

成長に合わせた小児筋電義手訓練システムに関する研究

Development of a Training System for Myoelectric Hands with Infant Amputees's growth

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：

成長、筋電義手、訓練システム

Keywords:

Growth, 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 scenes. This result means that it is difficult to use myoelectric upper limb prostheses every day for children. Therefore, the cause of this result has been considered and some training approaches to increase usage rate of myoelectric upper limb prostheses have been tried since 2005.

The results have increased cases who continue to use myoelectric upper limb prostheses for a period of years. It has led to other problems that myoelectric upper limb prostheses not have been fit there, because they grow up. We tried some approaches to resolve this problem. The results of these trials are described in this report.

1 はじめに

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が多く見られ、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平成17年度より3年間行った。この結果、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、スイッチの導入や複数人での訓練の導入などを図り、使用率の向上に関して一定の効果が見られた。

この結果、数年にわたり使用するケースが増加し、身体の成長に伴うソケットの不適合、スタッフへの明確な意思表示が可能となったことによる入力方法への訴え、小学校へ入学しリコーダーの授業が始まるなど、成長に伴う問題が多くみられるようになってきた。このため、今後も引き続き「本人にとって筋電義手を使いたいと思える場面および動作」を検討するとともに、今年度より成長に合わせてどのような問題点が生じ、どのようなフォローが必要なのかを検討する研究を開始したので報告する。

また、昨年度開始した義手使用開始年齢が理想的な2例の現状も併せて報告する。

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。

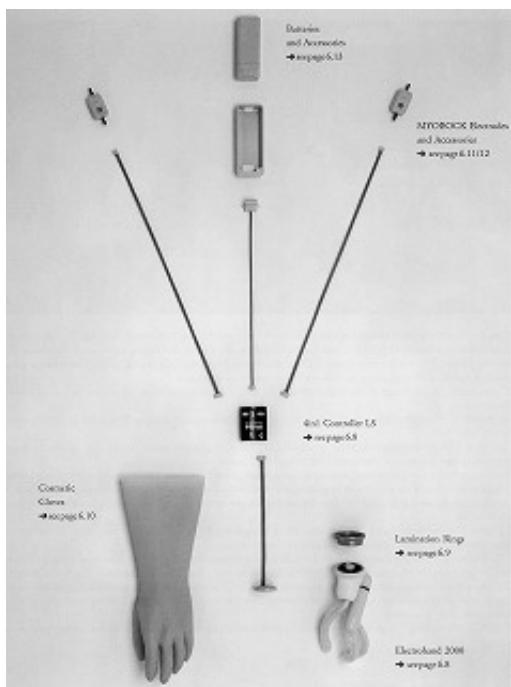


図1 小児用筋電義手パーツ (Otto Bock社製)
Fig.1 Parts of Myoelectric Hand for Infants (Otto Bock)

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	訓練時使用・不定期だが家で訓練
症例14	男	右	横断性中手骨欠損	訓練時使用・毎日1時間程家で訓練
症例15	男	左	横断性中手骨欠損	月一回の訓練を行ったが使用中止
症例16	女	右	横断性中手骨欠損	訓練時使用・不定期だが家で訓練

4 筋電義手の使用状況

今年度、新たに2名が義手の装着を開始し、昨年度装飾用義手を使用していた2名も筋電義手の使用を開始した。しかし、今年度使用を開始した症例15は今年度末に使用を中断したため、前年度までの症例と加え11名が筋電義手を継続使用中である。

今年度使用を開始した症例15はテニスのサーブを打つ際にトスを上げるのに義手を使用したいとの主訴で当センターを受診した。しかし、現在の筋電義手ではこの動作には向かないことを説明し通常の生活での使用を勧めた。しかし、開始年齢が11歳（小学6年生）と遅く、ADLが義手なしで確立してしまっていたため、筋電義手を使用することで便利だと思える動作が見つからずレンタル期間約8ヶ月で使用中止となった。開始年齢が遅いと、使用に至らないという結果を改めて支持する結果となった。

症例15以外の症例に関しては、筋電義手使用率に大きく変化が見られることはなく、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。特に症例12は、入力方法を電極からスイッチに変更したことで、使用率は高くはないものの、習い事等に使用し、一定の使用率を保つことが可能となった。

5 成長に伴って生じた問題点

5.1 身体の成長に伴うソケットの不適合

筋電義手のソケットを製作する際は、その他の義手と比較して以下のような理由から、「ソケット容積の管理」が重要となる。

- (1) 筋電義手の重量が重いため
- (2) 電極と断端との安定した接触が必要なため

(1)に関しては、ソケットの容積が断端の容積に対して大きい場合は、断端とソケットの間でズレが生じてしまい、筋電義手を重いと感じやすくなってしまう。しかし、ソケットの容積が小さい場合は装着したり外したりが困難になるだけでなく、痛みも生じやすい。

(2)に関しては、筋電義手は一番遠位の電動ハンドの重量が重いため、欠損側上肢の肢位や肘の屈曲角度によっては電極が断端から離れてしまいそうになる。完全に離れてしまうのはもちろんのこと、電極の金属部分の一部が断端から離れるだけでも誤動作の原因となる。どのような肢位であっても断端と電極が安定して接觸しているためには、ソケットの中に断端の軟部組織がいっぱいに詰まっている状態にする必要がある。この状態で電極の安定した接觸が得られれば図3のように電極の跡がきれいに残る。

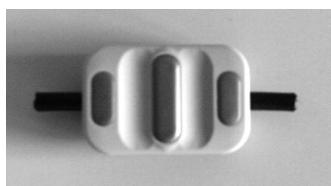


図2 電極
Fig.2 Electrode



図3 電極の跡
Fig.3 Print of electrode

しかし、小児に対して補装具を製作する場合、問題となるのが、身体の成長に伴う不適合である。こ

のため、成長分を見越して大きめに製作したくなるが、上記内容と矛盾してしまう。このため当研究所ではソケットを熱硬化性樹脂ではなく熱可塑性プラスチック（商品名：T-フレックス）で製作している（図4）。支給が認められた本義手に関しても同様である。筆者は、小児に対して筋電義手を7年以上製作しているが、激しい動作によりソケットが破損したというような例は一度もなく、十分な強度を有していると考えている。



図4 熱可塑性プラスチックのソケット
Fig.4 Thermoplastic socket

最近は生後5ヶ月～2歳くらいまでの幼児の場合、ノースウェスタンソケットを製作する場合は開口部の割合を小さくしている（図5）。なぜなら、開口部の割合が小さくても、軟部組織の割合が非常に多いためソケット装着が可能であり、断端長が成長により長くなてもソケット近位部をより近位に延長する修正を行っても（図6）、開口部の割合が通常の割合を超えず、修正を繰り返しても長期間にわたって使用することが可能となる。

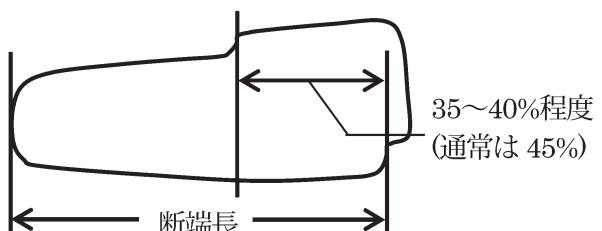


図5 ノースウェスタンソケットの開口部
Fig.5 Northwestern socket opening

この辺りを熱してソケットを成長に併せて延長する

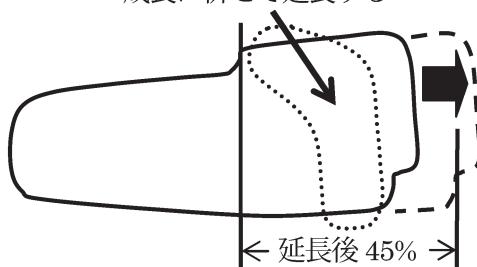


図6 断端の成長に対する修正方法
Fig.6 Socket adjustment for growth

小児筋電義手のソケットの関しては、1年で何回程度、修正が必要かとよく質問される。これまで7年間、多くの小児に対してソケットを製作してきた経験からすると、年齢によって一定していないので回数を答えるのは困難である。というのも、成長が著しい時期とそうでない時期があるからで、時期によっては1年弱ソケット修正を行わなかったこともあるが、成長が著しい時は1～2週間で修正が必要な時もあるからである。

また、客観的なデータが無いため、今後検証していく必要があるが、断端には以下の傾向があると考えている。

- 長軸方向に成長している時は周径が細くなる
- 夏は周径が太く、冬は細くなる

5.2 スタッフへの明確な意思表示が可能となったことによる入力方法への訴え

症例6は図7のように随意的に動かすことが可能な指が残っている。筋電による入力も試みたが、使用当初からスイッチによる入力を選択した症例である。使用開始時はスイッチを上下に並べ、2チャンネルとも指腹で押すことで入力するように配置していた(図8)。4歳6ヶ月から使用しており、この配置に関してもっと押しやすい場所や方法があれば言ってほしいとお願いしていたが、昨年度までは良く分からぬが、現状操作できているので問題ないという主観的評価であった。

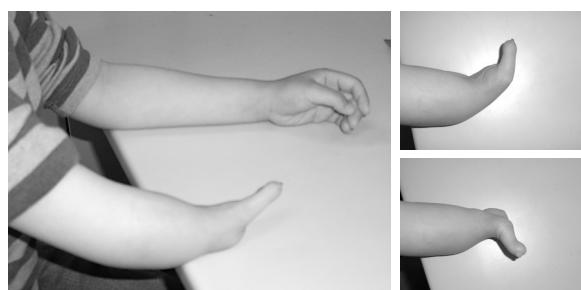


図7 症例6の断端
Fig.7 Residual limb of case6



図8 症例6の以前のスイッチ配置
Fig.8 Earlier switch layout of case6

しかし、今年度になって初めてスイッチの配置を換えて欲しいという訴えがあり、電動ハンドを開くスイッチはこれまでと逆に背側に設置した(図10)。この結果、指の屈曲進展を用いて、ハンドを閉じるのは指の腹側で、開くのは指の背側で押す方法を選択した。



図9 現在使用しているスイッチ(圧力センサ)
Fig.9 Switch which was used in this year (force sensor)



図10 症例6の現在のスイッチ配置
Fig.10 Latest switch layout of case6

小児の場合、ソケットの適合感や電極の位置など、筋電義手の操作に重要な影響を及ぼす内容でも、コミュニケーションをとることは困難な場合が多い。しかし、困難だからといって尋ねないのでなく、常に尋ね続けることで興味を喚起し、重要なことだと理解を促すことが重要であると考えられる。

5.3 小学校でのリコーダーを用いた授業の開始

日本の義務教育においては音楽の時間にリコーダーは必須である。筋電義手を用いてリコーダーを吹けると、筋電義手を必ず用いる動作が増えるが、現在の筋電義手の性能では困難である。

このため、厳密には成長に伴う筋電義手の対応ではないが、ユーザ、両親、学校等の問題解決を補助するために、当センターの先輩のユーザからリコーダーの使い方を直接教しえる機会を作っている(図11)。同じ障害を持つ経験者から直接教わることで、理解しやすいと思われる。

尚、多くの場合は片手用のリコーダーを用いるが、出せる音の数が少なくなるが穴の位置を調整して本人に合わせるタイプなどもあり、どのタイプを選択するかは学校の判断に任せている。



図11 片手用リコーダーの練習
Fig.11 The practice one-handed recorders

6 使用率を低下させないための取り組み

6.1 ヴァイオリン演奏会の継続

今年度もヴァイオリンの演奏会を、お盆（図12）と年末の2回開催することが出来た。症例8は定期的に訓練で当センターに通っているため、使用率もその都度チェックできるが、症例4に関しては千葉在住であるため、両親と千葉でのスタッフに頼らざるを得ず、細かなチェックが出来ない。しかし年2回の演奏会では使用し続けていることが確かめられ、かつ、演奏会を楽しみしているとのことで引き続き効果があったと考えている。



図12 ヴァイオリン合奏会
Fig.12 Playing a violin in concert

6.2 定期的に行う訓練と複数名での団体訓練

今年度も引き続き定期的に訓練に来ることが可能な症例に関しては、月1回から3ヶ月に1回程度、訓練を行っている。現状では定期的に訓練を行わないと使用率が減少する傾向にある。

女児に関しては症例16が新たに加わり（図13）、4名で団体訓練を行っている。症例16は筋電義手使用開始直後で、1名で訓練を行っている時は作業のスムーズさに欠け、集中力が続きにくい傾向が見られたが、年上の女児と訓練すると集中力が継続しやすい傾向が見られ、やはり複数名での団体訓練の方が訓練の効果が高いと考えられた。しかし、引き続き男児に関しては日程が合いづらく後述のLEGOブロックを用いた訓練が単発で行えたものの、定期的な複数名での団体訓練を行える所までは至っていない。



図13 団体訓練に参加する症例16
Fig.13 Case16 who is a member of the group training



6.3 LEGOブロックの活用

男児の複数名での団体訓練のために今年度LEGOブロックを以下の理由から教材として導入した（図14）。

- 男児であれば興味を持ちやすい
- 木の組立キット等と異なり何度でも繰り返し遊ぶことが可能

導入に当たっては自身の趣味としてLEGOブロックを行っている方に講師をお願いした。成人用の電動ハンドはピンチ力が強いため、把持する位置さえ上手く選択することで全ての組立動作や分解動作が可能であった。しかし、小児用の電動ハンドの場合ピンチ力が弱いため、分解動作時の固定が弱く問題となつた。

LEGOブロックの特性上、組立てる際は義手を用いなくても、テーブルに置いて上から押付けていけば組立ては可能である。しかし、分解の際にはブロックの両端を固定する必要があるため、筋電義手が有効ではないかと考えたが、ピンチ力など問題もあり、常に装着する動作とはなっていない。今後も検討を続けていきたいと考えている。



図14 LEGOブロックを用いた男児の団体訓練
Fig.14 Boy's group training with LEGO

7 症例13と症例14の現状

今年で小児筋電の研究を開始して7年になるが、最初の症例1と症例2がかろうじて開始年齢が12ヶ月であり、その後は開始年齢が3～5歳の症例ばかりで、言葉の通じない症例はいなかった。また、症例1と症例2の時点では小児筋電自体が初めてであり、先進的な取り組みを行っているカナダに学びに行ったとはいえ、ノウハウの蓄積のない状態であった。これに比べ、症例13と症例14の2症例は生後5ヶ月と8ヶ月で使用開始年齢が理想的な症例であり、訓練のノウハウの蓄積も出来てきた状態でもあるため、今後の進捗状況を報告していきたい。

今年度末に、2症例とも1歳10ヶ月になるが、この1年間で生じたこととして

- 1歳前後で筋電義手に移行
- 筋電義手装着2～3ヶ月程度で随意的にハンドを開くことが可能となった
- 当初は両親やOTの指示に従うが1歳5ヶ月を過ぎた辺りから指示に従わなくなり訓練が集中して出来ない状態が続いている
- ソケットは10ヶ月の間に2～3回延長し、症例14はすでに修正の限界を超え、ソケットを1回交換

随意的にハンドを開くことを習得しているので順調だと思われるが、1歳5ヶ月辺りから自我が出てくるのか、第一反抗期の始まりなのか、今年度の最後の数ヶ月は訓練が集中して出来ない状態で、随意動作の獲得状況も2症例とも停滞状態である。しかし、この時点で無理矢理装着して筋電義手に対してマイナスのイメージを付け、装着しなくなるのはもっとも避けねばならないと考えている。この状況は同じ男児の症例1も同様であったため、成長に伴う傾向と考えられる。今後も様子を伺って行こうと考えている。

8 まとめ

今年度より、成長に伴う問題点を明らかとし、どのようなフォローが必要なのかを検討する研究を開始した。この結果、成長に伴い生じるソケット不適合に傾向が見られることを報告した。また、年齢が高くなれば意思表示が可能となるが、反対に意思表示をしない年齢から説明を行い、注意を喚起することが重要であると考えられた。