

自転車エルゴメータ全力漕ぎ運動時の無酸素パワー と陸上競技100m走の記録との関連について

岡野 亮介

I 目的

自転車エルゴメータの全力漕ぎ運動によって得られる無酸素パワーと短距離疾走能力との間に相関関係が見られることは数多く報告されてきている^{1~4)}。

従来、自転車エルゴメータによる無酸素パワーの測定方法にはウィングートテスト^{5,6)}や中村らの方法⁷⁾等があり高い評価を受けてきた。前者は、体重の7.5%に相当する負荷で30秒間の全力漕ぎ運動を行い5秒毎の平均パワーや駆動開始から30秒間内のパワーの平均変化率等で非乳酸性能力、乳酸性能力及びパワーの減衰に基づく筋の疲労特性を評価する方法を用いている^{5,6)}。後者は、負荷とペダル回転数が一次の直線関係にあるという特性を利用して、異なる3種類の負荷の5~10秒間の全力漕ぎ運動で得られる車輪1回転当りの最小所要時間から、最小自乗法を用い、ペダル1回転当りの平均パワーの最大値(最大無酸素パワー)を推定する方法を採用している⁷⁾。

ところで、陸上競技100m走における疾走速度はスタートから30~40mあたりで最高となり、その後70~80mまで最高スピードは維持され、その後フィニッシュまではそのスピードがやや減速すると言われている^{8,9)}。局面として捉えてみれば100m走にはスピードの初期加速期、維持期(等速期)、減速期の3つがあると言えるであろう。これは脚パワーの変化を反映しているものであり、またこの時期の存続する時間間隔は個人の能力によって異なるところである。一方自転車エルゴメータの全力漕ぎ運動時のパワーの推移においても100m走と同様の局面があることは想像できる。無酸素パワー測定上の前提として最初から全力で駆動する、つまりペース配分をしてはならないという条件があるため、上記局面の表出は100m走の疾走スピード以上に著明であると推察される。

以上の特性を考慮すれば、100m走の記録との関連性を求める時、自転車エルゴメータを駆動した5秒間の平均パワーや車輪1回転当りのピークパワーの最大値のみからでなく、上記各局面から算出されるパラメータからも求める必要があると考えられる。これらの着想に

基づいて本研究では次の2点を検討することを目的とした。

①100m走における10m毎の疾走速度と、異なる3種の負荷で自転車エルゴメータを全力漕ぎ運動した時のパワーの推移を比較する。これより疾走速度とパワーの推移の時間的関係を把握しかつどの負荷で駆動した時が疾走速度等と明瞭な関連性を得られるかを明らかにする。

②①で明らかになった負荷で駆動した時の各局面での時間、平均パワー及びパワーの平均変化率と、100m走の記録との相関性を求め、従来の方法で求めたパワーと100m走の記録との相関性を比較する。

なお、本研究ではパワーの推移をより細かく観察するために車輪半回転当りのパワーを、Monark社製の自転車エルゴメータを用いて、連続して求めた。

II 研究方法

本研究では中村らの方法⁷⁾に準拠して車輪半回転当りの所要時間から最大無酸素パワーを推定する方法を採用するため、負荷と車輪半回転当りの所要時間から求められる1分間当りのペダル回転数との間に有意な直線回帰性が存在するか否かをまず検証した。この実験の対象は、健康な男女9名(19~32歳)で、負荷は男子は3~9kp、女子は2~8kpのそれぞれ7種類で、各負荷に対して7~10秒間の全力漕ぎ運動を行わせた。試行間の休息時間は3分以上とした(実験1)。

実験2は、高校男子陸上競技選手9名(年齢、身長及び体重の平均値と標準偏差はそれぞれ15.6±0.7歳、171.0±4.0cm、63.3±7.2kg)を対象とした。彼らの100m走の過去最高記録の平均値と標準偏差は11.72±0.35秒(11.2~12.3秒)であった。彼らは10m毎に支柱の置いてある100m走路をクラウチングスタートからピストルの合図によって全力疾走し、支柱通過時の記録を3名の検者がプリンター付きストップウォッチ(計測単位は1/100秒)によって求めた。3名の平均値を各時点の所要時間とした。この測定の2週間後に自転車エルゴメータにて全力漕ぎ運動を行わせた。負荷は3種類で、第1負荷は各被検者の体重に応じて3kpないし4kp¹⁰⁾、第2負荷は体重の約10%に相当する負荷、第3負荷は体重の約7.5%に相当する負荷を課した。第1と第2負荷での駆動時間は100m走の記録が平均11.87秒であったことから12秒間とした。第3負荷ではウィングートテスト方式でパワーを求めかつ40秒パワー¹¹⁾を計測する意図から駆動時間は40秒間とした。

実験3は、14~19歳の男子陸上競技選手29名(年齢、身長及び体重の平均値と標準偏差はそれぞれ16.4±0.9歳、172.2±4.6cm、63.3±5.6kg)を対象とした。彼らの過去1年間の100m走の平均値と標準偏差は11.52±0.46秒(10.8~12.8秒)であった。彼らも自転車エルゴメータによる全力漕ぎ運動を行い、負荷は実験2の時と同じであったが、駆動時間は第1、第2負荷と

も 10 秒間であった。

実験 2・3 とも、2 分間のウォーミングアップの後全力漕ぎ運動をさせたが、試行間の休息時間は実験 2 では 5 分間、実験 3 では 3 分間とした。両実験とも測定にあたって被検者には次の点に留意した。1. サドルの高さとハンドルの位置を駆動しやすいように調節する。2. 駆動中には腰を浮かせない。3. 最初から全力で駆動させる。4. 経過時間を教示しない。

最大無酸素パワーは、両実験とも各負荷における駆動開始から 10 秒以内の最高ペダル回転数と負荷から推定した。なお無酸素パワーの計測は以下の要領で行った。まず自転車エルゴメータの車輪に取り付けた 2 個の鉄製ナットが磁気センサー(オムロン社製直流 3 線式近接スイッチ)通過時に発する電気的パルスを増幅器を介して増幅し、データレコーダ(TEAC 社製 MR-10)に収録した。後刻データレコーダからシュミットトリガー回路とワンショットマルチ回路を通じて整流し(図 1)、A/D 変換ボード(カノーパス社製 ADX-98E)を介してマイクロコンピュータ(NECPC-9801RA21)へ転送し、1000 分の 1 秒単位で車輪半回転毎の所要時間を計測し、1 分間当りのペダル回転数に変換した。これを次式に代入し車輪半回転毎の平均パワーを連続して求めた。

$$P(\text{パワー})=L0 \times R \times 6 \div 6.12 \times 14 / 52 (\text{単位は watt})$$

L0: 負荷

R: 1 分間当りのペダル回転数

14/52: ギヤ比

6: ペダル 1 回転で移動する距離(単位は m)

また本研究における無酸素パワーの測定システムは、あらかじめ磁気センサーの約 5cm 前に位置したナットが、最初にセンサーを通過した時から計測を開始する

ようにプログラムを構成しているため、スタートの合図から駆動の要素は考慮していない。

なお本研究における自転車エルゴメータによる無酸素パワーの実験場所は(財)北陸体力科学研究所(石川県小松市)であり、100m 走の実験場所は石川県星稜高等学校の陸上競技場であった。

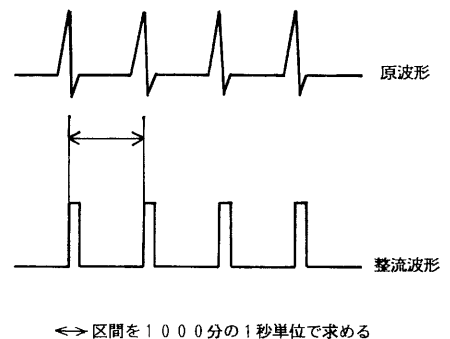


図 1 波形の整流

III 結果及び考察

1) 実験 1

各負荷とペダル回転数を直線回帰した時の相関係数を表 1 に示した。7 種類の負荷から求めた相関係数は -0.961 ~ -0.996 でいずれも有意で高い値であった。これより車輪半回転当りに得られる最高ペダル回転数と負荷の直線回帰式から最大無酸素パワーを推定することは十

分可能であることが確認できた。

2) 実験 2

図 2 に 100m 走における 10m 毎の平均疾走速度の変化と 3 種の負荷で自転車エルゴメータを駆動した時のパワーの推移の 1 例を表示した。平均疾走速度の時間的変動と 3 つのパワーのそれとの関係はいずれも明瞭性に欠くように思われる。次にパワーの推移をより平滑化するために 1 秒毎の平均パワーを求めそれと平均疾走速度の変化を 9 名の平均値から観察したのが図 3 である。

表 1 負荷とペダル回転数との相関

被検者	性別	年齢 (歳)	r	p
1	男性	19	-0.991	**
2	男性	29	-0.987	**
3	男性	22	-0.977	**
4	男性	32	-0.961	**
5	男性	28	-0.971	**
6	女性	24	-0.990	**
7	女性	26	-0.973	**
8	女性	19	-0.996	**
9	女性	22	-0.990	**

男性：3～9kp
女性：2～8kp

** : p < 0.01

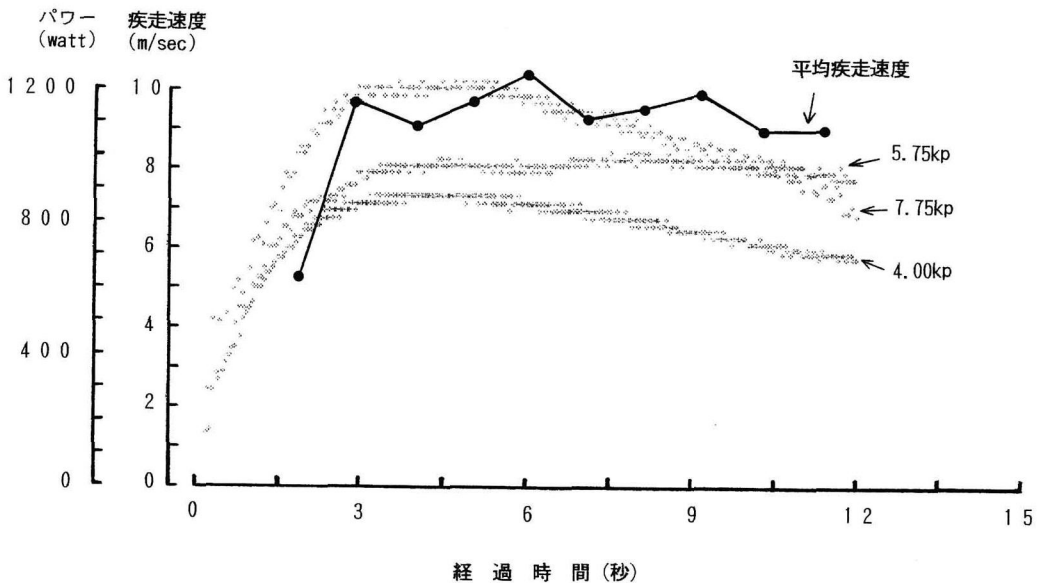


図 2 車輪半回転当たりの平均パワーと 10m 毎の平均疾走速度の推移

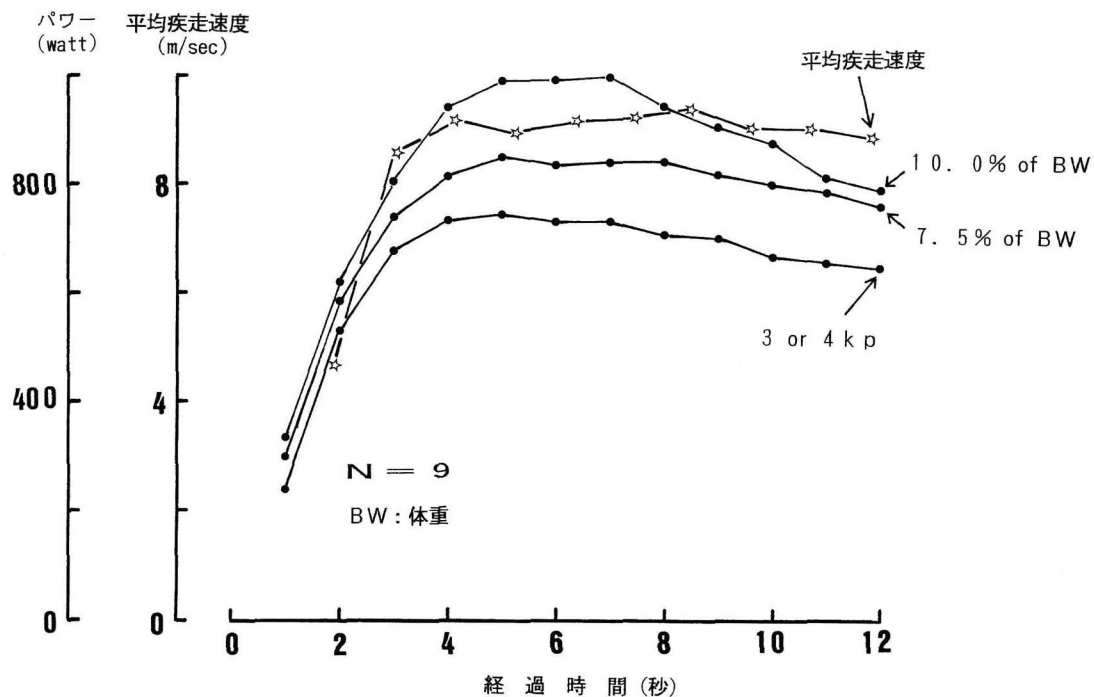


図3 1秒毎の平均パワーと100m走における10m毎の平均疾走速度の推移

これにしても両者の時間的変動に明確な対応関係は窺われないように思われる。次にパワーの推移を初期増加期(A)、維持期(B)、減衰期(C)、ピークパワー発現までの時期(D)として分割し、それぞれの所要時間(A-T~D-T、各負荷での各所要時間の平均値と標準偏差は表2)、その区間の平均パワー(A-P~D-P)、及びその区間におけるパワーの平均変化率(その区間におけるパワーの変化量を所要時間で除した値、A-PD~D-PD、以上図4参照)と100m走における各所要時間及び各平均疾走速度との相関性を求めた結果を表3・4に示した。パワー推移の各変曲点の決定は2名の検者によってなされた。表3の結果では、軽い2つの負荷におけるパワーの各局面における所要時間と100m走における各距離までの所要時間との間には有意な相関性はみられなかったが、体重の10%の負荷の時には、40~80mにおいて、A-T及びD-Tに対して有意な正の相関が認められた。すなわち、自転車エルゴメータの全力漕ぎ運動においてパワーの初期増加に続く平衡化が早い者ほど、またピークパワーに達するまでの所要時間が短い者ほど、40~80mまでの疾走時間が短いことを意味している。しかし、A-Tで相関を持ち始める時の疾走距離である40mまでの所要時間が平均5.27秒であるのに対し、A-Tは4.07秒であった。またD-Tで相関を持ち始める時の疾走距離である50mまでの所要時間が平均6.37秒であるのに対し、D-Tは5.23秒であった。このように両パラメータの変曲点の時間関係に一致はみられなかった。これは冒頭でも述べたように、本研究における自転車エルゴメータの測定システムには、全力漕ぎ運動開始時に反応の要素を加えていないことと、最初から

全力運動をする動作と疾走配分をもった動作という両者の作業形態の違いに起因していると思われる。

次に 100m 疾走時の各 10m 毎の平均疾走速度と A-T~D-PD との間の相関性を求めてみると、40-50m の平均疾走速度と有意な相関係数が、3 つの負荷の各パラメータにおいて認められたが、体重の 10% の負荷のパラメータにおいて最も多数認められた(表 4)。平均疾走速度を 0-30m、30-60m、60-90m に区分して相関係数を求めてみると、30-60m の平均疾走速度と体重の 10% の負荷の各パラメータとの間にのみ有意な相関係数が認められた(表 4)。また示す相関の方向性も合理的と考えられた(例えば体重の 10% の負荷の D-PD と 40-50m の平均疾走速度が正であるということは、自転車エルゴメータで全力漕ぎ運動した時、ピークパワーに達するまでのパワーの平均増加率が大きい者ほど 40-50m の平均疾走速度は大きいことを意味する)。

これらの結果より、100m 疾走時の平均疾走速度や各距離までの所要時間との関連性を、自転車エルゴメータの様々なパラメータから求めようとした時には、体重の 10% 程度の負荷を用いることが適切であることが理解された。

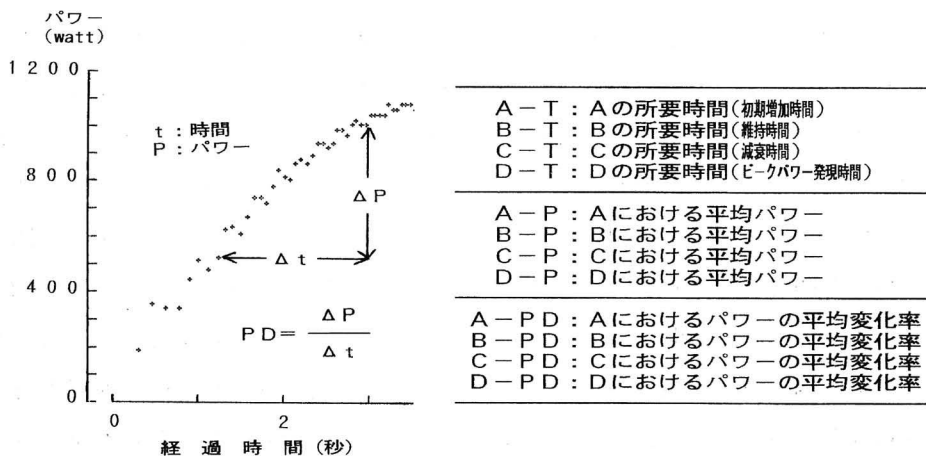
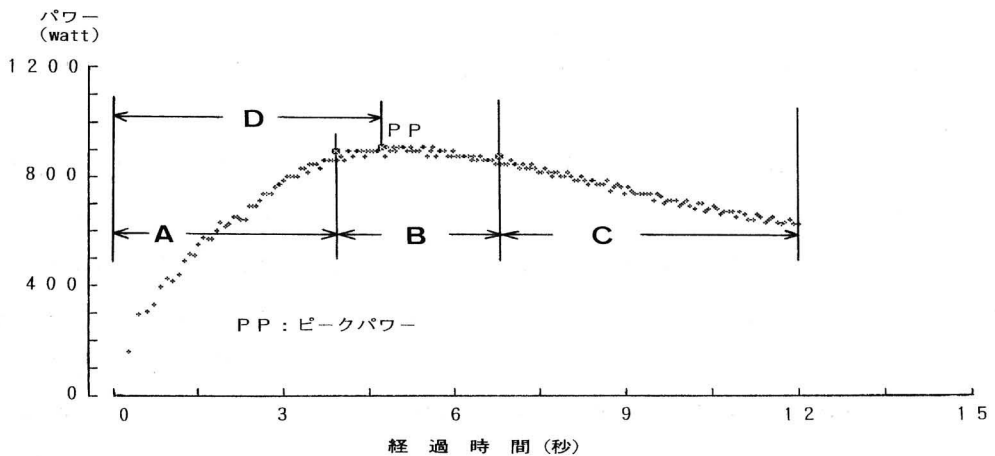


図4 車輪半回転毎のパワーの推移の分割及び各パラメータの名称

表2 3種類の負荷におけるA-T～D-Tの平均値と標準偏差

負荷		A-T	B-T	C-T	D-T
3 or 4 k p	平均値	3. 2 3	3. 9 4	4. 8 1	3. 7 6
	標準偏差	0. 1 8	1. 3 5	1. 3 7	0. 4 2
7.5% of BW	平均値	3. 6 6	4. 3 4	3. 9 9	5. 3 1
	標準偏差	0. 6 2	1. 4 2	1. 7 1	1. 5 9
10.0% of BW	平均値	4. 0 7	3. 1 5	4. 7 7	5. 2 3
	標準偏差	0. 5 2	0. 5 3	0. 6 6	0. 8 2

単位は秒 BW: 体重

表3 3種類の負荷におけるA-T～D-Tと100m走における各所要時間との相関性

距離 負荷	距離						
	30m	40m	50m	60m	70m	80m	
3 or 4 k p	A-T	-0. 3 6 5	-0. 3 0 7	-0. 1 5 6	-0. 0 8 2	-0. 1 9 5	-0. 1 3 2
	B-T	0. 5 6 5	0. 3 8 3	0. 4 3 0	0. 3 0 6	0. 1 9 2	0. 3 0 5
	C-T	-0. 5 0 7	-0. 3 3 5	-0. 4 0 2	-0. 2 9 0	-0. 1 6 3	-0. 2 8 2
	D-T	0. 1 0 5	0. 2 3 5	0. 3 4 0	0. 4 4 7	0. 2 9 6	0. 3 3 4
7.5% of BW	A-T	0. 4 8 9	0. 3 1 5	0. 3 3 0	0. 2 8 3	0. 2 0 0	0. 2 2 8
	B-T	0. 2 9 4	0. 3 9 2	0. 5 6 5	0. 5 0 4	0. 5 3 5	0. 5 1 3
	C-T	-0. 4 2 4	-0. 4 4 2	-0. 5 9 2	-0. 5 2 4	-0. 5 1 9	-0. 5 1 1
	D-T	-0. 2 5 3	-0. 3 7 3	-0. 3 8 5	-0. 3 2 5	-0. 3 4 1	-0. 4 3 5
10.0% of BW	A-T	0. 5 8 7	0. 6 8 6 *	0. 7 9 4 *	0. 8 3 3 **	0. 7 9 5 *	0. 7 9 5 *
	B-T	-0. 0 2 1	-0. 0 5 4	0. 0 4 2	-0. 0 9 4	-0. 2 0 4	-0. 0 5 2
	C-T	-0. 4 4 6	-0. 4 9 7	-0. 6 5 9	-0. 5 8 1	-0. 4 6 3	-0. 5 8 4
	D-T	0. 5 2 8	0. 6 2 1	0. 7 1 6 *	0. 7 5 1 *	0. 6 7 6 *	0. 7 0 8 *
所要時間 (秒)	平均値	4. 1 5	5. 2 7	6. 3 7	7. 4 6	8. 5 2	9. 6 3
	標準偏差	0. 0 8	0. 1 1	0. 1 5	0. 1 6	0. 1 7	0. 2 0

BW: 体重

*: p < 0. 0 5, **: p < 0. 0 1

表4 3種類の負荷におけるA-T~D-PDと100m走における各区分の平均疾走速度との相関性

負荷	区間	40-50 (m)	0-30	30-60	60-90
3 or 4 k p	A-T	-0.170	0.342	-0.170	0.295
	B-T	-0.407	-0.560	-0.015	0.120
	C-T	0.424	0.505	0.038	-0.158
	D-T	-0.462	-0.135	-0.571	0.100
	A-P	0.612	0.309	0.172	0.333
	B-P	0.568	0.311	0.132	0.306
	C-P	0.507	0.256	0.062	0.296
	D-P	0.462	0.208	0.015	0.300
	A-PD	0.568	0.197	0.173	0.252
	B-PD	0.153	0.068	0.092	-0.557
	C-PD	-0.905**	-0.388	-0.602	-0.551
	D-PD	0.823**	0.418	0.530	0.286
7.5% of BW	A-T	-0.269	-0.488	-0.029	0.035
	B-T	-0.757*	-0.307	-0.522	-0.339
	C-T	0.729*	0.435	0.446	0.270
	D-T	0.324	0.274	0.289	0.524
	A-P	0.622	0.052	0.323	0.367
	B-P	0.590	0.230	0.197	0.365
	C-P	0.660	0.282	0.317	0.465
	D-P	0.613	0.299	0.336	0.524
	A-PD	-0.044	0.412	0.159	0.107
	B-PD	0.539	0.283	-0.138	0.116
	C-PD	-0.237	-0.403	-0.370	-0.445
	D-PD	-0.373	-0.183	-0.253	-0.513
10.0% of BW	A-T	-0.798**	-0.598	-0.755*	-0.433
	B-T	-0.212	0.005	0.102	0.216
	C-T	0.799**	0.468	0.513	0.168
	D-T	-0.709*	-0.551	-0.678*	-0.449
	A-P	0.703*	0.175	0.310	0.344
	B-P	0.794*	0.235	0.281	0.174
	C-P	0.780*	0.256	0.532	0.541
	D-P	0.687*	0.166	0.316	0.331
	A-PD	0.935**	0.520	0.734*	0.533
	B-PD	0.185	0.235	0.281	0.174
	C-PD	-0.746*	-0.324	-0.239	-0.130
	D-PD	0.910**	0.543	0.724*	0.570

BW: 体重

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

3) 実験 3

表 5 にウィングートテストで得られたピークパワー（全力漕ぎ運動開始から 5 秒毎の平均パワーのピーク値）と 10 秒仕事量、3 種の負荷より推定した最大無酸素パワー、10%の負荷で駆動した時の 10 秒間の平均パワー及び A-T~D-PD までの平均値と標準偏差並びにこれらのパラメータと 100m 走の記録との相関係数を示した。ウィングートテストによるピークパワーや 10 秒仕事量及び 3 種の負荷より推定された最大無酸素パワーはいずれも 100m 走の記録と有意な相関関係にあり、前 2 者よりも最大無酸素パワーの方がやや高い相関係数を示した。また体重の 10%の負荷による 10 秒間の平均パワー、A-P~D-P 及び A-PD と D-PD も 100m 走の記録と有意な相関関係にあり、特に B-P と C-P は最大無酸素パワーよりやや高い相関係数を示した。これらのことより、自転車エルゴメータの全力漕ぎ運動開始からピークに達するまでのパワーの平均増加率が大きい者ほど 100m 走の記録は速く、パワーの維持されている時及び減衰している間の平均パワー値は、100m の記録との関連において最大のパワー値よりも深い関係にあることが理解された。また重回帰分析の手法を利用して、100m 走の記録を目的変数とし、A-P、B-P、C-P 及び最大無酸素パワーを説明変数として各パワーの 100m 走の記録に対する相対的貢献度を比較したのが表 6 である。目的変数と説明変数の相関係数と標準偏回帰係数の積和が決定係数に等しいことから、相関係数と標準偏回帰係数の積である貢献量の決定係数に対する割合を相対的貢献度とした¹²⁾。この結果からも、最大無酸素パワーよりも C-P や A-P の方が高い貢献度を持つことが示された。

表 5 各パラメータの平均値と標準偏差及び 100m 走の記録との相関性

項目		平均値	標準偏差	r	p
ピークパワー	(watt)	780.6	75.7	-0.479	**
10秒仕事量	(watt)	706.2	83.1	-0.499	**
最大無酸素パワー	(watt)	997.5	129.3	-0.595	**
10秒平均パワー	(watt)	807.8	113.8	-0.605	**
A-T	(sec)	4.382	1.039	0.263	
B-T	(sec)	2.514	0.637	-0.343	
C-T	(sec)	3.102	0.992	-0.056	
D-T	(sec)	5.108	0.941	0.342	
A-P	(watt)	663.2	96.8	-0.581	**
B-P	(watt)	961.5	116.0	-0.619	**
C-P	(watt)	889.9	90.0	-0.639	**
D-P	(watt)	704.9	105.0	-0.561	**
A-PD	(watt/sec)	232.2	69.7	-0.380	*
B-PD	(watt/sec)	2.1	6.9	0.325	
C-PD	(watt/sec)	-41.8	12.0	0.307	
D-PD	(watt/sec)	204.7	59.1	-0.483	**

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

表6 各パラメータの100m走の記録に対する相対的貢献度

説明変数	相関係数	標準偏回帰係数	貢献量	相対的貢献度 (%)
C-P	-0.639	-0.496	0.317	76.9
A-P	-0.581	-0.122	0.071	17.2
B-P	-0.619	-0.022	0.014	3.4
最大無酸素パワー	-0.595	-0.017	0.010	2.5

重相関係数：0.642

決定係数：0.412

F値：4.218 ($p < 0.05$)

短距離疾走においてゴール前のスピードが減速してくる時期は、空気抵抗や疾走フォームのロス等で筋の部分的疲労が発現する時期であるが、この時の減速を最小限に阻止することがこの時期の有利な疾走技術であり、勝敗に大きく結びつく要素となっている⁸⁾。自転車エルゴメータの全力駆動時のC-Tは、上記の疾走部分に対して完全な時間的対応性を有しているわけではないが、競技成績との関連性を把握しようとした時、C-Pの重要性は示唆されたと思われる。

以上より、100m疾走の記録と、自転車エルゴメータにおけるパワーの各変曲区分における平均パワー値との関連性を求める意義が示唆されたが、パワーの変曲点の決定方法に今後さらに工夫が必要であろう。

IV まとめ

高校男子陸上競技選手9名を対象に、100mの全力疾走を行わせ10m毎にその記録を計測し、2週間後に異なる3種の負荷で自転車エルゴメータを全力漕ぎ運動させた結果と、男子陸上競技選手29名を対象に異なる3種の負荷で自転車エルゴメータを全力漕ぎ運動させ、100m走の記録との相関性を求めた結果、以下のことが明らかとなった。

①100m走における平均疾走速度の変化と自転車エルゴメータによる無酸素パワーの推移との間には、変曲点に時間的一致は認められなかったが、自転車エルゴメータによる無酸素パワーの各変曲点に至る時間や局面における平均パワー等に有意な相関関係が認められ、その傾向は体重の10%の負荷で駆動した時に特に顕著であった。この結果より、100m走における所要時間を含めた様々なパラメータの変化と無酸素パワーの変化との関係を求める時には、体重の10%程度の負荷を用いることが適切と判断された。

②体重の10%の負荷で自転車エルゴメータを全力駆動した時、維持期及び減衰期の平均パワーの100m走の記録との相関係数は、最大無酸素パワーやウィングテストで求めたピークパワーや10秒仕事量の相関係数よりもやや高い傾向であった。また、パワーがピークかあ

るいは維持状態に達するまでの平均変化率（増加率）と 100m 走の記録との間にも有意な相関係数が認められた。これらより無酸素パワーを各局面に区分して、その区分の平均パワー及び平均変化率から 100m 走の記録との関連性を求めることの意義が示唆された。

参考文献

- 1) Crielaard, J. M. & Pirnay, F. Anaerobic and aerobic power of top athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47, 295-300, 1981.
- 2) 浅見 俊雄, 宮下 充正, 渡辺 融編. 現代体育・スポーツ体系 17. 馬術・自転車・モータースポーツほか, 初版, III 自転車運動の科学, 講談社, 東京, 105-120, 1985.
- 3) 丸山 敦夫, 美坂 幸治, 長岡 良治, 鳥丸 卓三, 杉本 英夫, 高山 俊彦. 無酸素パワーとパフォーマンスの相関関係についての一考察, 日本体育学会第 33 回大会号, 287, 1982.
- 4) トレーニング科学研究会編. 競技力向上のスポーツ科学 I, 初版, [II] トレーニングの科学的基礎, 2. 各種パワーテストの成績と 100m 走タイムとの関係, 朝倉書店, 東京, 224-229, 1989.
- 5) Bar-Or, O. The Wingate test: an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, 4, 381-394, 1987.
- 6) Maud, P. J. & Shultz, B. B. Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Res. Quart.*, 60, 144-151, 1989.
- 7) 中村 好男, 武藤 芳照, 宮下 充正. 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法, *J. J. Sports Sci.*, 3, 834-839, 1984.
- 8) 浅見 俊雄, 宮下 充正, 渡辺 融編. 現代体育・スポーツ体系 13, 陸上競技. 初版, III 陸上競技のトレーニング, 講談社, 東京, 115-118, 1985.
- 9) 古藤 高良編. 体育授業シリーズ 陸上競技指導ハンドブック, 第 12 版, 3 陸上競技指導展開の実際, 大修館書店, 東京, 69-99, 1983.
- 10) 宮下 充正編. 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム, 初版, 3. 最大無酸素パワーの測定, ソニー企業, 東京, 67-76, 1986.
- 11) 前掲 10). 4. 40 秒パワーの測定, 77-80.
- 12) 野村 照夫, 松浦 義行. 水泳パフォーマンスに関与する能力の抽出とその相対的貢献度, *体育学研究*, 31, 293-303, 1987.