受動的運動による運動錯覚が対側上肢の F波に及ぼす影響

*Effect on F Wave of the Contralateral Upper Limb of Illusion of Motion Induced by
Passive Movement*

二本松 明¹⁾

AKIRA NIHONMATSU¹⁾

¹⁾ Hokkaido College of Oriental Medicine: 2-6 Yamanote, Nishi-ku, Sapporo, Hokkaido 063-0002, Japan. TEL+81 11-642-5051
E-mail: nihonmatsu@shinkyu.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 27(5): 517-520, 2012. Submitted Jan. 18, 2012. Accepted May 8, 2012.

ABSTRACT: [Purpose] Using electroacupuncture in a mirror box, we investigated the changes with illusion of movement in excitation through the F wave. [Subjects and Methods] The subjects were 13 right-handed healthy adults. Electroacupuncture was applied to the right hand, and the F wave of the left hand was measured with and without the mirror, alternately, 4 times. Electroacupuncture was applied to the first dorsal interosseus muscle at a frequency of 1 Hz. The F wave was evoked in the median nerve by supramaximal stimulus eliciting the M wave, and was recorded from the abductor pollicis brevis. [Results] The persistence of F wave and amplitude ratio of F/M increased in the mirror condition, compared with the no mirror condition; however, no significant changes in average latency F wave were found. [Conclusion] We proved that with the mirror, visual information from the mirror, and somatosensory information of muscular movement induced by electroacupuncture, not only recruitment in the excitation of spinal neural function, but did so synchronization.

Key words: mirror box, F wave, electroacupuncture

要旨:〔目的〕ミラーボックス内で鍼通電刺激を行い、運動錯覚を起こした際の運動神経の興奮性の変化を脊髄前角細胞の興奮性の指標である誘発筋電図F波出頻度、振幅F/M比、F波平均潜時を指標に検討した。〔対象及び方法〕対象は神経疾患の無い右利きの健康成人13例とした。実験は利き手に鍼通電刺激を行い非利き手のF波を鏡有りと鏡無しの2実験を交互に4回行った。鍼通電刺激は第1背側骨間筋へ行い、刺激頻度1Hzで通電刺激を行った。誘発筋電図F波は正中神経にM波が出現する最大上刺激を行い、短母指外転筋から記録した。〔結果〕鏡有り実験では、鏡無し実験に比べ、F波出現頻度、振幅F/M比が増加し、F波平均潜時には大きな変化が認められなかった。〔結語〕鏡有り実験では鏡という視覚的情報と、鍼通電刺激による筋運動感覚という体性感覚情報が脊髄前角細胞に対して参加のみならず同期性に関しても影響することが判明した。

キーワード: ミラーボックス, F波, 鍼通電刺激

¹⁾ 北海道鍼灸専門学校: 北海道札幌市西区山の手2条6丁目 (〒063-0002) TEL 011-642-5051

I. はじめに

脳卒中患者の運動障害に対するリハビリテーションにおいて、鏡に映る反転像を見ながら健側の上下肢を動かすミラーボックス法等、視覚的情報を介した手法に関する有用性が示されている¹⁻³⁾。これらの作用機序として、視覚的情報による中枢神経系内、特に大脳皮質を中心とした運動イメージの再構成などの関与が想定されている¹⁾。

ミラーボックスの有用性に関する基礎的研究では、ミラーボックス内で行わせる運動について主に健側肢の随意運動課題による運動錯覚を用いて検討した報告が多く⁴⁻⁷⁾、受動的運動に関しての報告は少ない⁸⁾。これまでに著者らは、ミラーボックス内で鍼通電刺激を第1背側骨間筋の筋運動点（東洋医学的には合谷穴という）に行い、それにより起こる筋収縮という受動的運動による運動錯覚を起こした際の反対側の運動神経の興奮性の変化を脊髄前角細胞の興奮性の指標である誘発筋電図F波を用いて検討した結果、F波出現頻度の増加を引き起こすことを報告した⁸⁾。F波は運動神経に最大上の電気刺激を与えたときに、刺激された運動神経の軸索を逆行性に伝導し、脊髄前角細胞の再発火を起こした後に得られる筋活動電位である⁹⁾。そのため、脳血管障害等⁹⁻¹⁴⁾、脊髄前角細胞に収束する様々な促進、抑制制御系の状態の総和がF波の変化として観察される。例えばF波は脳血管障害では増加し^{9,11,14)}、健常者でも随意運動時や運動イメージ時に増加することが知られている^{12,13,15,16)}。

F波パラメータに及ぼす随意運動や鍼刺激等に関する先行研究では、F波記録側と同側の母指対立筋の等尺性収縮の収縮度が強いほど、F波出現頻度、振幅F/M比の増加を引き起こすという報告や¹²⁾、記録側と対側の肘関節屈筋群の等尺性収縮によりF波出現頻度や振幅F/M比の増加を起こすという報告¹³⁾、歩行動作により上肢F波出現頻度の増加が起こるという報告がある¹⁶⁾。また鍼刺激によって起こるF波パラメータの変化は、上肢への鍼刺激によってF波出現回数や出現頻度の増加が起こるという報告や¹⁷⁾、下肢への鍼刺激により振幅F/M比の増加のみが起こるという報告とがある¹⁸⁾。これらのことから脊髄前角細胞の興奮性を調節する制御系に対しては、運動の質や強度、刺激の性質、部位等により異なる影響を与える可能性があると考えられる。本研究では、先行研究において⁸⁾検討がなされていなかったF波パラメータの変化についてF波出現頻度、振幅F/M比、平均潜時を指標に、鏡という視覚的情報と鍼通電刺激による筋運動感覚という体性感覚情報が対側上肢の脊髄前角細胞の興奮性を調節する制御系に及ぼす影響について検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は神経疾患の無い健康成人13例（男性：10例、女性3例、年齢：29.1 ± 9.7歳）とした。エジンバラ利き手試験により利き手は全員右側であることを確認した。なお、本研究は被験者全員から、実験主旨、内容について口頭と書面による同意を得るとともに、北海道鍼灸専門学校倫理審査委員会の承認を得て実施された。

2. 方法

実験はF波の測定を8回行った。実験デザインはブロックデザインを採用し、①利き手に鍼通電刺激を行い非利き手のF波を測定する実験（鏡無し実験）と、②鏡を入れた状態で同じ測定を行う（鏡有り実験）2実験を交互に4回ずつ行い、その際の誘発筋電図F波を測定した。②では鏡に映る鍼通電刺激による示指の運動を被験者に注視させた状態で測定を行った。

鍼通電刺激の刺激部位は、右側の第1背側骨間筋の筋運動点とし、第2中手骨の中点とした。同部位の皮膚に分布する神経は橈骨神経、筋に分布する神経は尺骨神経である。

鍼は50 mm、直径0.18 mmのステンレス鍼を10 mm刺入し、近傍に貼付した表面電極との間で刺激頻度1 Hzで示指の外転、屈曲運動が認められる程度の通電刺激を行った。

鏡有り刺激では鏡から示指の外転、屈曲運動が両側の示指の運動と被験者から観察されるよう鏡を設置した。鏡無し刺激では鏡を設置せず、利き手のみの示指の運動を被験者に観察させた。

誘発筋電図F波はMEB-9204（日本光電製）を用いて記録した。左手関節部正中神経に運動神経を順行性に伝導した際に出現する波形であるM波の出現する最大上刺激を持続時間0.2 msec、頻度1 Hzで32回加えた。導出電極は表面電極を用い、関電極を左母指外転筋筋腹上に、不関電極を第1指基節骨上に貼付した。実験室は室温を24℃～26℃に保ち、聴覚からの影響を最小限にするよう配慮した。

F波の解析パラメータはF波の出現頻度、振幅F/M比、F波平均潜時（平均潜時）とした⁹⁾。F波出現頻度は記録した32波形のうち、500 μ V/divのオシロスコープ上で肉眼的に判別可能なものについてカウントし、その割合を求めた。振幅F/M比（%）はF波の頂点間の振幅をM波の最大頂点間の振幅で除した値を用いた。平均潜時は出現したF波の立ち上がりまでの時間の平均とした。

実験結果の統計学的処理については、鏡有り実験、鏡無し実験のそれぞれ4回の測定の平均値 ± 標準偏差で表示した。統計学的処理は、SPSS Ver11を用いて行った。鏡無し実験、鏡有り実験の出現頻度、振幅F/M比、平

均潜時の比較にはWilcoxon Signed-rank Testを行った。統計学的処理についての有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

鏡無し実験、鏡有り実験のF波出現頻度、振幅F/M比、平均潜時を比較したものを表1に示した。鏡有り実験では鏡無し実験に比べF波出現頻度が増加し、有意差が認められた ($p<0.05$)。振幅F/M比についても鏡有り実験では鏡無し実験に比べ増加し、有意差が認められた ($p<0.01$)。平均潜時については、鏡有り実験、鏡無し実験ともに同程度であった。

IV. 考 察

本研究では、鏡有り実験では鏡無し実験に比べ、F波出現頻度、振幅F/M比が増加した(表1)。F波出現頻度は波形に参加する運動単位の数を表し、振幅F/M比は運動単位の興奮度の上昇や運動単位の同期性を示すと考えられている^{10-13,19)}。第1背側骨間筋の運動点への鍼通電刺激が短母指外転筋のF波パラメータに及ぼす影響の機序について考察すると、同部位の皮膚に分布する神経は橈骨神経、筋に分布する神経は尺骨神経であり、短母指外転筋の支配神経は正中神経である。また脊髄分節で考えると、第1背側骨間筋に分布する尺骨神経の出る脊髄分節が第8頸髄や第1胸髄であり、短母指外転筋に分布する正中神経の出る脊髄分節が第7-8頸髄や第1胸髄であることから、第1背側骨間筋の鍼通電刺激による受動的運動で起こる筋紡錘等の筋の感覚受容器の興奮や、筋の単収縮に伴う関節運動により生じた関節受容器の興奮、筋、関節の動きに伴う皮膚の機械的受容器の入力が対側の第8頸髄や第1胸髄の髄節レベルで脊髄前角細胞の興奮性を高めた結果がF波に反映する可能性についても想定していたが、先行研究では鍼を刺入せずF波の測定を行った場合と、本研究における鏡無し実験と同様の刺激を行った場合のF波の出現頻度が同程度であることを報告している⁸⁾。またこれまでに報告されているF波と鍼刺激に関する先行研究では、刺激部位が測定側と同側である場合は増加し¹⁷⁾、対側である場合は変化が認められないことが報告されている²⁰⁾。これらのことを踏まえ、本研究結果を考察すると、第1背側骨間筋の鍼通電刺激による受動的運動により起こる各種の感覚受容器の入力が髄節レベルで対側の脊髄前角細胞の興奮性を高めるまでの促進は起こらなかったが、そこに鏡による反転像という視覚刺激を与えることによって視覚野からの興奮性の変化が対側肢の運動を司る一次運動野の興奮性の変化も起こした結果、対側肢の脊髄前角細胞の興奮性を高めたことによりF波の出現頻度、振幅F/M比の増加が起きたと考えられる。また本研究では、鏡という視

表1 鏡無し刺激、鏡有り刺激のF波パラメータの比較

	鏡無し刺激	鏡有り刺激
F波出現頻度 (%)	46.6 ± 14.5	56.4 ± 20.3*
振幅F/M比 (%)	1.78 ± 1.11	2.19 ± 1.23**
最小潜時 (ms)	27.2 ± 2.5	27.0 ± 2.5

* $p<0.05$, ** $p<0.01$: Wilcoxon signed-rank test mean ± SD

覚的情報と、鍼通電刺激による筋運動感覚という体性感覚情報が脊髄前角細胞に対して参加のみならず同期性に関しても影響したことがわかり、脊髄前角細胞の参加や同期性に関わる制御系それぞれを賦活化させた可能性が考えられる。

また平均潜時は鏡有り刺激では、鏡無し刺激との間に大きな変化が認められなかった。平均潜時は運動神経の伝導速度を示す指標であるが⁹⁾、脳卒中患者のF波の潜時が短縮するという報告¹⁴⁾もあり、 α 運動神経の興奮性制御に関わる制御系を観察できる指標と本研究では想定したが、本研究では、平均潜時には両実験の間に大きな差は認められなかった。このため、視覚的情報及び体性感覚情報はF波の波形に関わる運動単位の大きさには大きな変化を示さなかったものと考えられる。

本研究では、鍼通電刺激による筋運動感覚という体性感覚情報に鏡刺激という視覚的情報を加えることで、対側肢の脊髄前角細胞の興奮性を高めることが判明した。従来の報告では、片麻痺を起こした場合、F波の出現頻度や振幅F/M比の増加が認められると報告されている^{10,11)}。また健常者への鍼刺激によってF波出現回数の増加や振幅F/M比の増加が認められるという報告がある^{17,18)}。しかし、片麻痺を有する患者への鍼治療では振幅F/M比の減少が起こることが報告されている²¹⁾。これまでに鈴木らが行ってきた鍼刺激がF波に及ぼす影響に関する研究では、安静時の振幅F/M比が高いものは鍼刺激により低下し、安静時の振幅F/M比が低いものは鍼刺激により増加するといわれている¹⁸⁾。通常正中神経のF波出現頻度は40%以上であるという報告^{22,23)}と比較しても本研究の鏡無し刺激のF波出現頻度は47%であり、高い数値であるとはいえない。そのため鏡有り刺激ではF波出現頻度の増加や、振幅F/M比の増加が起きたものと考えられる。

最後に、本研究結果の臨床応用としては、手塚らによると脳血管障害片麻痺患者では、鏡治療を行っても運動イメージの生起しにくい患者がいることが述べられている¹⁾。また、運動イメージの生起しにくい患者には具体的に獲得したい運動の肢位を保つ必要性を示唆する報告もある¹⁵⁾。本研究結果は、鏡療法と筋運動感覚等の体性感覚刺激とを組合せることで、運動イメージの生起しにくい患者への治療につながる可能性を示唆するものである。

【謝辞】 稿を終えるにあたり、本研究に対し貴重な御指導をいただきました北海道鍼灸専門学校の方々に深く感謝致します。

引用文献

- 1) 手塚康貴, 松尾 篤: 脳卒中片麻痺患者に対するミラーセラピー. 理学療法, 2005, 22(6): 871-879.
- 2) Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al.: Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil. 2008, 89(3): 393-398.
- 3) 井上 勲: 運動機能回復を目的とした脳卒中リハビリテーションの脳科学を根拠とする理論とその実際. 相澤病院医学雑誌, 2010, 8: 1-11.
- 4) 崎田正博, 臼井裕太, 太田 歩, 他: 視覚による運動錯覚が対側上肢のH反射に及ぼす影響. 理学療法科学, 2009, 24(3): 375-379.
- 5) 津吹桃子, 渡邊 修, 来間弘展, 他: 手指対立運動における視覚的フィードバックの影響—機能的fMRIによる大脳賦活の検討. 理学療法科学, 2007, 22(2): 189-193.
- 6) 田平隆行, 船瀬広三: Mirror Box課題における運動野及び体性感覚野の興奮性の変化. 保健学研究, 2007, 20(1): 9-15.
- 7) Imai I, Takeda K, Shiomi T, et al.: Sensorimotor cortex activation during mirror therapy in healthy right-handed subjects: A study with near-infrared spectroscopy. J Phys Ther Sci, 2008, 20(2): 141-145.
- 8) 小林優花, 二本松 明, 川浪勝弘他: 鍼通電刺激が対側の誘発筋電図F波に及ぼす影響—ミラーボックスを用いた運動錯覚による検討—. (社)東洋療法学校協会雑誌, 2012, 35: 25-28.
- 9) 鈴木俊明, 才藤栄一: 誘発筋電図検査 (F波, H波) の検査方法に関するガイドライン—国際臨床神経生理学会の報告から—. 理学療法科学, 2000, 15(4): 187-192.
- 10) Mesrati F, Vecchierini MF: F-waves: neurophysiology and clinical value. Neurophysiol Clin, 2004, 34(5): 217-43.
- 11) 鈴木俊明, 藤原哲司, 武田 功: 脳卒中片麻痺脳卒中片麻痺患者の安静時F波の特性. 理学療法ジャーナル, 1993, 27(4): 277-281.
- 12) 鈴木俊明, 武田 功, 藤原哲司: 随意運動等尺性収縮度の変化および対側等尺性収縮におけるF波の検討. 理学療法ジャーナル, 1991, 25(2): 125-128.
- 13) 鈴木俊明, 藤原哲司, 武田 功: 肘関節屈筋群の等尺性収縮が対側脊髄運動神経機能にあたる影響—F波における検討—. 理学療法科学, 1992, 19(4): 356-363.
- 14) Liberson WT, Chen LC, Fok SK, et al.: "H" reflexes and "F" waves in hemiplegics. Electromyogr Clin Neurophysiol, 1977, 17(3-4): 247-264.
- 15) 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.
- 16) 弓永久哲: 歩行における上肢脊髄運動神経機能の興奮性の変化. 理学療法科学, 2011, 26(5): 567-570.
- 17) 小岩信義, 所 数樹, 久住 武, 他: 鍼刺激が α 運動神経の興奮性に与える影響. (社)東洋療法学校協会学会誌, 1996, 20: 78-82.
- 18) 藤原哲司, 鈴木俊明, 大工谷新一, 他監修: The Electromyography Research for Physical Therapy and Acupuncture—理学療法・鍼灸治療における筋電図研究のすべて—. アイベック, 東京, 2007, pp358-363.
- 19) 小森哲夫, 清水俊夫, 平井俊策, 他: F波による脊髄運動ニューロン機能の推定 刺激頻度と出現様式. 臨床脳波, 1999, 41(9): 571-574.
- 20) 村上 桂, 二本松 明, 小岩信義, 他: 示指冷却刺激によるF波の変化と鍼刺激の影響. (社)東洋療法学校協会学会誌, 2001, 25: 94-102.
- 21) Zhao JG, Cao CH, Liu CZ, et al.: Effect of acupuncture treatment on spastic states of stroke patients. J Neurol Sci, 2009, 276(1-2): 143-147.
- 22) 鈴木俊明, 武田 功, 藤原哲司: 正常人における安静時F波の基礎的検討. 運動生理, 1989, 4(1): 17-20.
- 23) 豊倉 稯, 才藤栄一, 田中 博, 他: F波の記録と再現性—健常若年者における正中, 尺骨, 腓骨, 脛骨4神経の分析. リハビリテーション医学, 1989, 26(1): 43-49.