

一流 アルペン・スキー選手の体力

山田 保*・安部 孝**・堀居 昭**

(昭和 58 年 12 月 1 日受付)

Physical Fitness of Japanese Elite Male Alpine Ski Racers

By Tamotsu YAMADA, Takashi ABE and Akira HORII

The 14th Winter Olympiad will be held at Sarajevo in February, 1984. Accordingly, it would be of much concern to clarify the state of physical fitness of Japanese elite male alpine ski racers.

Four members of the Olympic candidates of male alpine ski racer were taken as subjects in this study.

Items examined were lean body mass, maximal oxygen uptake, maximal muscle strength, isokinetic knee extension strength by a Cybex II dynamometer and endurance were measured. Isokinetic knee extension strength was measured at six rates of contraction, 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec, 180°/sec, 240°/sec, 360°/sec, and endurance by the decline of the strength at 180°/sec.

It is well known that the alpine ski racers have greater strength and power. In present study, static (isometric) muscle strength, arm strength, leg strength, back strength, and maximal oxygen uptake showed remarkable increases against values found over last ten years. Isokinetic knee extension strength at 180°/sec was significantly lower than the U.S. alpine ski team. In addition, subject T.K. was excellent at high contraction rates than other subjects, while in contrast with this subject, O.K. and A.S. were excellent at slow rates of contractions. We consider that T.K. has a larger percentage of FT fibers.

1. はじめに

スキー競技はノルディック種目(距離・ジャンプ・複合)とアルペン種目(滑降・回転・大回転)に分かれている。実用のスキーから競技スキーへと発展したノルディック種目は 1924 年にフランスのシャモニーで開催された第 1 回冬季オリンピック大会から競技スキーとして国際舞台に登場している。北欧を中心に生活に密着して発展してきたノルディック種目の歴史は深く、生理学的見地からの研究も多い^{2),4)}。

一方、オーストリアで行なわれるようになったアルペン・スキー競技がオリンピック大会において採用されたのは、1936 年のドイツのガルミッシュ・パルテンキルヘンにおける第 4 回冬季オリンピック大会からである。国際競技としてのアルペン・スキーの歴史は 50 年と浅いものである。

アルペン・スキー競技に関する生理学的研究は 1969

年 Agnevik¹⁾ らによって始めて実施された。スウェーデン・ナショナルチームを対象としたこの研究では、選手の身体的特性を知るための Laboratory test と競技中の生体変化を見るための Field test とが行なわれた。それによると、アルペン・スキー競技においては極めて高い筋力と有酸素的及び無酸素的作業能力が要求されることが示唆された。近年になり Haymes と Dickinson⁶⁾ は、一流アルペン・スキー選手は脚筋力や有酸素的作業能力に優れ、しかも FIS ポイント(国際スキー連盟のランキング)に優れている選手ほど 1 分以内の短時間に発揮することができる出力パワーが大きいと報告している。

日本のアルペン・スキー選手で最も輝かしい戦績を残しているのは、1957 年の第 7 回コルチナ・ダンペッツオ冬季オリンピック大会において回転競技で 2 位に賞入賞した猪谷千春選手である。しかし、当時の体力に関する

* スポーツトレーニングセンター

** トレーニング研究室

記録は残念ながら皆無である。日本のアルペン・スキー選手の体力に関する資料が科学的データとしてまとめられたのは、1972年札幌で開催された第11回冬季オリンピック大会の際の猪飼⁷⁾の報告が初めてであろう。これは単に選手の筋力や運動能力を明らかにするだけでなく、選手の滑走姿勢を分析し個人的特徴についても検討しており、生理学的見地からの総合的な研究報告である。

現在、国際的競技会において日本のアルペン・スキー選手のレベルは世界水準に近づいてきている。1984年2月にユーゴスラビアのサラエボにおいて第14回冬季オリンピック大会が開催されるが、これに向けてトレーニングを積み重ねているこの時期に日本の一流アルペン・スキー選手の身体的特性を明らかにしておく事は興味あることと言える。本研究は世界的レベルに近づいてきている日本のアルペン・スキー選手を対象に、身体的特性、血液性状、筋出力パワーについて検討した。

2. 方法

対象: 全日本アルペン・スキーチームに所属し、第14回サラエボ冬季オリンピック大会候補選手に指定された T.K, O.K, A.S, N.I の4選手を対象とした。

測定方法: 体脂肪量は皮下脂肪厚から Nagamine らの式¹³⁾により身体密度を求め、Brozek らの式³⁾を用いて %Fat を求め、得られた %Fat と体重から算出した。さらに、体重から体脂肪量を減じて除脂肪体重 (LBM) とした。

血液性状は赤血球数 (RBC)・白血球数 (WBC)・血色素量 (Hb)・血球容積 (Ht)・総蛋白 (Total protein)・血糖 (Blood sugar)・乳酸 (Lactic acid)・尿酸 (Uric acid)・GOT・GPT・クレアチニン (Creatinine)・成長ホルモン (Growth hormone)・テストステロン (Testosterone) を測定した。採血は12時間絶食後、早朝に実施した。

最大酸素摂取量の測定は Douglas bag 法を用い、トレッドミルでのスピード漸増法で行なった。呼吸ガス濃度は三栄測器製呼吸ガス分析装置 1H21 型にて分析した。

筋力は背筋力・握力・腕屈筋力・脚伸筋力を測定した。腕屈筋力は座位にて肘関節を 90° に屈曲した状態で、脚伸筋力は膝関節を同じく 90° にした状態で、いずれもスプリング式の背筋力計を用い、アイソメトリックな状態で最大筋力を測定した。

筋出力パワーは等速性運動負荷機としての Lumex 社

製 Cybex II を用い、座位にて膝関節を 80° に屈曲した状態から膝伸展を最大努力で測定を行なった。測定に用いた速度は、30, 60, 120, 180, 240, 360°/sec の6種類である。また 180°/sec においては、最大努力で連続 50 回の膝伸展を行なわせ、筋出力の変化を測定した。被検者には全てのテストにおいて、膝伸展後は可能なかぎり速やかに屈曲動作に移るよう指示をした。

3. 結果と考察

1. 形態・身体組成

対象とした4名のアルペン・スキー選手の形態・身体組成の測定結果を表1に示した。身長・体重の平均値は 170.0 cm, 68.0 kg であった。持久性運動に関わりの深い %Fat は 12.1%, LBM は 59.8 kg であった。猪飼の報告にみられる札幌冬季オリンピック当時の選手の平均値は身長 169.4 cm, 体重 63.3 kg, %Fat 7.6%, LBM は 60.5 kg であり、%Fat に 1% 水準で有意な差がみられた。札幌冬季オリンピック当時の選手に比べ %Fat が多くなっているのは、測定方法の相違からだけではなく、後述するように筋力面に 10 年間で明らかなる向上がみられることから、金久ら⁸⁾が述べるように筋力の要素の強い運動種目のトレーニングにより筋量が増大し、それに伴い %Fat が増加したとも考えられる。Haymes らが調査対象としたアメリカ・ナショナルチーム 12 名のアルペン・スキー選手の平均値は、身長 177.8 cm, 体重 75.5 kg, %Fat 10.2%, LBM 67.7 kg であり、身長、体重、LBM に 5% 水準で有意な差がみられ、明らかに4名の日本選手が低い値であった。

2. 血液性状

4名の被検者の血液像は表2に示す通りである。血球成分についてみると、赤血球数では T.K 選手が $545 \times 10^4/\text{mm}^3$ で最も高い値を示したが、他の3名は $470 \times 10^4/\text{mm}^3$ 程度の低い値を示していた。赤血球内にあって酸素と直接結合し、酸素の運搬に重要な役割を持つ血色素量は4名が 14.5~15.3 g/dl の範囲にあった。

表1 被検者の身体的特性

Subj.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	%Fat (%)	LBM (kg)
T. K.	26	166.0	63.0	12.1	55.4
O. K.	26	164.5	65.0	11.4	57.6
A. S.	24	173.0	70.5	10.2	63.3
N. I.	22	176.5	73.5	14.6	62.8
Mean	24.5	170.0	68.0	12.1	59.8
S D	1.9	5.7	4.8	1.9	3.9

表 2 被検者の血液性状及び生化学的検査の結果

Subj.	T. K.	O. K.	A. S.	N. I.
TP (g/dl)	6.6	7.3	7.0	6.8
BS (mg/dl)	93	95	89	98
GOT (mu/ml)	24	34	22	31
GPT (mu/ml)	12	18	10	22
UA (mg/dl)	5.9	6.8	7.4	7.2
Hb (g/dl)	15.3	15.0	14.5	14.5
RBC ($10^4/mm^3$)	545	475	475	470
WBC ($10^3/mm^3$)	60	46	47	37
Ht (%)	43.5	44.5	41.0	42.5
Cr (mg/ml)	1.0	1.5	1.1	1.2
LA (mg/dl)	7.2	7.5	6.8	5.2
Testosterone (ug/l)	7.2	6.6	9.8	9.1
GH (ng/ml)	1	2	17	9

表 3 被検者の最大酸素摂取量

Subj.	$V_{O_2max}(l/min)$	$V_{O_2max}/wt (ml/kg\cdot min)$
T. K.	3.88	62.6
O. K.	3.58	55.1
A. S.	4.55	65.2
N. I.	4.24	58.5
Mean	4.06	60.4
S D	0.42	4.5

総蛋白や血糖, 乳酸, 尿酸, GOT, GPT, クレアチニンにおいても4名がそれぞれ正常範囲内にあった。ホルモン系として成長ホルモンと筋力に関係の深いテストステロンを測定したが, テストステロンにおいては4名の間にほとんど差は認められなかった。しかし, 成長ホルモンでは T.K, O.K 選手に比べ年令的に若い A.S, N.I 選手が高い値を示していた。

3. 最大酸素摂取量

表3に4名の被検者の最大酸素摂取量の測定結果を示した。4名の最大酸素摂取量の平均値は4.06 l/min, 体重1 kg 当りでは60.4 ml/kg·min であった。これは札幌冬季オリンピック当時の選手の平均値3.58 l/min 及び53.6 ml/kg·min を上回り, いずれも5%水準で有意な差が認められた。この値は, 他の日本人一流選手の体重1 kg 当りの最大酸素摂取量と比較すると, 陸上競技の400 m ランナーやボクシング, レスリングの軽・中量級選手とはほぼ同程度の値であった¹¹⁾。

4. 筋力

猪飼の報告によれば, 札幌冬季オリンピック当時の世界のトップ・アルペン・スキー選手である K.S 選手(オーストリア)の腕力の左右平均値が35.0 kg である

表 4 被検者の等尺性筋力

Subj.	Back St. (kg)	Grip St. (kg)	Arm St. (kg)	Leg St. (kg)
T. K.	225.0	50.0	37.5	95.5
O. K.	235.0	57.0	35.5	105.0
A. S.	209.0	65.0	34.5	94.0
N. I.	198.0	57.5	30.5	93.0
Mean	217.0	57.4	34.5	96.9
S D	16.5	6.1	2.9	5.5

のに対し, 当時の日本選手の平均値は27.0 kg であり, 最高値は30.5 kg であった。また脚力では左右平均値が141.0 kg という大きな値を示したが, 当時の日本選手の平均値は86.0 kg であり, 明らかに筋力不足がうかがえた。

4名の被検者の筋力の測定結果は表4に示す通りである。腕力は34.5 kg, 脚力は96.9 kg であり, 札幌冬季オリンピック当時の日本選手の値との間に5%水準で有意な差がみられ, 4名の選手が明らかに大きな値であった。著者らが1979年富良野ワールドカップ大会の際に測定した世界のトップ・アルペン・スキー選手 A.S (オーストリア)の脚力の左右平均値は112.5 kg であり, 日本選手と外人選手との脚力差は小さくなってきている。全身の筋力の指標とされ, スキー競技においては滑降中の姿勢維持に関わりの深い背筋力の4名の被検者の平均値は217.0 kg であり, 札幌冬季オリンピック当時の選手の平均値159.0 kg を大きく上回り, 1%水準の有意な差がみられた。当時の日本選手の最高値が182.0 kg であったことを考えると, その増大が一層明らかである。

筋力面では, 日本のアルペン・スキー選手は10年間に明らかに向上している。同様な結果は酸素摂取能力の向上にもみられた。これらは, 筋力及び有酸素的作業能力に関する科学的トレーニングの必要性が選手, コーチに理解されてきたためであると推察される。

5. 筋出力パワー

アルペン・スキー競技においては強い筋力が必要であることはいうまでもない。アルペン・スキー競技はミドル・パワーの運動¹²⁾であり, 競技時間は30秒から1分30秒ほどであることから, そのエネルギーは非乳酸性機構と乳酸性機構から供給されるといえる。

運動様式の違いによって動員される筋線維の種類が異なることが知られている。Gollnick ら³⁾は, 等尺性収縮において出力レベルが高くなると速筋線維が動員され

ることを明らかにしている。著者¹⁴⁾が明らかにしたように、可倒式ボールの採用によってより高速化された現在のアルペン・スキー競技、特に回転競技では、スキーを押し出すための大きな動作はもはや見られず、従来以上に短時間により強くより鋭くエッジングすることが要求される。速筋線維である FG 線維および FOG 線維がより多く働かなければならないのである。

Cybox II を用いて測定した6種類の異なる速度におけるピーク・トルクを4名の被検者ごとにプロットしたものが図1である。高速度である 180°/sec や 240°/sec、

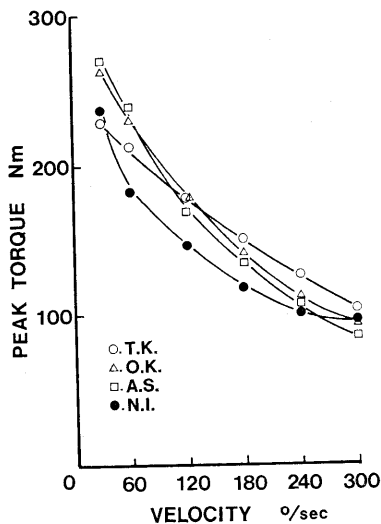


図1 各運動速度における筋出力の変化

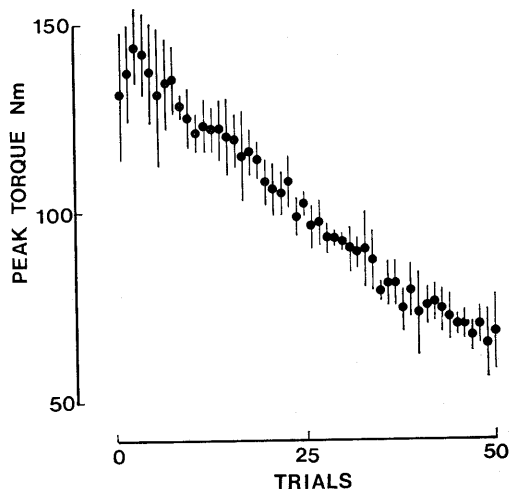


図2 180°/sec の運動速度で最大努力の脚伸展を50回連続して行なわせた際の筋出力の変化

表5 180°/sec の運動速度で最大努力の脚伸展を50回連続して行なわせた際の初期値(1~10回の平均値)、終末値(41~50回の平均値)及び筋出力の低下率

Subj.	Initial (Nm)	Final (Nm)	Decline (%)
T.K.	148.0	59.4	59.9
O.K.	131.2	68.8	47.6
A.S.	146.8	70.0	52.3
N.I.	126.2	72.8	42.3

$$\text{低下率} = \frac{\text{初期値} - \text{終末値}}{\text{初期値}} \times 100$$

表6 被検者の 30°/sec と 300°/sec の運動速度での筋出力

Subj.	30°/sec (Nm)	300°/sec (Nm)	$\frac{300^\circ/\text{sec}}{30^\circ/\text{sec}}$
T.K.	228.3	103.7	45.4
O.K.	261.9	94.4	36.0
A.S.	268.7	85.6	31.8
N.I.	236.6	95.9	40.5

360°/sec では T.K 選手が最も高い値を示したが、低速度である 30°/sec や 60°/sec では逆に O.K, A.S 選手が高い値を示した。図2は、疲労テストとして 180°/sec の速度で 50 回の連続膝伸展運動を実施した際にみられた筋出力の低下の様相を、4名の被検者の平均値で示したものである。また表5は、この疲労テストの際にみられた4名の被検者の初期値、終末値および低下率を示したものである。4名の被検者のうちで低下率の最も大きかったのは T.K 選手であり、急激な低下が認められなかったのは N.I 選手であったが、N.I 選手は筋出力が低い傾向にあった。表6にみられるように、300°/sec での筋出力と 30°/sec での筋出力の比が T.K 選手において最も高いことを考え合わせるならば、T.K 選手は速筋線維の割合が多いと考えられる。

図3は、6種類の速度における4名の被検者のピーク・トルクの平均値をプロットしたものである。Haymes らによるアメリカ・ナショナルチームについての測定においては、30°/sec と 180°/sec の速度が用いられており、30°/sec では 259.7 Nm、180°/sec では 167.6 Nm であった。本研究における4名の被検者の平均値は、30°/sec で 248.9 Nm、180°/sec では 136.1 Nm であり、180°/sec においてアメリカ選手との間に 5% 水準の有意な差がみられ、日本選手が明らかに低い

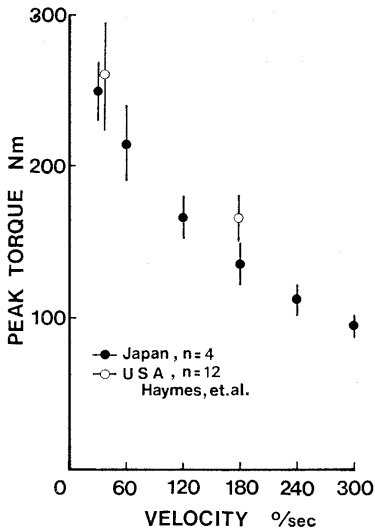


図3 日本チームの各運動速度における筋出力の平均値とアメリカチームの平均値との比較

値であった。180°/secでのトレーニングは、金久ら^{9),10)}が明らかにする様に、幅広い速度範囲にわたる筋出力を改善し、筋及び神経の適応が生じやすい効果的な速度である。日本のアルペン・スキー選手は10年間に、明らかに静的最大筋力において大きな向上をみたが、筋出力特性の面から検討すると、さらにトレーニングする必要がある。

4. まとめ

日本のトップ・アルペン・スキー選手4名を対象に、身体的特性を検討した結果以下の知見を得た。

- 1) 4名のトップ・アルペン・スキー選手の%Fatは、1972年の札幌冬季オリンピック当時の選手の値より大きく、有意な差がみられた。
- 2) 最大酸素摂取量は、札幌冬季オリンピック当時の選手の値を大幅に上回り、有意な差がみられた。
- 3) 腕力、脚力、背筋力も、同様に大幅に向上しており、3項目の全てに有意な差がみられた。
- 4) 180°/secにおける筋出力は、アメリカ・ナショナルチームの値より明らかに低く、有意な差がみられた。
- 5) T.K選手は高速度での筋力発揮に優れ、O.K,

A.S選手はT.K選手に比べ低速度で優れていた。

- 6) T.K選手は、速筋線維の割合が多いと考えられる。

参考文献

- 1) Åstrand, P.O. and K. Rodahl: Textbook of Work Physiology, 550-553, McGraw Hill, New York, 1970.
- 2) Bergh, U.: Physiology of Cross Country Ski Racing, Human Kinetics Publishers, Illinois, 1982.
- 3) Brozek, J., F. Grande, J.T. Anderson, and A. Keys: Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**: 113-140, 1963.
- 4) Christensen, E.H. and P. Hogberg: Physiology of Skiing, *Arbeitsphysiologie*, **14**: 292-303, 1950.
- 5) Gollnick, P.D., J. Karlsson, K. Piehl and B. Saltin: Selective Glycogen Depletion in Skeletal Muscle Fibres of Man Following Sustained Contractions, *J. Physiol. (Lond.)*, 59-67, 1974.
- 6) Haymes, E.M. and A.L. Dickinson: Characteristics of Elite Male and Female Ski Racers, *Med. Sci. Sports Exercise*, **12**: 153-158, 1980.
- 7) 猪飼道夫: 札幌オリンピックスポーツ科学研究報告, 157-180, 日本体育協会, 1972.
- 8) 金久博昭, 根本 勇, 角田直也, 福永哲夫: スピード・スケート選手の陸上トレーニングが身体組成, 大腿部組成および筋出力に与える影響, *J.J. Sports Sci.*, **2**(11): 905-911, 1983.
- 9) 金久博昭, 宮下充正: アイソキネティック・トレーニング-トレーニング速度とトレーニング効果-*J.J. Sports Sci.*, **1**(2): 147-151, 1982.
- 10) 金久博昭: 筋の出力特性とトレーニング, *J.J. Sports Sci.*, **2**(1): 23-34, 1983.
- 11) 松井秀治編: コーチのためのトレーニングの科学, 474, 大修館書店, 1981.
- 12) 宮下充正: トレーニングの科学, 35-67, 講談社, 1980.
- 13) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and Body Composition of Japanese Young Man and Woman, *Human Biol.*, **36**: 8-15, 1964.
- 14) 山田 保: 新型ポール使用時の回転技術, 体育の科学, **33**, (12): 890-894, 1983.