

# 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 —

妹尾勝利\*<sup>1</sup> 西本哲也\*<sup>1</sup> 東嶋美佐子\*<sup>1</sup>

### はじめに

義手とは、欠損した上肢を補うものである。機能上からは装飾用義手・能動義手（体内力源義手）・作業用義手・動力義手（体外力源義手）に分類される。その中能動義手とは、健側上肢帯や切断側の残存上肢帯あるいは体幹の動きをハーネスによって取り出し、コントロールケーブルシステムを介して、肘継手の運動と手先具の開閉を随意的に操作できる義手<sup>1)</sup>である。従って、上肢切断者が能動義手を使用するにあたっては、非義手装着の上肢と比較して、いくらかの運動負荷が加わると推測できる。

実際の作業療法（以下、OT）場面では、特に、能動義手の導入時に、上肢切断者が疲労を訴えることが多く、そして、能動義手の操作に熟練していくことで、これらの訴えは減少することを経験している。しかし一方では、能動義手の操作に熟練しても、疲労を訴え続ける者も経験している。我々作業療法士は、能動義手を使用することによって、どの程度の運動負荷が加わるのか、そして、時間的経過によってそれがどのように変化していくのかを知ることによって、能動義手の導入をより容易に進めることができるかと考える。

今回は第一報として、模擬能動義手を作製し、健常者を対象に、左上肢による非義手装着動作と義手装着動作における運動負荷量を計測し、能動義手の使用が上肢切断者に与える影響を分析した。

### 対 象

対象は、循環器系及び神経系、運動器系に障害のない成人7名（男性3名・女性4名、年齢 $22.8 \pm 3.7$ 歳、身長 $162.3 \pm 2.1$ cm、体重 $53.1 \pm 6.4$ kg重）とした。

### 能動義手と模擬能動義手

#### 1. 能動義手（上腕）

能動義手は、切断高位により肩義手・上腕義手・

肘義手・前腕義手・手義手・手部義手に分類される。肘義手は、機能的には上腕義手と同じであるが、断端長から、肘継手に能動肘蝶番継手を用いる。このように義手の各部品は、切断高位により決定されるものもある。図1に上腕義手の構造と名称<sup>2)</sup>を示した。手先具(①)は、把持機能を有する。幹部は、ソケットと継手を連結して手先具の位置決めを行い、その把持機能を持たせる。継手(②, ④)は、肘関節及び手関節の機能を再現する。ソケット(⑤)は、断端を収納し、断端と義手を連結する。肘コントロールケーブル(⑥)は、肘継手の固定と解除を行う。ハーネス(⑦)は、義手を懸垂支持し、手先具の開閉、肘のコントロールなどケーブルシステム(⑧~⑬)の力源を取り出す。

義手の操作は、主に切断側の残存機能（肩甲帯と肩関節）を用いて行う。まず、切断側の肩甲骨外転と肩関節屈曲により肘継手を屈曲させ、屈曲角度を維持しながら同側の肩甲骨下制と肩関節伸展により肘継手を固定する。肘継手が固定された段階で、肘継手を屈曲させると同様の動作により、手先具の開大が可能となる。

#### 2. 模擬能動義手

作製した模擬体験義手を図2に示す。肘継手から手先具固定部まで(a)は、訓練用仮義手の肘関節離断用（啓愛義肢社製）を使用した。上腕部との固定(b)には、オルフィットソフト8334S03（パシフィックサプライ株式会社製）を使用し、各対象者の上腕部に適合するようベルクロ<sup>®</sup>で調節可能にした。ハーネス及び外側バンド(c)は、NON-ELASTIC WEBBING 1" X 25 YDS（Smith & Nephew社製）を使用し、これも各対象者に適合するよう調節可能にした。手先具(d)は、ホスマー社製能動フック555（以下、フック）を用い、力源ゴムを2枚にした。また、模擬能動義手を操作する上で、肘関節の代償を防ぐために、上腕部の固定部後面を延長(e)

\*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科  
（連絡先）妹尾勝利 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

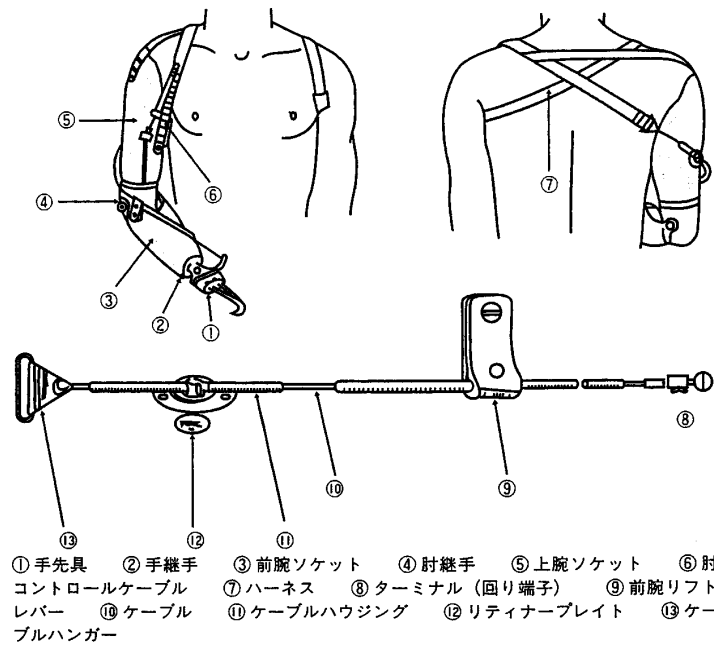


図1 上腕義手の構造と名称<sup>2)</sup>

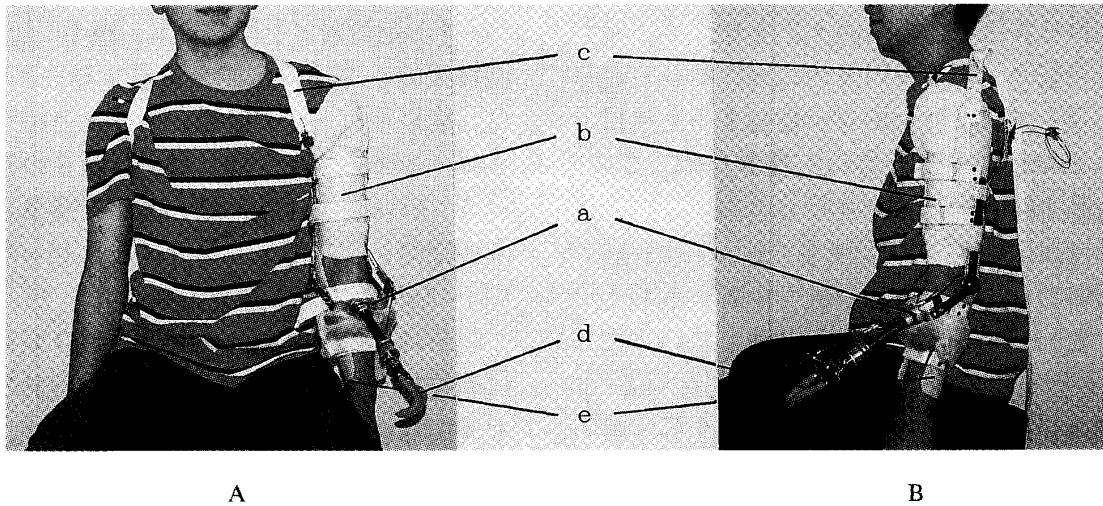


図2 作製した模擬能動義手  
A:前面 B:左側面

し、対象者の肘関節を屈曲 $20^{\circ}$ で固定した。

## 方 法

### 1. 模擬能動義手の適合と計測前条件

計測にあたっては、まず、模擬能動義手を装着し、A~Fの適合判定<sup>3)</sup>を行った。不適合の場合は、各原因を修正した。

- A. 肘継手完全屈曲に要する肩の屈曲角度
- B. 肘継手を( $90^{\circ}$ から)屈曲するのに必要な力(g)
- C. 操作効率(%)
- D. 肘継手 $90^{\circ}$ 屈曲位でのフックの開大(cm)
- E. 口唇及び会陰部でのフックの操作(%)
- F. 下垂力に対する安定性(cm)

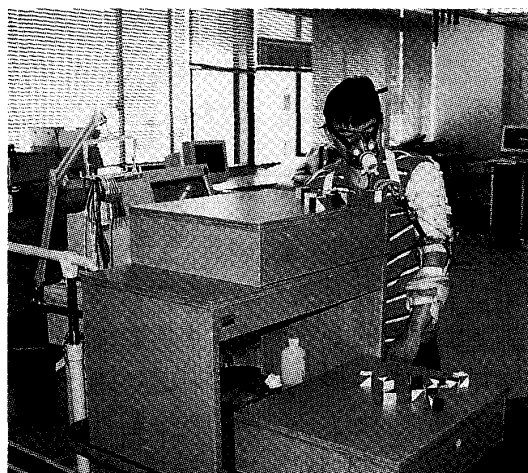
適合後、模擬能動義手の操作について説明と指導を行った(肘継手の屈曲とフックの開大は、左側肩甲骨の外転と左肩関節の屈曲。肘継手の固定と解除は、左肩甲骨の下制と左肩関節の伸展で行うこと)。

そして、肘継手の固定、解除が指示した角度で失敗なく10回行えた後、職業適性検査用ペグボードのペグを60秒間で15個以上移動可能となった時点で、計測を行った。

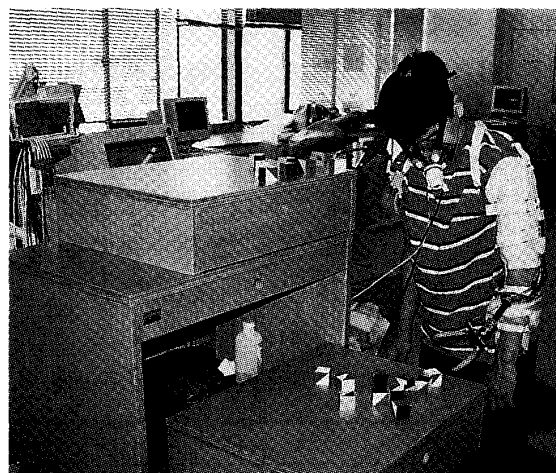
### 2. 計測方法

計測部位は左上肢(非利き手側)で行った。計測動作は、OT場面で能動義手の操作練習として用いるコンビネーションコントロール訓練<sup>4)</sup>とした。これは、肘継手の固定と解除の操作とフックの開閉を組み合わせ客体を高低移動させる動作である。この動作を同一対象者に対して、模擬能動義手装着の場合(以下、義手装着動作)と左上肢のみの場合(以下、非義手装着動作)で行った。

計測肢位は立位とした。客体を移動する高さを図3に示す。前方にある高さ70cmの台の上に更に台を置き、高い位置(A)では肘継手の屈曲角が $130^{\circ}$ 、



A



B

図3 客体を移動する高さの設定

A: 高い位置 (肘継手屈曲130°) B: 低い位置 (肘継手屈曲40°)

低い位置 (B) では肘継手の屈曲角が40°になるよう対象者ごとに台の高さを調節した。

フック及び左手指でつまむ客体は、一辺3 cm、重量15gの立方体を18個用いた。動作速度は「できるだけ速く」と指示した上で任意とした。

計測順序は、まず、5分間の安静を維持した後、非義手装着動作を9分間行った。次に、模擬能動義手を装着し、5分間の安静を維持した後、義手装着動作を9分間行った。

酸素摂取量 ( $VO_2$ ) は、CENTAURA-1 (CHEST株式会社製) を使用し、breath-by-breath法にて計測した。また、動作開始から3分間後と6分間後及び動作終了時の自覚症状をBorg scale (ボルグ指数) を用いて定量的に評価した。

### 3. 分析項目

分析は以下の項目について行った。

#### (1) 運動強度の比較

安静時と非義手装着動作、義手装着動作の $VO_2$ の平均値を比較した。

#### (2) 動作時における $VO_2$ の経時的変化

9分間の動作時間を運動開始から3分間後まで (動作前期)、3分間後から6分間後まで (動作中期)、6分間後から動作終了まで (動作後期) に分け、各期間の $VO_2$ の平均値を比較した。

#### (3) 動作時における自覚症状の経時的変化

動作開始から3分間後 (前期) と6分間後 (中期) 及び動作終了時 (後期) の自覚症状をBorg scale (ボルグ指数) の結果から比較した。

#### (4) 立方体の移動個数

低い位置から高い位置、高い位置から低い位置への移動をそれぞれ1個移動とし、動作時間内の移動個数を比較した。

なお、統計学的処理はt検定及びWilcoxonの符号付順位検定を用い、危険率5%未満を有意な差とした。

## 結 果

### 1. 運動強度の比較 (表1)

動作時の $VO_2$ は、非義手装着動作では $348 \pm 97.9$  ml/min、義手装着動作では $505 \pm 215.1$  ml/minを示した。どちらの動作も安静時より有意に高かった ( $p < 0.05$ )。また、義手装着動作の $VO_2$ は、非義手装着動作の $VO_2$ よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

表1 安静時と動作時の $VO_2$ の平均値

		Vo2 (ml/min)	
非義手装着動作	安静時	260.9 ± 51.1	* * *
	動作時	348.3 ± 97.9	
義手装着動作	安静時	250.4 ± 44.3	* * *
	動作時	505.4 ± 215.1	

\*  $p < 0.05$

表2 動作時における $VO_2$ の経時的変化

非義手装着動作	Vo2 (ml/min)	義手装着動作	Vo2 (ml/min)
動作前期	339.9 ± 89.9	動作前期	459.0 ± 193.5
動作中期	353.1 ± 104.5	動作中期	520.0 ± 209.8
動作後期	351.6 ± 97.8	動作後期	533.3 ± 232.2

\*  $p < 0.05$

### 2. 動作時における $VO_2$ の経時的変化 (表2)

動作前期の $VO_2$ は、非義手装着動作では $339.9 \pm 89.9$  ml/min、義手装着動作では $459.0 \pm 193.5$  ml/minを示した。動作中期の $VO_2$ は、非義手装着

動作では $353.1 \pm 104.5$  ml/min, 義手装着動作では $520.0 \pm 209.8$  ml/minを示した. 動作後期の $VO_2$ は, 非義手装着動作では $351.6 \pm 97.8$  ml/min, 義手装着動作では $533.3 \pm 232.2$  ml/minを示した. 非義手装着動作では, どの時間帯の間にも有意な差を認めなかったが, 義手装着動作では, 動作中期の $VO_2$ が動作前期よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ ).

表3 各期における自覚症状 (Borg scale) の平均値

	非義手装着動作	義手装着動作
前期	9.9	11.6
中期	10.9	12.9
後期	11.9	14.3

\* $p < 0.05$

表4 立方体の平均移動個数

	移動個数
非義手装着動作	$359.9 \pm 62.1$
義手装着動作	$19.7 \pm 7.9$

\* $p < 0.05$

### 3. 動作時における自覚症状の経時的変化 (表3)

非義手装着動作では, 後期が前期よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ ). 義手装着動作では中期が前期よりも, 後期が前期と中期よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ ).

### 4. 立方体の移動個数 (表4)

非義手装着動作では $359.9 \pm 62.1$ 個, 義手装着動作では $19.1 \pm 7.9$ 個であった ( $p < 0.05$ ).

## 考 察

義手装着動作の $VO_2$ は, 非義手装着動作の $VO_2$ よりも45%高かった. つまり, 能動義手の導入時には, 非義手装着の上肢よりも約1.5倍の運動負荷を要することが確認できた. 今回の動作による運動負荷

量を Kottke の分類<sup>5)</sup> で比較すると, 非義手装着動作は, 字を書くなどの軽度の運動負荷量に, 義手装着動作は, 時速4.5km 歩行などの中等度の運動負荷量に相当した.

また, 非義手装着動作の $VO_2$ は, 動作開始から終了まで, ほぼ一定であった. しかし, 自覚症状では, 後期が前期よりも高くなった. このことは, 動作遂行に必要な酸素は早期に取り込まれ,  $VO_2$ はすぐに定常状態となるが, 時間の経過に伴い, 同じ動作を反復することによって生じたであろう局所的な筋疲労と精神的な疲労の関与が示唆された.

これに対し, 義手装着動作の $VO_2$ は, 中期が前期よりも高かった. これは, 動作前期では, 能動義手操作に必要な酸素が不足した状態であり, 動作開始から6分間以後になって,  $VO_2$ は定常状態になったと考えられた. つまり, 能動義手の操作に必要な酸素は, 動作を継続することによって徐々に取り込まれ,  $VO_2$ は非義手装着動作よりも遅れて定常状態となったのである. しかし, 自覚症状では, 後期が中期よりも高くなった. このように定常状態以降も更に疲労を感じたことは, 1) 非義手装着動作と装着動作の $VO_2$ の差, 2) 非義手装着動作と義手装着動作の身体的及び精神的疲労感の差, 3) 対象者が能動義手に習熟していなかったこと, 4) 上肢と能動義手の機能の差による影響が考えられた. そして, これらが立方体の移動個数の差に表われたとも考えられた.

今後は, 筋電図や動作解析装置を用いて, 動作効率からこの差を検討すること, 加えて, 対象者が能動義手に習熟していくことで,  $VO_2$ や客体の操作がどのように変化していくかを検討して行きたい.

## 結 語

能動義手導入時の $VO_2$ は, 上肢動作よりも高い値を示したが, その差は, 大きなものではなかった. しかし, 立方体の移動個数の差は明確であり, 能動義手の導入にあたって対象者が受ける心理的影響は大きいとも考える. 今後は, 能動義手の熟練に伴って, どのように $VO_2$ が変化していくか, また, そのことが, 日常生活動作へどのように反映されていくかを検討していく必要がある.

## 文 献

- 1) 澤村誠志 (1999) 義手. 石田 肇, 上田 敏, 小野哲郎, 芳賀敏彦編, リハビリテーション医学全書18 切断と義肢. 4版, 医歯薬出版, 東京. pp121-216.
- 2) 古川 宏, 野田和恵 (2000) 義手. 川村次郎, 竹内孝仁編, 義肢装具学. 2版, 医学書院, 東京. pp125-147.
- 3) 武智秀夫, 明石 謙 (1991) 上肢切断のリハビリテーション. 義肢, 初版, 医学書院, 東京. pp103-148.

- 4) 古川 宏 (1999) 義手の実際. 古川 宏, 黒岩貞枝編, 作業療法学全書第9巻 作業療法技術論1 義肢, 装具, リハビリテーション機器, 住宅改造, 2版, 協同医書出版社, 東京. pp15-73.
- 5) Kottke FJ (1976) KURUSEN リハビリテーション体系下巻. 萩島秀男訳, 医歯薬出版, 東京.

(平成12年12月12日受理)

**Influence of Simulated Functional Upper Extremity Prosthesis on Oxygen Intake  
— Manipulation of A Simulated Functional Upper Extremity Prosthesis  
in Healthy Persons —**

Katsutoshi SENOO, Tetsuya NISHIMOTO and Misako HIGASHIJIMA

(Accepted Dec. 12, 2000)

Key words :  $v_{O_2}$ , FUNCTIONAL UPPER EXTREMITY PROSTHESIS

Correspondence to : Katsutoshi SENOO      Department of Restorative Science, Faculty of Medical Professions  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.10, No.2, 2000 417-421)