

短報

高校生陸上競技選手に対するおにぎりによる補食の有用性

植杉 優一^{*1, *2}、内藤 義彦^{*2}

^{*1} 武庫川女子大学生生活環境学研究科食物栄養学専攻、^{*2} 武庫川女子大学生生活環境学部食物栄養学科

【目的】

成長期である高校生アスリート（陸上競技選手）を対象に、おにぎりによる補食をクラブ活動終了直後に実施することで、エネルギー補給を適正化し、競技パフォーマンスの因子である身体組成および有酸素性能力への改善効果の有無について検討した。

【方法】

公立高校陸上競技部所属の選手男女50名を対象に、2群への層化無作為割付けを行い、パラレルデザインにて、介入群に12週間の介入を実施した。介入内容はクラブ活動終了直後に約100 gのおにぎりによる補食の実施とした。評価は、介入前後のエネルギーや主要栄養素の摂取量および、競技パフォーマンスの評価として、身体組成および自転車エルゴメータでのランプ式漸増負荷試験から算出した、換気性作業閾値（VT）および最大酸素摂取量（推定 $VO_2\max$ ）とし、介入前後での変化の男女別に群間比較を行った。

【結果】

解析対象者は36名（男子24名、女子12名）であった。エネルギーや主要栄養素の摂取量に関しては介入前後に有意な変化は認められなかったが、パフォーマンスの因子である、体重の増加に依存しない有酸素性能力の向上が認められた。

【結論】

高校陸上競技選手において、おにぎりの補食は、競技パフォーマンスの向上に寄与する可能性が示された。ジュニアアスリートのスポーツ現場において「おにぎり」による補食が選択肢の一つとして取り入れられることが期待される。

キーワード：おにぎり 補食 高校生 ジュニアアスリート

I 緒言

アスリートにとって、コンディショニングの維持・疲労回復、身体づくり、ウエイトコントロール、貧血予防などの観点から栄養サポートの必要性が取り上げられている¹⁾。国際オリンピック委員会（IOC）は、ステートメントの冒頭で「食事がアスリートのパフォーマンスにもたらす影響は大きい」と述べ²⁾、同委員会が発行するNutrition for athletesでは、「栄養は確実に重要な勝利への要素である」とも述べている³⁾。これらのことから、アスリートに対する栄養サポートは、パフォーマンス向上のために重要であると考えられる。

アスリートに対する栄養サポートとして、目的を達

成するための方法は様々であるが、その一つに三食の食事以外での栄養補給法である「補食」の実施があげられる。国際スポーツ栄養学会の公式見解や日本体育協会が採用するアスリートのための糖質摂取に関するガイドラインでは、「運動後、速やかなかつ適切な糖質摂取を行うべきである」と記されている³⁾。その理由として、筋グリコーゲンの回復、骨格筋の異化の抑制、疲労の抑制等があり、運動後の補食として糖質、たんぱく質による適切なエネルギー補給はリカバリーに有効であると言え、競技パフォーマンスに良い影響を与えることから、昨今、補食の実施はスポーツの現場においても積極的に取り組まれるようになってきており、特に運動直後の実施が推奨され、一般的となりつつある^{4)~7)}。しかし、管理栄養士などの有識者によ

る栄養サポートを受けた経験のある者の割合は、国民体育大会出場レベルのアスリートであっても、全体の15%に留まるなど非常に低く、学校でのクラブ活動や地域のクラブチームでの栄養サポートによる補食の実施は皆無に近いと考えられる⁸⁾。横山らは、特に成長期のジュニアアスリートは成人のアスリートに比べ、基礎代謝、日常生活、運動に必要なエネルギーに加えて、成長に必要なエネルギーが加わることから、エネルギーおよび栄養素の不足を起こしやすい状態であると述べている⁹⁾。さらに女子選手ではジュニアであっても「女性アスリートの三主徴」が認められ、その多く理由が糖質摂取量の不足によるものであり、早急な対策が必要であると考え^{10),11)}。したがって、ジュニアアスリートに対する補食を含めた栄養サポートはエネルギー補給の適正化に寄与すると考えられる。さらには、このことによって、適切な成長を促し、トレーニングの質を高め、競技パフォーマンスの向上に繋がると考えられる。

そこで、我々は運動直後の補食として、いずれの家庭内においても簡易に用意が可能で、低コストかつ日本人が一度は口にしたことのある「おにぎり」に着目した¹²⁾。オーストラリア国立スポーツ研究所(AIS)によると、米は炭水化物に加えて、たんぱく質、ビタミン、ミネラル、食物繊維および酸化防止成分などの豊富な栄養源となる食品として紹介され¹³⁾、IOCにおいても米は炭水化物の補給に好ましい食品として紹介されている³⁾。加えて、補食は食後血糖値の上昇度(グリセミックインデックス(GI値))の高い食品が適しており、米飯のGI値は84~88と高い^{5),14)}。したがって、おにぎりの摂取は運動終了後の補食に有効であると考えられる。日本オリンピック委員会(JOC)においては、2016年リオデジャネイロオリンピック・パラリンピックのリカバリー食において、「パワー・ボール」の名称で選手におにぎりを提供しているなど、おにぎりが世界のトップアスリートの栄養補給や補食として活用されている¹⁵⁾。

そこで本研究は成長期である高校生アスリート(陸上競技選手)を対象に、おにぎりによる補食をクラブ活動終了直後に実施することでエネルギー補給を適正化し、競技パフォーマンスの因子である身体組成および有酸素性能力への改善効果の有無について検討した。

II 方法

1. 調査対象および調査時期

対象者は大阪府立O高等学校の陸上競技部に所属している者74名とした。そのうち、日常的にトレーニングを行い、事前のアンケートから競技への障害が無く、練習後の補食など栄養的介入の経験がない1・2

年生の選手50名(男子34名、女子16名)を対象とした。対象者の主な専門種目は、長距離が20名(男子15名・女子5名)、短距離が16名(男子11名・女子5名)、跳躍が8名(男女各4名)、投擲6名(男子4名・女子2名)であった。分析対象者は、おにぎりによる補食の実施率が80%以上であり、かつ2回の調査を全て受けた36名(72.0%)(男子24名(70.6%)、女子12名(75.0%))とした。

対象者の練習時間は、学校の規則で、放課後から18時までと決められていたことから、約2時間であった。日曜日や祝日の練習は、約4時間であった。

介入時期は2014年9月から2014年12月とし、夏休み等の長期休暇を避けるように実施した。

2. 研究デザイン

補食介入による効果判定はパラレルデザインで行った(図1)。

対象者はベースライン調査後、学年・性別・競技種目に偏りが出ないように層化無作為抽出による2群への割り付けを行い、介入群(長距離:男子8名・女子2名、短距離:男子5名・女子3名、跳躍:男女各2名、投擲:男子2名・女子1名)とコントロール群(長距離:男子7名・女子3名、短距離:男子6名・女子2名、跳躍:男女各2名、投擲:男子2名・女子1名)とした。その後、介入群にのみ2014年9月中旬から12週間にわたり、おにぎり1個を補食としてクラブ活動終了毎に提供した。補食以外の食事や活動は制限しなかった。介入群への介入期間中、コントロール群は食事や活動は制限しなかった(おにぎりの提供を行わないコントロール)。介入群の介入終了後に、両群を対象に2回目の調査を行った。

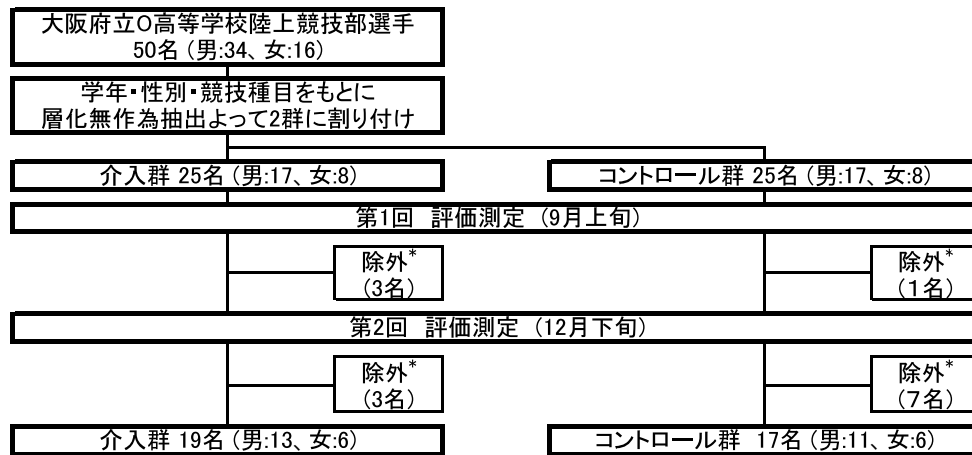
3. 介入内容

介入は、補食の実施とし、食塩以外の添加を行っていない、精白米(複数原料米)のおにぎり1個(約100g≒エネルギー168kcal、たんぱく質2.5g、脂質0.3g、炭水化物37.1g)を用いた¹⁶⁾。これを全クラブ活動実施日に介入の対象者の人数分をクラブのマネージャーと共に握り用意した。補食のタイミングは先行研究を踏まえクラブ活動終了後、20分以内とした^{6),17),18)}。また、補食摂取の有無は対象者のコンディションに合わせて任意としたため、対象者には記録表を配布し、毎日のクラブ活動への参加と補食摂取の有無を記録させ、補食摂取率を算出した。

4. 調査項目

①栄養素等摂取状況調査

介入前および介入中の1ヶ月間の習慣的な食事内容を把握するため、また、介入による摂取エネルギー量、主要栄養素およびその他の食習慣の変化を確認するた



*故障、退部、留学等による未測定者および部活への参加回数や補食の実施回数が80%未満であった者は除外

図1 研究デザイン

めに、食物摂取頻度調査法（エクセル栄養君食物摂取頻度調査FFQg Ver.3.5、建帛社）を実施した。なお、調査の妥当性は、高橋らが1週間の食事記録法との比較により確認を取り、妥当性のあることが確認されている¹⁹⁾。エネルギー量に対する寄与率が高い主食については、管理栄養士による実際の習慣的な摂取量を聞き取り、FFQgの回答に反映させた。また、補食に関しては、FFQgが補食について記入する様式になっていないため、昼食の主食の欄に補食分を合算して記入するよう指示した。

②身体組成

身長、体重および体脂肪率は、身長計（YS101-S、株式会社吉田製作所）および体組成計（HBF-375、オムロン株式会社）を用いて測定し、体重および体脂肪率（インピーダンス法）から、体脂肪量および除脂肪量を算出した。その際、測定条件を合わせるために、3時間前からの食事、多飲および長時間の運動は回避するよう指示した。

③運動負荷試験

自転車エルゴメータ（エアロバイクEZ101、コンビ株式会社）を用いて、運動負荷試験を身体測定実施後に実施した。プロトコルは5分間の座位安静の後、0 wattにて3分間のウォーミングアップを行い、その後1分毎に20 wattsずつ200 wattsまで後述の中止条件を満たすまで負荷を増加していくランプ式の漸増運動負荷試験を行った。運動中の維持回転数は60 rpmとした。測定項目は、呼吸代謝測定装置（VO2000、Medical Graphics Corporation）による酸素摂取量および二酸化炭素排出量、心拍計（Wristable GPS SF-710S、HRモニター SFHRM01、セイコーエプソン株式会社）による心拍数を10秒ごとに負荷前5分間・負荷中・負荷後1分間に連続記録した。また、運動開始

前から1分毎にBorgのスケールを用いて主観的運動強度（RPE）を聞き取った。得られた計測値より、二酸化炭素排出量（VCO₂）から回帰直線を2本描き、交点を換気性作業閾値（VT）として決定した。また、VTポイント後の酸素摂取量（VO₂）と心拍数との回帰直線から、最大予測心拍数（HRmax = 220 - 年齢）を示す時点での値を推定最大酸素摂取量（推定VO₂max）とした²⁰⁾。なお、①主観的運動強度（RPE）が19以上となった場合、②心拍数が190 bpm以上となった場合、③呼吸交換比（RER）が1.15以上となった場合、④回転数（通常60 rpm）が45 rpmを下回った場合のいずれか一つでも保持できなくなった場合は、運動の途中であってもオールアウトとし、運動を中止した²¹⁾。

4. 分析方法

対象者のベースライン時の年齢および身体的特性は表1に示す。対象者の平均クラブ参加率は88.9%であり、そのうち補食実施率は98.3%であった。主の介入効果を摂取エネルギー量、摂取主要栄養素量の変化から補食による効果の有無を判断した。また、競技パフォーマンスの因子である身体的特性（身長、体重、BMI、体脂肪率、除脂肪量）および運動負荷試験の結果（負荷量、心拍数、酸素摂取量）も確認した。

データの解析には、統計解析パッケージ（IBM SPSS Statistics, ver 19.0 for Windows、日本アイ・ビー・エム社）を使用し、各群、性別に、介入前後の変化をみるために、摂取エネルギー量、主要栄養素、身体的特性および運動負荷試験の結果について正規性を確認した。その後、介入前後と群間を要因とした対応のある二元配置分散分析を用いて交互作用を検討した。また、介入前後の比較は、対応のあるt検定を実

表1 対象者の年齢および身体的特性[†]

	男子 (n = 24)	女子 (n = 12)	p 値 [‡]
年齢 (歳)	15.9 ± 0.7	16.0 ± 0.7	0.928
身長 (cm)	170.1 ± 5.0	158.4 ± 4.5	<0.001
体重 (kg)	57.7 ± 6.0	50.6 ± 3.9	<0.001
BMI* (kg/m ²)	19.9 ± 1.8	20.2 ± 1.9	0.756
体脂肪率 (%)	14.5 ± 3.3	27.3 ± 4.0	<0.001
除脂肪量 (kg)	49.2 ± 4.6	36.7 ± 2.2	<0.001
競技歴 (年)	2.9 ± 1.5	2.2 ± 1.7	0.873

[†] 平均値 ± 標準偏差

[‡] t-検定を実施

* 体格指数 (Body Mass Index) の略

施した。さらに、各群、介入前の調査結果を基準に変化量を求め、標準偏差の値が大きく、分布が大きく歪んでいることを確認したため、群間の差を比較するために、Mann-WhitneyのU-検定を実施した。すべての統計的検定において危険率5%未満を有意水準とした。

5. 倫理的配慮

本研究は、武庫川女子大学倫理審査委員会（承認番号13-45）の承認に基づき実施した。対象者への調査協力依頼は、研究の趣旨、調査内容、個人情報保護、自由意思による研究協力および拒否・中断の自由について、本人および保護者に文章と口頭にて説明を行い、本人および保護者の署名のある同意書の提出をもって研究への同意が得られたものとした。調査データおよびアンケートは個人情報を連結可能な匿名化した形式で実施した。統計解析は参加者情報を基に各データを連結し、改めて研究のためのID番号を設定し行った。

Ⅲ 結果

分析対象の内訳は、介入群19名（長距離：男子6名・女子2名、短距離：男子4名・女子2名、跳躍：男女各2名、投擲：男子1名）、コントロール群17名（長距離：男子5名・女子2名、短距離：男子4名・女子2名、跳躍：男女各1名、投擲：男子1名・女子1名）とした。

1. 1日の総摂取エネルギー量および食品群別摂取エネルギー量

1日の総摂取エネルギー量および三大栄養素のエネルギー比率に介入前後の比較を行った（表2）コントロール群のみ、摂取エネルギー量の有意な減少が認められた（ $p < 0.05$ ）。しかし、両群間の変化量には有意

な差は認められず、交互作用も認められなかった。

1日の食品群別摂取エネルギー量について、両群とも、おにぎりを含む穀類の摂取エネルギー量の介入前後、両群間の変化量に有意な差は認められず、交互作用も認められなかった。一方で、介入群の女子における菓子類の摂取エネルギー量について、有意な減少が認められ（ $p < 0.05$ ）、両群間の変化量に関しても有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。また、交互作用も確認された（ $p < 0.01$ ）。

2. 身体組成

身体組成について、性別に分け、群別に介入前後の比較を行った（表3）。男子に関して、介入群では体重および除脂肪量に、コントロール群では体重、BMIおよび除脂肪量に有意な増加を認めた（ $p < 0.05$ ）。女子に関して、介入群では除脂肪量に、コントロール群では体重、BMIおよび除脂肪量に有意な増加を認めた（ $p < 0.05$ ）。しかし、両群の変化量に有意な差は認められず、交互作用も認められなかった。

3. 運動負荷試験

運動負荷試験で得られた、VT到達時の負荷量、心拍数、酸素摂取量および推定 VO_{2max} での酸素摂取量を各群男女別に介入前後で比較した（表4）。男子に関して、介入群では比較した全ての項目に有意な上昇が認められた（ $p < 0.05$ ）。両群の変化量に関して、VT到達時の負荷量、酸素摂取量において、介入群がコントロール群と比較して有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。また、VT到達時の負荷量、酸素摂取量、体重あたりの酸素摂取量および体重あたりの推定 VO_{2max} に交互作用が認められた（ $p < 0.01$ ）。女子に関しては、介入群においてVT到達時の心拍数のみに有意な上昇が認められた（ $p < 0.05$ ）が、両群間の変化量に有意な差は認められず、交互作用も確認されなかった。

表2 1日の総摂取エネルギー量およびエネルギー産生栄養素別構成比の変化†

男子	介入群 (n = 13)			コントロール群 (n = 11)			変化量 p 値‡	交互作用 f 値**	
	0 週	12 週	(変化量)	0 週	12 週	(変化量)			
総摂取エネルギー量	(kcal) 2,691 ± 506	2,666 ± 449	(-26 ± 430)	0.834	2,728 ± 477	2,430 ± 365	(-298 ± 412)	0.038	2.471
たんぱく質	(%) 14.6 ± 3.8	14.7 ± 3.5	(0.0 ± 4.7)	0.901	14.0 ± 3.7	14.2 ± 2.8	(0.2 ± 4.8)	0.145	1.184
脂質	(%) 29.6 ± 6.9	28.9 ± 6.5	(-0.7 ± 2.4)	0.634	31.2 ± 7.0	30.1 ± 6.8	(-1.1 ± 1.36)	0.013	1.874
炭水化物	(%) 53.9 ± 9.0	54.6 ± 9.1	(0.7 ± 13.0)	0.921	53.0 ± 8.0	53.7 ± 9.8	(0.7 ± 16.3)	0.105	2.335
穀類	(kcal) 1,106 ± 209	1,140 ± 218	(34.3 ± 232.9)	0.605	1,072 ± 212	1,057 ± 269	(-14.5 ± 274.9)	0.864	0.750
菓子類	(kcal) 356 ± 173	307 ± 186	(-49.2 ± 181.2)	0.347	353 ± 222	287 ± 233	(-65.3 ± 143.3)	0.162	0.794
女子	介入群 (n = 6)			コントロール群 (n = 6)					
総摂取エネルギー量	(kcal) 2,167 ± 395	2,016 ± 336	(-151 ± 496)	0.490	2,439 ± 995	1,998 ± 254	(-442 ± 778)	0.221	1.000
たんぱく質	(%) 13.5 ± 3.7	13.5 ± 2.1	(0.1 ± 5.9)	0.639	14.2 ± 4.5	15.5 ± 2.6	(1.4 ± 7.9)	0.526	0.749
脂質	(%) 31.3 ± 8.6	32.8 ± 9.3	(1.5 ± 3.3)	0.878	34.7 ± 5.9	32.5 ± 6.8	(-2.2 ± 3.9)	0.186	0.378
炭水化物	(%) 53.9 ± 7.8	52.4 ± 6.3	(-1.5 ± 10.4)	0.160	50.0 ± 7.9	50.9 ± 8.2	(0.9 ± 22.4)	0.224	1.000
穀類	(kcal) 782 ± 139	776 ± 129	(-6 ± 90)	0.340	710 ± 210	673 ± 110	(-37 ± 184)	0.645	0.150
菓子類	(kcal) 473 ± 327	238 ± 213	(-235 ± 115)	0.018	357 ± 261	433 ± 341	(76 ± 115)	0.166	14.304**

† 平均値 ± 標準偏差

‡ 対応のある t 検定を実施

* 非正規分布が確認されたので、Mann-Whitney の U-検定を実施

** 介入前後と群間を要因とした対応のある二元配置の分散分析を実施。* p < 0.05, ** p < 0.01

表3 身体的特性の変化†

男子	介入群 (n = 13)			コントロール群 (n = 11)			変化量 p 値‡	交互作用 f 値**	
	0 週	12 週	(変化量)	0 週	12 週	(変化量)			
身長	(cm) 170.2 ± 4.8	170.6 ± 4.8	(0.3 ± 0.4)	0.122	170.0 ± 4.6	170.0 ± 4.4	(0.0 ± 0.4)	0.999	0.197
体重	(kg) 57.4 ± 5.8	58.7 ± 5.6	(1.3 ± 3.1)	0.020	57.5 ± 5.3	59.4 ± 5.1	(1.9 ± 0.8)	<0.001	0.258
BMI	(kg/m ²) 19.8 ± 2.0	20.2 ± 1.8	(0.4 ± 3.3)	0.062	19.9 ± 1.7	20.6 ± 1.7	(0.7 ± 0.3)	<0.001	0.155
体脂肪率	(%) 16.0 ± 3.1	15.5 ± 2.5	(-0.5 ± 1.2)	0.170	13.3 ± 3.2	13.4 ± 3.4	(0.1 ± 0.7)	0.586	0.562
除脂肪量	(kg) 48.1 ± 4.3	49.5 ± 4.4	(1.4 ± 2.2)	<0.001	49.8 ± 4.5	51.4 ± 4.4	(1.6 ± 0.7)	<0.001	0.622
女子	介入群 (n = 6)			コントロール群 (n = 6)					
身長	(cm) 156.7 ± 5.6	156.7 ± 5.6	(0.3 ± 0.5)	0.873	161.4 ± 1.9	161.3 ± 1.9	(-0.1 ± 0.3)	0.600	0.630
体重	(kg) 50.7 ± 3.9	52.0 ± 4.9	(1.3 ± 1.5)	0.080	50.5 ± 4.6	52.6 ± 4.9	(2.1 ± 1.9)	0.004	0.422
BMI	(kg/m ²) 20.7 ± 2.1	21.2 ± 2.3	(0.5 ± 0.6)	0.086	19.4 ± 1.9	20.2 ± 2.0	(0.8 ± 2.1)	0.005	0.423
体脂肪率	(%) 28.2 ± 4.5	26.9 ± 4.0	(-1.3 ± 1.5)	0.087	25.8 ± 3.2	25.6 ± 3.1	(-0.3 ± 0.8)	0.464	0.200
除脂肪量	(kg) 36.3 ± 2.1	37.9 ± 2.6	(1.6 ± 1.3)	0.029	37.4 ± 2.9	39.1 ± 3.1	(1.6 ± 2.7)	0.012	0.749

† 平均値 ± 標準偏差

‡ 対応のある t 検定を実施

* 非正規分布が確認されたので、Mann-Whitney の U-検定を実施

** 介入前後と群間を要因とした対応のある二元配置の分散分析を実施。交互作用は認められなかった。

表 4 運動負荷試験による換気作業閾値 (VT) と最大酸素摂取量 (VO₂max) の変化†

	介入群 (n = 13)		コントロール群 (n = 11)		変化量 p 値‡	交互作用 f 値‡
	0 週	12 週	0 週	12 週		
男子						
負荷量@VT (watt)	140 ± 29	174 ± 26	167 ± 22	182 ± 21	0.001 (34 ± 19)	0.004 (15 ± 13)
心拍数@VT (bpm)	137 ± 18	145 ± 13	152 ± 15	154 ± 15	0.048 (8 ± 13)	0.516 (2 ± 9)
酸素摂取量@VT (ml/min)	1,817 ± 398	2,167 ± 534	2,122 ± 287	2,147 ± 318	0.001 (350 ± 291)	0.666 (26 ± 190)
酸素摂取量@推定 VO ₂ max (ml/kg/min)	32 ± 7	37 ± 8	37 ± 6	36 ± 6	0.001 (5 ± 4)	0.461 (-1 ± 3)
	3,069 ± 475	3,406 ± 480	3,409 ± 433	3,408 ± 473	0.026 (337 ± 480)	0.991 (-1 ± 351)
	54 ± 7	58 ± 7	60 ± 8	58 ± 9	0.073 (5 ± 8)	0.306 (-2 ± 6)
女子						
負荷量@VT (watt)	100 ± 18	120 ± 25	97 ± 15	113 ± 24	0.076 (20 ± 22)	0.093 (17 ± 20)
心拍数@VT (bpm)	140 ± 18	151 ± 11	140 ± 8	143 ± 11	0.058 (11 ± 11)	0.564 (-2 ± 9)
酸素摂取量@VT (ml/min)	1,268 ± 218	1,265 ± 247	1,170 ± 101	1,312 ± 220	0.928 (-3 ± 86)	0.160 (142 ± 211)
酸素摂取量@推定 VO ₂ max (ml/kg/min)	25 ± 5	24 ± 3	23 ± 2	25 ± 6	0.390 (-1 ± 2)	0.296 (2 ± 4)
	2,357 ± 431	2,522 ± 429	2,320 ± 199	2,498 ± 204	0.121 (165 ± 216)	0.132 (178 ± 242)
	47 ± 10	49 ± 9	46 ± 5	48 ± 7	0.305 (2 ± 4)	0.392 (2 ± 5)

† 平均値 ± 標準偏差

‡ 対応のある t 検定を実施

‡: 非正規分布が確認されたので、Mann-Whitney の U 検定を実施

‡: 介入前後と群間を要因とした対応のある二元配置の分散分析を実施。* p < 0.05, ** p < 0.01

IV 考察

本研究は、成長期である高校生アスリート（陸上競技選手）を対象に、おにぎりによる補食をクラブ活動終了直後に実施することでエネルギー補給を適正化し、競技パフォーマンスの因子である身体組成および有酸素性能力への改善効果の有無について検討した。その結果、摂取エネルギー量に関しては介入前後に有意な変化は認められなかったが、パフォーマンスの因子である、体重の増加に依存しない有酸素性能力の改善が認められた。

まず、摂取エネルギー量について、男女介入群で介入前後に有意な変化は認められなかった。また、男子ではコントロール群にのみ摂取エネルギー量の低下が認められた。交互作用は確認されず、主要栄養素の比率に関しても有意な差は認められなかった。さらに、介入群で増えると予想していた穀類についても有意な変化が認められなかった。一方で、女子では菓子類の摂取エネルギー量に有意な減少が認められ、交互作用が確認された。これらの結果は予想していた穀類の摂取量の増加と反する結果であった。荻布らは、若年女性のやせ願望が減食の動機となると述べている²²⁾。さらに藤田らは、昨今の糖質ダイエット等により、米飯摂取を敬遠する傾向にあると報告している²³⁾。これらの報告より、男女ともに補食によって増加した米飯量にあわせて日常の食事を調整したと考えられる。さらに、女子では、特にお菓子を減少させたと推察される。従って、おにぎりによる補食と日常の食行動の行動変容を十分考慮した食教育を組み合わせることで栄養サポートを実施する必要がある。それにより、菓子由来の糖質、脂質、食塩などの摂取量を抑え、食生活を改善させることができ、女子ジュニアアスリートの抱える「女性アスリートの三主徴」等の問題の改善にも効果的である可能性があると考えられる。

身体的特性について、両群ともに除脂肪量に有意な増加が認められ、交互作用は認められなかった。両群の除脂肪量に増加がみられた理由として、介入期間である9月中旬～12月上旬は、次のシーズンへの移行期から準備期に位置し、この移行期から準備期は、基礎体力で不足している部分を強化する期間である²⁴⁾。したがって、両群の除脂肪量の増加はトレーニングによる効果であり、補食による影響は少ないと考えられる。その要因として、介入群における1日の摂取エネルギー量に増加が認められなかったことが挙げられる。また、先行研究の推奨する運動終了後の糖質摂取量は体重当たり1～1.2 g（おにぎりの1.5～2個に相当）であり、エネルギー調整を行った補食提供を含む2、3ヶ月の食事介入で除脂肪量の増加を示している^{5), 25)～27)}。一方で、本体対象者のおにぎりによる糖質摂取量は体重当たり0.5～0.8 gであり、特に男子で

は推奨量の半分程度の者が多く存在した。すなわち、おにぎりの量を個人の体重等で調整し、食事を含め1日の摂取エネルギー量を調整した介入を中長期的に実行すると、身体組成にも結果が表れる可能性が考えられる。

運動負荷試験の結果について、介入群の男子においてVTに達する際の負荷量、酸素摂取量、体重あたりの酸素摂取量に有意な増加が認められ、変化量に関しても、介入群がコントロール群に比較して、有意に高い値を示し、交互作用も認められた。運動後の糖質の補給は、運動後における筋グリコーゲンの減少の抑制および貯蔵量の回復に寄与することが明らかとなっている⁵⁾。本研究と類似した数少ない研究の中で、高糖質飲料や強化パスタを運動後に中・長期間、摂取続けた場合、パフォーマンスの向上を示し、疲労の軽減に働くと報告している^{28), 29)}。したがって、トレーニング介入を実施せずに、本結果が認められた理由として、日々のトレーニング後のおにぎりの補食によって疲労因子が抑制され、トレーニングの質が高まったと考えられる。また、介入後の測定時の筋グリコーゲン組成も良好なものであったこと等、さまざまな要因が考えられるが、実際に筋グリコーゲン量を測定しておらず、断定することはできないため、今後、更なる検討が必要である。

本研究の課題として、離脱者が3割近いことである。その理由として、故障による離脱者も数人いたものの、離脱の多くがおにぎりの摂取において、「味のないおにぎり運動後に食べにくい」や「夕食が食べられなくなる」、「肥満に繋がる」などの意見からであった。本研究で提供したおにぎりは米飯に塩を添加したのみの塩むすびであったが、実際の現場では、様々な具材を用いて選手の嗜好や体調にあわせることが一般的であると考えられる。また、具材を組み合わせることで、リカバリーの更なる効果が得られると考えられる。「おにぎりによる補食」の有効性に関する、より詳細な説明を行うことや、ライフステージに合わせた継続的な教育を行うことにより、おにぎりの補食に対する抵抗感は改善されることが考えられる。したがって、ジュニアアスリートへの食事介入は補食だけではなく日常の食事を含め、全ての食事に配慮した食育的な栄養サポートが重要であると考えられる。さらに、おにぎりによる補食においては、飽きさせることのない具材等の工夫が必要である。

本研究の限界点として、練習量や練習時間、1日の身体活動量を正確に確認しなかったことが考えられる。本研究では対象者の身体活動量や練習メニューを対象群とコントロール群で統一するために、層化無作為抽出によって、様々な競技を混合させて、2群に割り付けた。しかし、介入の実施率が低かったことや故障などの理由から、分析対象になった2群の競技に偏

りが出てしまい、そのことが結果に影響した可能性が考えられる。今後は対象の種目を絞り、対象者の人数を増やすなどし、検討が必要である。

また、個人によって練習の質や量が違うため、本来は身体活動量の評価を個人ごとに行う必要があった。本研究では、調査への受容性や練習への影響を優先し、加速度計などは装着しなかった。補食の効果の一要因として、トレーニング時間の増大や内容の改善の可能性も考えられる。そのため、今後、この可能性に関して明らかにするため、選手にとって簡便かつ練習や日常生活に支障の出ない方法を精査すると共に、実行可能な範囲で測定を実施する必要があると考えられる。

さらに、推定 $VO_2\max$ の推定方法が心拍数から算出したことにある。心拍出量に変化することから、本来は VO_2 と VCO_2 の値などを加味し、算出すべきであった。しかし、本対象者が実験に慣れていない未成年者であったこと、本実験で用いた自転車エルゴメータの最大負荷量が200 wattsであったことから、実際に最大まで追い込むことができなかった可能性が考えられる。

以上のような課題や限界点を有するも、本研究は、ジュニアアスリートを対象とした「おにぎり」による補食の効果を明らかにした初めての報告である。ジュニアアスリートの主たるスポーツ現場である教育機関では、食事に関する介入は資金面に恵まれず、協力体制も得られない状態であることが多いと考えられる。しかし、「おにぎり1個」は家庭内においても簡易に用意が可能であり、アレルギーや好き嫌いが比較的少なく、味も柔軟に変化させられることから、現場でも取り入れやすいと考え、スポーツ現場において選択肢の一つとして取り入れられることが期待される。

V 結論

本研究では、高校陸上競技選手を対象におにぎりによる補食の効果を明らかにするため、補食によってエネルギー補給を適正化し、競技パフォーマンスの因子である身体組成および有酸素性能力への改善効果の有無について検討した。その結果、摂取エネルギー量に関しては介入前後に有意な変化は認められなかったが、パフォーマンスの因子である体重の増加に依存しない有酸素性能力の改善が認められた。したがって、おにぎりの補食は、競技パフォーマンスの向上に寄与する可能性が示された。

謝辞

本調査の対象者としてご協力いただいた、大阪府立O高等学校陸上競技部の学生選手並びに顧問の先生方

に心よりの御礼申し上げます。

利益相反

本研究内容に関して利益相反は存在しない。

文 献

- 1) 樋口 満：総説 スポーツ栄養学 スポーツ選手の健康管理と競技力向上の基礎, 体育学研究, 44, 1-12 (1999)
- 2) Maughan, R.J., Shirreffs, S.M., Dvorak, J., et al.: IOC Consensus Statement on Sports Nutrition 2010, J. Sports Sci., 29, 3-4 (2011)
- 3) International Olympic Committee: Nutrition for Athletes, <http://www.audyn.org.uy/sitio/repo/arch/NutritionforAthletes.pdf>, (2020年1月7日)
- 4) Kerkisick, C., Harvey, T., Stout, J., et al.: International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing, J. Int. Soc. Sports Nutr., 5, 17 (2008)
- 5) Burke, L.M., Kiens, B., Ivy, J.L.: Carbohydrates and fat for training and recovery, J. Sports Sci., 22, 15-30 (2004)
- 6) Ivy, J.L., Lee, M.C., Brozinick, J.T. Jr., et al.: Muscle glycogen storage after different amounts of carbohydrate ingestion, 1998, Am. J. Physiol., 65, 2018-2023 (1988)
- 7) Alghannam, A.F., Jedrzejewski, D., Bilzon, J., et al.: Influence of post-exercise carbohydrate-protein ingestion on muscle glycogen metabolism in recovery and subsequent running exercise, Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab., 26, 572-580 (2016)
- 8) 日本体育協会スポーツ科学委員会：第52回国体秋季大会(大阪)参加選手を対象とする栄養・食事アンケート調査, 1997年日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1, 28-41 (1998)
- 9) 横山佳祐, 米持英俊, 平川史子：成長期スポーツ選手に対する栄養サポートの重要性, 別府大学紀要, 53, 121-131 (2012)
- 10) Joy, E., De, Souza, M.J., Nattiv, A., et al.: 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad, Curr. Sports Med. Rep., 13, 219-232 (2014)
- 11) 小清水孝子：女性アスリートの三主徴 産婦人科医による「エネルギー不足」改善にむけての栄養指導法の提案, 日本産科婦人科学会雑誌, 68, 16-24 (2016)
- 12) 一般社団法人おにぎり協会：おにぎりの定義, <https://www.onigiri.or.jp>, (2020年1月7日)
- 13) Australian Institute of Sport: Sports Nutrition, <https://ais.gov.au/nutrition>, (2020年1月7日)
- 14) Foster-Powell, K., Holt, S.H., Brand-Miller, J.C.: International table of glycemic index and glycemic load values, Am. J. Clin. Nutr., 76, 5-56 (2002)
- 15) 味の素：勝道日記, <https://vp.ajinomoto.co.jp/2015/08/-3-3m.html>, (2020年1月7日)
- 16) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表2015年版(七訂), 全国官報販売協同組合, 1, 40-41 (2015)
- 17) 稲井 真, 西村脩平, 浦島章吾, 他：運動後の糖質・牛乳混合物の摂取がマウス骨格筋および肝臓におけるグリコーゲン回復に及ぼす影響, 日本スポーツ栄養研究誌, 10, 38-47 (2017)
- 18) 寺田 新, 稲井 真：運動後の栄養補給法に関する最近の知見, 臨床スポーツ医学, 33, 1144-1149 (2016)
- 19) 高橋啓子, 吉村幸雄, 開元多恵, 他：栄養素および食品群別摂取量推定のための食品群をベースとした食物摂取頻度調査票の作成及び妥当性, 栄養学雑誌, 59, 221-232 (2001)
- 20) 横関利子：高齢者の基礎代謝量と身体活動量, 日本栄養・食料学会誌, 46, 451-458 (1993)
- 21) 南本裕介, 伊東太郎：長期および短期ファットローディングが持久的運動のパフォーマンスに及ぼす影響について, 大阪体育学研究, 49, 27-37 (2011)
- 22) 荻布智恵, 蓮井理沙, 細田明美, 他：若年女性のやせ願望の現状と体型に対する 自覚およびダイエット経験, 生活科学研究誌, 5, 1-9 (2006)
- 23) 藤田直子, 立木 芳, 追留那緒子, 他：新規澱粉米品種の育成に向けて：BC₂F₃種子およびBC₂F₂植物の解析, 秋田県立大学ウェブジャーナル, 1, 7-11 (2014)
- 24) 村木征人：トレーニング期分け論の形成・発展と今日的課題, 体育学研究, 44, 227-240 (1999)
- 25) Jentjens, R., Jeukendrup, A.: Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery, Sports Med., 33, 117-144 (2003)
- 26) 永澤貴昭, 村田浩子, 村岡慈歩, 他：競技者の増量に適した食事方法の検討, 日本臨床スポーツ医学会誌, 21, 422-430 (2013)
- 27) Alghannam, A.F., Jedrzejewski, D., Tweddle, M.G., et al.: Impact of muscle glycogen availability on the capacity for repeated exercise in man, Med. Sci. Sports Exerc., 48, 123-131 (2016)
- 28) Williams, C., Rollo, I.: Carbohydrate nutrition and team sport performance, Sports Med., 45, 13-22 (2015)
- 29) Folch, N., Péronnet, F., Massicotte, D., et al.: Metabolic response to small and large ¹³C-labelled pasta meals following rest or exercise in man, Br. J. Nutr., 85, 671-680 (2001)

(受付日：2019年9月24日)
(採択日：2020年1月14日)

Brief Report

Usefulness of consuming rice balls for high school track and field athletes

Yuichi UESUGI ^{*1, *2}, Yoshihiko NAITO ^{*2}

^{*1} Graduate School of Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University

^{*2} Department of Food Sciences and Nutrition, School of Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University

ABSTRACT

【Objective】

We examined whether high school track and field athletes could improve their body composition and aerobic ability by eating onigiri (rice balls) immediately after completing their club activities.

【Method】

The subjects were 50 high school track and field athletes. The subjects were divided into two groups. The intervention group was given 12 weeks of intervention. The intervention was to eat a 100- g rice ball immediately after completing their club activities. The main evaluations were energy intake and macronutrient intake. Competition performance was evaluated by measuring the ventilation threshold (VT) and the maximum oxygen intake (VO_{2max}) calculated from body composition and exercise tests.

【Results】

There were 36 subjects. No significant changes in energy or macronutrient intake before and after the intervention were observed, but aerobic capacity improved independently of weight gain, which is a factor in performance.

【Conclusion】

Eating rice balls immediately after exercising has the potential to improve competition performance. The use of supplementary meals consisting of rice balls is expected to be introduced at sports sites for junior athletes.

Keywords: Rice ball, Supplementary food, High school students, Junior athletes