

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

片側前腕切断者における筋電義手操作能力の分析

-片手操作練習と両手操作練習の比較および健常手との比較から-

平成 30 年度

保健医療学専攻・福祉支援工学分野・福祉支援工学領域

大庭 潤平

片側前腕切断者における筋電義手操作能力の分析

-片手操作練習と両手操作練習の比較および健常手との比較から-

大庭 潤平

要旨

筋電義手操作練習が義手操作能力に及ぼす影響は十分に検証されていない。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。義手操作に及ぼす影響は、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。また、日常生活動作では健常者と比較して前腕回内外運動が必要な動作が困難であり、肩関節の代償運動が重要であることが考えられた。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。

キーワード

片側前腕切断, 筋電義手, 義手操作練習

Ability of unilateral transradial amputees to operate myoelectric hand prosthesis
-Comparisons between single- and dual-hand operation training and with healthy hand-

Jumpei OBA

Abstract

The influence of myoelectric hand prosthesis training on the ability to operate a prosthetic hand has not been fully verified. In this study, 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, whereas, It was suggested that the dual-hand operation training are more effective than the single-hand the manipulating ability of goods, especially in the operation of accurately manipulating the gripping target at the tip of the myoelectric hand. In addition, motions requiring pronation/supination movement in activities of daily living were difficult compared with those for the healthy hand, suggesting that the acquisition of compensatory movement of the shoulder joints was considered important. 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.

Key words

unilateral transradial amputees, myoelectric hand prosthesis, myoelectric hand prosthesis training

目次

第 1 章 序論.....	1
1-1. 研究の背景.....	1
1-1-1. 筋電義手とその現状.....	1
1-1-2. 筋電義手の有用性と科学的根拠の必要性.....	2
1-1-3. 筋電義手操作練習と本研究の課題について.....	3
1-2. 本研究の目的.....	5
1-3. 本研究の構成.....	5
1-4. 倫理上の配慮.....	6
第 2 章 片手操作練習と両手操作練習が筋電義手操作に及ぼす影響(研究 1).....	7
2-1. 背景と目的.....	7
2-2. 方法.....	7
2-2-1. 対象.....	7
2-2-2. 本研究で使用した筋電義手.....	10
2-2-3. 筋電義手操作練習の実施方法.....	11
2-2-4. 筋電義手操作練習.....	12
2-2-4-1. 片手操作練習.....	12
2-2-4-2. 両手操作練習.....	12
2-2-5. 本研究の筋電義手操作能力の検査について.....	14
2-2-5-1. Box and Block Test.....	15
2-2-5-2. Assessment of Capacity for Myoelectric Control.....	16
2-2-5-3. The Southampton Hand Assessment Procedure.....	16
2-2-6. 統計処理.....	18

2-3. 結果	20
2-3-1. BBT における片手操作練習と両手操作練習の比較.....	20
2-3-2. ACMC における片手操作練習と両手操作練習の比較.....	22
2-3-3. SHAP における片手操作練習と両手操作練習の比較.....	24
2-3-4. ACMC の下位項目の片手操作練習と両手操作練習の比較.....	26
2-3-5. SHAP の下位項目の片手操作練習と両手操作練習の比較.....	28
2-3-6. 結果のまとめ.....	30
2-4. 考察.....	31
2-4-1. 筋電ハンドの開閉能力の比較について～BBT の結果から～.....	31
2-4-2. 日常生活の筋電ハンド制御能力の比較について～ACMC の結果から～.....	31
2-4-3. 物品操作能力の比較について～SHAP の結果から～.....	33
2-5. 研究1の限界.....	34
2-6. 臨床への示唆.....	36
2-7. 本章の結論.....	37
第3章 筋電義手と健常手の比較からみた筋電義手の課題(研究2).....	38
3-1. 背景と目的.....	38
3-2. 方法.....	38
3-2-1. 対象.....	38
3-2-2. 筋電義手と健常手を比較する動作課題について.....	39
3-2-3. SHAP の検査項目とデータ収集について.....	40
3-2-4. 統計処理.....	40
3-3. 結果.....	41
3-4. 考察.....	44

3-4-1. 筋電義手操作練習の課題.....	44
3-4-2. 筋電義手の開発課題への示唆.....	47
3-5. 研究2の限界.....	48
3-6. 臨床への示唆.....	49
3-7. 本章の結論.....	49
第4章 総合考察と総括.....	50
4-1. 両手操作練習と代償運動の重要性.....	50
4-2. 本研究の総括.....	51
4-3. 本研究の限界と今後の課題.....	51
謝辞.....	53
文献.....	54
付録1.....	60
付録2.....	61

第1章 序論

1-1. 研究の背景

1-1-1. 筋電義手とその現状

義手とは、外傷、疾病、奇形などの原因で、全部または一部を切断、欠損した上肢の機能と形態を補うために装着する人工の手である¹⁾。義手の種類は、装飾性を重視した装飾用義手、コントロールケーブルで手先具を制御する能動義手、特定の作業を行う作業用義手、断端部の筋から筋電位を採取して手先具を制御する筋電電動義手(以下、筋電義手)に大類される^{2, 3)}。

筋電義手は、体外力源義手の1種類で、電動モーターを力源とした電動義手である⁴⁾。筋電義手の制御システムの特徴は、骨格筋の随意的筋活動によって発生する筋電位を信号源として利用している点である⁵⁾(図1-1)。

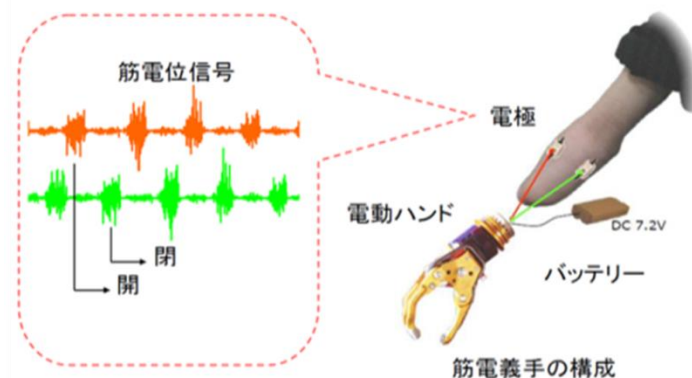


図1-1：筋電義手の筋電位制御のイメージ（文献6より引用）

わが国における上肢切断者の数は、2013年の厚生労働省統計データベースによると総数は約82,000人であり、下肢切断者の総数約60,000人に比べるとその数は約1.4倍の数である⁷⁾。これまで義手の使用種別に関する全国調査は行われていないが、川村ら⁸⁾が行った近畿地区における上肢切断者のアンケート調査では、義手使用者の義手の種類は、装飾義手80%、能動義手21%、筋電義手1%であり、装飾義手の占める割合が著しく高かった。しかし、一方で筋電義手の装着希望の有無を調べたところ、76%の義手使用者が筋電義手を使用したいと考えていることが明らかとなった⁹⁾。つまり日本において多くの上肢切断者は、外見のみを補完するので

はなく、装飾性と機能性との両方を備えた義手を望んでいることが伺える。筋電義手の普及の状況を欧米諸国と比較すると、片側前腕切断者に限れば、義手の中で筋電義手の占める割合は、アメリカで40%、ドイツで70%、イタリアで16%であり、日本と比較して筋電義手の普及率が高いことがわかる^{10,11)}。

わが国では、厚生労働省が「筋電電動義手研究用支給」の研究^{11,12)}を行い、2012年より片側上肢切断者に対する筋電義手の支給拡大の方向性が示された¹³⁾。その後、筋電義手の新規処方数は増加し、潜在ニーズの多さが注目されている。また、日本義肢装具学会や日本作業療法学会において筋電義手の報告が増加しており、筋電義手使用者の増加が予測される^{10,14)}。

1-1-2. 筋電義手の有用性と科学的根拠の必要性

筋電義手の有用性について Hermansson ら¹⁵⁾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。また、Jarl ら¹⁶⁾は、39名の筋電義手使用者に所持する義手の使用状況を調査した結果、筋電義手が他の義手に比べて多くの動作が可能になると報告した。また、他にも筋電義手が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報告がなされている¹⁷⁻²⁰⁾。しかし、これらの報告は事例研究やアンケート調査研究による後方視的調査研究である。そのため上肢切断者の筋電義手操作能力については、筋電義手の実生活での有用性を確認する一方で、筋電義手の操作練習方法が科学的根拠に基づいて確立されていないと報告されている¹⁵⁾。筋電義手操作練習について、Resnik ら²¹⁾は、筋電義手操作練習が義手操作能力にどのような効果をもたらしているかは明らかにされていないと報告している。つまり、筋電義手操作練習が、筋電義手操作能力にどのような効果をもたらしているか、また筋電義手操作練習の課題は何かについては明らかにされておらず、筋電義手操作練習に関する効果や課題を客観的データに基づいて明らかにする必要があると考えられる。

1-1-3. 筋電義手操作練習と本研究の課題について

筋電義手操作練習のプログラムは、1992年に Atkins²²⁾により提案され、その後2015年に Johnsonら²³⁾によりその指針が示された。そのプログラムは stage1～3で構成されている。

Stage1は、断端部に筋電義手を装着して手先具である筋電ハンドの開閉を行う内容である。これは、筋電ハンドの開閉のみを行う練習であり把持対象となる物品などは使用しない。また、筋電ハンドの開閉を行うときに肘関節を曲げたりなどの上肢の肢位を変化させて行うことも設けられている。Stage2は、片手動作として切断肢の断端部に装着された筋電義手のみで対象物を筋電ハンドで把持したり放出したりする片手操作練習である。これは、把持対象物としてブロックなどを用いる。主な目的は、筋電ハンドで様々な対象物を把持し放出することで筋電ハンドの開閉制御と形状の異なった様々な対象物を適切に把持することや放出することである。その際には把持した対象物を横に移動させて放出を行うなどの対象物の移動も練習内容に設けられている。Stage3は、両手動作として筋電ハンドと残存手を用いて、対象物を操作する両手操作練習である。これは、両手動作として手工芸などを行うことで筋電ハンドと残存手での協調性のある対象物の操作の獲得を目的とした内容である。また、この3つのstageの筋電義手操作練習のプログラムに先立って、筋電信号を採取するための電極位置を決定し、筋機能の回復や筋電信号の随意制御を目的とした筋電義手装着前練習が設けられている。筋電義手操作練習は、対象者への筋電義手操作練習のオリエンテーションから始まり、筋電義手装着前練習、筋電ハンド開閉練習、片手操作練習、両手操作練習、ADL・IADL練習、フォローアップまであり、片手操作練習と両手操作練習が、筋電義手を用いた日常生活に重要であることが報告されている^{24,25)}。以上の筋電義手操作練習の流れをまとめたものを図1-2に示す。

筋電義手操作練習の課題は、片手操作練習や両手操作練習が、どのように義手の操作に影響を及ぼしているかについて客観的な結果が得られておらず、また片手操作練習と両手操作練習の関係についても明らかにされていないと考えられる。さらには、筋電義手は他の義手と比べて日常生活における使用に優れているが、それでもまだ健常手と比較して不足している機能が

あるため、どのような動作が筋電義手操作では難しいかを明らかにすることで、今後の筋電義手操作練習や筋電義手の開発に関する課題を明らかにする必要があると考えられる。

そこで本研究の研究1では、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が筋電義手操作能力に及ぼす影響について検証し、研究2では、筋電義手と健常手による日常生活動作の評価を行い、筋電義手操作練習の課題を検討した。評価法は、先行研究で用いられている筋電義手操作能力の評価法を用いて検証することとした。



- ① 筋電義手装着前練習
電極位置の決定と筋電信号の制御



- ② 筋電ハンド開閉練習: Stage1
筋電義手を装着してのハンドの開閉制御



- ③ 片手操作練習: Stage2
コインやリングを用いて筋電ハンドのみで物品の把持と放出



- ④ 両手操作練習: Stage3
筋電ハンドと残存手を用いて物品を用いた把持や放出、両手の協調動作



- ⑤ ADL・IADL練習
筋電ハンドと残存手を用いて日常生活動作や日常生活関連動作

図1-2：筋電義手操作練習の流れ

1-2. 本研究の目的

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。

1-3. 本研究の構成

本論文は、以下の構成により成り立っている。

第1章 序論

本研究の背景、目的、構成を提示した。また倫理的配慮について記した。

第2章 片手操作練習と両手操作練習が筋電義手操作に及ぼす影響(研究1)

片側前腕切断者を対象に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を実施し、筋電義手操作能力の観点から Box and Block Test, Assessment of Capacity for Myoelectric Control, The Southampton Hand Assessment Procedure を用いて比較して、両練習の筋電義手操作に及ぼす影響について検討した。また、考察に加えて研究の限界と臨床への示唆を述べた。

第3章 筋電義手と健常手の比較からみた筋電義手の課題(研究2)

片側前腕切断者と健常者を対象に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 The Southampton Hand Assessment Procedure を用いて比較して、筋電義手操作練習の課題について検討した。また、考察に加えて研究の限界と臨床への示唆を述べた。

第4章 総合考察と総括

研究1と研究2で得られた結果をまとめて考察を行い、本研究の総括と限界を述べた。

1-4. 倫理上の配慮

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：HEB101207-4)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。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。

第2章 片手操作練習と両手操作練習が筋電義手操作に及ぼす影響(研究1)

2-1. 背景と目的

筋電義手練習の目的²³⁾は、片手操作練習は筋電ハンドの開閉制御、両手操作練習は把握対象物の操作であるとされ、本邦における筋電義手マニュアル⁴⁾では片手操作練習を実施した後に両手操作練習を実施することが推奨されている。しかし、それらの練習の効果を上肢切断者で検証した報告は調べた限りでは見当たらない。

本章(研究1)の目的は、片側前腕切断者を対象に筋電義手を用いた片手操作練習と両手操作練習を行い、片手操作練習と両手操作練習の効果と両練習効果の関係を明らかにすることである。健常者を対象とした模擬筋電義手による筋電義手操作練習では物品操作能力については両手課題が片手課題と比較して向上することが報告されている²⁶⁾。そのため仮説としては、筋電ハンドの開閉制御については片手操作練習が両手操作練習に比べて効果があり、日常生活動作に関わる使用を想定した筋電義手の操作能力では、両手操作練習が片手操作練習に比べて効果があるのではないかとの仮説を立てた。

2-2. 方法

2-2-1. 対象

対象は、片側前腕切断者12名(男性8名、女性4名)で過去に筋電義手の練習経験がない者とした。対象を選出するにあたっての除外基準として、断端長が10cm未満である者、筋電位採取が困難な皮膚状態にある者、医師により認知機能障害および知的障害により義手装着が困難であると診断された者、筋電義手操作経験のある者、20才未満である者、研究協力に同意を得られない者とした。対象者の年齢は 42.9 ± 13.9 歳、身長は 162.8 ± 7.0 cm、体重は 58.9 ± 6.5 kg、前腕長は 18.2 ± 5.7 cm、残存肢に対する断端率は $66.3 \pm 18.9\%$ 、前腕最大周径は 22.8 ± 2.6 cm、切断側は右側9名、左側3名であった(表2-1)。また、実験に際しては、対象者の中に糖尿病等の合併症による固有受容感覚に障害を有する者、筋力低下や関節可動域制限の機能障害により義

手装着が困難である者はいなかった。

本研究では、クロスオーバー試験法を用いたため、対象者を無作為に片手操作練習後に両手操作練習を行う群(以下、片手-両手群)と両手操作練習後に片手操作練習を行う(以下、両手-片手群)の2群に割り付けた。両群の性別と切断側と切断原因は Fisher の正確確率検定を用い、年齢、身長、体重、前腕長、残存肢に対する断端率、最大前腕周径、切断歴、能動義手使用歴は Welch 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($p > 0.05$)(表 2-2)。

表2-1 片側前腕切断者一覧

No	性別 (男/女)	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	切断側 (右/左)	前腕 断端長 (cm)	断端率 (%)	最大 前腕周径 (cm)	切断歴 (月)	切断 要因 ※	能動義手 使用歴 (月)
1	男	26	170	65	右	10	40	25.5	10	後天性	9
2	女	38	153	55	右	23	92	21.5	6	後天性	4
3	男	38	166	60	右	17	73	22	3	後天性	3
4	女	58	152	52	左	13	56	25	624	先天性	2
5	女	44	160	50	右	18	72	22	25	後天性	5
6	男	45	165	65	左	17	40	24.5	540	先天性	15
7	男	65	168	62	右	15	63	20.5	9	後天性	2
8	男	30	175	70	左	31	97	28.5	10	後天性	3
9	女	22	156	50	右	12	88	19	264	先天性	2
10	男	35	165	63	右	20	55	23	8	後天性	2
11	男	59	165	55	右	23	65	21	6	後天性	2
12	男	55	158	60	右	19	55	21	9	後天性	2

※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

表2-2 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

2-2-2.本研究で使用した筋電義手

本研究で使用した筋電ハンドは、前腕切断者の筋電義手として最も使用されている Ottobock 社 Myobock (Myobock Electric Hand : 8E38=6 DMC プラス 7 1/4,電極 : 13E200,バッテリー : 757B20)とした²⁷⁾(図 2-1). ソケットは、義肢装具士が対象者の断端の状態に合わせて、全て自己懸垂型の前腕ソケットを製作した. このソケットは、肘頭にソケットトリミング部をかぶせることにより切断端とソケットの安定性を向上させることができる. そのため、対象者の切断断端の長さの違いに関わらずソケットによる前腕回内外運動は制限される. また、筋電ハンドとソケット(前腕部)の位置関係は、肘関節屈曲 90 度にて手継手回旋角度を前腕回内外角度 0 度に設定し、義手操作時はその設定を変更しないようにした.

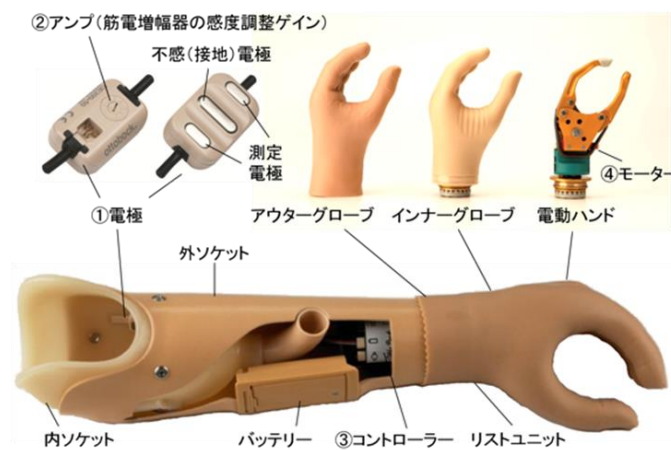


図2-1：本研究で用いた筋電義手
Ottobock社製 Myobock (文献27より引用)

2-2-3.筋電義手操作練習の実施方法

筋電ハンドの開閉制御のための電極位置は、本研究者ではない作業療法士が対象者の切断断端部の長橈側手根伸筋と尺側手根屈筋を中心に評価して決定した。その後、Ottobock社製の筋電位制御装置 Myoboy と PAULA ソフトを用いて、筋電義手装着前練習として1日20分間を5日間実施し筋電ハンドの開閉制御が可能であることを確認し、筋電義手を装着しての筋電ハンドの開閉の確認を行い、これをベースライン期とした。なお、これ以降は筋電義手操作のための電極の位置は変更せずに片手操作練習および両手操作練習を実施した。両群は、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行った。各操作練習は、1日20分とし5日間で計10日間実施した。またウォッシュアウト期間は2日間とした。両群共に各期間の前後に筋電義手操作能力検査を実施した(図2-2)。

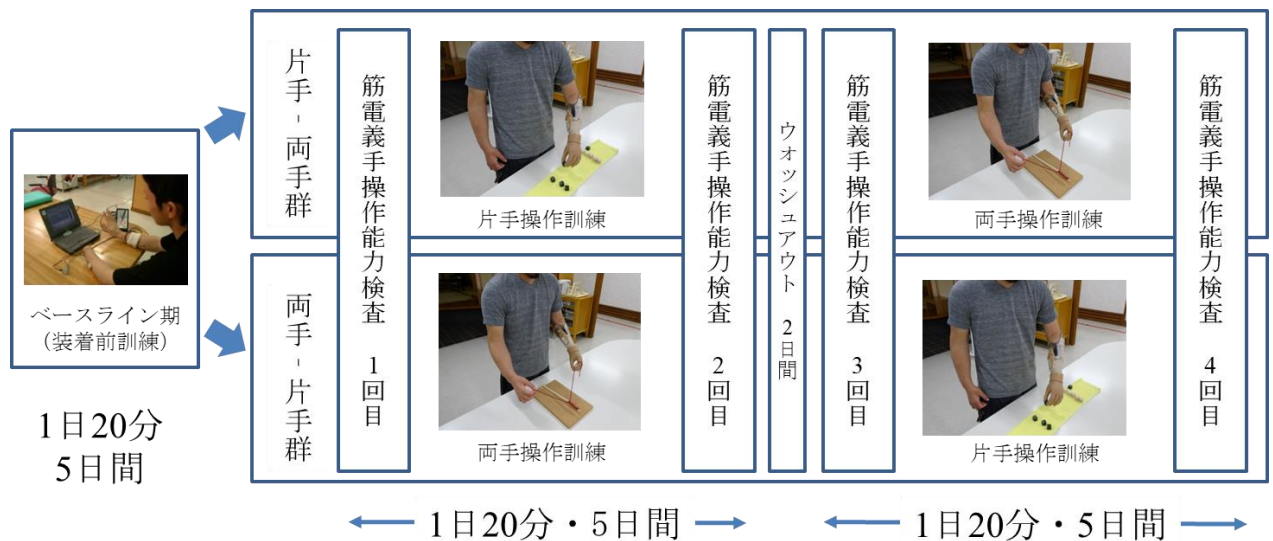


図2-2：実験の手順

2-2-4.筋電義手操作練習

2-2-4-1.片手操作練習

筋電義手操作練習の片手操作練習^{23, 24)}とは、片手動作として切断肢の断端部に装着された筋電義手のみで対象物を筋電ハンドで把持したり放出したりする練習である。把持対象物は、ブロックや円盤等を用いる。把持した対象物は、横に移動させて放出を行うなどの対象物の移動も練習内容に設けられている。本研究の片手操作練習は、机上にあるブロック(1辺1～3cm)や円盤(直径1～3cm)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(図2-3)。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。対象者は立位で動作を行い、対象者の基本的立位肢位の手関節部の高さに調整された机の上に把握対象物のブロック等を置き、対象物の移動は対象者の肩幅と同等の距離を移動させた。その際、作業療法士は対象者に対して残存手の補助使用は行わないように指示した。

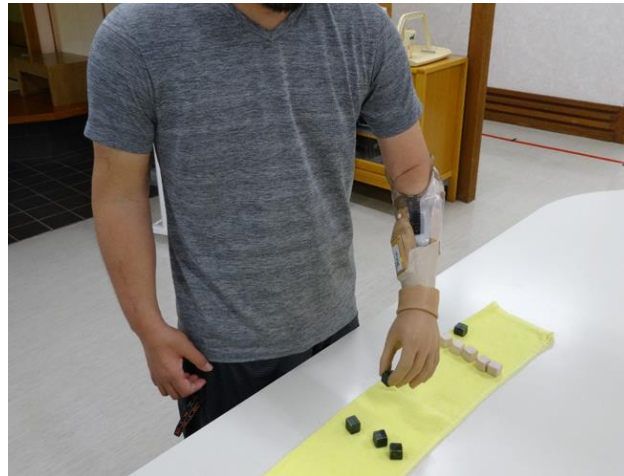


図2-3：片手操作訓練

2-2-4-2.両手操作練習

筋電義手操作練習の両手操作練習^{23, 24)}とは、両手動作として切断肢の断端部に装着された筋電義手と残存手で対象物を筋電ハンドと残存手で把持したり放出したりする練習である。主に

手芸や工芸などを用いた練習内容が設けられている。本研究の両手操作練習は、マクラメを用いて両手動作課題を1回20分間とし、5日間実施した(図2-4)。対象者は立位で動作を行い、対象者の基本的立位肢位の手関節部の高さに調整された机上にマクラメボードは置かれ、マクラメの芯は対象者の正中線上の正面に設置した。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、片手操作練習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回行くと1度結び目を強く縛る必要がある。マクラメの編み方については、作業療法士から指導を受けて説明書にて十分に理解したことを確認して実施した(図2-5)。その際、作業療法士は対象者に対して残存手の補助使用は通常の両手動作と同様に使用するよう指示した。

本研究でマクラメを選択した理由は、作業療法および筋電義手操作練習における両手操作練習としても多く用いられている^{28, 29)}。また、両手で紐を結んで作品を作っていくクラフトであり、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、作品はブレスレットやストラップに利用できる。



図2-4：両手操作訓練



図2-5：マクラメの編み方説明書^{28,29)}
 平結びの編み方に関する説明書

2-2-5.本研究で用いた筋電義手操作能力の検査について

義手操作能力を測る検査法は、Wright³⁰⁾によるシステムティックレビューによりその検査法³¹⁻³⁹⁾が報告されている。Hill ら⁴⁰⁾は、その報告を国際生活機能分類により検討し、義手評価のガイドラインを作成した。そのガイドラインでは、心身機能と身体構造については Box and Block Test(以下、BBT)³¹⁾、活動と参加については Assessment of Capacity for Myoelectric Control(以下、ACMC)³²⁾や The Southampton Hand Assessment Procedure(以下、SHAP)³⁶⁾が代表的な検査法として推奨されている。

そこで本研究では Hill らが推奨する検査法を参考にして、筋電ハンドの開閉制御の能力を測る検査として BBT、生活動作課題における物品操作時の把握・保持・放出の義手操作能力検査

として **ACMC**，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検査として **SHAP** を用いて評価を行った。これらを選択した理由は，評価に係る対象者の負担を考慮した上で，義手操作評価として推奨されているものであり，筋電義手操作練習の目的に適した筋電ハンドの開閉制御，物品操作能力，日常生活動作の評価が可能であるからである。また先行研究で用いられている義手操作に関する評価法は，すべて海外で開発された評価法であるため，国内での購入等の準備が可能で，かつ日本語版や使用ライセンス取得が可能な評価法とした。以下に，本研究で実施した **BBT** と **ACMC** と **SHAP** の検査方法を説明する。

2-2-5-1.Box and Block Test

検査方法は，被験者は片方の箱に無作為に配置されている一辺 2.5cm のブロックを掴み，しきりを超えてもう片方の箱に移す。そして，制限時間 1 分間以内に移すことのできたブロックの数によって上肢機能を客観的かつ定量的に評価する(図 2-6)。検査環境の設定は，対象者は立位で動作を行い，ブロックは評価する筋電義手側として，箱中央の仕切りが対象者の正中線上の前方，箱中央の仕切りの上端が対象者の左右の上前腸骨棘を結ぶ線と同じ高さに設定した⁴¹⁾。なお，本研究者ではない上肢切断者に対する筋電義手操作練習経験のある作業療法士 1 名が検査を実施した。



図2-6：Box and Block Test (BBT)⁴¹⁾

2-2-5-2. Assessment of Capacity for Myoelectric Control

検査方法は、筋電義手にて行う 6 種類の遂行課題(スーツケースのパッキングなど)が設定されており、被験者はその課題を遂行し、検者はその遂行場面の観察を行い評定する。評価項目は 22 項目で構成されている。内容は、Gripping(9 項目)、Holding(5 項目)、Releasing(6 項目)、Re-adjusting the grip(2 項目)である。各項目に対して検者は、観察にて 3~0 段階で判定する。判定内容は、3:Extremely capable, 2:Generally capable, 1:Somewhat capable, 0:Not capable である。この検査では、筋電ハンド操作を中心に筋電義手制御遂行能力に関する得点が 100 点満点で算出される⁴²⁾(図 2-7)(付録 1 参照)。検査環境の設定は、日常生活活動室を用いて遂行課題のためのスーツケース、日用品、テーブルなどはすべて同じものを用いて、同じ場所に置くなどの同条件にて実施した⁴³⁾。なお、本研究者ではない ACMC 講習会を修了した作業療法士 1 名が検査を実施した。



図2-7：Assessment of Capacity for Myoelectric Control (ACMC)¹⁵⁾

2-2-5-3. The Southampton Hand Assessment Procedure

この検査方法は、物品操作能力と日常生活動作に関する筋電義手操作能力を評価するもので、6 種類の形状の把握対象物を操作する物品課題(図 2-8)と 14 種類の日常生活動作課題(図 2-9)の下位項目からなる。下位項目の遂行時間により各課題におけるコインをつまむなどの筋電義手による物品操作能力やグラスを把持して水の入った容器で注ぐなどの筋電義手と残存手による

両手動作での物品操作能力を評価することができる。また、すべての下位項目の課題遂行時間を測定することで物品操作能力と日常生活動作に関する筋電義手操作能力に関する得点が 100 点満点で算出される³⁵⁾(図 2-10)(付録 2 参照)。

検査環境の設定³⁵⁾は、対象者は義手を机に載せた状態で座り、その際に対象者の肘関節の角度が 90 度になるように机の高さを調整した。SHAP の検査板は、対象者が座っている側の机の端から 8cm 離して置き、検査の物品は対象者の正面に置いた。また、検査を行う際は、計測する前に各課題の練習を一回のみ行い、課題にあった義手の使用が行えることを確認してから計測を行った。なお、本研究者ではない上肢切断者に対する筋電義手操作練習経験のある作業療法士 1 名が検査を実施した。

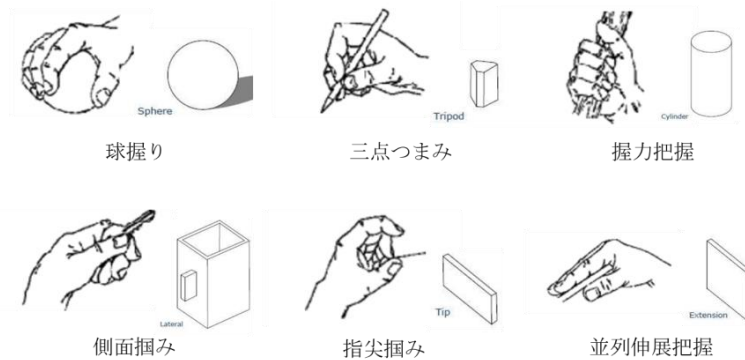


図2-8：SHAPの物品課題³⁵⁾



図2-9：SHAPの日常生活動作課題³⁵⁾



図2-10 : The Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP) ³⁵⁾

2-2-6. 統計処理

本研究では、片手操作練習と両手操作練習の筋電義手操作能力の変化の違い、および各練習の筋電義手操作能力の変化について、BBT, APMC, SHAP および APMC と SHAP の下位項目の統計学的な検討を行った。

ここでは、片手操作練習と両手操作練習の筋電義手操作能力の変化の違いの検証のためのクロスオーバー試験法における検定方法^{44, 45)}について説明する。まず得られた結果は、持ち越し効果の検定を行う。持ち越し効果とは、介入前期の結果が介入後期の開始時まで持ち越しされることを表す。すなわち、介入前期の結果がウォッシュアウト期間を終えた介入後期まで持ち越しされる量が2つの介入方法で異なるかを検定する。持ち越し効果は介入前期と介入後期の結果の和の中央値を群間で比較する。その結果、持ち越し効果が非有意($p > 0.10$)の場合は持ち越し効果がないと判断され、時期効果と治療効果の検定を行う。時期効果とは、介入による馴化やある特定の時期の影響の可能性を表す。すなわち、介入前期の前と後の変化値と介入後期の前と後の変化値に違いがあるか、また違いがある場合にどちらの変化値が有意に高いかで時期効果の統計学的な差の有無が判断できる。時期効果は、片手 - 両手群では介入前期から介入後期の差、両手 - 片手群では介入後期から介入前期の差を群間で比較する。治療効果とは2つ以上の試験等の効果の差があることを表す。すなわち、介入前期に行った片手操作練習と両手操作

練習の変化値および介入後期に行った片手操作練習と両手操作練習の変化値を比較することでどちらの介入方法の変化値が有意に高いかで治療効果の統計学的な差の有無が判断できる。本研究では片手操作練習と両手操作練習の介入効果の差となる治療効果は、介入前期から介入後期の差を群間で比較する。本研究では、治療効果を片手操作練習と両手操作練習の効果を示すことから練習効果と表す。それぞれの2群間の検定は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、持ち越し効果の検定10%とし、時期効果と練習効果を5%とした(図2-11)。また、片手操作練習および両手操作練習の練習実施前後の結果は、それぞれの練習経験を排除することを考慮して、介入前期の結果を用いてMann-WhitneyのU検定にて分析を行った。統計学的有意水準は5%とした。また、各検定において、練習効果の有意差に加えて効果の大きさを示す効果量 r を求めた。

統計解析は、Mann-WhitneyのU検定を統計解析ソフトIBM SPSS Statistics ver.24.0で行い、効果量をMann-WhitneyのU検定で求めたZ値を用いてMicrosoft Excel ver.16.0を使用して計算した。

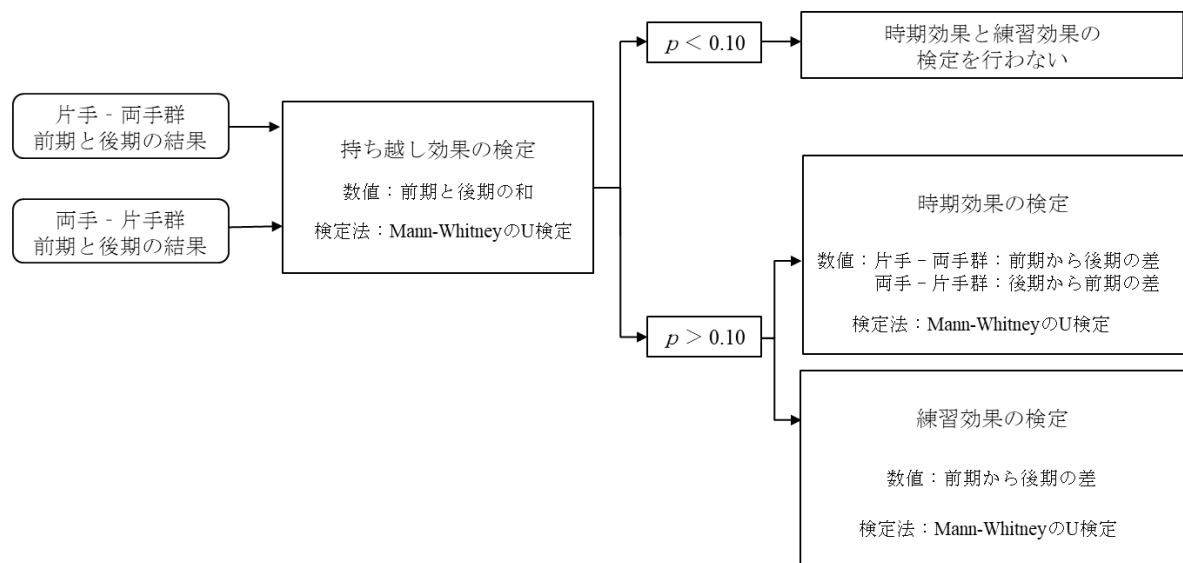


図2-11：検定の手順

2-3.結果

2-3-1.BBT における片手操作練習と両手操作練習の比較

BBT の結果を図 2-12 と表 2-3, 2-4 に示す。図 2-12 は、片手 - 両手群と両手 - 片手群の各対象者の結果で、グラフ縦軸は移動したブロックの数(個)を示し、横軸は介入前期間とウォッシュアウト期間と介入後期間のそれぞれの BBT 実施時期を示す。

次に両群の介入前期開始時(1回目)から介入後期終了時(4回目)までの結果を中央値(四分位範囲)で示す。片手 - 両手群は、介入前期開始時(1回目)は 6.0(5.3 - 6.1)個、介入前期終了時(2回目)は 9.5(9.0 - 9.8)個、介入後期開始時(3回目)は 9.5(7.5 - 9.8)個、介入後期終了時(4回目)は 15.5(15.0 - 16.8)個であった。両手 - 片手群は、介入前期開始時(1回目)は 5.5(5.0 - 6.8)個、介入前期終了時(2回目)は 8.5(8.0 - 9.0)個、介入後期開始時(3回目)は 7.5(7.0 - 8.0)個、介入後期終了時(4回目)は 16.5(15.3 - 17.8)個であった。

持ち越し効果は、片手 - 両手群 9.5(7.3 - 11.0)個、両手 - 片手群 10.5(9.3 - 14.0)個で有意差はなかった($p=0.412$)。時期効果は、介入前期-0.8(-1.0 - 0.3)個、介入後期-2.8(-3.0 - -1.8)個で有意差はなかった($p=0.156$)。

練習効果は、片手操作練習-0.8(-1.0 - 0.3)個、両手操作練習-2.8(-3.0 - -1.8)個で有意差はなかった($p=0.156$, $r=0.56$)(表 2-3)。各練習の前後比較は、片手操作練習前は 7(6-8)個、片手操作練習後は 10(8-11)個で有意差があり、効果は大きかった($p=0.002$, $r=0.86$)。両手操作練習前は 7(5-10)個、両手操作練習後は 9(9-10)個で有意差があり、効果は大きかった($p=0.007$, $r=0.77$)(表 2-4)。

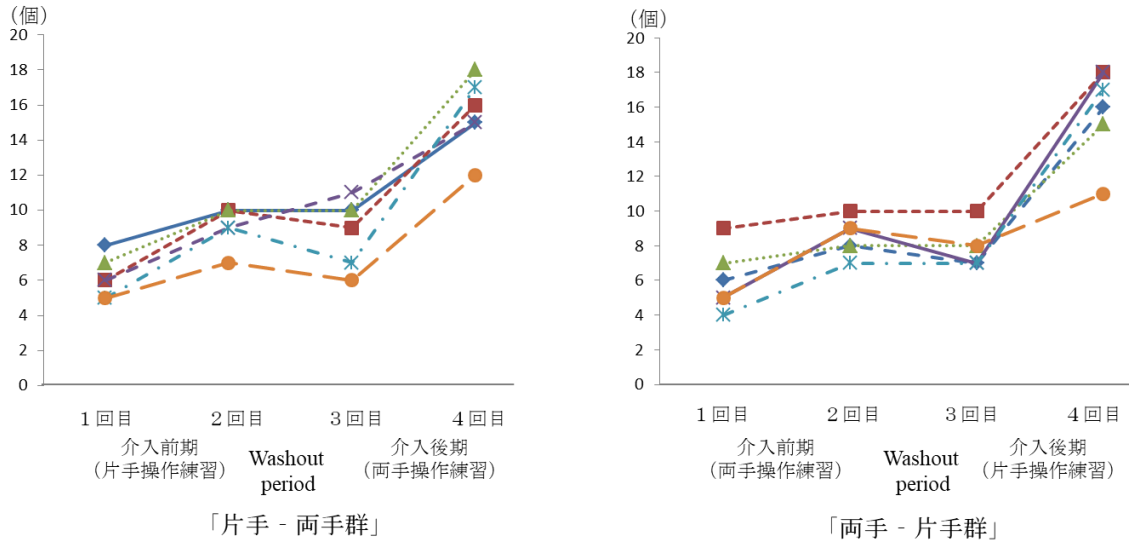


図2-12：「片手 - 両手群」と「両手 - 片手群」の各対象者のBBTの結果

表2-3 BBT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	-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2-4 BBT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	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)

2-3-2. APMC における片手操作練習と両手操作練習の比較

APMC の結果を図 2-13 と表 2-5, 2-6 に示す。図 2-13 は、片手 - 両手群と両手 - 片手群の各対象者の結果で、グラフ縦軸は APMC Score(点)を示し、横軸は介入前期間とウォッシュアウト期間と介入後期間のそれぞれの APMC 実施時期を示す。

次に両群の介入前期開始時(1回目)から介入後期終了時(4回目)までの結果を中央値(四分位範囲)で示す。片手 - 両手群は、介入前期開始時(1回目)は 21.6(19.0 - 22.5)点、介入前期終了時(2回目)は 41.2(38.8 - 41.3)点、介入後期開始時(3回目)は 30.7(29.4 - 31.0)点、介入後期終了時(4回目)は 55.9(54.1 - 57.0)点であった。両手 - 片手群は、介入前期開始時(1回目)は 21.4(20.2 - 21.6)点、介入前期終了時(2回目)は 46.5(41.1 - 47.3)点、介入後期開始時(3回目)は 39.6(35.7 - 39.9)点、介入後期終了時(4回目)は 53.7(52.4 - 54.4)点であった。

持ち越し効果は、片手 - 両手群 44.6(43.4 - 46.1)点、両手 - 片手群 39.2(37.3 - 42.4)点で有意差はなかった($p=0.569$)。時期効果は、介入前期 6.7(5.8 - 8.5)点、介入後期 2.6(0.3 - 6.0)点で有意差はなかった($p=0.31$)。

練習効果は、片手操作練習 6.7(5.8 - 8.5)点、両手操作練習 17.0(11.7 - 21.1)点で有意差があり、有意差があり、効果は大きかった($p=0.015$, $r=0.59$) (表 2-5)。また、両手操作練習が片手操作練習と比較して APMC の得点の変化が大きかった。各練習の前後比較は、片手操作練習前は 22(19-23)点、片手操作練習後は 41(39-42) 点で有意差があり、効果は大きかった($p<0.001$, $r=0.91$)。両手操作練習前は 21(21-22)点、両手操作練習後は 47(41-48) 点で有意差があり、効果は大きかった($p<0.001$, $r=0.98$) (表 2-6)。

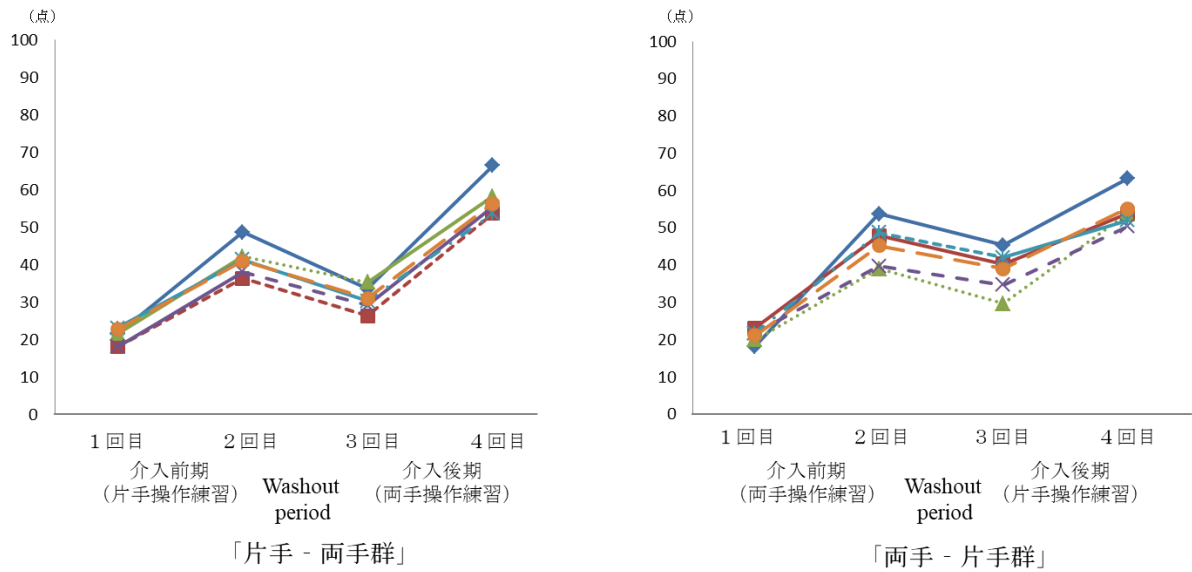


図2-13：「片手 - 両手群」と「両手 - 片手群」の各対象者のACMCの結果

表2-5 ACMC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)	0.015	0.59
両手操作練習	17.0(11.7-21.1)		

(点) , 中央値 (四分位範囲)

表2-6 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)

2-3-3. SHAP における片手操作練習と両手操作練習の比較

SHAP の結果を図 2-14 と表 2-7, 2-8 に示す. 図 2-14 は, 片手 - 両手群と両手 - 片手群の各対象者の SHAP の結果で, グラフ縦軸は SHAP Score(点)を示し, 横軸は介入前期間とウォッシュアウト期間と介入後期間のそれぞれの SHAP 実施時期を示す.

次に両群の介入前期開始時(1 回目)から介入後期終了時(4 回目)までの結果を中央値(四分位範囲)で示す. 片手 - 両手群は, 介入前期開始時(1 回目)は 43.5(40.0 - 44.5)点, 介入前期終了時(2 回目)は 47.0(45.5 - 47.0)点, 介入後期開始時(3 回目)は 46.0(43.0 - 47.5)点, 介入後期終了時(4 回目)は 55.0(54.3 - 56.7)点であった. 両手 - 片手群は, 介入前期開始時(1 回目)は 41.5(38.0 - 43.5)点, 介入前期終了時(2 回目)は 53.0(52.0 - 54.8)点, 介入後期開始時(3 回目)は 51.0(49.3 - 52.0)点, 介入後期終了時(4 回目)は 60.0(58.5 - 60.0)点であった.

持ち越し効果は, 片手 - 両手群 13.5(11.3 - 15.8)点, 両手 - 片手群 21.0(16.3 - 25.8)点で有意差は認められなかった($p=0.421$). 時期効果は, 介入前期-1.8(-4.3 - 0.4)点, 介入後期 0.8(0.5 - 3.3)点で有意差は認められなかった($p=0.310$).

練習効果は, 片手操作練習 6.7(5.8 - 8.5)点, 両手操作練習 17.0(11.7 - 21.1)点で有意差があり, 効果は小さかった($p=0.004$, $r=0.20$) (表 2-7). また, 両手操作練習が片手操作練習と比較して SHAP の得点の変化が大きかった. 各練習の前後比較は, 片手操作練習前は 44(40-45)点, 片手操作練習後は 47(45-48) 点で有意差があり, 効果は大きかった($p=0.045$, $r=0.59$). 両手操作練習前は 42(38-44)点, 両手操作練習後は 53(52-55) 点で有意差があり, 効果は大きかった($p<0.001$, $r=0.86$) (表 2-8).

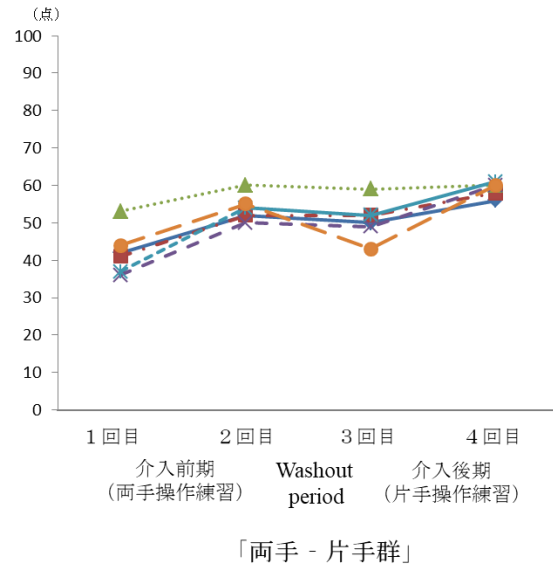
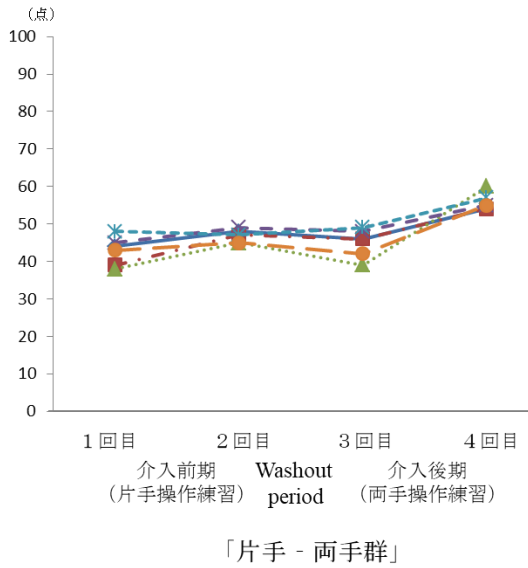


図2-14：「片手 - 両手群」と「両手 - 片手群」の各対象者のSHAPの結果

表2-7 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2-8 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）

2-3-4. APMC の下位項目の片手操作練習と両手操作練習の比較

片手操作練習と両手操作練習の APMC の下位項目の比較の結果について、表 2-9 に示す。すべての項目において持ち越し効果と時期効果は認められなかった。

練習効果に片手操作練習と両手操作練習の差が認められた項目は以下の通りである。Gripping の Timing は有意差があり、効果は中等度だった($p=0.01$, $r=0.36$)。Gripping の Coordinating both hands は有意差があり、効果は大きかった($p<0.001$, $r=0.81$)。Re-adjusting the grip の Repetitive grasp & release は有意差があり、効果は大きかった($p=0.03$, $r=0.63$)。Releasing の Timing は有意差があり、効果は大きかった($p=0.01$, $r=0.73$)。Releasing の Coordinating both hands は有意差があり、効果は大きかった($p<0.001$, $r=0.82$)。

表2-9 ACMCの下位項目

			練習効果	<i>p</i> 値	効果量(<i>r</i>)		
Gripping	With Support	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.59	0.21	†	
		両手操作練習	0.75(1.00--0.50)				
	Power grip, without support	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.82	0.07		
		両手操作練習	-0.25(0.38--0.88)				
	Precision grip, without support	片手操作練習	-0.50(0.25--0.88)	0.39	0.29	†	
		両手操作練習	0.75(1.00--0.50)				
	Adjusting grip force	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.82	0.07		
		両手操作練習	0.50(0.50-0.13)				
	In different positions	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.24	0.38	††	
		両手操作練習	0.00(0.38--0.38)				
	Timing	片手操作練習	1.00(1.88-0.13)	0.01	**	0.36	††
		両手操作練習	-0.75(-0.50--1.00)				
Coordinating both hands	片手操作練習	0.00(0.38--0.00)	0.001	***	0.81	†††	
	両手操作練習	-0.25(0.00--0.88)					
Without visual feedback	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.09	0.55	†††		
	両手操作練習	-0.50(-0.50--0.88)					
Adjusting grip force, without visual feedback	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.49	0.22	†		
	両手操作練習	0.00(0.50--0.88)					
Re-adjusting the grip	Repetitive grasp & release	片手操作練習	-0.50(-0.50--0.88)	0.03	*	0.63	†††
		両手操作練習	0.50(0.88--0.25)				
	Repetitive grasp & release, without visual feedback	片手操作練習	-0.50(-0.13--0.50)	0.12	0.45	††	
		両手操作練習	0.25(0.88--0.38)				
Holding	With Support	片手操作練習	0.75(1.00-0.50)	0.94	0.24	†	
		両手操作練習	0.25(0.50--0.38)				
	Without Support	片手操作練習	1.00(1.88-0.50)	0.82	0.07		
		両手操作練習	-0.25(0.38--0.88)				
	In motion	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.49	0.24	†	
		両手操作練習	-0.50(0.25--0.50)				
	Without Visual Feedback	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	0.49	0.25	†	
		両手操作練習	-0.50(0.25-0.50)				
In motion, without visual feedback	片手操作練習	0.50(0.88-0.50)	1.00	0.00			
	両手操作練習	0.50(0.50--0.25)					
Releasing	With Support	片手操作練習	0.50(0.50-0.50)	0.49	0.28	†	
		両手操作練習	0.50(0.88-0.50)				
	Without Support	片手操作練習	0.50(0.50-0.50)	1.00	0.00		
		両手操作練習	0.50(0.50-0.50)				
	In Different positions	片手操作練習	1.00(1.50--0.25)	0.24	0.38	††	
		両手操作練習	-0.50(0.38--1.00)				
	Timing	片手操作練習	0.25(0.50-0.00)	0.01	**	0.73	†††
		両手操作練習	-0.75(-0.13--1.00)				
	Coordinating both hands	片手操作練習	-1.00(-0.25--1.00)	0.001	***	0.82	†††
		両手操作練習	-1.00(0.13--1.00)				
without visual feedback	片手操作練習	0.50(0.50--0.63)	0.24	0.34	††		
	両手操作練習	0.25(0.50--0.38)					

(点), 中央値 (四分位範囲)

p* < .05 ** *p* < .01 * *p* < .001 † *r* ≥ .10 †† *r* ≥ .30 ††† *r* ≥ .50

2-3-5. SHAP の下位項目の片手操作練習と両手操作練習の比較

片手操作練習と両手操作練習の SHAP の下位項目の比較の結果について、物品課題は表 2-10、日常生活動作課題は表 2-11 に示す。下位項目の測定数値は、各課題の遂行時間(以下、課題遂行時間)にて表される。物品課題は、6 項目すべてにおいて持ち越し効果と時期効果は認められなかった。練習効果は 3 点つまみ($p < 0.001$, $r = 0.26$)と指尖掴み($p < 0.001$, $r = 0.12$)に両練習間に有意差があり、それぞれ効果は小さかった。日常生活動作課題は、14 項目すべてにおいて持ち越し効果と時期効果は認められなかった。

練習効果に両練習間に差が認められた項目は以下の通りである。コインつまみは有意差があり、効果は大きかった($p = 0.01$, $r = 0.74$)。ボタンはずしは有意差があり、効果は小さかった($p < 0.001$, $r = 0.19$)。カードめくりは有意差があり、効果は大きかった($p = 0.003$, $r = 0.60$)。鍵まわしは有意差があり、効果は中等度だった($p = 0.002$, $r = 0.28$)。ジッパーの開閉は有意差があり、効果は大きかった($p = 0.009$, $r = 0.74$)。

表2-10 SHAP物品課題（下位項目）

		練習効果	p 値	効果量(r)
球握り	片手操作練習	-0.11 ± 1.19	0.81	0.09
	両手操作練習	0.04 ± 0.40		
3点つまみ	片手操作練習	0.41 ± 0.66	0.001 ***	0.26 †
	両手操作練習	-2.30 ± 0.81		
握力把握	片手操作練習	0.58 ± 0.29	0.79	0.03
	両手操作練習	0.61 ± 0.89		
側面掴み	片手操作練習	0.25 ± 0.71	0.18	0.03
	両手操作練習	-1.93 ± 0.72		
指尖掴み	片手操作練習	0.11 ± 0.55	0.001 ***	0.12 †
	両手操作練習	-1.77 ± 0.63		
並列伸展把握	片手操作練習	0.14 ± 0.72	0.11	0.15 †
	両手操作練習	-1.09 ± 0.69		
平均値 ± 標準偏差		* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$ † $r \geq .10$ †† $r \geq .30$ ††† $r \geq .50$		

表2-11 SHAP日常生活動作課題（下位項目）

		練習効果	<i>p</i> 値		効果量(<i>r</i>)			
コインつまみ	片手操作練習	-4.28±4.38	0.01	*	0.74	†††		
	両手操作練習	-16.81±9.00						
ボタンはずし	片手操作練習	1.32±1.54	0.001	**	0.19	†		
	両手操作練習	-12.06±10.16						
粘土をナイフで切る	片手操作練習	-1.37±2.30	0.24		0.26	†		
	両手操作練習	-6.11±7.31						
カードめくり	片手操作練習	0.13±1.54	0.003	**	0.60	†††		
	両手操作練習	-3.22±1.44						
瓶の蓋はずし	片手操作練習	-1.22±1.70	0.11		0.32	††		
	両手操作練習	-3.83±1.48						
水差し	片手操作練習	1.83±4.70	0.23		0.23	†		
	両手操作練習	-3.29±4.21						
ジュースを注ぐ	片手操作練習	0.56±1.70	0.21		0.32	††		
	両手操作練習	-3.69±1.61						
重い物の持ち上げ	片手操作練習	-0.11±1.29	0.56		0.14	†		
	両手操作練習	-3.84±2.03						
軽い物の持ち上げ	片手操作練習	-0.73±0.92	0.36		0.32	††		
	両手操作練習	-1.78±1.23						
トレイの持ち上げ	片手操作練習	-1.06±1.66	0.41		0.32	††		
	両手操作練習	-4.04±2.78						
鍵まわし	片手操作練習	0.33±2.24	0.002	**	0.28	†		
	両手操作練習	-4.47±1.56						
ジッパーの開閉	片手操作練習	0.90±4.86	0.009	**	0.74	†††		
	両手操作練習	-13.76±8.15						
ねじ回し	片手操作練習	0.60±4.33	0.076		0.09			
	両手操作練習	-7.84±5.63						
ハンドル回し	片手操作練習	0.70±1.31	0.066		0.37	††		
	両手操作練習	-2.49±2.32						
平均値±標準偏差			* <i>p</i> <.05	** <i>p</i> <.01	*** <i>p</i> <.001	† <i>r</i> ≥.10	†† <i>r</i> ≥.30	††† <i>r</i> ≥.50

2-3-6.結果のまとめ

結果のまとめを表 2-12 に示す。いずれの評価においても持ち越し効果と時期効果は認められなかった。練習効果については以下の通りであった。BBT は、片手操作練習と両手操作練習ともにブロックの移動個数は増加したが有意差はなかった。ACMC は、有意差があり、効果は大きかった。また、両手操作練習が片手操作練習と比較して ACMC の得点の変化が大きかった。SHAP は、両練習間で有意差があり、効果は小さかった。また、両手操作練習が片手操作練習と比較して SHAP の得点の変化が大きかった。

ACMC の下位項目では、Gripping の Timing と Coordinating both hands, Re-adjusting the grip の Repetitive grasp & release, Releasing の Timing と Coordinating both hands で、両手操作練習が片手操作練習と比較して有意に得点が増加して効果が大きかった。SHAP の下位項目では、物品課題の 3 点つまみと指尖掴み、日常生活動作課題のコインつまみ、ボタンはずし、カードめくり、鍵まわし、ジッパーの開閉で両手操作練習が片手操作練習と比較して課題遂行時間が有意に短縮して効果が大きかった。

表2-12 結果のまとめ

	持ち越し効果	時期効果	練習効果
	片手 - 両手群 両手 - 片手群	介入前期 介入後期	片手操作練習 両手操作練習
BBT	無し	無し	無し
	n.s.	n.s.	n.s. $r=0.56$
ACMC	無し	無し	有り
	n.s.	n.s.	$p=0.015$ $r=0.59$
SHAP	無し	無し	有り
	n.s.	n.s.	$p=0.004$ $r=0.20$

n.s.: not significant

2-4. 考察

2-4-1. 筋電ハンドの開閉能力の比較について～BBTの結果から～

BBTは、片手 - 両手群および両手 - 片手群ともに片手操作練習実施期間においても両手操作練習実施期間においてもブロックの移動個数は増加したが、片手操作練習と両手操作練習の結果を比較したところ練習効果の差は認められなかった。

筋電義手評価における BBT の目的は筋電ハンドの開閉能力である³⁹⁾。今回の結果は、片手操作練習と両手操作練習ともに筋電ハンドの開閉制御を行うことでブロックを把持したり放出したりすることは可能になるが、その効果の差はないことがわかった。片手操作練習の目的は、スムーズなハンドの開閉と筋電義手を装着した上肢の運動の獲得である²⁴⁾。これまでの先行研究⁴⁰⁾では、片手操作練習は把持対象物に対するハンドの方向性や把持対象物の把持の仕方など、筋電ハンドと把持対象物との適合といった把持能力を学習できると報告されている。しかし、今回の結果では、片手操作練習および両手操作練習ともに練習の前後はブロックの移動個数は有意に増加し、その効果は大きかった。そのため両手操作練習においても片手操作練習と同様のスムーズなハンドの開閉と筋電義手を装着した上肢の運動能力の向上を図ることができ、片手操作練習と同様の把持能力の習得に繋がったと考えられる。また、両手操作練習の目的は、筋電ハンドと残存手との協調した両手動作の獲得とされている⁴⁾。実際には片手操作練習と同様に対象物を把持 - 保持 - 放出の一連の操作を行うため、片手操作練習と同様の筋電ハンドと把持対象物との適合といった把持能力の学習の効果は期待できたと考えられる。そのため、ハンドの開閉や義手を装着した上肢運動の獲得は、従来の片手操作練習の目的のみならず両手操作練習においても練習目標として設定できることが示唆されたと考える。

2-4-2. 日常生活における筋電ハンド制御能力の比較について～ACMCの結果から～

ACMCは、片手 - 両手群および両手 - 片手群ともに片手操作練習期間と両手操作練習期間においてACMCの得点は増加した。また、片手操作練習と両手操作練習を比較したところ練習効

果に有意差が認められ、両手操作練習が片手操作練習と比較して、筋電義手使用者の日常生活に適した筋電ハンドの制御に練習効果があることが示唆された。また、下位項目では **Gripping** における **Timing** と **Coordinating both hands**, **Re-adjusting the grip** における **Repetitive grasp & release**, **Releasing** における **Timing** と **Coordinating both hands** で両手操作練習が片手操作練習と比較して練習効果があることが示唆された。

筋電義手評価における **ACMC** の目的は、日常生活の様々な場面での筋電義手の使用や筋電ハンドの制御などの筋電義手制御能力であり筋電義手使用者の活動能力に関する評価である^{62,63}。その評価項目は、対象物の把握：**Gripping**(9項目)、対象物の保持：**Holding**(5項目)、対象物の放出：**Releasing**(6項目)、把握の再調整：**Re-adjusting the grip**(2項目)の4領域(22項目)がある(付録1参照)。そのため **BBT** では評価できない実生活での筋電義手を使用するための筋電ハンド制御能力や日常生活に必要な動作の獲得を評価できる。

今回の結果は、片手操作練習と両手操作練習ともに筋電義手操作に関する筋電ハンド制御能力に効果があることが分かった。しかし、より効果が認められたのは両手操作練習であり、各練習の前後比較においても効果量が大きかったのは両手操作練習であった。柴田ら⁴⁶)は、両手操作練習は作業の中に含まれ、様々な複雑な要素に対応できることを目的とし、筋電義手操作の更なる操作スキルの向上と **ADL** や仕事に活用できると報告している。両手操作練習は、片手操作練習と比較して日常生活に関わる動作が多く含まれ、特に作業を用いた練習である。そのため対象物をただ把持するだけでなく、靴紐結びや財布から紙幣を取り出すなど把持した対象物の操作や残存手との協調した動きによる物品操作などの対象物を正確に保持し続けて把持物を繰り返し操作するなどの能力が求められる。さらには、その対象物を適切に保持した状態で移動させることが要求される。

また下位項目の結果では、特に **Gripping** での **Timing** と **Releasing** での **Timing** および **Repetitive grasp & release** で両手操作練習が片手操作練習と比較して練習効果があることが示唆されたことに注目したい。**ACMC** における **Timing** とは、対象物の把握や放出時の適切なハンド制御の

時機をさす。例えば、筋電ハンドで保持した対象物を移動させ、放出する際に適切な場所に置くように時機を図りハンドを開くことである。これは、両手操作練習が左右非対称な上肢操作の中でスピード感を持った筋電義手操作や残存手との協調した動きの中での筋電ハンド制御が経験できたと考えられる。以上のような経験を両手操作練習で行うことで、両手動作のみならず、対象物の正確な把握と適切な把握調整、対象物の保持や移動、適切な対象物の把握と放出の時機の能力を習得したと考えられる。また、その他として **Gripping** と **Releasing** での **Coordinating both hands** で練習効果があることが示唆されたが。これは両手操作練習が残存手との両手動作を行うことを方法としているため、結果としては妥当であったと考える。

2-4-3. 物品操作能力の比較について～SHAPの結果から～

SHAP は、片手 - 両手群および両手 - 片手群ともに片手操作練習期間においても両手操作練習期間においても **SHAP** の得点は増加した。また、片手操作練習と両手操作練習を比較したところ練習効果に有意差が認められ、両手操作練習が片手操作練習と比較して物品操作などの両手動作に練習効果があることが示唆された。下位項目では、物品課題における3点つまみと指尖掴み、日常生活動作課題におけるコインつまみ、ボタンはずし、カードめくり、鍵まわし、ジッパーの開閉で両手操作練習が片手操作練習と比較して課題遂行時間が有意に短縮した。

筋電義手評価における **SHAP** の目的は物品操作の能力評価である^{48, 49)}。今回の結果は、片手操作練習と両手操作練習ともに片手および両手での物品操作能力に効果があることが示唆されたが、効果量の比較ではその効果は小さかった。しかし、下位項目で練習効果が認められたすべての項目は効果が認められ、特にコインつまみ、カードめくり、ジッパー開閉のハンドの先端部での把持能力を要するつまみ動作の項目は効果が大きく、両手操作練習が日常生活動作に効果的であることが示唆されたと考えられる。また、各練習の前後比較においても効果量の数値が大きかったのは両手操作練習であった。さらに両手操作練習の目的は、筋電ハンドと残存手との協調した両手動作の獲得とされている⁴⁾。田中ら⁴⁷⁾は両手操作練習の目的を筋電ハンド

のスピード、正確性、目と手の協調性の強化と報告している。両手操作練習は、片手操作練習と比較すると対象物の操作を残存手と協調的に行い、筋電ハンドの開閉制御を正確に行う必要があると考える。そのためACMCの結果と同様に対象物の正確な把握と適切な把握調整、対象物の把握と放出の時機の能力を習得したと考えられる。

目と手の協調性とは、しばしば visuomanual pursuit tracking(眼球と手による追跡運動)と呼ばれ、様々な中枢神経系の領域間の協調を必要とする⁵⁰⁾。追跡運動では、物体の位置や上肢の位置情報を捉えて、上肢の運動を制御しなければならず、物体の位置が重要な要素であり、物体と体・肩・手の距離・方向等に影響され、また目標物に注視することは到達運動中の動作の速さに影響する⁵¹⁾と報告されている。そのため、本研究では両手操作練習が片手操作練習と比較して、把握対象物体を注視させ、適切なハンドの方向を調整できる能力に影響を及ぼした可能性が考えられる。その結果、両手操作練習が筋電ハンドの把握対象物への到達運動速度を速くさせた可能性があることが示唆されたと考えられる。また、両手操作練習では、残存手との協調した動作や細かなハンドの開閉制御も必要なため、筋電ハンドが対象物に向かう方向や対象物を正確に把持したり放したりするタイミングも習得できていたのではないかと考えられる。ゆえに両手操作練習は、片手操作練習と比較して物品操作や日常生活動作に有効であることが示唆されたと考えられる。

2-5.研究1の限界

本研究の対象者は12名と非常に少なく、臨床研究としてその効果等を示すサンプル数としては限界と考えられる。そのため本研究の結果は、最低限のサンプル数での結果と考えることが望ましく、本研究の結果をもって筋電義手練習の効果を確定的に示すものではないと考える。そのため今後は更に対象者数を増やすことでその信頼性を検討することが必要であると考えられる。しかし、臨床においては片側前腕切断者の数は非常に少なく、更に初めて筋電義手練習を実施する片側前腕切断者に研究協力を得ることは極めて難しい。そのため12名に協力を得て本研究

が行えたことは貴重なデータと考える。今後は、この結果を参考に症例数を増やして研究を進める必要があると考える。

筋電義手操作能力の評価方法としては、BBT と APMC と SHAP を用いた。SHAP の評価項目には両手課題が含まれている。そのため下位項目の片手操作に関する検査項目も分析対象としたが、両手操作練習の効果が SHAP 総点数に影響を及ぼしていることは否定できない。つまり、APMC や SHAP の下位項目に両手動作課題が含まれていることから両手操作練習の性質が結果に影響を及ぼしている可能性は否定できない。そのため、今後は筋電義手操作練習の方法についても検討を行い、他の練習との効果の比較を加えて検討を行う必要があると考える。また、両練習間に差が認められなかった項目であっても、各練習の前後では効果が認められた。そのため今後は、練習で用いた対象物の素材や練習負荷量などを再検討し、詳細な効果の検証を行うことが必要であると考え。

研究方法として用いたクロスオーバー試験法のウォッシュアウト期間は、2日間と設定した。米国 FDA 生物学的同等性試験ガイドラインでは、消失半減期の5倍以上設けることが勧められている⁵²⁾。しかし、今回の研究では対象者が治療過程にあるため、治療を受ける権利の観点からウォッシュアウト期間を2日間に設定することが倫理委員会において求められた。本研究の結果としては、持ち越し効果は認められなかったが、今後の研究を進めるにあたってはウォッシュアウト期間の再検討が必要であると考え。

利き手または非利き手が筋電義手操作に及ぼす影響については、今回は対象者数の少なさから検討することはできなかった。また筋電義手操作について利き手および非利き手の影響に関する報告は調べた限りでは見当たらなかった。そのため今後は、利き手または非利き手に装着するかによる筋電義手の操作性や両手動作における非切断側の利き手や非利き手の影響について検討する必要があると考える。

対象者の切断歴は、最も長い対象者は624か月(先天性欠損)で、最も短い対象者は3か月(後天性の切断)であった。この切断歴が筋電義手操作に影響を及ぼす可能性については、筋電義手

操作未経験の同条件の観点から影響は少ないと考える。その理由は、筋電義手は切断端の筋収縮により手先具を操作するが、その対象となる筋の収縮で手先具を操作することは、全員が未経験であり、かつ装着前練習として筋電位制御練習を同条件で実施しているからである。しかし、先天性欠損者と後天性切断者の筋電ハンドの制御に関する研究は、調べた限りでは見当たらないため切断原因が筋電義手操作能力に影響を及ぼしていることは否定できない。そこで今後は、切断歴の違いによる筋電ハンドの制御能力に及ぼす影響に関する研究課題があると考えられる。

能動義手の使用は、全対象者が経験していた。能動義手の使用経験が筋電義手操作に影響を及ぼす可能性については、筋電義手と能動義手の手先具操作の力源の観点から影響は少ないと考える。その理由は、筋電義手は上肢のリーチ範囲の制限を受けずに手先具の開閉が可能であり、能動義手はハーネスやコントロールケーブルにより手先具の開閉に上肢のリーチ範囲の制限を受け、姿勢により手先具が開閉不可能な場合があり筋電義手と能動義手の操作方法に違いがあるからである。しかし、能動義手の操作経験により手先具の位置と身体運動の関係など身体イメージが何らかの影響を及ぼしていた可能性は否定できない。そこで今後は、筋電義手と能動義手の操作が身体運動や認知機能などに及ぼす影響についての研究課題があると考えられる。

2-6.臨床への示唆

片側前腕切断者の筋電義手操作練習の片手操作練習と両手操作練習は実際に多くの施設で行われている。本研究では、片手操作練習も両手操作練習も筋電ハンドの開閉制御や日常生活動作などに効果があることが示唆された。また、片手操作練習と両手操作練習を比較した場合は、両手操作練習が片手操作練習と比較して、効果が大きいことが示唆された。作業療法においては、可能な限り早期に両手操作練習を実施することを推奨できる可能性があることが示唆されたと考える。その結果、筋電義手を使用する切断者自身が日常生活動作を早期に習得し、自らの生活イメージを持つことを促進できると考えられる。それにより片側前腕切断者の作業療法

において、筋電義手操作に関する問題の早期発見とその対応および効率的な練習が実施でき、最終的には早期の社会復帰が実現できることが期待できる。

2-7.本章の結論

本結果から両手操作練習においても片手操作練習と同様の筋電ハンド開閉制御能力の向上が確認でき、片手操作練習と両手操作練習に効果の差がないことが示唆された。また、両手操作練習は、片手操作練習と比較して日常生活で使用する物品操作や日常生活動作における筋電義手操作能力に練習効果が大きいことが示唆された。特に、筋電ハンドの先端で把握対象物をタイミングよく操作することが必要な動作では両手操作練習の効果が高いと考えられた。そのため筋電義手操作練習においては、両手操作練習が重要である可能性が示唆された。

第3章 筋電義手と健常手の比較からみた筋電義手の課題(研究2)

3-1.背景と目的

筋電義手は、義手の構造により手関節の運動機能が制限されるため、筋電義手使用者と健常者では動作の違いがある⁵³⁾。そのため、筋電義手使用者は健常者と同様の動作を行えるために代償運動を効果的に習得する必要がある⁵⁴⁻⁵⁶⁾。しかし、その具体的な代償運動は明らかにされていない。また、筋電義手使用者が健常者と同様の動作が可能になるために筋電ハンドの開発研究も行われている^{57,58)}。

本章(研究2)の目的は、片側前腕切断者が操作する筋電義手と健常者の健常手を対象に日常生活の物品操作の違いを調べて、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。仮説としては、筋電義手と健常手の比較について筋電義手は健常手よりも動作速度が遅く、さらに筋電義手の手継手やソケットの構造から生じる運動制限による代償運動に関する課題があると仮説を立てた。

3-2.方法

3-2-1.対象

対象者は、筋電義手使用者と健常者である。筋電義手使用者(以下、筋電義手群)の対象を選出するにあたっての除外基準は、断端長が10 cm未満である者、筋電位採取が困難な皮膚状態にある者、医師により認知機能障害および知的障害により義手装着が困難であると診断された者、筋電義手操作経験のある者、20才未満である者、研究協力に同意を得られない者とした。筋電義手群は、12名(男性8名、女性4名)で研究1と同じ対象者であるが、研究1終了後に1週間のADL練習を実施した後、日常生活で問題なく筋電義手を使用できることを確認して実験を行った。また、実験に際しては、対象者の中に糖尿病等の合併症による固有受容感覚に障害を有する者、筋力低下や関節可動域制限の機能障害により義手装着が困難である者はいなかった。健常者(以下、健常手群)の対象を選出するにあたっての除外基準は、上肢機能に障害の

ある者、検査実施にあたり認知機能および知的に問題のない者、20才未満である者、研究協力に同意を得られない者とした。健常手群は12名(男性7名、女性5名)、年齢は 31.9 ± 7.6 歳、身長は 166.8 ± 8.2 cm、体重は 56.3 ± 7.5 kg、利き手は、右側9名、左側3名であった。両群の性別、利き手はFisherの正確確率検定、年齢、身長、体重は、Welchの t 検定を用いて検定を行い、性別、身長、体重では有意差は認められず($p > 0.05$)、年齢は有意差が認められた($p = 0.027$)(表3-1)。

表3-1 筋電義手群と健常手群

	筋電義手群 n=12	健常手群 n=12	
性別[男/女]	8/4	7/5	
年齢[年齢]	42.9 ± 13.9	31.9 ± 7.6	**
身長[cm]	162.8 ± 5.7	166.8 ± 8.2	
体重[kg]	58.9 ± 6.5	56.3 ± 7.5	
利き手[右/左]	9/3	9/3	
前腕長[cm]	18.2 ± 5.7	—	
断端率[%]	66.3 ± 18.9	—	
最大前腕周径[cm]	22.8 ± 2.6	—	
切断歴[月]	126 ± 225.8	—	
切断原因[後天性/先天性]※	9/3	—	
能動義手使用歴[月]	4.3 ± 4.0	—	

** $p < .01$

※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

3-2-2. 筋電義手と健常手を比較する動作課題について

本実験では、筋電義手操作について筋電義手使用者と健常者の動作の比較を行い、その特徴や違いを調べることから、健常者データが評価基準に設定され、筋電義手評価に用いられるもので日常生活や物品操作が用いられるものが望ましいと考えた。そこで、義手の有効性を評価するために開発された上肢機能検査法で、日常生活の手の把握型の分析とその使用頻度に基づ

いて構成され、日常の手の使われ方や物品操作能力について広範囲に捉えている検査法⁴⁸⁾として SHAP³⁵⁾を用いた。SHAP は、健常人 61 名を対象に筋電義手の学習過程を調べた報告⁵⁹⁾や義手使用者 21 名を対象に義手の操作能力の低下に目と手の協調性が影響を及ぼしていることを示した報告⁶⁰⁾があり、義手のアウトカム指標となる評価方法のガイドライン³⁰⁾で推奨されている評価法である。そのため研究 2 では、筋電義手使用者と健常者に SHAP を実施して、その検査項目別にその課題遂行時間について比較検討した。

3-2-3. SHAP の検査項目とデータ収集について

今回は、日常生活動作に関連する物品操作の違いを調べるため、14 課題の日常生活動作課題の課題遂行時間を用いた。日常生活動作課題は、コインつまみ・ボタンはずし・粘土をナイフで切る・カードめくり・瓶の蓋はずし・水差し・ジュースを注ぐ・重い物の持ち上げ・軽い物の持ち上げ・トレイの持ち上げ・鍵まわし・ジッパーの開閉・ねじ回し・ハンドル回しの 14 項目である。

筋電義手使用者のデータは、筋電義手操作練習のプログラム^{23,24)}に基づいて、筋電義手装着前練習および筋電義手ハンドの開閉練習、片手操作練習、両手操作練習、日常生活動作練習をそれぞれ 5 日間・合計 20 日間実施して、作業療法士により筋電義手操作が十分に可能と判断された後、SHAP を実施した。健常者は、本実験の除外基準を確認し、対象者基準を満たすことを確認した後、SHAP を実施した。

3-2-4. 統計処理

統計処理は、筋電義手群と健常手群の課題遂行時間について、F 検定にて等分散性の検定を行い両群の SHAP 下位項目の各課題遂行時間の結果のばらつきに違いがあるかを検討した。検定の結果、有意差が認められなかった場合、分散は等しく、有意差が認められた場合、分散は等しくないことになる。その後、筋電義手群と健常手群の課題遂行時間を Shapiro-Wilk 検定に

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。統計学的有意水準は 5%とした。

統計解析は、統計解析ソフト IBM SPSS Statistics ver.24.0 を使用した。

3-3.結果

筋電義手群と健常手群の SHAP 下位項目の日常生活動作課題 14 項目の比較結果を図 3-1, 図 3-2, 表 3-2 に示す。筋電義手群と健常手群の結果で等分散性が認められず、2 群間において異なる結果であった項目は、コインつまみ($p=0.005$), ボタンはずし($p=0.033$), カードめくり($p<0.001$), 鍵まわし($p<0.001$), ジッパーの開閉($p<0.001$), ねじ回し($p=0.003$), ハンドル回し($p<0.001$)の 7 項目で筋電義手群の分散が大きかった。また、2 群間の等分散性が認められた項目は、粘土をナイフで切る($p=0.162$), 瓶の蓋はずし($p=0.142$), 水差し($p=0.222$), ジュースを注ぐ($p=0.239$), 重い物の持ち上げ($p=0.381$), 軽い物の持ち上げ($p=0.281$), トレイの持ち上げ($p=0.283$)の 7 項目であった。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の結果は、全ての項目において有意差を認め、健常手群の課題遂行時間が短かった。

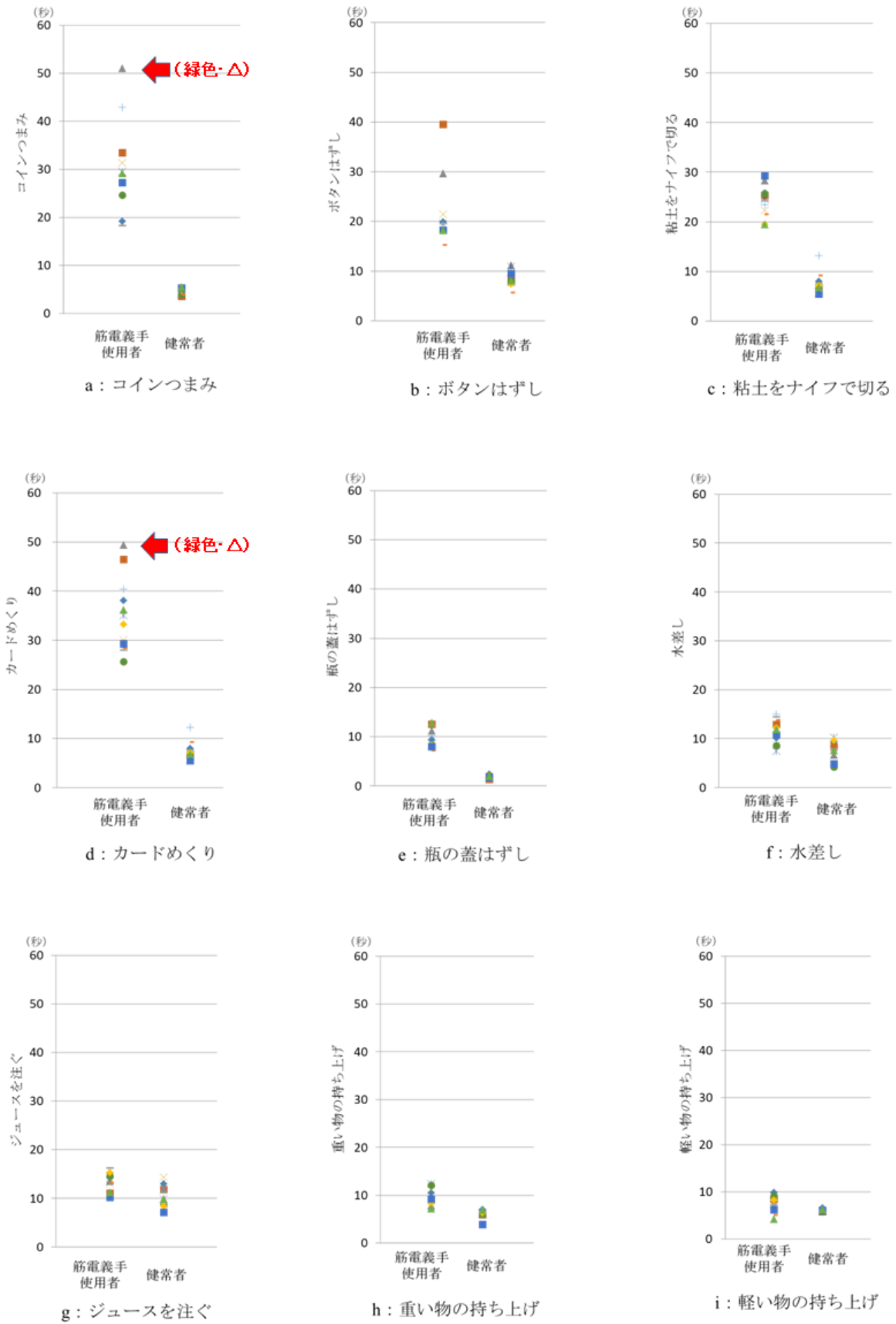
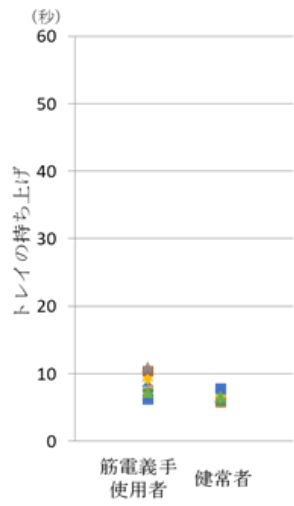
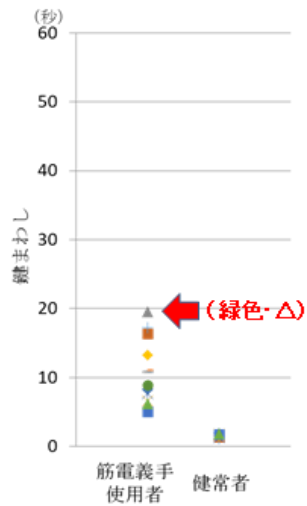


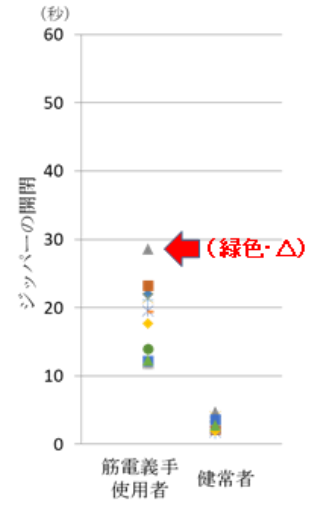
図3-1：日常生活動作課題における筋電義手と健常手の比較 (a~i)



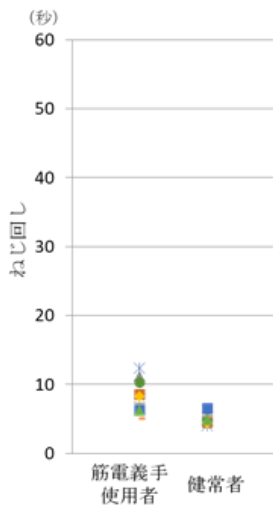
j : トレイの持ち上げ



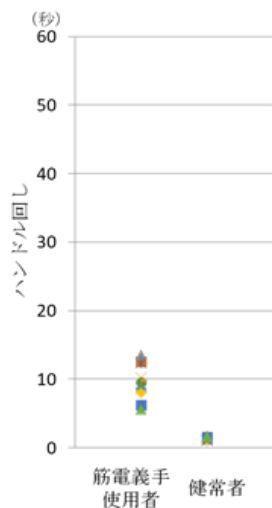
k : 鍵まわし



l : ジッパーの開閉



m : ねじ回し



n : ハンドル回し

図3-2：日常生活動作課題における筋電義手と健常手の比較 (j～n)

表3-2 筋電義手と健常手の比較結果

	筋電義手	健常手	F検定 (p値)		Welchのt検定 (p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

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

3-4. 考察

3-4-1. 筋電義手操作練習の課題

研究2の目的は、片側前腕切断者が操作する筋電義手と健常者の健常手を対象に物品操作を含む日常生活動作について調べて、筋電義手操作練習における課題を明らかにすることである。そこで、SHAPの日常生活動作課題14項目の課題遂行時間の等分散性に注目した。その理由は、課題動作が困難で時間を要する対象者がどちらかの群内に存在すれば、等分散が認められなくなることが考えられる。そして、等分散が認められず筋電義手群でばらつきが大きい場合は、筋電義手では難易度が高い動作が含まれるのではないかと考えた。

本研究の結果、粘土をナイフで切る・瓶の蓋はずし・水差し・ジュースを注ぐ・重い物の持ち上げ・軽い物の持ち上げ・トレイの持ち上げについては等分散が認められた。この項目は、

筋電義手と残存手で実施する両手動作課題であった。両手動作の場合は、義手は残存手の補助としての役割が多い^{26,27)}。そのため両手動作課題では、残存手が主な役割を果たして筋電義手がその補助的に活用された可能性があると考えられる。

筋電義手群と健常手群の課題遂行時間の結果が等分散であるかについては、コインつまみ・ボタンはずし・カードめくり・鍵まわし・ジッパーの開閉・ねじ回し・ハンドル回しについて認められないことがわかり、すべての項目において、筋電義手群が健常手群と比較して、同群内のばらつきが大きいことがわかった。特に、筋電義手においてばらつきが大きかった項目は、コインをつまむ、カードをめくる、鍵まわしなど机上で行う課題であり、前腕の回内外運動や手関節の掌屈運動を必要とする動作であったと考えられる。今回の筋電義手の手継手は、同条件で実験を行うため回内外角度を0度で固定していた。また、筋電義手の前腕ソケットは自己懸垂型ソケットのため肘頭にソケットが引っ掛けられ、前腕の回内外運動は制限されていた。

つまり、等分散が認められた両手動作は、筋電義手と残存手により保持した対象物を上方へ持ち上げるなどの一方向かつ両肩関節運動を使用する粗大な動作であり、このような両手動作はすべての対象者に違いが少なく難易度が低いことが考えられる。一方、等分散が認められず、ばらつきが大きい片手動作は、筋電ハンドの先端で対象物を操作する動作であり、筋電ハンド開閉制御能力のみならず、手関節や前腕の運動を必要とする動作の特徴があり難易度が高い動作であったと考えられる。

Lindner ら⁶¹⁾は、手の向きあるいは手が把握している物体の向きの調整を行うのは手関節運動、前腕回内運動であると述べ、中村ら⁶²⁾は、前腕回内運動は肩関節の外転運動、前腕回外運動は肩関節の内転運動と密接な関係があると報告している。また長尾ら⁶³⁾は、肩や肘での運動の代償により回内外の制限は減少すると報告されている。そのため、今回の筋電義手操作では肩関節による代償運動が生じていた可能性が考えられ、筋電ハンドで対象物を把握する際に動作のし難さが生じ、結果として課題遂行に時間を要したことが考えられる。

今回の結果から筋電義手での日常生活動作課題においては、把握対象物に対する筋電ハンド

の向きを決める回内外運動の代償運動となる肩関節の外転・内転運動が影響していることが示唆された可能性がある。筋電義手を実用的に使用するためには、筋電義手操作における代償運動は必要な動作とされている⁵⁵⁾。つまり、筋電義手操作練習では、筋電ハンドの開閉制御のみならず筋電義手の手継手やソケットが及ぼす運動制限を考慮し、適切な肩関節の代償運動の習得も視野に入れた適切な動作指導が必要であることが示唆されたと考える。

鎌倉⁶⁴⁾は、手は腕につながってはじめて“手”たりうると述べ、手との関連において、腕には3つの役割があり、その第1は、手を任意の位置に移動し、かつその位置に保つこと、第2は手掌の向きを調整すること、第3は手の位置や手掌の向きの変更を物体の操作に役立てることと報告している。また、森田ら⁵³⁾は義手の使用を含めた両上肢の使い方や片手動作を作業療法の早期から実施すること、日常生活動作においての上肢の使い方や姿勢について指導する必要があると報告している。つまり、片側前腕切断者における筋電義手使用者においては、日常生活動作獲得のための前腕回内外運動を代償する肩関節の代償運動の動作指導を適切に行うことは重要な課題であることが示唆されたと考える。

また、対象者別に日常生活動作課題14項目の結果(図3-1, 3-2)を確認したところ、「緑色・△の対象者(以下、当事例)」が、ばらつきの大きかったコインつまみ・カードめくり・鍵まわし・ジッパーの開閉において課題遂行時間を最も要していた。当事例について考察することは、筋電義手を希望する片側前腕切断者に筋電義手操作を習得する指導をする際に重要な知見となる可能性があると考えたので以下に考察をしたい。

当事例は、左側先天性欠損(断端長13cm, 56%)で58歳の女性である。体格は、身長152cm, 体重52kgで小柄である。当事例を含め全対象者は、筋電義手操作練習を実施して日常生活動作に特に問題はないことが確認されていた。しかし、他の対象者と比較してコインつまみ等の筋電ハンドで小さな対象物を操作する点において時間を要した。その要因は、筋電ハンドを含む義手の重量が当事例にとって比較的によく、筋電義手側の片側上肢のみで対象物を把握したり操作することに時間を要していたと考えられる。その理由は、当事例は体格が小柄で断端長も

短く、さらに50歳代の女性のため上肢筋力の持久性の課題などが考えられる。また、筋電義手装着側の上肢は、先天性欠損であり残存手のみでの生活が長く欠損側上肢の運動経験が乏しいことが考えられる。そのため筋電義手が装着された上肢のみでの片手操作に運動速度の遅さが生じた可能性が考えられる。当事例にとっては、今回の筋電義手操作練習期間は短く、練習時間の不足や当事例に適した筋電義手操作の指導法や残存する身体機能練習が必要であったと考えられる。以上のように、筋電義手操作の習得のためには使用者の生活歴や切断原因および身体機能などを十分に評価し、筋電義手操作練習に加えてその個別性に適した指導法や練習期間の検討および対応を行うことが重要であると考えられる。

3-4-2. 筋電義手の開発課題への示唆

今回、健常者と比較して分散が大きかったコインつまみ・ボタンはずし・カードめくり・鍵まわし・ジッパーの開閉・ねじ回し・ハンドル回しは、手関節の掌屈背屈運動や撓屈尺屈運動ならびに肩関節の内外旋運動の代償運動を必要とする動作である。筋電義手を操作する場合は、代償運動を効果的に習得する必要がある^{54,55)}と考える一方で、不要な代償運動を減らす必要がある⁵⁶⁾。不要で不自然な代償運動は、スムーズな動作の妨げになり、上肢にも余計な力が入り筋電ハンドの誤制御の原因になることが報告されている²⁴⁾。そのため、筋電義手操作を行うにあたり代償運動は必要であるが、可能な限り健常者と同様の動作ができることが望ましい。

つまり、手関節運動や前腕回内外運動を可能にする筋電義手の開発が期待されると考える。筋電義手の部品には手関節の屈曲手継手やリストローターの部品は存在するが、他動的に操作する機構や動作中に調整を行うことはできない機構であり、実際には残存機能の代償運動に頼ることが多く、実用的とは言い難い。樋口ら⁵⁶⁾も、手関節の動きと連動した前腕回内外機能に特化した筋電義手の開発を優先すべきと報告している。また、手の向きを調整できない腕は、たとえ手の移動に優れていても役に立たない⁶⁵⁾。これらのことから、前腕切断者の筋電義手の開発には、動作時に随意的に調整可能で物品を操作できる手関節運動機能のある義手の部

品開発が必要であり、筋電ハンドの開閉のみならず物品操作におけるハンドを考慮した筋電義手が必要であると考えられる。

3-5.研究2の限界

本研究は、筋電義手使用者と健常者の日常生活で用いられる物品操作の遂行時間を比較することで、筋電義手操作の課題について考察した。本研究で実施した筋電義手練習の内容は、装着前練習、片手操作練習、両手操作練習、日常生活動作練習と筋電義手練習として推奨される方法を行った。しかし、対象の筋電義手使用者は、研究1と同様であり、一部は片手操作練習と両手操作練習の順序が異なった。そのため筋電義手操作能力に違いがあることは否定できない。筋電義手操作能力については、片手操作練習および両手操作練習を終了後に1週間の日常生活動作練習を行い、作業療法士が日常的に筋電義手操作を十分に可能であることを確認して検査を行ったが、今後は筋電義手練習課程を同等に行った対象者での検証が必要であると考えられる。また、対象者は年齢の違いや利き手の違いなどがあったため、結果に影響を及ぼしていることは否定できない。今後は年齢や利き手等の切断側を考慮した研究が必要である。

今回の物品操作課題は、SHAPの下位項目を用いた内容であるため、その項目以外の物品操作や動作については検証されていない。そのため今後は、SHAPの下位項目以外の物品や環境条件における検証が必要である。

筋電義手の手継手は、同一条件で実施するため回内外角度0度で固定した。日常生活で筋電義手を使用する場合は、個人差があるが手継手の回旋角度を変えて使用している者もいる。そのため今後は、手関節の回旋角度の違いによる動作の違いを検討する必要がある。

また、本研究については、実際の動作を動画や静止画などの画像を用いて解析していないため、運動学的な検討を行っていない。そのため今後は、本研究の結果を基に、3次元動作解析装置などを用いた運動学的研究による検証を行うことで、筋電義手操作のために習得すべき代償運動がどのようなものかを具体的に検討する必要があると考える。

3-6.臨床への示唆

本研究の目的は、片側前腕切断者の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った。その結果、筋電ハンドで把持対象物を操作する際に、肩関節の代償運動の獲得も視野に入れた適切かつ詳細な動作指導が必要であることが示唆されたと考える。しかし、本研究では具体的な代償運動の方法については明らかにできなかった。そのため今後は、代償運動の必要性と共に、適切な代償運動について研究する必要があると考える。

また、筋電義手の開発に関しては、より健常者と同様の動作が可能になるために手継手の開発の必要性が示唆されたと考える。今後は、筋電義手使用者が健常者と同じ動作が可能になり、身体的負担が改善できるために手継手の開発が期待されると考える。

3-7.本章の結論

本結果から、筋電義手と健常手の比較では日常生活動作においては、筋電義手は回内外運動が制限されるため、日常生活動作において適切な肩関節の代償運動の習得が重要であることが示唆された。筋電義手の開発課題では、健常者と同様の動作が可能になる手関節運動や回内外運動が可能となる手継手の開発の必要性が示唆された。

第4章 総合考察と総括

4-1. 両手操作練習と代償運動の重要性

本研究では、研究1と研究2で筋電義手操作練習における筋電義手操作能力の分析を行った。両研究において筋電義手操作能力検査として、SHAPを用いた日常生活動作の物品操作能力を検討した。

研究1のSHAPの結果では、両手操作練習が片手操作練習と比較して、コインつまみ、ボタンはずし、カードめくり、鍵まわし、ジッパーの開閉で練習効果が大きいことが示唆され、両手操作練習であっても筋電義手のみで行うコインつまみやカードめくりなど筋電ハンドの先端で把握対象物を的確に操作する能力に影響を及ぼしたことが考えられた。

研究2のSHAPの結果では、筋電義手と健常手を比較して、コインつまみ・ボタンはずし・カードめくり・鍵まわし・ジッパーの開閉・ねじ回し・ハンドル回しに両者の違いがあることが示唆され、筋電義手操作時の前腕回内外運動と代償する肩関節の代償運動の重要性が示唆された。

そして、両研究のSHAPの結果から共通する項目が、コインつまみ・ボタンはずし・カードめくり・鍵まわし・ジッパーの開閉であることがわかった。その結果、両手操作練習により筋電義手操作能力に効果が大きい項目と筋電義手操作時に課題がある項目が共通することは、両手操作練習が、筋電義手操作時の課題である動作の改善や能力向上に効果がある可能性が考えられる。また、研究2では、筋電義手と健常者の動作の違いを及ぼしている原因として筋電義手装着肢の前腕回内外運動の制限が示唆され、その対策として肩関節の代償運動の習得の必要性が考えられた。

そのため研究1と研究2を通じては、筋電義手操作練習においては、両手操作練習と適切な代償運動の習得を行うことが筋電義手に重要である可能性が考えられる。

4-2. 本研究の総括

研究1では、両手操作練習においても片手操作練習と同様の筋電ハンド開閉制御能力の向上が確認でき、片手操作練習と両手操作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、日常生活において筋電ハンドの先端で把握対象物を的確に操作する日常生活動作で練習効果が大きいことが認められたことから、筋電義手操作練習における両手操作練習の重要性が示唆された。そのため筋電義手操作練習の開始初期より両手操作練習を行うことで、早期にADL練習へ移行することができる可能性があると考えられる。

研究2では、筋電義手と健常手の比較では日常生活動作においては、筋電義手は前腕回内外運動が制限されるため、日常生活動作において適切な肩関節の代償運動の習得が重要であることが示唆されたと考える。筋電義手の開発課題では、健常者と同様の動作が可能になる手関節運動や回内外運動が可能となる手継手の開発の必要性が示唆された。

また両研究を通じて、筋電義手操作練習では、両手操作練習を実施することと前腕回内外運動を代償する肩関節の代償運動を習得することが重要であることが考えられた。

以上のことより、本研究の総括としては、片側前腕切断の筋電義手使用者は、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。

4-3. 本研究の限界と今後の課題

本研究を通じた研究の限界と今後の課題は以下の通りである。

本研究の対象者は、片側前腕切断者および筋電義手練習を実施できる者として貴重な対象者であったと考える。しかし、臨床研究としてそのサンプル数は少なく、結果を示す上では限界と考えられる。今後は、この結果を参考に症例数を増やして研究結果の信頼性を検討する必要があると考える。

片手操作練習と両手操作練習については、筋電義手操作練習として位置付けられているが、

その特徴が筋電義手のみで行う片手操作と筋電義手と残存手で行う両手操作とその性質が異なっている点がある。つまり、両手動作はその性質として日常生活動作に多く行われる動作であると考えられる。そのため、ACMC や SHAP の下位項目で両手動作課題が含まれていることから両手操作練習の性質が、片手操作練習と比較して今回の結果に影響を及ぼしている可能性は否定できない。しかし、上肢切断者が筋電義手を使用する目的は、日常生活動作の獲得であり、両手操作練習が片手操作練習と比較して筋電義手操作能力に効果があることは一定の有用性があると考えられる。今後は、片手操作練習および両手操作練習の詳細な方法についても検討を行い、ADL 練習との関連も検討する必要があると考える。

本研究で使用した筋電義手は、OttoBock 社の Myobock Electric Hand を用いたため、本研究は Myobock Electric Hand における片手操作練習と両手操作練習が筋電義手操作能力に及ぼす影響を示すものであったと考えられる。近年は、Össur 社の i-limb quantum や OttoBock 社の Bebionic Hand が開発されて使用できる環境が整いつつある。筋電ハンドの機能は、メーカーにより異なる点があるため、各種の筋電ハンドで検証する必要がある。

謝辞

本研究の立案からデータ解析の指導，論文執筆にわたり，多大なるご指導をいただきました。指導教授である国際医療福祉大学大学院福祉支援工学分野の山本澄子先生に心より厚く御礼申し上げます。山本澄子先生には，大学院博士課程院生在籍中よりご指導を賜ってきました。山本澄子先生の温かいご指導がなければ，本研究の完遂はなかったと感じております。

兵庫県立総合リハビリテーションセンターのセンター所長の陳隆明先生，作業療法士の柴田八衣子先生，溝部二十四先生，岡本真規子先生，中島友香先生，安藤悠先生はじめ作業療法士の皆様には，実際の計測等において，多くのご指導とご協力をいただきました。兵庫県立総合リハビリテーションセンターのご理解とご協力がなければ本研究は遂行できませんでした。また，株式会社近畿義肢製作所の増田章人先生には，筋電義手製作に惜みないご協力をいただきました。産業技術総合研究所の梶谷勇先生と東京電機大学の西謙吾先生には，研究計画立案や参考文献等のご協力とご指導をいただきました。皆様に深く感謝いたします。また，本研究に快くご協力いただきました被験者の皆様には深くお礼申し上げます。

本稿を終えるにあたり，本研究は本当に多くの方々に支えられて出来上がったものであると感じております。ご理解，ご協力いただいた全ての皆様にあらためて感謝の意を表します。

文献

- 1) 古川宏[編].作業療法学全書改訂第 3 版作業療法技術学 1 義肢装具学.東京:協同医書出版社,2016:17
- 2) 北山一郎.義手.日本義肢装具学会誌.1986;2(4):270-274
- 3) 中村春基,柴田八衣子,大庭潤平ら.義手の現状と今後の課題.作業療法ジャーナル, 1999;33:703-708
- 4) 陳隆明[編].筋電義手訓練マニュアル.東京:全日本病院出版会,2006:10-11
- 5) 三上真弘[編].最新義肢装具ハンドブック.東京:全日本病院出版会,2007:158-161
- 6) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所義肢装具技術研究部.上肢切断者のための手引書「はじめての義手」
<http://www.rehab.go.jp/ri/hosougu/Panf/upperlimb/guide-upper%20full.pdf>.2018.12.29
- 7) 内閣府.「障害者白書」平成 25 年版報告書.2013:5-6
http://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/h25hakusho/zenbun/furoku_08.html.2016.5.30
- 8) 川村次郎.上肢切断者の現状と動向－近畿地区におけるアンケート調査から－.リハビリテーション医学.1999;36:384-389
- 9) 川村次郎,中川昭夫,澤村誠志ら.諸外国における筋電義手の公的支給制度.日本職業災害医学会誌.2001;49:501-508
- 10) 陳隆明.筋電義手普及の現状と課題高位切断者に対する戦略そして今後の展望.リハビリテーション医学.2012;49(1):31-36
- 11) 田中清和,上野高明,阿部早苗ら.筋電義手の適応と支給－労災保険法による支給状況－.総合リハビリテーション.2013;41(6):541-545
- 12) 厚生労働省.「義肢等補装具専門会議」報告書
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002ec24-att/2r9852000002ec31.pdf> .2016.2.17
- 13) 田中広太佳.日本における筋電電動義手の公的支給制度の現状.日本義肢装具学会

誌.2014;30(4):219-222

- 14) 大庭潤平,中川昭夫,古川宏ら.義手に関する学術研究に関する動向～日本作業療法学会と日本義肢装具学術大会の 20 年間の学術発表から～.神戸学院総合リハビリテーション研究.2014;10(2):145-153
- 15) Hermansson LM, Fisher AG, Bernspang B, et al. Assessment of capacity for myoelectric control: a new Rasch-built measure of prosthetic hand control. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2005;37:166-171
- 16) Jarl GM, Hermansson LM, Translation and linguistic validation of the Swedish version of Orthotics and Prosthetics Users' Survey. *Prosthet Orthot Int*. 2009;33(4):329-338
- 17) Ann M.Simon, Blair A.Lock, Kathy A.Stubblefield. Patient training for functional use of pattern recognition-controlled prostheses. *Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2012; 24(2): 56–64
- 18) Carey L. Stephanie, Derek J. Lura, M. Jason Highsmith: Differences in myoelectric and body-powered upper-limb prostheses: Systematic literature review, *Journal of Rehabilitation Research & Development (JRRD)*. 2015 ;52(3):247-262
- 19) 村田郁子,平林伸治,福井信佳.筋電電動義手の職業復帰における有効性と今後の課題 労災保険制度における研究用支給筋電義手の訓練を経験して. *日本職業・災害医学会会誌*.2013;1(5):309-313
- 20) 浅見豊子.筋電義手の実用性における課題. *日本義肢装具学会誌*.2014;29(2);74-79
- 21) Resnik L, Matthew Borgia.Responsiveness of outcome measures for upper limb prosthetic rehabilitation.*Prosthetics and Orthotics International*.October 21.2016; vol.40:96-108
- 22) Atkins DJ.Chapter11:Adults upper limb prosthetic training.In:Bowler HK, Michael JW,editors. *Atlas of limb prosthetics:surgical,prostheticand rehabilitation principles*.2nd edition.Rosemont(IL): American Academy of Orthopadic Surgeons:1992.reprinted 2002:277-292
- 23) Johnson SS, Elizabeth Mansfield. Prosthetic training: upper limb. *Physical Medicine and*

Rehabilitation Clinics.2015;25(1):133-151

- 24) 溝部二十四,陳隆明,柴田八衣子ら.義手の訓練方法のポイントと指導のコツ：筋電電動義手.
日本義肢装具学会誌.2013;29(4):240-245
- 25) 柴田八衣子,大塚博,澤村誠志ら.筋電義手の装着訓練とメンテナンス-実際の症例から-.日本
義肢装具学会誌.2011;17(4):249-256
- 26) 大庭潤平,梶谷勇,大西謙吾ら.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～.日本義肢装具学会誌.2019;35(1):59-64
- 27) オットーボックグループサイト <http://www.ottobock.co.jp/>.2018.8.28
- 28) 日本作業療法士協会編.作業・その治療的応用.第1版.東京:共同医書出版社,1985
- 29) 一般社団法人日本作業療法士協会.作業療法ガイドライン 2012 年度版,2013
- 30) Wright V.Prosthetic outcome measures for use with upper limb amputees: A systematic review of
the peer-reviewed literature, 1970 to 2009. American Academy of Orthotists and
Prosthetists.2009;21(9):3-63
- 31) Smith,DA.The Box and Block Test:Normative data for 7,8,9year-old children(mastersthesis), Los
Angeles:University of Southern California.1961
- 32) Hermansson LM, Bodin L, Eliasson AC. Intra and inter-rater reliability of the assessment of
capacity for myoelectric control. Journal of Rehabilitaton Medicine.2006;38(2):118-123
- 33) Davidson J.A comparison of upper limb amputees and patients with upper limb injuries using the
Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH).Disability and Rehabilitation. 2004;26:917-923
- 34) Demet K, Martinet N, Guillemin F, et al. Health related quality of life and related factors in 539
persons with amputation of upper and lower limb. Journal of Rehabilitation Medicine.
2003;25(9):480-486
- 35) Wada T, Kawai A, Ihara K, et al. Construct validity of the Enneking score for measuring function in
patients with malignant or aggressive benign tumours of the upper limb. The Bone and Joint journal.

2007;89(5):659-663

- 36) Colin M.Light, Paul H.Chappell, Peter J.Kyberd.Establishing a standardized clinical assessment tool of pathologic and prosthetic hand function: Normative data, reliability, and validity. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.2002;83(6):776-783
- 37) Desmond DM, MacLachlan M. Factor structure of the Trinity Amputation and Prosthesis Experience Scales (TAPES) with individuals with acquired upper limb amputations. American journal of Physical Medicine and Rehabilitation. 2005;84(7):506-513
- 38) Burger H, Franchignoni F, Heinemann AW, et al. Validation of the orthotics and prosthetics user survey upper extremity functional status module in people with unilateral upper limb amputation. Journal of Rehabilitation Medicine.2008 May;40(5):393-399
- 39) Dedding C, Cardol M, Eyssen IC, et al. Validity of the Canadian Occupational Performance Measure: a client-centred outcome measurement. Occupational Therapy International.1994;71: 229-247
- 40) Wendy Hill, Kyberd P, Liselotte Norling Hermansson et al. Upper limb prosthetic outcome measures (ULPOM): A working group and their findings. American Academy of Orthotists and Prosthetists.2009;9:69-82
- 41) 藤原俊之 [訳]. 上肢リハビリテーション評価マニュアル. 東京: 医歯薬出版株式会社, 2011:16-19
- 42) 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
- 43) Lindner HY, Eliasson AC, Hermansson LM. Influence of standardized activities on validity of Assessment of capacity for myoelectric control. Journal of Rehabilitation Research and Development. 2013; 50(10):1391-1400

- 44) 折笠秀樹.クロスオーバー試験の計画及び解析.薬理と治療.2016;44(9):1261-1276
- 45) 折笠秀樹.論文作成における統計解析に関する留意点.薬理と治療.2015;43(7):939-942
- 46) 柴田八衣子,陳隆明,溝部二十四ほか.義手の訓練方法のポイントと指導のコツ:前腕能動義手.
日本義肢装具学会誌.2013;29(4):232-239
- 47) 田中宏太佳.動画で学ぶ筋電電動義手マニュアル:厚生労働省労災疾病臨床研究補助金事業
報告書.2017:20-47
- 48) Light CM, Chappell PH, Kyberd PJ.Establishing a standardized clinical assessment tool of
pathologic and prosthetic hand function: Normative data, reliability, and validity. Archives of
Physical Medicine and Rehabilitation.2002; 83:776-783
- 49) Cary I, Adams J. A comparison of dominant and non-dominant hand function in both right and left
handed individuals using the Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP). British Journal of
Hand Therapy.2003; 8(1): 4-10
- 50) Kalask JF, Crammond DJ. Cerebral cortical mechanisms of reaching movements. Science.1992;
255:1517-1523
- 51) Bower AJ. Plasticity in the adult and neonatal central nervous system. J Neurosurg. 1990;4:253-264
- 52) US Food and Drug Administration,Guidance for industry-bioavailability and bioequivalence studies
submitted in NDA or INDs-general considerations.Rockville,2014:24
- 53) 森田千晶,山本澄子.片側上肢切断が姿勢に及ぼす影響について.日本義肢装具学会
誌.2007;23(1):75-82
- 54) 関口俊介,月城慶一.手先具回内外角度と肩代償運動の関係.義肢装具自立支援学.
2012;2(1):85-90
- 55) 長尾竜郎,藤木勇治.代償運動とそのメカニズム:上肢切断における代償運動.Journal of
Clinical Rehabilitation.1999;8(7):650-655
- 56) 樋口凱,昆恵介,野坂利也ほか,健常手の運動機能に近い前腕筋電義手開発の為の機能探索に

関する実験的研究.北海道科学大学研究紀要.2016;42:163-168

- 57) Össur 社ホームページ <http://www.touchbionics.com/>.2018.8.4
- 58) Pacific Supply 社ホームページ <http://www.p-supply.co.jp/ossur/catalog/touch-bionics/>.2018.8.5
- 59) Hanneke Bouwsema, Corry K van der Sluis, Raoul M Bongers.Changes in performance over time while learning to use a myoelectric prosthesis. Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation. 2014; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3944783/pdf/1743-0003-11-16.pdf>.2017.12.4
- 60) Parr JVV, Vine SJ, Harrison NR, et al.Examining the Spatiotemporal Disruption to Gaze When Using a Myoelectric Prosthetic Hand. Journal of Motor Behavior.2017;19:1-10
- 61) Lindner HY, Linacre JM, Hermansson LM. Assessment of capacity for myoelectric control: evaluation of the construct and the rating scale. Journal of Rehabilitation Medicine. 2009;41(6):467-474
- 62) 中村祐敬, 杉山肇, 浜田良機ほか. 前腕回旋制限に伴う上肢の可動域変化の検討 : 光学式三次元位置計測システムを用いて. 日本臨床バイオメカニクス学会誌.2007;28:125-130
- 63) 長尾徹, 村木敏明, 金子翼ほか. 箸による食事動作における前腕回旋可動域と動作時間 : 器の位置による検討. 神戸大学医学部保健学科紀要.1998;14:53-59
- 64) 鎌倉矩子.手のかたち手の動き.東京 : 医歯薬出版株式会社.1989:131-142
- 65) 鎌倉矩子,上肢のバイオメカニズムー運動・動作学的見地からー.バイオメカニズム学会誌.1999;23(2):71-76

付録 1 : Assessment of Capacity for Myoelectric Control 評価項目

出展 : <http://acmc.se/> 2018.10.15

Assessment of Capacity for Myoelectric Control

18th September 2017

Add new assessment for patient JUNPEI00035

Assessment date

Use time (prosthesis)

Activity

Notes

Show all assessments

Areas

Gripping	Holding
With support <input type="checkbox"/>	With support <input type="checkbox"/>
Power grip, without support <input type="checkbox"/>	Without support <input type="checkbox"/>
Precision grip, without support <input type="checkbox"/>	In motion <input type="checkbox"/>
Appropriate grip force <input type="checkbox"/>	Without visual feedback <input type="checkbox"/>
In different positions <input type="checkbox"/>	In motion, without visual feedback <input type="checkbox"/>
Timing <input type="checkbox"/>	Releasing
Coordinating both hands <input type="checkbox"/>	With support <input type="checkbox"/>
Without visual feedback <input type="checkbox"/>	Without support <input type="checkbox"/>
Appropriate grip force, without visual feedback <input type="checkbox"/>	In different positions <input type="checkbox"/>
Re-adjusting the grip	Timing <input type="checkbox"/>
Repetitive grip & release <input type="checkbox"/>	Coordinating both hands <input type="checkbox"/>
Repetitive grasp & release, without visual feedback <input type="checkbox"/>	Without visual feedback <input type="checkbox"/>

Save / Calculate

付録 2 : The Southampton Hand Assessment Procedure 評価項目

出展 : <http://www.shap.ecs.soton.ac.uk/index.php> 2018.10.15



Participant Test Data

ID: _____ Date: _____
 Assessor: _____ Hand Assessed: L / R
 Location: _____ Dominant Hand: L / R

Other data available: Video 3D Motion Capture Force

Abstract Objects - Lightweight

Task	Time (Sec)	Grips							Notes
		Spherical	Tripod	Power	Lateral	Tip	Extension	Other	
Spherical									
Tripod									
Power									
Lateral									
Tip									
Extension									

© SHAP Business Enterprise - University of Southampton



Abstract Objects - Heavyweight

Task	Time (Sec)	Grips							Notes
		Spherical	Tripod	Power	Lateral	Tip	Extension	Other	
Spherical									
Tripod									
Power									
Lateral									
Tip									
Extension									

© SHAP Business Enterprise - University of Southampton

Activities of Daily Living

Task	Time (Sec)	Grips							Notes
		Spherical	Tripod	Power	Lateral	Tip	Extension	Other	
Full Jar									
Empty Tin									
Tray Lift									
Key									
Zip									
Screwdriver									
Door Handle									

END OF SHAP ASSESSMENT