

原著

# 運動後のホワイトチョコレートの摂取がマウスの摂食行動およびグリコーゲン回復に及ぼす影響

近藤 早希<sup>\*1</sup>、青山 敏明<sup>\*2</sup>、大関 正直<sup>\*2</sup>、深澤 歩<sup>\*1</sup>、寺田 新<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻生命環境科学系、

<sup>\*2</sup> 大東カカオ株式会社研究開発部

## 【目的】

糖質と牛乳の混合物の摂取は、インスリン分泌を促進し、運動後の筋グリコーゲンの回復を高めることが報告されている。本研究では、牛乳と類似した成分である、糖質、脂質および乳固形分を含んだホワイトチョコレートを運動後のマウスに自由摂取させ、摂食行動ならびに筋グリコーゲン回復に及ぼす影響について検討することを目的とした。

## 【方法】

10週齢の雄性C57BL/6Jマウスに30分間の走行運動を行わせた後、角砂糖（Sugar群）もしくはホワイトチョコレート（W-choco群）のいずれかを自由摂取させた。4時間の回復終了後、前脛骨筋を摘出し、筋グリコーゲン濃度の測定を行った。また、心臓から採血を行い、血清インスリン濃度を測定した。

## 【結果】

自由摂取条件下における摂食量は、Sugar群と比較してW-choco群で有意に高い値を示したが、糖質摂取量には両群間で差が認められなかった。また、回復後の筋グリコーゲン濃度は、Sugar群に比べてW-choco群で有意に高値を示し、さらに、血清インスリン濃度もW-choco群において有意に高い値を示した。

## 【結論】

運動後のホワイトチョコレートの摂取は、糖質のみを摂取した場合に比べて食欲を低下させることなく、より多くのエネルギー補給を可能とし、さらにインスリン分泌を増強することで筋グリコーゲン回復を促進する可能性が示唆された。

キーワード：ホワイトチョコレート 摂食量 グリコーゲン インスリン マウス

## I 緒言

運動中のエネルギー源は主に糖質および脂質である。糖質は骨格筋や肝臓にグリコーゲンとして貯蔵されており、体内で多量に貯蔵されている脂質に比べ、その量には限りがある。そのため、糖質が主なエネルギー基質として使用される中・高強度運動では、グリコーゲンの減少および枯渇がパフォーマンスの低下や疲労の原因のひとつとなる<sup>1)</sup>。また、実際のスポーツ現場では1日のうちに試合やトレーニングが繰り返されることが多い。そのような状況においても、グリコーゲンが徐々に減少していくことにより、パフォーマンスやトレーニングの質が低下すると考えられる。したがって、運動により減少したグリコーゲンを、次の試合やトレーニングに向けて、できる限り早く元の状態に回復させることが重要となる。

運動後、骨格筋および肝臓のグリコーゲンを速やかに回復させるための効果的な栄養補給法は、これまでに数多く報告されており、運動終了後できるだけ早い時間帯に、体重1 kgあたり1.0~1.2 gの糖質を摂取することが推奨されている<sup>2),3)</sup>。また、糖質だけでなく、たんぱく質もしくは脂質と同時摂取することにより、糖質のみを単独で摂取した場合に比べ、グリコーゲン合成を活性化する作用を持つインスリンの分泌量が顕著に増加し、運動後の筋グリコーゲンの回復が促進されることが報告されている<sup>4),5)</sup>。

以上の先行研究の結果から、糖質とたんぱく質、さらには脂質も同時に摂取することができれば、インス

リン分泌に対する相乗効果が得られ、運動後のグリコーゲン回復がさらに促進できる可能性が考えられる。そのような糖質、たんぱく質および脂質を同時に摂取できる食品として、牛乳が挙げられる。最近、稲井ら<sup>6)</sup>は、牛乳と糖質の混合物を摂取することにより、糖質を単体で摂取した場合に比べて、インスリン分泌促進効果が得られること、さらには運動後のマウスにおける筋および肝グリコーゲンの回復が高まることを報告している。この結果は、糖質・牛乳の混合物摂取が運動後のグリコーゲン回復を促進するうえで有効な栄養補給法である可能性を示している。

しかしながら、暑熱環境下で行われるスポーツ現場においては、牛乳を冷蔵保存したまま持ち運ぶことが困難な場合もある。そこで、この問題点をふまえ、牛乳のように糖質、たんぱく質および脂質を同時に摂取できる他の食品として、ホワイトチョコレートに着目した。ホワイトチョコレートには、砂糖、ココアバターに加え、乳固形分（乳脂肪、たんぱく質、炭水化物、ビタミン、ミネラルなど）が含まれることから、牛乳と同様に、インスリン分泌を亢進し、運動後の筋および肝グリコーゲン回復を促進するうえで効果的である可能性が高い。また、最近では、耐熱性を有したホワイトチョコレートも開発されていることから、携行性にも優れた運動後の補食としてスポーツ現場での活用が期待されている。そこで、本研究では、実験動物（マウス）を対象として、ホワイトチョコレートの摂取が運動後のグリコーゲン回復に及ぼす影響について検討することを第一の目的とした。

ところで、一過性の運動直後に食事を自由摂取させた場合のエネルギー摂取量は、安静状態と比較して約150~200 kcal減少することが報告されている<sup>7,8)</sup>。したがって、運動後には、一時的に食欲が低下し、疲労回復のための十分な量の食事やエネルギーを摂取できない可能性が高い。一方、実験動物を対象とした先行研究において、脂質と糖質の同時摂取は、糖質を単体で摂取するよりも有意に摂食量を増加させることが明らかとなっている<sup>9)</sup>。したがって、運動後にホワイトチョコレートを摂取することで、このような運動誘発性の食欲低下を抑制し、糖質のみを摂取した場合に比べて、より多くのエネルギーを補給できる可能性も考えられる。そこで、本研究では、運動後にホワイトチョコレートを自由摂取させた場合の摂食行動について、糖質のみを摂取した場合と比較検討することを第二の目的とした。

## II 方法

### 1. 実験動物および飼育条件

実験動物として、8週齢の雄性C57BL/6Jマウス28匹を日本クレア株式会社より購入した。マウスは室温

23±2℃、暗期を7~19時に設定した飼育室において、専用ケージで1匹ずつ飼育した。新たな飼育環境に慣れさせるため、実験までに1週間の予備飼育期間を設けた。飼育期間には、飼料として市販の固形飼料（CE-2、日本クレア株式会社）と飲料として水道水を自由摂取させた。なお、本研究における動物実験は、東京大学大学院総合文化研究科・教養学部実験動物委員会の承認を得て行われた（承認番号28-9）。

### 2. 実験プロトコル

本実験にて30分間の走行運動を実施できるように、実験実施日の6日前より5日間、すべてのマウスに対してトレッドミル（MK-680、室町機械株式会社）を用いた走行運動を行わせた。プロトコルは先行研究に従い<sup>6)</sup>、速度15 m/minの走行運動を1日目および2日目は5分間、3日目は10分間、4日目は15分間、5日目は20分間行わせた。なお、この5日間の予備走行運動の影響が実験当日まで残らないように、実験前日は走行運動を行わせなかった。

実験前日の19時に固形飼料を取り除き、一晩（17時間）の絶食を行った。実験当日にマウスを1）運動直後に角砂糖を摂取させる群（Sugar群：n = 11）、2）同じく運動直後にホワイトチョコレート（PFC比（エネルギー比）= 5 : 59 : 36、1gあたり5.97 kcal：大東カカオ株式会社）を摂取させる群（W-choco群：n = 12）、および3）運動直後に解剖を行う群（Post群：n = 5）の3群に無作為に分けた。これら3群のマウスに対しては15 m/minの速度で30分間の走行運動を行わせた。

運動終了直後にSugar群とW-choco群は速やかにケージに戻し、それぞれ角砂糖とホワイトチョコレートを2時間および4時間自由摂取させた。自由摂取開始時（運動終了直後）に与えた角砂糖およびホワイトチョコレートの重量から、2時間および4時間自由摂取させたあとの残量を差し引き、摂食量とした。なお、一般的なミルクチョコレートにも、ホワイトチョコレートと同様の成分が含まれているが、ミルクチョコレートにはカカオマスが含まれ、その中のカフェインやポリフェノールといった特殊な成分が、摂食行動ならびにグリコーゲン回復に対してどのような影響を及ぼすか不明であったため、本研究ではカカオマスが含まれていないホワイトチョコレートを使用することとした。

### 3. サンプルの採取および保存

Post群については30分間の走行運動終了直後に解剖を行った。Sugar群とW-choco群については30分間の走行運動終了から2時間および4時間自由摂取させた後、解剖を行った。解剖はイソフルランによる完全麻酔下で行った。尾部圧迫による反射が見られないこと

表 1 運動終了直後から 2 時間および 4 時間自由摂取させた際の摂食量および糖質摂取量

	回復 2 時間		回復 4 時間	
	Sugar	W-choco	Sugar	W-choco
摂食量 (g)	0.35 ± 0.04	0.57 ± 0.04 **	0.47 ± 0.04	1.07 ± 0.04 ***
糖質摂取量 (g)	0.35 ± 0.04	0.31 ± 0.02	0.47 ± 0.04	0.58 ± 0.02

Sugar : 角砂糖摂取群、W-choco : ホワイトチョコレート摂取群

数値は全て平均 ± 標準誤差で表した。n = 5 ~ 6

\*\*\* p < 0.001、\*\* p < 0.01 vs. 同時間帯の Sugar 群

を確認したあと、開腹し、心臓から採血を行った。採取した血液を6,000 rpmで10分間遠心分離することで血清を得た。続けて、速やかに前頸骨筋を摘出し、直ちに液体窒素で凍結した。筋サンプルの摘出後に肝臓を摘出し、同様に液体窒素で凍結した。血清および骨格筋、肝臓サンプルは分析まで-80℃の超低温フリーザーにて保存した。

#### 4. 分析方法

血清グルコース濃度は、グルコースCII-テストワコー（和光純薬工業株式会社）を用いて測定した。血清インスリン濃度は、Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kitを用いて測定した（Mouse Insulin ELISA, Mercodia Inc）。前脛骨筋および肝臓のグリコーゲン濃度は、Lowry & Passonneau<sup>10</sup>の方法に基づいて分析した。前脛骨筋は、走行運動において主に動員される骨格筋であり、また、マウスを対象として運動後の筋グリコーゲン回復を検討した先行研究<sup>6</sup>でも用いられていることから、本研究でも同様の部位を対象として分析を行うこととした。

#### 5. 統計処理

本研究のデータはすべて平均値 ± 標準誤差で示した。同時間帯における群間の比較には、Student's t検定を用いた。本検定はExcel統計2015（株式会社社会情報サービス社）を用いて行い、危険率5%未満をもって有意とした。

### III 結果

#### 1. 自由摂取条件下における摂食量および糖質摂取量

30分間の走行運動直後から、2時間および4時間の自由摂取条件下における摂食量を表1に示した。2時間および4時間自由摂取させた場合の摂食量は、いずれにおいてもSugar群に比べてW-choco群で有意に高い値を示した（回復2時間後；p = 0.006、回復4時間後；p < 0.001）。

ホワイトチョコレートに含まれる糖質の割合は54%（重量比）であるため、摂食量の結果から糖質摂取量

を算出した。その結果、2時間および4時間自由摂取させた場合の糖質摂取量は、いずれの回復期においてもSugar群とW-choco群の間に有意な差は認められなかった。また、W-choco群における脂質摂取量は、2時間および4時間自由摂取させた場合でそれぞれ0.22 ± 0.01 g、0.42 ± 0.02 gであった。

#### 2. 筋グリコーゲン濃度

Post群の前脛骨筋におけるグリコーゲン濃度は、9.7 ± 0.7 μmol/g湿重量であった。運動終了直後から回復2時間後の筋グリコーゲン濃度は、Sugar群とW-choco群の間に有意な差は認められなかった。一方、回復4時間後では、Sugar群に比べてW-choco群で有意に高い値を示した（p = 0.038、図1）。

#### 3. 肝グリコーゲン濃度

Post群における肝グリコーゲン濃度は、3.2 ± 0.7 μmol/g湿重量であった。回復2時間後および4時間後いずれにおいても、肝グリコーゲン濃度は大きく増加していたが、Sugar群とW-choco群の間に有意な差は認められなかった（図2）。

#### 4. 血清グルコースおよびインスリン濃度

Post群の血清グルコース濃度は、98.7 ± 5.0 mg/dLであった。回復2時間後および回復4時間後いずれにおいても、Sugar群とW-choco群の間に有意な差は認められなかった（図3-A）。

Post群の血清インスリン濃度は、0.20 ± 0.02 μg/Lであった。回復2時間後では、Sugar群とW-choco群の血清インスリン濃度の間に有意な差は認められなかった。一方、回復4時間後では、Sugar群に比べてW-choco群において有意に高い値を示した（p = 0.014、図3-B）。

### IV 考察

本研究では、運動後のマウスに、角砂糖もしくはホワイトチョコレートを自由摂取させた場合における摂食行動ならびにグリコーゲン回復に及ぼす影響につい

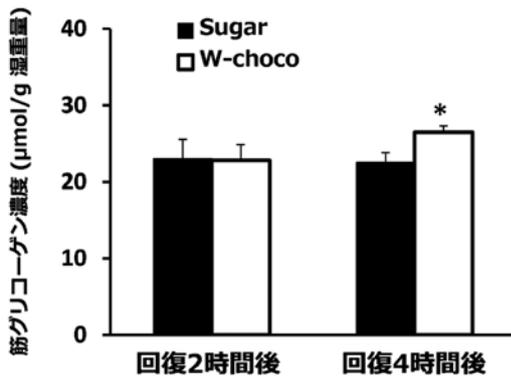


図1 運動終了直後から2時間および4時間自由摂取させた場合の筋グリコーゲン濃度

Sugar：角砂糖摂取群、W-choco：ホワイトチョコレート摂取群

数値は全て平均±標準誤差で表した。n=5~6

\*p < 0.05 vs. 同時間帯の Sugar 群

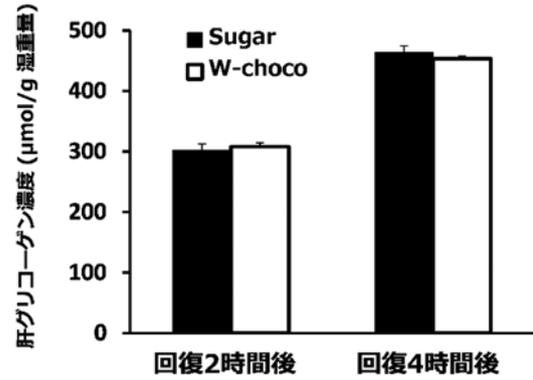


図2 運動終了直後から2時間および4時間自由摂取させた場合の肝グリコーゲン濃度

Sugar：角砂糖摂取群、W-choco：ホワイトチョコレート摂取群

数値は全て平均±標準誤差で表した。n=5~6

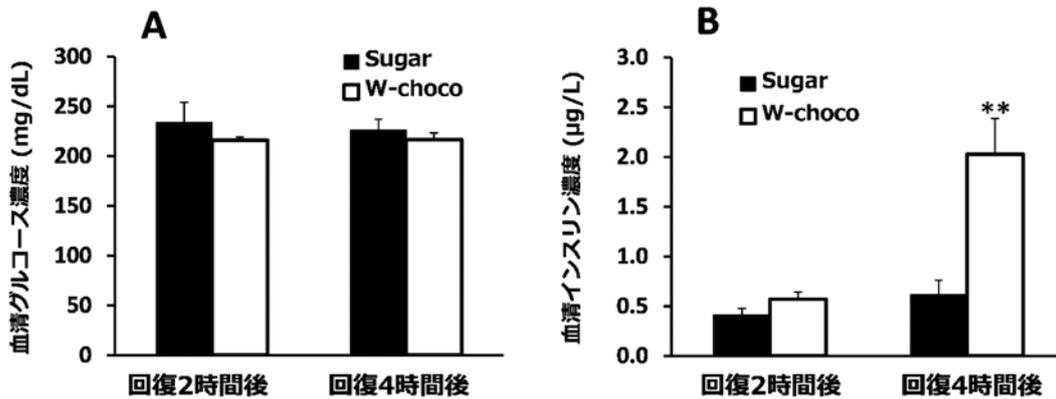


図3 運動終了直後から2時間および4時間自由摂取させた場合の血清グルコース濃度 (A) および血清インスリン濃度 (B)

Sugar：角砂糖摂取群、W-choco：ホワイトチョコレート摂取群

数値は全て平均±標準誤差で表した。n=5~6

\*\*p < 0.01 vs. 同時間帯の Sugar 群

て検討を行った。その結果、角砂糖に比べてホワイトチョコレートを摂取することにより、1) マウスの食欲が減退することなく、多くのエネルギー摂取が可能であること、さらに、2) インスリン分泌が増強され、マウスの骨格筋におけるグリコーゲンの回復が促進される、という2点が明らかになった。

一過性の運動直後に食事を自由摂取させた場合、エネルギー摂取量は安静状態と比較して約150~200 kcal減少することが報告されている<sup>7),8)</sup>。したがって、アスリートにおいても運動後には食欲が低下し、

その後の試合や運動時に必要とされるエネルギー量を摂取できない可能性が高いと考えられる。本研究では、運動後にホワイトチョコレートおよび角砂糖を自由摂取させた際の摂食量は、2時間および4時間いずれにおいても、ホワイトチョコレートを摂取したW-choco群で有意に高い値を示した(表1)。この結果は、ホワイトチョコレートの摂取が、運動後において食欲の減退を引き起こすことなく、より多くのエネルギー補給を行ううえで有効である可能性を示唆している。

W-choco群で摂食量が高値を示した理由としては、ホワイトチョコレートに含まれる脂質が関係していると考えられる。摂食行動の調節にはドーパミンや $\beta$ エンドルフィンと呼ばれる脳内物質が関与していることが知られている<sup>11)</sup>。脂質を摂取すると、脳内におけるこれらの濃度が急激に上昇することが明らかになっている<sup>12),13)</sup>。実際、先行研究においても、マウスは糖質に比べて脂質に対する強い嗜好性を有していること<sup>14)</sup>や、脂質と糖質の同時摂取は、糖質を単体で摂取するよりも摂食量を増加させることが報告されている<sup>9)</sup>。したがって、本研究においても、ホワイトチョコレートに含まれる脂質が、ドーパミンや $\beta$ エンドルフィンの分泌を介して運動直後のマウスの食欲を刺激し、摂食行動を促していたと考えられる。

図1に示すように、ホワイトチョコレートを4時間自由摂取させたW-choco群において、Sugar群よりも筋グリコーゲン濃度が有意に高い値を示した。このことは、運動後の筋グリコーゲン回復を促進するうえで、ホワイトチョコレートの摂取が効果的である可能性を示している。さらに、回復4時間における糖質摂取量には、Sugar群とW-choco群の間に有意な差が認められていなかった(表1)。したがって、ホワイトチョコレートの摂取によるグリコーゲン回復促進効果には、糖質摂取量以外の要因が関与していると考えられる。筋グリコーゲン濃度の回復促進効果が認められた回復4時間後のW-choco群においては、血清インスリン濃度が有意に高値を示していた(図3-B)。インスリンは、骨格筋細胞内への血糖取り込みを促進させる効果や、グリコーゲン合成酵素を活性化させる作用を持つ。したがって、回復4時間後のW-choco群において認められた筋グリコーゲンの回復促進効果は、インスリン分泌の亢進が関与している可能性が考えられる。

表1および図3に示すように、回復4時間目の糖質摂取量、さらには血清グルコース濃度には両群間で有意な差が認められなかった。したがって、W-choco群で認められたインスリン分泌の増加は、これら以外の要因が関与していると考えられる。先行研究においても、糖質だけでなく、たんぱく質もしくは脂質と同時摂取することにより、糖質のみを単独で摂取した場合に比べ、インスリンの分泌が顕著に高まることが報告されている<sup>4),5)</sup>。このような、糖質とたんぱく質、および糖質と脂質の同時摂取によるインスリン分泌増強効果には、Glucose-dependent insulintropic polypeptide (GIP) やGlucagon-like peptide-1 (GLP-1) と呼ばれる消化管ホルモンの分泌が関与していると考えられている。これらは、食事の摂取に伴い、小腸のK細胞およびL細胞から分泌されるホルモンであり、高血糖時において膵臓からのインスリン分泌を増加させる働きを持つことが知られている<sup>15)</sup>。稲井らは、糖質

と牛乳の混合物をマウスに投与した場合、血漿GIP濃度および血漿インスリン濃度の顕著な増加が生じ、さらに両者の間には高い正の相関関係が認められることを報告しており、糖質と牛乳によるインスリン分泌増強効果が消化管ホルモンによるものである可能性を示唆している<sup>6)</sup>。本研究では、GIPおよびGLP-1濃度の分析は行っていないものの、先行研究と類似した組成である、糖質と脂質および乳固形分を含んだホワイトチョコレートを摂取させていることから、GIPもしくはGLP-1によりインスリン分泌が増加し、筋グリコーゲンの回復が促進されていた可能性が考えられる。

本研究では、糖質摂取量は両群で同等であったものの、Sugar群に比べてW-choco群で摂食量は有意に高い値を示していた(表1)。したがって、W-choco群では、糖質以外の成分(たんぱく質および脂質)を多く摂取していたことになる。これらは直接グリコーゲンの材料とはならないものの、その分解物であるアミノ酸やグリセロールは、糖新生によってグルコースに変換されることが知られている。したがって、W-choco群では、Sugar群よりもグリコーゲン合成のために利用できる基質の量が多かったという可能性も考えられる。しかしながら、糖質とたんぱく質の同時摂取による筋グリコーゲン回復促進効果について検討した先行研究においては、たんぱく質から糖新生によって生成されたグルコースが筋グリコーゲン回復に利用されている可能性は低いと報告されていることから<sup>4),16)</sup>、W-choco群において糖新生が起こっていた可能性は低かったと考えられる。本研究では、マウスの摂食行動についても検討するため自由摂取条件下にて研究を実施したが、今後の研究においては、エネルギー摂取量を合わせた場合の効果を比較検討する必要があると思われる。

稲井ら<sup>6)</sup>の研究では、運動後のマウスに対して、糖質を単独で摂取させた場合に比べて糖質と牛乳の混合物を摂取させることで、肝グリコーゲンの回復が促進されたのに対し、本研究では回復2時間および4時間後いずれにおいても、Sugar群とW-choco群の間で肝グリコーゲン濃度に有意な差は認められなかった(図2)。肝グリコーゲン回復に対して異なる結果が得られた原因は現時点では不明であるが、体重1 gあたり2 mgのグルコースを摂取させていた稲井らの研究<sup>6)</sup>よりも、本研究ではより多くの糖質を摂取しており、肝グリコーゲン濃度も大きな値を示していた。したがって、肝臓においてはすでに十分なグリコーゲン回復効果が得られており、その結果、Sugar群とW-choco群の間で差が認められなかった可能性が考えられる。

## V 結論

運動後に糖質と脂質および乳固形分を含んだホワイトチョコレートを摂取することにより、糖質のみを摂取した場合に比べて食欲が低下することなく、より多くのエネルギー補給が可能となり、さらにインスリン分泌が高まることで筋グリコーゲンの回復を促進する可能性が示唆された。

## 利益相反

青山敏明および大関正直は、大東カカオ株式会社の役員および顧問職である。なお、サンプルの分析およびデータ解析には大東カカオ株式会社の関係者が関与していないことを申告する。

## 文 献

- 1) Holloszy, J.O., Kohrt, W.M., Hansen, P.A.: The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise, *Front. Biosci.*, 3, D1011-D1027 (1998)
- 2) Ivy, J.L., Katz, A.L., Cutler, C.L., et al.: Muscle glycogen synthesis after exercise : effect of time of carbohydrate ingestion, *J. Appl. Physiol.*, 64, 1480-1485 (1988)
- 3) Jentjens, R., Jeukendrup, A.: Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery, *Sports. Med.*, 33, 117-144 (2003)
- 4) Zawadzki, K.M., Yaspelkis III, B.B., Ivy, J.L.: Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise, *J. Appl. Physiol.*, 72, 1854-1859 (1992)
- 5) 寺田新：脂質による消化管ホルモン分泌作用を活用した新たな筋グリコーゲン回復法の開発, *デサントスポーツ科学*, 36, 61-67 (2015)
- 6) 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)
- 7) Kojima, C., Ishibashi, A., Ebi, K., et al.: The Effect of a 20 km Run on Appetite Regulation in Long Distance Runners, *Nutrients*, 8, 672 (2016)
- 8) Ueda, S.Y., Yoshikawa, T., Katsura, Y., et al.: Comparable effects of moderate intensity exercise on changes in anorectic gut hormone levels and energy intake to high intensity exercise, *J. Endocrinol.*, 203, 357-364 (2009)
- 9) Tenk, C.M., Felfeli T.: Sucrose and fat content significantly affects palatable food consumption in adolescent male and female rats, *Appetite*, 118, 49-59(2017)
- 10) Lowry, O.H., Passonneau J.V.: A flexible system of enzymatic analysis, pp.189-193 (1972), Academic Press, New York
- 11) 山本隆：おいしさと食行動における脳内物質の役割, *日本顎口腔機能学会雑誌*, 18, 107-114 (2012)
- 12) Adachi, S., Endo, Y., Mizushige, T., et al.: Increased levels of extracellular dopamine in the nucleus accumbens and amygdala of rats by ingesting a low concentration of a long-chain Fatty Acid, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 77, 2175-2180 (2013)
- 13) Mizushige, T., Saitoh, K., Manabe, Y., et al.: Preference for dietary fat induced by release of beta-endorphin in rats, *Life. Sci.*, 84, 760-765 (2009)
- 14) 伏木享：おいしさのバイオサイエンス-2 油脂とおいしさ, *化学と生物*, 45, 488-494 (2007)
- 15) Kim, W., Egan, J.M.: The role of incretins in glucose homeostasis and diabetes treatment, *Pharmacol. Rev.*, 60, 470-512 (2008)
- 16) van Loon L.J., Saris W.H., Kruijshoop M., et al.: Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis : carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures, *Am. J. Clin. Nutr.*, 72, 106-111 (2000)

(受付日：2017年10月12日)  
(採択日：2017年11月21日)

Original Article

# Effects of postexercise white chocolate intake on feeding behavior and muscle glycogen resynthesis in mice

Saki KONDO <sup>\*1</sup>, Toshiaki AOYAMA <sup>\*2</sup>, Masanao OOZEKI <sup>\*2</sup>,  
Ayumi FUKAZAWA <sup>\*1</sup>, Shin TERADA <sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

<sup>\*2</sup> Department of Research and Development, DAITO CACAO CO., LTD.

---

## ABSTRACT

### **【Aim】**

It has been reported that co-ingestion of glucose and milk stimulates insulin secretion and promotes muscle glycogen resynthesis after exercise in mice. The purpose of this study was to examine the effects of the ad libitum intake of white chocolate, the ingredients of which are similar to those of milk, on feeding behavior and muscle glycogen resynthesis after exercise in mice.

### **【Methods】**

Male C57BL/6J mice were subjected to an acute bout of treadmill running for 30 min and were then fed sugar (Sugar group) or white chocolate (W-choco group) ad libitum during a 4-h recovery period. After the recovery period, the muscle glycogen concentration in the tibialis anterior muscle was measured. A blood sample was collected from the heart, and the serum insulin concentration was determined.

### **【Results】**

Food intake was significantly greater in the W-choco group than in the Sugar group under ad libitum conditions, while no significant difference in carbohydrate intake was observed between the two groups. Furthermore, after the 4-h recovery period, the W-choco group had a significantly higher muscle glycogen concentration and serum insulin level, compared with the Sugar group.

### **【Conclusion】**

These results suggest that the ad libitum intake of white chocolate may increase energy intake without suppressing appetite, and promote muscle glycogen resynthesis via, at least in part, the stimulation of insulin secretion in mice after exercise.

**Keywords:** white chocolate, food intake, muscle glycogen, insulin, mouse