

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 本多伸行 中勝彩香

安藤 悠 毛利友香（兵庫県立総合リハビリセンター中央病院）

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

HONDA Nobuyuki, NAKASHOU Ayaka, ANDO yu, MOURI Yuka (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. But many cases have used myoelectric upper limb prostheses on a few scenes. Therefore, 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 prostheses not have been fit there, because they grow up. We tried some approaches to resolve this problem since 2008. The results of these trails 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、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ための研究を平成17年度より3年間行った。

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など、成長に伴う問題が多く見られるようになってきた。そこで、平成20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。また、引き続き筋電義手の使用率の維持を図るため、「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が見つけられない」という問題に関しての訓練方法も検討を行った。

3年間の検討の結果、成長に伴う各段階における問題点のいくつかの傾向や、対応の方法、また長期間の使用率維持に効果のあった訓練方法などが明らかとなったので、これらをまとめて報告する。

2 成長に伴う各段階の問題点や対応方法

2.1 乳幼児期の問題点

2.1.1 欠損側上肢の不使用

(1) 問題点

先天性欠損児の場合、歩行時や座位にて欠損側上肢を体の後ろに引いてしまい、欠損側上肢をあまり使用せず、非欠損側の上肢ばかりを使用する症例が少なくない。客観的なデータが無いため、確かなことは不明であるが、欠損側上肢のボディイメージ

を形成するに当たって問題があるのではないかと考えられる。仮に義手を用いないとしても、欠損側上肢での様々な動作を可能とするため、可能な限り早期から、欠損側上肢も使用するように心掛けるべきだと考えている。

(2) 対応方法：欠損側上肢に注意を向けさせる

生後すぐで、座位が取れず、寝ている姿勢が多い時期の対応方法としては、断端部に鈴をゴムバンド等で装着する方法が上げられる。そうすることで、欠損側上肢を動かした際に鈴が鳴り、そちらに注意が向くからである。

座位が取れるようになり、おもちゃ等に興味が出てきたら、おもちゃ等を欠損側から視界に入れるようにする。そして可能なら、欠損側上肢からおもちゃに等に触りに行くように導く。

これらの方法をとることで、欠損側上肢を使用するように導くことが出来ると考えている。

2.1.2 欠損側上肢の筋力不足

(1) 問題点

先天性欠損児の多くが、欠損側上肢の筋力が非欠損側に比較すると不足している。前述した欠損側上肢の不使用も原因のひとつと思われるが、それ以上に乳幼児期の筋力増強に重要な、両手を用いたハイハイなどの四つ這い移動を行わないことが大きな問題であると考えている。その際の代表的な移動方法である、非欠損側上肢と臀部から下肢を用いたいざりを図1に示す。

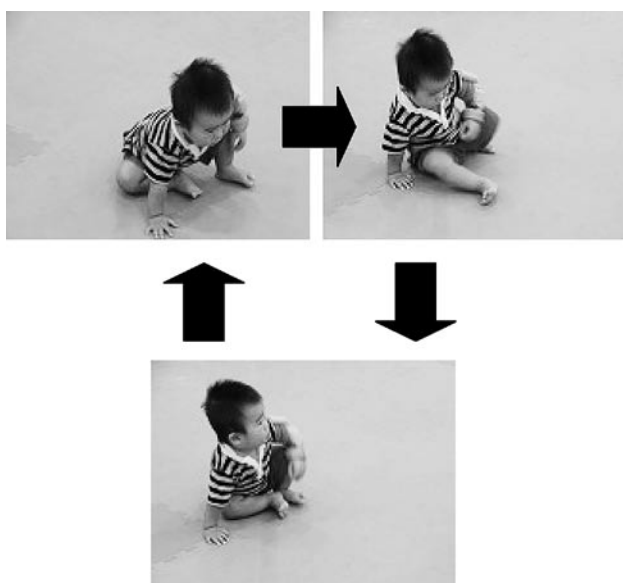


図1 四つ這い動作をしない場合の移動方法（いざり）
Fig.1 Locomotion type without crawling

(2) 対応方法：装飾義手を製作する

装飾義手を製作することで、上肢の長さを合わせ、上体を支える際に欠損側では床に届きにくいという不利をなくす。そうすることで欠損側上肢でも上体を支える四つ這い移動を行うようになり（図2）、左右の筋力差が改善されることが多い。



図2 装飾義手を用いた四つ這い動作
Fig.2 Crawling with cosmetic hand

2.2 筋電義手装着後の問題点

2.2.1 装着開始直後の欠損側上肢の筋力不足

(1) 問題点

装飾義手を使用したとしても、必ずしも筋電義手への移行直後から、筋電義手の重量に問題なく対応できる症例ばかりではない。また、2歳や3歳といった年齢から試用評価を開始する症例も少なくなく、これらの症例は欠損側上肢の筋力が不足しているケースがほとんどである。これらの場合、筋電義手を装着しても上肢は、視覚に入るまで屈曲位をとることがほとんどなく、筋電義手に興味が向かず、使用にはつながらないことが多い。

(2) 対応方法：テーブルを用いる

図3のように、テーブルなどを使用し、筋電義手をテーブルに掛け、重量が上肢に掛かるのを防ぐことで、15～20分程度の訓練時間を確保することが可能となる。また、訓練時間以外でも装着することにより、無意識に欠損側上肢を用いて、筋力増強が図られる。



図3 テーブルの上での筋電義手訓練
Fig.3 Training of myoelectric hand on the table

2.2.2 装着開始直後の訓練対応

(1) 問題点

筋電義手装着直後は開閉動作の獲得を目指すこととなる。しかし、言葉の通じない年齢の場合、随意操作獲得を待つのは時間がかかりすぎる。このため、本人の随意操作とは別にハンドの開閉を行う必要がある。

(2) 対応方法：ペアレンタルスイッチを用いる

簡易的な方法として図4のようなアルミ箔を用いた方法（ペアレンタルスイッチ_タイプ1）がある。



図4 ペアレンタルスイッチ_タイプ1
Fig.4 Parental switch_type1

しかし、このスイッチは動作の確実性にかけ、かつ数ヶ月から半年程度で反応しなくなり、その都度修理する必要がある、スムーズな訓練の妨げとなる場合がある。このため、可能であれば、図5のような、電極とコントローラの間から配線を分岐させて、電極とスイッチの両方から信号が送れるシステム

（ペアレンタルスイッチ_タイプ2）を製作することが望ましい。当研究所でも、このペアレンタルスイッチ_タイプ2を用いることで、訓練が安定して行えるようになった。

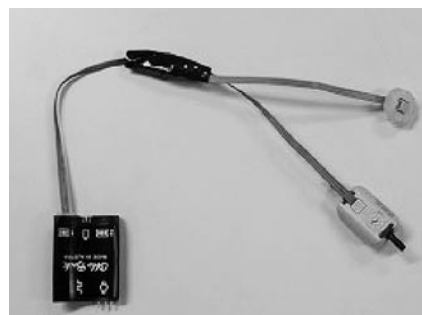


図5 ペアレンタルスイッチ_タイプ2
Fig.5 Parental switch_type2

2.2.3 成長によるソケットの不適合

(1) 問題点

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。

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

このため、断端容積に合ったソケットを製作する必要があるが、小児の場合、成長分を見越して大きめに製作したくなる。しかし、上記内容と矛盾してしまうため、ソケットを大きく製作するわけにはいかない。では、調度よい大きさに製作すればよいのかといえば、成長するとすぐに小さくなってしまい、装着しにくかったり、痛みを感じたりすると、小児は装着を嫌がる。このため成長に伴い変化する断端容積に常に対応する必要がある。

(2) 対応方法：熱可塑性樹脂でソケットを製作する

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6）。支給が認められた本義手に関しても同様である。この方法により、小児の成長に対して修正が可能となり、常に上記条件を満たす適合状態を保つことを可能としている。



図6 熱可塑性プラスチックのソケット
Fig.6 Thermoplastic socket

それでももちろん、ある程度修正の限界が訪れ、ソケットの再製作が必要となるが、金銭的にも義手装着時間を減少させないためにも、ソケットの再製作の回数は少ないことにこしたことはない。

このため当研究所では、生後5ヶ月～2歳くらいまでの幼児には、開口部の割合を小さくしたノースウエスタンソケット（図7）を製作している。なぜなら、開口部の割合が小さくても、生後5ヶ月～2歳くらいまでの幼児の断端は、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っ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8）、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からである。

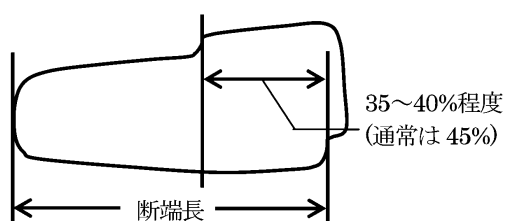


図7 ノースウエスタンソケットの開口部
Fig. 7 Northwestern socket opening

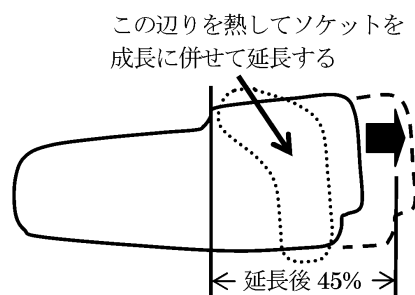


図8 断端の成長に対する修正方法
Fig. 8 Socket adjustment for growth

3 成長に伴う問題点の傾向

3.1 ソケットの修正頻度や修正内容

今回の研究に限らず、平成14年から実施した小児筋電義手の一連の研究を鑑みた結果、ソケットの修正頻度に関して以下のような傾向が明らかとなった。

- ・男児に比べ女児の方が成長が早く、小学生の間は、女児のほうがソケット修正が頻回に必要
- ・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

修正頻度に関しては、男児と女児の成長の特徴を反映したものであると考えられる。女児のほうが小学生から中学生にかけて大きく成長するのに対し、男児は中学生から高校生にかけて成長が大きくなる傾向が、健常者と同様にあるからである。このため女児は、ソケットを熱可塑性樹脂で製作したとしても、小学生の間に3～4回のソケット再製作が必要であると考えられる。これに対し男児は、1年近く修正も必要としない時期があったりするなど、小学生の間はソケットの修正および再製作の回数は女児よりも少ないという傾向が明らかとなった。しかし、今年度一番年長の男児は小学校4年であるため、中学生や高校生の時に本当に頻回に修正する必要があるかは、今後も引き続き観察していく必要がある。

また、長軸方向に成長する際の特徴として、周径も大きくなると考えていたため、周径が小さくなるというのは大きな発見であった。そして、周径が小さくなると電極と断端の接触が甘くなる可能性が高いため、この点を考えても熱可塑性樹脂でソケットを製作し、修正を可能とすることが重要であると考えられた。

また、季節によっても傾向が見られたのも大きな発見であった。もちろん、湿度変化による可能性も捨てきれない。とはいえ夏季にソケットがきつくなってきたと主張していた症例の多くで、秋から冬にかけて訴えが収まる例や、ソケットがすぐに脱落するくらい断端が細くなってしまう例が見られた。しかし、成長との関連もあると考えられるため、今後、よりデータの蓄積を図る必要があると考えられる。

3.2 ハンドの交換時期

ソケットの修正頻度と同様に、平成14年からの小児筋電義手の研究を鑑みた結果、ハンドの交換時期に関して、以下のような傾向が明らかとなった。

- ・女児は小学校6年までに、小児用ハンドの最も大きいハンドへの交換が必要

実際、現在筋電義手を継続使用している症例の最も年長な女児が小学校6年生であり、それ以外に小学校5年生が二人、4年生が一人いるが、この4人全てが、オットーボック社の小児用ハンドの最も大きいハンドへと移行している。また、継続使用にはいたらなかった症例に関しても、小学校6年生から中学生に移行する際に試用評価を行ったが、成人用の最も小さなハンドで試用評価を行った。

これらにより、女兒の筋電義手による訓練を開始する場合には、両親や病院、交付を申請する市町村の担当者などに、小学校6年生までには4回の電動ハンドの交換が必要であることを、説明する必要があることが明らかとなった。

4 長期間の使用率維持のための訓練方法

4.1 ヴァイオリンの導入

ヴァイオリンに筋電義手を使用している2名(図9)は、筋電義手の使用歴が7年以上になるが、現在でもヴァイオリンの練習のために、毎日筋電義手を装着している。もちろん、ヴァイオリン以外の動作に全く筋電義手を使用しない時期も存在したし、成長の各段階により、反抗期や興味のある物事が変化したりするため、装着率は多少変動した。しかし、常に毎日装着する機会があることで、筋電義手を使用してみようと思った際にすぐに試すことが可能となり、安定した使用を実現できた。

このことから、長期間継続できる趣味に筋電義手を導入することが出来れば、筋電義手の継続使用に効果的だということが明らかとなった。



図9 筋電義手を用いたヴァイオリンの演奏
Fig.9 Playing a violin with myoelectric hand

また、後述する団体訓練とも関係するが、同じ条件の症例同士と一緒に演奏会を行うことは、ヴァイオリンを習うことのモチベーションの向上に効果があるということが明らかとなった(図10)。



図10 ヴァイオリン合奏会
Fig.10 Playing a violin in concert

ちなみに2名の症例のうち1名は、父親が製作したヴァイオリンの弓の角度が変化する補助具と、弓を一定の場所で支えるステーを使用している(図11)。しかし、もう1名は最初だけ同様のステーのみを使用していたが、途中からヴァイオリンや弓に補助具のような物を付けるのを嫌い、何も付けずに演奏を行なっている。このことから、ヴァイオリンを導入する際には、弓を一定の場所に安定させるステーは効果的だが、これは健常者も初期に使用する既製品であり、必ずしも特別な対応が必要というわけではないことを意味している。



図11 ヴァイオリン用の補助具
Fig.11 The devices for playing a violin

4.2 団体訓練の実施

団体訓練を行った結果に関しては、複数の効果が認められたため、明らかとなった効果を以下に説明する。

4.2.1 集中力の持続

小児の訓練において、最も困難なことのひとつが、集中力が続かないという点である。小児専門の施設ではない成人のリハビリテーションを行う施設では、小児も成人同様に開始時間の決められた40分程度の時間内で訓練を行うことになる。しかし小児の場合年齢に関係なく、機嫌が悪かったり、眠かったりと決まった時間に集中できるとは限らない。

これに対し、年齢の近い症例を集め、団体で訓練を行う方が、小児一人のみで大人に囲まれた状態で訓練するより、症例同士が影響しあい、集中力の持続に効果があることが明らかとなった（図12）。特に女兒は効果的であり、そこで行う手芸等が一人で訓練を行う時よりも進行が早いことにより、楽しいと感じ易く、趣味などにつながる効果もあると考えられた。男児に関しても同様の効果があるか、今後、検討を続けていく必要がある。



図12 団体訓練
Fig.12 Group training

4.2.2 学校への対応

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。しかし、現在の性能では筋電義手を用いてリコーダーを演奏するのは困難である。

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える機会を作っている（図13）。同じ障害を持つ経験者から直接教わることで、理解しやすいのではないかと考えている。



図13 片手用リコーダーの練習
Fig.13 The practice one-handed recorders

なお、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本人や学校に任せている。

また、リコーダーの他にもピアノや縄跳び、跳び箱、鉄棒など、多くの問題が学校にはある。これらを団体訓練の際に両親同士で情報交換を行うことで選択肢を増やし、学校への対応に効果があることが明らかとなった。

4.2.3 両親の心のケア

先天性欠損児を持つ多くの両親の場合、身近に同じ問題を抱え相談できる人がいないため、非常に多くのストレスを抱えている。前述した学校への対応を含めて、もっと初期には、公園で遊ばせる時やスイミングスクールの時などの他の人の視線やその際の対応、そして子供が友達から何と言われるかなど、本当に多くの事柄に関して相談したいのが本心であると思われる。これらの問題に対し、それぞれに最善の解決法というもの存在しないが、同じ目線で相談できるということが本当に両親の心のケアとなり、これまでの研究で、非常に効果が高いことが明らかとなった。

4.3 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の抽出

それぞれの症例に関して、年齢や興味、学校行事等、各々に合わせた動作訓練を実施し、個々のケースでも良いので、本人が便利だと思える動作を抽出すべく、検討を行った。しかし、それぞれのケースに応じてはいるが、飽きてしまうと終わってしまうという動作ばかりで、他のケースに試してみたいという動作すらも見つからないのが現状である。ヴァイオリンなど、長期間続ける事が可能な趣味以外では、小児の場合はその時々で必要とされる動作が変化するため、抽出は困難であるかもしれない。このため、今後は筋電義手で可能な動作と不可能な動作、その場合に次に必要な機能の検討など、異なる検討方法を試す必要があると考えられた。

5 まとめ

3年間の研究の結果、成長に伴う問題点のいくつかの傾向や、対応の方法、また長期間の使用率維持に効果のあった訓練方法などが明らかとなった。今後も、ノウハウの蓄積を図り、より客観性のあるデータとして抽出していく必要があると考えられた。