

大学男子バレーボール選手における栄養素等 摂取状況が筋量に与える影響

古泉 一久*・明石 正和

I. 緒 言

栄養の摂取状況が身体活動に影響を与え、競技スポーツでのパフォーマンスを高める上でも重要であることは多く指摘されている¹⁻³⁾。スポーツ活動での栄養の考え方としては、競技能力を高めるための戦略的手段の一つとして捉える場合や、トレーニングに伴う、身体的負担から生じる障害や疾病を予防するための役割、あるいは一般的な生活習慣病などに対する健康づくりのための運動を支える役割等が考えられる¹⁾。ゆえにスポーツ競技選手、あるいはその指導者にとっては、栄養に対する正確な知識と、それに応じた実践こそが重要であると考えられるが、現状では必ずしもそのような認識が浸透しているとは言い難い。特に学生選手や学生チーム等では、専門家による栄養教育や栄養補給計画（献立の作成等）を受ける機会も少なく⁴⁾、栄養知識への認識の低さが窺える。大学選手の栄養摂取状況を調査した報告^{1,5)}では、栄養所要量に対して、エネルギーと多くの栄養素が摂取不足である例が多くみられ、その理由として、朝食の欠食、あるいは偏食や、生活時間が不規則なため食事時間も不規則になる、等をあげている。その結果、「身体のだるさ」、「疲れが残る」といった訴えが多く報告されている。また一方で、最近多く市販されている栄養機能食品、いわゆるサプリメント等を好んで摂取することが多く、そのため特定の栄養素が過剰摂取傾向になることも指摘されている⁴⁾。

身体トレーニングという視点で栄養摂取を考えると、身体活動において重要な機能を持つ筋に対し大きな影響を与えるものであり、筋の同化、異化という観点から、特にエネルギー摂取ならびにたんぱく質摂取状況は重要である³⁾と考えられる。

一方、バレーボール競技においては、その種目特性から必要とされる体力要素は多岐にわたる⁶⁾が、なかでもスパイク、ブロックといった技術を支えるジャンプ力は重要である⁷⁾。ジャンプを行う際の主動筋である大腿部周辺、膝関節伸筋群へのレジスタンストレーニング等は多く実施されており⁸⁾、その効果も確認されている⁹⁾。一方で練習、トレーニングの結果、膝関節周辺の障害を受傷する例¹⁰⁾も見受けられ、Kettunen ら¹¹⁾は“Jumper's knee”を負った選手の引退後

* 城西大学理学部非常勤講師

の予後診断をした結果、受傷後 15 年間にわたり後遺症が残った例を報告している。このような膝関節周辺を含む下肢にみられる障害は、自体重を支える下肢筋力と関係があるとされ、特に膝関節伸筋群の影響が大きいと指摘されている¹²⁾。

以上のことから本研究では、大学男子バレーボール選手の筋量に着目し、栄養素等摂取量との関連を検討することを目的とした。具体的には、大学男子バレーボール選手の栄養素等摂取状況と身体組成の特徴を明らかにし、全身および体肢別筋量と、エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量との関係について考察する。

II. 方 法

1. 被 験 者

被験者は身体的障害を有していない、大学生男子バレーボール選手 12 名 (19.3±1.1 歳) (バレーボール群) と、対照群として特別な運動習慣のない男子専門学校生 12 名 (23.8±4.5 歳) (対照群) であった。なお被験者には測定の目的について説明し、研究協力の承諾を得た。

2. 測定、調査項目

1) 形態および身体組成

身長、体重の測定を行い、身体組成については多周波数生体インピーダンス法 (マッスル α , アートヘブンナイン社製) により、全身および上肢、下肢別の体脂肪率 (量)、除脂肪量、筋量の測定を行った。この際、体水分量の変化や日内変動の影響¹³⁾ を最小限にするため、被験者全員に対し、測定日当日は測定実施までの間、飲食を行わないように指示した。

2) 栄養素等摂取状況調査

食物摂取頻度調査法¹⁴⁾ を用い、1 週間分の食事内容について想起しながら所定の用紙に記入させた。栄養計算ソフト「エクセル栄養君」にて、エネルギー摂取量および各栄養素摂取量について算出した。さらに活動強度別日本人の栄養所要量¹⁵⁾ に対する、エネルギーおよび栄養素摂取割合を充足率として算出した。

3) 統計処理

得られた全ての値は平均値±標準偏差で示した。統計処理には統計ソフト SPSSver 11.0 を用いた。両群間の比較には対応のない t-検定を用い、5%未満にて有意とした。さらに相関係数は単相関分析を用い、5%未満にて有意とした。

Ⅲ. 結 果

1. 形態および身体組成

形態と身体組成における両群間の比較を Tab. 1 に示した。形態ではバレーボール群が身長で有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。身体組成では体脂肪率および体脂肪量で対照群が高い傾向を示したが、有意な差は認められなかった。また、除脂肪量および除脂肪率では有意な差は認められなかったが、全身筋量および下肢筋量ではバレーボール群が有意に高い値を示した ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。上肢筋量では有意な差は認められなかった。

2. 栄養素等摂取量および充足率

栄養素等摂取量の比較については Tab. 2 に示した。その上でエネルギー摂取量と、エネルギー代謝において重要な関わりを持つ炭水化物、脂質、たんぱく質摂取量については、体重で除した値を比較し Fig. 1 にまとめた。全ての項目においてバレーボール群が高い傾向をみせたものの、有意な差が認められたのは炭水化物摂取量のみであった ($p < 0.05$)。

充足率については Fig. 2 に示した。バレーボール群の摂取量が所要量に満たなかった項目としては、エネルギー (73.1%)、たんぱく質 (86.9%)、鉄 (74.8%)、ビタミン B₁ (69.5%)、ビタミン B₂ (95.0%)、ビタミン C (67.3%) の 6 項目であり、所要量を上回った項目はカルシウム (120.1%)、ビタミン A (103.0%)、ビタミン D (208.7%) の 3 項目であった。一方、対照群の摂取量が所要量に満たなかった項目は、エネルギー (78.7%)、たんぱく質 (82.7%)、カルシ

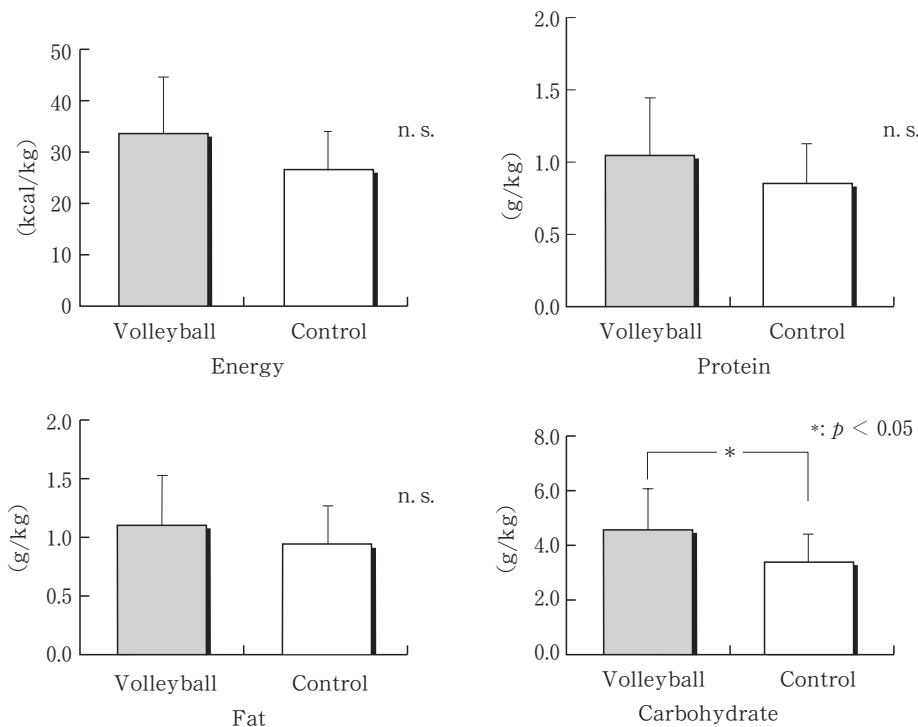
Tab. 1 Descriptive characteristics and soft tissue measurements of subjects

		Volleyball ($n = 12$)		Control ($n = 12$)		t-test
		Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range	
Age	(years)	19.3 ± 1.1	(18–21)	23.8 ± 4.5	(20–34)	
Hight	(cm)	180.4 ± 5.2	(173.0–188.1)	174.0 ± 6.1	(164.0–182.0)	*
Weight	(kg)	69.0 ± 5.2	(59.8–76.5)	67.0 ± 7.8	(55.0–83.0)	–
BMI	(kg/m ²)	21.2 ± 1.5	(19.2–23.9)	22.1 ± 2.1	(19.5–25.4)	–
Body fat	(%)	12.6 ± 2.3	(9.0–15.9)	15.0 ± 4.2	(8.6–22.8)	–
Body fat	(kg)	8.7 ± 2.1	(5.6–11.6)	10.3 ± 3.6	(4.7–17.1)	–
Lean body mass	(%)	87.4 ± 2.3	(84.1–91.0)	85.0 ± 4.2	(77.2–91.4)	–
Lean body mass	(kg)	60.2 ± 3.3	(54.0–65.4)	57.3 ± 5.1	(50.3–69.8)	–
Total body muscle	(%)	43.4 ± 3.4	(37.8–50.0)	37.9 ± 3.5	(32.6–44.8)	**
Total body muscle	(kg)	29.9 ± 2.9	(25.7–33.6)	25.6 ± 3.3	(21.2–31.1)	**
Total arm muscle mass	(kg)	2.8 ± 3.0	(2.3–3.2)	2.5 ± 0.4	(2.0–3.5)	–
Total leg muscle mass	(kg)	13.1 ± 1.5	(10.8–15.0)	11.7 ± 1.6	(9.2–13.7)	*

Mean ± SD (Min–Max) (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

Tab. 2 Dietary intake amount of each nutrient of subjects

		Volleyball (<i>n</i> = 12)		Control (<i>n</i> = 12)		t-test
Energy	(kcal)	2346±884	(1098–4316)	1794±547	(875–2799)	–
Protein	(g)	73.7±34.0	(28.7–156.3)	58.7±21.5	(29.6–89.6)	–
Fat	(g)	78.8±33.5	(37.5–156.5)	65.3±22.6	(28.1–103.6)	–
Carbohydrate	(g)	316.5±119.0	(146.9–561.1)	225.5±70.1	(75.1–354.7)	*
Calcium	(mg)	841±564	(199–2359)	549±373	(164–1586)	–
Iron	(mg)	7.5±3.4	(3.6–15.1)	6.4±2.3	(3.0–10.8)	–
Vitamin A	(μgRE)	618.1±415.4	(216.4–1678.3)	596.6±335.4	(170.9–1100.5)	–
Vitamin D	(μg)	5.2±3.5	(0.9–10.7)	3.5±2.5	(0.3–8.9)	–
Vitamin B ₁	(mg)	1.0±0.5	(0.4–2.3)	0.8±0.2	(0.4–1.2)	–
Vitamin B ₂	(mg)	1.5±0.9	(0.5–3.8)	1.0±0.5	(0.4–1.9)	–
Vitamin C	(mg)	67.3±50.8	(10.3–184.4)	46.8±32.4	(14.6–129.2)	–

Mean±SD (Min–Max) (*: *p* < 0.05)**Fig. 1** Intake amount of each nutrient per body weight

ウム (79.7%), 鉄 (64.3%), ビタミン A (99.4%), ビタミン B₁ (79.0%), ビタミン B₂ (88.2%), ビタミン C (46.8%) の 8 項目であり, 所要量を上回った項目はビタミン D (138.2%) であった。両群間の比較では, いずれも有意な差は認められなかったが, バレーボール群が 7 項目で高い傾向を示した。

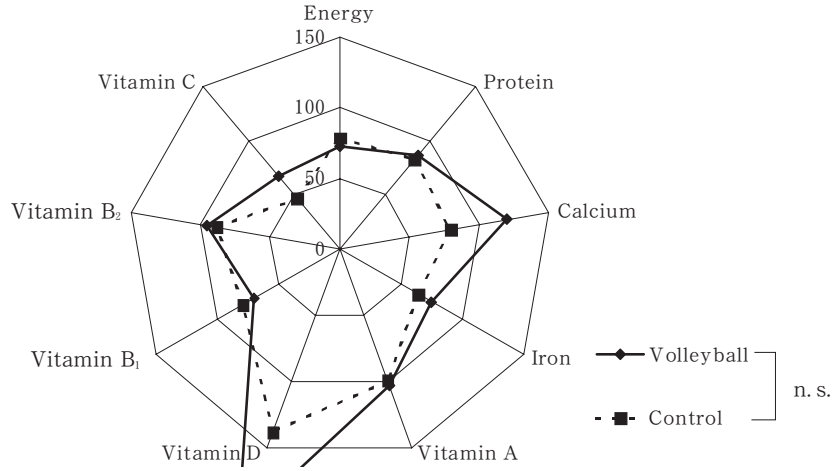


Fig. 2 Nutrients sufficient rate

3. エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量と全身筋量および体肢別筋量との関係

エネルギー摂取量と全身筋量および体肢別筋量との関係を Fig. 3 にまとめた。いずれも有意な相関は認められなかったが、バレーボール群は上肢筋量 ($r = 0.532$) と、対照群は下肢筋量

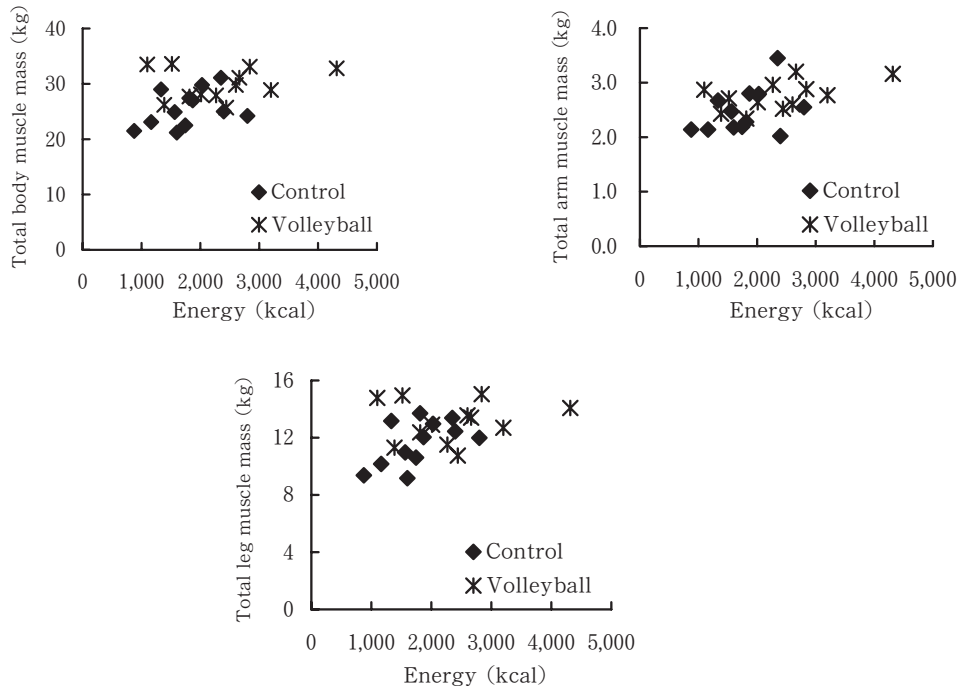


Fig. 3 Relation between energy and total body muscle mass, total arm muscle mass and total leg muscle mass

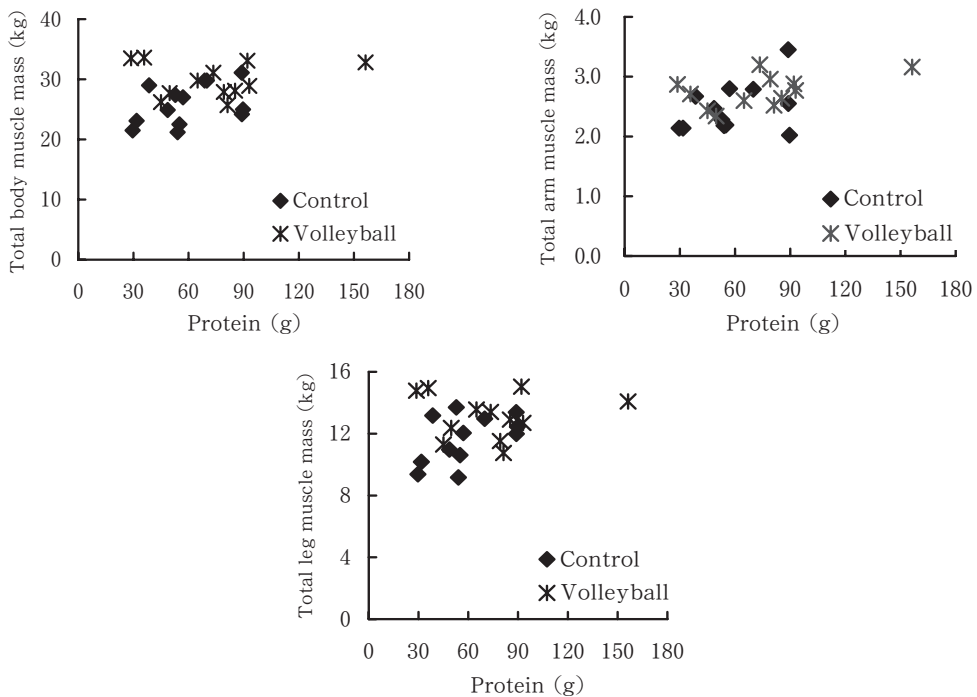


Fig. 4 Relation between protein and total body muscle mass, total arm muscle mass and total leg muscle mass

($r = 0.547$) との間でやや高い傾向を示した。また、たんぱく質摂取量と全身筋量および体肢別筋量との関係を Fig. 4 にまとめた。いずれも有意な相関は認められなかったが、バレーボール群では上肢筋量 ($r = 0.506$) と、対照群では下肢筋量 ($r = 0.503$) との間でやや高い傾向を示した。

IV. 考 察

1. 大学バレーボール選手の筋量について

大学男子バレーボール選手の身体組成に関する資料はほとんど見当たらないため、今回の結果がはたして標準を満たし得るものなのかどうかは一概に判断できないが、対照群との比較でいえば、身長ではバレーボール群の方が明らかに高く、全身筋量についても明らかな差がみられた。この全身筋量における差は、体重、体脂肪量、除脂肪量では、両群間にほとんど差がみられないことから、運動選手としてのトレーニング効果からくるものと考えられる。形態に関して他のバレーボール選手との比較では、体育系大学選手の平均値¹⁰⁾と比べると、身長(体育系大学 185.0 ± 7.8 cm に対して本研究 180.4 ± 5.2 cm)、体重(体育系大学 75.8 ± 7.7 kg に対して本研究 69.0 ± 5.2 kg)ともに低い値であり、体脂肪率では体育系大学 $9.8 \pm 2.7\%$ に対して本研究 12.6

±2.3%と高い値であった。これについては、体育系大学の方が、チームのパフォーマンスが高い水準にあるため、バレーボール選手として理想的な形態に近いのではないかと考えられる。

今回の筋量の評価については一考を要し、その理由として、今回用いた多周波数インピーダンス法で推定された筋量の値が、まだ測定例が少ないことと、得られた筋量の値から、筋が発揮するパフォーマンスに対してどこまで関連付けることができるかは議論が残る。基本的には、筋量は筋の生理的横断面積に比例する^{17,18)}とされているが、一方でその単位断面積当たりの最大筋力は、筋力トレーニングを行うことで増加する¹⁹⁾との報告もある。筋力発揮の要因は、トレーニングをする上で、そのトレーニング様式によっても様々な特異性を持つことが予想されるため、特に長期にわたりトレーニング経験を積んだ運動選手では、より複雑になることが考えられる。したがって今回の筋量に関する測定値に対しても、そのような考慮を加えながら検討すべきであろう。

本研究におけるバレーボール群の体肢別の筋量を対照群と比較すると、特に下肢筋量に有意な差がみられている。これは上肢筋量には有意な差がみられていないため、バレーボール選手の特性の一つであることが考えられ、プレーにおけるジャンプの繰り返し筋に対する負荷となり、筋肥大による筋量の増加をもたらしていると思われる。しかし、福永ら²⁰⁾は体育大男子バスケットボールおよびバレーボール選手を対象に、大腿と下腿の皮下脂肪および筋断面積と、垂直跳びによる跳躍高との関係について調べたところ、筋断面積と跳躍高との間には有意な相関関係が認められなかったことを報告している。さらに皮下脂肪断面積と跳躍高の間では、有意な相関関係が認められたとし、この結果を踏まえて、ジャンプパフォーマンスのための筋強化には、筋肥大よりも他の組織量の改善を促すものであることが望ましいと結論づけている。

以上のことを総合すると、ジャンプパフォーマンスのためのトレーニングを筋組成という面から考えると、低い水準のパフォーマンスから一定水準までは、下肢筋量との関係は成り立つが、一定値を越えた高い水準では、筋量を増加させることとは別の観点からのトレーニング手段を採用すべきであると考えられる。その水準をどこにおくべきかについては、今後検討を要するであろう。

2. 大学男子バレーボール選手のエネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量について

エネルギー摂取量に関しては、バレーボール群、対照群ともに低く、どちらも充足率を満たしていない。これは両群とも学生であることから、事前の調査で、両群ともに一人暮らしで自炊をする者が多くみられたことによる影響と思われる。このことは学生の経済的な事情も含めて、現実的な問題として考える上で、非常に大きな課題であろう。

今回のバレーボール群のエネルギー充足率については、その基準を活動強度別日本人の栄養所要量⁵⁾より求めたが、実際には運動選手の場合には、そのスポーツ種目の特性や毎日のトレーニング内容の違いにより変動があるので、それに応じて調整する必要がある²¹⁾。運動選手のための

種目別目標エネルギー摂取量の指針については、これまでいくつか示されている^{22, 23)}が、バレーボール競技においては、試合時間が1時間未満から2時間程度まで長時間におよぶ場合があり、且つそれに対応した練習時間であることや、活動強度としては、スパイクやジャンプ等を繰り返すといった間欠的な高強度運動であること、等を考え合わせると、おおよそ3000 kcal/day以上のエネルギー摂取量が必要であると思われる。今回求められたバレーボール群におけるエネルギー摂取量では、約600~700 kcal/day不足することになるので、今後競技を継続するための課題になると考えられる。

たんぱく質摂取量の結果についても、両群ともに基準値を満たしていなかったが、運動選手のたんぱく質摂取量不足の傾向はトップレベルの選手にもみられる^{24, 25)}ことから、特に注意を要する必要がある。運動選手のたんぱく質必要量に関しては多くの報告^{26~32)}があるが、大別すると持久性運動を主とする場合と、最大筋力発揮を主とする場合が考えられる。持久性運動では、アミノ酸の酸化亢進がみられ、運動時間が長くなるにしたがい比例し増加していくので、その損失に対するたんぱく質摂取量としては1~1.5 g/kg/dayが望ましい^{31, 32)}としている。一方最大筋力発揮を主とする場合では、たんぱく質摂取量の多い方が筋肥大のための合成に有利なため、約1.5 g/kg/day以上が適当である^{26, 28, 30)}としている。Dragonら²⁷⁾のように、3.5 g/kg/dayのたんぱく質摂取量が、除脂肪量と筋力の増加に有効であったとする報告例もあるが、一方では、たんぱく質の過剰摂取による、尿中カルシウムの増加に伴う骨の脆弱化や、腎臓の機能障害の可能性も指摘されている³³⁾ことから、検討が必要であろう。

バレーボール選手におけるたんぱく質必要量は、前述したような競技特性から考えると、おおよそ1.5 g/kg/day程度が望ましいと考えられるが、今回得られたバレーボール群におけるたんぱく質摂取量は 1.06 ± 0.44 g/kg/dayであり、約0.5 g/kg/day不足していることになる。今後、エネルギー摂取量と合わせて改善の必要があるかもしれない。

3. 大学バレーボール選手のエネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量と全身筋量および体肢別筋量との関係について

エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量と、全身筋量および体肢別筋量との間には、両群とも全てにおいて有意な相関関係は認められなかった (Fig. 3, 4)。これはFig. 2にみられたように、両群ともにエネルギーおよびたんぱく質の充足率を下回っているため、筋量への影響がわかり難くなったことが考えられる。今後は筋のパフォーマンスと合わせて検討していく必要がある。

V. 結 論

大学男子バレーボール選手における栄養素等摂取状況の調査と身体組成の測定を行った結果、

以下のような結論を得た。

- (1) 形態、身体組成では身長、全身および下肢筋量で対照群に対し有意に高い値であった。
- (2) 栄養素等の充足率は多くの項目で基準を下回り、特に運動選手にとって重要と思われるエネルギー摂取量とたんぱく質摂取量については今後改善する必要があると示唆された。
- (3) エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量と、筋量との関係においては明確な結果は得られなかった。今後は筋のパフォーマンスと合わせて検討していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 小林修平. アスリートのトレーニングと食生活のあり方. アスリートのための栄養・食事ガイド (小林修平編著). 11-13, 第一出版, 2001. 東京
- 2) 今村也寸志, 佐伯武頼. 運動とたんぱく質代謝. 運動とエネルギーの科学 (中野昭一, 竹宮 隆編). 76-87, 杏林書院, 1996. 東京
- 3) 杉浦克己. 筋と栄養. 筋の科学事典—構造・機能・運動—(福永哲夫編). 491-498, 朝倉書店, 2002. 東京
- 4) 鈴木久乃. 日本人アスリートの基本的な栄養素摂取と食生活. アスリートのための栄養・食事ガイド (小林修平編著). 17-20, 第一出版, 2001. 東京
- 5) 北川 薫. 身体組成とウエイトコントロール—子どもからアスリートまで—. 145-148, 杏林書院, 1991. 東京
- 6) 都澤凡夫. バレーボールのトレーニング. トレーニング生理学 (芳賀脩光, 大野秀樹編). 354, 杏林書院, 2003. 東京
- 7) 島津大宣, 明石正和, 田中博明: 全国高等学校優秀男子バレーボール選手の運動能力についての研究. 東京体育学研究 12, 1985.
- 8) 植屋清見. パワーとトレーニング. トレーニング生理学 (芳賀脩光, 大野秀樹編). 41-61, 杏林書院, 2003. 東京
- 9) 金子公宥. パワーアップの科学, 人体エンジンのパワーと効率, 現代の体育・スポーツ科学. 157-165, 朝倉書店, 1988. 東京
- 10) Oystein Lian, Per-Egil Refsnes, Lars Engebretsen, and Roald Bahr: Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. *The American Journal of Sports Medicine* 31: 408-413, 2003.
- 11) Jyrki A. Kattunen, Martti Kvist, Erkki Alanen, and Urho M. Kujala: Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 30: 689-692, 2002.
- 12) Yamamoto T.: Relationship between hamstring strains and leg muscle strength — A follow-up study of collegiate track and field athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 33: 194-199, 1993.
- 13) 田中喜代次, 中塘二三生, 大河原一憲, 増尾善久: 生体インピーダンス(BI)法の有用性と利用限界. バイオメカニクス研究 5: 91-101, 2001.
- 14) 高橋啓子: 栄養素および食品群別摂取量を推定するための食物摂取状況調査票 (簡易調査法) の作成. 栄養学雑誌 61: 161-169, 2003.
- 15) 健康・栄養情報研究会(編): 第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準. 73, 第一出版, 1999. 東京
- 16) 森田淳悟, 永田俊勝, 村松 茂: バレーボール選手の踵骨骨密度と体力. 日本体育大学紀要 29: 47-50, 1999.
- 17) 福永哲夫: 超音波法による筋の単位面積あたりの筋力の算出. 体育学研究 14: 28-32, 1969.

- 18) Maughan, R. J. and Nimmo, M. A.: The influence of Variations in muscle fiber composition on muscle strength and cross sectional area in untrained males. *J. Physiol.* 351: 299-311, 1984.
- 19) 福永哲夫. ヒトの絶対筋力—超音波による体肢組成・筋力の分析. 182-227, 杏林書院, 1978. 東京
- 20) 福永哲夫, 金久博昭. 日本人の体肢組成, 現代の体育・スポーツ科学. 150-152, 朝倉書店, 1990. 東京
- 21) 鈴木久乃, 川野 因, 石井恵子, 亀井明子, 田口素子, 富松理恵子, 柳沢香絵, 山田優香. スポーツ活動とエネルギー摂取量. アスリートのための栄養・食事ガイド (小林修平編著). 91-93, 第一出版, 2001. 東京
- 22) Buskirk, E. R.: Some nutritional considerations in the conditioning of athletes. *Ann., Rev. Nutr.*, 1:319-350, 1981.
- 23) (財)日本体育協会スポーツ医科学専門委員会: スポーツ選手に対する最新の栄養・食事ガイドライン策定に関する研究, 平成9~11年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告: 1997~1999.
- 24) Okano, G., Taguchi, M., Mu, Z., Sato, Y., Kaji, M. and Sugiura, K.: A survey comparing nutritional status and exercise training programs between adolescent Japanese and Chinese athletes. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, 42: 446-454, 1993.
- 25) Sugiura, K., Suzuki, I. and Kobayashi, K.: Nutritional intake of elite Japanese track-and-field athletes. *Int. J. Sport Nutr.*, 9: 202-212, 1999.
- 26) Celejowa, I., and Homa, M.: Food intake, nitrogen, and energy balance in Polish weight lifters. *Nutrition and Metabolism* 12: 259-274, 1970.
- 27) Dragon, I., Vasiliu, C. A., and Georgescu, E.: Researches concerning the effects of Refit on elite weightlifters. *J. Sports Medicine* 25: 246-250, 1985.
- 28) Laritcheva, K. A., Yalovaya, N. I., Shubin, V. I., and Smirnov, P. V.: Study of energy expenditure and protein needs of top weight lifters. *Nutrition, Physical, Fitness and Health*, pp.144-163, 1978.
- 29) Lemon PWR: Is increased dietary protein necessary or beneficial for individuals with a physically active lifestyle? *Nutr. Rev.* 54: S 169-75, 1996.
- 30) Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., Macdougall, J. D., Chesley, A., Phillips, S., Schwarcz, H. P.: Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J. Applied Physiology* 73: 1986-95, 1992.
- 31) Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D., and Atkins, S.: Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J. Applied Physiology* 64: 187-193, 1988.
- 32) Zackin, J., Meredith, C. N., Frontera, W. R., and Evans, W. J.: Protein requirement of young endurance trained men. Abstract, *American J. Clinical Nutrition* 43: xxi, 1986.
- 33) 健康・栄養情報研究会(編): 第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準. 73-75, 第一出版, 1999. 東京