

■ 総説

## 能動義手の現状と課題

### Literature review on current status and problems of functional upper-extremity prostheses

福井 信佳<sup>1)</sup> 谷合 義旦<sup>1)</sup> 永井 栄一<sup>1)</sup>

Nobuyoshi Fukui<sup>1)</sup> Yoshiaki Taniyai<sup>1)</sup> Eiichi Nagai<sup>1)</sup>

1) 関西福祉科学大学 保健医療学部  
〒582-0026 大阪府柏原市旭ヶ丘3-11-1  
Tel: 272-978-0088(代表) FAX:072-978-0377  
E-mail: fukui@fuksi-kagk-u.ac.jp

1) Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences  
3-11-1, Asahigaoka, Kashiwara-city, Osaka, Japan 582-0026  
TEL +81-72-978-0088 FAX:+81-72-978-0377  
E-mail: [fukui@fuksi-kagk-u.ac.jp](mailto:fukui@fuksi-kagk-u.ac.jp)

保健医療学雑誌 5(2): 83-94, 2014. 受付日 2014年5月16日 受理日 2014年7月2日

JAHS 5 (2): 83-94, 2014. Submitted May. 16, 2014. Accepted July. 2, 2014.

**ABSTRACT:** Study on control cable system for functional upper-extremity prostheses has been offering since the last 50 years. There has been a great discussion about functional upper-extremity prostheses in Japan. However, expert of prosthesis and orthosis cast doubts in how it will be used in the field of medical and vocational rehabilitation.

The purpose of this study was to investigate the current status and problems of functional upper-extremity prostheses. CiNii, Medical Online, and Ichushi Web were searched for key words upper-limb prostheses and functional upper-extremity, publications on the subject on and after August 8, 2013. In total, 109 articles were reviewed and analyzed.

It should be noted that numerous articles were found on functional in using pulley unit and comfort in using the adjustable axilla loop. However, we found that a dearth of information is available on design and lightweight of functional upper-extremity prostheses. In consequence, the rests from this review indicates that further study is necessary to functional upper-extremity prostheses.

**Key words:** functional upper-extremity prostheses, Literature review, amputation

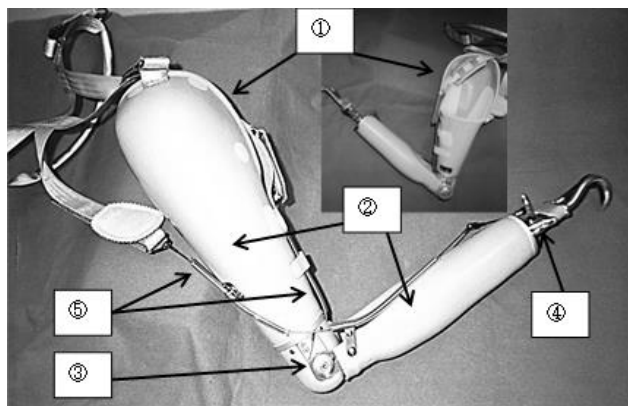
**要旨:** 能動義手のコントロールケーブルシステムが開発されてから50年が経過する。能動義手については長年にわたり議論されてきたが、多くの専門家は能動義手の使用状況には疑問を持っている。そこで本稿では、能動義手に関する調査、開発、研究等の進捗状況を先行研究からとらえ、その能動義手の現状と今後の課題について検討した。検討の手続きは、まず1960年から2012年までの間に公表されている論文を、メディカルオンライン、医学中央雑誌、CiNiiから、キーワード「義手」、「能動」で検索した(検索日は2013年8月8日)。その手続きによって抽出された131論文のうち、タイトル及び本論から能動義手に関係しないと判断した22論文を除き109論文を選出した。その結果注目されるべきは、能動義手におけるプーリーユニットの開発などに代表される機能性、調節式ハーネスなどに代表される装着感についての研究は行われているが、外観性、軽量性についての研究はほとんど行われていないことが明らかとなった。これらの点について能動義手のさらなる研究が必要である。

**キーワード:** 能動義手, レビュー, 切断

## はじめに

能動義手の構造は、断端を包み込む筒状のソケット，上腕及び前腕部に相当する幹部，肘関節及び手関節に相当する肘継手及び手継手，手部に相当する手先具，そしてそれらの部品を操作するために必要なハーネスとケーブルで構成されている（図 1）．実際の能動義手の操作は，肩甲帯に装着したハーネスが切断者の肩甲帯の動きを捉え，ケーブルを介して肘関節や手先具に伝達される仕組みになっており（図 2），この原理はすでに 1844 年に「バリーフ・ペーターセンの原理」として報告されている<sup>1)</sup>．その後，日本においては飛躍的に材料の進歩や部品の改良，バイオメカニクスによる分析技術の向上により，能動義手は上肢切断者の日常生活や仕事を行うこと，また余暇を楽しむこと等に使用されるようになってきたのである．

現在，能動義手のコントロールケーブルシステムが開発されて 50 年が経過しようとしている．そこで本稿では，これまでの能動義手に関する調査，開発，研究等を先行研究からとらえ，能動義手の現状と課題を明らかにし今後の対策について検討する．



①socket ②forearm section, arm section  
③elbow unit ④terminal device ⑤cable  
⑥harness

Figure 1 functional upper-extremity prosthesis

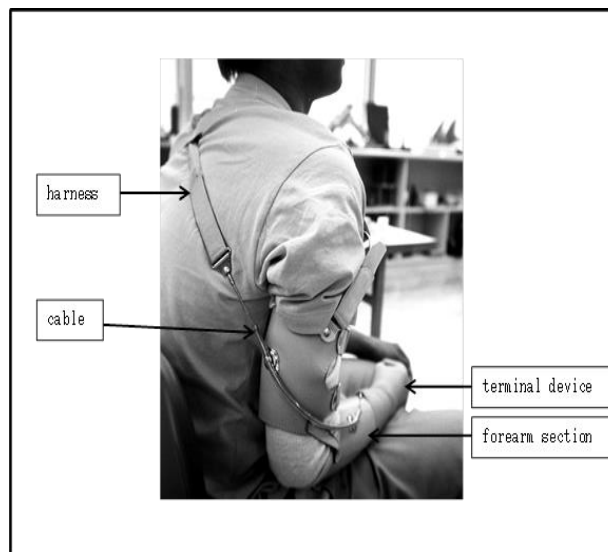


Figure 2 Fitting of functional upper-extremity prostheses with figure-of-eight harness

## 方法

調査の方法は，1960 年から 2012 年までの間に公表されている論文を対象とした．検索方法は，CiNii，メディカルオンライン，医学中央雑誌を WEB からキーワード「義手」，「能動」で検索した．検索日は 2013 年 8 月 8 日であった．その結果 131 論文が抽出され，その中からタイトル及び本論から能動義手に関係しないと判断した 22 論文を除く 109 論文を選出した．次にその 109 論文を，「領域別」，「年代別」，「研究法別」に分類した．領域別では，論文の内容やキーワードから「解説」，「疫学調査」，「開発・工夫」，「臨床応用」，「症例報告」，「その他」に分類した．「年代別」は 1960 年代，1970 年代，1980 年代，1980 年代，1990 年代，2000 年代，2010 年代に分類した．研究法別は領域別で分類した「解説」，「その他」を合わせて「総説」とし，「実態調査」と「臨床研究」を合わせて「量的研究」とし，「開発」，「症例報告」を合わせて「質的研究」とした．量的研究とは調査や実験のデータを数量化した研究方法であり，質的研究とは人の行動，感情，思考などを観察・記録し解釈する研究方法である．

## 結果

「総説」では、能動義手は、切断者のADL、仕事そして余暇を楽しむことに有用であるばかりでなく、筋電義手の適応を見極める上でも重要であることが報告され、近年においては、製作された義手全体から見た能動義手の処方割合は少ないが、能動義手の処方件数は増加傾向にあることが述べられている。

「量的研究」では、能動義手のケーブルコントロールシステムについて「プーリーユニット式」が報告され、従来のリフトレバー式の問題点を解決する画期的な開発がもたらされ、ケーブルコントロールシステムのケーブルの張力や耐久性について基礎研究が行われ臨床研究を通して実用化に至ったことが報告されている。また臨床研究では手先具のフックとハンドについてのそれぞれの特徴を明らかにする研究、筋電と能動義手の比較、また切断者自身の能動義手が身体に与える影響等について報告されている。

「質的研究」では、ADLの向上を目的に、能動義手の適応が困難とされてきた高位切断者に対してケーブルや継手に対する工夫が試みられている。また能動義手と筋電義手とを組み合わせたハイブリッド上腕義手の新たな試み、多肢切断者に対する検討が報告されている。

以上の研究を研究法別、年代別に分類してみると、研究法別では量的研究論文より質的研究論文の方が多数であった(図3)。その年代別結果を領域別と重ねてみると1980年代から2000年代に研究論文が集中している(表)。以上の結果について、領域別分類を中心に年代別、研究法別結果を踏まえて検討する。

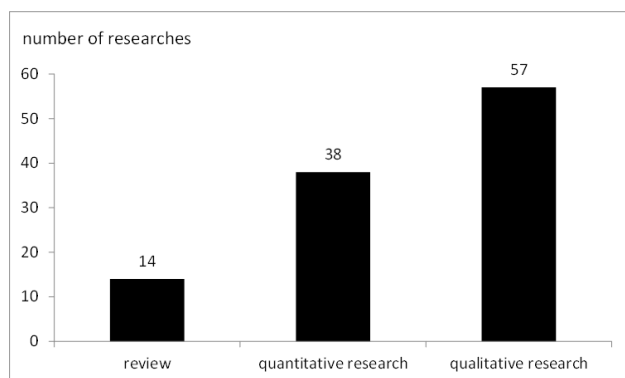


Figure 3 categorization of research method

Table 1 categorization of research themes and year

	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	2010s	total
review	0	1	1	0	6	1	9
epidemiologic research	0	0	2	12	2	0	16
development	1	0	8	2	6	2	19
clinical trial	0	0	5	7	9	1	22
case study	0	3	8	11	16	0	38
others	0	0	0	1	1	3	5
total	1	4	24	33	40	7	109

## 考察

### —解説—

近年、筋電義手の研究が積極的に進められるようになってきた。しかし大西<sup>2)</sup>は「能動義手が普及しないのは対象者にとってコントロールケーブルシステム操作のむずかしさという構造的な問題があるが、研究者側にはそうした課題を取り除く研究が義足に比べ極端に少ない」と指摘する。能動義手について十分な結論が得られないまま新たな義手である筋電義手の開発に手掛けても根付く環境がないと、能動義手をあきらめる前に知っておくべきことを述べている。さらに陳<sup>3,4)</sup>は、「上肢切断者を診る機会のある施設では、まず能動義手を提供すべきである」と述べている。その上で「義手適性の評価を行い、切断者のニーズに考慮した上で最終的な義手処方を判断すべきであり、こうした一連のリハビリテーションが根付かない限り上肢切断者のリハビリテーションは一步も先に進めないのではないかと指摘している。また山内<sup>5)</sup>は、「筋電義手の実用化が進められてもいっそう実用的な能動義手の進歩・普及が阻害されてはならない」と能動義手の必要性を報告している。吉村<sup>6)</sup>も、「最近の話題はもっぱら筋電義手であり、学会発表や掲載論文における能動義手の報告は非常に少ない」と述べ、能動義手の問題点を指摘しながら、それでも「能動義手を実用的に使用する対象者がいるのも事実である」と指摘し、今後の能動義手に対する継続したリハビリテーションの必要性を述べている。能動義手に対するリハビリテーションについては、この50年余りの間に能動義手の装着訓練<sup>7,8)</sup>、チェックアウト<sup>9)</sup>、評価・訓練<sup>10)</sup>といったリハビリテーションプログラムはすでに出来上がっていることが報告されている。

このように義手に対する研究は、能動義手から筋電義手へ移行しようとしている現状にあるものの能動義手は、切断者のADL、仕事そして余暇を楽しむことに有用であるばかりでなく、筋電義手の適応を見極める上でも重要である。つまり能動義手は筋電義手の登場とは無関係に今後も切断者のリハビリテーションプログラムに必要とされていることが示唆される。課題は、義足に比べ論文数が少ないことである。1960年から2012年までの50年余りの間に109論文であるので、単純計算では年間約2論文に過ぎない。今後は、義手に関するエビデンスを向上させるために特に量的研究の増加が期待される。

#### —疫学調査—

中島<sup>11)</sup>は1986年の製作された義手の総数3,456本と1996年に製作された義手の総数4,417本について、義手の実態調査を行っている。その調査によれば、型式では1986年には装飾義手が3,030本(87.7%)、作業義手が183本(5.4%)、能動義手が242本(7.0%)、筋電義手が1本(0%)であり、10年後の1996年には、装飾義手が3,831本(86.7%)、作業義手が180本(4.1%)、能動義手が398本(9.1%)、筋電義手が8本(0%)であった。このような型式については、装飾用義手が大部分を占め、能動義手はわずかに増加しているという結果が報告されている。中でも、能動フックは「不恰好である」「不気味である」「女性には適さない」といったような固定観念がいまだに専門職の間に根強く残っていると指摘している。能動義手の処方が少ないのは医療者側の義手に対する誤った捉え方があることも影響していると考えられる。その他、中島は1991年<sup>12)</sup>及び1989年<sup>13)</sup>に義手の交付状況についても言及している。

また、川村<sup>14)</sup>は、近畿地区の上肢切断者1,103人中の有効回答を得た427人に対して郵送アンケート調査を実施している。それによると、型式では装飾義手が334人(80%)、作業義手が46人(11%)、能動義手が86人(21%)、筋電義手が6人(1%)であり、処方される義手の大部分が装飾用義手であること、能動義手については、最近の10年間に限ってみると処方の割合が増加していると指摘している。さらに「能動義手は積極的な処方や啓発活動によって使用率は高くなる可能性がある」と報告している。同時に川村は、切断者

から見た義手への希望を調査しており、その結果、「軽量であること」、「外観が良いこと」、「手入れがしやすいこと」、「機能性が高いこと」、「汗をかいても蒸れないこと」等が報告されている。

小林<sup>15)</sup>も同様に能動義手について1973年から1994年までの22年間、神奈川リハビリテーション病院で処方された116例における調査を行っている。それによれば能動義手を製作した約半数が退院後6年経過した後も能動義手を使用し、使用範囲は食事、整容、更衣などの日常生活及び自動車運転、家事、仕事などの生活関連動作に及ぶことを報告している。その中で能動義手に関する満足感についても調査しており、外観性、機能性、装着感については切断部位が高くなるにしたがって満足感は低下する傾向にあることを報告している。このほか事業所などで行われている義手に関する処方、製作に関する調査も個別に行われており、多数存在する<sup>16-24)</sup>。また能動義手の処方に影響を及ぼす要因分析、効果判定に関する調査報告もある<sup>25,26)</sup>。

以上のことから、製作された義手全体から見た能動義手の処方割合は少ないが、能動義手の処方件数は増加傾向にあることが伺えるが、切断者からみた能動義手へのニーズとして、外観性、機能性、装着感、軽量化等の課題も明らかになっている。また能動義手の普及を妨げている要因として医療者側が、義手に対する誤った捉え方をしていることが明らかとなり、今後、切断のリハビリテーションに関わる専門家の卒前・卒後の教育が重要であると考えられる。また疫学調査は2000年代以降は少なく最近の動向は不明であり、定期的な疫学調査の実施が期待される。

#### —開発—

この分野に関する調査では、コントロールケーブルに関しては、「能動義手のパーツ及びコントロールケーブルシステムのハウジングとケーブルの持つ特性を解析し、Voluntary opening hand, Voluntary closing hand に使用しているバネ機構がハウジングとケーブルの間の摩擦を増加させ、義手のコントロール効率の低下に影響している」という報告がある<sup>27-30)</sup>。北山<sup>31,32)</sup>は肘継手にプリーユニットを用い、従来のリフトレバー式と比較して、肘の屈曲角度の増加に伴うケーブルの引き幅が少ないことを特徴とした新たな骨格構造

型の能動義手を開発し、この義手の特徴は機能性と外観性の両方が期待できると報告している。その他、小児の能動義手の開発に関し、少ない力でケーブルをけん引できるよう工夫した報告等がある<sup>33,34)</sup>。さらに、継手に関しては、能動肘継手の機構と操作性の関係の研究<sup>35)</sup>や肘のロック機構について、回旋機能を持たせる開発を行い、回旋機能を持たせることによって身体に対する手先の位置（身体に近く）を調節しやすくなる報告がある<sup>36)</sup>。また、ハーネスに関しては、ハーネスの腋窩ループが身体に与える圧迫感を軽減する目的で調節式腋窩ループを開発し、必要に応じて腋窩ループを緩めることによって圧迫感を低下させることが可能になった報告がある<sup>37-39)</sup>。その他、前腕切断者に対し、ハーネスをせず肘関節の運動を力源とした前腕能動義手制御システムを開発し<sup>40-42)</sup>、従来の肩関節による手先具の方向づけが容易になることや少ない筋活動量で手先具の操作が可能になることを検証した報告がある。また両上腕切断に対して、ハーネスの前方支持バンドと懸垂バンドを切り離し、回旋・懸垂補助バンドによって肩関節の可動域を制限しない工夫等も報告されている<sup>43)</sup>。

このほか、亀井<sup>44)</sup>は、「能動上腕義手は操作が簡単で、軽量、低下価格が求められる」として新たに能動義手を試作し、その義手についてRadocy<sup>45)</sup>が開発過程を報告している。

以上の調査結果から、能動義手のケーブルコントロールシステムについては、プーリーユニット式が開発され、従来のリフトレバー式の問題点を解決する画期的な開発がもたらされたことが示唆されている。継手に関しては一軸性だけでなく屈曲伸展機能に回旋機能を加えた肘継手が開発されており、また、ハーネスに関しては、8の字ハーネスの腋窩ループにかかる圧迫感を軽減し操作性、装着感を改善する研究や、ハーネスを用いない能動義手などが報告されている。しかしこの領域における研究課題としては、能動義手の外観性、軽量性に関する研究報告がきわめて少ないことがあげられよう。

#### —臨床応用—

コントロールケーブルについては標準規格を定めるための引っ張り試験と耐久性試験が行われており、ケーブルにかかる力の伝達効率を高め

るとともに耐久性を高める研究が必要であることが報告されている<sup>46)</sup>。またコントロールケーブルシステムの軌道を曲率および曲げ角を変化させた状態での実験があり<sup>47)</sup>、力の損失はケーブルの曲げ角に依存していることが報告されている。

また、義手の材料について、朝倉<sup>48,49)</sup>は、国内外の能動義手の手先具のフックについて機械的性質の分析を行い、「材質的には外国製品と劣らない金属部品の開発・改良が可能である」ことを報告している。さらに手先具については、北山<sup>50)</sup>による手先具の耐久試験が実施されている。その他、大塚<sup>51-55)</sup>は、能動義肢ハンドの開発に先立ち、市販品の能動ハンドの力学的検討、動作解析を行い、その結果、「ハンドは細かい運動に不適合であること、ハンドの母指の外転は橈側と掌側に必要である」ことを確認し、母指が斜め方向に開く随意開き閉じ式ハンドの存在を、また、塚本<sup>56)</sup>は「能動ハンドはフックに比べ外観に優れるが、機能的にはフックに劣ることに対する不満があり、切断者のあきらめが先に立つと使われなくなる」ことが報告されている。さらに八幡<sup>57)</sup>は、能動フックと能動ハンドの比較を検証し、能動ハンドは①作業内容が15mm程度の対象物に適している、②体幹及び上肢の筋力が強い者に適している、③外観を重視する、④手先具の強度を必要としないことに特徴があること等を報告している。この他にも、手先具の問題点を指摘する報告<sup>58,59)</sup>や、能動ハンドを工夫する報告がある<sup>60,61)</sup>。

一方、切断者の身体能力について妹尾<sup>62-64)</sup>は、義手非装着側の腋窩の痛みと身体疲労の要因を検討するため上腕能動義手の手先具操作時の筋活動量と酸素摂取量及び自覚的身体疲労度を検証している。その結果、切断者の身体疲労は、切断側肩関節周囲筋の筋力低下の影響が示唆され、義手非装着側の腋窩の痛みは前鋸筋と大胸筋の作用によるハーネスの圧迫が要因であることを報告している。また、能動義手と筋電義手の動作の比較では、筋電義手には能動義手にみられる不自然な姿勢や動作、肩こりや疲労といった問題点を改善できるとした報告があり<sup>65)</sup>。同様の研究として、片側前腕切断における筋電義手と能動義手の作業能力の差を検証した報告や、能動義手の習熟度の研究<sup>66)</sup>、両手を用いたADLを能動義手と筋電義手において比較検討した調査結果等の報告がある<sup>67)</sup>。

以上のことから、臨床応用領域においては、①ケーブルコントロールシステムのケーブルの張力や耐久性について基礎研究が行われ、臨床応用を通して実用化に至ったこと、②手先具のフックとハンドについてのそれぞれの特徴を明らかにする研究、③筋電と能動義手の比較検討、④切断者自身の能動義手が身体に与える影響等について報告されている。また、この研究領域における課題としては、能動義手の部品に対する検証や切断者の身体機能への影響を述べる研究はみられるが、能動義手が切断者の姿勢や ADL に及ぼす影響といった定量的な研究が少ないことである。

#### 一症例報告一

この領域においては、「肩甲胸郭間切断用能動義手に対して、コントロールケーブルシステムの内にテコを用いた能動義手を開発し、手先具の開大率の増加をもたらす机上両手動作が実用的になった」との報告や<sup>68)</sup>、同様に肩甲胸郭間切断にプーリーユニット式を導入して日常生活が可能になった症例等の報告がある<sup>69,70)</sup>。また、フォークォーター切断に対しケーブルのたるみを極力少なくした肘プーリーユニットを工夫し、実用性について日常生活レベルにおける有効性を検討している症例報告がある<sup>71,72)</sup>。継手については、①断端が短い不良断端の前腕切断者に対する能動義手を操作する力源不足を筋電義手に変更した事例、②作業義手の手先具を工夫した事例、③断端駆動ロック継手を導入した事例等が報告されている<sup>73-76)</sup>。また、中村<sup>77)</sup>は、肩離断用能動義手の肩継手に肘ブロック継手を用い、手継手に屈曲式手継手と迅速交換式を用いることによって肩継手の固定と手先具の位置決めの自由度が拡大し ADL が容易になった症例を報告している。大庭<sup>78)</sup>は、両側上腕切断者に対して、前腕幹部の湾曲、屈曲用手継手、クロスバックを取り付けるなどの工夫を行い ADL の向上が図られた症例や、能動上腕義手の肘継手を電動式に改良し、実用化に向けた手掛かりを得た症例を報告している<sup>79-82)</sup>。

症例報告では一側切断報告はほとんどなく多肢切断及び重複障害例がその多くを占めていたことと、両上肢切断に対する義手や自助具を考慮した ADL の自立に関する症例報告があった<sup>83-87)</sup>。また、下肢を含む場合では、三肢切断者<sup>88,89)</sup>四肢

切断者<sup>90-95)</sup>について義手や義足を用いた ADL 自立に向けた試みが、四肢切断者については義肢を用いない ADL の指導の症例報告があった。他方、重複障害に関して山下<sup>96)</sup>らは、右前腕切断に左片麻痺と高次脳機能障害を合併した一例に対するリハビリテーションを実施し、義手によって食事、歯磨きの動作の自立だけでなく書字動作の獲得など ADL の向上につながった症例が報告されている。このほかにも多肢切断者のリハビリテーションの実践、ADL 訓練を紹介する症例報告があった<sup>97,98)</sup>。

訓練効果に関する検討では、塚本<sup>99,100)</sup>は、「義手の感覚訓練は切断者による特殊な代償訓練ではなく通常の日常に我々が行っている行為の応用であり、幻肢の活用は義肢の訓練に有用である」と報告している。また、諸富<sup>101)</sup>は、右上下肢切断に左片麻痺を合併した症例の歩行機能獲得について 4 か月間の訓練を行い、後方介助にて歩行が可能になった経過を報告している。福井らは<sup>102)</sup>、能動義手の 8 字ハーネスに、プラスチックバックルによる調節式腋窩ループを右上腕切断者に応用し、いったん健側による ADL が自立した後でも、義手の装着時間を増やすことができ義手を装着した ADL が再獲得できた症例を報告している。

以上のことから症例報告では、ADL の向上を目的に、①能動義手の適応が困難とされてきた高位切断者に対してケーブルや継手に対する工夫の試みや、②能動義手と筋電義手とを組み合わせたハイブリッド上腕義手の新たな試み、③多肢切断者に対する検討等が報告されている。このほか ADL の自立、復職に向けた事例が報告<sup>103-105)</sup>されている。

症例報告の特徴としては、1990 年代と 2000 年代に偏りなく報告されている。また、この領域において質的研究が多数であるのは、この間に実態調査や臨床研究と比較して、積極的に症例報告が行われていたことが影響していたと考えられた。一方、課題としては、多くの症例報告が調査時の横断的研究であり、今後症例の追跡調査が実施されることが期待される。

## —その他—

模擬能動義手が作業療法の学生教育において有効であることが報告されている<sup>106-110)</sup>。例えば、作業療学科の学生に対して模擬前腕義手を製作し、学内の実習において義手の適合判定、義手の操作体験を行い卒前教育に有用であることを報告したものがあ

## 今後の課題

以上のようにレビューを通して明らかとなった能動義手の現状と課題に対して、海外の報告を踏まえ今後の対策を検討しまとめとする。

第一は、切断者から見た能動義手へのニーズとして、外観性、機能性、装着感、軽量化などに課題が指摘されている。これに対してプーリーユニット方式の開発による機能性の向上、ハーネスの改良による義手の装着感の改善についての報告はあるが、外観性および軽量性についてはほとんど研究報告がみられなかった。この点について Atkins<sup>111)</sup>は、短期的に解決が期待されるのは、耐久性のあるケーブル、装着感の良いハーネス、コスメリックグローブの改良であり、長期的課題は手関節の動きが困難であること、及び外観性と操作性の改善であると述べている。この指摘からも、国内外を通じて能動義手に対する外観性や軽量性は解決困難な課題であることが伺える。筆者らは、現在の殻構造の能動義手では解決困難な課題と推察し、既存の骨格構造型で軽量性、外観の良い能動義手を製作すること、及び新たな部品・材料の開発による研究が必要であると考えた。

第二は、海外の報告では追跡調査報告があるが<sup>112,113)</sup>、国内では調査時の実態を報告するものが多数であり追跡調査は少数であり、疫学的調査についても 2000 年以降には実施されていない。これらの課題の背景には、もとより能動義手は処方される件数が少ないこと、能動義手を扱う医療機関や義肢製作所が限られている点があると推察されるが、能動義手に対するユーザーのニーズ等を把握する上においても、今後、追跡調査、疫学調査の実施が期待される。

第三は、能動義手の分析について、国内より海外の方が詳細に述べられていた。基本的には切断者の義手に対する関心があることが重要であるが<sup>114)</sup>、能動義手の課題は装着すると暑い、服が擦れる、ケーブルの摩耗、外観が良くない、ハー

ネスの装着感が悪いなどの指摘がある<sup>115,116)</sup>一方、手先具に関して Biddiss<sup>117)</sup>らは能動ハンドかフックかによって能動義手の受け入れが異なると指摘している。一般的に手先具は能動ハンドの方が受け入れが悪い。その理由は、能動ハンドは動きが遅く扱いにくい、手入れがしにくい、メンテナンスが困難、重量が重い、出力が不十分で操作にエネルギーを要する等である。それに対して、フックは機能的で丈夫であり、軽量で操作が容易であると指摘されている<sup>118,119)</sup>。今後、国内においても、こうした詳細な分析が必要であり、その上でユーザーである切断者に対して能動義手の適応について判断すべきであると考えられる。

## おわりに

以上の研究結果から、能動義手は、今後、いっそう軽量で外観性の良いものが求められており、製作者、研究者等は、この課題に正面から答える必要がある。このことは能動義手のユーザーを増加させることにつながり、上肢切断者の自宅復帰、職業復帰、そして余暇を楽しむこと等に活用されると思われる。

また冒頭において、最近では新たな義手である筋電義手の開発が進められ、上肢切断者に対する義手の研究は能動義手から筋電義手へ移行しつつあることを述べた。しかし本稿において、能動義手は能動義手そのものを必要としている切断者だけでなく、あらゆる上肢切断者の義手の適性を評価するためにも用いられており、筋電義手登場の有無に関わらず切断者のリハビリテーションプログラムに必要とされていることが示唆された。

また能動義手については、医療者側のマイナスイメージが普及を妨げていることの指摘がある。これについては切断者のリハビリテーションに対する卒前及び卒後教育の内容改善をいっそう進めなければならないと考えられた。

## 文献

- 1) 武智秀夫：義肢装具とリハビリテーションの思想. 創造出版, 1995.
- 2) 大西謙吾：能動上腕義手をあきらめる前に知っておくべきこと. 福祉工学シンポジウム講演会論文集 95-96, 2007.
- 3) 陳 隆明：義手の可能性—従来の義手と筋電義手—. 日本リハビリテーション医学会教育講演 47:33-41, 2010.
- 4) 陳 隆明：上肢切断のリハビリテーションの今後. 日本義肢装具学会誌 20(1):37-41, 2004.
- 5) 山内裕雄：義手について—能動義手を中心として—. 整形外科 29(13):1213-1216, 1978.
- 6) 吉村 理, 組地秀幸, 大坪政文：能動義手のリハビリテーション—実用性—. 日本義肢装具学会誌 23(3):189-193, 2007.
- 7) 中島咲哉, 北山一郎, 谷合義旦・他：訓練用仮義手装着の手技について. リハビリテーション医学 21:319-320, 1984.
- 8) 陳 隆明：義手. Journal of clinical rehabilitation 13(11):968-973, 2004.
- 9) 高橋功次：能動義手の仕組みと製作・適合時のチェックポイント. 日本義肢装具学会誌 23(3):200-205, 2007.
- 10) 深澤喜啓, 中村春基, 柴田八衣子・他：義手装着訓練の実際. 日本義肢装具学会誌 20(1):16-21, 2004.
- 11) 中島咲哉, 古川 宏：義手の処方・製作状況から見た実態—10年間で何が変わったか—. 日本義肢装具学会誌 15(4):349-353, 1999.
- 12) 中島咲哉, 北山一郎, 中川昭夫・他：兵庫県における四肢切断者の実態調査2. リハビリテーション医学 28:951, 1991.
- 13) 中島咲哉, 北山一郎, 澤村誠志・他：上肢切断者のリハビリテーションと義手交付の実態に関する考察. リハビリテーション医学 26:443, 1989.
- 14) 川村次郎, 福井信佳, 中川正己・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—. リハビリテーション医学 36:384-389, 1999.
- 15) 小林一成, 米本恭三, 大橋正洋・他：片側上肢切断に対する能動義手処方結果の検討. 総合リハ 23(11):985-991, 1995.
- 16) 丸野紀子, 豊岡志保, 中村ひろみ・他：上肢切断者の能動義手の使用状況. 日本リハビリテーション医学会学術集会一般演題抄録 34(11):828-829, 1997.
- 17) 丸野紀子, 三上真弘：上肢切断者の予後. リハビリテーション医学 29:1075, 1992.
- 18) 佐古めぐみ, 成田寛志, 横串算敏・他：北海道における上肢義肢の装着状況に関する調査. リハビリテーション医学 32:873, 1995.
- 19) 橋本圭司, 大橋正洋, 渡邊 修・他：当院における義手処方の実態調査. リハビリテーション医学 38:5372, 2001.
- 20) 平井正才, 徳弘昭博, 古澤一成・他：義手の更新状況. リハビリテーション医学 37:790, 2000.
- 21) 平井正才, 徳弘昭博, 濱浪一則・他：片側上肢切断者の就労状況. リハビリテーション医学 36:916, 1999.
- 22) 中島咲哉：義手処方の実際. リハビリテーション医学 30:23-27, 1993.
- 23) 桂 律也, 佐鹿博信, 立岩邦彦：神奈川県における厚生年金義肢・装具の現状. リハビリテーション医学 27:591, 1990.
- 24) 相川孝訓, 数藤康雄, 初山泰弘：上肢切断者の義手に関する実態調査結果について. リハビリテーション医学 26:442, 1989.
- 25) 大西正徳, 水落和也, 安藤徳彦：救命救急センターと連携した早期義手装着訓練の効果. リハビリテーション医学 35:779, 1998.
- 26) 安江留理子, 坪田貞子, 成田寛志・他：14北海道の切断者における義手の装着状況に影響を及ぼす因子. 北海道リハビリテーション学会誌 24:92, 1996.
- 27) 首藤 貴：能動義手の力学的分析と Voluntary opening and Voluntary closing hand(V. O. C. Hand)の開発. リハビリテーション医学 18(6):335-345, 1981.
- 28) 大塚 彰, 赤松 満, 首藤 貴：on-off スイッチ制御電動義手, V. O. C. Hand 能動義手及びミニコンピューター制御全腕電子義手装着訓練の実際. 社団法人日本理学療法士協会機関紙 8:128, 1981.
- 29) 大塚 彰, 赤松 満, 首藤 貴：私共が開発した Voluntary opening and Voluntary closing hand を用いた両側アメリーに対する



- 能動義手. 臨床理学療法 7(2), 122-123, 1980.
- 30) 大塚 彰, 金井秀作, 沖 貞明・他: より装飾性と機能性を目指した前腕体内力源能動義手の開発. 日本リハビリテーション医学会会誌 45:201, 2008.
- 31) 北山一郎, 雨森邦夫, 幸 幹夫・他: 能動義手の効率改善に関する研究. 日本義肢装具学会誌 9(2):216-221, 1993.
- 32) 北山一郎, 中島咲哉, 澤村誠志・他: 能動義手の機能改良の研究. リハビリテーション医学会誌 26(6):460, 1989.
- 33) 東嶋美佐子, 古米幸好, 林 和弘・他: 幼児用能動義手(機能手)の工夫. 日本義肢装具学会誌 5:129-130, 1989.
- 34) 河村 洋: 小児用能動ハンドの試作. 日本義肢装具学会誌 3:159-160, 1987.
- 35) 青山 孝: 能動肘継手の機構と操作性の関係. リハビリテーション医学 19:377-378, 1982.
- 36) 伊勢勝英, 河村 洋, 福田陽子: 両上腕義手の改良(第2報)一回旋ロック機構付き能動肘継手の試作一. 日本義肢装具学会誌 5:117-118, 1989.
- 37) 福井信佳, 平林伸治, 橋本 寛・他: 調節式腋窩ループによる能動義手ハーネスへの工夫とその効果. 作業療法 27(2):138-147, 2008.
- 38) 福井信佳, 平林伸治, 橋本 寛・他: 8の字ハーネスの改良. 日本作業療法学会抄録集 43:120, 2009.
- 39) 橋本 寛: 能動式義手のハーネスの改良. PO アカデミージャーナル 16:194-195, 2008.
- 40) 妹尾勝利, 小林隆司: 肘関節運動を力源とした前腕能動義手制御システムの開発(第1報). 日本義肢装具学会誌 25(4):216-220, 2009.
- 41) 妹尾勝利, 小林隆司: 肘関節運動を力源とした前腕能動義手制御システムの開発(第2報)一体験用能動前腕義手における筋電図分析と酸素摂取量の検討一. 日本義肢装具学会誌 26(4):252-259, 2010.
- 42) 妹尾勝利, 小林隆司, 石原 健・他: 肘関節運動を力源とした前腕能動義手制御システムの開発(第2報)一事例による肘システム義手と手先具操作について一. 日本義肢装具学会誌 27(3):174-177, 2011.
- 43) 東江由紀夫, 有菌洋一, 渋谷英紀: 当センターで製作している両上腕能動義手ハーネスの問題点と改善. 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要 15:95-99, 1994.
- 44) 亀井伊勢松: 試作上腕能動式義手について. 整形外科 :915-919, 1960.
- 45) Radocy B Robert: 30年の義肢開発. 日本義肢装具学会誌 23(3):205-209, 2007.
- 46) 鈴木祥生: 能動義手コントロールケーブルシステムの標準化研究. 日本義肢装具研究会会報 24:65-76, 1983.
- 47) 渡邊昂弘, 大西謙吾, 今戸啓二: 体内力源型能動義手ケーブル駆動システムの力学に基づく調査法のための基礎実験. バイオフロンティア講演会講演論文集 18:133-134, 2007.
- 48) 朝倉健太郎: 国産能動義手の現状と機能向上(上)一国産品と輸入品の金属材料的比較一. 金属 50(4):59-62, 1980.
- 49) 朝倉健太郎: 国産能動義手の現状と機能向上(下)一破損原因の究明と技術的改良のための提言一. 金属 50(5):53-57, 1980.
- 50) 北山一郎: 能動手先具の耐久試験. リハビリテーション医学 19:377, 1982.
- 51) 大塚 彰, 金井秀作, 小野武也・他: より装飾性を目指した能動義肢ハンドの開発. The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 45(2):130, 2008.
- 52) 大塚 彰, 辻 敏夫, 塩川満久・他: 体内力源能動義肢ハンドの開発. 日本義肢装具学会誌 15(4):322-339, 1999.
- 53) 大塚 彰, 塩川満久, 清水ミッシェル・アイズマン: 人間工学的体内力源能動義肢手部の開発・研究, 広島県立保健福祉短大紀要 3(1):49-55, 1997.
- 54) 大塚 彰, 辻 敏夫, 福田 修・他: ヒトの運動解析に基づく義手に関する研究一能動・装飾ハンドの開発一. 医器学 72(5):220-227, 2002.
- 55) 大塚 彰, 辻 敏夫, 福田 修・他: ヒトの運動解析に基づく義手に関する研究一能動・装飾ハンドの開発一. 医器学 73(4):156, 2003.
- 56) 塚本芳久, 山田真澄: 能動義手における能動ハンドの問題点. Journal of clinical rehabilitation 6(1):108-110, 1997.
- 57) 八幡済彦, 中西文彦, 渡部欣忍・他: 能動フックと能動ハンドにおける作業速度の比較.

- 日本義肢装具学会誌 13:210-211, 1997.
- 58) 中島咲哉, 北山一郎, 澤村誠志: 義手における手先具の問題点. リハビリテーション医学 20:317, 1983.
- 59) 北山一郎, 中島咲哉, 澤村誠志・他: 義手手先具の研究. リハビリテーション医学 27:651-652, 1990.
- 60) 山田真澄, 塚本芳久: 能動義手における能動ハンドの問題点. 作業療法 16:77, 1997.
- 61) 塚本芳久: 能動義手における能動ハンドの問題点とその修正. 日本職業・災害医学会誌 44(12):755-758, 1996.
- 62) 妹尾勝利, 西本哲也, 石浦佑一・他: 上腕能動義手の手先具操作時における筋活動と酸素摂取に関する研究. 川崎医療福祉学会誌 15(1):217-226, 2005.
- 63) 妹尾勝利, 西本哲也, 石浦佑一・他: 上腕能動義手の手先具操作時における筋活動と酸素摂取に関する研究. 川崎医療福祉学会誌 16(2):389, 2007.
- 64) 妹尾勝利, 西本哲也, 東嶋美佐子: 酸素摂取に対する模擬能動義手の影響: 健常者による模擬能動義手の操作. 川崎医療福祉学会誌 10(2):417-421, 2000.
- 65) 森田千晶: 能動義手と筋電義手の違い. 日本作業療法学会誌 34:243, 2000.
- 66) 巻幡優希, 土屋景子, 金山祐里・他: 能動義手の基本操作練習過程における習熟度の変化. 日本作業療法学会抄録集 44:115, 2010.
- 67) 大庭潤平, 陳 隆明, 中村春基・他: 片側前腕切断者における筋電義手と能動義手の作業能力の比較—両手を用いた ADL と心理的影響について—. 総合リハ 34(7):673-679, 2006.
- 68) 妹尾勝利, 石井雅之, 石原 健: 肩甲胸郭間関節用能動義手における新しい試み. 日本義肢装具学会誌 17(2):139-143, 2001.
- 69) 中島咲哉, 北山一郎, 澤村誠志・他: 能動義手操作性改善策—肩甲胸郭間切断 (フォークオーター切断) 用能動義手への試み—. リハビリテーション医学会誌 25(6):439-440, 1988.
- 70) 中島咲哉, 北山一郎, 松田美穂・他: 高位上肢切断における能動義手の操作性改善の試み. リハビリテーション医学会誌 22(5):271, 1985.
- 71) 松田美穂, 谷合義旦, 北山一郎・他: フォークオーター切断及び肩離断用能動義手の実用性. 日本義肢装具学会誌 4(1):17-21, 1988.
- 72) 宇田川淳子, 鴻井建三, 坂本里佳・他: 義手装着訓練により非利き手側の能動肩義手を実用化した症例. 日本作業療法学会抄録集 41:145, 2007.
- 73) 長尾竜郎, 浦田 敦, 森田忠浩・他: 義手適合困難であった前腕切断について. 日本義肢装具学会誌 19(3):233-237, 2003.
- 74) 加藤 剛, 長尾竜郎, 北原 宏・他: 能動義手/断端駆動ロック肘 (Robin-Aids) 処方方が効果的であった前腕不良短断端の 2 症例. リハビリテーション医学 40(7):457-460, 2003.
- 75) 加藤 剛, 長尾竜郎, 北村純一・他: 前腕不良短断端のための能動義手/断端駆動ロック肘 (Robin-Aids) 処方について. リハビリテーション医学会誌 39:287, 2002.
- 76) 加藤 剛, 長尾竜郎, 北村純一・他: 前腕不良短断端のための能動義手—断端駆動ロック肘 (Robin-Aids) 処方例について—. リハビリテーション医学会誌 39:287, 2002.
- 77) 中村春基, 陳 隆明, 田中真弓・他: 肩離断用能動義手の肩継手に肘ブロック継手を用いた症例の報告. 作業療法 17:56, 1998.
- 78) 大庭潤平, 柴田八子, 塚原正志・他: 両側上腕切断者に対する能動義手の工夫. 作業療法 18:372, 1999.
- 79) 川村次郎, 早石雅宥, 林 義孝・他: 電動肘継手つき上腕能動義手. 日本リハビリテーション医学会誌 7(4):275-276, 1970.
- 80) 早石雅宥, 川村次郎, 七川欽次・他: 電動肘継手つき上腕能動義手. 日本リハビリテーション医学会誌 7(4):250, 1970.
- 81) 川村次郎, 早石雅宥, 林 義孝・他: 電動肘継手つき上腕能動義手. 整形外科 21(10):834-836, 1970.
- 82) 大塚 彰, 首藤 貴: ハイブリッド方式能動義肢の開発[1]—特に, 能動手部の人間工学的検討—. 日本リハビリテーション医学会誌 32(12):963-964, 1995.
- 83) 高橋功次: 実生活における義手の使用報告. 日本義肢装具学会誌, 23(3):210-219, 2007.
- 84) 大橋正洋, 郭 健錫, 青木重陽・他: 19 年経過した両上腕切断者の右上腕義手操作能力お

- よびADL. 総合リハ 35(3):275-280, 2007.
- 85) 吉村 理, 林 克二, 長谷好記・他: 両前腕切断例の検討. リハビリテーション医学 22:270, 1985.
- 86) 福田陽子, 中嶋富美子, 伊勢勝英・他: 両上腕義手装着者の上肢機能と下肢機能およびADLについて. 作業療法 6:140, 1987.
- 87) 藤井園子, 白石英樹, 宗重 博・他: 一側前腕切断と対側手指機能を喪失した男児. 作業療法 16:375, 1997.
- 88) 稲垣利重子, 澤田小夜子: 三肢切断児の一症例—2歳から小学校入学まで—. 作業療法 10(2):132-138, 1991.
- 89) 大川義照: 三肢切断のリハビリテーション経験. リハビリテーション医学 24:390, 1987.
- 90) 青木昌弘: 電撃性紫斑病による四肢切断患者のリハビリテーション. 総合リハ 25(1):69-73, 2007.
- 91) 青木主税, 遠藤文雄, 古川 宏: 先天性小児四肢(両上腕, 両大腿)切断児の3才10ヶ月までの成長記録. 臨床理学療法 8(2):90, 1981.
- 92) 宮下有紀子: 高齢の四肢切断の一例. リハビリテーション医学 41(2):120, 2004.
- 93) 森本隆浩, 榎 勇人, 野村卓生・他: 突如四肢切断となった若年症例に対する作業療法経験—術直後から3か月間の経過を通して学んだこと—. 作業療法 23:153, 2004.
- 94) 大熊るり, 藤島一郎, 水口 文・他: 熱傷による四肢切断の一例. リハビリテーション医学 37:1050, 2000.
- 95) 荒田 薫, 松嶋康之, 内田真紀子・他: 両上下肢切断の一例. リハビリテーション医学 34:634-635, 1997.
- 96) 山下愛茜, 水間正澄: 右前腕切断に左片麻痺と高次脳機能障害を合併した一例に対するリハビリテーション. 昭和医会誌 68(5):296-300, 2008.
- 97) 神沢信行, 谷合義旦, 大喜多潤・他: 多肢切断者の日常生活動作記録. 臨床理学療法 8(2):92, 1981.
- 98) 水落和也, 鄭 健錫, 大橋正洋・他: 多肢切断のリハビリテーション. リハビリテーション医学 27:588, 1990.
- 99) 塚本芳久, 山田真澄, 若松 剛・他: 能動義手装着訓練にける幻肢を用いた感覚訓練の実験. Journal of clinical rehabilitation 6(4):417-420, 1997.
- 100) 塚本芳久: 上肢切断者における幻肢のマネージメント. リハビリテーション医学 33:939-940, 1996.
- 101) 諸富伸夫, 水間正澄, 川手信行・他: 右上下肢切断に左片麻痺を合併した症例のリハビリテーションの経験. 総合リハ 33(8):771-774, 2005.
- 102) 福井信佳, 大澤 傑, 橋本 寛: ADLを考慮した能動義手の訓練方法. 日本義肢装具学会誌 23(3):194-199, 2007.
- 103) 麻生智洋, 中馬孝容, 奥田智紀・他: 在宅が可能となった重度熱傷の一例. リハビリテーション医学 35:702-703, 1998.
- 104) 村上公照, 五十嵐新吾, 大塚 文・他: 上腕切断者の職場復帰の連携と取り組み—シヨベルオペレーターの事例より—. 日本作業療法学会抄録集 42:241, 2008.
- 105) 丸野紀子, 栢森良二, 三上真弘: 合併症を伴った外傷性上腕切断の一例. リハビリテーション医学 33:869, 1996.
- 106) 吉野智佳子, 木之瀬 隆, 引地雄一: 作業療法養成校における実習用前腕能動仮義手製作に関する報告. 日本義肢装具学会誌 27(3):178-180, 2011.
- 107) 吉野智佳子, 木之瀬 隆, 引地雄一: 実習用前腕能動仮義手製作に関する教育について. 日本作業療法研究学会雑誌 14(2):41-46, 2012.
- 108) 引地雄一, 木之瀬 隆: 体験用前腕能動義手の製作. PO アカデミージャーナル 16:192-193, 2008.
- 109) 木之瀬隆, 栗原トヨ子, 寺山久美子: 義手のシュミレーション授業. 作業療法 17:68, 1998.
- 110) 妹尾勝利, 小林隆司, 今村次男・他: 体験用能動義手の紹介と教育効果. 日本作業療法学会抄録集 44:874, 2010.
- 111) Atkins D, Heard D, Donovan W: Epidemiologic overview of individuals with upper-limb loss and their reported research priorities. J Prosthet Orthot 8:2-11, 1996.

- 112) Gordon EJ, Dibble E: "Above elbow amputees" use their prostheses? J Int Coll Surg 35:506-513, 1961.
- 113) Durance JP, O' Shea BJ: Upper limb amputees: a clinic profile, Int Disable Studies 10: 68-72, 1989.
- 114) Cupo ME, Sheredos SJ: Clinical evaluation of a new, above-elbow, body-powered prosthetic arm: A final report. J Rehabil Res Develop 35:431-446, 1998.
- 115) Bhaskaranand K, Bhat AK, Acharya KN: Prosthetic rehabilitation in traumatic upper limb amputees (an Indian perspective). Arch Orthop Trauma Surg 123:363-366, 2003.
- 116) Dudkiewicz I, Gabrielov R, Seiv-Ner I. et al: Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees. Disabil Rehabil 26: 60-63, 2004.
- 117) Biddiss EA, Chau TT : Upper limb prosthesis and abandonment: A survey of the last 25 years. Prosthet Orthot Int 31(3):236-257, 2007.
- 118) Millstein SG, Heger H, Hunter GA: Prosthetic use in adult upper limb amputees: A comparison of the body powered and electrically powered prostheses. Prosthet Orthot Int 10(1):27-34, 1986.
- 119) Kejlaa GH: Consumer concerns and the functional values of prostheses to upper limb amputees. Prosthet Orthot Int 17(3):157-163, 1993.