

内視鏡外科医のための外骨格型手術支援機器の開発

Development of exoskeleton surgical assist suit for endoscopic surgeon

○ 青木圭（千葉大） 川平洋（千葉大）

Kei AOKI, Chiba University
Hiroshi KAWAHIRA, Chiba University

Abstract: In recent years, endoscopic surgery is prevalent. This operation is carried out by using forceps from holes in the body wall of the patient. One of the merit of this method is early recovery of the patient after surgery because of small invasive. On the other hand, surgeon is forced an unnatural posture, such as to fix his arm in the air. According to this, it is problem that surgeon's physical burden increase. Therefore, we developed Surgical Assist Suit(SAS) that is aimed to fix surgeon's upper arm. Cuff covering upper arm has three shafts which form a mechanical lock. In the mechanical lock, the length of an entire shaft changes by piston motion inner one and outer one during unlock. Servo motor driving, a spring-like parts tighten inner shaft, and the friction force is fixed to stop the piston motion.

Key Words: Medical and Welfare Assistance, Human Engineering, Medical Equipment, Mechanism

1. 背景

近年の外科手術では、内視鏡外科手術が普及している。内視鏡外科手術とは、患者の体腔内に炭酸ガスを注入し膨張させ、体壁に開けた小さな穴にトロッカーを留置し鉗子と呼ばれる手術器具を挿入し手技を行う術式である。従来の開腹手術と比較すると低侵襲で手術を行うことができ、それに伴い早期回復や術後疼痛の軽減などの患者に対するメリットが特徴的である。しかしその一方で内視鏡外科手術を行う医師は、トロッカーにより動きを制限された鉗子やデバイスで手技を行う。このことによる手術難度の上昇に伴い手術時間が増加し、医師の身体的負担が増加することが問題となっている⁽¹⁾。また、直接手術を行う執刀医以外にも体腔内の状況を撮影しモニタに映し出すスコピストは、モニタ上に常に対象となる術野を映さなければならず、同じ姿勢を長時間維持しなければならない場合も多い。さらに、執刀医が手技を行いやすいように術野を展開する助手においても同様の問題が挙げられる。そこで本研究では、上腕を外的に支持することによる負担軽減を目的とした外骨格型アシストスーツ(Surgical Assist Suit, SAS, Fig.1)の開発を行った。



Fig1. Surgical Assist Suit (SAS)

2. 機器開発

上腕を覆うカフの部分からの左右それぞれ3本のシャフトが前部・側部・後部とつながっており、メカニカルロック機構を形成している(Fig.2)。メカニカルロック機構では、非固定時に内側のシャフトと外側にシャフトがピストン運動をすることでシャフト全体の長さが変わる。顎部のスイッチを操作することでサーボモータが駆動し、Fig.3の赤丸部分が動く。これにより内側のシャフトと外側のシャフトの間のバネ状パーツが内側のシャフトをよじれながら締め、その摩擦力でピストン運動を停止させ固定する(Fig.3)。サーボモータの引張力は16[N]である。前部・側部・後部の3本のシャフトの固定・解除は同時に行われ、左右は別個に操作する。メカニカルロック解除操作力は6[N]であり、解除時のシャフトの抵抗は3[N]である。また、固定状態では顎部のスイッチのランプが点灯する。電源は単三乾電池8本であり、重量は約3.2[kg]である。表面部分は3Dプリンタにより作製しており、材質はABS樹脂である。装着時に肌と接触する部分にはウレタン素材のパッドが貼り付けられている。

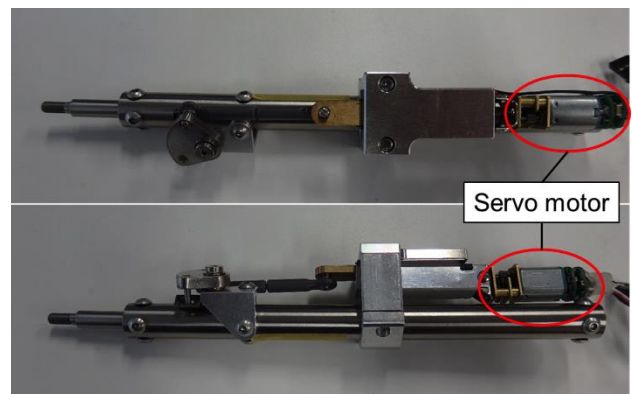


Fig.2 Mechanical Lock

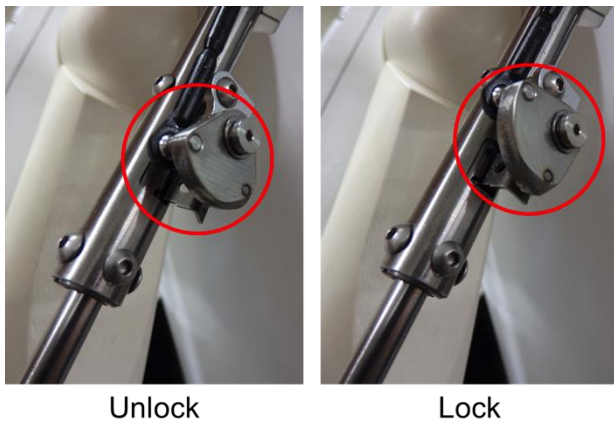


Fig.3 Unlock and Lock

3. 評価実験

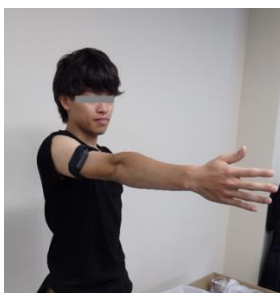
3-1. 方法

SAS 着用時の可動域を評価するために検証実験を行った。SAS 非着用・着用時においてそれぞれ加速度センサにより上腕の可動域を計測した。加速度計測には MP150, 加速度センサは BIONOMADIX(BIOPAC 社製)を用いた。解析ソフトは AcqKnowledge4.1 を用いた。

被験者は健常な成人男性 5 人とした。被験者データは Table1 に示した。加速度センサは鉛直下向きに Y 軸を取るように左右の上腕に取り付けた。実験は Fig.4 のように上腕の前方向への挙上と横方向への挙上を SAS 着用時に行った。SAS 着用時にどの程度挙上角が制限されるかを検証するため、それぞれの方向で可能な限り挙上を行い、その角度を計測した。

Table1 Subjects data

Tall[cm]	171±5.01
Weight[kg]	59.8±5.12
Age	22.8±1.17



Forward Direction



Lateral Direction

Fig.4 Experimental Attitude

3-2. 結果

SAS 着用時の前方向・横方向での挙上角を Table2 に示した。結果から SAS 着用時の可動域は前方向に 60°前後、横方向に 120°前後であることがわかった。

Table2 Results with SAS [degree]

Direction	Rigft	Leght
Forward	59.4±8.07	53.1±6.49
Lateral	122±5.26	122±8.01

3-3. 考察

SAS により挙上角が小さくなった原因は、シャフトの長

さにより可動域が制限されたためであると考えられる。Fig.5(a)のように前方向に挙上しようとする時、前部のシャフトがモータ内蔵ケースよりも短くならないため、挙上の妨げとなる。また、横方向の挙上においては Fig.5(b)のように側部シャフトのモータ内蔵ケースにより妨げられる。



(a)



(b)

Fig.5 Rnge of Motion

4. 結論

内視鏡外科医の身体的負担を軽減するために外骨格型手術支援機器 SAS の開発を行い、着用時の可動域を検証した。SAS 着用時では前方向、横方向共にシャフトの長さにより制限され挙上角が小さくなることがわかった。今後は重量軽減やスイッチの操作性向上などの改良を行っていく。

参考文献

- (1) 社団法人日本外科学会「平成 23 年度日本外科学会会員の労働環境に関するアンケート調査報告書 平成 24 年 2 月」