

<シンポジウム 06—3>Brain-machine interface はどこまで可能か？

神経リハビリテーションにおける非侵襲的 Brain-machine interface の可能性

牛場 潤一

(臨床神経 2011;51:927)

Key words : 脳卒中, 片麻痺, 上肢, ブレイン・マシン・インターフェース, 事象関連脱同期

私たちは、脳卒中片麻痺上肢に対するリハビリテーションとして、頭皮脳波から運動企図を推定し、その状態に応じて電動装具による運動介助をおこなうブレイン・マシン・インターフェース (Brain-Machine Interface, BMI) を開発した。この BMI を慢性期脳卒中片麻痺症例に適用し、麻痺側手指伸展動作を訓練したところ、筋活動の随意性が改善した。両側の体性感覚運動野近傍の頭皮脳波には、麻痺側手指伸展の運動企図にともなって、8~35Hz 帯の事象関連脱同期現象 (Event-Related Desynchronization, ERD) がみとめられ、BMI 訓練後にはこれが有意に増強した。経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial Magnetic Stimulation, TMS) による運動閾値を評価したところ、麻痺側一次運動野では BMI 訓練後に有意な低下をみとめた。機能的磁気共鳴画像の評価では、麻痺側上肢の把持運動中に生じる BOLD 信号の有意な増加が、対側一次体性感覚運動野、補足運動野、同側小脳においてみとめられた。以上の結果から、麻痺側上肢運動に対する BMI の介入は、中枢神経機能の可塑的再構築をうながす可能性が示された。

次に、BMI と感覚運動神経系機能の関係について、健常者

を対象とした電気生理学的検討をおこなった。一連の実験では、被験者が一側上肢の単関節運動を持続的に想起した際の ERD を定量し、TMS による運動誘発電位の振幅が ERD 依存的に増加することを明らかにした。更に、一次運動野の興奮性を一過性に修飾する手法である経頭蓋直流電気刺激法を適用した結果、一次運動野の興奮性の促進にともなって ERD は増大し、逆に興奮性を抑制した際には ERD が減少することを明らかにした。また、ERD 量を棒グラフのような抽象表現によって視覚フィードバックする従来の BMI よりも、あらかじめビデオ撮影した被験者の上肢運動を、ERD 量に応じて再生することで自己身体所有感覚を視覚的に誘導する手法のほうが、運動企図による ERD 発現量は顕著であった。すなわち、ERD の発現には視覚運動統合における身体像の意識化が重要であることを明らかにした。

以上の結果から、脳卒中片麻痺上肢に対する BMI リハビリテーションは体性感覚運動野の興奮性を高め、このことが運動機能の改善に寄与しているものと推察された。

Abstract

Possibility of Brain-Computer Interface in Neurorehabilitation

Junichi Ushiba, M.D.

Department of Biosciences and Informatics, Faculty of Science and Technology, Keio University

(Clin Neurol 2011;51:927)

Key words: Stroke, Hemiplegia, Upper extremity, Brain-Computer Interface, Event-Related Desynchronization