活動を評価するシステムの構築を目的としている。本課題を実現するために、アレイ状および格子状の表面多電極を用いて筋電図を計測し、筋電図の形状や大きさから神経支配帯を自動的に見つけ出すアルゴリズムを構築する。最終的には、手袋の掌に表面多電極を内蔵したグローブ型電極を被験筋の皮膚表面に押さえただけで筋電図を計測し、最適計測エリアを推定、筋活動状態を推定するシステムを開発する。本課題を実現するために、以下の3点を主なテーマとして研究を進めた。

- (1) 神経支配帯の位置を客観的に見つけ出すアルゴリズムの構築
- (2) 表面多電極および神経支配帯推定アルゴリズムを用いた筋活動評価
- (3) 簡易筋電図計測に向けた導電性布電極の検討

(1)では、これまで波形形状の目視による判定といった主観的に行われてきた神経支配帯の位置推定を、客観的に判定する方法について検討し、位置推定アルゴリズムを構築する。(2)では、(1)の研究成果を活かし、格子状表面多電極を用いて筋電図を計測し、神経支配帯を除く位置での筋活動状態を評価することを試みる。(3)では、簡易的に表面筋電図を計測できるようにするためのグローブ型電極の実現に向けた導電性布電極を用いた筋電

図計測の検討を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) 神経支配帯推定アルゴリズムの構築

健常成人男性 4 名の上腕二頭筋を対象に、最大筋力 (MVC) の 0, 20, 40, 60, 80 % の等尺性収縮を行い、表面筋電図 (sEMG) を計測した。sEMG 信号の導出には直径 1 mm、長さ 10 mm の銀線をシリコンゴムシートに 5 mm 間隔で 14 本平行に配列したアレイ電極を用いた。

神経支配帯推定において、20~80 %MVC の発揮筋力において、解析区間を 0.4 秒としその区間における神経支配帯の位置推定を行った。従来の手法である目視による推定は、sEMG 法に関する研究を 2 年以上行っている 3 名の研究者に推定を行わせた。神経支配帯の推定アルゴリズムは次の通りである。閾値の算出 (0%MVC での最大振幅の算出) ゼロクロス波形の検出 (閾値以上の信号で 4 回ゼロクロスする信号の検出) 最大相関係数の算出 (隣接するチャンネル間でゼロクロス波形を時間シフトさせ最大相関係数を算出) 神経支配帯の推定 (0.9 以上の相関係数の割合が 10%未満のチャンネルを神経支配帯と判定)

### (2) 表面多電極および神経支配帯推定アルゴリズムを用いた筋活動評価

22 歳~77 歳の健常成人男性 44 名を対象に大腿四頭筋 (内側広筋) より表面筋電図を計測し、筋活動評価実験を行った。被験者は、座位にて最大筋力の 20%, 40%, 60% で等尺性の膝伸展運動を数秒行った。この時の内側広筋の筋電図を格子状の表面多電極 (直径 2mm、長さ 5mm の銀線を 4x6 列に配置した電極) で計測し、神経支配帯の推定および神経支配帯以外の領域での筋活動評価を行った。なお、電極の設置において、電極全体をサージカルテープにて皮膚に貼付する場合と掌で押さえつけた場合での計測信号の相違についても検討を行った。

### (3) 簡易筋電図計測に向けた導電性布電極の検討

グローブ型電極による簡易手な表面筋電図計測を可能とするために、格子状の多点電極を手袋に設置し、掌で押さええて測定を行ったところ直径 2mm の円柱形電極では、皮膚表面への接触が不安定であり、クリアな筋電位信号を計測することが困難であった。さらに、掌で押し当てる強さによっては、被験者に痛みや不快感を与えることが課題として残った。そこで、金属製電極の圧迫による不快感と接触面積が狭いことによる計測の困難さを改善するために、皮膚と密着した際の不快感が少なく、電極の接触面積を自由に調整できる導電性布を用いた電極による筋電図計測の可能性について検討を行った。

電極は、一辺が 25mm の正方形の導電性布

を電極間距離30mmで2点並べたものを伸縮性の布に縫い付けて作成した。この導電性布電極を上腕二頭筋に巻き付け、静的短時間負荷実験（最大筋力の20, 40, 60, 80%の4種類の等尺性収縮を各6秒間維持）、静的長時間負荷実験（最大筋力の40%の等尺性収縮を60秒維持）、動的運動実験（肘屈曲運動）を実施した。被験者は、健康成人男性7名（平均年齢22歳）である。なお、市販電極との比較を行うためにディスプレイ電極から計測された筋電図の結果との比較も行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 神経支配帯推定アルゴリズムの構築

3名の専門家が推定した神経支配帯の位置と本研究で提案するアルゴリズムにより推定した神経支配帯の位置との一致率は88%であった。特に60%, 80%VCでの一致率は100%であり、高い発揮筋力での神経支配帯の推定で有効であることが示された。

##### (2) 表面多電極および神経支配帯推定アルゴリズムを用いた筋活動評価

電極をサージカルテープで固定して測定した場合において、神経支配帯アルゴリズムにより約90%の一致率で神経支配帯の推定が行えた。また、神経支配帯を除く領域において、筋電位信号の伝播速度である筋線維伝導速度(MFCV)を算出したところ、高い発揮筋力では、加齢に伴ってMFCVが低下傾向にあることが明らかとなった(図1参照)。

この結果は、加齢に伴う速筋線維の選択的萎縮および消失を反映したものと予想される。

一方、表面多電極を手袋に縫い付け掌で押さえつけて筋電図を計測したところ、電極の皮膚表面への接触が安定せずクリアな筋電図を計測することが困難であり、神経支配帯の推定も行えなかった。

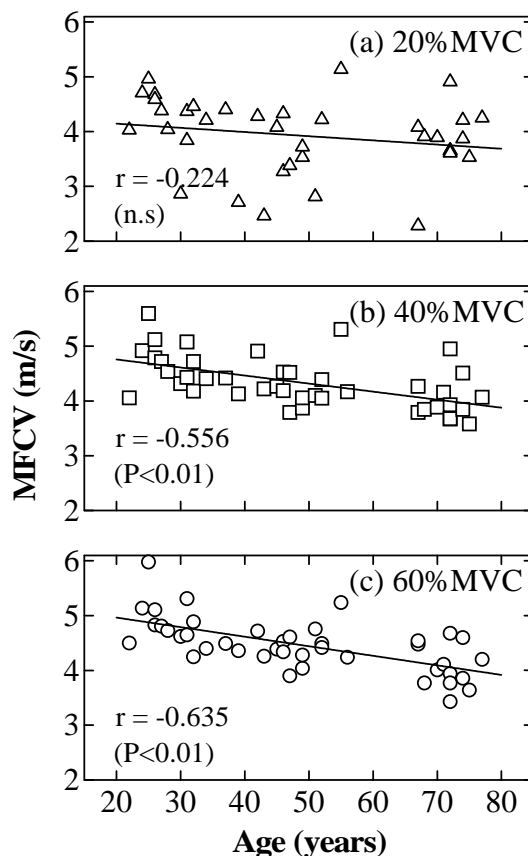


図1：神経支配帯を除く領域から算出した筋線維伝導速度(MFCV)による筋機能評価

##### (3) 簡易筋電図計測に向けた導電性布電極の検討

図2に短時間負荷実験の結果を示す。発揮筋力の増加に伴い%RMS(振幅量)が増加していく傾向が見られた。また、導電性布電極とディスプレイ電極の間に強い相関( $r=0.909, P<0.001$ )が認められた。

図3に筋力の持続時間と%RMS、MDFの関係を示す。時間が経過していくにつれて%RMSが増加していく傾向が見られた。同様に、MDFが減少していく疲労傾向が認められた。また、両指標において導電性布電極とディスプレイ電極の間に相関( $r=0.711, P<0.001$ ), ( $r=0.407, P<0.01$ )がそれぞれ認められた。

図4に運動速度と%RMS、MDFの関係を示す。運動速度の増加に伴い、%RMSおよびMDFが増大する先行研究と一致する結果が得られた。また、ディスプレイ電極および導電性布電極とも同様の变化傾向を示した。

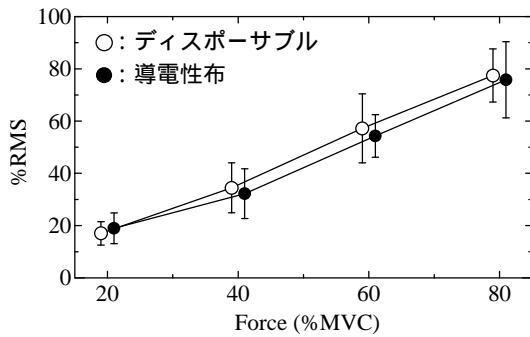


図 2：発揮筋力と%RMS の関係

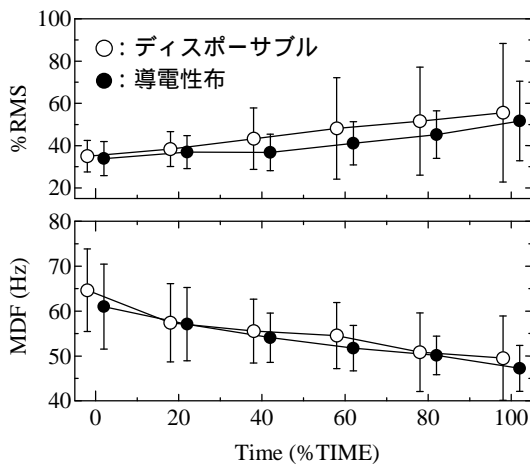


図 3：持続時間と%RMS と MDF の関係

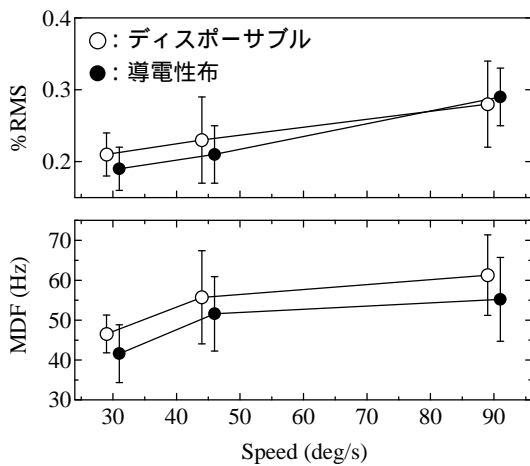


図 4：運動速度と RMS および MDF の関係

## 5. 主な発表論文等

[学会発表](計 7 件)

Mito K, Ota N, Soga S: Changing of muscle fiber conduction velocity on vastus medialis muscle with aging, The 25th Congress of the International Society of Biomechanics, 2015年 7月 13日 (予定)

白井礼, 水戸和幸, 板倉直明, 水野統

太: 多チャンネル表面筋電図からの神経支配帯推定アルゴリズムの開発, 電気学会 光・量子デバイス研究会, 2015年 4月 24日

鷺田穂乃, 白井 礼, 水戸和幸, 板倉直明, 水野統太: 表面筋電図および筋音図による内側広筋の加齢特性評価, 電気学会 光・量子デバイス研究会, 2015年 4月 24日

堀俊和, 水戸和幸: 導電性布電極を用いた表面筋電図の基礎的研究, 日本経営工学会西関東支部第 15 回学生論文発表会, 2015年 3月 16日

Mito K, Someya K, Itakura N, Mizuno T: An identification method of innervation zone by bipolar surface electromyogram measurement, 20th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, 2014年 7月 15日

水戸和幸, 染谷和孝, 板倉直明: 双極表面筋電図計測のための神経支配帯推定に関する研究, 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会, 徳島大学工学部, 2013年 7月 19日.

水戸和幸, 染谷和孝: 表面筋電図計測における神経支配帯推定法, 第 16 回学術講演会, 千葉工業大学, 2012年 12月 1日.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

水戸 和幸 (MITO KAZUYUKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号: 90353325