

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25年 5月20日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300105

研究課題名（和文） グルタミン酸脱炭酸酵素の誘導型遺伝子欠損マウスを用いたGABA神経伝達機構の研究

研究課題名（英文） Study of the mechanisms of GABAergic neurotransmission using inducible glutamate decarboxylase knockout mice

研究代表者

柳川 右千夫（YANAGAWA YUCHIO）

群馬大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：90202366

研究成果の概要（和文）：GABAは主要な抑制性伝達物質であり、グルタミン酸脱炭酸酵素（GAD65とGAD67の2型存在）により合成される。中枢神経系におけるGAD67分子の役割を明らかにする目的で、誘導型遺伝子欠損マウスの作製に挑戦した。誘導型遺伝子欠損マウスに使用するGAD67-tTA2マウスについて解析した結果、蛍光タンパク質や機能プローブをGABAニューロンの一部に発現させるのに有用であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：GABA is a major inhibitory neurotransmitter and is synthesized by glutamate decarboxylases, GAD65 and GAD67. We tried to generate inducible GAD67 knockout mice in order to clarify the role of GAD67 in the CNS. We characterized GAD67-tTA2 mice used for inducible knockout mice, and demonstrated that the GAD67-tTA2 mice were useful for expressing functional probes or fluorescent proteins in a part of GABAergic neurons.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2011年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2012年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：神経科学

科研費の分科・細目：脳神経科学・神経科学一般

キーワード：GABA、グルタミン酸脱炭酸酵素、誘導型遺伝子欠損マウス、GAD65、GAD67

1. 研究開始当初の背景

GABAは、神経系における主要な抑制性伝達物質として神経の電位活動の制御に加えて、覚醒、睡眠、概日リズムや学習、運動、感覚情報処理など脳の機能を構築する上で中心的役割を果たしている。また、GABAはてんかん病、統合失調症、アルコール精神病をはじめとする精神神経疾患、不安や抑うつ

などの精神症状、ハンチントン舞踏病、全身硬直症候群などの運動疾患との関連が報告されている。GABAはグルタミン酸脱炭酸酵素（GAD; GAD65とGAD67の2型存在）によって合成される。GAD65、GAD67の両方ともにGABAニューロン特異的に発現するが、胎生期ではGAD67の方がGAD65よりも高い発現を示す。また、GAD65とGAD67は、

分子量、補酵素との親和性、細胞内局在などで違いがあり、それぞれ異なる遺伝子にコードされている。

研究代表者等は、中枢神経系における GABA 神経伝達の役割を明らかにする目的で、GAD65 と GAD67 の遺伝子についてそれぞれ完全型ノックアウトマウスを作成して解析した。GAD65 完全型ノックアウトマウス (GAD65^{-/-}マウス) では野生型マウスと比較して、自発性痙攣発作、不安レベルの増加、味覚異常、痛覚感受性の亢進が観察された。一方、GAD67 完全型ノックアウトマウスホモ接合体 (GAD67^{-/-}マウス) は脳内 GABA 含量が著しく低下し、口蓋裂、臍帯ヘルニアや呼吸障害のため出生日に死亡した。従って、GAD67^{-/-}マウスではアダルトでの行動解析などができず、出生後の GAD67 分子の役割が解明できない問題があった。

2. 研究の目的

出生日以降の GAD67 分子の役割を明らかにする目的で、テトラサイクリントランスアクチベーター・システムを利用した GAD67 誘導型ノックアウトマウスの作製を目指した。また、既に作成した GAD65^{-/-}マウスと GAD67^{-/-}マウスを用いて、神経発生や脳機能におけるそれぞれの分子および GABA 神経伝達の役割について明らかにする。個体における GAD65 と GAD67 の発現について理解する。

3. 研究の方法

テトラサイクリントランスアクチベーター・システムを利用した GAD67 誘導型ノックアウトマウス作製には、(1) GAD67 遺伝子にテトラサイクリントランスアクチベーター (tTA2) 遺伝子をノックインした遺伝子改変マウス (GAD67-tTA2 マウス)、(2) テトラサイクリントランスアクチベーター (tTA2) が結合するテトラサイクリン応答因子 (TRE) を含むプロモーター (tet プロモーター) の下流に GAD67 cDNA を配置した遺伝子を導入したトランスジェニックマウス (tet-GAD67 マウス) が必要である。ES 細胞を用いた遺伝子標的的法で既に作製した GAD67-tTA2 マウスを繁殖させ、tTA2 の発現について生化学的手法やレポーターマウスを用いて検討した。

また、GAD65^{+/-}; GAD67^{+/-}マウス (ダブルヘテロ接合体マウス) と GAD65^{+/+}; GAD67^{+/+}マウス (野生型マウス) を用いて GAD65 および GAD67 の発現について検討した。具体的には、野生型マウスと比較してダブルヘテロ接合体マウスにおける GAD65 および GAD67 の発現がそれぞれ約 50% になるかどうか検討した。運動ニューロンの発達における GAD67 の役割について、GAD67^{-/-}

マウスを用いて検討した。

4. 研究成果

作製した GAD67-tTA2 マウスのホモ接合体を解析した結果、口蓋裂を示すマウスも存在した。この結果は、tTA2 遺伝子が GAD67 遺伝子を破壊するようにノックインされていることを示した。GAD67-tTA2 マウス脳 S1 画分あるいは P1 画分を精製し、tTA2 の発現について抗 TetR 抗体を用いたウエスタンブロット解析を行った。その結果、約 30 kD に相当する tTA2 のバンドが検出されず、GAD67-tTA2 マウスの脳では tTA2 の発現量が低いことが示唆された。そこで、GAD67-tTA2 マウスをレポーターマウス (tetO-ChR2EYFP マウス) との交配により tTA システムが働いているかどうか検討した。具体的には、チャンネルロドプシン (ChR2) と黄色蛍光タンパク質 (YFP) の融合遺伝子を有するレポーターマウス (tetO-ChR2EYFP マウス) と GAD67-tTA2 マウスとを交配した。tetO-ChR2EYFP と GAD67-tTA2 との両方の遺伝子をもつダブルトランスジェニックマウスを得て、組織学的解析を行った結果、嗅球や小脳に YFP の発現を検出した。一方、ダブルトランスジェニックマウスの小脳プルキンエ細胞を光刺激しホールセル記録した結果、活動電位が観察された。これらの結果は、一部の GABA ニューロンでは tTA の発現が十分であることを示唆する。また、GAD67-tTA2 マウスは蛍光タンパク質やチャンネルロドプシンなどの機能プローブを GABA ニューロンの一部に発現させるのに有用なマウスであることを明らかにした。

GAD65^{+/-}; GAD67^{+/-}マウスと GAD65^{+/+}; GAD67^{+/+}マウスのそれぞれの脳の S1 画分にある GAD65 分子と GAD67 分子の発現量の変化について抗 GAD 抗体を用いたウエスタンブロットで解析した。その結果、GAD65^{+/-}; GAD67^{+/+}マウス脳に対する GAD65 分子と GAD67 分子の発現はそれぞれ約 50%、約 65%であった。GAD67^{+/+}マウスに対する GAD67^{+/-}マウスにおける GAD67 分子の発現も約 64%であり、GAD67 分子は遺伝子発現が減少した際に、補償する機序の存在が示唆された。

GAD67^{-/-}マウスの胎仔期における運動ニューロンの数について野生型マウスと比較検討した結果、呼吸運動に関与する領域では減少し、呼吸運動に関与しない領域では増加あるいは不変であることを観察し、GAD67 の発現が運動ニューロンの発達に寄与していることを明らかにした。

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 24 件)

1. Boxwell AJ, Yanagawa Y, Travers SP, Travers JB. The mu-opioid receptor agonist DAMGO presynaptically suppress solitary tract-evoked input neurons in the rostral solitary nucleus.

J Neurophysiol. in press 2013.

2. Fogarty MJ, Smallcombe KL, Yanagawa Y, Obata K, Bellingham MC, Noakes PG. Genetic deficiency of GABA differentially regulates respiratory and non-respiratory motor neuron development.

PLoS One 8, e56257, 2013.

3. Niquille M, Shilpi Minocha S, Hornung JP, Rufer N, Valloton D, Kessar N, Alfonsi F, Vitalis T, Yanagawa Y, Devenoges C, Dayer A, Lebrand C. Two specific populations of GABAergic neurons originating from the medial and the caudal ganglionic eminences aid in proper navigation of callosal axons.

Develop Neurobiol. in press 2013.

4. Gocho Y, Sakai A, Yanagawa Y, Suzuki H, Saitow F. Electrophysiological and pharmacological properties of GABAergic cells in the dorsal raphe nucleus.

J Physiol Sci. 63, 147-154, 2013.

5. Aguado C, Fernández-Alacid L, Cabañero MJ, Yanagawa Y, Schilling K, Watanabe M, Fritschy JM, Luján R. Differential maturation of GIRK2-expressing neurons in the mouse cerebellum.

J Chem Neuroanat. 47, 79-89, 2013.

6. McKenna JT, Yang C, Franciosi S, Winston S, Abarr KK, Rigby MS, Yanagawa Y, McCarley RW, Brown RE. Distribution and intrinsic membrane properties of basal forebrain GABAergic and parvalbumin neurons in the mouse.

J Comp Neurol. 521, 1225-1250, 2013.

7. Saito Y, Yanagawa Y. Ca²⁺-activated ion currents triggered by ryanodine receptor-mediated Ca²⁺ release control the firing of inhibitory neurons in the prepositus hypoglossi nucleus.

J Neurophysiol. 109, 389-404, 2013.

8. Tanaka KF, Matsui K, Sasaki T, Sano H, Sugio S, Fan K, Hen R, Nakai J, Yanagawa Y, Hasuwa H, Okabe M, Deisseroth K, Ikenaka K, Yamanaka A. Expanding the repertoire of optogenetically targeted cells with an enhanced gene expression system.

Cell Rep. 2, 397-406, 2012.

9. Kaneda K, Yanagawa Y, Isa T. Transient enhancement of inhibition following visual cortical lesions in the mouse superior colliculus.

Eur J Neurosci. 36, 3066-3076, 2012.

10. Saito Y, Shino M, Yanagawa Y. Characterization of ionic channels underlying the specific firing pattern of a novel neuronal subtype in the rat prepositus hypoglossi nucleus.

Neurosci Res. 73, 32-41, 2012.

11. Hirono M, Saitow F, Kudo M, Suzuki H, Yanagawa Y, Yamada M, Nagao S, Konishi S, Obata K. Cerebellar globular cells receive monoaminergic excitation and monosynaptic inhibition from purkinje cells.

PLoS One 7:e29663, 2012.

12. Yamada MH, Nishikawa K, Kubo K, Yanagawa Y, Saito S. Impaired glycinergic synaptic transmission and enhanced inflammatory pain in mice with reduced expression of vesicular GABA transporter (VGAT).

Mol Pharmacol. 81, 610-619, 2012.

13. Kuriu T, Yanagawa Y, Konishi S. Activity-dependent coordinated mobility of hippocampal inhibitory synapses visualized with presynaptic and postsynaptic tagged-molecular markers.

Mol Cell Neurosci. 49, 184-195, 2012.

14. Müller M, Faber-Zuschratter H, Yanagawa Y, Stork O, Schwegler H, Linke R. Synaptology of ventral CA1 and subiculum projections to the basomedial nucleus of the amygdala in the mouse: relation to GABAergic interneurons.

Brain Struct Funct. 217, 5-17, 2012.

15. McNally JM, McCarley RW, McKenna JT, Yanagawa Y, Brown RE. Complex receptor mediation of acute ketamine application on in vitro gamma oscillations in mouse prefrontal cortex: modeling gamma band oscillation abnormalities in schizophrenia.

Neuroscience 199, 51-63, 2011.

16. Shino M, Kaneko R, Yanagawa Y, Kawaguchi Y, Saito Y. Electrophysiological characteristics of inhibitory neurons of the prepositus hypoglossi nucleus as analyzed in Venus-expressing transgenic rats.

Neuroscience 197, 89-98, 2011.

17. Tanaka M, Asaoka M, Yanagawa Y, Hirashima N. Long-Term Gene-Silencing Effects of siRNA Introduced by Single-Cell Electroporation into Postmitotic CNS Neurons.

Neurochem Res. 36, 1482-1489, 2011.

18. Augustinaite S, Yanagawa Y, Heggelund P. Cortical feedback regulation of input to visual cortex: role of intrageniculate interneurons.

J Physiol. 589, 2963-2977, 2011.

19. Nishikawa K, Kubo K, Obata H, Yanagawa Y, Saito S. The influence of manipulations to alter ambient GABA concentrations on the hypnotic and immobilizing actions produced by sevoflurane, propofol, and midazolam.

Neuropharmacology 61, 172-180, 2011.

20. Saito K, Kakizaki T, Hayashi R, Nishimaru H, Furukawa T, Nakazato Y, Takamori S, Ebihara S, Uematsu M, Mishina M, Miyazaki JI, Yokoyama M, Konishi S, Inoue K, Fukuda A, Fukumoto M, Nakamura K, Obata K, Yanagawa Y. The physiological roles of vesicular GABA transporter during embryonic development: a study using knockout mice.

Molecular Brain 3:40, 2010.

21. Hermansteyne TO, Kihira Y, Misono K, Deitchler A, Yanagawa Y, Misonou H. Immunolocalization of the voltage-gated potassium channel Kv2.2 in GABAergic neurons in the basal forebrain of rats and mice.

J Comp Neurol. 518:4298-4310, 2010.

22. Saito Y, Yanagawa Y. Synaptic mechanism for the sustained activation of oculomotor integrator circuits in the rat prepositus hypoglossi nucleus: Contribution of Ca²⁺-permeable AMPA receptors.

J Neurosci. 30, 15735-15746, 2010.

23. Keimpema E, Barabas K, Morozov YM, Tortoriello G, Torii M, Cameron G, Yanagawa Y, Watanabe M, Mackie K, Harkany T. Differential subcellular recruitment of monoacylglycerol lipase generates spatial fidelity of 2-arachidonoyl glycerol signaling during axonal pathfinding.

J Neurosci. 30, 13992-14007, 2010.

24. Mulder J, Spence L, Tortoriello G, DiNieri JA, Uhlén M, Shui B, Kotlikoff MI, Yanagawa Y, Aujard F, Hökfelt T, Hurd YL, Harkany T. Secretagogin is a Ca²⁺-binding protein identifying prospective extended amygdala neurons in the developing mammalian telencephalon.

Eur J Neurosci. 31, 2166-2177, 2010.

以上、すべて査読有。

[学会発表] (計 48 件)

1. 柳川右千夫：小脳皮質抑制性ニューロンを標的とするトランスジェニック動物を用いたアプローチ、第 90 回日本生理学会大会、2013.3.27-29、東京

2. 栗生俊彦、柳川右千夫、小西史朗：抑制性シナプス形成におけるシナプス形態の変化と機能分子の動態、第 90 回日本生理学会大会、2013.3.27-29、東京

3. McNally JM, Yanagawa Y, Mccarley RW, Brown RE. : Effects of putative cognitive enhancers on neocortical gamma oscillations *in vitro*. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 13-17, 2012, New Orleans, USA.

4. Tagliatela S, Gupta J, Woods N, Livina E, Zheng XT, Vallo M, Lin D, Maisano X, Yanagawa Y, Aaron GB, Naegele JR. : Synapse formation, functional integration,

and seizure suppression following engraftment of MGE progenitors in the dentate gyrus of mice with temporal lobe epilepsy. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 13-17, 2012, New Orleans, USA.

5. Fujihara K, Miwa H, Kakizaki T, Mikuni M, Tanahira C, Tamamaki N, Yanagawa Y. : Altered gene expressions and behavioral phenotypes of parvalbumin neuron-specific glutamate decarboxylase 67(GAD67) knockout mice. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 13-17, 2012, New Orleans, USA.

6. Miwa H, Yanagawa Y. : Immunohistochemical characterization of GABAergic neurons in the amygdala using vesicular GABA transporter (VGAT)-Venus transgenic mice. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 13-17, 2012, New Orleans, USA.

7. Nakamura Y, Nakamura K, Yanagawa Y, Morrison SF. : Medullary GABA neurons that inhibit sympathetic premotor neurons controlling brown adipose tissue thermogenesis. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 13-17, 2012, New Orleans, USA.

8. 柳川右千夫：モデルマウスを利用した統合失調症 GABA 仮説の検証、第 34 回日本生物学的精神医学会、2012.9.28-30、神戸

9. Yanagawa Y. : Transgenic approaches to the study of cerebellar GABAergic neurons. The 5th International Symposium of Society for Research on the Cerebellum, Sep 23, 2012, Hangzhou, China.

10. 三輪秀樹、藤原和之、柿崎利和、三國雅彦、棚平千代子、玉巻伸章、柳川右千夫：パルブアルブミン陽性ニューロン特異的 GAD67 ノックアウトマウスを用いた統合失調症 GABA 仮説の検証、第 35 回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

11. 藤山知之、早瀬ヨネ子、長岡麻衣、熊ノ郷晴子、柳川右千夫、マグヌソンマーク、小幡邦彦、田中智宏、伊村明浩、船戸弘正、川口義弥、鍋島陽一、星野幹雄： *Ptf1a* 遺伝子改変マウスを用いた視床下部の発生および機能の解析、第 35 回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

12. 遠藤利朗、柳川右千夫、小松由紀夫：サブスタンス P はマウス大脳皮質視覚野の nNOS 細胞の陽イオンチャネルを活性化して脱分極させる、第 35 回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

13. 木村壘、惣谷和広、尾関宏文、蝦名鉄平、柳川右千夫、津本忠治：二光子顕微鏡を用いた覚醒、麻酔下における視覚応答特性の比較、

第35回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

14. 牛腸義宏、齋藤文仁、柳川右千夫、鈴木秀典：縫線核におけるGABA作動性ニューロンの形態的特徴と電気生理学的特性の解析、第35回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

15. 廣野守俊、柳川右千夫、小西史朗、永雄総一：小脳プルキンエ細胞は標的ニューロン依存的な抑制性伝達を仲介する、第35回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

16. 藤原和之、三輪秀樹、柿崎利和、三國雅彦、棚平千代子、玉巻伸章、柳川右千夫：パルブアルブミンニューロン特異的GAD67ノックアウトマウスの大脳皮質におけるGAD65とパルブアルブミンの発現変化、第35回日本神経科学大会、2012.9.18-21、名古屋

17. Yanagawa Y, Fujihara K, Miwa H, Kakizaki T, Mikuni M, Tanahira C, Tamamaki N. : Schizophrenia-like phenotypes in parvalbumin neuron-specific glutamate decarboxylase 67 knockout mice. 8th FENS Forum of NEUROSCIENCE, July 14-18, 2012, Barcelona, Spain.

18. McNally JM, Kim T, Yanagawa Y, Mccarley RW, Brown RE. : Acute and chronic effects of ketamine on gamma oscillations in mouse prefrontal cortex. 41st Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 12-16, 2011, Washington, DC, USA.

19. Yang C, Franciosi S, Mccarley R, Yanagawa Y, Basheer R, Brown R. : Adenosine and adenosine triphosphate act directly and indirectly to decrease the excitability of cholinergic and GABAergic basal forebrain neurons in the mouse. 41st Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 12-16, 2011, Washington, DC, USA.

20. Saito Y, Yanagawa Y. : Activation of ryanodine receptors control spontaneous discharge of inhibitory neurons in the rat prepositus hypoglossi nucleus. 41st Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 12-16, 2011, Washington, DC, USA.

21. Kakizaki T, Kayakabe M, Kaneko R, Saito H, Suzuki N, Yanagawa Y. : Analysis of cerebellar Purkinje cell-specific vesicular GABA transporter-deficient mice. 4th International Symposium Society for Research on the Cerebellum, Sep 18, 2011, Tokyo.

22. 廣野守俊、齋藤文仁、工藤もゑこ、鈴木秀典、柳川右千夫、山田真久、永雄総一、小西史朗、小幡邦彦：小脳グロビュラー細胞へのシナプス入力の研究、第34回日本神経科学

大会、2011.9.14-17、横浜

23. 藤原和之、三輪秀樹、柿崎利和、三國雅彦、棚平千代子、玉巻伸章、柳川右千夫：パルブアルブミン陽性ニューロン特異的GAD67ノックアウトマウスは統合失調症様の表現型を示す、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

24. 西丸広史、阪上洋行、柿崎美代、柳川右千夫：マウス新生児脊髄腹側において同側に投射する抑制性ニューロンの機能的・形態学的解析、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

25. 藤山知之、長岡麻衣、柳川右千夫、Mark Magnuson、小幡邦彦、川口義弥、鍋島陽一、星野幹雄：Ptf1a遺伝子改変マウスを用いた視床下部の発生および機能の解析、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

26. 福田敦夫、王天英、熊田竜郎、森島寿貴、柳川右千夫：実験的皮質形成異常における小脳回の形成に一過性のパラクリンGABAとKCC2発現抑制が関与する、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

27. 山肩葉子、柳川右千夫、井本敬二：Ca²⁺/カルモジュリン依存性プロテインキナーゼII α活性の海馬依存性、扁桃体依存性記憶形成への役割、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

28. 山田真紀子、西川光一、久保和宏、柳川右千夫、齋藤繁：VGATヘテロマウスの疼痛関連行動と電気生理学的解析、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

29. 齋藤康彦、柳川右千夫：ラット舌下神経前位核の抑制性ニューロンに選択的に発現する自発性外向き電流、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

30. 柿崎利和、加家壁美樹子、金子涼輔、齋藤浩充、鈴木昇、柳川右千夫：小脳プルキンエ細胞特異的VGATノックアウトマウスの作製と解析、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

31. 蝦名鉄平、惣谷和広、木村壘、Yin Shu-Ting、尾関宏文、柳川右千夫、亀田浩司、金子武嗣、津本忠治：マウス大脳皮質視覚野における視覚応答性Parvalbumin陽性ニューロンクラスターの三次元解析、第34回日本神経科学大会、2011.9.14-17、横浜

32. Yanagawa Y. : How useful are VGAT-Venus transgenic mice for studying inhibitory neurons? Gordon Research Conference on Inhibition in the CNS, July 24-29, 2011, Waterville, USA.

33. McNally JM, Yanagawa Y, Mccarley RW, Brown RE. : NMDA receptor antagonist and developmental modulation of in vitro gamma oscillations in the mouse prelimbic cortex. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17,

2010, San Diego, USA.

34. Todaka H, Tatsukawa T, Yamazaki T, Yanagawa Y, Shibuki K, Nagao S. : In vitro study of motilin action on the medial vestibular nuclear neurons. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

35. Kuriu T, Yanagawa Y, Konishi S. : Formation and dynamics of GABAergic inhibitory synaptic connections between hippocampal interneurons and pyramidal neurons. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

36. Yamagata Y, Yanagawa Y, Imoto K. : How important is the kinase activity of Ca²⁺/calmodulin-dependent protein kinase II α in hippocampus- and amygdala-dependent memory. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

37. Tanaka M, Yanagawa Y, Hirashima N. : Long-term monitoring of effects of small interfering RNA introduced by single-cell electroporation in cultured cerebellar neurons. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

38. Tanaka Y, Tanaka Y, Furuta T, Yanagawa Y, Kaneko T. : Differential outputs of GABAergic interneuron subtypes to corticospinal neurons. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

39. McKenna JT, Rigby M, Chen L, Winston S, Yanagawa Y, Mccarley RW, Brown RE. : GAD67-GFP knock-in mice as a model system for investigation of vigilance state-related GABAergic neurons. 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 13-17, 2010, San Diego, USA.

40. 柿崎利和, 齊藤憲史, 加家壁美樹子, 柳川右千夫 : GAD65/GAD67ダブルおよびVGATノックアウトマウスの口蓋形成におけるGlyT1阻害剤の影響、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

41. 齊藤憲史, 柿崎利和, 片岡宏隆, 三品昌美, 柳川右千夫 : 線条体VGAT欠損マウスの運動異常、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

42. 蝦名鉄平, 惣谷和広, 柳川右千夫, 津本忠治 : マウス大脳皮質視覚野における機能的GABAニューロンクラスターの三次元解析、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

43. 田中正彦, 柳川右千夫, 平嶋尚英 : 単一細胞エレクトロポレーション技術の培養小脳

神経細胞への適用、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

44. 戸高宏, 立川哲也, 柳川右千夫, 澁木克栄, 永雄総一 : モチリンはマウス興奮性前庭神経核細胞の後シナプスGABA受容体に修飾作用を有する、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

45. 山肩葉子, 柳川右千夫, 井本敬二 : 海馬および扁桃体依存性学習・記憶におけるCa²⁺/カルモジュリン依存性プロテインキナーゼII α 活性の役割、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

46. 西丸広史, 柿崎美代, 柳川右千夫 : マウス新生児腰髄腹外側部GABA作働性ニューロンの同定と歩行中枢による制御様式の解析、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

47. 齋藤康彦, 柳川右千夫 : ラット舌下神経前位核ニューロンにおけるカルシウム透過型AMPA受容体の発現、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

48. 内田琢, 森島寿貴, 中原大一郎, 沖隆, 柳川右千夫, 福田敦夫 : 母体ストレスによる胎仔GABA作働性ニューロン新生の減少、第33回日本神経科学大会、2010.9.2-4、神戸

〔図書〕 (計0件)

〔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://genbehavneuro.dept.med.gunma-u.ac.jp/Yanagawa_Lab/Home.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳川 右千夫 (YANAGAWA YUCHIO)
群馬大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号 : 90202366

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

柿崎 利和 (KAKIZAKI TOSHIKAZU)
群馬大学・大学院医学系研究科・助教
研究者番号 : 50375531

三輪 秀樹 (MIWA HIDEKI)
群馬大学・大学院医学系研究科・助教
研究者番号 : 80468488