

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700521

研究課題名（和文）

痙縮による手指脱力障害に対する模倣運動の効果

研究課題名（英文）

The effect of visual information of another person's movement to the impairment of relaxing muscle contraction after stroke.

研究代表者

大内田 裕（OOUCHIDA YUTAKA）

東北大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：80510578

研究成果の概要（和文）：

脳卒中により運動障害が生じた場合、痙縮などにより運動時に徐々に筋の興奮を脱力することができず手指の支配筋が強直してしまい、適切な運動が出来なくなることが起こる。そこで、本申請研究では、他者の運動観察により、筋の脱力を学習することが可能かを検討した。他者の手指開閉反復動作の模倣運動条件と、自己の手指を見て開閉動作を行う統制条件を比較し、第2指 PIP 関節の平均伸展角度と反復動作による角度減衰を計測し比較を行った。その結果、平均伸展角度は、両条件とも差はなく、動作反復の角度減少は、模倣運動条件の方が少なく、模倣運動の効果が認められた。

研究成果の概要（英文）：

Patients with motor paresis after stroke have often impaired in the ability to release the muscle contraction appropriately. And then this causes the muscles controlling paralyzed limb to get co-contracted gradually while the patients move the paralyzed limb voluntarily. Imitation learning is one of the effective motor learning strategy where a learner get information that should be learned from observing the movements performed by another person. Here I applied this imitation movement to the impairment in release muscle contraction. Compared with the voluntary movements, the imitation movement had got less co-contracted while the subjects repeated in performing finger extension-flexion movement.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

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：リハビリテーション医学、ミラーニューロン、運動観察学習、痙縮、脳卒中、手指運動

1. 研究開始当初の背景

我々は、日常生活で非常に巧緻な手指の運動を行っている。例えば、箸を使用したり、爪楊枝などの細い物体を摘むなどの動作は、手指の微細な制御を必要とする。この微細で巧緻な運動制御には、適切なタイミングで力発揮を行うと同時に、適切なタイミングで力を抜く（脱力する）という制御が重要になる。もし、適切なタイミングで脱力ができなければ、次の運動に移れなくなったり、不必要な運動が混入する事になり巧緻な運動が出来なくなる。サル的一次運動野に抑制性神経伝達物質 GABA（ガンマアミノ酪酸）を抑制する薬剤を投与し、抑制性の神経伝達を阻害すると巧緻な運動が障害される事が報告されている(松村ら 1992)。このように我々の運動は、筋を興奮させ力を発揮するだけでなく、力を適切に脱力させることも非常に重要である。

脳卒中により運動障害が生じた場合、痙縮などにより筋の興奮性を適切に脱力するという機能が障害されることが多々生じる。例えば、一度何かを握るとすぐに力が抜く事が出来ずそのまま握りしめたままであったり、運動に不必要な部位の共同運動が生じたりすることにより巧緻な運動が出来なくなる。現在のリハビリテーションアプローチでは、脱力できない四肢にストレッチなど行うという末梢へのアプローチが中心である。しかしながら、末梢に対するアプローチのみでは、筋の興奮抑制、不適切な部位の運動抑制という脱力に対しては不十分である。積極的に脱力の仕方を学習するためには、脳が抑制性の運動指令を出力するようになる必要が有る。そのため、末梢の病的状態（筋緊張状態）を補償するような運動プログラムをつくるという脳へのアプローチが重要となるだろう。

近年、神経科学の分野において、自己の運動実行に関与する運動関連領野のなかに、他者の運動を観察するだけでも活動する脳領域があることが報告された。この領域は、ミラーシステムと呼ばれ、他者運動という視覚情報から自己の運動プログラムを作り出すという機能に関与していると考えられ、特に、模倣運動を行うための神経基盤として重要視されている。テレビなどで相撲やボクシングなどの格闘技といった誰かが力を出しているのを見ているとき無意識のうちに肩や腕に力が入っている事をよく経験する例など、このミラーシステムの関与と考えられる。Fadiga (1995)らは、他者が力発揮をするのを観察しているときの一次運動野の活動を経頭蓋磁気刺激法 (TMS) を用いて運動誘発電位(Motor evoked potential)で調べた。その結果、運動観察中には、観察している運動で主

動筋となる筋を支配する皮質脊髄路が賦活しており、運動に関係ない筋支配を行っている皮質脊髄路の活動は変化しなかった事を報告している。このことは、他者運動という視覚情報が、観察者の筋制御に影響を与える事を示している。ただし、今まで報告されている模倣運動や運動観察の研究では、主に力発揮を促す方向でしか研究されていない。しかしながら、他者運動の視覚情報から自己の運動プログラムを作り出すというミラーシステム特性から、筋の興奮をどのタイミングで抑えるかという情報も他者運動から利用されていても不思議ではない。

そこで、他者運動を観察し模倣するという模倣運動を利用すれば、筋の活動を抑制するという事を学習できるのではないだろうか？ もし、模倣学習により力の脱力を学習する事が出来れば、随意的に筋の抑制指令を脳から出力する事が出来るようになり、慢性期の片麻痺患者の巧緻な運動制御も向上することが期待できる。以上から、脳卒中後に見られる適切な筋の抑制が出来ない患者に、力を入れている状態から脱力させる運動を観察させ、同時に模倣をさせることにより、筋の活動抑制障害を改善させ、巧緻運動障害に効果ある訓練となり得ると着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、他者が行う運動を模倣するとき、どの筋を活動させるかという情報のみならず、どの筋の活動を抑制するかという情報も模倣する事が出来るかを調べるという事、さらにその知見を応用して脳卒中後の巧緻運動障害に対する運動機能改善を目的とした治療法を探索する事である。

3. 研究の方法

脳卒中後慢性期運動麻痺患者 5 名に対して、他者運動の模倣運動と自己運動の 2 種類の運動を行い、それぞれの運動が与える手指運動機能への影響を調べた。

●被験者

全症例は、発症より 1 年以上経過した慢性期にあり、損傷部位は、全症例左右どちらかの被殻を含み、皮質部には特に異常所見は認めなかった。麻痺側手指運動機能は、Brunnstrom Stage で 2 から 5、感覚障害は 4 名中 2 名が触覚、深部感覚においてほぼ感覚脱失。また、実験前に MRI にて Diffusion

Tensor Imaging を撮影し、fiber tracking により皮質脊髄路の描出を試みた結果、全被験者とも損傷側の皮質脊髄路のみ描出不能であった。

● 実験条件

模倣運動条件

模倣運動条件では、被験者はヘッドマウントディスプレイを装着し、0.125Hz の非常に速度の遅い手指の伸展・屈曲運動を 10 往復観察し、観察している運動を同時に模倣することが求められた。この時、被験者は、自己の手の状態は見る事が出来ない。

自己運動条件

自己運動条件は、統制条件として模倣運動条件と同じタイミングで運動を行うために運動開始音を鳴らし、その音に合わせて、自己の手を見ながら手指の開閉運動を行った。実験は、この 2 条件を被験者間でカウンターバランスを取り、条件間の順序効果を排除した。



図 1 視覚刺激提示方法：被験者はヘッドマウントディスプレイを装着し、このディスプレイ上に視覚刺激の提示を行った

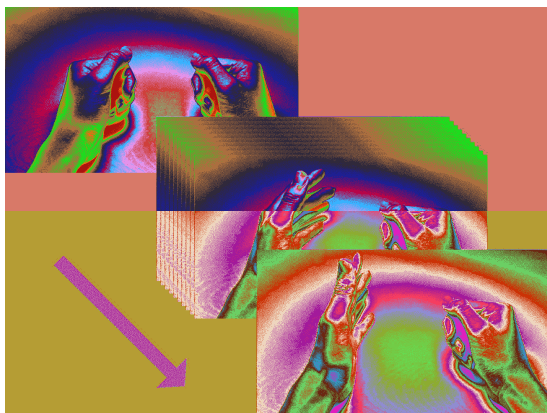


図 2 被験者に提示した患側指の開閉周期運動の視覚刺激

● 計測指標

評価指標として、第 2 指 PIP 関節の平均伸展角度と 10 回的手指開閉運動における伸展角度の減衰度の 2 つを用いた。平均伸展角度は、10 回的手指開閉運動時の平均伸展角度を採用した。伸展角度の減衰度は、手指開閉運動 10 回の伸展角度を計測し、回帰直線の傾きとした (図 3 参照)。

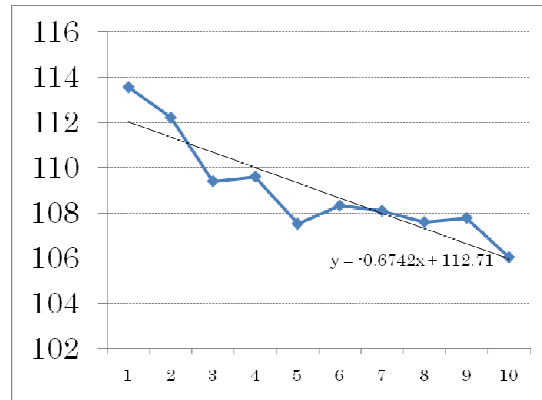


図 3 計測指標。第 2 指の伸展角度が Y 軸、運動回数が X 軸

4. 研究成果

模倣運動は、自己運動と比較して、伸展角度の減衰度が少なかった (図 4)。ただし、平均伸展角度では差が見られなかったことより、大きく運動機能が変化したとは考えられない (図 5)。おそらく、模倣運動では、手指伸展の力発揮というより、効率的な脱力という脱力制御が行えていたと考えられる。なぜならば、自己運動条件に比べて伸展角度の減衰度が低いということは、運動回数により脱力されず徐々に積算されていく筋興奮量が少なかったことを意味するからである。

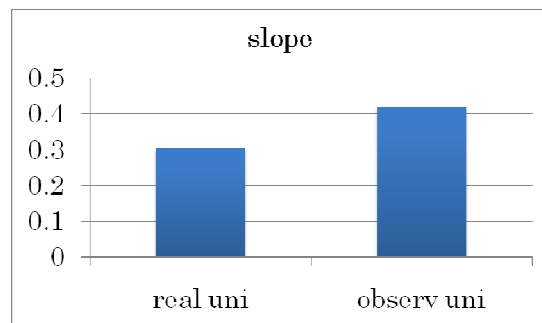


図 4 伸展角度の減衰度。Y 軸は、回帰直線の傾きを示し、X 軸は、自己運動条件 (real uni.) と模倣運動条件 (observ uni.)

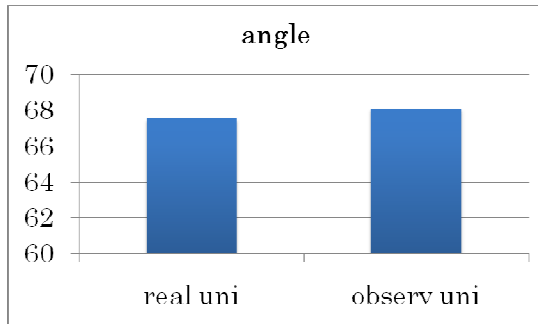


図5 平均伸展角度。Y軸は、第2指PIP関節の伸展角度。X軸は、運動条件で自己運動条件（real uni）模倣運動条件（observ uni）

以上より、模倣運動では、運動回数による手指の運動機能の低下は、通常行う随意的手指運動に比べて少なかった。このことは、模倣運動を用いれば、良いパフォーマンスの運動がより多く行え、そのことにより運動学習がさらに効率良く進むことが期待できる。本研究では、より日常生活に影響すると考えられる運動回数による運動の減衰度を指標としたが、さらには、筋電図を用いた筋活動も指標として捉える必要があり今後の課題としたい。

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）

〔雑誌論文〕（計1件）

1. Hirose S, Oouchida Y, Matsumura M, Naito E: Viewing hand grip enhances observer's grip force in a body-part-specific manner. Neuroreport. 20(16):1477-80,2009（査読有）

〔学会発表〕（計4件）

1. 阿部玄治、大内田裕、出江紳一：随意運動時における痙縮評価指標の検討 低頻度反復磁気刺激前後における比較を通して。第2回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会、2011年2月12日、名古屋
2. 鈴木栄三郎、大内田裕、出江紳一：左右運動前野における反応抑制の制御方式の違い。第2回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会、2011年2月12日、名古屋
3. 大内田 裕、鈴木栄三郎、西嶋一智、出

江紳一：強制把握における反応抑制障害の検討、第47回日本リハビリテーション医学会学術集会、2010年5月20～22日、鹿児島

4. 大内田 裕、鈴木栄三郎、西嶋一智、出江紳一：振動刺激が強制把握の力制御に与える影響、第47回日本リハビリテーション医学会学術集会、2010年5月20～22日、鹿児島

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

大内田 裕 (OOUCHIDA YUTAKA)

東北大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：80510578