

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：34509

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700651

研究課題名（和文） 切断断端部の筋電信号特性と筋電電動義手使用者の運動・生理学的研究

研究課題名（英文） Kinematics and Physiology study of Myoelectric hand and EMG for upper limb prosthesis of the amputation stump

研究代表者

大庭 潤平（Oba Junpei）

神戸学院大学・総合リハビリテーション学部・講師

研究者番号：10406259

研究成果の概要（和文）：筋電義手ハンドのコントロールに最も適した筋の箇所を選定することとその筋電位特性を解明することを目的に実験を行った。その結果、最大筋電位の採取位置は、ハンドを閉じるための尺側手根屈筋では前腕部最大周径位置より近位27mm位部であり、ハンドを開くための橈側手根伸筋では前腕部最大周径位置より54mm遠位部となった。また肘関節屈曲角度の増加により筋電位の発生も増加することが分かり筋電義手トレーニングの筋電電極位置の特定に至った。また、筋電信号をより多く発生させるためには、手関節運動に伴い指の屈伸運動を実施することが効果的であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：The experiments were carried out with the aim to determine the position of the muscle that is most appropriate for control of myoelectric hand. As a result, the myoelectric signal position of the maximum was 27mm proximal part of the forearm than the maximum circumference position in the flexor for wrist. Became the distal part of the forearm than 54mm maximum circumference position in the extensor muscle for wrist. It was found that in order to generate more EMG signals, it is possible to carry out bending motion of the finger due to the hand articulation is effective.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：作業療法、筋電義手

## 1. 研究開始当初の背景

近年、運動・感覚障害者の自立と社会進出のために、ユーザーやその支援者の視

点に立ちリハビリテーションやロボティクス・メカトロニクス技術を開発・応用する研究が活発である。中でも上肢切断者の

失われた手の補完となりうる筋電義手の開発はその代表格である。

日本における筋電義手の普及は、欧米諸外国に比べて遅れているが、近年では、特に前腕切断者からの筋電義手に関するニーズは高まる傾向である。また、国内の研究に関しては、日本義肢装具学会を中心に筋電義手使用者の症例報告やアンケートに関する報告が中心に行われており、国外の研究では、欧米諸国（ドイツ・アメリカ・イギリス）が義手ハンドの工学的研究報告が中心である。

しかし、その筋電義手を使用するためには、残存肢の断端部から筋電義手ハンドを制御するための筋電信号を採取する必要が不可欠であり、その採取位置の決定方法や筋電義手操作訓練方法は確立されていない。最適な筋電信号採取部位の決定を迅速かつ容易に行い、訓練方法を確立することは、筋電信号採取部位の誤診の防止と訓練効果向上、上肢切断者への身体的かつ精神的負担の軽減に繋がり、上肢切断者へのリハビリテーションやロボティクス・メカトロニクスの開発・応用に期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、筋電電動義手使用者の筋電信号の特性を解明することにより切断断端部等の筋活動およびその特性の基礎的データを集積すること、また二次元筋電分布を測定する表面筋電図計により前腕部の表面筋電信号の特徴を切断部位や切断原因等により筋電信号の特性を分析し、筋の状態と比較することで断端部の分類別の筋電信号の特性やその位置を解明する。よって、最適な筋電信号の採取場所の特定手法を検討することで、上肢切断者の筋電義手の訓練方法の基礎データ集

積・分析を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 対象

健常者 52 名（男性 25 名，女性 27 名）とした。平均年齢は  $21 \pm 1.0$  歳で、すべて利き手側とした。平均前腕長  $23.5 \pm 1.7$  cm，平均前腕部最大周径  $22.8 \pm 1.9$  cm であった。なお、本研究の実施前に研究の目的と方法を口頭および書面にて伝え、理解と同意を得たうえで実施した。実験に当たっては、神戸学院大学倫理委員会の承認を得た。

### (2) 方法

前腕部に乾式電極 5 個（OttoBock 社製）を尺側手根屈筋上および橈側手根伸筋上にそれぞれ設置した。設置位置は、前腕部最大周径部に 1 個（電極 2）を基準に手方向に 3 個（電極 3, 4, 5）・肘方向に 1 個（電極 1）の合計 5 個を設置した。運動課題は、吉川らの研究<sup>1)</sup>や筋電義手のトレーニングの現場で行われる運動（6 パターン）（図 1）を筋収縮に意識して行った場合（意識あり）と意識しないで行った場合（意識なし）で計測した。運動課題については、以下に示す。手指伸展位で手関節掌背屈（手指伸展位）、手指屈曲位で手関節掌背屈（手指屈曲位）、手指伸展位から手関節掌屈させながら手指屈曲および手指屈曲位から手関節背屈させながら手指伸展（手指運動）。それぞれの運動は十分な休息を行いランダムに毎分 45 回のリズムで計測した。肘関節の屈曲角度に関しては、肘角度を 0 度、30 度、60 度、90 度、120 度の 30 度幅に計 5 つの角度を設定し、各肘角度にて筋電位の採取を行った。また、各運動における最大筋収縮時までの速さについては、加算平均を用いて比較検討した。

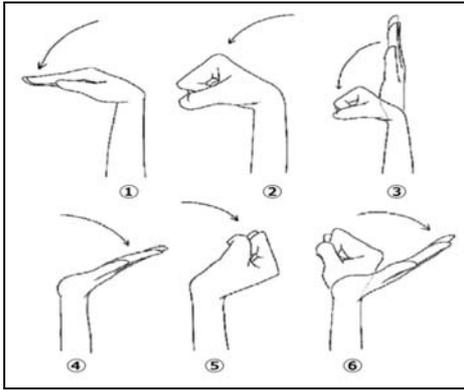


図1：手関節の運動（6パターン）

### (3) データ処理

採取された筋収縮における筋電位(mV)のデータの中から10回分のデータを抽出する。その手順は、最初の5回分は運動に不慣れである最初の段階ではなく、ある程度運動に慣れ、できる限り同じ、再現された運動のデータを処理するために削除する。よって6回目～15回目までのデータを処理対象のデータとした。このように処理されたデータ10回分のそれぞれの運動時の筋電位の最大値を各電極に平均し、得られたデータは、統計ソフトSPSS16.0を用いて分析した。

## 4. 研究成果

### (1) 最大筋電位位置の検討

尺側手根屈筋の全運動の筋電位の最大値を平均した結果、電極1は、 $1.48 \pm 0.75\text{mV}$ 、電極2は、 $1.23 \pm 0.71\text{mV}$ 、電極3は、 $1.11 \pm 0.74\text{mV}$ 、電極4は、 $1.14 \pm 0.74\text{mV}$ 、電極5は、 $1.07 \pm 0.74\text{mV}$ となった(図2)。電極1と電極2~5に関して統計学的処理を行った結果、有意に差があることが認められた。

橈側手根伸筋の全運動時の筋電位の最大値を、平均した結果、電極1は、 $1.16 \pm 0.62\text{mV}$ 、電極2は、 $1.21 \pm 0.62\text{mV}$ 、電極3は、 $1.31 \pm 0.60\text{mV}$ 、電極4は、 $1.52$

$\pm 0.64\text{mV}$ 、電極5は、 $1.22 \pm 0.62\text{mV}$ となった。(図3)電極4と電極1~3・5に関して統計学的処理を行った結果、有意に差があることが認められた。

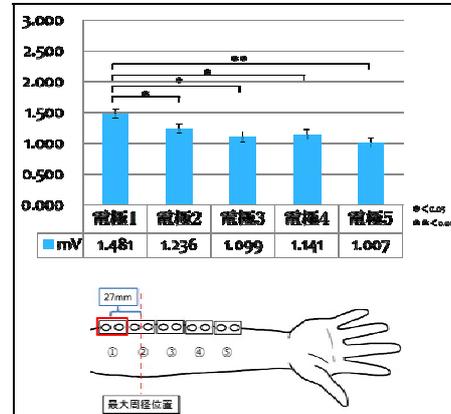


図2：尺側手根屈筋の筋電位の最大値

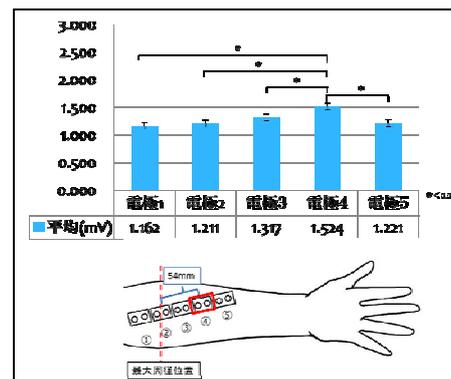


図3：橈側手根伸筋の筋電位の最大値

### (2) 手のフォームの違いによる筋電位の検討

手関節掌屈運動(尺側手根屈筋)は、意識なしでは、手指伸展  $1.22 \pm 0.75\text{mV}$ 、手指屈曲  $0.88 \pm 0.39\text{mV}$ 、手指運動  $1.36 \pm 0.78\text{mV}$ であった。(図4)意識ありでは、手指伸展  $1.97 \pm 0.79\text{mV}$ 、手指屈曲  $1.78 \pm 0.6\text{mV}$ 、手指運動  $1.91 \pm 0.64\text{mV}$ であった。(図5)意識なしの場合、フォーム①とフォーム②、フォーム②とフォーム③には有意な差が認められた。意識ありの場合は、有意な差は認められなかった。

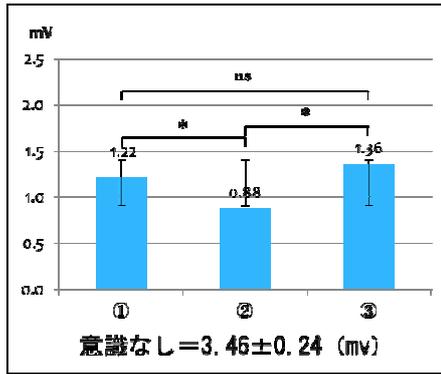


図4：手のフォーム別筋電位（掌屈・意識なし）

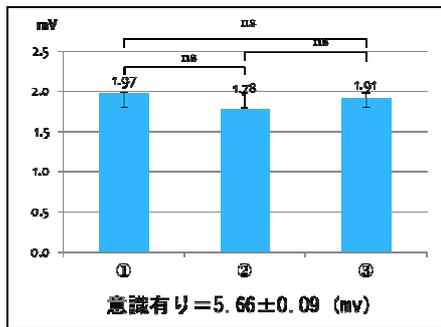


図5：手のフォーム別筋電位（掌屈・意識あり）

手関節背屈運動（橈側手根伸筋）は、意識なしでは、手指伸展 1.29 ± 0.48mV、手指屈曲 1.36 ± 0.5mV、手指運動 1.46 ± 0.68mV であった。（図6）意識ありでは、手指伸展 1.80 ± 0.66mV、手指屈曲 1.99 ± 0.62mV、手指運動 1.93 ± 0.63mV であった。（図7）手関節背屈運動の場合は、有意な差は認められなかった。

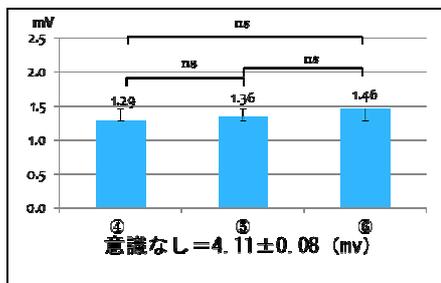


図6：手のフォーム別筋電位（背屈・意識なし）

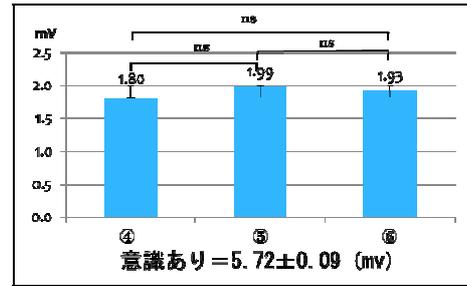


図7：手のフォーム別筋電位（背屈・意識あり）

### (3) 最大筋収縮時までの速さの検討

手関節掌屈運動（尺側手根屈筋）は、フォーム①1.72mV、フォーム②1.36mV、フォーム③1.30mV であった。これを加算平均したグラフを示す（図8）フォーム③の運動が最も早く筋収縮が行われていることが明らかとなった。

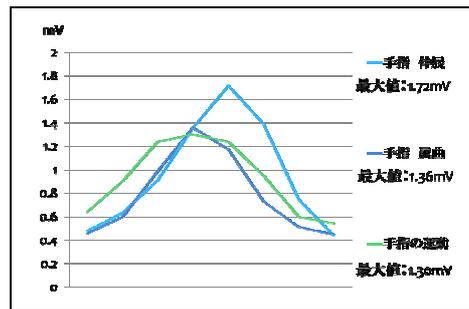


図8：手関節掌屈運動の最大筋収縮時までの速さ

手関節背屈運動（橈側手根伸筋）は、フォーム④1.40mV、フォーム⑤1.71mV、フォーム⑥1.42mV であった。これを加算平均したグラフを示す（図9）フォーム⑥の運動が最も早く筋収縮が行われていることが明らかとなった。

以上から、手指運動を伴うことが早い収縮を行う傾向を示唆した。

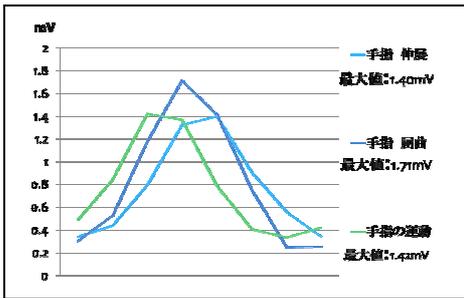


図9：手関節背屈運動の最大筋収縮時までの速さ

(4) 肘関節角度における筋電位の検討

肘関節角度における筋電位の計測は、5つの電極すべての総電位の平均とした。手関節掌屈運動(尺側手根屈筋)では、0度は19.1mv、30度は1.76mv、60度は1.66mv、90度は16.1mv、120度は1.45mvであった。(表1)

手関節背屈運動(橈側手根伸筋)は、0度は1.60mv、30度は1.66mv、60度は1.71mv、90度は1.82mv、120度は1.84mvであった。(表2)

肘角度毎の全ての電極における筋電位値は、屈曲角度が増加するにつれ、減少傾向を示した(表4)。

表1 肘関節角度と筋電位 (手関節掌屈運動)

	0°	30°	60°	90°	120°
全電極の平均	1.91	1.76	1.66	1.61	1.45
標準偏差	0.64	0.65	0.68	0.71	0.67

表2 肘関節角度と筋電位 (手関節背屈運動)

	0°	30°	60°	90°	120°
全電極の平均	1.6	1.66	1.71	1.82	1.84
標準偏差	0.76	0.69	0.67	0.71	0.7

(5) 成果のまとめ

筋電電動ハンドを制御するための前腕部の橈側手根伸筋および尺側手根屈筋の電極位置の検証について、尺側手根屈筋上では電極1であり、前腕部最大周径部より電極1つ分近位(27mm)に位置した。橈骨手根伸筋上

では電極4であり、前腕部最大周径部より電極2つ分遠位(54mm)に位置した。これは解剖学的な筋の表層面積や筋繊維の太さと適合する。また前腕切断者への応用として考えた場合では、前腕短断端以外ではソケット作成上での電極位置としても大きな問題とはならない位置であると考えられ実用的な筋電極の位置であることが推測できる。

手指のフォームの違いによる筋電位量の差は、手関節掌屈運動と手関節背屈運動においても異なり、意識の有無による筋電位量の差についてもその違いがあることが確認できた。また、意識ありの状態における最大筋収縮時までの速さについては、手指運動を伴う手関節運動が効果的であると考えられる。

肘関節屈曲角度の筋電位差については、屈曲角度が増加するにつれ、筋電位量が減少する傾向を確認することができた。

(6) 成果の国内における位置づけ

上肢切断者が日常生活や社会生活を営む中で義手は有効な手段の一つである。筋電電動義手は、その義手の種類であり使用する義手の選択肢の1つである。近年、我が国においても筋電電動義手を使用したり使用を希望する対象者は増加している。また、労働災害などにおける給付制度においても片側切断者に対する給付が認められるようになりつつある。しかし、筋電電動義手を使用するための評価手法や訓練方法は十分に検討されず、また確立されていない。今回の結果は、筋電義手を有効的に使用するための評価や訓練の基礎的な情報として有効であると考えられる。

(7) 今後の課題と展望

この研究は、装着前訓練における電極位置の検討や筋電位制御訓練時の指標を検討する

ことを目的に行っているため、今後は対象者を義手使用者に拡大して断端部での検証等を行うことが課題と考える。そして、上肢切断者が義手を使用するための訓練カリキュラムなどの確立に向けて更なる研究が必要である。

#### 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)

[学会発表] (計1件)

大庭潤平, 中川昭夫, 古川 宏, 東 克也,  
松本拓磨, 梶谷 勇, 大西謙吾  
柴田八衣子, 溝部二十四, 陳 隆明、筋電電動義手における電極位置と手指・手関節運動が及ぼす影響、日本義肢装具学会、2012年11月10日～2012

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大庭 潤平 (Oba Junpei)

神戸学院大学・

総合リハビリテーション学部・講師

研究者番号：10406259