

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12922

研究課題名(和文) ヒト口腔内の甘味感覚の変容が摂食調節に与える効果の検証

研究課題名(英文) Effects of modulating oral sweet taste sensation on food intake in humans

研究代表者

鍛島 秀明 (Kashima, Hideaki)

県立広島大学・人間文化学部・助教

研究者番号：40714746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト口腔内の甘味感覚の変容が摂食調節に与える効果と、摂食調節に関する生理因子に及ぼす影響を検証した。ラクチゾールの濃度上昇に伴って、口腔内の甘味感覚は有意に増大したものの、その程度は小さかった。ギムネマシルベスタを用いて口腔内の甘味感覚を抑制し、クッキーを自由摂食させると、通常摂取時に比べてクッキーの摂食枚数が有意に低減した。同様の条件下でマフィン、ヨーグルト、バナナを摂取させると、胃内容排出、糖・インスリン反応は通常摂取時との違いはなかった。口腔内における甘味感覚の抑制は、甘味を呈する食品の摂取量を低減させるが、食後の胃内容排出、糖・インスリン反応には影響を与えないことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

砂糖水のリンシング前にラクチゾール溶液で口腔内を刺激すれば、甘味の強さは増したが、嗜好度には変化がなかった。ギムネマシルベスタ溶液で口腔内を刺激すれば、甘味の強さが抑えられ、甘味を呈する食品の摂取量が少なくなった。以上のことから、口腔内の甘味感覚を変容すれば、食事(糖質)制限に伴う身体的・精神的な負担を軽減しながら、減量や食後高血糖の予防に取り組むことができる可能性が示唆された。本法をつまたく活用・応用することで、乱れた食習慣を改善し肥満や糖尿病といった生活習慣病の発症を予防することができるかもしれない。

研究成果の概要(英文)：We explored the effects of suppressed or exaggerated oral sweet taste sensation (OSS) on the food intake and physiological responses (gastric emptying and glycemic response). The concentration-intensity curve for Lactisole (Lac) showed that sweetness perception initially increased with concentration, reaching a plateau at 300 ppm. The 300 ppm Lac stimulation in the oral cavity before rinsing sucrose solution significantly increased sweetness perception but not taste liking. The suppression of OSS with *Gymnema sylvestre* (GS) decreased sweet tasting food intake via decreased taste liking. The suppression of OSS with GS did not affect gastric emptying, glycemic response and appetite during and after consumption of sweet-tasting food. Suppression (not abolishment) of OSS during consumption of a general sweet-tasting food leads to reducing food intake associated with psychological responses, while does not affect physiological responses during and after consumption of sweet-tasting food.

研究分野：応用生理学

キーワード：甘味 ギムネマシルベスタ ラクチゾール 摂食量 食欲 胃内容排出 血糖値 インスリン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食物から得られる味覚を中心とした口腔内感覚・嗅覚・視覚といった感覚信号の感受性(感じやすさ)や嗜好性(好き・嫌い)の程度は食事中に時々刻々と変化していく。ヒトはこれらの感覚信号の変化を手がかりにしながら、巧みに食物を選択し摂取量の調節を行っている(Smeets et al., 2010)。当然のことながら、この調節機構に不具合が生じると食べ過ぎや偏食といった異常行動が生じ、肥満をはじめとする種々の代謝疾患を発症する。口腔内から受容される感覚信号に何らかの変化を与え、その結果として適切な食行動へと導くことができれば、肥満の予防・改善につながる事が予想される。

味覚に何らかの変容を加える場合には、遺伝的手法(受容体ノックアウト)が用いられる。もちろん、この方法は動物実験でのみ使用され、人に適用することはできない。一方、ヒトであっても特定の味覚(例:甘味)であれば、味を感じる強さを容易に変えることができる。甘味を感じやすくするには「ラクチゾール」を、甘味を感じにくくするには、ギムネマシルベスタという植物に含まれる「ギムネマ酸」を使用すればよい(Warren 1959; Schiffman et al., 1999)。これらの物質を水に溶解し、食事の前に口を濯ぐといった簡易的な方法で食事時の甘味感覚の程度を非侵襲的に変えることができる。

申請者らの研究グループでは2014年から上述の甘味感覚変容法を用い、甘味を感じる事が消化管運動および消化管血流を高めることを明らかにしている(Eguchi et al., 2016; Kashima et al., 2017)。本研究では、その方法を食行動科学の分野へ応用・適用できないかと着想した。例えば、砂糖の使用量を半分に減らしたクッキーを食べる直前に、甘味を増強するラクチゾール溶液で口を濯ぐと、通常の甘いクッキーに近い甘さ・美味しさが得られる可能性がある。反対に、ギムネマシルベスタ溶液で口を濯ぎ、甘味を感じにくくさせると、当然のことながら、クッキーは美味しくなくなると予想される。一方、現在までにヒト口腔内における甘味受容体活性の人為的な変容が摂食調節にどのような影響を及ぼすかは不明である。

2. 研究の目的

本研究では以下の3点を明らかにすることを目的とした。

1. ラクチゾールの溶液濃度が砂糖水の甘さとおいしさに与える影響を明らかにする。
2. 濃度の異なるギムネマシルベスタ溶液による甘味受容体活性の抑制が甘味を呈するクッキーの摂食量に与える影響を明らかにする。
3. 食事時の甘味感覚の抑制が胃内容排出および糖・インスリン反応に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

<実験1:濃度の異なるラクチゾール溶液が水および砂糖水に対する甘さとおいしさに与える影響>

健康な若年成人23名が1日1回のペースで合計2回の実験に参加した。1回目の訪問では、濃度の異なるラクチゾール溶液で口腔内を刺激した後、水で口腔内へ刺激し、その際の甘味強度および嗜好度を測定した。被験者は、座位で2分間の安静後、濃度の異なる10種類のラクチゾール溶液(50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 p.p.m.) 15mLのいずれかを30秒間リンスした。その後、30秒間隔で水15mLを口に含み10秒間リンスした。2回目の訪問では、被験者は、座位で2分間の安静後、水15mLを口に含み口腔内を10秒間リンスし、その20秒後に水あるいは300p.p.m.のラクチゾール15mLを30秒間リンスした。その後、30秒後に再度、水15mLを口に含み口腔内を10秒間リンスし、濃度の異なるスクロース溶液(5, 10, 15, 20, 30%) 15mLを口に含み口腔内を10秒間リンスした。をこの試行を10回繰り返した。種類と濃度の異なる糖溶液15mLを口に含み口腔内を10秒間リンスした。主観的な甘味強度および嗜好度は視覚的評価法を用いてリンス直後に評価した。

<実験2:濃度の異なるギムネマシルベスタ溶液が甘味を呈する食物の摂取量に及ぼす影響>

健康な若年成人14名が1日1回のペースで合計4回の実験にランダムな順序で参加した。被験者は椅子に座った状態で30分間の安静後、ミネラルウォーター(Con条件)、あるいは濃度の異なるギムネマシルベスタ溶液[0.1%(LGS条件)0.25%(MGS条件)あるいは2.5%(HGS条件)]のいずれかを25mLを口に含み口腔内を30秒間リンスした。その30秒後に、ミネラルウォーターで口腔内に残存した溶液や唾液を30秒間かけて洗い流した。続いて、バタークッキー1枚を60秒間かけて摂食し3分間安静にした。被験者はこの一連の手順を繰り返し、バタークッキーを食べただけ摂食した。バタークッキー1枚を摂食する毎に、視覚的評価スケールを用いて、主観的な空腹感、摂食可能感、満腹感、食事に対する満足感、甘味、酸味、塩味に対する欲求、味覚強度(甘味、塩味、酸味)および嗜好度(快・不快)を評価した。

<実験3:食事時の甘味感覚の抑制が胃内容排出および血糖調節に及ぼす影響>

健康な若年成人15名が1日1回のペースで合計2回の実験にランダムな順序で参加した。被験者は座位で30分間の安静後、ギムネマシルベスタ溶液(Gym条件)、あるいは水(Con条件)25mLを口に含み口腔内を30秒間リンスし、その30秒後に水で口腔内に残存した溶液を30秒間で洗い流した。続いて、マフィン50gを60秒かけて摂食した。その後、胃内容排出を推

定するために、 ^{13}C 酢酸ナトリウム 12.5mg を含有する水 50ml を 30 秒かけて摂取した。3 分間の安静後、被験者は、同手順でマフィン 50g を 3 回、スクロース 5g 含有のプレーンヨーグルト 45g を 2 回、バナナ 50g を 2 回、を合計 46 分かけて摂食し、その後 100 分間の座位安静を保った。各食品の摂取直後に、甘味、酸味、塩味の強度および嗜好度を、食事の前後に食事に対する満足感、満腹感、空腹感、摂取可能感、甘味・酸味・塩味の欲求度を、それぞれ視覚的評価スケールを用いて評価した。また、実験開始前、各食品摂取完了 30 秒後、全ての食品摂取完了後 20 分、40 分、60 分、80 分、100 分に指先から採血して血中グルコース濃度および血漿インスリン濃度を測定した。胃内容排出は、 ^{13}C 呼気試験を用いて推定・評価した。

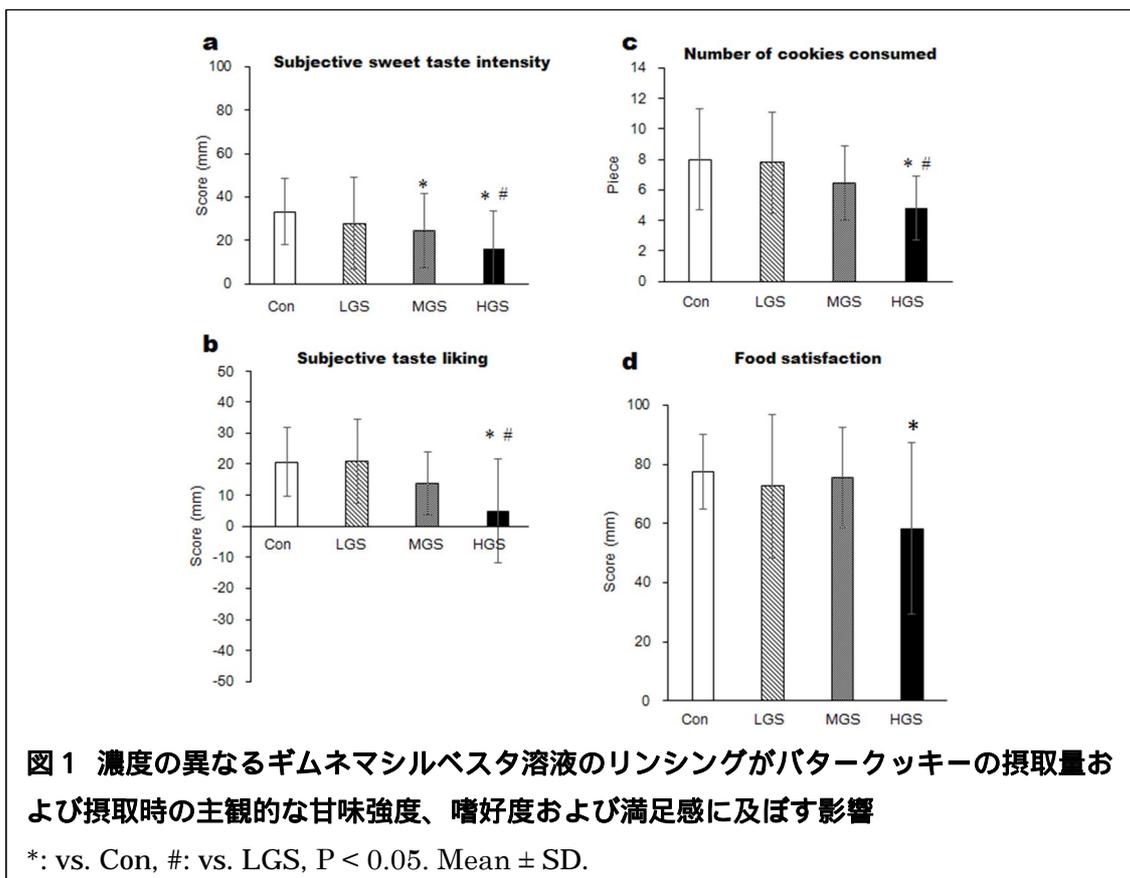
4. 研究成果

<実験 1>

濃度の異なるラクチゾール溶液で口腔内を刺激した後、水で口腔内へ刺激すると、甘味強度および嗜好度は、ラクチゾールの濃度上昇に伴って増加した。甘味強度は、300 p.p.m. でプラトーに達した。嗜好度は 250 p.p.m. で定常に達した。300p.p.m. のラクチゾール溶液 (Lac 条件) あるいは水 (Con 条件) で口腔内を刺激した後、濃度の異なるスクロース溶液で口腔内を刺激すると、主観的な甘味強度は、全てのスクロース濃度において Lac 条件が Con 条件に比べて有意に高かったが、嗜好度には違いはなかった。実験 1 では次の 3 点が明らかになった。1: ラクチゾール溶液の濃度と甘味強度には量反応関係が存在する。2: 甘味強度はラクチゾール溶液の濃度が 300 p.p.m. で定常となる。3: ラクチゾール溶液 (300 p.p.m.) の口腔内刺激後、スクロースの濃度に関係なく甘味強度を高めることができる。ただし、甘味強度の増強効果は予想以上に小さく嗜好度の変容を導くほどではない。

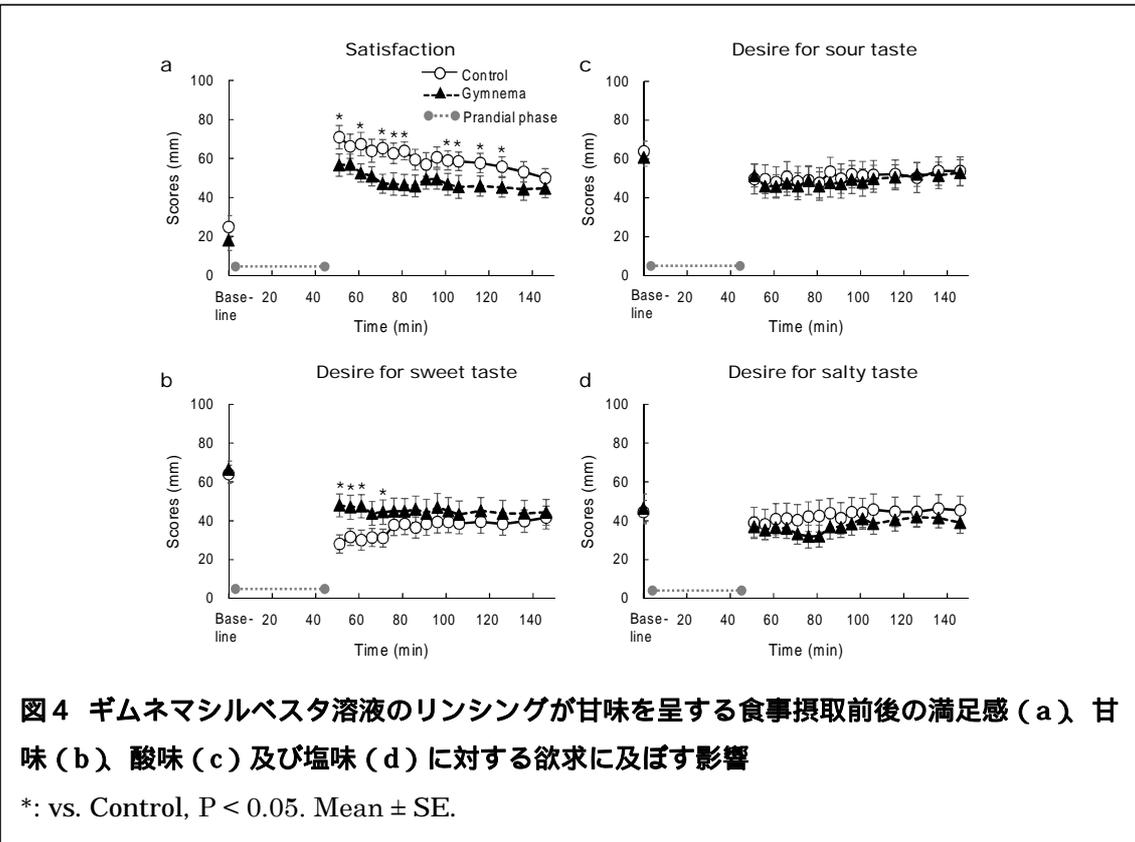
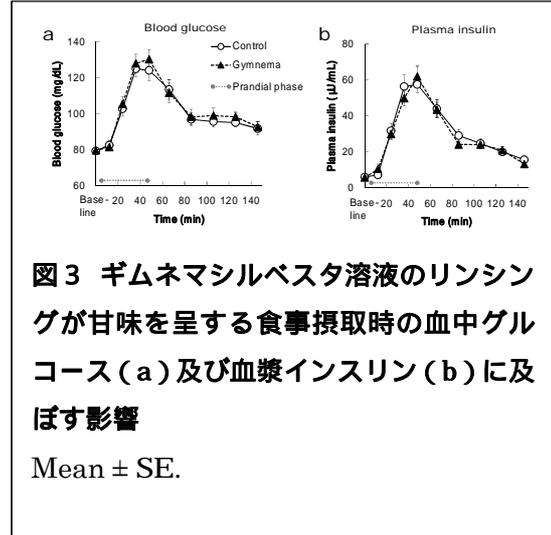
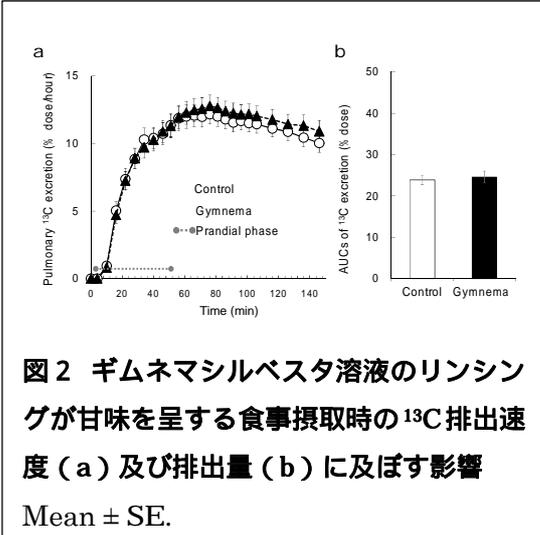
<実験 2>

バタークッキーを食べる前に、濃度の異なるギムネマシルベスタ溶液をリッシングすると、主観的な甘味強度は、HGS 条件が Con 条件および LGS 条件に比べて有意に低く、MGS 条件が Con 条件に比べて有意に低かった (図 1)。酸味および塩味の強度は 4 条件間で違いがなかった。嗜好度は、HGS 条件が Con 条件および LGS 条件に比べて有意に低かった。バタークッキーの摂食枚数は、HGS 条件が Con 条件および LGS 条件に比べて有意に少なかった。摂食終了時の空腹感、摂食可能感、甘味、酸味、塩味に対する欲求は 4 条件間で違いがなかった。摂食終了時の満腹感および満足感、HGS 条件が Con 条件に比べて有意に低かった。口腔内における甘味受容体活性の著しい抑制は、バタークッキー摂食時の嗜好度を低下させ、摂食量の低減をもたらす可能性が示唆された。



<実験 3 >

マフィン, 砂糖入りのヨーグルトおよびバナナを食べる前に, 2.5%のギムネマシルベスタ溶液をリンシングすると, 甘味強度は Gym 条件が Con 条件に比べて極めて低くなった。胃内容排出 (図 2), 血糖値, 血漿インスリン (図 3), 満腹感, 空腹感および摂取可能感は条件間で有意差を認めなかった。満足感は Gym 条件が Con 条件に比べて有意に低かった (図 4)。甘味に対する欲求度は, Gym 条件が Con 条件に比べて有意に高く, 酸味および塩味に対する欲求度は条件間で有意差を認めなかった。一般的な食事を食べる前に口腔内の甘味受容体活性を抑制した場合, 胃内容排出, 糖・インスリン反応および主観的な食欲は, 通常摂取時とほぼ同様であった。一方, Gym 条件では Con 条件に比べて, 食後の満足感が低く, 甘味に対する欲求度が高く推移することが示された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kashima Hideaki, Taniyama Kana, Sugimura Kana, Endo Masako Yamaoka, Kobayashi Toshio, Fukuba Yoshiyuki	4. 巻 68
2. 論文標題 Suppression of sweet sensing with glucose, but not aspartame, delays gastric emptying and glycemc response	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nutrition Research	6. 最初と最後の頁 62～69
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nutres.2019.06.005	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 Kashima Naomi, Kimura Kanako, Nishitani Natsumi, Yamaoka Endo Masako, Fukuba Yoshiyuki, Kashima Hideaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Suppression of Oral Sweet Sensations during Consumption of Sweet Food in Humans: Effects on Gastric Emptying Rate, Glycemic Response, Appetite, Food Satisfaction and Desire for Basic Tastes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 1249～1249
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/nu12051249	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12件（うち招待講演 2件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Naomi Sano Kashima, Kanako Kimura, Natsumi Nishitani, Masako Yamaoko Endo, Yoshiyuki Fukuba, Hideaki Kashima
2. 発表標題 Effect of suppression of oral sweet-sensing with gymnema sylvestre on food motivation in humans
3. 学会等名 9th Federation of the Asia and Oceanian Physiological Societies（国際学会）
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Hideaki Kashima, Saori Kamimura, Masako Yamaoka Endo, Kohei Miura, Akira Miura, Yoshiyuki Fukuba
2. 発表標題 Timing of nutrient intake after mild exercise: effects of gastrointestinal activity in humans
3. 学会等名 9th Federation of the Asia and Oceanian Physiological Societies（国際学会）
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 鍛島 秀明, 江口 航平, 宮本 佳苗, 谷山 佳奈, 三浦 康平, 遠藤 雅子, 福場 良之
2. 発表標題 口腔内の甘味感覚が胃内容排出および消化管血流に及ぼす影響
3. 学会等名 第72回栄養食糧学会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 三浦 康平, 原田 奈緒, 藤元 将樹, 遠藤(山岡) 雅子, 三浦 朗, 鍛島 秀明, 福場 良之
2. 発表標題 運動後栄養飲料摂取のタイミングがその後の消化管血流および胃内容排出に与える影響
3. 学会等名 第72回栄養食糧学会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 西谷 菜津美, 鍛島 秀明, 上村 早織, 名村 紗希, 三浦 康平, 遠藤 雅子, 三浦 朗, 福場 良之
2. 発表標題 高糖質摂取後の上腕動脈内皮機能に対する有酸素性運動の効果
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 鍛島 秀明, 上村 早織, 名村 紗希, 西谷 菜津美, 三浦 康平, 遠藤 雅子, 三浦 朗, 福場 良之
2. 発表標題 低強度サイクリング運動後の高糖質飲料摂取のタイミングが消化吸収活動に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 佐野尚美, 鍛島秀明
2. 発表標題 食物への注意が食後の食欲に及ぼす影響
3. 学会等名 日本味と匂学会第51回大会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 鍛島秀明, 谷山佳奈, 藤元将樹, 遠藤(山岡)雅子, 福場良之
2. 発表標題 アスパルテーム溶液摂取時の甘味感覚が消化吸収活動に及ぼす影響
3. 学会等名 第51回日本味と匂学会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 鍛島秀明, 杉村佳南, 藤元将樹, 近藤留未, 谷本昌太, 遠藤雅子, 三浦朗, 福場良之
2. 発表標題 運動後栄養摂取のタイミングが消化吸収速度に及ぼす影響 - 高強度レジスタンス運動による検討 -
3. 学会等名 第72回日本体力医学会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 三浦 朗, 藤元正樹, 鍛島秀明, 遠藤(山岡)雅子, 福場良之
2. 発表標題 運動の強度と実施時間帯が睡眠と睡眠時の血圧に及ぼす影響
3. 学会等名 第72回日本体力医学会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Hideaki Kashima
2. 発表標題 Timing of post-exercise nutrient intake: from viewpoint of digestive and absorptive activity in humans
3. 学会等名 2017 International Symposium on Exercise and Appetite Regulation: From Obesity Prevention to Postexercise Recovery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Hideaki Kashima
2. 発表標題 Role of the oral sweet taste sensation in regulation of postprandial gastrointestinal blood flow and gastric emptying
3. 学会等名 第51回日本味と匂学会 (招待講演)
4. 発表年 2017年～2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://www.facebook.com/puh.exerc.physiol.sci https://www.facebook.com/puh.exerc.physiol.sci
--

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