

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12501

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25882060

研究課題名(和文) 感覚麻痺を有する脳卒中患者の手指機能の向上のための感覚フィードバック装置の開発

研究課題名(英文) Development of sensory feedback by transcutaneous electrical nerve stimulation for stroke rehabilitation

研究代表者

北 佳保里(Kita, Kahori)

千葉大学・フロンティア医工学センター・助教

研究者番号：60550548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：重度感覚麻痺を有する脳卒中片麻痺患者のマニピュレーション能力の向上を目指した感覚フィードバック装置SENSの開発とその有効性の検証を進めてきた。成果は以下の2点に集約される。

1点目は、多症例でのSENSの有効性の検討である。3名の脳卒中片麻痺患者にSENSを用いた物体把持訓練を実施した結果、SENSを用いた物体把持訓練が、物体を把持する際に、上肢の振るえが生じるような症例のマニピュレーション能力の向上により有効に働く可能性が示唆された。2点目は、携帯型システムの開発である。これにより、自宅や臨床現場においてもSENSの使用が可能となった。

研究成果の概要(英文)：Sensory disturbance is very common following stroke, and severe sensory loss may inhibit the ability of patients to use the affected upper limb in daily activities, even when they have good motor function. We hypothesized that task-specific training with sensory feedback may improve patients' ability to manipulate objects. We developed a system of sensory feedback using transcutaneous electrical nerve stimulation (SENS) for stroke rehabilitation and investigated its effectiveness. In this study, we conducted a case studies with stroke patients. The instability of tip pressure during a cube pinch and lifting task was improved after one hour's training with SENS, although it was not changed by training without SENS. We concluded that SENS would be useful in the rehabilitation of stroke patients with sensory loss.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：リハビリテーション 脳卒中 感覚麻痺 感覚フィードバック 電気刺激

1. 研究開始当初の背景

日本における脳卒中患者は320万人存在し、高齢化に伴い益々増加している[1]. 脳卒中後の80%の患者が片麻痺など運動機能の障害を有し、感覚機能(触覚, 圧覚などの表在感覚や, 位置覚, 運動覚など固有受容感覚)の障害に関しては評価方法の違いにより幅があるが11 - 85% が何らかの障害を有すると報告されている[2]. 運動機能とは受動的・能動的な関節可動域, 痙性, 筋力低下などで評価される機能である. 一般的に, 運動機能の障害が大きい場合, 日常生活において実際に物体を麻痺肢で操作するマニピュレーション機能も大きく阻害され, これら二つの機能は相関する. しかしながら重い感覚障害を有する場合, たとえ運動麻痺が軽度であっても日常生活における麻痺肢の使用を阻害する可能性がある. 感覚機能は運動機能と同様, 手を巧みに使用する際に重要であり, また, 視覚フィードバックと同様, 体性感覚や触覚フィードバックは運動制御や運動学習に必要な不可欠であると考えられる[3].

2. 研究の目的

我々は, これまでに, 脳卒中患者が日常生活において麻痺肢を使用しない原因は, 感覚フィードバックの欠如であると仮定し, 表面電気刺激を用いた感覚フィードバック装置(sensory feedback by transcutaneous electrical nerve stimulation, SENS と略記)を開発してきた. さらに, 重度の感覚麻痺を有する脳卒中片麻痺患者1例に対して, SENSを用いた物体把持訓練を実施した結果, マニピュレーション能力の向上が確認された[4, 5]. 本研究では, 新たに2名の脳卒中片麻痺患者に対して SENS を用いたつまみ動作の訓練を実施してその効果を検証するとともに, SENS を用いた訓練の適用対象となる症例に関して検討を行った.

3. 研究の方法

(1) 患者

実験に参加した患者は2名であり, それぞれ実験に参加する17年前に左視床出血を発症し, 右片麻痺を有する70歳男性, 4年前に左視床出血を発症し, 同様に右片麻痺を有する58歳男性であった. 臨床評価の結果, 両患者の上肢の運動麻痺は比較的軽度であったが, マニピュレーション能力や感覚機能は重度に障害されていた.

(2) 感覚フィードバック装置 SENS

上肢指先の圧情報を皮膚表面への電気刺激に変換してフィードバックする装置 SENS の概観を図1に示す. SENS は, フィルム型圧力センサ(Interlink electronics 製, Standard 400 FSR, 今後 FSR と略記), 圧情報 - 刺激波形変換部(コンピュータ), 刺激生成部(スティミュレータ: 日本光電製 SEN-7203, アイソレータ: 日本光電製 SS-104), 刺激用電極パッド(オムロン社製

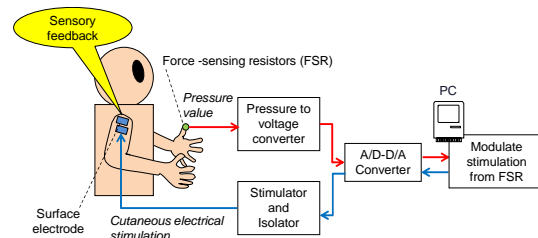


図1 感覚フィードバック装置 SENS の概観.

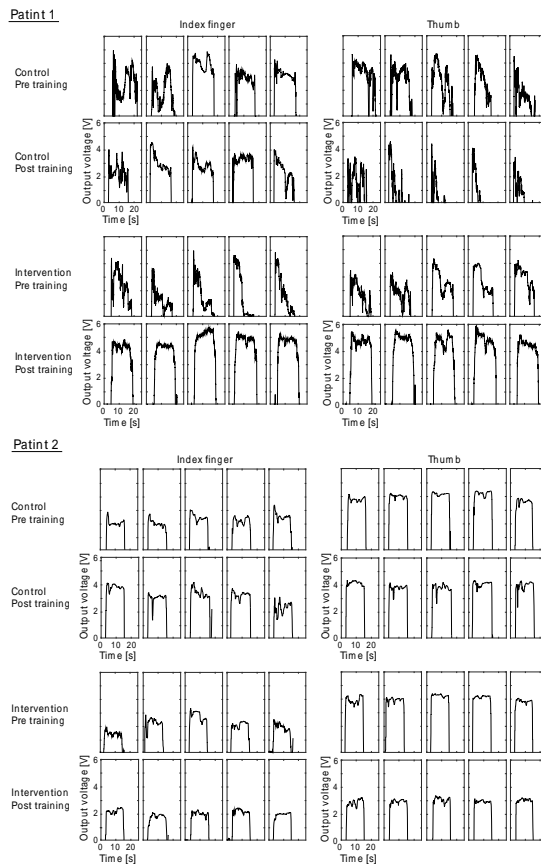


図2. ブロックつまみ・持ち上げ動作時の指先圧力(FSRの電圧値). コントロール時, 介入時の訓練前, 訓練後各5試行の結果を図示.

Omron Elepuls, 電極は2つで1組)で構成される. 患者の指先等にFSRを貼付し, その圧力に応じて刺激の強度を調整し, 感覚がある部位に与える. すなわち, 電気刺激の強度により, 患者は物体把持時の自身の指先の圧力を把握することが可能となる.

(3) タスクと介入方法

短期的な訓練効果を検証するため, SENSあり, なしの訓練をそれぞれ1日ずつ実施した. これらの訓練前に, 患者の運動機能, 感覚機能, マニピュレーション能力の検査を行った. 最初に, SENSなしの訓練(コントロール)を実施し, 患者Iは5日後, 患者IIは49日後にSENSありの訓練(介入)を実施した. 訓練内容は, コントロール, 介入で同様であり, 2.5cm四方の立方体, おはじき, ボタンなどを麻痺側の母指と示指でつまむ訓練を1時間行った.

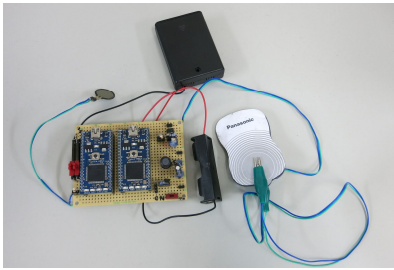


図 3. 携帯型 SENS

FSR は、麻痺側の母指と示指に貼付し、刺激電極は、両側の首の付け根に貼付した。母指、示指の圧力に対応する電気刺激はそれぞれ、麻痺側、非麻痺側にフィードバックした。つまみ動作を行うためには、示指、母指から等しい力を物体にかける必要がある。そこで、患者には、示指、母指から等しい力を発揮するように、すなわち、左右の刺激電極で感じる刺激強度が等しくなるようにタスクを行うよう指示し、訓練を実施した。

4. 研究成果

図 2 は、ブロックつまみ・持ち上げ動作時に示指、母指の FSR から計測した電圧値を示す。コントロール時、介入時の訓練前、訓練後ともに 5 回持ち上げタスクを実施しており、その全試行を示す。患者 I では、コントロール時、訓練前においては、示指、母指の電圧値ともに不安定であった。特に母指では途中で力が抜けていたり、指先がうまくブロックに接触していない様子が見られた。さらに、1 時間の訓練後においても指先圧力の様子に大きな変化は見られなかった。介入時、訓練前におけるブロックつまみ・持ち上げタスク中の示指、母指の指先圧力は、コントロール時と同様に不安定であり、途中でブロックを落としそうになっていた。しかし、SENS を用いた 1 時間の訓練後においては、示指、母指ともにブロック表面に接触し、安定した圧力で把持できていることがわかる。患者 II では、コントロール時、介入時ともに、訓練前後で安定した指先圧力でつまみ動作を行っていた。しかし、介入時のみ、母指、示指の指先圧力は訓練後、安定性を維持したまま低下しており、余分な力が抜けている様子が見られた。

脳卒中においては、発症後 2, 3 週間から 6 か月までが回復期と言われており、その後の慢性期においては、回復期において向上した機能を維持するためにリハビリテーションを行うのが一般的である。本研究に参加した患者らは慢性期であり、通常リハで維持していたマニピュレーション能力が向上したのは、SENS を用いた訓練によるものであると考えられる。

以上より、SENS は重度の感覚麻痺を有する脳卒中患者のマニピュレーション能力の向上を図るリハビリ装置として有効である可能性が示唆された。携帯型 SENS(図 3)の

開発もっており、今後は、さらに多くの症例で SENS の有効性を検証するとともに、病院・研究室外での使用を促進する予定である。

<引用文献>

- [1] Suzuki K. Calculation of stroke events in Japan from 2005 to 2055. Clinic All-Round 2009, 58(2): 194-8, in Japanese.
- [2] Yekutieli M. Sensory re-education of the hand after stroke. London and Philadelphia, Whurr Publishers Ltd., 2000.
- [3] Mann GE, Burrige JH, Malone LJ, Strike PW. A pilot study to investigate the effects of electrical stimulation on recovery of hand function and sensation in subacute stroke patients. Neuromodulation 2005, 8(3): 193-202.
- [4] Kita K, Takeda K, Osu R, Ushiba J, Sakata S, Otaka Y. A sensory feedback system utilizing cutaneous electrical stimulation for stroke patients with sensory loss. In proceedings of the International Conference on Rehabilitation Robotics 2011.
- [5] Kita K, Otaka Y, Takeda K, Sakata S, Ushiba J, Kondo K, Liu M, Osu R. A pilot study of sensory feedback by transcutaneous electrical nerve stimulation to improve manipulation deficit caused by severe sensory loss after stroke. J Neuroeng Rehabil 2013, 10: 55.

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 5 件)

1. 北佳保里, 大高洋平, 坂田祥子, 大須理英子. 脳卒中片麻痺患者のための感覚フィードバック装置の開発 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門研究会, 東京ビックサイト, 東京都江東区, 2014 年 12 月 14-17 日.
2. 大須理英子, 北佳保里. リハビリテーションと脳と運動学習 - 脳卒中片麻痺と局所性ジストニアを対象として - . Japan Society for Motor Control & Neurorehabilitation, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 神奈川県横浜市, 2014 年 8 月 23-24 日.
3. Yu W, Kita K. FES for motor and sensor function restoration. The 8th Shanghai International Congress on Orthopaedic Advanced Techniques and Clinical Translational Research, Shanghai, China, May 17-18, 2014.

4. Kita K, Izawa J, Hosoda C, Honda M, Hanakawa T, Osu R. Brain structure constraints a cost for optimization in muscle force distribution problem. Neuroscience, San Diego, USA, Nov. 9-13, 2013.
5. Kita K. Sensory Feedback by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation to Improve Manipulation Deficit caused by Severe Sensor Loss after Stroke. WCPT-AWP & ACPT Congress, Taichung, Taiwan, Sept.5-9, 2013.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

北 佳保里 (KITA, Kahori)

千葉大学・フロンティア医工学センター・
助教

研究者番号 : 60550548