

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04826

研究課題名（和文）シグナル感知エピゲノム酵素による世代を超えた環境適応機構の解明

研究課題名（英文）Elucidation of mechanisms of trans-generational adaptation by signal-sensing epigenomic enzyme

研究代表者

酒井 寿郎（Sakai, Juro）

東北大学・医学系研究科・教授

研究者番号：80323020

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,700,000円

研究成果の概要（和文）： 加齢性疾患対策の観点から母親の栄養状態が子の健康リスクを決定するDOHaD仮説が注目されている。本研究では、環境感知ヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの生理的意義と世代を超えた代謝調節との関連を調べた。酵素活性欠乏マウスでは熱産生遺伝子の発現低下、耐糖能異常、脂肪組織の血管密度低下、交感神経支配不全が見られた。前駆脂肪細胞、神経、または血管内皮細胞特異的な欠損マウスは体重増加、熱産生の低下、糖代謝異常を呈した。JMJD1Aは糖依存的脂肪細胞分化に関与した。これらと類似して、JMJD1Aの活性化因子である寒冷刺激を親マウスに与えると仔マウスで熱産生脂肪細胞が誘導され、肥満と耐糖能異常を防いだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肥満に起因した生活習慣病の発症進展には、環境刺激に応じたエピゲノム変化と生体適応が影響する。脂肪組織は個体がおかれた環境に応じて動的に量と質を変化させる。例えば、余剰な栄養環境下では白色脂肪組織が肥大化する一方、寒冷刺激下では逆に熱を産生する脂肪細胞が出現し体脂肪が減少する。このような生体適応が障害されると、生活習慣病の原因となる。さらに、環境状態が健康に及ぼす影響は、世代を超えて親から子へ伝搬することが分かっている。本研究では脂肪細胞の質を制御する環境感知するエピゲノム酵素が細胞運命とエネルギー代謝を決定するメカニズムを解明し、新規治療標的の可能性を提示した。

研究成果の概要（英文）： Recently, the DOHaD hypothesis, in which maternal nutritional status determines health risk of the offspring, has attracted much attention. In this study, we investigated the physiological significance of the environment-sensing epigenomic enzyme JMJD1A, a histone demethylase, in the regulation of energy metabolism across generations. Mice lacking enzyme activity showed decreased expression of thermogenic genes, glucose intolerance, decreased vascular density in adipose tissue, and reduced sympathetic innervation. Consistently, mice with neuron-, adipocyte progenitor-, or endothelial cell-specific Jmjd1a KO mice exhibited obesity, increased fat mass, decreased thermogenesis, and glucose intolerance. In cultured cells, JMJD1A was involved in glucose-dependent adipocyte differentiation. Analogously, paternal cold exposure, a trigger of JMJD1A-mediated epigenetic modification, induced the appearance of thermogenic adipocytes in the offspring, improving obesity and glucose intolerance.

研究分野：内分泌・代謝学

キーワード：肥満 生活習慣病 脂肪細胞 エピゲノム 翻訳後修飾 適応熱産生

1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会を迎え、肥満・生活習慣病に加え、サルコペニア・骨密度低下、骨折に伴うロコモティブシンドローム、認知症など加齢に伴う疾患への対策は健康寿命の延伸に緊急な課題である。壮年期まで健康であっても、中高年期になると個人差が大きく現れはじめ、後期高齢者における健康の個人差は大きい。しかし何がこれを決定するのか、健康寿命を延ばすにはどうしたらいいのかは不明であるが、加齢疾患の発症には食生活や生活環境が大きく関与していると考えられる。

近年、子宮内での胎児の栄養状態がすでに中高年時の生活習慣病の発症および予後を決めているとの仮説 (Developmental Origins of Health and Diseases, DOHaD) が注目されている。胎児(仔)の子宮内での低栄養・発育遅延は、生後、中後期のライフステージにおいて、肥満、高血圧、糖脂質代謝異常症など生活習慣病の発症に寄与することが疫学や実験動物などから報告されている。

我々はこれまでに、ヒストン脱メチル化酵素 JMJD1A が環境感知エピゲノム酵素として機能すること、JMJD1A を欠損させたマウスでは脂肪組織の熱産生が低下し顕著な肥満関連病態を呈することなどを明らかにしてきた(引用文献 1、2)。しかし、JMJD1A は全身に広く発現しており、責任組織の特定には至っていない。さらに、世代を超えたエネルギー代謝調節における JMJD1A の関与については不明なままである。

2. 研究の目的

本研究では、環境感知エピゲノム酵素であるヒストン脱メチル化酵素 JMJD1A の生理的意義と世代を超えたエネルギー代謝調節の関連を調べた。具体的には、JMJD1A 欠損によって肥満・生活習慣病の表現型を生み出す際の責任組織・細胞の特定、酵素活性低下が表現型を生み出している時期の特定、JMJD1A による栄養と代謝入力による細胞の機能の制御機構の解明、世代を超えたエネルギー代謝調節におけるこれらの関与を調べることを目的とした。これらにより、生活習慣病の予防・治療法を創出し、健康寿命の延伸による国民生活の質の向上に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

JMJD1A は脱メチル化活性に加えて、クロマチン高次構造を変化させる機能も持っている。そこで、世代を超えた細胞記憶の伝搬によるエネルギー代謝調節への関与を検証する前に、JMJD1A を介したエピゲノム変化に役割について、クロマチン高次構造制御機能と分離して検証することとした。このために、JMJD1A タンパク質は欠損させずに脱メチル化酵素活性のみを欠失したマウス(*Jmjd1a*-H1122Y (HY)マウス)を作製し、代謝表現型を解析した。次に、環境を感知するエピゲノム酵素の活性阻害によって肥満・生活習慣病の表現型を生み出す細胞・組織を特定するため、組織特異的 JMJD1A 欠損マウスを作製し、代謝表現型を解析した。POMC 神経特異的に Cre リコンビナーゼを発現する *Pomc*-Cre マウスと *Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスを交配し、中枢 POMC 神経特異的 JMJD1A 欠損マウスを作成し、摂餌量や体重の測定、内臓・皮下脂肪量の測定、エネルギー消費を測定した。*Jmjd1a*-H1122Y マウスの脂肪細胞から分泌される神経支配因子である *Ngf* (nerve growth factor) や *Bdnf* (brain-derived neurotrophic factor) またノルエピネフリンの律速酵素チロシンヒドロキシラーゼ遺伝子 TH の発現量を解析した。脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウスを作製するため、*Adiponectin*-Cre マウスと *Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスを交配し、代謝表現型を解析した。次に、*Pdgfra*-Cre マウスと *Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスを交配し、前駆脂肪細胞とその系譜の成熟脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウスを作製し、代謝表現型を解析した。JMJD1A とサルコペニア、骨格筋機能との関連を調べるため、HAS-Cre マウスと *Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスを交配し、骨格筋特異的 *Jmjd1a* 欠損マウスを作製し、グリップテストやトレッドミルテストを行った。血管における JMJD1A の役割と骨格筋機能の関連を調べるため、VE-cadherin (別名: *Chd5*)-CreERT2 マウスと *Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスを交配し、血管内皮細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウスを作製し、グリップテストやトレッドミルテストを行い、代謝表現型を解析した。JMJD1A と白色脂肪細胞の機能的分化の関連を調べるため、低グルコース下で前駆脂肪細胞を分化誘導し、脂肪蓄積や解糖系の速度、解糖系鍵遺伝子の発現、細胞内 α -KG レベル、ヒストンメチル化解析を行った。これらから明らかになった JMJD1A の生理機能と世代を超えたエネルギー代謝調節の関連を調べるため、JMJD1A の機能の引き金となる環境刺激である寒冷刺激を親マウスに与え、仔マウスが成獣したのちの代謝表現型を解析した。

4. 研究成果

1) 環境を感知するエピゲノム酵素の活性阻害によって肥満・生活習慣病の表現型を生み出している細胞・組織の特定

1)- 中枢特異的な JMJD1A 欠損マウスの解析

JMJD1A の酵素活性欠失マウス (*Jmjd1a*-HY) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{+/+}) に比べ、顕著な加齢に伴う体重増加と内臓脂肪量の増加、骨格筋の低下、耐糖能異常とインスリン抵抗性を示した (図 1)。 *Jmjd1a*-HY マウスでは脂肪組織の熱産生やミトコンドリア新生に関連する遺伝子が低下していた (図 2、引用文献 3)。

POMC 神経特異的 *Jmjd1a* 欠損マウス (*Pomc-Cre::Jmjd1a*^{flox/flox}) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に比べ、摂餌量が増加し、体重と脂肪重量が増加し、エネルギー消費量が低下した。これらから、中枢において環境感知エピゲノム酵素が POMC 神経を介した食欲とエネルギー消費量の調節に寄与することが示唆された。

1)- a 脂肪組織・細胞の解析

マウスの脂肪組織由来血管間質細胞群 (SVF) のシングルセル RNA シーケンスを行ったところ、寒冷誘導性ベージュ脂肪細胞の誘導と関連するパスウェイとして細胞外マトリックス (ECM) 経路が間葉系幹細胞から前駆脂肪細胞への分化を抑制的に制御すること、PPAR シグナル経路が前駆脂肪細胞の分化運命決定に不可欠であることを見出した。前駆脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウス (*Pdgfra-Cre::Jmjd1a*^{flox/flox}) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に比べ、脂肪組織における神経支配因子 *Ngfr* (nerve growth factor receptor) や *Bdnf* の遺伝子発現量が減少しており、組織中カテコールアミン量の低下が認められた。これらから、JMJD1A が脂肪組織における神経支配、交感神経活動、脂肪細胞の質の制御に関与することが示唆された。

1)- b 脂肪細胞特異的 JMJD1A 欠損マウスの解析

前駆脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウス (*Pdgfra-Cre::Jmjd1a*^{flox/flox}) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に比べ、摂食量は同等であったものの、体重と脂肪重量の増加、エネルギー消費低下および耐糖能の低下と血中インスリン濃度の上昇が観察された。エネルギー消費に寄与するベージュ脂肪細胞の誘導を調べたところ、脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウスではこれが阻害され、褐色脂肪組織と白色脂肪組織における熱産生遺伝子の低下、組織中カテコールアミン量の低下が観察された。白色脂肪組織の RNA シーケンスを行ったところ、神経支配に関連する遺伝子群の発現量の低下が観察された。これらから、JMJD1A は脂肪組織における神経誘導因子の発現に関与することにより、脂肪組織の熱産生とエネルギー代謝の調節に寄与することが明らかになった。

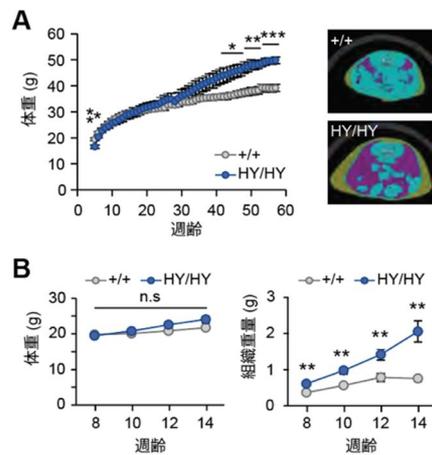


図 1. JMJD1A 脱メチル化酵素活性とエネルギー代謝調節.

A. *Jmjd1a*-HY マウス (HY/HY) の体重変化 (左) と X 線 CT 像 (右)。皮下脂肪が黄色、内臓脂肪が紫。
B. 8-14 週齢の *Jmjd1a*-HY マウスの体重変化 (左) と X 線 CT 解析で測定した脂肪量 (右)。体重増加の前に体脂肪量の増加が見られた。

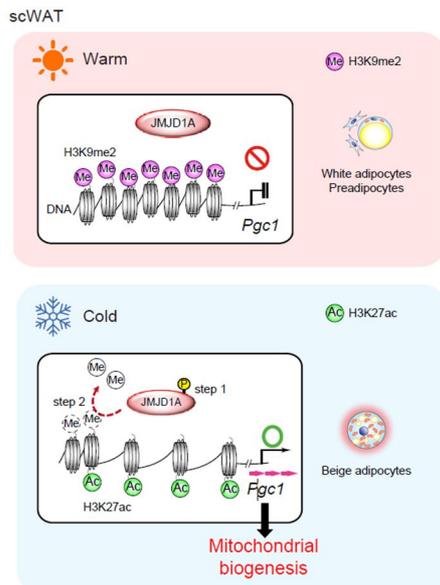


図 2. JMJD1A 脱メチル化活性による熱産生・エネルギー代謝調節.

JMJD1A は寒冷刺激に応じて熱産生やミトコンドリア新生関連の遺伝子のヒストン脱メチル化を起こすことにより、エネルギー消費と全身性耐糖能の制御に寄与する。

1)- サルコペニアの解析

Jmjd1a-HY マウスは、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{+/+}) に比べ、骨格筋量が減少した。骨格筋特異的 *Jmjd1a* 欠損マウス (*Chd5*-CreERT2::*Jmjd1a*^{Flox/Flox}) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に比べ、骨格筋重量に変化はなく、トレッドミルテストで評価した持久運動能力、グリップテストで評価した握力に差が認められなかった。一方、成熟脂肪細胞特異的 *Jmjd1a* 欠損マウス (*Adipoq*-Cre::*Jmjd1a*^{Flox/Flox}) では、同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に比べ、骨格筋量と握力に差は認められなかったものの、持久運動能力は有意な低値を示した。持久運動時の血中代謝物濃度を解析したところ、*Adipoq*-Cre::*Jmjd1a*^{Flox/Flox} マウスでは血中有利脂肪酸濃度が低下していることが明らかになった。これと一致して、白色脂肪組織の脂肪分解酵素 (HSL) の遺伝子発現量の低下が認められた。これらから、JMJD1A は脂肪細胞における脂肪分解酵素の発現を調節することにより、持久運動時の骨格筋への脂肪酸供給と持久運動能力に寄与することが示唆された。

2) 表現型を生み出している時期の特定：

Chd5-CreERT2::*Jmjd1a*^{Flox/Flox} と同腹コントロールマウス (*Jmjd1a*^{flox/flox}) に 7 週齢の時点でタモキシフェンを 5 日間投与し、KO を誘導した。通常食で 30 週齢になるまで飼育したところ、体重にわずかな差が認められ、KO マウスの方が高値を示した。30 週齢から高脂肪食を付加したところ、コントロールマウスに比べて KO マウスは顕著な体重増加、白色脂肪量と肝臓重量の増加が認められた。これらから JMJD1A によるエネルギー代謝調節を認めることができる時期として、少なくとも成獣直後が有効であることを見出した。今後、KO を誘導する時期や高脂肪食負荷の開始時期などを詳細に調べる必要がある。

3) 環境を感知するエピゲノム酵素による栄養と代謝入力による細胞の質の制御

JMJD1A と白色脂肪細胞の機能的分化の関連を調べるため、低グルコース下で前駆脂肪細胞を分化誘導し、脂肪蓄積や解糖系の速度、解糖系鍵遺伝子の発現、細胞内 α -KG レベル、ヒストンメチル化解析を行った結果、細胞外のグルコース依存的なヒストン脱メチル化が糖代謝を制御することを見出した。JMJD1A の生理機能と世代を超えたエネルギー代謝調節の関連を調べるため、JMJD1A の機能の引き金となる環境刺激である寒冷刺激を親マウスに与え、仔マウスが成獣したのちの代謝表現型を解析したところ、親マウスに寒冷刺激を与えてから得た仔マウスでは、親マウスに温暖刺激を与えてから得た仔マウスに比べ、褐色脂肪細胞とベージュ脂肪細胞の活性化が観察された。さらに、親マウスに寒冷刺激を与えてから得た仔マウスは、親マウスに温暖刺激を与えてから得た仔マウスに比べ、高脂肪食負荷による肥満が抑制され、耐糖能異常とインスリン抵抗性の改善が観察された。これらから環境を感知して形成されるエピゲノム情報が世代を超えて伝搬することにより、仔の熱産生・エネルギー消費量を亢進させ、肥満や糖代謝の制御に寄与することが示唆された。

引用文献

- 1) Abe et al., Nat Commun. 2018 Apr 19;9(1):1566
- 2) Takahashi et al., Bioessays. 2024 Feb;46(2):e2300084
- 3) Ito et al., iScience. 2024 Mar 1;27(4):109398

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Muramatsu M, Osawa T, Miyamura Y, Nakagawa S, Tanaka T, Kodama T, Aburatani H, Sakai J, Ryeom S, Minami T.	4. 巻 296
2. 論文標題 Loss of Down syndrome critical region-1 leads to cholesterol metabolic dysfunction that exaggerates hypercholesterolemia in ApoE-null background.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Biol Chem	6. 最初と最後の頁 100697
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jbc.2021.100697	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 該当する
1. 著者名 Yoneshiro T, Kataoka N, Walejko JM, Ikeda K, Brown Z, Yoneshiro M, Crown SB, Osawa T, Sakai J, McGarrah RW, White PJ, Nakamura K, Kajimura S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Metabolic flexibility via mitochondrial BCAA carrier SLC25A44 is required for optimal fever.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Elife	6. 最初と最後の頁 e66865
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7554/eLife.66865	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 該当する
1. 著者名 Zhang J, Matsumura Y, Kano Y, Yoshida A, Kawamura T, Hirakawa H, Inagaki T, Tanaka T, Kimura H, Yanagi S, Fukami K, Doi T, Osborne TF, Kodama T, Aburatani H, Sakai J.	4. 巻 26
2. 論文標題 Ubiquitination dependent and independent repression of target genes by SETDB1 reveals a context dependent role for its methyltransferase activity during adipogenesis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genes Cells	6. 最初と最後の頁 513-529
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/gtc.12868	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 該当する
1. 著者名 Suzuki T, Hayashi M, Komatsu T, Tanioka A, Nagasawa M, Tanimura-Inagaki K, Rahman MS, Masuda S, Yusa K, Sakai J, Shibata H, Inagaki T.	4. 巻 68
2. 論文標題 Measurement of the nuclear concentration of α -ketoglutarate during adipocyte differentiation by using a fluorescence resonance energy transfer-based biosensor with nuclear localization signals.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Endocr J	6. 最初と最後の頁 1429-1438
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1507/endocrj.EJ21-0255	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 Sugiyama T, Murao N, Kadowaki H, Takao K, Miyakawa T, Matsushita Y, Katagiri T, Futatsugi A, Shinmyo Y, Kawasaki H, Sakai J, Shiomi K, Nakazato M, Takeda K, Mikoshiba K, Ploegh HL, Ichijo H, Nishitoh H.	4. 巻 24
2. 論文標題 ERAD components Derlin-1 and Derlin-2 are essential for postnatal brain development and motor function.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 102758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2021.102758	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 Pan M, Zorbas C, Sugaya M, Ishiguro K, Kato M, Nishida M, Zhang HF, Candeias MM, Okamoto A, Ishikawa T, Soga T, Aburatani H, Sakai J, Matsumura Y, Suzuki T, Proud CG, Lafontaine DLJ, Osawa T.-	4. 巻 13
2. 論文標題 Glutamine deficiency in solid tumor cells confers resistance to ribosomal RNA synthesis inhibitors.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Commun	6. 最初と最後の頁 3706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-31418-w	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 該当する

1. 著者名 Murakami K, Sasaki Y, Asahiyama M, Yano W, Takizawa T, Kamiya W, Matsumura Y, Anai M, Osawa T, Fruchart JC, Fruchart-Najib J, Aburatani H, Sakai J, Kodama T, Tanaka T.	4. 巻 11
2. 論文標題 Selective PPAR Modulator Pemafibrate and Sodium-Glucose Cotransporter 2 Inhibitor Tofogliflozin Combination Treatment Improved Histopathology in Experimental Mice Model of Non-Alcoholic Steatohepatitis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cells	6. 最初と最後の頁 720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cells11040720	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 該当する

1. 著者名 Matsumura Y, Ito R, Yajima Y, Yamaguchi R, Tanaka T, Kawamura T, Magoori K, Abe Y, Uchida A, Yoneshiro T, Hirakawa H, Zhang J, Arai M, Yang C, Yang G, Takahashi H, Fujihashi H, Nakaki R, Yamamoto S, Ota S, Tsutsumi S, Inoue S, Kimura H, Wada Y, Kodama T, Inagaki T, Osborne TF, Aburatani H, Node K, Sakai J.	4. 巻 12
2. 論文標題 Spatiotemporal dynamics of SETD5-containing NCoR-HDAC3 complex determines enhancer activation for adipogenesis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Commun	6. 最初と最後の頁 7045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-250361/v1	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 該当する

1. 著者名 Matsumura Y, Osborne T.F, Sakai J.	4. 巻 172
2. 論文標題 Epigenetic and environmental regulation of adipocyte function.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Biochemistry (Review)	6. 最初と最後の頁 9-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jb/mvac033	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 該当する

1. 著者名 Takahashi H, Yang G, Yoneshiro T, Abe Y, Ito R, Yang C, Uchida A, Arai M, Jin H, Choi H, Tumenjargal M, Xie S, Zhang J, Sagae H, Zhao Y, Yamaguchi R, Nomura Y, Shimizu Y, Matsumura Y, Sakai J (他14名)	4. 巻 13
2. 論文標題 MYPT1-PP1 phosphatase negatively regulates both chromatin landscape and co-activator recruitment to influence gene expression during beige adipogenesis.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Commun	6. 最初と最後の頁 5715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-33363-0.	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 該当する

1. 著者名 Matsumura Y, Wei FY, Sakai J.	4. 巻 5
2. 論文標題 Epitranscriptomics in metabolic disease.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nat Metab	6. 最初と最後の頁 370-384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42255-023-00764-4	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 Suzuki T, Komatsu T, Shibata H, Tanioka A, Vargas D, Kawabata-Iwakawa R, Miura F, Masuda S, Hayashi M, Tanimura-Inagaki K, Morita S, Kohmaru J, Adachi K, Tobo M, Obinata H, Hirayama T, Kimura H, Sakai J, Nagasawa H, Itabashi H, Hatada I, Ito T, Inagaki T.	4. 巻 51
2. 論文標題 Crucial role of iron in epigenetic rewriting during adipocyte differentiation mediated by JMJD1A and TET2 activity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nucleic Acids Research	6. 最初と最後の頁 6120-6142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nar/gkad342	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 Ono Y, Ito R, Arai K, Singh G, Saitoh T, Russell RB, Raimondi F, Aoki J, Sakai J, Inoue A.	4. 巻 8
2. 論文標題 Chemogenetic activation of G12 signaling enhances adipose tissue browning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Signal Transduction and Targeted Therapy	6. 最初と最後の頁 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41392-023-01524-2	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 該当する

1. 著者名 Abe Y, Kofman ER, Almeida M, Ouyang Z, Ponte F, Mueller JR, Cruz-Becerra G, Sakai M, Prohaska TA, Spann NJ, Resende-Coelho A, Seidman JS, Stender JD, Taylor H, Fan W, Link VM, Cobo I, Schlachetzki JCM, Hamakubo T, Jepsen K, Sakai J, Downes M, Evans RM, Yeo GW, Kadonaga JT, Manolagas SC, Rosenfeld MG, Glass CK.	4. 巻 83
2. 論文標題 RANK ligand converts the NCoR/HDAC3 co-repressor to a PGC1 - and RNA-dependent co-activator of osteoclast gene expression	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Molecular Cell	6. 最初と最後の頁 3421-3437.e11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molcel.2023.08.029	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 該当する

1. 著者名 Nakahara R, Aki S, Sugaya M, Hirose H, Kato M, Maeda K, Sakamoto DM, Kojima Y, Nishida M, Ando R, Muramatsu M, Pan M, Tsuchida R, Matsumura Y, Yanai H, Takano H, Yao R, Sando S, Shibuya M, Sakai J, Kodama T, Kidoya H, Shimamura T, Osawa T.	4. 巻 42
2. 論文標題 Hypoxia activates <sc>SREBP2</sc> through Golgi disassembly in bone marrow derived monocytes for enhanced tumor growth	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The EMBO Journal	6. 最初と最後の頁 e114032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15252/embj.2023114032	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 Takahashi H, Ito R, Matsumura Y, Sakai J.	4. 巻 46
2. 論文標題 Environmental factor reversibly determines cellular identity through opposing Integrators that unify epigenetic and transcriptional pathways	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BioEssays	6. 最初と最後の頁 e2300084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/bies.202300084	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 Abe Y, Kofman ER, Ouyang Z, Cruz-Becerra G, Spann NJ, Seidman JS, Troutman TD, Stender JD, Taylor H, Fan W, Link VM, Shen Z, Sakai J, Downes M, Evans RM, Kadonaga JT, Rosenfeld MG, Glass CK.	4. 巻 121
2. 論文標題 A TLR4/TRAF6-dependent signaling pathway mediates NCoR coactivator complex formation for inflammatory gene activation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2316104121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2316104121	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 該当する

1. 著者名 Ito R, Xie S, Tumenjargal M, Sugahara Y, Yang C, Takahashi H, Arai M, Inoue SI, Uchida A, Nakano K, Choi H, Yang G, Zhao Y, Yamaguchi R, Jin H, Sagae H, Wada Y, Tanaka T, Kimura H, Kodama T, Aburatani H, Takeda K, Inagaki T, Osborne TF, Yoneshiro T, Matsumura Y, Sakai J.	4. 巻 27
2. 論文標題 Mitochondrial biogenesis in white adipose tissue mediated by JMJD1A-PGC-1 axis limits age-related metabolic disease	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 109398-109398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2024.109398	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 該当する

〔学会発表〕 計54件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 A Concerted Thermogenic Response via A Phosphor-switch of An Epigenetic Modifier
3. 学会等名 The 1st International Symposium of the Center for Metabolic Regulation of Healthy Aging (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣毅, 酒井寿郎
2. 発表標題 熱産生性脂肪のエピジェネティクス
3. 学会等名 第64回日本糖尿病学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井寿郎
2. 発表標題 生活習慣病におけるエピゲノムの役割
3. 学会等名 日本スポーツ栄養学会第7回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 A Phosphatase Protein Complex Orchestrates Uncoupled Respiration via a Histone Demethylase and YAP/TAZ Mediated Actomyosin Pathway in White Adipose Tissue
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Atherosclerosis（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 謝詩雨, 伊藤亮, Tumenjargal Myagmar, 楊歌, 高橋宙大, 酒井寿郎
2. 発表標題 Signal sensing histone demethylase regulates a concerted thermogenic response in brown adipose tissue and subcutaneous white adipose tissue in animals
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊歌, 高橋宙大, 楊超然, , 酒井寿郎
2. 発表標題 Thermogenic Gene Inductions via Phosphatase Complex of Histone Demethylase JMJD1A during Beige Adipocyte Differentiation
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊超然, 高橋宙大, 伊藤亮, 酒井寿郎
2. 発表標題 Identification of Sirt3 as a JMJD1A target gene that could regulate mitochondria function during beige adipogenesis
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 趙亞楠, 伊藤亮, 酒井寿郎
2. 発表標題 Histone demethylase JMJD1A regulates innervation in white adipose tissue
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松村欣宏, Eko Ariyanto, 張吉, 楊超然, 高橋宙大, 伊藤亮, 米代武司, 曾我朋義, 酒井寿郎
2. 発表標題 "Genome-Wide Analysis of Target Genes and Binding Sites for Energy-Sensing Histone Demethylase KDM3A during Adipogenesis"
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤亮, 謝詩雨, Tumenjargal Myagmar, 楊超然, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 ヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの酵素活性は褐色脂肪組織の熱産生には不要であり白色脂肪組織における熱産生に必要である
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 楊超然, 伊藤亮, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 MYPT1-PP1 脱リン酸化酵素複合体による細胞記憶の書き換えを介したページュ化制御機構の解明
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水佑一, 寒河江陽菜, 荒井誠, 張吉, 関根伶生, 内田あおい, 伊藤亮, 松村欣宏, 前島裕子, 下村健寿, 中田正範, 酒井寿郎
2. 発表標題 中枢神経系におけるヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aを介した環境適応機構の解明
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊歌, 神仁美, 高橋宙大, 伊藤亮, 秋葉大地, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 ヒストン脱メチル化酵素と脱リン酸化酵素複合体によるページュ化制御機構の解明
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤亮, 松村欣宏, 矢島あゆむ, 山口玲, 田中十志也, 川村猛, 馬郡健太, 内田あおい, 米代武司, 張吉, 楊超然, 高橋宙大, 稲垣毅, 油谷浩幸, 野出孝一, 酒井寿郎
2. 発表標題 SETD5-NCoR-HDAC3 複合体による時空間特異的なエンハンサー活性調節による脂肪細胞分化機構の解明
3. 学会等名 第25回アディポサイエンス・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井寿郎, 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 楊超然, 伊藤亮, 松村欣宏
2. 発表標題 エピゲノム変化とアクチン緊張を制御する脱リン酸化酵素同定と同酵素によるベージュ化制御の解明
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松村欣宏, エコ フジ アリヤント, 楊超然, 張吉, 曾我朋義, 酒井寿郎
2. 発表標題 エネルギー感知ヒストン脱メチル化酵素は脂肪細胞分化において脂肪蓄積のための糖代謝を促進する
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤亮, 謝詩雨, ミグマル トゥメンジャルガル, 楊超然, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 褐色脂肪組織と白色脂肪組織で異なるヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの寒冷適応に対する役割
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 伊藤亮, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 MYPT1-PP1 脱リン酸化酵素複合体によるベージュ化制御機構の解明
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤亮, 謝詩雨, Tunenjargal Myagmar, 楊超然, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 褐色脂肪組織と白色脂肪組織におけるヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの寒冷適応に対する組織特異的な役割
3. 学会等名 第65回日本糖尿病学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 伊藤亮, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 MYPT1-PP1 脱リン酸化酵素複合体によるベージュ化制御機構の解明
3. 学会等名 第65回日本糖尿病学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井寿郎
2. 発表標題 シグナル感知とヒストン脱メチル化による熱産生・エネルギー消費制御機構
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 伊藤亮, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 MYPT1-PP1 脱リン酸化酵素複合体によるベージュ化制御機構の解明
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤亮, 謝詩雨, Myagmar Tumenjargal, 楊超然, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 褐色脂肪組織と白色脂肪組織で異なるヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの寒冷適応に対する役割
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松村欣宏, 伊藤亮, 矢島あゆむ, 山口 玲, 田中十志也, 川村猛, 馬郡健太, 内田あおい, 米代武司, 張吉, 楊超然, 高橋宙大, 稲垣毅, 油谷浩幸, 野出孝一, 酒井寿郎
2. 発表標題 SETD5-NCOR-HDAC3 複合体の時空間ダイナミクスは脂肪細胞分化のエンハンサー活性化を制御する
3. 学会等名 第95回日本内分泌学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金紫越, 米代武司, 魏宇辰, 岡本(勝山)真由美, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 父性寒冷刺激は白色脂肪組織のベージュ化を誘導する
3. 学会等名 第76回日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本(勝山)真由美, 米代武司, 魏宇辰, 金紫越, 楊超然, 永江玄太, 吉田圭介, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 精子を介した寒冷曝露記憶の経世代エピゲノムの解明
3. 学会等名 第76回日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 魏宇辰, 米代武司, 金紫越, 岡本(勝山)真由美, 楊超然, 太田聡, 堤修一, 油谷浩幸, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 父性寒冷刺激による仔の褐色脂肪細胞の運命決定機構の解明
3. 学会等名 第76回日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井寿郎
2. 発表標題 生活習慣病の解明, 遺伝子からエピゲノムへ
3. 学会等名 第18回日本病理学会カンファレンス(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松村欣宏, 伊藤亮, 矢島あゆむ, 山口玲, 田中十志也, 川村猛, 馬郡健太, 内田あおい, 米代武司, 張吉, 楊超然, 高橋宙大, 稲垣毅, 油谷浩幸, 野出孝一, 酒井寿郎
2. 発表標題 脂肪細胞のエンハンサーを制御するヒストンアセチル化・脱アセチル化
3. 学会等名 第95回日本生化学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野雄基, 伊藤亮, 酒井寿郎, 井上飛鳥
2. 発表標題 G12共役型GPCRは 3アドレナリン刺激依存的な白色脂肪のベージュ化を亢進する
3. 学会等名 第95回日本生化学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	張吉, 松村欣宏, Ariyanto Eko Fuji, 楊超然, 高橋宙大, 伊藤亮, 米代武司, 曾我朋義, 幡野敦, 松本雅紀, 酒井寿郎
2. 発表標題	脂肪細胞分化におけるグルコース感知センサーであるヒストン脱メチル化酵素KDM3Aの解析
3. 学会等名	第95回日本生化学会大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	謝詩雨, 伊藤亮, Tumenjargal Myagmar, 松村欣宏, 米代武司, 酒井寿郎
2. 発表標題	JMJD1Aのヒストン脱メチル化活性はミトコンドリア生合成に必要である
3. 学会等名	第95回日本生化学会大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	酒井寿郎
2. 発表標題	環境ストレス感知機構とエピゲノム機構を介した肥満改善機構
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 (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	金紫越, 米代武司, 魏宇辰, 岡本 (勝山) 真由美, 楊超然, 油谷浩幸, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題	妊娠前の父性寒冷刺激と白色脂肪のベージュ化: 前駆脂肪細胞の運命決定
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
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	魏宇辰, 米代武司, 金紫越, 岡本(勝山) 真由美, 楊超然, 太田聡, 堤修一, 油谷浩幸, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題	妊娠前の父性寒冷刺激と褐色脂肪細胞の活性化: 視床下部の関与
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
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	米代武司, 松下真美, 布施沙由理, 黒岩美幸, 黒澤裕子, 山本恭子, 飯田誠, 隈健一, 中村尚, 浜岡隆文, 酒井寿郎, 斉藤昌之
2. 発表標題	ヒト褐色脂肪組織と妊娠前の親の寒冷曝露: FDG-PETとNIR-TRSでの評価
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
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	松村欣宏, 伊藤亮, 矢島あゆむ, 山口玲, 田中十志也, 川村猛, 馬郡健太, 内田あおい, 米代武司, 張吉, 楊超然, 高橋宙大, 稲垣毅, 油谷浩幸, 野出孝一, 酒井寿郎
2. 発表標題	SETD5-NCoR-HDAC3複合体の動的変化は脂肪細胞のエンハンサーを活性化する
3. 学会等名	第26回アディポサイエンスシンポジウム
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 阿部陽平, 伊藤亮, 楊超然, 岡本真由美, 川村猛, 石濱泰, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題	MYPT1-PP1 脱リン酸化酵素はクロマチン構造と共活性化因子誘導の調整を介してベージュ化を抑制する
3. 学会等名	第26回アディポサイエンスシンポジウム
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 米代武司, 松下真美, 布施沙由理, 黒岩美幸, 黒澤裕子, 山本恭子, 山岡敏明, 飯田誠, 隈健一, 中村尚, 浜岡隆文, 酒井寿郎, 斉藤昌之
2. 発表標題 妊娠前の親の寒冷曝露が子の褐色脂肪組織の活性と肥満度に与える影響
3. 学会等名 第77回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 菅原優人, 魏宇辰, 金紫越, 岡本真由美, 楊超然, 張琳, 安澤隼人, 西羽美, 木下賢吾, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 父性寒冷刺激による次世代の熱産生脂肪細胞の運命決定機構
3. 学会等名 日本生化学会東北支部 第89回例会・シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒井寿郎
2. 発表標題 環境ストレス感知とエピゲノム機構を介した肥満改善機構
3. 学会等名 第41回日本内分泌学会 内分泌代謝学サマーセミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 伊藤亮, 楊超然, 岡本真由美, 油谷浩之, 川村猛, 石濱泰, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 環境シグナル感知とエピゲノム機構による脂肪組織熱産生と抗肥満機構の解明
3. 学会等名 第55回日本動脈硬化学会総会・学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 Signal Sensing and Epigenomic Rewriting by JMJD1A Induces Mitochondria Biogenesis and Prevent Obesity
3. 学会等名 Japan-China Atherosclerosis Symposium2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 Control of adipose thermogenesis and obesity through epigenomic reprogramming by a cold stress-responsive histone demethylase that is sensitive to α -adrenergic signaling
3. 学会等名 12th GWANAK SYMPOSIUM on Metabolic Complications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 Cold-signal-sensing histone demethylase regulates brown and beige adipocyte activation by distinct mechanisms to prevent obesity
3. 学会等名 The 10th Federation of the Asian and Oceanian Physiological Societies Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Juro Sakai
2. 発表標題 Cold-signal-sensing histone demethylase regulates brown and beige adipocyte activation by distinct mechanisms to prevent obesity
3. 学会等名 Host-Directed Antiviral Research Center Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 魏宇辰, 米代武司, 金紫越, 荒井誠, 岡本真由美, 楊超然, 永江玄太, 油谷浩幸, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 父性寒冷刺激は仔マウスにおいて熱産生脂肪細胞の分化を誘導してエネルギー代謝を調節する
3. 学会等名 第96回日本生化学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寒河江陽菜, 伊藤亮, 荒井誠, Myagmar Tumenjargal, 崔賢美, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 肪組織におけるヒストン脱メチル化酵素JMJD1Aの代謝調節機構の解明
3. 学会等名 第96回日本生化学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 神仁美, 岡本(勝山)真由美, 楊超然, 米代武司, 永江玄太, 吉田圭介, 油谷浩幸, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 寒冷刺激が精子DNAメチル化およびsmall RNAに及ぼす影響の解析
3. 学会等名 第96回日本生化学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋宙大, 楊歌, 米代武司, 阿部陽平, 伊藤亮, 楊超然, 川村猛, 石濱泰, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 環境シグナル感知とエピゲノム機構による脂肪組織熱産生と抗肥満機構の解明
3. 学会等名 第44回日本肥満学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤亮, 謝詩雨, Myagmal Tumenjargal, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 ヒストン脱メチル化酵素JMJD1A による白色脂肪組織のミトコンドリア生成は代謝障害を阻害する
3. 学会等名 第44回日本肥満学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 魏宇辰, 米代武司, 金紫越, 高橋宙大, 崔賢美, 伊藤亮, MYAGMAR TUMENJARGAL, 荒井誠, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 父性寒冷刺激は脂肪組織の熱産生活性して食事性肥満とインスリン抵抗性を軽減する
3. 学会等名 第44回日本肥満学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寒河江陽菜, 伊藤亮, 荒井誠, Myagmar Tumenjargal, 崔賢美, 趙亞楠, 寺西仁志, 花田礼子, 米代武司, 松村欣宏, 酒井寿郎
2. 発表標題 脂肪組織におけるヒストン脱メチル化酵素JMJD1A の代謝調節機構の解明
3. 学会等名 第44回日本肥満学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 謝詩雨, 伊藤亮, Tumenjargal Myagmar, 松村欣宏, 米代武司, 酒井寿郎
2. 発表標題 ヒストン脱メチル化酵素 JMJD1A と PGC1 によるミトコンドリア増生とベージュ化による肥満抑制機構
3. 学会等名 第27回アディポサイエンス・シンポジウム
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学大学院医学系研究科細胞生物学講座分子代謝生理学分野/Publications
http://www.metab.med.tohoku.ac.jp/publications/
東京大学先端科学技術研究センター酒井研究室/原著論文
http://www.mm.rcast.u-tokyo.ac.jp/publications/pubs.html
東北大学大学院医学系研究科細胞生物学講座分子代謝生理学分野/Publications
http://http://www.metab.med.tohoku.ac.jp/publications/
東京大学先端科学技術研究センター酒井研究室/原著論文
http://www.mm.rcast.u-tokyo.ac.jp/publications/pubs.html

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	川村 猛 (Kawamura Takeshi) (70306835)	東京大学・アイソトープ総合センター・准教授 (12601)	
研究分担者	米代 武司 (Yoneshiro Takeshi) (40724167)	東北大学・医学系研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	松村 欣宏 (Matsumura Yoshihiro) (20375257)	秋田大学・医学系研究科・教授 (11401)	

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
---------	---------