

スピード・スケート選手の等速性筋出力と 競技成績との関係

東 邦 大 学 根 本 勇
(共同研究者) 嬌 恋 高 校 入 沢 孝 一
東 京 大 学 吉 岡 伸 彦
同 金 久 博 昭
同 宮 下 充 正

Relationship between Isokinetic Strength and Performance in Speed Skating

by

Isamu Nemoto

Toho University School of Medicine

Kouichi Irisawa

Tsumagoi High School

Nobuhiko Yoshioka, Hiroaki Kanehisa,

Mitsumasa Miyasita

University of Tokyo

ABSTRACT

The purpose of the present study is to investigate the relationship between isokinetic strength and performance in speed skating. Subjects in this study were 85 male and 36 female junior speed skaters (10—18 years of age), and 16 male and 10 female speed skating candidates who were training for the 1984 Japanese Olympic speed skating team. Just after the skating season, all subjects were tested for maximal knee extension power at four different speeds (0, 60, 180, and 300°/sec) with an isokinetic dynamometer (Cybex II, Lumex Inc.). And the mean value of peak torque

(MVPT) was determined by averaging peak torques for maximal knee extensions at angular velocity $180^\circ/\text{sec}$ in endurance test.

The relationship between peak torque of knee extensors and 500 meters skating time in seconds was significant at all test speeds (male $r = -0.775$ to -0.810 , $p < 0.001$; female $r = -0.825$ to -0.861 , $p < 0.001$). The highest correlation coefficients were found with peak torque at $60^\circ/\text{sec}$ both male ($r = -0.810$, $p < 0.001$), and female ($r = -0.861$, $p < 0.001$). Significant correlations (male $r = -0.814$, $p < 0.001$; female $r = -0.874$, $p < 0.001$) were also obtained between power endurance capacity (MVPT) and the best record in time of 500 meters skating.

緒 言

スピード・スケート滑走は、主動筋となる脚筋群の収縮によって発揮された出力がスケートのブレードを介して氷面に伝達され、その反作用の結果として身体重心が移動することによってもたらされる。したがって、スピード・スケートの競技成績を向上させるためには、スケートイングの一動作における筋出力が高いことはもちろん、高い出力を競技の最後まで持続する能力が要求されることは、容易に想像できる。さらに、スピード・スケート競技の本質が運動スピードを競うものであることを考えれば、静的筋出力ではなく、動きのなかで出力を発揮する動的筋出力の大きさが問題とされなければならないこともわかる。また、最近の研究によれば、筋出力トレーニングの効果には特異性 (specificity) が存在し、トレーニングにおける動作様式、運動速度、収縮様式および収縮力によって筋の適応の仕方が異なってくるという (Sale と MacDougall, 1981)⁷⁾。したがって、競技成績の改善をねらいとした筋出力トレーニングでは、この特異性を考慮したものでなければならないことになる。

そこで、本研究では、スピード・スケート競技の主動筋となる大腿四頭筋の動的筋出力、特に等

速性筋出力と競技成績との相互関係を明らかにすることによって、スピード・スケートの競技力向上に資する筋出力トレーニングの至適運動速度についての基礎資料を得ることを目的とする。

方 法

被験者は、わが国の代表的スケートイング・クラブ (以下、SCと呼ぶ) である日光SC (栃木県日光市) と孺恋SC (群馬県吾妻郡) に所属する小・中・高校生選手男子85名、女子36名および第14回冬季五輪大会候補選手男子16名、女子10名であった。

表1には、各年齢別の被検者数、身長、体重と推定 % Fat^{1,4)} および推定 LBM を、男女ごとに平均値と標準偏差で示した。

等速性筋出力の測定は、Cybex II (Lumex 社製) を用い、0, 60, 180, $300^\circ/\text{sec}$ の4種類の運動速度で最大努力の脚伸展を行わせ、その際に発揮されたピーク・トルク値で評価した。さらに、筋出力の持続能力をみるために、運動開始から最大努力で50回の脚伸展 (運動速度は $180^\circ/\text{sec}$) を連続して行わせた。筋出力の持続能力の指標として、全試行の平均値 (MVPT) を算出した。

図1には、測定装置と測定の様子を示した。等

表1 各年齢別被検者数, 身長, 体重と推定 % Fat および推定 LBM

	人数	身長 (cm)		体重 (kg)		推定 % Fat (%)		推定 LBM (kg)	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
小学生	30	133.8	5.08	33.4	4.90	16.9	4.00	27.9	3.29
	14	141.9	6.24	34.4	4.08	19.2	2.14	27.8	3.28
中学生	37	154.7	11.13	45.8	9.49	15.1	3.44	38.9	8.31
	13	151.0	4.95	45.1	6.60	20.6	6.95	35.5	3.59
高校生	18	168.7	4.89	61.6	5.19	11.6	3.02	54.4	3.93
	9	157.8	4.30	56.3	3.92	23.8	6.74	42.8	3.91
五輪候補選手	16	170.8	3.48	68.5	3.83	11.1	3.36	60.9	3.80
	10	160.1	3.97	57.4	3.69	21.0	2.13	45.3	3.15

備考) 上段=男子, 下段=女子)

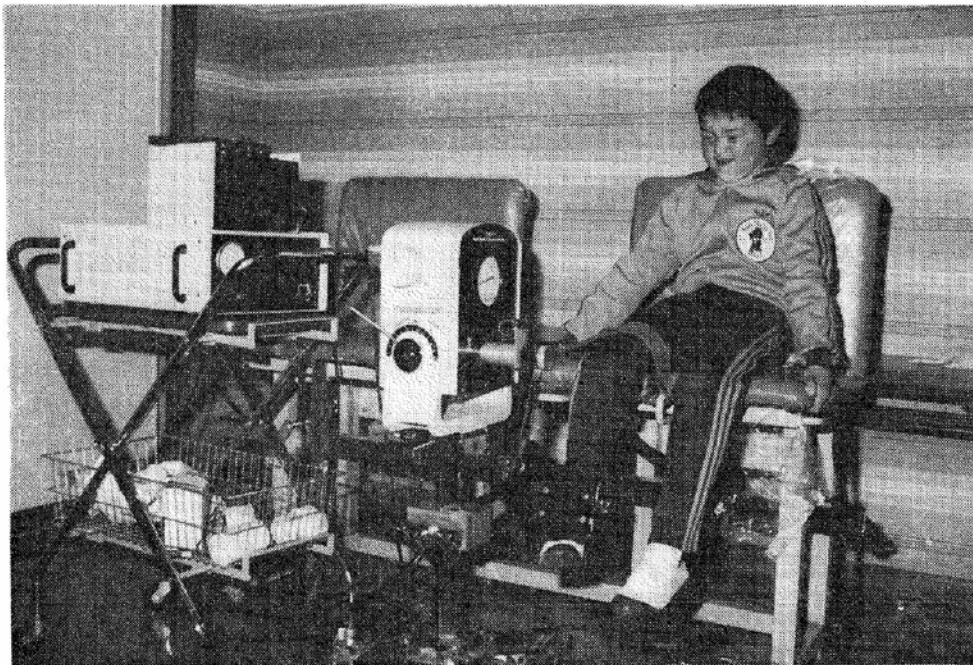


図1 測定装置 (Cybex II) と測定風景

速性筋出力の測定は, スケート・シーズン終了直後の3月下旬から4月上旬にかけて実施された。スピード・スケート各種目の競技成績は, 測定前のシーズン中にダブル・トラックで行われた公式競技会での記録のうち, 最も良いものを各種目の競技成績として採用した。本稿では, 各運動速度におけるピーク・トルク値および MVPT と短距離種目である 500m 滑走記録との間の相関関係に

ついて検討を加えた。

結果および考察

表2には, 被検者の年齢, 形態および等速性筋出力の各測定項目と500m滑走記録との相関マトリクスを, 男女ごとに示した。

500m滑走記録と年齢との相関係数は, 男子で $r = -0.799$ ($p < 0.001$), 女子でも $r = -0.881$

表2 形態および等速性筋出力と500m滑走記録との相関マトリクス

	年齢	身長	体重	推定% Fat	推定LBM	300°/sec	180	60	0	MVPT	500m
年齢(歳)		.799 ^a	.871 ^a	.201	.888 ^a	.885 ^a	.877 ^a	.889 ^a	.859 ^a	.886 ^a	-.881 ^a
身長(cm)	.814 ^a		.880 ^a	.217	.891 ^a	.766 ^a	.809 ^a	.802 ^a	.774 ^a	.793 ^a	-.799 ^a
体重(kg)	.880 ^a	.943 ^a		.442 ^b	.947 ^a	.846 ^a	.876 ^a	.892 ^a	.877 ^a	.878 ^a	-.868 ^a
推定% Fat (%)	-.525 ^a	-.519 ^a	-.403 ^a		.136	.146	.171	.194	.189	.169	-.223
推定LBM(kg)	.899 ^a	.949 ^a	.987 ^a	-.531 ^a		.878 ^a	.904 ^a	.914 ^a	.901 ^a	.908 ^a	-.884 ^a
300°/sec (Nm)	.918 ^a	.874 ^a	.916 ^a	-.529 ^a	.931 ^a		.949 ^a	.913 ^a	.927 ^a	.916 ^a	-.825 ^a
180°/sec (Nm)	.908 ^a	.907 ^a	.944 ^a	-.530 ^a	.956 ^a	.974 ^a		.966 ^a	.959 ^a	.956 ^a	-.858 ^a
60°/sec (Nm)	.877 ^a	.918 ^a	.934 ^a	-.524 ^a	.944 ^a	.938 ^a	.960 ^a		.971 ^a	.967 ^a	-.861 ^a
0°/sec (Nm)	.825 ^a	.896 ^a	.900 ^a	-.553 ^a	.919 ^a	.908 ^a	.936 ^a	.959 ^a		.966 ^a	-.841 ^a
MVPT	.910 ^a	.891 ^a	.920 ^a	-.569 ^a	.942 ^a	.956 ^a	.970 ^a	.949 ^a	.931 ^a		-.874 ^a
500m滑走記録(sec)	-.799 ^a	-.794 ^a	-.802 ^a	.482 ^a	-.803 ^a	-.795 ^a	-.807 ^a	-.810 ^a	-.775 ^a	-.814 ^a	

備考) a = p < 0.001 上段: 女子
b = p < 0.01 下段: 男子

($p < 0.001$) と、ともに有意に高い値を示し、年齢が進行するに伴って競技成績が改善されていることがわかる。

500m 滑走記録と形態との相関関係のうち、特に身体組成との関係は、非常に興味ある結果を示している。すなわち、まず推定 LBM との相関係数は、男子で $r = -0.803$ ($p < 0.001$)、女子で $r = -0.884$ ($p < 0.001$) と、ともに高い値を示し、競技成績の向上が筋量の増加によってもたらされることを示唆している。この結果は、Pollock et al. (1982)⁶⁾ や根本ほか (1983)⁵⁾ の報告と一致するものであった。

一方、推定 % Fat との関係についてみると、女子では $r = -0.223$ (NS) で有意な相関関係が得られなかったが、男子では $r = 0.482$ ($p < 0.001$) で統計的に有意な相関関係が認められた。すなわち、男子では、体脂肪量が多いほどスピード・スケートの競技成績が悪くなることを示している。

したがって、スピード・スケートの競技成績を向上させるための体力トレーニングでは、筋量の増加と体脂肪量の減少がその二大目的となることだが、ここでも確認されよう。

次に、500m 滑走記録と各運動速度におけるピーク・トルク値との間の相関関係についてみると、相関係数は、男子で $r = -0.775$ ($p < 0.001$) から $r = -0.810$ ($p < 0.001$) の範囲であった。同様に女子の相関係数は、 $r = -0.825$ ($p < 0.001$) から $r = -0.861$ ($p < 0.001$) の範囲にあって、男女ともに競技成績と等速性筋出力との間に極めて密接な関係が存在することが、示された。

また、表2に示されるように、両者の相関係数のうち、男女ともに $60^\circ/\text{sec}$ でのピーク・トルク値との間で最も高い相関係数が得られた(男子で $r = -0.810$ 、女子で $r = -0.861$)。図2には、 $60^\circ/\text{sec}$ におけるピーク・トルク値と500m 滑走記録との関係を示した。

500m 滑走は、スピード・スケートの競技規則のなかでも短距離種目に分類され、かつ最も高速で行われる種目である。しかるに、その競技成績は、比較的遅い運動速度 ($60^\circ/\text{sec}$) での筋出力によって決定されるという結果であった。滑走速度と動作速度とのこの Gap は、スピード・スケートのストレート滑走における加速期について分析した報告^{2,8)} によって、その一部が説明されよ

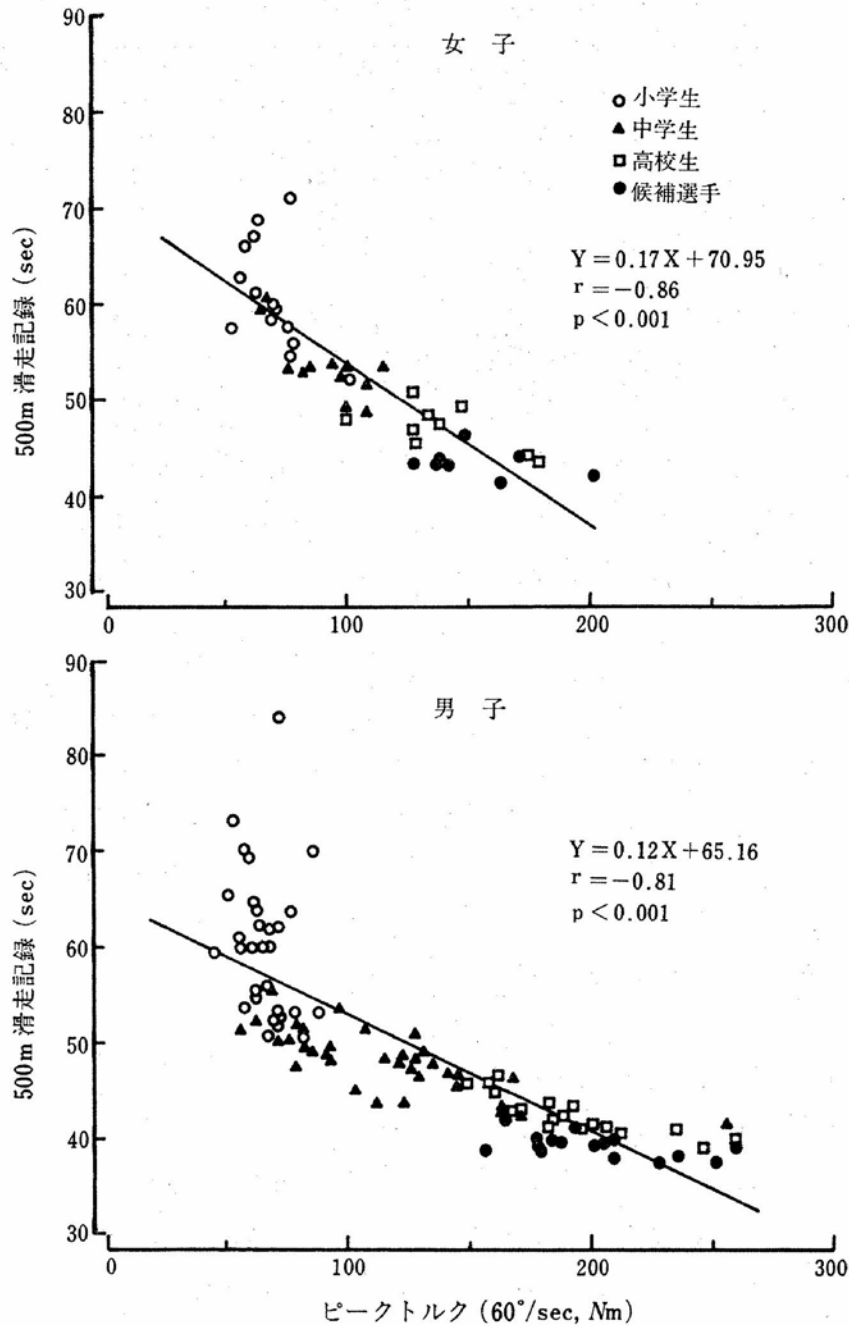


図2 等速性筋出力 (60°/sec) と 500m 滑走記録との関係

う。すなわち、氷上ストレート滑走での身体重心の進行方向の水平速度成分の変化を報告した吉岡(1981)⁸⁾によれば、加速期は膝関節が急速(約420°/sec)に伸展される「キック相」ではなく、膝関節が固定あるいは非常に遅い速度で伸展される、片脚滑走後半のいわゆる「ため」の相であったという。同様の結果は、短距離滑走、中距離滑走および長距離滑走のいずれの滑走法でも認めら

れ(Doktorevič, 1975)²⁾、さらにはアイス・ホッケー滑走(Marino と Weese, 1979)³⁾においても認められている。

したがって、本研究で500m滑走記録が60°/secという比較的遅い運動速度での筋出力と高い相関関係を示したことは、スピード・スケート競技のトレーニングによる筋の適応の現れと解釈されよう。さらに、換言すれば、本研究の結果は、

スピード・スケートのストレート滑走の加速期が「ため」の相にあるとした吉岡⁸⁾とDoktorevic²⁾の報告の妥当性を裏づけるものともいえよう。この知見に従えば、スピード・スケートの競技成績を高めるための筋出力トレーニングにおける至適速度は、一連のスケーティング動作のうちのいわゆる「ため」の相に見合う運動速度であるということになる。

また、500m滑走記録とMVPTとの間の相関係数は、男子で $r = -0.814$ ($p < 0.001$)、女子で $r = -0.874$ ($p < 0.001$)と、筋出力のいずれの指標のなかでも最も高い相関係数を示した。すなわち、スピード・スケート競技は、ストレート滑走とカーブ滑走との単調な動作の繰り返しによって行われるが(スタート・ダッシュを除いた)、たとえ短距離種目であっても、この単調な動作は競技終了時までの約38秒間(男子)から約42秒間(女子)繰り返されることになる。

したがって、スピード・スケートの競技力を向上させるためには、スケーティングの一動作における筋出力を高めるとともに、高い筋出力を競技の最後まで持続させる能力を改善することが急務とされよう。

以上の結果は、スピード・スケート競技における筋出力とその持続能力の重要性を主張した本研究の仮説を立証するものといえよう。

ま と め

本研究は、スピード・スケート選手男女147名を対象に、脚伸展の等速性筋出力と競技成績との相互関係を明らかにすることによって、競技力の向上に資する筋出力トレーニングに関する基礎資料を得ることを目的として行なわれ、以下の結果を得た。

1) 500m滑走記録と年齢、身長および身体組成との間には、男女とも有意に高い相関係数が得られた。

2) 500m滑走記録と等速性筋出力との相関係数は、男子で $r = -0.775$ から $r = -0.810$ 、女子で $r = -0.825$ から $r = -0.861$ の範囲であった。

3) このうち、男女とも $60^\circ/\text{sec}$ でのピーク・トルク値との間で最も密接な相関係数が認められた。

4) 500m滑走記録と筋出力の持続能力(MVPT)との間の相関係数は、男子で $r = -0.814$ 、女子で $r = -0.874$ と、筋出力のいずれの指標のなかでも最も高い相関係数を示した。

5) 以上の結果より、スピード・スケートの競技力を向上させるためには、一連のスケーティング動作のうち、いわゆる「ため」の相に見合う運動速度(低速)での筋出力を高めるとともに、高い出力を競技の最後まで持続する能力を改善することの必要性が示唆された。

文 献

- 1) Brožek, J. et al.; Densitometric analysis of body composition; Review of some quantitative assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**: 113—140 (1963)
- 2) Doktorevič, A.M.; Zur Bestimmung von Kriterien einer rationellen Bewegungstechnik im eisschnellauf. *Leistungssport. Frankfurt. Beiheft; Information zur Training*, **5**: 42—46 (1975)
- 3) Marino, G.W. and R.G. Weese; A kinetic analysis of the ice skating stride. In; *Science in skiing, skating and hockey*. Terauds, J. and H.J. Gros (Eds.), Academic Publishers, Delmar, pp. 65—74 (1979)
- 4) Nagamine, S. and S. Suzuki; Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**: 8—15 (1964)
- 5) 根本勇ほか; スピード・スケート. 昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究. 財日本体育協会, 東京, pp. 5—24 (1983)
- 6) Pollock, M.L. et al.; Body composition of Olympic speed skating candidates. *Res. Quart.*, **53**:

150—155 (1982)

- 7) Sale, D. and D. MacDougall; Specificity in strength training; A review for the coach and athlete. *Canad. J. Appl. sport Sci.*, 6 : 87—92

(1981)

- 8) 吉岡伸彦 ; A kinematic analysis of speed skating (スピード・スケートの運動学的分析). 東大教育学部体育学健康教育学科卒業論文 (1981)