

空気圧バルーン型腱駆動システムを用いた足関節拘縮予防器械の開発

Development of a rehabilitation instrument for prevent contracture of ankle

Rika SATO, Norihiko SAGA, Naoki SAITO, Hiroyuki TAKANASHI, Seiji CHONAN
Akita Prefectural University

Abstract

A rehabilitation instrument for prevent contracture of ankle is proposed. The purpose of this instrument is making carrying and installation at the time of use easy in the place like the medical institution. It consists of an actuator, power transfer mechanism and ankle foot orthosis. A tendon driven system using a pneumatic balloon was adopted as actuator of this instrument. The system is compact and high power. Furthermore, it is very lightweight by composition material and structure. Characteristics of the tendon driven system using a pneumatic balloon, composition and operation method of rehabilitation instrument for prevent contracture of ankle is presented.

アクチュエータ

Table.1 Comparison of actuators

	Response [ms]	Stroke [mm]	Power [N]	Weight [kg]	Volume $\times 10^{-4} [m^3]$	Stroke/Volume	Power/Weight
Air Cylinder	30	25	16	0.094	0.3	833	170.2
Oil Cylinder	40	25	40	0.280	1.2	208	142.9
Artificial Muscle (Mckibben type)	30	25	36.5	0.726	4.1	610	50.3
Tendon Driven System	High power type	80	25	69.4	0.065	500	1067.7
	Long stroke type	80	50	35.2		1000	541.5

※入力圧力0.2[MPa]、ストローク25[mm]を基準にアクチュエータを評価
※腱駆動システムは、同質量・同体積で比較

空気圧バルーン型腱駆動システム

小型、軽量、高出力

基本構成

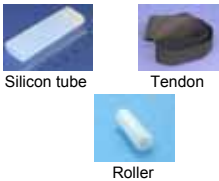


Fig.1 Basic constructions

駆動原理

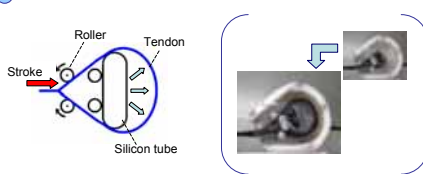


Fig.2 Mechanism of tendon driven system

動力伝達機構

アクチュエータのストローク l [mm]、牽引力 F [N]とする

$$l = r\theta$$

$$F = \frac{M_f}{r}$$

r [mm] プーリ半径
 θ [rad] 関節可動域角度 $= 70[\text{deg}] = \frac{7}{18}\pi$ [rad]
 M_f [Nm] 背屈動作に必要な足関節回転モーメント $= 1$ [Nm]

上式より

プーリ直径 16.4 [mm]のとき
足関節回転に必要な力 61 [N]
必要なストローク 20 [mm]

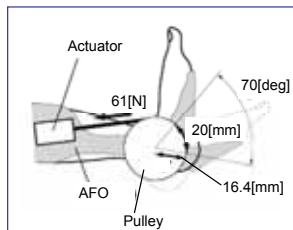


Fig.3 Geometrical relationship of the instrument

アクチュエータのストロークと力の関係

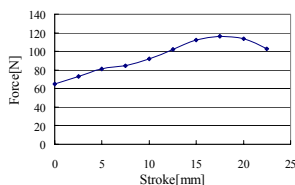


Fig.4 Tendon force vs. Stroke

ストローク区間0~20[mm]で発生力61[N]以上。

リハビリ器械に適用出来る

はじめに

脳卒中などによる脳障害

特徴的な症状：片麻痺

予防法

関節可動域訓練

臥床している間が最も発生しやすい

よって、理学療法士による訓練時以外でも

使用者が個人のベッドで臥床中にも気軽に扱えるリハビリ器械
が求められる

器械の移動や設置を考慮すると

小型、軽量、着脱容易 でなければならない

対象設定

- 対象者：弛緩性片麻痺患者
- 目標動作：足関節の背屈動作

足首は底屈方向への拘縮が生じ易い

背屈方向への可動域訓練が必要

背屈動作時の足関節回転モーメント 1[Nm]

関節可動域 70[deg]

アクチュエータ制御実験

ゴムチューブの劣化や足首の重さや硬さといった個人差などによって使用状況に変化が生じても確実に目標値に到達出来るようにフィードバック制御を行う。

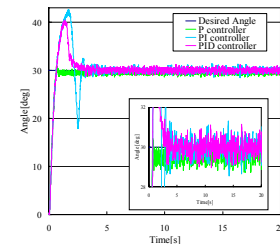


Fig.5 Results of the fundamental experiment

- 目標値を30[deg]に設定
- 足関節回転に必要なと考えられる61[N]の荷重をかけた

パラメータ	K_p	K_i	K_d
P	6.47	—	—
PI	5.83	0.1	—
PID	7.77	0.06	0.015

過渡応答法を用いてパラメータを設定し、P・PI・PIDの各コントローラにおいて実験を行った。Pコントローラでは定常偏差が生じた。P・PIDコントローラは共に目標値に追従したが、PIDコントローラの方がより良い過渡特性が得られた。

PIDコントローラを用いて動作を行う。

足関節拘縮予防器械動作実験

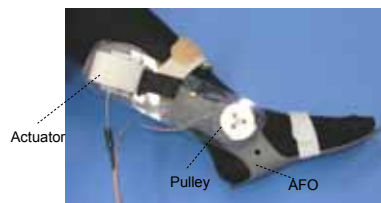


Fig.6 Photograph of the rehabilitation instrument

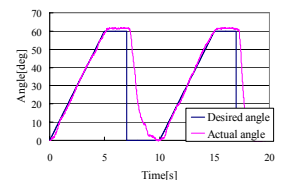


Fig.7 Experimental result

健康者の足に取り付けて動作実験を行った。関節回転角度は目標値にほぼ一致し、振動現象もほぼ見られず使用者に不快感を与えない動作が実現できた。

まとめ

アクチュエータとして空気圧バルーン型腱駆動システムを用いることで、器械の小型・軽量化が実現できた。器械の動作を設定し、アクチュエータの特性を計測して実験を行い、適切な動作が可能であることを確認した。