

## 拘縮除去装置の開発

## Development of Contracture Removal Device

○ 永見侑樹 小山浩幸 山本紳一郎 米田隆志 (芝浦工業大学)

Yuki NAGAMI, Hiroyuki KOYAMA, Shin-ichiro YAMAMOTO,  
Takashi KOMEDA, Shibaura Institute of Technology.*Key Words:* Finger contracture, Excursion training, Ratchet mechanism

## 1. はじめに

近年わが国では平均寿命の伸びや出生率の低下により少子高齢化が急速に進んでいる<sup>(1)</sup>。高齢になるほど障害を持つ可能性が高まるというデータがあり<sup>(2)</sup>、高齢化による身体障害者数の増加は避けられないと予想される。そのひとつとして廃用症候群が挙げられる。

廃用症候群とは、寝たきりなどの状態で心身の不使用・不活発によって起こる機能低下を指し、他の疾病治療時に併発する危険性が高い<sup>(3)</sup>。そのため、廃用症候群の迅速な治療はリハビリテーション領域において重要課題といえる。廃用症候群の中でも、関節拘縮は関節可動域が制限されることで生活を妨げる因子になると考えられ、効果的な治療方法が求められている<sup>(4)</sup>。

関節拘縮の治療には小さな外力を長時間加えて関節可動域を広げる、理学療法士による訓練が必要である。しかし、この作業は理学療法士の数が絶対的に不足している現状では個人の負担が大きく<sup>(2)</sup>、増加する障害者すべてに満足な治療を行うことは難しい。

したがって本研究では、理学療法士の不足を補い、その負担を減らすために、拘縮除去装置の開発を行うことを目的とする。人の指関節を対象として、理学療法士が行う関節の可動域訓練の動きを再現することが可能な装置の開発を目指した。

## 2. 拘縮除去装置

## 2-1 要求仕様

本装置に必要なとされる機能を以下のように設定した。

- (1) 人の指関節に使用できる機構  
人の指一本ずつに対して用いることのできる機構とする。また、その固定方法は非侵襲的なものとする。
- (2) 安定した動力伝達手段  
安定してトルクを発生させるため、アクチュエータを DC モータとし、歯車を用いて動力の伝達を行う。
- (3) 屈曲運動時のフリーな状態の実現  
実際の可動域訓練では屈曲には患者本人の力を利用し、治療の効果を高めている。本装置では屈曲時のフリーな状態を、機構を用いて再現する。
- (4) 加える力と変位の計測による評価可能なシステム  
印加する電圧によるトルクの制御を可能とする。また回転子側の回転をポテンショメータによって計測し、角度変化を観察することで、拘縮の治療効果を評価可能とする。

## 2-2 装置構成

上記要求仕様に従って開発した拘縮除去装置を Fig.1 に示す。また、構成図を Fig.2 に示す。

本装置は、固定子に備え付けられた DC モータをアクチュエータとし、動力をかき歯車を介して回転子に伝えることで PIP 関節の伸展、屈曲を行い拘縮を治療する。

屈曲動作時は理学療法士の作業を模倣し、ラチェット式歯車機構により動力を伝達しないフリーな状態を作ること、対象者が自力で屈曲を行うことを可能とした。また、装置の固定はバンドを用いた非侵襲的なものとなっている。

## 2-2 ラチェット式歯車機構

実際の可動域訓練において理学療法士は、関節の伸展時のみ力を加え、屈曲時には患者自身の力で屈曲させることで拘縮の治療を行っている。これを機構上で実現するために Fig.3 に示すラチェット式歯車機構を考案した。この機構はかさ歯車からの動力を伸展時のみ伝え、屈曲時にはフリーな状態を実現させることでその動きを模倣するものである。

動作原理の詳細を以下に示す。

## ・回転子伸展時

回転子伸展時の機構の動作を Fig.4 に示す。ピニオンギア A が反時計回転を行い、その際にピニオンギア A がケース下部の凸部に干渉する構造となっている。この場合ピニオンギア A は動力伝達ギアに押さえつけられ、凸部を乗り越えられず回転が停止する。それにより歯車機構を覆うケースにまで動力が伝わり、ケースに固定された回転子が伸展する。

## ・回転子屈曲時

回転子屈曲時の機構の動作を Fig.5 に示す。ピニオンギア A は時計回転を行い、凸部に干渉する。しかし、この場合ピニオンギア A は固定されておらず、遊びがあるため、動力伝達ギアに持ちあげられるように凸部を乗り越える。この時、すべてのギアは空転し、ケースや回転子には動力が伝わらない。これにより被験者が指を自由に動かせるフリーな状態となる。

装置が上下反転した際にはピニオンギア B はピニオンギア A の役割を果たす。

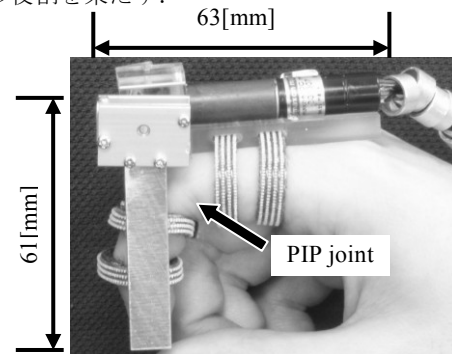


Fig.1 Contracture removal device

### 3. 装置制御実験

#### 3-1 実験目的及び方法

実際の可動域訓練では、指を伸展、屈曲させることで拘縮の除去を行う。そこで、本装置における指の進展可能性の有無、またその際の適切な印加トルクを調べるため、装置をモータドライバを介して制御し、電圧とトルクの線形性について調べる。また、モータを逆転させた際に力の伝わらないフリーな状態を実現できているかの確認も行った。

実験構成図を Fig.6 に示す。実験は以下の手順で進めた。

- ① バイスを用いて、装置を回転子回転中心から 50[mm]の地点でフォースゲージの計測軸を接するよう固定を行う。
- ② PC から装置へモータドライバを介して、回転子伸展方向に 0.5 [V]の電圧を印加する。
- ③ その際のモータに流れる電流値を電流計で計測し、発生したトルクをフォースゲージで読み取る。
- ④ 上記の手順を 5 回繰り返し、平均値を求める。
- ⑤ 印加電圧を 0.5[V]ずつあげて 4[V]まで繰り返す。
- ⑥ フォースゲージの位置を変え、回転子屈曲方向に電圧を印加し、同様の手順を繰り返す。

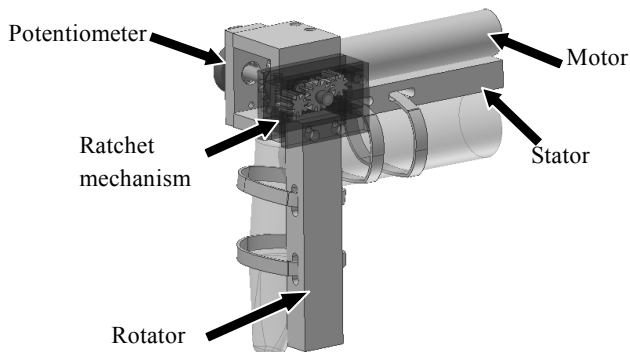


Fig.2 Constitution

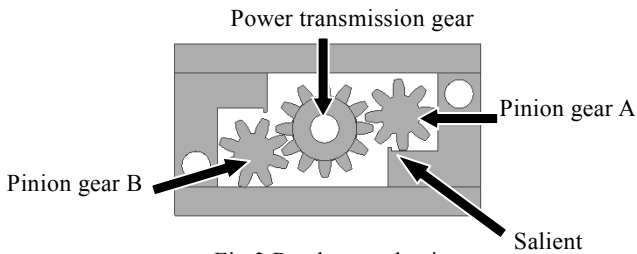


Fig.3 Ratchet mechanism

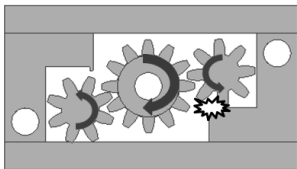


Fig.4 Extension

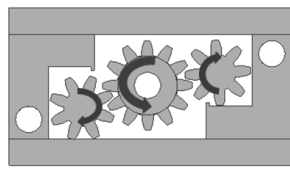


Fig.5 Flexion

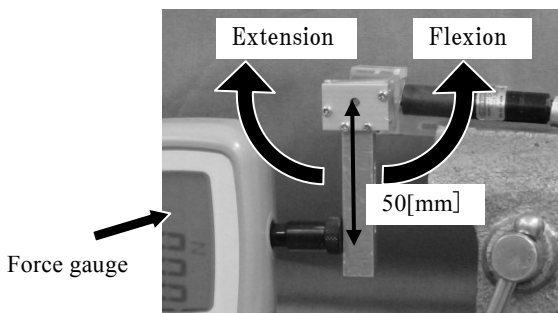


Fig.6 Experimental constitution

#### 3-2 実験結果及び考察

実験結果を Fig.7 に示す。

指令電圧値とトルクは直線関係にあり、装置を制御し、付加するトルクを決定する指標となる指令電圧値を得ることができた。ラットを用いた先行研究では 20[Nmm]～30[Nmm]のトルクを加えた時、最も治療効果があったとされているため<sup>(5)</sup>、本装置では 2[V]～3[V]が印加する電圧の指標となると考えられる。

屈曲時には本来ラチェットが機能してトルクが発生しないはずであるが、多少のトルクが発生してしまっている。これはピニオンギアが凸部を乗り越える際に干渉を起こすことが原因である。しかしそのトルクは微弱であり、屈曲時には指を自由に伸展、屈曲させることが可能であると考えられる。

#### 4. まとめ

本稿では、人の指関節を対象とした拘縮除去装置を開発し、屈曲時のフリーな状態を実現するための歯車機構を実装した。モータドライバを介して電圧を印加し、その時のトルクを計測する実験より、トルクと電圧の間に高い線形性が認められるとともに、今後の拘縮治療に際して印加する電圧の指標を得ることができた。また、屈曲時には多少のトルクが発生しているもののその力は微弱であり、患者が自分の意思で指を屈曲できる、フリーに近い状態を実現できていると考えられる。

今後は、健常者や拘縮患者に実際に装置を使用し、その動作を確認するとともに治療効果を検証していく。

#### 参考文献

- (1) “平成 19 年版 高齢社会白書”  
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>
- (2) “障害者白書 平成19年版”  
<http://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/index-w.html>
- (3) “社団法人 愛知県医師会 生活医学コラム 廃用症候群について.”  
<http://www1.ehime.med.or.jp/column/25.html>
- (4) “拘縮の基礎, 永治隆宏, 白石洋介著, 柔道整復師クラブ”  
<http://jpc.vis.ne.jp/ORTHO/contracture/contracture.html>
- (5) 岩下景語, 拘縮除去装置の開発, 第 2 回生活支援工学系学会連合大会, 2004

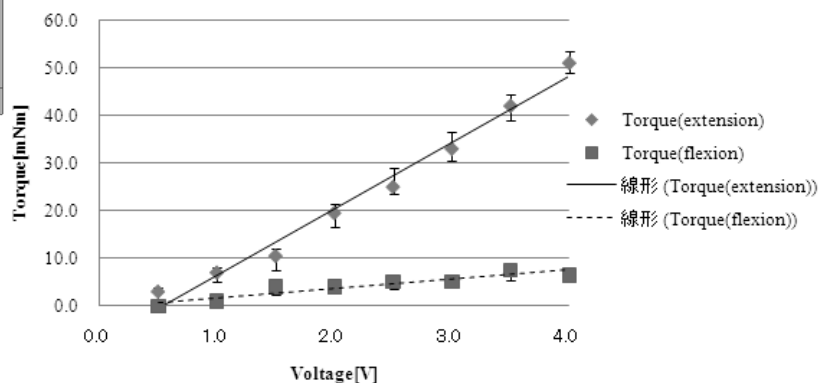


Fig.7 Experimental result