

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：82636

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22833

研究課題名（和文）体性神経系の恒常性を活用した新しい手指痙縮軽減法の提案

研究課題名（英文）A new method for reducing hand spasticity using homeostasis of somatosensory system

研究代表者

内藤 栄一（Naito, Eiichi）

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室・室長

研究者番号：10283293

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：100Hz程度での手のひらへの振動刺激は手の痙縮(手の握りこみ)を軽減できるという臨床的知見がある。この神経機序を調査すると、手の総指伸筋から筋活動が計測できた。総指伸筋の活動は手指を握りこむ痙縮を軽減する方向への作用であり、この効果が痙縮軽減効果に関わっている可能性が示唆された。さらに、手のひらに振動刺激を受けながら、同時に手の動きの視覚映像を見る視覚-体性感覚痙縮軽減装置を開発した。振動刺激を受けながら、同時に手の動きを観察し、この映像に合わせて手の動きの運動イメージをさらに付与すると、皮質脊髄路の興奮性が増大した。振動刺激の効果は、視覚映像と運動イメージを付加することでさらに増強できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

100Hz程度での手のひらへの振動刺激は手の痙縮(手の握りこみ)を軽減できるという臨床的知見があるが、その神経メカニズムは不明であった。本研究では、この刺激中に手の総指伸筋から筋活動が計測できることを初めて示した。総指伸筋の活動は手指を握りこむ痙縮を軽減する方向への作用であり、このような効果が痙縮軽減効果に関わっている可能性が示唆された。さらに、手のひらに振動刺激を受けながら、同時に手の動きの視覚映像を見る視覚-体性感覚痙縮軽減装置を開発した。この装置を使って、手の動きの視覚映像と運動イメージを組み合わせることで、振動刺激の効果はより増強できる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：There is clinical evidence that vibration stimulation of the palm of the hand at about 100 Hz can reduce hand spasticity (stiffness of hand muscles). When investigating this neural mechanism, we found muscle activity in the hand extensor muscle. The activity of the extensor muscle is directed toward reducing hand clasp spasticity, suggesting that this effect may be involved in the reduction of spasticity. In addition, a visual-somatosensory spasticity reduction device was developed that simultaneously provides a visual image of hand movements while receiving vibration stimulation to the palm of the hand. The excitability of corticospinal tracts was increased when hand movements were simultaneously observed while receiving the vibration stimulation and motor imagery of hand movements was further given in conjunction with these visual images. The effect of vibration stimulation was further enhanced by the addition of visual images and motor imagery of hand movements.

研究分野：神経科学

キーワード：振動刺激 視覚-体性感覚痙縮軽減装置 皮質脊髄路興奮性 筋電図 ニューロリハビリテーション 運動イメージ 経頭蓋磁気刺激

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

100Hz程度での手のひらへの振動刺激は手の痙縮(手の握りこみ)を軽減できるという臨床的知見がある。この方法は運動機能再建リハビリテーションの現場で広く使われているが、この神経メカニズムに関しては不明な点が多く、この解明が急務であった。

### 2. 研究の目的

#### (1) 第一実験

手のひらへの振動刺激が起こす神経系での変化について、筋電図を計測することで調査した(図1)。

#### (2) 第二実験

第一実験から、手のひらへの振動刺激は、脊髄回路だけでなく、運動野などの大脳皮質を経由したlong-loop反射回路も活性化していることがわかった(研究成果4(1)参照)。そこ



図1 第一実験のセットアップ

で、手のひらへの振動刺激の介入効果を増強させるべく、視覚-体性感覚痙縮軽減装置を開発した(図2)。この装置では、被験者が手のひらに振動刺激を受けながら、同時に手の動きの視覚映像を見ることができる。手のひらへの振動刺激が、運動野などの大脳皮質を経由したlong-loop反射回路も活性化しているならば、運動野皮質脊髄路の興奮性も上昇しているはずであり、この興奮性は手の動きの視覚映像を見るなどの付加的な介入を加えることで、さらに増強できるはずであるという仮説を検証した。



図2 視覚-体性感覚痙縮軽減装置

### 3. 研究の方法

#### (1) 第一実験

7名の片麻痺患者と22名の健常若年成人を対象に、手のひらに111Hzの振動刺激を与えた(図1)。このとき、手の浅指屈筋および総指伸筋の両方から筋活動を計測し、これを解析した。

#### (2) 第二実験

手のひらに振動刺激(Vibration)を受けながら、同時に手の動きの視覚映像(Movie)を観察している最中に、手とは反対側の運動野に単発経頭蓋磁気刺激をし、このときの皮質脊髄路の興奮性の変化を健常若年被験者11名で調査した。この研究では、さらに、振動刺激を受けながら、同時に手の動きの視覚映像を観察して、この映像に合わせて運動をイメージする課題(Imagery)も行い、このときの皮質脊髄路の興奮性の変化も調査した。興奮性の度合いは、筋肉から記録した運動誘発電位の大きさで評価した。

### 4. 研究成果

#### (1) 第一実験

手のひらに振動刺激を与えると、すべての被験者が、手指を握る方向への感覚と手指を伸ばす方向への感覚の両者を体験することがわかった。この時の筋電図を解析すると、手の浅指屈筋および総指伸筋の両方から筋活動が計測できた(図3)。手の浅指屈筋の筋活動は、手指を握る方向への感覚に関係すると考えられた。一方、手の総指伸筋の筋活動は、

手指を伸ばす方向への感覚に関係すると考えられた。手のひらに振動刺激を与えて伸筋群から筋活動が出現する神経回路は脊髄の反射回路では知られていないため、運動野などの大脳皮質を経由したlong-loop反射回路も活性化していることが推測された。この総指伸筋の活動は手指を握りこむ痙縮を軽減する方向への作用であり、このような効果が痙縮軽減効果に関わっている可能性が示唆された。この成果はBrain Injuryに掲載された[1]。

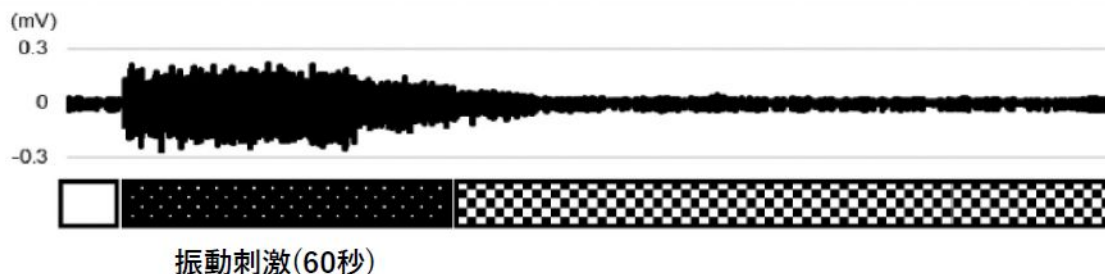


図3 振動刺激中の総指伸筋活動

## (2)第二実験

手のひらに振動刺激を受けながら (Vibration)、同時に手の動きの視覚映像を観察すると (Movie)、皮質脊髄路の興奮性が上昇したが、この興奮性は振動刺激のみを受けた場合と大きくは変わらなかった。一方で、手のひらに振動刺激 (Vibration) を受けながら、同時に手の動きの視覚映像 (Movie) を観察し、この映像に合わせて手の動きの運動イメージ (Imagery) をさらに付与すると、皮質脊髄路の興奮性は大きく増大した (図4)。これらの結果は、手のひらへの振動刺激の効果は、視覚映像と運動イメージを付加することによってさらに増強できることを意味した。つまり、振動刺激の効果は、視覚系という異なる感覚モダリティからの入力と運動意図などのトップダウン入力とを組み合わせると、より増強できることが示された。この結果は、Journal of Behavioral and Brain Scienceに掲載された[2]。

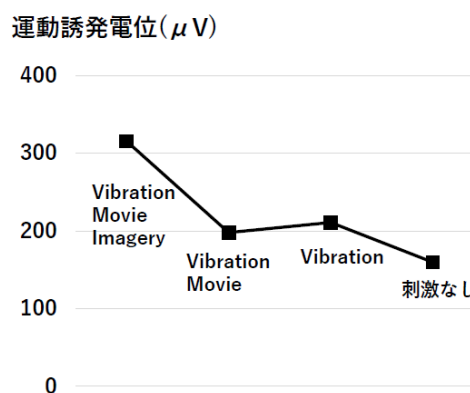


図4 様々な条件下での総指伸筋の興奮性の変化

## <引用文献>

[1] Kimura N, Sato M, Kobayashi Y and \*Naito E Augmented activity of the forearm extensor muscles induced by vibratory stimulation of the palm of the hand in individuals with subacute post-stroke hemiplegia. Brain Injury <http://dx.doi.org/10.1080/02699052.2022.2048694>, 2022.

[2] Kimura N, Furuta T, Miura G and \*Naito E Combining motor imagery and action observation with vibratory stimulation increases corticomotor excitability in healthy young adults. Journal of Behavioral and Brain Science 12(5), 177-195, DOI: 10.4236/jbbs.2022.125010, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能障害に対する振動誘発運動感覚錯覚課題の有効性	4. 巻 40
2. 論文標題 湯川喜裕、水口茉理菜、内藤栄一	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 作業療法	6. 最初と最後の頁 12 17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura N, Sato M, Kobayashi Y, Naito E	4. 巻 -
2. 論文標題 Augmented activity of the forearm extensor muscles induced by vibratory stimulation of the palm of the hand in individuals with subacute post-stroke hemiplegia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Injury	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02699052.2022.2048694	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kimura N, Furuta T, Miura G, Naito E	4. 巻 12
2. 論文標題 Combining motor imagery and action observation with vibratory stimulation increases corticomotor excitability in healthy young adults	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Behavioral and Brain Science	6. 最初と最後の頁 177 195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/jbbs.2022.125010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 7件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 脳内身体表現の理解と応用
3. 学会等名 新化学技術推進協会 ライフサイエンス技術部会 脳科学分科会 講演会 Zoom講演（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 人の脳内身体表現の理解と応用
3. 学会等名 応用脳科学アカデミー&ワークショップ アドバンスコース「ブレインヘルスケアとリハビリテーション」第1回 講演会 Zoom講演（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 身体認知と運動制御の脳内神経基盤を発達、特殊化、損傷、機能回復の観点から考える
3. 学会等名 京都府理学療法士会 生涯学習部講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 身体運動が創発する脳の発達、特殊化と機能改善
3. 学会等名 第27回脳の世紀シンポジウム 運動/スポーツと脳（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 脳を知り、脳を活かす -脳内身体表現の理解と応用-
3. 学会等名 NICT研究講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 脳内身体表現と運動制御のシステム
3. 学会等名 第37回日本感覚統合学会姫路大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤栄一
2. 発表標題 脳を知り、脳を活かす -脳内身体表現の理解と応用-
3. 学会等名 九州ICTセミナー2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	佐藤 万美子  (Sato Mamiko)	福井総合病院	
研究協力者	小林 康孝  (Kobayashi Yasutaka)	福井総合病院	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------