

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3報) —事例による肘システム義手の懸垂と手先具操作について—

妹尾 勝利^{1,2)} 小林 隆 司²⁾ 石原 健³⁾ 今川 裕 輔³⁾

キーワード 肘システム義手, 肘システム義手の懸垂, 手先具操作

抄録

本論の目的は、上腕カフの材料であるアクリル樹脂硬度と形状の違いによる上腕カフ内圧を測定し、肘システム義手の懸垂に適する上腕カフのアクリル樹脂硬度と形状を決定すること、そして前腕切断者に肘システム義手を作製し、上腕カフとソケットによる懸垂および考案したケーブルの長さ調整機構の操作性を検証することであった。その結果、上腕カフのアクリル樹脂硬度は軟性材料を60%、硬性材料を40%とし、形状は顆上部を絞り込んだものとした。前腕切断者に作製した肘システム義手の懸垂は、上腕カフのみでは困難であったため、ソケットを自己懸垂式とした。考案したケーブルの長さ調整機構は非切断側のみでの操作を可能としたが、実用性向上には更なる改良が必要であった。

1. 序 論

我々は、前腕切断者が少しでも快適に能動義手を装着し使用できることを目的に、肘関節運動を力源としてハーネスを必要としない前腕能動義手制御システム（以下、肘システム義手）の検討を行ってきた^{1,2)}。その結果、肘システム義手は従来の前腕能動義手制御システム（以下、肩システム義手）よりも、肩関節による手先具の方向づけが容易となることや少ない筋活動量で手先具操作が可能となることを示唆した。

本論では、肘システム義手の懸垂について上腕カフ（以下、カフ）の材料であるアクリル樹脂硬度（以下、樹脂硬度）と形状の違いによるカフ内圧を体験用前腕能動義手²⁾で測定した。そして、前腕切断者に肘システム義手を作製し、カフとソケットによる懸垂とケーブルの長さ調整機構（以下、スライドロック式）の操作性を検証した。

2. カフの樹脂硬度と形状

2-1 対象と方法

対象は40歳代の健常男性1名とし、樹脂硬度が異なる3

種類のカフ（図1A～C）とカフAの樹脂硬度で顆上部を絞り込んだカフD（図1D）を作製した。

カフの内圧測定にはBIG-MATシステム（ニッタ（株））を用いた。測定場所はカフ遠位端としてセンサーシートをカット（縦30mm・横180mm）した。カットしたセンサーシートは両面テープにてカフ遠位端に固定し皮膚と密着させた³⁾。各カフの内圧測定は、図2の手順で行った。ストラップの締め付けは、安静時の懸垂（図2①）の確保と肘関節運動を制限しないようにストラップにバネ秤を付け3kg重で引っ張ることで統一した。

2-2 結果

カフ内圧は、軟性材料の割合が多いほど低値を示し、形状はカフDで低値を示した（図3）。

3. 事例による肘システム義手の懸垂

3-1 対象

肘システム義手の作製は、吉備国際大学大学院倫理委員会の承諾を受け、事例への説明と同意を得た後に行った。

2011年2月23日受理

Development of body-powered below elbow prosthesis control system that makes elbow joint movement power source (the third report): About suspension and the terminal device operation of the elbow system functional arm by the case

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 〒701-0193 倉敷市松島 288

Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare
288 Matsushima, Kurashiki-shi, Okayama, 701-0193 Japan

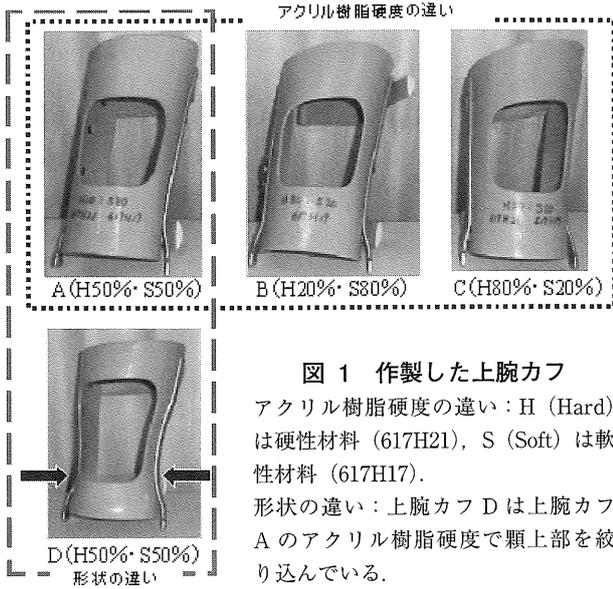
Katsutoshi SENOO (作業療法士)

2) 吉備国際大学大学院保健科学研究科

Ryuji KOBAYASHI (作業療法士)

3) 橋本義肢製作(株)

Takeru ISHIHARA (義肢装具士), Yusuke IMAGAWA (エンジニア)



事例は、左前腕切断の70歳代前半の男性（断端長10.5cm, 44%前腕短断端）で、受傷からは約18カ月経過していた（図4A）。左の肘関節可動域は、屈曲110°・伸展5°で、筋力（MMT）はGレベルであった。幻肢は遊離型で幻肢痛や断端痛はなかった。日常生活は自立で、肩システム義手は起床時から装着し、農作業等で使用していた。

3-2 作製した肘システム義手と方法

ソケットは差し込み式と自己懸垂式とした。カフの樹脂硬度は軟性材料60%・硬性材料40%とした。カフの形状は差し込み式でカフD、自己懸垂式でカフAとした。差し込み式と自己懸垂式のソケットのズレは、張力安定性⁴⁾で計測した。

3-3 結果（図4B）

差し込み式ソケットは、張力が5kg重以上で10mm以上のズレが生じた。また、ストラップの締め付けを強くすると上腕部の圧迫感が増した。自己懸垂式ソケットは、張力が20kg重以上でもズレはなかった。

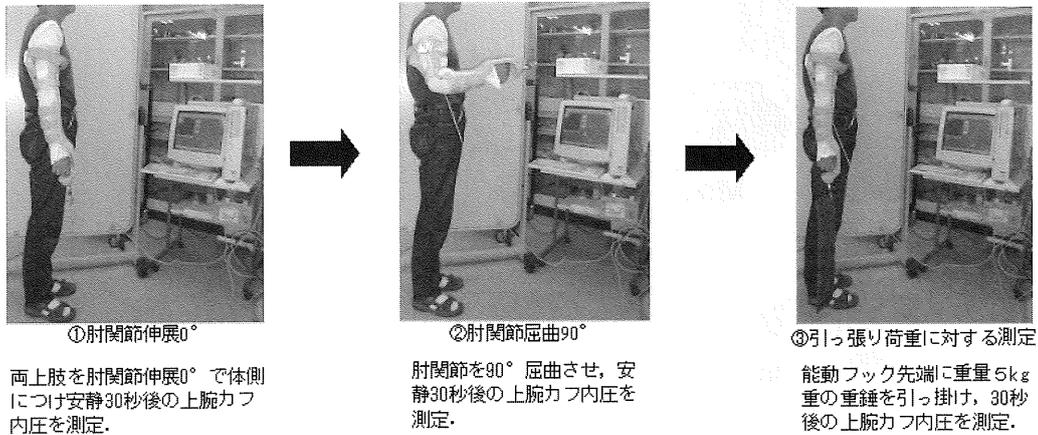


図2 上腕カフ内圧の測定手順

A・B・C・Dの上腕カフにおいて①→②→③の順に3回測定した。

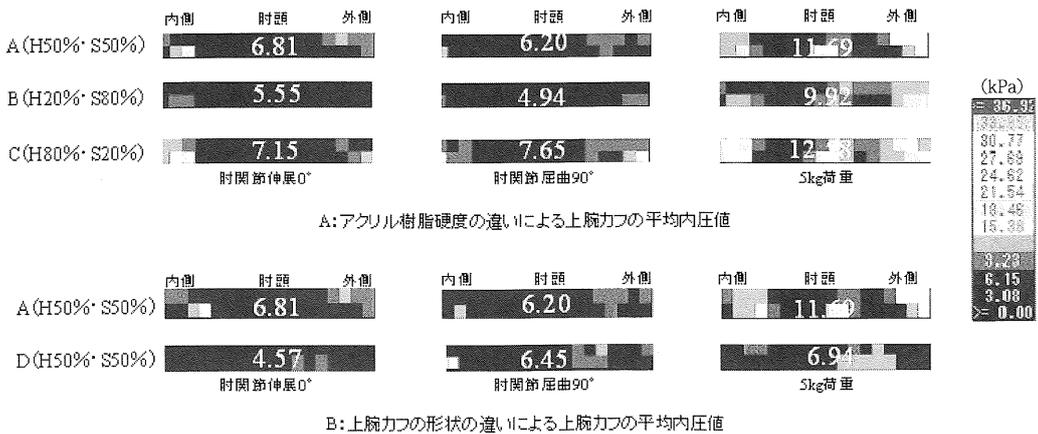


図3 上腕カフ内圧値

H: Hard, S: Soft. 数字は3回の平均内圧値 (kPa)

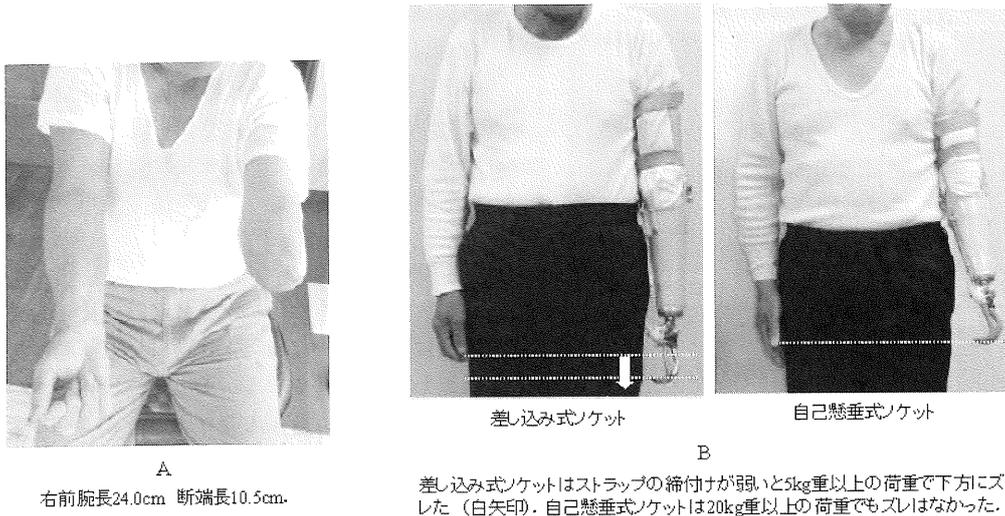


図4 左前腕切断者の断端 (A) と張力安定性後のソケットのズレ (B)

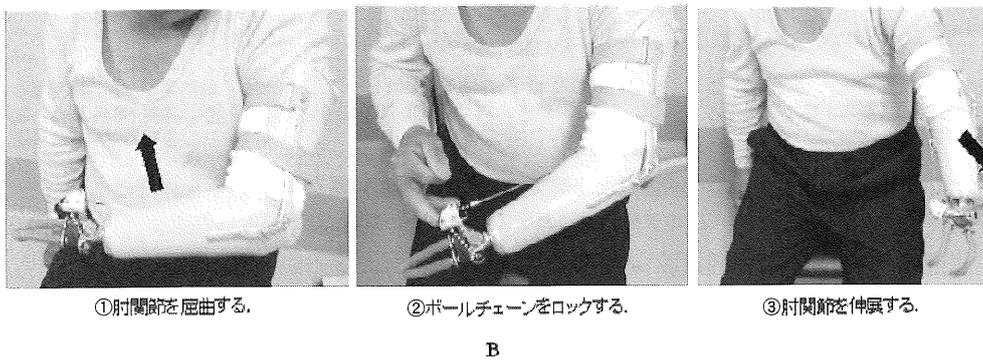
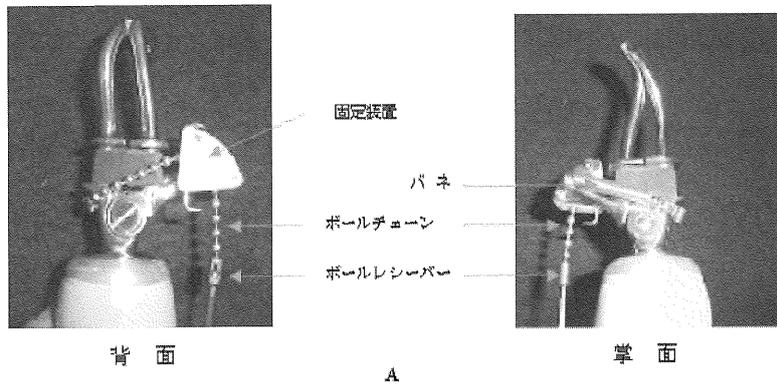


図5 考案したスライドロック式機構 (A) と手先具の操作手順 (B)

4. スライドロック式と手先具の操作方法

4-1 作製したスライドロック式

スライドロック式は、ケーブルの先にボールレシーバーを接続し、ボールチェーン (YKK(株); ボール径 4.5mm, 引張強度 294N 以上) を取り付け、制御レバーの固定装置の中を通してロックがかかるようにした (図 5A)。ケーブルの長さは、アンロックでは肘関節屈曲でバネが収縮して短くなり、伸展でバネが伸びて長くなるようにした。

4-2 手先具の操作方法

手先具操作は、①肘関節を屈曲する、②固定装置でボールチェーンをロックする、③肘関節を伸展し手先具を開く、で可能となった (図 5B)。事例からは「簡単に操作ができる」との意見を得た。

5. 考察

5-1 カフとソケットによる懸垂について

カフ内圧は軟性材料が多いほど上腕周径の変化や荷重に

対して低値を示したが、表面には粘着性が生じた。よって、樹脂硬度は軟性材料 60%、硬性材料 40%とした。カフと差し込み式ソケットの懸垂は、ストラップの締め付けが弱いと不十分であった。カフとソケットのズレは、ソケットと断端の適合を不良にし、手先具操作時の断端痛や肘関節伸展運動の伝達効率低下の要因になることが示唆された。

5-2 スライドロック式について

スライドロック式は非切断側での操作を可能とした。問題点は、バネが破損する可能性があること、本構造では能動ハンドに使用できないことであった。今後はバネの耐久性や能動ハンドにも使用可能な機構を検討していく必要がある。

6. まとめ

カフ内圧は軟性材料の割合が多く顎上部を絞り込んだ形状で低値を示したが、その表面には粘着性が生じた。また、差し込み式ソケットとカフの懸垂は不十分であった。よって、カフの樹脂硬度は軟性材料を 60%、硬性材料を 40%と

し、ソケットは自己懸垂式とした。スライドロック式の問題点は、バネが破損する可能性があること、能動ハンドには使用できないことであり、今後はバネの耐久性を含めた機構の改良に取り組む必要がある。

文 献

- 1) 妹尾勝利ほか：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），義装会誌，25（4）：216-220，2009
- 2) 妹尾勝利ほか：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）—体験用前腕能動義手における筋電図分析と酸素摂取量の検討—，義装会誌，26（4）：252-259，2010
- 3) 福井信佳ほか：模擬上腕義手でのリングハーネス部の圧力測定，義装会誌，25（1）：50-53，2009
- 4) 中島咲哉：義肢のチェックポイント，伊藤利之ほか（編）義肢装具のチェックポイント，7，106，医学書院，2007