

## リハビリにおける触覚感覚の早期回復を目指す新装置の提案

## Approach of a New Haptic Rehabilitation Device for the Sensory Disorder

○ 近井学 (長岡技大 医用福祉工学研究室) 三宅仁 (長岡技大 医用福祉工学研究室)

Manabu CHIKAI, Nagaoka University of Technology Medical Engineering Laboratory

Hitoshi MIYAKE, Nagaoka University of Technology Medical Engineering Laboratory

**Abstract:** In recent years, cerebrovascular disorders patients are causing an upsurge, and these patients are suffering from permanent damage to sensory center. The purpose of this study is to approach of a new haptic rehabilitation device for the sensory disorder. This device was constructed of the pressure sensor, of the peltier devices and of the speaker. This device was able to present “pseudo-sense” by human volunteers, e.g. titillate, itch and sore. Seven human volunteers (five men and two women) were instructed to put their left three-finger tips on the device. They orally answered the pre-defined haptic cognition senses, and evaluated a seven scale answered with the vibration, the warmth and the coldness. The results showed that the device was able to present the tickle, itch or sore by human fingers and/or wrist and/or elbow. That is, this device is able to approach of a new haptic rehabilitation device for the sensory disorder.

**Key Words:** Brain-dysfunction, Rehabilitation, Haptic device

## 1. 緒言

厚生労働省人口動態統計の概況によると、平成 23 年 1 年間における脳梗塞・脳内出血などの脳血管疾患患者死亡者数はおよそ 12 万人であり、近年急激に増加している。また一度発症した患者らは、後遺症を患うことも多く、その患者の多くは社会復帰を行うために、脳機能障害（特に運動機能障害）を克服するための歩行訓練やペンなどを用いた手首のリハビリテーション、更に言語訓練などを懸命に行っている。これらは、主に「作業療法」と呼ばれており、回復期リハビリテーションで訓練されている。リハビリテーションは、低次神経障害から高次神経障害まで幅広く対応しており、最終的には自宅での生活を行いながら行う、維持期のリハビリテーションまで訓練を行っている。

一方で、一部の患者では、感覚中枢への障害の度合いによるが、指先の触覚感覚が知覚しにくくなるなどの高次神経機能障害が生じる。特に指先は、箸を持つ動作や物体を掴む、更に物体に触れるという、我々が普段の生活において極めて重要な動作を担っている。また指先で物体を認知する動作は、触覚感覚が重要である。しかし、現状のリハビリテーションでは、触覚のみに特化したリハビリテーションは行われておらず、またこのリハビリテーションに対応した装置の制作は行われていない。

そこで本研究では、指先のリハビリテーションの効能をより高めるための、リハビリにおける触覚感覚の早期回復を目指す新装置の提案を目的とする。

## 2. 装置の概略

装置の簡易的な開発は、著者らが行っており<sup>(1)(2)</sup>、その成果を応用し、人が嫌悪感を認知する刺激部位以外の振動刺激・痒み刺激・痺れ刺激を提示するものとした。

先行研究の成果から、振動覚刺激と温覚刺激・冷覚刺激を同時刺激することで、被験者に嫌悪感を認知する刺激を与えることが可能であることが示されたため、本研究でも同様の方法を用いた。装置の概要は、振動刺激を提示するための音響用スピーカー（入力インピーダンス 8Ω、電力量 0.25W、φ18mm）・音響用アンプ・信号発生装置(SFC-2110, GEINTEC 社製)、温覚刺激・冷覚刺激を提示するためのペルチェ素子 2 枚（どちらも HB Electronic Components 社製、TEC1-12706, W40×D40×H3.8mm）・放熱板・放熱フ

ァン・駆動電源に直流安定化電源（PW18-1.8AQ, TEXIO 社製）を用いて製作した。図 1 は、装置装着時の様子であり、被験者の指先上部（爪付近）に振動刺激を提示し、指先腹部に温覚刺激と冷覚刺激を提示することが可能である。

## 3. 簡易評価実験方法

簡易評価実験は、被験者 7 名（男性 5 名、女性:2 名、平均年齢: 22.3 歳）とした。本実験は、痛覚刺激を生起させることから、本学倫理委員会から承認を受けた。

それぞれの刺激物理量は、予備実験から定められた振動覚 100~260[Hz]までの 5 段階、温覚 40[°C]、冷覚 20[°C]とした。この刺激を同時刺激により提示することで、被験者がどのような刺激を認知するかを評価する。併せて、同時刺激により、振動刺激・温刺激・冷刺激の知覚閾値がどのように変化しているかを 7 段階スケールにより評価し、同時刺激による触覚の知覚域変化も評価する。これにより、同時刺激時の知覚閾値変化と、複合覚認知の関係が評価され、新装置提示方法の評価、改良が可能となる。

評価実験のプロトコルは、以下の通りである。

1：被験者は、左手手中指を装置表面に載せ、その上から振動提示用音響用スピーカーを載せる。



Fig.1 Evaluation of a New Haptic Rehabilitation Device

- 2: 実験者は、本装置による感覚の同時刺激を行う。
- 3: 被験者は、知覚した物理刺激をスケール評価シートへ回答する。
- 4: 実験者は、被験者に「今の提示した触覚感覚により、認知した触覚はありますか？また、その部位はどこですか？」と回答する。
- 5: 被験者は、実験者の質問に口頭で回答する。
- 6: 実験者は、回答した項目を記入する。
- 7: 順応反応を考慮するため、被験者は指先を振るなどによる1分程度休憩する。

以上の実験を、(1)振動覚刺激のみ、(2)振動覚刺激と温覚刺激、(3)振動覚刺激と冷覚刺激の合計15種類を実施する。また、本実験は、1日1セット行い、3日間の合計3セット実施した。

#### 4. 評価結果

図2から図4に、振動覚刺激を変化させた場合の、(1)から(3)までのスケール評価平均値を示す。この結果から、(2)と(3)の場合のように、振動覚刺激を同時に刺激することでの温覚刺激閾値、冷覚刺激閾値の変化は見られなかったが、(1)のように振動覚刺激閾値は、温覚刺激・冷覚刺激を同時に刺激することで、閾値が上昇することが示された。また、この時の口頭回答による評価では、振動覚刺激と温覚刺激・冷覚刺激を同時に刺激した場合、100Hzでは「特になし」と回答していた被験者が、周波数を増大させるに従い、「手首や肘に振動や痒み、痺れを認知している」と回答していることが示された。

以上をまとめると、図2では、振動覚刺激と温覚刺激・冷覚刺激を同時に刺激することで、振動覚刺激閾値の増加傾向が認められたが、図3・4における温覚刺激・冷覚刺激の刺激閾値の増加傾向は認められなかった。一方で、口頭回答の結果に着目すると、周波数値の増大から、刺激認知部位が提示している左手中指から、手首・肘までに振動が伝搬し、加えて、痒みや痺れという複合的な触覚を認知していることが示された。

#### 5. 考察

本研究では、指先のリハビリテーションの効能をより高めるための、リハビリにおける触覚感覚の早期回復を目指す新装置の提案を目的とし、研究を進めた。本評価結果から、振動覚刺激と温覚刺激・冷覚刺激の同時刺激を行うことで、振動覚刺激閾値が増大し、併せて刺激認知部位が提示している左手中指から、手首・肘までに振動が伝搬し、加えて、痒みや痺れという複合的な触覚を認知していることが示された。

ここで、神経線維は末梢血行障害により脱髄することが知られており、これが原因で感覚障害を引き起こす<sup>(3)</sup>。感覚障害により知覚閾値が縮小し、そのことから患者は触覚感覚を認知しにくくなる。本装置では、被験者の知覚閾値が拡大する現象を引き起こすことが可能であるという結果が得られ、さらに人が嫌悪感を認知する刺激部位以外の振動刺激・痒み刺激・痺れ刺激を提示することが可能である。このことから、本装置は一定量の物理量を提示することで、健常者の知覚閾値と比較することで、触覚機能診断が可能となり、加えて人が嫌悪感を認知する刺激部位以外の振動刺激・痒み刺激・痺れ刺激を提示することが可能であることから、触覚感覚機能回復に効果があるものと考えられる。

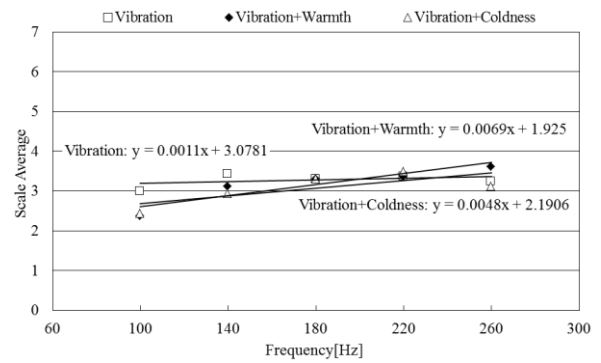


Fig.2 Result of vibration scale average

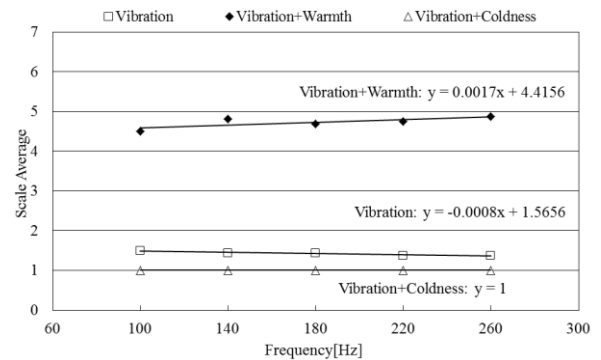


Fig.3 Result of warmth scale average

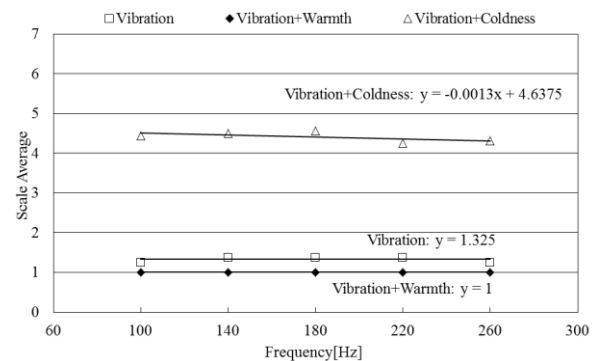


Fig.4 Result of coldness scale average

#### 6. 結言

本研究では、リハビリテーションにおける触覚感覚の早期回復を目指す新装置の提案を目的とし、研究を進めた。簡易評価実験の結果から、振動覚刺激と温覚刺激・冷覚刺激を同時に刺激した時の知覚閾値が増加する結果がみられることや、装置が提示していない部位への振動・痒み・痺れを生起させることが可能であることが示され、本装置を用いた、新たなリハビリテーションの可能性が示唆された。

#### 参考文献

- (1) 近井学, 三宅仁: 温覚・冷覚と他触覚感覚同時刺激の影響. *Biomedical Thermology*, Vol.32, No.2, 65-71, 2013.
- (2) 近井学, 三宅仁: Touch Blend を応用した触覚ディスプレイの開発, *生体医工学*, Vol.52, No.2, 112-118, 2013.
- (3) 八木橋操六: 糖尿病神経障害概論. 豊田隆謙監修. 診療に役立つ糖尿病神経障害の新知識. 東京医学社 (2008), pp.58-87.