

〈報告〉

大学アルペンスキー選手のオフシーズンの 有酸素性作業能と身体組成の変化

綾部 誠也*・辻川比呂斗**・宮原 祐徹***・黒坂 光寿***・佐賀 典生***
 笹田 周作***・内藤 久士*・形本 静夫*・米田 継武****

Seasonal variabilities of aerobic capacity and body composition in collegiate alpine skiers

Makoto AYABE*, Hiroto TSUJIKAWA**, Yutetsu MIYAHARA***,
 Mitsutoshi KUROSAKA***, Norio SAGA***, Shusaku SASADA***,
 Hisashi NAITOH*, Shizuo KATAMOTO* and Tsugutake YONEDA****

1. 緒 言

アルペンスキー選手は、筋力、有酸素性作業能、調整能力、バランス能力などの多岐に渡る体力的な要素の向上が求められる⁴⁾⁸⁾⁹⁾。そのため、そのトレーニングには、工夫が求められ、単一の身体機能でなく、全身の様々な機能を効率的に刺激しなければならない。当然ながら、それらのトレーニングは、雪上で生かす身体能力の向上を目指すものであるが、プロ選手などの一部のエリート選手を除いた一般的な競技選手は、年間の多くを雪上から離れて陸上で過ごさざるをえない。この事は、大学生アルペンスキー選手にも当てはまる課題であり、雪上を離れた時期における

陸上で効果的なトレーニング方法が求められている。

先に挙げたアルペンスキー選手が高めるべき体力要素のうち、興味深い項目が有酸素性作業能である。すなわち、アルペンスキー競技は、その競技時間がわずか120秒程度であり、なおかつ、斜面を滑降する際の推進力の多くが重力から得られるため、そのエネルギーコストが陸上競技のそれよりも小さくなることが知られている⁴⁾。一方で、世界チャンピオンの最大酸素摂取量が70 ml/kg/minと報告される⁸⁾など、その競技力向上のためには高い有酸素性作業能が求められている。この理由の一つとして、Karlssonは、アルペンスキー選手における有酸素作業能の重要性が、試合だけでなく練習に反映されるとし、高強度の運動を繰り返すトレーニングにおける有酸素性作業能の必要性を述べている。また、多くのアルペンスキーの競技会では、複数回の合計タイムによって順位が決定される。従って、競技間での疲労回復の観点からかも有酸素性作業を高める必要があると考えられている。

ただし、アルペンスキー選手の有酸素性作業能の確保は容易でない。特に、試合期における管理が容易でなく、シーズン前後の有酸素性作業能を

* 順天堂大学スポーツ健康科学部運動生理学
 Laboratory of Exercise Physiology, School of
 Health and Sports Science, Juntendo University

** 順天堂大学医学部器官・細胞生理学
 Department of Organ and cell physiology, Jun-
 tendo University School of Medicine

*** 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科
 Graduate School of Health and Sports Science,
 Juntendo University

**** 順天堂大学スポーツ健康科学部生理学研究室
 Laboratory of Physiology, School of Health and
 Sports Science, Juntendo University

比較した研究⁹⁾は、シーズン後の最大酸素摂取量がシーズン前に比して低下したことを報告している。これらの原因として、まず、先に述べたようにアルペンスキー競技自体による有酸素性のエネルギー需要が小さいことが挙げられる。更に、試合期には、雪上での生活となるため、ランニングなどの大筋群を用いた持続的な運動を行うことが容易でない。その結果、身体への有酸素性の刺激が不足し、最大酸素摂取量の低下などが起こると考えられている。

従って、アルペンスキー選手は、オフシーズンに陸上にて有酸素性作業能を高め、前シーズンあるいは来シーズン中に起こるであろうその低下を補填しなければならない。しなしながら、これまで、アルペンスキー選手のオフシーズンの変化に関する報告は見あたらない。そこで、本研究は、オフシーズンのアルペンスキー選手の有酸素性作業の向上に関する基礎的な研究として、それらのオフシーズンにおける変化を明らかにする事を目的とした。

2. 方 法

2.1 対象者

本研究の対象者は、健康な大学生5名であった。対象者は、研究参加時、年齢が 19 ± 1 歳、身長が 167.8 ± 5.9 cm、体重が 61.0 kgであった。いずれもアルペンスキーの競技歴が10年以上の選手であった。また、全ての対象者は、研究参加時において、研究の妨げとなるような怪我・疾患を有せず、ランニングと筋力トレーニングで主体とするトレーニングプログラムを遜色なくこなしていた選手たちであった。

本研究のすべてのプロトコールは、その実施前に順天堂大学スポーツ健康科学部の倫理委員会の承認を得た。さらに、すべての対象者は、研究参加同意文書へ署名した後、研究へ参加した。

2.2 研究デザイン

本研究の対象者は、2005年度のアルペンスキー競技シーズン終了後から、2006年の4月、7月および10月の3度に渡り、運動負荷試験ならびに身体組成測定を実施した。すべての測定は、早朝空

腹時に行い、測定前24時間以内には激しい運動を避けるように指示した。更に、2006年4月から2006年10月について、運動負荷試験によって決定した乳酸性作業閾値強度でのランニング時間を自己記入式質問紙にて調査した。

2.3 運動負荷試験

運動負荷試験は、電動式のトレッドミル (TREADMILL, 西川鉄鋼) を用いた最大多段階方式で行った。試験は、初期負荷を 160 m/min とし、各ステージ 20 m/min ずつ負荷を漸増した。各ステージの運動時間は、4分間とし、ステージ間に1分間の休息を設けた。また、ステージ終了時の血中乳酸濃度が 4 mmol/l を超えた際には、その速度を維持し、毎分 1°C ずつ傾斜を漸増し、対象者を疲労困憊に至らしめた。試験中、安静時から連続して呼気ガスを携帯型呼気ガス分析装置 (K4, CosMed) にて分析し、付属する携帯型心拍数モニター (Accurex Plus, Polar) にて心拍数を測定した。なお、K4b2は、各実験前に、機器マニュアルに従って、外気ならびに校正ガス (O_2 15.04%, CO_2 4.06%) にてガス濃度センサーの校正をタービンの校正と併せて行った。更に、安静時、各ステージ終了直後、試験終了後に、耳朶より $5\mu\text{l}$ の採血を行い、血中乳酸濃度分析装置 (Lactate Pro, Arkray) を用いて血中乳酸濃度分析した。更に、各ステージ終了直後に Borg スケールを用いて主観的運動強度を評価した。運動負荷試験終了後、得られた血中乳酸濃度から乳酸性作業閾値 (LT) ならびに Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) に相当する運動強度を判定した⁵⁾⁶⁾。上記の運動負荷試験は、室温 20°C 、相対湿度50%に管理された実験室内で行われた。

2.4 身体組成

身体組成は、BODPOD Body Composition System (Courtesy of Life Measurement Instrument, CA) を用いて、体重、除脂肪体重ならびに脂肪量を測定した。BodPodは、空気置換法によって、ボイルの法則に基づき体脂肪を推定する方法である。この方法は、水中体重法やDXA法などと同様に高い精度で身体組成を評価できる事が明

らかになっている⁷⁾。

2.5 統計処理

本文中の測定値は平均値±標準偏差で示した。身体特性ならびに有酸素性作業の3度の測定値の比較は、Kruskal Wallis testを用いた。2変数間の相関性は、Pearsonの積率相関係数(r)を用いて検討した。有意水準は5%未満とした。本研究の全ての統計解析はStatView 5.0 (SAS institute, NC)を用いて行った。

3. 結 果

Table 1に対象者の身体特性の変動を示した。いずれの測定値も測定時期間で有意な差が認められなかった。

Table 2には、対象者の有酸素性作業能の変化を示した (Table 2)。身体組成と同様にいずれの

Table 1 Seasonal changes body composition in collegiate alpine skiers

	1st	2nd	3rd
Body weight [kg]	61.0±5.7	61.1±5.8	62.2±7.1
Body mass index [kg/m ²]	21.6±1.6	21.6±1.7	22.0±1.8
% Fat [%]	16.3±4.3	15.3±3.8	17.3±3.5
Lean body mass [kg]	51.2±7.0	51.9±6.9	51.6±7.4
Fat mass [kg]	9.7±1.6	9.2±1.5	10.6±1.4

Mean ± Standard Deviation

1st, April in 2006; 2nd, July in 2006; 3rd, October in 2006.

Table 2 Seasonal changes in Aerobic capacity in collegiate alpine skiers

	1st	2nd	3rd
Maximum oxygen uptake [l/min]	2981.4±598.7	2867.2±408.4	2882.8±654.4
[ml/kg/min]	48.5±6.0	46.7±2.6	45.9±6.5
Maximum heart rate [beat/min]	192.6±6.7	192.0±4.7	192.6±7.2
Maximum blood lactate accumulation [mmol/l]	10.9±1.7	10.1±1.2	9.3±1.3
Lactate threshold [m/min]	133.4±40.6	146.6±27.1	138.9±41.5
Onset of blood lactate accumulation [m/min]	200.4±25.3	208.1±18.8	214.3±20.8

Mean ± Standard Deviation

1st, April in 2006; 2nd, July in 2006; 3rd, October in 2006.

項目にも有意な変化が認められなかった。更に、5名の対象者における酸素摂取量と血中乳酸濃度の応答を個別に示した (Figure 1)。

自己記入式質問紙にて調査した運動時間は、2006年4月から2006年7月までが43分であり、全対象が同一のメニューをこなしたため、同じとなった。一方、2006年8月から2006年9月までの運動時間は、29±10分であった。

Figure 2には、2006年8月から2006年9月までの運動時間と身体組成の変化の関係を示した (Figure 2)。体重、脂肪量および体脂肪率の変化量は、いずれも、運動時間との間に高い負の相関関係を認めた。

更に、Figure 3には、OBLAに相当する速度の2006年8月から9月までの変化率と運動時間ならびに体脂肪率の変化率の関連性を示した。いずれの間にも非常に高い相関関係が認められた。

4. 考 察

本研究は、アルペンスキー選手のオフシーズンの有酸素性作業能の6ヶ月間の変化を大学生選手について検討した。その結果、有酸素性作業能や身体組成の変化は、その向上が運動実施時間との間に有意な相関性を認めた。これらの結果は、大学アルペンスキー選手の有酸素性作業能ならびに身体組成は、適切なトレーニングを確保することによってオフシーズンに改善しうることを示す。

本研究は、5名の大学アルペンスキー選手を対象とした。いずれも、現在、大学の体育会のス

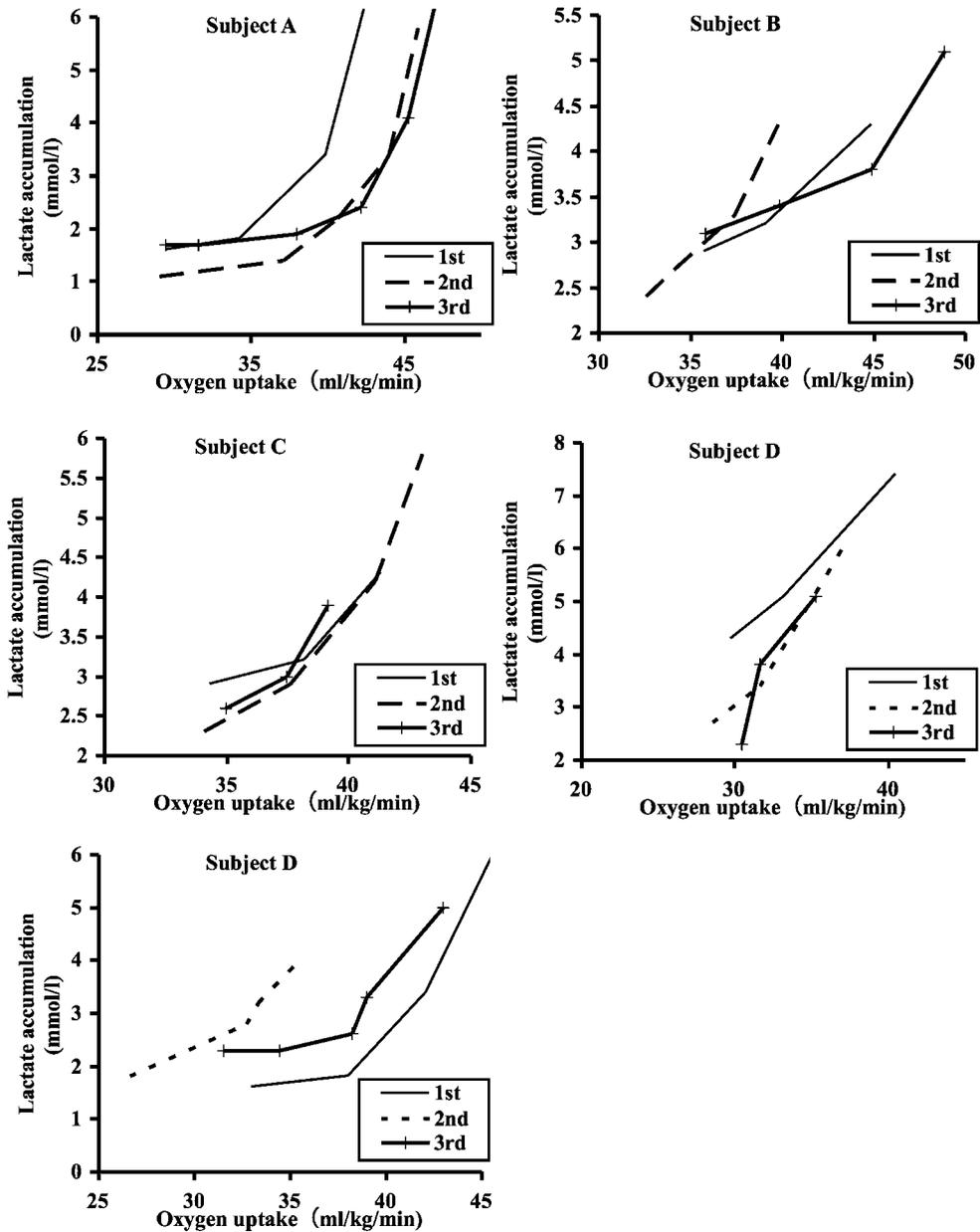


Figure 1 Seasonal variation of the blood lactate concentration during sub maximum graded exercise. Three tests were performed on April, July and October in 2006, respectively.

キー部へ所属し、競技スキー歴が10年以上であった。また、対象者のうち、1名が大学2年生であり、4名が大学1年生であった。このため、ま

だ、大学での競技会での記録がないが、いずれも高校時代の戦績では、各種大会の都道府県予選を突破し、その上位大会（地方大会、全国大会）へ

出場している。これらの事から、本研究の対象者は、エリートと言えないまでも、アルペンスキーの選手と判断に値する十分な経歴である。

また、本研究は、身体組成を Bod Pod System を用いて評価した。この Bod Pod System は、DXA 法と並ぶ精度高い測定法である。特に、Bod Pod System は、本研究のように、同一の対象者を複数回に渡って測定する際に高い精度が期待できる。すなわち、この System は、他の機器(方法)と比較して、特に検者側の人疑的な測定ミスが起こるケースが低いため、その測定値の再現性が高いことが知られている。また、一方、有酸素性作業能は、多段階運動負荷試験中の血中乳酸濃度から LT と OBLA を判定した。この両者は、血中乳酸濃度から判定するため、費用と手間が必要となるが、既に多数の論文¹⁾²⁾¹¹⁾によって、有酸素性作業能の有用な指標であることが明らかにされている。また、最大酸素摂取量と比較すると、より末梢の酸化能との関連が深く、スポーツパフォーマンスをよく反映することが知られている。また、トレーニング効果の判定においては、トレーニングの適応の出現が最大酸素摂取量に比べて敏感なことが明らかになっている²⁾。更に、両者は、そのままトレーニングの強度として、目的に応じて利用可能である。そのような背景から、本研究は、有酸素性作業能の指標として、OBLA と LT を用いた。

その結果、対象者全体としてみると、いずれの項目にも有意な変化を観察できなかった。これには、幾つかの原因が考えられるが、まず、運動時間の減少が考えられる。本研究の前半(2006年4月から7月)の運動時間は、その中で週に5回、1回に1時間走った結果、1日当たり43分となった。しかしその後(2006年8月から10月)の運動時間は、 29 ± 10 分へ短縮してしまった。この事が有酸素性作業能ならびに身体作業能の有意な改善をもたらさなかった主たる原因であろうと思われる。更に、この本研究の後期は、本研究の対象者である大学生にとって夏季休業にあたる時期である、本研究の対象者も当然、それぞれの実家へ帰省した。その結果、トレーニングの内容および実

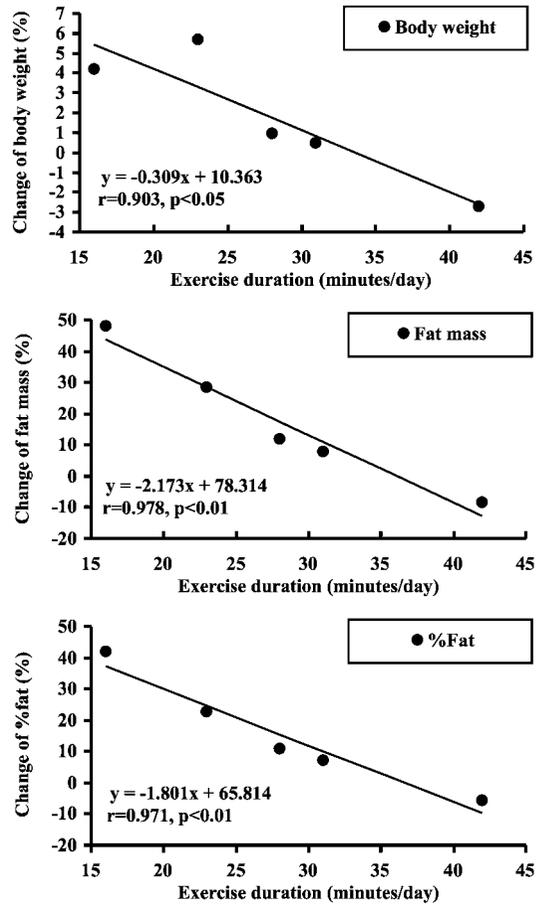


Figure 2 The relationship of the exercise duration with the changes in body composition.

施を個人の判断に委ねざるを得ず、トレーニング量の減少を招いてしまった。本研究のように、大学生を6ヶ月間以上に渡って追跡する場合、このように夏季や冬期また春期の休業期間を挟まざるを得ない。従って、集団に対する介入と同時に、大学生が個人レベルで手軽に実施な運動プログラムを開発し、研究に付帯する事が好ましいであろう。

ただし、Figure 2, Figure 3へ示すように、運動時間が十分に確保された対象者は、身体組成や有酸素性作業に改善が認められた。一方で、運動時間が短かった対象者は、体脂肪の蓄積に伴う体

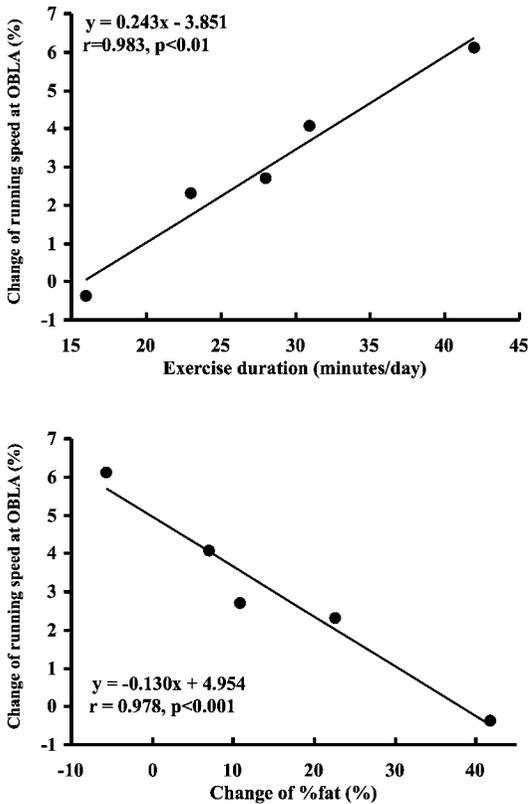


Figure 3 The relationship of the running speed at onset of blood lactate accumulation with the exercise duration or the percent body fat.

重ならびに体脂肪率の増加ならびに OBLA に相当する速度の低下が見られた。アメリカスポーツ医学会²⁾³⁾は、運動を始めて24週以上が経過したステージを維持期と称し、週に3から5回、70-85%心拍数予備の強度としながらも、1回あたりの運動時間を20-60分と設定している。これに基づけば、本研究の身体組成および有酸素性作業能の改善に必要な運動時間が30分という示唆される。ただし、その直接的な証明のためには、本研究のように運動時間を自由にした状態に対する身体の適応でなく、運動時間を管理した状態での身体適応を観察しなければならない。更に、本研究は対象者が5名と非常に小さなサンプルサイズであった。このことが、歩研究での結果に影響を与えた可能性を否定できない。すなわち、この小

なサンプルサイズは、身体組成ならびに有酸素性作業能に有意な変化を観察できなかった一因であろう。ただし、この小さなサンプルサイズは、Figure 2, Figure 3のような非常に高い相関関係の原因にもなっている。従って、いずれの結果についても、より多人数を対象とした研究での追試することが好ましい。

以上を総括すると、本研究は、大学アルペンスキー選手のオフシーズンの身体組成ならびに有酸素性作業能の変化を明らかにするために行われた。本研究の結果は、大学アルペンスキー選手の有酸素性作業能ならびに身体組成は、適切量のトレーニングを確保することによってオフシーズンに改善しうることを示す。また、本研究の結果は、わずか5名の対象者から得られた結果であり、異なる集団での追試験が必要となる。

引用文献

- 1) American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. (1998a) *Med Sci Sports Exerc.* 30: 992-1008.
- 2) American College of Sports Medicine. (2000) ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 6th Ed., The Williams & Wilkins Company, Baltimore.
- 3) American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. (1998b) *Med Sci Sports Exerc.* 30: 975-591.
- 4) Andersen R, Montgomery DL. (1998) Physiology of alpine skiing. *Spo Med.* 6: 210-221.
- 5) Ayabe M, Yahiro T, Mori Y, Takayama K, Tobina T, Higuchi H, Ishii K, Sakuma I, Yoshitake Y, Miyazaki H, Kiyonaga A, Shindo M, Tanaka H. (2003) Simple assessment of lactate threshold by means of the bench stepping in older population. *International Journal Sports and Health Science.* 1, 207-215.
- 6) Ayabe M, Yahiro T, Ishii K, Kiyonaga A, Shindo M, Tanaka H. (2004) Validity and Usefulness of the Simple Assessment of Lactate Threshold in Younger

- Adults. *International Journal of Sport and Health Science*. 2. 84-88.
- 7) Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. (2005) Human body composition. *Human Kinetics*. Champaign.
- 8) Neumayr G, Hortnag H, Pfister R, Koller, Eibl G, Raas E. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing.
- 9) Koutedakis Y, Boreham C, Kabitidis C, Sharp C. (1992) Seasonal determination of selected physiological variable in elite male skiers. *Int J Sport Med*. 13. 548-551.
- 10) Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M., & Suda, Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur J Appl Physiol*. 56: 7-11.

(平成18年10月13日 受付)
(平成19年1月17日 受理)