

岩手県エリートクロスカントリースキーヤーの全身持久性 ジュニア競技者とシニア競技者の比較

川越 正輝*、澤村 省逸、清水 茂幸*、清水 将*、鎌田 安久*、上濱 龍也*

(2012年2月12日受理)

KAWAGOE Masaki, SAWAMURA Shoitsu, SHIMIZU Shigeyuki

SIMIZU Sho, KAMADA Yasuhisa, KAMIHAMA Tatsuya

A Study on the Cardiovascular Endurance of Iwate Prefecture Elite Cross-country Skiers:

A Comparison of Junior Athletes and Senior Athletes

I. 緒 言

クロスカントリースキーは全身持久力を競う冬季の代表的なスポーツであり、起伏の激しいコースを専用のスキーとストックを用いて踏破し、その所要時間を競う。競技種目は1kmのスプリントから50kmの長距離まで幅広く、走法もクラシカル走法を用いる種目とスケーティング走法を用いる種目に分けられる。コースは登り斜面・下り斜面・平地の3要素によって構成され、50kmの走行時間は2時間以上に及ぶ。

同じく全身持久力を競うスポーツである陸上競技の長距離走やマラソンは、概ね平坦な走路を走り、主に下肢を中心とした運動といえるが、クロスカントリースキーは下肢によるキック動作に加えて、上肢によるストックワーク、滑降中のバランス保持能力が必要とされる。また、長距離走やマラソンでは、スタートダッシュやゴールスプリントを除いては、ほぼ一定の走速度で一定の走動作が行われ、運動強度が急激に変化する場面は少ない。一方、クロスカントリースキーの場合にはコースに起伏があり、滑走・登行・滑降と運動動作を変える必要があり、運動強度にも大きな変化

が生じる。上下肢の力を総動員しなければならない登行時に比べ、下り斜面をクローチングフォームで滑降する局面では運動強度が抑えられ、疲弊した身体を回復させるタイミングでもある。このことは、陸上競技の長距離走やマラソンとは異なる、このスポーツ特有のものである。

全身持久性とは、長時間にわたって高い酸素摂取水準で全身的な活動を行い続ける能力を指す。一般に、最大酸素摂取量 (VO_2max) と換気性作業閾値 (VT) によって全身持久性が妥当に評価できるとされている。

多くの研究者によって長距離走など、全身持久力を競うスポーツの競技成績と VO_2max の間には有意な相関があることが示されており、高い VO_2max が競技力に大きく貢献するといわれている。また、全身持久的競技における競技力は、 VO_2max のみならず、酸素負債能力 (AT)、一定スピードでの VO_2 、無酸素パワーなど、いくつかの因子を用いた重回帰から求めることで、より高い精度の予測が可能となる (平木場 2004) ともいわれている。

これまでも、クロスカントリースキー選手の VO_2max と競技力に関する研究 (山路 2001) は

* 岩手大学教育学部

行われてきた。成長過程にあるジュニア競技者に関する研究では、アルペンスキー選手のVO₂maxとの比較から、クロスカントリースキーの競技特性によって生じる有酸素性最大運動能力の高さを明らかにしている（古川 2000）。また、長期間に涉って競技を継続したシニア競技者では、その競技に必要な体力は種目特性に適ったトレーニングの継続により獲得される（Sharkey 1990）とも指摘もある。

しかし、クロスカントリースキー選手に関する研究は、同世代間では行われているものの、ジュニア競技者とシニア競技者を比較した研究は数少ない。そこで、本研究は岩手県のエリートクロスカントリースキー選手を対象に、ジュニア競技者とシニア競技者の全身持久性の特徴を明らかにすることで、今後の岩手県の競技力向上に資する資料を提示することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

（公財）岩手県スキー連盟に強化指定されているノルディックスキー選手6名（年齢17～33歳、男性）を対象とした。

被験者6名を年齢別に、ジュニア群3名（17歳2名、18歳1名）と、シニア群3名（27歳、28歳、33歳）に分類した。

2. 測定項目及び方法

VO₂maxの測定は、トレッドミルの多段階負荷法によるAll Out走を用いた。

運動開始時の傾斜角は3.5度とし、2分後に6.0度、その後2分毎に2.0度ずつ上昇させ、運動開始14分後にトレッドミルの最大傾斜角である15.0度まで上昇させ、All Outまで固定した。

運動開始時の速度は5.0km/hとし、2～4分までを5.5km/h、4～16分までを6km/h、16～18分までを6.5km/hとして、その後2分毎に0.5km/h All Outまで増加させた。（表1）

Stage	Time (min)	Slope (deg)	Speed (km/h)
1	2	3.5	5
2	4	6	5.5
3	6	8	6
4	8	10	6
5	10	12	6
6	12	14	6
7	14	15	6
8	16	15	6.5
9	18	15	7
10	20	15	7.5
11	22	15	8
12	24	15	8.5
13	26	15	9
14	28	15	9.5
15	30	15	10

*After 30 minutes increase the speed by 0.5km/h every two minutes

Table 1 : Protocol of treadmill exercise

運動中の代謝量はbreath-by-breath法により、（株）日本メディックス社製呼吸ガス代謝モニター（Cpex-1）を用いて、VO₂・VCO₂・VEならびにVO₂maxを測定した。

また、血中乳酸濃度、血圧、酸素飽和度は、トレッドミル運動開始前、オールアウト直後、運動終了30分後の計3回測定した。

さらに、各被験者のAT（無酸素性作業閾値）ポイントをV-slope法（Davis 1985）を用いて算出した。

3. 聞き取り調査

実験終了後に、各被験者に対して、競技成績、競技スタイル、練習内容等に関する聞き取り調査を行った。

Ⅲ. 結 果

1. 酸素摂取量

(1) VO₂max

ジュニア群が61.8±14.6ml/min/kg、シニア群が65.7±19.6ml/min/kgであり、シニア群が3.9ml/

min/kg 高かった。(表2)

各被験者の測定値は、ジュニア群77.2ml/min/kg・60.1ml/min/kg・48.1ml/min/kg、シニア群86.6ml/min/kg・62.8ml/min/kg・47.7ml/min/kgであり、ジュニア群にも比較的VO₂maxが高い競技者、シニアでも比較的VO₂maxが低い競技者がみられた。

(2)VO₂回復率

ジュニア群の回復履率はAll Out後45秒までは横ばいであり、その後に幾分回復が見られた

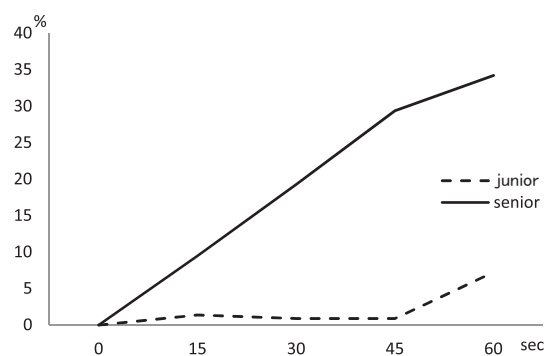


Fig.1 : VO₂ recovery rate after All Out

ものの、60秒を経過しても7.2%と低値を示した。一方、シニア群の回復率はAll Out直後から右肩上がりに上昇し、60秒時点で34.2%と、ジュニア群と比較して27.0ポイントも高い回復率であった。(図1)

2. 心拍数

(1)HRmax

ジュニア群が191.7±7.6b/min、シニア群が185.0±10.1b/minであり、ジュニア群が6.7b/min高値を示した。(表2)

各被験者の測定値は、ジュニア群185b/min・

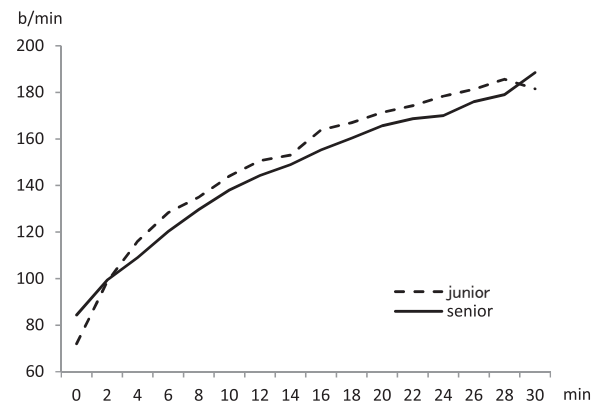


Fig.2 : Trends in HR during treadmill exercise

190 b/min・200b/minであり、シニア群194b/min・174b/min・187b/minであった。

運動中のHRは、両軍とも負荷漸増に伴い上昇したが、ジュニア群の方が若干高い値を示した。(図2)

3. 無酸素性作業閾値

AT発現に至る時間は、ジュニア群が24分、シニア群が23.5分であり、ほぼ同程度の運動強度で

	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	VO ₂ max (ml/min/kg)	HRmax (b/min)	VO ₂ max (ml/min/kg)	HRmax (b/min)
Junior	17.3 ± 0.6	169.3 ± 3.1	59.3 ± 2.3	61.8 ± 15	191.7 ± 7.6	61.8 ± 15	191.7 ± 7.6
Senior	29.3 ± 3.2	166.7 ± 5.8	61.3 ± 2.9	65.7 ± 20	185.0 ± 10	65.7 ± 20	185.0 ± 10
Difference	-12.0	2.6	-2.0	-3.9	6.7	-3.9	6.7

Table 2 : Subjects of profile and measurement results

	VO ₂ at AT expression (ml/min/kg)	Time AT expressed (min)	Time from AT up to the all out (min)
Junior	42.0 ± 6.3	24.0 ± 1.5	6.7 ± 1.3
Senior	38.3 ± 1.8	23.5 ± 1.4	9.5 ± 0.0
Difference	3.7	0.5	-2.8

Table 3 : AT expression and VO₂max and time of up to all out

あった。しかし、AT 発現時の VO_2 は、ジュニア群が $42.0 \pm 6.3 \text{ ml/min/kg}$ 、シニア群が $38.3 \pm 1.8 \text{ ml/min/kg}$ であり、ジュニア群が 3.7 ml/min/kg 高値を示した。

各被験者の AT 発現時の VO_2 は、ジュニア群 48.4 ml/min/kg ・ 42.1 ml/min/kg ・ 35.7 ml/min/kg であり、シニア群 39.6 ml/min/kg ・ 37.0 ml/min/kg (1名はマスクトラブルにより測定不能) であった。

AT 発現から All Out までの時間は、ジュニア群が $6.7 \pm 1.3 \text{ min}$ 、シニア群が $9.5 \pm 0.0 \text{ min}$ であり、シニア群が約3分長かった。

各被験者の測定値は、ジュニア群が 8 min ・ 6.5 min ・ 5.5 min であり、シニア群が 9.5 min ・ 9.5 min であった。(表3)

IV. 考 察

今回の被験者の $VO_{2\text{max}}$ は、ジュニア群 $61.8 \pm 14.6 \text{ ml/min/kg}$ 、シニア群 $65.7 \pm 19.6 \text{ ml/min/kg}$ であり、シニア群が 3.9 ml/min/kg 高値を示した。

両群ともに $VO_{2\text{max}}$ が著しく低い、あるいは高い被験者がおり、偏差の大きなデータであることを考慮する必要があるが、シニア群の競技成績は3名ともに全日本 A 級大会や国民体育大会において上位入賞するレベルであり、ジュニア群と比較して競技力は高い。トレッドミル上でのランニングがクロスカントリースキーの運動形態と近似しているとはいいがたいが、 $VO_{2\text{max}}$ の値からもシニア群の競技力の高さを推察することができる。

VO_2 回復率では、ジュニア群が All Out 後60秒を経過しても7.2%に満たなかったのに対し、シニア群は All Out 後30秒で20%、60秒で30%以上の回復率を示し、ジュニア群よりも平均して20ポイント以上高い回復率であった。

クロスカントリースキーにおいて VO_2 回復率が高いことは、長い上り斜面の登行など、高強度の運動によって身体が疲弊しても、下り斜面の滑降など、短時間の休息で身体を回復させ、再び高いパフォーマンスを発揮することが可能となる。

クロスカントリースキーは全身持久力を競うス

ポーツの中では希有な「回復期」が存在する競技である。シニア群の高い VO_2 回復率は、ジュニア群より12年長い競技キャリアによってこの能力を高めたか、この能力の高い者がシニアまで競技を継続し得たのだと推察される。

聞き取り調査においても、シニア群は練習メニューにインターバル走や無酸素的な運動、ウエイトトレーニングなどを取り入れており、ジュニア群と比較して、高強度のトレーニングを回復スピードを意識して行っていることが示された。

AT 発現に至る運動強度には、両群間に殆ど差は見られなかった。しかし、AT 発現から All Out に達するまでの時間には2.8min と大きな差が認められた。

クロスカントリースキーは、高低差のある自然の地形を利用したオープンコースで行われるため、上り斜面の登行時や位置取りのためのスプリント時に、AT 強度以上の運動が行われる。一方、下りでは転倒や減速することなしに、上手に滑降しながら疲労を回復する技術が要求される。つまり、クロスカントリースキー選手に求められる代謝特性は、 $VO_{2\text{max}}$ の高さはもとより、AT 発現以降の乳酸処理能力が重要と考えられる。

クロスカントリースキー選手の AT 強度と All Out に至る運動強度に関する研究は十分には行われていないが、今回のシニア群の AT 強度から All Out に至るまでの時間が長かった理由としては、運動効率と筋力の高さが考えられる。

$VO_{2\text{max}}$ や HR_{max} は10代後半から20代前半でピークに達し、加齢とともに低下するが、運動効率など技術的要素や、体力の中でも筋力は呼吸循環系能力と比較して維持・増進が可能である(石黒ら1993)と考えられている。

今回被験者としたシニア群は、前述のとおり全日本 A 級大会や国民体育大会において上位入賞するレベルであり、ジュニア群よりも高い競技力を持つ。本実験の測定結果も、 $VO_{2\text{max}}$ はもとより、乳酸処理能力や酸素摂取能のリカバリーにおいてもシニア群がジュニア群より高値を示し、高い競技力を裏付ける結果となった。

V. 総 括

本研究は岩手県内のジュニア及びシニアクロスカントリースキー選手を対象に、その全身持久性をトレッドミル All Out 走中の VO_2 ・ VCO_2 ・ VE ・ $\text{VO}_{2\text{max}}$ と、血中乳酸濃度・血圧・酸素飽和度から評価し、以下の知見を得た。

1. AT 発現から All Out までの時間では、シニア競技者がジュニア競技者よりも2.8min 長く、耐乳酸性作業能の高さを示した。また、All Out 後60秒の VO_2 回復率でも、シニア競技者がジュニア競技者より20ポイント以上高い回復率を示した。

これらの結果は、レース中に運動強度が大きく変化するクロスカントリースキーの競技特性を反映したものであり、シニア競技者の競技力の高さとトレーニングの質の高さ、競技キャリアの長さに因るものと推察される。

2. クロスカントリースキーの競技力は、AT 発現から All Out に至るまでの時間と、All Out 後の VO_2 回復率とに相関があることが示唆された。また、シニア競技者は $\text{VO}_{2\text{max}}$ に関係なく、AT 以降の高い持続力と高い回復率を示しており、クロスカントリースキーにおいて $\text{VO}_{2\text{max}}$ は競技力を反映する最適な指標とはならないことが推察される。

謝 辞

本研究の実施にあたり、ご指導頂きました岩手医科大学内科学講座の森野禎浩先生、中島祥文先生に心より感謝申し上げます。

本研究は岩手大学地域連携推進機構スポーツ医科学支援事業として実施しました。

参考文献

Davis, J.A (1985) : Anaerobic threshold review of the concept and direction for future research. Med. Sci. Sports Exerc, 6-18.

古川順・宮下智・大森圭・吉野直美・内田勝雄・大島義彦・丹羽健市 (2000) : 若年クロスカントリースキーおよびアルペンスキー選手の最大運動能力の比較. 山形保健医療研究, 3, 23-28.

有馬三郎・平木場浩二 (2004) : 長距離走者の生理科学 -- 生理機能特性とトレーニングの科学的背景 --. 杏林書院.

石黒テルミ・伊藤正男・水野雅章・中村好男・村岡功・加賀谷淳子 (1993) : 性別年齢別にみた推定最高心拍数の75%水準での酸素摂取量 ($\text{VO}_{2@75\%HR\text{max}}$). 体育の科学, 43(5), 377-383.

Sharkey B. J, 佐藤捷 (1990) : 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.

山地啓司 (2001) : 改訂 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院.

藤田善也・石毛勇介・吉岡伸輔・竹田正樹 (2014) : クロスカントリースキー競技における競技パフォーマンスとサイクル特性との関係 -- 男子10km クラシカル競技種目を対象として --. 体育学研究, 59(1), 275-282.