

ジュニアスキー選手の体力プロフィール①

—下肢動的筋力の特徴—

金子恭久¹⁾, 門間 博¹⁾, 鈴木茂廣²⁾,
安藤好郎¹⁾, 鷺見勝博¹⁾

Profile of Physical Fitness in
Japanese Junior Alpine Ski Racers

Yasuhisa Kaneko¹⁾, Hiroshi Kadoma¹⁾ Shigehiro Suzuki²⁾,
Yoshiro Ando¹⁾ and Katsuhiko Sumi¹⁾

ABSTRACT

Eighteen Japanese junior alpine ski racers were studied to evaluate the physical fitness parameters. Measurements of physical characteristics, isometric and isokinetic leg strength ($\text{Nm} \cdot \text{kg}^{-1}$) were made to younger group (YG: $n=9$, age of 13.6 ± 1.59) and older group (OG: $n=9$, age of 15.4 ± 2.01). The ratio of isometric muscle strength to that isokinetic muscle strength was calculated to demonstrate the superiority in contraction speed. OG was significantly higher in age and had more percent body fat than YG. OG had significantly more isokinetic knee extension strength than YG at 30 and 180 $\text{deg} \cdot \text{sec}^{-1}$. OG had significantly greater isokinetic knee flexion strength than YG at 30, 60 and 180 $\text{deg} \cdot \text{sec}^{-1}$. OG also had significantly more isometric and isokinetic hip extension strength than YG at 30, 60, 180 and 300 $\text{deg} \cdot \text{sec}^{-1}$. However, no significant differences in hip flexion strength were observed between two groups. OG had high isokinetic/isometric knee flexion strength ratio at slow rates of contraction (30 and 60 $\text{deg} \cdot \text{sec}^{-1}$). And both groups had

1) 中京大学教養部: Faculty of Liberal Arts, Chukyo University

2) 名城大学理工学部: Faculty of Science and Technology, Meijo University

high isokinetic/isometric hip extension and flexion ratio at slow rates of contraction (30 and 60 deg • sec⁻¹).

These results suggested that older group had more isokinetic knee and hip strength than younger group and that both groups produced high isokinetic leg strength at low contraction rates. These findings may reflect the performance of slow concentric leg actions specific to alpine skiing.

Key words: ISOMETRIC STRENGTH, ISOKINETIC STRENGTH, SKIING, JUNIOR ATHLETES.

1. 緒 言

近年の国際スポーツの発展は若年期からの一貫したトレーニングによる選手の養成に目が向けられている。こうした競技力の向上にとって、ジュニア期からのスポーツトレーニングのあり方はスポーツ競技全般において共通する課題である。これらの課題に対する科学的な検討は、日本体育協会スポーツ科学研究班によって若干の検討がおこなわれているが、その1つに基礎体力の重要性を指摘している⁷⁾。

アルペンスキー競技においても国際的な競技水準に到達することを目指して、将来のトップ選手の養成やより高い競技水準への強化が図られるようになってきている。しかし、その強化のあり方、ジュニア期のトレーニング内容について、質的な問題、量的な問題など山積された課題は多いものの科学的に十分な検討はなされてきていない。したがって、選手強化の現場ではこれまでの指導者の経験が先行しているのが現状である。つまり、ヒトの運動能力は幼児期における基礎的運動能力の習熟過程から、身体機能の発育発達の著しい少年少女期に至るまで、正常発達に応じた運動能力の向上を図らなければならない。すなわち、この時期のトレーニング内容が競技力の向上と身体発育に大きな影響を及ぼすと思われる。さらに、日頃の専門的なトレーニングに従事することでアルペンスキー競技特有の体力特性が現われてくると考えられる。ジュニア期におけるこうした特徴を検討することは今後の競技スキーの発展に関する基礎資料を提供する上でその意義は大きい。

アルペンスキー選手の体力に関するこれまでの報告では^(3,4,5,6,8,9,11,13,16,17), その殆どが, 国際的に活躍している選手のものやナショナルチームのものが多く, 呼吸循環諸変量や動的筋力などの検討が多い。しかし, ジュニア期のもものは散見されるにすぎない。

そこで, 本研究ではアルペンスキー競技活動をおこなう 11 歳～18 歳のジュニア期にある選手に対して等速性筋力の測定をおこない, その特徴について検討することを目的とした。

2. 対象および方法

1) 対 象

表 1. 被験者の身体的特徴

	年少グループ (n=9)	年長グループ (n=9)
年齢 (歳)	13.6±15.9	15.4±2.01*
競技経験年数 (年)	3.1±1.99	4.4±2.10
身長 (cm)	158.4±9.21	160.5±8.75
体重(kg)	48.0±9.65	52.5±7.08
BMI (kg/cm ²)	18.9±2.42	20.3±1.57
体脂肪率 (%)	14.1±2.76	17.6±3.91*
除脂肪体重 (kg)	41.2±7.88	43.3±6.18
ウェストヒップ比	0.75±0.04	0.76±0.04

*p<0.05: 年少グループ vs 年長グループ

愛知県スキー連盟加盟のジュニアスキークラブに所属し, アルペンスキーの競技会及び愛知県ジュニアスキー選手権大会等の競技会において上位入賞の経験を持つ男子 18 名を対象とした。これら対象者を内分泌ホルモン動態の変化に基づく Tanner, JM の分類⁽¹²⁾に従って 11 歳から 14 歳までを年少グループとし, 15 歳から 18 歳までを年長グループに分類した (表 1)。尚, シーズン中の雪上滑降トレーニング日数は 37.3 日であった。

2) 測定項目および測定方法

a) 形態測定

身長, 体重, 体脂肪率の測定を行い, 更にバイオインピーメーター (積

水社製)を用いてFFM, BMI及び除脂肪体重を算出した。肥満度の指標として胴囲と殿囲の計測を行い, ウエスト/ヒップ比を算出した。

b) 下肢筋力測定

等速性筋力測定装置Cybex IIを用いて両脚の膝関節と股関節の伸展及び屈曲時の筋力を測定した。

膝関節の測定は, 椅座位姿勢にてCybex IIのレバーアームの長さを下腿長と一致するように調節し, 足関節上部に固定した。また, 股関節の測定は, 仰臥位姿勢にて付属専用ベルトで固定し, Cybex IIのレバーアームの長さを大腿長と一致するように調節し, 膝関節上部に固定した。この姿勢で両関節の伸展及び屈曲における筋力の測定を行った。静的筋力は, 膝関節完全伸展位(180deg.)を, 股関節完全伸展位(180deg.)を0degとし, 30deg, 60deg.で速度を0deg./secにセットして3回ずつ行い, 発揮された最高値を用いた。

動的筋力は, 膝関節は90deg.から0deg., 股関節は0deg.から120deg.の範囲で伸展と屈曲を連続して行った。この時の測定速度は30deg./sec, 60deg./sec, 180deg./secとし, それぞれの速度において3回ずつの測定で発揮された最高値を用いた。更に300deg./secでの測定は30回の伸展, 屈曲を行った。

3) データ処理

膝関節と股関節の等尺性筋力と等速性筋力は体重当たりに換算した。これら測定値の統計的手法は, グループ毎の分散分析を行い, 年齢補正の必要がある場合には, 年少グループ及び年長グループの年齢の影響を考慮した共分散分析を用いた。年齢, 体脂肪率との相関分析にはPearsonの積率相関係数を用いた。統計学的有意水準は5%とした。

3. 結 果

形態の特徴を表1に示した。年長グループにおいて有意に高い値を示したのは年齢と体脂肪率であった($p < 0.05$)。その他の身長, 体重, FFM, BMI, 及びW/H比は差が認められなかった。

表 2. ジュニアスキー選手の膝関節等尺性及び等速性筋力 (伸展)

角速度 (deg/sec)	年少グループ (n=9)	年長グループ (n=9)	年齢を考慮した 共分散分析結果
0	3.1±0.48	3.3±0.54	—
30	2.7±0.38	3.0±0.27*	年少<年長*
60	2.4±0.40	2.7±0.39	—
180	1.5±0.25	1.8±0.24*	年少<年長*
300	1.1±0.19	1.3±0.17	—

単位: Nm/kg, **p<0.01, *p<0.05: 年少グループ vs 年長グループ

表 3. ジュニアスキー選手の膝関節等尺性及び等速性筋力 (屈曲)

角速度 (deg/sec)	年少グループ (n=9)	年長グループ (n=9)	年齢を考慮した 共分散分析結果
0	1.7±0.24	1.8±0.32	—
30	1.7±0.24	2.1±0.31**	年少<年長**
60	1.7±0.27	2.0±0.32	年少<年長*
180	1.3±0.23	1.6±0.33*	年少<年長*
300	1.0±0.20	1.1±0.16	—

単位: Nm/kg, **p<0.01, *p<0.05: 年少グループ vs 年長グループ

表 4. ジュニアスキー選手の股関節等尺性及び等速性筋力 (伸展)

角速度 (deg/sec)	年少グループ (n=9)	年長グループ (n=9)	年齢を考慮した 共分散分析結果
0	3.6±0.67	4.7±0.71**	年少<年長*
30	3.6±0.92	4.8±0.76**	年少<年長**
60	3.4±0.67	4.8±0.66***	年少<年長***
180	3.0±0.59	3.9±0.57**	年少<年長**
300	2.4±0.52	3.0±0.55*	年少<年長*

単位: Nm/kg, ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05: 年少グループ vs 年長グループ

表 5. ジュニアスキー選手の股関節等尺性及び等速性筋力 (屈曲)

角速度 (deg/sec)	年少グループ (n=9)	年長グループ (n=9)	年齢を考慮した 共分散分析結果
0	1.6±0.39	2.0±0.90	—
30	1.7±0.29	2.0±0.62	—
60	1.6±0.31	1.8±0.43	—
180	1.1±0.22	1.3±0.41	—
300	0.8±0.21	0.9±0.43	—

単位: Nm/kg

膝関節伸展時, 屈曲時の等尺性及び等速性筋力を表 2, 3 に示した。伸展では 30deg./sec ($p<0.05$) と 180deg./sec ($p<0.05$) で, また, 屈曲では 30deg./sec ($p<0.01$), 180deg./sec ($p<0.05$) でそれぞれ年長グループ

プで有意に高い値を示した。

股関節伸展時の等尺性及び等速性筋力を表 4 に、屈曲時の等尺性及び等速性筋力を表 5 に示した。伸展時の年長グループの値は年少グループと比較して全ての測定速度で有意差を示したが、屈曲時では両群間に顕著な差は認められなかった。

そこで、年齢及び体脂肪率がそれぞれの測定値に及ぼす影響を検証するために年齢及び体脂肪率と筋力関連指標との相関関係を検証した(表 6)。年齢と筋力関連指標の間には膝関節及び股関節の殆どが有意な相関係数を示したが、体脂肪率の間には有意な相関は認められなかった。このことから、等尺性及び等速性筋力の測定値への年齢による影響を補正した共分散分析をおこなった。それらの結果を表 2 から表 5 の右端のカラムに示した。膝関節伸展では補正前の傾向と同様であったが、屈曲では 60deg./sec ($p < 0.01$) に有意な値が追加された。股関節では、補正前の傾向と同様であった。

表 6. 年齢及び体脂肪率と筋力関連指標との相関

	角速度 (deg/sec)	年 齢	体脂肪率
膝伸展	0	0.591**	-0.069
	30	0.655**	0.270
	60	0.459	0.164
	180	0.497*	0.292
	300	0.292	0.374
膝屈曲	0	0.515*	0.110
	30	0.687**	0.197
	60	0.518*	0.088
	180	0.616**	0.266
	300	0.546*	0.332
股伸展	0	0.541*	0.309
	30	0.627**	0.337
	60	0.691**	0.409
	180	0.657**	0.374
	300	0.660**	0.274
股屈曲	0	0.408	0.196
	30	0.639**	0.103
	60	0.607**	0.226
	180	0.596**	0.247
	300	0.558*	0.219

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

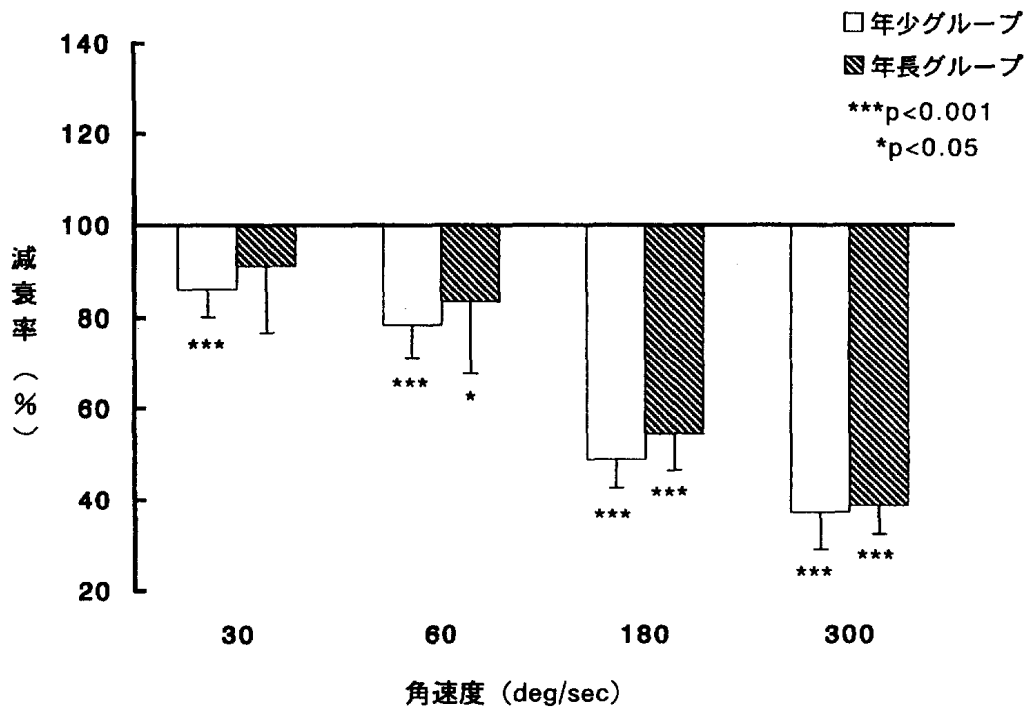


図1. 膝関節等速性伸展筋力の等尺性筋力に対する減衰率 (割合)

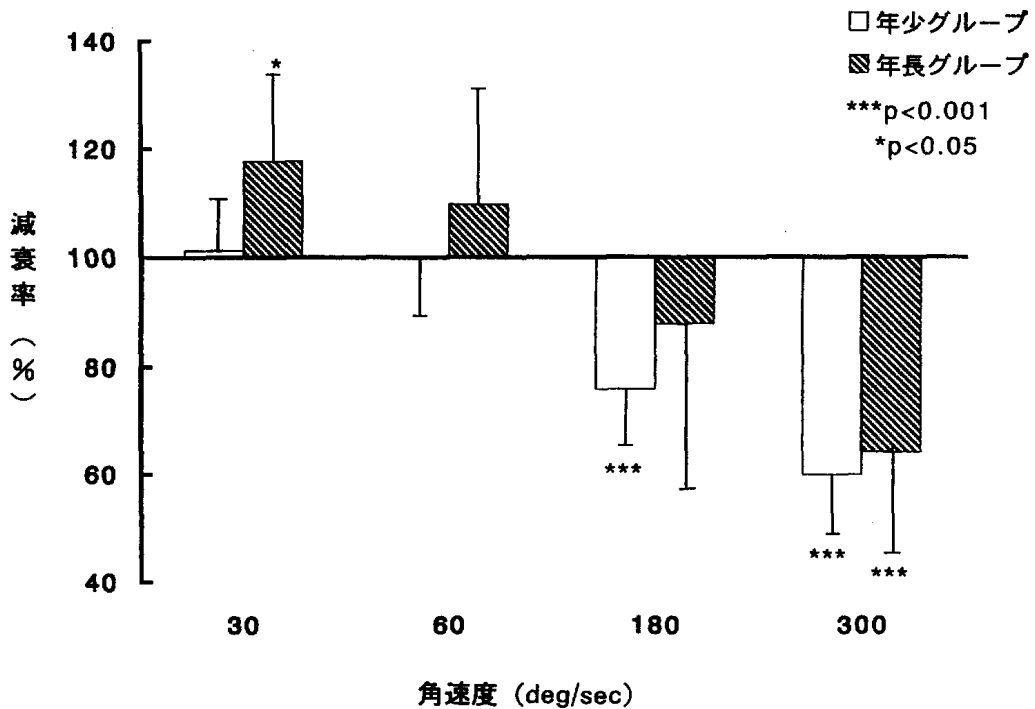


図2. 膝関節等速性屈曲筋力の等尺性筋力に対する減衰率 (割合)

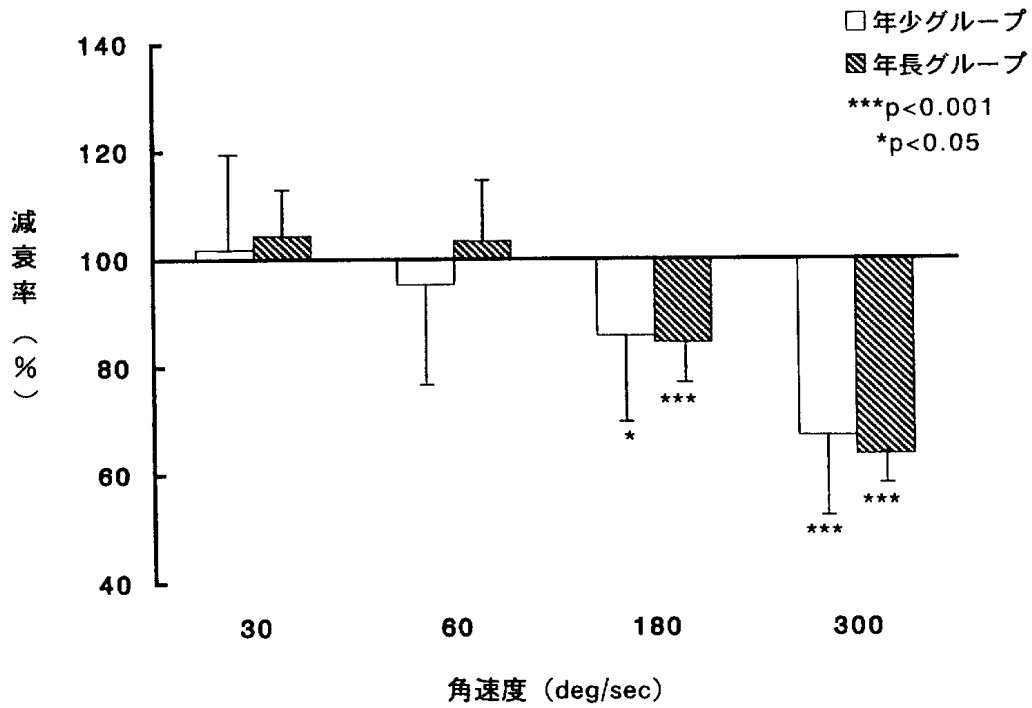


図 3. 股関節等速性伸展筋力の等尺性筋力に対する減衰率 (割合)

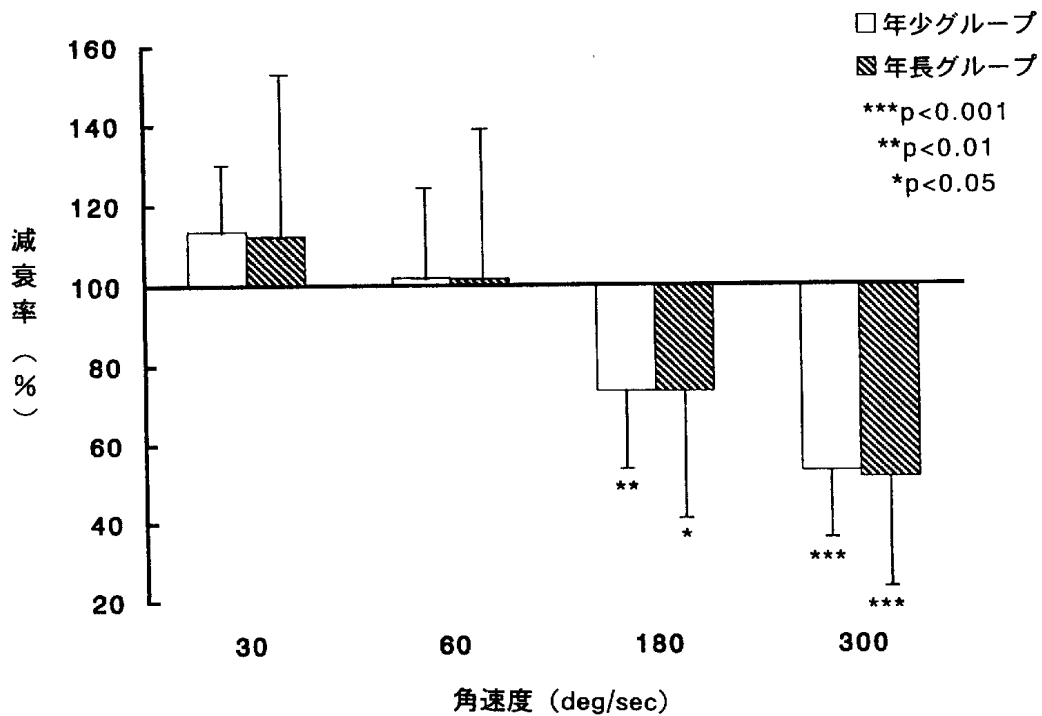


図 4. 股関節等速性屈曲筋力の等尺性筋力に対する減衰率 (割合)

膝関節と股関節の等尺性筋力を 100% とした時の各角速度の割合（減衰率）を図 1～4 に示した。膝関節の伸展時では角速度が増すにつれて両群とも有意に減少する傾向を示した（図 1）。こうした傾向に対して、屈曲時では年長グループの 30deg./sec で有意に上昇し（ $p < 0.05$ ），逆に有意な減少を示したのは 300deg./sec（ $p < 0.001$ ）であった。これに対して、年少グループでは 180deg./sec, 300deg./sec で有意の減少を示した（図 2）。

股関節の伸展をみると（図 3）年長グループの 180deg./sec, 300deg./sec で有意の減少を示した。また、30deg./sec, 60deg./sec では逆に有意差を示さないものの上昇していた。これに対して年少グループでは 60 deg./sec 以降減少傾向を示し、180deg./sec, 300deg./sec で 5 %水準以下で有意となった。屈曲時をみると（図 4）両群とも 30deg./sec, 60deg./sec で上昇傾向がみられ、180deg./sec, 300deg./sec では 5 %水準以下で有意な減少を示した。

4. 考 察

スポーツ競技全般において競技に従事する期間が長いほどそのスポーツ競技に適した筋力の形成がおこなわれる。従って、静的な状態で発揮される筋力等の特性よりも動きを伴った動的な状態でより顕著な傾向を示し、それらの特徴がスポーツ特性体力として位置づけられると思われる。アルペンスキー競技においても、斜面滑降時に生じる振動や跳躍時の膝及び股関節の振動吸収動作や低い姿勢保持、及びスキーの切り替えし動作に大きな下肢の伸展及び屈曲の筋力が必要と考えられる。このことから、本研究では特に下肢の筋力を中心に動的な状態を反映すると考えられる等速性筋力の測定を実施した。

先行研究によると、国際級のアルペンスキー選手では膝関節の静的筋力と動的筋力が他のスポーツ競技選手よりも優れているといわれている^(4,7)。本研究の結果からも、年長グループで膝関節屈曲時で高い値を示していた。このことは、ジュニア期における競技従事期間の影響が筋力に反映することを示唆するものである。すなわち、雪上における滑降トレーニングがシーズンあたり 40 日程度であったとしてもその従事期間が長くなれば

動的な筋力の形成に顕著となることが考えられる。この点については、年齢補正による共分散分析の結果からも明らかである。また、股関節の伸展・屈曲時の筋力では、伸展時の全ての角速度に年長グループが有意に高い値を示したのに対して、屈曲時では顕著な傾向が示されなかった。Robert, A. T. たち⁽¹⁰⁾はスキー滑降時の下肢筋力について筋電図を用いて筋放電の特徴を検討し、その結果、下肢の沈み込み動作よりもターンにおける股関節伸展時で放電が強くなることを報告している。この点については本研究の結果と一致し、アルペンスキー競技ジュニア選手の筋力特性が股関節を伸展させる動作に優れる傾向にあることが示唆される。すなわち、アルペン競技ではターンにおけるスキーの切り替え動作が滑降速度に影響を及ぼす。したがって、こうした動作の繰り返しが股関節の伸展時の筋力を養成する要因となったと考えられる。この点に関しては、スキー選手の股関節の等速性筋力を検討した報告はこれまでに示されておらず、今後の検討が待たれる。

筋収縮速度について、これまでの研究によると、アルペンスキー競技のエリート選手は 30deg./sec, 180deg./sec. で等速性筋力の発揮能力に優れていることが報告されている^(1,3)。Tesch, P. A.⁽¹⁴⁾ もオリンピックアルペンスキー競技選手の膝関節の伸展・屈曲時の等速性筋力の特徴として、低速域の筋力が、低速域に優れているとされるウェイトリフティング競技選手よりも高い値であったことを報告している。今回の結果においても年長グループの膝関節伸展時、屈曲時、股関節伸展時でほぼ類似する傾向が認められた。このことは、15歳以降ですでにアルペンスキー選手の筋力特性が養成されてくることが示唆される。つまり、ジュニア選手の段階でスキー競技における競技特性をもつものと推察される。今回の減衰率をみても年長グループは30deg./secの低速域から180deg./secまでの減衰傾向は小さく、逆に30deg./sec及び60deg./secに至っては100%を上回っていることから裏付けられる。さらに、年少グループの膝関節屈曲、股関節伸展・屈曲時で同様な傾向がみられた。

これらのことから、アルペンスキーに従事するジュニア選手の等速性筋力は、低速域にその競技特性が反映されるものと考えられる。つまり、アルペンスキー競技は下肢の低速域における筋力負担が高く、こうした動き

に対する筋力トレーニングの必要性が指摘される。

5. まとめ

本研究は、アルペンスキー競技をおこなう 11 歳～18 歳のジュニア期にある選手 18 名を対象として等速性筋力測定装置 Cybex II を用いて膝関節・股関節伸展時と屈曲時の等速性筋力の測定をおこない、その特徴について検討することを目的とした。

以下に結果を示す。

1) 膝関節伸展時, 屈曲時の等尺性及び等速性筋力は, 伸展では 30 deg./sec ($p < 0.05$) と 180deg./sec ($p < 0.05$) で, 屈曲では 30deg./sec ($p < 0.01$), 180deg./sec ($p < 0.05$) で年長グループにおいて有意に高い値を示した。

2) 股関節の等尺性及び等速性筋力は, 伸展時の年長グループの値は年少グループと比較して全ての測定速度で有意差を示したが, 屈曲時では両群間に顕著な差は認められなかった。

3) これらの結果に対して年齢を補正した共分散分析をおこなったところ, 膝関節伸展では補正前の傾向と同様であったが, 屈曲では 60deg./sec. ($p < 0.01$) に有意な値が示された。股関節では, 補正前の傾向と同様であった。

4) 膝関節と股関節の等尺性筋力を 100% とした時の各角速度の割合は, 膝関節の伸展時では角速度が増すにつれて両群とも有意に減少する傾向を示した。屈曲時では年長グループの 30deg./sec で有意に上昇し ($p < 0.05$), 逆に有意な減少を示したのは 300deg./se ($p < 0.001$) であった。年少グループでは 180deg./sec, 300deg./sec で有意の減少を示した。

5) 股関節の伸展時では年長グループの 180deg./sec, 300deg./sec で有意の減少を示した。年少グループでは 60deg./sec 以降減少傾向を示し, 180deg./sec, 300deg./sec で有意差を示した。屈曲時では, 両群とも 30 deg./sec, 60deg./sec で上昇傾向がみられ, 180deg./sec, 300deg./sec で有意な減少を示した。

これらのことから, アルペンスキーに従事するジュニア選手の等速性筋

力の特徴は、低速域にその競技特性が反映されることが示された。したがって、アルペンスキー競技は下肢の低速域における筋力負担が高く、こうした動きに対する筋力トレーニングの必要性が指摘される。

文 献

- (1) Abe T, et al., Isometric and isokinetic knee joint performance in Japanese alpine ski racers. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 31: 353-357, 1992.
- (2) Brown SL., and Wilkinson JG, Characteristic of national, divisional, and club male alpine ski racers. *Med. Sci. Sports Exerc*, 15: 491-495, 1983.
- (3) Clarys, J. P., et al., Influence of ski materials on muscle activity, *J. Sports Sci.* 4: 129-139, 1986.
- (4) Haymes EM, and Dickinson A, Characteristics of elite male and female ski racers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12: 153-158, 1980.
- (5) Maxwell, S. M. and Hull, M. L., Measurement of strength and loading variables in the knee during Alpine skiing, *J Biomech.* 22: 609-624, 1989.
- (6) Muller, E., Analysis of the biomechanical characteristics of different swinging techniques in Alpine skiing. *J. Sports Sci.* 12: 261-278, 1994.
- (7) 日本体育協会スポーツ科学委員会, 浅見俊雄他, ジュニア期の体力トレーニングに関する研究(第1報), 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 2, 1994.
- (8) Nygaard, E. P., et al., Glycogen depletion pattern and lactate accumulation in leg muscles during recreational downhill skiing, *Eur. J. Appl. Physiol*, 38: 261-269, 1978.
- (9) Petelin S. D., Interdisciplinary approach to the science of Alpine Skiing, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27: 303-304, 1995.
- (10) Robert, A. H., et al., Muscle activity in slalom and giant slalom skiing, *Med. Sci. Sports Exerc*, 27: 315-322.
- (11) Sabiene, F., et al., Energy sources in alpine skiing (giant slalom) . *Eur. J. Appl. Physiol*, 53: 312-316, 1985.
- (12) Tanner J M , *Growth at Adolescence* 2nd ed, Blackwell Sci., Publ., Oxford, 1962.
- (13) Tesch, P. A., et al., Muscle glycogen depletion and lactate concentration during downhill skiing, *Med. Sci. Sports* 10,: 85-90, 1978.
- (14) Tesch, P. A., Aspect on muscle properties and use in competitive Alpine skiing, *Med. Sci. Sports Exerc*, 27,: 310-314, 1995.
- (15) Thorstensoon, A., Force velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscle, *J. Appl. Physiol.*, 40: 12-16, 1976.

- (16) Veicsteinas, A. G., et al., Energy cost of and energy sources for alpine skiing in top athletes, *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exerc. Physiol.*, 56: 1187-1190, 1984.
- (17) Westlin, N. E., Factors contributing to the production of injuries, *Orthop. Clin. North Am.* 7: 45-50, 1976.