

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：34509

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01489

研究課題名(和文) 前腕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) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、筋電義手操作訓練方法の基準化を行うことであった。健常人を対象に模擬筋電義手を用いて筋電義手訓練で用いられる片手操作課題と両手操作課題が義手操作能力に及ぼす影響について検証した。対象は、健常人20名とした。片手操作課題群と両手操作課題群に分け5日間の課題を実施した。片手操作課題はブロック・木円盤の移動、両手操作課題はマクラメを実施した。評価は、Box and Block TestとThe Southampton Hand Assessment Procedureを用いた。その結果、物品操作能力については両手操作課題が片手操作課題と比較して向上することが明らかになった。

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. In this study, we examined the effect of one hand task and both hands task on the manipulability of the myoelectric hand prosthesis using the simulated myoelectric prosthesis for the myoelectric hand prosthesis training. The subject was 20 healthy people. We divided tasks into one hand task group and both hands task group and carried out tasks of five days. One hand task was block / wood disk movement, and both hands task executed activities of Macramé. It was examined with the Box and Block Test and The Southampton Hand Assessment Procedure for myoelectric hand ability assessment. As a result, the both hand task improves the object operation more than the one hand task.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：筋電義手 義手操作能力

1. 研究開始当初の背景

筋電義手の有用性について Hermansson らは、筋電義手使用者 75 人を対象に筋電義手使用状況調査を行った結果、筋電義手は実用的かつ有効的に使用可能な義手であると報告した。実生活における筋電義手の使用について Carey らは、筋電義手使用者 11 人の聞き取り調査から筋電義手は切断者の生活で効果的に使用されていると報告した。上肢切断者が筋電義手の使用を希望する場合、作業療法士らによる筋電義手訓練を実施する。しかし、Resnik らは、筋電義手訓練の効果に関する報告は未だ充分でないと報告しており、また、筆者らが調べたところ筋電義手訓練が義手操作能力にどのような影響を及ぼすかを客観的に検証した報告は見当たらなかった。

筋電義手訓練とは、筋電義手のオリエンテーションから始まり、筋電義手装着前訓練、筋電ハンド開閉訓練、基本操作訓練、応用操作訓練、ADL・IADL 訓練、フォローアップとされている⁷⁾。柴田ら⁸⁾は基本操作訓練と応用操作訓練が、筋電義手を日常生活で使用するための重要な訓練であると報告している。しかし、片手操作課題を行う基本操作訓練や両手操作課題を行う応用操作訓練が、義手操作にどのような影響を及ぼしているかは明らかにされていない。そこで本研究では、健常人を対象に模擬筋電義手を用いて片手操作課題と両手操作課題が筋電義手操作能力に及ぼす影響について検証した。健常人における筋電ハンドの制御については、筋電義手使用者と変わらないことが Hanneke らにより報告されており、現在までに筋電義手制御のための筋電制御に関する研究や模擬筋電義手を装着した健常人を対象とした研究がなされている。仮説としては、片手操作課題、両手操作課題ともに筋電義手操作能力の向上に影響を及ぼすが、筋電ハンドの開閉制御能力は片手操作課題が、日常生活活動に関する筋電義手操作能力は両手操作課題がより

影響を及ぼすのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、健常人を対象に模擬筋電義手を用いて片手操作課題と両手操作課題が筋電義手操作能力に及ぼす影響について検証した。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

対象は、健常人 20 名 (男性 10 名、女性 10 名)とした。対象者の年齢は、 20.9 ± 0.5 歳、身長は、 166.0 ± 7.7 cm、体重は、 58.8 ± 9.6 kg、前腕長は、 23.7 ± 1.1 cmであった。前腕最大周径は、 24.0 ± 2.1 cmであった。利き手は、右利き 15 名、左利き 5 名であった。対象を選出するにあたっての除外基準として、上肢の関節疾患および筋疾患や手術歴のある者、また過去に模擬筋電義手の操作経験がある者、研究協力に同意の得られない者は除外した。対象者は、片手操作課題群と両手操作課題群の 2 群に無作為に割り付けた。両群の性別と利き手の比率は Fisher の正確確率検定、年齢は Mann-Whitney の U 検定、身長、体重、前腕長、最大前腕周径は、Student の *t* 検定を用いて有意差が認められないことを確認した ($p > 0.05$)。

実験手順は、はじめに対象者の利き手の前腕部の長橈側手根伸筋と尺側手根屈筋に電極を貼付し、手関節の背屈運動および掌屈運動で筋電位出力の確認を行い、OttoBock 社製の筋電位制御装置 Myoboy (Myo software.PAULA.1.2)を用いて電極位置を決定した。その後、装着前訓練として 1 日 20 分間を 3 日間実施し、筋電ハンドの開閉のための筋電位制御が可能であることを確認し、片

手操作課題群と両手操作課題群に割り付けた。両群は、与えられた課題を1日20分間で5日間実施した。また課題の前後に筋電義手操作能力検査を実施した(図1)。今回、利き手側に模擬筋電義手を装着した理由は、全対象者が同条件で模擬筋電義手を操作することと、両手操作課題において利き手を多用することなく、主に模擬筋電義手を操作するためである。

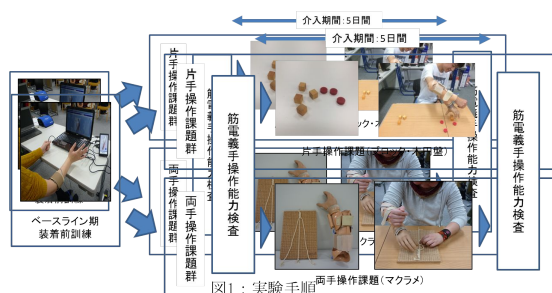


図1: 実験手順

使用した筋電義手は、先行研究の Hannekeらと Farrellらが製作した模擬義手を参考に健常腕に装着できるように熱硬化性樹脂で前腕部開口ソケットを製作し、ベルクロベルトで固定した。模擬義手を装着した時の筋電ハンドの位置は、肘関節 90 度、前腕中間位の時に手掌側に位置するように設計した。製作および装着した前腕用模擬筋電義手を図2に示す。使用した筋電ハンドは、Ottobock 社製 Myobock(hand: 8E38 = 6 DMC プラス 71/4, 電極: 13E200, バッテリー: 757B20) を使用した。



図2: 前腕用模擬筋電義手

操作課題は、片手操作課題は、座位にて机上にあるブロック(1辺3cm)と円盤(直径3cm)を把持し移動させ放出する課題を1回20分間とし、5日間実施した。1回における課題

は、対象者のペースに合わせてブロック等の移動を50回実施するように指示した。また、非装着手の補助はしないように指示した。基本操作訓練における把持対象物の把持と移動は、ブロックや円盤を用いることが最も基本的な課題であり、またその対象物を水平に移動させることが最初の段階として重要な課題となるため基本操作課題としてブロック等の移動を行うこととした。両手操作課題は、座位にてマクラメを用いて両手操作課題を1回20分間とし、5日間実施した。マクラメは、机上で平結びを20回実施することとした。平結びを20回に設定した理由は、基本操作課題における筋電ハンドの開閉回数と同じ筋電ハンドの開閉回数とするためである。平結びは、芯糸と2本の編糸を用いて、芯糸を中心軸として2本の編糸を交差させて結ぶマクラメで最も基本的な編み方である。1つの平結びを作るためには、およそ2回の筋電ハンドの開閉を必要とし、平結びを2回行うと1度結び目を強く縛る必要がある。また、模擬義手の装着していない他方の手によるマクラメ作業の補助は、通常の健常両手操作と同様に行うように指示した。マクラメは、作業療法の訓練種目として用いられる手工芸である。紐を結んで作品を作っていくクラフト全般であり、工程が簡単かつ明確ででき映えがよい。材料である紐の素材や色が多彩であり適用できる対象者やその病期が幅広く、作品はプレスレットやストラップに利用できる。また、筋電義手の応用操作訓練の両手操作課題としても多く用いられている。

検査方法は、本研究では、Hillらの報告を参考に、筋電ハンドの開閉制御の能力を測る指標として Box and Block Test(以下 BBT)、日常生活活動における筋電ハンドの開閉制御の能力と物品操作能力を測る指標として The Southampton Hand Assessment Procedure(以下, SHAP)を用いて効果判定を行った。統計処理は、片手操作課題群と両手操作課

題群で BBT および SHAP の実施前後の比較を Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて分析を行った。また、BBT および SHAP ごとに片手操作課題群と両手操作課題群の 2 群間の実施前後の差の平均を Mann-Whitney の U 検定を用いて分析を行った。統計学的有意水準は、それぞれの実施前後の比較を 5%、差の比較については 2.5%とした。

本研究は、神戸学院大学ヒトを対象とする研究・教育上の調査・計測審査を受け神戸学院大学倫理審査委員会の承認を得て行われた (HEB101207 - 4)。また、本研究の施行にあたり、すべての対象者に本研究の内容と施行法を説明し、書面にて同意を得た上で実施した。

4. 研究成果

Box and Block Test の前後比較と群間比較

片手操作課題群と両手操作課題群の BBT 実施前後の結果を図 4 に示す。グラフ縦軸は、移動したブロックの数 (個) を示し、横軸は片手操作課題または両手操作課題の実施前と実施後を示す。片手操作課題群の対象者は、実施前 11.7 ± 2.3 個で実施後 13.4 ± 2.3 個で、有意な差は認められなかった ($p=0.109$)。両手操作課題群の対象者は、実施前 10.6 ± 2.8 個で実施後 13.3 ± 2.5 個で、有意な差が認められた ($p=0.024$)。

次に片手操作課題群と両手操作課題群の BBT の実施前後の差の 2 群間の比較の結果を図 5 に示す。グラフ縦軸は、BBT 実施前後の移動したブロック数 (個) の差を示し、横軸は片手操作課題群と両手操作課題群を示す。片手操作課題群の対象者は 1.7 ± 2.9 個の差で、両手操作課題群の対象者は 2.7 ± 2.8 個の差で、有意な差は認められなかった ($p=0.436$)。

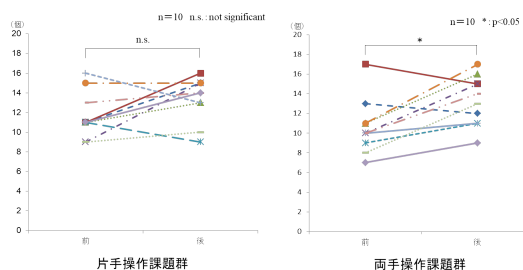


図4: BBTの前後比較の結果

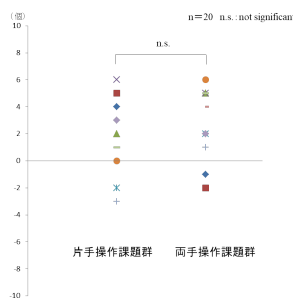


図5: 片手操作課題群と両手操作課題群のBBTの変化

The Southampton Hand Assessment Procedure の前後比較と群間比較

片手操作課題群と両手操作課題群の SHAP の実施前後の結果を図 6 に示す。グラフ縦軸は、SHAP スコア (点) を示し、横軸は片手操作課題または両手操作課題の実施前と実施後を示す。片手操作課題群の対象者は、実施前 30.5 ± 7.6 点で実施後 48.4 ± 7.2 点で、有意な差が認められた ($p=0.005$)。両手操作課題群の対象者は、実施前 28.9 ± 2.7 点で実施後 55.9 ± 5.7 点で、有意な差が認められた ($p=0.005$)。

次に片手操作課題群と両手操作課題群の SHAP の実施前後の差の 2 群間の比較の結果を図 7 に示す。グラフ縦軸は、SHAP スコア (点) の差を示し、横軸は片手操作課題群と両手操作課題群を示す。片手操作課題群の対象者は 17.9 ± 8.8 点の差で、両手操作課題群の対象者は 27.0 ± 7.3 点の差で有意な差が認められ、両手操作課題群で SHAP の得点の変化が大きかった ($p=0.011$)。

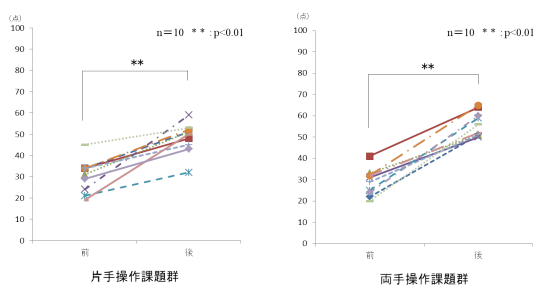


図6：SHAPの前後比較の結果

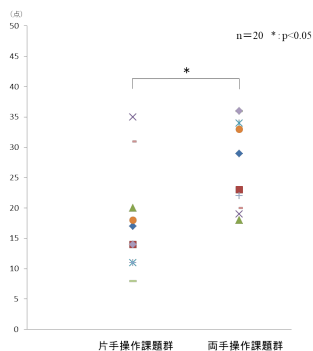


図7：片手操作課題群と両手操作課題群のSHAPの変化

考察は、片手操作課題群では、ブロックの平均移動個数は増加したが有意な差は認められなかった。その理由は、BBTは無造作に重ねられた状態の複数のブロックを把持するため筋電ハンドの位置をブロックに対して把持しやすい位置にアプローチしなければならない。しかし、片手操作課題は机上に間隔がある状態で並べられたブロックを把持する課題であり筋電ハンドと対象物の位置を考慮しながら対象物を把持する経験が少なかったことが考えられる。一方、両手操作課題群では、ブロックの移動個数が増加し課題実施前後で有意な差が認められた。その理由は、マクラメは作業中の紐の位置が様々であり、筋電ハンドと紐の位置関係を適合させながら作業を行わなければならない。そのため無造作に重ねられたブロックを把持する際と同様に、筋電ハンドと対象物の位置を適合させる動作を繰り返し行ったことがBBTの向上に影響を及ぼしたと考えられる。

SHAPの目的は、筋電義手における日常生活活動の物品操作などの両手操作能力を調べることである^{15,16)}。両手操作課題の結果が片手操作課題と比較して向上したことは、

SHAPの検査項目の中に両手課題が含まれている点から言えば当然のことである。しかし、マクラメで筋電義手における日常生活活動の物品操作に効果があったことは、手工芸を訓練手段として用いる作業療法において、その効果を確認できたと考える。また、片手操作課題においてもSHAPの点数が向上したことは、主な目的に筋電ハンドの開閉がある片手操作課題であっても日常生活活動の物品操作に影響を及ぼしたと考えられる。課題実施前後の差を両群で比較したところ、片手操作課題群と比較して両手操作課題群で有意に差が大きかった。マクラメは、筋電義手のハンド開閉制御のみでなく、非切断手との協調した運動が必要であり、また両手操作時にマクラメの紐を把持する力を調整したり、ハンドが紐に向かう方向を調整することが筋電義手操作能力の向上に繋がった要因として考えられる。

結論は、本研究では、健常人を対象に模擬義手を用いて筋電義手訓練プログラムにおける片手操作課題と両手操作課題を実施して、それぞれの課題が義手操作能力にどのような影響を及ぼすのかを検証した。その結果、日常生活における物品操作能力については両手操作課題が片手操作課題と比較して向上することが明らかとなった。

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, 梶谷勇, 大西謙吾, 柴田八衣子, 溝部二十四, 増田章人, 山本澄子, 片手操作課題と両手操作課題が筋電義手操作能力に及ぼす影響～模擬筋電義手による検証～, 日本義肢装具学会, 2019.1 掲載予定, 査読有
- [学会発表](計1件)
大庭潤平, 梶谷勇, フィッツの法則に基づく電動義手評価の検討, 第33回日本義肢装具学会, 201710.8-9, 東京,
- [図書](計1件)
大庭潤平, 西村誠次, 柴田八衣子, 義肢装具と作業療法 - 評価から実践まで, 医歯薬出版株式会社, 2017
- [産業財産権]

出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大庭 潤平 (Jumpei Oba)
神戸学院大学
研究者番号：10406259

(2) 研究分担者

梶谷 勇 (Isamu Kajitani)
産業技術総合研究所
研究者番号：00356768

(3) 連携研究者

大西 謙吾 (Kengo Onishi)
東京電機大学
研究者番号：70336254