随意運動および運動観察が運動関連脳電位に 及ぼす影響

Influence of Voluntary Movement and Observation of Action on Movement-Related Cortical Potentials

中野 英樹^{1,2)} 芝田都季子³⁾ 川見 清豪¹⁾ 藤田 浩之²⁾
吉田 慎一²⁾ 河村 章史²⁾ 森岡 周²⁾

HIDEKI NAKANO^{1,2)}, TOKIKO SHIBATA³⁾, SEIGOU KAWAMI¹⁾, HIROYUKI FUJITA²⁾,
SHINICHI YOSHIDA²⁾, AKIFUMI KOUMURA²⁾, SHU MORIOKA²⁾

¹⁾ Neurocognitive Rehabilitation Center, Setsunan General Hospital: 1–10 Yanagimachi, Kadoma-city, Osaka 571-0041, Japan.
TEL+81 6-6909-0300 FAX +81 6-6906-0897

²⁾ Department of Neurorehabilitation, Graduate School of Health Sciences, Kio University

³⁾ Department of Rehabilitation, Kohama Hospital

Rigakuryoho Kagaku 25(3): 329–332, 2010. Submitted Oct. 27, 2009. Accepted Nov. 30, 2009.

ABSTRACT: [Purpose] In this study, we investigated the effects on the movement-related cortical potential of voluntary movement and observation of the action. [Subjects] The subjects were 8 healthy adults who were right-handed according to the Edinburgh handedness inventory. [Method] The subjects grasped a cup on a table. In Task A they performed elbow flexion, and in Task B they observed another person perform the same movement. The subjects movement-related cortical potentials were measured during both tasks. The measurement location was Cz of the international 10–20 method. Electromyograms of the biceps brachii were measured, and the initial rise of the wave was used as the trigger point. The items determined were the latency of the movement-related cortical potential and its maximum amplitude. [Results] In both tasks movement-related cortical potentials were observed, but no significant differences were found between the tasks in either the latency or amplitude. [Conclusion] The results reveal that the same movement-related cortical potential appears at the time of observing a movement as when performing it voluntarily.

Key words: observation of action, mirror neuron, movement-related cortical potential

要旨: [目的] 本研究は、随意運動および運動観察が運動関連脳電位に及ぼす影響について検討した。[対象] 対象は、エディンバラ利き手テストにて右利きを示した健康成人8名とした。[方法] 机上にて対象者自身がカップを把持し、肘関節屈曲運動を行う課題（課題A）と、他者が同様の運動を行うのを対象者が観察する課題（課題B）を実施した。課題A、Bにおける対象者の運動関連脳電位を測定した。測定部位は国際10–20法におけるCzとした。筋電図は上腕二頭筋から測定し、波形の立ち上がりトリガーとした。抽出項目は運動関連脳電位の出現時間と最大振幅とした。[結果] 課題A、Bともに運動関連脳電位の出現が認められ、出現時間と最大振幅に有意差は認められなかった。[結語] 運動観察時には随意運動時と同様の運動関連脳電位が出現することが明らかとなった。

キーワード: 運動観察, ミラーニューロン, 運動関連脳電位

¹⁾ 摂南総合病院 認知神経リハビリテーションセンター：大阪府門真市柳町1-10（〒571-0041）
TEL 06-6909-0300 FAX 06-6906-0897

²⁾ 畿央大学大学院 健康科学研究科神経リハビリテーション研究室 ³⁾ 小浜病院 リハビリテーション科

受付日 2009年10月27日 受理日 2009年11月30日

I. 緒 言

近年、運動観察をツールとして運動機能および認知機能の向上を図る介入が実施されている¹⁾。Erteltらは、上肢の運動観察と模倣を組み合わせたaction observation therapyによって慢性脳卒中片麻痺患者の上肢機能が向上することを報告している²⁾。また、Eggermontらは、手の運動観察によって認知症患者の認知機能が向上することを報告している³⁾。このようなヒトの運動観察時には、腹側運動前野、下頭頂葉、上側頭溝などのミラーニューロンに関与する脳領域が賦活することが報告されている²⁾。これまで、ヒトが運動観察を行っている際の脳活動として、機能的磁気共鳴映像法(functional magnetic resonance imaging; fMRI)や脳磁図(magnetoencephalography; MEG)、脳波(electroencephalography; EEG)などを用いた報告が多くなされてきた。しかしながら、ヒトが運動観察を行う際の運動前皮質電位に関する報告は少ない⁴⁾。そこで本研究では、随意運動前の中枢神経機構の準備状態を反映している運動関連脳電位(movement related cortical potential; MRCP)を用いて、運動観察時の運動前皮質電位を測定し、随意運動および運動観察がMRCP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、健常成人8名(男性6名、女性2名)とした。その詳細は、平均年齢 21.6 ± 0.8 歳、平均身長 165.2 ± 6.3 cm、平均体重 64.7 ± 8.5 kgであった。全ての対象者は、Oldfield⁵⁾のエディンバラ利き手テストにおいて、強い右利きを示した(LQ: 100)。いずれの対象者も本研究の課題遂行に支障となるような整形疾患、神経疾患、精神疾患は認められなかった。また、全ての対象者に対して本研究の目的と内容、利益とリスク、個人情報保護および参加の拒否と撤回について十分に説明を行った後に参加合意に対して自筆による署名を得た。

2. 方法

対象者は、課題A、Bの2つの課題を行い、その時のMRCPを測定した。課題Aでは、対象者は背もたれのある椅子に腰掛け、机上で前腕回内外中間位にてカップを把持し、カップを口元まで運ぶ右肘関節屈曲運動を20回行った。課題Bでは、同様の運動を他者が行うのを他者の右斜め後方から対象者が観察した。その際、対象者には他者がこれからどのような運動を行うかな

どの情報は一切与えなかった。課題A、Bのどちらを先に行うかは対象者の任意とした。また、課題Bの他者は、対象者8人において同一の人物であった。なお、MRCPはEMG onsetをトリガーとした随意運動前皮質電位であり、他動運動では出現しないことから、安静時のMRCPの測定は実施しなかった。

MRCPの測定には、誘発電位・筋電図検査装置MEB-2200(日本光電工業株式会社製)を用いた。測定部位は国際10-20法に基づき、感覚運動皮質野直上(Cz)とした。また、左眼窩の1 cm 外側から眼電図(Electro-oculogram; EOG)を測定した。MRCPおよびEOGの測定条件は、低周波数0.05 Hz、高周波数50 Hzとした。筋電図(Electromyogram; EMG)は上腕二頭筋から測定し、課題Aでは対象者から、課題Bでは対象者と他者からEMGを測定した。EMGは低周波数5 Hz、高周波数3000 Hzにて全波整流した波形で測定した。課題Aでは、対象者のEMG onsetをトリガーとし、課題Bでは他者のEMG onsetをトリガーとした。電極抵抗は10 K Ω 以下とした。全てのデータのサンプリング周波数は1000 Hzとした。また、頭皮と上肢の発汗を最小限にするため、室温は約20℃に維持した。

測定したデータは加算プログラムによって加算処理した。MRCPに眼球運動が含まれたデータは加算から除外した。解析区間はEMG onset前の1600 msとonset後400 msとした。課題A、Bともに各対象者の20回分のデータを加算平均し、MRCPの波形を求めた。抽出項目は、MRCPの立ち上がりからEMG onsetまでの時間(出現時間)とMRCPの最大振幅とした。各抽出項目の比較には、paired t-testを用いて統計処理した。有意水準は全て5%未満とした。

III. 結 果

課題A、BともにMRCPの出現が認められ、出現時間と最大振幅に有意差は認められなかった(図1、表1)。また、課題Bでは対象者のEMGの活動は認められなかった。

IV. 考 察

課題A、BともにMRCPの出現が認められ、出現時間と最大振幅に有意差は認められなかった。また、課題Bでは対象者のEMGの活動は認められなかった。これは、筋収縮を伴う随意運動時のみならず、筋収縮を伴わない運動観察時においてもMRCPが出現したことを

図1 対象者1名の随意運動および運動観察時のMRCPとEMG

課題A：対象者がカップを把持し、肘関節屈曲運動を行った際の対象者のMRCPと対象者のEMG

対象者のEMG onsetの約1200 ms前からMRCPが出現していることが確認できる。

課題B：他者がカップを把持し、肘関節屈曲運動を行うのを対象者が観察した際の対象者のMRCPと他者および対象者のEMG

他者のEMG onsetの約1000 ms前からMRCPが出現していることが確認できる。この時、対象者のEMGの活動は認められない。

表1 随意運動と運動観察の結果 (n=8)

	随意運動	運動観察
出現時間 (sec)	1147.0 ± 318.6	1000.0 ± 283.3
最大振幅 (uV)	17.1 ± 8.0	15.0 ± 4.8

Mean ± SD

意味している。

運動前皮質電位は随意運動の準備・遂行など、運動の予測に関連した中枢神経機構を反映することが報告されている⁶⁾。本研究では、随意運動時のみならず、運動観察時においてもMRCPの出現が認められた。このことから、運動観察時には、随意運動時と同様の中枢神経機構が働いたことが考えられる。Rizzolattiらは、自分がある行為をしているときも、他者がその行為をしているのを見ているだけのときも、同じように活性化される神経細胞を報告している⁷⁾。これは、鏡のように他者の行為を映すことからミラーニューロンと呼ばれている。さらに、Rizzolattiらは、相手の動作の視覚的表

象と自分の運動の内的な表象とをマッチングすることを、direct matching system と呼び、他者の動作を認識するシステムにミラーニューロンが重要であることを報告している⁸⁾。また、Iacoboniらにより、ミラーニューロンは行為を識別するときのみでなく、その行為に含まれている意図的な要素に強く反応することが報告されている⁹⁾。このことから、本研究における運動観察時には、他者がカップを握り、肘関節屈曲運動を伴いながら口元までカップを運ぶ動作の視覚的表象と観察者の運動の内的な表象がマッチングするという direct matching system が関与したことが考えられた。これにより、運動観察時においても随意運動時と同様のMRCPの出現が認められたと考える。

本研究により、運動観察時においても随意運動時と同様のMRCPが出現し、運動の準備・遂行といった運動の予測が行われていることが明らかにされた。このことは、運動観察を用いることによって他者の脳内の運動プログラムを自己の脳内で再現できる可能性を示しており、運動観察が運動機能向上の有効なツールとして、臨床応用できるのではないかと考える。

本研究の限界として、今回用いた運動観察は、カップを把持しての肘関節屈曲運動のみであったが、上肢のその他の運動や体幹、下肢の運動においても同様の結果が得られるかどうかについて今後検討しなければならない。また、臨床応用には、どのような運動や動作を観察すれば、より観察者の運動表象とマッチングしやすいかについても検討する必要がある。

引用文献

- 1) Mulder T: Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *J Neural Transm*, 2007, **114**: 1265-1278.
- 2) Ertelt D, Small S, Solodkin A, et al.: Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage*, 2007, **36**: 164-173.
- 3) Eggermont LH, Swaab DF, Hol EM, et al.: Observation of hand movements by older persons with dementia: effects on cognition: a pilot study. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 2009, **27**: 366-374.
- 4) Kilner JM, Vargas C, Duval S, et al.: Motor activation prior to observation of a predicted movement. *Nat Neurosci*, 2004, **7**: 1299-1301.
- 5) Oldfield RC: The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 1971, **9**: 97-113.
- 6) Deecke L, Scheid P, Kornhuber HH: Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Exp Brain Res*, 1969, **7**: 158-168.
- 7) Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al.: Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res*, 1996, **3**: 131-141.
- 8) Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V: Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*, 2001, **2**: 661-670.
- 9) Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, et al.: Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol*, 2005, **3**: e79.