

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21591869

研究課題名（和文） てんかんモデルに対する緩和外科治療の作用機序の解明
—PET イメージを用いて

研究課題名（英文） The change of regional cerebral blood flow during the epileptic discharge on epileptic rat models.

研究代表者

貴島 晴彦（KISHIMA HARUHIKO）

大阪大学・医学系研究科・講師

研究者番号：10332743

研究成果の概要（和文）：

ラットてんかんモデルで、発作伝播様式を脳血流の変化から解析した。麻酔下にレーザースペックル血流計で発作時のラットの脳表血流、脳波を測定した。部分発作では脳表の血流野上昇を認めるのみであるが、その発作が全般化する時には、その数秒前から脳表血流が減少し、脳波異常の出現に伴い急激に上昇することが観察された。これは、発作焦点から広がる脱分極波が脳波変化に先立って伝播し観察されたものと推定できるものである。

研究成果の概要（英文）：

In this study, the changes of cerebral blood flow (CBF) were analyzed during the epileptic seizure using the rat models. The increase of CBF was observed with some partial seizures. Just before the secondary generalized seizure, once CBF decreased and it increased with the epileptic EEG. It demonstrates that depolarization wave might occurs before generalized seizure.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・脳神経外科学

キーワード：てんかん、てんかん発作伝播、外科治療、レーザースペックル血流計 PET、

1. 研究開始当初の背景

てんかんは人口の約 1 から 2% の有病率を有する疾患であり、多くは思春期までに発症する。てんかん患者では発作をうまく抑制することができればより有意義な社会生活を送ることが期待される。また、その有病率からも、てんかんを良好なコントロールすることは社会資本に貢献すると考えられる。しかし、

約 10 から 20% の患者は薬物治療で満足する効果が得られず難治に経過し、外科的治療法が考慮される。外科治療の多くはてんかんの焦点を同定し、その領域の切除、あるいは周辺脳からの神経解剖学的な離断を行う方法がとられている。またこれ以外の手術法として発作の緩和を目的とした治療が考慮されている。脳梁離断術、視床刺激術や迷走神経

刺激術がこれに当てはまるが、その作用機所は未だに明らかではない。これらの治療法はその作用機所の解明がなされることで、難治性てんかんの新たな手術治療法として確立されることが期待される。

当施設には小動物用の高解像度 PET-MRI、超高解像度半導体 MRI が導入され稼働しており、これらの装置を利用した画像を解析し、さらに電気生理学的な手法を用いることにより、てんかんモデルでの発作伝播様式、各種治療法の効果発現機構が解析されるものと期待し、本研究を立案した。

2. 研究の目的

本研究では、

(1) てんかんモデル動物および正常動物の糖代謝や脳血流変化を、高解像 PET-MRI 装置、超高解像度の半導体 PET 装置、レーザースペックル脳表血流計を用いて解析する。また同時に電気生理学的な測定を行う。これにより、てんかん発作の伝播様式、てんかん原性の獲得機構を明らかにする。

(2) さらに、これらの動物に対して、緩和作用があるとされる脳深部刺激や迷走神経刺激を電気的に加え、同様の観察を行い、これらの治療法の作用機序を明らかにする。

以上、2つの目的で行った。

3. 研究の方法

(1) ラットてんかんモデル作成

Wister ラット(♂ 300-400g) に対して、カイニン酸(5 μg/kg 濃度 1 μg/μl)を定位的に海馬に注入し、てんかんモデルを作成した。

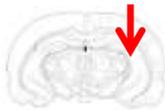
注入部位: hippocampus (CA3)

[AP] -5.8mm

[ML] -4.7mm

[DV] -6.2mm

from bregma



麻酔管理: 全身麻酔 (吸入麻酔 セボフルラン 2.0~3.0%で維持) (FiO2 0.3-0.4、SpO2 95%以上、直腸温 37.5℃)

(2) 脳表血流測定

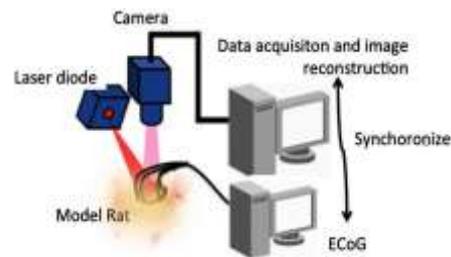
組織表面にレーザー (均一波長光 (780nm)) を照射

反射光の位相差および干渉により、ランダムなスペックルパターンが観測

その反射パターンの変化から表面の粒子の動き (≒血球の動き) を計算。

→ リアルタイムで2次元の血流マッピングが可能となる。

(毎秒4~8枚の血流マップを得られる)



同時に複数の電極からの脳波を測定する。

(3) 脳血流解析方法

けいれん発症時から連続的に脳表血流変化を測定し、脳全体および局所での脳表血流変化を測定解析した。イメージングソフト (VINCI: Neurological Research, Max Planck Institute) を使用してスペックルコントラストイメージの再構築し、脳表血流画像を作成した。

4. 研究成果

(1) ラットてんかんモデル

カイニン酸注入後、すべてのラットで数分~30分で、脳波上 multiple spikes が出現した。発作型は部分発作であった。部分発作を繰り返した後、二次性全般化発作に移行した。

(2) 発作時の脳血流変化と脳表脳波

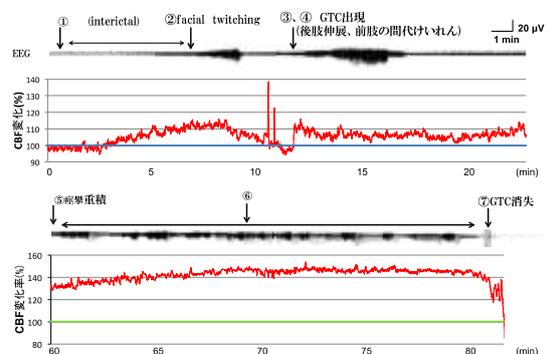


図 1

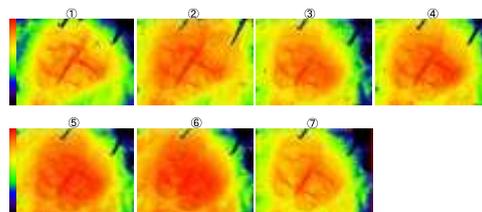


図 2

上図は脳血流の経時的な変化を示す。番号は図 1 の番号に時間に一致する。

図 1 に示す様に部分てんかん (facial twitching) 発症時には脳血流の上昇を認めるが、二次性全般化発作に移行する前に一旦脳血流が減少し、その後上昇することが示された。さらに発作が重積すると次第に血流が上昇した。

(3) 二次性全般化前の脳血流の波動性変化

図 3 は発作全般化直前に発作起始部からの周辺へ広がる波動状の血流変化を認める。その後全般化するこれは神経細胞の異常放電による脱分極波 (depolarization wave) の影響の可能性を示す。

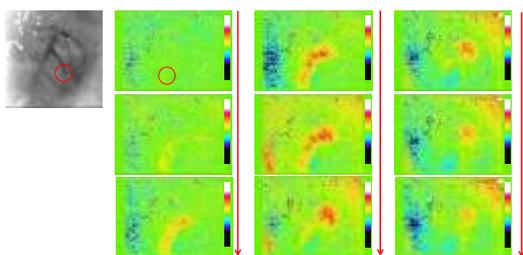


図 3

(4) PET を用いた研究ならびに緩和治療による変化については、期間内に提示できる結果を得ることができなかった。

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 10 件)

(1) Iwatani Y, K Kagitani-Shimono, K Tominaga, T Okinaga, H Kishima, A Kato, T Nagai, K Ozono.

Ictal high-frequency oscillations on scalp EEG recordings in symptomatic West syndrome
Epilepsy Res. 2012 In press 査読有

(2) Iwatani Y, Kagitani-Shimono K, Tominaga K, Okinaga T, Mohri I, Kishima H, Kato A, Sanefuji W, Yamamoto T, Tatsumi A, Murata E,

Taniike M, Nagai T, Ozono K. Long-term developmental outcome in patients with West syndrome after epilepsy surgery.
Brain Dev. 2012 In press 査読有

(3) Yanagisawa T, Hirata M, Saitoh Y, Kishima H, Matsushita K, Goto T, Fukuma R, Yokoi H, Kamitani Y, Yoshimine T.
Electrocorticographic control of a prosthetic arm in paralyzed patients.
Ann Neurol. 71(3):353-61, 2012, 査読有

(4) Yanagisawa T, Hirata M, Saitoh Y, Goto T, Kishima H, Fukuma R, Yokoi H, Kamitani Y, Yoshimine T.

Real-time control of a prosthetic hand using human electrocorticography signals.
J Neurosurg. 114(6):1715-22, 2011, 査読有

(5) Maruo T, Saitoh Y, Hosomi K, Kishima H, Shimokawa T, Hirata M, Goto T, Morris S, Harada Y, Yanagisawa T, Aly MM, Yoshimine T.

Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus improves temperature sensation in patients with Parkinson's disease.
Pain. 152(4):860-5, 2011, 査読有

(6) Morimoto T, Kamei M, Nishida K, Sakaguchi H, Kanda H, Ikuno Y, Kishima H, Maruo T, Konoma K, Ozawa M, Nishida K, Fujikado T.

Chronic implantation of newly developed suprachoroidal-transretinal stimulation (STS) prosthesis in dogs.
Invest Ophthalmol Vis Sci. 52(9):6785-92, 2011, 査読有

(7) Tani N, Hirata M, Motoki Y, Saitoh Y, Yanagisawa T, Goto T, Hosomi K, Kozu A, Kishima H, Yorifuji S, Yoshimine T.

Quantitative analysis of phosphenes induced by navigation-guided repetitive transcranial magnetic stimulation.
Brain Stimul. 4(1):28-37, 2011, 査読有

(8) Goto T, Hirata M, Umekawa Y, Yanagisawa T, Shayne M, Saitoh Y, Kishima H, Yorifuji S, Yoshimine T.

Frequency-dependent spatiotemporal distribution of cerebral oscillatory changes during silent reading: a magnetoencephalographic group analysis.
Neuroimage. 54(1):560-7, 2011, 査読有

(9) Fujikado T, Kamei M, Sakaguchi H, Kanda H, Morimoto T, Ikuno Y, Nishida K, Kishima H, Maruo T, Konoma K, Ozawa M, Nishida K.

Testing of semichronically implanted retinal prosthesis by suprachoroidal-transretinal stimulation in patients with retinitis pigmentosa.
Invest Ophthalmol Vis Sci. 52(7):4726-33, 2011, 査読有

(10) Kishima H, Saitoh Y, Oshino S, Hosomi K, Ali M, Maruo T, Hirata M, Goto T, Yanagisawa T, Sumitani M, Osaki Y, Hatazawa J, Yoshimine T.

Modulation of neuronal activity after spinal cord stimulation for neuropathic pain; H(2)15O PET study.
Neuroimage. 49(3):2564-9, 2010, 査読有

〔学会発表〕(計 39 件)

(1) 貴島晴彦、押野 悟、平田雅之、谷 直樹、細見晃一、圓尾知之、後藤 哲、クウウイミン、齋藤洋一、加藤天美、吉峰俊樹
Posterior Quadrantectomy の位置づけとその適応

第 35 回日本てんかん外科学会 2012 年 1 月 19 日 東京 一般演題

(2) クウウイミン、貴島晴彦、押野 悟、谷 直樹、細見晃一、圓尾知之、後藤 哲、平田雅之、齋藤洋一、吉峰俊樹
フレームレスイメージガイド定位手術を用いた深部電極留置術

第 35 回日本てんかん外科学会 2012 年 1 月 19 日 東京 一般演題

(3) 細見晃一、貴島晴彦、押野 悟、木下 学、平田雅之、谷 直樹、後藤 哲、圓尾 知之、KhooHuiMing、齋藤洋一、吉峰俊樹
てんかん焦点における糖代謝と中枢性ベンゾジアゼピン受容体分布のミスマッチ

第 35 回日本てんかん外科学会 2012 年 1 月 19 日 東京 ポスター

(4) 圓尾知之、貴島晴彦、中村 元、押野 悟、谷 直樹、細見晃一、クウウイミン、齋藤洋一、吉峰俊樹

てんかんモデルに対するレーザースペックル血流計を用いた脳血流イメージ解析

第 35 回日本てんかん外科学会 2012 年 1 月 19 日 東京 ポスター

(5) 貴島晴彦、押野 悟、細見晃一、平田雅之、谷 直樹、圓尾知之、Khoo Hui Ming、柳澤琢史、下野九理子、沖永剛志、齋藤洋一、加藤天美、吉峰俊樹

新皮質てんかんに対する外科治療の長期予後予測因子の検討

日本脳神経外科学会 第 70 回学術総会 2011 年 10 月 12 日 横浜 シンポジウム

(6) 貴島晴彦、押野 悟、細見晃一、平田雅之、圓尾知之、谷 直樹、クウウイミン、柳澤琢史、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹

新皮質てんかんに対する外科治療の予後予測因子の検討

第 45 回日本てんかん学会 2011 年 10 月 7 日 新潟 一般口演

(7) 押野 悟、竹綱成典、松本勝美、鶴菌浩一郎、貴島晴彦、吉峰俊樹

高齢者の非痙攣性てんかん重積に対する治療経験

第 45 回日本てんかん学会 2011 年 10 月 6 日 新潟 一般口演

(8) 細見晃一、貴島晴彦、押野 悟、木下 学、平田雅之、後藤 哲、圓尾知之、Hui Minig Khoo、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹

内側側頭葉てんかんにおける中枢性ベンゾジアゼピン受容体と糖代謝分布の相違

第 45 回日本てんかん学会 2011 年 10 月 6 日 新潟 一般口演

(9) 谷 直樹、貴島晴彦、アリ モハメド、押

野 悟、細見晃一、クウウイミン、圓尾知之、平田雅之、齋藤洋一、加藤天美、数井裕光、吉田哲彦、吉峰俊樹

海馬電極刺激を用いた海馬扁桃核切除後の記憶障害の予測

第 45 回日本てんかん学会 2011 年 10 月 6 日 新潟 一般口演

(10) クウウイミン、貴島晴彦、押野 悟、谷 直樹、細見晃一、圓尾知之、後藤 哲、平田雅之、齋藤洋一、吉峰俊樹

フレームレス定位手術システムを用いて深部電極を留置した側頭葉てんかんの 1 例

第 45 回日本てんかん学会 2011 年 10 月 6 日 新潟 一般口演

(11) Tani N、Kishima H、Ali M、Oshino S、Hosomi K、Kui Ming K、Maruo T、Saitoh Y、Hirata M、Kato A、Kazui H、Yoshida T、Yoshimine T

Provocative memory test for amygdalohippocampectomy using depth electrodes implanted in the entorhinal area

29th International Epilepsy Congress Aug.31,2011, Poster, Italy

(12) Kishima H、Oshino S、Hirata M、Tani N、Hosomi K、Maruo T、Saitoh Y、Kato A、Yoshimine T

Navigation guided less invasive selective amigdalohippocampectomy via inferior temporal gyrus

29th International Epilepsy Congress Aug.31,2011,Poster, Italy

(13) Ninomiya H、Kato A、Kishima H、Yoshimine T

How do new anti-epileptic drugs impact the therapy of refractory epilepsy at the municipal hospital in Sakai?

29th International Epilepsy Congress Aug.30,2011,Poster, Italy

(14) Kishima H、Oshino S、Hosomi K、Hirata M、Kato A

Is Additional Amygdalohippocampectomy Necessary for Intractable Lesional Temporal Lobe Epilepsy?

2010 AMERICAN EPILEPSY SOCIETY Dec.3-7,2010 San Antonio, USA Poster

(15) 後藤 哲、平田雅之、橋本直哉、貴島晴彦、柳澤琢史、齋藤洋一、依藤史郎、吉峰俊樹

皮質下脳波計測による神経白質線維の活動計測

日本脳神経外科学会 第 69 回学術総会 2010 年 10 月 27-29 日 福岡 一般口演

(16) 貴島晴彦、平田雅之、押野 悟、細見晃一、圓尾知之、Mohamed Ali、後藤 哲、柳澤琢史、下野九理子、沖永剛志、齋藤洋一、加藤天美、吉峰俊樹

てんかん外科治療の医学的転帰と社会生活

日本脳神経外科学会 第 69 回学術総会 2010 年 10 月 27-29 日 福岡 シンポジウム

(17) 二宮宏智、加藤天美、中野直樹、貴島晴彦、吉峰俊樹

新規抗てんかん薬でてんかん治療はかわったか？
第 44 回日本てんかん学会 2010 年 10 月
14-15 日 岡山 口演

(18)細見晃一、貴島晴彦、押野 悟、平田雅之、Mohamed Ali、後藤 哲、原田 悠、圓尾知之、Shayne Morris、柳澤琢史、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹
側頭葉てんかんにおける Iomazenil SPECT と FDG PET の定量的比較
第 44 回日本てんかん学会 2010 年 10 月
14-15 日 岡山 口演

(19)貴島晴彦、平田雅之、押野 悟、細見晃一、圓尾知之、Mohamed Ali、下野九理子、沖永剛志、齋藤洋一、加藤天美、吉峰俊樹
てんかん手術後の社会的予後の検討
第 44 回日本てんかん学会 2010 年 10 月
14-15 日 岡山 口演

(20)Mohamed Ali、貴島晴彦、平田雅之、押野 悟、細見晃一、吉田哲彦、数井裕光、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹
海馬傍回に留置した深部電極の刺激による記憶機能の評価
第 44 回日本てんかん学会 2010 年 10 月
14-15 日 岡山 ポスター

(21)Kishima H, Oshino S, Hosomi K, Hirata M, Yanagisawa T, Goto T, Mohamed A, Shimono K, Okinaga T, Saitoh Y, Kato A.
Is the Additional Amygdalohippocampotomy Necessary for the Intractable Lesional Temporal Lobe Epilepsy?
The 4rd Asian Epilepsy Surgery Congress
Sep.3-5,2010 Taipei, Taiwan Oral Presentation

(22)Hosomi K, Kishima H, Oshino S, Hirata M, Mohammed A, Goto T, Maruo T, Yanagisawa T, Harada Y, Morris S, Kato A, Saitoh Y, Yoshimine T.
Quantitative analysis of 123I-iomazenil SPECT in temporal lobe epilepsy
The 4rd Asian Epilepsy Surgery Congress
Sep.3-5,2010 Taipei, Taiwan Poster

(23)貴島晴彦、押野 悟、平田雅之、細見晃一、後藤 哲、圓尾知之、齋藤洋一、吉峰俊樹、富永康二、下野九理子、沖永剛志
広汎性発達障害を伴う全般性てんかんに対して脳梁離断術を施行した 2 例
第 6 回日本てんかん学会近畿地方会 2010 年 7 月 24 日 大阪 口演

(24)貴島晴彦、押野 悟、細見晃一、圓尾知之、平田雅之、アリ モハメッド、柳澤琢史、後藤 哲、齋藤洋一、吉峰俊樹
瘻性対麻痺に治するバクロフェン髄腔内投与療法
第 49 回日本定位・機能神経外科学会 2010/01/22-23 大阪 シンポジウム

(25)細見晃一、齋藤洋一、貴島晴彦、平田雅之、押野 悟、谷 直樹、後藤 哲、圓尾知

之、柳澤琢史、Mohamed Ali、吉峰俊樹
神経疾患に対する非侵襲的中枢神経刺激療法—反復経頭蓋磁気刺激—
第 49 回日本定位・機能神経外科学会 2010/01/22-23 大阪 シンポジウム

(26)貴島晴彦、押野 悟、細見晃一、平田雅之、後藤 哲、圓尾知之、柳澤琢史、Mohamed Ali、下野九理子、沖永剛志、齋藤洋一、加藤天美、吉峰俊樹
器質性病変を有する側頭葉てんかんに対する病変切除、海馬温存手術の長期予後
第 33 回日本てんかん外科学会 2010/01/21-22 大阪 シンポジウム

(27)細見晃一、貴島晴彦、押野 悟、平田雅之、後藤 哲、圓尾知之、柳澤琢史、Mohamed Ali、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹
側頭葉てんかんにおける側頭葉外の抑制系障害—Iomazenil-SPECT を用いて
第 33 回日本てんかん外科学会 2010/01/21-22 大阪 ポスター

(28)二宮宏智、貴島晴彦、加藤天美、吉峰俊樹
二次性全般化に認められた高アンモニア血症の 2 例
第 43 回日本てんかん学会 2009/10/22-24 弘前 (青森) 口演

(29)細見晃一、貴島晴彦、押野 悟、平田雅之、後藤 哲、圓尾知之、柳澤琢史、Mohamed Ali、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹
側頭葉てんかんにおける 123I-iomazenil SPECT の定量解析の試み
第 43 回日本てんかん学会 2009/10/22-24 弘前 (青森) 口演

(30)押野 悟、貴島晴彦、平田雅之、細見晃一、後藤 哲、柳澤琢史、Mohamed Ali、圓尾知之、齋藤洋一、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、吉峰俊樹
前方脳梁離断術後の発作間欠期脳磁図の変化
第 43 回日本てんかん学会 2009/10/22-24 弘前 (青森) 口演

(31)貴島晴彦、押野 悟、細見晃一、平田雅之、柳澤琢史、後藤 哲、Mohamed Ali、下野九理子、沖永剛志、加藤天美、齋藤洋一、吉峰俊樹
器質性病変を有する側頭葉てんかんに対する外科治療法
第 43 回日本てんかん学会 2009/10/22-24 弘前 (青森) 口演

(32)柳澤琢史、平田雅之、貴島晴彦、後藤 哲、齋藤洋一、押野 悟、細見晃一、加藤天美、吉峰俊樹
感覚運動野の新皮質てんかんにおける発作間欠期てんかん波の自発的運動による抑制効果
第 44 回日本てんかん学会 2009/10/22-24 弘前 (青森) ポスター

(33)Kato A, Kishima H, Nakano N, Lin S, Shimono K, Okinaga T, Tsuyuguchi N, Oshino S, Ninomiya H, Hirata M,

Yoshimine T
Functional hemispherotomy by vertical
method using neuronavigation
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Educational
Lecture

(34)Kishima H, Oshino S, Hirata M,
Hosomi K, Yanagisawa T, Goto T, Maruo T,
Mohammed A, Kato A, Saitoh Y, Yoshimine
T.
Occupational achievement after surgery
for temporal lobe epilepsy
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Oral
Presentation

(35)Hirata M, Goto T, Barnes G, Kishima
H, Oshino S, Yanagisawa T, Saitoh Y, Kato
A, Hshimoto N, Yorifuji S, Yoshimine T.
Language dominance and mapping based
on neuromagnetic oscillatory
change:comparison with invasive
procedures
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Oral
Presentation

(36)Hosomi K, Kishima H, Oshino S,
Hirata M, Goto T, Maruo T, Yanagisawa T,
Mohammed A, Kato A, Saitoh Y, Yoshimine
T.
Quantitative analysis of 123I-iomazenil
SPECT in temporal lobe epilepsy
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Poster

(37)Oshino S, Kishima H, Hirata M,
Hosomi K, Goto T, Yanagisawa T,
Mohamed A, Maruo T, Saitoh Y, Kato A,
Yoshimine T.
Alteration of interictal epileptic discharge
after anterior corpus callosotomy
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Poster

(38)Mohamed A, Kishima H, Hosomi K,
Oshino S, Hirata M, Yanagisawa T, Maruo
T, Goto T, Saitoh Y, Kato A, Yoshimine T.
Identification of epileptogenic focus in
patients with tuberous sclerosis complex
using MEG;Report of two cases
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Poster

(39)Yanagisawa T, Hirata M, Kishima H,
Goto T, Saitoh Y, Oshino S, Hosomi K,
Kato A, Yoshimine T.
Movement induces suppression of
interictal spikes in sensorimotor
neocortical epilepsy
The 3rd Asian Epilepsy Surgery Congress
2009/06/18-19 Osaka, Japan Poster

[図書] (計4件)

(1)貴島晴彦
インタビュー最前線の医師たち てんかん

治療の現在(長期的視点が必要となるてんかん治療)
ライフ・サイエンス Medicament News
第2079号
pp17,2012

(2)永井利三郎、貴島晴彦
3.頭部外傷
日本てんかん協会 てんかんと基礎疾患
てんかんを合併しやすい、いろいろな病気
pp12-14,2011

(3)貴島晴彦
14.脳腫瘍
日本てんかん協会 てんかんと基礎疾患
てんかんを合併しやすい、いろいろな病気
pp56-62,2011

(4)貴島晴彦
機能外科 植え込み機器をめぐって
メジカルビュー社 Neurosurgery NOW
No.13 整容脳神経外科 Update きれいな
キズアトを目指して
pp94-100,2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

貴島 晴彦 (KISHIMA HARUHIKO)
大阪大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号：10332743

(2) 研究分担者

齋藤 洋一 (SAITOH YOICHI)
大阪大学・産学連携本部・特任教授(常勤)
研究者番号：20252661

下瀬川 恵久 (SHIMOSEGAWA EKU)
大阪大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号：30370258

(3) 連携研究者

押野 悟 (OSHINO SATORU)
大阪大学・大学院医学系研究科・助教
研究者番号：40403050

圓尾 知之 (MARUO TOMOYUKI)
大阪大学・大学院医学系研究科・医員
研究者番号：90533810

細見 晃一 (HOSOMI KOICHI)
大阪大学・産学連携本部・特任助教
研究者番号：70533800