

# 小児切断リハビリテーションにおける 筋電義手処方システムの確立に関する研究

## Development of a Support System for Myoelectric Hands for Infant Amputees

小西克浩 中川昭夫

KONISHI Katsuhiko, NAKAGAWA Akio

陳 隆明 中村春基 柴田八衣子 大庭潤平 山下英俊 溝部二十四 深澤喜啓

CHIN Takaaki, NAKAMURA Haruki, SHIBATA Yaeko, OBA Junpei, YAMASHITA Hidetoshi

MIZOBE Futoshi, FUKAZAWA Yoshihiro (Hyogo Rehabilitation Center)

古川 宏 (神戸大学)

FURUKAWA Hiroshi (Kobe University)

大塚 博 (帝京大学)

OTSUKA Hiroshi (Teikyo University)

キーワード :

乳幼児、筋電義手、システム

Keywords:

Infants, Myoelectric upper limb prostheses,  
Support system

Abstract:

We had established the overall support system of myoelectric upper limb below elbow prostheses for adults. In other industrialized countries, those are used not only for adults but also for children and infants. In Japan, there are only a few experiences of myoelectric upper limb prostheses for children and infants. So we started to try to establish the overall system of myoelectric upper limb prostheses for children and infants. We have two main purposes. One is that we have to take care of disabled children and infants and their family including psychological respect of their parents. Myoelectric upper limb prostheses are only one method of total care. The other is that we would like to confirm that myoelectric upper limb prostheses for children and infants are effective in Japanese life style, too. This is the first report of the case study.

1 はじめに

当研究所では平成11年度より、中央病院とともに主に成人の筋電義手の普及を目的として、上肢切断者、医師、作業療法士、エンジニア及び義肢装具士からなるチームアプローチによりその処方、製作、及び訓練システムを構築してきた。

欧米においては、成人の筋電義手はもちろんのこと、上肢欠損児の筋電義手に関しても、Bloorview MacMillan Children's Center (CANADA) に代表されるように、その両親の心理的ケアを含めた総合的なケアを目指すとともに、将来の小児自身による筋電義手使用の選択をも可能とすることを目的とし、生後数ヶ月より装飾用義手や筋電義手を積極的に処方するリハビリテーションシステムを確立しているセンターがある。

一方、我が国においては旧東京都補装具研究所以外、小児、特に乳幼児に関して筋電義手のリハビリテーションの経験が少なく、上肢欠損児をもつ両親の要望に適切に対応することが困難な状況である。

そこで、我々はこれまで行ってきた成人用筋電義手の処方、製作、及び訓練システムを応用し、上肢欠損児及び両親をはじめとした家族、医師、作業療法士、エンジニア及び義肢装具士からなるチームアプローチによって、心理的ケアを含めた総合的なケアの一手段として、上肢欠損の乳幼児に対する筋電義手の処方、製作、及び訓練システムに関する研

究を開始した。これまで左横断性手根骨欠損児2症例に対して筋電義手の処方製作及び訓練を行い、いずれの症例についても筋電義手の随意操作が可能となりつつあるので報告する。

## 2 筋電義手早期装着のメリット

- ・両手動作による遊びが増加
- ・両親が筋電義手の外観を受け入れやすい
- ・上肢の長さが揃い、立ち上がり時の支持物として使用可能となるとともに、行動(遊び)の中でのボディバランスが改善

## 3 乳幼児期の筋電義手処方製作訓練における課題

我々が本研究を進めるにあたり、成人用筋電義手のトータルサポートシステムと相違する為乳幼児期用筋電義手のトータルサポートシステムの構築過程において課題になると予想されるキーポイントを次に挙げる。

- ・両親の心理的ケア
- ・筋電義手非装着時の体性感覚
- ・ソケットの形状及び適合
- ・義手の受容
- ・筋電義手电極の位置
- ・訓練方法
- ・筋電ハンドの随意操作
- ・成長に伴う follow up(ソケット、2 電極への移行)

## 4 義手について

### 4.1 我々が使用している義手パーツ

#### 4.1.1 装飾用義手パーツ

RSL Steeper 社製 Foam Filled Gloves (図1) または Centri 社製 Crawl Hand (図2) を使用している。Foam Filled Gloves は外観が良く、Crawl Hand は「はいはい」時または立ち上がり時の支持物としての使用に便利といったそれぞれの特徴がある。

#### 4.1.2 筋電義手パーツ

Otto Bock 社製システム(図3) を使用している。主な構成パーツとして、装飾用グローブ、Electrohand 2000(ハンド) 充電機、電極があり、日本での仕入れ価格は約100万円(パーツ代のみ)である。4種類の大きさのハンドがあり、成長に合わせて交換する必要がある。特徴は最も小さいハンドで86gと軽く、筋電義手全体の重量も他メーカーのものと比較して最も軽いことが挙げられる。尚、本年度の症例はいずれも乳幼児であった為、筋電義手操作訓練の容易な1電極、随意開き式(自動閉じ式)を使用している。



図1 Foam Filled Gloves  
Fig.1 Foam Filled Gloves



図2 Crawl Hand  
Fig.2 Crawl Hand

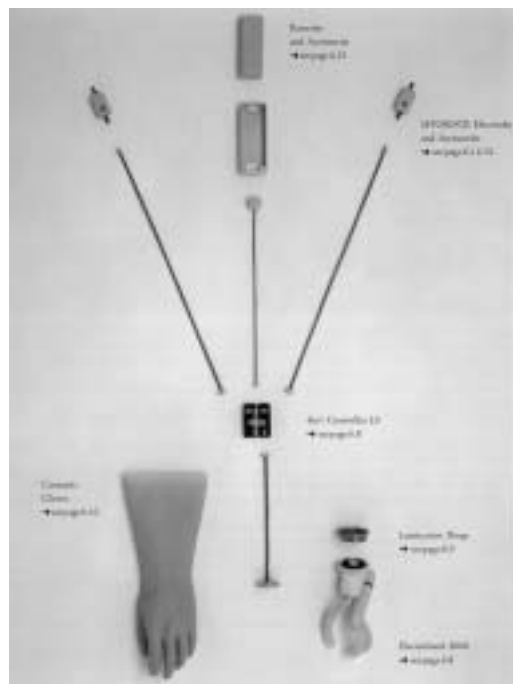


図3 小児用筋電義手パーツ (Otto Bock 社製)  
Fig.3 Parts of Myoelectric Hand for Infants (Otto Bock)



図4 小児用筋電義手(VASI システム)  
矢印: parental switch  
Fig.4 Myoelectric Hand for Infants (VASI system) The arrow shows parental switch.

## 4.2 Bloorview Macmillan Children's Center で使用されている義手パーツ

### 4.2.1 装飾用義手パーツ

同センターでは、生後3~5ヶ月頃の上肢欠損の乳児用として「はいはい」用の装飾用義手を製作している。ミントグローブのようなハンドや、前述のグーの形をした Crawl Hand (前頁、図2) が使われている。

### 4.2.2 筋電義手パーツ

主に VASI 社製小児用筋電義手パーツ (前頁、図4) を使用している。

主な構成パーツは、Otto Bock システムとほぼ同じで、装飾用グローブ、ハンド、充電電池、電極からなり、価格は約60万円(パーツ代のみ)である。

Otto Bock システムとの相違点及び特徴として、上肢切断又は欠損児の筋電義手受容や遊びを通じた訓練に好都合な parental switch (前頁、図4) を選択可能である事、他動的な回内外掌屈撓屈が可能なりストを選べる事、ハンド開閉時の母指の動きが掌側方向の内外転である事などが挙げられる。一方、手掌部が構造上厚く、Otto Bock ハンドと比較すると外観が悪い、また重量が Otto Bock システムと比較すると重いなどの欠点もある。

筋電義手とはソケット内面にセットされた電極により断端表面の電位変化を読み取りハンドを開閉させる物である。parental switch とは、義手外面にセットされ、セラピスト又は親がこの switch を押す事によってハンドの開閉を可能とする物であり、言葉による訓練の指導が困難な上肢欠損の乳幼児にハンドが動く事、また筋電義手を装着すると物の把持が可能となる事を認識させるのに都合の良いパーツである。従って、この switch により、乳幼児が筋電義手を装着中でもハンドを開閉させることが可能となる為、乳幼児の筋電義手訓練に不可欠なパーツ

であるといえる。

同センターでは、筋電ハンドの随意的な開閉操作を認識させるのに必要なこの parental switch が Otto Bock システムにはなく、VASI システムにはある事から、原則的には VASI システムを使用している。但し、VASI システムハンドの外観が悪いという欠点を考慮し、家族の要望によっては、ハンドの外観の良い Otto Bock システムを選択する場合もあるとしている。

## 4.3 義手製作

### 4.3.1 ソケット

Bloorview Macmillan Children's Center で製作されているソケットを参考にし、本年度の2症例についてソケットを製作した。以下に特徴、工夫した点などを挙げる。

- ・断端の衛生面、及び断端のソケットへの収納状態のチェックの容易さを考慮し、ソケットの肘部に穴を開けた(図5)
- ・引き布を用いた断端のソケットへの収納が容易となるよう、ソケット先端部に引き布用の穴(図5)を開けた。この穴によってソケットの通気性が向上するとともに、必要であれば汗吸収用パッドなどの挿入にも利用可能となった。
- ・乳幼児の義手装着時の怪我を防止出来る様、肘の完全屈曲を制限する為、ソケット開口部を小さく(開口部前縁と肘の皺が一致する程度)製作した(図6)
- ・肘の過伸展を防止するため、肘頭の近位部を鈍角にするとともに、長くなるよう製作した(図7)
- ・乳幼児の場合、骨の成長が速い為、骨端部を約1cm大きく製作した。原則的には最低でも3ヶ月毎にソケットの適合をチェックし、必要に応じて熱加工などによる修正を行い、1年毎にソケットを再製作する予定である。

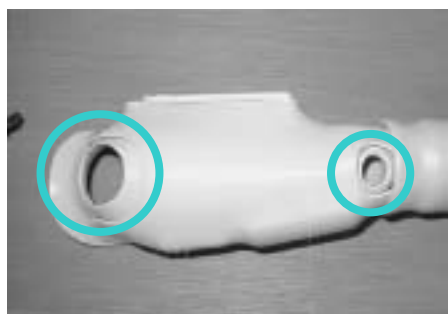


図5 ソケット - 1  
Fig.5 socket-1



図6 ソケット - 2  
Fig.6 socket-2

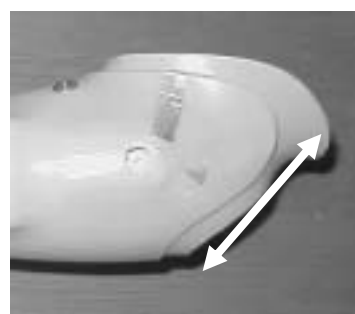


図7 ソケット - 3  
Fig.7 socket-3



図8 Parental Switch (ソケット内面)  
Fig.8 Parental Switch (inside of socket)



図9 Parental Switch (ソケット外面)  
Fig.9 Parental Switch (outside of socket)

#### 4.3.2 電極配置

前述の様に、我々は乳幼児用筋電義手として1電極の随意開き式(自動閉じ式)を使用しており、その電極配置はソケット外側としている。これは、2電極を使用した2サイト2ファンクションの筋電義手が、外側の筋の収縮によりハンドが開き、内側の筋の収縮によりハンドが閉じるタイプであることから、1電極随意開き式(自動閉じ式)筋電義手使用時にソケット外側に電極を配置する事により、将来の2電極を使用した2サイト2ファンクションの筋電義手へスムーズに移行可能とする為である。

#### 4.3.3 parental switch

我々は、メンテナンス面を考慮し、多くの筋電義手が普及しているOtto Bock社製筋電義手システムを使用しているが、前述のとおり、言葉による訓練の困難な乳幼児の筋電義手に必要と考えられるparental switchがOtto Bockシステムにはない。そこで、アルミ箔を利用した簡易的なparental switchを製作し訓練に用いている(図8、図9)。

### 5 訓練

作業療法士が両親に訓練方法(遊び方)を提案し、両親が家庭において訓練を実践している。

#### 5.1 訓練環境

通常、乳幼児にとって心理的に最も落ち着ける環境は家庭である。従って、病院作業療法室や義肢装具適合判定室などは筋電義手の訓練には適さない場所であるが、作業療法士から両親への訓練方法の提案などの目的の為に、不可欠な訓練場所である。我々は、可能な限り乳幼児が心理的に落ち着ける環境を作り出すため、両親や作業療法士が抱きながら訓練を行ったり(図10)和室の訓練室を使用するなどの工夫を行っている。また、必要に応じて、作業療法士を中心としたチームにより家庭訪問を行う事もある。

#### 5.2 訓練道具

ブロックなどの遊具(図11)や、筒状ケースに入ったお菓子類、ビニールで包まれたお菓子類など、主に両手動作を必要とする道具を用いている。



図10 作業療法士に抱かれながらの訓練  
Fig.10 Training with Occupational therapist



図11 訓練遊具  
Fig.11 Toys for training

### 5.3 訓練の流れ

2 症例とも、以下の順で訓練を行った。

義手装着

筋電義手動作認識

正中位での動作訓練 (図 1 2 )

両手動作訓練 (図 1 2 )

物を離す訓練 (図 1 4 )

把持訓練 (図 1 3 )

## 6 本年度の症例及び経過

### 6.1 症例 1

男児 (左横断性手根骨欠損)

10 ヶ月 (生後) : 装飾用義手装着開始

1 歳 4 ヶ月 (生後): 筋電義手装着開始

OT 訓練 (装着開始当初 2~3 日/週)

1 歳 7 ヶ月 (生後): 筋電義手ソケット修正

現在 (1 歳 9 ヶ月): 筋電義手の随意操作習得

OT 訓練 (1 日/週)

装着時間 3~6 時間/日

### 6.2 症例 2

女児 (左横断性手根骨欠損)

12 ヶ月 (生後) : 装飾用義手装着開始

1 歳 3 ヶ月 (生後): 筋電義手装着開始

OT 訓練 (1 日/月)

現在 (2 歳 1 ヶ月): 筋電義手の動作認識

OT 訓練 (1 日/月)

装着時間 1~2 時間/日

### 6.3 2 症例の現況

症例 1 に関しては、生後 10 ヶ月時の装飾用義手装着開始当初から義手装着を拒む事は少なく、1 歳 4 ヶ月時の筋電義手装着開始時には義手を受容しており、筋電義手随意操作訓練をスムーズに開始可能で

あった。随意操作訓練開始後については、作業療法士による訓練方法の提案及び両親の家庭での実践が順調に進み、訓練開始後約 1 ヶ月で両手動作を習得し、把持している物を離す事も可能となった。また、その後約 1 ヶ月で物の把持が可能となり、更に約 1 ヶ月後には随意操作を完全に習得した。本症例の場合自宅が当センターの近隣で、筋電義手装着開始当初は、3~4 日 (1 週) の来所訓練が可能であった事、兄弟が本人を含めて 3 人で家庭における遊びの中で操作の自然な習得に好都合であった事が筋電義手操作の習得に好影響をもたらしたと考えられた。

一方、症例 2 に関しては、一人っ子である事、自宅が遠方で当センターにおける訓練指導が 1 ヶ月に 1 回程度であった事、などの理由により筋電義手操作の習得に時間を要してはいるが、両親が欠損児の早期入園を決めるなど、両親の心理的なケアに関してはある程度達成されたと考えられる。

## 7 考察

### 7.1 家族

乳幼児に対する筋電義手の随意操作訓練は、病院作業療法室や義肢装具適合判定室だけで行われるものではなく、家庭における兄弟や両親との遊びの中で随意操作が飛躍的に上達していることから、今後も最も重視すべき点は両親と作業療法士をはじめとするリハビリテーションスタッフのコミュニケーションである。これにより、両親の筋電義手自体及び訓練方法の理解が深まり、乳幼児の筋電義手操作習得に好影響を及ぼすとともに、両親の不安の解消など心理面にも好影響を及ぼす事が可能となると考えられる。この事から、特に筋電義手装着開始当初には、可能な限り頻回にわたって乳幼児自身、両親及び我々チームスタッフによるチームアプローチによる訓練を行うことが不可欠であると考えられる。



図 1 2 正中位、両手動作  
Fig.12 Mid-position,  
Using Both Hands



図 1 3 把持訓練  
Fig.13 Training for Grasp



図 1 4 物を離す訓練  
Fig.14 Training for Releasing

## 7.2 義手の受容

ボディイメージは生後数ヶ月から数年間で完成され、このボディイメージの完成により、特に先天性上肢欠損児の場合、義手の受容が困難となる事から、Bloorview MacMillan Children's Center では生後3~5ヶ月時に装飾用義手を処方製作するシステムを構築している。これは、生後10ヶ月頃の筋電義手装着開始時まで義手に慣れさせるとともに、義手装着時のボディイメージを作る事により、筋電義手操作訓練をスムーズに開始可能とする事が目的である。我々の本年度の症例では、本年度が本研究の初年度であり、義手パーツがいずれも海外製品であった為、入手に時間を要した事などの理由により、装飾用義手装着開始時期がそれぞれ10ヶ月時、12ヶ月時となってしまう、理想時期である生後3~5ヶ月時より大幅に遅れた。その為、義手非装着時のボディイメージが完成されつつあり、いずれの症例も装飾用義手装着当初はその装着を拒否する事もあったが、筋電義手へ移行後はそのハンドが開閉し物を把持する事が出来る物と認識し、いずれの症例も義手装着を拒否する事が少なくなった。義手装着開始当初は1日の義手装着時間は30分程度であったが、筋電義手の開閉動作認識後は、2~6時間となった。

但し、本研究の目的の一つが、将来の上肢欠損児自身による筋電義手使用の可否判断を可能とすることであり、「3乳幼児期の筋電義手処方製作訓練における課題」で挙げたように、義手非装着時の体性感覚を鈍らせないことも必須条件としており、今後も筋電義手装着時間を5~6時間程度とする。

## 7.3 Follow up

ソケットに関しては、Bloorview MacMillan Children's Center と同様に、成長に伴うFollow upとして、当初は6ヶ月毎のソケット修正及び1年毎の再製作を予定していた。ところが、本年度の2症例の内1症例で、筋電義手装着開始後約2ヶ月時に骨の成長及び軟部組織の増加に伴う、ソケットの大幅な修正が必要となった。従って、今後、トータルサポートシステムの構築の際には、1ヶ月に1回程度のソケットチェック及び必要なソケット修正、また6ヶ月に1回程度のソケット再製作、といったFollow upを組み入れる必要があると考えられた。

また、これまでの2症例はいずれも1電極の随意開き式を使用しているが、3歳頃、QOLの向上が望める、成人用筋電義手と同様の2電極を使用した随意開閉式筋電義手に移行するとともに、ハンド自体も1サイズ大きいものに変更する予定である。

## 8 今後の課題

わが国では小児用筋電義手の経験がほとんど無い為、本年度は筋電義手操作訓練、パーツ選択、製作及び訓練に関して、試行錯誤を繰り返しながら研究を行ってきた。今後も、小児用筋電義手のシステムを確立させているBloorview MacMillan Children's Center 及び筋電義手パーツメーカーなどから情報収集を行いながら、本年度の2症例に関してソケットの修正、再製作やメンテナンス、また訓練に関してのFollow upを行う予定である。また、本年度の2症例の経験で得た装飾用義手、筋電義手の開始時期、ソケットの製作方法及び訓練方法などの情報を元に新規症例に取り組んで経験を増やしトータルサポートシステムを構築する予定である。

また、本年度は医師、作業療法士、エンジニア及び義肢装具士によるチームアプローチを行ってきたが、理想的な義手装着開始時期に家族の心理面のケアを含めた総合的なケアを開始するためには、産婦人科、小児科医及び保健師など関連する医療職との連携を深めるなど、連絡体制の充実が不可欠と考える。今後、アンケートなどの実施により連携を深める予定である。

## 9 おわりに

平成16年度まで研究を続けトータルサポートシステムを構築するとともに、小児用筋電義手が児童福祉法での公的給付を受けられる様、働きかけたい。

最後に、平成11~13年度の受託研究テーマ「筋電（電動）義手の処方と製作システムの確立に関する研究」に関連する本年度のfollow upを報告する（表1）。本年度中に新たにシステムを適用した上肢切断者は4名（男性3名、女性1名）であった。内1名は上腕切断者で、能動肘ブロック継手を用い、電極を上腕二頭筋、上腕三頭筋部に配置したハイブリッドタイプの筋電義手とした。4名の内、前腕切断者1名が筋電義手の試用を中止した以外は、上腕切断者を含めた3名が試用を継続中である。

## 参考文献

- 1) Hubbard S, Kurtz I, Heim W, Montgomery G: Powered Prosthetic Intervention in Upper Extremity Deficiency, The Child with a Limb Deficiency, The American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1998
- 2) 小西克浩:「( )小児用筋電義手の部品とソケットの特徴」、兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所機関誌「アシステック通信」第35号、pp.8-10、2002
- 3) 東京都補装具研究所小児切断プロジェクト:小児切断者のすべて( ) pp.161-294、1987