

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：34509

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12156

研究課題名(和文)片側前腕切断者の断端部筋電信号特性と筋電義手操作能力に関する研究

研究課題名(英文) Ability of unilateral transradial amputees to operate myoelectric hand and prosthesis myoelectric potential signal

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・教授

研究者番号：10406259

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、筋電義手の片手操作練習と両手操作練習が義手操作に及ぼす影響を検証し、さらに健常手との比較から筋電義手操作練習の課題を検討した。対象は、片側前腕切断者12名と健常者12名とした。研究デザインは、クロスオーバー試験法を用いて片手操作練習と両手操作練習を2週間実施した。その結果、筋電ハンド開閉能力は片手操作練習と両手操作練習に差がなく、物品操作能力のうち、特に筋電ハンドの先端で把持対象物を的確に操作する動作では両手操作練習が片手操作練習よりも効果があることが示唆された。筋電義手操作能力は、両手操作練習と代償運動の指導を重点的に行うことで義手操作能力を効率的に習得できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、片側前腕切断者と先天性上肢欠損児(前腕部)と健常人を対象に実験を行い、筋電ハンド制御時の断端部筋電信号および認知機能の特性と筋電義手操作能力に関する基礎的データの集積を行った。これにより筋電義手操作能力の評価と訓練方法の基準が明確となり、上肢切断者および先天性上肢欠損児の身体的かつ精神的負担の軽減に繋がり、リハビリテーション実施期間の短縮が期待できる。また、この研究は、頸髄損傷者や脳血管障害者の運動・感覚フィードバックに応用することで、効果的な運動学習などのリハビリテーション方法として発展させることができる。

研究成果の概要(英文)：The influences of single- and dual-hand myoelectric hand operation training on the ability to use a prosthetic hand were investigated. In addition, problems with myoelectric hand prosthesis training were investigated by comparison with activities of daily living using healthy hands. The subjects were 12 unilateral transradial amputees and 12 healthy individuals. The influence on prosthetic hand operation was investigated in the myoelectric hand prosthesis users using a crossover study design whereby single- and dual-hand operation training was performed for 2 weeks, respectively. It was suggested that the effect on the ability to open and close the myoelectric hand prosthesis did not differ between single- and dual-hand operation training. It was suggested that the ability to operate a myoelectric hand prosthesis can be efficiently acquired by excluding single-hand operation training and focusing on dual-hand operation training and compensatory movement.

研究分野：リハビリテーション科学, 福祉工学

キーワード：筋電義手 操作能力評価

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

筋電義手の有用性について Lindner ら<sup>1)</sup>は、筋電義手はリハビリテーションの目標を達成するために重要な役割を果たすと報告している。しかし、筋電義手操作練習の効果や操作能力などの定量的データは極めて乏しく、検査や計測などの数値を根拠に基づいた有用性を示したものとは言い難い。また、筋電義手の操作練習の効果は科学的根拠に基づいて確立されていない。

1) Lindner HY, Eklöf A, Hermansson LM. Test-retest reliability and rater agreements of Assessment of Capacity for Myoelectric Control version 2.0. Journal of Rehabilitation Research and Development. 2014; 51(4):635-644

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、筋電義手操作練習における片手操作練習と両手操作練習の効果と両練習効果の違いを明らかにすること、また筋電義手操作練習の課題について明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

対象は、片側前腕切断者 12 名 (男性 8 名, 女性 4 名) と健常者 12 名 (男性 7 名, 女性 5 名) とした。研究 1 として、片側前腕切断者を対象にクロスオーバー比較試験法を用いて、片手操作練習実施後に両手操作練習を行う片手 両手群と両手操作練習実施後に片手操作練習を行う両手 練習群の 2 群に分け 2 週間の練習を実施した (表 1)。それぞれの練習後に筋電義手操作能力検査として、筋電ハンドの開閉制御能力評価のために Box and Block Test (以下 BBT), 日常生活動作における物品操作時の把握・保持・放出などの義手操作能力評価のために Assessment of Capacity for Myoelectric Control (以下 APMC), 筋電義手操作における物品把握能力と日常生活動作能力の評価のために The Southampton Hand Assessment Procedure (以下 SHAP) を実施した。研究 2 として、筋電義手と健常手の物品操作能力や日常生活動作能力について、SHAP の日常生活動作課題 14 項目を用いて比較検討を行った。統計処理としては、研究 1 は片側前腕切断者の 2 群間の練習実施前後の差について、Mann-Whitney の U 検定と効果量を用いて、それぞれの検査で練習効果の違いがあるかどうか、また効果の大きさを示す効果量  $r$  を求めた。研究 2 は筋電義手と健常手の日常生活動作課題の等分散性について F 検定を行い、両群の課題遂行時間について正規性を確認した後、Welch の  $t$  検定を用いて分析を行った。なお統計学的有意水準は 5% とした。

倫理上の配慮は、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 (承認番号: HEB17-06) と兵庫県立総合リハビリテーションセンター中央病院倫理審査委員会の承認 (承認番号: 1311) を受けた。

表1 片手 - 両手群と両手 - 片手群

	片手 - 両手群 n=6	両手 - 片手群 n=6	p値
性別[男/女]	3/3	5/1	n.s
年齢[年齢]	43.8±12.8	42.0±16.1	n.s
身長[cm]	161.0±7.3	164.5±6.9	n.s
体重[kg]	56.2±6.6	61.7±6.7	n.s
切断側[右/左]	5/1	4/2	n.s
前腕長[cm]	17.3±5.2	19.0±6.5	n.s
断端率[%]	66.3±17.5	66.3±21.8	n.s
最大前腕周径[cm]	22.8±1.9	22.8±3.4	n.s
切断歴[月]	112.0±250.8	140.2±236.3	n.s
切断原因[後天性/先天性]*	5/1	4/2	n.s
能動義手使用歴[月]	4.0±2.6	4.0±5.2	n.s

n.s.: not significant

\*後天性: 生後は正常な身体でその後に事故等で前腕部を切断した状態。 先天性: 出生時に前腕部が欠損している状態

#### 4. 研究成果

結果は、研究1では、すべてにおいて練習前と比較して両練習後の得点は増加し、持ち越し効果と時期効果はすべて認められなかった。そして、BBTは片手操作練習と両手操作練習に練習効果の差は認められなかった。(表2.3)ACMCは片手操作練習と両手操作練習に練習効果の差が認められ、両手操作練習の得点の変化が大きかった( $p=0.015, r=0.59$ ) (表4.5)。SHAPは片手操作練習と両手操作練習に練習効果の差が認められ、両手操作練習の得点の変化が大きかった( $p=0.004, r=0.20$ ) (表6.7)。SHAP下位項目は、3点つまみ( $p<0.001, r=0.26$ )、指尖つまみ( $p<0.001, r=0.12$ )、コインつまみ( $p=0.012, r=0.74$ )、ボタンはずし( $p=0.01, r=0.19$ )、カードめくり( $p=0.003, r=0.60$ )、鍵まわし( $p=0.002, r=0.28$ )、ジッパー開閉( $p=0.004, r=0.74$ )で両手操作練習の練習効果の差が認められ、両手操作練習の課題遂行時間の変化が大きかった。研究2では、コインつまみ( $p=0.005$ )、ボタンはずし( $p=0.033$ )、カードめくり( $p<0.001$ )、鍵回し( $p<0.001$ )、ジッパーの開閉( $p<0.001$ )、ねじ回し( $p=0.003$ )、ハンドル回し( $p<0.001$ )において筋電義手が健常手と比較して分散が大きいことが認められた(表8)。また筋電義手群と健常手群の課題遂行時間の平均値の比較は、全ての項目において有意な差を認め、健常手群が筋電義手群よりも課題遂行時間が短かった( $p<0.001$ )。

表2 BBTの練習効果

	練習効果	p値	効果量(r)
片手操作練習	-0.8(-1.0 - 0.3)	0.156	0.56
両手操作練習	-2.8(-3.0 - -1.8)		

(個), 中央値 (四分位範囲)

表3 BBTの片手操作練習前後と両手操作練習前後の比較

	前	後	p値	効果量(r)
片手操作練習	7(6-8)	10(8-11)	0.002	0.86
両手操作練習	7(5-10)	9(9-11)	0.007	0.77

(個), 中央値 (四分位範囲)

表4 ACMCの練習効果

	練習効果	p値	効果量(r)
片手操作練習	6.7(5.8-8.5)	0.015	0.59
両手操作練習	17.0(11.7-21.1)		

(点), 中央値 (四分位範囲)

表5 ACMCの片手操作練習前後と両手操作練習前後の比較

	前	後	<i>p</i> 値	効果量( <i>r</i> )
片手操作練習	22(19-23)	41(39-42)	0.001	0.91
両手操作練習	21(21-22)	47(41-48)	0.001	0.98

(点), 中央値 (四分位範囲)

表6 SHAPの練習効果

	練習効果	<i>p</i> 値	効果量( <i>r</i> )
片手操作練習	6.7(5.8-8.5)	0.004	0.20
両手操作練習	17.0(11.7-21.1)		

(点), 中央値 (四分位範囲)

表7 SHAPの片手操作練習前後と両手操作練習前後の比較

	前	後	<i>p</i> 値	効果量( <i>r</i> )
片手操作練習	44(40-45)	47(45-48)	0.045	0.59
両手操作練習	42(38-44)	53(52-55)	0.001	0.86

(点), 中央値 (四分位範囲)

表8 筋電義手と健常手の比較結果

	筋電義手	健常手	<i>F</i> 検定 ( <i>p</i> 値)	Welchの <i>t</i> 検定 ( <i>p</i> 値)
コインつまみ	30.2±9.2	4.6±0.6	0.005 **	0.001 ***
ボタンはずし	21.5±6.7	8.6±1.5	0.033 *	0.001 ***
粘土をナイフで切る	24.1±3.1	7.4±2.1	0.162	0.001 ***
カードめくり	35.0±7.5	7.3±1.9	0.001 ***	0.001 ***
瓶の蓋はずし	9.4±1.9	1.9±0.3	0.142	0.001 ***
水差し	11.5±2.4	9.1±6.6	0.222	0.001 ***
ジュースを注ぐ	13.4±1.8	10.4±2.22	0.239	0.002 **
重い物の持ち上げ	9.5±1.7	6.0±1.0	0.381	0.001 ***
軽い物の持ち上げ	7.6±1.7	6.0±0.3	0.281	0.001 ***
トレイの持ち上げ	8.4±1.4	6.6±0.7	0.283	0.001 ***
鍵まわし	10.9±4.7	1.6±0.2	0.001 ***	0.001 ***
ジッパーの開閉	18.6±5.2	3.0±0.9	0.001 ***	0.001 ***
ねじ回し	8.5±2.2	5.0±0.6	0.003 **	0.001 ***
ハンドル回し	9.5±2.4	1.4±0.2	0.001 ***	0.001 ***

(秒), 平均値±標準偏差

\**p*<.05 \*\* *p*<.01 \*\*\* *p*<.001

以下に考察を述べる.片手操作練習と両手操作練習の比較では, BBTの結果から筋電ハンドの開閉制御に関する練習効果に差がないことがわかり,片手操作練習と両手操作練習に同等の効果が期待できることが考えられる. ACMC と SHAP の結果から日常生活動作に関する

る義手操作能力として両手操作練習は筋電ハンド開閉のタイミングや開閉の繰り返しがスムーズで、物品操作の巧緻性を必要とする操作に効果があることが考えられる。これは、両手操作練習が残存手との協調した運動やそれに伴う筋電ハンドの細かな開閉を繰り返したためであり、対象物の把握力調整、保持や移動、操作など上肢運動や体幹運動などの代償運動の習得にも影響を及ぼしたと考えられる。

筋電義手と健常手で差がある動作は、手関節の掌屈背屈・撓屈尺屈と前腕回内外の運動を必要とするものであった。筋電義手では手継手やソケット形状の影響でそれらの運動が制限されており、代償運動として肩関節運動の習得が重要であると考えられる。また筋電義手の機能の改善点としては、健常者と同じ動作ができるように筋電義手操時に随意的に筋電ハンドと物品との位置関係が調整できる手関節運動機能がある手継手の開発が望まれる。

結論は、本研究では、両手操作練習でも片手操作練習と同様の筋電ハンド開閉能力の向上が確認でき、両練習に効果の差がないことが確認された。また両手操作練習は片手操作練習と比較して、日常生活の筋電ハンドの先端部で行う操作に効果があることが考えられた。そのため両手操作練習を重点的に行うことで、早期にADL動作の獲得ができる可能性が示唆された。また、筋電義手は健常手と比較して手関節や前腕回内外の代償運動の習得が重要であることが示唆された。つまり片側前腕切断は、片手操作練習と比較して両手操作練習を重点的に行い、筋電義手使用時の肩関節の代償運動の指導を受けることで筋電義手操作能力を効率的に習得できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 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	4. 巻 35 (1)
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本義肢装具学会誌	6. 最初と最後の頁 59-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大庭潤平 梶谷勇 大西謙吾	4. 巻 14 (2)
2. 論文標題 筋電義手操作訓練の片手動作課題と両手操作課題が義手操作能力に及ぼす影響 Assessment of Capacity for Myoelectric Controlの分析から	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 神戸学院総合リハビリテーション研究	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大庭潤平
2. 発表標題 作業療法士養成課程における筋電義手についての教育
3. 学会等名 全国電動義手研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晃子, 大西謙吾, 梶谷勇, 大庭潤平
2. 発表標題 個々の操作習熟度に適した筋電義手ハンド訓練のための開閉スイッチモジュール
3. 学会等名 日本機械学会, 第35回ライフサポート学会大会, 第19回日本生活支援工学学会大会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jumpei OBA, Isamu KAJITANI, Kengo Ohnishi, Sumiko YAMAMOTO.
2 . 発表標題 The Influence of Single hand task and Dual hands task on myoelectric hand prosthesis performance -Verification by simulated myoelectric hand -
3 . 学会等名 17th International Society for Prosthetics and Orthotics World Congress (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Futoshi Mizobe, Mitsunori Toda, Yaeko Shibata, Jumpei Oba, Miki Ohgushi, Takaaki Chin
2 . 発表標題 .Long Term Use of Prosthesis and Health Related Quality of Life in Individuals with Upper Limb Amputation
3 . 学会等名 17th International Society for Prosthetics and Orthotics World Congress (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jumpei Oba, Koki Asai, Isamu Kajitani, Kengo Ohnishi.
2 . 発表標題 The effect of single hand task and dual hand task on capacity for myoelectric hand performance -Verification by simulated myoelectric hand -.
3 . 学会等名 TOTA 2019 Annual Meeting and International Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究成果として、投稿中の学術論文（国際誌）1件、国際学会発表前1件、国内学会発表前2件あることを報告したい。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	梶谷 勇  (Kajitani Isamu)  (00356768)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員    (82626)	
研究分担者	大西 謙吾  (Ohnishi Kengo)  (70336254)	東京電機大学・理工学部・教授    (32657)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関