

# 糖質および脂質を含む食品の運動前の摂取が持久性運動能力とエネルギー代謝に及ぼす影響

Effect of carbohydrate and fat rich meal intake on endurance capacity and energy metabolism.

松島 佳子<sup>1)</sup>, 浅井 美智<sup>1)</sup>, 水野 有香<sup>2)</sup>, 高橋 里奈<sup>3)</sup>

Yoshiko MATSUSHIMA Michi ASAI Yuka MIZUNO Rina TAKAHASHI

<sup>1)</sup>東海学園大学 健康栄養学部 管理栄養学科

<sup>2)</sup>有限会社 ヨネス

<sup>3)</sup>愛知みずほ大学短期大学部生活学科食物栄養専攻

<sup>1)</sup>Department of Nutrition, School of Health and Nutrition, Tokai Gakuen University

<sup>2)</sup>Limited company YONESU

<sup>3)</sup>Major in food science, Aichi Mizuho Junior College

キーワード：エネルギー代謝、持久性運動能力、脂質、糖質、補食

Key words : Energy metabolism, Endurance capacity, Fat, Carbohydrate, Pre-exercise meal

## 要約

本研究は、持久性運動前に摂取する糖質補給の補食として、脂質を加えた食品を摂取した場合の、持久性運動能力とエネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った。被験者は、運動習慣のない若年女性6名(21-22歳、身長:157.1 ± 5.8cm、体重:53.4 ± 11.5kg、BMI:21.4 ± 3.0kg/m<sup>2</sup>)であった。試験食は、糖質食(CHO:333kcal、炭水化物72.2g、脂質1.4g)と、糖質・脂質食(CHO + FAT:482kcal、炭水化物72.5g、脂質17.7g)とし、運動60分前に摂取し、60%  $\dot{V}O_2\max$  で疲労困憊まで最長120分間の運動を行った。運動継続時間は試験食間で差はなく、運動前の糖質補給の補食に脂質を加えても、持久性運動能力に影響を及ぼさないことが明らかになった。運動中の呼吸比および糖質のエネルギー利用率は、CHOに比べCHO + FATで有意に低い値を示し、脂質摂取によって、糖質のエネルギー代謝が抑制されたことがわかった。本研究の結果から、糖質に脂質を加えた食品の持久性運動前の摂取は、持久性運動能力を低下させないことが明らかになり、また同食品の摂取は糖質のエネルギー利用を抑制し、長時間の持久性運動中のグリコーゲン枯渇を遅延させる効果があることが示唆された。

## Abstract

The aim of this study was to demonstrate the effect of pre-exercise meals including carbohydrates and fat on endurance capacity and energy metabolism. The subjects were 6 untrained young females (21-22 yrs, height:  $157.1 \pm 5.8$ cm, weight:  $53.4 \pm 11.5$ kg, BMI  $21.4 \pm 3.0$ kg/m<sup>2</sup>). The experimental meals were carbohydrate rich (CHO: 333kcal, carbohydrate 72.2g, fat 1.4g) and carbohydrate plus fat rich (CHO + FAT: 482kcal, carbohydrate 72.5g, fat 17.7g). The subjects took the experimental meal (CHO or CHO + FAT) before exercise, and kept 60%  $\dot{V}O_2$  max exercise until exhaustion (until 120 minutes being the longest). There was no significant difference between the two experimental meals. The carbohydrate rich meal with added fat had no effect on endurance capacity. CHO + FAT was significantly lower than CHO on respiratory ratio and the energy utilization of the carbohydrate during exercise. The energy utilization of the carbohydrate was restrained by fat intakes. The results of this study demonstrate that endurance capacity does not decrease when the endurance athlete takes a pre-exercise meal including carbohydrates and fat, and suggests that carbohydrate and fat rich pre-meals have the effect of delaying exhaustion of the glycogen during prolonged endurance training.

## I. 緒言

持久性競技選手にとって、運動前にどのような食品を摂取したらより高いパフォーマンスで持久性運動を継続できるかは関心が高く、どのような栄養組成の食品が適しているかを検討した研究が現在まで数多く行われてきた。その結果、これまでは多くの場合、持久性運動前の食事として糖質を多く含む食品が推奨されており、また脂質摂取を控えることとされてきた(小林ら、2001、樋口ら、2007)。これは、運動前には運動中に不足する可能性のある糖質を補給し、消化吸收を速やかに行うために脂質を控えることが目的とされる。しかし一方で、持久性運動前の脂質摂取や吸収速度が遅い糖質性食品摂取の有効性を検討し、それぞれ運動強度や摂取食品、摂取タイミング等の条件は異なるものの、持久性運動能力を向上させると報告した研究もみられる(東田ら、2015、Thomasら、1991、DeMarcoら、1999)。すなわち、アスリートにとって確実に有益となる運動前の食事摂取法が確立しているとはいえない。

アスリートは、運動前の食事および軽食(補食)の重要性や、糖質補給が重要であることを理解してはいるが、実行できていない者も多くいる。日常の部活動等のスポーツ活動における補食の選択条件としては、栄養面だけでなく調理・購入の簡便さや経済面、衛生面も考慮に入れなければならない。多くの場合、調理が簡単で安価なにごり飯を補食として摂取することが多くみられる。しかし補食摂取時間は部活動前の15時前後であることが多く、朝の登校前に調理・購入

することを考慮すると、特に夏季においては、にぎり飯の利用は衛生面に不安が生じる。一方、若年アスリートが好んで食べる食品のひとつに菓子パンがあげられるが(西堀ら、2011)、エネルギー量が大きい製品が多いため、アスリートの日常的な摂取はウエイトコントロールの観点から奨められないことが多い。菓子パンは、脂質を多く含む傾向があるが、糖質も多く含み、運動前の糖質補給が可能なこと、また、個包装されており賞味期限が長いことから、衛生面ではにぎり飯より優れている。運動前の摂取が栄養面で可能であれば、菓子パンを補食として摂取する利点は大きいと考えられる。

そこで本研究は、持久性運動を行うアスリートが運動前に摂取する補食として、どのような食品を選択すべきかを明らかにするために、従来、補食としての利用が推奨されてきた糖質中心の食品と比較し、糖質とともに脂質を多く含む食品の運動前の摂取が、持久性運動能力およびエネルギー代謝にどのような影響を及ぼすかを検討することを目的に行った。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は、運動習慣のない若年女性 6 名(21-22 歳、身長:157.1 ± 5.8cm、体重:53.4 ± 11.5kg、BMI:21.4 ± 3.0kg/m<sup>2</sup>)であった。本研究は、1 被験者に対し 2 試行(2 種類の試験食摂取)を行い、エネルギー消費量を検討することから、事前に月経周期(卵胞期と黄体期)の調査を行い、2 回の試行を同期中に行うように調整した。測定時の被験者の月経周期は、卵胞期 5 名、黄体期 1 名であった。

本研究は、東海学園大学「研究の倫理委員会」の承認を得て行った。実験の実施にあたって被験者は、研究の主旨、内容およびそれに伴う苦痛と危険性についての説明を受け、十分に理解したうえで同意書に署名し、自由意思により実験に参加した。

### 2. 試験食

本研究の試験食は、運動前の補食として一般的に用いられるにぎり飯を想定した糖質食(以下、CHO)と、菓子パンを想定した糖質・脂質食(以下、CHO + FAT、CHO に油脂を添加)の 2 種類とした。

試験食の栄養量を表 1 に示した。CHO はパン(超熟イングリッシュマフィン:Pasco 製)1.5 個(75g)にいちごジャム(株式会社スドージャム製)45g を添加し、CHO + FAT は CHO にマーガリン(小岩井マーガリン ヘルシータイプ:小岩井乳業株式会社製)20g を添加した。栄養量は各食品の包装に表示された栄養表示をもとに算出し、パンに添加したいちごジャムおよびマーガリンの量は、にぎり飯および一般的な菓子パン(チョコレートクリームパン)に含まれる炭水化物と脂質の量を参考に決定した。表 1 には、CHO の参考値としたにぎり飯 2 個分(精白米飯

200g + 塩 0.4g) と、CHO + FAT の参考値としたチョコレートクリームパン 2 個分 (150g) の栄養量を参考値として示した (日本食品標準成分表 2010 より算出: 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会、2011)。

本研究においては、運動時間が長く発汗量が多いと予測されたため、運動前から運動終了後まで水分摂取を行った。水分摂取方法は、日本体育協会による「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」(2006) に準じて水を摂取した。すなわち、試験食摂取時に 300ml の水を、運動開始 30 分前には 200ml の水を摂取した。さらに運動中は 30 分おきに水 250ml を摂取した。

表 1 試験食の栄養量

	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)
試験食	CHO	333	7.9	1.4
	CHO+FAT	482	8.1	17.7
参考値	にぎり飯 2個	336	5.0	0.6
	チョコレートクリームパン 2個	462	7.5	17.9

### 3. 運動

実験に先立って、運動強度を決定するために、最大酸素摂取量 (以下、 $\dot{V}O_2\max$ ) を測定した。被験者は自転車エルゴメーター (AEROBIKE75XL II ME: コンビ社) による漸増負荷運動を疲労困憊まで行い、呼気を連続して採取し、呼吸代謝測定器 (エアロモニタ AE-310S: ミナト医科学) にて酸素摂取量を測定し、その最大値と、その際の運動負荷量を求めた。

本実験は、自転車エルゴメーター (AEROBIKE75XL II ME: コンビ社) による 60%  $\dot{V}O_2\max$  (50rpm) の運動で、疲労困憊に至るまで最長 120 分間行った。運動の前には 60 分間の座位安静を、運動終了後には 30 分間の座位安静を行った。

### 4. 測定項目

#### ① 運動継続時間

運動開始から疲労困憊に至るまでの運動時間を、最長 120 分として計測した。

#### ② 血糖値

血糖自己測定器 (フリーダムライト: ニプロ製) を用いて血糖値を測定した。採血はランセットを用いた自己採血とし、手指先を穿刺し 0.3  $\mu$ l 程度の血液を採取した。測定は、試験食摂取

1分前（運動開始 61 分前、Pre-60 とする）、摂取 30 分後（運動開始 30 分前、Pre-30）、運動開始 1 分前（Exe0）、以後、疲労困憊まで 30 分ごと、運動終了 30 分後（Post + 30）とした。

### ③心拍数

心拍数は、自転車エルゴメーターに付属する脈拍測定器を用いて、耳朶にて測定した。

### ④主観的運動強度

運動中の疲労度を、ボルグの主観的運動強度（Rating of Perceived Exertion : RPE）（Borg, 1982）を用いて判定した。RPE は、実施する運動が被験者にとってどのくらいの強度と感じるかを数値化し、運動時の疲労度を評価するものである。

### ⑤エネルギー消費量、呼吸比、エネルギー基質利用割合

試験食摂取前の安静時から運動終了時まで、連続して呼気ガスを採取し、呼吸代謝測定器（エアロモニタ AE-310S : ミナト医科学）を用いて酸素摂取量および二酸化炭素排出量を測定し、エネルギー消費量、呼吸比およびエネルギー基質利用率を算出した。なお、試験食摂取時（5 分間）、水摂取時（各 2 分間）はマスクをはずしたため、この間のデータは除外した。エネルギー消費量は Weir の式（1949）にて算出した。

エネルギー基質の利用率は、測定した酸素摂取量および二酸化炭素排出量から算出した呼吸比と、Zuntz の非たんぱく質呼吸商（1901）を用いて推定した。

## 5. 実験スケジュール

運動および試験食摂取、各項目測定等のスケジュールを図 1 に示した。

被験者は、測定前日 21 時以降、水以外の飲食をせずに絶食し、翌朝 9 時前後に実験室に速やかに集合し、実験を開始した（絶食時間 12 時間以上）。実験室の室温は 20~25℃とした。

実験室到着後、被験者は呼気採取用マスクを装着し、座位安静を 30 分間とった。30 分の座位安静後、血糖値等を測定し（Pre-60）、その後、5 分以内で試験食を摂取した。続いて 60 分間の座位安静（Pre）をとった後、速やかに自転車エルゴメーターに移動し、運動（Exe）を開始し（Exe0）、疲労困憊まで継続した。疲労困憊後（Post）は、速やかに椅子に移動し、30 分間の座位安静を保った。なお、試験食および水摂取時には呼気採取マスクをはずし、摂取後に速やかにマスクを装着した。

血糖値、心拍数、RPE は実験開始から 30 分ごとに、運動終了後 30 分（Post + 30）まで測定した。エネルギー消費量および呼吸比、エネルギー基質利用率は、血糖値等の測定前 5 分間の値を、血糖値等と同じタイミングの値として採用した。

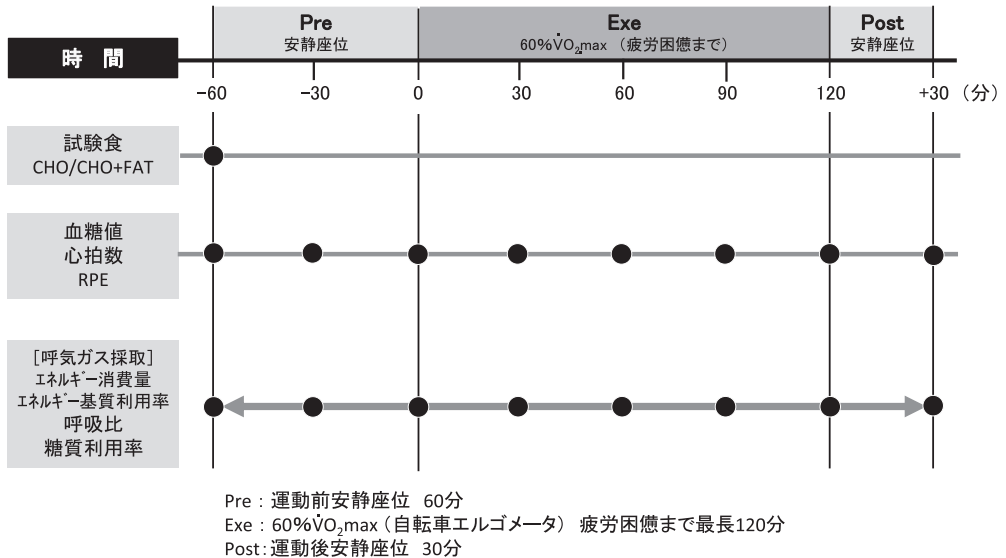


図1 実験スケジュール

## 6. 統計

測定値は、平均±標準偏差で表した。試験食間の比較は、Wilcoxon の順位和検定を用い、危険率5%未満 ( $p < 0.05$ ) をもって有意とした。統計処理には、SPSS Statistics ver.22 (IBM) を用いた。

## Ⅲ. 結果

### 1. 運動継続時間

運動継続時間の結果を図2に示した。CHOは $113.8 \pm 9.8$ 分、CHO + FATは $109.7 \pm 18.6$ 分で、試験食間に有意な差はみられなかった ( $p = 0.59$ )。被験者個別の運動継続時間を形態および最大酸素摂取量とともに表2に示した。両試験食とも4名が最長時間の120分まで運動を継続した。

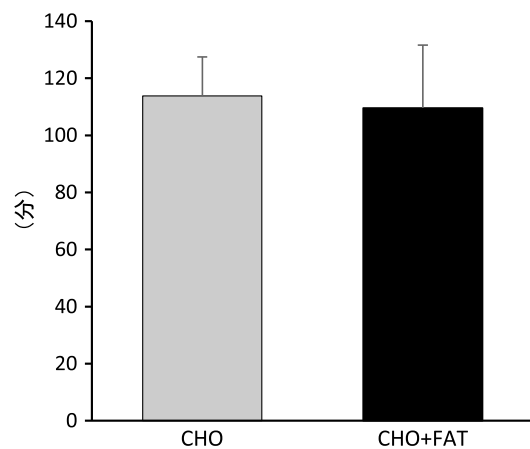


図2 運動継続時間

n=6

平均±標準偏差

CHO vs CHO+FAT N.S.

表 2 運動継続時間と被験者の身体的特徴

被験者 (n=6)	年齢 (歳)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/分)	運動継続時間 (分)	
				CHO	CHO+FAT
A	21	21.4	36.4	98	120
B	22	17.0	43.4	105	74
C	21	20.5	35.7	120	120
D	22	22.1	33.4	120	104
E	21	26.5	31.3	120	120
F	21	21.2	36.0	120	120
平均±標準偏差	21±0.5	21.4±3.0	36.0±4.1	113.8±9.8	109.7±18.6

平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT *N.S.*

## 2. 運動中のエネルギー消費量

運動中のエネルギー消費量を図 3 に示した。体重 1kg・1 分あたりのエネルギー消費量は、CHO で  $0.131 \pm 0.024$  kcal/kg 体重/分、CHO + FAT で  $0.132 \pm 0.020$  kcal/kg 体重/分であり、試験食間に有意な差はなかった。

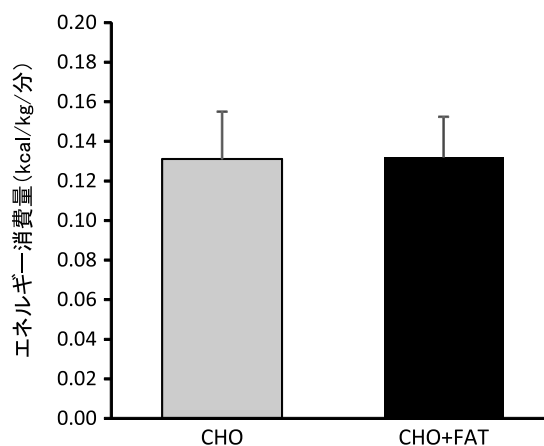


図 3 運動中のエネルギー消費量

n=6  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT *N.S.*

## 3. 血糖値

試験食摂取前から運動終了後までの血糖値の変化を図 4 に示した。両試験食とも、摂取後から血糖値は上昇し、試験食摂取 30 分後 (Pre-30) では CHO が CHO + FAT に比べ有意に高い値を示したが (CHO :  $144 \pm 23$ mg/dl, CHO + FAT :  $122 \pm 10$ mg/dl,  $p < 0.05$ )、両試験食とも運動開始 30 分後には大きく低下し、その後やや上昇し両試験食とも 80mg/dl 前後を保ち運動終了 30 分後に至った。運動開始以降の血糖値に試験食間で差はみられなかった。

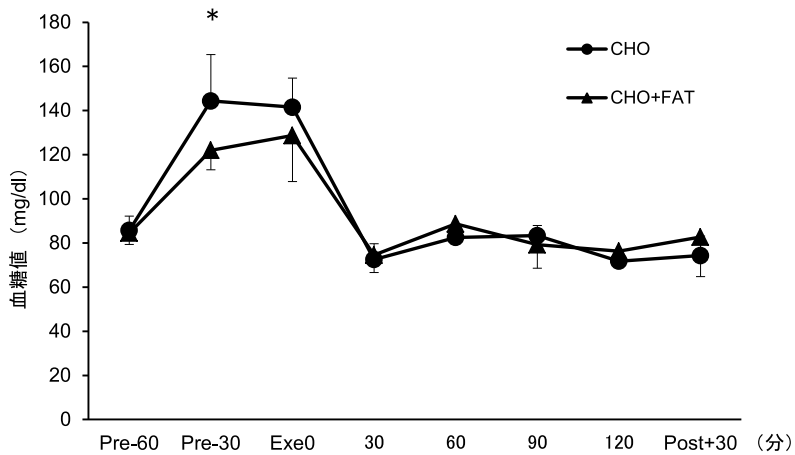


図4 血糖値

n=6 ただし疲労困憊のため、CHO: Exe120 n=4, CHO+FAT: Exe90 n=5, Exe120 n=4  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT \*:  $p < 0.05$

#### 4. 心拍数

試験食摂取前から運動終了後までの心拍数の変化を図5に示した。運動中の心拍数は両試験食とも165拍/分前後で、試験食の違いによる心拍数の有意な差はなかった。

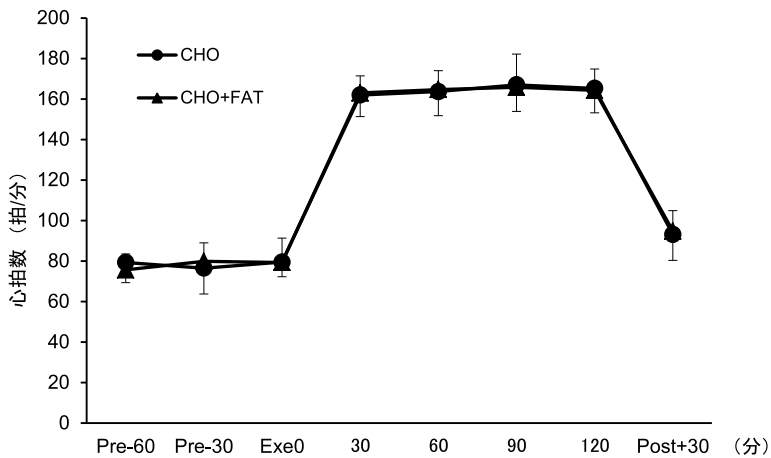


図5 心拍数

n=6 ただし疲労困憊のため、CHO: Exe120 n=4, CHO+FAT: Exe90 n=5, Exe120 n=4  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT *N.S.*

#### 5. 主観的運動強度 (RPE)

RPEの変化を図6に示した。運動開始後から両試験食とも徐々に上昇を示した。試験食の違



いによる RPE の有意な差はなかった。

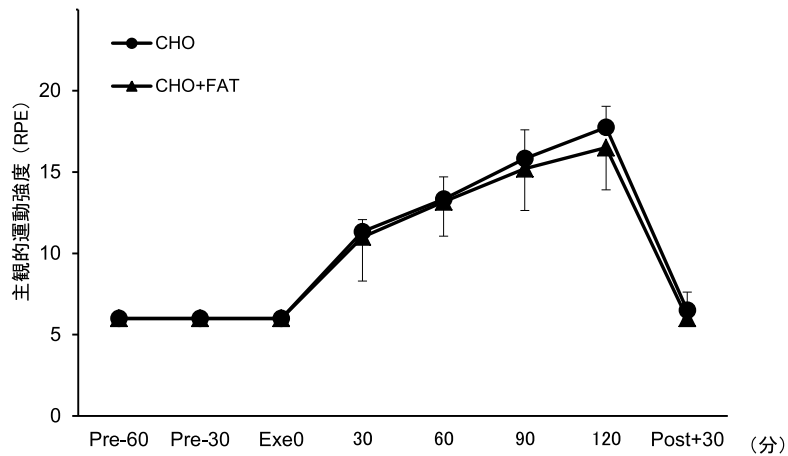


図6 主観的運動強度

n=6 ただし疲労困憊のため、CHO: Exe120 n=4, CHO+FAT: Exe90 n=5, Exe120 n=4  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT *N.S*

## 6. 呼吸比

呼吸比の変化を図7に示した。CHO、CHO + FATともに試験食摂取後から Exe30まで呼吸商は緩やかな上昇がみられ、その後は徐々に低下した。Pre-30、Exe0でCHOと比較しCHO + FATが有意に低い値を示した ( $p < 0.05$ )。

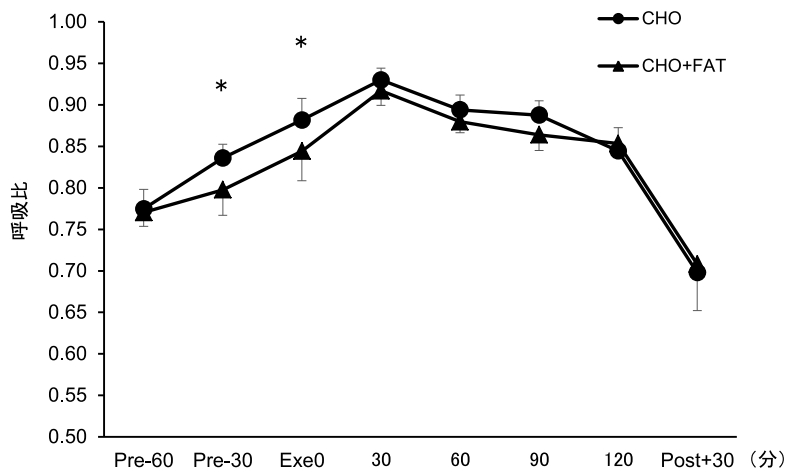


図7 呼吸比

n=6 ただし疲労困憊のため、CHO: Exe120 n=4, CHO+FAT: Exe90 n=5, Exe120 n=4  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT \*:  $p < 0.05$

## 7. 糖質利用率

糖質利用率の変化を図8に示した。試験食摂取前は両試験食とも24%程度の糖質利用で、脂質を主なエネルギー源としていたが、試験食摂取後はともに糖質利用率が増加した。Exe30 (CHO:  $78.0 \pm 5.5\%$ 、CHO + FAT:  $73.6 \pm 6.7\%$ ) をピークに、その後、糖質利用率は徐々に低下した。運動終了後には、運動中の酸素負債解消のため酸素摂取量が増加し、呼吸比は大きく減少し(両試験食とも0.7程度)、糖質利用率は0%未満の低値を示した。

試験食間の比較では、Pre-30 から Exe90 まで有意に CHO + FAT が低値を示した ( $p < 0.05$ )。

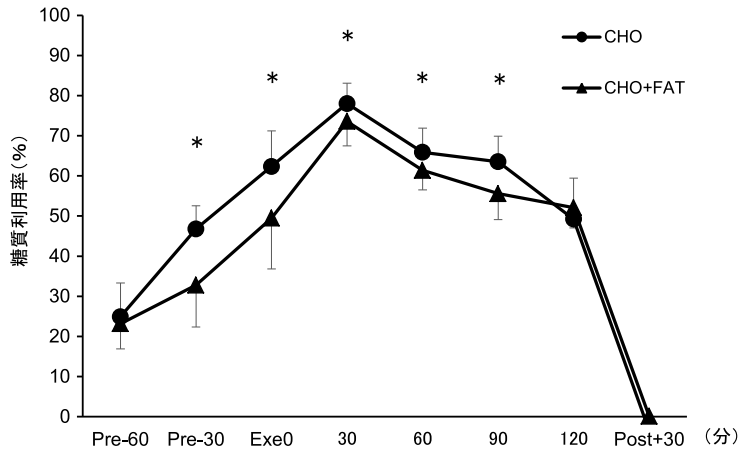


図8 糖質利用率

n=6 ただし疲労困憊のため、CHO: Exe120 n=4, CHO+FAT: Exe90 n=5, Exe120 n=4  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT \*:  $p < 0.05$

## 8. エネルギー基質利用率

運動中(最長120分)の糖質と脂質のエネルギー利用率を図9に示した。糖質のエネルギー利用率はCHOで  $74.5 \pm 7.1\%$ 、CHO + FATで  $70.0 \pm 7.1\%$  と CHO + FAT が有意に低く ( $p < 0.05$ )、また脂質利用率はCHOで  $25.6 \pm 6.5\%$ 、CHO + FATで  $30.1 \pm 6.5\%$  で CHO + FAT が有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。

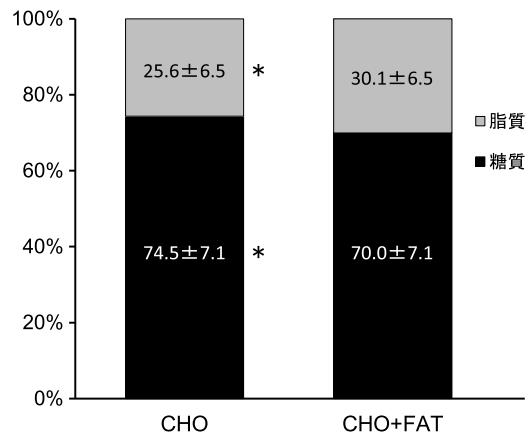


図9 運動中のエネルギー基質利用率

n=6  
平均±標準偏差  
CHO vs CHO+FAT \*:  $p < 0.05$

#### IV. 考察

一般に、運動前には糖質を多く含む食品を摂取することが推奨され、また脂質の多い食品は避けるべきであるとされているが（小林ら、2001、樋口ら、2007）、吸収の遅い糖質性食品を推奨している研究（Thomas ら、1991）などもあり、持久性運動前に摂取すべき食品の栄養組成については、統一した見解が得られたとは言いがたい。そこで我々は、持久性運動前の補食として、どのような食品が適しているのかを明らかにするために、糖質に脂質を加えた食品を用いて本研究を行った。

運動継続時間（図2）はCHOとCHO + FATで差はなく、本研究の持久性運動である60%  $\dot{V}O_2\text{max}$  においては、脂質摂取の持久性運動能力への影響はみられなかった。本研究の摂取栄養量および運動条件においては、糖質性食品に脂質を加えても、持久性運動能力を向上/低下させることはなかった。なお、運動中のエネルギー消費量（図3）と心拍数（図5）は試験食間に差はなく、両試験食の試行において同等の負荷量で運動が行われ、適正に運動が実施されたことが確認できた。

血糖値は、両試験食とも摂取後に上昇し、CHOではPre-30（試験食摂取30分後）で、CHO + FATではExe0（同60分後）で最も高い値を示した。Pre-30ではCHO + FATの血糖値はCHOに比べ有意に低い値を示したが、これはCHO + FATに含まれた約18gの脂質摂取による糖質の吸収遅延が原因と考えられた。血糖値の上昇・下降の速度、すなわち糖質の吸収速度を表す指標にGlycemic Index（血糖上昇反応指数）がある（Jenkins ら、1981）。脂質は糖質の吸収を遅くし、すなわち脂質と糖質を一緒に含む食品は低Glycemic Indexの食品とされる（Atkinson ら、2008）。いくつかの先行研究（Thomas ら、1991、Wu ら、2006）では、低Glycemic Indexの食品の摂取は運動中の継続した血糖の供給を可能とし、また脂肪分解を抑制しないことで、持久性運動能力を向上させると報告している。運動前の食事摂取と持久性運動能力との関係を検討した研究をreviewしBurke らがまとめたアスリートの糖質摂取のガイドラインでは（2011）、運動中に糖質摂取ができない場合には、低Glycemic Indexの食品、すなわち糖質の吸収が遅い食品を選択すると、持続したエネルギー供給が可能となるかもしれないと奨めている。本研究のCHO + FATは脂質を含み、糖質の吸収が遅い食品であり、前述の先行研究の試験食（Thomas ら、1991、Wu ら、2006）やアスリートの糖質摂取ガイドライン（Burke ら、2011）で示された低Glycemic Index食品と同様の効果が期待できる食品であった。

本研究においては、運動中の血糖値に試験食間で有意な差はみられず、脂質摂取による運動中の継続的な血糖供給は確認できなかった。しかし運動前のCHO + FATの血糖値の低さから、糖質に加えた脂質の摂取によってインスリン分泌が低く抑えられたと考えられ、その影響として、糖質のエネルギー利用が減少した可能性が示唆された。呼吸比（図7）は、Pre-30とExe0で有意にCHO + FATが低い値を示し、前述の通り、脂質摂取の影響により糖質のエネルギー代謝が

抑えられたためと考えられた。Exe30以降は呼吸比に試験食間で差はなかったが、呼吸比から求めた糖質利用率は、Pre-30からExe90までCHO + FATで有意に低値となり、脂質摂取により糖質の利用が抑えられ、脂質のエネルギー利用が増加したと考えられた。

本研究の被験者は運動習慣のない者であったが、同様の結果は、競技者を対象とした先行研究でも報告されている。すなわち、Thomasら(1991)やDeMarcoら(1999)はいずれも、よく訓練された自転車競技選手を対象にした研究において、吸収が遅い糖質(低Glycemic Indexの糖質性食品)の運動前の摂取は、吸収が速い糖質(高Glycemic Indexの糖質性食品)に比べ血糖値が低く抑えられ、高血糖と高インスリン分泌による脂肪分解抑制の程度が減少したことから、持久性運動前の摂取に適していると報告している。Wuら(2006)は、レクリエーションランナーを対象とした研究で、低Glycemic Indexの糖質性食品の運動前の摂取が運動継続時間を延長させたことを報告している。これらのことから、トレーニングの程度に違いがあっても、脂質など吸収を遅くする成分を含む糖質性食品の運動前の摂取は、持久性運動能力を向上させる可能性があると考えられた。

東田ら(2015)やMillerら(1984)は、脂質食摂取は糖質食摂取に比べて運動中の糖質消費量を減少させ、脂質代謝を亢進することを報告している。本研究では、糖質と脂質の両方を含む食品をCHO + FATとして用いたが、前述先行研究(東田ら、2015、Millerら、1984)と同様に、脂質摂取により脂質代謝が亢進された可能性も考えられた。

肝臓および筋グリコーゲンの減少・枯渇は、運動の継続を制限する要因であるが、本研究のCHO + FAT摂取で示唆された糖質のエネルギー利用の抑制および脂質のエネルギー利用の増加は、グリコーゲン消費を減少させ、運動継続時間を延長させる効果があると考えられる。本研究は運動の継続を最長120分としたため、6被験者各2試行(12試行)のうち、8試行で運動が120分間継続された。さらに長く運動を継続させた場合には、糖質と共に摂取した脂質のグリコーゲン消費減少効果、すなわちグリコーゲン節約効果として、CHO + FATの運動継続時間がCHOより延長する可能性が示唆され、持久性運動能力の向上が確認されたかもしれない。

RPE(図6)は、両試験食とも運動開始後から徐々に値が上昇し、運動終了まで疲労度が増したことがわかった。RPEは両試験食で運動中ほぼ同じ値を示し、脂質摂取が運動中の疲労感を増加/軽減する効果はみられなかった。

以上のように、運動前に摂取する糖質性食品に加えた脂質が、脂質のエネルギー代謝を増加させ、グリコーゲン消費を抑え、持久性運動を長く継続させる要素となり得ることが明らかとなった。本研究において持久性運動の継続時間に差はなく、60%  $\dot{V}O_2\max$ の運動強度での120分程度の運動では、脂質を加えた糖質性食品の運動前の摂取が持久性運動能力を向上させる効果は確認できなかったものの、同食品摂取が持久性運動能力を低下させることもなかったことから、日常の競技トレーニング(部活動)などで行う2時間程度の持久性運動においては、運動前の補食と

して、脂質の少ない食品を積極的に選択する重要性は低いと考えられた。さらに120分より長い持久性運動を行う場合やより高強度の持久性運動を行う競技レベルが高い対象者の場合には、グリコーゲン節約効果を期待し、糖質とともに脂質を含む食品を運動前の補食として選択する意義があると考えられた。

本研究の試験食のCHOは、一般的にアスリートが運動前の補食としてとることが多いにぎり飯を想定し（炭水化物：72.2g、にぎり飯2個分）摂取した。一方、CHO + FATは菓子パンを想定して（炭水化物：72.5g、脂質：17.7g、チョコレートクリームパン150g約2個分）摂取した。その嗜好性により菓子パンは若年アスリートにおいては摂取が多い食品のひとつと考えられるが、菓子パンは脂質が多く高エネルギーであるものが多いため、ウエイトコントロールが必要なアスリートには不向きな食品と考えられ、日常的な摂取は控えるべきであるとされる。しかしながら、本研究の結果からは、脂質を多く含む菓子パンの運動前の補食としての摂取は持久性運動能力を低下させず、またグリコーゲン消費が多い長時間の持久性運動前にはより適した食品である可能性も示唆された。また菓子パンは個包装であり携帯性がよく衛生面にも優れること、また、コンビニエンスストアなど購入できる場所が多く利便性が高いこともあり、持久性競技アスリートの運動前の補食として菓子パンの利用を積極的に考えてよいと考えられた。

菓子パンは脂質を多く含む分、エネルギー量が高いことから、摂取量によってはエネルギーの過剰摂取となる可能性があり、長期的な栄養管理を考えた場合には体重の増加につながり、運動能力の低下を引き起こしかねない。本研究の結果から、菓子パンは運動前の補食として有効に利用できる可能性が考えられるが、その摂取量や摂取頻度は、運動量や食事全体のエネルギーおよび栄養量を考慮して、判断されるべきであろう。

従来、運動前に摂取する補食として、脂質の少ない糖質性食品が推奨されているが、本研究の結果からは、中強度の2時間程度の持久性運動においては、脂質を加えた糖質性食品の摂取でも持久性運動能力は低下することがなく、また糖質のエネルギー利用を抑える効果がみられたことから、より長い持久性運動前の補食には、糖質だけでなく脂質を含む食品の選択がより適している可能性が示唆された。しかし、本研究においては被験者数が少なく、明確な結果が得られたとはいえない。被験者数を増やして、さらに検討をする必要がある。また先行研究においては、吸収が遅い糖質性食品を摂取した後の持久性運動能力については、一貫した結果が得られていないことから（Fabbraioら、2000、Wongら、2009）、運動強度や栄養組成などの条件を変えて、さらに検討をする重要性が示唆された。

## 参考文献

- Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC, 2008. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 31: 2281-2283.
- Borg GA, 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14: 377-381.
- Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE, 2011. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29 Suppl :S17-27.
- DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, Butterfield GE, 1999. Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc* 31: 164-170.
- Febbraio MA, Keenan J, Angus DJ, Campbell SE, Garnham AP, 2000. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J Appl Physiol* 89: 1845-1851.
- 東田一彦, 園生智広, 藤本恵理, 樋口満, 2015. 異なる脂質含量の食餌がラットの骨格筋ミトコンドリア酵素活性および持久性運動パフォーマンスに及ぼす影響. *早稲田大学スポーツ科学研究* 12 : 137-144.
- 樋口満, 2010. 新版コンディショニングのスポーツ栄養学. 市村出版.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV, 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366.
- 小林修平編著, 2001. アスリートのための栄養・食事ガイド. 第一出版, pp.44-45.
- Miller WC, Bryce GR, Conlee RK, 1984. Adaptations to a high-fat diet that increase exercise endurance in male rats. *J Appl Physiol* 57: 78-83.
- 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会, 2010. 日本食品標準成分表 2010.
- 西堀すき江, 白崎友美, 山本由喜子, 2011. 女子ソフトボール部と男子野球部両強化選手の食物摂取状況について. *東海学園大学研究紀要* 19, pp.67-84.
- 日本体育協会, 2002. 夏のトレーニングガイドブック. 日本体育協会, pp.28.
- Thomas DE, Brotherhood JR, Brand JC, 1991. Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int J Sports Med* 12: 180-186.
- Weir JB, 1949. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109: 1-9.
- Wong SH, Chan OW, Chen YJ, Hu HL, Lam CW, Chung PK, 2009. Effect of preexercise glycemic-index meal on running when CHO-electrolyte solution is consumed during exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19: 222-242.
- Wu CL, Williams C, 2006. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 16: 510-27.
- Zuntz N, 1901. Oder die Bedeutung der verschiedenen Nahrungstoffe als Erzeuger der Muskelkraft. *Arch Gesamte Physiol Bonn Germany*. LXXXIII: pp.557-571.