

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：37109

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04023

研究課題名（和文）青壮年者の日内摂食行動とエネルギー出納を調節する至適運動条件の解明

研究課題名（英文）Optimum exercise prescription for the control of diurnal eating behavior and energy balance in young and middle-aged adults

研究代表者

熊原 秀晃（Kumahara, Hideaki）

中村学園大学・栄養科学部・教授

研究者番号：40389367

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：若年成人を対象に、異なる運動強度と実施頻度の運動が食行動に及ぼす日内（24時間）影響を検討した結果、高強度運動後は、血中アシル化グレリン（食欲促進ホルモン）および主観的食欲が減少し、脂質またはたんぱく質の摂取量が減少することを明らかにした。一方、中強度運動直後ではいずれの食欲調節ホルモンにも大きな変化はなく、摂食量が増減するといったネガティブな影響も認められなかった。さらに、活動量計を用いて日常生活下で中強度以上の身体活動を積算する介入法は、エネルギー摂取量にネガティブな影響を及ぼすことなく、身体活動パターンやエネルギー消費量にポジティブな効果を誘引する可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肥満や関連疾患の予防のための身体活動支援を行う際に、運動実施後の摂食行動に関する理解は重要である。中強度と高強度の運動に焦点をあて、運動の強度や持続時間が、食欲調節ホルモン・主観的食欲感情・実際の摂食に及ぼす1日に亘る急性影響を明らかにできた。また、中強度の身体活動に関する日常生活下での慢性影響の検討により、身体活動と摂食行動の側面における有効性も示した。これらのことは、青壮年期からの肥満および関連疾患の予防に寄与する身体活動促進支援法の開発の学術的基盤としての貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：We clarified that in young adults, high-intensity exercise suppresses the acylated ghrelin and subjective appetite, and influences temporal food choice such that fat or protein intakes immediately after exercise is low. In contrast, moderate-intensity exercise does not find negative effects on the diurnal appetite-related hormones and feeding behavior. Furthermore, we found that an activity monitor based intervention, which aimed to increase habitual physical activity at the moderate intensity or above, ameliorates quality of physical activity and energy expenditure in the group of young adults. This intervention is not likely to cause deleterious effects on dietary intake.

研究分野：応用生理学

キーワード：身体活動 食欲 エネルギー出納 栄養

1. 研究開始当初の背景

肥満は生活習慣病の主要な危険因子であり、公衆衛生や経済的観点から世界的な問題となっている (Wang YC et al. Lancet, 2011)。また、近年、青壮年層における将来の生活習慣病予防へ向けた取り組みが喫緊の課題として指摘されている (厚生労働省. 健康日本 21 第二次)。

運動などの身体活動の促進は、エネルギー消費量を増加させ、エネルギー摂取量の増加を伴わない前提においては負のエネルギーバランスに寄与するため、肥満改善などの体重管理の方法の一つとして推奨されている (Donnelly JE et al. Med Sci Sports Exerc, 2009)。ところで、健康増進のための身体活動支援の際に、運動強度や時間、頻度といった運動条件を設定することは、健康効果や一日のエネルギー消費量に影響すると考えられる。

身体活動は、消化管ホルモン (以下、食欲調節ホルモン) の分泌の増減に関与し、食欲や喫食に影響すると考えられている (Karra E et al. Mol Cell Endocrinol, 2011; Hussain SS et al. Int J Obes, 2013)。例えば働き盛りの青壮年層において、仮に、運動を行うことで肥満に繋がるような過食行動を随伴するのであれば健康上好ましくない。一過性運動後の食欲調節ホルモンや食欲の動態を報告した先行研究は散見されるが (King JA. Appetite, 2010; Alajmi N et al. Med Sci Sports Exerc, 2016)、運動後の比較的短時間における検討が多くを占め、体重の増減と直結するエネルギー出納に関わる 1 日単位等の比較的長時間に亘る影響性を検討した先行研究は不足している (Clegg ME. Appetite, 2018)。また、実際に摂取した食事を含めた摂食行動を検討した先行研究も十分でない。肥満や疾病予防の観点からは、実際に喫食する食品・食事の選択といった食行動への影響性も明らかにする必要があると考えられる。食欲は必ずしも摂食量の変化を伴わない可能性が示唆されるなど、運動条件が如何に食欲や摂食内容 (食品・食事や栄養素等) に影響するかについてはさらに探究する必要性が指摘されている (Schubert MM. Sports Med, 2014)。

我々は、血中乳酸閾値 (以下、中強度) の有酸素性運動が代謝性疾患リスクおよび体組成や骨格筋・肝臓内脂肪、ならびに全身持久力や下肢筋力に好ましい適応を誘引することを明らかにしてきた (熊原. 日本生理人類学会誌, 2015; Ayabe M. Int J Sports Med, 2015; 森村, 熊原ら. 体力科学, 2015; Yoshimura E. J Obes, 2014; Yoshimura E. Obes Facts, 2014 他)。しかし、乳酸閾値強度の運動が食行動に及ぼす影響性は未解明である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、食欲関連生体指標と主観的食欲感情ひいては摂食行動 (食事量・摂食内容) へ及ぼす影響に関して、中強度 (血中乳酸閾値強度) と高強度 (血中乳酸 4mmol/L 強度) および異なる実施頻度の運動による日内 (24 時間) 影響を明らかにすることであった (課題 I)。加えて、課題 I で検証した運動条件による身体活動促進が、日常生活下のエネルギー消費量および摂食行動ひいては諸体力へ及ぼす慢性影響を検討することであった (課題 II)。

3. 研究の方法

(1) 課題 I

健常若年成人男性 12 名および健常若年成人女性 10 名を対象とした。対象者は、運動を行わない対照条件と自転車エルゴメータを用いた 3 種の運動条件 (中強度運動: 乳酸閾値強度で 90 分間、高強度運動: 血中乳酸 4mmol/L 強度で中強度運動と同等のエネルギー消費量となる時間、中強度分割運動: 乳酸閾値強度で 30 分間×3 回を午前中・昼・夕方に実施) を設定した無作為化クロスオーバー試験を実施した。本試験の事前に多段階漸増運動負荷試験 (呼気ガスと血中乳酸濃度を測定) を行い運動負荷の設定を行うと共に、空気置換法にて体組成の測定を行った。

本試験の運動前および運動後の日中に亘り肘静脈採血を行い、血中の食欲関連ホルモン等を分析した。また、主観的食欲感情を Visual Analogue Scale 法にて日中に亘り随時聴取し、自由選択し喫食した食事 (昼食・間食・夕食+夜食) の栄養素等摂取量を評価した。

(2) 課題 II

健常若年成人女性 16 名を対象とした。対象者は、介入群と対照群に無作為割付され、2 週間のベースライン測定の後、10 週間の介入試験にエントリーされた。介入群は、先行研究の介入方法 (Ayabe M et al. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2010; 森村ら. 臨床スポーツ医学, 2011) を応用し、腰部に装着した加速度計内蔵活動量計を用いて中強度 (乳酸閾値) 以上の身体活動を 180 分/週以上を目標に日常生活下で自由に積算する方法により身体活動の促進を目指した。対照群は、歩数のみが表示される活動量計を腰部に装着するが、身体活動促進の目標を設定しないものとした。ベースラインおよび介入終了時に、総エネルギー消費量を二重標識水法にて測定し、基礎代謝量をダグラスバック法による呼気ガス分析にて測定した。空気置換法およびインピーダンス法による体組成測定、全身持久力 (血中乳酸閾値) および筋力 (脚伸展パワー、握力等) の評価、肘静脈採血による糖・脂質代謝関連マーカーの検査を実施した。身体活動パターンは、加速度計

法と記録法を用いて解析した。

4. 研究成果

(1) 課題I

男女ともに各運動条件間の運動エネルギー消費量に有意な差は認められなかった。

女性において、食欲促進作用が考えられているアシル化グレリンに有意な交互作用が認められ ($p < 0.001$)、高強度運動後は運動前より有意に低値を示し、対照条件に比して有意に低値を示した (図 1 - A)。一方、中強度運動は運動前後の変化に有意な差を認めなかった。食欲抑制作用が考えられている Peptide YY (PYY) およびグルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) に交互作用は認められなかった。主観的食欲感情に有意な交互作用が認められ ($p < 0.001$)、対照条件に比して高強度運動後は有意に低値を示したが、中強度運動では有意な差は認められなかった (図 1 - B)。1 日の総エネルギー摂取量およびエネルギー産生栄養素摂取量に条件間の差は認められなかった。しかし、食事毎に分析した場合、高強度運動直後に喫食した昼食の摂取エネルギー量および脂質エネルギー量は対照条件に比して低値を示し、夕食において両者共に対照条件より高値であることが認められた。中強度運動においては、このような差異を認めなかった。炭水化物エネルギー量は、高強度運動直後の昼食および夕食では対象条件との間に有意な差を認めなかったが、中強度運動に比して昼食で有意に低値、夕食で有意に高値を示した。

男性においても同様に、中強度運動では食欲調節ホルモンや運動後の栄養素等摂取量に影響を認めず、高強度運動においてのみアシル化グレリンに有意な交互作用が認められ、運動後に有意に減少した。高強度運動後のエネルギー摂取量は、対照条件と比較して低値を示したが、有意ではなかった。また、高強度運動直後のたんぱく質摂取量は対照条件および中強度運動より低かった。

以上の結果より、高強度運動の直後は、若年成人男女共にアシル化グレリンと主観的食欲が減少し、脂質摂取量あるいはたんぱく質摂取量の減少に起因する摂取エネルギー量の低下を誘引する可能性が考えられた。しかし、その後、代償的な摂取エネルギー量の増加が起きる可能性が考えられた。一方、中強度運動は、いずれの食欲調節ホルモンにも影響せず、摂取エネルギー量等の運動直後の摂食への影響を及ぼさないことが示唆された。

A 交互作用 (試験 × 時間): $p < 0.001$
主効果 (試験): $p = 0.010$
主効果 (時間): $p < 0.001$

B 交互作用 (試験 × 時間): $p < 0.001$
主効果 (試験): $p = 0.091$
主効果 (時間): $p < 0.001$

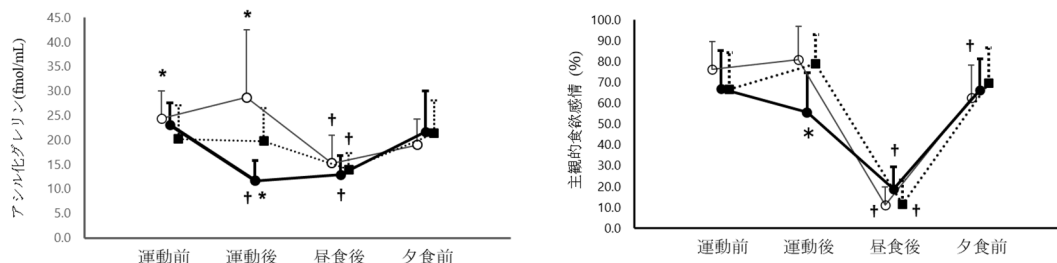


図 1 アシル化グレリン (A) および主観的食欲感情 (B) の変化

○ 中強度運動, ● 高強度運動, ■ 対照条件

データは平均値 ± 標準偏差で示した。

二元配置分散分析および post hoc 検定を用い比較した。

試験内比較 (Dunnett 法) vs 運動前 † $p < 0.05$, 試験間比較 (Tukey 法) vs 対照条件 * $p < 0.05$

(2) 課題II

ベースラインデータを用いた解析の結果、総エネルギー消費量に基づき算出した現代若年成人女性の身体活動レベルは、約 20 年前の同年代の身体活動レベルと同等である可能性が考えられた。また、身体活動レベルの高値は、低強度活動時間、歩数の高値および座位行動時間の低値と関連する可能性を示唆する結果を得た。これらの結果は、現代若年成人の身体活動量や身体活動パターンの特徴を示すものであるが、対象者特性や人数が限定的であったため、今後さらに追検する必要性が考えられた。

また、活動量計を用いて中強度の身体活動を日常生活下で積算する介入法により、中強度以上ならびに 3 メッツ以上の身体活動時間に交互作用が認められ、両者ともに介入群でのみで増加した。また、介入群の総エネルギー消費量は増加した。一方、食事摂取頻度調査法による解析の結果、介入群の総エネルギー摂取量に身体活動促進の影響は認められなかった。しかし、一部の栄養素等摂取量がやや減少する可能性が考えられ、今後さらに厳密な解析の必要性が考えられた。さらに、本介入により全身持久力に有意な交互作用が認められ、介入群で向上することが認められた。

以上の結果より、日常生活下で中強度の身体活動時間を積算する介入法は、栄養素等摂取量にネガティブな影響を及ぼすことなく、身体活動パターンを改善し得ることが示唆された。

(3) 本研究課題を遂行した結果、若年成人における高強度運動の直後は、血中アシル化グリロン(食欲促進ホルモン)および主観的食欲が減少し、脂質またはたんぱく質の摂取量が減少することを明らかにした。一方、中強度運動直後ではいずれの食欲調節ホルモンにも大きな変化を及ぼさず、摂食量が増減するといったネガティブな影響も認められなかった。さらに、活動量計を用いて日常生活下で中強度以上の身体活動を積算する介入法は、エネルギー摂取量にネガティブな影響を及ぼすことなく、身体活動パターンやエネルギー消費量にポジティブな効果を誘引する可能性を示した。

肥満や関連疾患の予防のための身体活動支援を行う際に、運動実施後の摂食行動に関する理解は重要と考えられる。本研究課題では中強度と高強度の運動に焦点をあて、若年成人における運動の強度や持続時間が、食欲調節ホルモン・主観的食欲感情・実際の摂食に及ぼす日内影響を明らかにできた。また、中強度の身体活動に関する日常生活下での慢性影響の検討により、身体活動と摂食行動の側面における有効性も示した。以上のように、本研究課題は摂食行動に關与する運動条件の一部を明らかにし、青壮年期からの肥満および関連疾患の予防に寄与する身体活動促進支援法の開発の基盤となり得るデータを得ることができた。身体活動促進法の開発へ向けて、今後、本研究の限界等を勘案し追検討を進める必要がある。

なお、以上の成果の一部は、国内外の学会大会にて公表し、計5件の表彰を受けた(第41回日本臨床運動療法学会学術集会 CEPA 優秀演題賞、第23回日本健康支援学会年次学術大会等3学会合同開催大会優秀賞、第40回日本臨床運動療法学会学術集会会長賞、九州体育・スポーツ学会第70回記念大会若手優秀発表賞×2件)。現在、原著論文の執筆中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 西村貴子
2. 発表標題 運動強度が食欲および実際の喫食へ及ぼす影響(シンポジウム「乳酸閾値強度の運動が与える身体への影響-脳神経系に着目して-」)
3. 学会等名 第4回日本体力医学会北九州地方会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相川響, 熊原秀晃, 畑本陽一, 吉村英一, 飛奈卓郎, 綾部誠也
2. 発表標題 二重標識水法を用いた若年成人女性の身体活動レベルおよび各種身体活動指標との関連
3. 学会等名 第24回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 熊原秀晃
2. 発表標題 身体活動の促進によるエネルギー代償反応: 日常身体活動と摂食行動に着目して(特別講演「行動とエネルギーバランスの相互作用に関する話題提供」)
3. 学会等名 第89回日本体力医学会中国・四国地方会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村貴子, 熊原秀晃, 一田木綿子, 綾部誠也, 飛奈卓郎, 吉村英一, 中野修治
2. 発表標題 乳酸閾値強度運動に対する若年成人男性の食欲・消化管ホルモン・摂食の日内変動: 異なる実施時間・強度との比較
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿具根美和, 熊原秀晃, 綾部誠也, 石澤由夏, 一田木綿子, 加藤正樹
2. 発表標題 健康若年成人における歩行, 低速度ジョギングおよびバランスボールによる座位行動の中断が食後血糖・脂質動態に及ぼす影響
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石澤由夏, 熊原秀晃, 西村貴子, 一田木綿子, 綾部誠也, 飛奈卓郎, 吉村英一, 中野修治
2. 発表標題 中等度および高強度の運動が1日の摂食に及ぼす影響
3. 学会等名 第41回日本臨床運動療法学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相川響, 熊原秀晃, 阿具根美和, 綾部誠也
2. 発表標題 3種の活動量計の歩・走行時におけるエネルギー消費量評価の妥当性
3. 学会等名 日本スポーツ栄養学会第8回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 熊原秀晃
2. 発表標題 歩数・強度に基づく介入による日常身体活動の質への影響性(日本健康支援学会企画シンポジウム「運動継続やサルコペニア予防の面から運動条件を考える」)
3. 学会等名 第23回日本健康支援学会年次学術大会・第9回日本介護予防・健康づくり学会・京都滋賀体育学会第151回大会(3学会合同開催)(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿具根美和, 熊原秀晃, 相川響, 渡邊雄一, 綾部誠也
2. 発表標題 成人の歩・走行時における3種の活動量計の歩数評価の妥当性
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石澤由夏, 熊原秀晃, 西村貴子, 平田遼, 八尋瑞季, 一田木綿子, 綾部誠也, 飛奈卓郎, 吉村英一, 中野修治
2. 発表標題 若年成人女性における中等度および高強度運動が味の欲求感情に及ぼす急性影響
3. 学会等名 第40回日本臨床運動療法学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西村貴子, 熊原秀晃, 一田木綿子, 綾部誠也, 飛奈卓郎, 吉村英一, 中野修治
2. 発表標題 若年成人男性における中・高強度運動が食欲関連ホルモンおよび食事摂取に及ぼす急性影響
3. 学会等名 第40回日本臨床運動療法学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊原秀晃, 阿具根美和
2. 発表標題 身体活動量計ActiGraph wGT3X-BTの歩数計測の正確性:歩・走行速度および装着位置の影響
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会第70回記念大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿具根美和, 石澤由夏, 熊原秀晃
2. 発表標題 若年成人における歩行および同等速度のジョギングによる座位行動の中断が食後血糖動態に及ぼす影響
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会第70回記念大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相川響, 阿具根美和, 渡邊雄一, 熊原秀晃
2. 発表標題 若年成人における身体活動量計ActiGraph wGT3X-BTの歩走行時のエネルギー消費量評価の妥当性
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会第70回記念大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kumahara H, Agune M, Watanabe Y, Aikawa H, Ayabe M
2. 発表標題 Validity of wrist- and waist-worn ActiGraph wGT3X-BT and Kenz Lifecorder for step counting at walking and running speeds under controlled conditions
3. 学会等名 8th International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kumahara H, Nishimura T, Ayabe M, Tobina T, Yoshimura E, Imamura M, Tai H, Itoh Y, Aoki S, Kakimoto N, Kitajima S, Ichida Y, Nakano S
2. 発表標題 Post-exercise appetite and ad libitum food intake responses to acute bouts of moderate- versus high-intensity exercise in young male adults: a randomized crossover trial
3. 学会等名 The International Society of Behavioral Nutrition and Physical Activity 2020 (19th) meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村貴子, 熊原秀晃, 田井花佳, 今村美千香, 伊藤友里, 一田綿子, 綾部誠也, 飛奈卓郎, 吉村英一, 中野修治
2. 発表標題 成人男性における乳酸閾値強度の運動に対する日中の主観的食欲及び摂食の急性応答
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
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	綾部 誠也 (Ayabe Makoto) (80407238)	岡山県立大学・情報工学部・教授 (25301)	
研究分担者	飛奈 卓郎 (Tobina Takuro) (60509678)	長崎県立大学・看護栄養学部・准教授 (27301)	
研究分担者	吉村 英一 (Yoshimura Eiichi) (70613214)	国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所 栄養・代謝研究部・室長 (84420)	
研究分担者	畑本 陽一 (Hatamoto Yoichi) (90738832)	国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所 栄養・代謝研究部・研究員 (84420)	

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