

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K09351

研究課題名(和文) てんかんにおける低周波活動の発現機構及び脳内ネットワークの動態解明

研究課題名(英文) Generator mechanism and dynamics of functional brain networks of epileptic slow activities

研究代表者

井内 盛遠 (Inouchi, Morito)

京都大学・医学研究科・客員研究員

研究者番号：30532600

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)：てんかん発作時の低周波活動(発作時DC電位)はてんかん原性のバイオマーカー候補とされるが、発現機構、発作間欠期の意義は解明されていない。緩徐なBOLD変動を利用した安静時fMRIを用いて脳内ネットワークが可視化できるようになったことから、ネットワークの観点でも低周波活動が注目されつつある。我々は、発作時にDC電位が高周波律動(HFO)と密に関連しつつも異なる発生基盤を有する可能性を示し、発作間欠期における低周波活動とHFOのカップリングの特徴を包括的に明らかにした。安静時fMRIを含めたfMRI解析により、てんかん性ネットワークを可視化し、手術によって機能的ネットワークが変容することを示した。

研究成果の概要(英文)：Slow/infraslow activity during seizure (ictal DC) is a possible biomarker reflecting epileptogenicity, however, the generator mechanisms of ictal DC and clinical implication of interictal infraslow have not been fully understood. Also, there has been of an increasing interest in infraslow in the view point of functional networks because resting-state fMRI, analyzed by using 'slow fluctuation' of BOLD response, has been established to delineate functional networks. In the current study, we demonstrated that ictal DC was closely related to HFO during seizure, but possibly generated by different mechanisms. Such a coupling was observed also in interictal period, and we comprehensively showed the features of the coupling. By using fMRI analysis, epileptic networks could be visualized, and we demonstrated that functional connectivity could alter after epileptic surgery.

研究分野：てんかん

キーワード：てんかん 低周波活動 脳内ネットワーク 機能的MRI

1. 研究開始当初の背景

広域周波数帯域脳波解析が可能となり、低周波帯の活動については、てんかん焦点で DC 電位が同定されグリア細胞の関与が示唆されているものの発現の詳細なメカニズム・てんかんの脳内ネットワークにおける役割についての包括的な研究はない。一方で高周波律動 (high frequency oscillation: HFO) は、てんかん原性のバイオマーカーの候補として注目されており、ニューロンの高頻度発火、介在ニューロンの活動を反映することが示唆されている。近年、機能イメージングの進歩により、てんかんに関わるネットワークをダイナミックに可視化する手法が確立され、これらを総合的に解析することでてんかん焦点における低周波の律動性活動の発現機構及び脳内ネットワークにおける動態を解明することを目指す。

a) てんかんにおける低周波活動

1929年 Hans Berger による臨床脳波の報告以後、中枢神経系には律動性活動が存在することが知られており、てんかんなどの病態・生理的な脳機能の解明に重要な役割を果たしてきた。従来の脳波 (conventional EEG) では 0.3-70 Hz 程度の周波数帯域を観察してきたが、機器の進歩によって広域にわたる脳波計測 (wide-band EEG) が可能となり、より高周波、低周波の活動についても解析可能となった。高周波律動 (HFO) は、ニューロンの高頻度発火、介在ニューロンの活動を反映することが示唆されており、てんかん焦点、高次脳機能の処理過程で認められ、てんかん学・神経科学の分野で精力的に研究が続けられている。一方で 0.2 あるいは 0.1 Hz 以下の低周波活動は infraslow activity (ISA) と称することがあり、てんかん焦点で発作時に記録される DC 電位もその一つである。通常にてんかん性放電より狭い範囲で記録されることが多く、てんかん焦点の中核を示すとの指摘があり従来脳波に新たな情報を付加する可能性がある (Kanazawa, et al., Clin Neurophysiol 2014)。しかしながら、その発生のメカニズムについてはグリア細胞の関与が示唆されるものの十分に解明されていない (Tian, et al., Nature Medicine 2005)。また、発作間欠期の ISA についての研究は乏しく、てんかんの病態脳における意義は不明である。

b) てんかんの脳内ネットワーク

複数の脳領域が脳内に機能的ネットワークを構成し、個々の脳機能の遂行に重要とされる。てんかん発作の発現においても、焦点に加えて近傍・遠隔の領域が形成するネットワークの重要性が指摘されており、てんかん性ネットワーク内での伝播の様式、ネットワークの結合性の変化といったネットワークの動態がてんかんの病態に寄与していると推察される。

機能的 MRI (fMRI) の解析は、神経活動に伴

う一過性の血流変化を反映した MR 信号強度の変化、すなわち BOLD (blood oxygenation level dependent) 効果の理論に基づいた解析法であり、空間分解能に優れている。近年、脳波と fMRI の同時計測 (EEG-fMRI) の方法論が確立され、てんかん性放電に一致して賦活される脳の領域を明らかにすることが可能となってきた。実際、特発性全般てんかんなどにおいて大脳皮質・視床の相互作用が示唆されるなどてんかんに関連するネットワークの同定に役立つ可能性がある (Gotman et al, PNAS 2004)。また、脳内の機能的結合性を同定する方法に安静時 fMRI (resting-state fMRI: rs-fMRI) がある。緩徐な (通常、0.1 Hz 以下) BOLD 反応の変化を利用した解析法で、同様の 'ゆらぎ' を示す脳の領域をネットワークとして可視化する方法である。この手法の確立によって脳波における緩徐なゆらぎ (低周波数帯) も注目を集めるようになっており、最近の先行研究において rs-fMRI の結果と脳波の高周波活動の緩徐なゆらぎが相関することが報告されている (Keller, et al., J Neurosci 2013)。一方で、rs-fMRI と低周波活動自体との関連については研究されておらず、低周波活動 (ISA) が記録可能な脳波計は今なお限られているのが現状である。

2. 研究の目的

低周波活動に着目して、てんかん焦点における低周波活動・HFO の出現様式、てんかん病態下の脳内ネットワークの変容を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

1) 術前評価として時定数 10 秒、標準化周波数 1000-2000Hz で頭蓋内脳波記録を施行した難治部分てんかん患者の脳波を対象として、てんかん発作時の DC 電位、HFO を同定し出現様式の異同を解析した。可能であった患者では睡眠段階を判定するため頭皮上脳波、筋電図を同時に記録し、覚醒・睡眠段階で分類した皮質脳波を用いて異周波数間結合の解析 (高周波数帯域の瞬時振幅と低周波数帯域の瞬時位相の相関解析: phase-amplitude coupling) を行った。

2) 視床下部過誤腫患者を対象に脳波と機能的 MRI (EEG-fMRI)、および安静時 fMRI の記録解析を行った。

4. 研究成果

1) てんかん焦点における広域周波数帯域脳波解析を用いた低周波活動の記録解析: てんかん発作発現時には、低周波活動である DC 電位 (グリアの関与が示唆) と高周波律動 (HFO: ニューロンの高頻度発火、介在ニューロンの活動を反映) の両者が、てんかん焦点の中核領域で認められ、DC 電位が HFO にしばしば先行すること、この特徴が内側側頭葉てんかんと比較して新皮質てんかんで

顕著であることを明らかにした(国際学会発表、論文準備中)。2例の発作間欠期の皮質脳波解析により、発作間欠期においてもDC電位様の低周波活動とHFOの共起が認められること、空間的分布は発作起始部に概ね合致することを示した(国内学会発表大封ら、2015年)。多数例における発作間欠期の解析をより効率的に進めるため、緩電位とHFOの共起を自動検出するプログラムを開発し、解析結果が視察の結果と一致することを示した(国内学会発表)。多施設からの難治部分てんかん患者を対象に共通の方法を用いて広域周波数帯域皮質脳波解析を行った結果、てんかん発作発現に伴う低周波活動である発作時DC電位が、HFOに対して早期に出現することを明らかにした(国内学会発表)。既報告に合致した結果であり、多施設における解析の過程で得られた知見をもとに広域周波数帯域脳波の記録・解析標準化案を作成した(論文発表)。異周波数間結合の解析結果から、徐波睡眠期に低周波と高周波数帯域の異周波数間結合が強まること、脳葉、てんかん原性の有無によって結合の程度・睡眠段階に応じた結合動態が異なることを明らかにした(国際学会発表、論文準備中)。

2) fMRIを用いたてんかん性ネットワーク解析: 8例の視床下部過誤腫患者で脳波とfMRIの同時計測を行い、てんかん性放電出現に一致して視床下部及び大脳皮質に賦活を認めると明らかにした(論文発表)。安静時fMRIを用いた機能的ネットワーク解析では、てんかん焦点である視床下部過誤腫と大脳皮質間の機能的結合は手術後に減弱する一方で、他の機能的ネットワークについては有意な相関を示すものが術後に増加しており、手術によるてんかん発作の抑制、てんかん性脳症の改善との関連性が推察された(国内学会発表)。

以上より、低周波活動がニューロンを発生基盤とするHFOと密接な関連をもつ一方で異なる発生基盤を有するという知見が強固になり、加えて低周波活動とHFOのカップリングが発作時のみならず発作間欠期にも認められことを示し、その出現様式を包括的に明らかにした。また、EEG-fMRIによって、てんかん性ネットワークが可視化できること、てんかん外科手術によってrs-fMRIを用いた脳内ネットワークの機能結合が変容しうることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計29件)

Fumuro T, Matsuhashi M, Miyazaki T, Inouchi M, Hitomi T, Matsumoto R, Takahashi R, Fukuyama H, Ikeda A: Network hyperexcitability in a patient with partial reading epilepsy: converging

evidence from magnetoencephalography, diffusion tractography, and functional magnetic resonance imaging. Clin Neurophysiol, 査読あり, 2015 Apr;126(4): 675-81. doi:10.1016/j.clinph.2014.07.033.

Fumuro T, Matsumoto R, Shimotake A, Matsuhashi M, Inouchi M, Urayama S, Sawamoto N, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: Network hyperexcitability in a patient with partial reading epilepsy: converging evidence from magnetoencephalography, diffusion tractography, and functional magnetic resonance imaging. Clin Neurophysiol, 査読あり, 2015,126(4): 675-81. doi:10.1016/j.clinph.2014.07.033

Matsumoto R, Mikuni N, Tanaka K, Usami K, Fukao K, Kunieda T, Takahashi Y, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: Possible induction of multiple seizure foci due to parietal tumour and anti-NMDAR antibody. Epileptic Disord, 査読あり, 2015, 17(1):89-94. doi:10.1684/epd.2015.0725.

Inoue Y, Yagi K, Ikeda A, Sasagawa M, Ishida S, Suzuki A, Yoshida K: Japan Levetiracetam N01221 Study Group. Efficacy and tolerability of levetiracetam as adjunctive therapy in Japanese patients with uncontrolled partial-onset seizures. Psychiatry Clin Neurosci, 査読あり, 2015 69(10):640-8. doi: 10.1111/pcn.12300.

Kunieda T, Yamao Y, Kikuchi T, Matsumoto R: New Approach for Exploring Cerebral Functional Connectivity: Review of Cortico-cortical Evoked Potential. Neurol Med Chir (Tokyo), 査読あり, 2015, 55(5):374-82. doi:10.2176/nmc.ra.2014-0388.

Ritaccio A, Matsumoto R, Morrell M, Kamada K, Koubeissi M, Poeppel D, Lachaux JP, Yanagisawa Y, Hirata M, Guger C, Schalk G: Proceedings of the Seventh International Workshop on Advances in Electroencephalography. Epilepsy Behav, 査読あり, 2015, 51:312-20. doi: 10.1016/j.yebeh.2015.08.002.

Usami K, Matsumoto R, Kobayashi K, Hitomi T, Shimotake A, Kikuchi T, Matsuhashi M, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: Sleep modulates cortical connectivity and excitability in humans: Direct

evidence from neural activity induced by single-pulse electrical stimulation. *Hum Brain Mapp*, 査読あり, 2015, 36(11):4714-29. doi: 10.1002/hbm.22948.

Yamao Y, Matsumoto R, Kunieda T, Arakawa Y, Kikuchi T, Shibata S, Shimotake A, Fukuyama H, Ikeda A, Miyamoto S: A possible variant of negative motor seizure arising from the supplementary negative motor area. *Clin Neurol Neurosurg*, 査読あり, 2015, 34: 126-9. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.04.024.

Yamao Y, Kunieda T, Matsumoto R. Reply to Commentary on "Neural correlates of mirth and laughter: A direct electrical cortical stimulation study". *Cortex*, 査読あり, 2016, 75:244-246. doi: 10.1016/j.cortex.2015.03.019.

Imamura H, Matsumoto R, Takaya S, Nakagawa T, Shimotake A, Kikuchi T, Sawamoto N, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: Network specific change in white matter integrity in mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Res*, 査読あり, 2016, 120:65-72. doi: 10.1016/j.epilepsyres.2015.12.003.

Aso T, Fukuyama H. Functional heterogeneity in the default mode network edges. *Brain Connect*, 査読あり, 2015, 5(4):203-13. doi:10.1089/brain.2014.0256.

Tabu H, Aso T, Matsuhashi M, Ueki Y, Takahashi R, Fukuyama H, Shibasaki H, Mima T: Parkinson's disease patients showed delayed awareness of motor intention. *Neurosci Res*, 査読あり, 2015, 95:74-7. doi: 10.1016/j.neures.2015.01.012.

Shibata S, Matsuhashi M, Kunieda T, Yamao Y, Inano R, Kikuchi T, Imamura H, Takaya S, Matsumoto R, Ikeda A, Takahashi R, Mima T, Fukuyama H, Mikuni N, Miyamoto S: Magnetoencephalography with temporal spread imaging to visualize propagation of epileptic activity. *Clin Neurophysiol*, 査読あり, 2017, 128:734-743. doi: 10.1016/j.clinph.2017.01.010.

Yamao Y, Suzuki K, Kunieda T, Matsumoto R, Arakawa Y, Nakae T, Nishida S, Inano R, Shibata S, Shimotake A, Kikuchi T, Sawamoto N, Mikuni N, Ikeda A, Fukuyama H, Miyamoto S: Clinical impact of intraoperative CCEP monitoring in evaluating the dorsal language white matter pathway. *Hum Brain Mapp*, 査読あり,

2017, 38: 1977-1991. doi: 10.1002/hbm.23498.

Yoshida K, Kunieda T, Miyamoto S, Mima T, Ikeda A, Osu R: Neural pattern similarity between contra- and ipsilateral movements in high-frequency band of human electrocorticograms. *Neuroimage*, 査読あり, 2017, 147: 302-313. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.11.058.

Usami K, Matsumoto R, Sawamoto N, Murakami H, Inouchi M, Fumuro T, Shimotake A, Kato T, Mima T, Shirozu H, Masuda H, Fukuyama H, Takahashi R, Kameyama S, Ikeda A: Epileptic network of hypothalamic hamartoma: An EEG-fMRI study. *Epilepsy Res*, 査読あり, 2016, 125: 1-9. doi: 10.1016/j.epilepsyres.2016.05.011.

Hitomi T, Kobayashi K, Sakurai T, Ueda S, Jingami N, Kanazawa K, Matsumoto R, Takahashi R, Ikeda A: Benign adult familial myoclonus epilepsy is a progressive disorder: no longer idiopathic generalized epilepsy. *Epileptic Disord*, 査読あり, 2016, 18: 67-72. doi: 10.1684/epd.2016.0807.

Neshige S, Kobayashi K, Shimotake A, Iemura T, Matsumoto R, Nishinaka K, Matsumoto M, Takahashi R, Ikeda A: An elderly woman with exaggerated startle reflex and unconscious drop attack. *Neurol Clin Neurosci*, 査読あり, 2016, 4: 156-158. doi:10.1111/ncn3.12055.

Imamura H, Matsumoto R, Takaya S, Nakagawa T, Shimotake A, Kikuchi T, Sawamoto N, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: Network specific change in white matter integrity in mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Res*, 査読あり, 2016, 18: 65-72. doi: 10.1016/j.epilepsyres.2015.12.003

Usami K, Matsumoto R, Kobayashi K, Hitomi T, Matsuhashi M, Shimotake A, Kikuchi T, Yoshida K, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Phasic REM transiently approaches wakefulness in the human cortex - a single-pulse electrical stimulation study, 査読あり, *SLEEP* 2017, 40.10. doi:1093/sleep/zsx077.

Matsumoto R, Kunieda T, Nair D: Single pulse electrical stimulation to probe functional and pathological connectivity in epilepsy. *Seizure*, 査読あり, 2017, 44: 27-36.

doi: 10.1016/j.seizure.2016.11.003.

²¹Kobayashi K, Matsumoto R, Matsushashi M, Usami K, Shimotake A, Kunieda T, Kikuchi T, Yoshida K, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A: High frequency activity overriding cortico-cortical evoked potentials reflects altered excitability in the human epileptic focus. *Clinical Neurophysiology*, 査読あり, 2017,128:1673-1681. doi: 10.1016/j.clinph.2017.06.249.

²²Ookawa S, Enatsu R, Kanno A, Ochi S, Akiyama Y, Kobayashi T, Yamao Y, Kikuchi T, Matsumoto R, Kunieda T, Mikuni N: Frontal Fibers Connecting the Superior Frontal Gyrus to Broca Area: A Corticocortical Evoked Potential Study. *World Neurosurgery*, 査読あり, 2017, doi: 107:239-248. 10.1016/j.wneu.2017.07.166.

²² Fujiwara Y, Matsumoto R, Nakae T, Usami K, Matsushashi M, Kikuchi T, Yoshida K, Kunieda T, Miyamoto S, Mima T, Ikeda A, Osu R: Neural pattern similarity between contra- and ipsilateral movements in high-frequency band of human electrocorticograms. *Neuroimage*, 査読あり, 2017, 15;147:302-313. doi: 10.1016/j.neuroimage.

²³ Moyer JT, Gnatkovsky V, Ono T, Otáhal J, Wagenaar J, William C. Stacey W, Noebels J, Ikeda A, Staley K, de Curtis M, Litt B, Galanopoulou AS: Standards for data acquisition and software-based analysis of in vivo electroencephalography recordings from animals: report from the ILAE-AES joint translational task force. *Epilepsia*, 査読あり, 2017, 58:53-67. doi: 10.1111/epi.13909

²⁴ Zijlmans M, Worrell G, Duempelmann M, Stieglitz T, Barborica A, Heers M, Ikeda A, Usui N, Le Van Quyen M: How to record high frequency oscillations in epilepsy: a practical guideline. *Epilepsia*, 査読あり, 2017, 58(8):1305-1315. doi: 10.1111/epi.13814

²⁵ M. Kinboshi T. Mukai Y. Nagao Y. Matsuba Y. Tsuji S. Tanaka K. Tokudome S. Shimizu H. Ito, A, Ikeda A. Inanobe Y. Kurachi S. Inoue Y. Ohno: Inhibition of inwardly rectifying potassium (Kir) 4.1 channels facilitates brain-derived neurotrophic factor (BDNF) expression in astrocytes. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 査読あり, 2017, 10:408.

doi: 10.3389/fnmol.2017.00408

²⁶Bayasgalan B, Matsushashi M, Fumuro T, Nohira H, Nakano N, Iida K, Katagiri M, Shimotake A, Matsumoto R, Kikuchi T, Kunieda T, Kato A, Takahashi R, Ikeda A: We could predict good responders to vagus nerve stimulation: A surrogate marker by slow cortical potential shift. *Clinical Neurophysiology*, 査読あり, 2017, 128: 1583-1589. doi:10.1016/j.clinph.2017.05.019

²⁷Son S, Miyata J, Mori Y, Isobe M, Urayama SI, Aso T, Fukuyama H, Murai T, Takahashi H: Lateralization of intrinsic frontoparietal network connectivity and symptoms in schizophrenia. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 査読あり, 2017, 260: 23-28. doi: 10.1016/j.psychresns.2016.12.007

²⁸井内盛遠、中谷光良、池田昭夫: Wide band EEG の有用性 (slow). *臨床神経生理学* 2017, 45:520-524. 10.11422/jscn.45.520

²⁹中谷光良、井内盛遠、大封昌子、十川純平、村井智彦、橋本聡華、稲次基希、白水洋史、金澤恭子、渡辺裕貴、臼井直敬、井上有史、前原健寿、池田昭夫: 難治部分てんかん患者の焦点検索における、発作時 DC 電位・HFO の記録および解析の標準化案. *てんかん研究* 2017, 35:3-13. 10.3805/jjes.35.3

[学会発表](計8件)

Daifu M, Inouchi M, Kanazawa K, Matsushashi M, Inoue T, Kobayashi K, Shimotake A, Hitomi T, Matsumoto R, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: 2nd International workshop on High Frequency Oscillations in Epilepsy. Freiburg, Germany, March 10-12, 2016.

大封昌子, 井内盛遠, 松橋眞生, 金澤恭子, 小林勝哉, 下竹昭寛, 人見健文, 菊池隆幸, 吉田和道, 國枝武治, 松本理器, 高橋良輔, 池田昭夫: 発作間欠期皮質脳波における徐波と高周波律動の共起: 自動検出のための解析方法についての検討. 第50回日本てんかん学会学術集会, 静岡, 2016/10/7-9.

Inouchi M, Daifu M, Nakatani M, Ikeda A: Epileptic DC shift and its epileptogenic mechanism. The 51th Congress of the Japanese Epilepsy Society annual meeting. 2017/11/3, Kyoto.

井内盛遠: てんかん発作時の wideband EEG(発作時 DC 電位・HFO の意義). The 51th Congress of the Japanese Epilepsy Society

annual meeting. 2017年11月2日、京都

Togawa J, Ito Y, Aso T, Matsumoto R, Inouchi M, Shirozu H, Masuda H, Takahashi R, Fukuda M, Ikeda A, Kameyama S: Increase of resting state functional connectivity after stereotactic radiofrequency thermocoagulation in the patients of hypothalamic hamartoma. The 51th Congress of the Japanese Epilepsy Society annual meeting. 2017/11/3, Kyoto.

Nakatani M, Inouchi M, Togawa J, Murai T, Kobayashi K, Hitomi T, Hashimoto S, Inaji M, Shiroku H, Kanazawa K, Watanabe Y, Usui N, Inoue Y, Maehara T, Ikeda A: Proposal of standard recording and analysis intracranial ictal DC shifts and HFOs. The 51th Congress of the Japanese Epilepsy Society annual meeting. 2017/11/4

Daifu M, Inouchi M, Matsuhashi M, Kobayashi K, Shimotake A, Hitomi T, Yoshida K, Kunieda T, Matsumoto R, Takahashi R, Ikeda A: Co-occurrence of slow and high frequency oscillations (HFOs) in invasively recorded, interictal state in epilepsy patients: Is it a 'Red slow'? The XXX World Congress of Neurology. 2017/9/16-21, Kyoto

Togawa J, Inouchi M, Matsumoto R, Matsuhashi M, Kobayashi K, Usami K, Hitomi T, Nakae T, Kikuchi T, Yoshida K, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Spatio-temporal dynamics of interaction between slow and fast waves in humans during sleep. The 71st American Epilepsy Society Annual meeting 2017. 2017/12/2-6, Washington, USA.

〔図書〕(計4件)

井内盛遠, 松本理器: 臨床てんかん学: 1. 側頭葉てんかん. D. 年齢非依存性焦点性てんかん. 第11章てんかんおよびてんかん類似症候群 p671, 2015.

井内盛遠, 松本理器: 診断と治療: 特集一般臨床医に必要なてんかんの基礎知識とトピックス, 鈴木則宏編: てんかんの病態生理 p837-842, 2017

村井智彦, 井内盛遠, 池田昭夫: Clinical Neuroscience 37(7): 直流脳波(DC電位) p822-825, 2017

中谷光良, 井内盛遠, 前田健寿, 池田昭夫: 脳神経外科: (4) Wide-band EEG を用いた

焦点診断 - グリアとニューロン両者からのアプローチ, 2018

〔産業財産権〕なし

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等
<http://epilepsy.med.kyoto-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井内盛遠 (Inouchi, Morito)
京都大学・大学院医学研究科・客員研究員
研究者番号: 30532600

(2) 研究分担者

松本理器 (Matsumoto, Riki)
京都大学・大学院医学研究科・准教授
研究者番号: 00378754

麻生俊彦 (Aso, Toshihiko)
京都大学・大学院医学研究科・特定講師
研究者番号: 50397543

國枝武治 (Kunieda, Takeharu)
愛媛大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号: 60609931

池田昭夫 (Ikeda, Akio)
京都大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号: 90212761

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者 なし