

# 若年クロスカントリーおよびアルペンスキー選手の 最大運動能力の比較

古川 順光・宮下 智・大森 圭・吉野 直美  
内田 勝雄・大島 義彦・丹羽 健市\*

## Comparison of the Maximum Exercise Ability between Junior Cross-country and Alpine Skiing Racers

Yorimitsu FURUKAWA, Satoshi MIYASHITA, Kei OMORI, Naomi YOSHINO,  
Katsuo UCHIDA, Yoshihiko OSHIMA, Ken-ichi NIWA\*

**Abstract :** We measured maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and maximum oxygen debt ( $O_{2debt-max}$ ) for junior elite skiing racers in Yamagata Prefecture.  $\dot{V}O_{2max}$  is an index of aerobic power and high in cross-country skiing (CC) racers, while  $O_{2debt-max}$  is that of anaerobic power and high in alpine skiing (AP) racers. Such relations have been generally recognized for adult skiing racers.  $\dot{V}O_{2max}$  of the junior racers was higher than that reported for young persons without training, and  $\dot{V}O_{2max}$  was significantly higher in CC racers than in AP racers, indicating the applicability of the relation to junior racers.  $O_{2debt-max}$  of AP racers was higher than that of non-training young people.  $\dot{V}O_{2max}$  of CC racers was not reduced from that measured last year for the same subjects even with the increase in their body weight. These results suggest that suitably planned training is effective to improve the maximum exercise ability in junior skiing racers.

**Key words :** cross-country skiing, alpine skiing, maximal oxygen uptake, maximum oxygen debt, event character

### はじめに

冬の代表的なスポーツであるスキー競技の中でも、種目によってその特徴は大きく異なっている。クロスカントリー (CC) スキー競技は重力に抗する場面では、位置エネルギーを利用して滑走することは困難であり、上下肢、体幹の活動を十分に使用し、自らのエネルギーで滑走するための推進力を得なければならない。また、CC スキー競技

では、最も長距離の競技では 50km、最も短い距離でも 5km で、競技時間は 20 分から 2 時間以上にもなる。これらのことから、全身的な有酸素性持久能力が重要で、選手の適性を考える上でも重要な要素といえる。一方、アルペン (AP) スキー競技では、基本的には位置エネルギーを利用し、重力に従い滑走していくことが可能である。競技時間でみると回転競技は 1 分程度で、長くても 2 分から 2 分 30 秒程度である。AP スキー競技では、瞬間的な運動の変化 (ターンなど) やスピードに対する姿勢の制御など、筋出力を短時間に集中して行うことが必要であり、無酸素性能力が重要といえる。このような種目特性に関する先行研究で、Sharkey<sup>1)</sup> は、スキー競技のうち CC スキーでは有

山形県立保健医療短期大学理学療法学科  
Department of Physical Therapy, Yamagata School  
of Health Science,

\* 山形大学教育学部保健体育学科

\* Department of Physical Education, Faculty of  
Education, Yamagata University

酸素性エネルギーの寄与が90%を占め, AP スキー競技では無酸素性エネルギーの寄与が80%であると報告している。このように必要な体力的な要素は, 種目特性にかなったトレーニングを継続することにより, 獲得できるものと考えられ, Sharkey の報告は長年競技を続けた成年競技者についていえることであるが, 成長過程にある若年の競技者においては, 明らかにされていない。

本研究の被験者である山形県ジュニア強化スキー選手は, 主に競技成績によって選考されている。しかし, 基礎的な体力面からの検討は十分になされておらず, CC, AP スキー各々の種目特性としての有酸素性, 無酸素性の能力の把握を継続して行い, トレーニング効果, 種目への適性などを検討していくことは重要である。

そこで本研究では, ジュニア強化スキー選手の呼吸循環系応答から最大運動能力を測定し, その結果を成年競技者について報告されている内容と比較し, 種目における特性がジュニア CC スキーおよび AP スキー選手においてどのような傾向にあるか明らかにすること, および1年前に測定した CC 選手の最大運動能力を現在と比較し, 呼吸循環系応答へのトレーニング効果や体格的な成長の影響があるか否かを検討することを目的とした。

## 方 法

### 1. 対 象

山形県ジュニア強化指定選手で, CC スキー選手13名(男子6名, 女子7名, 年齢15-18歳, 以下 CC 選手), AP スキー選手22名(男子13名, 女子9名, 年齢12-18歳, 以下 AP 選手), および一般健常男性7名(19-26歳, 以下健常男性)を対象とした。ヘルシンキ宣言に従い, 全被験者に測定の方法, 危険性, 期待される結果を十分に説明し, 実験に参加する承諾を得た。

### 2. 方 法

CC 選手用, AP 選手用の運動負荷プロトコルを図1に示す。CC 選手用プロトコルは有酸素性能力の指標となる  $\dot{V}O_2\max$  を求めるために, AP 選手用プロトコルは無酸素性能力の指標となる最大酸素負債量 ( $O_2\text{ debt-max}$ ) を求めるために, 先行研究<sup>2-7)</sup>を参考に設定した。

CC 選手用プロトコルは, まず立位のまま3分間の安静をとり, 2分間のウォーミングアップを

行い, その後3分間の安静立位をとり, ステップ状に負荷を漸増した。女子においては男子の80%の速度で, 同様に増加させた。AP 選手用プロトコルは, はじめにウォーミングアップとして1分間走行させた後, 短い間隔でステップ状に漸増させ, 最後に18km/hで1分以上走行させ, all-out に達した後, 30分間の安静椅坐位をとらせた。CC 選手, AP 選手は各々のプロトコルに従い all-out までトレッドミル (AR-160A, ミナト医科学) 上での運動負荷試験を行った。

健常男性は, CC 選手用, AP 選手用2種類の運動負荷プロトコルを同一被験者で all-out まで行った。測定は, 同一日に各運動負荷試験の間隔を3時間以上開けて行った。

all-out の基準は,  $\dot{V}O_2$  のレベリングオフ, 予測最大心拍数の達成, 主観的運動強度 (RPE) 19 以上<sup>8)</sup> のいずれか2つ以上を示した時とした。また, 不整脈及び心電図上の異常など, 危険と判断される時は, 運動を直ちに停止することにしたが<sup>9)</sup>, 本研究で該当者はなかった。運動負荷試験施行については, 運動処方指針 (原著第5版)<sup>10)</sup> で示す手続きに従った。

### 3. 測定項目

#### 1) 1 回換気量 ( $V_T$ ), 分時換気量 ( $\dot{V}_E$ ):

呼気流量計 (レスピロモニタ RM-300L, ミナト医科学) で breath-by-breath の呼出量を測定し, これを  $V_T$  とした。  $V_T$  に呼吸数 (RR) を掛けて  $\dot{V}_E$  を求めた。

#### 2) 酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ), 炭酸ガス排出量 ( $\dot{V}CO_2$ ):

質量分析計 (RL-600, WESTRON) で呼気酸素および炭酸ガス濃度を測定し, 上記  $\dot{V}_E$  を用いて  $\dot{V}O_2$  および  $\dot{V}CO_2$  を算出した。

#### 3) 心拍数 (HR): 心電図の R-R 間隔から HR を求めた (バイオビュー 1000A, NEC)。

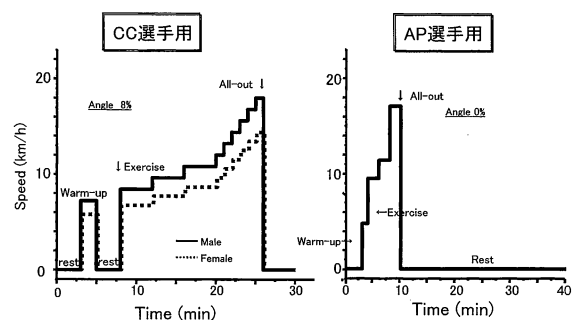


図1 運動プロトコル

表 1  $\dot{V}O_2\text{max}$  時の呼吸循環パラメータ

		$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	$\dot{V}_E$ (L/min)	$V_T$ (ml)
CC	Male	4200 ± 210*	68.3 ± 2.8*	4830 ± 264*	155 ± 9.00*	2370 ± 177
AP	Male	3160 ± 747*	54.2 ± 5.5*	3490 ± 745*	118 ± 21.9*	1930 ± 507
CC	Female	2800 ± 323	52.6 ± 3.8*	3050 ± 377	109 ± 13.9	1830 ± 141*
AP	Female	2460 ± 416	44.0 ± 5.5*	2760 ± 481	97.1 ± 11.5	1440 ± 267*

	RR (1/min)	HR (beats/min)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	O <sub>2</sub> debt-max (L)
	65.5 ± 3.0	198 ± 6.19	187 ± 25	77 ± 25	/
	62.4 ± 8.8	194 ± 13.8	170 ± 15	75 ± 11	4.95 ± 2.85
	59.8 ± 8.3	184 ± 10.7	177 ± 28	80 ± 24	/
	68.6 ± 8.8	172 ± 15.6	165 ± 15	71 ± 7.7	4.29 ± 2.14

平均±標準偏差 \* :  $p < 0.05$ 

4) 血圧 (収縮期血圧 SBP, 拡張期血圧 DBP) :  
運動負荷用血圧計 (EBP300, ミナト医科学) を  
使用し, 1 分毎に測定した。

1) - 3) については, ウォーミングアップ前の  
安静時から実験終了時まで連続して, 4) は 1 分ご  
とに測定した。

#### 4. 統計処理

CC 選手, AP 選手について, all-out 時の各測定  
値の平均値を比較した。また, 漸増的に運動負荷  
を与える CC 選手用プロトコールと急激に運動負  
荷を与える AP 選手用プロトコールとで,  $\dot{V}O_2\text{max}$   
が異なることが予想されたので, 健常男性につい  
て CC 選手用および AP 選手用両プロトコールで  
 $\dot{V}O_2\text{max}$  を測定し, 回帰分析を行った。得られた  
回帰式により運動負荷プロトコールの差を補正  
した  $\dot{V}O_2\text{max}$  ( $\dot{V}O_2\text{max}$  補正值) を求め, その平均  
値を両選手間で t-検定を用いて比較することを

行った。いずれも有意水準 5 % で行った。

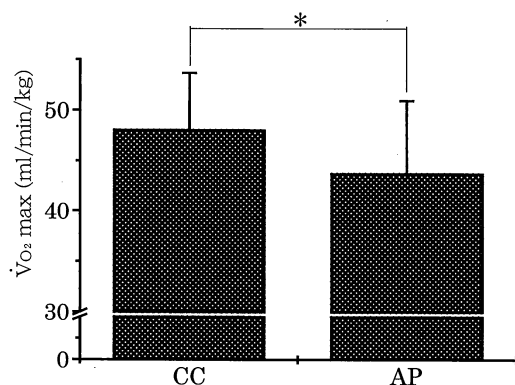
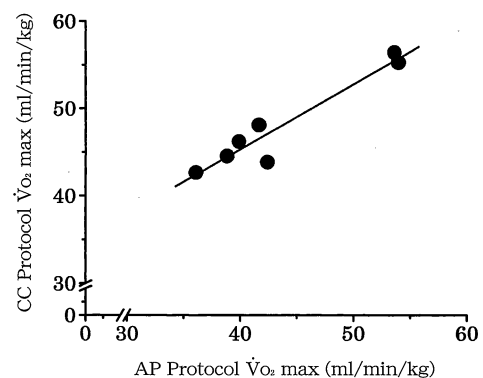
## 結 果

1) CC 選手, AP 選手の  $\dot{V}O_2\text{max}$  時の呼吸循環測  
定値 (表 1)

CC 選手の  $\dot{V}O_2\text{max}$  の平均値は, 男子 68.3 ± 2.8  
(ml/min/kg), 女子 52.6 ± 3.8 (ml/min/kg), AP 選  
手の O<sub>2</sub> debt-max 平均値は, 男子 4.95 ± 2.85 (L),  
女子 4.29 ± 2.14 (L),  $\dot{V}O_2\text{max}$  平均値は男子 54.2  
± 5.5 (ml/min/kg), 女子 44.0 ± 5.5 (ml/min/kg) で  
あった。

2) 健常男性の  $\dot{V}O_2\text{max}$  値 (図 2 および 3)

健常男性の  $\dot{V}O_2\text{max}$  の平均値は, CC 選手用運  
動負荷で 48.1 ± 5.6 (ml/min/kg), AP 選手用運動  
負荷で 43.8 ± 7.1 (ml/min/kg) で, CC 選手用で測  
定した方が有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。ま  
た, 回帰分析から以下の回帰式が得られた。(Y:

図 2 健常男性  $\dot{V}O_2\text{max}$  値の比較図 3  $\dot{V}O_2\text{max}$  の相関 (健常男性)

CC選手用  $\dot{V}O_{2\max}$ , X:AP選手用  $\dot{V}O_{2\max}$ )

$Y = 15.5 + 0.746X$  ( $r=0.96$ ,  $p < 0.001$ )

### 3) CC選手, AP選手の $\dot{V}O_{2\max}$ 実測値, $\dot{V}O_{2\max}$ 補正値の比較(図4および5)

$\dot{V}O_{2\max}$  の実測値を比較すると, 男子で1.26倍, 女子で1.2倍, CC選手の方が大きい値を示した。また, CC選手の実測値と健常男性の結果で得られた回帰式で補正したAP選手の  $\dot{V}O_{2\max}$  補正値を比較すると, 男女共, CC選手の値がAP選手の補正値より有意に高値であった( $p < 0.05$ )。

## 考 察

本研究は, ジュニア CC選手, AP選手の呼吸循環系最大運動能力を測定し, 競技特性との関係を検討することを目的に行った。CC選手, AP選手ではそれぞれ要求される能力が異なっているために, 異なった運動負荷プロトコルを用いることとした。しかし, 両選手間の  $\dot{V}O_{2\max}$  を比較検討するためには, 各々のプロトコルで求められた測定値を補正する必要があったため, 同一被験者(健常男性)で両プロトコルを用いた測定を行い, 補正に必要な回帰式を求めた。CC選手に関しては, 同一選手の前年度の測定値との比較検討も行った。

#### 1) CC選手の呼吸循環応答

CC選手の all-out 時の呼吸循環系パラメータをみると,  $\dot{V}O_{2\max}$  は男子で 68.3 (ml/min/kg), 女子で 52.6 (ml/min/kg) で, 同年代の標準値<sup>11)</sup>の約 1.5 倍, 全日本クラス選手(成年)の約 90% の値を示した。また, CC選手の男子の  $\dot{V}O_{2\max}$  は健常男性(日常的に運動を行っていない)の値に比べ 1.4 倍であった。最大運動時の  $\dot{V}_E$  は男

子で 155 (L/min), 女子で 109 (L/min),  $\dot{V}_T$  は男子で 2.4 (L), 女子で 1.8 (L) で, これらの値も標準値より高値であった。また,  $\dot{V}_E$ ,  $\dot{V}_T$  が高いことは少ない呼吸回数で効率的に吸気を行え, 持久的な運動に適しているといえる。これらのことから本研究の被験者の CC選手は, 呼吸循環系の最大運動能力として, CCスキーの種目特性を十分に満たしているものと考えられる。

#### 2) AP選手の呼吸循環応答

AP選手の最大運動能力の指標として  $O_{2\text{debt-max}}$  は, 男子で 4.95 (L), 女子で 4.29 (L) と同年代日本人標準値<sup>11)</sup>の約 2 倍の値を示した。APスキーの種目特性として, 瞬発力, 瞬間的な動作の切り替え, など無酸素性能力が要求される<sup>12)</sup>。その意味では本研究での  $O_{2\text{debt-max}}$  の結果は, これまでの報告を支持しているものと考えられる。一方, all-out 時の呼吸循環系パラメータをみると,  $\dot{V}O_{2\max}$  は男子で 54.2 (ml/min/kg), 女子で 44.0 (ml/min/kg) で, 同年代標準値<sup>11)</sup>の約 1.2 倍であった。また, 男子 AP選手の  $\dot{V}O_{2\max}$  は健常男性の値に比べ 1.2 倍であった。

#### 3) 両選手間の呼吸循環応答の比較

AP選手用プロトコルで  $\dot{V}O_{2\max}$  実測値および  $\dot{V}O_{2\max}$  補正値は, いずれも CC選手の  $\dot{V}O_{2\max}$  実測値よりも有意に小さかった。これは無酸素性能力に秀でているといわれている AP選手の種目特性を表していると考えられる。しかし, 以下の点は今後, さらに検討しなければならない課題である。まず運動負荷プロトコルの違いがある。本研究で用いた CC選手用プロトコル

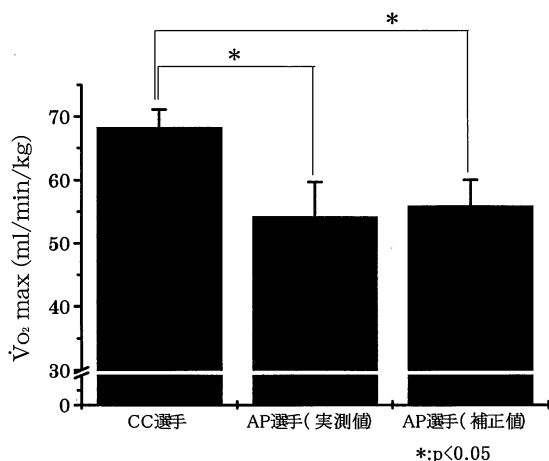


図4  $\dot{V}O_{2\max}$  の比較(実測値, 補正値): 男子

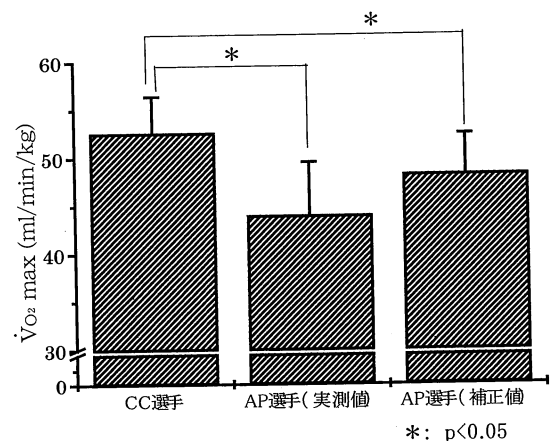


図5  $\dot{V}O_{2\max}$  の比較(実測値, 補正値): 女子

ルでは有酸素性能力の指標となる  $\dot{V}O_2\max$  を求めるために, ウォーミングアップを低負荷で行い, 徐々に負荷を増加させていく方法を採用した。この方法では, 低負荷の状態から漸増させることにより, 呼吸循環系の準備状態が整い真の最大持久性能力の発現が期待される<sup>13)</sup>。これに対し AP 選手用プロトコルでは, 無酸素状態での運動を一定時間継続させるために, 1 分間のウォーミングアップで走行させた後は, 短い間隔でステップ状に漸増させ, 最大スピードに到達させている。このときの最大スピードで all-out に達したときの  $\dot{V}O_2$  を  $\dot{V}O_2\max$  としているが, 実際の被験者にあったスピードに設定できれば, 異なる結果が得られる可能性もある。また, 補正方法としても, 成年健常男性で求めた回帰式を, そのまま若年 AP 選手に当てはめることが可能かどうかという問題がある。回帰式を求めるための被験者の年齢層は AP 選手の年齢層と比べると, 平均で約 3 歳の差が認められる。山地ら<sup>14)</sup>の報告, 竹島ら<sup>15)</sup>の報告などによれば, 年齢や競技歴によって  $\dot{V}O_2\max$  に差がみられるとされる。これらのことから, 今回のように単純に CC 選手, AP 選手を比較するのではなく, 同一プロトコルを用いて, 年齢, 性別, 競技歴などを考慮した比較をすることが望まれる。

#### 4) 1 年前の同一被験者のデータとの比較

CC 選手に関しては, 同一被験者について, 約 1 年前に同じ運動負荷プロトコルを使用して, 同様のパラメータを得ている<sup>16)</sup>。当時の  $\dot{V}O_2\max$  (男子  $69.3 \pm 2.8$ , 女子  $52.6 \pm 5.6$  (ml/kg/min)) と本研究で得られた結果を比較すると, 男女ともに低下がみられなかった。身長, 体重などの体格面でも有意な変化は認められなかった。一方, 年齢別に選手個人で  $\dot{V}O_2\max$  をみると, 女子の低年齢層の被験者では若干の伸びがみられ, ばらつきが小さくなっていたが, 男子では年齢層に関係なく横ばいであった。これらのことは, 強化選手に選ばれる以前からのトレーニングにより, すでに現状の能力に到達していたことを示しているとも考えられる。

前回と比較しトレーニングもしくは体格的な成長により伸びのある者もいるものの, CC スキー選手の有酸素性能力の向上には, より長期的なトレーニングが必要とされることが示唆された。

## ま と め

本研究では, CC 選手, AP 選手の呼吸循環系最大運動能力の測定を行うとともに, 種目特性との関連について検討した。その結果, ジュニアスキー強化選手においても,  $\dot{V}O_2\max$  は CC 選手の方が AP 選手より高値で有酸素性最大運動能力が高く, AP 選手において  $O_2\text{debt-max}$  は同年齢の一般人の値よりも高値を示し, 若年層の選手においても各々の種目特性が成り立っていることが示唆された。また, 同一 CC 選手における 1 年前のデータとの比較から, 1 年を経過した後でも平均値の変化はなく, 個人の経過をさらに継続して追う必要があると考えられた。これらのことから, このような測定結果の比較検討を継続して行い, 選手の体力的な基礎能力の成長を加味した上で種目適性などを検討していくべきであると考えられた。

## 参考文献

- 1) Sharkey. B.J, 佐藤 捷 監訳: トレーニングの生理学—コーチと選手のために— (Coaches Guide to Sports Physiology). 廣川書店, 東京, 1990.
- 2) 黒田善雄, 伊藤静夫, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児: 日本人一流選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量—第 2 報—. 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-27, 1970.
- 3) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬三, 松井美智子: 日本人一流選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量—第 3 報—. 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-20, 1977.
- 4) 黒田善雄, 加賀谷熙, 塚越克己, 雨宮輝也, 太田裕造, 村松允子, 酒井惇子: トレッドミルによる最大酸素負債量の測定法—トレッドミル走とトラック走との比較—. 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1968.
- 5) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児, 伊藤静夫: 最大酸素負債量の測定法に関する研究—第 3 報・最大酸素負債量の個人内変動について—. 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-19, 1975.
- 6) Miyashita S, Haruna Y, Suzuki Y, Gunji A : Effects of Posture on Cardio respiratory Responses during Mild Exercise. Journal of Physical Therapy

- Science 7, 21-25, 1995.
- 7) 山地啓司: 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院, 東京, 1992.
- 8) 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性運動における主観的運動強度と客観強度の対応性, — Rating of perceived exertion の観点から —. 体育学研究 26, 680-686, 1976.
- 9) 郡司篤晃 監修: 健康運動指導者必携キーワード. 医道の日本社, 東京, 1991.
- 10) 日本体力医学会体力科学編集委員会 編: 運動処方指針 (原著第5版). 南江堂, 東京, 1997.
- 11) 東京都立大学体育学研究室: 日本人の体力標準値 第4版. 不昧堂, 東京, 1989.
- 12) 石井清一, 菅原 誠, 武藤芳照 編: スキーの医学. 南江堂, 東京, 1995.
- 13) Kohrt, W.M., Morgan, D. W., Bates, B., Skinner, J.S.: Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. Medicine & Science in Sports & Exercise 19, 51-55, 1987.
- 14) 山地啓司: 民族と加齢からみた  $\dot{V}O_2\text{max}$ . 富山大学教育学部紀要 38, 69-82, 1990.
- 15) 竹島伸生, 小林章雄, 田中喜代次, 新畑茂充, 渡辺丈真, 鷺見勝博, 鈴木雅裕, 小村 亮, 宮村満男, 上田一博, 加藤孝之: 中高年ランナーの最大酸素摂取量と乳酸域値—加齢に伴う変化—. 体力科学 38, 197-207, 1989.
- 16) 古川順光, 大森 圭, 吉野 直美, 宮下 智, 内田 勝雄, 大島 義彦, 丹羽 健市: 最大酸素摂取量と体格の関係—クロスカントリー・スキー選手における評価—. 山形保健医療研究 2, 81-85, 1999.
- 199.12.20. 受稿, 2000.1.19. 受理 —

## 要 約

山形県のジュニア強化スキー選手の最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) および最大酸素負債量 ( $O_2\text{debt-max}$ ) を測定した。好気性運動能力の指標である  $\dot{V}O_2\text{max}$  はクロスカントリースキー (CC) 選手で高く、嫌気性運動能力の指標である  $O_2\text{debt-max}$  はアルペンスキー (AP) 選手で高いとされ、このような種目特性が成年選手については知られている。ジュニア CC 選手および AP 選手の  $\dot{V}O_2\text{max}$  は、同年代の非運動者の値に比べ大きく、CC 選手の値は AP 選手の値に比べ有意に大きかった。AP 選手の  $O_2\text{debt-max}$  は、同年代の非運動者の値に比べ大きかった。CC 選手の  $\dot{V}O_2\text{max}$  は、同一被験者での1年前の測定値よりも低下していなかった。これらの結果は、若年スキー選手についても種目特性にあったトレーニングが最大運動能力を高い水準に維持、向上させるために有用であることを示唆している。

**キーワード:** クロスカントリースキー, アルペンスキー, 最大酸素摂取量, 最大酸素負債量, 種目特性