

## 空気圧シリンダを用いた足関節リハビリシステムの反復動作時の脳内神経活動

## Nerve activity during the repetitive motion of the ankle joint rehabilitation system

○ 橋本侑亮 (関西学院大学) 嵯峨宣彦 (関西学院大学)

田中靖人 (関西学院大学) 藤江博幸 (関西学院大学)

Yusuke Hashimoto, Kwansei Gakuin University  
Norihiko Saga, Kwansei Gakuin University  
Yasuto Tanaka, Kwansei Gakuin University  
Hiroyuki Fujie, Kwansei Gakuin University

**Abstract:** Stroke, which accounts for many of the causes of long-term care is needed, cause hemiplegia. It is essential to implement an adequate rehabilitation training from early to mention a good outcome for the exercise paralysis recovery of hemiplegic patients. In recent years, it has been found rehabilitation effect on nerves of increasing motor function by passive repetitive movement in paralyzed muscles, joints to stimulate nerve. We aimed at the development of ankle rehabilitation system using a pneumatic cylinder capable of neuro-rehabilitation by performing passive repetitive motion. In this study, we investigate the effects on the brain neural activity by repeated operation by our rehabilitation system.

**Key Words:** Rehabilitation, EEG, Pneumatic cylinder

## 1. 緒言

厚生労働省の発表によると介護が必要になった原因の第1位は脳卒中で21.5%を占める(1)。脳卒中は知的障害、言語障害、認知障害、感覚障害など様々な障害を生じさせるが、一側上下肢の痙性麻痺すなわち片麻痺が主要なリハビリテーション課題となっている。この時、片麻痺患者の運動麻痺回復において、よい成果を挙げるには早期から十分なリハ訓練を実施することが必須であるが、患者の増加や若年労働者数の低下などから十分なリハビリテーションを受けることができない問題がある。一方で近年では麻痺した筋・関節に受動反復運動させることで、神経が刺激され、運動機能を高めるという神経に対するニューロリハビリテーション効果が見出されてきた。それらの中でも促通反復療法(川平法)(2)という伸張反射や皮膚筋反射の誘発と、患者の動かそうとする意志や患肢への注視などのコンビネーションによって患者の意図した運動をより容易に実現させ、それを集中的に反復する訓練であり、随意運動を実現するために必要な神経回路を再建・強化することを目的としており、大きな成果をあげている。促通反復療法では脳刺激と動作の両方を併用することで慢性期の対象者にも回復の効果が期待されている。そのため本研究では、家庭でも十分かつ簡単にニューロリハビリテーションが可能になるような空気圧シリンダを用いた足関節リハビリテーションシステムの開発を目的として、そのシステムによる足関節の他動反復運動時における脳活動を脳波によって調査する。

## 2. 実験設定

本研究での反復動作時の脳波と筋電位の計測手法と、運動タスクについて述べる。なお本研究は関西学院大学倫理委員会より「人を対象とする医学系研究倫理審査」に基づき審査を受け、関西学院大学学長より承認されている。

実験環境を図1に示す。実験参加者は20歳代の健常男性とした。その実験参加者はリラックスさせた状態で椅子に座らせ、右脚は足関節リハビリテーションシステムの足置きに置き、膝関節は軽くまげておいてもらった。また指定した関節以外はできるだけ動かさないように指示した。

脳波測定には多チャンネルデジタル脳波計測システム(Active Two System, Biosemi)を用い、探査電極は国際10-20法におけるFp1, Fp2, F4, Fz, F3, T7, C3, Cz, C4, T8, P4, Pz, P3, O1, Oz, O2に計16個配置した。また頭頂部付近に基準電極をおいて単極誘電法で測定し、サンプリング周波数は2048 Hzとした。電極は直径5 mmの銀塩化銀アクティブ電極を使用し、接触面に導電性ペーストを塗布した。電極から導出した生体電気信号は、リード線によって入力部へ送られ、アンプにより増幅し、A-D変換器でアナログ信号からデジタル信号に変換され光ファイバーでUSBレシーバーに送る。その後USBを介してパーソナルコンピュータに保存した。

筋電位計測には電極の配置部位はアルコールで皮膚を清拭後、アース電極を右脚外踝に、計測電極を右足関節の背屈を行う前脛骨筋の表面にSENIAM project(3)に則り、ディスプレイ電極(LecTrode NP; アドバンス社)を貼付した。その電極にアクティブ電極を接続し、送信機(MARQ; キッセイコムテック社)でパソコンにデータを送り記録した。記録にはVital Recorder(キッセイコムテック社)を用い、サンプリング周波数は脳波計測と同じ2048Hzとした。

本研究では脳計測での誘発電位は独立同一分布上で発生するという仮定に基づいて解析を行う(4)。このことから、足関節リハビリテーションシステムの動作開始時刻をトリガとし、そのトリガを基準として前後2secのデータを30回加算平均することで解析を行う。基線は前後2sのデータの平均値を用いた。今回の解析においてはMatlab/Simulink(Mathworks社)を用いた。

タスクは、川平法の足関節への適用方法(5)を参考にシステムにより他動運動を行っている際に、システムが実際に動き出す0.2秒前に0.1秒間LEDを発光させた。このとき開眼してつま先を見た上で、実際には動かさず背屈させようとしてもらう、というタスクとした。

## 3. 結果

各電極の電位と前脛骨筋の筋電位の加算平均の結果を図2に示す。

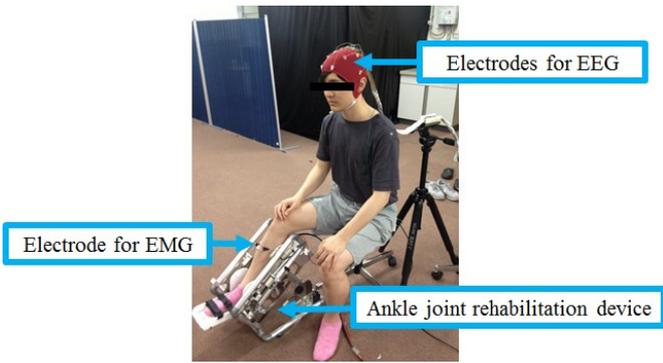


Fig.1 Set-up of experiments

4. 考察

筋肉が収縮し筋電位が発生する 0.2s の 0.2s 前 (0s) に前頭部にて約  $10\mu\text{V}$  の活動が見られた．また筋電位に同期して頭頂部と後頭部に活動が見られた．これは前頭前野で足関節を背屈させようと考え、それを基に運動野、中心溝により実際に背屈は行ってはいないもの活動し、その後システムにより背屈が行われることで感覚野および足関節の角度変化を受け取り視覚野においても活動があったと考えられる．つまり実際には運動していなくても、動かそうと考え、そのときに他動運動を行うことで脳への刺激が可能である．つまり患者の意図した運動をより容易に実現させ、それを集中的に反復する訓練が可能となり、随意運動を実現するために必要な神経回路を再建・強化することが可能であることが示唆された．

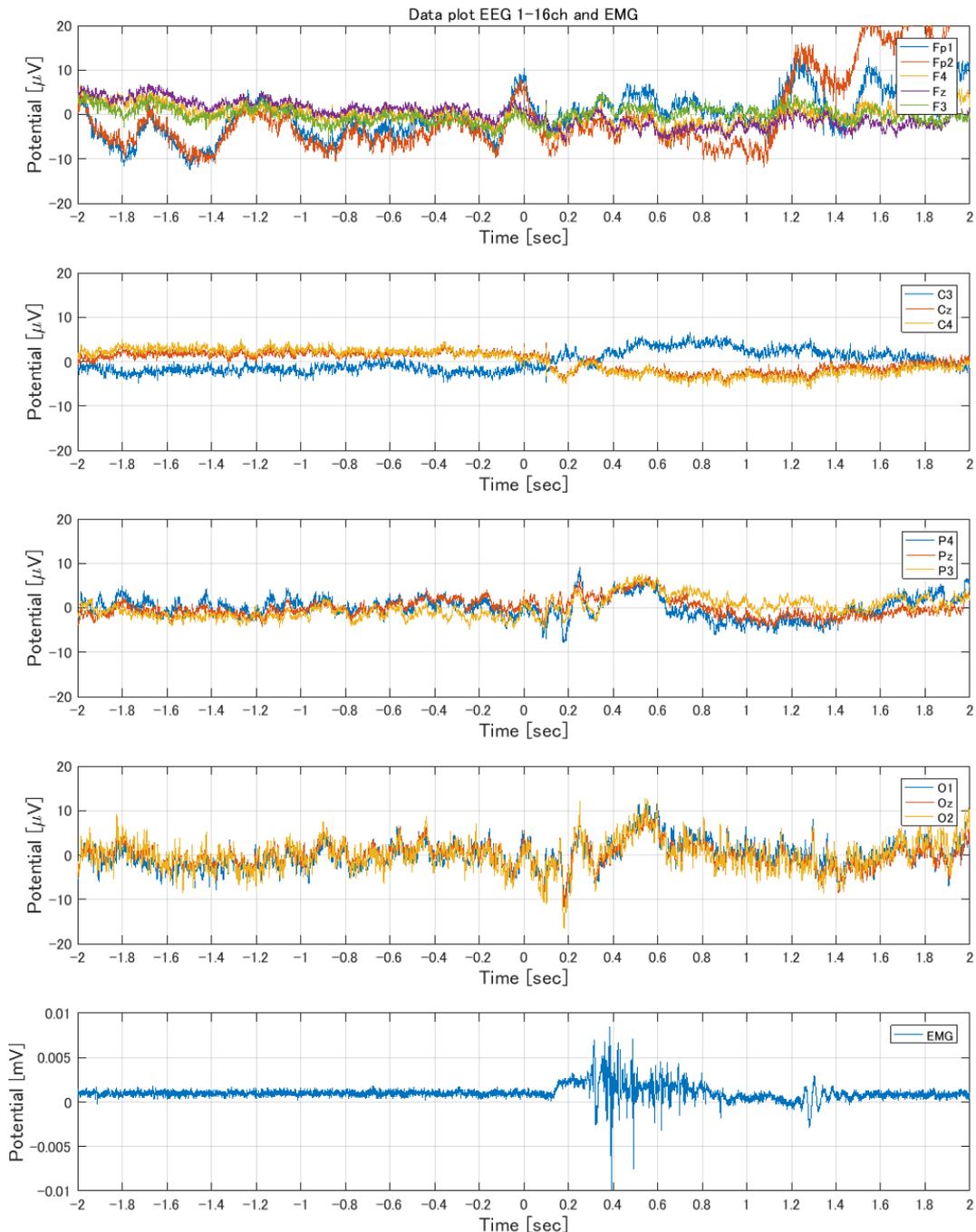


Fig.2 Results of arithmetic mean of EEG and EMG

## 5. 結言

本研究では空気圧シリンダを用いた足関節リハビリテーションシステムの開発を目的として、そのシステムによる足関節の他動反復運動時における脳神経活動を脳波によって調査した。その結果筋電位の波形より、筋活動を行う直前に前頭部が活動し、その後筋電位が発揮されたと同時に運動野、感覚野と活動していることが明らかになった。このことから足関節の他動反復運動により、脳への刺激が行われており随意運動を実現するために必要な神経回路を再建・強化することが可能であることが示唆された。

今後は、まず今までのデータをより精査し、また被験者を増やすことで共通の特徴が出るか調査する。また実際の患者の方に実験を行い、同じような特徴がでるか、またリハビリシステムとして効果があるか調査していく必要がある。

## 謝辞

本研究は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成26年～平成30年）（事業番号：S1411038）により支援を受けて行われた。ここに付記し、謝意を表す。

## 参考文献

- (1) 厚生労働省大臣官房統計情報部：平成22年国民生活基礎調査の概況。  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html> (2016年6月20日)
- (2) Kawahira K, Shimozono M, Ogata A, Tanaka N, Addition of intensive repetition of facilitation exercise to multidisciplinary rehabilitation promotes motor functional recovery of the hemiplegic lower limb, J Rehabil Med, Vol. 36, No.4, pp. 159-164, 2004
- (3) The SENIAM (Surface EMG for Non- Invasive Assessment of Muscle) project, available from <http://seniam.org/> (2016年6月21日)
- (4) 日本脳代謝モニタリング研究会：臨床医のための近赤外分光法，新興医学出版社，2002
- (5) 伊東礼子，やさしい図解「川平法」歩行編 楽に立ち、なめらかに歩く，2014年，小学館