

研究報告書表紙

労災疾病臨床研究事業費補助金

筋電電動義手の効果的な訓練手法を確立するための研究—装着訓練方法
や試用装着期間についてのマニュアルの作成—（14060101-2）

平成27年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 田中宏太佳

平成28（2016）年 5月

研究報告書目次

目 次

I. 総括研究報告	
筋電電動義手の効果的な訓練手法を確立するための研究—装着訓練方法や試用装着期間についてマニュアルの作成	
「労働災害による上肢切断への筋電電動義手支給制度を使用して中部労災病院で処方された筋電電動義手使用者の実態調査(2年目の集計)」	4
研究代表者氏名 田中宏太佳	
II. 分担研究報告	
重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断に筋電電動義手の使用が有益であった一症例	12
分担研究者 八谷カナン	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	17
IV. 研究成果の刊行物・別刷	18
V. 平成27年度実績報告「筋電電動義手マニュアル. 前編」	24
VI. 「筋電電動義手マニュアル. 後編(筋電電動義手の作業療法)」	63
(ファイルはPDFとして別添)	

労災疾病臨床研究事業費補助金
総括研究報告書

筋電電動義手の効果的な訓練手法を確立するための研究—装着訓練方法
や試用装着期間についてのマニュアルの作成—（14060101-2）

研究テーマ：労働災害による上肢切断への筋電電動義手支給制度を使用して中部労災病院で処方された筋電電動義手使用者の実態調査(2年目の集計)

研究代表者 田中宏太佳

独立行政法人 労働者健康安全機構 中部労災病院 リハビリテーション科部長

研究要旨：労災保険においては平成20年4月から5年間、1上肢を手関節以上失った切断者に対して、筋電電動義手の研究用支給が実施された。平成25年4月以降は労災保険での正式な補装具としての支給が開始された。中部労災病院で筋電電動義手の訓練と処方を行った成人28名の上肢切断者における、復職状況と筋電電動義手の使用状況、経時的なQOL調査の集計結果を報告した。

方法は、復職の状況確認を、職場訪問や病院や義肢製作所での問診、電話での聴取などで実施した。健康関連QOLはSF-36を使用して、筋電電動義手訓練前・訓練終了時・訓練終了半年後の時期に調査した。

結果は、職業的帰結は89%(装着半年後)の復職率であった(最終的な復職率75%)。半年後の復職形態：現職原業への復帰(13名)、現職配置転換(10名)、離職後再就職(2名)であった。

筋電電動義手継続使用率：総合的な最終有効活用率は79%(22/28)で、仕事での有効活用率81%(17/21)、家庭での有効活用率は50%(14/28)であった。

前腕切断者の継続使用率82%(18/22)、上腕切断者の継続使用率67%(4/6)であった。

筋電電動義手訓練前(初回n=28)の8つの下位尺度では、{Role physical(RP)日常役割機能身体 (37.9) <Role emotional(RE)日常役割機能精神 (45.9) (P=0.035), Physical functioning(PF)身体機能 (48.6) (P<0.001), MH心の健康 (48.3) (P<0.001), Vitality(VT)活力 (51.2) (P<0.001), General health(GH)全体的健康感 (54.5) (P<0.001)} {Social functioning(SF)社会生活機能 (42.8) < VT活力 (51.2) (P=0.019), GH全体的健康感52.4 (P=0.001)}であった。

筋電電動義手訓練終了時(最終n=28)の8つの下位尺度では、{RP日常役割機能身体 (43.2) <VT活力 (54.6) (P<0.001), Mental health(MH)心の健康 (53.6) (P<0.001), GH全体的健康感 (56.3) (P<0.001)}の間に有意差が見られた。

訓練終了半年後(n=28)の8つの下位尺度では、{RP日常役割機能身体 (43.8) <VT活力 (52.8) (P=0.008), MH心の健康 (52.6) (P=0.01), GH全体的健康感 (53.3) (P<0.003)}の間に有意差が見られた。

筋電電動義手訓練前(n=28)の最終的な筋電電動義手継続使用群(使用群)と筋電電動義手継続非使用群(非使用群)の比較において、半年後のBodily pain(BP)身体の痛みにおいては、使用群49.5 非使用群40.2(p=0.05)の偏差得点で、使用群に有意に高値であった。訓練前・訓練直後・訓練半年後・フォロー後直近時期の値とも、RP日常役割機能身体、SF社会生活機能、RE日常役割機能精神、PF身体機能、MH心の健康、VT活力、GH全体的健康感において有意差はみられなかった。SF社会生活機能の項目において経過を追った直近の値から訓練直後の値を引いた値は、使用群は1.9プラス、非使用群では5.5マイナスで有意に(P=0.044)使用群での改善が見られた。

筋電電動義手の非使用の割合は、装着から調査までの月数が長くなると有意に増大する。

筋電電動義手の処方において継続的に使用してくれる対象者を選択したい場合に、QOLの評価尺度は客観的な指標として参考になると思われる。

1 研究目的

労災保険においては平成20年4月から5年間、1上肢を手関節以上失った切断者に対して、筋電電動義手の研究用支給が実施された。支給対象者は業務災害又は通勤災害により1上肢を手関節以上で失ったことにより、障害給付を受けた者又は受けると見込まれる者であって、次の要件をすべて満たす者。ア：研究調査に協力する。イ：装着訓練をしたことがない。ウ：職場復帰に意欲を有している。エ：必要な強さの筋電信号を検出できる。オ：判断力を有する。カ：筋力を有する。キ：ソケットの装着が可能である断端を有する。ク：肩および肘の関節の機能に著しい障害がないこと。ケ：継続使用が可能であると協力医療機関が判断していることとされた。平成24年6月の「義肢等補装具専門家会議報告書」に基づいた労働者災害補償保険法の義肢等補装具費支給要綱及び外科後処置実施要綱の改正により、平成25年4

月以降は労災保険での正式な補装具としての支給が開始された。具体的には、片側上肢切断者に対する筋電電動義手を新たに支給対象とされている。片側上肢切断者で障害(補償)給付を受けた者又は受けると見込まれる者であって、① 就労中(休職中を含む。)の者で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、② 申請時においては就労していないが、今後就労が予定されている者(ハローワークへの求職申込等就職活動中の者を含む。)で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、③ 他上肢又はその手指に一定以上の障害があることによって、筋電電動義手の使用が特に必要と認められる者、のいずれかに該当するものが支給対象となる。

装着訓練の期間は、前腕切断者で最大10週間、上腕切断者で最大12週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。ただし、能動義手の装着訓練と筋電電

動義手の装着訓練を合わせて行う場合は、前腕切断者で最大14週間、上腕切断者で最大16週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。また筋電動義手の試用装着の期間として片側上肢切断者に係る筋電動義手の装着訓練に引き続き、義手取扱いの習熟度等を踏まえ、最大6か月間の試用装着期間を設定し、月1回程度、医療機関における指導等を行うことができるようになった。

中部労災病院では平成20年9月から平成27年12月までに、成人においては28名の上肢切断者に筋電動義手の訓練と処方を行った(平成26年11月までに22名の切断者に筋電動義手を作成、平成26年末までに筋電動義手2名を追加作成、平成27年度は12月末で新規の筋電動本義手を4名に作成、外科後処置が許可になり貸出し用筋電動義手を平成27年度内に使用する者6名、症状固定前の急性期回復期の能動義手訓練と同時に貸出し用筋電動義手が使用でき、外科後処置の許可を待っている切断者2名と急速に貸出し用筋電動義手の恩恵を受けている患者が多くなっている)。切断患者の復職状況と筋電動義手の使用状況、経時的なQOL調査の集計結果を報告する。

2 調査研究の対象と調査方法

対象：研究者が過去に義手の治療や能動・装飾義手の製作に関与した労働災害による上肢切断患者において、断端の状況が良好で2か所の分離した筋電位を上肢から取得できることを確認し、筋電動義手の長所短所を理解でき、復職において積極的に使用する意思を確認できた切断者で、担当労働局等より筋電動義手の作成を許可された28名である(表1)。方法：復職の状況確認を、職場訪問や病院や義肢製作所での問診、電話での聴取などで実施した。健康関連QOLを、SF-36v2を使用して、筋電動義手訓練前・訓練終了時・訓練終了半年後の時期に調査した。結果を国民標準値に基づいたスコアリングで算出し、Z値から変換した値より偏差得点(10をかけその結果に50を足す)を求め、2元配置分散分析によって各時期における各下位尺度の比較、それぞれの下位尺度の経時的な変化の比較を行った(表2)。

次に、最終的な筋電動義手継続使用群(使用群)と筋電動義手継続非使用群(非使用群)の平均値の比較を(t検定)、筋電動義手訓練前・訓練終了時・訓練終了半年後の時期に下位尺度ごとに行った(表3)。

3 調査結果

(1)対象者のプロフィール：28名の性別が男性24名・女性4名、平均年齢は 43.0 ± 13.3 歳であった。切断者の障害左右別は右上肢18名・左上肢10名、手関節離断4名・前腕切断18名・上腕切断6名であった。

(2)職業的帰結：装着半年後の復職率89%(25/28)→最終的な復職率75%(21/28)であった(非復職者：ハローワーク登録4名[1名は親の介護]、加齢に伴う腰痛・膝痛1名[専業主婦]、勤務先倒産1名、離職1名)。3名の復職後に最終的に離職した期間は、筋電動義手作製後5年2カ月、6年4カ月、1年2カ月であった。半年後の復職形態：現職原業への復帰(13名)、現職配置転換(10名)、離職後再就職(2名)であった。

(3)筋電動義手継続使用率：総合的な有効活用率は79%(22/28)で、仕事での有効活用率81%(17/21)、家庭での有効活用率は50%(14/28)であった。

前腕切断者の継続使用率82%(18/22)、上腕切断者

の継続的使用率67%(4/6)であった。

訓練終了直後から継続的に筋電動義手の継続使用と非使用に関して、本義手を作成し経過を追った時期の人数は、半年6名、2年7名、4年1名、5年14名であった。

(4)筋電動義手使用時間：復職者(n=21)において仕事での1日当たりの平均使用時間は 6.7 ± 4.1 時間、1週間当たりの平均使用日数 3.9 ± 2.1 日、1週間当たりの平均使用時間は 32.1 ± 21.1 時間であった。

家庭生活での(n=28)1日当たりの平均使用時間は 3.5 ± 4.1 時間、1週間当たりの平均使用日数 3.6 ± 3.2 日、1週間当たりの平均使用時間は 18.2 ± 23.6 時間であった。

(5)訓練期間など(n=28)：筋電動義手の平均訓練週数は 8.1 ± 2.3 週、切断から筋電動義手装着までの平均月数は、 73.3 ± 8.3 ヵ月、筋電動義手の装着から使用度調査までの平均月数は 42 ± 29.3 ヵ月であった。

(6)筋電動義手使用能力STEF得点(満点70点)：訓練前(n=22)のSTEF得点 7.2 ± 8.1 点、訓練後(n=27)のSTEF得点 21.2 ± 13 点であった。厚生労働省版筋電動義手研究支給用ADL評価では、訓練前(n=27) $49.4 \pm 26.3\%$ 、訓練後(n=27) $81.4 \pm 21.8\%$ であった。

(7)筋電動義手の処方適応があると判断し、本義手として作成した切断患者の各時点における健康関連QOL：SF-36v2の国民標準値に基づいたスコアリングのZ値から算出された偏差得点を比較した(表2)。筋電動義手訓練前(初回n=28)の8つの下位尺度では、{RP日常役割機能身体(37.9) < RE日常役割機能精神(45.9) (P=0.035), PF身体機能(48.6) (P<0.001), MH心の健康(48.3) (P<0.001), VT活力(51.2) (P<0.001), GH全体的健康感(54.5) (P<0.001)} {SF社会生活機能(42.8) < VT活力(51.2) (P=0.019), GH全体的健康感52.4 (P=0.001)}の間に有意差が見られた。

筋電動義手訓練終了時(最終n=28)の8つの下位尺度では、{RP日常役割機能身体(43.2) < VT活力(54.6) (P<0.001), MH心の健康(53.6) (P<0.001), GH全体的健康感(56.3) (P<0.001)}であった。

訓練終了半年後(n=28)の8つの下位尺度では、{RP日常役割機能身体(43.8) < VT活力(52.8) (P=0.008), MH心の健康(52.6) (P=0.01), GH全体的健康感(53.3) (P<0.003)}の間に有意差が見られた。

(8)筋電動義手の処方適応があると判断し、本義手として作成した切断患者の経時的にみた健康関連QOL：SF社会生活機能において訓練前(42.8) < 訓練終了半年後(51.5)に統計的な有意差が見られた(P=0.013)。

(9)筋電動義手訓練前(n=28)の最終的な筋電動義手継続使用群(使用群n=22)と筋電動義手継続非使用群(非使用群n=6)の比較において、半年後のBP身体の痛みにおいては、使用群49.5 非使用群40.2(p=0.05)の偏差得点で、使用群に有意に高値であった。訓練前・訓練直後・訓練半年後・フォロー後直近時期の値とも、RP日常役割機能身体、SF社会生活機能、RE日常役割機能精神、PF身体機能、MH心の健康、VT活力、GH全体的健康感において有意差はみられなかった。SF社会生活機能の項目において経過を追った直近の値から訓練直後の値を引いた値は、使用群は1.9プラス、非使用群では5.5マイナスで有意に(P=0.044)使用群での改善が見られ

た(表3)。

筋電電動義手の使用群と非使用群の比較において(表4)、装着から調査までの月数において $P=0.023$ と有意に非使用群で長く経過していた。

(10)個別症例における筋電電動義手の良い点と悪い点の間診調査での結果

筋電電動義手の良い点：

症例1:ロープを使用する。ビスを電動ドライバーで打ち込む。ごみ取りと箒を持つ。健手で機材を支えながらレンチでナットを締める作業ができる。両手で重量物を、はめたり引きぬいたりする作業が可能になる。能動義手では手先が開かない肢位でも使用できる。

症例2: グライファの利点: 患者は仕事でネジやボルト操作を行う場合、しっかりとした把持力が必要とされている。ネジ回し・レンチ作業においてピンチ・把持操作が電動ハンドに比べて格段に良好である。把持する面が平たく掴み易い。面で持つほうが安定性がある。高所や低い位置での作業も良好となった。復職後: グライファを仕事で1日6~7時間使用している。仕事で両手動作が行えることは有利。ボルトやナットを固定することが行いやすい。自宅では装飾義手のみを使用している。指の開閉の意識によって、そのまま筋電動作の開閉動作を行えるように熟練した。

症例3: 筋電電動義手を使用してから、手指の幻肢の違和感が改善した。自宅での生活で、受傷後蟹の殻の処理が面倒なので食べなかったが、両手動作で久しぶりに蟹を食べた。碗や皿の把持、靴紐結びも可能。皿や箸を洗うことも可能。リフト操作をはじめほとんどの作業を筋電電動義手を使用して行う。復職後: 職場でも自宅でも常に使用している。仕事では6時間で1つのバッテリーが消耗するので、1日に2つバッテリーを使用する。日常生活では、トレーニングウェアのゴムが縛りやすくなった。お碗の底面が広いものは掴むことができる。袋を破る時も両手動作は便利。装飾義手は不要になった。断端の発汗は、断端袋が吸ってくれる。

症例4: 装飾性と機能性を兼ね備えている、ハーネスが不要でどの位置でも作業が行える、両手動作ができる、ある程度の重量物が持てる。職場の同僚からは、「以前より仕事がスムーズにこなせている」との意見があった。復職後: 起床時から入浴前まで1日中使用している。充電を毎日行っている。両手で把持し、その押える力が強い。業務で家電を持ちやすい。配線時の細かな作業、電線を切るときに線をしっかりと把持できる。家電製品の部品がしっかりと持てる。発汗はあまり問題にならない。幻肢は変化していない。

症例5: 服を畳んでタンスに入れる。作業でひもを締める。コップなどを持てる。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。ある程度の重量物が持てる。

症例6: 食器をしっかりと把持できる。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。

症例7: ごみ出しの時、ごみ袋を縛りやすい。洗濯物が干ししやすい。料理で包丁を使用する際、義手で食材をしっかりと固定できる。袋を開けると、今まで口を使用していた動作が両手で行えるようになった。更衣動作でボタンがはめやすい。(仕事)書類が持てる。閉じ紐を両手で結べる。棚の上のファイルがとりやすくなった。(充電は4日に1回)

症例8: 能動義手のケーブルから開放されたことにより、肩の圧迫感が無くなり、慢性的に有った頭痛や肩こりが消失した。4CH筋電電動義手を選択したことにより、動作時に肩の外転動作など不自然な姿勢をとる必要が無くなった。事務機器(裁断機など)を両手で使用できる。書類の配布も両手動作で可能である。

症例9: 製品運搬時に物を把持して行う作業。洗濯物を干し取り入れる。掃除機を両手で使用する。鍋を両手で持つ。装飾性と機能性を兼ね備えている、ハーネスが不要。

症例10: 溶接の補修では両手作業が必要で、筋電電動義手使用前にはできなかったことが可能になった。頭の上のものを両手でつかむ、ペットボトルのキャップを外す、瓶のキャップを外す、バンドをズボンに通す、財布のファスナーを開けることができるようになった。

症例11: 事務仕事に配置転換し、ファイルを片手で持って、もう一方の手で動作ができる。能動義手のハーネスやケーブルの束縛感から解放された。ハーネスが無いので装着時の窮屈感がない。両手での資料の運搬、買い物での両手作業が可能になった。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。ある程度の重量物が持てる。手指の開く距離は能動義手より長い。

症例12: ゴミ袋を縛る。ひもを結ぶ。ハンガーに衣類をかける。洗濯物を干すことが可能になった。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。ある程度の重量物が持てる。

症例13: パソコンのキーボードの動作、書類をそろえることが両手で出来る。書類を義手で持ち、健側でドアノブを開けられる。職場で掃除機が両手で使用できる。靴の紐を結べる。割り箸を割れる。箒を使用し、飲み物の栓を抜ける。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。ある程度の重量物が持てる。細かい動作もできる。

症例14: 両手で運搬でき、重量物も持つことができる。自転車の運転ができる。筋電電動義手でしっかりと物を把握し、ハサミを使用することができる。運搬に両手が使用できる。洗濯物を干したり畳んだりしやすくなった。

症例15: 洗濯物を干したり畳む動作。補助的に両手動作で使用了。上方にあるものをとれる。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。

症例16: 両手でレンガを持って選別がしやすい。洗濯物をハンガーにかけて畳む動作ができる。食器を洗い片づける。掃除機を持つ、紐を結ぶ動作が行いやすい。

症例17: パソコンの入力や清掃、靴ひもを含む更衣動作が容易。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。重量物が持てる。

症例18: ユンボのレバーの把持や荷物運搬車のレバー操作が可能。スコップの操作が可能。後部のものが取れ、目線の高さのものがつかめる。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。重量物が持てる。

症例19: 重いものを持ち上げる。握力をもって物を持ち上げる。靴ひもを結びやすい。服のチャックやカバンのチャックを使用し易い。買い物袋をぶら下げたり紙を両手で破れる。ペットボトルをもってふたを開ける。ボタンを締めやすい。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。重量物が持てる。

症例20：活性炭の入った袋を持ち運ぶ、ボルトやナットを押さえて行う作業、ミシンかけ、梯子段の昇降などが容易となり満足度が高い。食事のときに食器が把持できる。筋電電動義手で物を把持して、ドアノブを回すことができる。

症例21：もち米の袋を両手で持ち上げられる。食品の袋を両手で開けられる。

症例22：クレーンやリフトのレバー操作ができる。アリゲーターの操作盤を健側の補助として筋電電動義手で使用する。食事のときにコップを持てる。魔法瓶を把持する。ズボンの脱着、弁当の風呂敷や靴ひもを結べる。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。

症例23：装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。両手で事務作業ができる。外出するとき、掃除をするときに筋電電動義手は重宝している。背中に手を回して行為ができる。

症例24：機械の修理、事務、PC操作、鶏舎の掃除ができるようになった。更衣、家事、食事也容易になった。

症例25：重機の運転で両手が使用できる。ボルトを締める。工具を支えながら両手動作として行える。外食では義手で支えて食事をする。服や靴下やベルトを両手で装着する。

症例26：ボルトやインパクトを使用し易い。両手で段ボールや部品を持ち、以前の2倍量を運べる。記録のチャート、両手でのパソコン操作、SDカードリーダー、ファイリング操作、スケールを両手で使用できる。車の解体から事務仕事まで有益である。玉ねぎを義手で持って切る。缶詰を開ける、両手で椅子を持つ、両手で袋を開ける、ペットボトルを義手で持ち健手で栓を開ける。本や新聞紙を見る。ハンガーに服をかける。財布や傘を使用する。両手で自動車のハンドル操作ができる。

症例27：組み立て作業、型に物をはめてロボット作業に進める。半径5cm以上のものは、義手で掴める。掃除、健手で液体をかけて左手で拭く。床のものを片づけたり、ペットボトルや缶を開ける。装飾性と機能性を兼ね備えている。ハーネスが不要。

症例28：洗濯や掃除に使用する。台所仕事にも使用する。

(11)筋電電動義手の問題点：

症例1：重い→膝腰痛を誘発する。

症例2：電動ハンドでは、指の把持面が丸いためにネジやナットなどが指先で滑ってしまう。夏のソケット内の発汗は問題となる。減量したために断端が痩せてしまって、ソケットに合いにくくなった。手部と手関節部が破損するほど使用頻度が多い。重いので2時間以上の長時間使用になると肩や腕が疲労する。

症例3：仕事において、筋電電動義手を傷つけないように、金属を削る作業のみ作業用義手を使用する。グラブを試用したが、つまみ部分が平面であるために患者が扱う製品の固定が難しく、最終的に電動ハンドを選択した。汗の匂いが強いので、消臭スプレーを使用している。開いたハンドが自然に閉じてしまうので修理した。グローブの汚れや破損で困ることがある。

症例4：グラブを紹介したが、仕事で接客する場面があるので、外観を気にして使用することを断念した。細かい作業が困難。両手で重量物を持つことが難しい。

症例5：細かなひもを締めることや箸を持つことが困難。メンテナンスが面倒。

症例6：重量物を持つことが難しい。

症例7：(仕事)小さいものは持てない。装飾義手の指の形は1本ずつ変えられるのでキーボードが打ちやすいが、筋電電動義手では打ちにくい。時に発汗が問題になり、消臭剤を使用。

症例8：毎日業務中に装着している。充電は、3日に1回程度行う。誤動作は、疲れる時間帯、特に夕方に多い。断端の発汗や匂いは問題である。

症例9：小さな物品を把持することが行いにくい。瓶などの小さなものが寝た状態であると拾うことが難しい。滑りやすいものをひっくり返すことは難しい。義手が重たい。

症例10：柔らかいものを軽くつまむことや鉛筆を削るような細かな動作は難しい。

症例11：ハンドの開き具合は視覚的に確認する必要がある。相当な重量物は持てない。梯子は登れない。

症例12：家事で、細いものを刻むこと、リンゴの皮をむくことができない。

症例13：非常に重いものは運べない。水を使用する作業は行いにくい。重い。

症例14：工場で自転車を使用してハンドがよく壊れる。把握する角度が合わないことがある。細かいものを握れない。両手動作で時間がかかる。自転車のハンドルの角度によっては動作がぎこちない。お盆は持ちにくい。

症例15：義手での巧緻な動作ができない(紐結びなど)。義手が重い。

症例16：レンガの運搬は重いので不可能。筋電電動義手で歯磨きや洗体動作はできない。

症例17：材料を運ぶ。調理をしたり大型機械に材料をセットすることはできない。

症例18：除雪車のタイヤショベルの操作は不能。

症例19：ソケットの汗で蒸れることが気になる。義手の装着に手間がかかる。水回りの作業が難しい。重いものをつかんだり粉の付きやすい作業は無理。茶碗を持ったり手を洗うことは難しい。

症例20：20kg以上のものは持てない。細かなものはつかめない。

症例21：両手を使用する細かな作業が困難。

症例22：品物を持ち上げることは汚れる作業のために控えている。動きの硬いレバー作業は行いにくい。階段を上などの汚い物の把持、梯子を両手で持つことは控えている。左上肢を後方に伸展するときには誤動作が起こることがある。

症例23：非常に重いものは持てない。髪を結ぶこと、ブローを付けることは難しい。

症例24：水を使用した作業や調理動作はできない。

症例25：水を使用する作業には使用できない。車の洗車や食器の洗浄は手袋をつける。洗剤を付けると滑ってしまう。

症例26：両手で10kg程度のものは持てない。高所からの重量物の積み下ろしができない。靴紐結びはできない。

症例27：義手が重い。

症例28：長く使用すると皮膚障害が出現する。

4 考察

平成26年度に検討した筋電電動義手対象患者をさらに今年度経過を追い、また新規の患者を追加して検討し、選択基準（特に、前腕・上腕用筋電電動義手の場合）をより詳細に以下に提示した。(1)筋電電

動義手の価値や訓練方法を理解できる判断力がある。(2)保守点検などに協力的で常識的な使用ができる適切な性格特性を持っている(健康関連QOLにおける社会生活機能)。(3)筋電電動義手使用の意欲が高い(健康関連QOLにおいて活力、心の健康、全体的健康感)。(4)あらかじめ能動義手を実用的に使用できる程度の能力がある。(5)断端に傷がない・断端の皮膚が過度に湿潤または乾燥していない・癬痕やケロイドがない・血腫や浮腫がない・重度な感覚異常や疼痛がないなどソケットの装着が困難でない断端を有し筋電電動義手の操作に向く切断端である。(6)手先装置の開閉操作に必要な強さの筋電信号を分離して発生できる。(7)上腕断端長は8cm以上あることが必要で、前腕断端で断端障害や麻痺のあるものは肘離断とみなして(前腕断端長0cmでも可能)作成することは可能。(8)両側上肢切断者への片側への筋電電動義手の作成も、目的(外出時の自動車の運転動作など)を明確にすれば有益である。(9)肘や肩関節の著しい可動域制限や筋力低下がない。(10)筋電電動義手の重量による健常部の負担が無い(腰痛など)。(11)先天性の上肢欠損者で長期間義手を装着せずに片手動作だけでADLを行っていた患者でも、筋電電動義手の必要性を感じ上記の条件を満たせば外傷性の患者と区別する必要はない。(12)職業は主に軽度または中等度な作業の従事者である(筋電電動義手を破損する程度に過度な重作業従事者は筋電電動義手の使用用途を検討する必要がある)。(13)定期的な保守などのサービスが可能である居住地であること(公共交通機関や自家用車の普及および道路網の発達により、点検などのサービスが困難な山間僻地の居住者の場合で、サービス方法の目処をつけるように慎重に対処する必要性のある対象者は少なくなっている)。(14)知的レベルが平均以上であること。

この研究の対象となった筋電電動義手患者の半年後の復職率は89%と高い値を示した(最終的な復職率75%)。また復職困難者が筋電電動義手を使用することにより復職可能となった症例も見られた。筋電電動義手の最終継続使用率は79%(仕事での有効活用率81%(17/21)、家庭での有効活用率は50%(14/28)であった。)で、今回の対象者では特に職場で筋電電動義手が有効活用されていることが示された。

筋電電動義手の対象者におけるQOLの比較では、訓練前には全体的健康感、心の健康や活力などの心理面での得点が高く、身体的役割や身体機能に関する項目の得点が有意に低いことが特徴であった。訓練終了後の経過を追うごとに各下位項目の得点は改善する傾向がみられたが、項目間の差は訓練前と同様に存在していた。

筋電電動義手継続使用群と非使用群においては、BP身体の痛みにおいて、使用群で得点の高い傾向が見られた。また筋電電動義手使用群では社会生活機能が改善する傾向が見られた。筋電電動義手の処方において継続的に使用してくれる対象者を選択したい場合に、これらの評価尺度は客観的な指標として参考になると思われる。

6 倫理面への配慮

研究対象者に対する人権擁護上の配慮、不利益、危険性の排除のため、倫理委員会で承認され、個々の対象者からインフォームド・コンセントを書面で得た。

7 謝辞

この研究を実施するにあたり、中部労災病院中央リハビリテーション部の 中村恵一主任作業療法士・川村亨平作業療法士・富永美菜作業療法士、(株)松本義肢製作所の林満義肢装具士・溝手雅之義肢装具士、諸氏に多大な協力を得た。

8 参考文献

- 1) 榎本修：障害者自立支援法による補装具の支給. 総合リハ, 35:745-750, 2007.
- 2) 青山孝・他：筋電電動義手の給付と使用実態の調査. 平成7年度災害科学委託研究報告書, (付録1) 平成8年3月
- 3) 陳隆明：リハを支えるテクノロジー最前線. 筋電義手. 臨床リハ19(6):514-519, 2010.
- 4) 福原俊一 鈴嶋よしみ：健康関連QOL尺度 SF-36v2 日本語版マニュアル. 健康医療評価研究機構, 2004年
- 5) 溝手雅之：筋電義手を製作する立場から一ポイント、留意点. 第30回日本義肢装具学会研修セミナー資料. 平成26年3月 pp25-34.
- 6) 溝部二十四・他：義手の訓練方法のポイントと指導のコツ: 筋電電動義手. 義装会誌29(4):240-245, 2013.
- 7) 陳隆明(編)：筋電義手訓練マニュアル, 全日本病院出版会, 2006.
- 8) 澤村誠志：切断と義肢, 医歯薬出版株式会社, 2007.
- 9) 澤村誠志(編)：義肢学, 第2版, 医歯薬出版株式会社, 2010.
- 10) 金子翼 編：簡易上肢機能検査STEF—検査者の手引き—, 酒井医療, 1986年5月

9 学会、学術誌等への発表

○田中宏太佳、中村恵一、川村亨平、富永美菜、八谷カナン、青柳えみか、溝手雅之、林満、宮川拓也、渡邊真、野本葵、松本芳樹：筋電電動義手を製作した成人一側上肢切断患者の義手装着と復職状況およびQOLについて. 第30回日本義肢装具学会学術大会講演集, 2014, p162.

○田中宏太佳：筋電電動義手の現状・交付と使用の実態. 第30回日本義肢装具学会研修セミナー. (香川)平成26年3月23日(日)

○田中宏太佳：日本における筋電電動義手の公的支給制度の現状. 義装会誌30(4):219-222, 2014.

○田中宏太佳：筋電義手Update—リハビリテーション医工学最前線—筋電義手の処方とリハビリテーション—成人急性期～回復期—. 臨床リハ (2015) 24(2), 128-137

○Hirotaka Tanaka, Keiichi Nakamura, Kyohei Kawamura, Mina Tomonaga, Kanan Yatsuya, Masayuki Mizote, Mituru Hayashi, Yoshiki Matsumoto

Relationship between myoelectric hand mounting and QOL in adult upper limb amputees
ISPO World Congress 2015 (国際義肢装具連盟) 第15回学会

平成27年6月22日から6月25日 フランス、リオン

○青柳えみか 田中宏太佳 中村恵一 八谷カナン 前野昭博 溝手雅之 林満：重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断に筋電電動義手の使用が有益であった一症例

臨床リハ2016 (印刷中)

表 1

リハ切断 症例番号	装着 年齢 (歳)	性別	断端	職業	復職	*筋電 義手の 実用的 な使用	使用状況	**チャ ンネル (ロー テー ション 10S17)	使用ハント・肘継手 種類	屈曲リ スト 10V38	特記事項	STEF前	STEF後 満点70点	兵庫リハADL 評価改善 (前)	兵庫リハADL 評価改善 (後)	(貸出し用) 筋電義手 訓練期間	切断から装着 までの 月数	筋電使用・有効 利用1 使用せず 0
症例1	63	女	右前腕中 断端 (64%)14c m	アルミ加工	○→X (元職復 帰→5 年2か月 後)専業 主婦)	○→× (6年8か 月後)	×膝腰痛のため に使用してい ない(6年8か月後)	2	8E38=6(DMC) 7 1/4	×	自営はやめ て主婦		5			10週間(外 来8回)	72	0
症例2	39	男	右前腕長 断端 (88%)21c m	エンジンの 整備	○元職 復帰	○→× (6年6か 月後)	仕事△1時間1 日、日常生活△ 1時間1日(6年6 か月後)	2	8E33=9(ハパプラス グライファー)	×	5時間・週2 日(会社を辞 めて自営)		48	5%	84%	7週間(外 来で6回)	27	0
症例3	52	男	右手関節 離断 23cm	鍛冶屋(検 品、リフト操 作)	○→X (元職復 帰→6年 4か月後 に失職)	○	仕事○8時間5 日、日常生活○ 12時間2日(6年4 か月後)	2	8E44=6(デジタル→ DMC) 7 3/4	×	会社の事業 の整理のため に失職	9	18	51%	98%	8週間(外 来8回)	120	1
症例4	39	男	左前腕中 断端 (63%)15c m	家電販売	○元職 復帰	○	仕事○8時間5 日、日常生活○ 12時間2日(6年4 か月後)	2	8E38=6(DMC) 7 3/4 → 8E44=6(DMC) 7 3/4	×→1 年半後 に○	仕事で接客 する場面が ある		24	60%	96%	5週間(外 来5回)	15	1
症例5	36	男	右手関節 離断 27cm	リサイクル物 粉碎加工	○元職 復帰	×	仕事×0時間0 日、日常生活× 0時間0日(6年2 か月後)	2	8E44=6(DMC) 7 3/4	×	解体の仕事		23	3%	89%	5週間(外 来5回)	78	0
症例6	47	男	右前腕中 断端 (67%)16c m	プレス作業 →事務職に 配置転換	○元職 復帰	○	仕事○7時間5 日、日常生活△ 2時間2日(6年5 か月後)	2	8E38=6(DMC) 7 3/4	×	充電できな い→充電の 不具合がな くなった		6	3%	40%	5週間(外 来5回)	24	1
症例7	46	男	右前腕短 断端 (44%)11.5 cm	プレス作業 →パソコン 操作、機械 監視に配置 転換	○元職 復帰	○	仕事○7時間5 日、日常生活○ 7時間7日(5年2 か月後)	2→4 →2	8E38=6(DMC) 7 1/4→ 8E44=6(DMC) 7 1/4 → 8E38=6(DMC) 7 1/4→ 8E38=6(DMC) 7 3/4	×→○ →×	パソコン操 作	9	10	55%	94%	7週間(外 来7回)	285	1
症例8	42	男	右前腕短 断端 (40%)10c m	プレス作業 →生産管 理、パソコン に配置転換	○元職 復帰	○	仕事○12時間5 日、日常生活○ 3時間7日(6年3 か月後)	4	8E38=6(DMC) 7 1/4 ・ 8E44=6 (DMC) 7 1/4	×→2 年半後 ○	事務作業	9	26	26%	98%	8週間(外 来8回)	180	1
症例9	48	男	右前腕長 断端 (93%)25c m	元プレスエ →事務職に 再就職	○再就 職	○	仕事○2時間5 日、日常生活△ 1時間5日(5年6 か月後)	4→2	8E38=6(DMC) 7 1/4 ・ 8E44=6 (DMC) 7 1/4	×2年 9か月後 ○	ハローワー クの紹介で 事務職に再 就職	1	16	73%	90%	8週間(外 来で16回)	180	1
症例 10	67	男	右前腕中 断端 (62%)16c m	不織布の製 造販売	○元職 復帰	○	仕事○12時間3 日、日常生活△ 2時間1日(4年9 か月後)	4	8E44=6(DMC) 7 1/4 ・ グライファーは 自費で購入	○	嚙託(筋電重 い)			35%	95%	8週間(外 来で16回)	144	1
症例 11	36	男	右前腕短 断端 (50%)12c m	製造業(ライ ンのオペ レーター→ 事務職に配 置転換)	○元職 復帰	○	仕事○11時間5 日、日常生活× 0時間0日(6年2 か月後)	2	8E38=6(DMC) 7 1/4 ・ 8E44=6 (DMC) 7 1/4	×3年 後に○	重量物運搬	6	28	37%	94%	6週間(外 来6回)	63	1
症例 12	59	女	左手関節 離断 22cm	食材加工→ 保育の用務 員	○→X (再就職 →ハ ロー ワーク)	○	仕事X、日常生 活2時間7日(1年 9か月後)	2	8E44=6(DMC) 7 1/4	○	福祉就労	3	16	68%	85%	8週間(外 来15回)	21	1
症例 13	61	男	左前腕短 断端(50%)	プラスチック 粉碎作業→ タクシー配車 係に配置転 換	○元職 復帰	○	仕事△2時間2 日○3時間4日(4 年5か月後)	4	8E44=6(DMC) 7 1/4	○	配車セン ター	1	14	41%	96%	4週間(外 来で4回)	310	1
症例 14	33	男	左前腕切 断短断端 (54%)14c m	クッション材 の制作(ライ ン作業→事 務に配置転 換)	○元職 復帰	○	仕事○10時間5 日、日常生活4 時間7日(1年6か 月)	4	8E44=6(DMC) 7 3/4	○	事務職に配 置転換	12	23	64%	76%	8週間(外 来8回)	23	1

症例 15	44	男	左前腕切 断短断端 (41%)9cm	シュレッダー 作業→配達	×(離職)	×	×	(3年後)	1	8E38=7(デジタル)ダ ブルチャンネル 7 1/ 4 シリコンライナー 通 電糸を縫込み(内 側)	×	知能低下	4	30	0%	11%	8週間(外 来で8回)	32	0
症例 16	41	男	右前腕切 断中斷端 (65%)17c m	煉瓦製造→ ハローワー ク→自動車 部品の検 品・電子部 品のハンダ 付け	○再就 職	○		仕事○6時間5 日、日常生活○ 2時間5日(1年4 ヵ月後)	4	8E44=6(DMC) 7 1/4	○	自動車部品 製造6時間	16	36	54%	77%	8週間(外 来で9回)	26	1
症例 17	29	男	右前腕切 断中斷端 (72%)18c m	段ボール製 造(プレス作 業→事務に 配置転換)	○元職 復帰	○		仕事○8時間5 日、日常生活○ 15時間7日(1年2 ヵ月後)	4	8E44=6(DMC) 7 3/4	○	事務職に配 置転換	7	31	79%	94%	9週間(入 院で45回) 「外科後処 置8週間」	7	1
症例 18	32	男	右上腕切 断標準型 (82%)13c m	重機のオペ レーター(事 務職へ配置 転換)	○元職 復帰	○		仕事○11時間4 日、日常生活△ 3時間2日(1年1 ヵ月後)	4	8E44=6(DMC) 7 3/4 肘継手 12K44 吸着式	○	親族経営会 社の子会社	15	9	85%	95%	7週間(入 院で35回) 「外科後処 置4週間」	10	1
症例 19	26	男	右上腕切 断標準型 (87%)20c m	食品業(粉の 攪拌→ライン の仕事へ配 置転換)	○元職 復帰	○		仕事○8時間5 日、日常生活○ 8時間7日(1年5 ヵ月後)	4	8E44=6(DMC) 7 3/4 肘継手 12K44 吸着式	○	ライン・事務	9	30	51%	69%	7週間(外 来8回)	30	1
症例 20	52	男	右上腕切 断標準型 (54%)9cm	活性炭の製 造	○元職 復帰	○		平成27年3月仕 事○8時間6日、 日常生活○3時 間7日(5年後)	4	8E44=6(DMC) 7 1/4 肘継手 E- 200(ホスマー) 吸着 式	○	活性炭の製 造	0	7	13%	32%	14週(外来 20回)	14	1
症例 21	21	男	右上腕切 断標準型 (73%)22c m	菓子の製造 ライン	○元職 復帰	×	(腰痛)	仕事×0時間0 日、日常生活× 0時間0日(4年 後)	4	8E38=6(DMC) 7・ 1/4 肘継手 12K44 シリコンライナー	×	重く腰痛出 現	2	6	68%	88%	8週間(外 来で8回)	10	0
症例 22	68	男	左上腕切 断標準型 (89%)24c m	鉄の加工処 理	○元職 復帰	×	(重さが 苦痛)	仕事X0時間0 日、日常生活X0 時間0日(4年6ヵ 月後)	2	8E44=7(デジタル) 7 1/4 肘継手 12K44 吸着式	○	重い:装飾を 使用	0	3	50%	79%	8週間(外 来で16回)	20	0
症例 23	50	女	右前腕切 断長断端 (95%)20c m	精肉業	×	(ハ ロー ワーク に登録 中)	○	仕事ハローワー ク登録、日常生 活○4時間7日(8 ヵ月)	2	8E44=6(DMC) 7・ 1/4	○	1日4～5時 間家事動作 に使用	1	42	52%	64%	9週間(外 来で20回)	22	1
症例 24	28	男	右前腕端 断端 (52%)13c m	養鶏	○元職 復帰	○		仕事○8時間5 日、日常生活× 0時間0日(6ヵ月 後)	2	8E44=6(DMC) 7・ 3/4	○	鶏卵の生産 鶏舎掃除 警備	35	42	67%	98%	10週間(外 来で10回)	67	1
症例 25	56	男	左前腕切 断中斷端 (74%)22c m	ガラス原料 の製造販 売・ラインの メインテナ ンス	○元職 復帰	○		仕事○8時間6 日、日常生活△ 12時間1日(6ヵ 月)	2	8E44=6(DMC) 7・ 1/4	○	配置転換: 完成した品 物を分析	16	36	59%	81%	10週間(入 院50回) 「外科後処 置4週間」	8	1
症例 26	23	男	左肘離断	車の部品製 造	○元職 復帰	○		仕事○8時間3 日日常生活×0 時間0日	2	8E44 =7(ダブル チャンネル)7・1/4	○	自動車整 備、パソコン 使用し、解体 作業も行う	1	1	77%	94%	14週間(外 来16回)	60	1
症例 27	33	男	左前腕切 断 (76%)20c m	塗装	×	(ハ ロー ワーク 登録中)	○	平成27年6月仕 事:探している、 日常生活○6時 間7日(6ヵ月)	4	8E38=6(DMC) 7・ 1/4	○	ラインの仕 事をしたい	2	18	65%	84%	10週間(外 来22回)	37	1
症例 28	33	女	左手関節 離断(実 用性のない 近位手 根骨が残 存)27cm	精肉業	×	(ハ ロー ワーク 登録)	○	家事・介護で使 用	2	8E=44=6(DMC) 7・ 1/4	×	元精肉→両親 の介護	1	23	92%	98%	9週間(外 来16回)	168	1

表 2 SF-36 各下位項目の偏差得点の平均値(n=28)

調査時期ごとの偏差得点の平均値

下位項目	訓練前	訓練直後	訓練終了半年後
RP 日常役割機能身体	37.9±15.9	43.2±10.4	43.8±10.2
SF 社会生活機能	42.8±13.9	49.8±11.2	51.5±7.3
RE 日常役割機能精神	45.9±15.5	49.6±9.8	46.6±11
PF 身体機能	48.6±9.0	50.8±6.9	51.1±6.2
BP 身体の痛み	44.9±13.4	48.9±10.0	47.5±10.4
MH 心の健康	48.3±10.6	53.6±8.2	52.6±8.8
VT 活力	51.2±8.5	54.6±7.2	52.8±8.3
GH 全体的健康感	52.4±8.2	56.3±7.9	53.3±9.3

表3 SF-36各下位項目の訓練直後と直近の偏差得点の平均値(n=28)

調査時期ごとの偏差得点の平均値						
下位項目	訓練直後		訓練半年後		訓練半年後から5年までの直近値	
	使用群(n=22)	非使用群(n=6)	使用群(n=22)	非使用群(n=6)	使用群(n=22)	非使用群(n=6)
RP日常役割機能身体	42.8±11.3	44.9±6.3	43.2±11	46±6.8	46.8±9.1	42.0±9.3
SF社会生活機能	49.6±12.2	50.5±7.2	51.7±7.2	50.5±8.3	51.4±8.4	45±10.5
RE日常役割機能精神	49.4±10.5	50.2±7.5	47.1±11	44.5±11.9	50.2±9.3	48.8±9.1
PF身体機能	49.8±7.3	54.6±4.1	50.4±6.8	53.4±1.9	50.5±7.4	54.0±7.4
BP身体の痛み	49.4±9.5	47.1±12.7	49.5±10.3	40.2±10.3	50.2±9.2	42±8.2
MH心の健康	53.9±7.6	52.2±10.7	52.9±8.6	51.8±10.6	53.2±7.8	47.3±10.5
VT活力	55.4±7.6	51.8±4.7	53.7±8.5	49.2±6.7	52.9±7.1	48.7±6.4
GH全体的健康感	56.9±8.5	54.3±5.4	53.2±9.3	53.7±10.3	52.6±8	49.4±9.1

表 4

	筋電電動義手使用群 (n=22)	非使用群 (n=6)
切断から装着までの月数 (P=0. 07)	82. 5	39. 8
筋電電動義手訓練週数 (P=0. 49)	8. 3	7. 7
訓練後 ADL (P=0. 42)	84	70. 2
STEF 得点(満点 70 点) (P=0. 75)	21. 7	19. 2
装着から調査までの月数 (P=0. 023)	36. 6	61. 7
筋電電動義手装着年齢 (P=0. 73)	42. 4	45. 2

労災疾病臨床研究事業費補助金

分担研究報告書

重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断に筋電電動義手の使用が有益であった一症例

研究分担者 八谷カナン

独立行政法人 労働者健康安全機構 中部労災病院 リハビリテーション科副部長

(研究協力者 中部労災病院 リハビリテーション科 青柳えみか)

(執筆者 青柳えみか 田中宏太佳 中村恵一 八谷カナン 前野昭博 溝手雅之 林満)

要旨：労働者災害補償保険法において、平成25年度より正式な筋電電動義手支給制度が運用されている。今回、重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断者に筋電義手を導入し、職場において実用的な動作を獲得できた症例を経験したため報告した。

<はじめに>

労働者災害補償保険法において、平成 25 年度より正式な筋電電動義手支給制度が運用されている¹⁾。中部労災病院では、麻痺を合併した前腕切断者や上腕切断者においても、復職に有益と判断された対象には、適応を慎重に検討して筋電義手を処方している。今回、重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断者に筋電電動義手を導入し、職場において実用的な動作を獲得できた症例を経験したため報告する。

なお、本報告にあたり、本人に十分な説明を行い、書面による同意を得た。

<症例>症例：23 歳，男性。

主訴：筋電電動義手作製および訓練希望。

職業：自動車部品の加工業。既往歴：特記事項なし。

現病歴：バイク走行中に電車との交通事故で受傷し、近医に救急搬送された。左前腕近位で切断されていた。左上肢の重度感覚障害を認め、腕神経叢損傷が疑われた。同日、前腕切断術および断端形成術を受けた。術後 3 ヶ月の時点で、筋力は肩関節屈曲・伸展・外転、肘関節屈曲・伸展はいずれも MMT 0 であった。左上肢の知覚は上腕外側で軽度低下、その他は脱失していた。術後 1 年 11 ヶ月で装飾義手作製した。両手動作の実用性は乏しく、口や下肢も利用して職場動作を行っていた。術後 5 年 9 ヶ月で筋電電動義手訓練および作製の希望があり、当院を受診した。

身体所見：上肢筋力は、右はすべて MMT 5、左肩関節 MMT は屈曲 3-、伸展 1、外転 3-、肘関節 MMT は屈曲 0、伸展は 3+ であった。上肢関節可動域は、右は明らかな制限を認めず、左は肩関節屈曲 135°、伸展 10°、外転 180°、内転 0°、肘関節屈曲 150°、伸展 0° であった。感覚は、左上腕外側、腋窩はほぼ正常であったが、左上腕内側、断端部はほぼ脱失していた。左前腕断端長は 7 cm(健側の 28%) で極短断端であった(図 1)。幻肢は密着型のものが存在し、幻肢痛を伴っていた。欠損のために左前腕以遠の評価はできず、挫滅の影響もあり複雑な神経所見を呈していたが、上位型または全型不完全回復型の腕神経叢損傷であることが考えられた。

針筋電図所見：三角筋、棘上筋、上腕二頭筋、上腕

三頭筋、広背筋について、いずれも神経原性変化を認め、広範の腕神経叢損傷を示唆する所見であった。上腕二頭筋を含む上位髄節の筋は活動時の motor unit potential が少なかったのに対し、上腕三頭筋は多数認めた。

筋電信号の検出・分離：ドイツ Otto Bock 社製の MYOBOY²⁾を用いて評価を行った。肘屈曲時は低い波、肘伸展時は高い波の同時収縮が見られ、上腕二頭筋および上腕三頭筋の分離した放電は見られず、2 電極での制御は困難と考えられた。

<筋電義手作製>

はじめに、肘義手有窓式、ハーネス懸垂式の筋電義手作製し、ハンドの開き操作はハーネス PULL スイッチ(以下、PULL スイッチ)を、ハンドの閉じ操作は上腕三頭筋の筋電出力を利用して行うようにした。両手動作が可能となったが、ハーネスに張力がかかることにより、PULL スイッチの誤動作が見られた。また、誤動作を防ぐため、肩の可動域に制限が生じた。

次に、PULL スイッチを取り外し、前腕部に PUSH スイッチを取り付けた仕様に変更した。これにより誤動作は改善したが、開き動作は健側手を用いて行う必要があるため、両手動作が困難となった。

これらの問題を解決するため、シリコーンライナー(以下、ライナー)を使用した懸垂方式に変更し、ハンドの制御方式は上腕三頭筋の筋電出力によるダブルチャンネルコントロール(開き動作は強収縮、閉じ動作は通常収縮による制御)に変更した。また、肘継手はアウトサイドロッキングヒンジを上下逆に取り付け、健手によるロックおよび解除方式とした。ハーネスの除去が可能となったため、装着感、外観ともに良好となり、ダブルチャンネルコントロールとしたことで両手動作が可能となった。

<筋電電動義手訓練>

基本動作訓練(図 2)、応用動作訓練(図 3)、日常生活動作訓練および職場での試用訓練(図 4、5)を行った。14 週間、計 16 回の外来訓練を経て、操作性は良好となった。訓練終了時の、兵庫県立総合リハビリテーションセンターによる筋電電動義手 ADL 評価³⁾では、筋電電動義手の習熟度は 94%(訓練開始前

は 77 %)であった。

現在、職場では週 3 回、1 日 8 時間、筋電電動義手を使用している。ボルトなど細かい部品の取り扱い、段ボールなどある程度重量のある物の運搬、両手を使ったパソコン操作などにおいて非常に有効であり、実用的な使用が可能となっている。職場での作業効率は大きく改善し、満足度は高い。

筋電電動義手を装着している間、幻肢痛はほとんど感じられなくなるようである。筋電電動義手を外した直後は一時的に幻肢痛が増強するが、断端をマッサージすることで改善を認める。長時間使用に伴う肩関節痛や腰痛などは見られないが、ライナー装着による蒸れがあり、断端とライナー辺縁などとの接触部に水疱を形成することがあるため、今後も慎重な経過観察が必要である。

<考察>

腕神経叢損傷を合併した上肢切断者に対する筋電電動義手または電動義手導入例の報告はごく限られている。1977 年ベルギーの Laere らは、右前腕切断に対し、ハーネスと体幹ベルトを使用し電動ケーブルを用いた電動義手を作製した症例を報告している⁴⁾。また、1986 年スウェーデンの Thyberg らは、左上腕切断に対し、ハーネスと肩ストラップを使用し、上中部僧帽筋に電極を置いた筋電電動義手を作製した症例を報告している⁵⁾。

また、過去には腕神経叢損傷患者に選択的に切断術を施行し義手を使用していたという報告がある。1982 年アメリカの Malone らは、左腕神経叢損傷患者に選択的上腕切断術を施行し、肘の運動は筋電制御、ハンド操作はスイッチによる電動制御を用いた筋電電動義手を作製した症例を報告している⁶⁾。一方、1995 年アメリカの Wright らは、義手を処方された上肢切断者 135 例についての後ろ向き研究において、選択的切断術後の腕神経叢損傷患者 3 例がいずれも義手を継続使用できなかったことから、腕神経叢損傷が義手使用の困難さを予測する因子であると考察している⁷⁾。

現在国内外で作製されている筋電電動義手の制御システムは、2 ヶ所の電極を使用したものが一般的であるが、本症例は重度の腕神経叢損傷のために 2 ヶ所の筋電採取が困難であった。そのため、1 電極による操作が可能なダブルチャンネルコントロールを採用した。また、懸垂方式としてライナー式を採用したことにより、ハーネスを除去することができ、Laere や Thyberg の症例と比較し装着感・外観ともに優れた筋電電動義手が完成した(図 6)。

筋電義手訓練を開始するための好ましい条件として、陳らは、前腕切断であることや、前腕断端長が 10 cm 以上であることなどを挙げている⁸⁾。本症例は断端長 7 cm の前腕極短断端切断で腕神経叢損傷を合併しており、肘離断に相当する機能しか持っておらず、一般に筋電電動義手の適応と考えにくい症例であった。しかし、筋電電動義手を使用する目的

が明確であり意欲的であることなど、適応を十分に吟味し、適切な筋電義手の作製・訓練を行ったことにより、職場において非常に有効に筋電電動義手を使用できるようになった。

<おわりに>

重度の腕神経叢損傷を合併した左前腕極短断端切断者に対し、筋電電動義手の作製および訓練を行った。上腕三頭筋の 1 電極でハンドの開閉を制御するダブルチャンネルコントロールを採用し、訓練・評価を行ったことにより、職場動作が実的に可能となった。筋電電動義手の導入が困難と考えられる上肢切断者において、医師や作業療法士、義肢装具士、エンジニアがチームとなって適切な方法を検討することで、筋電電動義手の使用が可能となった症例を経験した。

尚、本論文の要旨は、第 52 回日本リハビリテーション医学会学術集会(平成 27 年 5 月 28 日、於新潟)で発表した。

参考文献

- 1) 田中宏太佳：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 30(4)：219-222, 2014.
- 2) 陳隆明：筋電義手訓練の実際。義肢装具のチェックポイント(日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会監修)、第 8 版、医学書院、2014、pp117-118.
- 3) 陳隆明：筋電義手貸与と評価。筋電義手訓練マニュアル(陳隆明編)、第 1 版、全日本病院出版会、2006。pp44-45.
- 4) M. Van Laere et al : A Prosthetic Appliance for a Patient With a Brachial Plexus Injury and Forearm Amputation. *The American Journal of Occupational Therapy* Volume 31, No. 5 : 309-312, 1977.
- 5) Mikael Thyberg et al : Prosthetic Rehabilitation in Unilateral High Above-Elbow Amputation and Brachial Plexus Lesion. *Arch Phys Med Rehabil* Volume 67 : 260-262, 1986.
- 6) J. M. Malone et al : Brachial plexus injury management through upper extremity amputation with immediate postoperative prostheses. *Arch Phys Med Rehabil* Volume 63 : 89-91, 1982.
- 7) Thomas W. Wright et al : Prosthetic usage in major upper extremity amputations. *The Journal of Hand Surgery* Volume 20A No. 4 : 619-622, 1995.
- 8) 陳隆明・他：筋電義手への取り組み—片側前腕切断者を対象として—。臨床リハ 12(3)：270-275, 2003.

図1 左前腕極短断端切断
左前腕断端長は7 cm(健側の28%)であった.

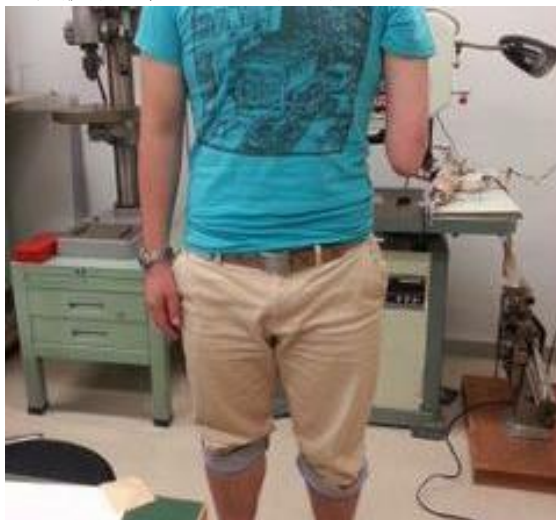


図2 基本動作訓練
ペグの水平移動.

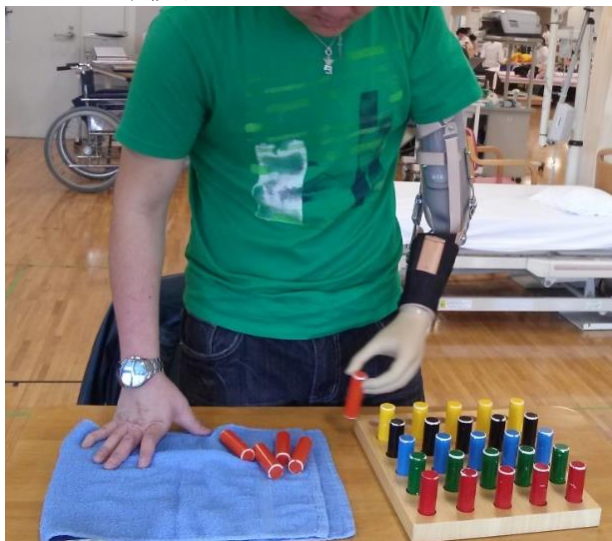


図3 応用動作訓練
両手で椅子を移動する。

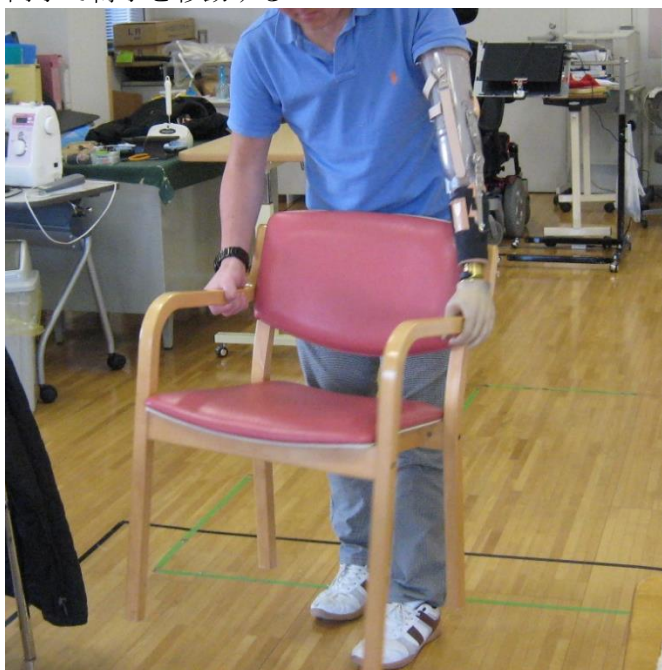


図4 職場での試用訓練
梱包作業。 梱包材をおさえる、摘まむなどの動作，両手の協調した動作ができる。

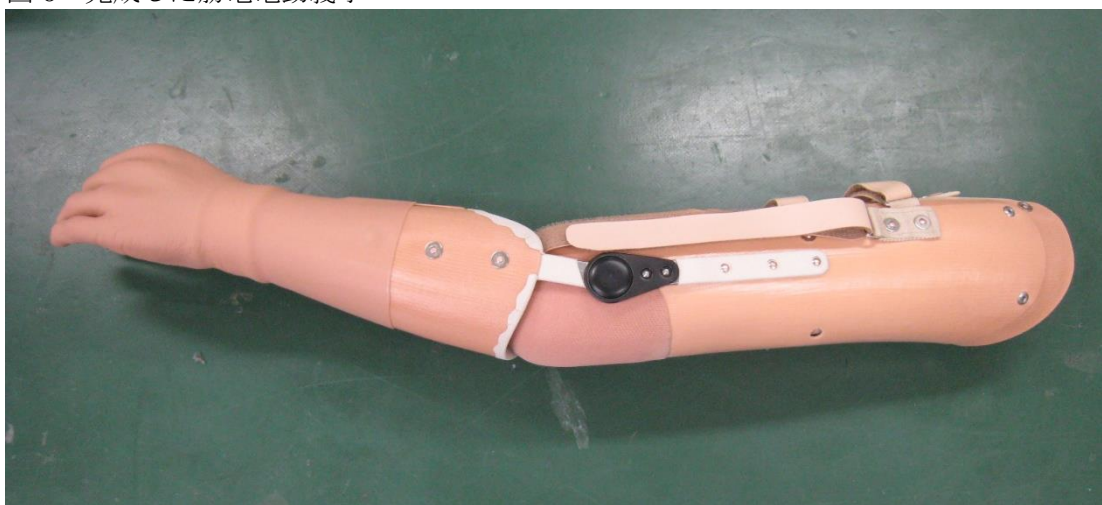


図 5 職場での試用訓練

部品の撮影。被写体を把持し、角度の微調整をすることができる。



図 6 完成した筋電電動義手



雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Hiroataka Tanaka, Keiichi Nakamura, Kyohei Kawamura, Mina Tomonaga, Kanan Yatsuya, Masayuki Mizote, Mituru Hayashi, Yoshiki Matsumoto 平成27年6月22日から6月 25日 フランス、リオン	Relationship between myoelectric hand mounting and QOL in adult upper limb amputees	ISPO World Congress 2015 (国際 義肢装具連盟) 第15回学会 Abstract book	1	P92	2015
渡邊真 田中宏太佳 林満 溝手雅之 前野昭博 宮川拓也 野本葵 松本芳樹 川村享平 中村恵一 富永美菜	先天性左前腕欠損 児に対するソケット 周径調整式上腕 筋電義手の症例報 告	日本義肢装具学 会誌	31巻	p319	2015年11月
前野昭博 田中宏太佳 青柳えみか 中村恵一 川村享平 富永美菜 野本葵 宮川拓也 渡邊真 溝手雅之 林満 松本芳樹 特別号 2015 年 11 月	腕神経叢損傷を伴 う左上肢切断者に ダブルチャンネル コントロールを用 いた筋電電動義手 の製作経験	日本義肢装具学 会誌	31巻	p247	2015年11月
青柳えみか 田中宏太佳 中村恵一 八谷カナン 前野昭博 溝手雅之 林満	重度の腕神経叢損 傷を合併した左上 肢切断に筋電電動 義手の使用が有益 であった一症例 2016 (印刷中)	臨床リハ	印刷中	印刷中	2016
田中宏太佳	脊髄損傷患者のリ ハビリテーション と医学的管理およ び労災保険におけ る上肢切断者への 筋電義手の適応	滋賀県のリハビリ テーションを 推進する医師の 会	第 14 回 研修会	2 月 27 日 大津市	2016年

Relationship between myoelectric hand mounting and QOL in adult upper limb amputees



Hiroataka Tanaka¹⁾, Keiichi Nakamura¹⁾, Kyohei Kawamura¹⁾, Mina Tomonaga¹⁾, Kanan Yatsuya¹⁾, Masayuki Mizote²⁾, Mituru Hayashi²⁾, Yoshiki Matsumoto²⁾

1)Japan Labour Health and Welfare Organization
Chubu Rosai Hosital

2)Matsumoto Prosthetics & Orthotics Manufacturing CO., LTD.

Contact details Hiroataka Tanaka, MD, DMSc

E-mail: tanakahirochubu@yahoo.co.jp <http://www.chubuh.rofuku.go.jp>

Background

The Japanese welfare system regards myoelectric hands as a special prosthetics. Many upper extremity amputees have used hook hands and cosmetic hands and had limited opportunity of using myoelectric hands.

Worker's compensation insurance in Japan classified myoelectric hands as formal prosthetics in 2013.

As such, many amputees will desire myoelectric hands in the future. Physiatriests need to choose the upper extremity amputees who can properly use myoelectric hands.

Prescription criteria for myoelectric hands from the physical point of view are well defined. However, prescriptions for myoelectric hands must also consider the quality of life in use of the hand.

Aim

We looked at the characteristics of patients eligible for prescription of a myoelectric hand, based on continuous use or non-use in terms of quality of life metrics.

We assessed the SF-36 survey results for patients with myoelectric hands, and examined the relationship scores for each item of the survey as it related to time of treatment and use of the myoelectric hand.

Method: Twenty-two upper limb amputees who had been prescribed myoelectric hands were included in this study. The status of use (or non-use) of the hand was determined by face-to-face or telephone interview. We examined health-related QOL metrics, using the SF-36v2 before, and at the end of myoelectric hand training, and again after 6 months. Subscales were compared at each survey instance and over the entire study period by two-way analysis of variance.

Each subscale was compared by T-test in the use group and the non-use group.

Characteristics and clinical aspects of the subjects of the study: 22 subjects (20 male, 2 female) and ranged in age from 21 to 68 years with a mean of 44.6 (± 13.2) years.

Among the 22 unilateral upper limb amputees, transradial amputation was the most frequent (n=14), followed by transhumeral amputation (n=5), and wrist disarticulation (n=3).

After their amputations, 1 subject could no longer work, while 3 subjects worked at another workplace, 9 performed different tasks at the same workplace, and 9 performed the same tasks at the same workplace.

The use group was defined as an active user of the myoelectric hand during work and ADL (n=17). The non-use group were not active user of the myoelectric hand during work and ADL (n=5).

Results-1

Analysis of variance of the eight subscales showed that:

Over time variation of subscale, Social functioning (SF) was significant: Before myoelectric hand training (43.6) < After 6 months (52.6) (P=0.026)

Before myoelectric hand training, {Role physical (RP) 39.3 < Role emotional (RE) 47.1 (P=0.048), Physical functioning (PF) 48.1 (P=0.015), Bodily pain (BP) 48.5 (P=0.009), Mental health (MH) 49.6 (P=0.002), Vitality (VT) 52.3 (P<0.001), General health (GH) 54.5 (P<0.001)}

{Social functioning (SF) 43.6 < Vitality (VT) 52.3 (P=0.016), General health (GH) 54.5 (P=0.001)}

Immediately following training, { Role physical (RP) 43.2 < Bodily pain (BP) 50.0 (P=0.023), Role emotional (RE) 50.2 (P=0.018), Social functioning (SF) 51.1 (P=0.004), Physical functioning (PF) 51.3 (P=0.003), Vitality (VT) 54.7 (P<0.001), Mental health (MH) 54.9 (P<0.001), General health (GH) 58.5 (P<0.001)}

{Bodily pain (BP) 50.0 (P=0.002), Role emotional (RE) 50.2 (P=0.002), Social functioning (SF) 51.1 (P=0.01), Physical functioning (PF) 51.3 (P=0.013) < General health (GH) 58.5}

Table 1. Mean value of the eight subscales (SF-36).

Subscale	Before training (n=22)	Immediately following training (n=22)	After 6 months (n=22)
Role physical (RP)	39.3±15.7	43.2±10.3	44.9±9.4
Social functioning (SF)	43.6±14.4	51.1±8.6	52.6±6.2
Role emotional (RE)	47.1±4.7	50.2±9.0	46.7±11.0
Physical functioning (PF)	48.1±9.5	51.3±7.2	51.9±4.9
Bodily pain (BP)	48.5±1.0	50±9.2	47.9±9.7
Mental health (MH)	49.6±10.4	54.9±7.5	52.4±8.8
Vitality (VT)	52.3±8.7	54.7±7.8	52.3±8.6
General health (GH)	54.5±7.2	58.5±6.6	54.6±9.7

Table 2. Mean value of use or non-use group (SF-36).

Subscale	Before training		Immediately following training		After 6 months	
	use group (n=17)	non-use group (n=5)	use group (n=17)	non-use group (n=5)	use group (n=17)	non-use group (n=5)
Role physical	39.6±17.2	38.5±10.6	43.4±11.4	42.6±5.4	44.7±10.1	45.3±7.4
Social functioning	44.7±13.5	40.0±18.4	51.7±9.1	49.2±7.2	53.6±5.3	49.2±8.6
Role emotional	48.1±14.6	43.8±15.9	50.6±9.5	48.9±7.6	48.0±10.8	42.1±11.5
Physical functioning	49.5±6.8	43.2±15.7	51.8±4.7	49.5±13.3	52.4±4.8	50.2±5.4
Bodily pain	49.4±10.5	45.3±13.3	51.8±7.8	44.1±11.8	50.0±8.2	40.7±12.0
Mental health	51.1±9.0	44.3±14.0	56.6±5.8	49.1±10.1	54.1±8.6	46.5±7.3
Vitality	54.0±8.7	46.6±6.7	56.0±8.1	50.2±4.9	54.8±7.9	44.1±4.9
General health	55.4±6.6	51.6±9.2	59.6±6.6	54.8±5.9	56.6±9.4	48.1±8.2

After 6 months, {Role physical (RP) 44.9< Physical functioning (PF) 51.9 (P=0.017), Vitality (VT) 52.3 (P=0.009), Mental health (MH) 52.4 (P=0.008), Social functioning (SF) 52.6 (P=0.005), General health (GH) 54.6 (P<0.001)}
 {Role emotional (RE) 46.7 (P=0.004), Bodily pain (BP) 47.9 (P=0.025)< General health (GH) (54.6)}

Results-2

Comparing the use group and non-use group: Before myoelectric hand training, the Vitality (VT) value was 54 (use group) vs. 46.6 (non-use group) (P = 0.092).

Immediately following training, the Bodily pain (BP) value was 51.8 (use group) vs. 44.1 (non-use group) (P = 0.098), Vitality (VT) value (use group) was 56.0 vs. 50.2 (non-use group) (P = 0.149), and Mental health (MH) value was 56.6 (use group) vs. 49.1 (non-use group) (P = 0.178).

After 6 months, the Bodily pain (BP) value was 50.0 (use group) vs. 40.7 (non-use group) (P = 0.057), Vitality (VT) value was 54.8 (use group) vs. 44.1 (non-use group) (P = 0.01), Mental health (MH) value was 54.1 (use group) vs. 46.5 (non-use group) (P = 0.086).

Discussion and Conclusion

- Reviewing the survey results for patients selected by common criteria of myoelectric hand use showed that Vitality, Mental health and General health were important items before patients had completed myoelectric hand training. The value of items at SF-36 showed the same trend at before, and at the end of myoelectric hand training, and again after 6 months.
- Social functioning values increased significantly at the 6 month time point, following myoelectric hand training time.
- For patients who continued to use the myoelectric hands, Vitality, Bodily pain, and Mental health were important items.

Recommendations

It is advantageous to use selection criteria based on health-related QOL for the prescription of myoelectric hands.

References

Fukuhara S, Ware JE, Kosinski M, Wada S, Gandek B. Psychometric and clinical tests of validity of the Japanese SF-36 Health Survey. J Clin Epidemiol 1998; 51: 1045-1053.

腕神経叢損傷を伴う左上肢切断者にダブルチャンネルコントロールを用いた筋電電動義手の製作経験

キーワード: 筋電義手、ダブルチャンネル、腕神経叢損傷

株式会社 松本義肢製作所¹⁾

独立行政法人労働者健康福祉機構中部労災病院リハビリテーション科²⁾

前野昭博¹⁾ 田中宏太佳²⁾ 青柳えみか²⁾ 中村恵一²⁾ 野本葵¹⁾
宮川拓也¹⁾ 渡邊真¹⁾ 溝手雅之¹⁾ 林満¹⁾ 松本芳樹¹⁾

【はじめに】

現在国内外で製作されている筋電電動義手(以下、筋電義手)のシステムは、2個の電極を使用した物が最も一般的であると思われる。しかし、切断原因や断端の状況によっては十分な筋電を得る事が出来ず、1つの電極により開閉操作を行う選択肢もある。

今回我々は、中部労災病院において腕神経叢損傷を伴う上肢切断により、2か所での筋電採取が困難な症例に対して1電極による操作が可能なダブルチャンネルコントロールを用いた筋電義手の製作を試み、良好な結果が得られたので報告する。

【経緯と製作】

対象:23歳、男性。バイクと電車との事故で受傷し、近医において左肘直下で前腕切断と断端形成術を受けた。受傷より1年11ヶ月後に能動義手を導入し、5年9ヶ月後に筋電義手訓練及び作成の希望があり中部労災病院を受診した。

初診より約3ヶ月後に肘義手有窓式、ハーネス懸垂での筋電義手を製作し、ハンドの開き操作をハーネスPULLスイッチ(以下、PULLスイッチ)、閉じ操作を筋電により行うようにした(図1)。

肘継手のロック及び解除については、アウトサイドロッキングヒンジを上下逆に取り付け、前腕側での健手による操作とした。



図1 ハーネスPULLスイッチ使用

PULLスイッチと電極を併用する事で、両手動作が可能となったが、開きの操作時に誤動作する場面が見られた為、同年11月にPULLスイッチを取り外し、前腕部にPUSHスイッチを取り付けた仕様に変更した(図2)。開き動作を健手での操作に切り替える事で誤動作は改善されたが、両手動作を行う事が難しく操作性が悪い為、

ダブルチャンネルコントロール方式とした。



図2 PUSHスイッチによる開き動作

同年12月にシリコンライナー(以下、ライナー)による懸垂方式に変更してソケットを再製作。ソケット上腕部と前腕部の長さバランスを考え、ピン懸垂時に使用するライナーロックアダプターを内蔵した場合よりも短く製作が出来るマジックベルトによる懸垂方式とした。また、ライナーを使用し、肘ロック操作も健手で行う事でハーネスを取り外して使用するようにした。

ライナーを使用する事により懸垂性が向上し、回旋方向へのズレも軽減された事から、筋電操作での誤動作も減少した(図3)。



図3 完成品

【結果】

- 1、筋電義手を用いての把持、固定及び両手を使用した作業を行う事が可能となり、職場での作業能力が改善した。
- 2、懸垂方式をライナーとし、自社製作によるアタッチメントを使用する事で小型軽量化、ハーネス除去が可能となった。
- 3、一つの筋電しか採取出来ないような麻痺を伴った高位上肢切断等の症例においても、ダブルチャンネルコントロールを用いる事で筋電義手を有益に活用出来る可能性のある事が分かった。

【参考及び引用文献】

- 1) 陳隆明:筋電義手訓練マニュアル, 全日本病院出版,
- 2) 青柳えみかほか: 重度の腕神経叢損傷を合併した左上肢切断に筋電電動義手の使用が有益であった一症例、第52回日本リハビリテーション医学会学術集会、2015

先天性左前腕欠損児に対するソケット周径調整式上腕筋電義手の症例報告

キーワード: ソケット周径調整式, 筋電義手, 小児

株式会社 松本義肢製作所¹⁾

独立行政法人労働者健康福祉機構中部労災病院リハビリテーション科²⁾

渡邊真¹⁾ 田中宏太佳²⁾ 野本葵¹⁾ 前野昭博¹⁾ 宮川拓也¹⁾ 溝手雅之¹⁾ 林満¹⁾ 松本芳樹¹⁾ 中村恵一²⁾ 川村享平²⁾ 富永美菜²⁾

【はじめに】

筋電電動義手(以下、筋電義手)は電極の正確な位置などを含め厳密な適合を求められる義肢の一つである。成人では成長を考慮する必要はないが、小児に関しては成長に伴い断端形状が変化するためソケットの適合について随時適合を確認し修正を行う必要がある。

今回我々は、中部労災病院において他院からの紹介により初診時から現在に至るまで対応している羊膜索症候群による先天性左前腕欠損児に対し上腕義手を製作した。当初は上腕義手殻構造差込装飾用(以下、上腕義手装飾用)にて処方から適合へと至ったが、成長に伴いソケット周径調整式に変更した。その後、ソケット周径調整式上腕筋電義手の適合も得られたため報告する。

【対象と経過】

対象:初診時2歳7ヶ月, 男児。

羊膜索症候群による先天性左前腕欠損(図1)。



図1 初診時X-p

初診より1ヶ月後に上腕義手装飾用が処方され、翌月完成となった。さらに初診より1年1ヶ月後に成長に伴い再製作となり上腕義手装飾用が再処方された。前回は肘継手なし上腕義手装飾用であったが、年齢に伴う成長に対応するためソケット周径調整式に変更した。その後、日常生活動作も考慮し肘継手付上腕義手装飾用へ処方を追加した。

患児の将来を見据え、早期に両手動作を習得することで上肢感覚を適切に習得し、四肢の正常な長さに慣れバランスの改善、良好な成長や友人関係を築くことで体や心の発達に対し好影響を及ぼすことを見込み上腕筋電義手の訓練を開始し、上腕義手装飾用と同様にソケットを周径調整式とした(図2)。経過を表1に示す。

表1 経過

初診より経過	製作義肢	内容	年齢
1ヶ月後	装飾用	新規製作	2歳8ヵ月
1年1ヶ月後	装飾用	再製作	3歳8ヵ月
1年2ヶ月後	装飾用	ハーネ調整・手指関節柔らかく	3歳9ヵ月
1年5ヶ月後	装飾用	ハーネ調整・ソケット周径調整	4歳0ヵ月
1年7ヶ月後	仮筋電義手	仮筋電義手の操作訓練開始	4歳2ヵ月
1年9ヶ月後	仮筋電義手	仮ソケット差込周径調整式	4歳4ヵ月
2年3ヶ月後	本筋電義手	特例補装具にて申請	4歳10ヵ月
2年9ヶ月後	本筋電義手	特例補装具にて交付許可	5歳4ヵ月

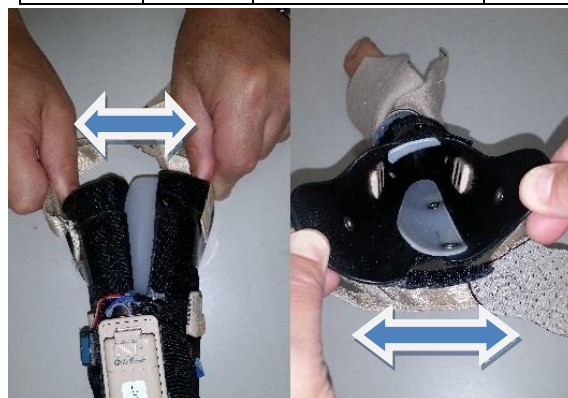


図2 ソケット周径調整式

【結果】

今回は装飾用から導入したことで患児の受け入れもよく、ソケット調整式上腕義手装飾用:筋電義手共に使用が可能となった。

保育園の泥んこ遊び等義手が汚れたり濡れたりする場合は装飾義手を使用している。また筋電義手を装着することによって自転車のハンドルの操作性が良くなり、安全な駆動を獲得し坂道や段差での駆動も可能となった。筋電義手を使用し登園準備の鞆の中にタオルやティッシュを入れることも自身で行えるようになった。

【結語】

小児の脳の成長過程において早い段階で正しくボディイメージを獲得するか否かは重要である。先天性上肢欠損児にとって、より早期から筋電義手を装着し活用した生活を送ることはADLやQOLの向上に繋がると考えられる。筋電義手を使用しない場合でも片手での生活動作は可能であるが、成長してから片手動作を再び義手を使った両手動作へ変えることは難しく、義手を製作しても受け入れられないことも予想される。将来、義手を装着し生活の幅の拡大を望む時期に選択肢が多いことが重要である。

今回は小児の成長への対応としてソケット周径調整式を使用した。今後は長軸方向に対する検討も課題と考えている。

【参考文献】

- 1) 古川宏, 中村春基, 柴田八重子ほか: 特集筋電義手—小児筋電義手を中心に—, Assis Tech 第35号, 1-14, 2002
- 2) 陳隆明(ほか): 乳幼児に対する筋電義手装着訓練プログラムの検証, 総合リハビリテーション 第37巻3号, 239-244, 2009
- 3) 陳隆明: 筋電義手訓練マニュアル, 全日本病院出版, 2006

「筋電電動義手マニュアル」

平成27年度実績報告

主任研究者 田中宏太佳

1.はじめに

労災保険においては平成20年4月から5年間、1上肢を手関節以上失った切断者に対して、筋電電動義手の研究用支給が実施された。平成24年6月の「義肢等補装具専門家会議報告書」¹⁾に基づいた労働者災害補償保険法の義肢等補装具費支給要綱及び外科後処置実施要綱の改正により、平成25年4月以降は労災保険での正式な補装具としての支給が開始された。具体的には、片側上肢切断者に対する筋電電動義手を新たに支給対象とされている。片側上肢切断者で障害（補償）給付を受けた者又は受けると見込まれる者であって、①就労中（休職中を含む。）の者で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、②申請時においては就労していないが、今後就労が予定されている者（ハローワークへの求職申込等就職活動中の者を含む。）で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、③他上肢又はその手指に一定以上の障害があることによって、筋電電動義手の使用が特に必要と認められる者、のいずれかに該当するものが支給対象となる。

装着訓練の期間は、前腕切断者で最大10週間、上腕切断者で最大12週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。ただし、能動義手の装着訓練と筋電電動義手の装着訓練を合わせて行う場合は、前腕切断者で最大14週間、上腕切断者で最大16週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。また筋電電動義手の試用装着の期間として片側上肢切断者に係る筋電電動義手の装着訓練に引き続き、義手取扱いの習熟度等を踏まえ、最大6か月間の試用装着期間を設定し、月1回程度、医療機関における指導等を行うことができるようになった。

また、労災保険の支給対象者でない場合、障害者総合支援法の特例補装具として支給が行われる場合もある。この場合筋電電動義手は、従来国が規定する基準に当てはまらない「基準外補装具」として分類されてきたが、障害者総合支援法では「特例補装具」という分類になった。特例補装具とは、「身体障害者・児の現症、生活環境その他、真にやむを得ない事情により、告示に定められた補装具の種目に該当するもの」であり²⁾、これらの制度を使用したリハビリテーション（以下リハと略す）チームの上肢切断者への積極的な対応が望まれている。

2.労災保険による筋電電動義手支給の制度の変遷

(1)従来の労災保険による筋電電動義手支給制度³⁾

旧労働省労働基準局からの通知「労災保険における筋電電動義手の支給について」(基発第433-1号：昭和54年8月1日)によると、昭和54年9月1日から、最近の医学等の進歩により開発された筋電電動義手を、その実用性についての研究の目的で調査するために、労働福祉事業として支給するという内容であった。対象者は労務災害又は通勤災害により、原則として両上肢を手関節以上で失った者又は両上肢にこれと同程度の障害(両手切断 URの図)を残すものであって、障害保障給付又は障害給付の支給を受けたもの又は受けると見込まれるものとされた。

支給される筋電電動義手は、1人につき1本とし、その価額は、ソケット代を含み、63万円以下と決められた。筋電電動義手の支給に併せて修理を行えるが、但し、修理の期間は、筋電電動義手が支給された日から3年間とし、修理価額の合計額は、63万円までと制限された。また筋電電動義手の装着に係る手術、訓練等は、外科後処置として行い、それらを実施する機関は、7医療機関に制限されていた。

(2)平成19年労災保険義肢等補装具専門家会議で議論されたこと⁴⁾

平成 19 年に義肢等補装具専門家会議が開かれ、そこで筋電電動義手に関する踏みこんだ議論が行われた。筋電電動義手の適合判定に当たっては、ソケットの製作、筋電信号の取り出し及び作業療法に技術を要するなど十分な医学的管理が必要であるが、それを実施することが可能である医療機関は非常に少ない。また、筋電電動義手をめぐる環境において、筋電電動義手の適合判定を適切に行うためには、十分な医学的管理を行う必要があるが、わが国における筋電電動義手の製作件数は、1 年間に 30 件程度であり、適合判定の経験を有する医療機関は非常に少ない。必要な機器のメンテナンスの経験を有する義肢製作者も少ない、などの問題が指摘された。

(3) 専門家会議の片側上肢切断者に対する筋電電動義手の支給に関する考え方

効果は明らかに有ると考えられるが、健側上肢で日常生活が自立し、筋電電動義手の使用を継続しない者も少なくないことも事実であり、必要とし継続使用する者を判断することは非常に困難である。義肢等補装具支給制度は、必要な者に、社会復帰のために必要な性能の補装具を支給することが基本であり、無条件に筋電電動義手を支給することはできない。年間の支給本数 20 本程度、装着訓練等を行う医療機関を 11 医療機関に限定した上で、研究用支給を行うことが推奨とされた。

(4) 片側上肢切断者に対する労災保険による筋電電動義手の研究用支給について⁵⁾

「1 上肢を手関節以上で失った者に対する筋電電動義手の研究用支給について」(基発第 0331006 号：平成 20 年 3 月 31 日)によると、(目的)筋電電動義手の適正な支給に資するため、1 上肢を手関節以上で失った者に対し、筋電電動義手の装着訓練及び適合判断を協力医療機関において行った上で、筋電電動義手を研究用に支給し、支給事案の収集及び分析が行われた。(実施期間平成 20 年 4 月 1 日から平成 25 年 3 月 31 日まで行われた。)

支給対象者は業務災害又は通勤災害により 1 上肢を手関節以上で失ったことにより、障害給付を受けた者又は受けると見込まれる者であって、次の要件をすべて満たす者。ア：研究調査に協力する。イ：装着訓練をしたことがない。ウ：職場復帰に意欲を有している。エ：必要な強さの筋電信号を検出できる。オ：判断力を有する。カ：筋力を有する。キ：ソケットの装着が可能である断端を有する。ク：肩および肘の関節の機能に著しい障害がないこと。ケ：継続使用が可能であると協力医療機関が判断していることとされた。

3. 現行の労災保険による筋電電動義手支給の制度

(1) 平成 24 年 6 月の「義肢等補装具専門家会議報告書」に基づいた平成 25 年 4 月以降の労働者災害補償保険法の義肢等補装具費支給要綱及び外科後処置実施要綱の改正内容

一般の労災医療機関の外科後処置として片側上肢切断者に対する筋電電動義手を新たな支給対象とされた。片側上肢切断者で障害（補償）給付を受けた者又は受けると見込まれる者であって、① 就労中（休職中を含む。）の者で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、② 申請時においては就労していないが、今後就労が予定されている者（ハローワークへの求職申込等就職活動中の者を含む。）で、筋電電動義手の装着により作業の種類の拡大等が見込まれるもの、③ 他上肢又はその手指に一定以上の障害があることによって、筋電電動義手の使用が特に必要と認められる者、のいずれかに該当するものが支給対象となる。装着訓練の期間は、前腕切断者(症例 3：TK の図)で最大 10 週間、上腕切断者(症例 21：SY の図)で最大 12 週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。ただし、能動式義手(症例 21 の能動義手の図)の装着訓練と筋電電動義手の装着訓練を合わせて行う場合は、前腕切断者で最大 14 週間、上腕切断者で最大 16 週間の範囲内で医学的に必要な期間となった。平成 20 年度から一般の労災医療機関の外科後処置として実施されている両上肢切断者に対する筋電電動義手の装着訓練期間についても、これまでの「最大 8 週間」を、前腕切断者で最大 10 週間、上腕切断者で最大 12 週間に拡充された。

(2) 現行制度の問題点。

研究用支給以前から筋電電動義手を作成している中部労災病院において感じた問題点⁶⁾として、1)積極的就労者で作業用筋電フック(症例 2NM グライファーの図)を希望し、支給

された場合、通常のハンドは支給されない。2)切断より経過が長い患者の場合廃用性筋萎縮が出現し、また麻痺を伴った上肢切断者などは定められた最大の訓練期間では不十分な場合がある、3)片側上肢切断者で障害（補償）給付を受けると見込まれる段階では筋電電動義手は支給されていない。

4.現行制度の運用に関して

(1)筋電義手申請の手順

被災労働者は労災保険症状固定後に、筋電電動義手の作製を希望する場合、所轄の労働基準監督署に申請書を提出する。地方労働局はその申請に対して、初期治療に関わった医師ないしは今後筋電電動義手作製に関わる医師に対して患者の状況の対する所見を問い合わせる場合がある。その結果、被災労働者に筋電義手作成が有益であると判断される場合、労働局は外科後処置を開始できることを病院および被災労働者に連絡する。

外科後処置を行った病院は、適合判定結果報告書として、筋電電動義手を装着する上肢について①手先装置の開閉に必要な強さの筋電信号の検出、②筋電電動義手を使用するに足る判断力、③筋電電動義手を使用するに足る十分な筋力、④ソケットを装着することができる断端、⑤筋電電動義手を使用できる肩及び肘の関節可動域について個々に記載し、総合的な見地から筋電電動義手を使用できるか、筋電電動義手を継続して使用できるかどうかの見込みについて労働局に報告する義務を負う。

(2)筋電電動義手費用支給意見書記載のポイント

被災労働者が筋電電動義手の取得を希望して外科後処置の申請を行った場合、その患者に関わった担当労働局からその必要性の意見を医療機関に求められる場合がある。その場合労働局の担当者が、筋電電動義手に対するイメージができ、その必要性を理解することができる意見書を書く必要がある。

1)障害名や原疾患名の記載とともに、今までのリハビリテーションを含めた治療歴などを記載する。医学的所見として、断端の状況や日常生活の状況を記載する。

2)補装具の処方内容として、補装具の種目や名称(筋電電動義手 殻構造義手)、補装具の処方内容を正確に確認しておく必要がある。

3)筋電電動義手を要する医学的理由として、筋電電動義手を使用することの具体的に有益である動作内容を記載する。以下 33 歳の男性(症例 14 : MK の図)、左前腕切断被災労働者の意見書の具体例を記載しておく。

「意見：平成〇〇年〇月〇日、左片側筋電電動義手の装着を強く希望されるために、〇〇病院に来院され診察を受けられた。誠実な性格で、労働に対して意欲的であることが理解できた。筋電電動義手を使用するために必要な条件である 2 部位の筋の分離運動が可能であることも確認できた。筋電電動義手を作成するとこの労働者に以下のようなメリットがある。

患者は現在、元職であるラインの仕事に復帰することを希望している。現場で作業を行う場合には、特にリフト車を運転する際に、左にあるレバーを筋電電動義手で操作を行うことが有益である。また、機器はさまざまに大きさの違うものが対象となり、機器を片手でつかみもう一方の手で工具を把持する。したがって義手は機器の確実な把握が前提となる。筋電電動義手であればその要件を満たすことができる。他にも健手で機材を支えながらレンチでナットを締める作業などが行える。あるいは両手で重量物を支え、はめたり引き抜いたりする作業も可能になるなど、従来の義手では困難な作業ができる。

また、事務作業の必要のある場合も多く、書類を片手で把持してもう一方の手で配布する作業、両手で事務機器を使用する作業、書類を把持しながら部屋を移動する際ドアノブを回す作業などで筋電電動義手を使用することが有益である。

以上から、現在では行えない作業でも、筋電電動義手によって、①把持が不可能な対象物、特に持ち手のない容器や重量物が扱える、②任意の位置で手先装置を開閉できるようになり、自力で目的を達成できる範囲が大きく拡大される。

また接客を行う場合見栄えの悪さによるハンディも筋電電動義手を使用することによって克服される。

以上から、このケースにおける筋電電動義手の効用は極めて高いと評価できるので、労災保険による前腕切断用筋電電動義手の給付が望ましいと判断する。」のような意見書を中部労災病院では記載し、労働局に送付している。

(3)診察および評価

全身および断端や局所の状態(切断端の左右、長さ、健側との比較、植皮やケロイド(**IKの断端のケロイド図**))、理解力、意欲、職場の理解、職場状況、身体計測、ROM、筋力、感覚、幻肢、幻肢痛などについて診察を行い評価する。切断の原因や時期を含めた病歴を聴取することは重要である(**田中診察の図**)。

(4)患者に関する多面的な情報(職業)

- ①筋電電動義手の情報入手はどこから？(監督署、病院、インターネット、知人類、その他)
 - ②患者が筋電電動義手を希望して訓練スタートまでの期間(許可までの期間)
 - ③筋電電動義手を使用する会社側の配慮や制約があるのか？
 - ④外科後処置を行う場合入院を希望するのか通院なのか？
 - ⑤職場について：現在の職業(職種)、作業内容。受傷前の職業(職種)、作業内容、復職か転職か？現在と受傷前の職種が違う場合、どのような経緯でそうなったのか？
 - ⑥筋電電動義手をどのような場面で使う予定か、または使っているか。
 - ⑦筋電電動義手の良い点(できること)
 - ⑧筋電電動義手の不具合な点(出来ないこと、使い難い点)
 - ⑨改良してほしい点
 - ⑩会社側の対応(理解)・業務配慮・給与面
 - ⑪他の職員の対応・反応
 - ⑫筋電電動義手訓練(外科後処置)が始まる以前の能動義手の使用期間(装飾義手と区別する)。
- ### (5)患者に関する多面的な情報(日常生活)
- ①どのような場面で使われているか。
 - ②良い点(できること、便利なところ)
 - ③不具合な点(出来ないこと、使い難い点)
 - ④改良してほしい点
 - ⑤家人・友人の反応
 - ⑥家庭内で義手を使用していたかどうか？装飾・能動義手との違いは？

付記：障害者総合支援法による筋電電動義手支給制度

筋電電動義手支給制度には、労働者災害補償保険法によるものと、障害者総合支援法によるものがあり、後者の制度は、2005年10月に身体障害者福祉法、知的障害者福祉法、精神障害者福祉法、児童福祉法の共通したサービスやその窓口(市町村)が一元化された障害者自立支援法が発展したものである。補装具の支給については、2006年10月から自立支援法が適用され自立支援給付に位置づけられ、平成25年4月1日から「障害者自立支援法」は障害者の定義に難病等を追加した「障害者総合支援法」として施行されている。

1)障害者総合支援法の導入による補装具の支給に関する主な変更点⁷⁾

- ①補装具および日常生活用具が新たな定義
- ②新たな定義に基づく種目範囲の見直し
- ③補装具支給手続きの見直し(建前上の支給手続きは申請者の負担が大きいという考えから、これまでの交付券の給付と同様な代理受領方式が一般的に行われる)
- ④新規補装具種目の取り入れや価格の見直しに関する適正な仕組み
- ⑤補装具費の負担の見直し(従来は一世帯あたりの納税額に基づく「応能負担」方式がとられてきたが、障害者総合支援法により補装具に要した総経費の10%を自己負担する「定率負担」方式に見直された。ただし、所得に応じて月額負担上限額が設定されている。)

2)筋電電動義手は基準外補装具から特例補装具へ

筋電電動義手は、従来国が規定する基準に当てはまらない「基準外補装具」として分類されてきたが、障害者総合支援法では「特例補装具」という分類になった。特例補装具とは、「身体障害者・児の現症、生活環境その他、真にやむを得ない事情により、告示に定められた補装具の種目に該当するものであって、別表に定める名称、型式、基本構造等によりすることができない補装具」である⁷⁾。特例補装具については、今後過去において基準外補装具として数多く交付されているものをなるべく基準内に入れていく方針であるために、複数の県で一定量複数年にわたって交付されていることが前提となっている。この点からも、筋電電動義手普及のためには、特例補装具が適切に支給されるような積極的な取り組みが必要である。

3)補装具意見書を作成する医師の要件⁸⁾

①身体障害者福祉法第15条第1項に基づく指定医又は障害者総合支援法施行令に基づく医療を行う機関において当該医療を主として担当する医師であって、所属医学会において認定されている専門医

②国立身体障害者リハビリテーションセンターセンター学院において実施している補装具関係の適合判定医師研修会を終了している医師

*実際は、各自治体によって医師の要件は異なっている。

4)筋電電動義手支給に必要な経過⁹⁾

①オリエンテーションにより患者の筋電電動義手に対する正しい理解へ導き、ニーズを確認する。

②筋電電動義手訓練に対する意欲があるかどうかの確認が重要。

③筋電信号の検出と分離(マイオボーイの図)。

④訓練用筋電義手の完成(筋電義手外観の図)。

⑤基本操作訓練(基本動作訓練の図)。

⑥両手動作訓練(両手動作訓練の図)。

⑦日常生活動作訓練(日常生活動作訓練の図)。

⑧筋電電動義手の貸与。

⑨患者が市町村に補装具費支給の申請を行う。

⑩意見書の用紙を受け取る。

⑪医師が意見書を作成する。

⑫患者が市町村に意見書を提出する。

⑬児童福祉法対象者の場合、市町村福祉課の担当官に貸与した筋電電動義手がいかに有益なのかについて直接説明(子供が筋電義手を装着している図)することが効果的な場合もある。

⑭18歳以上の患者の場合、市町村が身体障害者更生相談所に判定を依頼する。

⑮身体障害者更生相談所の担当医師が、貸与した筋電電動義手を装着した患者を直接診察する場合、実際の筋電電動義手の有用性を示せれば効果的である。

⑯判定書交付：身体障害者更生相談所が判定結果を市町村にもどす。

⑰市町村が支給を決定し補装具費支給決定通知を交付する。

5. 最後に¹⁰⁾

筋電電動義手は、障害の医学的適性を厳密に行った場合、意欲のある患者に熟練した筋電電動義手作成および訓練チームがアプローチした場合、非常に有益な補装具であることは既に証明され、平成25年3月で労災保険による片側上肢切断者に対する筋電電動義手の研究用支給は終了し、その後労災保険における正式な支給制度に改正された。

義手を専門とする医師・義肢装具士・作業療法士およびエンジニアなどが、チームとして筋電電動義手に対して積極的に関わる必要がある。

参考文献

- 1) 厚生労働省労働基準局労災補償部保障課：義肢等補装具専門家会議報告書.平 24 年 6 月
- 2) 樫本修：障害者自立支援法による補装具の支給.総合リハ,35:745－750,2007
- 3) 「労災保険における筋電電動義手の支給について」(基発第 433－1 号:昭和 54 年 8 月 1 日)
- 4) 厚生労働省労働基準局労災補償部保障課：義肢等補装具専門家会議報告書.平成 19 年 12 月
- 5) 「1 上肢を手関節以上で失った者に対する筋電電動義手の研究用支給について」(基発第 0331006 号：平成 20 年 3 月 31 日)
- 6) 田中宏太佳ほか：中部労災病院で労災研究用支給により片側筋電義手を平成 20 年度に導入した症例の経験. 第 25 回日本義肢装具学会学術大会抄録集
- 7) 伊藤利之：障害者自立支援法と補装具の支給.臨床リハ,16:482－487,2007
- 8) 高岡徹：補装具費支給意見書（肢体不自由用）.臨床リハ,18:735－740,2009
- 9) 陳隆明 編：筋電義手訓練マニュアル.全日本病院出版会、2006
- 10) 田中宏太佳：日本における筋電電動義手の公的支給制度の現状. 義装会誌 30: 219－222, 2014

筋電電動義手の製作（上腕切断）

研究協力者 溝手 雅之

研究協力者 林 満

目次

1. 上腕筋電電動義手のパーツと制御システム
2. 上腕筋電電動義手のソケット
3. 患者の評価
4. 採寸・採型
5. 陽性モデル修正
6. チェックソケット製作
7. チェックソケット適合と仮合わせ
8. 最終仕上げまでの製作工程について
9. 我々が製作を経験した上腕筋電電動義手症例の実際

1. 上腕筋電電動義手のパーツと制御システム

1-1 制御システム

上腕義手において主として補完すべき機能は、手の把持動作、手関節掌背屈、前腕回内外、肘の屈曲・伸展、上腕の内外旋の 5 対 10 動作である。このうち、現在、電動化され実際に臨床において使用されているのは、把持動作（掴み・離し）、前腕回内外、肘の屈曲・伸展の合計 3 対 6 動作である。

上腕切断の場合、筋電電動義手の操作において有効となる筋電信号の抽出源は、通常上腕二頭筋と上腕三頭筋である。この二つの筋肉の収縮により最大で上記 6 動作をコントロールするわけであるが、その切り替えは、収縮の強さや緩急の変化、あるいは同時収縮等により行われる。したがって、電動で操作する動作が多ければ多いほど、筋電信号の分離や出力の調整に、より高い巧緻性が求められる。また、一つ一つの動作には、それぞれの動力源としてのモーターが必要となるため、動作が複雑になるに比例して義手の重量増加は避けがたい。

以下に、上腕筋電電動義手に使用する電動部品を紹介するとともに我が国で主に使用されているパーツ、システムについて述べる。

1-2 電動ハンド

電動ハンドは、前腕切断等他の切断レベルと同様のものが使用できる。システムも同様で、ON-OFF 制御、比例制御が選択できる。

1-3 手関節の回内外モーター（リストローテーター）

回内外モーターについても前腕切断と共通である。コントロールは、通常 4 チャネルシステムを使用し、筋収縮の強弱と緩急により、電動ハンドとリストローテーターの操作の切り替えを行う。

1-4 肘継手

電動肘継手が、海外のいくつかのメーカーより販売されている。その主なものは、オットーボック社 12K100 Dynamic Arm（図 1）、モーションコントロール社 Utah Arm 3（図 2）、ホスマー社 NY Electric Elbow であるが、いずれも高額であること、日本人の体格にはやや適応しにくいこと、等の理由から国内ではほとんど使用されていない。コントロールは、筋収縮の強弱、緩急、拮抗筋の同時収縮等、様々な方法がある。また、筋電操作のみならず、スイッチ操作が選択される場合もある。実際、現在我が国において最も使用されているのは、電動ハンドと能動肘ブロック継手を組み合わせたハイブリッド義手であろう。これに使用する肘継手は、ホスマ

一社 E200 など、従来から上腕能動義手に使用されている製品のほか、電動義手用に開発されたオットーボック社 12K44 エルゴアームがある（図 3）。この製品は、電動義手の配線が部品内に内蔵されており、ケーブルの接続が簡単に行えて外観も良いこと、高機能な肘屈曲アシスト機構を有するといった特徴をもつ。ただ前腕部がやや太く感じる点は、体格とのバランスにおいて注意が必要である。



図 1 12K100 Dynamic Arm



図 2 Utah Arm 3



図 3 12K44 エルゴアーム (Ergo Arm)

2. 上腕筋電電動義手のソケット

上腕筋電電動義手のソケットは、確実に安定した筋電制御を得るため、吸着式かピンロックライナー式を推奨する。また、我々はソケットの形状を通常オープンショルダー型としている。これは十分な肩関節の可動域を確保するためと断端とソケットの間での回旋を可能な範囲で防止するためである。

ライナーは、オズール社、オットーボック社から義手専用ライナーが発売されている。長断端の場合など、適合条件の良いケースでは差込式ソケットも適応となり得るが、断端を拳上した肢位などでは、断端とソケット間にずれが生じて操作が不安定になる場合があるので注意が必要である。筆者は現在までに、吸着式、ライナー式ソケットの装着が困難であった長断端の上腕切断者一名に対し、差込式ソケットを製作した経験がある。本症例では断端下垂位では正確な操作が可能であったが、肩関節を大きく屈曲する肢位や外転位では操作性が不安定となった。しかし、仕事上で機械（クレーン）のレバー操作を行う作業において限定的ではあるが筋電電動義手を使用していた。

ただし現在では、加齢とともに電動義手の重量が負担となり、使用を中止している。

3. 患者の評価

3-1 医学的評価

通常の義肢と同じく、断端の状況を観察し、筋力、ROM、皮膚の状態を評価する。ROM 制限、皮膚移植や神経腫等、義手装着に支障となるような異常があればカルテや情報カードに記録しておく。

3-2 筋電位採取の評価

通常、OT あるいは OT と PO が協同で行なう。オットーボック社のマイオボーイという専用の機器を用いて筋電信号の検出と分離を評価する。通常は電極を 2 個使用し、一方を上腕二頭筋、もう一方を上腕三頭筋に設置する。触診により筋腹の最も太い部分あるいは筋収縮が最も大きい部分から筋電信号の検査をスタートし、最適な位置を探していく（図 4）。この時注意しなければならないのは、「最も筋電信号を検出しやすい場所が最適な電極位置であるとは限らない。」ということである。電極位置は、ソケット内で常に良好な断端皮膚との接触が得られる位置でなければならないし、完成時の外観もある程度考慮して決定されなければならない。

筋電信号の出力が分離、あるいはその両方が不十分な場合、マイオボーイを使用して筋電位の出力訓練を行う。

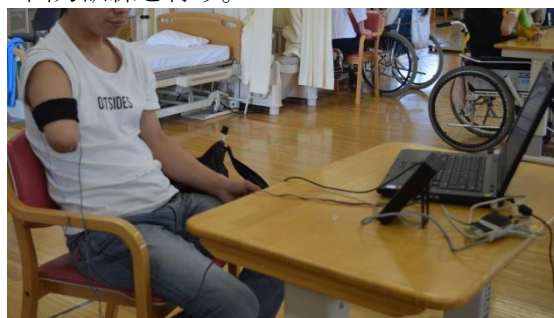


図4 マイオボーイによる筋電採取位置の特定

4. 採寸・採型

- ①断端長、断端の周径、健側上肢の長さや形状を採寸用紙に記録する。
- ②断端に採型用ストッキングを被せ、健側の腋窩に先端をまわして固定する。
- ③骨突起部と事前に決定した電極位置をマーキングする（図5）。



図5 採型用ストッキングの装着とマーキング

- ④非弾性ギプスで作成した4層のシーネ2枚と3裂の弾性ギプス包帯1～2巻を準備する。
- ⑤1枚のギプスシーネを腋窩から上方に引き上げるように当て、ソケット内側上縁のフレアを形づくる。ギプスシーネを肩関節周辺に当て、形状をよくモールドする（図6左）。
- ⑥もう1枚のギプスシーネを肩関節周辺に当て、形状をよくモールドする（図6右）。



図6 シーネによる肩関節周辺の形状出し

- ⑦弾性ギプス包帯を使用し、テンションをかけずに断端上を転がすように巻いてゆく。
- ⑧断端全体を巻き終えたら、一方の手掌か 10 mm 厚程度の木か樹脂製の板を腋窩にあてがい、患者に断端で挟み込むようにさせる。これにより、断端を適度な内転位に保たせ、またソケットの内側壁を進行方向に対して平行でフラットな面を作り出すことができる。
- ⑨もう一方の手で肩周辺のシーネ部分を、前後方向に広がらないようにまた断端が外転位にならないように押さえる（図 7）。



図 7 採型手技

- ⑩ギプスが硬化したら、前額面と矢状面に荷重線を引く。この時、義手を装着した時の重量を考慮して、断端をやや内転、伸展させた状態でラインを描く。また、おおよそのトリムラインを描いておく。
- ⑪ストッキングごと断端から取り外し、マーキングのずれがないかを確認する。

*ライナーを使用する場合は、断端に適合したサイズのライナーを装着した状態で採型を行う。採型の手順・方法については、ライナーを使用しない場合と何ら相違はない。

5. 陽性モデル修正

5-1 型起し

採型後の陰性モデルにシーネで壁を作り、ギプス泥を流し込む。荷重線とトリムラインを千枚通し等で陽性モデルに転写した後、陰性モデルを剥ぎ取る。陽性モデル上に転写されているマーキングを、油性ペン等でその位置を明確にする。

5-2 吸着式ソケットの修正

- ①吸着による懸垂を得るためモデルにコンプレッションを与える。モデルの周径を計測し、上腕骨骨端のマーキング以外を軟部組織の量や部位に応じて 3～6% 程度削り込む。また、電極を取り付ける位置をある程度平面に削る。
- ②削り込みを終えたモデルの表面を目の細かい金網である程度滑らかにする。
- ③骨端のマーキング上に 3mm の盛り修正を行う。モデル表面に残ったギャップに石膏を盛って形状を整える。ソケット上縁前後方のヨーク部と、腋窩のトリムラインに石膏でフレアを作る。
- ④余分な石膏を削り落とし全体の形状を整えてから、耐水ペーパーを使用して表面を滑らかに仕上げる。

5-3 ライナー式ソケットの修正

- ①ライナーを装着することである程度のコンプレッションがかかっていることと、ピンロックによる懸垂であるため、モデル周径を縮小する必要はない。したがって、削り修正は軽く表面を慣らす程度にとどめる。ただし電極取付位置は少し平面になるように削る。
- ②盛り修正は吸着式と同様に行う。

6. チェックソケット製作

チェックソケットの材料は、適合状態を目視で確認できるように透明であり、なおかつ適合・修正がしやすい熱可塑性樹脂のシート材を使用する。現在はオットーボック社オルフィトランス 6mm 厚を主に使用している。

陽性モデルを真空成型器にセットする。ライナー式の場合はモデルの端末にライナーロックアダプタをセットする。チェックソケット材料を2枚の金属製の枠に挟み180度のオーブンで加熱する。シートが軟化して、陽性モデル全長の2/3程度の長さまで垂れ下がったらオーブンから取り出し、上下を逆さにしてへこんでいる側をモデルに接触させ、ゆっくりと引き伸ばしながらモデルに被せていく。成型器を完全に覆うまで引き伸ばしたら真空ポンプのバルブを開放して成型する。完全に硬化したらモデルを割り出しトリミングする。吸着式の場合はソケット端末に穴を開け吸着バルブのリングをエポキシ樹脂で接着する。

チェックソケット、仮合わせ用の上腕支持部、肘継手、前腕支持部、電動ハンドを計測した上肢長に合わせて組み立てる。チェックソケットと上腕部は、調整が容易にできるよう粘着テープで仮止めにしておく。バッテリーボックスと電極をケーブルで接続する。ハーネスと、肘継手を屈曲させるためのコントロールケーブルシステムを作製し、組みあがった義手に装着しておく。

7. チェックソケット適合と義手の仮合せ

チェックソケットを上腕支持部から一旦取り外し、ソケットのみで適合を確認する(図8)。

吸着式の場合は、引き布を用いて断端をソケットに引き込み、バルブを締め込んで装着する。ライナー式の場合は、断端にライナーを装着してからロックアダプタにより固定されるまでソケットに断端を挿入する。断端が完全にソケット内に収納されているかを確認する。また、ソケットを義手の重量程度の力で下方へ引き、確実な懸垂が得られているかを確認する。肩関節を屈曲、伸展、外転、内転させ、圧痛の有無とそれぞれの肢位での懸垂状態を確認する。



図8 チェックソケットの適合

ソケットの適合が得られたら、あらかじめ決定しておいた電極の位置をソケットに転写し、穴を開けて電極を取付け、アライメントと長さを合わせて上腕支持部以下のパー

ツを取付ける。能動義手と同様に、肘継手の屈曲のためのケーブル操作効率が最良となるようにハーネス、ケーブルの長さ、走路を調整する。バッテリーを取付け、電動ハンドの動作を確認する。動作確認は肘伸展、屈曲、肩屈曲、外転等あらゆるポジションで行う（図9）。

ハンドの動きが悪い場合は、電極の感度の調整を行う。ただし感度は高いほど良いというものではない。必要以上に感度が良すぎると誤動作が起こりやすくなる。また一方の電極の感度が高すぎることによって他方の電極のコントロールに悪影響を及ぼす場合があるので注意が必要である。

感度調整を行っても動作が改善しない場合は、ソケット適合、もしくは電極位置が適切ではない可能性が考えられる。ソケットの電極位置が部分的に緩い場合は、電極と皮膚との接触が甘くなりコントロール性が悪くなる。特に後方の電極は、肩関節を屈曲し義手を前方に挙上した場合に皮膚から離れてしまいやすい。その場合にはソケットを部分的に修正し電極と皮膚との完全な接触を獲得させる。電極位置が適切でないと考えられる場合は、再度マイオボーイを用いて電極位置を再検討し、決定した位置に電極を付け直す。



図9 チェックソケットによる仮合せ

8. 最終仕上げまでの製作工程について

適合の終わった義手を分解する。ソケットと上腕支持部は、専用治具にセットする。合い線を引くなどしてアライメントが復元できるようにしておく。修正後のチェックソケットに石膏を流し込む。硬化したらチェックソケットに割を入れ陽性モデルを取り出す。適合時の修正によって生じたギャップや段差を、全体の形状やボリュームを変えないように注意して滑らかに整える。

陽性モデルを十分に乾燥させたら、アクリル樹脂注型によりソケットを製作する。モデルに電極のダミーをセットし、積層材としてテトロンフェルト 1 枚とナイロンストッキネット 4 枚を被せ樹脂を注型する。オープンショルダーソケットの場合はヨークといわれる前後の体幹側に延長された部分に補強としてテトロンフェルトの切片を積層する。

樹脂硬化後上腕支持部を製作する。製作したソケットを遠位方向に延長し肘継手上部に接続するのであるが、その部分の材料は石膏、蜜蝋、軽量パテ等が使用される。我々は通常、安価で扱いやすいという理由から石膏を使用している。治具やあらかじめ記録しておいた目印に従い、ソケットと肘継手のターンテーブル部をボール紙か薄い軟性ポリエチレンシートで接続する。その空間に石膏を流し込み、硬化したらさらに石膏を盛り付けた後、余分な部分を削り落として形状を整える。

スタイル出しの終わった支持部の内型に PVA バッグを被せ、ナイロンストッキネットを積層して支持部の樹脂注型を行う。樹脂硬化後、ソケット内の石膏を割出し、ソケッ

トと支持部を分離してそれぞれをトリミングする。電極収納部、肘継手接合部等の辺縁を滑らかに処理しそれぞれの部品を組み立てて電極、バッテリーのケーブルを接続する。コントロールケーブルシステムとハーネスを仕上げ、義手に取り付ける。コスメチックグローブを電動ハンドに被せる。完成し装着した上腕筋電電動義手を図 10 に示す。



図 10 完成した上腕筋電電動義手

9. 我々が製作を経験した上腕筋電電動義手症例の実際

○症例 1：54 歳、男性 会社勤務（活性炭製造）

勤務作業中に受傷し右上腕切断となる。3 ヶ月後訓練用仮義手（能動フック型、差込式ソケット）を作成し義手装着訓練開始。約 6 ヶ月後、訓練用義手を使用して職場復帰し、症状固定後は装飾用義手を製作して日常生活と就労時に義手を使い分けていた。その後、筋電電動義手支給の申請を行ない、受傷から 1 年後に承認がおりたため、訓練用の仮筋電電動義手（パーツは貸し出し）を作成し装着訓練を行なった。仕事上、活性炭の入った 10kg 程度の紙製袋を持ち上げる都合上、ソケットには厳密な適合を求められるので当初より吸着式を選択した。当初は装着にかなり難渋したが、引き布の形状などの工夫と慣れによりほぼ問題なく装着ができるようになった。しかし長時間の使用では発汗によりソケットが脱落しやすくなるといった問題が起こり、本義手製作時には、ソケット下部に汗抜き専用のバルブを設けることにより対処した。また、能動義手では紙袋を保持しやすいよう手継手に屈曲リストを採用していたが、筋電電動義手でもこの機構が必要との本人の希望によりリスト屈曲式の電動ハンドを選択した。肘継手にはホスマーE200 能動ブロック肘継手を使用した。

現在は日常生活に装飾用義手を使用し、筋電義手は就労時のみに使用しているが、業務全般において広く活用している。（図 11）

○症例 2：69 歳、男性 自営（金属リサイクル）

勤務作業中に受傷、左上腕切断（長断端）訓練用仮義手能動式（フック型 差込式ソケット）にて訓練開始したが、加齢による肩関節可動域の減少と運動時の疼痛が、ハーネスの装着および義手操作の支障となっていた。症状固定後は能動義手の使用を断念し、装飾用および作業用義手を製作した。数ヶ月後、本人が筋電電動義手を希望し申請を行なったところ受傷後 1 年 6 か月後に承認がおり、仮筋電電動義手を製作して訓練を開始した。ソケットは当初吸着式を選択したが、前述した肩関節の問題により装着に難渋し、本人希望により差込式に変更した。このため、肩関節挙上位、肘継手 90 度以上屈曲位での操作において誤動作が起きるようになったが、装着のしやすさを優先し最終的に差込式ソケットを採用した。また能動ブロック肘継手の

操作も完全な習得にいたらず、肘のロック操作は健側上肢でのマニュアル操作とした。

筋電電動義手支給後は、日常生活では装飾用、就労時には筋電電動義手を装着している。しかし作業全般において筋電電動義手を使用しているわけではなく、クレーンのレバー操作、フォークリフトの運転等一部の作業のみに使用している。

また、筋電電動義手の本支給から約9か月後、断端が痩せ操作性が低下したためソケットの交換を行った。その際、以前からの本人の訴えであったハーネスによる健側肩関節部への負担軽減を目的として、吸着式とライナー式のチェックソケットを制作しそれぞれ2週間ずつ試用評価を行った。ライナー式については長断端のためピンロック式が使用できないので下腿義足のシールインライナーを使用した。吸着式は再度の試みであったが、前回と同様、装着の問題を克服することができず採用にいたらなかった。また、シールインライナーは、装着については2週間の試用でほぼ習熟したが、長時間装着しているとライナーの締め付けにより断端末に徐々に圧痛が生じ、半日程度で装着不能となった。結果として、これまでと同じ差込式ソケットを選択することとなった(図12)。



図11 症例1の装着訓練



図12 症例2の筋電義手

○症例3：22歳 男性 会社勤務（和菓子製造）

勤務作業中に受傷。右上腕切断。2ヶ月後より、訓練用仮義手（能動フック型、差込式ソケット）にて義手装着訓練を行なう。約4ヶ月の訓練を経て症状固定後、装飾用義手製作。同時に筋電電動義手の支給を申請した。受傷後7ヶ月後に承認が得られ、その1ヶ月後より筋電電動仮義手装着訓練を開始した。最初はソケット吸着式、肘継手ホスマー能動ブロック式としたが、訓練途中で、差込式、ライナー式（ピンロック）のチェックソケットを製作しそれぞれについて評価を行なった。その結果を示す。

- ① 吸着式：装着に時間を要するが筋電の反応は良い。しかし確実に装着できていないと使用中にソケット内に空気が入り序々に抜けてくる。
- ② 差込式：装着は簡単であるが、筋電の反応が不安定で誤動作が起りやすい。
- ③ ライナー式：片手でのライナー装着が難しく、また電極とライナーに開けた穴の位置を合わせる必要があり、吸着式と同様、装着には時間を要した。しかし、一旦装着できれば筋電の反応、ソケットと断端の固定性とも良好である。

上記をふまえ、最終的には本人の選択によりライナー式を採用した。当初はライナー装着時に筒状の治具を用いる必要があったが、慣れるにしたがい治具なしでも装着できるようになり所要時間も短縮した。筋電電動義手支給後は、日常的には装飾用義手を使用し、就労時には筋電電動義手を使用している。ただしほとんどの作業は健側上肢のみで行えるため、特定の作業においてのみ筋電義電動手の機能を利用している(図13)。



図 13 症例 3 のライナーと筋電電動義手装着状態

最後に、症例 1・症例 2・症例 3 において試用されたソケット形状を表 1 に示し、最終的に選択されたパーツを表 2 に示す。

表 1 ソケットの選択

	試用 1	試用 2	試用 3	最終選択
症例 1	吸着			吸着
症例 2	吸着	差込	ライナー (シールイン)	差込
症例 3	吸着	差込	ライナー (ピン)	ライナー (ピン)

表 2 パーツ及びシステムの選択

	電動ハンド	肘継手
症例 1	DMC ハンド 屈曲リスト付 4 チャンネルシステム	ホスマーE200 ハーネスコントロール
症例 2	デジタルハンド 屈曲リスト付 2 チャンネルシステム	オットーボック 12K44 マニュアルコントロール
症例 3	DMC ハンド 4 チャンネルシステム	オットーボック 12K44 ハーネスコントロール

筋電電動義手の製作（手関節離断）

研究協力者 宮川 拓也

研究協力者 林 満

目次

1. 手関節離断用筋電電動義手のパーツと制御システム
2. 手関節離断用筋電電動義手のソケット
3. 患者の評価
4. 採寸・採型、修正方法
5. チェックソケット製作
6. チェックソケット適合と仮合せ
7. 最終仕上げまでの製作工程について
8. 手部切断例について

1. 手関節離断用筋電電動義手の制御システム

この項では手関節離断および手部切断用の筋電電動義手について説明を行う。一般的に切断部位の選択においては、できるだけ長い断端を残存させる方法を選択する傾向にある。ただ、通常の能動義手において手関節部での離断は、長断端のためにハンドを取り付けるスペース、解剖学的特徴に対するソケットの適合を十分考慮する必要があるとされている。これは筋電電動義手においても同様であるが、特にパーツを取り付けるスペースにおいてはその選択が限られ、場合によっては健側よりも義手長が長くなる場合がある。筋電電動義手のパーツの種類においては、手関節離断用、手部切断用のものがあり断端の長さに応じた選択が可能であるが、ソケットとの接続方式または屈曲用リストの有無によってはその選択が限られ義手長が長くなり、実用的な選択肢に入れることはまずない。

断端にはほぼ正常な回内外可動域が温存される場合が多いが、義手ソケット内硬性プラスチックで橈骨と尺骨の動きが拘束されるため、回内外可動域も制限される。義手長を優先すると、肘関節や肩関節の代償運動が大きくなってしまう。義手ソケットをフレキシブルな熱可塑性プラスチックで製作することにより、残存能力の回内外を最大限に引き出し代償動作を最小限度に抑えることも重要である。

橈尺骨遠位端の隆起は補装具全般で適合に注意を要する部位であるが、特に手関節離断者用の義手においては義手の懸垂に用いるため、より適合に注意を要する。この為、切断術の際には橈骨および尺骨の茎状突起の隆起の一部を図 1 のように切除する事により義手ソケットの適合をよくする方法がとられる¹⁾。

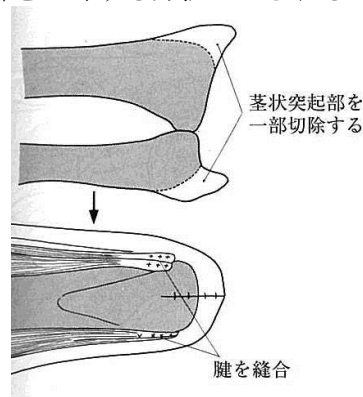


図 1 手関節離断の断端

過去のデータからすれば手関節離断者の割合は上肢切断の 2.6%とされており少

ないものの、中部労災病院にて筋電電動義手製作を行った 27 例中 3 例が手関節離断であり少なくはない。ソケットの製作方法や適合においては、前腕切断とは異なる注意が必要となってくる。

1-1. 選択されるパーツ

切断部位と機能による手先具の選択は次のようになる。手関節離断用ハンドとしては、ラミネーションリング 9S110 (図 2) でソケットと接続する 8E39 (図 2) が用意されているが、その長さはクイックチェンジリストを使用した 8E38 (図 3) に比べ 12mm 程しか短くならない。

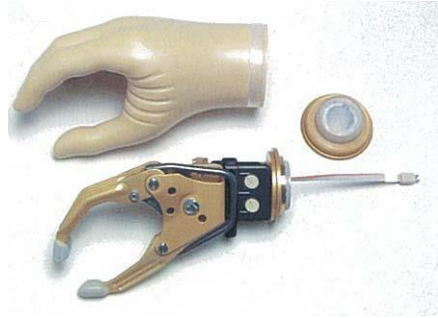


図 2



図 3

その固定方法も側面からの留めネジでの固定と若干不安が残る方法である。そこでほとんどの場合はトランスカーパルハンド 8E44(図 4)を用いており、このハンドであれば 8E38 に比べ 49mm 短く設置することができる。ただし、このハンドは支持部に直付けとなるため、簡単にはハンドを外すことはできず、回旋機構もほとんどないので、不具合の際の調整が困難である。また作業用ハンドとの併用もできないので、ハンドを外す必要がある場合には、義手の長さを優先とせず 8E38 を用いる場合も考えられる。



図 4 8E44

また、手関節を掌背屈させたい場合にはリストユニット 10V38(図 5)を取り付ける必要があり、それ単体の長さは 24.7mm であるが、クイックチェンジリスト 9S266 との組み合わせとなるため、結果的にクイックチェンジ機構分長くなってしまう。つまり 5cm ほどは義手が長くなるので、優先順位の検討が必要となる。



図 5 10V38

前述したように、4ch システム 10S17 (図 6) を選択しリストローテーターを設置する為には、切断端の長さで健側の前腕長の差が 10cm 以上必要となる。このため、義手長がかなり長くなり外観上の問題が出てくる。



図 6 10S17

2. 手関節離断用筋電電動義手のソケット

手関節離断に対する筋電電動義手の製作方法として、その懸垂方法は橈尺骨遠位端の隆起等前腕部の骨形状を利用する。そのため、ノースウェスタンのような上腕骨顆上支持による懸垂方法は必要なく、差し込み型ソケットを基本とする。そして、懸垂を行うためにはソケットを有窓式にし、橈骨茎状突起と尺骨茎状突起を通過させる必要がある。その窓を設ける位置としては、尺側に設ける場合が多い。これは手先に重みがかかった際、荷重がかかるソケット面の適合が重要となるため、肘関節 90 度、回内外中間位における下面に有窓部を位置させる（図 7）。しかしながら、植皮の問題など尺側部の問題、または断端の骨形状によっては橈側または掌側に有窓部を設ける場合もある。掌側に配置する場合は有窓部が大きくなってしまったため、断端末形状が掌側に大きく隆起しているなどの場合に用いている。

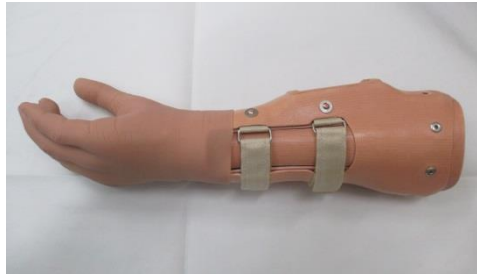


図 7

3. 患者の評価

上腕義手の項で述べる評価に準ずる。

4. 採寸・採型方法

肘関節 60 度、前腕部を回内外中間位で採型を行う。中間位で採型を行うことで回内外機能を確保する。また前腕部を中間位とするために肩関節が外転しないように注意する必要がある。ただし、前腕部を回内外中間位で保持することが困難な場合、筋緊張が入らないやや回外位で採型を行う場合もある。

手関節離断用の義手を製作する場合ソケットの長さは、長くなれば前腕部回内外を妨げるため支持性と有窓部を確保できる長さまで短くする。しかし筋電電動義手の場合、筋電位を採取しやすい筋腹の位置までは電極を埋め込むためにソケットが必要となる。そのため、肘頭よりやや遠位までソケットが必要となる場合が多いが、十分な筋電位が採取できる電極位置までは支持性を確保しつつソケットを短くすることも可能である。



図 8

- ①断端長、断端の周径、健側上肢の長さや形状を採寸用紙に記録する。
- ②断端にストッキングをかぶせ、安定するように固定バンド等でずれないようにする。
- ③骨突起部と事前に決定した電極位置（図 8）、ソケットトリミングライン、場合によっては有窓部のマーキングをする。
- ④ 前腕部を回内外中間肢位に保つ。
- ⑤ 導き紐を橈側に乗せて弾性ギプス包帯でテンションをかけずに転がすように巻く（図 9）。
- ⑥横断面橢円形状がしっかり出るようにする。
- ⑦橈尺骨骨幹部の形状が出るようにやや手技を加える。
- ⑧硬化後に導き紐を利用してギプス等で陰性モデルを切断して行き、ストッキングごと断端から取り外し、マーキングのずれがないかを確認する。

陰性モデルの長さとしては、最低限出来上がりの長さよりやや長く採ってあれば良いが、肘頭・上腕骨内外側上顆を覆うと前腕長や近位形状を把握しやすい。また刃物を使用して陰性モデルをカットされる事に対して抵抗のある方には、ギプス包帯をシーネ状に用い尺側から挟み込むように採型し、橈側接合部を硬化直前に一旦剥がした後に元に戻し硬化を待つことで刃物を用いず採型する方法もある（図 9）。



図 9 採型

4-1. 陽性モデル修正

採型後の陰性モデルにシーネで壁を作り、各マーキング部にコピーペンでずれを修正しながらマーキングしギプス泥を流し込む。

- ①ソケット近位部においては丸みを帯びた三角形状の断面が崩れないように削り修正を加える。
- ②前腕部回内外の動きが伝わるように橈尺骨骨幹部を掌側・背側から挟み込むような修正を加えるが、特に背側よりも掌側の方が押さえを強くできるので、掌側の削り修正を強くする。

③電極取り付け位置は平になるように削り込む。

電極の接触を確実なものとする為であるが、曲面または凹みがあると電極ダミーの固定が上手く出来なくなる為でもある。

③削り込みを終えたモデルの表面を目の細かい金網である程度滑らかにする。

③遠位端となる橈骨茎状突起と尺骨茎状突起には、盛り修正を加え骨突起部がソケットに強く当たらないように配慮する。骨の膨隆量にも左右されるが2～3mmの盛り修正を加える。

物を義手で押す時には遠位側に、物を引っ張る時には近位側に圧痛が生じる。また身体前方で物を持つ時や回内外機能が残存している為に、橈骨茎状突起に力が加わる可能性があることから、その方向に盛り修正を加えることを考慮する。

(チェックソケットの製作)

テルモリンクリア（オットーボック社）によるチェックソケットを成型し、仮合せ用筋電電動義手の製作を行う。ソケット入口部のトリミングラインは、肘関節可動域が十分得られるように肘屈曲時に軟部組織の逃げ場をつくり、想定される電極の取り付け位置まではソケットが必要である。そして尺側または橈側に設定した窓を設ける。有窓部の切断方法としては、直線部分に関してはパイプレーションカッターを用い、カーブ部分に関してはリューターを用いて切断を行っている。有窓部の固定方法に関しては20mm幅のダクロンベルト等を用い、位置革にてベルトと蓋を固定する。また場合によっては有窓部をソケット本体から切り離さず近位側をつなげておくことでベルト本数を減らし脱着しやすくしている場合も多い。ただし、その切断面がつながっていることで切り込みやバリ等の除去を行う上で加工に手間がかかる為、鋭角なカーブよりは弧を大きくした方が作業はしやすい。また近位側をつなげた場合には、ベルト位置が近位寄りになると蓋をしっかりと押さえることができないので注意が必要である（図10）。

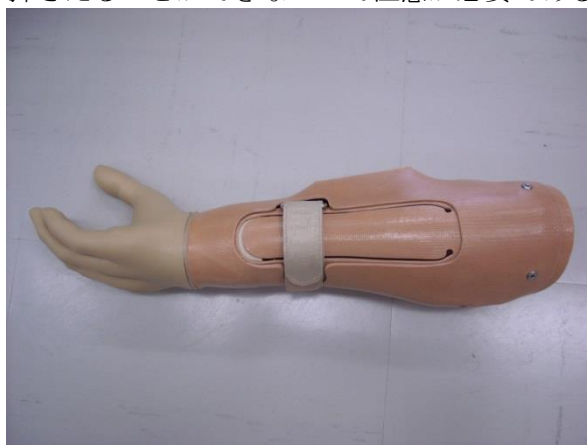


図 10

別の有窓方法としては、蓋をトレック等の柔軟性のある素材で製作することで蓋をふくらし、橈尺骨を通過させ、ベルトで固定する方法もある（図11）。



図 11

6. チェックソケット適合と仮合せ

仮合せ準備の為に、前腕筋電電動義手で用いている仮合せ用支持部を面ファスナーで取り付け、クイックチェンジリストにより手先具を固定する。場合によってはトランスカーパル 8E44 と屈曲リスト 10V38 を用い掌屈させる機能を試す場合もある。そのどちらの場合においても前腕長は長くなるが、極力最小限になるよう支持部の取り付けを行う。前腕長が長くなることにより使用上の違いは出るが同様の機能が得られるために仮合せ・訓練時においてはこのまま用いる。義手長を優先して選択する場合はトランスカーパルハンド用ラミネーションプレートを固定した仮合わせ用支持部を製作して同様に面ファスナーで取り付ける場合もある。バッテリー位置に関してももちろん有窓部に配置することはできないが、基本的には前腕切断と同様、比較的目立ちにくい掌側にすることが多い。電極については、基本的に仮合せ準備時には取り付けを行わず、一度チェックソケットを合せてから筋電採取に最適な位置に電極を埋め込む。

6-1. 仮合せ

仮合せ時にはソケットの適合、電極位置の確定、仕様の決定を行う必要がでてくる。まずソケットを装着してもらい断端との適合をみる。有窓部の位置によってはソケットに断端が入り難くなるため、入り難い場合には窓を長くとるか、逆側に窓を配置するように変更するか検討する必要がある。ソケットのきつさ・緩さ、または骨突起部の当たりを確認する。次に、あらかじめ筋電を採取できる位置を確認したうえで断端皮膚上に印を付けて、チェックソケットに電極位置を転写する。その上で、印位置にリユーターで電極を埋め込む穴をあける。想定するソケット長さによっては十分筋電採取ができた上で、電極位置をやや遠位にもってくる場合もある。電極感度の調整においては前腕切断と同様であり、電極が十分に皮膚に接触しているかをチェックする必要がある。前述したように橈骨茎状突起と尺骨茎状突起は軟部組織も少なく、不具合が生じやすい。特に手先に荷重がかかった時、前腕を回内外させた時には、ソケットへの強い当りが生じやすい。修正時の茎状突起への軽い盛り修正もその回避のために重要ではあるが、掌側・背側からの橈尺骨への圧迫がカウンターとなり、茎状突起の位置を固定することで圧痛を防ぐ意味を持つ。このため骨突起部を逃がすことだけでなく、適度な圧迫を加えることが重要である。

有窓部はベルトの締め付けにより圧迫が加わる部分である。蓋の切断面に十分な面取りが行われていないとエッジに発赤を生じる場合がある。

7. 最終仕上げまでの製作工程について

チェックソケットから FRP による本ソケットに移行する際には、手先具取り付けの際に十分な注意が必要である。これはトランスカーパルハンド 8E44 が手先具を直接ソケットに固定する方式であり、クイックチェンジリストやラミネーションリングによる固定のように手関節を回旋させることがほとんどできない。つまりハンドの回内外を仕上げた後に調整することが難しいため、仮合せ時のハンドの向きを正確に再現する必要がある。特にハンドが開く方向と陽性モデル近位部の断面形状の向きを正確に把握しておく。

調整後のチェックソケットから陽性モデルを起こし、このモデルを用いソケットを製作する。基本的に前腕ソケットと同様、テトロンフェルト 1 層およびナイロンストッキング 4 層でラミネーションを行うが、有窓式である場合強度が損なわれるため、断端の太さに応じた積層枚数の調整が必要である。また、有窓部がソケット本体とつながっている場合、つながっている部位にカーボンを配置し、ヒンジとなる部分に強度を持たせている。カーボンは蓋の端からはみ出ないように気をつける。電極位置にダミーを配置し、支持部固定用の座金を忘れないように入れておく。

7-1. 支持部の製作

ソケット硬化後、支持部を製作するためにソケットに直接石膏を盛り付ける。発泡ウレタンを成型する方法もあるが、石膏は安価でしっかり乾燥させると取り除きやすい。健側に近づけスタイルをとる事が望ましいが、ソケット形状を考慮して後に支持部を抜きやすい様に盛り付けて行く事が重要となる。ソケットと支持部の間に各種ケーブルを通す隙間を作っておく必要もある。隙間がない場合、ケーブルが圧迫され電気信号が通らなくなる事例がある。遠位端部はラミネーションプレート (9S258) を設置するために平らにし、その平らな面の角度は基本的に前腕部長軸方向にとっておく。平らな面はラミネーションプレートよりやや小さくし、ラミネーションプレートを平らな面に載せた時にワイヤーが広がらないように気をつける。またディストリビュータ 13E190 を配置する場所として、バッテリーボックス横またはソケット端末とラミネーションプレートとの間の隙間が考えられる。ソケット端末に配置する場合には、石膏を盛り付ける前に 13E190 の大きさを想定したダミーを貼り付けた上で、石膏を盛り付けていく。バッテリーボックスにダミーを配置し、その周りの形状を石膏で整える。また有窓部のベルトと環は支持部の内側に固定できるように、ソケットと支持部にベルト分の隙間を作っておくがこれもダミーを製作するとわかりやすい。

支持部のラミネーションはまずソケットと石膏に PVA を被せストッキネットを 2 層被せる。その上からラミネーションプレートの方向をしっかりと決めたいので、ジキルハルツにてストッキネットとラミネーションプレートを接着する。ラミネーションプレートの方向は 8E44 にも若干の回旋機構があるため、回内外どちらにも振ることができるように中間位に設定しておく。硬化後、更にストッキネットを被せ、折り返す前にワイヤー部分にカーボン積層を一周巻く。ただし、ワイヤーが有窓部にかかってしまう場合には、ワイヤーを極力有窓部からよけてカーボンも有窓部から外す。ラミネーションプレートにキャップを被せ、ラミネーションを行う。ソケットから支持部を外し盛り付けた石膏を取り除いた上で、ハンドのコードが通過するラミネーションプレート上の穴をドリルで開け、ハンドを取り付ける。

7-2. 支持部の取り付けと仕上げ

支持部の近位端はソケット入口部よりも 10mm ほど遠位にとっておき、支持部とソケットがネジで固定できるように加工する。また有窓部のベルトは、あらかじめ支持部を膨らませておいた部分の内側にベルトと環を固定する。ベルトを短くし過ぎると、面ファスナーの接続面積が少なくなり外れてしまう。

アウターグローブは有窓部のベルトがかからないぐらいの位置でカットする。アウターグローブにより水分から電動ハンドを守ることができるので、その長さは極力長いほうが良い (図 12)。



図 12

8. 手部切断例について

手根骨部切断・中手骨切断の場合においても基本的には、手関節離断を製作する方法と同様の方法がとられる。しかし、断端が長い分義手長も長くなってしまったため、健側とのバランスや外観の上からも問題となりやすい。

参考文献

- 1) 澤村誠志；切断と義肢. P53. 医歯薬出版株式会社. 2007

筋電電動義手の製作(前腕切断)

研究協力者 前野 昭博

研究協力者 林 満

目次

1. 前腕筋電電動義手のパーツと制御システム
2. 前腕筋電電動義手のソケット
3. 患者の評価
4. 採寸・採型
5. 修正
6. チェックソケット製作
7. 支持部の製作
8. 仮合わせ準備
9. 本ソケットへの移行
10. ライナー式本ソケットの支持部製作
11. ソケットに対する工夫
12. 製作時における工夫

1. 前腕筋電電動義手のパーツと制御システム

1-1 義手の構成

前腕筋電電動義手の構成部品は大きく以下のように分けられる。

- 1) 電極
- 2) 手先具（電動ハンド・電動フック）
- 3) リストユニット（リストローターを含む）
- 4) バッテリー
- 5) コスメチックグローブ

使用する電極の数、電動ハンドの制御システムの違いによって様々な動作制御を選択することができる。また、電動ハンド、リストユニット等のパーツはそれぞれサイズ、切断レベル、用途によって選択が可能ないくつかの種類が準備されている。以下にその主なものを挙げる。

1-2 電極の数と動作の種類の組み合わせ

1) 2チャンネルシステム（2サイト2ファンクション）

2つの電極を使用し、それぞれの電極が1つずつの動作を制御する。例えば1つの電極でハンドを開き、もう1つの電極でハンドを閉じる。前腕筋電電動義手の標準的なシステムといえる。

2) 4チャンネルシステム（2サイト4ファンクション）

2つの電極で4つの動作を制御する。すなわち1つの電極がそれぞれ2つずつの動作を制御するシステムである。動作の切り替えはあらかじめ設定された筋電信号の閾値とそこに到達するまでの時間によって行なわれる。例えば1つの電極でハンドを開く動作とリストの回外動作を制御し、弱くゆっくりとした筋収縮ではハンドが開き、強くすばやい筋収縮でリストが回外する。同様にもう1つの電極でハンドを閉じる動作とリストの回内を制御する。

3) ダブルチャンネルシステム（1サイト2ファンクション）

1つの筋でしか筋電信号が検出できない場合に使用するシステム。電極の制御方法は4チ

チャンネルと同様である。例えば1つの筋の強く素早い収縮でハンドを開き、同じ筋の弱くゆっくりとした収縮でハンドを閉じる。

1-3 電動ハンドの制御方式

1) ON/OFF 制御 (デジタルハンド)

筋電信号が、設定されている閾値を超えると動作を開始し一定の速度でハンドの開閉を行う。筋が弛緩し、筋電信号が閾値を下回ると動作を停止する。比較的弱い筋電信号で操作が可能であるが細かな力の制御が困難である。

2) 比例制御 (DMC=Dynamic Mode Control)

発生させる筋電信号の強さに比例してハンドの動作速度が変化する。細かな力の制御ができ、強い筋電信号を発生させれば ON/OFF 制御よりも開閉速度は速くできる。一方で、発生させる筋電信号に一定以上の強さが必要であり、なおかつその強弱を切断者自身がコントロールしなければならないため、制御にやや熟練を要し、また断端の筋への負担は比較的大きい。

1-4 電動ハンド (フック) の種類

1) 8E38 (クイックチェンジ)

前腕短断端から標準断端までに使用が可能である。リスト部分を回転させることで簡単に着脱が可能である。また他動的にリストの回内外を行うことができる。

2) 8E39 (手関節離断用)

前腕長断端から手関節離断までに適応する。ハンド直結の電極・バッテリー接続ケーブルと薄型のラミネーションリングにより、8E38 より 12mm 短くなっている。ハンドはラミネーションリングにねじ込む形で接続され、面摩擦により他動的な回内外は可能である。

3) 8E44 (手部部分切断用)

8E38 より 49mm、8E39 より 37mm 短い。ソケットに埋め込んだラミネーションプレートにハンドをネジ留めして接続する。このため回内外機能はない (図 1)。

4) リスト屈曲機構付ハンド

8E44 に掌背屈可変機能を持つ部品 (10V38, 9E397) とクイックチェンジリスト部品 (9S266) を組み合わせたハンド。各部品を組み立てた状態の長さは 8E38 と同じである。机上での作業において肩関節の代償動作を必要としないので、デスクワーク、パソコンのキーボード操作等に特に有効である。

5) 8E33 Greifer (電動フック)

作業に特化した形状と堅牢な構造、ハンド型よりも強い把持力 (160N) を持つ。リストはクイックチェンジとラミネーションリングの 2 種類がある。



(図 1) 電動ハンドの長さの比較 左=8E38 右=8E44
(MYOBOCK Arm Components 2007 より)

1-5 その他のパーツ

1) 電動リストローテーター10S17

前腕支持部に組み込みクイックチェンジ式の電動ハンドまたは電動フックと組み合わせて 4 チャンネルシステムを成す。前腕義手に使用する場合、ソケット遠位端からリストユニット遠位端まで最短でおおよそ 7 cm の長さを必要とする。健側上肢と切断肢の長さの差によりこのスペースを確保できない場合、義手長は健側よりも長くなる。

2. 前腕筋電電動義手のソケット

前腕筋電電動義手のソケットには、ミュンスター型、ノースウェスタン型等の顎上支持ソケットが適している。ミュンスター型は、1950 年頃 Kuhn により開発された前腕切断短断端に適応する自己懸垂性に優れたソケットであるが、前面開口部が肘関節までに及ぶカプセル様の形状であり、中・長断端では脱着が不可能なため適応とならない。これに対し Childress, Billock が 1971 年に開発したノースウェスタン型ソケットは、上腕骨内外側上顆と肘頭近位での懸垂を主体とし、前面の開口部トリムラインを断端長の最大 45% までとすることにより中・長断端にも適応がある。

これらの自己懸垂ソケットでは、懸垂のためのハーネスが不要となるため、これによる拘束感や健側肩関節周囲への負担が解消され、また、衣類を着た状態（長袖）でも着脱が可能となる。さらには肘関節周囲の解剖学的適合により、差込式ソケットと比較して断端とソケットの間でのずれが少ないため、確実な筋電コントロールが期待できる。

癒痕やケロイドにより、断端皮膚がソケット自己懸垂のための圧迫に耐えられない場合等には、ピンロック式のシリコンライナー（以下ライナー）を使用することも可能である。この方式では顎上支持ソケットのように肘関節を深く覆う必要がないためトリムラインを低く設定でき、肘の可動域制限をより少なくすることができる。しかし一方では片手でライナーを装着することが難しいという問題がある。

3. 患者の評価

上腕義手の項で述べた評価に準ずる。

4. 採寸・採型

4-1. ノースウェスタン型ソケット

- ① 断端にストッキングをぬらしてからかぶせる。
- ② マーキングペンで、上腕骨内側上顆、上腕骨外側上顆、肘頭、橈骨骨端、尺骨骨端、電極位置をマーキングする。瘢痕や神経腫がある場合はその部分をマークする。また、ソケットトリムラインの目安を引いておく後にチェックし易い。
- ③ 採型肢位を 45° に保ち、弾性ギプス包帯でソケットトリムラインを覆うように巻く。
- ④ 良好な顆上懸垂の獲得のため内外側上顆と肘頭の近位をよくモールドする。この手技は、局所的に押さえて形状を作るというよりも、正確な骨形状を陰性モデルに反映させるように行うことが重要である。
- ⑤ 断端と電極の接触を確実にするため、電極を設置する部分を中心に ML 方向に軽く圧迫する。
- ⑥ ギプスが硬化したらモデルを抜き、ソケット形状にトリミングを行い、端末部を一部カットして引き込み口を作る。
- ⑦ ソケットトリムライン部をシーネ状にしたギプス包帯にて補強してチェック時に変形しないようにする。→陰性モデルを断端に装着してからシーネ補強をする方法とどちらを採用するか要検討が必要。
- ⑧ 断端遠位側に 5 cm 程度余る様にストッキングをかぶせる。
- ⑨ ⑦で余ったストッキングを端末カット部から引きながら陰性モデルを装着させる。
- ⑩ 断端を屈伸させて適合状態を確認する。→陰性モデルの入口部にギプスシーネを当て、トリムラインのフレアを形づくる。このとき、ギプスシーネが硬化するまで肘を屈伸させ後壁フレアが肘頭近位の形状に沿うようにする。
ギプスシーネが硬化したら、肘伸展時に確実な懸垂が得られているか、肘の可動域制限は必要最小限であるか、骨端の圧痛はないかを確認する。

4-2. ミュンスター式ソケット

- ① 断端にストッキングを濡らしてからかぶせる。
- ② マーキングペンで、上腕骨内側上顆、上腕骨外側上顆、肘頭、橈骨骨端、尺骨骨端、電極位置、瘢痕や神経腫がある場合もマークすると良い。また、ソケットトリムラインの目安を引いておく後にチェックしやすい。
- ③ 採型肢位を 90° に保ち、弾性ギプス包帯でソケットトリムラインを覆うように巻く。
- ④ 上腕二頭筋腱をはさみ込む様に示指、中指で支持をし、もう片方の母指と小指を上腕骨内外顆レベルの近位側と上腕骨後面を残し 3 本の手指で指示する。
- ⑤ ギプスが硬化したらモデルを抜き、ソケット形状にトリミングを行い、端末部を一部カットして引き込み口を作る。
- ⑥ ソケットトリムライン部をシーネ状にしたギプス包帯にて補強してチェック時に変形しないようにする。
- ⑦ 断端遠位側に 5 cm 程度余る様にストッキングをかぶせる。
- ⑧ ⑦で余ったストッキングを端末カット部から引きながら陰性モデルを装着させる。
- ⑨ 断端を屈伸させて適合状態を確認して陰性モデル上での修正を加えるが、伸展時（リラックス屈曲）での屈曲角が 35° 、最大屈曲角が 105° となるようにトリムラインを調整する。

4-3. ライナー式ソケット

ライナー仕様を選択した場合、電極の取り付け位置及び筋電採取をする上での加工が必要になってくる。通常、ライナーの電極にあたる部分に丸又は楕円の穴を開けて

使用する事になる。また、電気を通す導電糸（特殊糸）をその部分に縫い付けて使用する事もある。導電糸は、繊維の太さ及び加工方法により電気を通す抵抗値が大きく変わる為、選択する導電糸の種類は慎重に選ぶ必要がある。

また、シリコンという特性上、亀裂が入ると裂け易い事から表面に生地加工してあるライナーを選ぶことが望ましい。導電糸は、電極表面積よりも一回り大きく縫い付ける必要が出てくる。これは、ソケット装着中に回旋方向又は長軸方向へのズレが生じても筋電が問題なく拾えるようにする事が目的である。

縫い付ける方法としては、特殊なミシンを使用して縫い付けるか、手縫いとなるのであまり容易とは言えない。

ライナーのほかに断端袋を使用する場合にもこの方法を用いる事が可能な為、ソケット挿入時に困難を要する場合や汗の問題に悩まされている時にも洗い替えが出来るという意味で利用する事も出来る。汗に関して言えば吸収性の良いものや、吸収速乾性の生地を選ぶと良い。装着性を優先する場合は、表面の滑りが良いものを選ぶ。

ライナー式の場合のソケット形状としては、顆上支持式を選択して懸垂をピン懸垂と顆上支持による両方で行うことで確実な懸垂を求める方法と、差込み式ピン懸垂のみにより伸展制限を無くし可動域を増やす事で日常動作の幅を広げる方法もある。差し込み式の場合、断端の長さでソケット形状にもよるが回旋方向へのズレが出やすい為、製作時に考慮する。簡単な方法としては、ライナー近位の生地に滑り止め加工を施しソケット側へ折り返せば回旋を抑制出来る。ソケット近位表面に滑り止め処理をして良いが、ライナーにしておけば生地のほつれも防ぐ事が出来るので一石二鳥である。

5. 修正

筋電電動義手の場合、電極面の皮膚表面接触の確保と誤動作防止の為にも装飾用ソケットなどよりもソケットボリュウムをタイトに製作する事が多いが、装着の際に引き込み布等を使用して装着する事になる。装着時に引き込み布を使用しなくても適合状態の良いソケットを製作すれば、装着の際の負荷を軽減できる。その為には、修正に熟練と経験が必要になってくる。

5-1. ノースウェスタン式ソケットの修正

- ① 陰性モデル近位部を 3～4cm 程度延長する。
- ② 陰性モデルに石膏泥を流し込み、パイルを立てて陽性モデル型をおこす。
- ③ 硬化後に陰性モデルを外す。
- ④ マーキング部分を改めてマークする（採型時に位置がズレる事がある為）。
- ⑤ ソケットのトリムラインとなる所を決め、開口部の設定をする。通常、ノースウェスタン式ソケットの場合は、断端長の 45%を基準として設定するが、断端長に応じて調整する事も必要なる。
- ⑥ 肘屈曲角が 45° でのソケット脱着が容易で、装着時の脱落を防ぐ必要がある為、顆部走路にあたる削り量は M-L 幅よりも 4～6mm 程度の削り修正を目安として断端ボリュウム等により調整する。
- ⑦ 骨突起部分の盛り修正を加える。肘屈曲時にソケットは遠位方向へ移動する為、顆部と肘頭の近位方向への盛り修正を加え、橈骨、尺骨の前遠位端方向への盛り修正を必要に応じて加える。
- ⑧ 陽性モデルの骨突起部以外を整える。

5-2. ミュンスター式ソケットの修正

- ① 陰性モデル近位部を 3～4cm 程度延長する。
- ② 陰性モデルに石膏泥を流し込み、パイルを立てて陽性モデル型をおこす。

- ③ 硬化後に陰性モデルを外す。
- ④ マーキング部分を改めてマークする（採型時に位置がズレる事がある為）。
- ⑤ ソケットのトリムラインとなる所を決め、開口部の設定をする。ミュンスター式ソケットの場合は、採型手技による上腕二頭筋腱の押さえの位置を目安に設定する。後壁の高さについては、ノースウェスタン式よりも高く設定するが、開口部同様に陰性モデルでの適合チェック時に決めた位置でフレアを付ける。
- ⑥ 骨突起部分の盛り修正を加える。肘屈曲時にソケットは遠位方向へ移動する為、顆部と肘頭の近位方向への盛り修正を加え、橈骨、尺骨の前遠位端方向への盛り修正を必要に応じて加える。
- ⑦ 陽性モデルの骨突起部以外を整える。

6. チェックソケット製作

チェックソケットの製作では確実な適合状態の確認と調整の為、透明かつ加工が容易な材料を選択する必要がある。例えばオットーボック社製のテルモリンクリアやオズール社のオルフィートランスなども適している。訓練期間や場合によっては仮使用において長期に継続使用する場合も、上記材料であれば強度も問題ない。

6-1. 通常のチェックソケット

- ① 修正後の陽性モデルをある程度湿らせる。完全に乾燥しているとモールドした時にモールド材に石膏が着いてしまう為、やや湿っている方がモールドし易いであろう。あまりに水分が多い場合は、吸引をかけている最中に陽性モデルから水分が出てくることにより完全にモデルに添わせることが難しくなる。また、石膏の割り出しに苦労をすることにもなる。
- ② 陽性モデルのボリュームにもよるが、真空成形時に確実に吸引させるために、モデル端末から近位までの貫通穴（φ4mm程度）を開けると良い。また、薄い成形用のストックネット等を被せて真空成形する場合は、モデルに貫通穴をあける必要はない。
- ③ 陽性モデルを真空成形台にセットする。
- ④ 陽性モデルに離形剤（シリコンスプレーやパウダーなど）を塗布する。
- ⑤ モールド材料の指定軟化温度にオープンを設定して、材料を入れ軟化させる。
- ⑥ 材料の性質にもよるが、モデルの2分の1程度から3分の2程度垂れるまで軟化させてからモデルに被せ、しわや折れがない様に整えながらある程度添わした後に吸引させる。
- ⑦ モデルに確実に吸引されており、なおかつ材料の厚みが均等に近いかを確認する。材料の極端に薄い箇所や損傷に繋がりそうな筋等があればやり直す。
- ⑧ モールド材料が冷えてから陽性モデルの割り出しを行う。
- ⑨ ソケットのトリミングをして、ソケット内を綺麗にしたらチェックソケットの完成である。

6-2. ライナー式チェックソケット

- ① 修正後の陽性モデルをある程度湿らせる。完全に乾燥しているとモールドした時にモールド材に石膏が着いてしまい、後に手間がかかる。
- ② 陽性モデル端末をスチール治具の大きさ分の平面を出す。この時、削る角度を前額面及び矢状面の長軸に対して直交するようにしなければピンの入りが悪くなる。
- ③ 陽性モデルのボリュームにもよるが、真空成形時に確実に吸引させるために、モデル端末から近位までの貫通穴（φ4mm程度）を開けると良い。また、薄い成形用のストックネット等を被せて真空成形する場合は、モデルに貫通穴をあける必要はない。

- ④ 陽性モデルを真空成形台にセットする。
- ⑤ ライナーロックアダプター（オズール L-72100）のモールド用ダミーをセットする。
- ⑥ スチールガイドを小釘 4 本で固定する。
- ⑦ ロック本体ダミーにピンダミー固定ボルトをソケット内に六角穴がくるようにはめる。
- ⑧ ソケット内リングをロック本体ダミーに取り付ける。
- ⑨ 解除ボタンダミーを取り付ける。この時にロック解除ボタンが向く方向に注意する。
- ⑩ ピンダミーを取り付ける。
- ⑪ 陽性モデルに離形剤（シリコンスプレーやパウダーなど）を塗布する。
- ⑫ モールド材料の指定軟化温度にオープンを設定して、材料を入れ軟化させる。
- ⑬ 材料の性質にもよるが、モデルの 2 分の 1 程度から 3 分の 2 程度垂れるまで軟化させてからモデルに被せ、しわや折れがない様に整えながらある程度添わした後に吸引させる。
- ⑭ モデルに確実に吸引されており、なおかつ材料の厚みが均等に近いかを確認する。材料の極端に薄い箇所や損傷に繋がりそうな筋等があればやり直す。また、ロック解除ダミー周辺が添いにくいので隙間が無い様に押さえるなどして密着させる。
- ⑮ モールド材料が冷えてから陽性モデルの割り出しを行う。
- ⑯ ソケットのトリミングをして、ライナーロックアダプターのダミー類を取り外し、ソケット内を綺麗にする。
- ⑰ ライナーロックアダプター本体を入れ、ロック押さえを締め込む。この時にロック解除ボタンを取り付ける方向をダミー穴に合わせる。
- ⑱ 解除ボタンを取り付ける。解除ボタンをロック本体にねじ込む事で解除ボタンのプラスチックにネジが切られる為、ねじ込み過ぎないように注意する。また、必要に応じて長さをカットする場合は、解除ボタン内のプラスチック棒の長さも合わせる。
- ⑲ ラチェットピンをはめ込んで、ロックと解除の両方がスムーズにいくか確認する。

7. 支持部の製作

使用する電動ハンドの大きさとソケットボリューム及び前腕長に合わせた支持部を容易する必要がある。各寸法に合わせた円錐状の陽性モデルを用意してラミネーションにより支持部を製作する。これらの支持部は、幾つか製作して行くうちに他のユーザー訓練時にも併用出来るようになってくる。

- ① ナイロンストッキングネットを 6 層（長さやボリュームによって増減が必要な場合もある）でラミネーションを行う。
- ② 硬化後にモデルから抜き上面をカットして筒上の支持部が出来る。
- ③ ラミネーションリング（オットーボック社製 10S1）の厚みよりやや残して、4 本足になるようにカットする(図 2)。

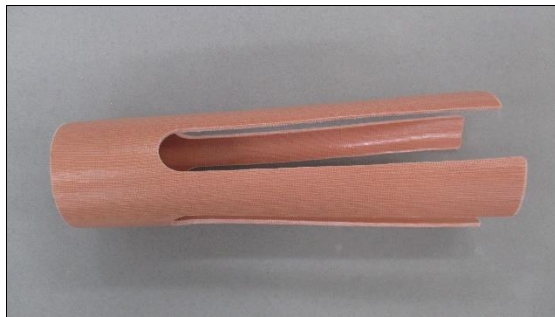


図 2 4 本足にカットされた支持部

- ④ ラミネーションリングをジゲルハルツ（オットーボック社製 617H21）で接着固定する。
- ⑤ 前腕長と電動ハンドの長さから支持部の長さを割り出しカットして調整。

8. 仮合わせ準備

使用者の処方に基づき支持部及び筋電義手パーツを用意する。

チェックソケットに関しては採型時点で印した電極位置に電極穴を予めあけて準備する場合と、状況に応じてチェックソケット単体での適合チェックを行った上で電極位置を改めて設定する場合がある。予め開けて置く場合は、筋電採取時点で特に問題なく（確実な筋電が拾える）位置を変更する必要が無い場合には製作所で準備しておいた方が手間が省ける。現地で改めて開ける場合は、電極位置を変更する可能性が高い場合などがこれにあたる。

- ① 支持部の足をソケットに合わせてヒートガンで加熱するなどして添わせる。この時、電極位置に足が掛からない様に考慮する必要がある。ライナー式の場合は、ロック解除ボタン位置にも留意する。
- ② チェックソケットに電極穴をあけ、内側に 3mm 程度出る様にする。
- ③ 2 チャンネルの場合は、10S4（カップリングピース）に 9E169（コーキシアルプラグ）を組み合わせる。9E169 を 10S4 の裏側からはめ込むのだが、9E169 の tab と 10S4 の溝の位置が合っているか確認しながら入れる。次いで表側から 9E170（ロックリング）を取り付ける。

4 チャンネルの場合は、10S17（リストローテーター）に 13E205（コントロール部品）を取り付ける。10S17 の 9E85（プロテクションカップ）を外し、11S25（ロックリングも外す。この 11S25 を外す前に差し込んであるケーブルを差込口から抜く。11S25 の切欠きにマイナスイライバーをはめ込んでねじれば取り外す事が出来る。ケーブルを通しながら 13E205 を義手の左右に応じて 13E205 に刻印してある「No.1」又は「No.3」をフリーにしてはめ込む。

左の場合は、「No.1」をフリーとする。

右の場合は、「No.3」をフリーとする。

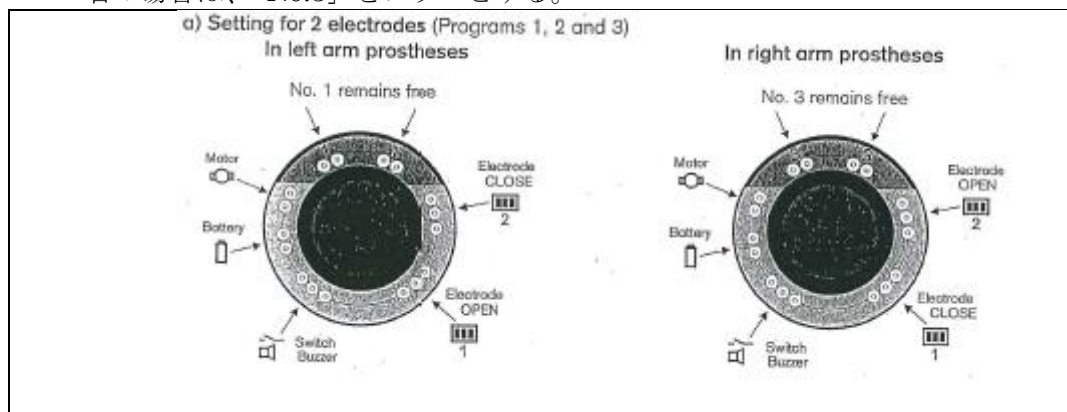


図3 4チャンネルのセット(オットーボック社:23 E205の取扱説明書から引用)

- ④ 支持部ラミネーションリングに 10S4（カップリングピース）+9E169（コーキシアルプラグ）または、10S17（リストローテーター）+13E205（コントロール部品）を取り付ける。
- ⑤ 電極ケーブル及びバッテリーケーブルを差し込み、501S50（プラスチックスクリー）で配線抜けの防止をする。4チャンネル仕様の場合は、9X24（スイッチ）ケーブルも差し込む。
- ⑥ 粘着剤付きマジック（仮称）で支持部を固定する。

- ⑦ バッテリーボックス取り付け位置を決めてから、粘着剤付きマジック（仮称）で固定する。4チャンネル仕様の場合は、9X24の固定位置も決める。
- ⑧ 支持部及びバッテリーボックスを補強テープで固定する。ビニールテープ等の伸びるものではなく、非弾性テープが望ましい。
- ⑨ 電動ハンドを取り付け、動作確認を行う。
- ⑩ 訓練を開始する。

9. 本ソケットへの移行

訓練で使用して行く中でポリウム変化はないが、ソケットの一部調整のみで適合状態が良い場合がある。その場合、改めて採型を行うよりも使用ソケットからコピーを作成する方が被験者の負荷が軽減される（再採型による負担や仮合わせなど、来院にかかる手間や費用など）。ポリウムの変化があった場合などは再採型を行い、仮合わせから始める必要がある。

チェックソケットのコピーを取る場合は、オットーボック社製のペディレン複製樹脂（仮称）を使用する。

617H37 : 617P21 = 100 : 40 の割合で混合させるが、秤で正確に図らなければならない。

- ① 陽性モデルに PVA をかぶせる
- ② 電極ダミーを取り付ける。この時、電極ダミーの足の下にテトロンフェルトを入れておく。
- ③ テトロンフェルトをモデルの形に合わせてミシンで縫って形取り電極ダミーがずれない様に注意しながらかぶせる。
- ④ ナイロンを1枚かぶせる。
- ⑤ 星形座金を原則4カ所に貼りつける。バッテリーボックスの位置や支持部のトリムラインを考えて取り付ける必要がある。
- ⑥ ナイロンを3枚かぶせる。
- ⑦ PVA を被せる。
- ⑧ アクリル樹脂（オットーボック社製 617H19 アクリル硬性樹脂）に肌色カラーと脱泡剤（信越シリコーン KS-603）、硬化剤を入れ真空脱泡器で樹脂を脱泡させる。
- ⑨ アクリル樹脂を吸引装置に掛けながらラミネーションする。
- ⑩ 硬化後 PVA を剥がし、電極ダミー（A）を取り外す。
- ⑪ 電極ダミー（B）を取り付ける(図4)。



図4 電極ダミー

9-1. 本ソケット支持部の製作

- ① 支持部のスタイルを取る為、使用する電動ハンドの大きさに合わせたダミーを遠位に設定して軟ポリ又は紙コップ等で円錐状の筒を作り石膏泥を流し込む。
- ② バッテリーボックスダミーを石膏泥を使って固定し、全体のスタイルも出す。この

- 時、星形座金の取り付け位置と電極ダミーの突起が支持部ラミネーション後に解るようにすると作業性が良い。
- ③ 削り修正を加えて支持部のスタイルを綺麗に整える。
 - ④ 石膏が乾燥後に支持部ラミネーションを行う。石膏が完全に乾燥していなくても表面をジークルハルツでコーティングすれば問題ない。
 - ⑤ モデルにストッキングまたはストッキネットを被せる。これは硬化後に支持部を抜きやすくする為である。
 - ⑥ PVA をかぶせる。
 - ⑦ ナイロン 2 枚を被せる。
 - ⑧ ガラス繊維を支持部トリミングから出ない様に全体に被せる。バッテリーボックスダミーの表面もガラス繊維をカットしておく後に剥離しにくくなる。
 - ⑨ ナイロン 2 枚をかぶせる。
 - ⑩ PVA を被せてラミネーションをする。アクリル硬性樹脂（本ソケットへの移行⑧と同様）
 - ⑪ 硬化後に PVA を剥がす。
 - ⑫ 支持部の近位トリムラインを記し、ヒートガンで熱を加えながらカッターナイフ等で一周カットする。
 - ⑬ バッテリーボックスダミーのラインに合わせてヒートガンで熱を加えながらカッターナイフ等でダミーを取り出せるようにカットする。
 - ⑭ バッテリーボックスダミーを取り出す。
 - ⑮ バッテリーボックスを取り出すと石膏が見える為、それを砕く。
 - ⑯ 支持部近位部のソケットに添ったラインをヒートガンで加熱して支持部を抜き取る。
 - ⑰ ソケット側に残った石膏を落とす。
 - ⑱ 支持部側に残った石膏も抜き、ラミネーションリングダミーも取り外して次回再利用する。
 - ⑲ ソケットの陽性モデルを砕く。
 - ⑳ ソケットをトリミングする。
 - ㉑ 支持部の遠位部をカットする。橈屈、掌屈をやや付けた状態で平面を出す。
 - ㉒ ソケットに支持部をはめてみて、余分をトリミングする。
 - ㉓ 支持部の電極ボリューム調整窓の穴をあける（ $\phi 6 \sim 7\text{mm}$ ）。
 - ㉔ 支持部にラミネーションリング（オットーボック 10S1）をジークルハルツ（オットーボック 617H21）で固定する。
 - ㉕ バッテリーボックスをジークルハルツで固定する。
 - ㉖ ソケットの星形座金に M4 のタップを立てる。
 - ㉗ ソケットに支持部をはめ込み、星形座金の 4 カ所の穴を支持部に記して $\phi 4\text{mm}$ の穴をあける。
 - ㉘ 503F3（ソケットスクリュー）をねじ込み、ソケット内にはみ出る部分をカットする。
 - ㉙ 電極にケーブルを取り付け、ソケットにはめ込む。
 - ㉚ バッテリーボックスにバッテリーケーブルを取り付ける。
 - ㉛ 9E169 又は、13E205 に各ケーブルを取り付け、10S1 にはめ込み 11S4（ロックリング）で固定する。
 - ㉜ ソケットと支持部側をケーブルが破損しない様に注意しながらゆっくりはめ込む。特に 13E205 にケーブル端子を差し込んだ後、端子の押さえ蓋でケーブルを損傷させないように注意する必要がある。
 - ㉝ 503F3 を取り付ける。
 - ㉞ 電動ハンドを取り付ける。

- ③⑤ 8S11（コスメティックグローブ）をかぶせる。
- ③⑥ 動作確認して完成。

9-2. ライナー式本ソケット製作

- ① 陽性モデル端末をスチール治具の大きさ分の平面を出す。この時、削る角度を前額面及び矢状面の長軸に対して直交するようにしなければピンの入りが悪くなる。
- ② ラミネーション台に載せる。
- ③ スチールガイド中央穴にワセリンを塗布して釘 2 本で固定する。
- ④ PVA をかぶせる。
- ⑤ 吸引させる
- ⑥ スチール治具の遠位端平面部分を円に沿って瞬間接着剤を垂らしながらカッターナイフで PVA をカットする。
- ⑦ 空気漏れにより吸引が不十分になっていないか確認をする。
- ⑧ ピンダミー固定ボルトの六角穴がモデル側にくるようにねじ込む。
- ⑨ 密閉用シリコンをスチール治具の上にのせる。
- ⑩ ロック本体ダミーの遠位平面部とねじ部を除いた周囲面にセロハンテープをシワの無い様に綺麗に貼る。こうする事でラミネーション後に取り外すことが用意になる。
- ⑪ ロック本体ダミーをのせる。
- ⑫ ピン用ダミーを⑧のピンダミー固定ボルトにねじ込み、ロック本体ダミーを解除ボタンの取り付ける位置を考えて固定する。ピン用ダミーにもセロハンテープを巻いておくとラミネーション後に外しやすくなる。
- ⑬ ソケット内リングをロック本体ダミーに取り付ける。
- ⑭ 解除ボタンダミーを取り付ける。この時にロック解除ボタンが向く方向を改めて確認する。
- ⑮ 電極ダミーを取り付ける。この時、電極ダミーの足の下にテトロンフェルトを入れておく。
- ⑯ テトロンフェルトをモデルの形に合わせてミシンで縫って形取り電極ダミーがずれないように注意しながらかぶせる。
- ⑰ ライナーロックアダプターダミー部分をタコ糸で巻きつけてダミーに沿わせる。
- ⑱ ナイロンを 1 枚かぶせる。
- ⑫ 星形座金を原則 4 カ所に貼りつける。バッテリーボックスの位置や支持部のトリムラインを考えて取り付ける必要がある。
- ⑬ ナイロンを 3 枚かぶせる。
- ⑭ PVA をかぶせる。
- ⑯ アクリル樹脂（オットーボック社製 617H19 アクリル硬性樹脂）に肌色カラーと脱泡剤（信越シリコン KS-603）、硬化剤を入れ真空脱泡器で樹脂を脱泡させる。
- ⑰ アクリル樹脂を吸引装置に掛けながらラミネーションする。
- ⑱ 硬化後 PVA を剥がし、電極ダミー（A）を取り外す。
- ⑲ 電極ダミー（B）を取り付ける。

9. ライナー式本ソケットの支持部製作

- ① 本ソケット支持部製作①～⑱までの作業を行う。
石膏での支持部スタイル出しの時に、解除ボタンダミーの位置が明確に分かる様に凹み等を支持部スタイルの時に付けておくと後の作業がやりやすい。
- ② 解除ボタンダミーを外す。
- ③ ロック本体ダミーを外す。この時、ダミーが動かず外れにくい時はヒートガンで

ダミーを加熱すると外れやすくなる。但し周りの樹脂を焼いて損傷させないように注意する。

- ② ピンダミー固定ボルトを外す。
- ③ ピンダミーを外す。
この時、ダミーがうまく外れない時は、ダミーをヒートガンで加熱すると外れやすくなるが、樹脂部分を焼かない様に注意が必要である。
- ④ ソケットをトリミングする。
- ⑤ ライナーロックアダプター本体を入れ、ロック押さえを締め込む。この時にロック解除ボタンを取り付ける方向の穴に合わせる。
- ⑥ 本ソケット支持部製作⑩～⑪までを行う。
- ⑦ ソケットと支持部側をケーブルが破損しない様に注意しながらゆっくりはめ込む。特に 13E205 にケーブル端子を差し込んだ後、端子の押さえ蓋でケーブルを損傷させないように注意する必要がある。
- ⑧ 503F3 を取り付ける。
- ⑨ 解除ボタンを取り付ける。解除ボタンをロック本体にねじ込む事で解除ボタンのプラスチックにネジが切られる為、ねじ込み過ぎないように注意する。また、支持部表面から出ないように長さをカットする場合は、解除ボタン内のプラスチック棒の長さも合わせる。
- ⑩ ライナーラチェットピンのロック状態と解除に問題ないか確認する。
- ⑩ 電動ハンドを取り付ける。
- ⑪ 8S11（コスメティックグローブ）を被せる。
- ⑪ 動作確認して完成。

11. ソケットに対する工夫

11-1. 肘頭をくり抜く

筋電義手を装着操作する上で重要なのは、装着中に痛み等が発生せず快適に使用出来る事である(図5)。



図5 肘頭がくり抜かれたソケット

11-2. 2重ソケット

ハードソケットのみのソケットでは断端が骨ばっており、上腕骨内外側上顆と上腕部のギャップが大きい場合には、ソケット脱着時に痛みを生じたり装着時に困難を要する。こういった場合は、内側にソフトソケット（熱可塑性）を用い、外側にフレーム状もしくは顆部を通す走路が脱着時に広がり、懸垂時には確実に保持するようにハードソケットで覆う2重ソケットを用いる事がある。

このソフトソケットには、オルフィートランスエクストラソフト（オズール社製）を用いる。



図 6 フレキシブルソケット

製作方法

- ① チェックソケット製作項目の①～③を行う。
- ② フレキシブルソケット(図 6)用の電極ダミーをモデルに固定する。両面テープ固定でも良いが、モデルが湿っていると付きが悪い為、電極ダミー中央に小釘を打って固定しても良い。
- ③ 503F3 ソケットスクリュー（ソケットと支持部を固定するネジ）のナット（フレキシブルソケット用）をモデルに位置を決めて固定する。これも両面テープ又は小釘等を使用して固定する。
- ④ チェックソケット製作項目④～⑦を行う。
- ⑤ モールド材料が冷えたらダミー表面が出るまで平面に削る。
- ⑥ 電極ダミー「A」を取り外す。
- ⑦ 電極ダミー「B」を取り付ける。
- ⑧ 支持部の製作については、本ソケット支持部製作と同様となる。

2重ソケット製作時の注意点

- ① 支持部のトリムラインについては、支持面と顎部の走路等を考慮してトリミングする。
- ② フレキシブルソケットの厚みは、強度及び耐久性を考慮して通常のハードソケットよりも厚めにしておく必要がある。
- ③ 全体の強度が通常よりも必要な場合は、フレキシブルソケットをモールドした後、ソケットに添った形で積層を考慮してラミネーションをして、支持部の土台となるハード部分を作った後に支持部を立てれば強度を保てる。

ソケット入口部にクッション材を貼る(図 7)

2重ソケット選択時の理由の一つである上腕部とのギャップによるソケット脱着時の痛みや困難を軽減するために、ソケット近位のフレア及び顎部を覆う様に PE ライト材の様なクッション性のある材料を貼り付ける事も有効である。また、重量作業に従事する場合や日常生活においても重量物を持つ機会があり、顎上に痛みを感じる様な場面でもこれらを軽減する事が出来る。



図 7 入口部にクッション材を使用したソケット

12. 製作時における工夫

筋電電動義手を使用中に起きるトラブルの中に、電極ケーブルの電極側の端子が抜けかけて接触不良を起こし動作不良となる事がある。筋電電動義手を組み上げる前にその端子部に補強位として粘着性の高いシール状の物を貼っておけば防ぐ事が出来る。

4チャンネル仕様の場合に 9X24（スイッチ）を取り付けるが、切り替えのバーが長い為に使用中もしくは衣類の袖が引っ掛りスイッチが切り替わってしまうことや破損に繋がる事がある。こういった事を防ぐために長さを短く加工することもある。

4チャンネル仕様の回内外動作時に、コスメティックグローブを近位に長く残しているとグローブがねじれてしまう事もあり、健手でもとに戻すような事もある。グローブ近位とソケット支持部の間に摩擦抵抗の少ないフィルムを支持部の円錐に合わせて筒を作り入れておくとスムーズに回旋させる事が出来る。

屈曲リスト付きの電動ハンドを使用する場合、コスメティックグローブをかぶせても電動ハンド本体 8E44（トランスカーパルハンド）と 10V38（屈曲リスト部）のギャップ（隙間）がある為、コスメティックグローブをかぶせた時にシワが出来やすくなる。その隙間部分にフォームカバーの切れ端のようなものでリスト周径部に合わせるとシワ等が出来にくくなる。

筋電電動義手の作業療法

研究協力者 中村恵一

(次ページ以降：ファイルは PDF に収載)

1 はじめに

最初の筋電電動義手はReiterによって1943年ごろ開発されている（図1-1）。

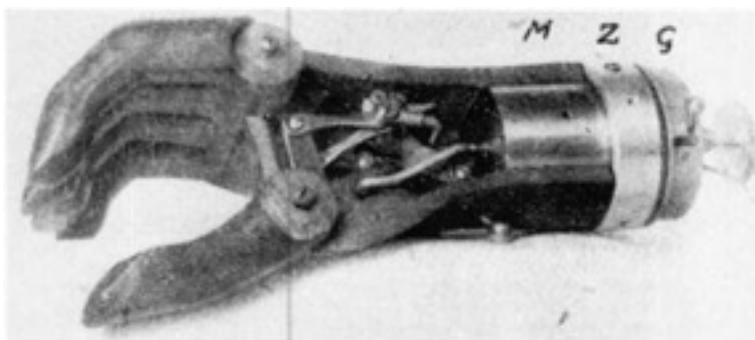


図1-1 最初の筋電電動義手（Reiter 1943）

その後Bottom-leyの比例制御方式の筋電ハンドが開発される。但しバッテリーは携帯できなかった（図1-2）。

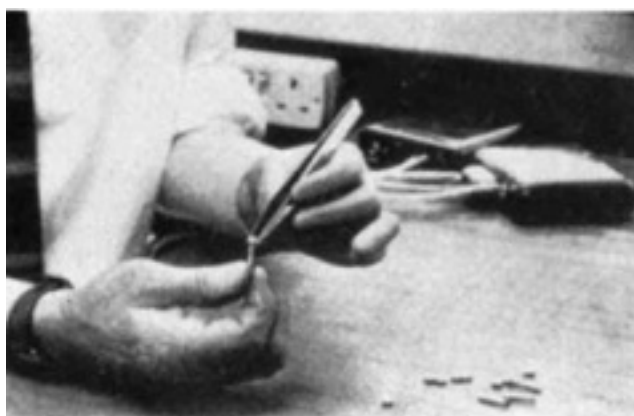


図1-2 最初の比例制御. (Bottom-ley in England)

1960年代にソ連（Central Prosthetic Research Institute）で実用化され、商用目的とした電動動力義手（Russian hand 図1-3）が開発され、イギリスのHangar Limb Factoryによって広められたとされる。

1965年にはドイツのオットーボック（Otto Bock）社が、筋電と外付けバッテリーにてシステムハンドを開発した。1968年から日本では、サリドマイド奇形・欠損児用として研究開発が始まり、1971年

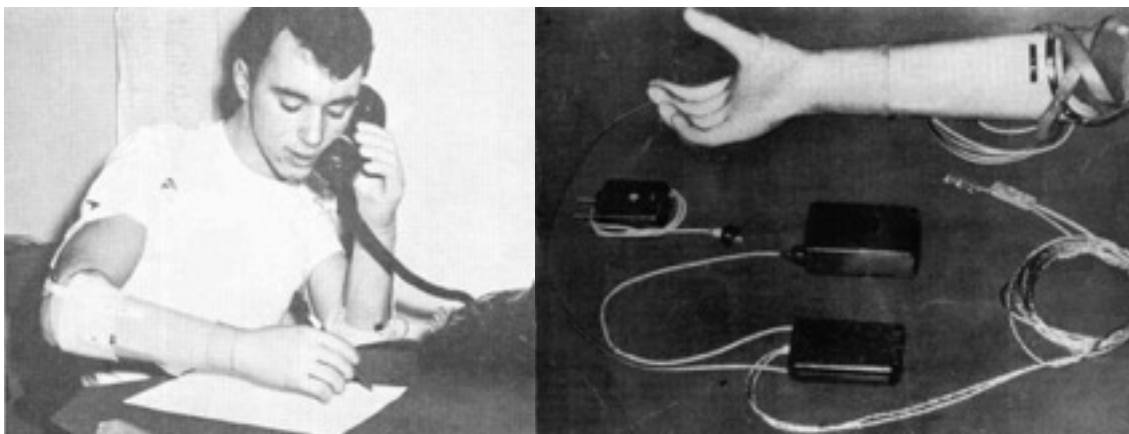


図1-3 トランジスタ化されバッテリーが充電、小型携帯できるようになった（Russian Hand）

には電動補装具としての総合研究も始まった。以来様々な研究・開発が行われ、1976年に早稲田大学と今仙電機製作所によるWIMEハンド（図1-4）が研究され、1979年に実用化された。以降国内でもロボットハンドの研究開発はあるが、現在は国内シェアのほとんどがオットーボック社のシステムハンドを使用している。



図1-4 WIMEハンド（株式会社 今仙電機製作所 1979）

筋電電動義手訓練については、当院のみならず既に幾つかの施設で行なわれており、ケース報告として機能性や訓練成果が挙げられていたが、その件数には限りがあった。これは義手自体が高額であり、給付システムの不備、扱うことのできる義肢装具製作所や訓練のできる施設の少なさが挙げられた。2008年より労災保険患者を対象に外科後処置として筋電電動義手への試験給付が始まり、その有用性が認められ、2013年より外科後処置からの訓練、本給付が制度化になった。

（上記図は、Clinical Prosthetics & Orthotics : 1985, Vol 9, Num 1, pp. 2 - 13より抜粋）

当院ではこれまで上腕・前腕・手部切断など成人症例に訓練を実施してきた。その中で得られた知見や工夫点・考え方など紹介しながら述べてみたい。

2 選定適応基準

医師の診察時もしくは前もって、断端評価と筋電位出力の有無、断端状態、意欲、適性状況を確認する。田中が挙げている『筋電電動義手適応要綱』の諸条件をクリアまたは有していることが重要である。

- ①筋電電動義手の価値や訓練方法を理解できる知能を有し判断力がある。
- ②保守点検等に協力的で常識的な使用ができる適切な性格特性を持っている。
- ③筋電電動義手使用の意欲が高い。
- ④あらかじめ能動義手を実用的に使用できる程度の能力がある。
- ⑤断端に傷がない、断端の皮膚が過度に湿潤または乾燥していない、瘢痕やケロイドかない、血腫や浮腫がない、重度な感覚異常や疼痛がない等、ソケットの装着が困難でない断端を有し、筋電電動義手の操作に向く切断端である。
- ⑥手先装置の開閉操作に必要な強さの筋電信号を分離して発生できる。
- ⑦前腕断端長は8cm以上あることが必要である。
- ⑧両側上肢切断者への片側への筋電電動義手の作製も、目的(外出時の自動車の運転動作等)を明確にすれば有益である。
- ⑨肘や肩関節の著しい可動域制限や筋力低下がない。
- ⑩筋電電動義手の重量による健常部の負担がない(腰痛等)。
- ⑪先天性の上肢欠損者で長期間義手を装着せずに片手動作だけでADLを行っていた患者でも、筋電電動義手の必要性を感じ上記の条件を満たせば外傷性の患者と区別する必要はない。
- ⑫職業は主に軽度または中等度の作業に従事者である。
- ⑬定期的な保守等のサービスが可能である居住地であること。

3 評価

1、ROMおよびMMT

義手の装着及び操作には、能動義手も含めて良好な残存肢が必要である。断端長によっても変化するが、一般的に上腕切断であれば肩関節屈曲・伸・内外転・内外旋（図3-1）、前腕切断では肘関節の屈伸・回内外（図3-2、3）が制限項目として挙げられる。肩関節周囲炎や五十肩、肩こり、腰痛などをもち合わせていると、装着や操作に影響を及ぼす。例えば上腕切断者のようなハイブリット型では吸着式ソケットと合わせて、肘継手操作のロックコントロールケーブルにハーネスを用いている。吸着式ソケットの場合、引き込み袋を使用して装着するが、肘継手90°程度で机に肘～前腕部を押し当てながら引き込み袋をバルブ部から抜いていくので、腰に負担がかかる。またハーネスに通す際にも、十分な肩の可動域が必要である。合わせて遠位にある電動ハンドは重量があるため、肘継手操作を行う場面でも腰痛の発生となることもあり得る。

全身の柔軟性を高めるとともに、能動義手同様に残存ROM、筋力の確保が重要となるため、訓練開始には十分な機能訓練が必要なこともあろう。



図3-1 上腕切断 ROM（肩関節屈曲、伸・外転、回旋など）

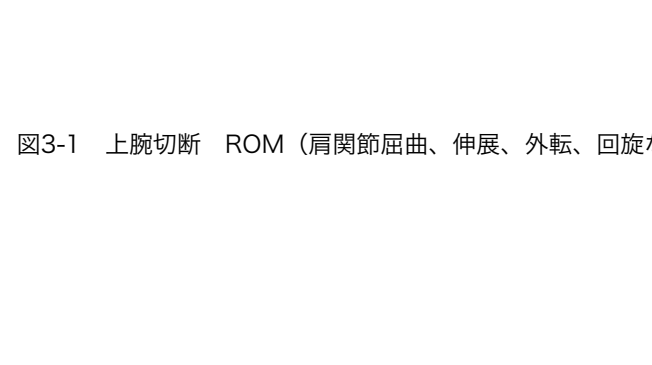


図3-2(1) 前腕切断 ROM（肘関節屈伸）



図3-2 (2) 前腕切断 ROM (前腕回内外)



図3-3 手部切断 ROM (前腕回内外)

2、感覚

切断周囲や創部周辺の感覚は、早期の場合、幻肢の状態も相まって変化が多い。腫脹がある状態から断端形成が進んで行き、通常の状態に戻ってくると敏感になってくる。また受傷時の断端の皮膚の状態にも影響を受ける。断端形成が良好になってきたら早期に外界の刺激を入れ、断端の皮膚の強化と断端自体からの感覚入力訓練を行っていくべきである。切断手の補助手としての役割を担うこと進めていく。これは筋電電動義手に限らず、能動義手についても同様である。

3、断端長

指針では『前腕断端長は8cm以上あることが必要である』とされている。これは筋電増幅装置（電極）位置にも関係してくることはあるが、重量のある手先具を支持する断端部分に影響するからである。例えば前腕筋電電動義手は約850g程度の重量がある。ハンド部は約430gあり、4chのリストローターをつけると70g程度増量となる。短断端長ではミンスターソケット（顆上支持式）が一般的であるが、重量の問題と肘頭支持部の当たりで痛みの発生が懸念される。結果的には操作性に大きな問題、上肢ROM、筋力の強化・維持とソケットのフィティングの重要性がある。上肢切断では特定の指針は示されていないが、筋収縮採取においては、残存肢の長いほうが有効と考えられる（図3-4）。

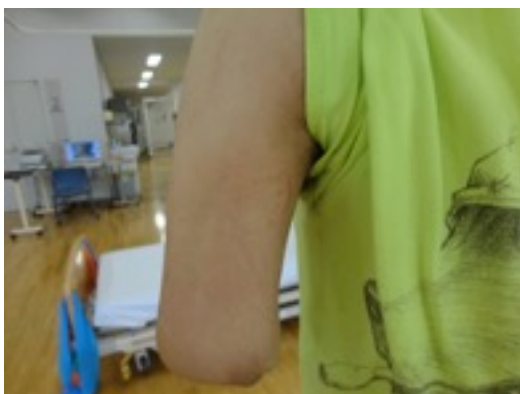


図3-4 当院で実施された上腕切断者（標準断端）

4、断端の皮膚状態

適応指針には『断端に傷がない、断端の皮膚が過度に湿潤または乾燥していない、瘢痕やケロイドがない、血腫や浮腫がない、重度な感覚異常や疼痛がない等、ソケットの装着が困難でない断端を有し、筋電電動義手の操作に向く切断端である』と挙げられてある。当院での早期切断者は、開始する時点で



図3-5 断端による皮膚の状態

の断端の状態が未完成である場合が多い。切断手術からの期間にもよるが、早期ほどその変化が大きい。受傷からの時間が経過している、または現状義手を装着している者は成熟断端であり、ソケットとの相性が良い（図3-5）。

上記に挙げられた状況でも皮膚の状態が落ち着いており、筋収縮触診の可能性があればマイオボーイにて出力を確認する。注意点は初回時は特に出力確認をすると、力任せに収縮を出そうとして電極部分周辺に跡や発赤、内出血を起こすので訓練時間を管理し、よく皮膚状態を確認しながら行う（図3-6）。ソケットの修正と収縮の加減が学習されてくると問題は無くなってくる。



図3-6 電極による皮膚の状態（左右）



未成熟の断端の場合、数年来断端形成には従来からある弾性包帯に加えて、スタンプシェリンカー（図3-7）と呼ばれる伸縮性に優れたソックスが提供できる。成熟断端を形成することに必要な圧をかけることが重要である。



図3-7 スタンプシェリンカーによる断端成熟の促し

訓練を始め成熟してくると、1～2回程度はチェックソケットの再採型が必要となってくる。適応する断端の状態としては指針にある傷やケロイド、瘢痕、術後創部及びその周辺が全く影響を及ぼさない訳ではない。しかし筋収縮が得られるならば、分離操作の可能性はある。十分に触診する見極めが必要であろう。

5、幻肢・幻肢痛

S・ミッチェルは、南北戦争後に兵士の上下肢欠損部の存在現象を捉えて、「幻の肢（phantom limb）」と提唱した。欠損した部分があたかも存在しているかのように感じることを言う。成因としては大脳皮質による、感覚入力処理と運動の再配置化と言える。または感覚入力不完全による欠損箇所の補填・修正が、痛みやしびれ感という幻肢痛として発生している。この幻肢は消失する事がなく、これまでの成人対象者（受傷歴最長32年）には存在していた。

訴えが多いのが手指残存である（図3-8）。その中で幻肢手の状態は、手が硬直して動かすことが出来ない、力を入れると動かなくなる、指が動き出すなどの表現が多い。筋電電動義手操作において、幻肢を使っている対象者もいた。通常前腕切断者の場合は、手関節掌・背屈のイメージで筋収縮を促している。ハンドと幻肢が同一化すると、マイオボーイ訓練時に行った事とは異なる意識で操作を見出している。

どちらが優れているという訳ではないが、指導者側もそのような同一化できる部分があれば推奨してもよいと思われる。先にも述べたように大脳皮質における指のエリアは大きく、幻肢では指を明確に感

じることが多いが、動きの有無は受傷時の状態に関係している事がある。また上腕切断よりも前腕切断者の方に動きが残存している場合多い。



図3-8 前腕切断における幻肢の型（大塚1985より改変）

6、意欲・理解

義手を使って何をするのか。当然就労・復職に使用する。補助手として機能する義手を、どの操作を補助させるのか。この目的が明確でないと、義手に担うべき役割が決められない。つまり訓練室で行う操作を一通りこなせても、その延長上にある必要かつ行うべき作業やデバイスの検証・構築を行うことができないのだ。ここは押さえておくべきだろう。現職復帰の場合はある程度内容の吟味が可能であるが、再就職の場合、詳細についての検証が不可能である。使用する本人には補助手としての利用と限界の十分な理解が必要であろう。

7、家庭・職場・社会背景

家族はもちろんのこと、職場関連、上司や同僚などの本人を取り巻く環境の理解は重要である。

訓練期間は前腕8週間、上腕10週間が標準期間（最大上限はプラス2週間）である。これは入院でも外来通院でも同様である。入院訓練が十分な時間を要することができて良いと思われるが、在職中の長期的休職は困難な場合もある。当院では訓練用義手を期間中貸し出し、来院以外の時間も在宅で有効使用できるように対応している。

4 筋分離訓練

1、触診

上腕・前腕ともに断端長、残存筋力、皮膚、創部の状態によって変化する。筋の走行を考慮しながら、上腕の場合は上腕二頭筋・三頭筋、前腕ではリストの掌背屈群を、触診にて筋腹が大きく収縮する位置を見定める。筋の収縮と弛緩が十分に行えることがポイントである。術後創部周囲やケロイド状などの状態では、収縮を感じられても、表面電極での通電に適さない場合もある。切断部分や損傷、切断術施行後の状態は同じではないため、それぞれの対象者に合わせてポイントを探ることが重要である。またソケットの型から取り付ける位置に困難な場所もあるので、併せて考慮しておく。乾燥していると通電率が落ちる可能性がある。

2、電極位置決め

先にも挙げたが、電極の位置決めは、触診にて得られた筋の走行と十分な収縮と弛緩が行える部分、ソケットと干渉しない位置を考える。田中の指針では『前腕長は8cm以上』、兵庫リハでの陳らは、『10cm』と定義している。これは顎上支持のソケットを用いる上で、支持部との干渉を防ぐためでもある。上腕断端長については特に表記されているものはないが、前腕同様にソケットとの干渉を考慮すべきである。上腕の場合、ハイブリット型となる。幹部本体・肘継手（電動肘継手もあるが、当院での経験はないので除く）・バッテリー・電動ハンド部と重量があるために、吸着式ソケットとなる。

3、マイオボーイ筋分離訓練

オットーボック社（Otto Bock）製のマイオボーイ（Myoboy 図4-1）は、本体と合わせて、対象者の筋収縮をビジュアルに見せるマイオソフト（Myosoft、現在はPAULAと変更）と連携したバイオフィードバックシステム（図4-2）である。筋収縮の出力、強さをパソコンでリアルタイムに確認できる。またユーザー登録すると測定データの保存も可能である。またアクチュエーターの種類を選択することがで

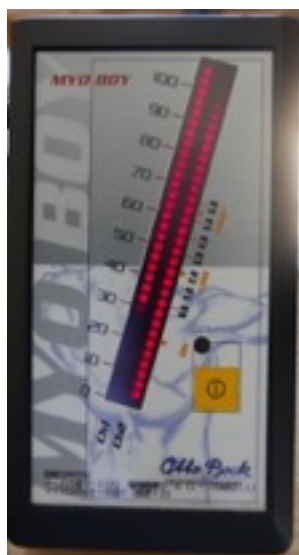


図4-1 マイオボーイ本体 右が新しいタイプ
PCとの接続端子（RC232からUSB）へ変更された。



図4-2 マイオボーイシステム

き、本体と同様の開閉（2chシステム）や回旋を加えた（4chシステム）の設定やパーツの組み合わせが可能で、様々な仕様をデモとして行える（図4-3）。

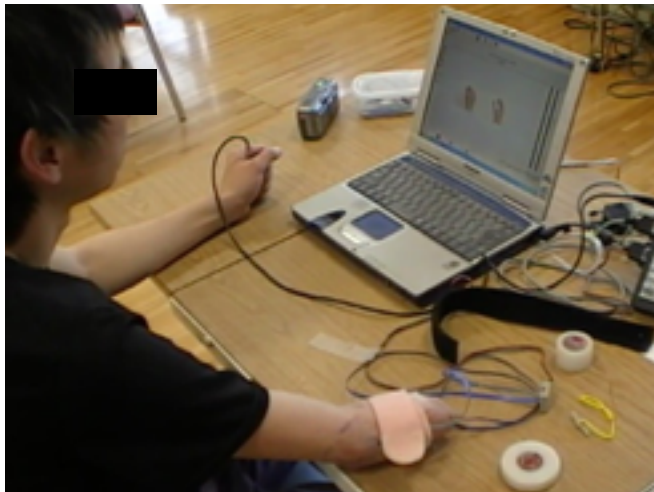
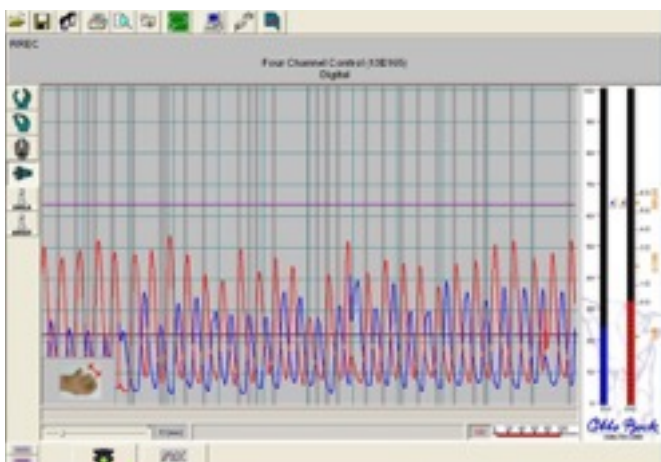
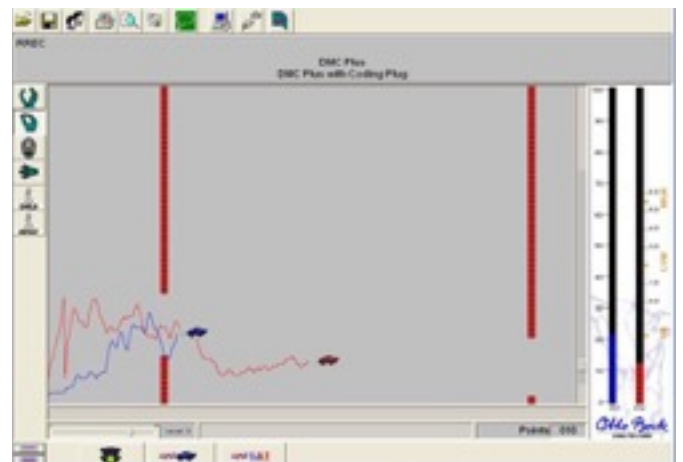


図4-3 マイオボーイにて筋分離の訓練（右は上腕、左は前腕）

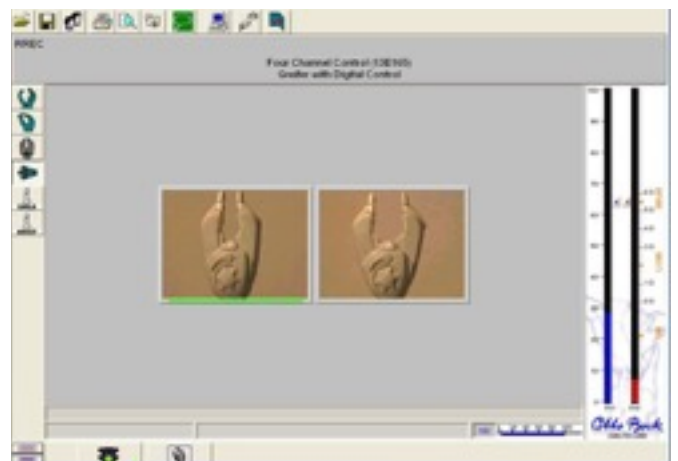
もちろんマイオボーイ本体のみでも出力に関する情報を得ることは可能である。マイオボーイとソフトによる分離訓練として、基本的には図4-3～5に挙げる3種類の課題がある。



①筋出力の状態を把握しながら、分離運動訓練（図4-3）



②最出力レベルを車に見立てて、向かってくる壁を避けていく出力の強弱コントロール訓練（図4-4）



③PCにてハンドやグライファァーを再現し、ハンドやフックの把持微調整訓練（図4-5）

マイオソフトの画面はマイオボーイ本体と連結し、上記に述べた①が初期画面として表示され、出力状態が一望でき、右側に本体と同一の状態が置かれる。左側には流れるように青色と赤色の波形が表示される。単的にはこの青と赤が任意の意志で、交互もしくは出力時間がコントロールできることを初期の目標とする。右側のマイオボーイと同じ表示部には、「ON」と「LOW」、「High」がある。「ON」は、モーターの作動スイッチラインである。これ以下では反応しない。対象者には、このラインを目標に2つのレベルをコントロールすることを基本とする。

訓練では表面電極をバンドで固定して行うことが一般的である。この場合姿勢や断端の回旋などの動きが加わることで、筋ポイントがずれる恐れがある。当院ではチェックソケットを早期に作成し、極力ソケット内での操作で訓練するようにしている。ただどちらの方法も、ソケット以遠のハンドやバッテリーの重量は加味されないので注意する（図4-6）。



図4-6 マイオボーイと実機を組み合わせで訓練する。図では、仮ソケットに電極を組み込んで行っている

筋電ハンド、グライファーマの実機があれば本体と連結ができ、訓練開始前のより視覚・実践的な訓練が可能となる。「LOW」と「High」は2chシステムでは筋出力閾値の幅の設定となり、4chシステムでは回旋のスイッチング（High超え・強収縮）の設定となる。対象者へ取り付けている電極のアンプレベルと併せて調整していく（図4-7）。



図4-7 上：2chから4chへ変えるため、ハンドと仮ソケットの間にもう一つ装置を挟みこみマイオソフトで出力確認を行う。

ソフトを使った訓練では、先述している筋の収縮と弛緩を各電極側で出力できるようにする。また机上の平行出力から空間を伴う垂直方向へ拡大していく。また訓練開始時は収縮操作に懸命なあまり時間を忘れて行い過ぎて、筋疲労を発生し易い。30分程度を一つのセッションと考えてセラピスト側でコントロールしながら、理解を促す。また自己操作が困難になる場合は、筋出力調整を筋電増幅器（アンプ）にて調整し、極力疲労なく確実な筋分離を行うようにしていく。閾値に応じた筋収縮を調整できるようにも訓練する（図4-8）。



図4-8下：実際にリストローテーターを組み込んで、ハンドの動きを見る。

5 基本操作訓練（１）

1、装着訓練

筋電電動義手に限らず、義手は自己脱着できる事が大切である。前腕では立位での装脱着が可能であるが、上腕ではハイブリッドの場合、肘継手操作と義手懸架のためのハーネスが必要となってくる。断端長にもよるが、それぞれの重量は前腕義手900g程度、上腕義手1300g～1500g程度である。また吸着式の場合は、机上での固定が必要となるため、立位での装着が困難である。また上腕の方がよりソケットとのフィティング性が重要となる。手部切断者も含め、それぞれについて述べていく。

以前より能動や装飾義手を使用していた場合は断端が安定しており、ソケットへのフィティング性が良好で違和感は少ないと思われる。フィティング性が良いとソケットの修正も少なく済み、断端に負担がかからない。能動義手訓練と同時期にスタートすると、チェックソケットの修正に時間を取られる可能性はあるが、重量に対する違和感はそれほどではないかも知れない。但し装飾義手、例えば前腕切断長断端で重量500g程度を使用していた場合は、電動義手はバッテリーを含め重量900g（DMCトランスカーパルハンド屈曲リスト仕様の場合）程度となる。ソケット部には大きな差はないので、単純に考えると前方ハンド部に400gの重量がかかることになる。重量だけ見ると少々異なった取り回しが必要であり、装着時間も関係してくるだろう。

受傷直後の断端は健側手と同等の状態を保っており、数年経過している断端とは異なっている。「切断手」は断端の長さや、義手の有無に関わらず、創部や皮膚、残存筋の張りや筋腹の状態など変化している。また健側手との両手協調作業も数年経つと片手作業へとシフトし、それが習熟している。ここに再び両手作業が入るため、混乱を生じることになる場合もある。開始時に能動と筋電電動義手があった場合は、操作の違いに戸惑いを覚えるかも知れない。

①上腕

ソケットには、吸着式、差し込み式シリコンライナーなどがある。肘の屈伸には筋電電動肘があるが、当院ではそのケースが無い。操作の複雑化と重量への配慮、コスト面を考慮し、能動義手と同じ肘ブロック継手を用いるハイブリッド型を使用している。従って肘継手によるロック操作が必要であり、能動義手の使用経験が重要となってくる。数年来能動義手を使用していない上腕切断者には、重量（1.5kg程度）を考えても相当の困難さを生じるだろう。上腕断端では本体の重量支持もさることながら、肩の諸動作

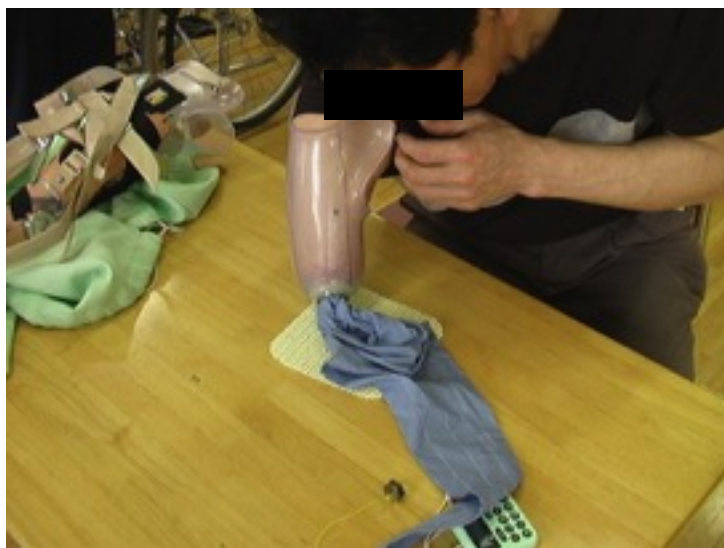


図5-1

左上：吸着式ソケット用の引き込みナイロン布

左下：チェックソケット（尖端の白い部分がバルブ部）

右：ナイロン布をバルブ穴で抜いていき、ソケットと断端を密着させていく

と肘継手のロック操作にて多用されるため、電極への影響がある。また動作によるソケット内の空気の流入、発汗も誤動作の原因となり得るので注意する。電極位置とソケット挿入の状況を把握しながら、設定と十分な装着訓練が必要となる。吸着式の場合、ナイロン製の引き込み袋を断端に納め、その先につけた重りを吸着バルブの穴から出して袋を抜いていく（図5-1）。

ソケットに密着させながらも、適度に力を入れたり抜いたりして、圧を逃がしながら引っ張ることがコツである。抜き出した後はバルブを閉じ、中央にある押しボタンにて中に入った空気を更に抜いて気密性を高める（図5-2、3）。



図5-2
最初は時間がかかるが、力の入り具合の加減に慣れてくると、時間は短縮される。



図5-3
密着性が良いと重量はそれほど感じないと感想あり

差し込み式の場合、ハーネスでの懸架に過大負担があり、健側腋窩への摩擦やソケット内の断端の擦れが顕著に起こり、電極との位置が合わせ難い。腋窩への負担は相当になるので、分散させるハーネスの工夫が重要である（図5-4 右）。



図5-4 差し込み式ソケット
吸着式と違い、密着性は低い。重量のためソケットがずり落ちてくる可能性あり。
ハーネス、特に健側腋窩での支持は強い為、支持部を分散させるようショルダー型にしている。

シリコンライナーでの固定は前述の腋窩の負担を軽減させる。但ししっかりとしたライナーの固定には、それ自体の装着が重要である（図5-5）。ライナーの中で断端先端に極力隙間が生じないようにする。

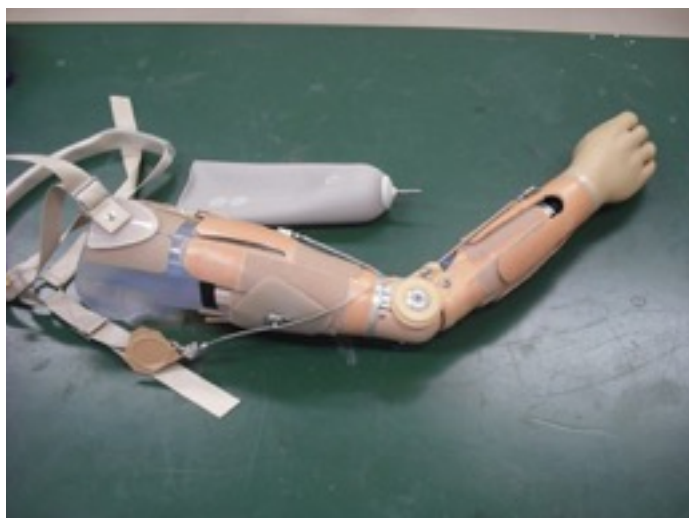


図5-5 シリコンライナーソケット

ソケット本体とライナーキャッチピンにて接合する。吸着式と違い、シリコンライナー内の空気だまりに注意する。

②前腕

大別すると2種類の顎上支持ソケット、長・中断端ではノースウェスタン式、短断端ではミュンスター式となる。通常はそのまま差し込んでいれるが、密着性がある場合は、上腕同様に引き込み布を使用する（図5-6）。



図5-6 左：通常のタイプ 断端をそのまま挿入する、右：引き込み布を使用して前腕部を入れる。

また2種類以外の方法として、差し込み式でシリコンライナーを利用し固定性を上げたものも挙げられる（図5-7）。

シリコンライナーは、断端全体を伸縮性のあるシリコン製スタンプソックスで覆い、キャッチピンという鍵状先端をソケットにある留め具に差し込むことによって、簡便に固定するものである。長断端においては、差し込み式ソケットにより対応可能とした。但し抜ける可能性もあるため、シリコンバンドにてソケットと断端部分を包み込むようにした（図5-8）。



図5-7 シリコンライナーソケット 上腕同様に扱う

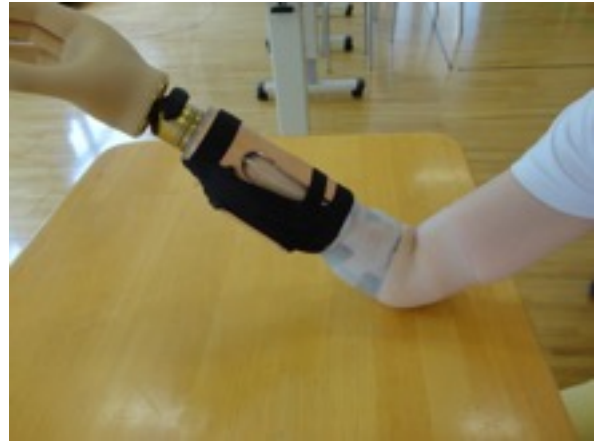


図5-8 差し込みソケット

断端が長い場合は、このタイプが装着できる。断端が長い分、固定性は良好。場合によっては抜け落ちる可能性がある為、シリコンバンドにして密着させている。

③手部

基本的に差し込み式となる。橈尺骨の部分が残存しているため、断端の先端の形状が大きくなってしまう。この場合は有窓口（図5-9）を設け、骨部を通りやすくする。手部義手の場合試用出来るパーツが限られてくる。



図5-9 差し込みソケット

断端中央部分に一部に有窓口を設け、手関節を通りやすくする。

リスト部からモーターを含んだハンド部が始まる。その為3～4cm程度長くなりリーチ長に変化を生じる。またローテーターを設けると更に長さが生じるため、断端先端への重量過多や健側手とのリーチアンバランス、外観の問題により、不適となる場合がある。同じくリスト屈曲装置も困難となる可能性が高いので試行にて決定した方が良い。手元の作業は肩や前腕の代償動作を伴うことが多くなる。

2. STEF

上肢簡易機能評価（STEF 図5-10）を訓練初期時と最終時に測定している。



図5-10 STEF 簡易上肢機能評価

STEFは検査項目として、ナンバー1からナンバー7までが実施可能である。それ以降については対立する指先の隙間に物品が入ってしまうため、物理的に難しく測定不可能としている（ハンド型の場合）。

STEFは義手の性能評価をするわけではない。ただ実施時間短縮は使用者の操作能力の向上に比例すると考えられる。ハンドの位置決めやスピード性の高い筋収縮などが時間短縮に貢献していると思われる（図5-11、5-12）。



図5-11 STEF 簡易上肢機能評価（上腕）

左が初期、右が最終。ともに5秒後の様子。赤球の数が増えており、スピードの向上を認める。



図5-12 STEF 簡易上肢機能評価（前腕）

図5-11と同様に5秒後。スピードの向上を認める。



図5-13 Box& Blocks



図5-14 SHAP

義手専用の評価バッテリーは数少ないが、手先具の操作する能力を0～3の4段階で、4領域（22項目）を課題遂行場面にて観察評価する「Assessment of Capacity for Myoelectric Control (ACMC)、手指機能の簡便な評価として「The Box and Block Test (BBT：図5-13)」、筋電電動義手の操作性評価として開発され、日常生活動作で使用される20項目の物品操作課題で実施する「The Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP：図5-14)」などが挙げられる。

3、各部の理解

①ハンド部

- ・スイッチ（押し込み式、ボタン式）

ハンド型は大きく2種類に分かれる。3指の直下にモーターがある場合は押し込み式、トランスカーパルのように3指の隣に位置している場合は、クリック方式となる。ハンドの2種類とも表面からでは位置を確認することは出来ないが、健手でハンド手背面を触るとピン状様のものか平たいスイッチ状のものが確認出来る。ピン様は物理的なもので、押し込んで引っ込めると作動する。スイッチ状のものは、2～



図5-15 左図内：右が通常のデジタルハンド、左はリスト屈曲つきDMCハンド
左：DMCグライファー

3秒押し続けると作動する。グライファーについては左右の袖になる部分を押し下げることによってスイッチが入る（図5-15）。デジタルハンドは一定の速さ、一定の強さでハンドを稼働させる。DMC（比例制御方式）は筋収縮の出力によって、ハンドのスピードや把持力を可変させることが出来る。

②屈曲リスト（図5-16）

トランスカーパルハンドに装着することができる。体側へ近づけることによって、肩での代償動作を緩和することになる。黒いボタンを手動で押しながら、手動でリスト部を可動させる。仕上げでは塩化ビニール製のグローブにてカバーされてリスト部周囲にスポンジが詰まり、屈曲角度が30°程度になる。



図5-16 屈曲リスト

③回旋装置（図5-17,18）

・リストローター（4ch）

通常ハンドのみの操作であれば2chのみである。手継部の回旋を付け加えると、健側手が塞がった状態でも適切な位置に調節が可能となる。4チャンネルの場合通常操作よりも高い強収縮域でのトリガーが必要となり、そのために出力のコントロールが複雑化する。



図5-17 上腕義手での4ch操作



図5-18 前腕義手での4ch操作

リストローテーター動作はすぐに実施せず、先に挙げたことをまず十分訓練、把握した上で行う。回旋のスイッチングは強収縮を伴うため、誤動作も起こし易いからである。まず手元のスイッチを入れ通電させる。当院では回旋装置とハンド開閉のスイッチは別々に分けて設けてある。場合によってはそれを外すこと、もしくは追加することも可能である。必要がない時にはスイッチを切っておいた方が良い。

- ・手動回旋

ハンド部とリスト端子接合部は取り外しが可能であるため、リストローテーターが無くとも手動で回旋は可能である。回旋の範囲は90度内が多く、その他は肩や上腕、前腕で代償されている。スイッチを入れて4chにして強収縮をするか、すばやく手動で手元を回すか、作業によって操作性が分れるところである。

④肘継手

電動式もあるが当院では能動義手と同様のホズマーの能動肘ブロック継手やオットーボック社製のエルゴアームを選択している。2つとも同様な働きをする。

- ・エルゴアーム（図5-19）

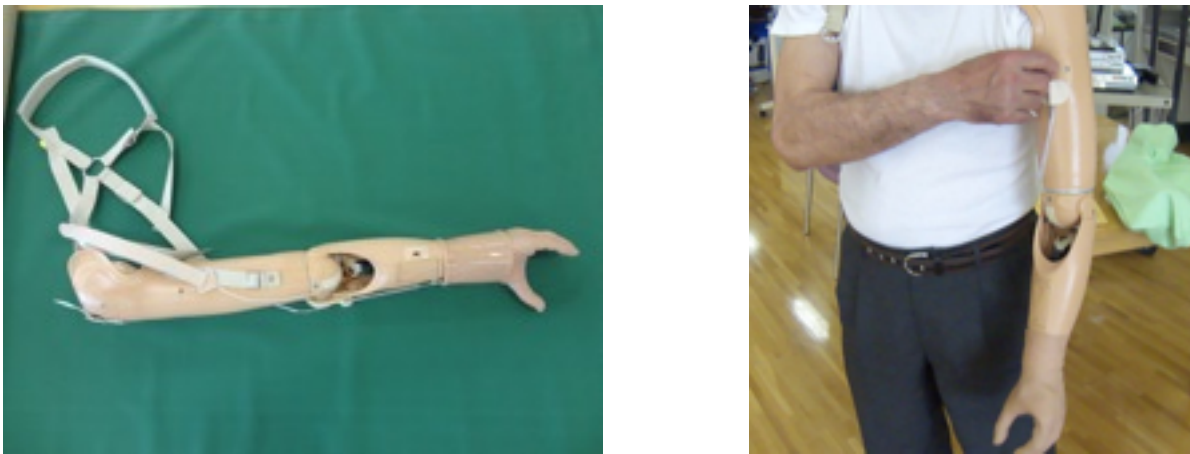


図5-19 エルゴアームとアシストの様子。前腕外側に調整ダイヤルがある。

オットーボック社製の肘継手一体型上腕部。ハンドへのコード配線が指定コネクタに収まり、通電にトラブルが少ない。外観もスマートである。肘継手の操作は、能動肘ブロック継手と大きく変わらない。リフトアップアシストは後面のダイヤルにて調整出来る。

- ・能動肘ブロック継手

通常の能動義手の肘継手に使用されるものと同じである。

⑤メンテナンス

ソケットの容易な装脱着の確認、ソケット内でルーズニング、圧迫感、痛みをチェックする。また動作制限を及ぼしている個所はないか確認する。問題のある場合にはすぐにチェックし修正を行う。また発汗の状態もチェックし、誤動作になっていないを把握する。ソケット内の衛生を保つ為、内部清掃のメンテナンスも指導する。

⑥禁忌事項

- ・水分 後述
- ・ハンド部の脱落

ハンド自体は、モーターとの通電箇所であるため注意を要するが、ハンドの取り付けには、端子に向かって押し込み、左右にグラつきが無いか確認する。外す時は1, 2回ハンドを回すと抵抗を感じる箇所がある。そこを越すと外れる。このため、手動回旋時に回し続けると、脱落する恐れがある。

- ・バッテリーの取り扱い

はっきりとした公称値はないが、通常の使用（補助手としての要所介入）において、3日間程度は継続使用ができる。但しそれぞれの置かれている状況・環境、時間、出力の仕方、使用者の使い方にも左右される。予備を自参しておく方が良いだろう。また、充電不足以外に、バッテリー自体の劣化もあるため、耐用年数を経過したら交換を考える。前腕部にバッテリーの装着場所がある。小児筋電とはバッテリーの形状が違うので方向など間違いないようにしておく。充電が完了していると、セットした時に緑色のダイオードが光り、通電を確認出来る。

⑦故障箇所

- ・手指可動部の故障、破損

重量物の把持や持ち上げ保持、時間・回数など様々な要因がある。3指つまみを中心としているため、特に母指部にかかる荷量が多い。付け根の可動部は、不動・破損の原因となり易い。日頃からの動作音や動き方などに注意しておく。使用しない時は指先を閉じたまま（加重したまま）で放置せず、少し間隔をあけて取り外すように習慣づけたい。このことによって、指先のグローブの変形を防ぐことができる。もし故障した場合は早急な修理の依頼をする必要がある。

- ・グローブの破れ、汚れ

あくまでも本体を保護する表被と考えた方が良い。装飾性を求めると操作性に影響がある。とは言え、汚れや破損は避けたい。塩化ビニール製のグローブは、インクや油などで染みこんだり、鋭利な物に当たると破れる恐れがある。また経年劣化に伴う、特に可動による伸縮する部分（母指－示指・中指間。本体は蛇腹紋様になっており、伸縮を考慮されている）では、自然と破れる可能性もある。また作業時に手袋を着用することもあるが、示指・中指間は狭く、グローブの上に重ねられないケースが多い。あくまでも汚れ防止的な意味で薄手の手袋や5指別々のものにしない等、工夫が必要であろう。

6 基本操作訓練 (2)

1、片手動作訓練

①ハンド開閉訓練

まず物品把持はない状態で操作をする。健側手でサポートしながら、もしくは机の上に置いて重量負荷なしで開閉を行う。操作感覚が十分捉えられたら、次に空間に浮かせて、筋電全体の重量をかけて行う。この時も何も把持しなくても良い。その状態で、前方や側方、頭頂の方向での開閉を行う。机上から離れて体動を伴うものは、重さに慣れてから段階をつけて行っていく（図6-1）。



図6-1 ハンド開閉訓練

上左：前腕、上右・下：上腕

上腕義手は肘継手伸展や屈曲での開閉も行う。

②平行移動

机上で高さを一定にして、掴み・離しを訓練する。前腕や手部切断者は椅子に腰掛けて、座位から行う。肘は90°屈曲位にて充分楽な姿勢で行う。体幹の近くでは肩や前腕の代償が必要となる。上腕切断者は肘継手の操作があること、座位では重量と体幹の制限が起きてしまうので、まずは肘伸展立位から行うのが望ましい。

訓練開始からは、力を込めすぎない程度で楽な姿勢で行うことや訓練時間（筋疲労を考慮し30分程度で休憩時間を設ける）を心掛ける。また発汗も誤動作となるため、対象者の状態を観察しながら進めていく。

・ペグボード（図6-2）

硬いものから柔らかいものへ、大きいものから小さいものへと段階を踏みながら操作性を訓練する。物品が硬いものは出力の強弱に左右されない。開く幅を意識しながら行う。



図6-2 ペグボード 左：上腕、右：手部

上腕の場合は、立位からのスタートが良い。手部の場合、肩での代償が入る。
またリーチも少々長くなる。姿勢に気をつけて行う。

・ スポンジつまみ

視覚で凹みを確認しながら、潰さないように筋出力の強弱をつける（図6-3）。



図6-3 スポンジつまみ 左：上腕、右：手部

上腕義手の場合は、座位姿勢よりも立位での対応が、体幹の自由度が高まるために基本操作訓練には有効である。

・ ピンセットつまみ

筋出力の調整を行いながらピンセットでピンを抜き差しする。直接物品をつかむ離すということではなく、1つ物品を介して行う訓練である。反動を開く幅とピンセットの幅は違う。常に出力に応じた空間を考慮することが必要である（図6-4）。



図6-4 ピンセットつまみ 左：上腕、右：手部

②垂直移動

平行での操作に慣れてきたら、高さを加えていく（図6-5）。前腕や手部義手では、肘を伸展位にすると筋収縮が得られやすい。しかしリーチが長くなると義手自体の重量も掛かってくるため、誤動作（特に肩関節90°から挙上したままからハンド開きが困難となり易い）に注意して進める（図6-6）。



図6-5 垂直つまみ 上左：手部、上右：前腕（4ch）、下：上腕

手部義手の場合、リーチが長くなり肩での代償が入る。

前腕義手の場合、4chの回旋付きで訓練している。移動中に回旋を行っているところがポイントでもある。

上腕義手は、ハンドの重量を考え変えながら進める。



図6-6 垂直つまみ 左：手部 右：上腕

より高さをを用いたハンド開閉訓練。机での高さの訓練を習熟したら、ダイナミックな動作も取り入れてみる。

・スピード訓練（ボール投げ）

高さに応じたハンドの前方への出し方や把持する対象物のピンチ角度などを考慮して把持動作する事を目的とする。スピードの向上を目的としてタイミングに合わせ、物を離す訓練も行う。ハンド先端に重心がかかり振られる作業の中、ピンポイントでものを離す。遠心力がかかる中での作業であり、スピードの中の筋収縮を操作である（図6-7）。



図6-7 ボール転がしと投球（前腕）

7 両手応用操作訓練

1、両手動作訓練

スピード、正確性、目と手の協調性強化、位置決め(ハンド回旋、リスト屈曲位置)、最小力での操作を目的とする。健側と同時に行い、ハンドの位置関係を学習する。ダグラスG.スミス医師は肘以下・以上の切断者の義手の装着の可能性を分けている。つまりハンドの動きを制御するための空間における上腕位置決めを出来るか否かが重要である。当然前腕切断者の方がスムーズな作業を行う事ができ、義手の装着率も上腕義手より高いという。すなわち任意の位置での固定が充足されている場合、手指操作に専念できるという事に成り得る。これがスムーズに行えると日常生活や職場に生かされてくると考えられる。

- ①対象物の認識（動作・作業の配分の決定）
- ②姿勢肢位（ポジショニング、立位・座位・中間位）の決定
- ③リーチ範囲の確認（健側手の補助として、最適な場所へ到達）
- ④ハンド部の位置決定（回旋、リスト屈伸）
- ⑤出力（ハンド開閉）の決定（大きさ、固さ、素材の確認）
- ⑥対象物の把持（実際の物品に対して、出力の調整）
- ⑦掴み、移動（視覚確認、出力調整、落下・誤動作の予防）

①同時つまみ（図7-1）

筋電でのつまみのみならず健側手も使用して、同一のものを同時につまみ・はなし動作を行う。一側のみに集中するのではなく、双方に視覚情報の統合、一致化を図る。繰り返し行うことにより、知覚の



図7-1 同時つまみ（前腕）

再配置化を目指す。特に硬いものばかりでなく、柔らかいものを含め誤動作が起きないようにすることが目的である。この時は体幹の代償は入り難い。また手部義手ではリスト屈曲装置が無いため、座位よりも立位がやり易いだろう。

②背部操作（図7-2、3）

背部は視覚情報がないため、健側手でハンドの位置や開き具合を確認する。ハンドから健側手への連携は良いが、健側手からハンドへの受け渡しは習熟が必要である。



図7-2 背部操作 輪投げ（前腕）



図7-3 背部操作 エプロンの紐結び（前腕）

上記に挙げた項目を、さらに少ない時間、少ない力でのスイッチングを習熟させる。健側手の補助的役割の強化、ポジショニングの習熟を目的とする。実際の作業場面を設定、対象者がどのように共同作業させていくのか注意深くみていく（図7-4）。



図7-4 プラスティックの箱を持つ（上腕）

新しい作業でも難易度に合わせて筋電電動義手の役割の再配置化を行う。目視との整合性（空間認知）が合致することによって、毎回視覚確認の時間が短くなり、作業能率向上を期待できる。

1、Activity

①プラモデル（図7-5）

切り離す部品を把持し、健側手の持つニッパーの切り易い位置に設定する。切り離す部品が小さいため、上手なポジショニングが必要である。ハンドよりもグライファーのほうが使いやすい面もある。

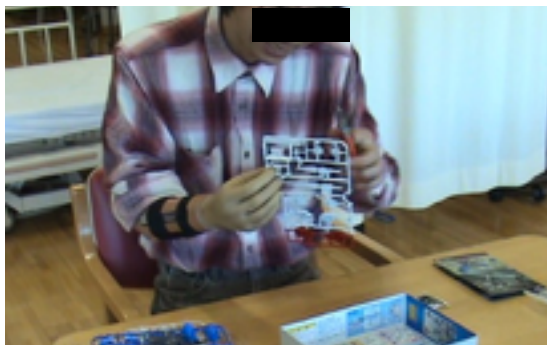


図7-5 プラモデルづくり（前腕）

細かい部品が多くあり、ピンチ的なものはグライファー（左）が有効である。

②マクラメ（組紐）（図7-6）

視覚代償がなくても距離感を判断でし、また肘伸展時に誤動作を誘発しないように心がける。しっかり寸法に合わせて行い、健側手のハサミ操作をサポートとして動作する。また紐を引く時もピンチ力が役立つ。

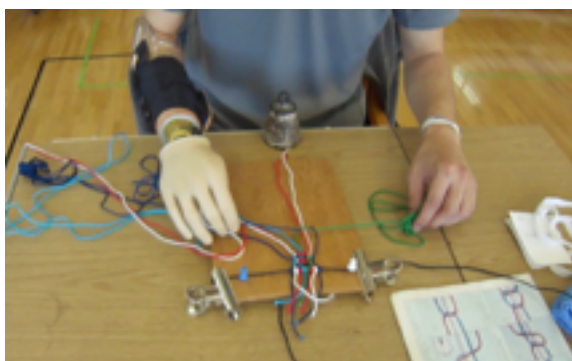


図7-6 マクラメ 健側手との共同作業（前腕）

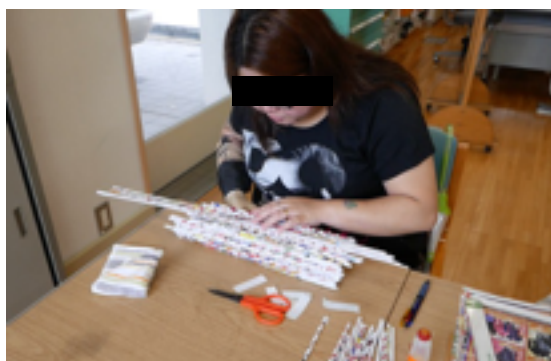


図7-7 アンデルセン手芸（手部）

③アンデルセン手芸（図7-7）

ハンドの補助はどこに場面、どの位置、向きが良いか、様々な作業を通して協調動作を高めていく。

④トランプ操作（図7-8）

健側手ではなく義手で取ってみる。本来は健側手で行う動作であるが、あえてピンチやリーチに伴う筋収縮のコントロールやポジショニングを確認しながら行っている。

⑤レターセット（図7-9）

机上での両手動作としての協調訓練で事務作業での巧緻性の習得を目的として訓練を行っている。目と手の協調動作（肘の角度と前腕、リスト角度、ハンドの調整など）の反復動作による脳の空間把握の再学習を目指す。事務仕事をシミュレートした訓練で高い巧緻性作業の習得が必要である。



図7-8 トランプ操作（前腕）

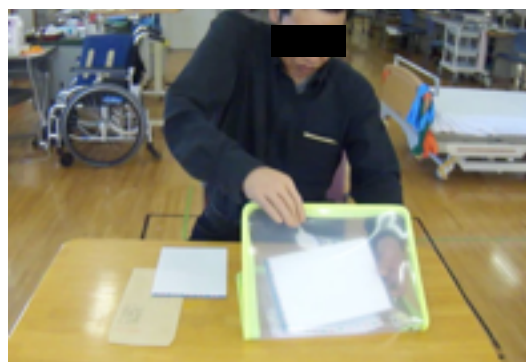


図7-9 レターセット
上：前腕 下：上腕

2、ADL訓練

目視との整合性を合致させていくことによって、視覚確認の回数や時間が短くなっていく。作業効率の向上を目指す。しゃがみ込んだ姿勢での高いレベルの巧緻性を習得する。両手動作訓練の一つで、靴の紐を緩めることなく蝶々結びを行う訓練などは重要である。あらゆる作業姿勢で対象物に応じて、ハンド操作の強弱をコントロールする。

①傘の開け閉め（図7-10）



図7-10 傘操作（前腕）

グリップ部を持たせて健側手でひらく。ジャンプ傘では特に必要としないが、手引き傘では保持できる部分が必要である。この作業では柄をどう把持するかが重要である。誤動作があると落としてしまう。ジャンプ傘は閉じる時が片手では困難な時もある。

②塵取り操作（図7-11）

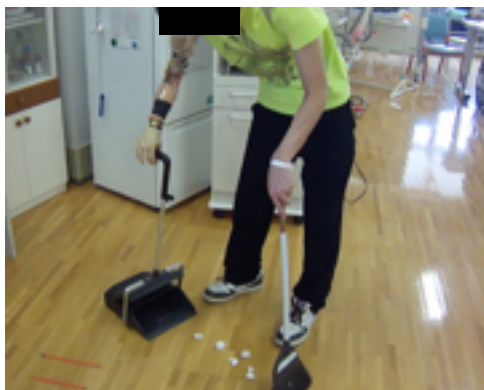


図7-11 塵取り操作（左：上腕、右：手部）

ハンドで太柄を持ち、箒操作は健側手で行う。固定側をどのような位置に設定するかが両手作業の要である。

③キャビネット～両手鍋（図7-12）

キャビネット操作：肩挙上、頭頂に近い収縮は重量が直接ソケットにかかる。このため上腕、前腕ともにハンドを閉じることが行いにくい。上腕の場合は肘継手を90度にして、かかる荷重を軽減させて収縮を得る訓練が必要である。

鍋持ち操作：基本的には両手持ち鍋が望ましい。手継手の部分をあらかじめ設定しておく方が良好だろう。重量がある場合は姿勢に気をつける。最近は介護用品としての鍋が各種用意されてあるので利用した方がよいと思われる。薬缶は小型のものであれば持って移動することは可能である。やけどに十分注意するよう気をつける。

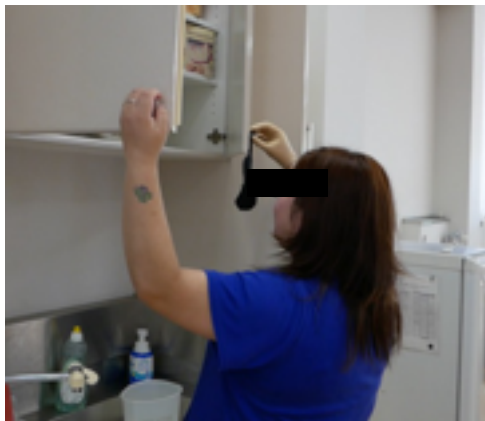


図7-12 キャビネット操作（左：手部 右：上腕）

④ビニールラップ操作（図7-13）

ラップの先を少し出しておきハンドでつまみ引き出す。ラップ本体は健側手にて操作する。ピンチ力があるため、途中でちぎれることに注意する。ハンドの位置によって健側手の操作の容易さもあるため、ポジショニングを検討する。ラップを切った後の皿に固定する場合は、ハンドはつまみよりも押えとして機能させる。



図7-13 ビニールラップ操作（上腕）



図7-14 掃除機操作（手部）

⑤掃除機（図7-14）

掃除機の管を保持することはハンドでも可能である。使い回しの点は当然健側手であるが、移動する際の持ち手をサポートすることは可能である。

⑥調理（図7-15）

包丁使用時やピーラーで物品の固定として使用する。基本的に機械であるため、水分に対しては不適である。ハンドの接合部やバッテリー部分をビニールやナイロンの肘当てを工夫するなど取り扱う場合は、水分侵入に十分に注意して行う。また可動部分のグローブ破損もチェックしておく。片手中心動作となるため、片麻痺患者の自助具なども併用も考慮した方が良いでしょう。



図7-15 包丁操作（前腕）

⑦食器洗い（図7-16）

調理と同様に水気から保護を第一とし、把持やピンチの誤動作によってガラスや陶器類を割らないように注意する。全体的には食洗機を使用の方が無難であろう。



図7-16 鍋洗い（手部）



コップに水を入れる（上腕）

⑧洗濯物操作、ジッパー操作（図7-17）

一側が固定されると健側手の動作空間は拡大する。どの位置が楽に行える最適な位置かを考慮しながら行う。ジッパーを閉めた最終部をつまみ、固定して健側手で引きのばす動きをスムーズにする。



図7-17 洗濯物操作（上腕）



ジッパー操作（手部）

⑨ベッドメイキング（図7-18）

両手の広いリーチ範囲が必要であり、また左右対照的な動作も要求される。屈曲リストを用いても瞬時に行えるわけではないので、あらかじめのハンドの位置決めが必要である。



図7-18 ベッドメイキング（手部）

⑩靴の紐結び（図7-19）、ネクタイ操作（図7-20）

しっかりとした把持が必要な作業であり、筋電ハンドのピンチ力が有効となる。



図7-19 靴紐操作（上腕）



図7-20 ネクタイ操作（前腕）

⑪ベルト操作（背部操作）（図7-21）

当然背面での視覚情報が得られないため、健側手で指尖を確認しながら把持位置を決めていく。背面操作は、能動義手ではコントロールケーブルがたわみ操作不可能であるが、筋電電動義手であれば可能である。だが視覚情報がないため、ポジショニングを健側手に頼らなければならない。まずハンドの位置を健側指で確認して開き幅を決定する。把持する対象物を位置まで誘導し、幅に応じた出力を行いつまむ。開始時には慣れない部分もあるが、ズボンの引き上げや、ベルト通しなど活用できる。



図7-21 ベルト操作（前腕）

⑫コイン操作（図7-22）

ハンドは母指先端が示指部よりも若干せり出している。このため、大きなものを母指先端でしっかり支持しながら、物を掴むことが可能となっている。コイン操作の場合、掴み方にコツがいる。通常の進入角度であると机上に指先が当たり把持ができない。テクニックとしてはコインの縁を押し込み、反対先端を浮かせ、素早く閉じるタイミングが必要である。また屈曲リストの装着があれば比較的肩の代償が入らずに済む。



図7-22 コイン操作（前腕）

⑬パックジュースの操作（図7-23）

パックに付属するビニール製の袋に入っているストローをつまみ出す。ビニール端をピンチして内容のストローを潰さないように行う。繊細かつ出力の調整が重要である。パックを持ち上げる時は、内容物が噴き出す可能性があるため、ソフトピンチを中心として本体の角を持つようにするのが良い。



図7-23 ストローを袋から出す（前腕）



ストローを本体に差し込む（上腕）

⑭腕時計プレス止め具操作（図7-24）

ブレスの種類にもよるが、対応が可能である。



図7-24 腕時計プレス止め具操作（手部）

⑮財布操作（図7-25）

ハンドで財布の一部をつまみ、健側手でジッパー操作や札や小銭の出し入れを行う。机などがあるところでは財布操作は片手でも可能だが、外出時では多様な場に適さない。特に上腕切断の場合は、リーチが無い分健側手のサポートができない。その事を考えると筋電電動義手は有効であろう。

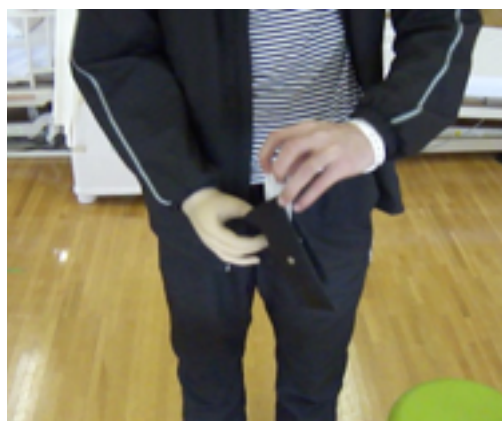


図7-25 財布操作（前腕）

3、職場訓練

職場内容から使い方の検討を行い、必要なデバイスの考案、実際に訪問して義手の使用場面を確認しておく。

①リフト操作：レバー操作のみであれば能動でも可能であるが、より把持性能においてハンドの有効性は高い。（図7-26）

②電気配線：ハンドは押さえとして参加し、巧緻性動作時のサポートが可能である。（図7-27）



図7-26 リフト操作（上腕）



図7-27 電気配線操作（前腕）

③袋を持つ：写真は20kgのものである。実際の職場と同等のものである。（図7-28）



図7-28 重量物持ち上げ操作（上腕）

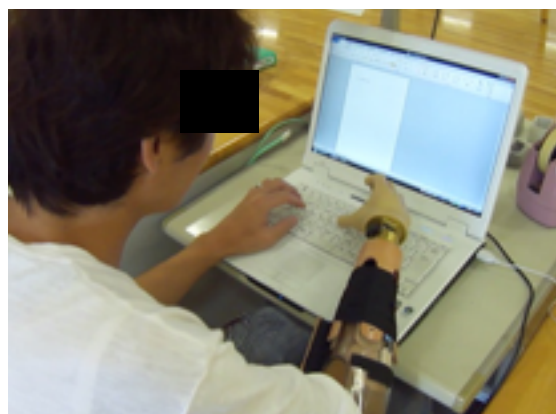


図7-29 PC操作（前腕）

④PC操作（図7-29）

屈曲リストをトランスカーパルハンドに装着すると、肩や上腕の代償が少なくスムーズなタイピングが可能である。前腕長断端から手部切断者の場合は、屈曲リスト装置を組み込むと、全長が健側手よりも数センチ長くなりすぎる。動作時に肩の代償が入るが、リーチが長いいためか断端への負担はそれほど感じないものが多い。

4、注意事項

①誤動作

ヘルツ数の関連か液晶モニタに近づくと、ハンドが意図なく勝手に開いたり、誤動作が報告されている。電極のアンプレベルを落とす（5～6レベル以下）と作動しなくなる場合が多い。

②リストローテーター（4ch）の選択

リストローテーターは、健側手が塞がっていても任意の角度にハンドの回旋ができ、両手動作時の活動範囲を拡大するものである。リストローテーターの通電スイッチは前腕部にあり、ハンド部のスイッチ

とは切り離され必要に応じてON-OFFが可能となっている（図7-30）。これは対象物を把持している時



図7-30 リストローテーター・スライドスイッチ（前腕）
前後にスライドすることで、ON-OFF出来る。

に通電が起きて、目的動作の妨げやハンドの脱落をしないようにするためである。それゆえに両手動作時のどのタイミングにて、健側手でスイッチを入れるのかが重要な判断でもある。また自動回旋は角度の微調整が多いと作業時間のロスにつながり兼ねないこと、スイッチが服の上からは見えないので慣れが必要なことである。また凹凸のあるスイッチであるため服に引っ掛け、いつの間にかハンドが回転していたという意見もあった（図7-31）。場合によっては健側手で角度を設定した方が早いこともある。自動回旋か手動回旋の選択は、訓練や実務場面にて経験し、十分検討することが必要である。



図7-31 リストローテーター・スイッチ（前腕）
左：服に隠れてしまうと、スイッチの位置は慣れが必要。右：凹凸のあるスイッチで、服に引っ掛かる場合がある。
リストローテーターは電源を入れなくても手動で動くが、重量が70g程度増える。

③二次障害

多くの使用者から意見があるのが、重量についてである。特に経験からは上腕筋電動義手の重量は約1.5kg程度あり、相当な懸架を強いられる。義手使用は、新しいポジショニングの獲得と片手動作に伴う動作変更になる。ひとつはこれだけでも体には十分なストレスかもしれない。これに重量が加えられると、肩や腰痛、側弯症など姿勢に大きな影響を与える原因のひとつとなり得る。これは使用時ではなく、数年後に二次的に伴ってくるのである。このことはしっかり留意し、初回オリエンテーション時の情報提供や訓練時作業時姿勢の確認を行う。また終了後の追跡調査を実施し、長期的に情報収集すべきであると考えている。

8 まとめ

今回は市販されている筋電電動義手を用いて、試験給付から現在まで行った症例の訓練から知り得たヒントと、文章表現のわかりにくさを補う形で動画を交えて解説した。それでも実際の現場とは違いがあり、伝えるにも限界があることはご了承ください。最近テレビやインターネットなどのメディア発信によって、「ロボットアーム」の研究開発情報が飛びかっている。現実的に世界レベルでオットーボック社の製品が8割近くを占めると言う。その中、各国の研究開発機関や企業から新しいタイプの義手が創造されることは、手の機能の重要性を再認識させられる。対象者数が圧倒的に少ないことで、義手訓練の一貫としたシステムを持っている施設もまた数少ないのが現状である。能動・装飾、筋電電動義手を選択し、どう使いこなすかは対象者の意志である。我々は現時点で出来る最高のものを、対象者にしっかりと利点欠点を説明・理解させ、そしてフォローを含めて提供出来なければならないと考える。今後どのような製品が発表されていくかは知りえないが、当院は義手訓練の提供拠点として専門性を持って対応できるように、体制を整えていかなければならない。

関連する書籍が不足している中、能動義手訓練と合わせて、本書が役立つことを切に願う。