解 説

義手による ADL 動作（日常生活動作）獲得 —主として前腕切断者用筋電義手について—

Acquiring ADL in Trans-radial Amputee using Myoelectric Prosthesis

陳 隆 明^{*1} 大 庭 潤 平^{*2}

^{*1}兵庫県立総合リハビリテーションセンター ^{*2}国際医療福祉大学リハビリテーション学部作業療法学科

Takaaki Chin^{*1} and Junpei Oba^{*2}

^{*1}Hyogo Rehabilitation Center ^{*2}Department of Occupational Therapy, International University of Health and Welfare

1. は じ め に

手は人体の中でも極めて繊細な器官であり、知覚に富み、精巧な動きが可能である。時には、人間の感情を表出する手段でもある。このような素晴らしい器官を何らかの原因で失うことを余儀なくされた上肢切断者にとって、その機能を完全に補完することは極めて困難であると言わざるを得ない。その機能を少しでも補完しようとして作られたものが義手である。従来から日本において利用可能な義手は、能動義手（フック式が主流）と装飾義手であった。中島らの調査[1]によると、日本で作製される義手の約90%が装飾義手である。川村らの調査[2]においても、片側切断者の場合、その80%は装飾義手を使用している。それでは一体、日本では「使える義手」のニーズはないのであろうか。日本では今日まで「使える義手」として能動フック式義手が存在しているが、その義手の外観に抵抗を覚える切断者は少なくなく、敬遠されてきたことも事実である。一方、筋電義手はある程度の装飾性と作業性に優れており、「使える義手」を切望している切断者のニーズに合致している。それを裏付ける根拠は川村らの報告である[2]。それによると、実に切断者の70%以上が筋電義手の装着を希望したというものである。

筋電義手の普及状態を欧米諸国と比較すると、片側前腕切断者に限れば、義手の中で筋電義手の占める割合は、アメリカで25~40%、ドイツで70%、イタリアで16%であった[3]。日本ではわずか2%であった[2]。このように日本で筋電義手の普及が著しく遅れた背景には、義手（筋電義手を含めた）の専門的訓練を切断者に提供できる専門施設が極めて少なく、切断者が義手を「使える義手」として認識できない状況が挙げられる。特に、片側上肢切断者の場合、

そのADL動作の約90%は健側手で遂行可能であるという事実が存在する。したがって、切断者に対して、義手を「使える義手」と認識して使用してもらうためには、義手の操作に習熟することにより、義手の利便性を高めることが必要である。

本稿では、主として片側前腕切断者の筋電義手によるADL動作獲得について、能動フック式義手と比較して述べてみたい。

2. 義手の構造と特徴

2.1 能動フック式義手

構造：フック式義手（図1）は、手先具の形状が2本の金属鉤の組み合わせであり、細かい作業に向いている。制御レバー（フックの拇指にあたる）をケーブルが引っ張ることにより金属鉤が開閉する。日本ではケーブルを引っ張ることにより金属鉤が開く型（随意開き式：voluntary opening）が主流である。金属鉤を閉じる力にはゴムが用いられている。ゴムの数を変えることにより閉じる力（把持力）を調整する。フック式義手の手先具の開閉には体内力源を利用する。そのためにはハーネスコントロールケーブルシステムが必要である。通常は8字ハーネスを用い、上肢帯や体幹（肩甲帯）の動きを健側腋窩ループでとらえ、背中で交差し

図1 フック式義手：手先具の形状が2本の金属鉤の組み合わせであり、細かい作業に向いている

原稿受付 2005 年 7 月 1 日

キーワード：Upper-extremity Amputee, Myoelectric Prosthesis, Skill, Public Supply

^{*1}〒651-2181 神戸市西区曙町 1070

^{*2}〒831-8501 大川市榎津 137-1

^{*1}Nishi-ku, Kobe-shi, Hyogo

^{*2}Okawa-shi, Fukuoka

(a)

(b)

図2 前腕切断者用8字ハーネス. a: 前面より, b: 後面より

たベルトを通してコントロールケーブルに伝達し、フックの開閉を行うものである(図2(a), (b)). フックを開くために必要な動作は、切断側肩の屈曲運動と両側肩甲骨の外転運動(体幹の極近くで開く場合)であり、それによってハンガーと上腕カフのクロスバーとの距離が増加し、ケーブルの緊張が強くなって、フックが開くのである。

特徴: フック式義手は、フックの開閉にハーネスコントロールケーブルシステムが必要である。したがって、上肢の自由度はハーネスにより束縛され、また見た目も悪い。さらに、切断側肩の屈曲運動と両側肩甲骨の外転運動が困難な肢位、例えば、切断側肩挙上位や外転位、さらに義手を体の後ろへ回した位置、対側の腰の前方での位置(図3(a), (b))での操作は極めて困難である。それゆえ、切断側肩関節をあまり大きく動かさずに、肘を90度以上屈曲位(顔や口元に届く)、あるいは肘90度屈曲位(いわゆるデスクワークや木工作业に便利)、肘軽度屈曲位(炊事やひも結びなど限られた日常生活動作に便利)(図4(a), (b))での操作が主体となる。健側にも腋窩ループを有するため、健側

(a)

(b)

図3 a: 切断側肩外転位, b: 義手を体の後ろへ回した位置. フック式義手では操作は極めて困難

手もまったく自由というわけではない。手先具はフックであるがゆえに精巧な作業や重労働に向くが、形状の複雑なものの把持には不適であり、持続的に把持し続けることも困難である。

2.2 筋電義手

構造: 我々が使用しているものは、ドイツ OTTOBOCK 社製前腕用筋電義手 (MYOBOCK) である。この筋電義手はモジュラー化されたパーツにより構成されており、ソケットの作製以外は組み立てが中心となる(図5(a), (b))。ハンドの制御方法は色々あるが、主として用いているものは二つの筋電センサーでハンドの開閉を行うものである。一つのセンサーでハンドを開き、もう一つのセンサーでハンドを閉じる。ハンドを操作するための筋電信号は、前腕切断端の2箇所より採取する。2箇所の筋電信号を切断者が随意に発生し、分離させることによって、ハンドを自由にコントロールできる。それゆえ、自分の手のようにより自然な感じで操作できるのが特徴である[4]。中には、発生する筋電信号の強弱によってハンドの開閉のスピードを変化させられるものもある。

(a)

(b)

図4 a: 肘を90度以上屈曲位（顔や口元に届く）、b: 肘90度屈曲位（いわゆるデスクワークや木工作業に便利）。フック式義手では操作しやすい

(a)

(b)

図5 a: モジュール化された筋電義手のパーツ, b: 完成した訓練用筋電義手

特徴：ハンドの開閉は体外力源を利用するため、ハーネスコントロールケーブルシステムが不要で、上肢の自由度は制限を受けず、外観も受け入れはよく快適である[4]～[7]。しかし、手先具の形状は3点摘みであり、精巧な作業には向かない。しかし、ピンチ力が強く、持続してしっかりとものを把持することが可能である[4]。

3. 筋電義手を使用するための訓練

3.1 基本訓練

まずハンドの開閉がスムーズにできるようにする。最初は目的物を使用せずに様々な肢位（切断側肩挙上位や外転位、さらに義手を体の後ろへ回した位置、対側の腰の前方での位置）での開閉ができるようにする（図6(a), (b)）。先述したように、フック式義手では開閉が困難な肢位が存在する。次に目的物（色々な形状のもの、大きさの違うもの、硬いもの、柔らかいものなど）を使用し、物体のつかみ方と離し方を習得する（図7）。さらに訓練が進めば、義手をその目的物に近づけ（リーチ）、つかみ、運び、離すといった一連の動作を習得してもらう。この過程では、目的

(a)

(b)

図6 a: 切断側肩外転位, b: 義手を体の後ろへ回した位置。筋電義手では操作は容易である

図 7 色々な形状のものを使用し、物体のつかみ方と離し方を習得する

図 8 両手を用いた動作の習熟訓練を行う

物に対してハンドを最も都合のよい位置にもっていくための前腕部の位置決めを各人が習得することが重要となる。

3.2 応用訓練

あくまで健側手が主体であり、補助手としての義手の役割を学ぶことが目的である。筋電義手の利点は、他の関節運動とともにハンドの開閉操作が自由に行え、それゆえ健側手の機能を十分に引き出すことができることである。ここでは、紐結びや手工芸など両手を使わなくてはならないような作業を行う（図 8）。

3.3 日常生活動作訓練

日常生活を送るうえで必要な動作や、職場で実際に必要な動作に重点をおいて行う（図 9(a), (b)）。

4. 日常生活動作における筋電義手の有用性

日常生活動作は両手を用いた動作が主体である。筋電義手の最大の利点は、切断側上肢や健側手の自由度が束縛されないことである。その結果もたらされた両手動作の促進である [8] [9]。我々は、日常生活動作の中で特に両手動作に密接した 14 項目を抽出し（表 1）、能動フック式義手と作業時間について比較した。すべての項目において平均作業

(a)

(b)

図 9 a：リフト操作，b：CD の梱包．実際に必要な動作を習得する

表 1 14 項目の両手動作のリスト

日常生活動作	内容
調理動作	両手鍋を運ぶ スナック袋をあける 皿にラップを使用する
家事動作	長柄のほうきを使う 洗濯物を畳む 服をハンガーにかける
更衣動作	ズボンをはく 靴下をはく 靴紐を結ぶ シャツをズボンに入れる
一般動作	ハサミで紙を切る 延長コードを繋ぐ
食事動作	ビンの蓋の開閉 コップに水を注ぐ

時間は筋電義手の方が短かった。中でも有意に作業時間が短かった項目は、「ズボンをはく」、「靴下をはく」、「蛇口からコップに水を注ぐ」、「シャツをズボンに入れる」、「延長コードを繋ぐ」の 5 項目であった。これらの動作について、なぜ差が生じたのかについて考えてみたい。

「ズボンをはく」（図 10）、「靴下をはく」（図 11）という動作は、手先具を体幹の近位から遠位、遠位から近位へのリーチ動作が必要であり、しかもズボンや靴下をしっかりと把持していなければならない。筋電義手の場合、ハーネスコントロールケーブルシステムがなく、それらに干渉

図 10 フック式義手を用いてズボンをはく

図 11 筋電義手を用いて靴下をはく

されることなく目的物へのリーチ動作がスムーズである。しかも、ハンドの開閉は体幹や上肢の位置に関係なく行え、目的物をしっかりと把持できる。一方、能動フック式義手では、リーチ動作はハーネスコントロールケーブルシステムのため干渉されスムーズに行えない。被験者は、「窮屈で背中や肩が痛い」と感想を述べている。フックの開閉については、体幹より遠位ではハーネスコントロールケーブルがすでに緊張しており、体幹の近位では逆に緩んでいてフックの開閉が困難である。さらに、体幹近位では、フックを開くために両肩甲骨の外転動作を使うために、健側手の自由度も制限される。

「シャツをズボンに入れる」(図 12) ためには、手先具でズボンの上端をしっかりとつかんで引き上げておいて、健側手でボタンやチャックの操作、さらにシャツを入れる動作を行う。筋電義手では、体幹近位のどの部位（体の後ろや対側腰の前など）においても自由にハンドが開閉でき、しかも十分なピンチ力でズボンを把持できる。すなわち、体の後ろにシャツを入れる場合でも、ズボンをしっかりとハンドで把持ができ、健側手は自由に使えるということであ

図 12 フック式義手を用いて、シャツをズボンに入れる

図 13 筋電義手を用いて、蛇口から水をコップに注いでいる

る。能動フック式義手では、体幹の近位ではハーネスコントロールケーブルが緩んでおり、フックを開くために両肩甲骨の外転動作を主として使うために、健側手の自由度が制限される。さらにフックの開閉は体の後ろでは困難であり、把持力も不十分であり、体の後ろにシャツを入れる動作は極めて困難である。

「蛇口からコップに水を注ぐ」(図 13) 動作も、手先具を体幹の近位から遠位、遠位から近位へのリーチ動作が要求される。さらに、コップを手先具でしっかりと把持しながら、健側手で蛇口の開閉を行わねばならない。したがって、ハーネスコントロールケーブルがなく、それらに干渉されることなく目的物へのリーチ動作がスムーズで、ハンドの開閉が自由に行え、コップをしっかりと把持できる筋電義手が有利である。

「延長コードを繋ぐ」(図 14) に必要な動作は、コンセントを延長コードに繋ぐときに、コンセントと差込部分をしっかりと把持し、正確に差し込むことである。ここではリーチ動作はあまり問題とならない。なぜなら、義手を扱いやすいようなポジションを選んで操作することが可能だからである。問題となるのは、コンセントのような複雑な形状のものを手先具でしっかりと持続して把持できるかどうかで

図 14 筋電義手を用いて、延長コードを繋ぐ

ある。筋電義手のハンドの把持力はフック式義手よりもはるかに優れている。

5. お わ り に

上肢切断者にとってリハビリの目的は、社会復帰するための自信を回復することである。義手はそのための一つの手段に過ぎないが、非常に有用なものである。しかし、義手が実生活において有用であると切断者が実感するためには、専門機関において multidisciplinary な訓練を受け、義手に習熟することが必要である [10]。残念ながら、今の日本には専門的な訓練を提供できる機関は極めて少ない。このような状況をどのように打開していくかが我々に与えられた大きな課題である。

参 考 文 献

- [1] 中島咲哉, 古川宏: “義手の処方, 製作状況からみた実態—10 年間で何が変わったか—”, 日本義肢装具学会誌, vol.15, pp.349-353, 1999.
- [2] 川村次郎, 福井信佳, 中川正巳 他: “上肢切断者の現状と動向—近畿地区におけるアンケート調査から—”, リハ医学, vol.36, pp.384-389, 1999.
- [3] 川村次郎, 中川昭夫, 澤村誠志, 森本正治: “諸外国における筋電義手の公的支援制度”, 日本職業災害医学会誌, vol.49, pp.501-508, 2001.
- [4] S.G. Millstein, H. Heger and G.A. Hunter: “Prosthetic use in adult upper limb amputees: a comparison of the body powered and electrically powered prostheses,” Prosthet. Orthot. Int., vol.10, no.1, pp.27-34, 1986.
- [5] H. Heger, S. Millstein and G.A. Hunter: “Electrically powered prostheses for the adult with an upper limb amputation,” J. Bone. Joint. Surg[Br], vol.67, no.2, pp.278-281, 1985.
- [6] R.B. Stein and M. Walley: “Functional comparison of upper extremity amputees using myoelectric and conventional prostheses,” Arch. Phys. Med. Rehabil., vol.64, no.6, pp.243-248, 1983.
- [7] A.V. Lunteren, G.H.M. van Lunteren-Gerritsen, H.G. Stassen and M.J. Zuithoff: “A field evaluation of arm prostheses for unilateral amputees,” Prosthet. Orthot. Int., vol.7, pp.141-151, 1983.
- [8] P. Herberts, L. Korner, K. Caine and L. Wensby: “Rehabilitation of unilateral below-elbow amputees with myoelectric prostheses,” Scand. J. Rehabil. Med., vol.12, no.3, pp.123-128, 1980.
- [9] S.A. Weaver, L.R. Lange and V.M. Vogts: “Comparison of myoelectric and conventional prostheses for adolescent amputees,” Am. J. Occup. Ther., vol.42, no.2, pp.87-91, 1988.
- [10] D. Datta, J. Kingston and J. Ronald: “Myoelectric prostheses for below—elbow amputees: the trent experience,” Int. Disabil. Stud., vol.11, no.4, pp.167-170, 1989.

陳 隆明 (Takaaki Chin)

1960 年 10 月 4 日生。1986 年 3 月徳島大学医学部卒業。1986 年 5 月神戸大学整形外科講座入局。1986～1987 年神戸大学医学部附属病院研修医。1987～1991 年神戸大学医学部大学院博士課程。1990～1992 年マックギル大学 (カナダ) 留学。1992 年 1 月神戸大学大学院医学博士。1992 年から兵庫県立総合リハビリテーションセンター整形外科医長兼リハビリテーション科医長。現在に至る。1997 年から兵庫県身体障害者更正相談所嘱託医兼務。2001 年飯田奨励賞 (日本義肢装具学会) 受賞。国際義肢装具協会 (International Society for Prosthetics and Orthotics) 日本支部副会長。日本義肢装具学会理事・評議員。日本整形外科学会専門医。日本リハビリテーション学会専門医。Member of International Society for Prosthetics and Orthotics. Member of the International Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology.

大庭潤平 (Junpei Oba)

1996 年熊本リハビリテーション学院卒業, 作業療法士。同年兵庫県立総合リハビリテーションセンター入職。2004 年神戸大学医学系研究科博士課程前期修了 (修士)。2005 年国際医療福祉大学リハビリテーション学部作業療法学科助手。専門分野は障害代償学・義肢装具 (義手) 福祉用具関連。E-mail: j-Oba@iuhw.ac.jp