
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 Noriko
(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 so that it is difficult to efficiently support those parents who want to give their children the prostheses.

With our team approach, the overall system, such as prescription, manufacture and training caring psychological respect, of myoelectric upper limb prostheses for children and infants have been researched since 2002.

From nine cases in three years, 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, we started to research some training approaches to increase usage rate from last year. In this year, we tried introduction of switch which was made of conductive rubber and device for keeping a rice bowl at children's lips. The results of 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、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昨年度より開始した。

使用率を低下させている原因として、多くのケースが「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。

このため本年度は、装着直後でも動作可能とするために導電性ゴムスイッチを導入することとした。また、「筋電義手を使う場面」の問題に関しては、一つの要因として、遊び等で筋電義手を使用しても飽きてしまうと使用しなくなるという点があげられる。このため遊び等ではなく、今後もずっと行う生活場面での使用機会増大を図るために、筋電義手を用いて、茶碗を口元で保持するためのデバイスの導入を図ったので報告する。

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。

5年間の使用の中でハンド自体が故障したことはほとんど無く、非常に丈夫であることが大きな利点である。

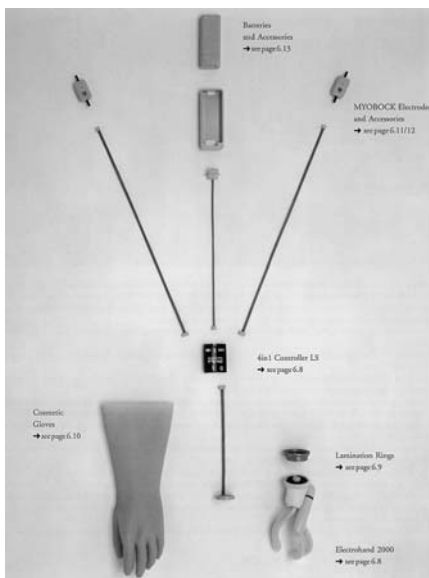


図1 小児用筋電義手パーツ（Otto Bock社製）
Fig.1 Parts of Myoelectric Hand for Infants
(Otto Bock)

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
Table 1 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	使用率低下
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	使用率低下・ほぼ不使用
症例4	女	右	横断性前腕部欠損	使用率低下・ヴァイオリン練習時のみ使用
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	ヴァイオリン練習開始を機に使用率向上
症例9	女	左	横断性前腕部欠損	使用率低下・ほぼ不使用
症例10	女	右	横断性中手骨欠損	訓練時のみ使用・自宅・幼稚園では不使用
症例11	男	左	横断性中手骨欠損	訓練時のみ使用・自宅・幼稚園では不使用

4 使用率の現状

今年度は新たに2名が受診した。1名は生後数ヶ月のケースでオリエンテーションを行ったが、その後、来所されなかった。ご両親が筋電義手は使用しないと判断したと考えられる。もう1名は知的障害があるため、筋電分離訓練を行いながら処方対象になるか検討中である。このため、今年度新たに使用を開始したケースはなかった。

今年度当初の時点で9名中7名は継続使用中、症例3と症例9は連絡もほとんど無く、筋電義手をほとんど使用していないと考えられる。毎日使用しているケースは症例6のみで、全体的に使用率が低下してきている。特に、症例1は使用開始年齢も早く昨年度まで使用率が非常に高いケースであったが、成長とともに筋電義手を使用しなくとも様々なことが出来ることを学習し、使用率が低下していった。また、症例10と症例11は昨年度使用を開始し、OT訓練時は筋電義手を上手く使用していたが、「筋電義手装着直後に電動ハンドが動かない」という訴えをしており、自宅や幼稚園では使用していなかった。

これらに対し症例8はヴァイオリンを習い始めたのを機に使用率が向上してきていた。

症例2と症例4は他県であり、あまり訓練も行えず使用率は低いもの、ヴァイオリン等、特定の動作の時のみ継続して使用していた。

5 導電性ゴムスイッチの導入

5.1 背景

小児、成人に限らず、現在使用している筋電義手には「装着直後は動作しないことが多い」という問題点がある。この問題点に対し、成人は少し早めに装着したり、電極を少し湿らすといった対策をとることが可能である。しかし、小児では理解はしていても、忙しい学校生活の中でそのような対策を講じることが現実には困難が伴う。この結果、「装着直後に動作しない」ことが大きな欠点となり、筋電義手の使用をあきらめてしまうことにつながっている。

しかし、電動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。筋電信号が有効なのは、成人が後天的に切断した場合、断端部において随意的に動かすことが可能なのが筋肉だけであり、特に前腕義手の場合、筋電信号と自己懸垂性のあるソケットを用いることで、制御・懸垂のためのハーネスが必要なくなり、肘関節の近位までで義手が完結するという大きなメリットがあるからである。

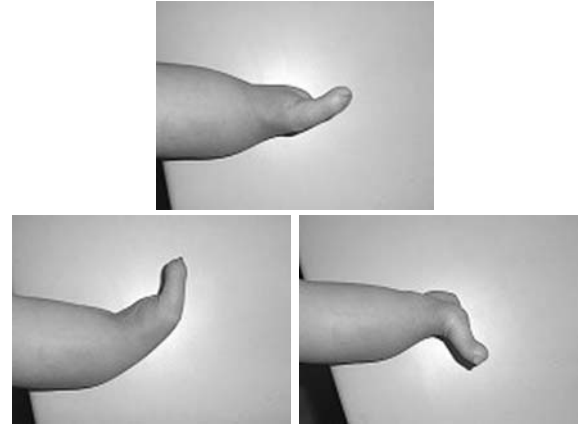
これに対し、先天性の上肢欠損児場合、手関節や随意的に動かすことが可能な指が残存している場合が多く、筋電信号にこだわる必要性はない。



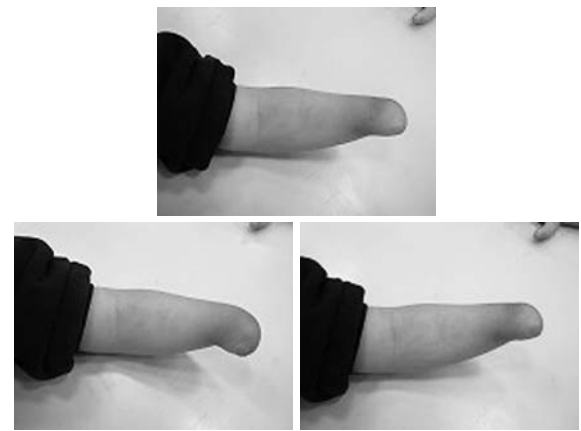
図2 症例6の断端
Fig.2 residual limb of case6



図3 残指の内外転
Fig.3 adduction-abduction



屈曲 伸展
図4 残指の屈曲伸展
Fig.4 flexion-extension



掌屈 背屈
図5 手関節の掌背屈
Fig.5 palmarflexion-dorsiflexion

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」ことや「筋電の分離が上手く行えない」、「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開放され、動作が安定するというメリットが考えられる。このため平成15年度から症例6においてOn-Offスイッチを導入した。



図6 On-Offスイッチ
Fig.6 On-Off switch

しかし、On-Off制御方式の電動ハンドの制御には適しているが、入力信号の値に応じて開閉速度が変化する比例制御方式の電動ハンドを制御するには適していない。このため、圧力に応じてその抵抗値が変化する導電性ゴムスイッチの導入を図った。

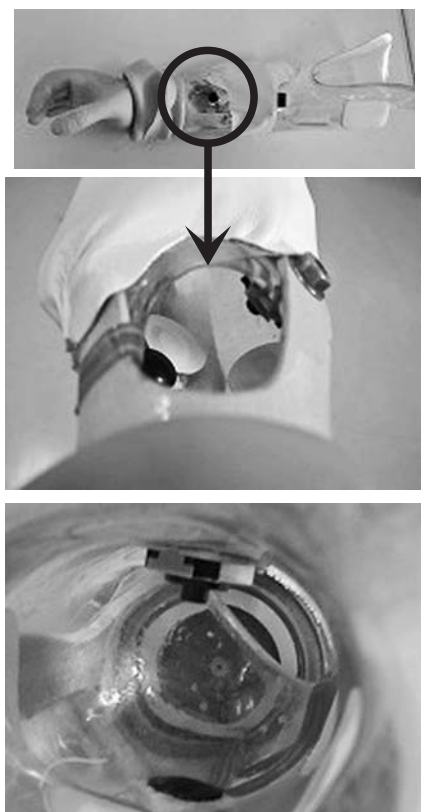


図7 導電性ゴムスイッチ

Fig.7 switch which was made of conductive rubber

5.2 結果

導電性ゴムスイッチを導入した結果、症例6、症例10、症例11の3ケースとも比例制御を有効に利用することが可能となった。また、症例10、症例11は装着直後より安定して動作させることが可能となり、電動義手の使用を拒まなくなった。

6 茶碗保持デバイスの導入

6.1 背景

平成14年度から上肢欠損児に対する筋電義手の研究を始めた当初から、筋電義手を何の動作に用いるかは問題であった。もちろん開始当初は現在のように使用率の低下が問題になるとは予想していなかったため、動作内容を選択するのではなく、筋電義手を用いることで両手動作が可能となる動作を探して

いた。その結果、「お菓子の包みを開ける」や、「ハサミを用いる際に紙を押さえる」といった小学校等で行うであろう各種動作、また「ブロックを組み上げる」といった遊びの中での様々な動作を訓練した。しかし、上記のような動作が「筋電義手を用いなくても可能な動作」や「筋電義手を用いた方が時間がかかる動作」であることを理解すると、当然使用しなくなってしまった。また、遊びの中での動作は、その遊びが飽きてしまうと使用しなくなるといった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に筋電義手を使用できないかを検討した。その結果、一つの動作として食事動作を選択した。なぜなら、小児、成人に限らず、片側上肢切断者において食事動作は共通の問題だからである。

日本での食事動作は箸を使用し、かつ、両手を用いることを前提としている。しかし、現在我々が使用している電動ハンドでは箸を用いるような細かい動作は不可能である。この結果、健側で箸を用いることがほとんどであり、筋電義手で茶碗等を口元で保持することが必要となる。しかし、茶碗を電動ハンドで直接保持するにはハンドの開閉幅が小さく、茶碗の高台も小さいため、安定して保持するのが困難である。この結果小児の場合、茶碗を保持することを行わず、茶碗をテーブルに置いたまま、顔をテーブルの方に近づける方法を覚えてしまう。これは両親にとって心理的なストレスとなっている。このため、筋電義手を用いて、茶碗を口元で保持するためのデバイスの導入を図った。



図8 症例11

Fig.8 Case11



図9 症例10
Fig.9 Case10

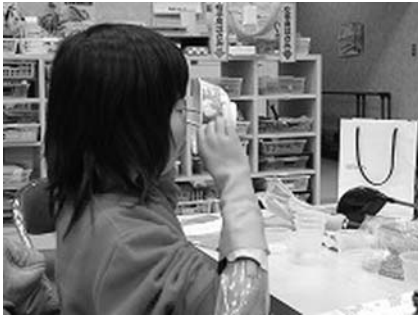


図10 症例8
Fig.10 Case8



図11 合奏会
Fig.11 Playing a violin in concert

め外来受診を行ってはいたが、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も両親に任せるしかない状態であった。

しかし、症例8も本人の希望でヴァイオリンを習い始めたため、症例4のヴァイオリンに対するモチベーションを維持するためにも合奏を実施することとなった。症例4の外来受診に合わせて、年2回合奏を行うことが出来た。

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。



センター長のチェロと合奏



症例4



症例8

6.2 結果

食事デバイスを導入した症例8、症例10、症例11の3ケースとも毎日食事の際に筋電義手を使用している。また、筋電義手を使用することにより、上体が起き上がり、食事姿勢が良くなったと両親にも好評である。

7 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、前述の症例のように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に必ず使用するようになり、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当病院に経過報告のた

8 その他の使用率が向上した症例

8.1 ハンドサイズ変更

症例1は使用開始年齢も早く、昨年度まで使用率が非常に高いケースであったが、成長とともに筋電義手を使用しなくとも様々なことが出来ることを学習し、使用率が低下していった。

しかし、今年度成長に合わせて電動ハンドを1つ大きなもの（ハンドサイズ5から5 1/2へ）に交換した（図12、図13）。この結果、ハンドの最大開閉幅が大きくなり把持可能なものが増加した。また、開閉速度も速くなったことで使用感が向上し、交換前に比較すると使用率が向上した。



図12 ハンドサイズ5（交換前）
Fig.12 Hand size 5 (before change)



図13 ハンドサイズ5 1/2（交換後）
Fig.13 Hand size 5 1/2 (after change)

8.2 縄跳び

幼稚園や小学校において必ず導入されているものに縄跳びがある。この縄跳びの際に、筋電義手を用いることで、特別なことをすること無く、他の子供に遅れずに、同じように出来ることが本人の評価を得ている。昨年度も症例10に同様の効果があり、今年度も上記以外の症例でも使用しており、縄跳びは使用率低下の防止に役立つと考えられる。



図14 縄跳び
Fig.14 Jumping rope

9 まとめ

昨年度より、筋電義手使用率が低下する症例が多いという問題点に対し、筋電義手使用率の低下防止のための訓練方法の検討を開始した。本年度は、多くの症例が訴えた、下記の問題点に的を絞って、解決を試みた。

- ・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

装着直後の問題点に関しては、導電性ゴムスイッチを導入することとした。また、筋電義手を使用する場面に関しては毎日行う食事という動作を選択し、茶碗保持デバイスを導入した。

この結果、昨年まで病院での訓練以外では使用しなかったが、毎日使用するようになった症例も現れ、全体的に使用率を向上させることが出来た。また、小児では義手の動作不安定性や性能が成人以上に大きな影響があることが再確認された。

しかし、今回効果のあった、「食事の際に使用する」という方法論がいつまで持続できるか予想できない。確かに、昨年度までにあったような、「遊び等に筋電義手を使用しても飽きてしまうと使用しなくなる」という例と比較すると効果の持続が期待できるのかもしれないが、今後も継続的に観察し、必要な訓練を行うことで、より効果を持続させるような訓練システムを構築していきたい。