

## 原著論文

# 運動習慣のある女子大学生における高強度運動および低強度運動クロスオーバー試験後の食事摂取量と味覚嗜好の変動

雀部沙絵 大鐘香苗 陣内南美 亀田萌乃  
淑徳大学看護栄養学部

## Dietary Intake and Taste Preference Variations after Vigorous- and Mild-intensity Exercise Crossover Tests in Female College Students with Exercise Habits

Sae Sasabe, Kanae Ogane, Minami Jinnouchi, Moeno Kameda  
School of Nursing and Nutrition, Shukutoku University

### 要旨

**【目的】** 高強度運動後には食欲低下や味覚閾値の変化が起こるとされ、運動後の栄養補給を考える上で重要だが、味覚の嗜好に関する知見は少ない。そこで、運動習慣のある若年者で高強度および低強度運動後の食事摂取量、食欲、味覚嗜好の時系列的変化を検討した。

**【方法】** S大学ラクロス部に所属する健康な女性で同意を得られた18名を対象とし、前期高強度運動（VIE）群および後期VIE群に無作為に分け、クロスオーバー試験を実施した。試験日は規定朝食を摂り、30分間の運動を実施し、運動後に自由摂取した昼食・夕食の内容を調査した。運動前・運動直後・運動30分後・昼食前・夕食前に視覚的アナログスケール（VAS）を用いて空腹感と味覚嗜好（甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味）を評価した。

**【結果】** 昼食エネルギー摂取量、昼食たんぱく質摂取量は、低強度運動後に比し高強度運動後に有意に少なく、昼食脂質摂取量は少ない傾向が見られた。運動前を0とした場合の運動後のVAS値変化量について、空腹感、脂肪味に対するVAS値は、高強度および低強度運動後の昼食前、夕食前において有意に上昇した。甘味に対するVAS値は、高強度運動後の夕食前に有意に上昇した。塩味・辛味に対するVAS値は、低強度運動後の昼食前、夕食前において有意に上昇した。

**【考察】** 高強度運動後は、運動後最初の食事でのエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量が少なかったことから、高強度運動後には食事摂取量が減少し、筋たんぱく質の合成に必要な栄養素が不足する可能性がある。午後の味覚嗜好は午前中に実施した運動の強度と運動後の時点（時間帯）により異なり、食事選択に影響する可能性が示唆された。

**キーワード：** 栄養、味覚嗜好、食欲、高強度運動、低強度運動

**Key Words:** Nutrition, Taste preference, Appetite, Vigorous-intensity exercise, Mild-intensity exercise

## I. はじめに

運動選手が高いパフォーマンスを発揮するためには、日々の運動時において筋グリコーゲン量の減少を防ぎ、筋たんぱく質合成を正のネットバランスに維持することが重要である。運動実施後の食事摂取においては、活動筋における速やかな筋

グリコーゲン回復やたんぱく質合成を促進させるため、運動後2時間以内の食事で十分なエネルギーを補給し、糖質、たんぱく質を同時に摂取することが有効とされている（Kerksick CM et al, 2017）。しかし、高強度の一過性運動後には、食欲増進作用のあるアシル化グレリン分泌の低下、食欲抑制作用のある peptide YY (PYY)、glucagon-like peptide 1

(GLP-1) 分泌の亢進などの内分泌変化により、食欲の低下や味覚閾値の変化が起こることが報告されている(Dorling et al, 2012, , Martins et al, 2015, Shubert MM et al, 2014, Ueda SY et al, 2009)。近年、運動選手において、コンディションを維持するための栄養摂取が不十分であることが報告されており (Burke LM et al, 2019)、運動選手の実情に即した栄養サポートを行うためには、運動後の食欲や味覚嗜好の変化を理解して栄養指導を行う必要があるが、味覚嗜好の変化に着目して、強度の異なる運動後のエネルギー摂取量、多量栄養素摂取量について検討した研究は少ない。

運動による味覚嗜好の変化については、甘味、塩味に対する影響が最も多く検討されている。先行研究においては、急性的な影響として一過性運動後には甘味への嗜好性が増すという報告が多く (Passe et al, 2004, Horio, 2004, Narukawa et al, 2010, Gauthier et al, 2020,)、慢性的な影響としてトレーニング実施者では甘味への嗜好性が低いことが報告されている (Crystal S et al, 1995, Feeney et al, 2019)。塩味への嗜好を検討した先行研究では、一過性運動後において塩味に対する嗜好性が増加し、身体活動レベルの高い者では低い者よりも塩味の嗜好性が高いことが報告されている。Waldらは90分間の運動を2-3日間隔で4回実施させ、発汗量と塩味に対する嗜好を検討し、発汗量が多い人では発汗量が少ない人よりも塩味に対する嗜好性が高まったと報告している (Wald et al, 2003)。Leshem Mらは甘味と塩味の嗜好性変化には時間差が存在することを指摘しており、塩味に対しては運動直後から塩濃度の濃いスープを好むようになり、12時間後、翌日までその嗜好は継続したこと、甘味に対しては運動当日に変化はなく、運動翌日に砂糖濃度の高い紅茶を好むようになったと報告している (Leshem et al, 1999)。しかし、運動後の食事摂取量に影響を与える味覚嗜好としては、甘味、塩味以外にも、辛味、酸味、脂肪味などが考えられるが、運動がこれらの味覚嗜好に与える影響について検討した報告は少ない。

本研究では、食事摂取量低下の可能性のある高強度運動を日常的に実施している運動部員において、コンディション維持に望ましいエネルギー、

栄養素を摂取していくための実行性の高い栄養サポートを行うため、高強度運動実施後の食事摂取量の変化とともに味覚嗜好の変化を検討した。さらに、運動部員が練習を実施しないオフの日を想定し、低強度運動を実施した場合の食事摂取量の変化、味覚嗜好の変化について検討した。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

本研究は、運動習慣のある健康なS大学ラクロス女子部員18名を対象に実施した。19名の部員に対して研究協力依頼書を用いて研究の目的、意義、方法、利益、不利益、個人情報保護の方法、研究参加承諾撤回がいつでも可能であることを説明し、事前に同意書を得られた18名を対象とした。適格基準は、3 METs以上の運動を週2回以上、1回30分以上実施している健康な女性とした。除外基準は、調査期間および調査前1ヶ月の間に減量・増量の目的で食事内容が平常時と著しく異なっていた者、喫煙習慣のある者、1日に20gを越えるアルコールを日常的に摂取している者、疾病の予防や治療目的で日常的に服薬している者、味覚障害がある者、アメリカスポーツ医学会の示す運動負荷試験の禁忌事項に該当する者またはその可能性のある者とした。

### 2. 身体計測

初回の運動負荷試験日に計測を実施した。身長と体重の計測にはデジタル身長・体重計 (ムラテック KDS株式会社 AD-6350)、体重体組成計 (オムロン株式会社カラダスキャン HBF-701) を用いた。腹囲は、肋骨下縁と前上腸骨の midpoint と平行に、吸気時のウエストを測定した。ヒップ周囲径は、立位で両腕の力を抜いた状態で、臀溝のすぐ直下を通る水平面上で測定した。上腕周囲長 (AC) は、立位で利き腕と逆の腕を直角に曲げた状態で、上腕の midpoint の周囲をインサーテープで測定した。上腕三頭筋皮下脂肪厚 (TSF) は立位で両腕の力を抜き、利き腕と逆の腕の midpoint から約 1 cm 下方の皮膚を脂肪層と筋肉部位とを分離するように上腕に対して平行につまみ、キャリパーを脂肪層の中心に垂直にあててはさみ、3秒後に測定値を読み

取った。上腕筋囲は、 $AC - (3.14 \times TSF)$  により算出した。肩甲骨下部皮下脂肪厚 (SSF) は、キャリパーを用いて利き腕の反対側の肩甲骨下角の位置で測定した。皮下脂肪厚はTSFとSSFの和とした。下腿周囲長は、座位で下腿最大隆起部の周囲をインサートープで測定した。

### 3. 運動負荷試験

対象者を前期高強度運動 (Vigorous-Intensity Exercise; VIE) 群と後期VIE群にランダムに分け、運動負荷試験日の間にwashout期間を設けたクロスオーバー試験を実施した。前期VIE群はVIE後に低強度運動 (Mild-Intensity Exercise; MIE) を、後期VIE群はMIE後にVIEを実施させた。各群への割振りは、単純ランダム化により行なった。同じ群の対象者は同時に運動を実施させたため、割振りの隠蔽、盲検化は行わなかった。月経周期への影響を考慮し、washout期間は4週間が理想であったが、対象者が夏休み期間 (盆休み) に入り日常生活活動、ラクロスの練習頻度と練習量に違いが生じてしまうこと、今後の試合日程への配慮から、washout期間は2週間とした。運動負荷試験の前日は、午後9時までに食事を済ませ、日常生活動作以外の運動を禁止した。運動負荷試験当日は、午前9時に朝食を提供した。朝食の内容は、食パン、イチゴジャム、ハムエッグ、サラダ、ヨーグルト、バナナで、高強度運動の日も低強度運動の日も同じ内容とした。朝食の栄養価は、エネルギー594 kcal (18~29歳身体活動レベルIIの女性の推定エネルギー必要量の30%)、たんぱく質24.0 g (16%エネルギー比)、脂質16.9 g (25%エネルギー比)、炭水化物88.2 g (59%エネルギー比)、食塩相当量2.9 gとした。朝食摂取の2時間後に安静時心拍を確認し、MIEはストレッチ運動を、VIEはエアロビクス運動を、運動プログラムの動画を見ながら指示通りに実施させた。運動強度は、MIEは3METs未満で最大心拍数 (HRmax) の30-40%、VIEは6METs以上でHRmaxの60-70%と設定した (American College of Sports Medicine, 2021)。HRmaxは全身持久力の指標である最大酸素摂取量 ( $VO_{2max}$ ) と相関することが知られており、HRmaxの推定には220-年齢の式を用い

た。設定強度の心拍数に達してから30分間の運動を継続させ、運動中は心拍数の確認に加え、安静時心拍数の個人差を考慮して自覚的運動強度 (RPE) による強度確認を3分毎に実施した。RPEは6-20点のBorgスケールを用いて評価した。運動終了後、安静時心拍に戻ったことを確認し、当日中は日常生活動作以外の運動を控えるよう指示して昼食、夕食、間食は自由に摂取させた。

### 4. 食事調査、生活習慣調査

運動負荷試験実施日の昼食、夕食、間食、翌日の朝食について、写真による記録を依頼し、思い出し法により写真を見ながら対面で食事内容を聞き取った。食事の栄養価計算には栄養Pro version3 (学校法人香川栄養学園女子栄養大学出版部及び大日本印刷株式会社、東京) を用いた。運動試験実施初日に、生活習慣に関する質問紙に回答を依頼した。質問項目は、居住形態、サプリメントの利用習慣、朝食摂取習慣、運動習慣とした。

### 5. 空腹感および味覚嗜好の評価

運動後の空腹感および味覚嗜好を評価するため、永井らによって妥当性が確認された日本語版食欲質問紙を参考に、空腹感と味覚 (甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味) に対する嗜好の程度を視覚的アナログスケール (VAS) に記入させた (永井ら, 2012)。運動負荷試験当日の運動前・運動直後・30分後・昼食前・夕食前の記録を依頼した。用いたスケールの全長は72 mm、線の中央を0として正方向 (食べたい) に最大36 mmと負方向 (食べたくない) に最大36 mmの直線とした。空腹感に関しては、正方向を空腹感が強い (食べたい) とし、負の方向を満腹感が強い (食べたくない) とした。中央の0から対象者が記入した点までの長さを味覚への思考の強さとして数値化し評価した。

### 6. 統計解析方法

全ての解析には統計ソフトJMP ver.16 (SAS, Tokyo) を用いた。MIEとVIEの比較は対応のあるt検定により行った。運動実施前と、運動実施直後、運動実施30分後、昼食前、夕食前のVAS値との比較には反復測定分散分析を行い、各時点と運

動前との比較はDunnnett検定を行なった。両側検定の $p < 0.05$ を有意水準とした。

## 7. 倫理的配慮

本研究は、淑徳大学看護栄養学部の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号卒18-02）。研究対象者に対し、研究への参加・不参加により研究対象者が不利益を受けることはないこと、研究の目的、内容、研究に伴う利益・不利益、個人情報の保護について明記した調査研究協力依頼書を用いて、口頭で説明した。調査研究への参加は自由意志によるもので、同意書の提出をもって研究参加への同意を得られたものとし、研究者によるデータ解析終了までの期間であれば研究参加の同意撤回が可能である旨を説明した。

## III. 結果

### 1. 研究対象者の特性と運動強度

対象者の特性を表1に示す。平均年齢は19.6 ± 0.3歳で、平均BMIは22.6 ± 0.5 kg/m<sup>2</sup>であった（平均値 ± 標準誤差）。生活習慣に関する質問紙の回答内容から、対象者の88.9%は家族と同居しており、食事の用意は家族が行っていた。日常的にサプリメントを服用している者はいなかった。朝食を毎日喫食していると回答した者の割合は66.7%であった。週に3-4回の運動習慣があると回答した者が77.8%であり、運動1回あたりの運動実施時間は平均172.4分であった。クロスオーバー

表1. 対象者の特性

対象者の身体的特徴を示した。令和元年度国民健康・栄養調査の結果、JARD2001の基準値を参考値として示した。

	平均値 ± 標準誤差 (n=18)	参 考	
		国民健康・栄養調査 20代女性	JARD2001 18-24歳女性
平均年齢	19.6 ± 0.3		
身長 (cm)	161.0 ± 1.4	157.9	
体重 (kg)	58.9 ± 1.9	51.8	51.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.6 ± 0.5	20.8	20.3
体脂肪率 (%)	26.4 ± 0.8		
除脂肪体重 (kg)	40.9 ± 2.7		
皮下脂肪厚 (mm)	35.6 ± 1.8		35.0
上腕筋圍 (cm)	20.7 ± 0.6		20.0
下腿周圍長 (cm)	37.4 ± 0.5		34.7
腹圍 (cm)	75.0 ± 1.9		
ヒップ周圍径 (cm)	95.9 ± 1.3		

試験は、脱落者なく18名が参加した。運動負荷試験は前期VIEと後期VIEのいずれも7月の金曜日と同じ施設の武道場内で実施し、いずれも気温、湿度、天候に大きな違いはなかった。運動負荷試験当日の朝食で残食があった者については、1日のエネルギー摂取量、栄養素摂取量の計算から残食分を差し引いて計算した。運動負荷試験中に3分毎に計測した被験者の%HRmaxの平均値は、MIE時に38.2%HRmax、VIE時に71.8%HRmaxであった（図1-A）。RPEの平均値は、MIE時に96.4で「かなり楽である」に相当し、VIE時に134.3で「ややきつい」に相当する値であった（図1-B）。

### 2. 運動実施後の食事摂取量

運動負荷試験日に自由摂取させた昼食エネルギー摂取量をMIEとVIEで比較すると、MIEに比べてVIEに有意に低値であった（728 ± 88 kcal vs 506 ± 59 kcal, 平均差222, 95%CI: 14-430,  $p = 0.0372$ ）（図2-A）。自由摂取させた夕食エネルギー摂取量は、MIEとVIEに有意差を認めなかつ

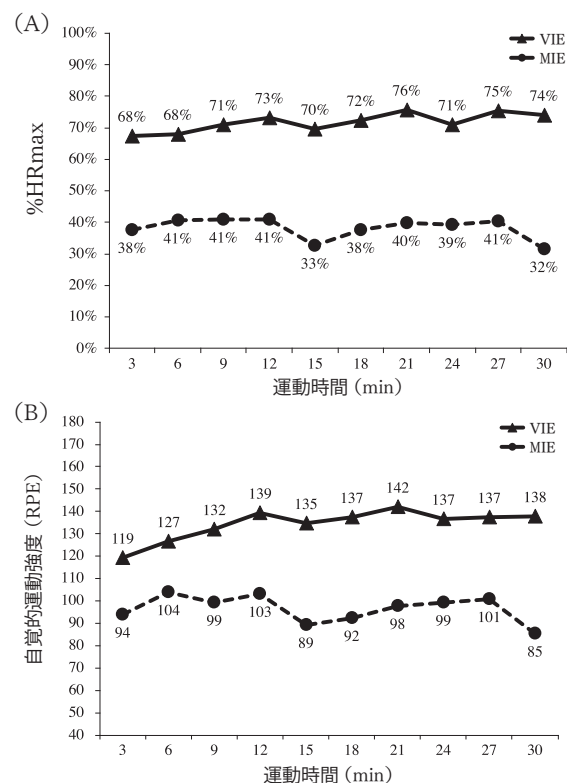


図1. 運動負荷試験中の運動強度

MIEはストレッチ運動を、VIEはエアロビクス運動を実施した間3分毎の%HRmax (A)、RPE (B)の平均値を示した。

た (743 ± 185 kcal vs 605 ± 8 kcal, 平均差 137, 95%CI: -220-495,  $p=0.4357$ ) (図 2-A)。規定朝食を含む一日のエネルギー摂取量平均値は、MIE と VIE に有意差を認めなかった (1,894 ± 197 kcal vs 1,705 ± 94 kcal, 平均差 189, 95%CI: -273-615,  $p=0.3694$ ) (図 2-A)。エネルギー産生栄養素のうち、昼食のたんぱく質摂取量 (24.3 ± 3.6 g vs 15.2 ± 2.3 g, 平均差 9.0, 95%CI: 0.8-17.3,  $p=0.0335$ ) は MIE に比べて VIE で有意に少なく、昼食の脂質摂取量 (28.6 ± 4.5 g vs 18.3 ± 2.9 g, 平均差 10.4, 95%CI: 0-20.7,  $p=0.0499$ ) は MIE に比べて VIE で少ない傾向を認め、夕食のたんぱく質摂取量 ( $p=0.7471$ )、夕食の脂質摂取量 ( $p=0.6285$ )、昼食と夕食の炭水化物摂取量 ( $p=0.1153$ ,  $p=0.5003$ ) は MIE と VIE に有意差を認めなかった (図 2-B, C, D)。エネルギー 1,000 kcal あたりのたんぱく質摂取量、脂質摂取量、炭水化物摂取量を比較した場合、MIE と VIE に有意差を認めなかった。

### 3. 運動実施前後の空腹感と味覚嗜好変化

運動前後の空腹感・甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味に対する VAS 値は、MIE、VIE のいずれにおいても負の値を示した (図 3-A, B)。運動前後の VAS 値を比較すると、MIE の空腹感 ( $p=0.7849$ )・甘味 ( $p=0.9945$ )・塩味 ( $p=0.7894$ )・辛味 ( $p=0.9455$ )・脂肪味 ( $p=0.9305$ )・酸味 ( $p=0.5034$ )、VIE の空腹感 ( $p=0.7570$ )・甘味 ( $p=0.6762$ )・塩味 ( $p=0.6601$ )・辛味 ( $p=0.9968$ )・脂肪味 ( $p=0.6983$ )・酸味 ( $p=0.6517$ ) のいずれにおいても有意差を認めず、負の値から正の値に転じることはなかった。

### 4. 運動実施30分後、昼食前、夕食前の空腹感と味覚嗜好変化

運動実施前の空腹感・甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味に対する VAS 値を 0 とした場合の、運動直後、運動 30 分後、昼食前、夕食前の VAS 値の変化量を図 4 に示した。

空腹感の VAS 値の変化は、運動前に比べて MIE の昼食前 ( $p<0.0001$ )、MIE の夕食前 ( $p<0.0001$ )

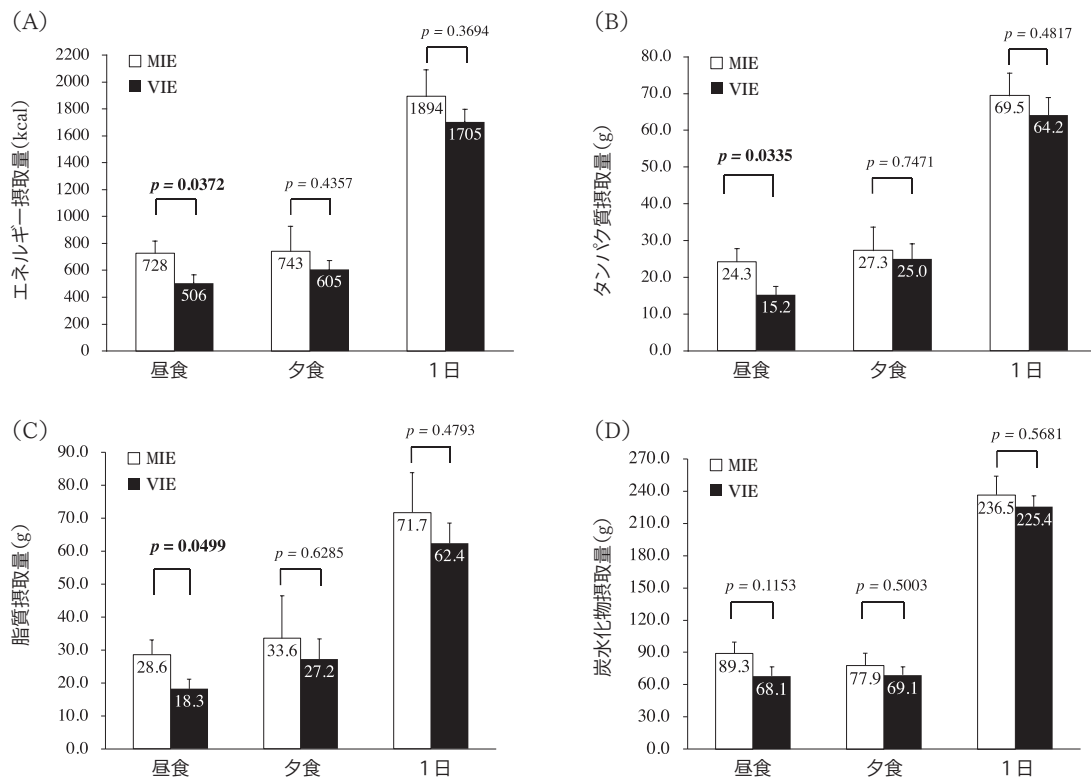


図 2. 運動負荷試験日の食事摂取量

□をMIE、■をVIEとして、運動負荷試験日の昼食、夕食、1日のエネルギー摂取量(A)、たんぱく質摂取量(B)、脂質摂取量(C)、炭水化物摂取量(D)を示す。朝食はMIE、VIE実施日ともに同じ内容を摂取し、昼食と夕食は自由摂取とした。昼食のエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量、脂質摂取量はMIE実施後に比べてVIE実施後で有意に低かった。

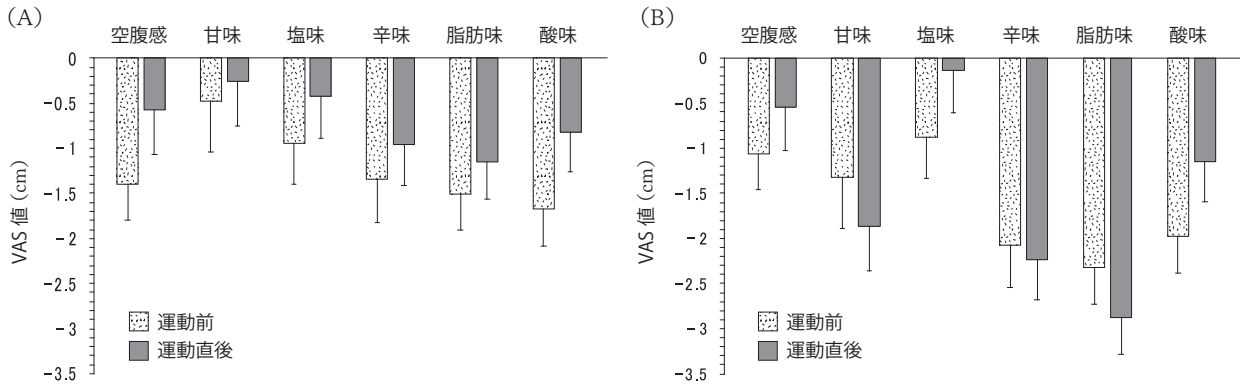


図3. 運動実施前と直後の空腹感および味覚嗜好の変化

MIE (A)、VIE (B) の運動前と運動直後における空腹感・甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味に対するVAS値を示した。

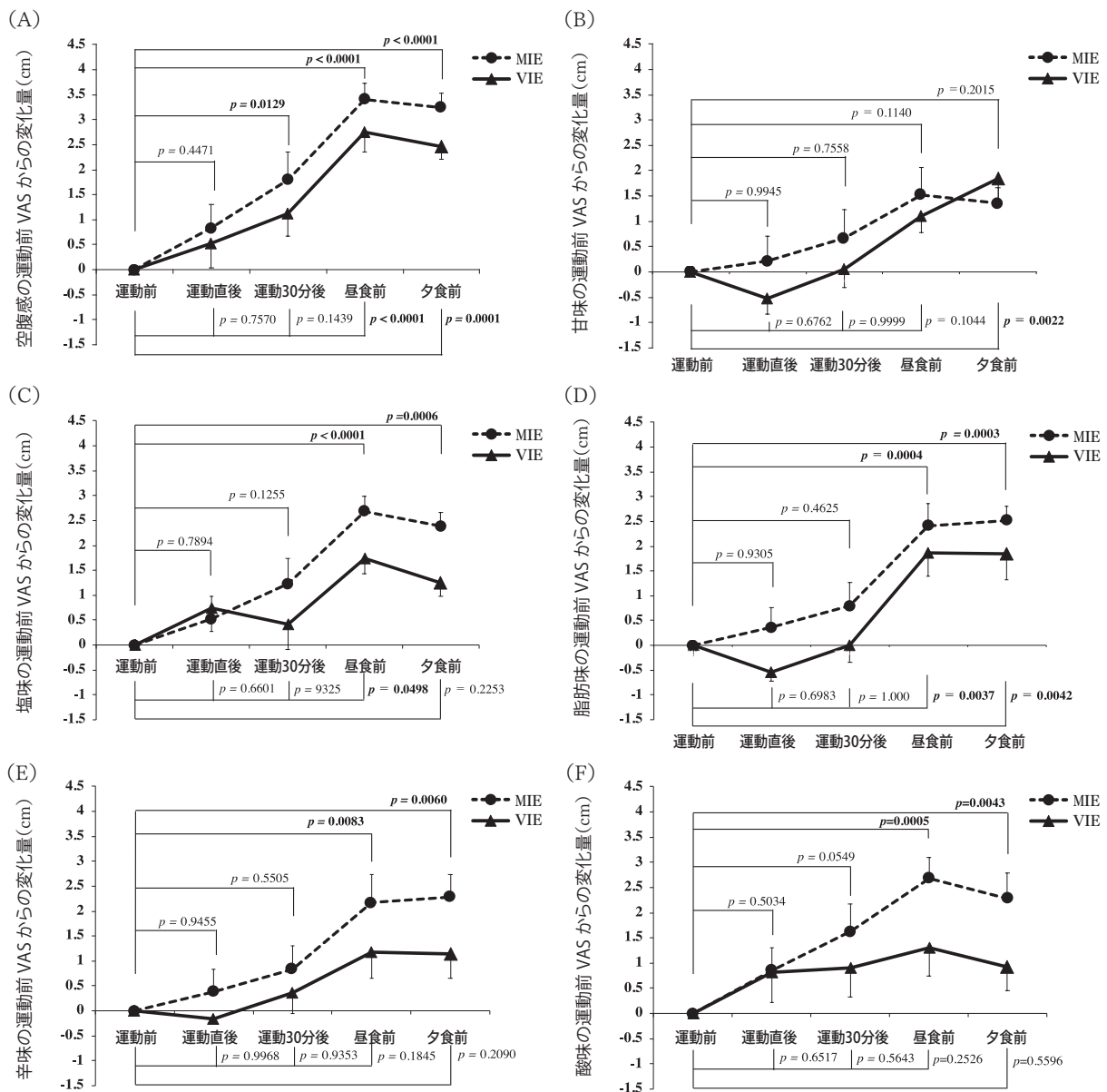


図4. 運動実施後の空腹感・味覚嗜好の変化

運動実施前の空腹感・甘味・塩味・辛味・脂肪味・酸味に対するVAS値を0としたとき、運動直後、運動30分後、昼食前、夕食前の、空腹感(A)、甘味(B)、塩味(C)、脂肪味(D)、辛味(E)、酸味(F)に対するVAS値の変化量を示した。運動終了後の各時点における運動前VAS値からの変化量の平均値を、●をMIE、▲をVIEとして示した。各点における標準誤差をバーで示した。運動前と比較した場合のp値を図中に示した。

VIEの昼食前( $p<0.0001$ )、VIEの夕食前( $p=0.0001$ )に有意な上昇が認められた(図4-A)。甘味に対するVAS値の変化は、MIEでは運動前に比べて昼食前( $p=0.1140$ )、夕食前( $p=0.2015$ )に有意な上昇を認めず、VIEでは運動前に比べて夕食前に有意な上昇が認められた( $p=0.0022$ )(図4-B)。塩味に対するVAS値の変化は、MIEでは運動前に比べて昼食前( $p<0.0001$ )、夕食前( $p=0.0006$ )に有意に上昇したが、VIEでは運動前に比べて昼食前に有意に上昇し( $p=0.0498$ )、夕食前に有意な上昇を認めなかった( $p=0.2253$ )(図4-C)。脂肪味に対するVAS値の変化は、運動前に比べてMIEの昼食前( $p=0.0004$ )、MIEの夕食前( $p=0.0003$ )、VIEの昼食前( $p=0.0037$ )、VIEの夕食前( $p=0.0042$ )に有意な上昇が認められた(図4-D)。辛味に対するVAS値の変化は、MIEでは運動前に比べて昼食前( $p=0.0083$ )、夕食前( $p=0.0060$ )に有意な上昇が認められ、VIEでは運動前に比べて昼食前( $p=0.1845$ )、夕食前( $p=0.2090$ )に有意な上昇を認めなかった(図4-E)。酸味に対するVAS値の変化は、MIEでは運動前に比べて昼食前( $p=0.0005$ )、夕食前( $p=0.0043$ )に有意な上昇を認め、VIEでは運動前に比べて昼食前( $p=0.2526$ )、夕食前( $p=0.5596$ )に有意な上昇を認めなかった(図4-F)。

#### IV. 考察

本研究は、運動習慣のある若年女性において一過性運動運動を実施した後の食事摂取量と味覚嗜好の変化を運動強度別に検討し、午前中に実施した運動の強度と運動後の時点(時間帯)は午後の食事摂取量と味覚嗜好に影響を与える可能性を示した最初の報告である。午前中に30分間の高強度運動を実施した日では昼食のエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量が低強度運動実施日より有意に低値であり、昼食の脂質摂取量は低値傾向を示した。高強度運動実施日と低強度運動実施日では味覚嗜好に与える影響が異なる可能性が示唆された。

運動後の食事において、筋肉量を維持するためには十分なエネルギーの摂取とたんぱく質の摂取が重要である(Kerksick, et al, 2017)。Mooreらの報告によると、1回の食事で0.31 g/kg体重のたん

ぱく質を摂取すると筋たんぱく質合成量を最大にすることができ(Moore et al, 2019)、若年者では0.24 g/kg体重または0.25 g/kg除脂肪体重以上のたんぱく質を摂取することを条件としている(Moore et al, 2015)。日本人の若年者を対象とした研究では、1食あたりのたんぱく質摂取量が3食全てで0.24 g/kg体重である群と、1食でもたんぱく質摂取量が0.24 g/kg体重を下回った群を比較して、後者の群で全身と四肢の除脂肪体重が有意に低かったことが報告されている(Yasuda et al, 2019)。本研究の各対象者において、筋たんぱく質合成を最大にするために1食あたりに必要なたんぱく質摂取量を算出すると、体重が最小の者で11.4 g、最大の者で19.5 g、対象者全体の平均値は13.4 gと推定される。VIEの昼食において、前述の1食あたりに推奨されるたんぱく質摂取量を下回っていた者の割合は57.1%であり、MIEの昼食において1食あたりに推奨されるたんぱく質摂取量を下回っていた者の割合は16.7%であったことから、高強度運動後の最初の食事においてたんぱく質摂取量が不足する可能性が示唆された。一方夕食では、MIEおよびVIEのいずれの日のたんぱく質摂取量平均値とも13.4 gを上回っており有意差は認めなかったものの、個別にみるとVIEでは28.6%の者でたんぱく質摂取量が不十分である可能性が考えられた。睡眠前の十分なたんぱく質摂取は筋肥大に有効であるという報告(Trommelen J et al, 2016, Res PT et al, 2012, Snijders T, et al, 2015)もあることから、高強度運動時には毎回の食事において0.24 g/kg体重以上のたんぱく質摂取を強調した栄養指導が必要と考えられる。また、運動に伴い消化器系に障害が生じる運動誘発性胃腸症候群は食事摂取量を減少させる可能性が考えられるが、60%VO<sub>2</sub>max強度以上で2時間以上の運動において生じやすくなることが知られており(Costa et al, 2017)、本研究よりも長い運動時間で運動を行う場合には、運動誘発性胃腸症候群による食事摂取量低下にも注意すべきであると考えられる。

VIEの昼食エネルギー摂取量の平均値は506 kcalであり、MIEに比較して有意に低値であった。1日のエネルギー摂取量に関してVIEとMIEに有

意差は認めないものの、日本人の食事摂取基準2020年版における身体活動レベルが高い18-29歳の女性では推定エネルギー必要量が2,300 kcalとされており（厚生労働省，2020）、VIEの平均値は、1,705 kcalと大きく下回っていた。女性の運動選手における問題として、Low energy availability (LEA) が知られており（Nattiv et al, 2007）、正常な月経周期を維持し、健康な状態を保つためには45 kcal/kg除脂肪体重/dayのEnergy availabilityとなるようにエネルギーを摂取することが推奨されている（Joy et al, 2014）。先行研究では欧米人を対象としているため、日本人の体格ではより低い値であることが考えられるものの、前述の式から本研究の対象者において推奨される1日のエネルギー摂取量を算出すると、除脂肪体重が最小の者で1,543 kcal、最大の者で2,436 kcal、対象者全体の平均値は1,951 kcalと推定された。VIEにおいて、前述の推奨される1日のエネルギー摂取量を下回っていた者の割合は61.5%であったのに対し、MIEでは推奨される1日のエネルギー摂取量を下回っていた者の割合は14.3%であったことから、高強度運動実施日においてはエネルギー摂取量が不足する可能性が示唆された。

運動強度が運動後の食欲に与える影響について、高強度運動後には食欲が減退することが知られている（Dorling et al, 2018, Shubert MM et al, 2014, Ueda SY et al, 2009）。先行研究では60%VO<sub>2</sub>max以上の運動強度で有酸素運動を行った場合、食欲増進作用のあるアシル化グレリンの分泌量が低下し、一時的に食欲が抑制されることが報告されており、この一過性運動による食欲抑制は短期的で、運動中止後30-60分で元に戻るということが知られている（Dorling et al, 2018, Broom D.R et al, 2007, Deighton K et al, 2013, Larson-Meyer, 2012）。本研究において、運動後の空腹感は負の値から正の値に転じることはなかったものの、運動前および運動後と比べて、MIEとVIEのいずれにおいても昼食前、夕食前に有意な上昇がみられた。昼食前は運動終了から60分以上が経過し、夕食前は6時間以上が経過していたことから、運動の強度によらず食欲への影響は消失していた可能性が考えられる。Larsen-Meyerらは、トレーニング習慣のあ

るランナーに70%VO<sub>2</sub>maxで60分間のランニングを実施させるとアシル化グレリンの増加を認めるものの、運動後に自由摂取させた食事のエネルギー、多量栄養素の摂取量に変化は見られず、一方でウォーキング習慣のある者に同強度での60分間のウォーキングを実施させてもアシル化グレリンの変化は認めず、運動後に自由摂取させた食事においてエネルギー、たんぱく質、脂質摂取量が増加したことを報告している（Larson-Meyer, 2012）。同様に、70%HRmaxで50分間のサイクリング運動を実施した後にエネルギー摂取量が増えた群では、身体活動レベルが低かったという報告（Finlayson G, 2009）もあることから、高強度運動後の食欲や食事摂取量の変化は、対象者の日常的な身体活動量によって異なり、身体活動レベルの高い者においては、身体活動レベルが低い者に見られるような運動後の代償的エネルギー摂取は起こらず（Dorling et al, 2018）、食欲低下や食事摂取量の減少が起こると考えられる。本研究の対象者はラクロス部員であり、生活習慣調査の結果から週に3-4回の運動習慣を有している者が多く、運動1回あたりの運動実施時間は平均172.4分で身体活動レベルは高いと考えられ、VIEの運動後の昼食においてエネルギー、たんぱく質、脂質の摂取量がMIEよりも低値であったことは、先行研究の結果と一致する内容である。本研究のVIEで71.8%HRmaxの運動前後で空腹感のVAS値に有意差を認めなかった理由として、運動による食欲変化は単一のホルモン分泌に依存せず、複数のホルモン分泌に影響を受けることが指摘されていることから（Larson-Meyer, 2012）、グレリン、PYY、GLP-1などの測定は行なっていないものの、単一の食欲調節ホルモンだけでなく複数の食欲調節ホルモンの分泌変化が影響した可能性が考えられる。

運動時間が運動後の食欲に与える影響について、Erdmannらが50Wの低強度で30分、60分、120分の運動を実施した場合、総グレリン濃度は運動時間の長さによらず運動前に比べて上昇し、各群の総グレリン濃度に有意差を認めなかったことを報告しており（Erdmann et al, 2007）、本研究の30分という運動時間が食欲低下に影響した可能性は少ないと考えられた。しかしErdmannらは50Wの



低強度運動でも総グレリンの増加を認めた一方で、100Wの高強度運動を実施した場合には総グレリンは増加しなかったと報告しており、運動後の食欲変化にはグレリンだけでなく、食欲抑制作用のある peptide YY (PYY), pancreatic polypeptide (PP)、glucagon-like peptide 1 (GLP-1) などの分泌変化が起こり、食欲に影響を与えた可能性を指摘している。食欲抑制ホルモンの分泌はその種類により運動強度の影響が異なっており、総PYY濃度は運動強度の影響を受けないが、食欲抑制作用のある PYY3-36は運動強度に比例して増加し (Hazell TJ et al, 2016)、GLP-1はある一定強度以上の運動であれば、運動強度によらず分泌される (Ueda SY et al, 2009) ことが報告されているが、運動時間の影響を調査した報告が少なく、今後の検討課題であると考えられる。

甘味に対する嗜好は、運動前後でVAS値が負の値から正の値に転じることはなかったものの、VIEでは運動前と比べて夕食前の甘味に対するVAS値が有意に上昇した。71.8 %HRmaxのエアロビクス運動を30分間実施した後に甘味に対するVAS値が上昇したことは、先行研究で実施された中強度以上の一過性運動、50 %VO<sub>2</sub>maxの自転車エルゴメーター30分間 (Horio, 2004)、トレッドミル60分間 (Ali et al, 2011)、85 %HRmaxのランニング75分間 (Passe et al, 2004)、36 km登山12時間 (Narukawa et al, 2004) の後に甘味嗜好性が上昇したという先行研究の結果と一致するものであった。しかし甘味に対する嗜好の高まりとは相反して、VIEの運動後の食事摂取量はMIEよりも低い値であったことから、嗜好の変化が食事摂取量に与える影響は限定的であると考えられる。

一方、塩味に対する嗜好は、運動前後でVAS値が負の値から正の値に転じることはなかったものの、MIEでは運動前に比べて昼食前、夕食前に有意に上昇した。一過性運動後に塩味の嗜好が高まるという結果は、先行研究に一致するものである (Narukawa et al, 2010, Wald et al, 2003, Leshem et al, 1999)。運動により塩味の嗜好が高まる理由として、発汗によるナトリウム損失が影響していると考えられており (Pahnke MD et al, 2010, Wald et al, 2003, Leshem et al, 1999)、生理的な欲求と考え

られる。本研究のMIEの運動強度は38.2 %HRmax、RPEが96.4で「かなり楽である」に相当し、先行研究の運動強度より低く発汗を促進する内容ではなかったことから、一過性運動が塩味への嗜好を高める理由として発汗以外の原因が存在すると考えられ、今後の検討が必要である。

脂肪味への嗜好は、運動前後でVAS値が負の値から正の値に転じることはなかったものの、MIEとVIEいずれも運動前に比べて昼食前、夕食前に有意に上昇した。しかしVIEでは、運動後最初の食事である昼食においてエネルギー摂取量、脂質摂取量がMIEと比較して有意に低く、MIEの脂肪味に対するVAS値の変化量と比べて下方を推移していることから、脂肪味への欲求の高まりはMIEに比べて低い可能性が考えられた。脂肪味については、脂肪味の味覚感度が低下すると、食事の脂質摂取量が増え、肥満を引き起こす原因として、近年注目されている (Khan AS et al, 2020)。しかし、運動が脂肪味の嗜好に与える影響については報告が少なく、水泳部員や身体活動レベルの高い者において身体活動レベルの低い者よりも脂肪味への嗜好が低い (Crystal S et al, 1995) という長期的な運動習慣の影響が報告されているものの、一過性運動と脂肪味の嗜好との関係については今後の検討課題であり、運動強度により違いが見られるのかという点についても更なる検討が必要である。

辛味と酸味に対する嗜好について、本研究では明らかにできなかった。酸味の嗜好については、一過性運動後に高まることが報告されているものの、報告数は少ない (Horio et al, 1998, Passe et al 2009)。Horioらの検討では、自転車エルゴメーターによる50 %VO<sub>2</sub>maxの運動を30分間実施して、クエン酸に対する嗜好が高まったことを報告しており、本研究のMIEでは38.2 %HRmaxとさらに強度が低い運動においても酸味の嗜好が高まる可能性が示唆された。辛味の嗜好については、ヒトでの一過性運動と辛味の嗜好の関係について詳細に検討した先行研究は見当たらず、今後の検討が必要である。

本研究の限界として、サンプルサイズ18名と少なかったため、有意差を認めなかった項目についても検出力不足の可能性が否定できない。身体計

測は、運動負荷試験初日のみに実施したため、低強度運動実施日と高強度運動実施日の対象者の身体的特徴は比較できなかった。調査日がそれぞれ1日のみであったことから、間食摂取量のデータを比較できなかった。食事内容や味覚嗜好に影響を与える要因として女性ホルモンの影響が知られている (Gorczyca AM et al, 2016) が、本研究では対象者の月経周期について調査しておらず、試験日の女性ホルモン値や食欲調節ホルモン値を測定していない。また、運動負荷試験の実施はMIEとVIEのそれぞれ1日ずつであったことから、食事摂取量や味覚嗜好の日間差については検討できていない点が挙げられる。しかし、運動負荷試験はMIEとVIEのいずれも7月の金曜日に同じ施設の武道場内で実施しており、いずれも気温や天候に大きな違いはなかったことから、環境要因の影響は少ないものと考えられた。本研究への参加に伴い研究対象者に費用負担が生じることはなく、考えられる不利益としては研究参加による時間的制約が挙げられる。一方で研究参加により、食事調査や身体計測を通して普段知ることの少ない栄養素摂取量や体組成について自己省察することが可能になる。本研究の結果は、高強度運動後実施後に起こりうる食欲・味覚の変化に対して、運動習慣者がどのような食事を摂取すればよいかを考えるために有益であり、研究参加に伴う不利益を上回ると考えられる。

## V. 結論

運動負荷試験日昼食のエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量は、低強度運動実施日より高強度運動実施日で有意に低値であったことから、高強度運動後には筋たんぱく質の合成に必要な食事摂取量が不足する可能性がある。一過性運動後の味覚嗜好変化を運動強度別に比較すると、空腹感、脂肪味に対する嗜好は、運動強度によらず運動後の昼食前、夕食前において有意に上昇した。甘味に対する嗜好は、高強度運動後の夕食前において有意に上昇した。塩味に対する嗜好は、低強度運動後の昼食前、夕食前において有意に上昇した。午後の味覚嗜好は、午前中に実施した運動の強度と運動後の時点（時間帯）により影響を受ける可能

性が示唆された。

## VI. 謝辞

淑徳大学看護栄養学部教育研究費の助成に感謝いたします。また、本研究にご協力いただいた淑徳大学女子ラクロス部の皆様に感謝いたします。

## VII. 利益相反

本研究において記載すべき利益相反はありません。

## 引用文献

- Ali A, Duizer L, Foster K, et al. (2011) Changes in sensory perception of sports drinks when consumed pre, during and post exercise. *Physiology & Behavior*. 102, 437–443.
- American College of Sports Medicine, et al. (2021) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Eleventh edition. Philadelphia, Wolters Kluwer
- Burke LM, Castell LM, Casa DJ, et al. (2019) International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 29(2): 73–84.
- Broom DR, Stensel DJ, Bishop NC, et al. (2007) Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *Journal of Applied Physiology*. 102, 2165–2171.
- Crystal S, Frye CA, Kanarek RB. (1995) Taste preferences and sensory perceptions in female varsity swimmers. *Appetite*. 24(1), 25–36.
- Costa RJS, Snipe RMJ, Kitic CM, et al. (2017) Systematic review: exercise-induced gastrointestinal syndrome-implications for health and intestinal disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 46(3), 246–265.
- Deighton K, Barry R, Connon CE, et al. (2013) Appetite, gut hormone and energy intake responses to low volume sprint interval and traditional endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 113, 1147–1156.

- Dorling J, Broom DR, Burns SF, et al. (2018) Acute and Chronic Effects of Exercise on Appetite, Energy Intake, and Appetite-Related Hormones: The Modulating Effect of Adiposity, Sex, and Habitual Physical Activity. *Nutrients*. 10(9), 1140.
- Erdmann J, Tahbaz R, Lippel F et al. (2007) Plasma ghrelin levels during exercise effects of intensity and duration. *Regulatory Peptides*. 143(1-3), 127-35.
- Feeney EL, Leacy L, O'Kelly M, et al. (2019) Sweet and umami taste perception differs with habitual exercise in males. *Nutrients*. 11, 155.
- Finlayson G, Bryant E., Blundell JE, et al. (2009) Acute compensatory eating following exercise is associated with implicit hedonic wanting for food. *Physiology & Behavior*. 97, 62-67.
- Gauthier AC, Guimarães RE, Namiranian K, et al. (2020) Effect of Physical Exercise on Taste Perceptions: A Systematic Review. *Nutrients*. 12(9), 2741.
- Gorczyca AM, Sjaarda LA, Mitchell EM et al. (2016) Changes in macronutrient, micronutrient, and food group intakes throughout the menstrual cycle in healthy, premenopausal women. *European Journal of Nutrition*. 55(3), 1181-1188.
- Hazell TJ, Islam H, Townsend LK, et al. (2016) Effects of exercise intensity on plasma concentrations of appetite-regulating hormones: Potential mechanisms. *Appetite*. 98, 80-88.
- Horio T, Kawamura Y. (1998) Influence of physical exercise on human preferences for various taste solutions. *Chemical Senses*. 23(4), 417-421.
- Horio, T. (2004) Effect of physical exercise on human preference for solutions of various sweet substances. *Perceptual and Motor Skills*. 99, 1061-1070.
- Josaphat KJ, Drapeau V, Thivel D, et al. (2020) Impact of Exercise Timing on Chemosensory Response, Appetite, and Energy Intake in Lean Males. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 4, 1-8.
- Joy E, De Souza MJ, Nattiv A, et al. (2014) 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. *British journal of sports medicine*. 13(4), 219-32.
- Khan AS, Keast R, Khan NA. (2020) Preference for dietary fat: From detection to disease. *Progress in Lipid Research*. 78, 101032.
- Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, et al. (2017) International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 14, 33.
- Larson-Meyer DE, Palm S, Bansal A, et al. (2012) Influence of running and walking on hormonal regulators of appetite in women. *Journal of Obesity*. 730409.
- Leshem M, Abutbul A, Eilon R. (1999) Exercise increases the preference for salt in humans. *Appetite*. 32(2), 251-260.
- Martins C, Stensvold D, Finlayson G et al. (2015) Effect of Moderate and High Intensity Acute Exercise on Appetite in Obese Individuals. *Medicine&Science in Sports&Exercise*. 47, 40-48.
- 永井成美、日比壮信、山口亨、他. (2012) 視覚的アナログ目盛り (visual analogue scales: VAS) を用いた日本語版食欲質問紙の作成と再現性・妥当性の検討. *肥満研究*, 18, 39-48.
- Moore DR. (2019) Maximizing Post-exercise Anabolism: The Case for Relative Protein Intakes. *Frontiers in Nutrition*. 6, 147.
- Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, et al. (2015) Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*. 70(1), 57-62.
- Narukawa M, Ue H, Uemura M, et al. (2010) Influence of prolonged exercise on sweet taste perception. *Food Science and Technology Research*. 16, 513-516.

- Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. (2007) American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(10), 1867–82.
- Pahnke MD, Trinity JD, Zachwieja JJ, et al. (2010) Serum sodium concentration changes are related to fluid balance and sweat sodium loss. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 42(9), 1669–1674.
- Passe DH, Stofan JR, Rowe CL, et al. (2009) Murray R. Exercise condition affects hedonic responses to sodium in a sport drink. *Appetite*. 52, 561–567.
- Passe DH, Horn M, Stofan J, et al. (2004) Palatability and voluntary intake of sports beverages, diluted orange juice, and water during exercise. *Int. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 14, 272–284
- Res PT, Groen B, Pennings B, et al. (2012) Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 44(8), 1560–9.
- Schubert MM, Sabapathy S, Leveritt M, et al (2014) Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Medicine*. 44(3), 387–403.
- Snijders T, Res PT, Smeets JS, et al. (2015) Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men. *The Journal of Nutrition*. 145(6), 1178–1184.
- Trommelen J, van Loon LJ. (2016) Pre-Sleep Protein Ingestion to Improve the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise Training. *Nutrients*. 8(12), 763.
- Ueda SY, Yoshikawa T, Katsura Y, et al. (2009) Changes in gut hormone levels and negative energy balance during aerobic exercise in obese young males. *Journal of Endocrinology*. 201(1), 151–159.
- Wald N, Leshem M. (2003) Salt conditions a flavor preference or aversion after exercise depending on NaCl dose and sweat loss. *Appetite*. 40(3), 277–284.
- Yasuda J, Asako M, Arimitsu T, et al. (2019). Association of Protein Intake in Three Meals with Muscle Mass in Healthy Young Subjects: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 11(3), 612.

## Abstract

**Objective:** The present study examined the chronological changes in food intake, appetite, and taste preference after vigorous-intensity and mild-intensity exercises in young people with exercise habits.

**Methods:** Eighteen healthy female students in the lacrosse club of Shukutoku University were randomly divided into a vigorous-intensity exercise (VIE) group and a mild-intensity exercise (MIE) group, and a crossover study was conducted. Prescribed breakfast was served to minimize the effects on hunger and taste preferences. The subjects exercised for 30 minutes and were allowed to eat lunch and dinner freely, and the contents of those meals were evaluated. Hunger and taste preferences (sweet, salty, spicy, fatty and sour) were assessed using a visual analog scale (VAS) before exercise, immediately after exercise, 30 minutes after exercise, and before lunch and dinner.

**Results:** Energy and protein intake at lunch on the test day were significantly lower after VIE than after MIE. Fat intake at lunch tended to be low as well. After both VIE and MIE, normalized VAS values for hunger and fatty taste significantly increased before lunch and dinner. The VAS value for sweet taste significantly increased after VIE before dinner. The VAS values for salty and spicy were significantly increased after MIE before lunch and dinner.

**Conclusion:** The VIE group had lower energy and protein intake at their first post-exercise meal than the MIE group, suggesting that the amount of protein required for muscle protein synthesis may be insufficient after VIE. Taste preferences in the afternoon depended on the intensity and duration of exercise performed in the morning; this may influence food choices.