

---

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

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

松原裕幸 原 良昭 赤澤康史 中村俊哉

MATSUBARA Hiroyuki, HARA Yoshiaki, AKAZAWA Yasushi, NAKAMURA Toshiya

陳 隆明 柴田八衣子 溝部二十四 深澤喜啓 岡本真規子

(兵庫県立総合リハセンター中央病院)

CHIN Takaaki, SHIBATA Yaeko, MIZOBE Futoshi, FUKAZAWA Yoshihiro, OKAMOTO Makiko

(Hyogo Rehabilitation Center)

---

### キーワード：

乳幼児、筋電義手、訓練システム

### Keywords:

Infants, Myoelectric upper limb prostheses,  
Training system

### Abstract:

In Japan, there have been few cases of rehabilitating infants using myoelectric below elbow prostheses. With our team approach, the overall system of myoelectric upper limb prostheses for children and infants have been researched since 2002. In this result, the infants' and children's ability of using myoelectric upper limb prostheses and the merit of the earlier application of the prostheses have been verified.

But many cases have used myoelectric upper limb prostheses on a few scene. This result means that it is difficult to use myoelectric upper limb prostheses every day for children.

Therefore, the cause of this result have been considered and some training approaches to increase usage rate of myoelectric upper limb prostheses have been tried since 2005. In three years, some training approaches, such as playing a violin in concert, jumping rope and device for keeping a rice bowl at children's lips, have been introduced to this research. The results of these trails are described in this report.

### 1 はじめに

上肢欠損児に対するリハビリテーションシステムが確立している欧米に比べ、我が国においては、小児に対する筋電義手のリハビリテーション経験を持つ施設が少なく、上肢欠損児をもつ家族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、我々は平成14年度より、上肢欠損児及び家族、医師、作業療法士、エンジニアおよび義肢装具士からなるチームアプローチで、上肢欠損児に対する筋電義手の処方、製作および訓練システムに関する研究を開始し、小児の筋電義手使用性および早期装着による利点を検証した。

しかし、筋電義手の随意操作が可能となっても、使用率が低下するケースも多く見られ、使えることと使いたいということは別であることが分かった。このため、原因を明らかにするとともに、使用率を低下させない訓練システムの構築を目的とした研究を開始した。

3年間の調査の結果、多くのケースが使用率を低下させている原因として「筋電義手装着直後に電動ハンドが動かない」「本人にとって筋電義手を使いたいと思える場面が見つけられない」という2つの理由を挙げた。この2点に対し、ハードおよびソフトの両面から解決方法を検討し、効果の認められたものを訓練システムとしてまとめたので報告する。

また、今年度新たに開始した3症例のうち2症例は生後5ヶ月と7ヶ月と理想的な症例であったためこの結果に関しても併せて報告する。

## 2 使用している義手パーツ

昨年同様Otto Bock社製システム（図1）を使用している。

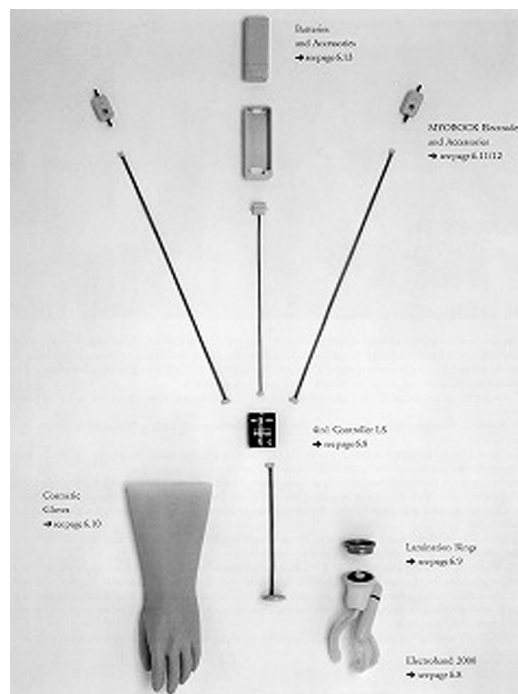


図1 小児用筋電義手パーツ（Otto Bock社製）

Fig.1 Parts of Myoelectric Hand for Infants (Otto Bock)

## 3 症例

症例プロフィールおよび使用状況を表1に示す。

表1 症例プロフィール  
Table1 Profile of cases

|      | 性別 | 左右 | 欠損部位     | 使用状況                   |
|------|----|----|----------|------------------------|
| 症例1  | 男  | 左  | 横断性中手骨欠損 | 縄跳び時に使用                |
| 症例2  | 女  | 左  | 横断性手根骨欠損 | 使用率低下                  |
| 症例3  | 女  | 左  | 横断性中手骨欠損 | ほぼ不使用                  |
| 症例4  | 女  | 右  | 横断性前腕部欠損 | ヴァイオリン練習時に毎日使用         |
| 症例5  | 男  | 左  | 横断性前腕部欠損 | 使用中止                   |
| 症例6  | 女  | 右  | 長軸性前腕部欠損 | 毎日使用している・隔週で工作教室で使用    |
| 症例7  | 女  | 右  | 横断性手根骨欠損 | 使用中止                   |
| 症例8  | 女  | 右  | 横断性中手骨欠損 | ヴァイオリン練習に毎日使用・お手伝い等    |
| 症例9  | 女  | 左  | 横断性前腕部欠損 | ほぼ不使用                  |
| 症例10 | 女  | 右  | 横断性中手骨欠損 | 訓練時使用・食事に使用            |
| 症例11 | 男  | 左  | 横断性中手骨欠損 | 訓練時使用・食事に使用            |
| 症例12 | 女  | 右  | 横断性中手骨欠損 | 塾で習うマリンバ演奏時、活花教室の時のみ使用 |
| 症例13 | 男  | 左  | 横断性中手骨欠損 | 毎日1時間程度装飾義手を使用中        |
| 症例14 | 男  | 右  | 横断性中手骨欠損 | 毎日1時間程度装飾義手を使用中        |

## 4 使用率の現状

今年度、新たに3名が義手の装着を開始し、内2名は生後5ヶ月と7ヶ月であるため装飾用義手を使用、1名が筋電義手の使用を開始した。このため、前年度までの症例に加え10名が継続中であり、内8名が筋電義手を継続使用中である。

今年度は特に使用率の変化が見られる症例はなく、症例ごとに1～3種類の、必ず筋電義手を使用する動作があるという状態であった。また、今年度筋電義手の使用を開始した症例12は、今までの症例と同様、装着直後にすぐ動作しないことを不満と感じ、かつ装着後も上手く動作しないとより焦り筋電の分離が安定して行えない状態である。このため、電極からスイッチへの変更を検討中である。

小学校や幼稚園での使用率は依然低く、縄跳びに関しては全ての症例が筋電義手を使用しているものの、その他の授業等での使用動作は見つかっていない状態である。また、リコーダーに関しては全ての症例が片手用のリコーダーを選択し、筋電義手の使用には至らなかった。

今年度開始した症例13と症例14は当初は装飾用義手の装着を嫌がったが、1ヶ月も経つと嫌がらなくなり毎日1～2時間程度装着している。

## 5 今年度の成果

症例13は生後5ヶ月で、症例14は生後7ヶ月で装飾用義手の装着を開始した。生後5ヶ月というのは、研究開始当初に参考にしたカナダのBloorview MacMillan Children's Centerにおける訓練開始の最も早い時期と重なり、かつ、義手装着開始年齢が早いほど成長後の義手利用率が高いと言われていることから理想的な条件であると考えられる。

症例14は初めて装飾義手を装着した際に非常に嫌がったが、1日1時間程度装着を行った所、1ヶ月後には装着を嫌がらなくなり、装飾義手を用いてバランスよく四つ這いしたり、義手側でおもちゃをたぐり寄せるといった動作を行うようになった。症例13は当初から嫌がることなく装飾義手装着を受入れ、症例14と同様の動作の他に、母指をしゃぶるという動作も行っている。



図2 症例13  
Fig. 2 Case13



図3 症例14  
Fig. 3 Case14

## 6 ハード面での取り組み

### 6.1 導電性ゴムスイッチの導入

小児、成人に限らず、現在使用している筋電義手には「筋電義手装着直後に電動ハンドが動かない」という問題点がある。しかし、筋電義手は必ずしも筋電信号を用いなくてはならないわけではない。先天性欠損の場合、手関節や随意的に動かすことが可能な指が残存している場合が多く、筋電信号にこだわる必要性はない。

また、筋電信号を検出する電極を用いないことにより、「装着直後に動作しない」だけでなく「筋電の分離が上手く行えず誤動作が多い」、「蛍光灯やテレビのノイズによる誤動作」といった諸問題からも開放され、動作が安定するというメリットが考えられるため、スイッチを導入した。導入当初はOn-Offスイッチであったが、現在では比例制御に対応できるように、導電性ゴムスイッチを用いている。

現在3例に導入しており、導入以前は利用率の低下がみられた症例も、導入後は一定の使用率を維持することが可能となり、この結果、スイッチを導入している3症例とも公的給付を受けるまでに至っている。

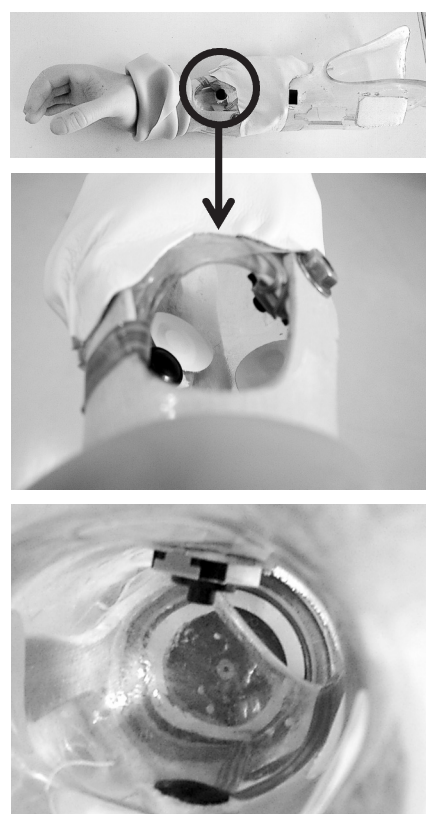


図4 導電性ゴムスイッチ  
Fig. 4 Switch which was made of conductive rubber

## 6.2 茶碗保持デバイスの導入

研究を始めた当初から、何の動作に用いるかは問題であり、多くの動作を試みたが、しばらくすると使用しなくなるということの繰り返しであった。

このため、更衣・整容といった毎日必ず行う動作の中から「食事動作」を検討した。なぜなら上肢欠損児の場合、どうしても顔をテーブルの方に近づける方法を覚えてしまい、動作として体幹が前屈位となり左右もアンバランスというだけでなく、両親にとって心理的なストレスともなっているからである。この問題点を解決するため、茶碗を口元で保持するためのデバイスの導入を図った。

このデバイスを6例に導入したが、導入後、茶碗保持デバイスの使用を止めた症例は2例であり、その他の症例では使用し続けているため、使用率の維持には効果的であると考えられる。また、導入直後よりも、症例の年齢が上がるとともに効果が現れ、成長に伴う訓練方法としても効果的であると考えられる。この理由として、社会生活が増加することや箸の使用を覚えることが要因の一つではないかと考えている。使用を中止した症例においても、デバイスを導入した時期が早期であり、スプーン等を使用していた時期であるため、今後、箸の使用を開始した際にもう一度導入を図れるのではないかと考えている。しかし、デバイスを付けた茶碗しか持てないという問題点もあり、今後も検討の余地がある。



図5 デバイスを使って茶碗を持つ症例11  
Fig. 5 Case11 who is keeping a rice bowl with device



図6 デバイスを使って茶碗を持つ症例10  
Fig. 6 Case10 who is keeping a rice bowl with device

## 7 ソフト面での取り組み

### 7.1 縄跳び練習の導入

ほとんどの幼稚園や小学校において縄跳びは必須である。これに対し、これまでの上肢欠損児は縄跳びの端を断端にひもで結ぶ等により、特に困ることなくこなしてきたと考えられる。

しかし、当研究の初期の症例において、筋電義手を使用することにより、ひもで結ぶといった特別なことを行わなくても他の子供と同様に行えることが非常に嬉しいという主観的評価が得られたため、通っている園や学校で縄跳びが始まる時期になると、当センターでも縄跳びの練習を行うこととした。

6例にこの縄跳び練習を導入した結果、全ての症例が縄跳びの際に筋電義手を使用している。茶碗保持デバイス等と比べ、導入した全ての症例が行っている唯一の動作であり、使用率の維持には非常に効果的であると考えられる。特に工作や楽器よりも運動を好むような活発な症例には効果的である。また、縄跳びは地域によって違いはあるが、幼稚園から小学校の中学年程度まで継続して行われるため、成長に伴う訓練方法としても効果的であると考えられる。



図7 縄跳びをする症例10  
Fig. 7 Case10 who is jumping rope



図8 縄跳びをする症例6  
Fig. 8 Case6 who is jumping rope

## 7.2 ヴァイオリン合奏会の実施

症例4は筋電義手を非常に上手に使用することが可能である。しかし、使用率が低下し日常では筋電義手をほとんど使用していなかった。しかし、ヴァイオリンを習い始めたことにより、毎日行われるヴァイオリンの練習の際には必ず筋電義手を使用するという習慣ができた。また、少しずつその他の動作へも使用するようになった。しかし、症例4は千葉県在住であり、年2回、お盆と年末に帰省に合わせて経過報告のため当病院の外来受診を行っているのみであり、訓練を頻回に行えないという問題があった。このため、ヴァイオリンの練習も含め、使用率低下に対する対策は両親に任せるしかない状態であった。

症例8も筋電義手を非常に上手に使用することが可能であったが、使用率はそれほど高くはなかった。しかし、症例8も本人の希望でヴァイオリンを習い始め、症例4と同様に毎日の練習に筋電義手を使用した結果、使用率が向上した。

この結果を受け、症例4と症例8の使用率を向上し、安定させるために、ヴァイオリンに対するモチベーションを維持することが重要であると考えられた。このため、単にヴァイオリンを練習するだけでなく、同じように筋電義手を使用して練習している同世代と合奏を実施することで、練習の励みになるのではないかと考え、症例4の外来受診に合わせて、年2回合奏を行うこととした。今年度までに4回の演奏会を開催することが出来た。

この結果、症例4、症例8ともに次の合奏回を楽しみにしており、ヴァイオリンを練習するモチベーションの維持に効果があったと思われる。また、症

例4、症例8ともにヴァイオリンを続けている間は使用率が安定していたため、使用率の維持には効果的であると考えられる。また、本人の意思によっては成人になるまで続けられるため、成長に伴う訓練方法としても効果的であると考えられる。



図9 ヴァイオリンを弾く症例4  
Fig. 9 Case4 who is playing a violin



図10 ヴァイオリンを弾く症例8  
Fig. 10 Case4 who is playing a violin



図11 ヴァイオリン合奏会  
Fig. 11 Playing a violin in concert

### 7.3 定期的に行う訓練

研究開始当初は成人と同様で、一度筋電義手の使用を開始したら、その後はユーザに任せることが出来ると考えていた。しかし、6年間の研究の結果、小児においては筋電義手の使用方法を獲得したとしても、定期的な訓練を行わないと使用率が低下し、最終的には使用しなくなる症例が圧倒的に多いことが明らかとなった。両親が家庭で訓練を行えることが理想ではあるが、やはり両親も忙しく、また作業療法室のような様々な訓練機器もないため、やはり家庭での訓練は不可能であった。しかし、定期的に訓練を行うようになってからは使用率の向上も見られ、また、成長に伴って様々な動作を試みることも必要であることが明らかとなった。

### 7.4 複数名で行う訓練

平成14年から3年間は、人数も少なく、外来での訓練であるため、小児筋電義手の訓練は2名以上が同時に訓練することはなかった。これに対し、成人筋電義手の訓練は入院がメインであるため、入院期間が重なり、訓練の進み具合の異なる2名以上で訓練を行うことが多い。この結果、下記のような利点が考えられる。

- お互いに分からないことを聞きあう
- 訓練が単調にならず飽きにくい
- 張り合うことにより訓練効果が上がる

このため、平成17年度から症例6、8、10の3名は同じ女兒であり年齢も近いため、成人のような利点を利用するため、3名同時に訓練を行った。また、時には症例12も含め4名で訓練を行うこともあり、これにより訓練自体は飽きにくくなり、訓練に集中できる時間は延びた。特に症例12は知的障害があるが、複数名で行う訓練が非常に効果的で訓練時間を延ばすことができた。

さらに、症例6は工作、症例8はヴァイオリン、症例10はスポーツとそれぞれ興味を持つ方向が異なっていた。このため、それぞれの筋電義手を用いた近況を報告しあうことで、様々な情報交換が可能となり、症例達には励みになっていた。また、リコーダーをはじめとした、小学校により異なる様々な対応の違いも聞くことが出来、両親にとっても良い情報交換の場となっていた。

男児に関しては、人数は増えてはいるものの、両親の都合や年齢が離れている等の理由から、未だ複数名での訓練を行えていない。今年度2名の男児が義手の使用を開始したため、今後も男児の複数名で

の訓練を検討していく予定である。



図12 3人で訓練  
Fig. 12 Group training

## 8 6年間のまとめ

- 6年間（H14～H19）で14名に処方
- 14名中10名が継続使用中
- 上記2名を除いた12例は、全症例で筋電義手の随意操作を獲得、操作獲得訓練に関しては問題ない
- 後天的に切断した成人ユーザに比べ、上肢欠損児は、操作可能となっても使用頻度および使用し続ける割合が低い
- 操作可能となった後も訓練の継続が必要

## 9 訓練システム

- 生後5ヶ月以降から装飾用義手でスタート可能であり義手装着になれることから開始
- 義手装着になれ、重量が問題でなくなってくる10～15ヶ月で筋電義手装着開始
- 言葉が通じない年齢では1電極でスタートし外部スイッチであるペアレンタルスイッチを併用
- 2電極への以降は2～3歳
- 言葉が通じる年齢では2電極でスタート
- 最初は遊びを通じて両手動作を覚える訓練
- その後生活の中での動作を中心に訓練
- 本人が両手で行うことが便利である動作を検討しながら訓練を継続

## 10 謝辞

6年間の研究を行うにあたり、冒頭に上げた以外にも、本当に多くの方々の協力があり研究を続けることが出来ました。この場を借りて御礼申し上げます。本当にありがとうございました。