

100 m 疾走記録と機械的出力パワー

——本学入学選考実技試験の自転車エルゴメーターテストの検証——

石井喜八*・山田 保**・高橋勝美***・伊坂忠夫*

(昭和 62 年 5 月 6 日受付, 昭和 62 年 6 月 26 日受理)

100 m-Sprint-Run Test and Anaerobic Power Test

—Verification of the Validity of Bicycle Ergometer Test as an Entrance Examination of Nippon College of Physical Education—

Kihachi ISHII, Tamotsu YAMADA, Katsumi TAKAHASHI,
and Tadao ISAKA

The purpose of this study was to examine the relationship between the performance time of 100 m-sprint-run and the mechanical power output by means of the 7 seconds duration, 10% of load relative to the body weight, bicycle ergometer test, which was employed as a kind of physical exercise test for the entrance examination and also to verify the validity of the bicycle ergometer test based on the physiological and methodological assessment. The 107 male college students served as the subjects to examine the relationship between 100 m sprint run test and mechanical power output generated by the bicycle ergometer test, and 2177 male and 467 female candidates for the entrance examination of N.C.P.E. were employed to verify the validity of the bicycle ergometer test. The results were as follows; a) The bicycle ergometer test was superior than the 100 m-sprint-run test as an anaerobic power test because it could be performed with less artificial and/or circumstantial error. b) The bicycle ergometer test was verified more valid as an anaerobic power test to evaluate the exercise performance of the candidates for the entrance examination of N.C.P.E. On the other hand, it was necessary to reconsider the load of the bicycle ergometer imposed to the female candidates, because they had larger body fats relative to their body weights. c) The higher the volume percent of fast twitch fiber to the muscle volume of lower limb, the higher the score of the bicycle ergometer test. Furthermore, it might be supported that the higher scored candidates, such as successful applicants to our college, had the greater possibilities to increase the muscle mechanical power with training.

身体運動場面での生体筋のエネルギー供給と放出の研究は、これまで、主として有酸素解糖系が主な対象となつて進められてきた。運動生理学の領域では、これらの間接的に、生体の酸素運搬系から接近し、この機能系の総合指標として、最大酸素摂取量が測定されてきた。この指標は身体の運搬持続能をあらわすことになる。

しかし、日常生活の中でも、また、多くのスポーツ運動の中でも、爆発的・短時間の激運動がみられる。バス

や電車の“駆け込み・とび乗り”ばかりでなく、日常生活での激しい作業を行うときに、あるいはスポーツ場面であれば、投てき、跳躍、短距離疾走、重量あげ競技に限らず、体操競技、格技、各種の球技、ラケットスポーツ種目などに、爆発的・短時間の激運動は、すべて含まれる勝負決定の主要な要素と思われる。近年では、マラソン競走を含めた中長距離の持久走種目においても、この能力はレースのかけ引きや、ラスト・スパートの場面で

* 体育研究所, ** 社会体育学 2・トレーニング研究室, *** キネシオロジー研究室

よく目につく運動形態である。この能力を生体筋のエネルギー供給と放出系からいえば、無酸素性運動能力とよばれている。この能力は 100 m や 200 m の短距離疾走の記録であらわしたり、運動生理学では最大酸素負債量をもって測定してきた。しかしながら、短時間・激運動といわれるときの時間は 100 m や 200 m 走にみられる運動時間より、さらに短い時間内で発揮されている。したがって、酸素負債量といわれる運動後の酸素消費量では測定が不可能となった²⁾。

近年、10 秒以内の激運動能力をとらえるために、各種の試みが進められてきたが、一般的に、自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーをもってあらわす方法が提案されている。

本研究は 100 m 疾走記録と自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーの関係を確かめ、本学入学選考実技試験に行われる自転車エルゴメーターテストの妥当性を検証することが目的である。

方法

この実験は 2 つの手順をとる。その 1 つは 100 m 疾走記録と自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーの測定を行うことである。もう 1 つは、自転車エルゴメーターによる機械的出力パワー測定を多数の体育専攻志願者に試み、その分布をみることである。

[測定 1]

本学運動部に所属し、毎日規則的に体力、および各スポーツ技術の向上に取り組んでいる男子学生（年齢 19～22 歳）の 107 名が被検者として参加した。

100 m 疾走は直線走路で行われた。各被検者は準備運動および数回のスタート練習を行ったのち、申告により、ほぼ近似した記録を持つ 2 名を 1 組として走らせた。ゴール近くで大きく離れたときには、再度試行を行った。出発合図員および記録員は訓練をした者を選んだ。

出発時にはスターティングブロックを用い、クラウチングスタートをもって出発した。計時は手動式で行った。

自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーの測定は以下のように行った。用いた自転車エルゴメーターは電気制動式 (Powermax-V コンビ社製) である。この機器の特徴は、1 kp の負荷を入力したとき、95.5 kg·cm のトルクを発揮する。したがって、1 分間あたりの機械的出力パワーは次の式であらわされる。

$$P(\text{watts}) = \frac{X_{kp} \times 0.955_{\text{kgm}} \times 9.8_{N/kp} \times 2\pi \times N_{rpm}}{60 \text{ sec}}$$

$$= 0.98X \cdot N$$

但し、X: 入力負荷 N: 1 分間あたりの回転数

課された負荷は各体重に対する相対負荷である (0.1 kp·BW⁻¹)。各被検者は 7 秒間の全力ペダリング運動を行った。7 秒間発揮した機械的出力パワーの平均値 (Mean Power, MP) がディスプレイ表示板にあらわれる。これは上式により、附属するミニコンピューターが算出する。

一方、上記の被検者の中から 28 名を任意に抽出して、100 m 疾走後、および、7 秒間全力ペダリング運動後の、3 分目、6 分目、9 分目のそれぞれの 3 時点の血漿乳酸濃度を測定した。標本血液は上腕肘静脈から特に医師および臨床検査技師によって採血され、ヘパリン処理ののち、遠心分離した血漿を HER-100 型 (東洋紡社製) 乳酸分析器により測定した。

[測定 2]

本学体育館に十数台の電気制動式自転車エルゴメーター (Powermax-V, コンビ社製) が隣接して配列され、各エルゴメーターには、2 名ずつの測定員を配置した。このテストに先立ち、各被検者の体重を測定し、その 10% を負荷として自転車エルゴメーターに入力した。下肢が、ほぼ伸展になるようにサドルの高さを調整し、両足はトゥクリップとバンドで、ペダルに固定した。被検者は全力ペダリング運動を行うよう要請された。運動時間は 7 秒間である。被検者は全員が、昭和 62 年度本学入学志望者の試験選考受験者である。その内訳は、男子 2177 名、女子 467 名である。

結果

100 m 疾走記録と 7 秒間全力ペダリング運動中に発揮した平均パワーの関係は、全く相関がない (Fig. 1)。そこで、自転車ペダリング運動は体重に比例している負荷がかけられている。一方、100 m 疾走は各人の体重を運んでいることから、体重あたりの平均パワーと 100 m 疾走記録の関係をみた。その図が Fig. 2 である。両者の相関は 0.526 の係数を示し、負の関係である ($P < 0.001$)。

任意抽出した 28 名の被検者についての体重あたりの平均パワーと、血漿乳酸濃度の関係は、相関係数 (r) が 0.611 と正の相関がある (Fig. 3)。

測定 2 の結果のまとめを Table 1 に示した。総人数、測定値の平均、標準偏差、群最小値、群最大値、平均標準誤

Table 1. Statistical results

N	Mean	Standard deviation	Minimum value	Maximum value	STD Error of mean	Sum	Variance
2177	13.17	1.28	6.1	16.9	0.0276	28674.6	1.6584
467	9.63	1.36	5.0	14.4	0.0630	4497.7	1.8574

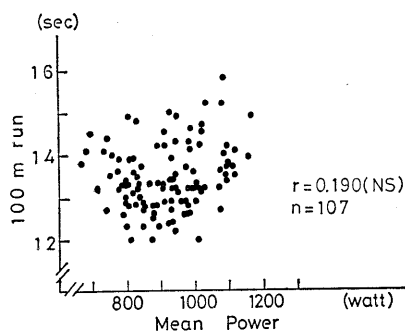


Fig. 1. The relationship between mean power and 100 m run record

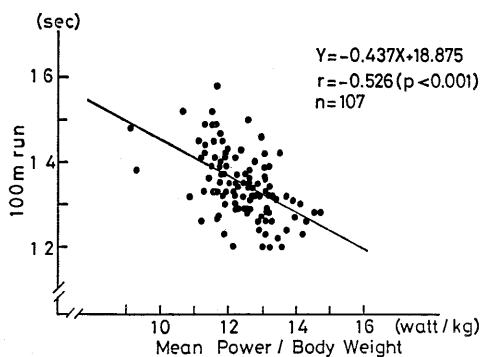


Fig. 2. The relationship between mean power per body weight and 100 m run record

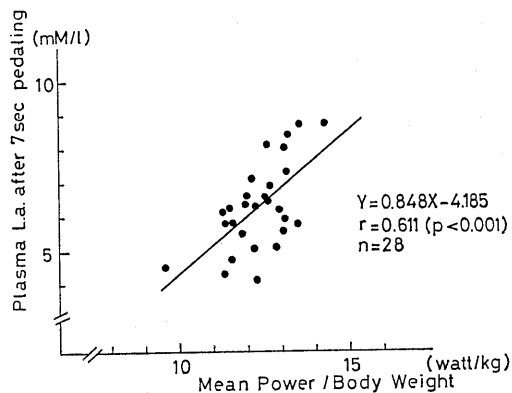


Fig. 3. The relationship between mean power per body weight and max. plasma lactate after 7 seconds pedaling

論議

フィールドにおける performance test の結果と、自転車エルゴメーターによる機械的パワーの出力値との関係をみた研究報告はいくつかある^{1),3),4)}。performance test に用いられた走破距離は、最初の報告¹⁾では 40 m, 300 m, 600 m である。続く報告³⁾では、40 m, 300 m, 2000 m と走破距離を一部変更した。その意図は無酸素性能力と有酸素能力が区別してフィールドテストでとえられるかというものであった。最近の報告⁴⁾では、50 yd 走と 600 yd 走を行わせたものがある。この研究はフィールドテストとして垂直とびと、立幅とびという筋パワーテストとの関連をみたからである。

一方、自転車エルゴメーターテストとして用いられた“短時間”という時間の長さが問題である。初期の報告では 30 秒間のペダリング運動を課している。次の報告では同様に、30 秒間の運動を行わせるが、5 秒ごとに機械的パワーの出力をみている。最近の報告では、初期の 5 秒間運動で出力した機械的パワーを無酸素性パワー (Anaerobic Power) とし、30 秒間中に発揮した機械的パワーを無酸素性能力 (Anaerobic Capacity) と区別している。

差、測定値総計、分散の順にあらわした。測定値の単位は $\text{watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ である。また、群の区別としての sex は、1 が男性、2 が女性である。

平均値±標準偏差は、男性が $13.17 \pm 1.28 \text{ watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ 、女性が $9.63 \pm 1.36 \text{ watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ である。分布幅は 6.1~16.9 $\text{watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ (男性)、5.0~14.4 $\text{watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ である。各性の分布の内訳を Fig. 4 (男性)、Fig. 5 (女性) に示した。それぞれの図は体重あたりの機械的出力パワー ($\text{watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$) が 0.5 $\text{watts} \cdot \text{kg BW}^{-1}$ の級階数となっている。いずれの図の分布も、ほぼ正規分布に近い。

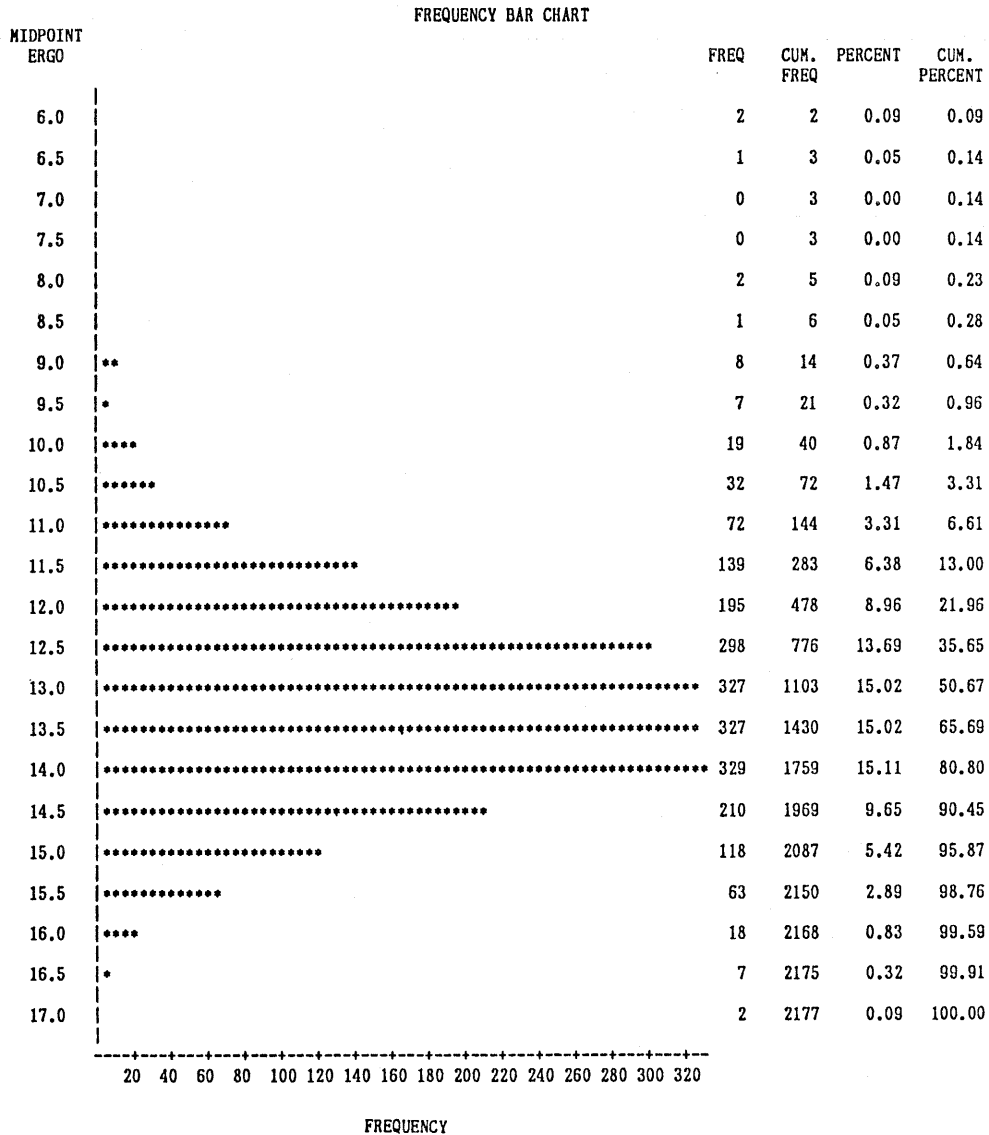


Fig. 4. Frequency bar chart (Male)

更にもう一つの問題がある。被検者の年齢である。これまで記述した報告の順にこれをみると、 12.0 ± 1.7 yrs, 16~35 yrs そして、 12.0 ± 1.7 yrs である。

本研究の目的の1つは本学入試の実技テストとして、100 m 疾走が行われていたが、自転車エルゴメーターによる短時間全力運動テストは 100 m 疾走テストに換わり得るかということである。

われわれの 100 m 疾走記録の結果は、 13.4 ± 0.8 秒 ($N=107$) であり、自転車エルゴメーターの運動時間は

7 秒間であった。先行研究の中で、疾走時間の実測値が示されているものは最近の報告だけである。50 yd 走 (45.7m) では 6.95 ± 0.54 秒 ($N=35$) という。われわれの被検者は体育専攻学生である。50 m 疾走により無酸素パワーの段階別を試みることは、標準偏差からみても極めて困難といえる。移動指標による視覚刺激反応時間は 0.1 秒の分散は常にみられるところである。したがって、フィールドテストとしては 100 m 疾走をテスト種目として選ばざるを得ないことになる。一方、自転車エル

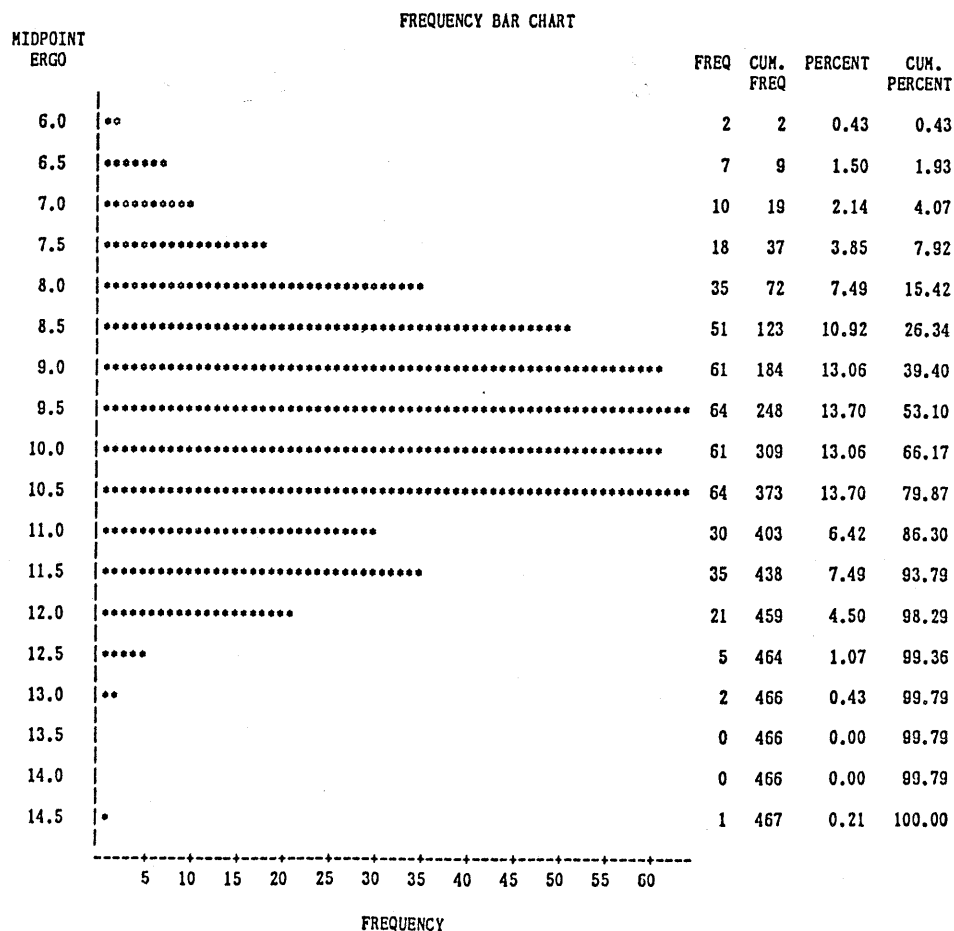


Fig. 5. Frequency bar chart (Female)

ゴメーターによる7秒間激運動テスト結果は、 918 ± 115 watts ($N=107$) という平均値および標準偏差を示す。負荷は電氣的制動でかけられ、ペダリングの回転数も電氣的に数えられるということで、人為的誤差はない。さらに、100 m 疾走記録と体重あたりの機械的出力パワーの間には相関が認められる ($P < 0.001$)。

上述のことから、本学受験生に対して、自転車エルゴメーターによる7秒間全力運動テストは100 m 疾走テストに換えることができる。さらに、測定値は人為的誤差が除かれる利点も加わるといえる。

本研究の第2の目的は、自転車エルゴメーターによる7秒間全力運動のテストが本学受験生にとって妥当性があるかということである。測定評価の観点からいえば、段階的区分は可能かということになる。

本学受験生を対象とした測定結果をまとめてみると、

男女とも、ほぼ正規分布がえがかれている。それぞれの変動係数 ($SD/M \times 100$) は9.7 (男子) と14.1 (女子) である。この結果は男子にとっては妥当なものといえる。しかしながら、女子にとっては、体重の10%の負荷は、やや強すぎたことを推測させる。

最後に、われわれは基礎実験として、自転車エルゴメーターによる7秒間全力運動で出力した機械的パワー(体重あたり)と静脈血中乳酸値の関係をみたところ、高い正の相関 ($r=0.611$, $P < 0.001$) を示した。

このことは、体重あたりの機械的出力パワーの大きい者は、短時間に解糖系が参加する能力があると解することができる。

他方、無酸素的パワーの大きい者は、fast twitch fiber が相対的に多い筋肉の持主であることが示されている。さらに、筋パワートレーニングは fast twitch

fiber の面積を増大させることが認められている⁵⁾。これらから、本学入試に行われた実技テストの1つとして、100 m 疾走テストとともに、自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーのテストは、下肢筋群における fast twitch fiber が相対的に多い人々を選び出していることになり、入学後、筋パワートレーニングの効果が期待される人々であると推察できる。

ま と め

1. 本学入学試験で行われる実技テストの1種である自転車エルゴメーターによる7秒間全力運動テストと、100 m 疾走記録の関係を調べた。

2. その結果、以下のことがわかった。

a) 体育専攻学生に対する無酸素性パワーテストとして、自転車エルゴメーターテストは100 m 疾走テストより優れている。

b) この自転車エルゴメーターテストは受験生の年齢を考慮した無酸素性テストとして妥当性が認められた。

なお、女子に対する荷重の大きさは再検討の余地があることが示唆された。

c) この自転車エルゴメーターテストは下肢筋群の fast twitch fiber の相対的に多い人々を選抜していることが示唆された。さらに、選抜された人々は筋パワートレーニングの効果が予測される人々であることが推論される。

この研究を進めるにあたって、課題を与えて下さった大学当局の方々に、心から御礼申し上げます。また、統計処理にお手伝をいただいた井川正治助教授に感謝致します。

文 献

- 1) Bar-Or, O., and O. Inbar: Relationships among anaerobic capacity, sprint and middle distance running of school children. In Shephard, R. J., and H. Lavalley (Eds.) *Physical fitness assessment*, pp. 142-147. Springfield: Charles Thomas, 1978.
- 2) Gaesser, G. A., and G. A. Brooks: Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**: 29-43, 1984.
- 3) Inbar, O., P. Kaiser, and P. Tesch: Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance. *Int. J. Sports Medicine*, **2**: 154-159, 1981.
- 4) Tharp, G. D., R. K. Newhouse, L. Uffelmann, W. G. Thorland and G. O. Johnson: Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate anaerobic test. *Res. Quart.*, **56**: 73-76, 1985.
- 5) Thorstensson, A.: Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, **443**, 1976.