

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11013

研究課題名(和文) エネルギー代謝と食事誘導熱産生の日内変動における褐色脂肪組織の役割

研究課題名(英文) Involvement of brown adipose tissue in diurnal variations of postprandial thermogenesis and metabolism

研究代表者

斉藤 昌之 (Saito, Masayuki)

北海道大学・獣医学研究院・名誉教授

研究者番号：80036441

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：朝食欠食など、生活リズムの乱れが肥満・メタボの一因となるが、そのメカニズムは不明な点が多い。本研究では、代謝的熱産生の特異的部位である褐色脂肪が日内リズム変動する可能性と肥満との関係を検討するために、褐色脂肪活性を評価済みの健康男性を被験者として、寒冷刺激や食事摂取に対する熱産生応答を朝と夜で測定し、褐色脂肪活性が高い被験者では夜に比べて朝の方が高いが、低い被験者では朝と夜とで差が無いことを見出した。これらの結果は、ヒト褐色脂肪活性が日内変動しており、夜に比べて朝の方が活性が高いことを示しており、朝食欠食による肥満・メタボが褐色脂肪の活性化不足に起因することを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肥満・メタボは過食と身体活動・運動不足に起因するが、朝食欠食など、生活リズムの乱れも一因となることが知られているが、そのメカニズムは不明であった。本研究で、食事摂取後の熱産生(エネルギー消費)に関わる褐色脂肪が日内変動しており、夜に比べて朝の方が活性が高いことをヒトで初めて明らかにした。したがって、夕食よりも朝食を欠落した方が、エネルギー消費に対する影響もより大きく、長期間続くと体脂肪が蓄積されやすくなるのであろう。この成果は、褐色脂肪が活性化する朝や午前中に食事や運動を行うなど、日内リズムを踏まえた肥満・メタボの予防・改善策の指針として、社会的意義は大きいと思われる。

研究成果の概要(英文)：Disturbed circadian rhythm is associated with an increased risk of obesity and metabolic disorders. Brown adipose tissue (BAT) is a site of nonshivering thermogenesis (NST) and plays a role in regulating energy expenditure (EE) and body fatness. In this study, we examined diurnal variations of cold- and diet-induced NST in healthy humans by focusing on their relation to BAT activity. Changes in EE and BAT-related skin temperature after cold exposure in the morning were higher in a High-BAT group than in a Low-BAT group, whereas those in the evening was comparable in the two groups. Change in EE after breakfast was higher in the High-BAT group than in the Low-BAT group, whereas those after dinner was comparable in the two groups. Thus, BAT-associated NST shows diurnal variations, being higher in the morning than in the evening, and may be involved in the association of an eating habit of breakfast skipping with obesity and related metabolic disorders.

研究分野：栄養生理学

キーワード：褐色脂肪組織 日内変動 食事時刻 エネルギー消費 肥満

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1, 研究開始当初の背景

肥満やメタボリックシンドローム(以下メタボと略す)が、過食と身体活動・運動不足に起因することはいうまでもないが、それに加えて、「食事の時間が不規則である」「朝食をとらない」「夜たっぷりと食べる」「早食いである」など、食行動や睡眠覚醒のリズムの乱れを伴うことが多い。肥満と食行動、特にリズム異常との関係については、多くの実験的・疫学的知見があるが、そのメカニズムについては不明な点が多く、特にヒトでの実証的研究は極めて少ない。

肥満は白色脂肪組織に中性脂肪が過剰に蓄積した状態であるが、ヒトを含めて哺乳動物には白色脂肪組織とは別に、褐色脂肪組織(以下褐色脂肪と略す)が存在する。褐色脂肪は中性脂肪を酸化分解して熱に変換する機能を有するので、エネルギーを散逸・消費する組織である。この褐色脂肪がエネルギー代謝の自律的調節に関わり、その機能低下が肥満に一因になることが実験動物では証明されていた。我々は、ヒト成人の褐色脂肪をがんの画像診断法である Fluorodeoxyglucose-Positron Emission Tomography/Computed Tomography (FDG-PET/CT)を利用して検出・評価する方法を開発し1)寒冷暴露時(Cold-induced thermogenesis, CIT)や食事摂取後の熱産生(Diet-induced thermogenesis, DIT)に寄与する、2)肥満、特に加齢に伴う体脂肪増加が褐色脂肪の活性低下に起因する、3)寒冷刺激や香辛料成分摂取などで褐色脂肪を増やすとエネルギー消費が増えて体脂肪が減る、4)全身の糖代謝調節にも関与する可能性があることなどを明らかにしてきた。

このように、褐色脂肪や生体リズムの異常がヒト肥満・メタボの誘因となるが、生体リズムと褐色脂肪の関係についてはマウスでの報告が一部あるのみで、ヒトでの知見は全く見当たらなかった。

2, 研究の目的

上記の背景を踏まえて、日内リズムと肥満・メタボの関係における褐色脂肪の役割をヒトで明らかにするために、褐色脂肪が日内変動しながら全身のエネルギー代謝に関わることを、寒冷暴露時(研究1)と食事摂取後(研究2)の熱産生と脂肪酸酸化を一日の異なる時間帯で測定し、褐色脂肪活性との関係を解析することによって実証することとした。

3, 研究の方法

健常男性を被験者として、寒冷暴露時(研究1)あるいは食事摂取後(研究2)の熱産生と脂肪酸酸化を、朝と夜(研究1)あるいは朝食、昼食、夕食後(研究2)に測定し、FDG-PET/CTで評価した各被験者の褐色脂肪活性との関係を解析した。

- (1) 被験者: 健常男性 23 名(研究1)及び 21 名(研究2)を被験者とし、褐色脂肪活性を FDG-PET/CT による方法で評価し低活性群と高活性群に大別した(図1)。
- (2) 寒冷誘導熱産生の測定(研究1): 11-19 時間の絶食後、以下の測定を朝(8-11 時)と夜(19-22 時)に行った。すなわち、室温 27 で酸素消費量と二酸化炭素産生量を呼気分析器で測定し全身エネルギー消費量(EE)と呼吸商(RQ)を求めた。同時に赤外線カメラを用いて、鎖骨上窩(Tscv)と胸部(Tc)の皮膚温を測定した。次に室温 19 で 90 分後に同様の測定を

行った。19 と 27 での EE と RQ から CIT と寒冷誘導脂肪酸酸化量 (CIFO) を算出した。また、Tscv と Tc の差 (DTscv-c) を鎖骨上窩褐色脂肪による熱産生の指標として、27 から 19 への変化から褐色脂肪の活性化を評価した。

(3) 食事誘導熱産生の測定 (研究2): ヒューマンカロリメータ (20m², 27) で、全身エネルギー消費量 (EE) と呼吸商 (RQ) を 24 時間に渡って連続的に測定した。その間、標準的な食事 (572-712kcal、タンパク質/脂肪/炭水化物エネルギー比: 15/25/60) を 9 時 (朝食)、14 時 (昼食)、19 時 (夕食) に摂取させ、0 時から 7 時まで就眠させた。食後 5 時間の EE、RQ の変化から DIT と食事誘導脂肪酸酸化量 (DIFO) を算出した。

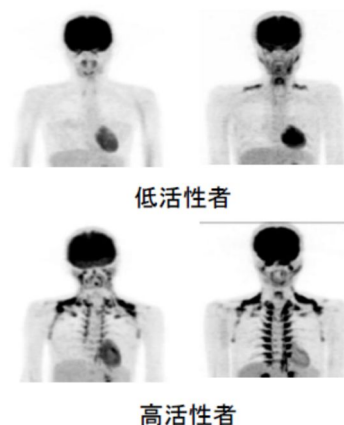


図1 FDG-PET/CTによる褐色脂肪活性の評価例
鎖骨上窩部の褐色脂肪へのFDG集積量により、低活性者群と高活性者群に分けた。

4, 研究成果

(1) 研究1: 寒冷誘導熱産生(CIT)と脂肪酸酸化(CIFO)の日内変動

23名の被験者を低活性者8名、高活性者15名に大別したが、体重や肥満度などは2群間に差はなかった。朝のEEは、温暖では2群でほぼ同値であったが、寒冷暴露時には高活性群で上昇した。しかし夜のEEは、温暖と寒冷暴露時共に2群間に差は認められなかった。CITを評価すると、朝には低活性群より高活性群で高値であったが、夜には2群間で差はなかった(図2A)。さらに、夜に比べて朝のCITは高活性群で高い傾向があったが低活性群は差が無かった。脂肪酸酸化量は、朝夜共に両群いずれでも寒冷暴露時に増加する傾向が見られた。CIFOを算出すると、朝は低活性群に比べて高活性群の方が高値であったが、夜には2群間で差が無かった(図2B)。

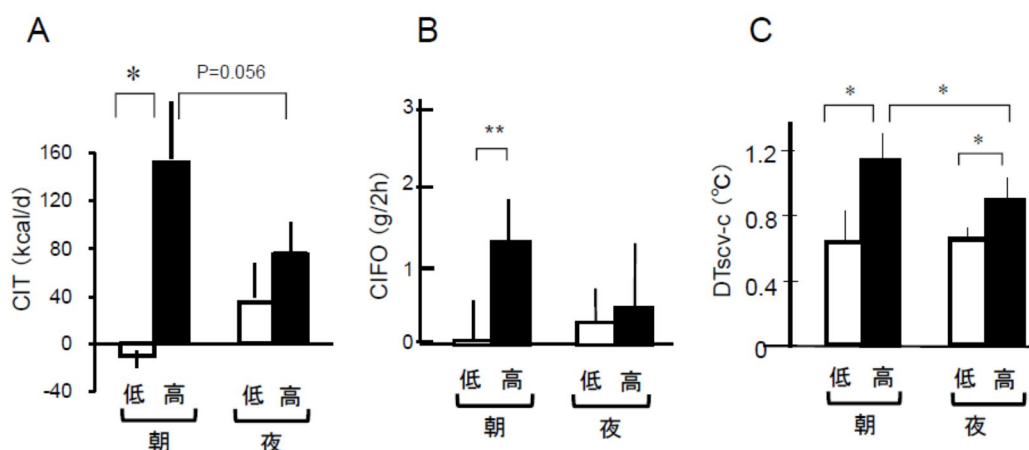


図2 寒冷暴露に対する褐色脂肪応答の日内変動

褐色脂肪低活性者と高活性者で、寒冷刺激 (室温19°C、90分間) 後の応答を朝 (8-11時) と夜 (7-10時) で調べた。A: CIT (寒冷誘導熱産生)、B: CIFO (寒冷誘導脂肪酸酸化)、C: DTscv-c (褐色脂肪近鎖骨上窩部位と遠位の胸部の皮膚温度の差、*P<0.05, **P<0.01)

皮膚温から算出された DTscv-c は朝夜共に温暖では 2 群ではほぼ同値であったが、寒冷暴露により高活性群の方が低活性群より大きく上昇し、しかもその程度は夜より朝の方が顕著であった (図 2C)。

以上、寒冷暴露に対する応答 (CIT, CIFO, DTscv-c) いずれも夜に比べて朝の方が大きく、しかもそれは褐色脂肪高活性群でのみ認められた。同様の結果は、最近 Asocta からも報告しており、褐色脂肪活性が日内変動しており、夜に比べて朝の方が高いことを示している。

(2) 研究 2 : 食事誘導熱産生(DIT)と脂肪酸酸化(DIFO)の日内変動

21 名の被験者を低活性者 8 名、高活性者 13 名に大別したが、体重や肥満度などは 2 群間に差はなかった。

ヒューマンカロリメータ滞在中の EE は睡眠時には低値であったが覚醒と共に上昇し、食事摂取に伴いさらに上昇したが、特に食後の EE は高活性群で高値であった。一方、RQ は高活性群で低値であった。これらの値から DIT を算出して 2 群間で比較すると、朝食と昼食後の DIT は高活性群で高かったが夕食後には有意差は消失した (図 3A)。同様の差異は DIFO でも認められ、低活性群に比べて高活性群では朝食後の DIFO は高値であったが、昼食や夕食後には差が無かった (図 3B)。さらに、高活性群での DIFO は昼食や夕食後に比べて朝食後に高かったが、低活性群では差異は認められなかった。

以上のように、食事摂取に対する応答 (DIT, DIFO) いずれも夕食に比べて朝食後の方が大きく、しかもそれは褐色脂肪高活性群でのみ認められた。この結果は、褐色脂肪活性が日内変動しており、夜に比べて朝の方が高いことを示しており、研究 1 の結論を支持している。

(3) 考察と結論

上記のように、ヒト褐色脂肪活性が日内変動しており、夜に比べて朝の方が高いことをヒトで初めて実証できた。日内リズムの変調・乱れが肥満やメタボの一因となることは広く知られているが、褐色脂肪の日内変動は、朝食欠食や夕食偏重にかかる代謝異常と関係する可能性が高い。同じ食事をとっても朝食後の方が夕食後よりも DIT によるエネルギー消費が大きいことは従来より知られていたが、そのメカニズムは不明のままであった。我々は、DIT の内約 1/3 が褐色脂肪に起因することを報告したが、今回の研究で褐色脂肪の日内変動のためその寄与

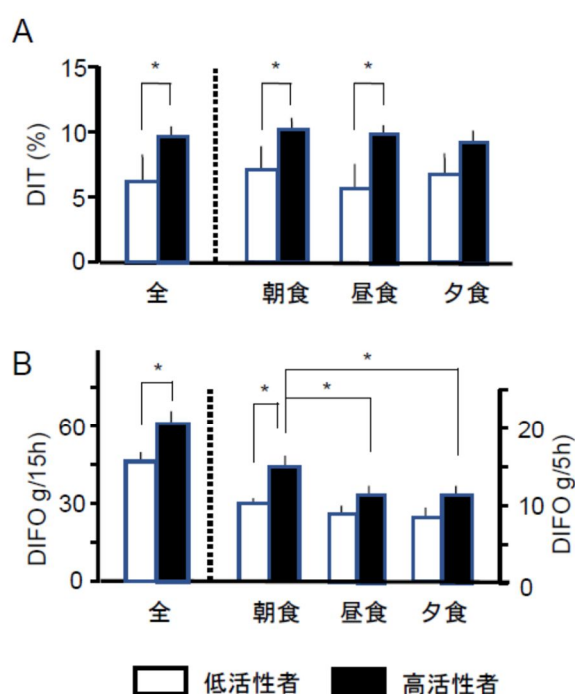


図 3 食後応答に対する食事時間と褐色脂肪の影響
A: DIT (食事誘導熱産生)、B: DIFO (食事誘導脂肪酸酸化量)、* < 0.05

が夕食時よりも朝食時に方が大きいことを明らかとなった。したがって、夕食よりも朝食を欠落した方が、エネルギー消費に対する影響もより大きくなり、長期間続くと体脂肪が蓄積されやすくなるのであろう。近年、褐色脂肪が肥満のみならず高血圧や脂質異常症などメタボにも深く関与することが明らかになってきたが、褐色脂肪が活性化する朝や午前中に食事や運動を行うなど、日内リズム変動を踏まえた予防・改善策がますます重要となると思われる。この点で、時間制限 (time-restricted feeding, TRF) は興味深い。この TRF は食事の量や内容を変えずにそのパターンを1日の内で特定の時間帯に制限するもので、肥満・メタボの対策法として注目されている。事実、TRF は様々な代謝日内リズムをリセットし EE を増加させるし、その効果は活動開始期 (朝~昼間) の方が大きい。TRF の褐色脂肪への影響を含めて今後の研究展開を期待したい。

褐色脂肪活性の日内リズム変動のメカニズムについては、褐色脂肪細胞の時計関連分子 (Bmal1, Per, Cry など) が転写調節因子 Rev-erb と共同して熱産生分子 (UCP1) の周期的発現を支配していることが明らかにされている。このような細胞自身の自律振動機構に加えて、褐色脂肪に作用する交感神経や副腎皮質ホルモン、メラトニンなどの神経・内分泌因子も関与する可能性が高いが、その詳細、特にヒトでの役割は不明のままである。

<引用文献>

- Fatima N, et al. *Pflugers Arch* 2020; 472: 513-526.
- Hemmer A, et al. *Nutrients*, 2021; 13: 4178.
- Saito M, et al. *Diabetes* 2009;58:1526-1531.
- Saito M. *Diabetes Metab J* 2013;37:22-29.
- Matsushita M, et al. *Int J Obes* 2014;38:812-817.
- Hibi M, et al. *Int J Obes* 2016;40:1655-1661.
- Acosta FM, et al. *Clin Nutr.* 2021; 40: 5311-5321.
- Lopez-Minguez J, et al. *Nutrients* 2019; 11: 2624.
- Romon M, et al. *Am J Clin Nutr* 1993; 57 :476-480.
- Bandín C, et al. *Int J Obes* 2015; 39: 828-833.
- Becher T, et al. *Nat Med* 2021; 27: 58-65.
- Longo VD, Panda S. *Cell Metab* 2016; 23: 1048-1059.
- Nam D, et al. *Adipocyte* 2016; 5: 243-250.
- Froy O, Garaulet M. *Endocr Rev* 2018; 39: 261-273.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Saito M, Okamatsu-Ogura Y	4. 巻 41
2. 論文標題 Thermogenic brown fat in humans: Implications in energy homeostasis, obesity and metabolic disorders.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 World Journal of Men's Health	6. 最初と最後の頁 e26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5534/wjmh.220224	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 斉藤昌之	4. 巻 280
2. 論文標題 ヒト褐色脂肪組織の全身代謝改善作用とそのメカニズム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 1134-1138
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 Oo SM, Oo HK, Takayama H, Ishii K, Takeshita Y, Goto H, Nakano Y, Kohono S, Takahashi C, Nakamura H, Saito Y, Matsushita M, Okamatsu-Ogura Y, Saito M, Takamura T.	4. 巻 38
2. 論文標題 Selenoprotein P-mediated reductive stress impairs cold-induced thermogenesis in brown fat.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 110566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2022.110566	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 Matsushita M, Nirengi S, Hibi M, Wakabayashi H, Lee SI, Domichi M, Sakane N, Saito M	4. 巻 45
2. 論文標題 Diurnal variations of brown fat thermogenesis and fat oxidation in humans	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Obesity	6. 最初と最後の頁 2499-2505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41366-021-00927-x	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 Yoneshiro T, Matsushita M, Sugita J, Aita S, Kamiya T, Sugie H, Saito M	4. 巻 67
2. 論文標題 Prolonged treatment with Grain of Paradise (<i>Aframomum melegueta</i>) extract recruits adaptive thermogenesis and reduce body fat in humans with low brown fat activity.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nutritional Science and Vitaminology	6. 最初と最後の頁 99-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3177/jnsv.67.99	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 Nabatame Y, Hosooka T, Aoki C, Hosokawa Y, Imamori M, Tamori Y, Okamatsu-Ogura Y, Yoneshiro T, Kajimura S, Saito M, Ogawa W	4. 巻 12
2. 論文標題 KLF15 regulates fuel switching between glucose and fatty acids in brown adipocytes.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Diabetes Investigation	6. 最初と最後の頁 1144-1151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jdi.13511	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 Yoshida N, Yamashita T, Osone T, Hosooka T, Shinohara M, Kitahama S, Sasaki K, Sasaki D, Yoneshiro T, Suzuki T, Emoto T, Saito Y, Ozawa G, Hirota Y, Kitaura Y, Shimomura Y, Okamatsu-Ogura Y, Saito M, Kondo A, Kajimura S, Inagaki T, Ogawa W, Yamada T, Hirata K	4. 巻 24
2. 論文標題 Bacteroides spp. promotes branched-chain amino acid catabolism in brown fat and inhibits obesity.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 103342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2021.103342	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 Takei Y, Hirai R, Fukuda A, Miyazaki S, Shimada R, Okamatsu-Ogura Y, Saito M, Leproux P, Hisatake K, Kano H	4. 巻 155
2. 論文標題 Visualization of intracellular lipid metabolism in brown adipocytes by timelapse ultra-multiplex CARS microspectroscopy with an onstage incubator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 125102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0063250	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 Okamatsu-Ogura Y, Saito M	4. 巻 45
2. 論文標題 Brown fat as a regulator of systemic metabolism beyond thermogenesis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Diabetes and Metabolism Journal	6. 最初と最後の頁 840-852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4093/dmj.2020.0291	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 斉藤昌之	4. 巻 53
2. 論文標題 褐色脂肪組織と体温調節 ヒトでの知見を中心にー	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 細胞	6. 最初と最後の頁 19-22
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 Okamatsu-Ogura Y, Kuroda M, Tsutsumi R, Tsubota A, Saito M, Kimura K, Sakaue H.	4. 巻 113
2. 論文標題 UCP1-dependent and UCP1-independent metabolic changes induced by acute cold exposure in brown adipose tissue of mice.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metabolism: Clinical and Experimental	6. 最初と最後の頁 154396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.metabol.2020.154396	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 Saito M, Matsushita M, Yoneshiro T, Okamatsu-Ogura Y	4. 巻 11
2. 論文標題 Brown adipose tissue, diet-induced thermogenesis, and thermogenic food ingredients: from mice to men	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontier in Endocrinology	6. 最初と最後の頁 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fendo.2020.00222	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 S Nirengi , S Fuse, S Amagasa, T Homma, R Kime, M Kuroiwa, T Endo, N Sakane, M Matsushita, M Saito, Y Kurosawa, T Hamaoka	4. 巻 20
2. 論文標題 Applicability of Supraclavicular Oxygenated and Total Hemoglobin Evaluated by Near-Infrared Time-Resolved Spectroscopy as Indicators of Brown Adipose Tissue Density in Humans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 2214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms20092214	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 Yoneshiro T, Wang Q, Tajima K, Matsushita M, Sidossis L, , Saito M, Soga T, Kajimura S.	4. 巻 572
2. 論文標題 BCAA catabolism in brown fat controls energy homeostasis through SLC25A44.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 614-619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-019-1503-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 -

1. 著者名 Okamatsu-Ogura Y, Matsushita M, Bariuan JV, Nagaya K, Tsubota A, Saito M.	4. 巻 9(1)
2. 論文標題 Association of circulating exosomal miR-122 levels with BAT activity in healthy humans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-49754-1	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 斉藤昌之	4. 巻 60
2. 論文標題 褐色脂肪組織による熱産生と体温・体脂肪調節 健康成人での最新知見	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 繊維製品消費科学会誌	6. 最初と最後の頁 47-51
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 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 Yoneshiro Takeshi, Matsushita Mami, Saito Masayuki	4. 巻 251
2. 論文標題 Translational Aspects of Brown Fat Activation by Food-Derived Stimulants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Handbook of Experimental Pharmacology	6. 最初と最後の頁 359-379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/164_2018_159	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

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Saito Masayuki
2. 発表標題 Human brown fat: a tissue preventive against obesity and metabolic diseases
3. 学会等名 22nd International Congress of Nutrition, Tokyo (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 悠華、松下 真美、米代 武司、斉藤 昌之、布施沙由理、浜岡 隆文、西村 貴孝、本井 碧、前田 享史、中山 一大
2. 発表標題 2-AR、3-AR および UCP1 遺伝子多型がヒトの褐色脂肪組織活性に及ぼす影
3. 学会等名 第43回日本肥満学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松下真美、会田さゆり、米代武司、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：非震え熱産生からの評価
3. 学会等名 第43回日本肥満学会
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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡松優子、黒田雅士、堤理恵、坪田あゆみ、斉藤昌之、木村和弘、坂上浩
2. 発表標題 マウス褐色脂肪組織において寒冷刺激により誘導されるUCP1依存のおよび非依存の代謝変化
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 ungin Kwon、Yu-Sheng Yeh、川原崎 聡子、南野 寛人、藤田 義人、岡松 優子、野村 亘、高橋 春弥、木村 和弘、斉藤 昌之、稲垣 暢也、井上 和生、河田 照雄、後藤 剛
2. 発表標題 メバロン酸合成経路による褐色脂肪細胞分化調節機構の検討
3. 学会等名 第75回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 斉藤昌之
2. 発表標題 燃える褐色脂肪組織 成人での最新知見と今後の課題
3. 学会等名 第27回医用近赤外線分光法研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡松優子、黒田雅士、堤理恵、坪田あゆみ、斉藤昌之、木村和弘、坂上浩
2. 発表標題 マウス褐色脂肪組織において寒冷刺激により誘導されるUCP1依存のおよび非依存的代謝変化
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 松下真美、斉藤昌之
2. 発表標題 食後熱産生に対する食事脂肪の影響と褐色脂肪の関与
3. 学会等名 第74回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 斉藤昌之、松下真美、二連木晋輔、坂根直樹、李相逸、若林育
2. 発表標題 ヒト褐色脂肪組織活性の日内変動と病態生理学的意義
3. 学会等名 第6回時間栄養科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松下真美、二連木晋輔、若林育、坂根直樹、斉藤昌之
2. 発表標題 ヒト褐色脂肪組織の活性は日内変動する
3. 学会等名 第40回日本肥満学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斉藤昌之、松下真美、米代武司、岡松優子
2. 発表標題 ヒト褐色脂肪組織と誕生季節： エピジェネティック制御の可能性
3. 学会等名 第40回日本肥満学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K Matsumoto1, Y Kobori, H Wakabayashi, T Kameya, M Matsushita, T Maeda, M Saito
2. 発表標題 MULTIPLE ORGANS COORDINATION FOR NON-SHIVERING AND SHIVERING THERMOGENESIS AND VASOMOTOR CONTROL IN COLD ENVIRONMENT
3. 学会等名 14th International Congress of Physiological Anthropology, Singapore (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K Nakayama, Y Sato, M Matsushita, M Saito
2. 発表標題 GENOME WIDE SCANNING FOR LOCI INFLUENCING BROWN ADIPOSE TISSUE ACTIVITY IN JAPANESE ADULTS
3. 学会等名 14th International Congress of Physiological Anthropology, Singapore (国際学会)
4. 発表年 2019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	松下 真美 (Matsushita Mam) (60517316)	天使大学・看護栄養学部・講師 (30122)	

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