

機能性栄養補助食品摂取が、大学サッカー選手の 身体特性に及ぼす影響

長 野 崇^{*1} 高 山 昌 子^{*2} 佐々木 義 晴^{*3}

The Effect of Dietary Supplement Intake on Physical Characteristics of College Football Players

Takashi Nagano^{*1} Masako Takayama^{*2} Yoshiharu Sasaki^{*3}

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of ingestion of the dietary supplements Rikinin and protein on the physical characteristics of university athletes. The subjects belonged to the Osaka International University Men's Soccer Club. The 35 subjects who obtained consent were randomly assigned to 3 groups (protein and Rikinin group; PR group, protein group; P group, Rikinin group; R group below), and measured before and after ingestion. There were 8 PR groups, 12 P groups, and 9 R groups. The right and left arm muscle mass was significantly higher only in the PR groups ($p < 0.05$). In the right leg muscle mass, the PR groups and the P groups had significantly higher values, and in the left leg muscle mass, the PR groups and the P groups had significantly higher values. Only the R groups showed a significantly high value in the arrival time of the Wingate test peak. This suggests that the γ -oryzanol contained in Rikinin affected anaerobic endurance, and also that further detailed study is necessary.

キーワード

機能性栄養補助食品・リキニン・プロテイン・サッカー

I. 緒言

スポーツにおいてコンディションを良好に保持し、さらにパフォーマンスの向上を目指すためには、栄養学的な知識とそれに基づいた適切な食生活の実践が重要であることが、

*1 ながの たかし：大阪国際大学人間科学部講師〈2021. 5. 25 受理〉

*2 たかやま まさこ：大阪国際大学人間科学部講師

*3 ささき よしはる：株式会社ファイン取締役

スポーツ栄養学の発展によって明らかになってきた（樋口, 2002）。特に日常的に強度の高いトレーニングを長時間にわたって行っているアスリートでは、貯蔵されている筋グリコーゲン量が低い状態で試合に臨めば、運動能力の著しい低下や、試合の途中でスタミナが切れてしまうことになる（東ら, 2010）。今日の生化学・運動生理学・栄養学の目覚ましい発展により、トップアスリートの世界では、ただ単にトレーニングにのみに頼るのではなく栄養学的サポートが必須になり、多くのメディアに取り上げられ発信されたことにより、情報を鵜呑みにし、栄養補助食品を利用したり、極端な食事を摂り入れたりする一般アスリートの数が増えていることが予測される。その結果、かえって体調を崩してしまい競技成績レベルの低下を招いたり、障害に繋がってしまうことも充分考えられる（加藤ら, 2011）。

東ら（2010）が大学生サッカー選手を対象に行った栄養摂取状況に関する研究では、エネルギー摂取量が平均 $2479.2 \pm 570.09 \text{ Kcal}$ であり、日本人の栄養所要量（健康・栄養情報研究会, 1999）に対し 20% 程度低値を示したことを報告している。平成 27 年度厚生労働省国民健康・栄養調査結果では、一日三食ともに主食・主菜・副菜（穀類・魚介類・肉類・卵・大豆類・野菜・キノコ類・海藻類）を組み合わせ食べている 20 歳代の一般成人は、男性 39.1%、女性 38.4% であり、その割合は男女ともに若年程低い傾向にある（厚生労働省, 2015）。プロテインサプリメントは必須アミノ酸をバランスよく含有する良質タンパク質を原料とし、タンパク質の酸化抑制作用やインスリンの分泌促進作用を有する糖質を配合しており、運動トレーニング時の食事の補助手段として利用することが可能であり（土居ら, 2004）、多彩な生活環境である大学生運動選手が上記に示すバランスのとれた食事を摂取することは難しく、正しい知識の元にサプリメントを有効に活用することが期待される。

しかし、日本で流通しているサプリメントには、保健上の用途をそのまま表示することができず、サプリメント企業は宣伝・広告を巧みに利用し、消費者に効能効果を連想させる形で売り込む現況が伺える（小内, 2003）。サプリメントは保健上の効果を期待して利用するものであるから、当然その効果はランダム比較化試験（randomized controlled trial, 以下：RCT）により証明されなければならないが、海外に比較して我が国における RCT 研究は極めて乏しくエビデンスはほとんどないのが現状である。小内（2003）は乏しいエビデンス、規格の不統一、過剰摂取問題、妊婦・授乳期の安全性、副作用問題、疾病への影響、医薬品との相互作用、混入物問題、輸入サプリメントの危険性、コスト問題等に警笛を鳴らしている。特に副作用の問題としては、ハーブ系サプリメントであるカバ（Kava）による重篤な肝障害、アマメシバによる閉塞性細気管支炎の発症等が報告されている（Palmer, 2003）。

栄養補助食品であるリキニン株式会社ファインによって製造・販売されている。これは、ニンニクエキスと米ぬかエキスを主成分とした粉末食品であり、1 食分 1 g/day の粉末あたり、エネルギー 3.48 kcal 、タンパク質 0.12 g 、脂質 0.01 g 、炭水化物 0.726 g 、食塩相当量 0.05 g の栄養成分が含まれる。主成分であるニンニクと米ぬかは古くから食品として利用されており、その抽出混合物であるリキニンについても 30 年以上株式会社ファインにおいて様々な製品に配合、製造販売されており、これまでに摂取による異常の報告はない。

米ぬかにおける研究は多岐にわたるが、近年多彩な代謝改善効果と新たな作用点が明らかになった玄米由来有効成分の研究が進んでいる。 γ -オリザノールは玄米から抽出された数種のトリテルペンアルコールのフェルラ酸エステル化合物で、米ぬかに含まれる玄米特有の物質である（金子ら, 1954）。ウサギを用いた実験により経口投与された γ -オリザノールは脳に多く分布し、肝で代謝されることが示されている（藤原ら, 1972）。 γ -オリザノールは、視床下部におけるカテコールアミンの代謝に作用し自律神経系の機能を調整することから、更年期障害や過敏性腸症候群の治療薬として、またコレステロール吸収抑制・肝コレステロール生合成抑制作用を有することから、高脂血症治療薬としても臨床応用されている（石原, 1983）。しかし、アスリートが行う高強度運動後における γ -オリザノール投与の経時的変化を検討した研究は未だ見られない。

高負荷でのトレーニング後の超回復では、アスリートのパフォーマンスを向上させるためにも大変重要であり、トレーニング効果の向上は選手にとっても重要なことであると考えられる。

よって本研究の目的は、機能性栄養補助食品であるリキニンの摂取が大学生アスリートの身体特性に及ぼす影響について検討することを目的とする。

Ⅱ. 方法

1. 倫理審査

対象者と保護者には、研究の主旨およびプライバシー保護、研究協力は本人の自由意思に基づくものであること、研究協力拒否および中断が可能であること、協力しない場合も如何なる不利益が生じないことを説明した。また、得られたデータは本研究の目的以外には使用されず、守秘義務を堅持することを伝えた。

本調査については、大阪国際大学倫理委員会の承認を得た（2019年3月29日：承認番18-19号）。

2. 対象

本研究の対象は、令和元年度にO大学男子サッカー部に所属する者を対象とした。サッカーの競技特性においては、ボールを扱う技術はもとより試合中に長い距離を移動しながら、ジャンプ、ターン、ダッシュなどの高強度運動を頻回に繰り返すことが要求される。先行研究では、大学サッカー選手の試合中の動きとして1試合あたりの平均移動距離は11.5～13.4kmであり、試合中は2～3m/sec以下で動きながら、時折7m/sec以上の速いスピードでフィールドを移動しており、また、パフォーマンスレベルが高い選手ほど試合中の総移動距離に対する高強度運動の占める割合が多いことが報告されている（宮森ら, 2008）。よって、全面的な身体負荷がかかる競技として、機能性栄養補助食品が如何なる作用を及ぼすかを検討する上で大変有用な競技であると判断した。

被検者にはインフォームドコンセント（調査の目的、方法などを調査責任者が書面と口頭で説明した）後に同意が得られた者から承諾書を得て決定した。同意を得られた35名を3群（プロテイン及びリキニン摂取群；以下PR群、プロテイン摂取群；以下P群、リキニン摂取群；以下R群）に無作為割り付けを行い、摂取前後の測定を行うことができたPR

群 8 名、P 群 12 名、R 群 9 名を調査対象者とした。

3. プロテイン摂取期間

プロテイン摂取期間は、2019 年 4 月 2 日（火）～6 月 30 日（日）の 3 か月間とした。当該調査期間は関西学生サッカー春季リーグ戦中であり、部の年間スケジュールの中では活動量が高く且つ週内トレーニング頻度も同一のルーティン期間であり、極めて慣習的な行動を取る期間であった。

4. プロテイン粉末および摂取方法

調査で使用したプロテイン粉末は、株式会社ファインが製造するファインプロホエイプロテインおよびリキニンである。プロテインおよびリキノンの摂取は 1 日 1 回とした。摂取のタイミングはトレーニング後とし、オフ日（月・水曜日）に関しては自宅にて同日時間帯に摂取するよう指示をした。1 回の摂取量は 1 回 22g とし、市販の牛乳に溶かして摂取させた。

5. 測定項目

1) 体組成計測

形態・体組成測定は生体電気インピーダンス法（Inbody430）による体組成計（株式会社タクミ製）を用いて、体重、骨格筋量（随意筋）、筋肉量（骨格筋、内臓筋、心筋等）、体脂肪量、体脂肪率（体脂肪量（kg）/ 体重（kg）× 100）、BMI、基礎代謝量、ウエスト周り、左右腕筋肉量、左右脚筋肉量を測定した。測定方法は、裸足にて両手掌と両足底を装置の電極にそれぞれ接触させて、90 秒間の静止立位で実施した。体重は着衣分の 1kg を差し引いた値とした。

2) パフォーマンス測定

(1) 最大酸素摂取量測定

カーディオ・バイク CB-1000（株式会社ナプス社製）を用い、予備診断として 3 分間のペダリング（30W）を行い脈拍数を安定させた。次に第 1 負荷として 2 分間のペダリング（40W）、第 2 負荷として 3 分間のペダリング（第 1 負荷の脈拍数より負荷を 60W・70W・80W の何れかに決定）、第 3 負荷として 3 分間のペダリング（第 2 負荷の脈拍数より負荷を 60W・70W・80W の何れかに決定）を行い、測定された負荷と脈拍数の関係から回帰直線式を求め、回帰直線式に推定最高脈拍数（220 - 年齢）を求め最大仕事率を求め最大酸素摂取量に換算した。なお、ペダリング頻度は毎分 60 回転とした。

(2) 無酸素性持久力測定（ウイングートテスト）

パワーマックスⅦ（COMBI WILLNESS; 現コナミスポーツ社製）を用い、パワーマックスのモニターから「ウイングートテスト」を選択し、体重を入力して、負荷は体重の 7.5% に設定した。運動開始 5 秒前から、測定者はカウントダウンを始め、選手には、踏み始めるペダルを前方に位置させて（45～90 度）、スタートから真下に踏めばペダリングでできる姿勢を取らせた。運動開始の電子音を合図に、最大努力でペダル回転数をあげ、10 秒間すべて全力で維持するように指示した。

(3) 最大酸素パワー（無酸素パワー）測定

パワーマックスⅦ（COMBI WILLNESS; 現コナミスポーツ社製）を用い、測定開始の

電子音に合わせて選手にペダルを回転させた。測定者は「選手がペダル回転数を最大に上げるように声をかけ10秒間全力でのペダリングをさせた。第二セット負荷条件は、第一セットの最大回転速度に応じて決定した(表1)。休憩時間は2分間とした。第二セットの測定開始5秒前から、操作パネルのカウントダウンが開始するため、第一セットと同様に、10秒間の全力ペダリングを行わせた。第三セットの測定が開始される前に、第二セットよりもさらに負荷が重くなることを説明した。同じ要領で、測定を要領で繰り返した。最大無酸素パワーは、体重が大きいほどパワー値が大きくなりやすい傾向にあるので、体重差がある選手を比較する場合は、体重あたりの測定値を用いて評価した。

表 1. 各セットの負荷の決定

体重 (kg)		第1セット	第1セットでの 最大回転速度	第2セットでの負荷 (第1セット+)	第2セットでの 最大回転速度	第3セットでの負荷 (第1セット+)
男	女	負荷				
80~	—	5	180~	+3	150~	+3
60~79	70~	4				
~58	50~69	3	150~179	+2	130~149	+2
—	~49	2	~149	+1	~129	+1

6. 測定日

測定はプロテイン粉末およびリキニン摂取期間の前後に実施した。

身体組成およびパフォーマンス測定は、摂取前が2019年3月17日(日)、摂取後が2019年7月14日(日)であった。

7. データ解析

得られたデータ平均値と標準偏差で示した。群間比較は一元配置分散分析を行い、記録の前後比較は対応のあるt検定を行った。統計解析は、統計解析ソフトSPSS Ver26を用い有意確立5%未満を統計的に有意とした。

Ⅲ. 結果および考察

全ての身体組成およびパフォーマンスに関する項目において群間(PR群・P群・R群)に有意な差は認められなかった。そこで3か月間の機能的栄養補助食品摂取前後におけるデータを比較検討した。

1. 身体組成特性について

表2に、PR群、P群、R群における機能的栄養補助食品摂取前後の体組成測定結果を示す。

体脂肪においてP群のみ有意に低値を示した($p<0.05$)。体重において、3群共に有意差は確認されなかった。全体の骨格筋量および筋肉量において、PR群のみ有意に高値を示した($p<0.05$)。体脂肪量において、P群のみ有意に低値を示した($p<0.05$)。BMIにおいて、3群共に有意差は確認されなかった。基礎代謝量において、PR群のみ有意に高値を示した($p<0.05$)。ウエスト周りにおいて、P群のみ有意に低値を示した($p<0.05$)。

右腕筋肉量において、PR群のみ有意に高値を示した($p<0.05$)。左腕筋肉量において、PR群のみ有意に高値を示した($p<0.05$)。右脚筋肉量において、PR群とP群が有意に高

表 2. 体組成の測定結果

	プロテイン・リキニン群(n=8)						プロテイン群(n=12)						リキニン群(n=9)					
	摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			摂取前			摂取後		
	mean	SD	mean	SD	P値		mean	SD	mean	SD	P値		mean	SD	mean	SD	P値	
体脂肪	8.49	3.89	7.96	3.16	0.36	n. s.	7.89	3.37	6.52	2.17	0.03	*	9.56	3.83	9.01	3.76	0.40	n. s.
体重	64.29	7.52	65.25	6.84	0.23	n. s.	65.78	7.75	65.31	7.55	0.46	n. s.	65.70	5.70	65.23	6.61	0.46	n. s.
骨格筋量	31.91	2.86	32.69	2.74	0.04	*	33.06	3.46	33.48	3.80	0.18	n. s.	32.08	2.69	32.00	2.39	0.85	n. s.
筋肉量	52.68	4.39	54.13	4.22	0.01	*	54.64	5.42	55.58	5.95	0.06	n. s.	53.06	4.00	53.12	3.55	0.92	n. s.
体脂肪率	12.78	4.69	11.91	3.85	0.26	n. s.	11.74	3.72	9.84	2.65	0.01	*	14.33	4.78	13.52	4.31	0.37	n. s.
BMI	22.19	2.16	22.46	1.87	0.34	n. s.	21.69	1.89	21.50	1.83	0.35	n. s.	22.86	2.13	22.83	2.40	0.92	n. s.
基礎代謝量	1575.63	101.79	1607.38	97.19	0.02	*	1620.67	123.62	1640.00	135.21	0.08	n. s.	1583.33	90.50	1584.33	81.27	0.94	n. s.
ウエスト周り	73.68	5.97	72.75	5.21	0.31	n. s.	74.12	5.79	72.19	4.48	0.02	*	75.59	4.66	74.01	5.80	0.12	n. s.
右腕筋肉量	2.90	0.32	3.01	0.30	0.03	*	3.08	0.47	3.17	0.52	0.08	n. s.	2.98	0.32	2.95	0.24	0.62	n. s.
左腕筋肉量	2.86	0.35	2.98	0.36	0.02	*	3.02	0.45	3.13	0.51	0.08	n. s.	2.99	0.34	2.96	0.26	0.67	n. s.
右脚筋肉量	8.81	0.57	9.15	0.57	0.00	**	9.19	0.96	9.44	0.96	0.00	**	8.79	0.70	8.91	0.73	0.32	n. s.
左脚筋肉量	8.71	0.62	9.07	0.57	0.00	**	9.16	0.93	9.16	9.44	0.00	**	8.77	0.65	8.93	0.73	0.25	n. s.

*p<0.05, **p<0.01

値を示した ($p<0.01\cdot0.05$)。左脚筋肉量において、PR 群と P 群が有意に高値を示した ($p<0.01\cdot0.05$)。

Lovenhagen (2001) が健常成人男性が 60 分間の自転車こぎ運動を負荷した直後から 3 時間後にプロテインサプリメント (ジョグメイトプロテイン; 大塚製薬株式会社製) を摂取した場合の筋肉たんぱく質代謝を比較した研究では、運動直後に摂取した群が 3 時間後に摂取した者に比べ有意にたんぱく質合成が高まり、下肢のタンパク質の蓄積が向上したことを示している。また、岡野ら (1999) が行った 20 匹の雄ラットをレジスタンス (スクワット) 運動 (70% 1RM、15 回/セット、10 セット/日、3 日/週) 直後に食餌を摂取する群 (R 群) と 4 時間後に摂取する群 (L 群) に分けて 10 週間飼育した研究でも、R 群の下肢筋力が有意 ($p<0.05$) に大きく、逆に腹部脂肪組織量が有意 ($p<0.01$) に小さいことを報告し、レジスタンス後の速やかな食餌摂取は骨形成を高め、一部において筋肥大を介在してなされたことを示唆している。さらに Ivy (1998) が行った長時間運動の終了直後もしくは終了 2 時間後に全く同じ内容の糖質溶液を摂取した際の筋グリコーゲン回復率を検討した研究においても、運動終了後に摂取した場合に比べて、運動終了 2 時間後に摂取した場合、全く同じ内容の糖質溶液を摂取しても、筋グリコーゲンの回復率が有意に低くなることを報告している。国際スポーツ栄養学会 (International Society of Sports Nutrition) などの公式見解においても、「筋グリコーゲンの速やかな回復のためには、運動終了後 30 分以内に糖質を摂取すべき」と記されているが (Kerksick et al., 2008)、この 30 分以内というのは、運動における筋収縮活動によるインスリン非依存的な骨格筋の糖取り込み速度の増加が、運動終了から 30 分程度は高く維持されているという研究 (Goodyear et al., 1999) によるものである。

筋肉の主要な構成成分はたんぱく質であり、周知のとおり筋肉は運動によって分解が進ずる。日常のトレーニングで分解した筋肉の修復を効果的に行い、筋肉量を増加させるために十分なたんぱく質の摂取は重要である (佐藤ら, 2019)。一般にわが国では欧米諸国と比較して動物性たんぱく質の摂取比率が低いことなどを考慮し、体重 1kg あたりにつき

1.5～2g 程度のプロテイン粉末を摂取すればよいとされている(日本スポーツ協会, 2016)。しかし本研究で対象とした被検者が所属する O 大学サッカー部員の中には、下宿生活ゆえ夕食が 23 時頃になる者、帰宅まで 2 時間という通学時間を有する者等が存在し、十分な食事が摂れていないことが考えられる。一般人に対しアスリートは約 2～5 倍の栄養素の摂取が必要であることが考えられるが、当該選手の栄養摂取状況は充分でないことが考えられる。R 群において体重・骨格筋量共に低値を示したことは、3 か月に渡るトレーニング期間中に消費エネルギー量に対応した食事が確保されていないことが考えられる。

対しプロテインにリキニンを加え取得した PR 群においては、骨格筋量、筋肉量、基礎代謝量、左右腕筋肉量、左右脚筋肉量において有意 ($p<0.05$) に高値を示す結果となった。プロテイン摂取群よりもリキニンを加えた摂取群の方が複数項目において高値を示すことが確認された。リキニンは、主成分であるニンニクと米ぬかは古くから食品として利用され 30 年以上同社において様々な製品に配合、製造販売されてきており、これまでに摂取による異常の報告はない。米ぬかにおける研究は多岐にわたるが、近年多彩な代謝改善効果と新たな作用点が明らかになった玄米由来有効成分の研究が進んでいる。 γ -オリザノールは玄米から抽出された数種のトリテルペンアルコールのフェルラ酸エステル化合物で、米ぬかに含まれる玄米特有の物質である(金子ら, 1954)。ウサギを用いた実験により経口投与された γ -オリザノールは脳に多く分布し、肝で代謝されることが示されている(藤原ら, 1972)。赤嶺ら(2015)が行った γ -オリザノールを高含有する機能性発酵飲料を用いたヒト介入臨床研究においても、代謝や食行動、腸内フローラ改善をもたらすことが示されており、これらの作用が PR 群の結果に影響したものと考えられる。この腸内フローラは短期的な食生活の変化や、外界からの様々なストレスによって多少攪乱されても元に戻る頑健性を有している(鈴木ら, 2017)。動物の腸内には膨大な数の細菌群、いわゆる腸内フローラが出生とともに定着し、生涯に渡り共存しており、ヒト大腸では 500～1,000 菌種、総数 100 兆個以上にものぼり、ヒトの個体を構築している約 60 兆個とされる体細胞数より多い(大野, 2014)。腸内フローラはその物質代謝の観点から“第二の肝臓”とみなされ、共生によってわれわれの消化吸収機能や免疫防御機能が調節されることがわかってきている(石川, 2006)。よって、リキニンに含まれる γ -オリザノールが、腸内フローラ環境の改善を導き、消化吸収機能、免疫防御機能調節等多岐にわたる身体機能の改善に影響を与えたことが、骨格筋量、筋肉量、基礎代謝量、左右腕筋肉量、左右脚筋肉量において有意 ($p<0.05$) に高値を示す結果に繋がったと考えられる。

今後は、プロテインに含まれる栄養成分と γ -オリザノールが如何なる作用を身体にもたらししているのか、より詳細な検討が必要であると考えられる。

2. 体組成各測定項目間の単相関係数

PR 群における機能性補助食品摂取前後の体組成測定各項目において有意差 ($p<0.05$) が確認された骨格筋量、筋肉量、基礎代謝量、右腕筋肉量、左腕筋肉量、右脚筋肉量、左脚筋肉量の 7 項目において、それぞれの変化率の単相関係数を表 3 に、また P 群における機能性補助食品摂取前後の体組成測定各項目において有意差 ($p<0.05$) が確認された体脂肪、体脂肪率、ウエスト周り、右脚筋肉量、左脚筋肉量の 5 項目において、それぞれの変

化率の単相関係数を表4に示した。

プロテインとリキニンを同時に摂取したPR群において、骨格筋量（随意筋）や筋肉量（骨格筋、内臓筋、心筋等）の変化率と、基礎代謝や腕や脚の筋肉量変化率との間に強い相関（ $p<0.05$ ）が確認された。プロテインとリキノンの同時摂取には、プロテインだけを摂取した場合は違った効果があることが考えられ、これらの同時摂取することによる筋肉量の増大は、基礎代謝に影響を与えることが示唆された。基礎代謝は、呼吸能（肺や呼吸筋）、循環能（心臓や血管）、利用能（骨格筋）の総合能力によるものであることから、リキニンに含まれる γ -オリザノールとプロテインとの相乗効果における更なる検討が不可欠であると考えられる。単にプロテインだけを摂取したP群においては、サッカー選手が酷使用する両脚筋肉量を有意に向上させた（ $p<0.05$ ）が、それ以外の効果は少ないことが確認できる。摂取後に有意に低値を示した体脂肪、体脂肪率、ウエスト周りとは相関がなく、プロテインを摂取したことで相乗的に高まったものではないことが考えられる。

表3. PR群における体組成各項目間相関係数

PR群	n=8	骨格筋量変化率	筋肉量変化率	基礎代謝量変化率	右腕筋肉量変化率	左腕筋肉量変化率	右脚筋肉量変化率	左脚筋肉量変化率
骨格筋量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	1.00 0.00	.995** 0.00	.998** 0.00	.827* 0.01	.825* 0.01	.758* 0.03	0.69 0.06
筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.995** 0.00	1.00 0.00	.999** 0.00	.818* 0.01	.826* 0.01	.805* 0.02	.743* 0.03
基礎代謝量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.998** 0.00	.999** 0.00	1.00 0.00	.811* 0.01	.814* 0.01	.785* 0.02	.729* 0.04
右腕筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.827* 0.01	.818* 0.01	.811* 0.01	1.00 0.00	.947** 0.00	0.57 0.14	0.52 0.18
左腕筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.825* 0.01	.826* 0.01	.814* 0.01	.947** 0.00	1.00 0.10	0.62 0.10	0.57 0.14
右脚筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.758* 0.03	.805* 0.02	.785* 0.02	0.57 0.14	0.62 0.10	1.00 0.00	.926** 0.00
左脚筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	0.69 0.06	.743* 0.03	.729* 0.04	0.52 0.18	0.57 0.14	.926** 0.00	1.00

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

表4. P群における体組成各項目間相関係数

P群	n=12	体脂肪率変化率	体脂肪率変化率	ウエスト周り変化率	右脚筋肉量変化率	左脚筋肉量変化率
体脂肪率変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	1.00 0.00	.987** 0.00	.678* 0.02	0.23 0.47	0.04 0.89
体脂肪率変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.987** 0.00	1.00 0.00	.634* 0.03	0.09 0.77	-0.09 0.79
ウエスト周り変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	.678* 0.02	.634* 0.03	1.00 0.00	0.06 0.85	-0.10 0.76
右脚筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	0.23 0.47	0.09 0.77	0.06 0.85	1.00 0.00	.942** 0.00
左脚筋肉量変化率	Pearsonの相関係数 有意確率（両側）	0.04 0.89	-0.09 0.79	-0.10 0.76	.942** 0.00	1.00

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

3. パフォーマンスにおける測定結果

表5・6・7に、PR群、P群、R群における機能的補助食品摂取前後のパフォーマンス測定結果を示す。

最大酸素摂取量において、3群共に摂取前後における有意差は確認されなかった。

ウインゲートテスト平均パワーおよびピークパワーにおいて、3群共に有意差は確認さ

機能的栄養補助食品摂取が、大学サッカー選手の身体特性に及ぼす影響

れなかった。ウインゲートテストピーク回転数において、R 群のみ有意に低値を示した ($p < 0.05$)。ウインゲートテストピーク到達時間において、R 群のみ有意に高値を示した ($p < 0.05$)。本測定項目である 30 秒で疲労困憊に至る運動強度では、無酸素性エネルギー供給系が占める割合が高く運動終了時の血中乳酸濃度も最大となることから、陸上競技の 400m や競泳の 200 ~ 400m のような中距離種目のエネルギー供給能力（無酸素性持久力）を評価するために行われている。さらに、運動開始後の 5 秒間の平均パワーを算出し、最大無酸素性パワー（ATP-CP に依存する無酸素パワー）としている。したがって、陸上短距離種目のように短時間で爆発的なパワーを必要とする運動ではウインゲートテストを用いて無酸素性エネルギー供給能力が評価されている。

R 群のみウインゲートテストピーク回転数と到達時間において、有意に記録の向上が確認されたことは、リキニンに含まれる γ -オリザノールが無酸素性持久力に影響したことが示唆され、今後のより詳細な検討が不可欠である。

無酸素パワー絶対値および体重当たりの無酸素パワーにおいて、PR 群および R 群において有意に高値を示した ($p < 0.01 \cdot 0.05$)。無酸素ハイパワーおよびミドルパワーにおいて、PR 群のみ有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

運動者によって発揮された力は、骨格筋量の大小によって影響を受け、結果として走、跳、投動作等といった運動能力や瞬発的なパワー発揮の優劣にも影響を及ぼす。より大きなパワーを発揮するためには骨格筋の形態および機能的な特性が大きく関与しており、それらの情報を正確に得ることにより、スポーツ選手の競技力を推測することが可能となる

表 5. 最大酸素摂取量の測定結果

Vo ₂ max (ml/kg/min)	プロテイン・リキニン群						プロテイン群						リキニン群						
	摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			
	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	
	50.28	13.34		54.59	9.25	0.30	n. s.	53.29	13.49	59.93	12.93	0.18	n. s.	51.34	13.85	55.05	16.51	0.57	n. s.
<p>p < 0.05, ^{ns}p > 0.01</p>																			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 6. ウインゲートの測定結果

	プロテイン・リキニン群						プロテイン群						リキニン群						
	摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			
	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	
平均パワー	565.50	64.04		573.63	63.16	0.39	n. s.	571.75	48.07	575.17	60.70	0.77	n. s.	568.18	61.36	559.00	57.96	0.27	n. s.
ピークパワー	700.00	96.14		706.00	76.53	0.62	n. s.	707.83	69.09	645.34	198.74	0.32	n. s.	698.73	99.93	713.36	95.17	0.26	n. s.
ピーク回転数	146.50	9.10		148.88	8.25	0.39	n. s.	145.58	9.05	146.33	10.89	0.81	n. s.	141.82	13.18	149.73	12.41	0.02	*
ピーク到達時間	5.99	2.19		6.18	1.52	0.88	n. s.	5.86	0.83	6.63	2.66	0.35	n. s.	7.55	2.40	6.05	1.22	0.03	*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 7. 無酸素パワーの測定結果

	プロテイン・リキニン群						プロテイン群						リキニン群						
	摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			摂取前			摂取後			
	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	mean	SD		mean	SD	P値	
絶対値	768.75	101.62		848.75	87.36	0.01	**	798.58	101.54	839.08	190.85	0.56	n. s.	762.64	140.10	834.64	139.04	0.04	*
体重当たり	11.96	1.05		13.19	0.60	0.01	**	12.15	1.26	13.13	1.70	0.26	n. s.	11.51	1.89	12.87	1.82	0.01	*
ハイパワー	6.79	0.79		7.75	0.64	0.03	*	7.09	1.13	7.82	2.58	0.45	n. s.	7.01	0.96	7.66	2.04	0.18	n. s.
ミドルパワー	4.05	0.44		4.64	0.39	0.02	*	4.23	0.68	4.65	1.57	0.47	n. s.	4.18	0.60	4.58	1.23	0.17	n. s.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

(田中, 1988) と考えられる。これまでに瞬発的なパワー発揮能力の測定には、自転車エルゴメーターを用いた手法が多く用いられてきた (Dotan et al., 1983; Hintzy et al., 1999; Samozino et al., 2006; 中村, 1988) が、この手法は負荷 (力) と回転数 (速度) の積により得られるパワーのみならず、運動者の力と速度の調節機能を調査することが可能である。ペダリング運動は、股関節の伸展及び屈曲運動に加え、膝関節伸展及び屈曲運動、さらには足関節の底屈及び背屈運動の反復である多関節運動である。全力ペダリング運動における下肢三関節運動の特性について検討した報告 (船渡, 1992) によれば、最大角速度出現位が各関節で異なること、トルクや関節パワーの発揮様相が、下肢三関節でそれぞれ回転毎に異なることが指摘されている。今後は各々の関節トルクに着目した詳細な検討を行うことで、プロテインとリキニンの同時摂取が、各骨格筋群の如何なる作用機序に与える影響を検討することが必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 赤嶺ゆかり、興那嶺正人、上原盛幸、池松智子、小塚智沙代、鳥袋充生、益崎裕章 (2015) 玄米由来有効成分、 γ -オリザノールを高含する機能性発酵飲料を用いたヒト介入臨床研究の実施と代謝改善効果の検討. *Anti-aging Science* 7 (3) : pp.192
- 2) 土居達也、松元圭太郎、濱田広一郎 (2004) プロテインサプリメントの作用. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 12 (2) : pp.240-244
- 3) 公認スポーツ指導者養成テキスト共通科目 I・第 2 章アスリートの栄養食事 (2016) 公益財団法人日本スポーツ協会 : pp.36-38
- 4) Dotan R et al. (1983) Load optimization for the wingate anaerobic test. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 51 : pp.409-417
- 5) 藤原寛、平岡瑠美、川島裕造 (1972) フェルラ酸トリテルペンアルコールエステル (γ -Oryzanol) の吸収、排泄、体内分泌および代謝について. *薬物療法* 5 : pp.123-130
- 6) 船渡和男 (1992) クランキングによる自転車ペダリングへのパワー発揮. *J.J.Sports Sci.* 11 : pp.194-199
- 7) Goodyear LJ, et al. (1990) Skeletal muscle plasma membrane glucose transport and glucose transporters after exercise. *J Appl Physiol*. 68 : pp.193-198
- 8) 樋口満 (2002) スポーツ選手のサプリメント摂取 - コンディショニング維持とパフォーマンス向上のために -. *栄養学会誌*. 60 (4) : pp.167-172
- 9) 東庸介、鉄口宗弘、難波康太、福井哲史、池谷茂隆、入口豊、三村寛一 (2010) 大学生サッカー選手における栄養素摂取状況について. *大阪教育学紀要第 IV 部門教育科学*. 58 (2) : pp.89-97
- 10) Hintzy F, et al. (1999) Optimal pedaling velocity characteristics during maximal and submaximal cycling in humans. *Eur. J. Appl. Physiol*. 79 : pp.426-432
- 11) 石川博通 (2006) プロバイオティクスと末病 3 腸内フローラの功罪. *日本未病システム学会雑誌* 12 (1) : pp.47-48
- 12) 石原実 (1983) 更年期障害と頭痛 (頭痛 - 治療とバックグラウンド < 特集 >) (各科領域における頭痛). *臨牀と研究* 60 (9) : pp.2887-2893
- 13) Ivy JL, et al. (1988) Muscle glycogen synthesis after exercise : effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* 64 (4) : pp.1480-1485
- 14) Kerksick C, et al. (2017) International Society of Sports Nutrition position stand. nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr* 5 (17) : pp.1-21

- 15) 加藤恵子、小田良子、坂井絵美 (2011) 高校女子駅伝選手の栄養摂取状況の現状について. 名古屋文理大学紀要. 11 : pp.11-17
- 16) 金子良平、土屋知太郎 (1954) 本邦産油脂類 (5). 東京工業試験所報告 49 (4) : pp.141-145
- 17) 健康・栄養情報研究会 (1999) 第六次改訂 日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準
- 18) 小内亨 (2003) サプリメントの使い方 - 利点と弊害 (特集プライマリケア医のための最新栄養学) 治療 85 (11). : pp.3021-3028
- 19) Lovenhagen D.K. et al. (2001) Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. Am J Physiol Endocrinol Metab. 280 (6) : pp.E982-E993
- 20) 宮森隆行、吉村雅文、綾部誠也 (2008) 大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する研究 - 試合中の移動距離・移動スピードからみた生理学的特徴との関連性について -. 理学療法科学 23 (2) : pp.189-195
- 21) Mary E Palmer et al. (2003) Adverse events associated with dietary supplements: an observational study. The Lancet. 361 (9352) : pp.101-106
- 22) 中村好男 (1988) 自転車エルゴメーターによる最大パワー評価の問題点. 早稲田大学人間科学研究 1 (1) : pp.105-113
- 23) 大野博司 (2014) 腸内フローラと生体防御・免疫制御：統合オミクスによる解析. 日本臨床免疫学会会誌. 37 (5) : pp.403-411
- 24) 岡野五郎、鈴木正成、小島満、佐藤雄二、李相直、岡村浩嗣、乗安整而、土居達也、下村吉治、伏木亮、清水清一 (1999) ラット下肢骨の骨形成に及ぼすスクワット・トレーニング後の食餌摂取タイミングの影響. 日本栄養・食糧学会誌 52 (6) : p.412
- 25) 佐藤みほ香、杉本恵子、伊藤マモル (2019) プロテイン粉末の摂取が大学野球選手の身体組成に及ぼす影響. 法政大学スポーツ研究センター紀要. 37 : pp.41-47
- 26) Samozino P et al. (2006) Why does power output decrease at high pedaling rates during spring cycling. Med. Sci. Sports Exerc 39 (4) : pp.680-687
- 27) 鈴木駿太、齋藤和綺、福田真嗣 (2017) 健康維持の鍵を握る腸内フローラ. 化学と教育. 65 (12) : pp.644-645
- 28) 田中重陽、角田直也 (2011) 男女スポーツ選手における下肢の筋形態が無酸素性パワーに及ぼす影響. 日本生理人類学会誌. 16 (3) : pp.141-151

