

# 高校生ラグビー競技者の夏季トレーニング合宿中の 栄養補給に適した補食の検討

永山千尋・飛奈卓郎

## Favorable Supplemental Foods during Summer Training Camp in Adolescent Japanese Rugby Players

Chihiro NAGAYAMA and Takuro TOBINA

### 要 約

アスリートの競技力向上のためには栄養面のサポートが重要であるが、夏場の激しいトレーニングは食欲を低下させるため、有効な支援策の提案が求められる。競技者が夏季トレーニング合宿中に食べやすく、栄養補給に適した補食を調査する。高校生ラグビー競技者男性 38 名を対象に、夏季合宿中の 1 日 4 回、10 種類の食品を提供し自由に摂取してもらった。補食と食事の摂取量を記録法と秤量法を用いて調査した。補食全体の摂取量は 1 日目に比べ 2、3 日目にかけて低下したが、摂取量の多いリンゴジュース、オレンジジュース、エネルギーゼリーの摂取量は低下しなかった。しかし、対象者の 39% は炭水化物摂取量が基準未満であり、合宿中の摂取量と体重変化との間には有意な正の相関が認められた。夏季トレーニング合宿中は補食として果実類のジュースやエネルギーゼリーが好まれる。これらの食品の利用は不足しがちな炭水化物を補い、体重管理に役立つ可能性がある。

キーワード：競技パフォーマンス ラグビー 食欲 食物摂取

### Abstract

Intake of adequate and well-balanced nutrients helps athletes achieve optimal performance. However, studies have found that daily athletic training attenuates appetite and food intake after high-intensity exercise, and have shown deficient nutrients intake among athletes. The present study investigated favorable foods for supplemental nutrition during summer training camp in adolescent Japanese rugby players. Thirty-eight male rugby players took part in a 3-day camp were offered 10 types of supplemental food 4-times a day, and permitted to eat as much as they wanted. The amount of supplemental food and other foods consumed were measured by records and weighted food records. Energy intake from supplemental foods significantly decreased on the 2nd and 3rd days compared with the 1st. However, apple juice, orange juice, and energy jelly intake accounted for 80% of supplemental intake and the amount of the foods did not decrease. Although 39 % of participants had insufficient carbohydrate intake and the amount of carbohydrate intake correlated with body weight change. We can conclude that carbohydrate intakes were insufficient among the studied population; however, appropriate food selection, including items such as fruit juice and energy jelly, aids sufficient intake of carbohydrates. This may resultantly prevent weight reduction.

Keywords: Athletic Performance, Rugby, Appetite, Food Intake

---

所 属：

長崎県立大学看護栄養学部栄養健康学科

Department of Nutrition, Faculty of Nursing and Nutrition University of Nagasaki, Siebold

## 緒言

アスリートの競技力の向上のためには日々のトレーニングに加え、栄養面のサポートによる身体づくりや体調管理が重要である。食事においては第一にエネルギーバランスを保つ必要があり、アスリートはトレーニングによって多くのエネルギーを消費するため<sup>1,2)</sup>、1日の推定エネルギー必要量は一般人よりも高い基準である<sup>3)</sup>。国内外の主要な大会に向けて夏季合宿を行うアスリートも多いが、合宿中は運動量が普段よりも多くなるため、エネルギー消費量が増大する<sup>4,5)</sup>。そのため、合宿中は増大したエネルギー消費量に見合った食事を摂りエネルギーバランスを保つ必要がある。

また、摂取する栄養素の中でも炭水化物、脂質及びたんぱく質は体内で代謝され活動に必要なエネルギーを供給するエネルギー産生栄養素として重要である。運動中は主に体内に貯蔵している糖質や脂質を分解して、エネルギー源として利用する。食事から摂取した糖質は血中のグルコース、肝臓及び筋肉中のグリコーゲンとして体内に蓄えられており、糖質の貯蔵量の変化が運動中の疲労感や運動の継続時間、その後の疲労回復に関わっている<sup>6,7)</sup>。そのため、アスリートにとって食事から十分な糖質を摂取し、筋グリコーゲンの貯蔵量を高めておくことは競技力の向上やコンディショニングに重要であろう。

また糖質と脂質に比べ、たんぱく質は運動中のエネルギー源としての利用は少ないが<sup>8)</sup>、たんぱく質を構成するアミノ酸は筋たんぱく質の合成の基質となるため、身体づくりのために重要な栄養素である。たんぱく質は筋たんぱく質の合成の基質であると同時に、それ自体に同化作用があり、その効果の大小はたんぱく質を構成するアミノ酸の組成<sup>9)</sup>や同時に摂取する栄養素の種類<sup>10)</sup>によって異なる。また運動をすることで筋たんぱく質の同化速度は高まり、その効果は運動終了直後が最も高く、終了1~2日後まで持続することが示されている<sup>11,12)</sup>。そのため、トレーニングによる身体づくりの効果を最大限に高めるためにトレーニング後の素早いタイミングでたんぱく質を摂取することや、日頃から摂取するたんぱく質の量と質を考えた食事をするのが重要であろう。

このように、競技力向上のためには十分なエネルギーと栄養素の摂取が必要不可欠であるが、激しいトレーニング期間中は食欲の低下によって食事量が減少する可能性がある<sup>13-15)</sup>。我々も以前、高校生ラグビー競技者の夏季合宿中に食事摂取量や食欲に関する調査を行い、合宿中は合宿前に比べ、エネルギーと炭水化物の摂取量が低下し、必要量を摂取できなくなる可能性があることを見出している。食事を十分に摂取できなくなると、トレーニングの効果を活かしきれないばかりか、長期に及ぶと貧血、疲労骨折、感染症及び精神障害、女性の場合は月経障害など健康状態に悪影響を与える恐れもある<sup>16)</sup>。

この場合、補食のとり方を工夫することで食事だけでは不足しがちなエネルギーや栄養素を補うことができるかもしれない。先行研究において身体づくりやコンディショニングに有効なトレーニング中の栄養補給について「何を」「どのくらい」「どんなタイミングで」摂取するべきかについて検討されており<sup>17,18)</sup>、スポーツ栄養の分野では、運動後の素早いタイミングでおにぎり、果実類のジュース、牛乳といった糖質やたんぱく質を多く含む食品を補食として摂取することが推奨されている。しかし、それらの食品が激しいトレーニングを行っているアスリートにとって食べやすく、嗜好に沿った食品であるのかといった点にはあまり目が向けられていないようである。トレーニング中の食欲が低下した時でも食べやすく栄養補給に適した補食の内容や提供方法など具体的な支援策が提案できれば、競技者の身体づくりやコンディショニングの一助となるであろう。

そこで、本研究では高校生ラグビー競技者の夏季合宿中に10種類の補食を提供することで、食べやすく、トレーニング中の栄養補給に適した食品を調査することを目的とした。

## 方法

### 1. 対象者

長崎県内の高等学校に通う高校生ラグビー競技者男性38名を対象とした。募集にあたってはラグビー部監督ならびに学校長から承諾を受け、競技者への呼びかけを行った。調査・測定にあたり、

対象者には予め研究協力の任意性および研究の意義・目的、調査・測定項目の内容、研究への協力に伴う利益と不利益、個人情報取り扱い、研究終了後の対応・研究成果の公表、研究のための費用、問合わせ先について説明し、本人とその保護者の署名入りの同意書を得た。本研究は長崎県立大学一般研究倫理委員会による審査を受け承認を得て実施した（承認番号271）。

## 2. 調査期間・調査環境・合宿内容

調査は平成28年8月10日～14日に行われた4泊5日の夏季トレーニング合宿中に実施した。合宿中の練習は午前が鹿児島県薩摩郡かぐや姫グラウンド、午後が薩摩川内市川内宮里公園で行われ、対象校以外にも九州圏内の高校が集まる合同練習形式であった。合宿スケジュール、練習中の湿球黒球温度（WBGT）をTable 1, 2に示した。WBGTは暑熱環境計（WBGT-103、京都電子工業株式会社）を用いて練習場所で計測した。合宿中に対象者が宿泊した鹿児島県薩摩川内市内の宿泊施設に

本研究のスタッフも同行し調査を行った。

## 3. 身体組成の測定

合宿中の身体組成の変化を評価するために、合宿中は毎日、早朝空腹時にインピーダンス法（DC-320、タニタ株式会社）を用いて体重、体脂肪率、体脂肪量及び除脂肪量の測定を行った。

## 4. 最大酸素摂取量の測定

体力レベルを評価するために、合宿前に自転車エルゴメータ（エアロバイク75XLⅡ、株式会社コナミスポーツライフ）を用いて漸増多段階運動負荷試験を行った。試験前に対象者への十分な説明とチェックシートを用いた体調チェックを行い、測定は運動負荷試験を熟知した研究スタッフ立会いのもとで実施した。試験中は携帯型心拍計（RS400、Polar Electro Japan Co., Ltd.）を用いて心拍数を記録した。心拍数と仕事率（Watts）からAstrandの式<sup>19)</sup>によって最大酸素摂取量（VO<sub>2</sub> max）を推定した。

## 5. 食事調査

Table 1. The schedule of the training camp and ad-libitum supplementary food intake test.

	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
Day 1	B		Training SFIT		L	Lunch break SFIT			Training SFIT			D	Free time SFIT						
Day 2		B	Training SFIT		L	Lunch break SFIT			Training SFIT			D	Free time SFIT						
Day 3	SFIT	Training SFIT	B	Free time			L	Training SFIT				D	Free time SFIT						

B: breakfast, L: lunch, D: dinner, SFIT: supplementary food intake test

Table 2. Wet-bulb globe temperature during training.

		WBGT (°C)	Dry-bulb temperature (°C)	Black bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)
Day 1	a.m.	32.3	35.0	49.2	48.6
	p.m.	27.7	28.5	30.3	81.9
Day 2	a.m.	31.7	35.1	39.6	57.1
	p.m.	29.5	32.9	35.8	60.8
Day 3	a.m.	30.0	31.2	39.8	64.7
	p.m.	27.3	27.8	30.7	83.1

合宿中のエネルギーと栄養素摂取量を評価するために、秤量法と食事記録法による調査を行った。宿の食事は始め全員に同じ量・同じ内容の食事が配膳され、ご飯やおかずをおかわりできる形式であった。合宿中に提供された食量は全て研究スタッフが秤 (EJ-3000、株式会社エー・アンド・デイ) を用いて記録した。また、対象者には合宿中の食事で「残した物」「おかわりした物」「間食として食べた物」の食品名と目安量を記録用紙に記入してもらい、摂取量を調査した。摂取量から栄養価計算ソフト (エクセル栄養君Ver. 7.0、建帛社) を用いてエネルギー、たんぱく質、脂質及び炭水化物の摂取量を算出した。

## 6. 補食の提供と摂取量の調査

合宿中に食べやすい補食を調査するために、トレーニングや休憩の合間に補食を提供した。提供のタイミング、提供した補食をTable 1とTable 3に示した。10種類の食品を午前練習中、昼休憩中 (3日目は昼休憩中の代わりに午前練習前の早朝に提供)、午後練習中及び就寝前の1日4回提供し、対象者には「好きな時に、好きな物を、好きなだけ」自由に食べるように指示した。対象者には、補食を取る際に記録用紙に食品名と個数を記入してもらい、補食の摂取量を調査した。エネルギー

と栄養素摂取量は食品包装に記載されている栄養成分表示から算出した。また、栄養成分の表示がない食品の栄養価は「日本食品標準成分表2015年版」<sup>20)</sup>を参照した。提供した補食は一般的にアスリートの補食として推奨されている食品 (おにぎり、バナナ、エネルギーゼリー等) に加え、アンケートによって調査した対象者の意見も参考に選定した。

## 7. 栄養評価の基準

合宿中の栄養摂取状況を評価するために、アメリカスポーツ医学会のアスリートの食事に関するガイドライン<sup>21)</sup>と日本人の食事摂取基準2015年版<sup>22)</sup>を参考に合宿中の栄養素摂取量の過不足を評価した。基準下限値に対する摂取量の割合を充足率として算出し、充足率が100%以上の者を充足者として対象者数に対する充足者数の割合を求めた。それぞれの基準値は次の通りである。

- ・たんぱく質 : 1.2~2.0 g/kg B.W/日<sup>21)</sup>
- ・脂質 : 20~30 E %<sup>22)</sup>
- ・炭水化物 : 8.0~12.0 g/kg B.W/日<sup>21)</sup>

## 8. 統計処理

統計処理には統計ソフト (StatView5.0、SAS Institute Inc.) を用いた。合宿中の身体組成、補食の摂取量の変化を一元配置の反復測定分散分

Table 3. List of supplementary food served during ad-libitum supplementary food intake test.

Orange	30g
Apple	25g
Banana	180g
Orange juice	200ml
Apple juice	200ml
Milk	200ml
Energy jelly	180g
Rice ball	100g
Wheat noodle	100g
Pudding	67g

\* The amount shows the portion size.

析、多重比較としてTukey Kramerを用いて検定した。合宿中のエネルギー・栄養素摂取量と体重の変化との関連性をみるために、合宿中の体重当たりのエネルギー・栄養素摂取量を独立変数、合宿1日目から4日目にかけての体重の変化量を従属変数として単回帰分析を行った。危険率5%未満を統計的有意とした。

## 結果

### 1. 対象者特性と身体組成の変化

対象者特性と合宿中の身体組成の変化をTable 4に示した。体重とBMIは1日目に比べて2日目に有意に増加し、2日目に比べて4日目に有意に減少した。体脂肪率は1日目に比べて3日目と4日目に有意に減少した。体脂肪量は3日目で1日目に比べて有意に減少し、さらに4日目は1日目と2日目に比べて有意に減少した。除脂肪量は1日目に比べて2日目、3日目及び4日目において有意に増加した。

### 2. エネルギーと栄養素の摂取量

合宿中のエネルギー、たんぱく質、脂質及び炭水化物の摂取量をTable 5に示した。1日当たりのエネルギー摂取量は合宿平均で3,690 ± 628 kcal/

日であり、内訳は食事が62 ± 9% (2,257 ± 276 kcal/日)、補食が36 ± 8% (1,378 ± 500 kcal/日)であった。1日当たりのたんぱく質摂取量は合宿平均で112 ± 15 g/日、体重当りで1.62 ± 0.32 g/kg B.W./日、エネルギー比率は12.3 ± 1.2%、充足率は135 ± 27%、充足者の割合は95%であった。1日当たりの脂質摂取量は合宿平均で88 ± 15 g/日、体重当りで1.28 ± 0.29 g/kg B.W./日、エネルギー比率は21.7 ± 2.8%、充足率は109 ± 14%、充足者の割合は71%であった。1日当たりの炭水化物摂取量は合宿平均で612 ± 130 g/日、体重当りで8.86 ± 2.27 g/kg B.W./日、エネルギー比率は66.0 ± 3.7%、充足率は111 ± 28%、充足者の割合は61%であった。

### 3. 補食摂取量

1日当りの補食の摂取量の変化をFigure 1に示した。エネルギー、たんぱく質、脂質の摂取量は1日目 (1,677 ± 693 kcal、29 ± 15 g、30 ± 19 g) に比べて2日目 (1,189 ± 586 kcal、16 ± 12 g、13 ± 13 g) と3日目 (1,267 ± 600 kcal、16 ± 11 g、14 ± 13 g) に有意に低下した。炭水化物摂取量は1日目 (341 ± 144 g) に比べて2日目 (270 ± 139 g) に有意に低下したが、3日目 (289

Table 4. Characteristics of the participants.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
Age ( years )		16 ± 1		
Height ( cm )		170 ± 4		
VO <sub>2</sub> max ( ml · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )		43 ± 5		
Body weight ( kg )	70.6 ± 11.2	71.1 ± 11.1 *	70.8 ± 11.1	70.6 ± 10.9 †
Body mass index ( kg · m <sup>-2</sup> )	24.4 ± 3.4	24.5 ± 3.4 *	24.5 ± 3.4	24.4 ± 3.3 †
Body fat percentage ( % )	21.1 ± 6.6	20.7 ± 6.4	20.1 ± 6.5 *	19.9 ± 6.4 *
Fat mass ( kg )	15.5 ± 7.1	15.3 ± 7.1	14.8 ± 7.1 *	14.6 ± 7.0 *†
Fat free mass ( kg )	55.2 ± 5.6	55.8 ± 5.2 *	56.0 ± 5.2 *	56.0 ± 5.2 *

All values are means ± standard deviations for the 38 participants.

\*p < 0.05 vs. Day 1 ( Tukey Kramer )

† p < 0.05 vs. Day 2 ( Tukey Kramer )



Table 5. Energy and macronutrients intake during the training camp.

		Energy intake		Protein intake		Fat intake		Carbohydrate intake		
		(kcal)	(%) <sup>*</sup>	(g)	(g · kg <sup>-1</sup> · b.w. <sup>-1</sup> )	(g)	(g · kg <sup>-1</sup> · b.w. <sup>-1</sup> )	(g)	(g · kg <sup>-1</sup> · b.w. <sup>-1</sup> )	
Meal	Breakfast	379 ± 84	10 ± 2	11 ± 1	0.16 ± 0.03	7 ± 0	0.10 ± 0.01	67 ± 18	0.97 ± 0.30	
	Lunch	824 ± 75	23 ± 4	29 ± 2	0.42 ± 0.07	23 ± 1	0.34 ± 0.05	119 ± 14	1.72 ± 0.33	
	Dinner	1,363 ± 200	38 ± 6	60 ± 7	0.86 ± 0.16	50 ± 4	0.72 ± 0.12	158 ± 35	2.28 ± 0.53	
	Sub total	2,257 ± 276	62 ± 9	90 ± 8	1.30 ± 0.22	66 ± 5	0.96 ± 0.15	307 ± 49	4.43 ± 0.91	
Supplementary food intake	Morning	307 ± 150	8 ± 4	5 ± 4	0.07 ± 0.06	4 ± 4	0.06 ± 0.07	67 ± 33	0.95 ± 0.48	
	Training in the morning	389 ± 165	11 ± 4	6 ± 4	0.09 ± 0.06	4 ± 4	0.06 ± 0.06	88 ± 36	1.27 ± 0.53	
	Lunch break	258 ± 208	7 ± 5	4 ± 4	0.06 ± 0.05	6 ± 5	0.08 ± 0.08	49 ± 41	0.70 ± 0.60	
	Training in the afternoon	289 ± 142	8 ± 3	3 ± 3	0.05 ± 0.04	2 ± 2	0.03 ± 0.04	70 ± 35	1.00 ± 0.50	
	Free time in the evening	426 ± 345	11 ± 7	6 ± 6	0.10 ± 0.10	8 ± 7	0.12 ± 0.11	87 ± 79	1.28 ± 1.28	
	Sub total	1,378 ± 500	36 ± 8	20 ± 11	0.29 ± 0.17	19 ± 12	0.28 ± 0.18	300 ± 113	4.34 ± 1.79	
Total	3,690 ± 628		112 ± 15		1.62 ± 0.32		88 ± 15		1.28 ± 0.29	
Energy ratio (%)			12.3 ± 1.2		21.7 ± 2.8		66.0 ± 3.7			
Reference value			1.2–2.0 g · kg <sup>-1</sup> · b.w. <sup>-1</sup> · day <sup>-1</sup> †		20–30 % E ‡		8.0–12.0 g · kg <sup>-1</sup> · b.w. <sup>-1</sup> · day <sup>-1</sup> †			
Nutrient adequacy (%)**			135 ± 27		109 ± 14		111 ± 28			
Percentage of subject met the reference value (%)			95		71		61			

All values are means ± standard deviations for the 38 participants.

\* The ratio of the intake to the total intake. \*\* The ratio of the intake to lower limit of the reference value.

† American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance, 2016. ‡ Dietary reference intakes for Japanese 2015.

± 140 g) との間には有意差は認められなかった。

各食品の摂取量の変化を合宿3日間の平均で摂取量が多かった順にFigure 2に示した。牛乳、プリン、リンゴの摂取量は1日目に比べて2日目と3日目で有意に低下した。おにぎり、うどんの摂取量は1日目に比べて2日目に有意に低下した。リンゴジュース、オレンジジュース、エネルギーゼリーバナナ、オレンジの摂取量に日間差は認められなかった。補食全体の摂取量に対する各食品の摂取量の割合は3日間平均でリンゴジュースが32 ± 20 %、オレンジジュースが26 ± 18 %、エネルギーゼリーが21 ± 19 %、牛乳が9 ± 11 %、プリンが6 ± 5 %、バナナが1 ± 4 %、おにぎりが1 ± 2 %、うどんが1 ± 2 %、リンゴが1 ± 2 %、オレンジが1 ± 1 %であった。

#### 4. エネルギー・栄養素摂取量と体重変化の関連

合宿中のエネルギー・栄養素摂取量と体重変化量の単回帰分析の結果をFigure 3に示した。体重当たりのエネルギー、たんぱく質、脂質及び炭水化物の摂取量と体重変化量との間に有意な正の相関が認められた ( $r = 0.65$ 、 $r = 0.54$ 、 $r = 0.56$ 、 $r = 0.63$ )。

#### 考察

補食のエネルギーと栄養素の摂取量が合宿1日目から2、3日目にかけて低下したが (Figure 1)、リンゴジュース、オレンジジュース、エネルギーゼリーの摂取量は全体の約8割を占め、合宿後半になっても摂取量が低下しなかったことから (Figure 2)、トレーニング中の補食として競技者

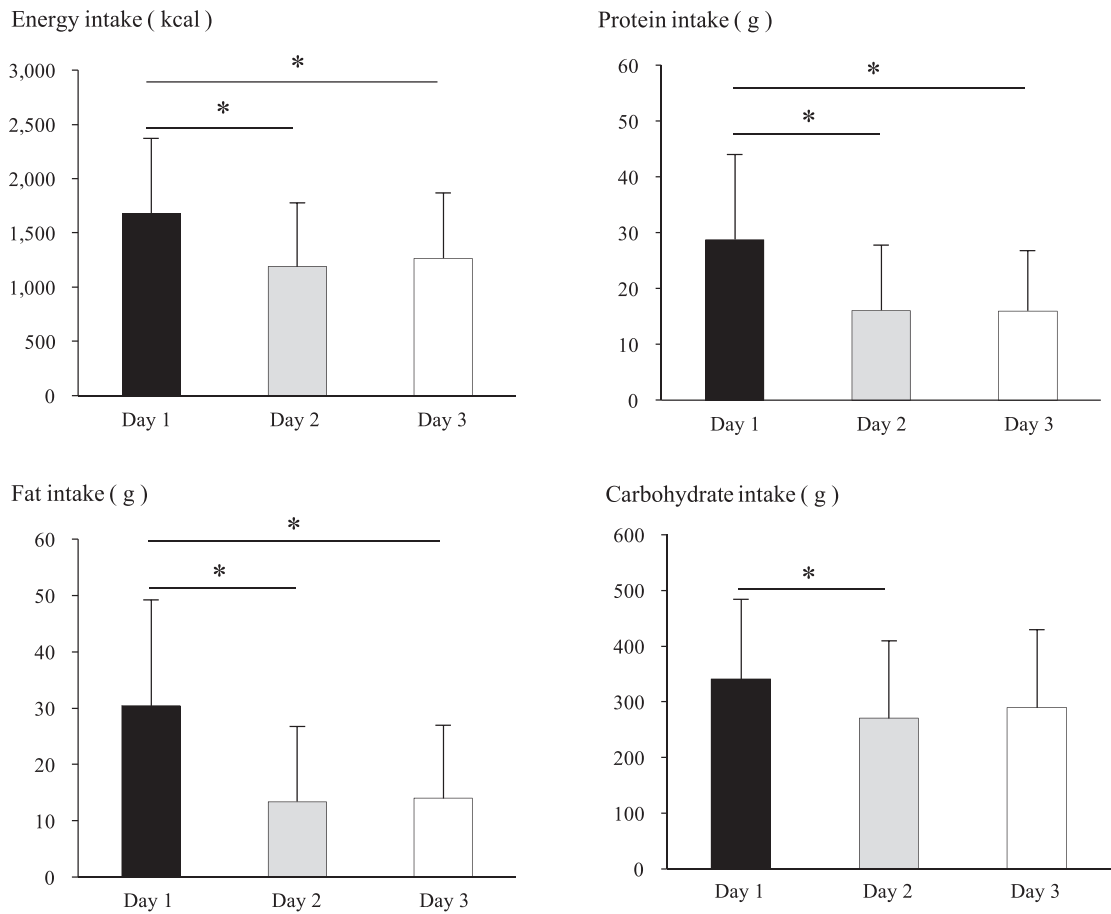


Figure 1. Energy and macronutrients intake of supplementary foods during the camp.

Energy, protein, fat, and carbohydrate intake from food and drink sources in the ad-libitum supplementary food intake test. Columns represent means  $\pm$  standard deviations for the 38 participants. \* Significant difference ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer).

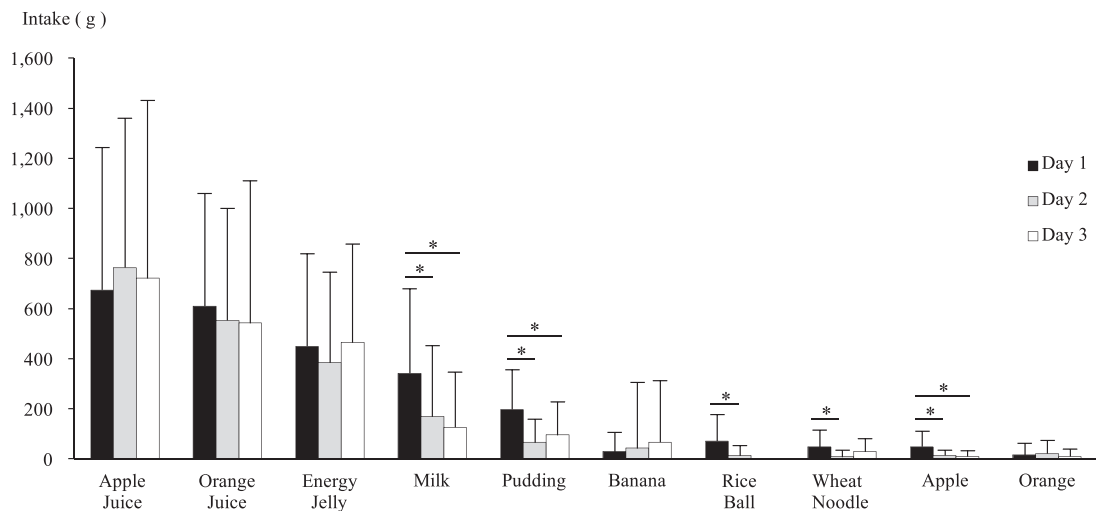


Figure 2. Supplementary foods intake in the ad-libitum food intake test.

Columns represent means  $\pm$  standard deviations for the 38 participants. \* Significant difference ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer).

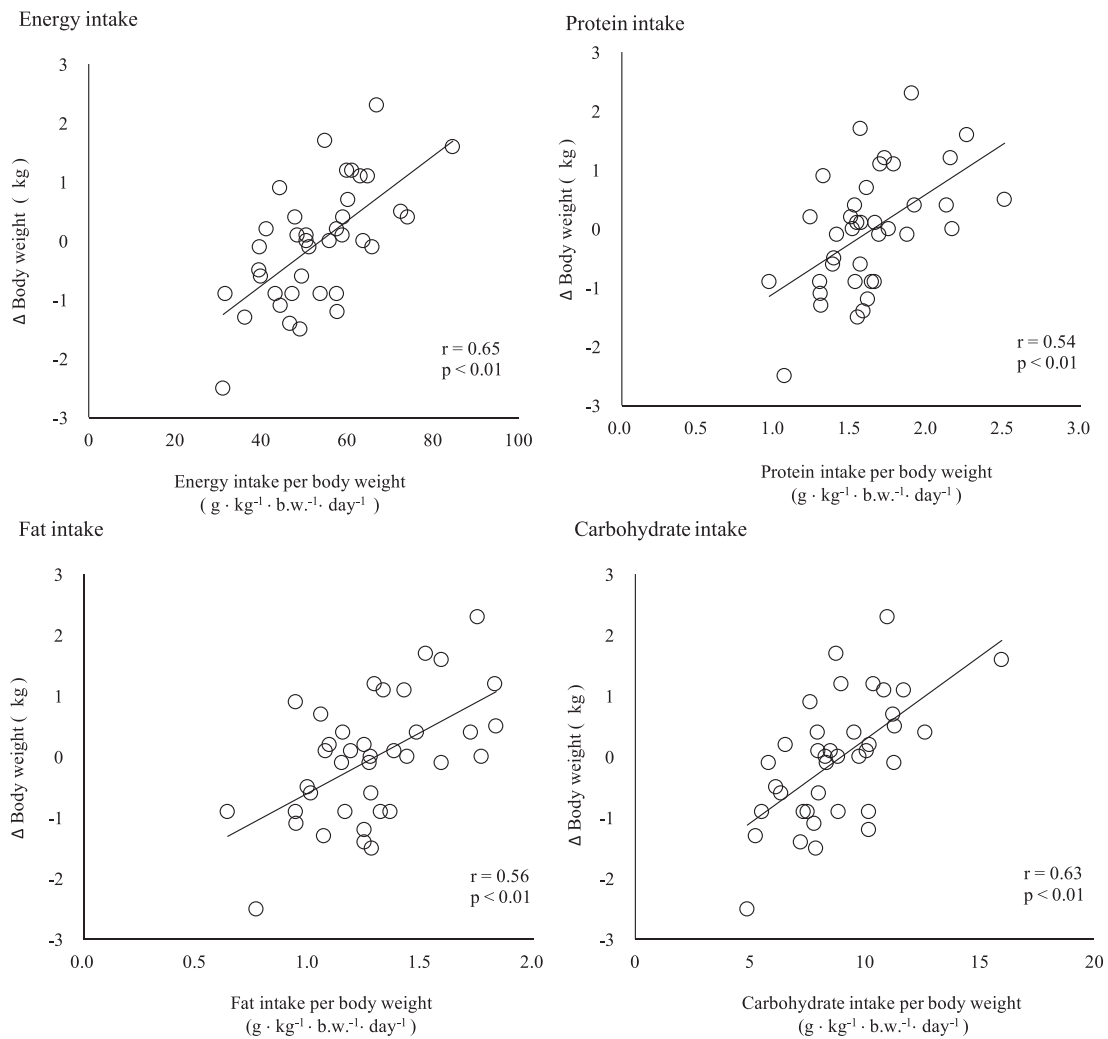


Figure 3. Correlation between energy and macronutrients intake and body weight changes.

Pearson's correlation coefficient was used to examine relationships between energy and macronutrients intake and body weight changes. Delta body weight was calculated by subtracting the body weight of day 1 from the weight of day 4.

が口にしやすい食品であることが示唆される。一方、バナナ、おにぎり、うどん、リンゴ及びオレンジは3日間通して摂取量が少なかったことから補食としては競技者に好まれない食品であることが示唆される。Westerterp ら<sup>23)</sup> は、運動またはサウナによって体重が減少し、口渴感が増した状態では、固形食品に比べグレープジュースやリンゴジュースなどの液体食品の摂取量が増加することを示している。本研究の合宿中のWBGTは27.3~32.3℃と高く (Table 2)、脱水を起こしやすい暑熱環境下でのトレーニングであった。このような環境下であったことが固形食品よりも液体また

は半固形食品が好まれた要因であったと推察される。液体または半固形食品である牛乳とプリンは、エネルギーゼリーに次いで摂取量は多かったが、2、3日目にかけて有意に摂取量が低下したことから、合宿後半になると手の届きにくくなる食品であると考えられる。

アメリカスポーツ医学会によるアスリート向けの栄養補給のガイドライン<sup>21)</sup> では1日に複数回トレーニングが行われる場合は枯渇した筋グリコーゲンを回復させるためにトレーニング終了から次のトレーニング開始まで1時間毎に1.0~1.2 g/kg B.W.の糖質を摂取することが推奨されている。



また、先行研究において運動後に1時間毎0.8 g/kg B.W.の糖質を摂取した条件では、1時間毎1.2 g/kg B.W.の糖質を摂取した条件に比べて筋グリコーゲンの回復が不十分であることが示されている<sup>10)</sup>。本研究の1回の補食提供による糖質摂取量は0.70~1.28 g/kg B.W.と時間帯によってばらつきがあり (Table 5)、一定して十分な糖質の補給ができていなかった。1日当たりの摂取量でみてみても、対象者の39%はアメリカスポーツ医学会が示す基準 (8.0~12.0 g/kg B.W./日) を満たしていなかったことから (Table 5)、合宿中に筋グリコーゲンが十分に回復できていなかった可能性がある。また、本研究の合宿中の炭水化物摂取量と体重変化量との間には有意な正の相関が認められ (Table 3)、体重は1日目から4日目にかけて有意に減少していたことから (Table 4)、合宿中の炭水化物の摂取量が不十分であったことが推察される。ガイドライン<sup>21)</sup> で示されている回復期1時間毎に摂取すべき糖質量 (1.2 g/kg B.W./時) を合宿中に最も摂取量が多かった1本200mlのりんごジュースに換算してみると、毎時間約4本ずつ摂り続けなければならないが、実際には補食の準備や胃腸の負担を考えると困難であろう。

そこで、より効果的な筋グリコーゲンの回復方法として、たんぱく質との組み合わせが有効かもしれない。Von Loon ら<sup>10)</sup> は1時間毎に0.8 g/kg B.W.の糖質摂取であっても、0.4 g/kg B.W.のたんぱく質を同時に摂取することで、筋グリコーゲン貯蔵量が糖質を1.2 g/kg B.W.摂取した時と同じレベルにまで回復することを示している。さらに、運動直後のたんぱく質摂取は筋たんぱく質の合成を促進するため筋グリコーゲンの回復との二重の効果が期待される<sup>24)</sup>。1回の食事で筋たんぱく質の合成速度が最大になるたんぱく質量は0.24 g/kg B.W.であると報告されており<sup>25)</sup>、本研究の1回の補食提供によるたんぱく質摂取量は0.05~0.10 g/kg B.W.と少ない (Table 5)。これは今回提供した食品のなかでたんぱく質を比較的多く含む牛乳とプリンにあまり手がのびなかったことが要因として考えられる。また、本研究では主に炭水化物を多く含む食品を補食として提供しており、今後はたんぱく質の補給に有効な食品も検討していく必要があるだろう。

たんぱく質を構成するアミノ酸のなかでも特に分岐鎖アミノ酸の一種であるロイシンは骨格筋細胞内のmTORC1伝達経路を活性化させ、mRNAの翻訳調節を介して、筋たんぱく質の合成を促進する効果が期待されるため<sup>26)</sup>、ロイシンを多く含む食品に注目していきたい。本研究でも提供した牛乳は比較的ロイシンを多く含む食品であり、100 g当たりの含有量は320 mgである<sup>27)</sup>。しかし、ロイシンがたんぱく質合成に利用できる上限は若年者では1日当たり約500 mg/kg B.W.と報告されており<sup>28)</sup>、1本200 mlの牛乳に換算すると本研究の対象者の場合、約55本分となり摂取量として現実的ではない。また、競技者の嗜好を考えてみても、本研究での牛乳の摂取割合は9 ± 11%と比較的少なく、あまり手がのびないことが分かったため、トレーニング期間中のロイシンの入口として、高含有量、且つ、アスリートの嗜好に合う、他の食品を探索する必要があるだろう。

また、本研究の1日当たりのエネルギー摂取量に占める食事の割合は62 ± 9%、補食の割合は36 ± 8%であり、補食を摂ったことによって食事が減少していることが懸念された。運動後の素早い栄養補給は次のトレーニングまでに4~8時間しかない場合には有効であるが<sup>17)</sup>、それ以上に長い回復時間がある場合には摂取タイミングに関係なく、1日当たりの糖質摂取量が必要量確保されていれば、筋グリコーゲン貯蔵量は十分に回復することが示されている<sup>29, 30)</sup>。そのため、次のトレーニングまで数時間しかない場合は練習の直後に補食を摂り、翌日の練習まで十分な時間がある場合は練習後の補食を控え、食事からエネルギーと栄養素を補給できるよう指導することが有効かもしれない。

まとめとして、本研究では高校生ラグビー競技者において、夏季トレーニング合宿中は補食として果実類のジュースやエネルギーゼリーが好まれ、これらの食品を利用することでエネルギーや炭水化物の不足を補える可能性が示唆された。しかし、単に補食を提供するのみでは不十分であり、競技者が食事と補食のバランスを考えて利用できるようにサポートが必要である。本研究はアスリートが実際のトレーニング期間中に補食としてどんな食品を好むのかについて、現場での栄養

サポートに直結する結果を得ることができた。しかし、本研究は「高校生ラグビー競技者の夏季合宿中」という特定の対象者、季節での調査であったことから、年代や種目、調査時期・期間が異なる場合について更に調査が必要である。また、今後は今回の調査結果をもとにした長期的な食事介入や栄養教育介入が食事の摂取不足・栄養状態の改善、最終的には競技力の向上につながるのかについて調査を進めていきたい。

### 参考文献

- 1) 海老根 直之, 斎藤 慎一: シンクロナイズドスイミング選手のトレーニング量と代謝量との関係-二重標識水法によるエネルギー消費量測定, 体育の科学, 50(10), 780-785, 2000.
- 2) 海老根 直之, 島田 美恵子, 田中 宏暁, 西牟田守, 吉武 裕, 斎藤 慎一: 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価: 生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について, 体力科学, 51(1), 151-163, 2002.
- 3) 小清水孝子, 柳沢香絵, 横田由香里: 「スポーツ選手の栄養調査・サポート基準値策定及び評価に関するプロジェクト」報告, 栄養学雑誌, 64(3), 205-208, 2006.
- 4) Sjödin AM, Andersson AB, Högberg JM, & Westerterp KR: Energy balance in cross-country skiers: a study using doubly labeled water, *Med Sci Sports Exerc*, 26(6), 720-724, 1994.
- 5) Trappe TA, Gastaldelli A, Jozsi AC, Troup JP, & Wolfe RR: Energy expenditure of swimmers during high volume training, *Med Sci Sports Exerc*, 29(7), 950-954, 1997.
- 6) Bergström J, Hermansen L, Hultman E, & Saltin B: Diet, muscle glycogen and physical performance, *Acta Physiol Scand*, 71(2), 140-150, 1967.
- 7) Hermansen L, Hultman E, Saltin B: Muscle glycogen during prolonged severe exercise, *Acta Physiol Scand*, 71(2), 129-139, 1967.
- 8) Cathcart EP, & Burnett WA: The Influence of Muscle Work on Metabolism in Varying Conditions of Diet, *Proc Roy Soc*, 99(699), 405-406, 1926.
- 9) Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, MacDonald MJ, MacDonald JR, Armstrong D, & Phillips SM: Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage, *Am J Clin Nutr*, 85(4), 1031-1040, 2007.
- 10) Van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M, & Wagenmakers AJ: Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures, *Am J Clin Nutr*, 72(1), 106-111, 2000.
- 11) Chesley A, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Atkinson SA, & Smith K: Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise, *J Appl Physiol*, 73(4), 1383-1388, 1992.
- 12) Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, & Wolfe RR: Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans, *Am J Physiol*, 273(1), E99-107, 1997.
- 13) Broom DR, Batterham RL, King JA, & Stensel DJ: Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 296(1), R29-35, 2009.
- 14) Sim AY, Wallman KE, Fairchild TJ, & Guelfi KJ: High-intensity intermittent exercise attenuates ad-libitum energy intake, *Int J Obes*, 38(3), 417-422, 2014.
- 15) Ueda SY, Yoshikawa T, Katsura Y, Usui T, & Fujimoto S: Comparable effects of moderate intensity exercise on changes in anorectic gut hormone levels and energy intake to high intensity exercise, *J Endocrinol*, 203(3), 357-364, 2009.
- 16) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R., Steffen K, Budgett R, & jungqvist, A: The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S), *Br J Sports Med*, 482(7), 491-497, 2014.
- 17) Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, & Coyle EF: Muscle glycogen synthesis after exercise : effect of time of carbohydrate ingestion, *J Appl Physiol*, 64(4), 1480-1485,

- 1988.
- 18) Zawadzki KM, Yaspelkis BB 3rd, & Ivy JL: Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise, *J Appl Physiol*, 72(5), 1854-1859, 1985.
- 19) Astrand, PO, Rodahl K: *Text of Work Physiology*, 1970, 朝比奈一男監訳, オストランド運動生理学(七版), 大修館書店, 東京, 1999.
- 20) 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), 2015. [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/1365297.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365297.htm) (2018/11/7 access)
- 21) Thomas D, Erdman K, & Burke L: Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance, *J Acad Nutr Diet*, 116(3), 501-528, 2016.
- 22) 厚生労働省: 「日本人の食事摂取基準 (2015年版) 策定検討会」報告書, 2014. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000041824.html> (2018/11/12 access)
- 23) Westerterp-Plantenga MS, Verwegen CR, Ijedema MJ, Wijckmans NE, & Saris WH: Acute effects of exercise or sauna on appetite in obese and nonobese men, *Physiol Behav*, 62(6), 1345-1354, 1997.
- 24) Levenhagen D, Gresham J, Carlson M, Maron D, Borel M, & Flakoll P: Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis, *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280(6), E982-993, 2001.
- 25) Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA, Tipton KD, & Phillips SM: Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men, 70(1), 57-62, 2015.
- 26) Greiwe JS, Kwon G, McDaniel ML, & Semenkovich CF: Leucine and insulin activate p70 S6 kinase through different pathways in human skeletal muscle, 281(3), E466-471, 2001.
- 27) 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) アミノ酸成分表編, 2015. [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/1365450.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365450.htm) (2018/11/7 access)
- 28) Elango R, Chapman K, Rafii M, Ball RO, & Pencharz PB: Determination of the tolerable upper intake level of leucine in acute dietary studies in young men, *Am J Clin Nutr*, 96(4), 759-767, 2012.
- 29) Burke LM, Collier GR, Davis PG, Fricker PA, Sanigorski AJ, & Hargreaves M: Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the frequency of carbohydrate feedings, *Am J Clin Nutr*, 64(1), 115-119, 1996.
- 30) Costill DL, Sherman WM, Fink WJ, Maresh C, Witten M, & Miller JM: The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running, *Am J Clin Nutr*, 34(9), 1831-1836, 1981.