

平成22年 6月15日現在

研究種目： 基盤研究（C）

研究期間： 2007 ～ 2009

課題番号： 19500471

研究課題名（和文）

足関節に対する受動的運動を利用した遠隔ニューロリハビリテーションデバイス

研究課題名（英文） Development of a Home-based Neurorehabilitation Device for Passive Movement of Ankle Joints in Motor Paralysis Patients

研究代表者

太田 裕治 （OHTA YUJI）

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・准教授

研究者番号： 50203807

研究成果の概要（和文）：

従来、運動麻痺に対して様々な運動リハビリテーション訓練が実施されてきたが、その意義として、近年、神経に対するリハビリテーション効果が見出されてきた。麻痺した筋・関節を強制的に受動的運動させることで、神経が刺激され、刺激信号が中枢神経に入力し、運動神経機能を高めるというしくみである。本研究では、受動運動を利用したリハビリテーションデバイスの開発を目的に、足関節の受動運動訓練装置を開発し、運動麻痺者を対象に訓練装置の神経リハビリ効果を検証した。その結果、装置による受動運動により筋放電（筋の興奮）が得られることがわかり、神経リハビリテーション効果を有する可能性があると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

A variety of rehabilitation training has been conducted to the motor paralysis so far. Recently, the rehabilitation effect of the motor training on the nerve function has been verified. When paralyzed muscle and joint move passively, internal nerves are stimulated. By the stimulus signal inputs to the central nerve, the neurologic function might be improved. In the present study, we aimed at the development of the passive movement training device of the ankle joint. The training effect of the device on the nerve rehabilitation was verified through experiments with paralysis person. As a result, a muscular electrical discharge (muscle excitation) was found during passive ankle motion produced by the device, and the device was supposed to have the neuro-rehabilitation effect.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域・医用工学

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：生物・生体工学，生物物理，医療・福祉，神経科学，リハビリテーション

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 神経リハビリテーション

脳卒中とは、脳の一部領域における血流不全により生じる神経障害であり一種の血管疾患でもある。脳卒中から回復しても、通常、患者は予後に厳しい運動障害を経験することとなる。脊髄損傷の症例においても同様に、脊髄神経にたいする傷害のため運動機能は損なわれることになるであろう。このような神経傷害のために麻痺が残存した上肢もしくは下肢に対しては、リハビリテーションを通じて筋強度を回復する訓練が行われるが、十分な訓練の後にも、痙縮が残る可能性がある。その場合はストレッチ運動、すなわち、筋肉腱複合体に対する伸張運動が実施される。このストレッチ運動は、現在、痙縮にたいして物理療法として適用される有効な治療手法のひとつとなっている。

近年、リハビリテーションの回復過程の捉え方として、従来の運動機能回復という視点に加え、神経機能の回復という視点から麻痺の改善を捉える考え方が広まりつつある。その考え方は、神経リハビリテーションと呼ばれている。上肢や下肢のリハビリテーションにおける習慣化された反復運動が、神経組織における傷害回復に有効であったと報告している。この事実は、人間の脳・神経システムには可塑性と呼ばれる自己再編成の能力があることを意味している。先に述べたストレッチ運動は固有受容器刺激による求心性入力を生ずる可能性があるため、神経リハビリテーション効果を有するものと考えられている。

### (2) 運動訓練器に求められる要件

リハビリテーションにおける一般的な物理療法（セラピストによる徒手的な運動訓練）は、脳卒中もしくは脊髄損傷の後における機能回復のレベルを高めることに貢献しているが、その方法は物理療法士による労働集約的な療法であって、かつ、経費負担が大きいという問題がある。そのため、運動麻痺の後に十分な身体リハビリテーションを提供できるのは一部病院に限定される。この問題を解決するため、これまで、様々な市販のリハビリテーション装置が、セラピストの効率と効果を増加させるために開発されてきた。例えば、痙性治療を目的として、神経的に損なわれ拘縮状態にある患者の足首を知的にストレッチングするための装置が開発されてきた。知的の意味は、運動中に筋・腱の状態を定量的に連続モニタリングしつつ、適切な負荷を適切なタイミングで与える

ということである。例えば装置の動作として、足関節の底・背屈運動中において、あらかじめピーク抵抗トルクを設定しておき、これをセンサにより検出することによって、設定された運動範囲において、安全かつ効率的に麻痺している関節を伸張運動させる、等というものである。

このような知的ストレッチング装置は運動麻痺の訓練に有効であるが、一方で装置は大掛かりでありまた高価である。したがって、急性期を脱した患者を主な対象とする治療施設にそれらの装置が設置されることはあまりない。また、言うまでもなく個人個人の自宅に設置されることはない。リハビリテーションは日々、患者自身の意思により実施されることが望ましいことから、住宅に設置可能であり簡便な運動訓練のための装置が求められこととなる。個人ベースで利用される事が前提となるため、安価、簡易な利用であって、効率的な装置を開発する必要がある。以下では、神経リハビリテーションの効果を有し、かつ自宅などでも利用が可能な簡便な訓練装置の研究開発に関し研究を行った。その成果の一部を述べる。

## 2. 研究の目的

以上より本研究の目的を、

○運動麻痺患者の足関節の受動運動訓練装置として、ニューロリハビリテーション効果を有する装置の開発を検討すること

○健常者および脳卒中患者（急性／慢性）を対象に試作装置を評価し、機器の実現可能性を評価すること、

とした。開発装置は日々のリハビリテーション実施の観点から、簡便で住宅内設置可能という条件を満たす事が求められる。

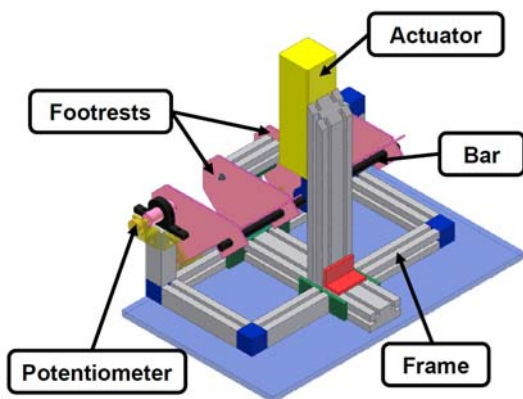
## 3. 研究の方法

### (1) 足関節受動運動訓練装置の開発

開発された装置の構成図を図1(a)に示す。図示するように、左右脚用の2個のフットプレートが、プレート下部に取り付けられたバーにより支持され、各アクチュエータと接続され、足関節の回転運動が実現される機構である。また、ストレッチ運動の間、フットプレートの回転角度を測定するために、ポテンシオメータを回転軸に取り付けた。装置の外観写真を図1(b)に示す。本装置には、運動麻痺後に実施される神経回復の観点からのリハビリテーション訓練の意義に加え、二次傷害に対する予防意義もあると考えられる。

運動訓練装置の詳細を以下に示す。フット

プレートはリニアアクチュエータ (SCN6-020-050-B-M, Dyadic Systems 株) により駆動され、その速度/トルク/位置はアクチュエータのコマンド出力ツールによって制御された。被験者実験における筋電記録に際しては、外来ノイズ除去のため、計測アンプをアイソレートボックス内に設置するとともに、EMG 記録システム (Bagnoli-8, Delsys Inc.) を利用した。計測対象とした筋は、両足の soleus muscle (Sol), tibialis anterior muscle (TA), medial head of gastrocnemius muscle (Gas.m), および, lateral head of gastrocnemius muscle (Gas.l) であった。モバイル高速信号レコーダー (NR2000, キーエンス) を用いることで、EMG と角度に関するデータをデータ収集用 PC へ送信した。



(a) 受動運動デバイスの機構図



(b) 受動運動デバイスの外観写真

図1 本研究で開発を行った神経リハビリテーションのための運動訓練装置

## (2) 評価実験

脳卒中歴のない12名の健常者が装置の基本機能を検討するための実験に参加した。また、25名の慢性脳卒中患者、ならびに、9名の急性脳卒中患者が実験に参加した。被験者はそれぞれの快適な直立姿勢にて椅子に着座した。その際の膝関節角度は120度、

股関節角度は100度に設定した。この状態で、被験者の両足をフットプレート上に固定した。固定時には被験者の足関節の回転軸をフットプレートのそれと一致させるよう配慮した。被験者はフットプレートの回転運動による受動運動をあらかじめリハーサルすることなく、また、運動中はできるだけリラックスするよう指示された。関節の運動範囲は20度に設定した。すなわち、底屈方向10度、背屈方向10度とした。フットプレートの角速度はリニアアクチュエータのコマンド出力ツールにより制御された。ストレッチ運動における背屈速度としては、4つのパターンの運動を用意した。すなわち、約25, 50, 75, および100度/秒である。この4パターンの伸長運動をランダムに組み合わせて、合計40回の伸張運動試行を被験者に与えた。

## 4. 研究成果

図2に脳卒中患者の受動運動中における、典型的な筋放電の例を示す。図中の上側のグラフはフットプレートの角度変化であり、図示のように計40回の伸長運動が与えられた。また、下側グラフはTAから計測された筋電図である。運動実験の結果、すべての被験者に対して、安全に受動運動を与えることが可能であったこと、また、受動運動の間、ほとんどすべての患者において、両方の下肢すなわち、患足、健足の両方から回転運動に伴う筋活動が得られることが分かった。

本研究を通じ開発された運動訓練装置は、運動麻痺にたいするニューロリハビリテーションを目的に設計提案された。被験者試験を通じて、受動運動中に固有受容器からの求心性入力定期的に神経系に提供され、その結果、リズムカルな筋電活動が得られることが見出された。このような求心性入力神経麻痺に対しリハビリテーション効果を有す

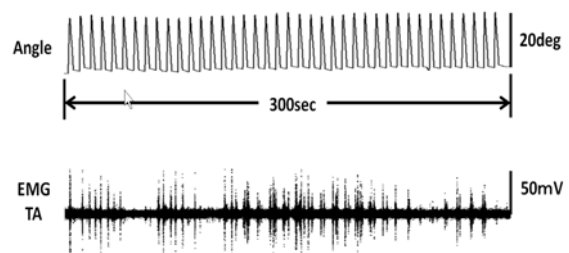


図2 受動運動中の典型的な筋放電例

上図：フットプレートの角度変化

下図：TAより得られた筋放電信号

るものと推測された。今後、さらに長期間にわたる評価実験を行う事により、足関節受動運動の有効性を示し、また、効果的な訓練プ

プログラムとしてまとめあげることが必要と  
考えられた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に  
は下線)

[学会発表] (計3件)

①招瑞嘉, 齋藤倫子, 鈴木里江, 太田裕治, 大塚博, 中澤公孝, 河島則天.  
足関節の受動運動を利用した車椅子型  
デバイスの開発と評価. 日本機械学会  
関東支部ブロック合同公演会-2007  
さいたまー講演論文集, 149-150, 2007.

②生体電気インピーダンスに基づく足  
関節に対する受動運動評価. 内藤樹,  
招瑞嘉, 内山朋香, 太田裕治, 會川義  
寛. 第6回生活支援工学系学会連合大  
会講演予稿集, 51, 2008.

③足関節に対する受動運動を利用した  
ニューロリハビリテーションデバイス.  
招瑞嘉, 内藤樹, 太田裕治, 中澤公孝,  
佐藤広之. 第6回生活支援工学系学会  
連合大会講演予稿集, 103, 2008.

[その他]

ホームページ等

<http://www.eng.ocha.ac.jp/biomedeng/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

太田 裕治 (OHTA YUJI)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学  
研究科・准教授

研究者番号：50203807

### (2) 研究分担者

會川 義寛 (AIKAWA YOSHIHIRO)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学  
研究科・教授

研究者番号：50111563

### (3) 研究分担者

椎尾 一郎 (SIIO ITIRO)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学  
研究科・教授

研究者番号：90297101

水村 真由美 (MIZUMURA MAYUMI)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学  
研究科・准教授

研究者番号：60292801

中澤 公孝 (NAKAZAWA KIMITAKA)

国立身体障害者リハビリテーションセンタ  
ー研究所・運動機能系障害研究部・神経筋機  
能障害研究室長

研究者番号：90360677

### (4) 研究協力者

佐藤 広之 (SATO HIROYUKI)

東京大学医学部附属病院・リハビリテーショ  
ン科・医師

招 瑞嘉 (RUIJIA ZHAO),

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学  
研究科・ライフサイエンス専攻修士課程

長山 知由理 (NAGAYAMA CHIYURI)

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学  
研究科・ライフサイエンス専攻修士課程