

Title	補食摂取が大学エリートテニス選手の骨格筋指数の変化に及ぼす事例報告
Sub Title	Case report on changes in skeletal muscle index of university elite tennis players
Author	坂井, 利彰(Sakai, Toshiaki) 渡邊, 泰行(Watanabe, Yasuyuki)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	2022
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the Institute of Physical Education, Keio University). Vol.61, No.1 (2022.) ,p.26- 32
JaLC DOI	
Abstract	<p>The purpose of this study is to improve muscle mass (skeletal muscle mass) in college elite tennis players by training and supplemental protein intake in order to maintain and improve their performance throughout the year. In tennis, tournaments are held every week and endurance is required to win. Since the matches are mainly tournament-style, the more competitive a player is, the more matches he or she must play. For elite tennis players, improving and maintaining their physical fitness is an important factor in improving their competitiveness as they play about 60 matches a year. Muscle mass gain can improve sports performance, and at the same time, protein intake is important. There is still a lack of data on annual changes in muscle mass in tennis competitions.</p> <p>In this study, we recorded and analyzed the changes in muscle mass of elite college tennis players by taking a supplementary diet for protein intake at the same time as resistance training. The results were shown that skeletal muscle mass increased when supplemented and trained. In particular, athletes with lower skeletal muscle mass before this experiment tended to increase skeletal muscle mass by training and supplemental protein intake.</p>
Notes	研究資料
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00610001-0026

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

補食摂取が大学エリートテニス選手の骨格筋指数の変化に及ぼす事例報告

坂井 利彰*

渡邊 泰行**

Case report on changes in skeletal muscle index of university elite tennis players.

Toshiaki Sakai¹⁾, Yasuyuki Watanabe²⁾

The purpose of this study is to improve muscle mass (skeletal muscle mass) in college elite tennis players by training and supplemental protein intake in order to maintain and improve their performance throughout the year. In tennis, tournaments are held every week and endurance is required to win. Since the matches are mainly tournament-style, the more competitive a player is, the more matches he or she must play. For elite tennis players, improving and maintaining their physical fitness is an important factor in improving their competitiveness as they play about 60 matches a year. Muscle mass gain can improve sports performance, and at the same time, protein intake is important. There is still a lack of data on annual changes in muscle mass in tennis competitions.

In this study, we recorded and analyzed the changes in muscle mass of elite college tennis players by taking a supplementary diet for protein intake at the same time as resistance training. The results were shown that skeletal muscle mass increased when supplemented and trained. In particular, athletes with lower skeletal muscle mass before this experiment tended to increase skeletal muscle mass by training and supplemental protein intake.

キーワード：テニス，コンディショニング，骨格筋指数，タンパク質，補食
Key words：Tennis, Conditioning, SMI, Protein, Supplemental food

1. はじめに

プロテニス選手やエリートテニス選手は、試合に勝つための心技体を兼ね備え、高いパフォーマンスを維持・向上していくことが求められる。テニス競技は毎週のように大会が行われ、主にトーナメント形式で実施されるため、競技力が高い選手ほど試合数が多くなる。エリートテニス選手になれば年間約60試合以上に出場することとなり、体力の向上・維持は競技力向上のための重要な要素である（祝原，2009）。

スポーツ選手の体力に関する研究は、他競技において身体組成に関する報告や（葛原，2011），基礎代謝量に関する研究（辰田，2012）といった形で行われているが、

テニス選手における骨格筋量の年間変化に関するデータは少ないのが現状である。

テニス選手の骨格筋指数の年間変化を計測し、さらに補食（タンパク質）を摂取した場合の効果を明らかにすることで、テニス選手の体力づくりに関する示唆を得ることが本研究の目的である。筋肥大を起こし筋力とスポーツパフォーマンスを向上させるレジスタンストレーニング（Hornsby, 2018）は、直後にタンパク質を摂取することで、筋肥大における相乗効果が期待できる（藤田，2016）。そこで、トレーニング直後にタンパク質摂取を行った場合と行わなかった場合について、大学エリートテニス選手の骨格筋指数の変化について比較検討を行った。

* 慶應義塾大学体育研究所准教授

** 慶應義塾大学体育研究所研究員

1) Associate Professor, Institute of Physical Education, Keio University

2) Researcher, Institute of Physical Education, Keio University

表1. 分析対象となる選手の属性

	人数	平均年齢	平均身長	平均体重
男子	8	20.4	173.1 cm	66.1 kg
女子	8	19.5	163.1 cm	53.3 kg

表2. サラダシーチキンの詳細

内容量	エネルギー	たんぱく質	脂質	炭水化物	食塩相当量	主な原料と産地
60g	63kcal	15.4g	0.1g	0.0g	0.11g～0.66g	きはだまぐろ (中西部太平洋, インドネシア近海, インド洋)

※はごろもフーズWEBサイトより

2. 方 法

2.1 対象選手

2021年8月現在, 慶應義塾大学体育会庭球部(以下, 庭球部)に所属し, 全日本学生テニス選手権大会出場経験のある大学エリートテニス選手16名(男子8名, 女子8名)を対象とした。詳細を表1に示す。

2.2 測定期間

2020年1月～2021年8月の期間, 1か月に1度, 骨格筋量を測定した。ただし2020年4・5月は新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言期間中であったため計測していない。

2.2 骨格筋量の計測方法

骨格筋量の計測には身体組成計「Inbody570」(株式会社インボディ・ジャパン社製・日本)を使用した。骨格筋量の指標には, 四肢筋量の総和(kg)を身長(m)の二乗で除した「骨格筋指数(Skeletal Muscle Mass Index, SMI)」を使用した(Baumgartner, 1998)。

2.3 トレーニングの実施

テニス大会が少ない1～3月の3か月間を, レジスタンストレーニングを実施する「トレーニング期間」とした。トレーニング期間はレジスタンストレーニングによる「体力向上を最優先させる期間」で, 週に5回, 主にベンチプレス, スクワット, パワークリーンによるレジスタンストレーニングおよびシャトルランなどの持久力のトレーニングを行った。

上記トレーニング期間以外でも, 同様の内容で日常的

なトレーニングを行っているが, トレーニングよりも試合のスケジュールに合わせた体調管理やコンディショニングが優先され, 結果的に頻度や負荷が下がり一定ではない。本稿の目的である補食が骨格筋量に及ぼす影響を分析するにあたっては, 上記トレーニング期間の前後で比較を行った。

2.4 補食の摂取

補食は2020年10月以降, 選手が摂取しやすい市販のサラダシーチキン(はごろもフーズ株式会社製・日本)とした。同様のタンパク質を摂取できる商品の中でも入手しやすく, 糖質・脂質など他の栄養素を含まない(表2)。

レジスタンストレーニングによって引き起こされる筋タンパクの合成は運動直後に最大化されることから(水野, 2005), トレーニング後20分以内に毎回摂取した。

2.5 統計方法

補食の摂取とトレーニングの実施による骨格筋指数の変化の有無を確認し, さらに被験者の属性により骨格筋量の変化のパターンに違いがみられるかを検証した。トレーニング期間前の数値として1月の測定値を, トレーニング期間の結果が骨格筋量に反映された数値として6月の測定値(Birdほか, 2006)を使用した。2020年のトレーニング期間は補食を摂取せず, 2021年のトレーニング期間は補食を摂取している。

第一の分析では, 補食摂取がトレーニング前後の骨格筋指数の変化に及ぼす影響を検証するために, 独立変数を補食摂取の有無とトレーニング, 従属変数を骨格筋指数とする対応のある2要因の分散分析を行った。さらに, 骨格筋量の変化が体重変化に伴うものではないことを確

認するために、独立変数を補食の摂取とトレーニング、従属変数を体重とする対応のある2要因の分散分析を行った。

第二の分析では、補食ありの期間において、性別がトレーニング前後の骨格筋指数の変化に及ぼす影響を検証するために、独立変数を性別とトレーニング、従属変数を骨格筋指数とする混合計画の2要因の分散分析を行った。

第三の分析では、2021年1月の骨格筋指数を初期骨格筋量とし、その高低で被験者全体を男女4人ずつ8名の2群に分けた。そして、補食ありの期間において、初期骨格筋量がトレーニング前後の骨格筋指数の変化に及ぼ

す影響を検証するために、独立変数を初期骨格筋量とトレーニング、従属変数を骨格筋指数とする混合計画の2要因の分散分析を行った。

データの分析にはIBM SPSS Statisticsを用い、有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1 骨格筋指数の推移

骨格筋指数の平均値の推移を図1に、男女別の平均値の推移を図2に示した。計測期間全体をととした骨格筋

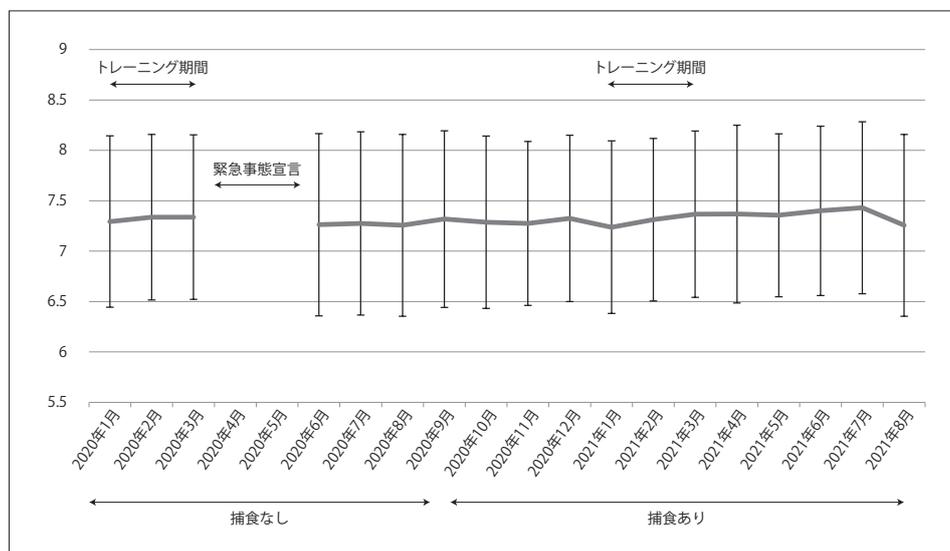


図1. 月別骨格筋指数推移

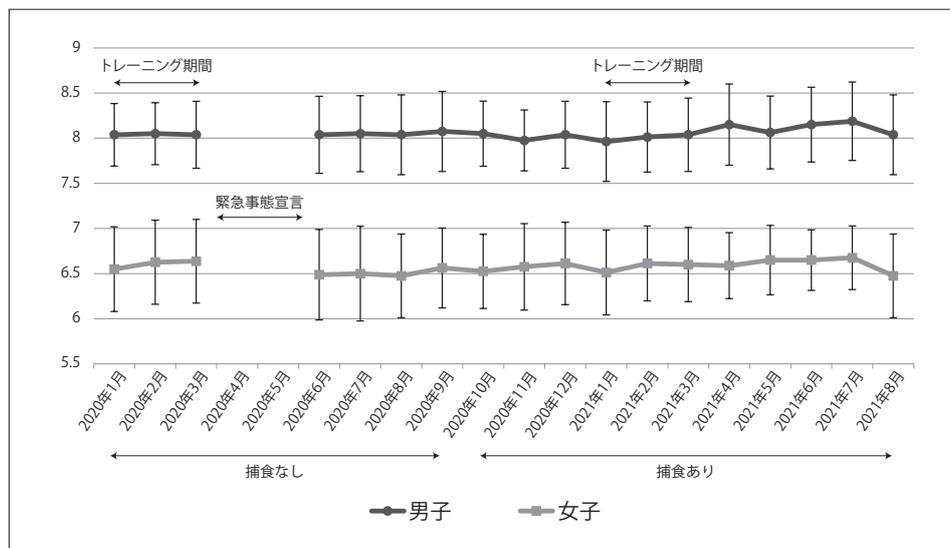


図2. 月別骨格筋指数(男女別平均)推移

表3. 補食とトレーニングによる骨格筋指数と体重の変化

計測項目	補食	トレーニング前		トレーニング後		交互作用 (<i>F</i> 値)	主効果 (<i>F</i> 値)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差		補食	トレーニング
骨格筋量	なし	7.29	0.88	7.26	0.93	12.31**	2.25	4.41
	あり	7.24	0.88	7.40	0.87			
体重	なし	60.60	7.35	60.43	8.60	0.73	0.93	0.07
	あり	60.05	7.99	60.06	7.88			

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

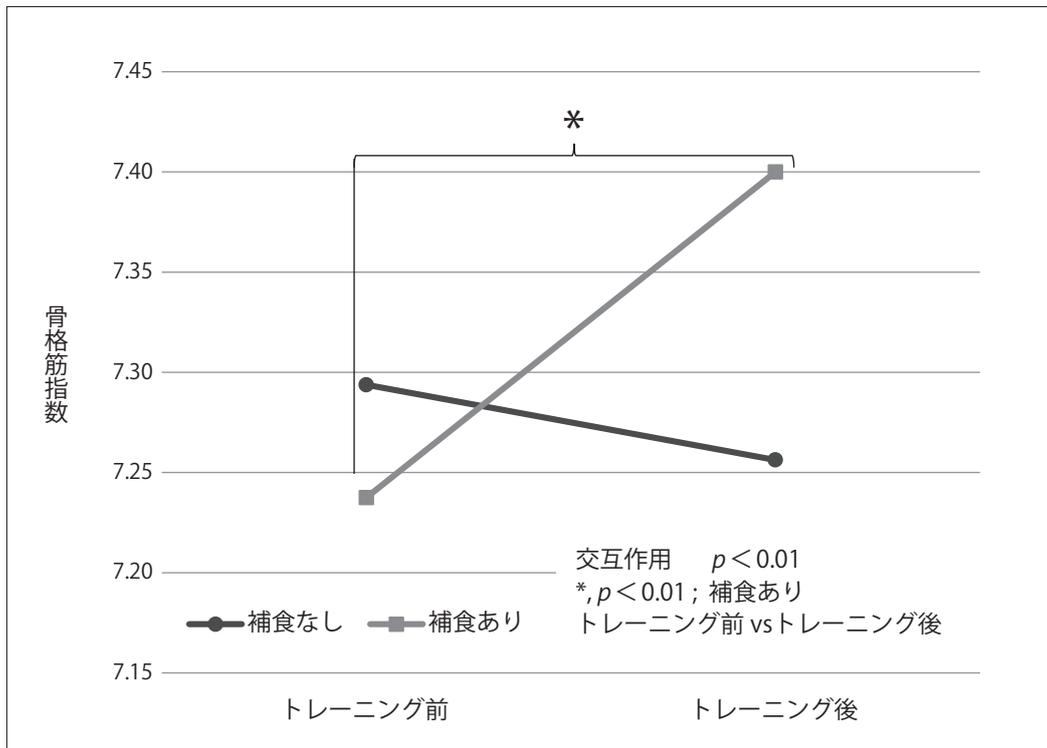


図3. 補食とトレーニングの関係

指数は男子が平均 8.05, 標準偏差 0.40 で, 女子が平均 6.57, 標準偏差 0.44 であった。18~29歳の骨格筋指数の平均値は男性が 5.2, 女性が 3.9 であることから (岩村, 2015), 今回の対象選手は一般的な同年代の人よりも骨格筋量が多いことが確認された。

3.2 補食の摂取による骨格筋指数の変化

第一の分析結果を表3に示した。補食とトレーニングが骨格筋指数に及ぼす影響について検定を行った結果, 補食要因の主効果とトレーニング要因の主効果は有意ではなかったが, 交互作用が有意となった。交互作用

が確認されたので, 補食ありと補食なしそれぞれの水準における, 運動の単純主効果の検定を行った結果, 補食なしの場合におけるトレーニングの単純主効果は有意でなかったのに対し ($F(1,15) = 0.707, p = 0.414$), 補食ありの場合におけるトレーニングの単純主効果は有意であった ($F(1,15) = 18.778, p < 0.01$) (図3)。すなわち, 補食を摂取していない場合はトレーニングで骨格筋指数に有意な変化がみられなかったが, 補食を摂取してトレーニングを行った場合には骨格筋指数に有意な増加がみられた。また, 同じ期間で体重を比較した結果, 補食要因の主効果, トレーニング要因の主効果および交互作

用は有意ではなかった。従って、体重（BMI）と骨格筋指数は相関することが確認されているが（甲斐，2019），本稿での骨格筋指数の増加は補食摂取による体重増加に伴って引き起こされたものではないことが確認できた。

第二・第三の分析結果を表4に示した。第二の分析で、補食ありの場合において、性別がトレーニング前後の骨格筋量の変化に及ぼす影響について検定を行った結果、性別要因の主効果およびトレーニング要因の主効果は有意であったが、交互作用は有意ではなかった（図4）。

つまり、補食を摂取した場合のトレーニングによる骨格筋指数の変化に男女差はなかった。

第三の分析では、補食ありの場合において、初期骨格筋量がトレーニング前後の骨格筋指数の変化に及ぼす影響について検定を行った結果、トレーニング要因の主効果および交互作用は有意であり、初期骨格筋量要因の主効果は有意でなかった。交互作用が確認されたので、初期骨格筋量の高低それぞれの水準におけるトレーニングの単純主効果の検定を行った結果、初期骨格筋量が高い

表4. 補食接種時における被験者属性別の骨格筋指数の変化

性別	トレーニング前		トレーニング後		交互作用 (F値)	主効果 (F値)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差		性別	トレーニング
男性	7.96	0.47	8.15	0.44	0.43	44.76**	18.06**
女性	6.51	0.50	6.65	0.36			

初期骨格筋量	トレーニング前		トレーニング後		交互作用 (F値)	主効果 (F値)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差		初期骨格筋量	トレーニング
初期骨格筋量 高	7.60	0.83	7.68	0.89	8.00*	2.32	27.51**
初期骨格筋量 低	6.88	0.83	7.12	0.80			

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

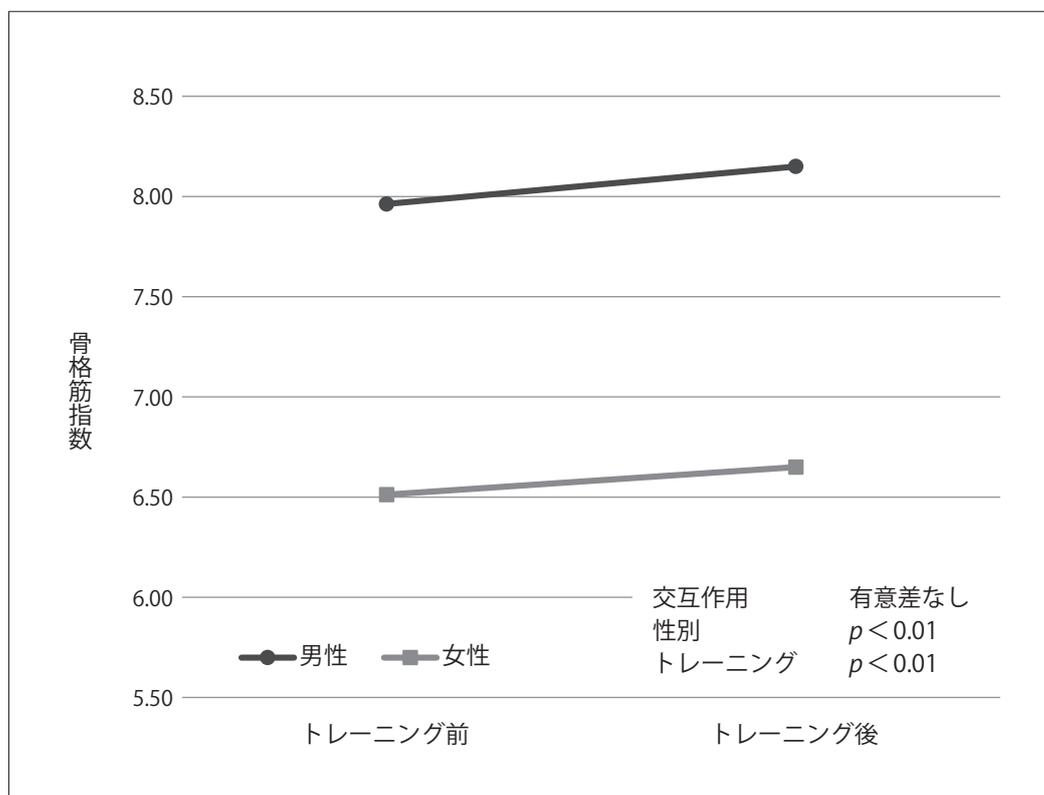


図4. 補食接種時における性別とトレーニングの関係

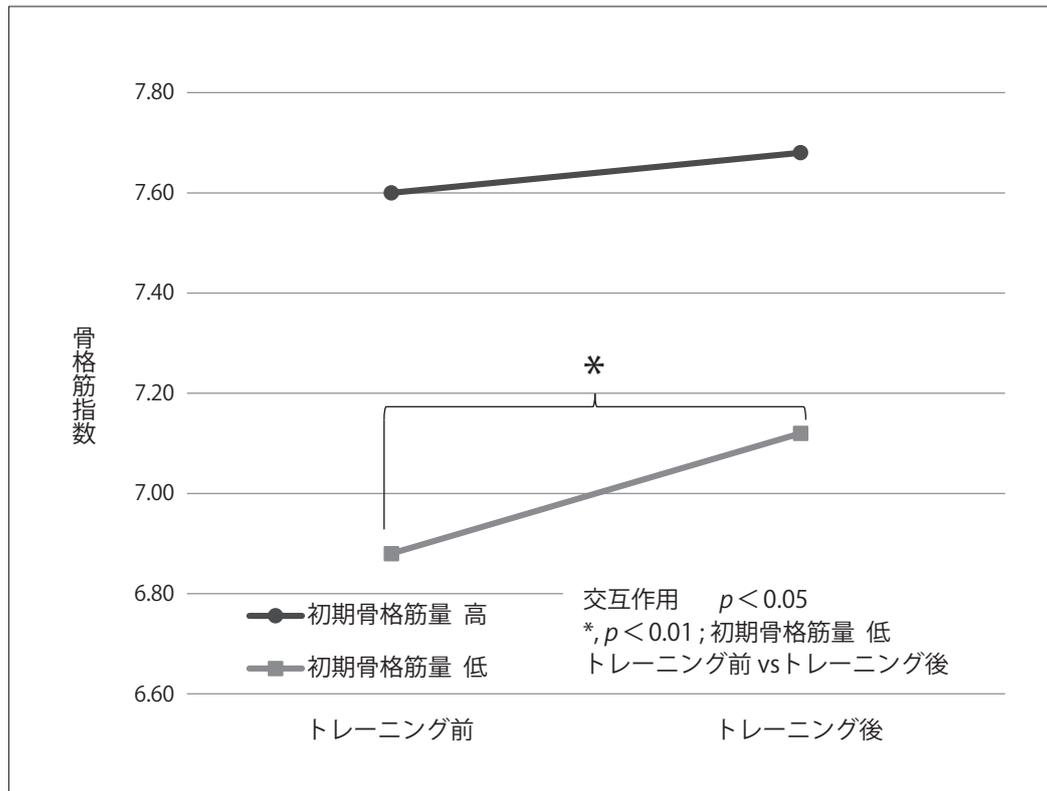


図 5. 補食接種時における初期骨格筋量とトレーニングの関係

グループにおける運動の単純主効果は有意でなかったのに対し ($F(1,14) = 2.93, p = 0.109$), 初期骨格筋量が低い場合における運動の単純主効果は有意であった ($F(1,14) = 32.56, p < 0.01$) (図 5)。補食を摂取した場合のトレーニングでは, 初期骨格筋量が低い群において骨格筋指数の有意な増加があったといえる。

4. 考 察

補食摂取を行っていない年と補食摂取を行った年それぞれにおいて, トレーニング期間前後の骨格筋指数を比較し, 補食摂取が骨格筋指数にもたらす影響を分析した。その結果, 補食摂取を行っていない年にはトレーニング期間前後での骨格筋指数に変化がみられなかったのに対して, 補食摂取を行った年には骨格筋指数の有意な増加がみられた。このことからトレーニング直後の補食摂取は, 骨格筋指数の増大に効果があることが確認できた。また, 補食を摂取してトレーニングを行った場合, 骨格筋指数の変化の増加率に性差は確認できなかった一方で, 初期骨格筋量が低い選手ほど骨格筋指数の増加率が大きかった。

初期骨格筋量が低いほど, トレーニングと補食の摂取によって骨格筋量の増加が起りやすいことはこれまでの研究からも示唆されていた。レジスタンストレーニングとタンパク質摂取によって筋肉量の増加がみられた研究は運動習慣がない男性や高齢者が対象であった (Bird, 2006, Esmarck, 2001)。また, 本稿と同様に運動習慣があり既に筋肉量も十分にあると考えられる大学ラグビー選手やカヌー選手を対象とした研究では, 骨格筋量の有意な増加がみられなかった (森, 2010; 古舘, 2013)。本稿では, 被験者が運動習慣のある大学テニス選手であるにも関わらず, トレーニングと補食の摂取により骨格筋指数が増加することが確認できた。その要因としては, これまで行われた研究は52日間 (森, 2010) や1か月 (古舘, 2013) といった期間で行われたものであるのに対して, 本稿では3か月のトレーニング期間とその後3か月を含めた6か月間の変化を測定したものである, ということが関連していると考えられる。

トレーニングを伴う補食の摂取が骨格筋指数の増加に寄与することが明らかになった一方で, 結果の信頼性を高めようとする上でいくつかの限界があった。第一に被験者数が少ないことである。今後研究を深めていくため

には被験者数を増やすことが必要となるが、全国大会出場レベルの競技者数は必然的に限定される。観測を継続することにより被験者数を蓄積したいが、本稿の結果がある以上、「補食を摂取しない」という治験を大学生に課すことは難しいという問題も起こる。第二にトレーニング内容や負荷が統制されていないことである。しかしながら、能力、モチベーション、個人的事情がそれぞれ異なる中で、研究を主体とした統制を行うことは困難であり、トレーニング期間について「体力向上を最優先させる期間」として位置付ける事しかできていない。第三に、補食摂取以外は食事の管理ができていないことである。補食を含む1日のたんぱく質の摂取量を管理することができれば、本研究の信頼性をより高めることができたであろう。

上記の限界は、本研究の動機が競技力の向上であることに起因する。データの安定性や信頼性よりも、常に個々の競技者のコンディションが優先されなければ、研究の意義そのものが失われることになる。競技力向上について個々人の考えが確立されているトップ選手に治験への協力を仰ぐことは相応の説得力が求められる。調査者は被験者との積極的な協力関係を作り出す環境を整えると同時に、データの信頼性を高める方法を検討し続ける必要があるのである。

このような課題を抱えた研究であることを踏まえたとき、本稿で補食摂取における骨格筋指数の増加が確認できたことは、被験者との協力関係を継続するうえで重要な意味を持つ。特に初期骨格筋量が低い選手へは説得力をもって補食摂取を推奨できるようになるだろう。一方で、すでに骨格筋指数が高い選手へは骨格筋指数増加のために新たな施策を提案していく必要がある。同時に骨格筋指数とテニスのパフォーマンス（球速やサービス成功率など）の関連も確認し、テニス選手において最適な骨格筋指数を提示しなければならない。このように、競技者（被験者）を優先することによる不安定性を享受しつつも、研究と実践を両輪として競技力の向上に向けて一歩ずつ進むことこそが、本研究を深めていく上で重要になることは間違いないはずである。

5. まとめ

本研究の目的は、大学エリートテニス選手が補食摂取をすることによる、骨格筋指数の変化を明らかにすることであった。その結果、トレーニング直後にタンパク質

を補食として摂取することが骨格筋指数の増加に有効であることが確認できた。

参考文献

- Baumgartner, R., Koehler, K., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S., Ross, R., Garry, P. and Lindeman, R. (1998) Epidemiology of Sarcopenia among the Elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*, 147(8), 755-763
- Bird, S. P., Tarpinning, K.M. and Marino, F. E. (2006) Independent and combined effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on hormonal and muscular adaptations following resistance training in untrained men. *Eur J Appl Physiol*, 97 : 225-238
- Esmarck, B., Andersen, J.L., Olsen, S., Richter, E.A., Mizuno, M. and Kjaer, M. (2001) Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*, 15 : 301-311
- Hornsby, W. G., Gentles, J. A., Haff, G. G., Stone, M. H., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Abe, T. and Loenneke, J. P. What is the impact of muscle hypertrophy on strength and sport performance? *Strength & Conditioning Journal*, 40(6) : 99-111.
- 岩村真樹・金内雅夫・梶本浩(2015) BIA法を用いての18歳～84歳の日本人男女における骨格筋量の測定. *理学療法科学*, 30(2) : 265-271
- 甲斐敬子・金津千里(2018) 体重と体脂肪率を用いた推計四肢骨格筋量指数(SMI)の作成と検証. *南九州大学研報*, 48A : 9-14
- 葛原憲治・井口順太・島本英樹(2011) エリートアイスホッケー選手における身体組成の年間変化について. *Strength & Conditioning Journal*, 18(5) : 2-7
- 祝原豊・窪田辰政・森脇保彦(2009) テニスにおける体力トレーニングの重要性に関する研究. *体育・スポーツ科学研究*, 9
- 辰田和佳子・横田由香里・亀井明子・俵紀行・川原貴・田口素子・樋口満(2012) エリート男性競技者の高い基礎代謝量は身体組成に起因する. *体力科学*, 61(4) : 427-433.
- 藤田聡・阿藤聡(2006) トレーニングと栄養摂取による骨格筋肥大のメカニズム. *臨床スポーツ医学*, 33(12) : 1138-1142
- 古舘伸郎・藤井久雄(2013) カヌー練習直後の補食提供から食事提供までの時間差異が与える身体組成、運動能力及びコンディショニングへの影響. *仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文*, 14 : 151-158.
- 水野真佐夫(2005) 身体トレーニングの効果を高めるためのタンパク質栄養 — 栄養サプリメントの摂取タイミングの重要性. *臨床スポーツ医学*, 22(7), 815-822
- 森博康・中本光彦・北川薫(2010) ラグビー練習直後のたんぱく質と炭水化物の同時摂取が与える身体組成と身体諸機能への影響. *栄養学雑誌*, 68(3) : 173-182

(受付：2021年9月12日，受理：2022年1月16日)