

等尺性収縮を用いた母指対立運動の運動イメージ 収縮強度が脊髄神経機能の興奮性に与える影響

*Influence of Motor Imagery of Isometric Opponens Pollicis Activity on the Excitability
of Spinal Neural Function—Comparison of Contraction Strength*

文野 住文¹⁾ 鈴木 俊明^{1,2)}

YOSHIBUMI BUNNO, RPT¹⁾, TOSHIAKI SUZUKI, RPT, DMSc^{1,2)}

¹⁾ Graduate School of Health Science Studies, Kansai University: 2-11-1, Kumatori-cho wakaba, Sennan-gun, Osaka 590-0482, Japan. TEL+81 72-453-8374 E-mail: 11g006@kansai.ac.jp

²⁾ Clinical Physical therapy Laboratory, Faculty of Health Sciences, Kansai University of Health Sciences

Rigakuryoho Kagaku 27(3): 335-339, 2012. Submitted Jan. 6, 2012. Accepted Feb. 12, 2012.

ABSTRACT: [Purpose] To study the difference of the excitability of spinal neural function at 10 and 50%MVC motor imagery. [Subjects] Subjects were 25 healthy subjects, mean age of 24.7±7.27 years. [Methods] We recorded the F-wave under 3 conditions. 1) In the rest condition, we recorded F-wave during relaxation. 2) At 10 and 50%MVC motor imagery, subjects were asked to imagine contraction while holding a pinch meter. 3) In the after imagery period, we recorded the F-wave at 0, 5, 10 and 15 minutes after imagery. [Results] Both persistence and the amplitude ratio of F/M during 10 and 50%MVC imagery were significantly higher than that at rest. The relative values of 50%MVC imagery to rest tended to be higher than those of 10%MVC imagery. [Conclusion] We consider that 50%MVC motor imagery increased the excitability of the spinal neural function more than 10%MVC motor imagery.

Key words: motor imagery, F-wave, isometric opponens pollicis contraction

要旨:〔目的〕イメージする等尺性収縮による母指対立運動の収縮強度の違いによる脊髄神経機能の興奮性変化をF波を用いて検討した。〔対象〕平均年齢24.7±7.27歳の健常者25名とした。〔方法〕F波測定を安静時、ピンチメータを軽く把持しながら最大収縮の10%または50%収縮強度での母指対立運動をイメージした状態（10%運動イメージ試行、50%運動イメージ試行）、運動イメージ直後、5分後、10分後および15分後の各時点で、この順に行った。〔結果〕F波出現頻度、振幅F/M比は、10%・50%運動イメージ試行共に安静試行と比較して有意に増加した。また、安静時に対する50%運動イメージの振幅F/M比の相対値が10%条件と比較して増加傾向であった。〔結語〕運動イメージの際、目的とする運動を行う筋の収縮強度を考慮する必要があると考えられた。

キーワード: 運動イメージ, F波, 母指対立運動

¹⁾ 関西医療大学大学院 保健医療学研究科:大阪府泉南郡熊取町若葉2-11-1 (〒590-0482) TEL 072-453-8374

²⁾ 関西医療大学 保健医療学部 臨床理学療法学教室

I. はじめに

近年、リハビリテーションにおける運動イメージの有効性が注目されている。運動イメージを想起することにより、運動実行と同様に神経機構を賦活することができ、実際の運動に類似する学習効果があるとされ、この結果を支持する報告も少なくない¹⁻³⁾。運動イメージは、随意運動が困難な患者に対して身体的な負荷を増加することなく、中枢レベルでの運動を反復させることができる有効な治療手段の一つであり、医学的問題で身体活動が制限されている時や運動実施が禁忌な場合においても、この運動イメージにより運動機能の改善を図ることができる。

鈴木ら⁴⁾は、健常者を対象としてピンチメータのセンサーを把持しながら母指対立筋の最大努力の50%強度における等尺性収縮を学習させ、十分な休憩をとった後、センサーを軽く把持しながら50%収縮をイメージすると脊髄神経機能の興奮性が増大すると報告している。さらに鈴木ら⁵⁾は、健常者を対象としてピンチメータを把持しながら運動イメージを行った場合と把持しないで運動イメージを行った場合の脊髄神経機能の興奮性変化をF波を用いて比較した。センサー把持あり、およびセンサー把持なしでの運動イメージの測定は別の日に行った。結果、センサーを把持しながら運動イメージを行う方が、センサーを把持しないで運動イメージを行うよりも脊髄神経機能の興奮性が増大すると報告している。また鈴木ら⁶⁾は、運動イメージ時の視覚の有無による脊髄神経機能の興奮性変化をF波を用いて検討した。開眼および閉眼での運動イメージの測定は別の日に行った。結果、開眼での運動イメージ、閉眼での運動イメージ共に脊髄神経機能の興奮性は増大するが、開眼での運動イメージと閉眼での運動イメージ間に大きな差異は認めなかったと報告している。これまでに運動イメージ時の環境や運動イメージ方法の相違による検討を行っているが、イメージする収縮強度の違いによる検討を行っていない。本研究では、イメージする収縮強度の違いによる脊髄神経機能の興奮性変化を検討するため、イメージする収縮強度の異なる条件間で比較した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、本研究に同意を得られた健常者25名（男性13名、女性12名）とした。平均年齢は 24.7 ± 7.27 歳であった。

2. 方法

被験者を背臥位とし、左側正中神経刺激によるF波を左母指球筋より導出した。環境設定として、室温は

25°Cを保つようにした。F波刺激条件は、刺激頻度0.5Hz、刺激持続時間0.2 ms、刺激強度はM波最大上刺激（M波最大刺激の1.2倍の強度）、刺激回数は30回とした。最初に安静時の試行（安静試行）として、上下肢が左右対称の解剖学的基本肢位でピンチメータ（Unipulse製 Digital indicator F304A）のピンチ力表示部を注視させ、この状態でF波を測定した。次に、ピンチメータを用いて測定された左側母指と示指による対立運動でピンチメータのセンサーを1分間持続して把持できる最大のピンチ力に対し、その10%の大きさのピンチ力で対立運動を練習させた。ピンチ力の調整は、被験者自身がピンチ力表示部分に表示される実測値を見ながら対立運動を行う、視覚によるフィードバックを用いた。十分な休憩をとった後、ピンチメータのセンサーを軽く把持しながら10%収縮強度の対立運動をイメージした状態（10%運動イメージ試行）で左母指球筋よりF波を測定した。この時安静試行同様に開眼でピンチ力表示部を注視させ、験者はピンチ力が発揮されていないことを確認した。さらに運動イメージ試行直後、5分後、10分後、15分後においても同様にF波を測定した。以上の測定の流れを10%条件とした。また50%条件として、10%条件と同様の流れで測定を行った。最後に、50%収縮強度の運動イメージ課題（50%運動イメージ試行）におけるF波測定をイメージによる疲労を考慮し、これまでの測定日と異なる日に行った。

F波分析項目は、出現頻度、振幅F/M比および立ち上がり潜時とした。

本研究における検討は、第1に10%条件、50%条件について個々に行った。まず個々の条件におけるF波出現頻度、振幅F/M比および立ち上がり潜時の測定値の正規性を検討するためにKolmogorov-Smirnov検定とShapiro-Wilk検定を行った結果、その正規性が棄却された。よってノンパラメトリック検定の対応のある分散分析であるFriedman検定を行った。さらに個々の条件における2試行間の比較として、Wilcoxon符号付順位検定を行った。第2に運動イメージ試行、運動イメージ直後、5分後、10分後、15分後、それぞれにおけるF波出現頻度、振幅F/M比について安静試行を1とする相対値を求め、10%、50%条件の対応する2つの試行間で対応するこれらの値の比較をWilcoxon符号付順位検定により比較した。統計解析には、統計解析ソフトSPSS ver.16を用いて行った。

III. 結果

10%、50%個々の条件における検討では、F波出現頻度は、10%運動イメージ試行（Wilcoxon符号付順位検定； $p < 0.01$ 、表1）、50%運動イメージ試行（Wilcoxon符号付順位検定； $p < 0.01$ 、表2）共に安静試行と比較して有意

表1 10%収縮強度の運動イメージにおけるF波変化

	安静試行	10%運動 イメージ試行	直後	5分後	10分後	15分後
F波出現頻度 (%)	73.2 ± 24.9	93.9 ± 7.60**	73.5 ± 27.7	71.3 ± 26.8	68.2 ± 26.6	65.3 ± 28.1
振幅F/M比 (%)	1.84 ± 1.45	4.35 ± 5.16**	1.80 ± 1.53	1.90 ± 1.30	2.00 ± 1.57	1.84 ± 1.39
立ち上がり潜時 (ms)	24.7 ± 1.75	24.4 ± 1.98	25.0 ± 1.84	24.8 ± 2.03	24.7 ± 2.20	25.0 ± 2.08

平均値 ± 標準偏差 安静試行と10%運動イメージ試行の2試行間の比較, ** : p<0.01

安静試行: 安静時

10%運動イメージ試行: ピンチメータを軽く把持しながら最大収縮の10%収縮強度での母指対立運動イメージ

直後: 運動イメージ直後 5分後: 運動イメージ5分後 10分後: 運動イメージ10分後 15分後: 運動イメージ15分後

表2 50%収縮強度の運動イメージにおけるF波変化

	安静試行	50%運動 イメージ試行	直後	5分後	10分後	15分後
F波出現頻度 (%)	73.6 ± 24.9	95.4 ± 12.1**	69.5 ± 26.8	69.3 ± 24.2	67.6 ± 26.0	67.2 ± 27.5
振幅F/M比 (%)	1.42 ± 0.80	6.22 ± 7.65**	1.47 ± 0.88	1.90 ± 1.72	1.62 ± 1.26	1.91 ± 1.51
立ち上がり潜時 (ms)	24.6 ± 1.83	24.4 ± 2.09	24.4 ± 1.71	24.6 ± 1.87	24.5 ± 1.88	24.5 ± 1.71

平均値 ± 標準偏差 安静試行と50%運動イメージの2試行間の比較, ** : p<0.01

安静試行: 安静時

50%運動イメージ試行: ピンチメータを軽く把持しながら最大収縮の50%収縮強度での母指対立運動イメージ

直後: 運動イメージ直後 5分後: 運動イメージ5分後 10分後: 運動イメージ10分後 15分後: 運動イメージ15分後

な増加を認めた。振幅F/M比は、10%運動イメージ試行 (Wilcoxon符号付順位検定; p<0.01, 表1), 50%運動イメージ試行 (Wilcoxon符号付順位検定; p<0.01, 表2) 共に安静試行と比較して有意な増加を認めた。また運動イメージ直後、5分後、10分後および15分後におけるF波出現頻度、振幅F/M比は、10%・50%条件共に安静試行と比較して有意差を認めなかった。立ち上がり潜時は各試行間での差異を認めなかった(表1, 2)。

10%条件と50%条件を比較すると、安静試行に対する50%運動イメージ試行のF波出現頻度は、10%条件と比較して有意差はみられなかった(表3)。安静試行に対する50%運動イメージ試行の振幅F/M比相対値が、10%条件と比較して増加傾向がみられた (Wilcoxon符号付順位検定; p = 0.0953, 表4)。運動イメージ後の試行間では有意差は認めなかった。

IV. 考 察

F波は、 α 運動ニューロン軸索を通る逆行性伝達の結果として生じるものである。つまりF波出現頻度、振幅F/M比は、脊髄神経機能の興奮性の指標と考えることができる。

運動イメージが脊髄神経機能の興奮性に与える影響に

関しては様々な報告がある。谷口ら⁷⁾は、3時間の意図的安静と共に左母指外転筋運動イメージを行い、その影響を左母指外転筋より得られるF波を用いて検討した。意図的安静だけであれば、F波は安静前と比較して有意に低下するが、安静と共に運動イメージを行うと、F波は安静前と比較して有意な差を認めず、安静前のレベルを維持していた。鈴木ら⁴⁾は健常者を対象としてピンチメータのセンサーを把持しながら母指対立筋の最大努力の50%強度における等尺性収縮を学習させ、十分な休憩をとった後、センサーを軽く把持しながら50%収縮をイメージすると脊髄神経機能の興奮性が増大すると報告している。さらに鈴木ら⁵⁾は、健常者を対象としてピンチメータを把持しながら運動イメージを行った場合と把持しないで運動イメージを行った場合の脊髄神経機能の興奮性変化をF波を用いて比較した。センサー把持あり、およびセンサー把持なしでの運動イメージの測定は別の日に行った。ピンチメータのセンサーを軽く把持した状態と把持しない状態共にF波は増加傾向を認め、その傾向はセンサーを軽く把持した状態により顕著であった。鈴木ら^{4,5)}は母指と示指の対立運動の運動イメージで、大脳皮質から脊髄への下行性線維の影響で母指球筋に対応する脊髄神経機能の興奮性が増加すると考察し、さらに鈴木ら⁵⁾は運動イメージの際には実際の運動に近い肢

表3 F波出現頻度における運動イメージ相対値比較

	運動イメージ試行	直後	5分後	10分後	15分後
安静時を1とする相対値(10%条件)	1.51 ± 0.80	1.03 ± 0.35	1.02 ± 0.42	0.99 ± 0.55	0.93 ± 0.40
安静時を1とする相対値(50%条件)	1.58 ± 1.10	0.97 ± 0.24	0.98 ± 0.29	0.93 ± 0.19	0.91 ± 0.17

平均値±標準偏差

安静試行：安静時

運動イメージ試行：ピンチメータを軽く把持しながら最大収縮の10%および50%収縮強度での母指対立運動イメージ

直後：運動イメージ直後 5分後：運動イメージ5分後 10分後：運動イメージ10分後 15分後：運動イメージ15分後

表4 振幅F/M比における運動イメージ相対値比較

	運動イメージ試行	直後	5分後	10分後	15分後
安静時を1とする相対値(10%条件)	2.50 ± 1.61	1.12 ± 0.59	1.23 ± 0.63	1.18 ± 0.52	1.10 ± 0.52
安静時を1とする相対値(50%条件)	4.33 ± 4.20	1.07 ± 0.55	1.22 ± 0.57	1.10 ± 0.41	1.37 ± 1.11

平均値±標準偏差

安静試行：安静時

運動イメージ試行：ピンチメータを軽く把持しながら最大収縮の10%および50%収縮強度での母指対立運動イメージ

直後：運動イメージ直後 5分後：運動イメージ5分後 10分後：運動イメージ10分後 15分後：運動イメージ15分後

目で実施することが重要であると述べている。

これより運動イメージ試行におけるF波出現頻度と振幅F/M比が、安静試行と比較して増加したことについて、先行研究でも考察されているように、母指と示指の対立運動の運動イメージで、大脳皮質から脊髄への下行性線維の影響で母指球筋に対応する脊髄神経機能の興奮性が増加することを示唆している。運動イメージは、一次感覚運動野、補足運動野、運動前野の大脳皮質レベルの興奮性を増大させるといわれている⁸⁻¹⁰⁾。大脳皮質レベルの興奮性の増大に加えて、本研究はピンチメータを母指と示指で軽く把持しながらの運動イメージ試行であることから、皮膚固有受容器からの影響が考えられる。触圧覚の感覚伝導路は前脊髄視床路であり、脊髄を上行した後、視床を経由して一次体性感覚皮質に投射する。さらに一次体性感覚皮質は、運動皮質への豊富な投射と脳幹や脊髄の運動中枢への下行性投射をもつ¹¹⁾とされている。これより、運動イメージによる大脳皮質レベルでの興奮性増大に加え、ピンチメータからの触圧覚刺激が、相乗効果として脊髄神経機能の興奮性増大に影響を与えたと考えられる。

10%・50%条件共に運動イメージ直後、5分後、10分後および15分後のF波出現頻度、振幅F/M比は、安静試行と比較して大きな差異を認めなかった。これより、運動イメージによる脊髄神経機能の興奮性増大の効果は、運動イメージ中のみであることが示唆された。

安静試行に対する50%運動イメージ試行の振幅F/M比相対値が、10%条件と比較して増加する傾向がみられた。

これより50%収縮強度の運動イメージは、10%収縮強度の運動イメージより振幅F/M比を増大、つまり発火する脊髄前角細胞数を増大させることが推察された。

本研究により、運動イメージは脊髄神経機能の興奮性を増大させることが示唆された。さらに50%収縮強度の運動イメージは、10%収縮強度の運動イメージよりも脊髄神経機能の興奮性を増大させることが推察された。このことから運動イメージの際、目的とする運動を行う筋の収縮強度を考慮しなければならないことが考えられた。しかし、運動イメージ後はその影響がみられなかったことや10%条件と50%条件で有意差がみられず増加傾向であったことに関してイメージする収縮強度の違いによるものであるかどうかは、今後収縮強度を変え検討していく必要がある。また今回、運動イメージ方法は限定していないため、運動イメージ方法の違いによる脊髄神経機能の興奮性変化も検討していく必要がある。今後、様々な条件における運動イメージによる脊髄神経機能の興奮性変化を検討し、最も効果の得られる運動イメージ方法を確立、理学療法に応用していくことが重要である。

引用文献

- 1) Philip L, Jackson PL, Martin F, et al.: Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82(8): 1133-1141.
- 2) Dickstein R, Dunsky A, Marcovitz E: Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy*, 2004, 84(12): 1167-1177.

- 3) Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, et al.: From mental power to muscle power: gaining Strength by using the mind. *Neuropsychologia*, 2004, 42(7): 944-956.
- 4) 鈴木俊明, 谷埜予士次, 米田浩久・他: 等尺性収縮を用いた母指対立運動の運動イメージは脊髄神経機能を増加させる. *脊髄機能診断学*, 2008, 30(1): 100-103.
- 5) 鈴木俊明, 谷埜予士次, 米田浩久・他: 母指対立運動の運動イメージ方法の違いによる脊髄神経機能の興奮性の変化—F波による検討—. *脊髄機能診断学*, 2009, 31(1): 60-64.
- 6) 鈴木俊明, 谷埜予士次, 米田浩久・他: 等尺性収縮を用いた母指対立運動の運動イメージの方法の違いが脊髄神経機能に与える影響—視覚の有無の関連性—. *脊髄機能診断学*, 2011, 33(1): 75-79.
- 7) 谷口慎一郎, 木村 淳, 市川博雄・他: 運動イメージタスクが持続的安静に伴う脊髄前角細胞興奮性低下に及ぼす影響. *脊髄機能診断学*, 2007, 29(1): 92-97.
- 8) Jeannerod M: The representing brain, neural correlates of motor intention and imagery. *Behav Brain Sci*, 1994, 17(2): 187-245.
- 9) 松田雅弘, 渡邊 修, 来間弘展・他: 非利き手による箸操作の運動時, イメージ時, 模倣時の脳内機構の比較—機能的MRIの検討—. *理学療法科学*, 2011, 26(1): 117-122.
- 10) 小木曾徹也, 杉下守弘: 全身運動イメージ中の脳内活動部位: 機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いて. *体力科学*, 1999, 48(6): 919.
- 11) 伊藤博信, 内山博之, 山本直之訳: 機能的神経科学 第2版. シュプリンガー・ジャパン, 2007, p212.