

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：34509

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870961

研究課題名(和文)切断端部の筋電信号特性と運動・生理学的分析による筋電義手操作基準に関する研究

研究課題名(英文) Study on the myoelectric hand control training myoelectric of kinematics and physiology and myoelectric signal characteristics on the stump

研究代表者

大庭 潤平 (oba, jumpei)

神戸学院大学・総合リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：10406259

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、筋電電動義手使用者の断端部の筋電電極位置決定と筋電義手操作訓練方法の基準化を行うことであった。方法は、健常者および切断者を対象に二次元表面筋電図計にて電極位置や出力方法を検討すること、また筋電義手操作訓練指標の課題(運動課題・作業課題・バーチャル課題)の有効性を検討することであった。その結果、有効な筋電極の位置と筋電出力方法が明らかとなった。また筋電義手操作法としては、作業課題が優位に筋電義手の制御・操作能力の向上が確認でき、作業活動を用いたトレーニング方法が有効であることが示唆された。

今後は、対象者と訓練課題の拡大を図り、臨床応用につなげていきたい。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is the myoelectric hand control training myoelectric of kinematics and physiology and myoelectric signal characteristics on the stump. Method can consider the electrode position and the output method in healthy subjects and in subjects with amputees two-dimensional surface EMG, also of myoelectric hand control training indicators challenge of (motor task and activity task and virtual task) it was to examine the effectiveness. Result is the position and EMG output method of effective muscle electrode was revealed. In addition, as the myoelectric hand procedures, work issues can be confirmed superiority to improve the control and operation capacity of myoelectric hand, training method using the work activities it is effective has been suggested. In the future, we aim to expand the training issues and subjects, we want to lead to clinical applications.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：筋電義手 上肢切断

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。

日本における筋電電動義手(以下、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。それを受けて平成20年度からは、労災保険における義肢等補装具支給制度において「筋電電動義手の研究用支給」が開始されるなど筋電義手が注目されつつあり、筋電義手使用者も増加傾向となっている。また、先天性上肢欠損児に対する筋電義手も関連学会のみならずテレビや雑誌などのメディアを通じて社会的話題として取り上げられることが多くなっている。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。昨年、ドイツにおいては、これまでの異なった高機能な義手が開発・販売された。

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。その理由は、筋電義手使用者である上肢切断者の断端部の筋は、損傷程度、位置、走行などがそれぞれ異なることや受傷時の手術方法が様々なために、適切な筋電信号採取の位置の判断が困難な現状があり、筋電信号採取位置を決定する医師や作業療法士等はその手法に苦慮することも多く、経験的な判断や触診

に委ねることも多い。また、感覚フィードバックのない筋電義手の操作時における目と手の協調性や動作特性などの訓練的要素の研究は、行われていないのが現状である。つまり、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および健常者の断端部の筋電信号採取部位決定方法と運動・生理学的分析(実験)と筋電義手操作訓練方法の基準化(実験)の基礎的データの収集と分析を行うことである。断端部の筋は、損傷程度、走行、手術方法が異なるため、適切な筋電信号採取の位置判断が適切に行われていない現状がある。本研究は、最適な筋電信号採取部位の決定を迅速かつ容易に行うことができる基礎データとなる。これにより筋電信号採取部位の誤診防止と訓練方法基準化の確立および上肢切断者への身体的かつ精神的負担の軽減に繋がることが期待できる。

3. 研究の方法

(1) 対象

実験 運動生理学的基礎研究

健常者 52 名(男性 25 名, 女性 27 名)とした。平均年齢は 21 ± 1.0 歳で、すべて利き手側とした。平均前腕長 23.5 ± 1.7 cm, 平均前腕部最大周径 22.8 ± 1.9 cm であった。

実験 筋電義手操作に関する研究

健常者 30 名(男性 15 名, 女性 15 名)とした。平均年齢は 20.6 ± 0.7 歳で、すべて利き手側とした。平均前腕長 23.9 ± 1.4 cm, 平均前腕部最大周径 24.1 ± 2.2 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

実験 運動生理学的基礎研究

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、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) 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。

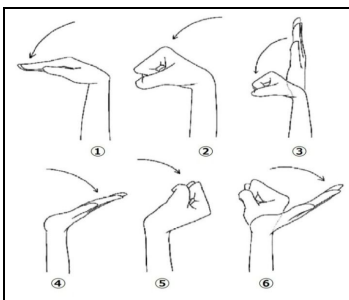


図 1 : 手関節の運動 (6 パターン)

実験 筋電義手操作に関する研究

実験の結果を基に筋電義手操作課題を 3 課題設定し、3 群に分け実施した。課題は臨床で行われる模擬義手課題・作業課題 (マクラメ作業)、モニター課題とした。それぞれの指定された課題を、1 週間のうち 5 回実施してもらった。評価指標として

Southampton Hand Assessment Procedure (以下, SHAP) と, Box and Block test (以下, BBT) を用いた。



図 2 課題 課題 課題

(3) データ処理

実験 運動生理学的基礎研究

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。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、得られたデータ統計処理した。これらの有意水準は 0.05% 未満とした。

実験 筋電義手操作に関する研究

介入前後の各課題の SHAP の合計点数, SHAP のそれぞれの下位項目の点数及び BBT は、対応ある t 検定を行い分析した。

また、介入後の SHAP の合計点数, SHAP の下位項目の点数, BBT の結果に対して各課題間の差について分散分析を行い、主効果が有意であったものにホソエロニの多重比較を行い分析した。これらの有意水準は 0.05% 未満とした。

4. 研究成果

実験 運動生理学的基礎研究 :

(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 3)。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 4) 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。

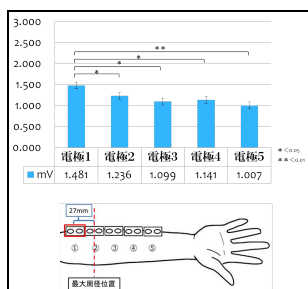


図 3：尺側手根屈筋の筋電位の最大値

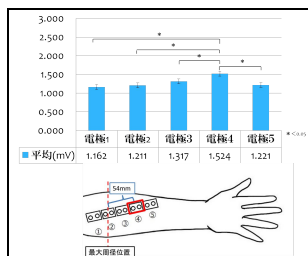


図 4：橈側手根伸筋の筋電位の最大値

(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 5)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。識なしの場合、フォーム ① とフォーム ②、フォーム ① 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。

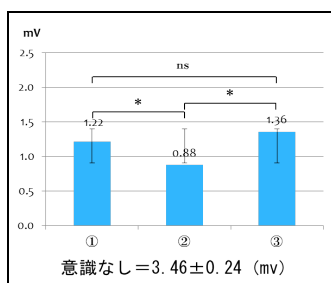


図 5：手のフォーム別筋電位(掌屈・意識なし)

なし)

手関節背屈運動(橈側手根伸筋)は、意識なしでは、手指伸展 $1.29 \pm 0.48\text{mV}$ 、手指屈曲 $1.36 \pm 0.5\text{mV}$ 、手指運動 $1.46 \pm 0.68\text{mV}$ であった。意識ありでは、手指伸展 $1.80 \pm 0.66\text{mV}$ 、手指屈曲 $1.99 \pm 0.62\text{mV}$ 、手指運動 $1.93 \pm 0.63\text{mV}$ 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。

(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 ① 1.72mV 、フォーム ② 1.36mV 、フォーム ③ 1.30mV であった。これを加算平均したグラフを示す(図 6)フォーム ① 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。

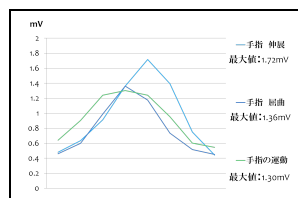


図 6：手関節掌屈運動の最大筋収縮時までの速さ

手関節背屈運動(橈側手根伸筋)は、フォーム ① 1.40mV 、フォーム ② 1.71mV 、フォーム ③ 1.42mV であった。これを加算平均したグラフを示す(図 7)フォーム ② 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。

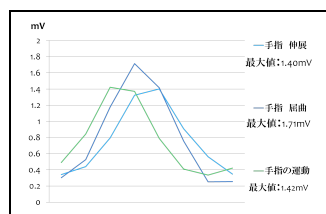


図 7：手関節背屈運動の最大筋収縮時までの速さ

(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 |

実験 筋電義手操作に関する研究:

(1) 模擬義手課題

SHAPの合計点数の介入前は29.9点で、介入後は51.4点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差が認められた(図8)。

($t(9)=-11.538, p<0.01$)

SHAPの下位項目については、全ての項目において $p<0.01$ または $p<0.05$ の統計的に有意な差が認められた。BBTの点数の介入前は11.1点で、介入後は13.6点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差が認められた(図9)。($t(9)=-2.256, p<0.05$)

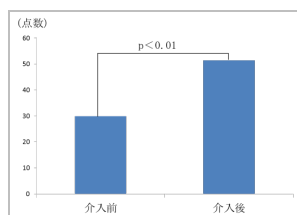


図8: 模擬義手課題介入による SHAP の変化

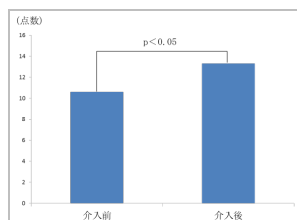


図9: 模擬義手課題介入による BBT の変化

(2) マラメ課題

SHAPの合計点数の介入前は28.9点で、介入後は53.7点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差が認められた(図10)。

($t(9)=-8.394, p<0.01$)

SHAPの下位項目については、全ての項目において $p<0.01$ の統計的に有意な差が認められた。BBTの点数の介入前は10.6点で、介入後は13.3点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差が認められた(図11)。($t(9)=-3.104, p<0.01$)

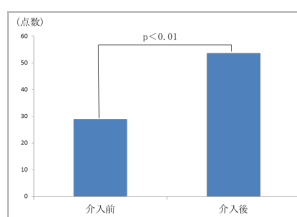


図10: マラメ課題介入による SHAP の変化

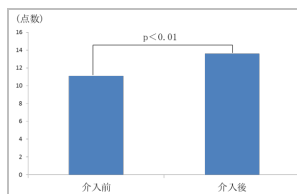


図11: マラメ課題による BBT の変化

(3) コンピュータ・スクリーン課題

SHAPの合計点数の介入前は30.5点で、介入後は48.4点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差が認められた(図12)。($t(9)=-6.451, p<0.01$)

SHAPの下位項目については、全ての項目において $p<0.01$ または $p<0.05$ の統計的に有意な差が認められた。

BBTの点数の介入前は11.7点で、介入後は13.4点であり、その結果平均値間に統計的に有意な差は認められなかった(図13)。

($t(9)=-1.849, p=0.098$)

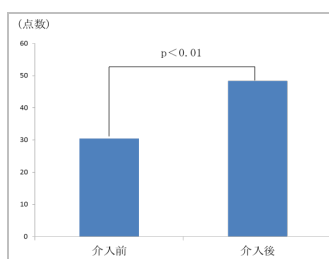


図12: コンピュータ・スクリーン課題による SHAP の変化

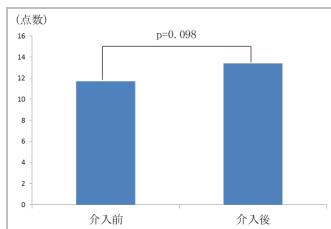


図 13:コンピュータ・スクリーン課題による BBT の変化

(5) まとめ

筋電義手の制御のための運動生理学的実験およびトレーニング方法の基準に関する実験を行った。その結果は切断端における電極の位置の検討、運動方法について一定の方法が提言し、また筋電義手を装着しての制御方法について作業活動が有用なことがわかった。

(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筋電義手は有効な手段の一つである。その評価及び操作方法の一助となる結果を確認することができた。

7) 今後の課題と展望

現在切断者を対象に広げ実験を開始しているが、今後はさらに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)

[雑誌論文] (計 1 件)

大庭潤平, 柴田八衣子, 溝部二十四, 増田章人, 浜本雄次, 中川昭夫, 古川宏, 陳 隆明, 動画で学ぶ義足・義手・「筋電義手」, 日本義肢装具学会誌. Vol3-No4 : p205-208

[学会発表] (計 2 件)

Jumpei Oba, Yaeko Shibata, Futoshi Mizobe, Haruki Nakamura, Hiroshi, Reprt of survey on the use of unilateral TR myoelectric hand in Japan: Comparison Between continuous user and suspended to use groups,

Furukawa, 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists in Collaboration with the 48th Japanese Occupational Therapy Congress and Expo

Yaeko Shibata, Futoshi Mizobe, Oba Jumpei, Haruki Nakamura, Upper Limb Amputees Special Interest Group of Japan: Introduction of an occupational therapist group, 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists in Collaboration with the 48th Japanese Occupational Therapy Congress and Expo

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 件)

特になし

取得状況 (計 件)

特になし

[その他]

特になし

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

研究者番号 : 10406259