

大学生スキー選手の体力特性について

Physical Characteristics of University Alpine skiers

竹 田 唯 史 漆 山 裕 章* 牧 原 統**
Tadashi TAKEDA Hiroaki URUSHIYAMA Minoru MAKIHARA

I 目 的

スポーツ競技の結果は、技術・体力・心理的競技能力が一体となって決定され、いずれかの要因が不足しても良い結果を出すことができない。

特に体力に関しては競技成績の向上を目指すにあたり最も基礎的な要素であり、山田⁷⁾⁸⁾や、Haymes と Dickinson²⁾らが、アルペンスキー選手の競技成績と膝関節伸展筋力に相関関係が見られることを指摘しているとおり、体力は直接競技成績を左右するものである。すなわち、競技における体力の優位性は、より良い成績につながる可能性を大きく拡大するものといえることができる。

このような前提でスキー競技を考えた場合、これまでに、ナショナルチームなどのトップチームに所属する選手の体力特性に関する報告³⁾⁴⁾⁹⁾は多数なされているが、大学生競技スキー選手の体力特性に関する報告⁸⁾は少なく、学生レベルでより良い成績を残すためには、どの程度の体力が必要となるかは明らかではない。

そこで、本研究では全国大学1部校であり、北海道で最も競技成績の良いA大学のスキー部の体力特性を明らかにし、1部で活躍するための体力の1つの指標を示すことを目的とする。加えて、継続的な体力改善のトレーニングを行った場合の体力特性の変化をもとに、大学生レベルにおける適正なトレーニング強度を示す。

II 方 法

1. 被験者

被験者はA大学のスキー部に所属する大学生18名(男子3名、女子15名)、年齢 18.56 ± 0.70 歳であった。A大学のスキー部は、アルペンスキー部、クロスカントリースキー部、基礎スキー部の3部から構成されており、アルペンスキー部、基礎スキー部にはそれぞれ男子部員、女子部員が所属し、クロスカントリースキー部には女子部員のみである。A大学の各スキー部の人数および各被験者の特性は、表1に示した。

* 北海道ハイテクノロジー専門学校

** 北海道浅井学園大学短期大学部非常勤講師

表1 被験者の特性

	人数	年齢	身長	体重
女子アルペンスキー部	2	18.50±0.71	156.8±3.9	49.6±4.3
男子アルペンスキー部	2	18.00±0	171.6±9.3	70.9±10.8
女子クロスカントリースキー部	3	19.33±0.58	157.3±0.6	58.1±5.1
女子基礎スキー部	10	18.45±0.69	159.3±3.3	50.9±5.0
男子基礎スキー部	1	18.00±0	163.3±0	56.90±0
合 計	18	18.56±0.70	160.4±6.5	55.8±9.3

2. 体力測定

被験者には、2000年6月と11月、2001年5月と11月の年2回、体力測定を実施した。体力測定は、体脂肪率、最大酸素摂取量、膝関節伸展筋力、最大無酸素パワー、乳酸性パワーの5項目とし、以下の方法で実施した。

(1) 体脂肪率

体脂肪率の測定には、キャリパー法を用いた。皮下脂肪厚の測定は、上腕背部と肩甲骨下部の2箇所とし、2箇所の皮下脂肪厚の合計から身体密度を算出した。得られた身体密度から Brozek et al.¹⁾の推定式により体脂肪率を算出した。

(2) 最大酸素摂取量

最大酸素摂取量の測定は、被験者にトレッドミル上でオールアウトまでランニングを行ってもらい、運動中の呼気と呼気ガス分析器 (Sencer Medic 社製, MMC-4400) を用い、マウスピースから直接分析器に取り込み Breath by Breath で酸素摂取量を測定した。

ランニングのプロトコルには、漸増負荷方式である Brouha Protocol の各ステージの走時間を2分に短縮したものを採用し、およそ男子で10分程度、女子で8分程度でオールアウトに達するようにした。

(3) 膝関節伸展筋力

膝関節伸展筋力は、等速性筋力測定器 (Biodex) を用い、被験者を測定用の椅子に座らせた状態でアームを下腿に取り付け、最大努力で膝関節の伸展、屈曲を行わせた。試行は、180度/秒で2回の伸展屈曲を2セット、60度/秒で2回の伸展屈曲を4セット、合計6セットとし、60度/秒での試行の最高値 (Nm) を測定値として採用した。得られた測定値は被験者の体重で除して標準化した。

(4) 最大無酸素パワー

最大無酸素パワーの測定は、Power Max V (コンビ社製) を使用し、異なる3段階の負荷で7秒間のペダリングを最大努力で行わせた。3回の試行の間には、120秒の休憩をもうけた。パワーは最大値 (watt) で求め、3回の試行の最大値 (watt) より最小2乗法と1次回帰式を用い⁶⁾最大パワーを推定し、得られた最大値を被験者の体重で除して標準化した。

(5) 乳酸性パワー

乳酸性パワーの測定には、Power Max V (コンビ社製) を使用し、体重の7.5%の負荷で40秒間のペダリングを最大努力で行わせた。パワーは40秒間の平均値(watt)で求め、平均値(watt)を被験者の体重で除して標準化した。

3. レジスタンストレーニング

被験者には体力測定の結果をもとに、週2回のレジスタンストレーニングを行わせた。レジスタンストレーニングは、①有酸素性パワーの向上、②非乳酸性パワーの向上、③乳酸性パワーの向上の3つのカテゴリーで構成し、1回の練習でそれぞれの能力が改善される要素を組み込みメニューを作成し、実施させた。それぞれの要素のトレーニング内容は以下の通りである。

(1) 有酸素性パワーの向上

有酸素性パワーを向上させるために、毎回の練習の始めに20分間の一定強度でのランニング、または、エアロバイクのペダリングを行わせた。ランニングおよびエアロバイクの運動強度は、およそ心拍数140拍/分～150拍/分とし、ランニングでは初回にハートレートモニターを装着し、140拍/分～150拍/分での各個人の走速度や運動強度を体感させ、2回目からはハートレートモニターを装着せずにランニングを行わせた。エアロバイクでは、初回に付属のイヤースエンサーを装着し、60rpm でペダリングした場合に140拍/分～150拍/分になる強度(watt)を測定し、2回目からはイヤースエンサーを装着せずに同強度でペダリングを行わせた。

(2) 非乳酸性パワーの向上

非乳酸性パワーを向上させるために、ウェイトトレーニングおよび自転車ペダリングを行わせた。

ウェイトトレーニングでは筋肥大を目的とし、エクササイズマシーントレーニングとフリーウェイトトレーニングを併用した。トレーニング開始時期である5月にエクササイズマシーンにより最大挙上重量を測定し、最大挙上重量に対する割合から強度と回数を設定した。強度と回数は、RM 換算表より90%×4回、70%×12回、50%×20回、30%×25～30回の4段階を設け、強度の低いものから高いものへ被験者のトレーニングの進行状況に即してセット数を考慮し、順次行わせた。エクササイズマシーントレーニングは、クロスカントリー部以外の全ての学生を対象とした。

一方、フリーウェイトに関しては、ウェイトトレーニング経験のあるアルペンスキー部の男女学生のみを対象とした。フリーウェイトにおいても同様に最大挙上重量を測定し、70%×12回×3セットの強度を毎回行わせた。

また、ウェイトトレーニングによる筋肥大と平行して、自転車ペダリングによるパワー向上のトレーニングも行わせた。トレーニング機器はPower Max V (コンビ社製) を使用し、ある一定の負荷での全力ペダリング10秒間を40秒の休憩をはさんで5セット繰り返した。負荷は、1.0kp を下限とし毎回1.0kp ずつ増大させ、10.0kp を上限としてトレーニングのたびに異なる強度を行わせた。

(3) 乳酸性パワーの向上

乳酸性パワーの向上には、Power Max V (Combi 社製) を使用し、一定の負荷での120秒の自転車ペダリングを1回行わせた。負荷は、体重の7.5%とし、ペダリング開始から終了まで100rpm を下回らないように指示した。

なお、1日の練習メニューを図1に例として示した。

図1 1日の練習メニューの例

練習日	2001年9月18日	練習時間	16:30~18:30
1. 有酸素性パワー (基礎スキー部, アルペンスキー部: 共通必修)			
①ランニング or エアロバイク			
<input type="checkbox"/> HR140~150beat/min×20分			
2. 非乳酸性パワー			
①マシーン・ウェイトトレーニング (基礎スキー部, アルペンスキー部: 共通必修)			
■ 下肢			
<input type="checkbox"/> レッグプレス	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> レッグエクステンション	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> レッグカール	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> アダクター	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> カーフレイズ	・70%×12回×3セット		
■ 体幹			
<input type="checkbox"/> ベンチプレス	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> ラットプルダウン	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> クランチャー	・30回×3セット		
<input type="checkbox"/> バックエクステンション	・30回×3セット		
②フリー・ウェイトトレーニング (アルペンスキー部: 必修)			
<input type="checkbox"/> スクワット	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> フロントランジ	・70%×12回×3セット		
<input type="checkbox"/> カーフレイズ	・70%×12回×3セット		
③自転車エルゴメータートレーニング (基礎スキー部: 週1回, アルペンスキー部: 必修)			
<input type="checkbox"/> ハイパワートレーニング			
・3.0kp×1セット			
3. 乳酸性パワー (基礎スキー部: 週1回, アルペンスキー部: 必修)			
③自転車エルゴメータートレーニング			
<input type="checkbox"/> 100rpmペダリング			
・(体重×0.075) _____ kp×120秒×1セット			

4. 統計処理

体力測定の結果は、女子アルペンスキー部、男子アルペンスキー部、女子クロスカントリースキー部、女子基礎スキー部、男子基礎スキー部の所属部ごと、また、2000年6月および11月、2001年5月および11月の実施年月ごとに、平均値と標準偏差を算出した。

次に、各所属部ごとで同一年度内に行った2回の測定の平均値の有意差を検定し、5%を有意水準とした。また、所属部員が4名を下回る部は、平均値、標準偏差に十分な統計的意味がないため、平均値の有意差検定は行わなかった。

III 結 果

表2～表6にA大学スキー部の体力測定の結果を示した。

唯一平均値の有意差検定が行えた女子基礎スキー部では、2000年度の体脂肪率($p=0.0451$)と最大酸素摂取量($p=0.0345$)のそれぞれの平均値間に有意な差が認められた。また、2001年度の体脂肪率、脚筋力左、脚筋力右、最大酸素摂取量のそれぞれの平均値は上昇したが有意な差は認められなかった。

女子アルペンスキー部($n=2$)、男子アルペンスキー部($n=2$)、女子クロスカントリー部($n=3$)、男子基礎スキー部($n=1$)、については平均値の有意差検定は行わなかった。

表2 A大学女子アルペンスキー部の体力測定結果

	体脂肪率 (%)	脚筋力・右 (Nm/kg)	脚筋力・左 (Nm/kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	ミドルパワー (watt/kg)	ハイパワー (watt/kg)
00/6	17.55±0.35	3.65±0.62	3.51±0.57	48.00±2.25	7.19±0.23	13.52±0.74
00/11	14.20±0.99	3.63±0.86	3.52±0.46	42.85±9.55	7.50±0.86	14.06±2.74
01/5	17.30	2.80	2.67	43.70	7.15	13.78
01/11	17.10	3.04	3.09	45.00	6.89	12.71

表3 A大学男子アルペンスキー部の体力測定結果

	体脂肪率 (%)	脚筋力・右 (Nm/kg)	脚筋力・左 (Nm/kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	ミドルパワー (watt/kg)	ハイパワー (watt/kg)
00/6	16.60±3.54	3.37±0.18	3.73±0.18	53.55±1.77	8.46±0.28	16.19±1.04
00/11	15.40±2.83	3.70±0.04	3.82±0.27	51.55±3.18	8.64±0.65	17.19±1.15
01/5	14.10	3.50	3.60	48.90	8.07	14.69
01/11	11.00	3.70	3.86	52.90	8.24	17.74

表4 A大学女子クロスカントリースキー部の体力測定結果

	体脂肪率 (%)	脚筋力・右 (Nm/kg)	脚筋力・左 (Nm/kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	ミドルパワー (watt/kg)	ハイパワー (watt/kg)
00/6	21.67±4.12	2.53±0.29	2.70±0.21	48.07±2.94	7.24±0.37	11.56±0.91
00/11	18.25±4.45	2.33±0.11	2.39±0.13	51.00±0.14	7.22±0.71	11.70±1.22

表5 A大学女子基礎スキー部の体力測定結果

	体脂肪率 (%)	脚筋力・右 (Nm/kg)	脚筋力・左 (Nm/kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	ミドルパワー (watt/kg)	ハイパワー (watt/kg)
00/6	21.12±5.76	2.51±0.15	2.61±0.20	43.43±4.07	6.69±0.83	11.97±0.86
00/11	19.42±5.70	2.46±0.28	2.78±0.40	38.35±5.70	6.31±1.00	11.27±1.04
01/5	19.87±4.57	2.65±0.62	2.76±0.49	40.29±3.43	6.64±0.33	10.94±0.49
01/11	18.40±3.47	2.75±0.34	2.86±0.52	42.88±3.76	6.65±0.69	10.94±0.37

* $p<0.05$

表 6 A 大学男子基礎スキー部の体力測定結果

	体脂肪率 (%)	脚筋力・右 (Nm/kg)	脚筋力・左 (Nm/kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	ミドルパワー (watt/kg)	ハイパワー (watt/kg)
00/ 6	12.50	2.75	2.84	54.00	7.96	14.51
00/11	11.10	3.54	3.31	50.90	8.06	14.89
01/ 5	10.50	3.66	3.37	54.80	8.56	15.41
01/11	7.70	3.69	3.65	56.20	9.23	18.75

IV 考 察

1. A 大学女子アルペンスキー部の体力特性について

全国1部校である A 大学の女子アルペンスキー部の体力特性としては、被験者数が多い年度であったこと、初回の体力測定後にレジスタンストレーニングを行った成果が反映されたことなどを考慮し、2000年11月（第2回目にあたる）の体力測定結果をもとに考察を行った。山根ら¹⁰⁾は、高校生から成人の女子アルペンスキー選手（都道府県強化指定選手および全日本強化指定選手）らの体力測定を行い、高校生の各学年と成人女子の体力測定結果を報告している。それによれば、成人女子選手の平均値は、体脂肪率 21.2 ± 2.4 、最大無酸素パワー 12.8 ± 1.6 、乳酸性パワー 7.79 ± 0.58 、最大酸素摂取量 46.6 ± 4.2 、脚伸展筋力 3.05 ± 0.33 であった。

この測定結果を A 大学と比較すると、体脂肪率、脚筋力右、脚筋力左、最大無酸素パワーにおいては、A 大学の測定結果が上回っているが、最大酸素摂取量と乳酸性パワーの値においては下回っており、エネルギー供給機構でいえば非乳酸性機構の関与する項目についての測定結果が高く、乳酸性機構および有酸素性機構の関与する項目については低い結果となっていた。これまでに、無酸素的パワー発揮が高い選手は競技レベルが高いことが報告されていることから、都道府県強化指定選手および全日本強化指定選手の測定結果と比較しても無酸素性パワー発揮に優れる A 大学の選手は、高い競技レベルを有する条件を備えているということができ、このような体力特性が全国1部に属している体力的優位性としてはたらいえていると考えられる。しかし、乳酸性パワーおよび最大酸素摂取量といった有酸素性機構に属する体力測定結果が都道府県強化指定選手および全日本強化指定選手の測定結果と比較して低いことは、60秒から90秒にわたり高強度の持続的な筋力発揮を要求されるアルペンスキーの競技特性に対応するのにまだ十分な体力特性を備えていないといえる。A 大学の体力特性を全国レベルにおいて優位性を持たせるためには、これら、有酸素性パワーの向上が不可欠になると考えられる。

また、山根らは、都道府県強化指定選手および全日本強化指定選手の測定結果をもとに、女子アルペンスキー選手の体脂肪率と体力の評価の基準を、A～E の5段階で示している。その基準をもとに A 大学のアルペンスキー部を評価すると、体脂肪率 A、最大無酸素パワー B、乳酸性パワー C、最大酸素摂取量 D、脚伸展筋力左右 A、であり、やはり、最大無酸素パワー、脚

伸展筋力左右の評価が高く、乳酸性パワー、最大酸素摂取量の評価が低い結果となった。

以上の結果より A 大学の女子アルペンスキー部の体力特性は、無酸素性パワー（非乳酸性パワー）の発揮能力では全国的にも高いレベルを有するが、乳酸性パワーと有酸素性パワーでは平均または平均以下であり、無酸素性パワー優位の体力特性といえることができる。

2. 継続的なレジスタンストレーニングによる体力の変化

継続的なレジスタンストレーニングにより体力の改善が見られた項目は、女子アルペンスキー部では体脂肪率（2000年，2001年），脚筋力右（2001年），脚筋力左（2000年，2001年），最大酸素摂取量（2001年），ミドルパワー（2000年），ハイパワー（2000年），男子アルペンスキー部では，2000年の最大酸素摂取量を除くすべての項目，クロスカントリースキー部では，体脂肪率，最大酸素摂取量，ハイパワー，男子基礎スキー部では，2000年の最大酸素摂取量を除くすべての項目，女子基礎スキー部では，2001年のすべての項目と2000年の体脂肪率，脚筋力左であった。

特に，ウェイトトレーニングを行わなかったクロスカントリースキー部を除くすべての部において脚筋力で改善がみられたことは，ウェイトトレーニングの効果により無酸素性のパワー発揮能力が改善されたものと考えられる。

一方，最大酸素摂取量においては，女子アルペンスキー部（2000年），男子アルペンスキー部（2000年），男子基礎スキー部（2000年），女子基礎スキー部（2000年）で低下しており，特に，女子基礎スキー部（2000年）では，平均値で5.08の有意な低下がみられた。小林ら³⁾にはナショナルチームに所属する男子ジュニアアルペンスキー選手の縦断的なパワー発揮特性の検討の結果，非乳酸性パワーの年間増加率が最も高く，有酸素パワーの年間増加率は最も低かったことを報告しており，無酸素性パワーのトレーナビリティに対して有酸素性パワーのトレーナビリティが低いことを指摘している。また，本研究のレジスタンストレーニングにおいて，ウェイトトレーニングの強度はウェイトという目に見える指標で行われたが，有酸素性の運動強度についてはハートレートモニターなどの機器を使用しておらず強度が目に見えにくく，トレーニング中の強度管理が十分には行き届いていたとは言い難い。したがって，2000年11月の体力測定において多くの部に見られた最大酸素摂取量の低下は，強度の低い有酸素運動により有酸素パワーの十分な改善が行われないうまま，トレーナビリティの高い無酸素性パワーが改善されたためと考えられる。2001年では以上の結果の反省をふまえ，心拍数による有酸素運動の強度管理を徹底したところ改善がみられたことは，トレーナビリティの低い有酸素性運動の強度管理の重要性を示唆していると考えられる。

また，今回のレジスタンストレーニングでは，女子基礎スキー部において脱落するものが数名現れた。これは，大学入学以前にレジスタンストレーニングの経験が少なく，指定された運動強度でのトレーニングが困難であったためであると考えられる。この反省をふまえ，2001年では，女子基礎スキー部の運動強度を，有酸素運動と同様に，レジスタンストレーニングの強度を最大挙上重量の70%を上限に，下限を30%まで引き下げ個人の体力レベルに応じた処方を

行ったところ、脱落者が発生せず、体力測定の平均値でも体力の改善がみられた。以上より A 大学のように複数の部が合同でトレーニングを行う場合は、強度に関して一律に処方するのではなく個人の体力レベルに応じた処方が必要であると思われる。大学生活は高校生活と比較して自己管理責任の比率が増加することから、動機づけを考慮したトレーニング管理で脱落者を出さない工夫も必要とされることが考えられる。

V ま と め

本研究では、A 大学のスキー部の体力測定を行い、全国 1 部に所属する女子アルペンスキー部の体力特性を明らかにするとともに、継続的なレジスタンストレーニングの結果をもとに、大学生スキー競技で体力的に優位性を獲得するためのトレーニング強度を示すことを目的にした。結果は次の通りであった。

- ① A 大学女子アルペンスキー部の体力特性は、全国的に見ても高い無酸素性パワーを有するものであったが、乳酸性パワーと有酸素性パワーは平均または平均以下であった。
- ② 本研究で用いたレジスタンストレーニングの強度は、特に無酸素性パワーの改善に有効であった。
- ③ 本研究におけるレジスタンストレーニングにおいて、有酸素パワーの改善には運動強度の管理の必要性が示唆された。
- ④ 脱落者を未然に防ぐため、体力測定の結果を参考に個人の体力に見合ったトレーニング強度の設定の必要性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) Brozek, J. et. al. : Densitometric analysis of body composition ; Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110 : pp. 113-140, 1963.
- 2) Haymes EM, and Dickinson AL : Characteristics of elite male and female ski racers, Med. Sci. Sports Exerc. 12 (3) : pp. 153-158, 1980.
- 3) 小林規ほか：ジュニア・アルペン・スキー選手のパワー発揮特性, 日本スキー学会誌, vol. 1, pp. 175-189, 1991.
- 4) 小林規ほか：アルペンナショナルチーム男子選手のパワー発揮特性に関する縦断的研究, スポーツ医・科学, 5 (2) : pp. 25-30, 1991.
- 5) 小林規ほか：クロスカントリースキー選手の高所トレーニング中のコンディション, 日本スキー学会誌, vol. 2, pp. 174-185, 1992.
- 6) 中村好男ほか：最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法, jap. j. sports sci., 3, pp. 834-839, 1984.
- 7) 山田保：アルペンスキー選手の脚の筋出力パワー, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, pp. 356-360, 1983.

- 8) 山田保ほか：男子大学アルペンスキー選手の競技力の検討,日本体育大学紀要,15(1)：pp.7-12,1985.
- 9) 山根真紀ほか：女子アルペンスキー選手の身体組成と動的筋力,日本スキー学会誌,vol.3, pp.50-56,1993.
- 10) 山根真紀ほか：女子ジュニアアルペンスキー選手の体力特性と体力評価,日本スキー学会誌,vol.7, pp.148-154,1997.