

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：63905

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03736

研究課題名(和文) 社会的敗北ストレスにより食物嗜好性が変容する脳内メカニズムの解明

研究課題名(英文) Regulatory mechanism for the social defeat stress-induced change in food preference

研究代表者

箕越 靖彦 (Minokoshi, Yasuhiko)

生理学研究所・生体機能調節研究領域・教授

研究者番号：10200099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：近年、総摂取カロリーを調節する神経回路はかなり明らかとなったが、各種栄養素を摂取する機構は未だに不明である。しかし、ヒトはある種のストレスによって炭水化物を多食する事が知られており(“carbohydrate craving”)、実験動物だけでなくヒトにおいても、ある環境において栄養素を選択的に摂取する機構が働くと考えられる。本研究では、社会的敗北ストレスをマウスに与えた時の炭水化物食の摂食亢進作用に、視床下部室傍核AMPK制御型CRHニューロンが関与することを見出した。また、このニューロンの活性化にはNPYニューロンが関与していることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトはある種のストレスによって炭水化物を多食する事が知られており(“carbohydrate craving”)、実験動物だけでなくヒトにおいても、ある環境において栄養素を選択的に摂取する機構が働くと考えられる。しかし、近年の研究によって総摂取カロリーを調節する神経回路とそのメカニズムは少しずつ明らかになったにも関わらず、食物嗜好性を調節する機構は不明なままである。本研究は、そのメカニズムを解明する端緒になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Although the neural pathways for total calorie intake are intensively studied, the regulatory mechanism for food selection behavior remains unknown. In human, it is well known that some stress condition causes "carbohydrate craving". In the present study, we found that AMPK-regulated CRH neurons in the paraventricular hypothalamus regulate social defeat stress-induced carbohydrate intake. In addition, we found that the activation of the CRH neurons are mediated by NPY neurons.

研究分野：環境生理学

キーワード：摂食 食物嗜好性 CRHニューロン AMPK 視床下部

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、総摂取カロリーを調節する神経回路はかなり明らかとなったが、各種栄養素を摂取する機構は未だに不明である。しかし、ヒトはある種のストレスによって炭水化物を多食する事が知られており (“ carbohydrate craving ”) 実験動物だけで無くヒトにおいても、ある環境において栄養素を選択的に摂取する機構が働くと考えられる。申請者らは、最近、薬理遺伝学的手法などを用いて、マウス視床下部室傍核 CRH (corticotropin-releasing hormone)ニューロンの中に AMPK (AMP-activated protein kinase)制御型 CRH ニューロンが存在し、このニューロンが炭水化物の摂取を促進することを報告した。また、マウスに社会的敗北ストレスを与えると炭水化物の摂取が増加すること、この作用に同 CRH ニューロンが必要であることを見出した。

2. 研究の目的

本研究では、ストレス誘導生炭水化物摂取行動に及ぼす AMPK 制御型 CRH ニューロンの調節作用を明らかにする目的で、(1) 視床下部室傍核 CRH ニューロンの神経活動、CRH 発現または AMPK 活性を抑制したマウスに社会的敗北ストレスを与えた時の炭水化物食と脂肪食に帯する食嗜好性の変化を調べる。(2) 食物選択行動時の CRH ニューロンの活動、AMPK 活性を調べる。(3) AMPK 制御型 CRH ニューロンの分子特性を明らかにするため CRH ニューロンのシングルセル解析を行う。(4) AMPK 制御型 CRH ニューロンの上流ニューロンを明らかにするため、社会的敗北ストレスをマウスに与えた時の視床下部背内側核 NPY ニューロンの活動変化と NPY による食嗜好性変化を調べる。

3. 研究の方法

(1) 社会的敗北ストレス

ICR 雄マウスの飼育ケージに実験マウスである C57BL/6J 雄マウスを入れると、C57BL/6J は 5 分以内に敗北姿勢を取る。そこで C57BL/6J マウスを ICR マウスの飼育ケージに入れて 5 分間直接接触させた後、ケージを金属製網で仕切りを入れて 24 時間 C57BL/6J マウスと ICR マウスを間接的に接触させた。この実験の前後数日間、C57BL/6J に高炭水化物食と高脂肪食の 2 餌を与えて各々の食餌の摂食量を調べた (2 餌食物選択試験)。

(2) CRH ニューロンと AMPK 活性の抑制

CRH-Cre マウスと Cre 依存性遺伝子を発現するレンチウイルスを用いて、視床下部室傍核 CRH ニューロンに選択的に抑制性 DREADD である hm4Di、CRH に対する shRNA (shCRH)、AMPK α 1 と α 2 サブユニットに対する shRNA (shAMPK) を発現させた。また血中コルチコステロン濃度を調べた。

(3) CRH ニューロンの活動、AMPK 活性の測定

視床下部室傍核 CRH ニューロンに選択的に GCaMP を発現させ、in vivo において CRH ニューロンのカルシウムイメージングを行い、同ニューロンの活動変化を調べた。また社会的敗北ストレスを与えた時の室傍核における CRH mRNA 量、cFOS の発現、AMPK 活性の指標である サブユニットのリン酸化を調べた。

(4) CRH ニューロンのシングルセル解析

CRH-Cre マウスと核膜タンパク質に蛍光を発現させるマウス (R26-CAG-LSL-Sun1-sfGP-myc) を掛け合わせ、このマウスから CRH ニューロンの核を選択的に単離し、核 RNA の全配列を調べた。

(5) 視床下部背内側核 NPY ニューロンの活動変化と NPY による食嗜好性

視床下部室傍核にカニューレを埋め込み、約 2 週間後に NPY を室傍核に投与して高炭水化物食と高脂肪食に対する嗜好性を 2 餌食物選択実験によって調べた。また、室傍核に NPY 受容体 Y1R の阻害剤を投与し、社会的敗北ストレスへの効果を調べた。社会的敗北ストレスを与えた時の視床下部背内側と弓状核における NPY mRNA の発現変化を調べた。

4. 研究成果

(1) 社会的敗北ストレスを与えた時の炭水化物食と脂肪食の食嗜好性の変化

C57BL/6J マウスに社会的敗北ストレスを与えると、血中コルチコステロン濃度が速やかに上昇すると共に、室傍核において CRH mRNA 量が増加した。また、CRH ニューロンにおいて AMPK のリン酸化が有意に増加した。ストレスを与えた翌日と翌々日に炭水化物食の摂食量が有意に増加した。高脂肪食の摂食量は少し低下傾向があったが有意差は無かった。総摂取カロリー量にも有意差は無かった。

(2) 視床下部室傍核 CRH ニューロンの活動を抑制または AMPK 活性を抑制した時の効果

視床下部室傍核 CRH ニューロンに hm4Di を発現したマウスは、社会的敗北ストレスを与えた時の炭水化物食の摂食量が有意に低下した。また shCRH、shAMPK を発現させたマウスも炭水化物食の摂食量が有意に低下した。shCRH、shAMPK を発現させたマウスでは、室傍核において CRH mRNA、AMPK α 1/ α 2 mRNA の発現が各々低下していた。shCRH マウスでは、社会的敗北ストレスに

よる血中グルココルチコイド濃度の上昇が有意に抑制されたが、shAMPK では抑制されなかった。このことから、AMPK 制御型 CRH ニューロンは CRH ニューロンのサブポピュレーションであると考えられた。

視床下部室傍核 CRH ニューロンの活動を GCaMP で見ると、ストレスで活動が増加し、摂食によって活動が低下した。炭水化物食を与えると活動は速やかに低下した。これに対して高脂肪食を与えた場合はゆっくりと低下した。高炭水化物食と高脂肪食を摂取した時の CRH ニューロンの活動パターンが食物嗜好性にどうか関わるかは今後の研究課題である。

(3) CRH ニューロンのシングルセル解析

室傍核 CRH ニューロンのシングルセル核 RNA 解析を行った。その結果、17 のサブクラスターが同定され、大きく 4 つのクラスター A, B, C, D に分類された。クラスター A には、約 6 割の CRH ニューロンが含まれていた。CRH 及びグルココルチコイド受容体の発現が最も豊富であったことから、HPA 軸の調節に関与すると考えられた。クラスター B と C は、各々グルタミン酸ニューロンと GABA ニューロンであり、様々な神経ペプチドとその受容体を発現していた。クラスター D は、グルタミン酸ニューロンであるが、他のクラスターと遺伝子発現パターンが全く異なる新規クラスターであった。AMPK サブユニットの発現を見ると、クラスター A は AMPKalpha1 が、クラスター D には AMPKalpha2 と gamma2 の発現が多かった。しかし、クラスター B, C のサブクラスターにも AMPK が発現しており、どのクラスターが食物嗜好性の制御に関与するかは解明できなかった。

(4) 視床下部背内側核 NPY ニューロンの活動変化と NPY による食嗜好性変化

視床下部背内側核 NPY ニューロンは室傍核に投射することが報告されている。社会的敗北ストレスをマウスに与えると、視床下部背内側核において NPY mRNA が著しく増加した。これに対して、視床下部弓状核の NPY mRNA 量は変化しなかった。また、室傍核に NPY を投与すると炭水化物食の摂食量が有意に増加した。これに対して、室傍核に NPY 受容体 Y1R の阻害薬を投与すると社会的敗北ストレスを与えた時の炭水化物食摂食量の増加が抑制された。さらに、shCRH、shAMPK を発現させたマウスでは NPY を室傍核に投与した時の炭水化物食の摂食亢進作用が有意に減少した。一方、2-deoxyglucose を投与した時の炭水化物の摂食亢進作用は、AMPK 制御型 CRH ニューロンが必要であったが、その活性化には別の NPY ニューロンが関与することが示唆された。

以上の実験結果から、社会的敗北ストレスによって C57BL/6J 雄マウスは炭水化物食の摂食が亢進し、その作用に視床下部室傍核 AMPK 制御型 CRH ニューロンが関与することが明らかとなった。また、AMPK 制御型 CRH ニューロンは室傍核 CRH ニューロンの中で HPA 軸の制御に関与しないサブポピュレーションであることが示唆される。また、視床下部背内側核 NPY ニューロンは AMPK 社会的敗北ストレスによる炭水化物食の摂取亢進作用に関与する可能性がある。

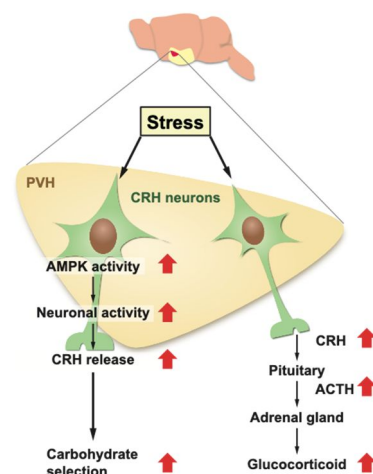


図 社会的敗北ストレスにおける AMPK 制御型 CRH ニューロンによる炭水化物摂食促進作用

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshida Y, Shimizu I, Shimada A, Nakahara K, Yanagisawa S, Kubo M, Fukuda S, Ishii C, Yamamoto H, Tlshikawa I, Kano K, Aoki J, Katsuumi G, Suda M, KOzaki K, Yoshida Y, Okuda S, Ohta S, Okamoto S, Minokoshi Y, Oda K, Sasaoka T, Abe M, Sakimura K, Kubota Y, Yoshimura N, Kajimura S, Zuriaga M, Walsh K, Soga T, Minamino T	4. 巻 12
2. 論文標題 Brown adipose tissue dysfunction promotes heart failure via a trimethylamine N-oxide-dependent mechanism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14883
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-19245-x	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 該当する
1. 著者名 箕越靖彦	4. 巻 6
2. 論文標題 食嗜好性を分子・神経基盤から考える	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 6-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 岡本土毅、益崎裕章、箕越靖彦	4. 巻 6
2. 論文標題 炭水化物嗜好性を決定するのはCRHである	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 18-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Izawa Shuntaro, Yoneshiro Takeshi, Kondoh Kunio, Nakagiri Shohei, Okamatsu Ogura Yuko, Terao Akira, Minokoshi Yasuhiko, Yamanaka Akihiro, Kimura Kazuhiro	4. 巻 600
2. 論文標題 Melanin concentrating hormone producing neurons in the hypothalamus regulate brown adipose tissue and thus contribute to energy expenditure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physiology	6. 最初と最後の頁 815 ~ 827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/JP281241	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 Ryuge A, Kosugi T, Maeda K, Banno R, Gou Y, Zaitzu, Ito, Sato Y, Hirayama A, Tsubota S, Honda T, Nakajima K, Ozaki T, Kondoh K, Takahashi K, Kato N, Ishimoto T, Soga T, Nakagawa T, Koike T, Arima H, Yuzawa Y, Minokoshi Y, Maruyama S, Kadomatsu K	4. 巻 6
2. 論文標題 Basigin deficiency prevents anaplerosis and ameliorates insulin resistance and hepatosteatosis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JCI Insight	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) 10.1172/jci.insight.142464	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 Fu Ou, Minokoshi Yasuhiko, Nakajima Ken-ichiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Recent Advances in Neural Circuits for Taste Perception in Hunger	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neural Circuits	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) 10.3389/fncir.2021.609824	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 箕越靖彦	4. 巻 39
2. 論文標題 摂食と食物嗜好性の調節 -恒常性と快楽的調節	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 実験医学	6. 最初と最後の頁 676-687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Tingting Guo, Tomohiro Tanaka, Mami Matsumoto, Kentaro Kaneko, Tomo Unzai, Yohei Ogino, Daisuke Aotani, Toru Kusakabe, Hiroshi Iwakura, Takashi Miyazawa, Kazunobu Sawamoto, Yasuhiko Minokoshi, Hiroaki Masuzaki, Nobuya Inagaki, Kazuwa Nakao	4. 巻 714
2. 論文標題 A combination of dietary fat intake and nicotine exposure enhances CB1 endocannabinoid receptor expression in hypothalamic nuclei in male mice.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neurosci Lett	6. 最初と最後の頁 13450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2019.134550	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 箕越靖彦	4. 巻 38
2. 論文標題 炭水化物嗜好性の恒常的・快樂的調節機構	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Therapy	6. 最初と最後の頁 68-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yasuhiko Minokoshi, Ken-Ichiro Nakajima, Shiki Okamoto	4. 巻 598
2. 論文標題 Homeostatic versus hedonic control of carbohydrate selection.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Physiol.	6. 最初と最後の頁 3831-3844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/JP280066	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 Yasuhiko Minokoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Neural Control of Homeostatic Feeding and Food Selection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IntechOpen "New insights into metabolic syndrome" (ed. Takada, A)	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5772/intechopen.93413	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25件(うち招待講演 16件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部によるエネルギー代謝調節機構
3. 学会等名 第8回 Medical Frontier Consortium beyond the Organcentric Dogma (Beyond研究会) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本土毅、箕越靖彦、益崎裕章
2. 発表標題 肥満症と精神疾患に共通する病態メカニズム
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地 晶裕、郷康広、近藤 邦生、箕越 靖彦
2. 発表標題 CRHニューロンのシングル核解析により明らかとなった新規クラスターの発見
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤邦生、Misbah Rashid、箕越靖彦
2. 発表標題 食餌性肥満における視床下部腹内側核の脂肪組織炎症制御
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部 交感神経系による代謝調節機構
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会総会 YECシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部は炭水化物・脂肪代謝をどのように調節しているか？
3. 学会等名 第48回日本神経内分泌学会学術集会 特別講演（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 食欲制御機構アップデート -炭水化物と脂肪の摂取調節機構
3. 学会等名 第43回日本肥満学会・第40回日本肥満症治療学会学術集会 教育講演（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiko Minokoshi
2. 発表標題 Homeostatic versus hedonic control of carbohydrate selection - from studies of AMPK in the hypothalamus.
3. 学会等名 22ND IUNS-ICN International Congress of Nutrition in TOKYO, Sepecial lecture（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部によるエネルギー代謝調節機構
3. 学会等名 第8回 Medical Frontier Consortium beyond the Organcentric Dogma (Beyond研究会)（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本土毅、箕越靖彦、益崎裕章
2. 発表標題 肥満症と精神疾患に共通する病態メカニズム
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地 晶裕、郷康広、近藤 邦生、箕越 靖彦
2. 発表標題 CRHニューロンのシングル核解析により明らかとなった新規クラスターの発見
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤邦生、Misbah Rashid、箕越靖彦
2. 発表標題 食餌性肥満における視床下部腹内側核の脂肪組織炎症制御
3. 学会等名 第42回日本肥満学会・第39回日本肥満症治療学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部 交感神経系による代謝調節機構
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会総会 YECシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部は炭水化物・脂肪代謝をどのように調節しているか？
3. 学会等名 第48回日本神経内分泌学会学術集会 特別講演（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 食欲制御機構アップデート -炭水化物と脂肪の摂取調節機構
3. 学会等名 第43回日本肥満学会・第40回日本肥満症治療学会学術集会 教育講演（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiko Minokoshi
2. 発表標題 Homeostatic versus hedonic control of carbohydrate selection - from studies of AMPK in the hypothalamus.
3. 学会等名 22ND IUNS-ICN International Congress of Nutrition in TOKYO, Sepecial lecture（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤邦生、箕越靖彦
2. 発表標題 エネルギー代謝を制御する中枢 末梢神経回路
3. 学会等名 第41回日本肥満学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 箕越靖彦、Rashid Misbah、近藤邦生
2. 発表標題 視床下部を介した末梢組織の代謝・炎症制御
3. 学会等名 第41回日本肥満学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 箕越靖彦
2. 発表標題 視床下部によるエネルギー代謝調節機構
3. 学会等名 第18回 東北糖尿病トータルケア研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuhiko Minokoshi
2. 発表標題 Hypothalamic regulation of carbohydrate and lipid intake and utilization in peripheral tissues
3. 学会等名 理研IMSセミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 箕越 靖彦
2. 発表標題 視床下部を介したエネルギー代謝調節機構の生理機能と分子機作に関する研究
3. 学会等名 第34回日本糖尿病・肥満動物学会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 傅 欧、岩井 優、近藤 邦生、三坂 巧、箕越 靖彦、中島 健一朗
2. 発表標題 甘味およびそれに伴う心地よさを選択的に伝達する神経細胞の同定
3. 学会等名 第34回日本糖尿病・肥満動物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 箕越 靖彦
2. 発表標題 健康・長寿に関わる骨格筋の代謝と栄養摂取
3. 学会等名 第19回 自然科学研究機構 小森 彰夫 機構長プレス懇談会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tingting Guo, Mami Matsumoto, Takashi Yagi, Hiroyuki Koyama, Daisuke Aotani, Kazunobu Sawamoto, Yasuhiko Minokoshi, Hiroaki Masuzaki, Noboya Inagaki, Kazuwa Nakao, Tomohiro Tanaka
2. 発表標題 A combination of high fat diet and nicotine enhances CB1 endocannabinoid receptor in hypothalamic nuclei in mice.
3. 学会等名 The 97th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 箕越 靖彦
2. 発表標題 空腹感と満腹感を作り出すメカニズムと肥満・ストレス・寿命との関連
3. 学会等名 テックデザインセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 岡本土毅、箕越靖彦、益崎裕章	4. 発行年 2021年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 198
3. 書名 ストレスによる食行動の変容メカニズム 「食と栄養のサイエンス 食行動を司る生体恒常性維持システム」(佐々木努 編集)	

1. 著者名 箕越靖彦	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 237
3. 書名 第12章 糖尿病における脳の代謝変化 「シリーズ 栄養と疾病の化学 3 糖尿病と食」(植木浩二郎 編集)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

生理学研究所生殖・内分泌系発達機構研究部門 https://www.nips.ac.jp/research/group/post-16/
--

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
研究協力者	岡本 士毅 (Okamoto Shiki)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	中島 健一郎 (Nakajima Kenichiro)		
研究協力者	傅 欧 (Fu Ou)		
研究協力者	近藤 邦生 (Kondoh Kunio)		
研究協力者	菊地 晶裕 (Kikuchi Akihiro)		

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