

自転車エルゴメーターの全力ペダリングに おいて発揮される無氣的パワーの特性

会 田 宏・高 松 薫・杉 森 弘 幸・向 井 俊 哉*

Characteristics of anaerobic power exerted in maximal bicycle pedalling

Hiroshi AIDA, Kaoru TAKAMATSU,
Hiroyuki SUGIMORI and Toshiya MUKAI

The purposes of this study were to investigate the characteristics of anaerobic power exerted in the bicycle pedalling and the relationship between anaerobic power and maximal isometric leg extension force. Eighty-three college male track and field athletes performed five seconds pedalling with maximal effort at five different frictional loads (3-7kp).

Results were as follows;

- 1) Anaerobic power during acceleration phase was larger than that during full speed phase at smaller loads.
- 2) The highest correlation to total anaerobic work per body weight was observed in anaerobic power during full speed phase at smaller loads and anaerobic power during acceleration phase at greater loads.
- 3) As loads increased, the correlation between leg extension force and anaerobic power per body weight gradually increased. The correlation of leg extension force was the highest to anaerobic power during acceleration phase and the lowest to anaerobic power during full speed phase.

These results suggest that 1) maximal anaerobic power exerted in maximal bicycle pedalling is observed during acceleration phase, 2) the strength and speed types of anaerobic power exerted in maximal bicycle pedalling is influenced by load, and 3) the effect of maximal leg extension force on anaerobic power exerted in maximal bicycle pedalling is influenced by load.

Key words : Bicycle ergometer, Anaerobic power, Leg extension force

I. 緒 言

下肢のコンセントリックな無氣的パワーを評価する方法の一つとして、自転車エルゴメーターによる数秒間の全力ペダリングが用いられている^{3,8,11,12,13,16,21}。この方法では、数種類の負荷に対して、数秒間全力駆動させ、ペダルの最高回転速度が得られたときのパワーの最大値を、最大無氣的パワーとして評価している^{3,8,11,12,13,16,21}。しかし、

摩擦負荷に打ち勝ちながら自転車の車輪部分を加速させる局面、すなわち最大速度に達するまでの局面を考慮していないために、無氣的パワーの特性を明らかにするには不十分であると考えられる。

一方、自転車エルゴメーターの加速特性は、短距離疾走の加速特性にきわめて類似している¹⁵。したがって、全力ペダリングを静止状態から速度を生み出すスタート局面、最大速度に達するまでの加速局面、最大速度を維持させる全速局面の三局面に分けて考えることができる¹⁵。このことは、全

*三重県立菰野高等学校

力ペダリングによって発揮される無氣的パワーの特性を、最大速度に達するまでの局面を加味して、より詳細に検討できることを意味するとともに、測定値を解釈したり、あるいはより合理的な測定法を工夫するために重要であると考えられる。

ところで、無氣的パワーの発揮には、筋と神経の協働からなる機能的要因、形態的要因、筋力や柔軟性などの他の体力的要因、技術的要因などが関与している¹⁰⁾。特に行動体力の一要因である筋力は、各種の無氣的パワーに著しく影響する²⁾。したがって、全力ペダリングで評価している無氣的パワーに対して、筋力がどの程度関与しているのかを明らかにすることは、無氣的パワーのトレーニング手段の開発にも重要な役割を果たすと考えられる。

そこで本研究では、全力ペダリングによって発揮される無氣的パワーの特性を明らかにするために、全速局面に達している5秒間の全力ペダリング¹⁴⁾で発揮される総仕事量とペダリングのスタート、加速、全速の各局面で発揮される力・パワーなどとの関係について検討した。また、全力ペダリングで発揮される無氣的パワーとアイソメトリックな脚伸展力との関係について検討した。

II. 方 法

1. 被 験 者

被験者には、T大学陸上競技部に所属する男子83名を用いた。被験者の年齢、身長および体重の平均値は、順に 20.4 ± 1.2 歳、 174.1 ± 5.5 cm、 65.5 ± 9.8 kgであった。これらの被験者の中には、異なる種目のさまざまな競技レベルの選手が含まれている。

2. 脚伸展力の測定

脚伸展力の測定には、フォースプレートを用いた。被験者に、肩峰点、大転子、外果の3点を結ぶ線が鉛直になる姿勢をとらせた(図1)。膝関節の屈曲角度は 140° ⁹⁾にした。この姿勢で、左右の各脚について各々2回最大のアイソメトリックな脚伸展力を発揮させた。右脚と左脚の力の最大値の平均値を、各被験者の脚伸展力(F_{ext} , kg)とした。なお、体重当たりの脚伸展力(F_{ext}/BW)も算出した。

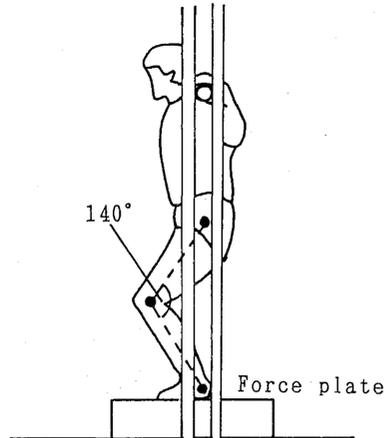


Fig. 1 Measurement apparatus for isometric leg extension force

3. 全力ペダリングによる無氣的パワーの測定

運動負荷装置には、モナーク社製自転車エルゴメーターを用いた。被験者には、3, 4, 5, 6, 7 kpの5種類の摩擦負荷に対して、6秒間の全力ペダリングを、各々1回行わせた。試技順は、ランダムにさせた。試技間には10分間以上の休息をとらせた。試技は、いずれも同じ脚から行わせた。サドルの高さとスタート時のペダルの高さは、被験者が最も行いやすい高さになるように、被験者ごとに調節した。これらの高さは、いずれの負荷に対しても同じにさせた。また、ペダリング中にサドルから腰が上がらないように注意させた。

各試技において、スタート開始時から5秒間の車輪の回転数を測定した。車輪の回転数は、車輪に取り付けた1個の小片が、フレームに固定したフォトランジスターと光電ランプを横切る時に発生するフォトランジスター出力から求めた。

4. 全力ペダリングで発揮される速度、パワー、力および総仕事量の算出

渋川ら¹⁵⁾は、自転車エルゴメーターの加速特性は、2つの定数、すなわち最大速度(V_{max} , m/s)と加速の状態を示す時定数(λ , 1/s)を持つ式(1)で表されることを示している。ここでは渋川らの方法に従い、最初に、被験者ごとに各負荷における定数 V_{max} , λ を求めた。次に、 V_{max} , λ および負荷輪の等価重量(W , 5.81kg)を用いて、式(2)でスタート時の推進力(f_0 , kg)、式(3)で最大速

度の2/3に達した時点,すなわち $1/\lambda$ の時点のパワー($P\lambda$, kgm/s)および最大速度に達した時点のパワー(P_{max} , kgm/s)を求めた。また,式(3)の P_{out} をスタートから5秒まで積分して総仕事量(TW , kgm)も求めた。

$$V = V_{max}(1 - e^{-\lambda t}) \dots\dots\dots(1)$$

$$f_0 = \lambda \cdot V_{max} \cdot W/g + F \dots\dots\dots(2)$$

$$P_{out} = P_{acc} + P_{fric} = (\dot{V} \cdot W/g + F)V \dots\dots(3)$$

ここで, e : 自然対数の底, g : 重力加速度(9.80 m/s²), F : 摩擦負荷(kg), P_{acc} : 回転部分を加速するためのパワー(kgm/s), P_{fric} : 摩擦負荷に打ち勝つためのパワー(kgm/s)である。

本研究では, 全力ペダリングによる無気的パワーの指標として, TW , およびスタート, 加速, 全速の各局面における f_0 , $P\lambda$, P_{max} を用いた。これらの値については, 体重当たりの相対値も求めた。

なお, 自転車エルゴメーターの回転部分の慣性モーメントは, $0.0393 \pm 0.0011 \text{kgm} \cdot \text{s}^2$ であった。

5. 統計処理

各負荷における測定結果を比較するために, 各測定項目ごとに一元配置の分散分析を行った。その結果, F 値が有意な項目については, さらに, シェーフェの方法⁵⁾を用いて多重比較を行った。統計処理の有意性は危険率1%水準で判定した。

III. 結 果

1. 脚伸展力

F_{ext} と F_{ext}/BW の平均値は,それぞれ $280.0 \pm 59.8 \text{kg}$, 4.27 ± 0.52 であった。

2. 全力ペダリング中の総仕事量および各局面の成績

表1に, TW , および f_0 , $P\lambda$, P_{max} と, それぞれの体重当たりの相対値を負荷ごとに示した。

TW および TW/BW は, いずれも負荷が3~5 kp になるまで増加し, 5 kp 以上ではほぼ一定の値を示した。

f_0 および f_0/BW は, いずれも負荷間に有意な差は認められなかった。

$P\lambda$ および $P\lambda/BW$ は, いずれも負荷が3~4 kp になるまで増加し, 4 kp 以上では若干低下する傾向にあった。

P_{max} および P_{max}/BW は, いずれも負荷の増大にともない大きくなる傾向にあった。

図2に, 加速および全速局面で発揮されるパワーを比較するために, $P\lambda$ と P_{max} を負荷ごとに示した。

3~5 kp の負荷では, $P\lambda$ は P_{max} より有意に大きい値を示し, 6, 7 kp の負荷では, 両者間に有意な差は認められなかった。同様の傾向は, $P\lambda/BW$ と P_{max}/BW においても認められた。

なお, V_{max} の平均値は, 3 kp の負荷では $18.7 \pm 1.5 \text{m/s}$ であり, 負荷の増大にともないほぼ直線的

Table 1 Total anaerobic work, force and power during 5-s pedalling at each load

	Load (kp)					F value	Difference
	3	4	5	6	7		
TW (kgm)	329.2±38.6	378.0±53.8	402.4±71.8	403.5±89.6	405.8±125.9	50.25*	7,6,5>4>3
f_0 (kg)	15.2± 3.0	15.3± 3.5	15.0± 3.4	14.7± 3.5	14.9± 4.0	1.42*	
$P\lambda$ (kgm/s)	88.6±16.3	92.8±21.0	90.8±22.0	85.3±24.3	83.1±31.1	14.46*	3>7 4,5>6,7
P_{max} (kgm/s)	56.1± 4.6	71.3± 6.6	82.0± 9.4	86.7±15.0	90.2±22.0	236.44*	7,6>5>4>3
TW/BW	5.05±0.54	5.80±0.57	6.13±0.69	6.13±0.88	6.12±1.34	51.40*	7,6,5,4>3
f_0/BW	0.23±0.04	0.23±0.03	0.23±0.32	0.22±0.32	0.23±0.04	1.68	
$P\lambda/BW$	1.35±0.18	1.40±0.18	1.37±0.20	1.28±0.23	1.24±0.32	20.82*	3>7 4,5>6,7
P_{max}/BW	0.86±0.10	1.10±0.11	1.26±0.12	1.32±0.16	1.36±0.24	253.80*	7,6>5>4<3

1. n=83

2. * : $p < 0.01$ > : $p < 0.01$

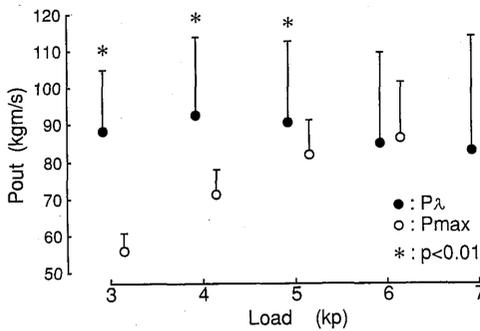


Fig. 2 Pλ and Pmax at each load exerted in 5-s maximal bicycle pedalling

* : Statistically significant between Pλ and Pmax at each load by t-test

に低下した。7 kp の負荷では 12.9 ± 3.1 m/s であった。

3. 全力ペダリングにおける総仕事量と各局面の成績との関係

図3に、TW と f_0 、Pλ、Pmax との相関係数、および TW/BW と f_0 /BW、Pλ/BW、Pmax/BW との相関係数を負荷ごとに示した。

TW と Pλ、Pmax との相関係数は、いずれも負荷の大小にかかわらず、ほぼ一定の値を示した。TW と f_0 との相関係数は、負荷が 3~4 kp になるまで増加し、4 kp 以上ではほぼ一定の値を示した。TW と Pλ、Pmax との相関係数は、TW と f_0 との相関係数より、いずれの負荷においても大きい値を示した。

TW/BW と f_0 /BW、Pλ/BW との相関係数は、いずれも負荷の増大にともない大きくなる傾向にあった。TW/BW と Pmax/BW との相関係数は、負荷が 3~5 kp の場合には減少の傾向を、5~7 kp の場合には増加の傾向を示した。TW/BW と Pλ/BW、Pmax/BW との相関係数は、TW/BW と f_0 /BW との相関係数より、いずれの負荷においても大きい値を示す傾向にあった。

4. 脚伸展力と全力ペダリング中に発揮される総仕事量および各局面の成績との関係

図4に、Fext と TW、 f_0 、Pλ、Pmax との相関係数、および Fext と TW/BW、 f_0 /BW、Pλ/BW、Pmax/BW との相関係数を負荷ごとに示した。

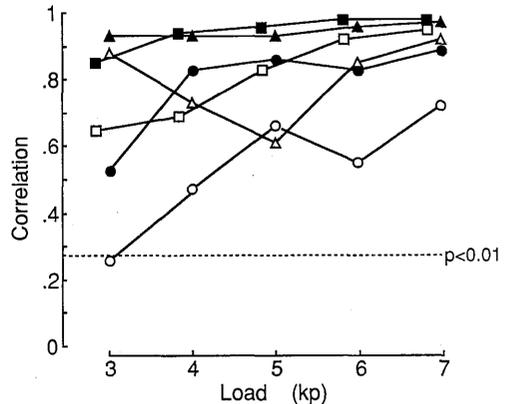


Fig. 3 Correlations between TW and TW per body weight, and parameters of three phases exerted in 5-s maximal bicycle pedalling

- : TW vs f_0
- : TW vs Pλ
- ▲ : TW vs Pmax
- : TW/BW vs f_0 /BW
- : TW/BW vs Pλ/BW
- △ : TW/BW vs Pmax/BW

Fext と TW、 f_0 、Pλ、Pmax との相関係数は、いずれも負荷が 3~4 kp になるまで若干増加し、4 kp 以上ではほぼ一定の値を示した。

Fext と TW/BW、 f_0 /BW、Pλ/BW、Pmax/BW との相関係数は、いずれも負荷の増大にともない大きくなった。これらの相関係数は、いずれも負荷が小さい場合には有意でないか、あるいは負の相関関係が認められる傾向にあった。いずれの負荷においても、Fext と Pλ/BW との相関係数が最も大きい値を示した。また、Fext と Pmax/BW との相関係数が最も小さい値を示した。

図5に、Fext/BW と TW/BW、 f_0 /BW、Pλ/BW、Pmax/BW との相関係数を負荷ごとに示した。

Fext/BW との相関係数は、いずれも負荷の増大にともない若干大きくなる傾向にあった。これらの相関係数は、負荷が小さい場合には有意でなかった。6 kp までの負荷において、Fext/BW と TW/BW、Pλ/BW との相関係数が最も大きい値を示した。

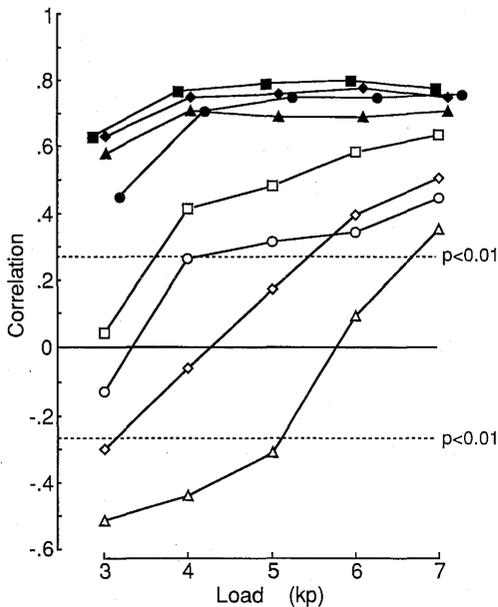


Fig. 4 Correlations between leg extension force and anaerobic power exerted in 5-s maximal bicycle pedalling

- ◆ : Fext vs TW
- : vs fo
- : vs Pλ
- ▲ : vs Pmax
- ◇ : Fext vs TW/BW
- : vs fo/BW
- : vs Pλ/BW
- △ : vs Pmax/BW

IV. 考 察

1. 全力ペダリングによる無氣的パワーの測定について

自転車エルゴメーターの全力ペダリングによる無氣的パワーの測定では、数種類の負荷を用いて、それぞれの負荷の最大速度に達した時点のパワーの中で、最大値を最大無氣的パワーとして評価している^{3,8,11,12,13,16,21}。

本研究において、最大速度に達した時点のパワー (Pmax) は、負荷が小さい場合には、最大速度の2/3に達する時点のパワー (Pλ) より有意に小さい値を示した。このことは、従来の測定方法では、特に負荷が小さい場合において、発揮されるパワーの最大値を評価できないことを意味している。本研究では、各負荷でのパワーの最大値を算出し

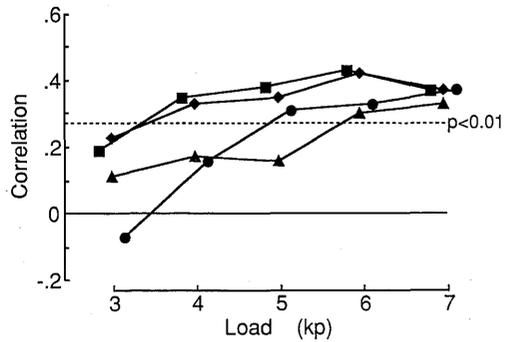


Fig. 5 Correlations between leg extension force per body weight and anaerobic power exerted in 5-s maximal bicycle pedalling

- ◆ : Fext / BW vs TW / BW
- : vs fo / BW
- : vs Pλ / BW
- ▲ : vs Pmax / BW

なかった。しかし、本研究において、加速局面で発揮されたパワーの最大値 (4 kp) は、全速局面で発揮されたパワーの最大値 (7 kp) より大きかったことを考えると、従来測定していた最大無氣的パワーは、全力ペダリングにおいて発揮されるパワーの最大値を必ずしも十分にとらえているものではないと考えられる。

渋川ら¹⁵⁾は、加速の初期には、自転車エルゴメーターの慣性部分を加速させるのに必要なパワーが、出力パワーの大部分を占めること、摩擦負荷が小さい場合にその傾向が顕著であることを報告している。したがって、本研究の結果は渋川らの報告を支持するものであり、全力ペダリングによる無氣的パワーの測定では、摩擦負荷と慣性負荷の2つの負荷に対するパワーを考慮しなければならないことを示唆している。

2. スタート、加速、全速の各局面の力・パワーから見た全力ペダリングで発揮される無氣的パワーの特性

全力ペダリングと50m疾走の加速特性は類似している¹⁵⁾。生田ら⁴⁾は、50m疾走において、スタート時のパワーと平均疾走速度との間に正の相関関係が認められることを報告している。山川²⁰⁾は、スタート時のパワーと加速能力が、ペダリングで到達する最高スピードに重要であることを示唆して

いる。本研究では、スタート、加速、全速の各局面における力・パワーは、いずれの負荷においても、5秒間の総仕事量に大きな影響を与えることが認められた。これらはいずれも、スタート、加速、全速のすべての局面における力・パワーを大きくすることは、より大きな無氣的作業を遂行するために重要であることを示唆するものと考えられる。

また本研究では、体重当たりで見た総仕事量は、負荷が大きい場合には、より力型の無氣的パワー¹⁰⁾が発揮される加速局面でのパワーに最も大きく影響され、負荷が小さい場合には、よりスピード型の無氣的パワー¹⁰⁾が発揮される全速局面でのパワーに最も大きく影響されることが認められた。このことは、全力ペダリングにおいて発揮される無氣的パワーは、負荷の大きさによって異なる意味を持つことを示唆している。したがって、自転車エルゴメーターを用いた無氣的パワーのトレーニングや測定では、負荷を調節することによって、力型またはスピード型の無氣的パワーを発達させたり、評価することができると思われる。

3. 脚伸展力から見た全力ペダリングで発揮される無氣的パワーの特性

本研究では、脚伸展力の絶対値は、いずれの負荷においても、5秒間の総仕事量および各局面の力・パワーの絶対値に大きく影響を及ぼすことが認められた。また、脚伸展力が総仕事量および各局面の力・パワーの相対値に及ぼす影響は、負荷の増大にともない大きくなることが認められた。金子⁷⁾は、筋力と慣性車輪で発揮されるパワーとの間には有意な正の相関関係があること、またその相関係数は負荷の増大にともない大きくなることを示している。また、Werchoshanskij¹⁰⁾は、筋力が肘伸展運動における速度に及ぼす影響は負荷の増大にともない大きくなることを示している。これらの結果は、本研究の結果を支持するものである。したがって、自転車エルゴメーターの全力ペダリングで発揮される無氣的パワーは、絶対値で見た場合には、いずれの負荷においても、最大筋力によって大きく影響されること、また体重当たりの相対値で見た場合には、負荷が大きくなるにつれて、最大筋力によって大きく影響されることが考えられる。

一方、脚伸展力が各局面の力・パワーに及ぼす

影響は、負荷の小さい3kpの場合を除くと、スタートおよび加速局面が全速局面より若干大きいことが認められた。このことは、全力ペダリングでは短距離疾走と同様に、スタート、加速局面において筋力が重要な役割を演じること、負荷が大きい場合にその傾向が顕著であることを示唆するものである。

本研究では、脚伸展力が総仕事量および各局面の力・パワーに及ぼす影響は、3kpの負荷において最も小さいことが認められた。また、負荷が小さい場合には、脚伸展力と総仕事量および各局面の力・パワーの相対値との間には、有意な正の相関関係が認められない傾向にあった。Voigt¹⁷⁾は、高強度のウェイトトレーニングによる最大筋力の増大は、負荷のない運動(空手の突き)での速度に影響を及ぼさないことを示している。これらは、負荷が極端に小さい場合には、アイソメトリックな筋力以外の他の要因が無氣的パワーの発揮に影響することを示唆するものと考えられる。本研究では、負荷が非常に小さい場合の無氣的パワーに影響する要因を明示することはできない。しかし、ハイスピードでの運動やパワーの発揮に、筋線維動員の神経的なコントロール⁹⁾、運動ニューロンの活性¹⁾、筋線維組成¹⁸⁾が影響していることを考えあわせると、負荷が非常に小さい場合の無氣的パワーの発揮には、一つには神経-筋の機能的要因がより大きく影響しているものと考えられる。

なお、本研究では、負荷が小さい場合においては、脚伸展力と全速局面における体重当たりのパワーとの間に有意な負の相関関係のあることも認められた。本研究では、その原因を明示することはできないが、このことについては、上述のことと関連づけて今後さらに検討する必要があると考えられる。

V. 要 約

全力ペダリングで発揮される無氣的パワーの特性、および無氣的パワーと筋力との関係を明らかにするために、大学男子陸上競技部員83名を用いて、脚伸展力、および3~7kpの5種類の摩擦負荷に対する全力ペダリング中における5秒間の総仕事量とスタート、加速、全速の各局面の力・パワーを測定した。

結果は以下のとおりである。

- 1) 加速局面のパワーは全速局面のパワーより

も、負荷が小さい場合には有意に大きい値であった。

2) 体重当たりの総仕事量との間の相関係数は、負荷が小さい場合には全速局面のパワーが最も大きく、負荷が大きい場合には加速局面のパワーが最も大きい傾向にあった。

3) 脚伸展力との間の相関係数は、加速局面のパワーが最も大きく、全速局面のパワーが最も小さい傾向にあった。脚伸展力と各局面で発揮される体重当たりのパワーとの相関係数は、負荷の増大にともない大きくなった。

上述の結果から、全力ペダリングによる無気的パワーの測定では、慣性負荷を考慮に入れる必要があることが示唆された。また、全力ペダリングにおいて発揮される無気的パワーのタイプは、負荷の増大にともないスピード型から力型へと移行すること、そのために、負荷が大きい場合の5秒間の総仕事量および各局面の無気的パワーには、筋力が大きく影響を及ぼすことが示唆された。

参 考 文 献

- 1) Caiozzo VJ, Perrine JJ and Edgerton VR(1981) : Training-induced alterations of the in vivo force-velocity relationship of human muscle. *J Appl Physiol* 51 : 750-754.
- 2) 猪飼道夫, 金子公有 (1965) : パワー (瞬発力) の研究II. *体育の科学* 15 : 634-639.
- 3) 生田香明, 猪飼道夫(1972) : 自転車エルゴメーターによる Maximum Anaerobic Power の発達の研究. *体育学研究* 17 : 151-157.
- 4) 生田香明, 渡部和彦, 大築立志(1972) : 50m疾走におけるパワーの研究. *体育学研究* 17 : 61-67.
- 5) 岩原信九郎 (1986) : 教育と心理のための推計学, 第30版. 日本文化科学社, 東京, pp. 244-247.
- 6) Kanehisa H and Miyashita M(1983) : Effect of isokinetic muscle training on static strength and dynamic power. *Eur J Appl Physiol* 50 : 365-371.
- 7) 金子公宥(1974) : 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス. 杏林書院, 東京, pp. 53-56.
- 8) Katch V, Weltmann A, Martin R and Gray L (1977) : Optimal test characteristics for maximal anaerobic work on bicycle ergometer. *Res Quart* 48 : 319-327.
- 9) 金原 勇, 大西暁士, 阿江通良, 高松 薫 (1973) : 走高跳の踏み切りにおける身体各部位の使い方に関する基礎的研究. 昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 6, pp. 12-25.
- 10) 金原 勇, 高松 薫, 辺土名博司, 阿江通良 (1975) : 身体資源としてのパワーのとらえ方に関する基礎的研究. *東京教育大学スポーツ研究所報* 13 : 27-50.
- 11) La Voie N, Dallaire J, Brayne S and Barrett D (1984) : Anaerobic testing using the Wingate and Evans-Quinney protocols with and without toe stirrups. *Can J Sports Sci* 9 : 1-5.
- 12) 中塘二三生, 田中喜代次, 渡辺一志, 福田 隆 (1986) : 単一負荷での自転車作業による最大無酸素性パワーの推定. *Jap J Sports Sci* 3 : 567-571.
- 13) 中村好男, 武藤芳照, 宮下充正(1984) : 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる推定法. *Jap J Sports Sci* 3 : 834-839.
- 14) 渋川侃二, 吉本 修, 植屋清美(1968) : 自転車エルゴメータ作業の力学的考察. *東京教育大学スポーツ研究所報* 6 : 55-62.
- 15) 渋川侃二, 斎藤慎一, 井田時子(1972) : 自転車エルゴメータの慣性とそれがパワーに及ぼす影響. *東京教育大学スポーツ研究所報* 10 : 61-67.
- 16) 高松 薫, 佐藤芳弘, 宮坂雅昭, 高森秀蔵 (1989) : 無気的パワーにおける“力型”と“スピード型”のタイプから見たラグビー選手の特性. *体育学研究* 34 : 81-88.
- 17) Voigt M and Klausen K(1990) : Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programmes. *Eur J Appl Physiol* 60 : 370-376.
- 18) 和田正信, 勝田 茂 (1989) : 筋線維タイプから見たスポーツパフォーマンス. *Jap J Sports Sci* 8 : 62-68.
- 19) Werchoshanskij J (1978) : Zum speziellen Krafttraining der Werfer und Springer. *Lehre der Leichtathletik* 27 : 897-900.
- 20) 山川 純 (1974) : 自転車ペダリングにおける power. (編)キネシオロジー研究会「身体運動の科学I」. 杏林書院, 東京, pp.158-177.
- 21) 山本正嘉, 中村好男, 宮下充正(1985) : 90秒間連続の最大努力作業時に発揮されるパワーに関する研究—最大無酸素性パワーおよび最大有酸素性パワーとの関連から— . *Jpn J Sports Sci* 4 : 308-313.