

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：10107

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500568

研究課題名(和文) Brain Machine Interfaceを用いた急性期脳卒中リハビリの効果

研究課題名(英文) Application of Brain Machine Interface technique for rehabilitation of acute stroke patient

研究代表者

大田 哲生 (OTA, Tetsuo)

旭川医科大学・医学部・教授

研究者番号：20233132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：急性期脳卒中患者の上肢重度麻痺に対してBrain machine interface(BMI)の技術を応用したリハビリ訓練を施行した。訓練には麻痺肢に対する電気刺激も併用した。運動野における事象関連脱同期の出現を確認することはできなかったが、訓練後、脳波による運動と安静を識別する識別率の向上を認めるとともに、10～40Hzの周波数帯で、損傷脳におけるパワースペクトルの減少を認めた。麻痺側上肢の運動イメージでリハビリ開始当初から脳の賦活化が行える可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We applied Brain machine interface (BMI) technique for acute stroke patient to recover his paretic hand movement. we also used electrical stimulation to extend his wrist and fingers when electroencephalogram feedback was succeeded. Although we couldn't see the ideal event-related desynchronization of μ band in patient brain activities, we could see a higher identification rate which discriminate between resting and moving his hand after rehabilitation training. And power spectram of 10-40Hz band in affected brain at rest was decreased. Therefore this BMI rehabilitation technique can change brain activities in acute stroke patient and this technique may useful for paretic hand movement recovery.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：脳卒中 急性期 片麻痺 ブレインマシンインターフェース リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

(1) われわれはこれまでに慢性期脳卒中患者で Brain machine interface (BMI) の技術を応用したフィードバック訓練が、脳卒中患者の麻痺側上肢の機能を改善させることを示してきた。

脳卒中患者に対する麻痺機能改善のためのリハビリは、なるべく早期から行う方が効果的だといわれている。しかし、急性期における患者への負荷には限界があり、身体活動を伴わなくとも脳機能を改善させる方法があれば患者に寄与するところは大きい。急性期患者への BMI 訓練が有用となる可能性は高いと考えられた。

2. 研究の目的

本研究では BMI と Biofeedback の技術を応用した方法を用い、臥位や座位で簡単に施行可能な脳機能改善のためのリハビリ訓練方法を開発することで、急性期における新たな脳卒中リハビリの方法を見出すことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 環境設定 1. これまでわれわれが施行してきた BMI を用いた脳卒中患者の上肢機能改善への取り組みは、慢性期の患者が対象であり、ある程度、持続性が獲得された状態の患者が対象であった。今回、対象とするのは急性期脳卒中患者であり、座位の持続性が限られているものが多いためベッドサイドで訓練するための環境設定を行った。

(2) 環境設定 2. BMI 技術の臨床応用には、個人で異なる脳波変化の特徴を効率的に同定する必要があり被験者の前腕に電気刺激を与え筋収縮を誘発させ、得られた脳波変化の特徴パラメータを随意運動時に得られたものと比較することで、急性期脳卒中患者の随意性のない上肢に対して電気刺激 BMI 訓練を行う際の、脳波同定手法を検討した。対象を健常成人 7 名とし、体性感覚運動野における脳波を手関節伸展筋への電気刺激 (100 Hz) による筋収縮誘発時 (刺激時) と、随意運動による手関節伸展運動時 (運動時) および安静時で記録し、そのデータに対して、時間周波数マップを描くとともに、サポートベクターマシン (SVM) とフィッシャーの線形判別法 (LDA) を用いて、脳波の特徴量および識別精度を算出した。

(3) 患者への訓練実施 重度右片麻痺の脳卒中患者 (発症後 3 か月経過していたが、意識レベルが改善してリハビリが可能となつてから約 1 か月の 63 歳男性) に麻痺側手関節伸展の運動イメージを行ってもらうことで運動野の賦活を図る訓練を施行した。この際、運動野近傍の脳波を測定し、リアルタイムで解析しながら μ リズムの事象関連脱同期を図ることが可能かを検討した。事象関連脱同

期が得られた際には麻痺側手関節伸展を行うための電気刺激を前腕に与え、麻痺肢からの感覚フィードバックが戻るように設定した。ベッド上でギャッチアップした状態の右片麻痺患者にコンピュータ画面が映るように設定されたゴーグル型の視覚フィードバック装置を装着し、ベッド上で臥位に近い姿勢でもコンピュータ画面が眼前で見られるようにした。(図 1) 麻痺肢の手関節伸展を課題として損傷脳の運動野近傍で事象関連脱同期が起きるように脳波のフィードバックコントロールを行った。事象関連脱同期を認められた際には麻痺側前腕に電気刺激 (周波数 100Hz, パルス幅 0.1msec. 強度は手関節伸展運動を認める程度) を行った (図 2)。脳波のフィードバック訓練 20 施行を 1 サイクルとし、休息を十分に取ながら約 1 時間訓練を施行した。



図 1. 訓練実施風景



図 2. 電気刺激部位

4. 研究成果

(1) これまでは卓上のコンピュータ画面を椅子に腰かけて見ることにより脳波活動をビジュアルフィードバックさせて、患者の損傷側運動野の活動を制御する方法で行ってきた。しかし座位耐性能力の低い急性期脳卒中患者では座位持続時間が十分に取れないため、眼鏡タイプのモニターを用い、ベッド上でのギャッチアップ座位で使用できるフィードバックシステムを用いることにした。また、感覚フィードバックの手法として、麻痺側手関節、指関節伸展を目的とした麻痺側前腕での、脳波活動の変化にリアルタイムで対応可能な電気刺激を用いることにした。

(2) 全被験者のデータを平均化した結果、刺激時に認められた事象関連脱同期 (ERD) の最大値は運動時と比較して約 15% 増大した。

また得られた ERD の周波数帯域はベータ波帯で運動時と類似していた。さらにこの特徴量を用いて線形判別を行うと、LDA および SVM において刺激時が運動時に比べ 5-7%高かった。最大識別率に対応する重みベクトルは各被験者で異なるものの、個々の値は刺激時と運動時で類似していた。

(3) 脳波の時間周波数スペクトル解析では、訓練前後とも C3, C4 電極における明確な μ リズムの事象関連脱同期は認めなかった(図3)が、C4 で運動と安静を識別する識別率の変化を認め、訓練前 52.5%であったものが、訓練後は 62.5%に上昇した。また、安静時脳波のパワースペクトルを比較すると、訓練後、C3 で 10-40Hz の周波数帯域のパワーが減少していた(図4)。

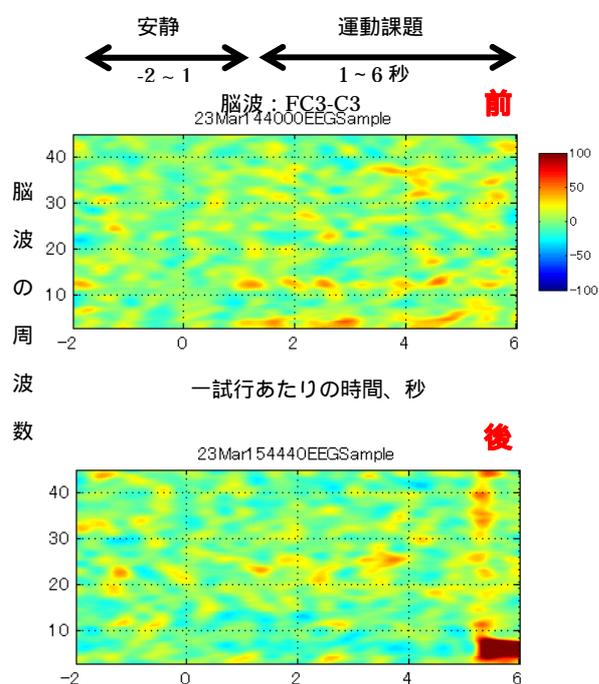


図3. 訓練前後の C3 における脳波の時間周波数スペクトル解析

(4) 以上のことより、脳卒中発症後、持久性が十分な状態ではない時期から BMI の技術に応用した麻痺側上肢機能改善のための脳波フィードバック訓練と、タイムリーな電気刺激による感覚フィードバック訓練が可能であることが示された。

また、電気刺激による上肢の運動が脳に及ぼす影響は、自動運動が脳に及ぼす影響と大差なく、今回の電気刺激による麻痺側上肢運動は、たとえ重度上肢麻痺の患者であったとしても、随意運動によるものと同等のフィードバックを脳に返していることが示唆され、本法の有用性が示された。

患者への実施については、麻痺側上肢の運動イメージ時に、期待された損傷脳での事象関連脱同期を認めることはできなかったが、訓練後に脳波活動で運動と安静を識別する識別率の上昇を認めるとともに、損傷脳にお

ける、安静時の脳波スペクトルの変化を認めており、本訓練がリハビリ訓練開始当初から脳機能を賦活化している可能性が考えられた。したがって、BMI を用いた急性期脳卒中患者に対する本法による訓練は、麻痺肢の機能改善をもたらす可能性が示唆された。

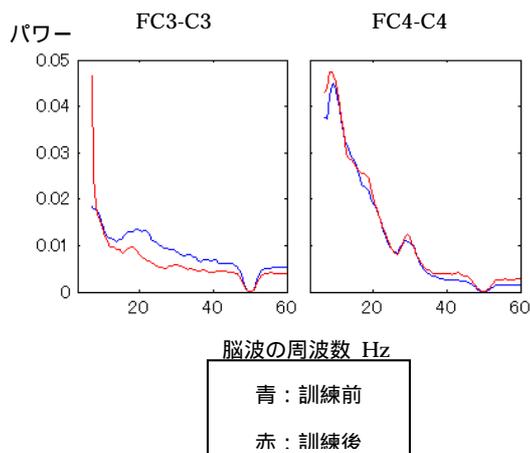


図4. 訓練前後の安静時脳波スペクトル分布

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

Hashimoto Y, Ota T, Mukaino M, Liu M, Ushiba J. "Functional recovery from chronic writer's cramp by brain-computer interface rehabilitation: a case report", BMC Neuroscience, Vol. 1 No. 15(1) 103 (2014) [査読あり] . doi: 10.1186/1471-2202-15-103

Hashimoto Y, Ushiba J. "EEG-based classification of imaginary left and right foot movements using beta rebound ", Clinical Neurophysiology, Vol.124 No. 11, pp.2153-2160(2013) [査読あり] doi:10.1016/j.clinph.2013.05.006

Hashimoto Y, Ota T, Mukaino M, Ushiba J. "Treatment effectiveness of brain-computer interface training for patients with focal hand dystonia: A double-case study", Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2013 , pp.273-276(2013)[査読あり]doi: 10.1109/EMBC.2013.6609490.

[学会発表] (計 8 件)

角井俊幸、橋本泰成、吉田直樹、大田哲生 「脳卒中後の中枢性疼痛患者に対する身体の一部を用いた心的回転課題の効果 - 症例報告 - 」第6回ニューロリハビリテーション学会、2015年2月21日、秋田ビューホテル(秋田県秋田市)
橋本泰成、"ブレイン・マシン・インタフェースによる医療・リハビリへのアプローチ"、生命ソフトウェアシンポジウム、

2014年12月6日、北見工業大学(北海道北見市)

Hashimoto Y, Ota T, Mukaino M, Ushiba J. "EEG change through long term brain-computer interface training in focal hand dystonia", Neuroscience 2014, 2014年11月16日, 米国(ワシントンDC)

橋本泰成、ブレイン・マシン・インターフェース技術を用いた書痙リハビリテーション、6 大学リハビリテーションカンファレンス、2014年1月11日、仙台
Ota T, Application of EEG-based brain computer interface to movement disorders, ISPRM 2013, 2013年6月18日, 中国(北京)

佐々木将人、中村健太、天間勇樹、松本峻、橋本泰成、脳卒中患者のための電気刺激駆動型ブレイン・マシン・インターフェースの開発、電気学会 電子・情報・システム部門大会、2013年9月4日、北見

Hashimoto Y, Ota T, Mukaino M, Ushiba J. Treatment effectiveness of brain-computer interface training for patients with focal hand dystonia: a double-case study, IEEE EMBS, 2013年7月7日、大阪
佐々木将人、中村健太、天間勇樹、松本峻、大田哲生、橋本泰成、筋電気刺激を用いた脳波特徴選択の効率化、ME とバイオサイバネティクス研究会、2013年6月21日、札幌

〔図書〕(計 1 件)

吉峰俊樹、川人光男(編), 橋本泰成(他14名)"Brain - Machine Interface(BMI)の現状と展望、別冊医学のあゆみ", 医歯薬出版, (2014) [共著]

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称: リハビリテーション装置

発明者: 橋本泰成

権利者: 北見工業大学

種類: 特許

番号: 特願2015-80917

出願年月日: 2015年4月10日

国内外の別: 国内

名称: リハビリテーション装置

発明者: 牛場潤一、橋本泰成

権利者: 北見工業大学、慶應義塾大学

種類: 特許

番号: 特願2014 87470

出願年月日: 2014年4月21日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.asahikawa-med.ac.jp/hospital/rehab/>

http://accaffe.jp/hashimoto_lab/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大田 哲生 (OTA, Tetsuo)

旭川医科大学・医学部・教授

研究者番号: 20233132

(2) 研究分担者

橋本 泰成 (HASHIMOTO, Yasunari)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 80610253

(3) 連携研究者

鎌田 恭輔 (KAMATA, Kyouzuke)

旭川医科大学・医学部・教授

研究者番号: 80372374