

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03850

研究課題名（和文）イメージングによる嚥下の神経機構の研究

研究課題名（英文）Study on neural mechanism of swallowing by imaging

研究代表者

中井 淳一（Junichi, Nakai）

東北大学・歯学研究科・教授

研究者番号：80237198

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：高齢者は誤嚥性肺炎を起こしやすいが、誤嚥性肺炎の基礎にある呼吸と嚥下のメカニズム、特に呼吸と嚥下のクロストークを含む神経回路機構はまだ十分解明されておらず、その解明が喫緊の課題である。呼吸・嚥下の神経回路について、呼吸筋の活動制御に重要な遺伝子Munc18の変異体を解析した結果、GABAニューロンの細胞体内で凝集がおこり、神経活動異常（痙攣）がおこることが明らかになった。またD-バリンおよびL-バリンの舌運動、呼吸運動に与える効果を検討したところ、D-バリンの方がL-バリンより頻繁な舌運動を誘発することが明らかになった。本研究は、呼吸・嚥下の基礎を明らかにするもので、誤嚥防止に向けた基礎となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢化が進む我が国において、肺炎は死亡率第3位となっている。高齢者の肺炎のうち、7割以上が誤嚥性肺炎によるものである。呼吸と嚥下は密接に関連していることがわかっている。本研究は、呼吸と嚥下のクロストークを含む神経回路機構を解明するものであり、嚥下中枢と呼吸中枢とのクロストークの神経機構が解明され、嚥下による気道防衛の機構の解明が進んだ。本研究で得られる呼吸・嚥下機構に関する基礎生理学的成果を誤嚥性肺炎の予防、治療や、リハビリに役立てることにより、健康長寿社会の実現に貢献する。また、呼吸や嚥下運動を円滑に行うための医薬品の開発につながる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Elderly people are prone to aspiration pneumonia, but the mechanisms of respiration and swallowing that underlie aspiration pneumonia, particularly the neural circuit mechanisms involving the crosstalk between respiration and swallowing, have not yet been fully elucidated, and elucidation of these mechanisms is an urgent task. Analysis of the neural circuits involved in respiration and swallowing revealed that agglutination occurs within the cell body of GABA neurons, resulting in abnormal neural activity (convulsions). In addition, the effects of D-valine and L-valine on tongue and respiratory movements were examined, and it was found that D-valine induced more frequent tongue movements than L-valine. This study clarifies the basis of respiration and swallowing, and serves as a basis for preventing aspiration.

研究分野：分子神経生理学

キーワード：呼吸 嚥下 イメージング Munc18-1 バリン 感覚 唾液腺 舌運動

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高齢化が進む我が国において、肺炎は、死亡率の上昇傾向が続き、2011年には脳血管疾患を抜いて我が国の死亡率第3位となっている(厚生省の資料より)。肺炎患者の約7割が75歳以上の高齢者であり、また、高齢者の肺炎のうち、7割以上が誤嚥性肺炎によるものである。呼吸と嚥下は密接に関連していることがわかっている。つまり、呼吸時には嚥下はできず、嚥下時には呼吸は停止する。この様に呼吸と嚥下の機構は精緻で密接に関連しあっているが、これらの神経回路のメカニズムは十分に分かっていないのが現状である。

2. 研究の目的

呼吸・嚥下の仕組みは複雑・精緻であり、いまだ不明な点が多いため、本研究では、呼吸・嚥下に関する神経メカニズムの仕組みの解明のため以下に関して取り組む。

(1)嚥下では、口腔、咽頭、喉頭、食道の筋肉が順序よく収縮するが、筋肉が次々と収縮する収縮の時間的な遅れはどのように生成されているか、そのメカニズムを明らかにする。

(2)咀嚼や発声、呼吸に関与する筋が嚥下でも活動するが、嚥下中は呼吸など他の活動はすべて抑制される。この筋活動の抑制はどのような機序によるのか、そのメカニズムを明らかにする。

(3)呼吸筋の活動制御に重要な神経系遺伝子 Munc18-1 に着目して機能解析を行う。

Munc18-1 はシナプス小胞のエクソサイトosisを介した神経伝達物質放出を制御し、Munc18-1 ノックアウトマウスは呼吸障害により出生後死亡することが知られている。近年の大規模な疾患ゲノム解析により、大田原症候群、レノックス・ガストー症候群、ウエスト症候群で Munc18-1 の遺伝子変異を有する症例が多数報告されている。これらの疾患は、新生児・乳児期に発症する癲癇性脳症に分類され、無呼吸発作および呼吸異常の症状が認められる。Munc18-1 の疾患関連バリエーションが神経系にどのような異常をもたらすのかを明らかにする。

(4)嚥下運動は筋活動が順序よく開始される現象である。舌運動と呼吸、嚥下の関係を調べるため、アミノ酸のバリンを用いて舌運動の誘発を行う。

(5)唾液腺活動と嚥下運動の関係を明らかにするため、顎下腺を器官培養し、発生分化、機能獲得のメカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

(1)(2)蛍光カルシウムタンパク質 G-CaMP を発現するマウス (Pirt-G-CaMP7 マウス) の顎舌付き脳幹標本を用いて、上喉頭神経の電気刺激により末梢性に嚥下誘発を行い、カルシウムイメージングによる知覚入力の解析および脳幹部の神経活動の解析を行った。

(3)Munc-18-1 の機能を明らかにするため、線虫モデルを用いて抑制性 GABA ニューロンにおけるタンパク質発現とシナプス伝達に及ぼす影響について検討した。Munc18-1 の病原性バリエーション 3 種類に対応する変異を線虫ホモログ UNC-18 に導入し (I84D, C178Y, G554D) さらに GFP と融合させた (図 1、図 2A)。これらの変異タンパク質の GABA ニューロンにおける発現を、蛍光顕微鏡を用いて GFP の蛍光で評価した。その際、2A ペプチドを介した共発現系を用いて、野生型または変異型の UNC-18::GFP と DsRed 赤色蛍光マーカーを unc-47 (小胞 GABA トランスポーター) プロモーター下で共発現するトランスジェニック系統を作製し UNC-18 の発現を解析した。また、ペンチレンテトラゾールで誘発される痙攣の頻度をカウントし、3 種類の変異が神経に及ぼす影響を評価した。unc-18 ヌル変異体 (unc-18(0)) に野生型 (WT)あるいは病原性バリエーション(3種類)の UNC-18 を導入したトランスジェニック系統を作製し、コントロール株である N2 株および unc-18 ヌル変異体を対象として、痙攣の誘発実験を行った。

(4)ラットの舌付き摘出脳幹標本を用いて、横隔神経の発射と同期していることが知られている頸髄 C4 の電位および舌からの筋電図を記録した。0.5%D-バリンおよび 0.5%L-バリンを投与し、舌運動を観察した。

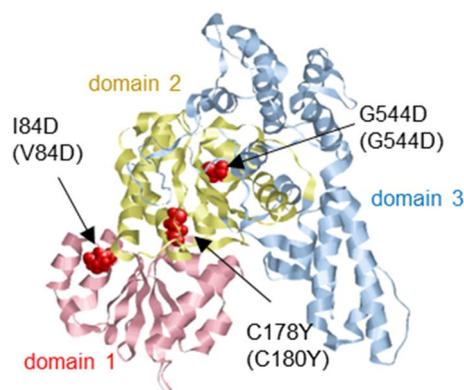


図 1 Munc18-1 の予想構造と遺伝子変異

数字は線虫のアミノ酸部位を示す(カッコ内はマウスの対応する変異を示す)。

(5) 顎下腺を器官培養し、ERK1/2 および Akt のリン酸化の解析などで解析、抗体を用いた組織染色、qPCR による Acta2 および Vimentin, cKit の遺伝子の発現解析により、副交感神経の上皮間葉転換および唾液腺分泌に及ぼす作用のメカニズムを解析した。

4. 研究成果

(1)(2)Pirt-G-CaMP7 マウスは研究代表者とある研究者との共同研究で開発したマウスであるが、コロナ禍などの影響によりこの共同研究者からのマウスの供給に問題が発生し、実験に使用することができなかった。そのため、*in vivo*での嚥下の神経回路機能を可視化するまでに至らなかった。

(3)野生型 UNC-18 タンパク質(WT)は、GABA ニューロンの細胞体および軸索全体に発現し、DsRed と同様の可溶性の分布パターンを示した。一方、UNC-18 変異タンパク質(I84D, C178Y, G554D、図 1、図 2A 参照)は GABA ニューロンの細胞体内で凝集し、DsRed とは異なる点状の分布パターンを示した(図 2B)。

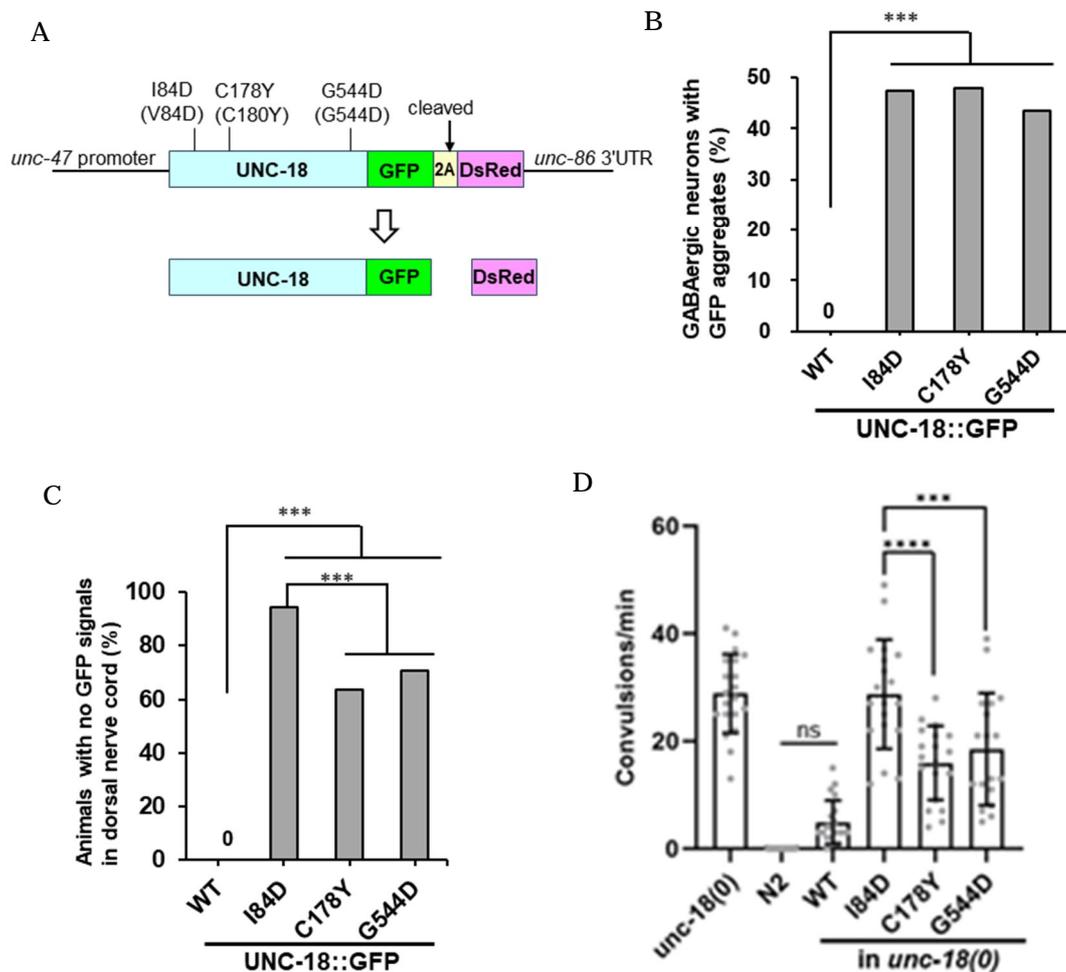


図 2 Munc18-1 変異の発現解析

A : 3 種類の変異体作成用の遺伝子の模式図(上)と遺伝子産物(下)。

B : 凝集体を持つ GABA 作動性神経細胞の割合。変異体(バリエント)では凝集体を持つ割合がコントロール(WT)と比較して有意に高い。

C : Munc18-1 の線虫ホモログ(UNC-18)を GABA 作動性ニューロンに発現させ、dorsal nerve cord における発現量を GFP の蛍光シグナルで定量した。変異体では UNC-18 の発現が認められない動物の割合が有意に高くなっていた。凝集体は神経突起に輸送されにくくなっていることが明らかとなった。

D : *unc-18* ノックアウト変異体に野生型あるいは病原性バリエントの UNC-18 を導入したトランスジェニック系統を作製し、ペンチレンテトラゾール(PTZ)で誘発される痙攣の感受性を定量的に評価した。*unc-18* ノックアウト変異体はコントロール(N2)に比べて有意に痙攣が起こっている。*unc-18* ノックアウト変異体に WT の UNC-18 を導入した動物ではコントロール(N2)と同様に痙攣を起こる率が非常に低かった。バリエントを導入した動物は 3 種類とも有意に痙攣を起こす率が高くなっていた。

また、UNC-18 変異タンパク質 (I84D, C178Y, G554D) は軸索 (腹側 / 背側神経索) での発現が著しく低下し、その程度はバリエーションによって異なっていた (図 2C)。次にバリエーションの GABA ニューロンにおける機能を調べるため、ペンチレンテトラゾール (GABA-A 受容体アンタゴニスト) に対する痙攣誘発効果を調べた。unc-18 ヌル変異体に野生型あるいは病原性バリエーションの UNC-18 を導入したトランスジェニック系統を作製し、ペンチレンテトラゾール (PTZ) 感受性を定量的に評価した。その結果、変異体は WT に比べて PTZ に対する感受性が有意に高く (図 2D)、プレシナプスからの GABA 遊離が低下していると考えられた。さらに、病原性バリエーションの痙攣誘発表現型と変異タンパク質の軸索発現欠損との間には密接な相関が観察された。これらの結果から病原性バリエーションによる Munc18-1 タンパク質の不安定性がシナプスでの発現低下をもたらす、神経機能障害をもたらす可能性が示唆された。

(4) 嚥下運動と呼吸運動のクロストークを研究するため、まず、刺激の検討を行った。そのため、アミノ酸であるバリンを刺激として用いた。舌付き脳幹標本にバリンを投与したところ、味覚を介して舌運動が誘発された。この際、D-バリンの方が、L-バリンよりより頻繁に舌運動を誘発することが明らかとなった (図 3)。今後呼吸運動、嚥下運動に対する作用を検討していく。

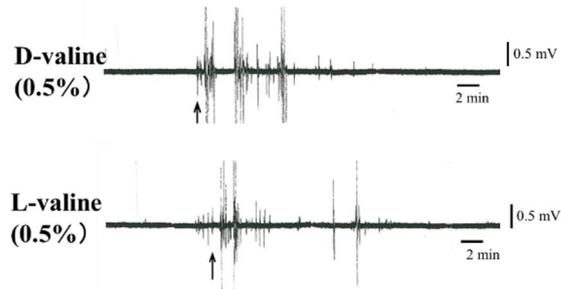


図 3 脳幹標本を用いた舌筋の電位記録
アミノ酸のバリン投与により、味覚を介して舌運動が誘発された。L-バリンより D-バリンの方がより頻繁に舌運動を誘発することが明らかとなった。

(5) 顎下腺を器官培養した (図 4)。アセチルコリン (CCh) を添加して培養をおこなったところ、endbud の数は変化がないが、筋上皮に発現する Acta2, Vimentin, cKit の発現が増加した。

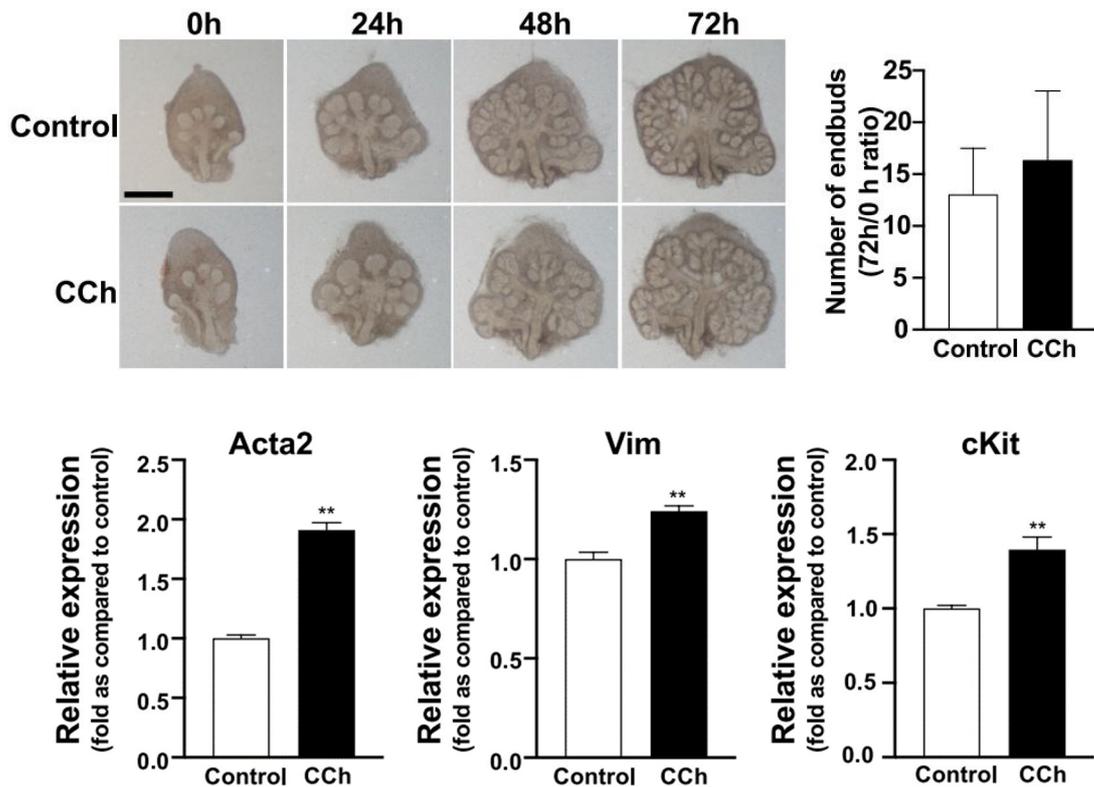


図 4 顎下腺の器官培養

100 μ M アセチルコリン (CCh) を添加して培養をおこなったところ、endbud の数は変化がないが、筋上皮に発現する Acta2, Vimentin, cKit の発現が増加した。

図5は結果をまとめたものである。顎下腺（SMG）において、発生段階（左図）では副交感神経（PSN）から分泌されるアセチルコリン（ACh）は上皮（EC）のムスカリン性アセチルコリン受容体 M1 を介して、上皮から間葉（筋上皮細胞 MEC）への転換を誘導する。しかし、機能的な段階（右図）になると、ムスカリン性アセチルコリン受容体が M1 から M3 にスイッチする。M3 を介して副交感神経の刺激は MEC を収縮させ、漿液性の唾液分泌を誘発する。

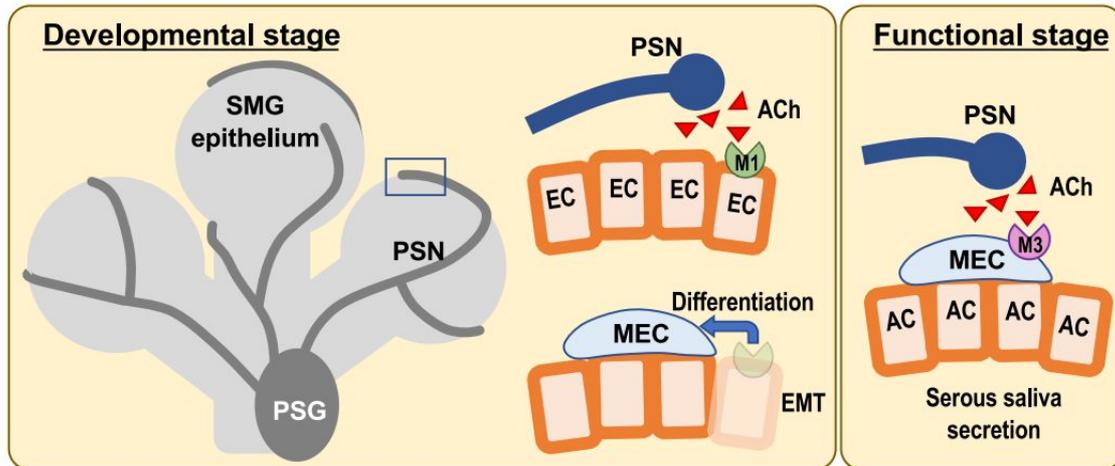


図5 ムスカリン性アセチルコリン受容体の発現のスイッチングと副交感神経の発生段階と機能的段階における2つの役割

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Takamura R, Mizuta K, Sekine Y, Islam T, Saito T, Sato M, Ohkura M, Nakai J, Ohshima T, Saido TC, Hayashi Y	4. 巻 41
2. 論文標題 Modality-Specific Impairment of Hippocampal CA1 Neurons of Alzheimer's Disease Model Mice.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Neurosci	6. 最初と最後の頁 5315-5329
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1523/JNEUROSCI.0208-21.2021.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ota K, Oisi Y, Suzuki T, Ikeda M, Ito Y, Ito T, Uwamori H, Kobayashi K, Kobayashi M, Odagawa M, Matsubara C, Kuroiwa Y, Horikoshi M, Matsushita J, Hioki H, Ohkura M, Nakai J, Oizumi M, Miyawaki A, Aonishi T, Ode T, Murayama M	4. 巻 109
2. 論文標題 Fast, cell-resolution, contiguous-wide two-photon imaging to reveal functional network architectures across multi-modal cortical areas.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuron	6. 最初と最後の頁 1810-1824
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neuron.2021.03.032.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Miyata Shigeo, Kakizaki Toshikazu, Fujihara Kazuyuki, Obinata Hideru, Hirano Touko, Nakai Junichi, Tanaka Mika, Itohara Shigeyoshi, Watanabe Masahiko, Tanaka Kenji F., Abe Manabu, Sakimura Kenji, Yanagawa Yuchio	4. 巻 14
2. 論文標題 Global knockdown of glutamate decarboxylase 67 elicits emotional abnormality in mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Brain	6. 最初と最後の頁 5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13041-020-00713-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Korpela Joseph, Suzuki Hirokazu, Matsumoto Sakiko, Mizutani Yuichi, Samejima Masaki, Maekawa Takuya, Nakai Junichi, Yoda Ken	4. 巻 3
2. 論文標題 Machine learning enables improved runtime and precision for bio-loggers on seabirds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-020-01356-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Okawa Nanako, Shimai Kotaro, Ohnishi Kohei, Ohkura Masamichi, Nakai Junichi, Horie Takeo, Kuhara Atsushi, Kusakabe Takehiro G.	4. 巻 10
2. 論文標題 Cellular identity and Ca ²⁺ signaling activity of the non-reproductive GnRH system in the <i>Ciona intestinalis</i> type A (<i>Ciona robusta</i>) larva	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-75344-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miura Isamu, Sato Masaaki, Overton Eric T. N., Kunori Nobuo, Nakai Junichi, Kawamata Takakazu, Nakai Nobuhiro, Takumi Toru	4. 巻 18
2. 論文標題 Encoding of social exploration by neural ensembles in the insular cortex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Biology	6. 最初と最後の頁 e3000584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pbio.3000584	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato Masaaki, Sano Shotaro, Watanabe Hiroki, Kudo Yoko, Nakai Junichi	4. 巻 527
2. 論文標題 An aspherical microlens assembly for deep brain fluorescence microendoscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 447 ~ 452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.04.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawabata Ryo, Shimoyama Shuji, Ueno Shinya, Yao Ikuko, Arata Akiko, Koga Kohei	4. 巻 13
2. 論文標題 TRPA1 as a O ₂ sensor detects microenvironmental hypoxia in the mice anterior cingulate cortex	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-29140-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shiba Naoko, Yang Xiao, Sato Mitsuto, Kadota Shin, Suzuki Yota, Agata Masahiro, Nagamine Kohei, Izumi Masaki, Honda Yusuke, Koganehira Tomoya, Kobayashi Hideki, Ichimura Hajime, Chuma Shinichiro, Nakai Junichi, Tohyama Shugo, Fukuda Keiichi, Miyazaki Daigo, Nakamura Akinori, Shiba Yuji	4. 巻 34
2. 論文標題 Efficacy of exon-skipping therapy for DMD cardiomyopathy with mutations in actin binding domain 1	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Molecular Therapy - Nucleic Acids	6. 最初と最後の頁 102060 ~ 102060
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.omtn.2023.102060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakai Nobuhiro, Sato Masaaki, Yamashita Okito, Sekine Yukiko, Fu Xiaochen, Nakai Junichi, Zalesky Andrew, Takumi Toru	4. 巻 42
2. 論文標題 Virtual reality-based real-time imaging reveals abnormal cortical dynamics during behavioral transitions in a mouse model of autism	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 112258 ~ 112258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2023.112258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gengyo-Ando K, Kumagai M, Ando H, Nakai J	4. 巻 10
2. 論文標題 Domain 3a mutation of VPS33A suppresses larval arrest phenotype in the loss of VPS45 in Caenorhabditis elegans	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MicroPubl Biol	6. 最初と最後の頁 1155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17912/micropub.biology.001155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gengyo-Ando K, Tateyama M, Mitani S, Ando H, Nakai J	4. 巻 10
2. 論文標題 A humanized Caenorhabditis elegans model for studying pathogenic mutations in VPS45, a protein essential for membrane trafficking, associated with severe congenital neutropenia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MicroPubl Biol	6. 最初と最後の頁 1052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17912/micropub.biology.001052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tominami Kanako, Kudo Tada-aki, Noguchi Takuya, Hayashi Yohei, Luo You-Ran, Tanaka Takakuni, Matsushita Ayumu, Izumi Satoshi, Sato Hajime, Gengyo-Ando Keiko, Matsuzawa Atsushi, Hong Guang, Nakai Junichi	4. 巻 25
2. 論文標題 Physical Stimulation Methods Developed for In Vitro Neuronal Differentiation Studies of PC12 Cells: A Comprehensive Review	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 772 ~ 772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms25020772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gengyo-Ando K, Osawa-Noguchi A, Ando H, Nakai J	4. 巻 10
2. 論文標題 Functional analysis of epilepsy- linked pathogenic variants of the Munc18-1 gene in the inhibitory nervous system of Caenorhabditis elegans	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 MicroPubl Biol	6. 最初と最後の頁 17912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17912/micropub.biology.001174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 You-Ran Luo, Tada-aki Kudo, Kanako Tominami, Satoshi Izumi, Yohei Hayashi, Takuya Noguchi, Junichi Nakai
2. 発表標題 Induction of neuronal differentiation in PC12-P1F1 cells by frequency-regulated micro-vibration.
3. 学会等名 International symposium on oral health science 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 成田昂平, 工藤忠明, 洪光, 富並香菜子, 泉哲, 林陽平, 中井淳一
2. 発表標題 Association between the Gly16Arg polymorphism of human beta2-adrenergic receptor gene and food preferences.
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 富並香菜子, 工藤忠明, 洪光, 羅悠然, 泉哲, 林陽平, 野口拓也, 松沢厚, 中井淳一
2. 発表標題 The effect of temperature-controlled repeated thermal stimulation on osteoblast differentiation in MC3T3-E1 cell.
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 羅悠然, 工藤忠明, 富並香菜子, 泉哲, 林陽平, 野口拓也, 松沢厚, 中井淳一, 洪光
2. 発表標題 SP600125 enhanced neurite outgrowth induced by temperature-controlled thermal stimulation in PC12-P1F1 cells.
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 中井淳一, 佐藤正晃, 大倉正道, 安藤恵子
2. 発表標題 GRINレンズと可変焦点レンズを用いた in vivo 深部カルシウムイメージング
3. 学会等名 日本薬理学会第71回北部会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井淳一, 安藤恵子, 佐藤正晃, 大倉正道
2. 発表標題 カルシウムプローブG-CaMP1による in vivo 細胞機能イメージング
3. 学会等名 歯科基礎医学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒田晶子
2. 発表標題 感覚 - 運動統合機構における橋結合腕傍核の役割
3. 学会等名 第98回日本生理学会大会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junichi Nakai
2. 発表標題 Excitation-Contraction Coupling
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junichi Nakai
2. 発表標題 Excitation-Contraction Coupling
3. 学会等名 2022 WCSS UIP & CAMPUS ASIA PLUS Joint symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Gengyo-Ando K
2. 発表標題 Membrane trafficking
3. 学会等名 21th Yonsei Dental International Symposium, 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 真藤裕基、若森実、中井淳一、中村卓史
2. 発表標題 Acetylcholine(ACh), a parasympathetic neurotransmitter, orchestrates the induction and the positioning of myoepithelial cells in developing salivary glands
3. 学会等名 第64回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川端遼、矢尾育子、荒田晶子、古賀浩平
2. 発表標題 前帯状回ニューロンにおけるTRPA1の作用
3. 学会等名 第100回日本生理学会大会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塚元葉子、大岡裕隆、西山千晶、荒田晶子
2. 発表標題 新生ラット橋-延髄-脊髄標本における呼吸 - 体動連関の外側腕傍核5-HT1A受容体による修飾作用
3. 学会等名 第100回日本生理学会大会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoko Masutani、Takuya Tsujimura、Ryo Kawabata、Yuki Kosaka、Kohei Koga、Akiko Arata
2. 発表標題 新生児ラットから分離された脳幹脊髄標本の橋におけるTRPA1の役割
3. 学会等名 第46回日本神経科学学会Neuro2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tateyama M, Nakai J, Gengyo-Ando K
2. 発表標題 Physiological effects of the inhalation anesthetics sevoflurane in C. elegans
3. 学会等名 線虫研究の未来を創る会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中井淳一
2. 発表標題 カルシウムイオンと細胞機能
3. 学会等名 東北大学オープンキャンパス講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中井淳一
2. 発表標題 高輝度蛍光カルシウムセンサー：カルシウムイオンが関わる種々の生体機序の解明に有用
3. 学会等名 農薬工業会勉強会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ayumu Matsushita, Tada-aki Kudo, Yohei Hayashi, Kanako Tominami, Satoshi Izumi, Takakuni Tanaka, You-Ran Luo, Keiko Gengyo-Ando, Takuya Noguchi, Atsushi Matsuzawa, Guang Hong, Junichi Nakai
2. 発表標題 Investigation of the Frequency-Regulated Repeated Micro-Vibration (FRMV)-mediated osteo- blast differentiation mechanism in MC3T3-E1 cells
3. 学会等名 第101回日本生理学会大会（国際学会）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 榎谷直子、辻村拓也、川端遼、高坂侑希、古賀浩平、荒田晶子
2. 発表標題 Role of TRPA1 on respiratory network in the isolated brainstem-spinal cord preparation from neonatal rat
3. 学会等名 第101回日本生理学会（国際学会）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 榎谷直子、高坂侑希、辻村拓也、垂水千紘、柴田直人、荒田晶子
2. 発表標題 呼吸リズムにおけるTRPA1とTRPV1の橋における修飾作用
3. 学会等名 NEORO2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akiko Arata, Naoko Masutani, Yuki Kosaka, Hirotaka Ooka, Sotatsu Tonomura, Koichi Noguchi
2. 発表標題 Possible roles of Parabrachial nucleus for nociception-respiration relay control
3. 学会等名 The 15th Oxford Conference on Modelling and Control of Breathing（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. MASUTANI, R. KAWABATA, Y. KOSAKA, J. NAKAI, K. KOGA, A. ARATA
2. 発表標題 Role of TRPV1 and TRPA1 on the pons of isolated brainstem-spinal cord preparation from neonatal rat
3. 学会等名 The Annual meeting of Society for Neuroscience, Neuro2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	荒田 晶子 (ARARA Akiko) (00266082)	兵庫医科大学・医学部・准教授 (34519)	
研究分担者	安藤 恵子 (ANDO Keiko) (40221741)	東北大学・歯学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	中村 卓史 (NAKAMURA Takashi) (90585324)	東北大学・歯学研究科・准教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------