

空気圧を利用した能動装具の試み

The active braces with the pneumatic actuator

○ 富山県高志リハビリテーション病院 大島 淳一
都築 暢之

キーワード：機能代替，肢体不自由，ソフトアクチュエータ，能動装具

1. はじめに

脳卒中片麻痺者のリハビリは日常生活動作の再獲得を目的に実施される。この際、歩行動作訓練において麻痺側下肢が訓練対象と見なされるのに対し、麻痺側上肢は、廃用手、補助手との評価により働きかけは減少し、健側上肢を主とした訓練に重点が移る傾向が一般的にある。麻痺側への過度のこだわりを否定的にとらえる意見も多いが、割り切れない思いの患者も少なくない。

麻痺肢への医工学的試みはこれまでいくつか行われてきた。まず電気刺激により麻痺筋を収縮させ、目的とする姿勢や動作、機能の実現を図るFES（機能的電気刺激、Functional Electrical Stimulation）があり、これまで一定の成果をおさめている。また、身体に人工物を付加して目的の動作を実現する試みも古くから行われている。特にワイヤハーネスを用いた能動義手から電動義手、外骨格型動力装具への流れは、最近のパワードスーツやウェアブルロボットへとつながり、近年盛んに研究が進められている。能動装具は機能的運動を実現する手段として、さらに徒手訓練の代替手段、自主訓練のツールと考えられ、フレーム、バネ、ダンパなど受動要素の組み合わせにより構成される一般的な装具とは一線を画する。しかし能動装具はまだ試みの段階にあり未だ検討の余地は大きい。そこで我々は空気圧を利用したアクチュエータを試作し、軽量でシンプルな能動装具への応用をいくつか試みたので報告する。

2. アクチュエータ

人工筋等と呼ばれ、収縮運動を行うマッキベン型（McKibben Actuator）が空気圧アクチュエータとしてよく知られている。このような収縮型アクチュエータを用いて関節運動を行うには、適切なモーメントアームと収縮ストロークと収縮力をバランスよく計画する必要がある。しかし義肢と異なり装具では構成要素として人体が加わりこれを避けるため、とかく大柄になりスリム感を満足させるのが容易でない。またマッキベン型は原理上、収縮運動の際にゴム袋の膨張やパンタグラフリンクの駆動などが必要でエネルギーの効率面で問題があり、小型化は困難が予想される。

このため我々は従来と異なる原理のアクチュエータを考案し採用した。これは、極めて伸びの少ない布素材で気密性のある袋を作り、これに空気を充填すると特定の形状を保持する弾性体となる性質に基づいている。この弾性特性と剛性特性は布素材の特性と袋の形状と充填空気圧によって決まる。素材や形状に関して多様な選択が可能であるが、今回は単純な円筒型の袋で検討を行った。この円筒型の空気袋は加圧によりぴんと伸びるアクチュエータとなる。これを関節部分に付け、加圧すると伸展する。この際マッキベン型など収縮型アクチュエータでは必要となる身体への固定部などの部品の多くが不要になり、単にベルトで身体に付けるだけでよい。また身体への取り付け位置が多少ずれても問題は大きくない。

このアクチュエータの特徴をまとめると、極めて軽量であること、比較的単純な取り付け方法でよいこと、また身体への接触が柔らかく装具につきものの痛みが少ないこと、装着方法も単純化できることなどがある。

このアクチュエータの特徴をまとめると、極めて軽量であること、比較的単純な取り付け方法でよいこと、また身体への接触が柔らかく装具につきものの痛みが少ないこと、装着方法も単純化できることなどがある。

3. 能動装具への適用

このアクチュエータを応用して試作した装具をいくつか紹介する。

3.1 手指伸展装具

手背から手指先端にかけてアクチュエータを配置した手袋状装具の概略を図1に示す。屈曲拘縮した手指の伸展や握り動作訓練に使用する。

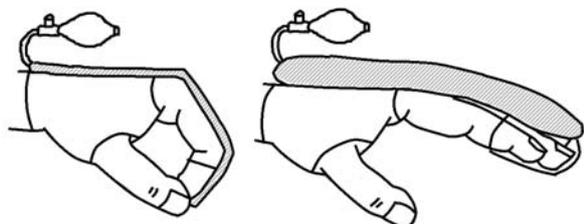


図1 手袋状手指伸展装具の概要

3.2 手関節伸展装具

手関節背部につけたアクチュエータの膨張動作で手関節伸展を行う。(図2) 屈曲拘縮の改善や運動訓練に使用する。

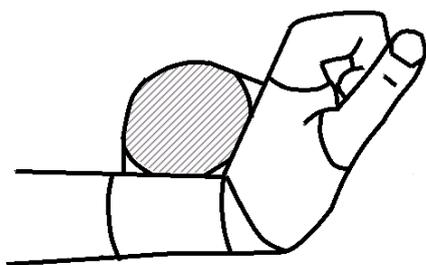


図2 手関節伸展装具の概要

3.3 回内外装具

前腕に螺旋状に巻き付けて加圧により捻り動作を行う。(図3)

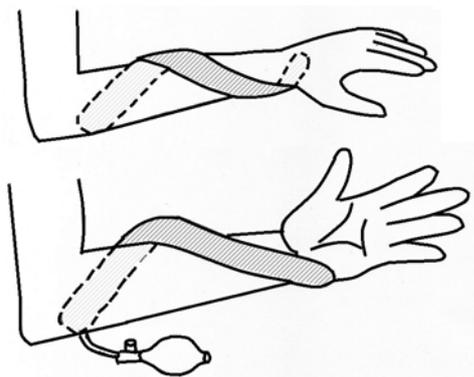


図3 回外装具の概要

以上の3種類を組み合わせた例を図4に示す。

3.4 下肢免荷装具

アクチュエータを力源ではなく、構造部材として用い、内反膝関節症用の免荷装具を試作した¹⁾。空気圧の調整により痛みの軽減と膝関節の運動性の両立を目指して開発を進めている。



図4 上肢装具の使用風景

4. おわりに

従来にない単純な原理の空気圧アクチュエータを製作し、これを応用した能動装具を試作した。また検討例は少ないがすでに多くの利点を確認された。特に極めて軽量にできること、レイアウト要求が厳しくないこと、身体装着が単純で容易であることなど確認できた。また麻痺の状態や必要に応じてアクチュエータの組み合わせを変えることで個別対応が可能と予想される。さらに空気袋の形状や素材の選定の分野で検討や工夫を進めるとさらに未知の用途が見つかることも期待できる。

能動装具として使用するために、空気圧を安全に使用するガイドラインも必要だろう。力を得るために圧力を上げるまえに、機器の信頼性と破裂が身体に及ぼす影響の評価も必要であろう。また小型のポンプがあればよいかも知れない。

謝辞

本研究の一部は、厚生労働科学研究補助金、長寿科学総合研究事業、地域における福祉製品の研究開発体制の整備に関する研究、課題番号 H17長寿-034 (主任研究者 都築暢之 富山県高志リハビリテーション病院長)の支援を受けている。

参考文献

- 1) 都築暢之, 大島淳一:内反膝に対する空気式免荷・変形矯正装具作成の試み, 第24回埼玉膝・スポーツ医学研究会抄録, 2006