大学男子ラグビー選手のトレーニング量の差異と栄養素および食品群別摂取量の関連性

西村 貴子^{1,2}, 熊原 秀晃^{3*}, 後藤 亜里沙³, 西嶋 彩³, 芳山 ももこ³, 村上 純⁴, 大和 孝子³

Association between various levels of training-related energy expenditure and dietary and nutrient intake in Japanese male collegiate rugby players

Takako Nishimura^{1,2}, Hideaki Kumahara^{3*}, Arisa Goto³, Sayaka Nishijima³,
Momoko Yoshiyama³, Jun Murakami⁴ and Takako Yamato³

¹中村学園大学大学院栄養科学研究科, 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1 (*Graduate School of Health and Nutrition Sciences, Nakamura Gakuen University Graduate School, 5-7-1 Befu, Jounan-ku, Fukuoka, Fukuoka 814-0198, Japan*)

²福岡リゾート＆スポーツ専門学校, 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-27 (*Fukuoka College of Resort & Sport, 1-16-27 Hakatahigashi, Hakata-ku, Fukuoka, Fukuoka 812-0013, Japan*)

³中村学園大学栄養科学部, 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1 (*Faculty of Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University, 5-7-1 Befu, Jounan-ku, Fukuoka, Fukuoka 814-0198, Japan*)

⁴福岡大学スポーツ科学部, 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1 (*Fukuoka University, Faculty of Sports and Health Science, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, Fukuoka 814-0180, Japan*)

Received: August 6, 2018 / Accepted: October 23, 2018

Abstract This study aimed to explore the association between various levels of training-energy expenditure (TrEE) and nutritional response during the phases of periodization among male collegiate rugby players. Seventeen Japanese male collegiate rugby players were enrolled in the study. Their TrEE and dietary intake were assessed each day during three separate microcycle training phases in the preparatory phase of periodization (P1 and P2: general training phase consisting of two sessions per day over the term during which the school held classes and during a summer vacation, respectively; and P3: intensive training phase consisting of four sessions per day during a summer vacation) using the factorial method and dietary records, respectively. The TrEE for P3 (1644 ± 273 kcal) was significantly higher than that for P1 (891 ± 230 kcal). However, the total energy intake (EI) for P3 (3274 ± 889 kcal) was significantly lower than that for P1 (3978 ± 938 kcal). The daytime (after waking in the morning and before the evening training session) EI (242 ± 159 kcal) and protein intake (19 ± 12 g) from the ‘high-protein foods group’ during P3 was significantly reduced compared with that during P1 (465 ± 252 kcal, 37 ± 15 g), whereas, EI and carbohydrate intake from the ‘supplements group’ of P3 was significantly increased compared with P1. The increased TrEE during P3 was not compensated by EI; instead, there was a decreased nutrient intake from the high-protein foods group and increased intake from the supplements group. The time of day of multiple or intensive training sessions, i.e. different TrEE, might affect the food choices made by male rugby players.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 68(1): 71-82 (2019)

Keywords : appetite, energy deficiency, food intake, sports nutrition, training periodization

緒 言

Periodization (期分け) を勘案したトレーニング (Tr) 戦略は、アスリートが望ましい体組成や体力を獲得し、かつ傷害やオーバー Tr を回避する等のコンディショニングに有効である^{1,2)}。一般的な Periodization モデルは、1 年あるいは半年間程度を 1 サイクル (マクロサイクル)

とし「準備期 (鍛練期: プレシーズン)」、「試合期 (シーズン)」、「移行期 (オフシーズン)」などの数ヶ月ごとの時期 (メゾサイクル) に区分される¹⁾。さらに、各メゾサイクルは、週あるいは 1 日単位のミクロサイクルに区分される¹⁾。ところで、ラグビー競技におけるパフォーマンスは、諸体力が密接に関連し、除脂肪量をはじめとした体組成もその一要素である³⁾。また、体重が重い選手では傷害発生リスクが低い可能性があるため⁴⁾、除脂肪量の増加は競技生命を延伸するための身体的条件の一つ

* Corresponding Author

とも考えられる。しかし、オーストラリアのナショナルトップリーグや欧州のスーパーリーグの選手を対象とした先行研究⁵⁻⁷⁾において、試合期に除脂肪量が減少するというネガティブな身体変化が報告されており、試合期へ移行する前の準備期に如何に除脂肪量を維持・増加するかがラグビー選手のTr計画における重要な課題であることが指摘されている^{5,8)}。

体重および体組成の変化はエネルギー出納により影響を受けるが、スポーツ競技者においては、Trを主体とした身体活動量に合わせた栄養戦略を行うことが望ましい体組成を獲得する鍵となる⁹⁾。すなわち、競技現場における栄養補給計画では、例えば準備期でもTrを行う日と休息日、あるいはTrが激しい日と緩やかな日といったマイクロサイクル毎に要求されるエネルギー・栄養素量を見積もり、選手のTr目的に合せた食事を考えることが基本となる。しかし、スポーツ競技者の食事パターンや栄養摂取に影響を与える要因を検討した最新のレビュー¹⁰⁾では、各サイクルによってエネルギーや栄養素の必要量が異なるにも関わらず、それらを充足するための食事調整が実施できていないことが示唆されており、必ずしもスポーツ競技者に対する栄養補給計画の基本が実行されていない可能性が懸念される。ただし、このレビューは、10～19歳の柔道、サッカー、水泳等の限られた年代・競技者を対象に、主に試合期に調査されたわずか6本の文献を基に推察されたという研究の限界点が考えられる。つまり、Trによる活動量の変化と食事の関連性は、競技特性や調査時期、年齢、性別により影響を受ける可能性が否定できない。ところが、我々が文献データベース（医学中央雑誌, CiNii, PubMed）で調べた限り、ラグビー選手のエネルギー消費量と栄養素等摂取量を調査した先行研究は僅かであり、その中でもPeriodizationのマイクロサイクルの視点から調査された先行研究は、欧州プロラグビー選手の試合期の活動量と食事摂取量の変動を報告した1編¹¹⁾のみであった。さらに、最もTr量が高まると考えられる準備期の活動量と食事の動態を調査した先行研究、また、日本人のラグビー選手を対象に検討した調査は皆無であった。

一方、夏季強化期や激しい練習が日々繰り返される時期では、選手の食欲が低下することが経験的に知られている^{12,13)}。また、大学ラグビー選手を対象とした外傷発生は、練習量が他の時期に比して多くなる準備期の中でもより強化される時期にあたる8月に多く、その要因の一つに食欲の減退による栄養摂取不足が推察されている¹⁴⁾。Tr量や食事摂取量のデータは示されていない。上述の通りPeriodizationのマイクロサイクルの視点による先行研究自体が不足しており、ラグビー競技においても、準備期のTr量の増大による一時的なエネルギー消費増加に伴う食欲あるいは食行動への影響に関するエビデン

スを得ることは急務である。

以上の観点より、本研究の目的は、日本人大学男子ラグビー選手の準備期に関してマイクロサイクルの視点に立ち、実際のフィールド環境下におけるTr量の差異と栄養素等摂取量の関連性について明らかにすることであった。加えて、食事内容への影響を選手が選択する食品群の視点から検討した。実際のフィールド環境下において、Trによる栄養素等摂取量や食品選択への影響を明らかにすることは、ラグビー競技におけるパフォーマンス向上のための体づくりを目的としたスポーツ栄養マネジメント遂行にあたり、栄養補給方法の提案および選手の自立に向けた栄養教育へ展開するための基礎的データになると期待できる。

方 法

対象者 A大学男子ラグビー部に所属する18名を対象者候補とし、内1名が調査期間初期に退部したため、最終解析対象者を17名とした（年齢 20.2 ± 1.2 歳、身長 173.2 ± 7.5 cm、競技経験年数 10.2 ± 4.0 年；バックス7名、フォワード10名）。なお、体重は調査した3つの期間（Phase）（以下「調査期間」を参照）の夕練前に測定した（Phase 1： 78.9 ± 12.1 kg, Phase 2： 79.2 ± 12.9 kg, Phase 3： 78.6 ± 12.9 kg）。選手の居住形態は、実家5名、一人暮らし7名、寮5名であった。本研究の全てのプロトコルは中村学園大学倫理審査委員会の承認を得た（倫理-11-001）。対象者には、事前に研究の趣旨と方法を口頭および文書にて説明した上で、書面による同意を得た。なお、対象者が未成年の場合にはその保護者からも書面による同意を得た。

調査期間 調査は、大学ラグビーの年間のPeriodizationのうち、地域学生リーグ戦開始前の準備期において、マイクロサイクルの視点からTr内容の異なる次の3つの期間に実施した。なお、合宿等で生活形態が急変した場合には、自炊や購入等自ら主体的に食事を準備するか、寮や実家暮らし等で自分以外から提供してもらうかといった食事へのアクセス手段が普段と異なる可能性が危惧されるため、調査は各対象者の食環境が同一となるA大学内での練習実施日に限定した：大学講義期間中で1日2回の練習が行われる通常練習期間の一部である7月3日～11日（Phase 1：以下、P1とする）、夏季休暇中で1日2回練習が行われた8月3日～10日（Phase 2：以下、P2とする）および強化合宿開始前（8月13日～）に1日4回練習が行われた8月11日～12日（Phase 3：以下、P3とする）であった。調査は各Phaseにつき各選手1日に限定し実施した（計3日間/選手、調査日：P1：7/9もしくは7/10, P2：8/5もしくは8/7, P3：8/11）。各PhaseのTrスケジュールはTable 1に示した。なお、各Phaseの調査実施日におけるA大学ラグビー場の環境について

熱中症指標計（WBGT-203A；京都電子工業）を用い評価したところ、P2の夕練前の湿球黒球温度（Wet-Bulb Globe Temperature：WBGT）は30.3℃で厳重警戒レベル（激しい運動は禁止）¹⁵⁾を示したが、P1のWBGTは25.6℃、P3は27.9℃と共に28℃未満であり、警戒レベル（積極的に休憩）¹⁵⁾であった。

調査項目

身体活動量調査

日常活動量は、Trと生活活動を評価した。Trは、調査実施日の練習内容を全て調査員および対象部のマネージャーが目視し、練習の種類と実施時間をリアルタイムに記録した。練習の種類は「身体活動のメッツ（METs）表」¹⁶⁾に記載されている類似の個別活動のMetabolic equivalents（METs）値へ置き換えた。さらに、METs値に各活動実施時間と各Phaseの練習開始前に測定した各選手の体重を乗じ、Trによるエネルギー消費量（以下Tr量）を次の式より算出した：

$$\{(\text{各METs値}-1) \times \text{時間(時)} \times \text{体重(kg)} \times 1.05\}^{17)}$$

次に、Trを除く生活活動量の評価は、選手自身に回答を依頼した世界標準化身体活動質問票（Global Physical Activity Questionnaire：GPAQ）¹⁸⁾の日本語版¹⁹⁾を用いた。GPAQは、日常の身体活動を仕事(学業を含む)、移動、余暇時間（スポーツ活動を含む）の各生活場面別について、特に3METs以上の強度の活動に焦点をあて質問する尺度であり、日常身体活動水準の評価において十分な信頼性と妥当性が証明されている手法である^{18,19)}。本研究では当該質問紙の設問項目の中からTrに該当する以外の項目（仕事と移動の設問）の回答より得られた身体活動量（メッツ・時）を1日あたりに換算し、上述のTr量と同様の式を用いて生活活動エネルギー消費量を算出した。

食事調査

各Phaseの調査実施日の1日に摂食した食事（朝食・昼食・夕食・間食・夜食・飲み物すべて）を選手自身で写真撮影した上で、記録用紙へ記入するよう依頼した。後日、面談を実施し、写真および記録用紙並びにサイズの基準となる食器および実物大食品カードを用い、食事の内容や量を確認した。栄養素等摂取量は、エクセル栄養君（Ver.8.0, 建帛社）を用い算出した。得られたデータは、栄養密度法にて、エネルギー産生栄養素であるたんぱく質、脂質、炭水化物は、総エネルギーに占める割合（エネルギー比率：%E）、その他の栄養素については総エネルギー摂取1000 kcal当たりの摂取量へ換算した。たんぱく質と炭水化物については、体重当たりの摂取量も算出した。さらに、食事内容を次の手順で食品群別に分析した。国立スポーツ科学センターのサプリメント分類²⁰⁾に基づき、サプリメント食品群とサプリメント以外の食品群に分類した。サプリメント以外の食品群については、平成26年度の国民健康・栄養調査報告書²¹⁾の食品群別表中分類に基づき33食品群に分類した。さらに、食事バランスガイド²²⁾および小・中学生のスポーツ栄養ガイド²³⁾を参考に、サプリメント食品群を含め8食品群に分類した（Ⅰ～Ⅷ群：Table 2）。食品群別の摂取量に関しては、それぞれの食品群からのエネルギー量およびたんぱく質、脂質、炭水化物の重量を算出した。

統計解析 解析結果は、平均値±標準偏差で示した。Tr量は1日の総量に加え、早朝練習から夕練前まで（以下、日中Tr量とする）と夕練のみ（以下、夕練Tr量とする）に分けて分析を行った。栄養素等摂取量も同様に、1日の総量に加え、起床後から夕練開始前まで（以下、日中摂取量とする）と夕練終了直後から就寝前まで（以下、夕練以降摂取量とする）に分けて分析を行った。

Tr量、生活活動量、食事摂取量、密度法による摂取

Table 1. Outline of the training schedule during three training microcycle phases in the preparatory phase.

Time of day	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Early morning	Gym		Run
Between morning and noon		Fitness	Gym
Between noon and evening			Fitness
Evening	Fitness & Rugby	Rugby	Rugby

Phase 1: General training phase consisted of two sessions per day over the term during which the school held classes.

Phase 2: General training phase consisted of two sessions per day during a summer vacation.

Phase 3: Intensive training phase consisted of four sessions per day during a summer vacation.

Table 2. The classification of food groups.

Food group		Food grouping used: medium classification in NHNS or supplement classification in JISS
I group	Cereals (High carbohydrate foods)	Rice and Rice products Wheat flour and Wheat products Other cereals and Other cereal products
II group	High protein foods	Soybeans and Soybean products Other pulses and Pulse products Raw fishes and Shellfishes Seafood and Processed products Animal meats Poultry Offals Others Eggs
III group	Vegetables	Potatoes and Potato products Starches and Starch products Nuts and Seeds Green and yellow vegetables Other Vegetables Vegetable juices Pickles Mushrooms Algae
IV group	Milk and Dairy products	Milk and Dairy products Others
V group	Fruits	Fruits Jams Fruit juices and Fruit juice beverages
VI group	Snacks, Confection and Beverages	Confectioneries Sugars and Sweeteners Other beverages
VII group	Others	Alcoholic beverages Fats and Oils Seasonings Spices and Others
VIII group	Supplements	Dietary Supplements and Sports Foods Ergogenic Aids

Groups I to VII were classified based on the classification of National Health and Nutrition Survey (NHNS)²¹⁾.

Group VIII was classified followed by the supplement classification of Japan Institute of Sports Sciences (JISS)²⁰⁾.

量, 食品群別摂取量の3つのPhaseの比較には, 反復測定による一元配置分散分析を用い, 有意なPhase間の差が認められた場合には, P1を対象値としたDunnett法による*post hoc*検定を行った。また, P1とP2およびP3の間の差の程度を示すために対応のある2群における効果量Cohen's d_z ²⁴⁾を算出し, 0.20以上を小さな効果, 0.50以上を中程度の効果, 0.80以上を大きな効果と解釈した²⁴⁾。さらに, 有意なPhase間の差が認められた1日の栄養素等摂取量に関して, そのPhase間の差に対する食品群別摂取量の影響を検討するために, 従属変数に1日の栄養素等摂取量のPhase間の差(P1-対象のPhase)とし, 独立変数に食品群別摂取量のPhase間の差とした単相関分析を行いSpearmanの順位相関係数(r)を算出した。全ての統計処理は, IBM SPSS Statistics Version 22.0 (日本アイ・ビー・エム)を用いた。統計学的有意水準は5%とした。

結 果

身体活動量 生活活動エネルギー消費量に関して, Phase間に有意な差は認められなかった(P1: 157 ± 179 kcal, P2: 224 ± 339 kcal, P3: 222 ± 337 kcal; $p=0.381$)。一方, 総Tr量ではPhase間に有意な差が認められ, P1 (891 ± 230 kcal) に比してP2 (667 ± 106 kcal) は有意に低値を示し, P3 (1644 ± 273 kcal) は有意に高値を示した(Fig. 1)。さらに, 2つの時間帯毎の分析では, 日中Tr量において, P3 (1166 ± 195 kcal) はP1 (207 ± 33 kcal) より有意に高値を示した。しかし, 夕練Tr量では, P2 (435 ± 91 kcal) およびP3 (478 ± 78 kcal) はP1 (684 ± 214 kcal) より有意に低値を示した。

エネルギー・栄養素摂取量 1日の総摂取量に関して, P3の総エネルギー摂取量はP1に比して有意に低値を示

Fig. 1 Training-related energy expenditure (Left) and energy intake (Right) of collegiate male rugby players during three microcycle training phases in the preparatory phase. p values were derived from one-way repeated ANOVA. ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$: Significantly different from Phase 1 (according to Dunnett's *post hoc* test).

TrEE: training-related energy expenditure.

In the daytime: after waking in the morning and immediately before the evening training session.

Phase 1: General training phase consisted of two sessions per day over the term during which the school held classes.

Phase 2: General training phase consisted of two sessions per day during a summer vacation.

Phase 3: Intensive training phase consisted of four sessions per day during a summer vacation.

したが、P2とP1に有意な差は認められなかった (Fig. 1). Table 3に摂取した各栄養素量を示した。エネルギー産生栄養素において、P3の総たんぱく質摂取量のみP1より有意に低値を示した。日中の摂取量に関して、エネルギー摂取量でPhase間に差の傾向が認められ、P3が最も低い平均値を示したが、*post hoc*検定では有意な差は認められなかった。P3のたんぱく質はP1より有意に低値を示した。脂質摂取量はPhase間に有意な差が示され、P3で最も低い値を示したものの*post hoc*検定では差は検出されなかった。夕練以降の摂取量に関して、エネルギーおよびエネルギー産生栄養素にPhase間の有意な差は認められなかった。

次に、Table 4に密度法にて算出した摂取量を示した。1日の総摂取量に関して、P3のたんぱく質エネルギー比率とナイアシン当量密度、体重当たりのたんぱく質、およびP2のビタミンB₂密度は、P1に比して有意に低い値を示した。日中の摂取量に関して、P3のたんぱく質エネルギー比率、鉄密度、ビタミンD密度、およびP2のビタミンD密度は、P1に比して有意に低い値を示した。一方、P3の炭水化物エネルギー比率はP1より有意に高い値を示した。しかし、夕練以降の摂取量ではいずれの項目もPhase間の有意な差を認めなかった。

食品群別の栄養素等摂取量 Table 5に、8食品群別の

エネルギーならびにエネルギー産生栄養素の摂取量を示した。1日総量では、P3のⅡ群からのたんぱく質摂取量は、P1に比して有意に低値を示した。P3のⅧ群からのエネルギー量および炭水化物はP1に比して有意に高値を示した。日中の摂取に着目すると、P3のⅡ群からのエネルギー量、たんぱく質、炭水化物およびP2のⅡ群からの炭水化物は、P1に比して有意に低値を示した。Ⅲ群に関して、P2のエネルギー量はP1より有意に高値を示し、P2の炭水化物はP1に比して高値傾向を示した。Ⅶ群に関して、P2のエネルギー量はP1より有意に高値を示し、P3のたんぱく質はP1より有意に低値を示した。Ⅷ群に関して、P3のエネルギー量および炭水化物はP1に比して有意に高値を示した。一方、夕練以降においてはこれらの項目もPhase間に有意な差は認められなかった。

栄養素等摂取量のPhase間の差に対する各食品群別摂取量の影響 上述したP3とP1の1日の総エネルギー摂取量の差に関して、各食品群の摂取状況の変化がどのように影響しているかを調べるために、総エネルギー摂取量ならびに各食品群から摂取されたエネルギー量のPhase間の差 (P1-P3) の単相関分析を行った。総エネルギー摂取量のPhase間差に対して、日中Ⅰ群および日中Ⅶ群に有意な正の相関関係が認められ、日中Ⅱ群、夕練以降Ⅳ群、夕練以降Ⅶ群に相関傾向が認められた (Fig. 2)。

Table 3. Absolute energy and nutrient intake of collegiate male rugby players during three microcycle training phases in the preparatory phase.

Energy and nutrients		Phase 1	Phase 2	Phase 3	ANOVA <i>p</i> value	ES
Total						
Energy (kcal)		3978 ± 938	3702 ± 1091	3274 ± 889 *	0.036	0.262
Protein (g)		133.0 ± 36.9	121.2 ± 43.5	98.4 ± 37.3 **	0.005	0.349
lipids (g)		118.6 ± 45.7	116.7 ± 44.3	91.4 ± 41.9	0.118	0.036
Carbohydrate (g)		566.4 ± 157.1	519.4 ± 140.9	498.2 ± 145.9	0.173	0.312
Ca (mg)		584 ± 256	633 ± 461	604 ± 372	0.868	0.112
Fe (mg)		12.1 ± 5.3	10.6 ± 4.4	8.3 ± 3.8 **	0.013	0.263
Retinol activity equivalents (µgRAE)		1407 ± 2369	522 ± 466	419 ± 281	0.135	0.360
Vitamin D (µg)		7.3 ± 9.2	5.0 ± 5.2	6 ± 7.4	0.560	0.291
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg)		2.40 ± 1.64	1.95 ± 0.97	1.59 ± 1.03	0.105	0.242
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg)		3.44 ± 2.34	1.97 ± 1.16 *	1.92 ± 1.40 **	0.014	0.585
Niacin equivalents (mgNE)		63.8 ± 20.5	51.7 ± 20.5 *	41.4 ± 16.0 **	< 0.001	0.547
Vitamin B ₆ (mg)		4.55 ± 3.84	2.74 ± 1.54	2.65 ± 2.02	0.052	0.447
Vitamin C (mg)		306 ± 293	170 ± 109	188 ± 281	0.177	0.449
dietary fibre (g)		15.2 ± 4.7	16.3 ± 5.5	12.6 ± 3.6	0.048	0.195
In the daytime: after waking in the morning and immediately before the evening training session						
Energy (kcal)		2142 ± 643	2082 ± 764	1707 ± 685	0.064	0.072
Protein (g)		73.4 ± 20.8	64.8 ± 26.8	49.3 ± 27.4 **	0.002	0.377
lipids (g)		63.1 ± 32.9	66.5 ± 28.2	40.9 ± 25.3	0.031	0.076
Carbohydrate (g)		309.1 ± 115.3	296.3 ± 116.0	283.3 ± 110.5	0.663	0.111
Ca (mg)		329 ± 180	406 ± 392	376 ± 331	0.503	0.238
Fe (mg)		6.6 ± 3.1	5.8 ± 3.4	4.1 ± 3.0 **	0.011	0.212
Retinol activity equivalents (µgRAE)		297 ± 164	300 ± 273	207 ± 185	0.215	0.009
Vitamin D (µg)		5.5 ± 9.5	2.4 ± 3.9	1.6 ± 2.1	0.059	0.470
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg)		1.27 ± 0.98	1.12 ± 0.67	0.84 ± 0.73	0.140	0.139
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg)		2.07 ± 1.62	1.17 ± 0.92 *	1.27 ± 1.35	0.042	0.489
Niacin equivalents (mgNE)		35.0 ± 16.4	28.8 ± 14.8	22.9 ± 14.8 *	0.022	0.315
Vitamin B ₆ (mg)		2.14 ± 1.73	1.52 ± 1.26	1.75 ± 1.83	0.435	0.329
Vitamin C (mg)		176 ± 248	90 ± 108	148 ± 283	0.487	0.306
dietary fibre (g)		8.6 ± 4.0	8.6 ± 3.6	6.3 ± 3.0	0.058	0.016
After the evening training session						
Energy (kcal)		1835 ± 571	1620 ± 550	1567 ± 473	0.123	0.397
Protein (g)		59.6 ± 23.7	56.4 ± 23.6	49.1 ± 16.7	0.162	0.169
lipids (g)		55.5 ± 29.1	50.2 ± 26.4	50.5 ± 31.2	0.800	0.152
Carbohydrate (g)		257.2 ± 87.6	223.1 ± 81.3	214.9 ± 66.1	0.079	0.454
Ca (mg)		255 ± 177	227 ± 121	228 ± 150	0.832	0.129
Fe (mg)		5.5 ± 2.9	4.8 ± 2.9	4.2 ± 1.7	0.273	0.193
Retinol activity equivalents (µgRAE)		1109 ± 2360	222 ± 271	212 ± 173	0.144	0.374
Vitamin D (µg)		1.8 ± 1.8	2.6 ± 4.0	4.0 ± 7.1	0.405	0.169
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg)		1.13 ± 0.89	0.83 ± 0.63	0.75 ± 0.50	0.223	0.260
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg)		1.36 ± 1.13	0.80 ± 0.49	0.65 ± 0.35 *	0.019	0.463
Niacin equivalents (mgNE)		28.8 ± 13.4	22.8 ± 10.7	18.5 ± 6.7 **	0.005	0.471
Vitamin B ₆ (mg)		2.41 ± 3.26	1.23 ± 1.14	0.90 ± 0.56	0.113	0.349
Vitamin C (mg)		130 ± 170	80 ± 75	40 ± 22	0.090	0.273
dietary fibre (g)		6.6 ± 3.3	7.7 ± 4.1	6.3 ± 2.4	0.420	0.267

Date are mean ± SD (*n* = 17) .
p values were results of one-way repeated ANOVA. ***p* < 0.01, **p* < 0.05; Significantly different from the Phase 1 (according to Dunnett's *post hoc* test).

ES: Effect size (Cohen's *d*_z).
Phase 1: General training phase consisted of two sessions per day over the term during which the school held classes.
Phase 2: General training phase consisted of two sessions per day during a summer vacation.
Phase 3: Intensive training phase consisted of four sessions per day during a summer vacation.

Table 4. Nutrient density either as a percentage of energy (%E) or per unit of energy (1000 kcal) of collegiate male rugby players during three microcycle training phases in the preparatory phase.

Energy and nutrients		Phase 1	Phase 2	Phase 3	ANOVA <i>p</i> value	ES
Total						
Protein (%E)		13.4 ± 2.1	13.0 ± 2.1	11.8 ± 2.1 *	0.039	0.192
lipids (%E)		26.6 ± 7.7	28.1 ± 4.9	25.0 ± 8.6	0.400	0.195
Carbohydrate (%E)		57.2 ± 8.6	56.6 ± 5.5	61.4 ± 9.4	0.139	0.080
Ca (mg/1000kcal)		146 ± 53	170 ± 108	176 ± 81	0.389	0.215
Fe (mg/1000kcal)		3.0 ± 0.9	2.9 ± 0.8	2.5 ± 0.7	0.101	0.111
Retinol activity equivalents (µgRAE/1000kcal)		337 ± 548	141 ± 119	125 ± 69	0.167	0.336
Vitamin D (µg/1000kcal)		1.9 ± 2.2	1.3 ± 1.3	1.6 ± 2.0	0.655	0.272
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg/1000kcal)		0.58 ± 0.29	0.52 ± 0.19	0.46 ± 0.23	0.212	0.182
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg/1000kcal)		0.84 ± 0.48	0.52 ± 0.25 *	0.58 ± 0.39	0.022	0.564
Niacin equivalents (mgNE/1000kcal)		16.3 ± 4.4	13.8 ± 3.0	12.8 ± 4.3 *	0.018	0.505
Vitamin B ₆ (mg/1000kcal)		1.10 ± 0.79	0.76 ± 0.48	0.78 ± 0.52	0.116	0.404
Vitamin C (mg/1000kcal)		82 ± 101	50 ± 40	52 ± 66	0.336	0.336
dietary fibre (g/1000kcal)		3.9 ± 1.1	4.6 ± 1.3	3.9 ± 1.0	0.171	0.500
Protein per kilogram body weight (g/kgBW)		1.69 ± 0.44	1.54 ± 0.51	1.27 ± 0.47 *	0.009	0.340
Carbohydrate per kilogram body weight (g/kgBW)		7.23 ± 1.97	6.66 ± 1.85	6.36 ± 1.57	0.168	0.303
In the daytime: after waking in the morning and immediately before the evening training session						
Protein (%E)		14.0 ± 3.2	12.4 ± 2.2	10.9 ± 2.8 **	0.011	0.419
lipids (%E)		26.6 ± 10.0	29.1 ± 6.9	21.0 ± 9.2	0.023	0.257
Carbohydrate (%E)		57.4 ± 9.9	56.6 ± 7.0	68.6 ± 12.2 **	0.002	0.076
Ca (mg/1000kcal)		159 ± 85	190 ± 169	209 ± 130	0.325	0.195
Fe (mg/1000kcal)		3.0 ± 0.9	2.8 ± 1.2	2.2 ± 1.0 *	0.032	0.184
Retinol activity equivalents (µgRAE/1000kcal)		138 ± 57	142 ± 116	125 ± 113	0.861	0.026
Vitamin D (µg/1000kcal)		2.6 ± 3.9	1.1 ± 1.7 *	0.8 ± 1.0 *	0.033	0.634
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg/1000kcal)		0.58 ± 0.35	0.55 ± 0.33	0.44 ± 0.28	0.367	0.048
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg/1000kcal)		0.99 ± 0.73	0.55 ± 0.38	0.77 ± 0.86	0.135	0.491
Niacin equivalents (mgNE/1000kcal)		16.9 ± 9.2	13.7 ± 4.6	13.4 ± 9.0	0.261	0.312
Vitamin B ₆ (mg/1000kcal)		0.98 ± 0.76	0.69 ± 0.44	0.98 ± 0.96	0.378	0.332
Vitamin C (mg/1000kcal)		86 ± 145	43 ± 52	71 ± 120	0.542	0.266
dietary fibre (g/1000kcal)		4.0 ± 1.1	4.4 ± 2.2	3.9 ± 1.8	0.669	0.183
After the evening training session						
Protein (%E)		13.1 ± 3.8	14.2 ± 3.7	12.5 ± 2.8	0.253	0.250
lipids (%E)		26.5 ± 8.7	27.6 ± 7.5	26.9 ± 13.1	0.944	0.109
Carbohydrate (%E)		57.0 ± 10.9	55.2 ± 9.2	57.1 ± 14.2	0.865	0.141
Ca (mg/1000kcal)		136 ± 90	152 ± 80	150 ± 86	0.863	0.123
Fe (mg/1000kcal)		3.0 ± 1.3	3.0 ± 1.3	2.7 ± 1.0	0.679	0.014
Retinol activity equivalents (µgRAE/1000kcal)		553 ± 1167	180 ± 323	127 ± 84	0.195	0.303
Vitamin D (µg/1000kcal)		1.0 ± 1.2	2.2 ± 4.4	3.1 ± 5.8	0.388	0.251
Thiamin (Vitamin B ₁) (mg/1000kcal)		0.61 ± 0.38	0.52 ± 0.34	0.46 ± 0.28	0.374	0.171
Riboflavin (Vitamin B ₂) (mg/1000kcal)		0.68 ± 0.42	0.53 ± 0.34	0.40 ± 0.18	0.081	0.259
Niacin equivalents (mgNE/1000kcal)		15.5 ± 5.2	14.3 ± 4.5	12.0 ± 4.7	0.057	0.176
Vitamin B ₆ (mg/1000kcal)		1.17 ± 1.34	0.82 ± 0.95	0.56 ± 0.31	0.199	0.211
Vitamin C (mg/1000kcal)		63 ± 73	50 ± 51	26 ± 14	0.149	0.443
dietary fibre (g/1000kcal)		3.8 ± 2	4.9 ± 2.3	4.2 ± 1.4	0.180	0.427

Date are mean ± SD (*n* = 17) .
p values were results of one-way repeated ANOVA. ***p* < 0.01, **p* < 0.05; Significantly different from the Phase 1 (according to Dunnett's *post hoc* test).

BW: Body Weight. ES: Effect size (Cohen's *d*_z).
Phase 1: General training phase consisted of two sessions per day over the term during which the school held classes.
Phase 2: General training phase consisted of two sessions per day during a summer vacation.
Phase 3: Intensive training phase consisted of four sessions per day during a summer vacation.

Table 5. Energy and energy-providing nutrient intake within each food group during three microcycle training phases in the preparatory phase.

Energy and nutrient intake from each food group	Phase 1	Phase 2	Phase 3	ANOVA <i>p</i> value	ES phase 1vs.2	phase 1vs.3	ANOVA <i>p</i> value	ES phase 1vs.2	phase 1vs.3	ANOVA <i>p</i> value	ES phase 1vs.2	phase 1vs.3
After the evening training session												
Total												
I group												
Energy (kcal)	1957 ± 524	1733 ± 519	1606 ± 609	0.076	0.386	0.641	0.076	0.386	0.641	0.076	0.386	0.641
Protein (g)	34.0 ± 8.3	32.7 ± 8.7	28.9 ± 10.4	0.183	0.145	0.510	0.183	0.145	0.510	0.183	0.145	0.510
lipids (g)	8.2 ± 6.4	7.1 ± 6.1	7.0 ± 8.9	0.772	0.193	0.107	0.772	0.193	0.107	0.772	0.193	0.107
Carbohydrate (g)	418.2 ± 119.8	368.1 ± 114.2	341.6 ± 137.2	0.084	0.378	0.594	0.084	0.378	0.594	0.084	0.378	0.594
II group												
Energy (kcal)	865 ± 337	829 ± 397	630 ± 300	0.084	0.097	0.548	0.084	0.097	0.548	0.084	0.097	0.548
Protein (g)	72.3 ± 23.7	64.7 ± 32.9	45.9 ± 21.4	**	0.003	0.334	0.894	0.003	0.334	0.894	0.003	0.334
lipids (g)	58.0 ± 26.5	57.9 ± 28.3	45.4 ± 25.1	0.277	0.003	0.367	0.377	0.003	0.367	0.377	0.003	0.367
Carbohydrate (g)	4.7 ± 3.7	4.7 ± 5.9	3.1 ± 3.3	0.387	0.003	0.582	0.387	0.003	0.582	0.387	0.003	0.582
III group												
Energy (kcal)	102 ± 62	148 ± 122	79 ± 35	0.099	0.313	0.354	0.099	0.313	0.354	0.099	0.313	0.354
Protein (g)	4.9 ± 2.3	5.9 ± 4.3	3.5 ± 1.4	0.086	0.213	0.571	0.086	0.213	0.571	0.086	0.213	0.571
lipids (g)	0.9 ± 0.6	2.2 ± 2.2	1.1 ± 1.1	0.058	0.575	0.157	0.058	0.575	0.157	0.058	0.575	0.157
Carbohydrate (g)	22.5 ± 14.8	30.1 ± 28.7	16.5 ± 8.1	0.165	0.228	0.385	0.165	0.228	0.385	0.165	0.228	0.385
IV group												
Energy (kcal)	173 ± 198	140 ± 194	101 ± 145	0.452	0.122	0.291	0.452	0.122	0.291	0.452	0.122	0.291
Protein (g)	6.3 ± 6.8	5.6 ± 8.1	5.5 ± 8.1	0.924	0.077	0.083	0.924	0.077	0.083	0.924	0.077	0.083
lipids (g)	9.3 ± 11.3	6.4 ± 10.9	5.0 ± 8.6	0.437	0.192	0.295	0.437	0.192	0.295	0.437	0.192	0.295
Carbohydrate (g)	16.0 ± 20.5	14.7 ± 17.8	8.2 ± 13.4	0.341	0.044	0.299	0.341	0.044	0.299	0.341	0.044	0.299
V group												
Energy (kcal)	66 ± 93	60 ± 119	32 ± 71	0.355	0.053	0.430	0.355	0.053	0.430	0.355	0.053	0.430
Protein (g)	0.8 ± 1.4	0.8 ± 1.8	0.5 ± 1.0	0.575	0.036	0.331	0.575	0.036	0.331	0.575	0.036	0.331
lipids (g)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.2	0.255	0.228	0.465	0.255	0.228	0.465	0.255	0.228	0.465
Carbohydrate (g)	17.1 ± 23.9	15.7 ± 30.8	8.4 ± 18.6	0.343	0.049	0.430	0.343	0.049	0.430	0.343	0.049	0.430
VI group												
Energy (kcal)	240 ± 240	230 ± 137	159 ± 120	0.325	0.037	0.342	0.325	0.037	0.342	0.325	0.037	0.342
Protein (g)	2.0 ± 3.3	0.9 ± 1.3	0.5 ± 1.1	0.151	0.294	0.414	0.151	0.294	0.414	0.151	0.294	0.414
lipids (g)	4.1 ± 10.2	3.1 ± 5.3	0.4 ± 1.2	0.237	0.098	0.362	0.237	0.098	0.362	0.237	0.098	0.362
Carbohydrate (g)	49.5 ± 42.5	50.1 ± 29.7	39.0 ± 30.2	0.562	0.013	0.239	0.562	0.013	0.239	0.562	0.013	0.239
VII group												
Energy (kcal)	442 ± 276	444 ± 202	354 ± 189	0.358	0.007	0.280	0.358	0.007	0.280	0.358	0.007	0.280
Protein (g)	4.5 ± 2.7	5.0 ± 2.4	3.6 ± 2.1	0.207	0.123	0.315	0.207	0.123	0.315	0.207	0.123	0.315
lipids (g)	37.5 ± 23.7	38.2 ± 21.5	30.2 ± 17.8	0.422	0.026	0.279	0.422	0.026	0.279	0.422	0.026	0.279
Carbohydrate (g)	14.0 ± 8.5	15.8 ± 6.7	13.3 ± 6.5	0.543	0.202	0.063	0.543	0.202	0.063	0.543	0.202	0.063
VIII group												
Energy (kcal)	133 ± 186	118 ± 174	312 ± 200	**	<0.001	1.013	**	<0.001	1.013	**	<0.001	1.013
Protein (g)	8.2 ± 13.2	5.6 ± 13.2	10.1 ± 17.9	0.432	0.182	0.177	0.432	0.182	0.177	0.432	0.182	0.177
lipids (g)	0.5 ± 1.1	1.7 ± 4.9	2.4 ± 6.2	0.328	0.236	0.301	0.328	0.236	0.301	0.328	0.236	0.301
Carbohydrate (g)	24.4 ± 39.5	20.2 ± 26.3	68.1 ± 35.7	**	<0.001	0.205	**	<0.001	0.205	**	<0.001	0.205

Date are mean ± SD ($n=17$). p values were results of one-way repeated ANOVA. ** $p<0.01$, * $p<0.05$; Significantly different from the Phase 1 (according to Dunnett's *post hoc* test).ES: Effect size (Cohen's d_e).

Phase 1: General training phase consisted of two sessions per day over the term during which the school held classes.

Phase 2: General training phase consisted of two sessions per day during a summer vacation.

Phase 3: Intensive training phase consisted of four sessions per day during a summer vacation.

同様に1日のたんぱく質摂取量の差に関しては, 日中Ⅱ群と夕練以降Ⅱ群から摂取したたんぱく質のPhase間の差と有意な正の相関関係(日中Ⅱ群: $r=0.598, p=0.011$ および夕練以降Ⅱ群: $r=0.694, p=0.002$), 日中Ⅵ群から摂取したたんぱく質のPhase間の差と有意な負の相関関係($r=-0.549, p=0.023$)が認められた。

考 察

本研究は, Periodizationのミクロサイクルの視点より, 日本大学男子ラグビー選手の準備期におけるTr量の差異が, 栄養素等摂取量および食品群別摂取量に及ぼす影響を検討した初めての報告であった。生活活動エネルギー消費量に有意なPhase間の差は認められなかったため, 各Phaseにおける身体活動エネルギー消費量の変動はTr内容の差異によるものと考えられた。通常練習期間の一部であるP1を基準として, 大学夏季休暇中の練習期であるP2およびP3を比較した結果, P3では1日のTrの頻度と量が増加したことに伴いエネルギー消費量が増大したにも関わらず, 総エネルギー摂取量はそれに追従せずむしろ減少することが明らかとなった。また, 日中摂取量と夕練以降摂取量の時間帯に分けた分析の結果, P3はP1に比べ, 日中の「Ⅱ群:たんぱく質を多く含む群」によるたんぱく質量が減少した一方で, 日中の「Ⅷ群:サプリメント食品群」によるエネルギーと炭水化物の増加が認められ, 炭水化物エネルギー比率も高値であった。しかし, このようなサプリメント食品群の増加をもってしても, P3のエネルギー消費量の増加に見合うような1日の総エネルギー摂取量増加には至らなかった。このようにTr量の差異は, 選択する食品ひいてはエネルギー産生栄養素バランスならびに総エネルギー摂取量に影響を及ぼすことが示唆された。夏季強化練習などの激しい練習が繰り返される時期では選手に食欲低下に関連した愁訴がみられることが経験的に知られている^{12,13)}。本結果は, 実際の栄養素等摂取量の変化の視点からTr量の増加に対して摂食行動が追従しないことを客観的に示したオリジナルの知見である。また, 柔道, サッカー, 競泳の青少年選手では, Tr量の変動するメゾサイクルにおいて栄養素の必要量の変化に応じた食事調整が実施できていないことを示唆した最新の報告¹¹⁾に関して, 本研究はミクロサイクルの視点からそれを支持するものである。すなわち, Tr量の変動に応じた適切な食事・栄養補給は多くのスポーツ選手における共通の課題であることが示唆された。

トレーニング量の差異が栄養素等摂取量に及ぼす影響

1日のTr量の増大に食事摂取量が随伴しなかった要因の一つとして, 高強度運動後に引き起こされるExercise-induced anorexia(運動誘発性食欲不振)^{25,26)}の影響

が推察された。この高強度運動後の摂食行動抑制は運動直後30分程度持続するものの運動後2~9時間後には消失することが報告されている²⁶⁾。準備期の3つのPhaseにおいて, P3は他のPhaseよりも日中Trの頻度と量が高められ, 1日の総Tr量の平均値が約2倍に増加していたにも関わらず, 総エネルギー摂取量は随伴した変化をせずむしろ減少していた(Fig. 1)。また, 夕練以降の摂取量にPhase間の差は認められず, P3の日中摂取量へのみ影響が認められたことも注目すべき点である。P3の日中は, 試合期へ向けて体力増強および技術向上・チーム戦術理解の双方を強化するTrが複数回実施されたため, Tr間の休息時間は2時間程度であった。つまり, P3は, 毎回のTr後の運動誘発性食欲不振によって一時的に食事摂取量が抑制され, 食欲が回復する前に次のTrが開始してしまうために, 日中に十分な食事が摂取できなかった可能性が推察された。一方, P2ではP1と同様に午前中のTr終了から夕練開始まで5時間以上の時間があり, 食欲回復と食事調達のための十分な時間を確保することが可能であったと推察された。なお, 3つのTr期の夕練前の気候に関して, P2が最もWBGT値が高い厳重警戒の水準であった(方法「調査期間」を参照)。すなわち, 食事摂取量への影響は, 気候よりも上述のTr量が重要な因子であったと考えられた。このように本研究対象者において, 相対的エネルギー不足を引き起こすPhaseがある可能性が懸念された。エネルギー消費量に見合ったエネルギーを摂取できない場合はエネルギー源として体組織からのたんぱく質動員量が増加するため, Tr量の変動によるエネルギー消費量の増加分に摂取量が追従しなかったという事実は, 一定期間この状態が継続した場合, 選手の体重および除脂肪量の減少を誘引し, これら体格指標と密接に関連する競技パフォーマンス低下や傷害発生³⁾あるいはRelative Energy Deficiency in Sports (RED-S:スポーツにおける相対的エネルギー不足)²⁷⁾といった選手生命や生涯に亘る健康保持に対するリスクを高めることが危惧される。

スポーツ競技者の栄養に関するガイドライン²⁸⁾では, P1およびP2のTr量に相当する1日1~3時間の中~高強度運動時の糖質摂取目標値として体重1kg当たり1日に6~10g, P3のTr量に相当する1日4~5時間の中~高強度運動時では8~12gを推奨している。P3では炭水化物を多く含むサプリメント食品の摂取がP1より増加していたにも関わらず, 炭水化物摂取量は $6.4 \text{ g} \pm 1.6 \text{ g/kg}$ と目標値を大幅に下回っていた。さらに, 1日の体重1kg当たりのたんぱく質摂取量において, P3($1.3 \pm 0.5 \text{ g/kg}$)はP1($1.7 \pm 0.4 \text{ g/kg}$)およびP2($1.5 \pm 0.5 \text{ g/kg}$)に比べ低値を示した(Table 4)。スポーツ選手が体内のたんぱく質代謝やリモデリングを維持するには, 一般的に1日に1.2~2.0 g/kgのたんぱく質摂取が推奨さ

Fig. 2 Relationship between differences of total energy intake (EI) and EI within each food group in the daytime (Upper half) and after the evening training session (Lower half part)

Spearman's rank correlation coefficients (r) were calculated.

Δ : difference (Phase1 minus Phase3); group I: cereals; group II: high-protein foods; group III: vegetables; group IV: milk and dairy products; group V: fruits; group VI: snacks; group VII: other; group VIII: supplements. in the daytime: after waking in the morning and immediately before the evening training session.

れている²⁸⁾。本研究の対象者では各Phaseともこの推奨量の範囲内であったが、短期間の強化Tr実施の場合は、より多くのたんぱく質摂取が必要なことも指摘されており²⁸⁾、体力増強および技術力向上を目的とし体重および除脂肪量の増加を必要とする準備期⁸⁾、特にP3で他のPhaseより低値を示したことに留意する必要がある。

トレーニング量の差異が食品群別摂取量に及ぼす影響

食品群別摂取量に関して (Table 5), P3では、日中に「Ⅱ群: たんぱく質を多く含む食品群」から摂取したたんぱく質量が他のPhaseの半分近くにまで減少し、特にP1とP3の差の程度は0.926と大きな効果量を示した。一方で、P3の日中における「Ⅷ群: サプリメント食品群」からのエネルギーと炭水化物の摂取量は他のPhaseの3倍以上に増加し、P1とP3の差には大きな効果量 (エネルギー: 1.013, 炭水化物: 1.168) が認められた。また、総エネルギー摂取量におけるP3とP1との差は、日中の「Ⅰ群: 炭水化物を多く含む食品」と調理に使用した油脂類等を含む「Ⅶ群: その他の食品群」から摂取したエネルギー量の当該Phase間の差と有意に関連することが認められ (Fig. 2: $r=0.581$ および $r=0.512$)、総エネルギー摂取量の減少は、特に日中の食事選択に起因している可能性が考えられた。以上の結果は、Tr量の差異が選手の選択する食事内容に影響し、それに伴いエネルギー摂取量にも影響を及ぼすことを示唆する本研究オリジナルの知見である。運動が食事内容の選択に影響を及ぼすことを示唆する興味深い先行研究として、Crabtree DRら²⁹⁾は、一過性の高強度運動後に低カロリー食と高カロリー食の写真を見せた場合、高カロリー食の写真からの視覚刺激によって食欲調整に関連すると考えられる脳の一部活性が抑制されたことを報告している。この先行研究を勘案すると、P3のような日中に複数回の高強度Trが行われた際に摂取した食事では、たんぱく質や脂質を含む主菜を摂取するような比較的高カロリーの食事スタイルを無意識に避け、脂質含有が少なく炭水化物を豊富に含むエネルギー補給系のサプリメント食品にアクセスした可能性が考えられた。このような選手自身の食品群の選択は、P3の炭水化物エネルギー比率が他のPhaseより高い食事内容である高炭水化物食に繋がったと考えられる。Tremblay Aら³⁰⁾は、運動後に高脂肪食を摂取した場合は運動によるエネルギー消費増加分を代償し、高炭水化物食を摂取した場合は負のエネルギー収支バランスを引き起こすことを示唆しており、本研究においてP3のエネルギー摂取量が消費量の増加に伴いなかった要因として、このような日中の食品の選択による食事のエネルギー産生栄養素バランスへの影響が関与している可能性も推察された。

本研究の限界として、第一に、Tr量と生活活動量は、主観的観察による要因加算法および質問紙法を用いた点である。本調査法は、測定 of 厳密性や客観性に乏しいという短所は周知である³¹⁾。しかし、質問紙法は先行研究^{18,19)}で一定の信頼性と妥当性が担保された手法を採用した。要因加算法も身体活動評価法の一手法であり、本研究では全ての練習を直接観察し練習内容をリアルタイムで選手個々に評価する工夫を行った。また、1日の総エネルギー消費量の主要素である基礎代謝量を評価できていないことも限界点である。しかし、本研究は比較的短期間に実施され、かつ各Phaseの体重に大きな差は認められなかったことから (方法「対象者」を参照)、基礎代謝量に重大な変動はなかったものと推察される。さらに、本研究ではTr後に安静時エネルギー消費量が高まるExcess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC) を評価していないが、P3ではとりわけEPOCが亢進し本研究で評価したよりも実際にはさらに高いエネルギー消費をTrに関連して誘引した可能性があり、本研究で懸念されたエネルギー摂取量が消費量に随伴しない状態はより深刻であった可能性がある。第二に、本研究の調査が各Phaseとも1日ずつのみに限定したことによる食事調査における限界点である。習慣的な運動は、食事摂取の制御に関わる脳内の神経反応³²⁾ およびエネルギー代謝や行動的側面で自動的かつ長期的に適応する³³⁾ ことが報告されており、各Phaseとも複数日に亘り食事摂取状況を調査する必要があるかもしれない。しかし本研究は、各Phaseで1日のみに限定して食事調査を行うことで確実な食事情報を得ることを意図した。アスリートへの食事調査の妥当性について検討した最新のレビュー³⁴⁾では、食事記録法による4日以上食事調査では、約19%過小評価することが報告され、食事調査は選手にとって負担となり調査が複数日となることで誤差を誘引すると考えられる。

今後の課題として、第一に、食品選択に及ぼすと考え得る交絡因子についても検討することである。ヒトの食行動は、食品入手の利便さや価格、会食などの外的・社会的要因、食事時間帯や摂食速度などの摂食パターン、性別や身体活動などその他生物学的要因の影響を受けると考えられている^{35,36)}。P3は1日を通して練習が頻回に行われていたため、食欲や疲労度などの内的要因のみならず食事を購入あるいは準備する時間の確保が難しいといった外的要因が食事摂取量に影響した可能性も否定できない。第二に、準備期におけるエネルギー消費量と食事量をより長期間観察すると共に、体重や体組成あるいは血液生化学検査値によりエネルギー出納とその影響を評価する必要がある。

総 括

本研究は、大学男子ラグビー競技の準備期における夏季強化練習期間中においてTrの頻度と量の増加に伴いエネルギー消費量が増大しても、総エネルギー摂取量は追従せずむしろ減少したことを明らかにした。また、日中のTr頻度と量が最も高かったP3は、日中に摂取した「たんぱく質を多く含む食品群」が減少した一方で「サプリメント食品群」が増加し、日中の食事内容は通常練習日に比べて高炭水化物食に転じていた。しかし、このようなサプリメント食品群の摂取量の増加をもってしても、Tr量の増加に見合う1日の総エネルギー摂取量の増加には至らなかったという重要な事実が示された。さらに、夕練以降の食事内容に差が認められなかったことから、日中の頻回に亘る中高強度Trの実施が、食品選択およびエネルギー産生栄養素バランスに影響し、エネルギー摂取量の減少を引き起こした可能性が示唆された。このようなTr量の変化が選手の摂食行動に影響を及ぼすことを勘案した上で、特に練習の頻度・量が増す時間帯（例えば日中）の食事の摂取方法や時間管理を主体とした栄養補給や環境の整備、あるいは選手に対する栄養教育の実施などの栄養サポート計画を行う必要性が考えられた。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

謝 辞

本研究にご協力いただいたA大学ラグビー部の部員および鶴丸誠様はじめ関係諸氏に深謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Gamble P. Periodization of training for team sports athletes. *Strength Cond J* 28: 56-66, 2006.
- 2) Gabbett TJ. The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *J Strength Cond Res* 24: 2593-2603, 2010. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f19da4.
- 3) Till K, Scantlebury S, Jones B. Anthropometric and physical qualities of elite male youth rugby league players. *Sports Med* 47: 2171-2186, 2017. doi: 10.1007/s40279-017-0745-8.
- 4) Gabbett TJ, Domrow N. Risk factors for injury in subelite rugby league players. *Am J Sports Med* 33: 428-434, 2005. doi: 10.1177/0363546504268407.
- 5) Harley JA, Hind K, O'hara JP. Three-compartment body composition changes in elite rugby league players during a super league season, measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Strength Cond Res* 25: 1024-1029, 2011. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc21fb.
- 6) Georgeson EC, Weeks BK, McLellan C, Beck BR. Seasonal change in bone, muscle and fat in professional rugby league players and its relationship to injury: a cohort study. *BMJ Open* 2: e001400, 2012. doi: 10.1136/bmjopen-2012-001400.
- 7) Lees MJ, Oldroyd B, Jones B, Brightmore A, O'Hara JP, Barlow MJ, Till K, Hind K. Three-compartment body composition changes in professional rugby union players over one competitive season: A team and individualized approach. *J Clin Densitom* 20: 50-57, 2017. doi: 10.1016/j.jocd.2016.04.010.
- 8) Argus CK, Gill N, Keogh J, Hopkins WG, Beaven CM. Effects of a short-term pre-season training programme on the body composition and anaerobic performance of professional rugby union players. *J Sports Sci* 28: 679-686, 2010. doi: 10.1080/02640411003645695.
- 9) Stellingwerff T, Boit MK, Res PT; International Association of Athletics Federations. Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. *J Sports Sci* 25: S17-28, 2007. doi: 10.1080/02640410701607213.
- 10) Noll M, de Mendonça CR, de Souza Rosa LP, Silveira EA. Determinants of eating patterns and nutrient intake among adolescent athletes: a systematic review. *Nutr J* 16: 46, 2017. doi: 10.1186/s12937-017-0267-0.
- 11) Morehen JC, Bradley WJ, Clarke J, Twist C, Hambly C, Speakman JR, Morton JP, Close GL. The assessment of total energy expenditure during a 14-day in-season period of professional rugby league players using the doubly labelled water method. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 26: 464-472, 2016. doi: 10.1123/ijsnem.2015-0335.
- 12) 平岡秀雄, 田村修治, 鈴木昭寿, 荒川正一: 運動負荷が血液性状に及ぼす影響について—ハンドボール選手を対象として—, 東海大学紀要, 20: 59-66, 1990.
- 13) 古泉佳代, 川本恵子, 菊地ゆめみ, 田牧一幸, 齊藤隆志: 女子ラクロス部のトレーニング期における体組成変化を支援する食育の実践, 日本女子体育大学紀要, 45: 105-116, 2015.
- 14) 大石泰輔, 森本晃司, 鈴木健太郎, 漆畑俊哉, 平賀 暁, 内山達二, 地 英基, 中村龍一, 吉田一希, チャールズ・ロウ, 猪俣弘史, 西機 真, 森 信太郎, 中谷 創, 上野裕一, 山田睦雄: 流通経済大学ラグビー部における2013年度外傷報告, 流通経済大学スポーツ健康科学部紀要, 8: 69-78, 2015.
- 15) 川原 貴, 伊藤静夫, 井上芳光, 田中英登, 中井誠一, 長谷川 博, 松本孝朗, 安松幹展. スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, (4), 公益財団法人日本スポーツ協会, 東京, 2013.
- 16) 国立健康・栄養研究所. 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』, 2012. <http://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf> (閲覧日2018年8月1日)
- 17) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準2013, 2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf> (閲覧日2018年8月1日)
- 18) Bull FC, Maslin TS, Armstrong T. Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability

- and validity study. *J Phys Act Health* 6: 790-804, 2009. doi: 10.1123/jpah.6.6.790.
- 19) 村瀬訓生, 上田千穂子, 長田卓也, 木目良太郎, 小清水英司, 勝村俊仁: 世界標準化身体活動質問表 (GPAQ) および国際標準化身体活動質問表 (IPAQ) の信頼性, 妥当性の検討, 体力科学, 53: 899, 2004.
 - 20) 国立スポーツ科学センター. サプリメント @JISS. <http://www.jpnsport.go.jp/jiss/supplement/tabid/340/Default.aspx> (閲覧日 2015年11月12日)
 - 21) 厚生労働省. 平成26年国民健康・栄養調査報告書, 2016. <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h26-houkoku.pdf> (閲覧日 2018年8月1日)
 - 22) 農林水産省. 「食事バランスガイド」について. http://www.maff.go.jp/j/balance_guide/ (閲覧日 2018年8月1日)
 - 23) 木村典代, こばたてるみ. 食事バランスのととのえ方, 小・中学生のスポーツ栄養ガイド-スポーツ食育プログラム, 公益財団法人日本体育協会・樋口満監修, こばたてるみら編著, 女子栄養大学出版部, 東京, 17, 2012.
 - 24) Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol* 4: 863, 2013. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00863.
 - 25) Schubert MM, Desbrow B, Sabapathy S, Leveritt M. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. *Appetite* 63: 92-104, 2013. doi: 10.1016/j.appet.2012.12.010.
 - 26) Deighton K, Stensel DJ. Creating an acute energy deficit without stimulating compensatory increases in appetite: is there an optimal exercise protocol? *Proc Nutr Soc* 73: 352-358, 2014. doi: 10.1017/S002966511400007X.
 - 27) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad - relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sports Med* 48: 491-497, 2014. doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
 - 28) Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. 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: 501-528, 2016. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.
 - 29) Crabtree DR, Chambers ES, Hardwick RM, Blannin AK. The effects of high-intensity exercise on neural responses to images of food. *Am J Clin Nutr* 99: 258-267, 2014. doi: 10.3945/ajcn.113.071381.
 - 30) Tremblay A, Almras N, Boer J, Kranenbarg EK, Desprs JP. Diet composition and postexercise energy balance. *Am J Clin Nutr* 59: 975-979, 1994. doi: 10.1093/ajcn/59.5.975.
 - 31) Kumahara H, Ishii K, Tanaka H. Physical activity monitoring for health management: practical techniques and methodological issues. *Int J Sport Health Sci* 4: 380-393, 2006. doi: 10.5432/ijshs.4.380.
 - 32) Cornier MA, Melanson EL, Salzberg AK, Bechtell JL, Tregellas JR. The effects of exercise on the neuronal response to food cues. *Physiol Behav* 105: 1028-1034, 2012. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.11.023.
 - 33) Blundell JE, Gibbons C, Caudwell P, Finlayson G, Hopkins M. Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes Rev* 16: 67-76, 2015. doi: 10.1111/obr.12257.
 - 34) Capling L, Beck KL, Gifford JA, Slater G, Flood VM, O'Connor H. Validity of dietary assessment in athletes: A systematic review. *Nutrients* 9: E1313, 2017. doi: 10.3390/nu9121313.
 - 35) Birkenhead KL, Slater G. A review of factors influencing athletes' food choices. *Sports Med* 45: 1511-1522, 2015. doi: 10.1007/s40279-015-0372-1.
 - 36) 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, 第一出版, 東京, 45-47, 2014.