

大学スピードスケート選手の無酸素性および有酸素性能力と競技成績

佐藤孝之*・西山哲成*・大石健二*
林 恭輔*・田中邦雄**

(2003年10月24日受付, 2004年1月7日受理)

The Relationship between Anaerobic Power, Aerobic Capacity and Goal-Time in University Speed Skaters

Takayuki SATO, Tetsunari NISHIYAMA, Kenji OISHI,
Kiyosuke HAYASHI and Kunio TANAKA

The purpose of this study was to investigate the relationship between anaerobic power, middle power, \dot{V}_{O_2max} and goal-time, and to investigate the relationship of 1500 m velocity patterns and middle power. Anaerobic power, middle power and \dot{V}_{O_2max} were measured on twenty-one subjects. They were divided into sprint ($n=9$) and long distance ($n=12$) groups based on their athletic specificity. Anaerobic power was defined as highest value which obtained from each load of 6, 9, 12 kp during maximum 10 s bicycle ergometer test. Middle power was defined as highest value which obtained from mean power output to each load of 8% and 10% of body weight during maximum 90 s bicycle ergometer test. \dot{V}_{O_2max} was determined with progressive pedaling exercise using a bicycle ergometer. In analysis of 1500 m race, each skaters were video-taped by a panning camera (60 fields/s). 1500 m course was divided into 23 sections. Peak velocity and decline rate of the velocity in 1500 m race were determined. Anaerobic power was appeared to 1213 ± 144 W (17.9 ± 1.6 W/kg) in sprint group, 1147 ± 93 W (17.1 ± 1.4 W/kg) in long distance group.

Middle power was appeared to 559 ± 66 W (8.3 ± 0.4 W/kg) in sprint group, 540 ± 30 W (8.1 ± 0.5 W/kg) in long distance group. \dot{V}_{O_2max} was appeared to 3.92 ± 0.41 L/min (58.4 ± 4.0 ml/min/kg) in sprint group, 4.05 ± 0.30 L/min (59.1 ± 4.4 ml/min/kg) in long distance group. It was observed that the 500 m goal-time was correlated with the anaerobic power/body weight ($r=0.452$, $p<0.05$) and that the 5000 m goal-time was correlated with the \dot{V}_{O_2max} /body weight ($r=0.556$, $p<0.05$). In analysis of 1500 m races, the peak velocity appeared to 358 m-546 m, and then, the velocity gradually decreased. 1500 m goal-time was correlated with peak velocity during the 1500 m race ($r=0.915$, $p<0.01$), while was not correlated with decline rate of velocity. Therefore, it was considered that the peak velocity was more important than the decline rate of velocity. The peak velocity on 1500 m race was correlated with the peak power on middle power test ($r=0.775$, $p<0.05$). The decline rate of velocity on 1500m race was correlated with the fatigue index on middle power test ($r=0.772$, $p<0.05$). It may be able to guess that peak power and fatigue index obtained from a middle power test indicate to characteristic of physical fitness which is appeared in the 1500 m race.

Key words: Anaerobic capacity, Aerobic capacity, Goal-time, 1500 m race

キーワード: 無酸素性能力, 有酸素性能力, 競技成績, 1500 m レース

* 身体動作学, **運動方法 (氷上)

I. 緒 言

スピードスケート種目には500 mから10,000 mレースまであり、各競技時間はトップレベルで35秒から15分と幅広い。したがって、それぞれの種目によって必要となる体力要素は異なる。各選手は競技力向上を目指して計画的に体力・技術トレーニングを積み重ね、その体力は各競技に適合するように高められる。一流選手の体力的特徴を知ることが、その競技で強化されるべき要素を明確にすることができる。また、これらの数値はトレーニング計画を作成するとき重要な情報にもなる。そのため、スピードスケート競技においても競技成績と無酸素性パワーの関係²⁾や最大酸素摂取量との関係⁴⁾が報告されている。しかしながら、これらのほとんどは競技成績と踵部分が固定されているスケート靴に関するものであり、1900年代後半から使用されている踵部分が離れるスラップスケート靴によるものではない。

そこで本研究ではスラップスケート靴を使用している大学男子スピードスケート選手を対象とし、10秒間無酸素性パワー、90秒間ミドルパワーおよび最大酸素摂取量と競技成績との関係を検討することを目的とした。また、本研究の被験者が最も多く参加した同一レースである2002年全日本スピードスケート距離別選手権大会1500 mレースを対象にレース分析を行い、そのピーク速度、速度低下率と、90秒間ミドルパワー測定時のピークパワーと無酸素性疲労指数および最大酸素摂取量との関係を調べた。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は大学男子スピードスケート選手21名であり、この中には短距離を専門とする選手（短距離群）が9名（19.3±1.4歳、67.8±5.4 kg）と長距離を専門とする選手（長距離群）が12名（19.6±0.9歳、67.3±3.3 kg）含まれた。被験者の競技成績は世界大会出場レベルから全日本大学選手権大会出場レベルであった。各被験者には実験の内容を詳細に説明し、実験参加の同意を得た。

2. 実験手順

パワー測定および最大酸素摂取量測定の負荷装置として、自転車エルゴメータ（Power Max V2, コ

ンピ社製）を用いた。パワー測定において、エルゴメータから得られるアナログ出力をA/D変換し、1/10 sでパソコンに記録した。負荷強度は日常のトレーニング強度と先行研究^{1~3)}を参考に設定した。運動前に各被験者は十分なウォーミングアップを行った。

a) 10秒間無酸素性パワー

この実験は、短距離群1名を除く20名が参加した。運動時間は10秒とし、負荷強度は6, 9, 12 kp（1名の被験者に対しては4, 6, 9 kp）の3段階とした。全設定負荷の中で得られた最大値を10秒間無酸素性パワーとして採用した。各運動間には、2分以上の休息時間を設けた。

b) 90秒間ミドルパワー

本実験では90秒間ミドルパワーの測定を行った。負荷強度は体重当り8%および10%とした。ベダリング運動中に得られた平均パワー値を算出し、ミドルパワーとして採用した。また90秒間ミドルパワー測定中に出現したピークパワー値も分析項目として採用した。また、無酸素性疲労指数（Fatigue Index）をピークパワーが出現した前後5秒間の平均パワー値と測定終了前5秒間の平均パワー値から算出した³⁾。各測定は1日に1回とした。また、被験者には最初から最大努力でベダリングするように指示し、運動中は、最後まで意欲を維持させるために周囲から励まし続けた。

c) 最大酸素摂取量

測定手順は運動開始より2分ごとに30 watts 漸増し、疲労困憊に達するまで行った。運動開始負荷は被験者の能力を考慮し、約10分間で疲労困憊に導けるように負荷値を設定した。運動中の呼気ガスは、テレメトリー式呼吸代謝計測システム（K4b², COSMED社製）により呼吸ごとの酸素摂取量を連続的に記録した。最大酸素摂取量の達成基準として、心拍数180 bpm以上、呼吸交換率1.0以上、酸素摂取量のレベルオフのいずれか2条件を満たした場合とした¹⁸⁾。

3. 競技成績

競技成績は2002~2003年シーズン中に行われた公式競技会の記録での最高記録を採用した。

4. レース分析

レース分析は本研究の被験者が最も多く参加した同一レースである2002年全日本スピードスケート

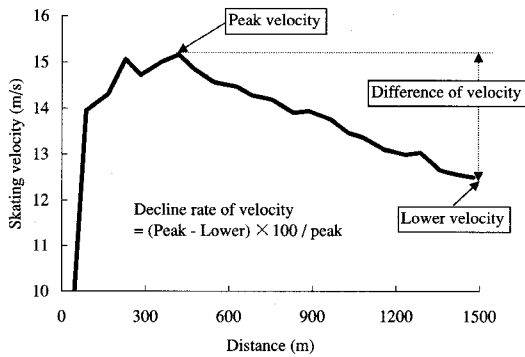


Fig. 1. Definition of analysis of the velocity curve in 1500 m race.

距離別選手権大会 1500 m レースでのレース中の速度分析を行った。この被験者 8 名はすべて長距離群に属していた。各選手は観客席上段より 1 台のデジタルビデオカメラ (DCR-TRV900, SONY 社製, 60 fields/s) で追従撮影した。この撮影した画像はコマ送り再生し、スケートブレードの先端が測定区間を示すマーカーを通過した時間を記録した。測定区間を示すマーカーはコーナー入り口、コーナー出口、ストレート中間にある公認コースにあらかじめ設置されているスタートラインやゴールラインおよびコースポイントを用いた。測定区間は 1 周あたり 2 コーナー、4 ストレートに分け、1500 m を計 23 区間に分割した。測定区間の滑走速度は日本スケート連盟のコース規格に基づいて各区間の距離を算出

し、これを所要時間で除した平均速度 (m/s) とした。また速度低下率は最高速度とそれ以降の最低速度より算出した (Fig. 1)。

5. 統計処理

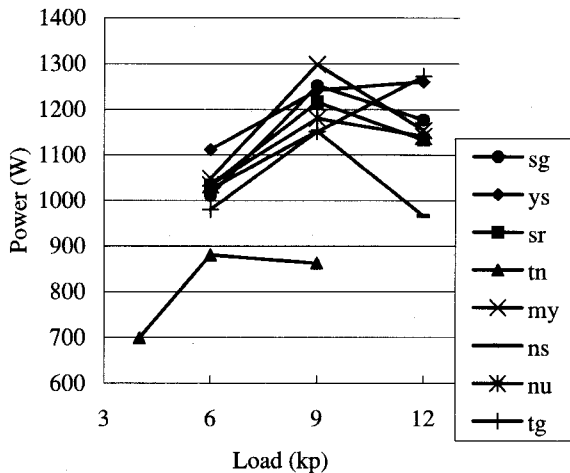
両群間 (短距離群, 長距離群) の差の検定には *t* 検定を用いた。各競技成績と 10 秒間無酸素性パワー、ミドルパワーおよび最大酸素摂取量との関係や 1500 m レース中のピーク速度、速度低下率と、90 秒間ミドルパワー測定時のピークパワーと無酸素性疲労指数および最大酸素摂取量との関係はピアソンの相関分析 (片側) から求めた。統計的な有意性は危険率 5% 以下とした。

III. 結果

1. 10 秒間無酸素性パワーと競技成績の関係

Fig. 2 には、各個人の 10 秒間無酸素性パワーを負荷条件ごとに示した。10 秒間無酸素性パワーの最大値は、短距離群で 6 kp 時に 1 名、9 kp 時に 5 名、12 kp 時に 2 名、長距離群で 9 kp 時に 7 名、12 kp 時に 5 名が発揮した。10 秒間無酸素性パワーは、短距離群では 1213 ± 144 W (17.9 ± 1.6 W/kg), 長距離群では 1147 ± 93 W (17.1 ± 1.4 W/kg) であった。10 秒間無酸素性パワーと競技成績の相関係数を Table 1 に示した。500 m 競技成績と体重当たりの 10 秒間無酸素性パワーとの間には、有意な関係が示された ($r=0.452, p<0.05$)。

Sprint



Long Distance

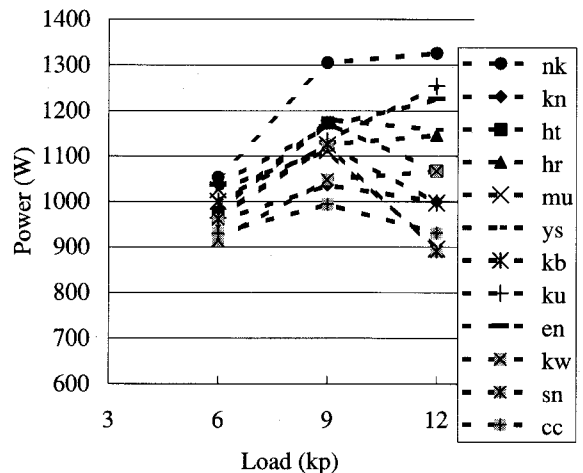
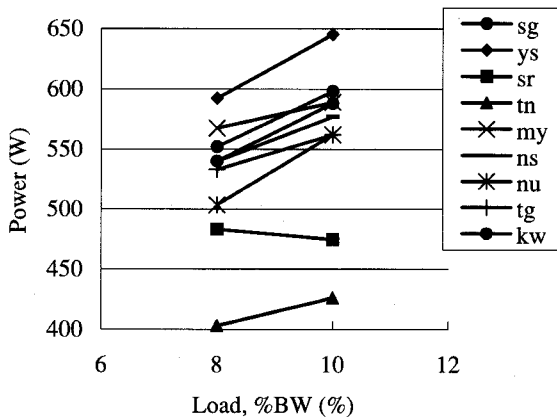


Fig. 2. Individual values of anaerobic power in each trial.

Sprint



Long Distance

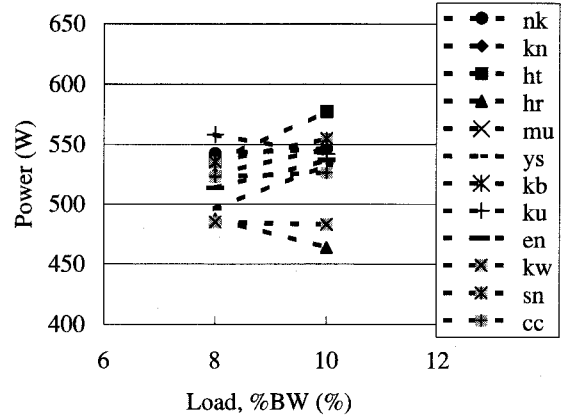


Fig. 3. Individual values of middle power in each trial.

Table 1. Coefficient correlation to between 10 s anaerobic, middle power, $\dot{V}_{O_2\max}$ and goal-time

	500 m <i>n</i> =18	1000 m <i>n</i> =9	1500 m <i>n</i> =10	3000 m <i>n</i> =9	5000 m <i>n</i> =11	10,000 m <i>n</i> =6
10 s Anaerobic power (W)	-0.255 (0.162)	-0.404 (0.160)	-0.324 (0.180)	0.717* (0.015)	0.232 (0.247)	0.555 (0.126)
10 s Anaerobic power/body weight (W/kg)	-0.452* (0.034)	-0.437 (0.139)	-0.320 (0.183)	0.386 (0.152)	0.010 (0.489)	0.115 (0.414)
Middle power (W)	-0.050 (0.423)	0.059 (0.440)	-0.301 (0.199)	0.059 (0.440)	-0.143 (0.338)	0.404 (0.213)
Middle power/body weight (W/kg)	-0.028 (0.456)	0.275 (0.237)	-0.375 (0.143)	-0.318 (0.202)	-0.420 (0.099)	-0.295 (0.286)
$\dot{V}_{O_2\max}$ (L/min)	0.372 (0.064)	0.190 (0.312)	-0.374 (0.144)	-0.042 (0.457)	-0.294 (0.190)	-0.161 (0.380)
$\dot{V}_{O_2\max}$ /body weight (ml/min/kg)	0.469* (0.025)	0.720* (0.014)	-0.211 (0.279)	-0.441 (0.117)	-0.556* (0.038)	-0.663 (0.075)

() ; *p* value, * *p* < 0.05

2. ミドルパワーと競技成績の関係

Fig. 3 には、各個人のミドルパワーを荷条件ごとに示した。短距離群では 8 名、長距離群では 8 名が 10% の荷条件時にミドルパワーの最大値を發揮した。短距離群におけるミドルパワーは 559 ± 66 W (8.3 ± 0.4 W/kg), 長距離群は 540 ± 30 W (8.1 ± 0.5 W/kg) であった。短距離群と長距離群との間には有意な差は示されなかった。ミドルパワーと競技成績の関係を Table 1 に示した。

3. 最大酸素摂取量と競技成績の関係

Table 2 には、各群の最大酸素摂取量を平均値 ± 標準偏差で示した。最大酸素摂取量は、短距離群と長距離群の間には有意差がなかったが、やや長距離

Table 2. $\dot{V}_{O_2\max}$ of sprint and long distance skaters

	$\dot{V}_{O_2\max}$	
	L/min	ml/min/kg
Sprint (<i>n</i> =9)	3.92 ± 0.41	58.4 ± 4.0
Long distance (<i>n</i> =12)	4.05 ± 0.30	59.1 ± 4.4

Valus are means ± SD.

群のほうが高値を示した。Table 1 より、最大酸素摂取量と競技成績の間には絶対値で比較すると有意な関係が示されなかったが、体重当たりの最大酸素摂取量と 5000 m 競技成績との間には相関関係が示された ($r = -0.556$, $p < 0.05$)。また 500 m, 1000 m

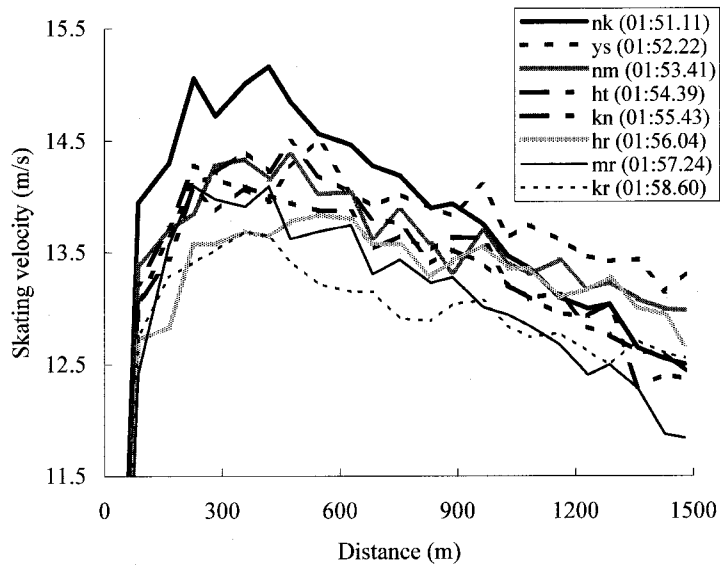


Fig. 4. Skating velocity curve in 1500 m race. (): Goal time

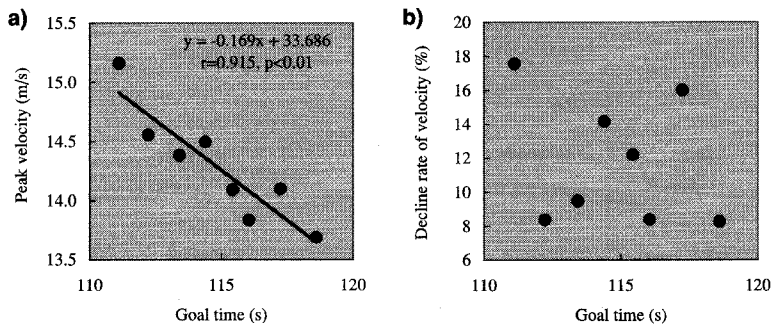


Fig. 5. The relationships between goal-time and peak velocity and decline rate of velocity in 1500 m race.

競技成績では逆相関関係が示された。

4. レース分析

Fig. 4 は、1500 m 競技滑走中の速度変化を示した。すべての被験者は 358 m から 546 m 付近でピーク速度に達し、その後はほぼ一定の速度低下を示した。Fig. 5 には、競技成績とピーク速度 (a)、速度低下率 (b) との関係を示した。競技成績とピーク速度の間には、有意な相関関係が示された (Fig. 5a; $r=0.915, p<0.01$)。競技成績と速度低下率の間には、有意な関係は示されなかった (Fig. 5b)。

5. レース分析結果とミドルパワー、最大酸素摂取量との関係

ミドルパワーと競技成績との間には、有意な関係が示されなかった (Fig. 6a)。しかし、90 秒間ミドルパワー測定時のピークパワーが高い被験者はレース

中のピーク速度も高い傾向が示された (Fig. 6b; $r=0.775, p<0.05$)。またレース中の速度低下率と無酸素性疲労指数の間にも、有意な相関関係が示された (Fig. 6c; $r=0.771, p<0.05$)。速度低下率と最大酸素摂取量の間には、有意な関係は示されなかった (Fig. 7)。

III. 考 察

根本²⁾は 15~27 歳の日本人男子スピードスケート選手を対象に被験者の体重に応じて負荷条件を 3, 4, 5 kp に設定したときの 10 秒間無酸素性パワーを報告している。この 10 秒間無酸素性パワーの値は、 1151 ± 157 W であった。また大学男子一流選手を対象として自転車エルゴメータで測定された最大酸素摂取量は、 3.95 ± 0.27 L/min ($58.4 \pm$

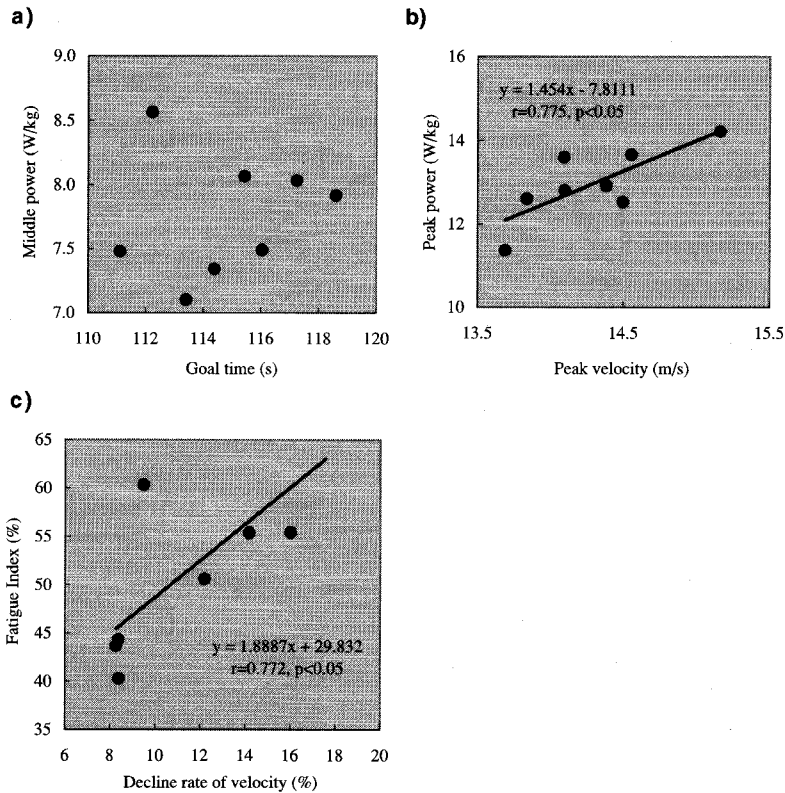


Fig. 6. The relationships between 1500 m race performance and power index.

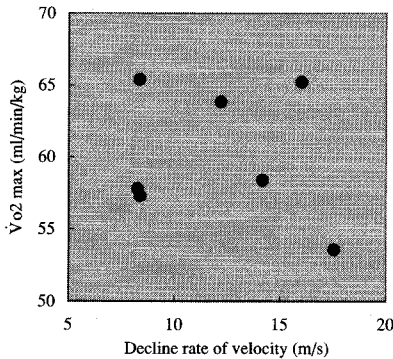


Fig. 7. The relationship between decline rate of skating velocity and $\dot{V}O_{2max}$.

3.98 ml/min/kg) であると報告されている⁴⁾。本研究の10秒間無酸素性パワー、最大酸素摂取量はこの報告に近似した。また、世界で勝つための目標体力水準として、10秒間無酸素性パワーが短距離選手で1600~1800 W、長距離選手で1400~1600 W、ミドルパワーがそれぞれ650~750 W、600~700 W、最大酸素摂取量がそれぞれ4.5~5.0 L/min (60~65 ml/min/kg)、4.6~5.2 L/min (65~70 ml/

min/kg) 必要であると提唱している²⁾。本研究の中でこの目標値を越えている被験者はミドルパワー値で長距離群8名、体重当たりの最大酸素摂取量の値で長距離選手1名(65.4 ml/min/kg)であった。本研究の10秒間無酸素性パワーの結果とこの目標値(絶対値)を比較してみると、短距離選手が19~45%、長距離選手が5~29%、ミドルパワーでは短距離群が1~34%低い値を本研究は示した。根本²⁾は当時の1000 m世界記録(72.00 s)を樹立するために必要とされるミドルパワーは680 W必要であると報告している。本研究の中で1000 mレースでの競技成績が最も優れている被験者NK(競技成績: 71.34 s)のミドルパワーは546 Wであった。この競技成績は根本の値に近似しているが、ミドルパワーは20%低かった。根本が競技成績との関係を見たときに使用していたスケート靴は踵が浮かないスケート靴であった。しかし本研究の被験者NKの競技成績はスラップスケート靴によるものである。Houdijk, H.¹¹⁾はオランダナショナルチームの3名とジュニア7名の選手を対象に踵が浮かないス

ケート靴とスラップスケート靴でのキック力を測定した。その中で踵が浮かないスケート靴よりスラップスケート靴は約 25% パワー出力を向上させ、滑走速度を約 5% 向上させたと報告している。このことからスケート靴の形態や機能により被験者 NK が 20% 低いミドルパワー値でも同じ競技成績を記録することは可能となるかもしれない。

大学一流選手を対象にした競技成績 (1500~10,000 m) と最大酸素摂取量との相関関係は $r=0.47\sim 0.53$ であったと報告している⁴⁾。本研究の結果では、両者の間に有意な相関関係は 5000 m レース以外には示されなかった。長距離種目では、踵が浮かないスケート靴を用いた場合、オープンペースを採用することが重要であったと報告している⁴⁾。しかし、スラップスケート靴を用いた場合、血中乳酸濃度を測定した報告¹⁴⁾によると、5000 m レース 10 分後の乳酸値は踵が浮かないスケート靴より低値を示したので、レース前半をハイペースで滑走しても後半のスピードを維持できるのではないかと推察していた。また、湯田ら⁸⁾はスラップスケート導入後の 5000 m 競技における同一選手のレース分析を行い、競技成績が優れているときのレースはたとえ速度低下率が大きくなったとしても、レース前半の滑走速度が速かったことを報告している。1500 m レースではあるが、本研究での被験者の競技成績においてもレース中のピーク速度との間に有意な相関関係が認められ、速度低下率との間には有意な相関関係が認められなかった。ゆえに、スケート靴の形態や機能によって競技成績を向上させるためのレースパターンが変化し、必要となる体力要素は異なってくるのではないかと考えられる。

ミドルパワー発揮能力は自転車エルゴメータによる 30 秒から 2 分間の最大努力運動時の出力パワーを測定することで評価できる。また、スケート選手は、30 秒間より 90 秒間の最大努力運動の中で運動直後の血中乳酸濃度が高くなったと報告されている²⁾。このことから本研究でのミドルパワー測定時間を 90 秒とした。本研究における被験者の 1500 m 競技成績は 116.6 ± 3.6 秒であり、ミドルパワー測定時間にやや近かった。90 秒間ミドルパワー測定中のピークパワーは 1500 m レース中のピーク速度と強い相関関係があった。また無酸素性疲労指数と速度低下率の間にも相関関係が認められた。こ

れらのことから、90 秒間ミドルパワー測定中のピークパワーや無酸素性疲労指数は 1500 m レース中のレースパターンおよび体力的要素を表すかもしれない。また 90 秒間ミドルパワーと 1000 m 滑走タイムの間に相関関係 ($r=0.90$) があったという報告²⁾があるが、この報告の選手群の滑走タイム幅は約 20 秒程度であった。本研究のミドルパワーと 1500 m 競技成績の間に有意な関係が認められなかったことは被験者の競技レベルが 111.11 秒から 118.60 秒にわたる 7.5 秒以内の小さな範囲であったためかもしれない (Fig. 6a)。

一流選手の体力的特徴を知ることはその競技で強化されるべき要素を明確にすることができるだろうし、シーズンオフのトレーニング計画を作成するときの重要な情報になる。本研究の 1500 m レース中のピーク速度と 90 秒間ミドルパワー測定中のピークパワー、速度低下率と無酸素性疲労指数との間に相関関係が示されたことは、このパワー測定が体力要素から見た各個人のレースパターンを推察する手段となり、強化されるべき体力要素を明確にすることができるかもしれないと示唆できる。

V. 要 約

大学スピードスケート選手男子 21 名における 10 秒間無酸素性パワー、90 秒間ミドルパワー、最大酸素摂取量と競技成績との関係を検討した。長距離群に属する 8 名を対象にレース速度分析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 500 m 競技成績と 10 秒間無酸素性パワーとの間には、有意な相関関係が認められた ($r=0.452, p<0.05$)。
2. 1500 m 競技成績とレース中のピーク速度との間には、有意な関係が示された ($r=0.915, p<0.01$)。しかし速度低下率との間には有意な関係が示されなかった。
3. 90 秒間ミドルパワー測定時のピークパワーと 1500 m 滑走中のピーク速度、無酸素性疲労指数と速度低下率の間には、有意な相関関係が認められた ($r=0.775, r=0.772, p<0.05$)。
4. 大学男子選手において、優れた競技成績を獲得するためには速度低下率を抑えるよりも高いピーク速度を発揮することが重要であるこ

とが示唆できる。

5. 90 秒間ミドルパワー測定で得られたピークパワーや無酸素性疲労指数は、1500 m レース中のピーク速度、速度低下率を推察するための資料となることが推察できるかもしれない。

謝 辞

本研究は平成 15 年度体育研究所の課題研究として補助を受けた。記して謝意を表します。また本稿で示したレース分析データの取得に関して実験を許可していただきました日本スケート連盟、全日本スピードスケート距離別選手権大会 (2002) 役員の方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 西山哲成, 佐藤孝之, 伊藤雅充, 野明弘幸, 田中邦雄 (2003): スピードスケート選手の無酸素性パワー発揮能力と 500, 1000 m レースタイムの関係, 日本体育大学体育研究所雑誌, **28**(2), 149-158.
- 2) 根本 勇 (1990): スピードスケート—世界で勝つための目標体力水準—, 競技力向上のスポーツ科学 II, トレーニング科学研究会編, 朝倉書店, pp. 41-62.
- 3) Inber, O., O. Bar-Or and J. S. Skinner (1996): The Wingate Anaerobic Test, *Human Kinetics, United States*, pp. 8-67.
- 4) 根本 勇, 吉岡伸彦, 下敷領光一, 宮下充正 (1985): 有酸素性作業能力とスピード・スケート競技成績との関係, *Japanese Journal of Sports Sciences*, **4**(10), 781-786.
- 5) 根本 勇, 黒田善雄, 柳沢香絵, 土谷一晃, 熊川輝男, 入澤孝一 (1995): スピードスケート競技力向上のトレーニング, *Japanese Journal of Sports Sciences*, **14**(3), 291-308.
- 6) Ingen Schenau, G. J. van (1996): A new skate allowing powerful plantar flexion improves performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **28**(4), 531-535.
- 7) 根本 勇 (1988): スピードスケートのバイオメカニクスとトレーニング, *バイオメカニズム学会誌*, **12**(3), 131-137.
- 8) 湯田 淳, 結城匡啓, 藤井範久, 阿江通良 (2002): スピードスケート 5000 m 競技における世界一流長距離選手のレースペースの分析, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports Exercise*, **6**(2), 116-124.
- 9) 結城匡啓, 平野敬靖, 森岡保典, 阿江通良 (1999): スピードスケート 1000 m 競技における世界一流男子選手のレースパターンの分析, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports Exercise*, **3**(4), 270-276.
- 10) 河合季信, 宮坂雅昭, 田崎健太郎, 高松薫 (1994): スピード・スケート競技の 1500 m 滑走におけるペース配分に関する研究, 筑波大学体育科学系紀要, **17**, 155-163.
- 11) Houdijk, H., J. J. de Koning, G. de Groot, M. F. Bobbert and G. J. van Ingen Schenau (2000): Push-off mechanics in speed skating with conventional skates and klapskates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **32**(3), 635-641.
- 12) 前嶋 孝 (1996): スピードスケート競技における滑走スピードを高める工夫, *Japanese Journal of Sports Sciences*, **15**(5), 301-304.
- 13) 結城匡啓 (2000): スピードスケートのスキル指導におけるバイオメカニクス研究の意義と役割, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports Exercise*, **4**(3), 179-185.
- 14) 結城匡啓 (1999): 長野オリンピックのメダル獲得に向けたバイオメカニクスのサポート活動: 日本スピードスケートチームのスラップスケート対策, *体育学研究*, **44**, 33-41.
- 15) 湯田 淳, 結城匡啓, 伊藤静夫, 河合季信, 高松 薫, 阿江通良 (2001): スピードスケート 1000 m 競技における滑走スピードおよびサイクル頻度の変化と血中乳酸濃度からみた合理的ペース, *トレーニング科学*, **13**(2), 93-102.
- 16) 結城匡啓, 湯田 淳, 青柳 徹, 高橋佳三, 横澤俊治, 阿江通良 (1999): スラップスケート使用がキック力および滑走動作に及ぼす影響, 平成 11 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II, 競技種目別向上に関する研究, 第 17 報, pp. 203-207.
- 17) Foster, C., A. C. Snyder, N. N. Thompson, M. A. Green, M. Foley and M. Schrager (2000): Effect of pacing strategy on cycle time trial performance, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **25**(3), 383-388.
- 18) 山地啓司 (2001): 改訂最大酸素摂取量の科学, 杏林書院, pp. 3-101.