

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560465

研究課題名(和文) 自発および電気刺激誘発の脳律動計測によるヒト脳機能結合地図の作成

研究課題名(英文) Mapping human brain connectivity by analyzing spontaneous and stimulation-induced neural oscillations

研究代表者

松本 理器 (Matsumoto, Riki)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00378754

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：近年の生体信号解析技術の発展に伴い、BOLD信号のゆらぎに代表される超低周波律動から皮質脳波で計測される高周波律動まで広帯域の神経発振現象の記録・解析が、脳機能や睡眠といった生理的状態や病態下で可能となってきた。本研究計画では、てんかん・腫瘍外科術前評価目的で頭蓋内電極を留置した患者を対象に、術前に自発低周波律動の非侵襲的計測(rs-fMRI)を行い、電極留置中に大脳皮質・白質の単発電気刺激により誘発される脳律動を生理的状態(言語機能・睡眠など)・病態(てんかん)下で計測・解析した。これにより包括的なヒト脳機能結合地図の作成と、睡眠やてんかんに関わるヒト脳のネットワーク動態の解明の礎を築いた。

研究成果の概要(英文)：Recent development in biological signal analysis has enabled us to explore much wider range of neural oscillation in living human brains, ranging from very low frequency oscillation (<0.1 Hz) of BOLD signal to high frequency activities (>100 Hz) recorded in electrocorticogram. In this study, we recruited patients with epilepsy and tumor who underwent invasive presurgical evaluation with intracranial electrodes. We first non-invasively obtained resting state fMRI data before surgery. We then, during electrode implantation, applied single-pulse electrical stimulation to a part of the cortices to record cortico-cortical evoked potentials or induced neural oscillations through cortico-cortical connections. We focused on the physiological (sleep) and pathologic (epilepsy) states and revealed their network dynamics. We also launched comprehensive investigation to establish the human brain connectivity map, focusing on the higher brain functions relevant to clinical system neuroscience.

研究分野：臨床システム神経科学

キーワード：機能的結合 ネットワーク 脳機能計測 皮質皮質間誘発電位 安静時機能MRI 高周波律動 てんかん 睡眠 皮質間

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の生体信号解析技術の発展は大脳神経生理学の分野においても多大な影響を与えた。デジタル脳波計の進歩により従来の限界 (0.3-70Hz) を超えたより広帯域の脳波活動 (wideband EEG) の記録が可能となり、頭蓋内電極記録においては、数百 Hz といった高周波律動まで可視化できるまでになった。その後の研究から 60-80Hz 以上の高周波律動が神経細胞の発火率や同期化の指標となりえること (Buzsaki et al., Nat Rev Neurosci, 2012) や、80-250Hz/250Hz 以上の帯域の高周波活動 (ripple/fast ripple と呼ばれる) がそれぞれ生理的・てんかん病態での神経活動と関連していることが明らかとなった (Bragin et al., Hippocampus, 1999)。他方、脳機能画像においては、安静時機能的 MRI 計測 (rs-fMRI: 被験者に課題を課さない状態での機能画像撮像法) による BOLD 信号の自発性超低周波律動 (<0.1Hz) の脳領域間の相関解析から、皮質の機能的結合性の測定が可能となった。意識維持・覚醒には安静時に賦活がみられる default mode network (DMN: 頭頂葉内側・背外側、前頭葉内側を含む領域) (Raichle et al., PNAS 2001) が重要であるとされ、意識や精神障害・認知障害の観点からこれまで精力的に研究されてきた。

(2) 我々は皮質電気刺激を用いて脳領域間の機能的ネットワークをヒト脳で直接探索する方法として、皮質・皮質間誘発電位 (cortico-cortical evoked potential: CCEP) を開発し、言語・高次運動やてんかんといった生理的・病態下での脳内ネットワークを探索し、臨床応用してきた (Matsumoto et al., Brain 2004, 2007)。この手法の記録機会は、てんかん外科手術のための侵襲的術前・術中評価時に限られるものの、硬膜下電極から単発で皮質に電気刺激を与え、皮質-皮質間伝播と判断される短潜時の誘発電位を近傍・遠隔皮質から優れた時間・空間分解能で記録することで、皮質間の機能的結合を同定できる。記録される誘発反応 (CCEP) はてんかん焦点において発作間欠期と起始時で動的に変容する (Matsumoto et al., Epilepsia 2005) ことから、ネットワークの動的指標とみなすことができる。以上の背景から、CCEP や CCEP に関連した高周波律動を皮質の結合性・外的入力に対する神経活動の動的指標として、ヒト脳機能結合地図作成に活用することに着想した。

(3) 従来では捉えることが難しかった超低周波・高周波数帯域での脳律動を様々な検査手法を相補的に用いて計測することによって、各々の手技の妥当性を検証しつつ、複雑なネットワークを形成しているヒト脳の機能を詳細に解明することが期待された。さらにその研究結果に基づいた精神・神経病態の診断・治療戦略開発の可能性が示唆された。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 大脳皮質・白質単発電気刺激により誘発される CCEP を中心とした誘発電位・脳律動の侵襲的計測と (2) rs-fMRI による自発低周波律動の非侵襲的計測を組み合わせ、包括的なヒト脳機能結合地図の作製を目指した。さらに誘発される脳波活動を皮質間結合性や神経活動の指標として、高次脳機能、睡眠、てんかんといった生理的そして病態下のネットワークの変容様式を解析することで、ヒト脳のネットワーク動態の解明を目指した。

3. 研究の方法

てんかん外科や脳腫瘍外科の術前評価目的で頭蓋内電極を術中あるいは慢性に留置する患者で十分なインフォームドコンセントのもと同意が得られた者を対象とし、それぞれの患者で術前・周術期にデータを取得し、複数の観点から解析を行った (京大医の倫理委員会 443, C570, C1082)。術前に、超高磁場 MRI 装置を用い、3D volumetry と EPI 撮像法による安静時の機能的 MRI および拡散強調画像を撮像した。周術期には術前評価の一環として、脳機能マッピングの gold standard である高頻度皮質電気刺激により言語・運動野を同定した。以上を共通の基礎データとし、下記の検討を行った。

(1) 頭蓋内電極慢性留置時の単発電気刺激による皮質間ネットワークの動的変容の解明
機能野・非機能野とともに、電極が留置された大脳皮質に網羅的に単発電気刺激を行い、留置された全電極より誘発反応を計測することで、因果性 (方向性) をもって皮質間の機能的結合を 1cm の解像度 (電極間距離) で同定した。これに加えて CCEP を含む単発電気刺激による誘発脳律動の挙動を関心脳領域において比較した。また、てんかん焦点・非焦点、覚醒時・睡眠時 (ノンレム睡眠, レム睡眠) で動的変容がみられるかを検討した。さらにこれらのデータを術前に撮像した解剖画像をもとに標準脳上へ集約しグループ解析を行った。

(2) 術中単発電気刺激による皮質間結合性と神経画像検査との比較

てんかん焦点・脳腫瘍切除において、術前の解剖学的白質線維追跡法 (diffusion tractography) で同定した主要線維束を高頻度・単発電気刺激し、刺激介入時の機能障害様式・皮質誘発反応の分布から線維束の機能および到達する皮質を同定した。皮質電気刺激部位を関心領域 (seed) として、BOLD 信号の自発超低周波律動の相関解析を行い、CCEP で同定された皮質間機能的結合との共通性・差異を検討した。また、術中白質の単発刺激による皮質誘発電位計測から白質経路が同定された皮質皮質間ネットワークに関して、rs-fMRI との比較検討から、rs-fMRI による皮質間機能的結合の白質経路の同定を試みた。

4. 研究成果

(1) 頭蓋内電極慢性留置時の単発電気刺激による皮質間ネットワークの動的変容の解明

①皮質単発電気刺激を睡眠時にも12症例で行い、CCEPとCCEPに関連した高周波律動を各々皮質の結合性・興奮性の指標として、睡眠時の皮質間結合性と皮質興奮性の変容を明らかにした。覚醒時とレム睡眠時は同等の皮質間結合性を示すが、一方、ノンレム睡眠では結合強度が低下し皮質興奮性が強抑制された。脳葉レベルの解析では、前頭葉はノンレム睡眠時に強抑制後に皮質興奮性が増大した(Usami K et al., Hum Brain Mapp 2015)。これらの結果から、ノンレム睡眠時の外的入力後の皮質興奮性の強抑制はノンレム睡眠時の主観的意識消失との関連が示され、Tononiら(2008)の情報統合理論を支持した。またノンレム睡眠時に前頭葉では誘発高周波律動の抑制後に再上昇(過同期)が大きくみられたが、前頭葉の同期・興奮しやすい特性を示唆し、前頭葉でんかんでの睡眠時に発作を起こしやすい生理学的機序と考察された。

②大脳皮質内の高周波活動・律動は、皮質内の情報処理を担う現象であるが、これらの活動の周波数を規定する要因は明らかでなかった。一次体性感覚野で記録されるCCEPと体性感覚野に関連した高周波律動帯域の比較から、高周波活動の周波数は、水平・垂直伝播といった入力様式および入力する皮質層により規定されることを明らかにした(Kobayashi K et al., PLoS One 2015)。

③てんかん病態下の皮質興奮性について、単発電気刺激による刺激誘発性高周波律動に注目し検討した。発作時皮質脳波記録から同定されるてんかん焦点と対照皮質(非焦点)で比較検討したところ、ripple(80-160 Hz)/fast ripple(240-300 Hz)帯域で、てんかん焦点でより強い誘発脳律動が有意に誘発された。てんかん発作を記録せずに、安静状態でてんかん焦点を同定する手法として期待される(国際学会発表, 論文準備中)。

④ヒト脳機能結合地図作成の一環として、CCEPの手法を用いて、背・内側の頭頂前頭葉間の結合地図を作成した。頭頂葉内側の楔前部は背側運動前野と、後部帯状回は中部帯状回と強固な結合がみられ、上頭頂小葉は背側運動前野と豊富な結合を有していた(国内学会発表, 国際シンポジウム発表)。

⑤単発皮質電気刺激により誘発される脳律動の網羅的解析から、中心溝周囲の大脳皮質では、外的入力(電気刺激)によりアルファ~ベータ帯域の背景律動(安静時律動)が同期し律動性応答を示すことを明らかにした。特徴的な律動性応答の同定は中心溝周囲の間隔運動野の同定に臨床的に有用と考えられた(国内学会発表, 国際シンポジウム発表, 論文準備中)。

⑥睡眠時の刺激誘発性脳律動のサブ解析から、レム睡眠を特徴づける急速眼球運動の出現時には、皮質興奮性が特に覚醒時に近づく

ことを明らかにした。夢はレム睡眠の中でも急速眼球運動時に出現しやすいがこれを神経生理学的に説明する知見と考えられた。(論文準備中)。

(2) 術中単発電気刺激による皮質間結合性と神経画像検査との比較

CCEPは、多チャンネル誘発電位計を用いることで術中に短時間(1刺激部位で1-2分)でオンライン解析が可能である。我々は、ブローカ野刺激しウェルニック野からCCEPを経時的に記録することで、背側言語白質路(弓状束)の機能統合性のモニタリングが可能であることを示し、術中の弓状束の新たな機能モニタリング手法を開発した(Yamao et al., Hum Brain Mapp, 2014, Human Brain Mapping Editor's Choice Award 2014受賞)。

①弓状束近傍の脳腫瘍21症例で、術前の神経画像とCCEPによる弓状束マッピングを比較検討した。拡散強調画像を用いたdiffusion tractographyでは弓状束の描出が困難な症例でも、CCEPの反応様式から弓状束の両端皮質の同定が可能であり、CCEPをモニタリング指標に弓状束が温存できることを明らかにした。CCEPをもちいた脳腫瘍切除前後の機能的結合性の動態評価から、浮腫の軽減にともない弓状束の機能が回復することも明らかにした(国内学会発表, 論文投稿中)。

②rs-fMRIによる脳領域間機能結合とCCEPで同定された皮質間結合の比較検討では、現段階の予備的解析で弓状束において概ね良好な合致が見られている。今後は睡眠時を含む刺激誘発性の脳律動データと術前に撮像したrs-fMRIによる自発律動性のデータを標準脳上へ集約し、複合的解析をさらに進め、包括的なヒト脳機能結合地図作成を進展させる予定である。

以上の研究成果は研究代表者、研究分担者が関連する国際・国内招待講演や総説でも発表し知見を国内外に広めた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計21件)

1. Kobayashi K, Matsumoto R, Matsushashi M, Usami K, Shimotake A, Kunieda T, Kikuchi T, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A. Different Mode of Afferents Determines the Frequency Range of High Frequency Activities in the Human Brain: Direct Electrographic Comparison between Peripheral Nerve and Direct Cortical Stimulation. *PLoS One* 2015 Jun 18;10(6):e0130461. DOI: 10.1371/journal.pone.0130461
2. Usami K, Matsumoto R, Kobayashi K, Hitomi T, Shimotake A, Kikuchi T, Matsushashi 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* 2015 Aug 26. DOI: 10.1002/hbm.22948
3. Shimotake A, Matsumoto R, Ueno T, Kunieda T, Saito S, Hoffman P, Kikuchi T, Fukuyama H, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A, Lambon-Ralph MA. Direct exploration of the role of the ventral anterior temporal lobe in semantic memory: Cortical stimulation and local field potential evidence from subdural grid electrodes. *Cereb Cortex* 25:3802-17 2015. DOI: 10.1093/cercor/bhu262
 4. Yamao Y, Matsumoto R, Kunieda T, Shibata S, Shimotake A, Kikuchi T, Satow T, Mikuni N, Fukuyama H, Ikeda A, Miyamoto S. Neural correlates of mirth and laughter: a direct electrical cortical stimulation study. *Cortex* 66:134-40, 2015. DOI: 10.1016/j.cortex.2014.11.008
 5. 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* 120: 65-72. DOI : 10.1016/j.eplepsyres.2015.12.003
 6. Chen Y, Shimotake A, Matsumoto R, Kunieda T, Kikuchi T, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A, Lambon-Ralph MA. The 'when' and 'where' of semantic coding in the anterior temporal lobe: temporal representational similarity analysis of electrocorticogram data. *Cortex* 2016. DOI : 10.1016/j.cortex.2016.02.015
 7. 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 Electrocorticography. *Epilepsy Behav* 51:312-20. DOI: 10.1016/j.yebeh.2015.08.002
 8. Kunieda T, Yamao Y, Kikuchi T, Matsumoto R. New Approach for Exploring Cerebral Functional Connectivity: Review of CCEP (Cortico-cortical evoked potential). *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 55:374-382, 2015. DOI: 10.2176/nmc.ra.2014-0388
 9. 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* 126(4):675-81, 2015, DOI: 10.1016/j.clinph.2014.07.033
 10. 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* 17(1): 89-94, 2015, DOI: 10.1684/epd.2015.0725.
 11. Fumuro T, Matsuhashi M, Miyazaki T, Inouchi M, Hitomi T, Matsumoto R, Takahashi R, Ikeda A. Alpha-band desynchronization in human parietal area during reach planning. *Clin Neurophysiol*, 126(4):756-762, 2015. DOI: 10.1016/j.clinph.2014.07.026.
 12. 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* 2016 in press. DOI: 10.1016/j.eplepsyres.2016.05.011.
 13. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫. システム神経科学とてんかんの接点. *最新医学* 47:1051-1060, 2015
 14. 松本理器, 下竹昭寛, 山尾幸広, 國枝武治: てんかん外科における術前皮質・白質機能マッピング (特集: 神経生理最前線). *最新精神医学*, 21(2): 101-109, 2016
 15. 十川純平, 松本理器, 池田昭夫. てんかん病態下の脳内ネットワーク. *Clinical Neuroscience* 34(5): 713-716, 2016
 16. 山尾幸広, 國枝武治, 松本理器. 皮質電気刺激によるヒト脳機能ネットワークの探索. *脳神経外科速報* 25(5), 411-420, 2016
 17. Yamao Y, Matsumoto R, Kunieda T., Arakawa Y, Kobayashi K, Usami K, Shibata S, Kikuchi T, Sawamoto N, Mikuni N, Ikeda A, Fukuyama H, Miyamoto S. Intraoperative dorsal language network mapping by using single-pulse electrical stimulation. *Hum Brain Mapp*, 35:4345-4361, 2014. DOI: 10.1002/hbm.22479

18. Kunieda T, Mikuni N, Shibata S, Inano R, Yamao Y, Kikuchi T, Matsumoto R, Takahashi J, Ikeda A, Fukuyama H, Miyamoto S. Long-term seizure outcome following resective surgery for epilepsy: To be or not to be completely cured? *Neurologia Medico-Chirurgica* 53:805-813, 2015
19. Kanazawa K, Matsumoto R, Imamura H, Matsuhashi M, Kikuchi T, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Intracranially-recorded ictal direct current shifts may precede high frequency oscillations in human epilepsy. *Clin Neurophysiol* 126 (1):47-59, 2015. DOI 10.1016/j.clinph.2014.05.028.
20. Takaya S, Ikeda A, Mitsueda-Ono T, Matsumoto R, Inouchi M, Namiki C, Oishi N, Mikuni N, Ishizu K, Takahashi R, Fukuyama H. Temporal Lobe Epilepsy with Amygdala Enlargement: A Morphologic and Functional Study. *J Neuroimaging* 24:54-62, 2014. DOI: 10.1111/j.1552-6569.2011.00694.x
21. 小林勝哉, 松本理器. 脳のゆらぎ・同期・オシレーション C. ヒトでの計測 6. 皮質脳波. *Clinical Neuroscience* 32:792-796, 2014, 総説
[学会発表] (計 20 件)
招待講演
 1. Matsumoto R. Functional connectivity revealed by Cortico-Cortical Evoked Potentials, 20th Korean Epilepsy Congress, Gwangju, South Korea, 2015/6/12
 2. Matsumoto R. Network Disorders, 20th Korean Epilepsy Congress, Gwangju, South Korea, 2015/6/13
 3. Matsumoto R. The ventral language network - its function, connectivity and plasticity: insights from direct cortical stimulation and ECoG recordings. Special Seminar at Cognitive Neurophysiology and Brain-Machine Interface Laboratory, Department of Neurology, Johns Hopkins Hospital, Baltimore, USA, 2015/12/8
 4. 松本理器, 山尾幸広, 下竹昭寛, 國枝武治, 池田昭夫. 皮質電気刺激によるヒト脳機能ネットワークの探索. 第 29 回日本微小脳神経外科解剖研究会合同セッション: 脳機能解剖の多次元解析. 第 35 回脳神経外科コンgres総会, 横浜, 2015/5/9
 5. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫. 皮質・皮質間誘発電位 (CCCEP) 記録・解析の実際. 第 45 回日本臨床神経生理学会学術大会ワークショップ 4. 皮質・皮質間誘発電位, 大阪, 2015/11/8
6. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫. ヒト脳の機能可塑性: 皮質電気刺激・外科的脳切除の観点から. 第 30 回日本生体磁気学会学術大会, 旭川, 2015/6/5
7. 小林勝哉, 松本理器, 宇佐美清英, 國枝武治, 池田昭夫. 睡眠と前頭葉てんかん. 第 49 回日本てんかん学会学術大会. 長崎, 2015/10/30~31
8. 小林勝哉, 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫. 慢性電極留置におけるてんかん原性評価. 第 45 回日本臨床神経生理学会学術大会. 大阪, 2015/11/5~7
9. Matsumoto R. Single Pulse Electrical Stimulation to Probe Human Brain Connectivity and Epileptogenicity, Ground Round, George Washington University Epilepsy Center, Washington D.C., USA, Nov 18th, 2014
10. Matsumoto R. Imaging Functional and Epileptic Networks with Cortical Stimulation. 7th International Workshop on Advances in Electroencephalography, Washington D.C., USA, Nov 14th, 2014
11. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫. てんかん外科における術前皮質・白質機能マッピング (教育講演). 第 44 回日本臨床神経生理学会学術大会, 福岡, 2014/11/21
12. 松本理器. てんかん病態下の脳機能ネットワーク: 古くて新しい皮質電気刺激法を用いた機能解明とその臨床応用をめざして (第 4 回奨励賞受賞記念講演), 第 44 回日本臨床神経生理学会学術大会, 福岡, 2014/11/19
13. 松本理器, 宇佐美清英, 國枝武治, 池田昭夫. 前頭葉てんかんと睡眠障害 (シンポジウムてんかんと睡眠), 第 48 回日本てんかん学会学術大会, 2014/10/2
14. Matsumoto R, Kunieda T, Ikeda A. Spontaneous and induced neural oscillations in human epilepsy (In Symposium: Brain oscillations in its physiology and pathophysiology). Neuroscience 2014 (第 37 回日本神経科学大会), 横浜, 2014/9/11
一般演題 (国際学会)
15. Takeyama T, Matsumoto R, Kobayashi K, Usami K, Shimotake A, Kikuchi T, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A. Functional connectivity of the human entorhinal cortex: a cortico-cortical evoked potential study (Poster) Neuroscience 2014 of Society for Neuroscience (2014 神経科学学会), Washington DC, USA, 2014/11/15-19
一般演題 (国内学会)
16. Matsumoto R, Yamao Y, Kunieda T, Arakawa Y, Shimotake A, Kikuchi T,

- Shibata S, Inano R, Sawamoto N, Ikeda A, Mikuni N, Miyamoto S. Clinical implications of intraoperative CCEP monitoring in evaluating the white matter functional integrity of the dorsal language network. 第38回日本神経科学大会, 神戸, 2015/7/28-31
17. 十河正弥, 松本理器, 武山博文, 小林勝哉, 下竹昭寛, 宇佐美清英, 中江卓郎, 國枝武治, 宮本享, 高橋良輔, 池田昭夫. ヒト内側頭頂葉の機能的結合性: 皮質-皮質間誘発電位を用いた検討. 第45回日本臨床神経生理学会学術大会, 大阪, 2015/11/5-7
18. 中江卓郎, 松本理器, 國枝武治, 荒川芳輝, 下竹昭寛, 小林勝哉, 稲野理賀, 西田誠, 高橋由紀, 稲田拓, 菊池隆幸, 松橋眞生, 高橋良輔, 池田昭夫, 宮本享. 術中電気的線維追跡法を用いた腹側言語経路の検討. 第45回日本臨床神経生理学会学術大会. 大阪, 2015/11/5-7
19. Shimotake A, Matsumoto R, Kobayashi K, Usami K, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A. Functional mapping of praxis network: Electrical cortical stimulation study. 第56回日本神経学会学術大会. 新潟, 2015/5/20-23
20. Usami K, Matsumoto R, Hitomi T, Kobayashi K, Shimotake A, Kikuchi T, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A. Dynamic modulation of inter-areal neuronal integrity during sleep: direct evidence from high frequency activities induced by direct cortical stimulation in humans (口演). 第37回日本神経科学学会 (Neuroscience 2014), 横浜, 2014/9/11-13
- [図書] (計5件)
1. Matsumoto R, Kunieda T. Chapter 36 -Cortico-cortical evoked potential mapping (Section 5: Human Brain Mapping). In: Lhatoo S, Kahane P, Lüders H, eds. Invasive Studies of the Human Epileptic Brain: Principles and Practice of Invasive Brain Recordings and Stimulation in Epilepsy. Oxford University Press, London, in press.
2. 宇佐美清英, 松本理器: 2 前頭葉てんかん (ジャクソン発作を除く). 4. 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. 臨床てんかん学 (兼本浩祐ら編). 東京, 医学書院, pp371-373, 2015
3. 宇佐美清英, 松本理器, 池田昭夫. 10章: 睡眠と前頭葉てんかん. 睡眠とてんかん (千葉茂編). 東京. ライフ・サイエンス. pp91-100, 2015
4. 松本理器. てんかん脳波とその評価. 脳

神経外科医のための脳機能と局在診断. 橋本信夫監修. 東京. 文光堂. pp314-321, 2014

5. 松本理器. 頭蓋内脳波記録. 東京. 診断と治療社. てんかん専門医ガイドブック. 日本てんかん学会編. pp105-109, 2014

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[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

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

(2) 研究分担者

國枝 武治 (KUNIEDA, Takeharu)

京都大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号: 60609931

下竹 昭寛 (SHIMOTAKE, Akihiro)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号: 80726000

井内 盛遠 (INOUCHI, Morito)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号: 30532600

小林 勝哉 (KOBAYASHI, Katsuya)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号: 70737121

(3) 連携研究者

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

岡田知久 (OKADA, Tomohisa)

京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号: 30321607

松橋眞生 (MATSUHASHI, Masao)

京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号: 40456885

(4) 研究協力者

宇佐美清英 (USAMI, Kiyohide)

Johns Hopkins University・Department of

Neurology・Visiting scientist

山尾幸広 (YAMA0, Yukihiko)

前 King' s College London・Visiting

Researcher, 現康生会武田病院医員

中江卓郎 (NAKAE, Takuro)

京都大学・大学院医学研究科・大学院生

十河正弥 (TOGO, Masaya)

京都大学・大学院医学研究科・大学院生