

ランニングタイムにかかわる体力要素の分析

大谷 和 寿*・久保田 康 毅*

Kazutoshi OHTANI and Kohki KUBOTA
A Factor Analysis of Physical Fitness on
Some Running Events

I はじめに

運動種目の特性を生理学的側面から究明する上で、体力との関係を見ることは意義あることである。競技成績を生み出す体力要素を考え、その関連性を知ることにより、各種目において必要とされる体力要素が明らかになれば個人の種目適性を判定したり、トレーニングを行ったりする際の有力な指標となりうる。

ところで、体力は一般的に防衛体力と行動体力に分類される。猪飼¹⁾によると、防衛体力はストレスやストレーンに耐えていく生存能力に相当し、行動体力は作業能力に相当している。本研究では運動と密接にかかわっている行動体力をとりあげ、ランニングタイムとの関係を調べた。尚、行動体力に形態面を含める考え方²⁾もあるが、ここでは機能面、すなわち行動をおこし、持続し、調整する能力を主としてとりあげた。

従来より体力とランニングタイムの関係についての研究は多数^{3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12)} なされてきている。しかしそれらは、走距離を短距離とか長距離とかに限定するか、もしくは体力要素をあらかじめ関係深いとみなされるものにしぼるかしてなされたものである。ここでは走距離として短・中・長距離をそれぞれとりあげ、行動体力としては機能面を多面的にとらえるために脚筋力・瞬発力・脚筋持久力・全身持久力・敏捷性をとりあげた。そして、これらの項目について測定し、短距離走・中距離走・長距離走それぞれにおいて中枢となる体力要素を明らかにすることを目的とした。

II 研究方法

測定項目は、行動体力として脚筋力（脚屈曲力・脚伸展力）、瞬発力（脚パワー）、脚筋持久力、全身持久力

（PWC₁₇₀）、敏捷性（光刺激と音刺激による単純反応時間と全身反応時間）をとりあげた。形態面では身長と体重を測定した。ランニングタイムは短距離走として50m走と100m走、中距離走として800m走、長距離走として有酸素的なものがエネルギー供給の大部分を占めるようになる¹³⁾ 4000走を計測した。

被験者を選ぶに当たって、ランニングタイムと体力の関係を他要因の介入をなるべくおさえてとりだすのには走ること慣れており技術的にも同質のグループを用いた方が適切であると考え、3年以上の競技歴を有する陸上競技部所属男子大学生を被験者として用いた。人数は32名であるが、内2名については被験者の都合（傷害）によりPWC₁₇₀の測定ができなかった。被験者の年齢は18～23才である。

測定期間は昭和55年9月8日から昭和56年3月3日までの間であった。

III 測定方法

1 脚筋力の測定

脚筋力の測定には竹井機器製の多用途筋力測定装置を使用し、等尺性最大筋力を左右の脚共2回ずつkg単位で

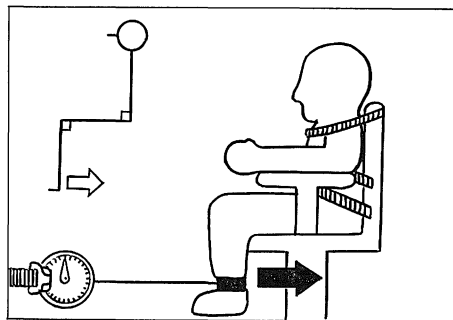


図1 脚屈曲力の測定

* 島根大学教育学部保健体育研究室

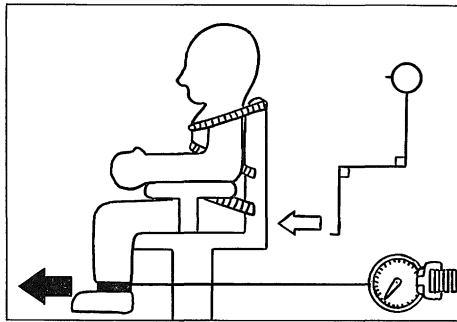


図2 脚伸展力の測定

求め、それぞれの脚の最大値の平均を採用した。

脚屈曲力・脚伸展力の測定方法は図1・図2のように椅坐位で膝角度を90°にし、上体および腰が動かないように3点式ベルトで固定して測定した。力量計は下腿と垂直になるように水平に保ち、筋力発揮は徐々に行うよう指示した。

2 筋パワーの測定

筋パワーの測定にはモナーク社製の自転車エルゴメーターを使用し、2 KP から7 KP まで1 KP ずつ負荷をあげ、各負荷毎に約10秒間全力でペダルをこがせた。そして、各負荷で測定したパワーのうちで最大値を脚パワーとした。

自転車こぎに際しては、被験者に自転車エルゴメーターのサドルの位置を足裏が最下位に来たとき膝に少し余裕をもって伸びた状態となるように調節させ、サドルから腰をあげないようにして運動させた。

パワーの計算に当っては、各負荷において最も速く車輪が回転している時点での10回転に要する時間を車輪回転数記録装置により求め、次式によりパワーの計算を行った。尚、記録用の紙送り速度は50 mm/sec. とした

$$\text{パワー} = \text{KP} \times \frac{6 \times 14 \times 10}{52 \text{ (m)}} \div \text{T} \text{ (sec.)}$$

(kg m/sec.)

6×14×10/52：車輪が10回転した時に動く距離 (m)

T：車輪が10回転するのに要した時間 (sec.)

3 脚筋持久力の測定

脚筋持久力の測定には等尺性最大筋力の1/3の重さを負荷として用い、走幅跳の踏切足について仰臥位で膝角度を90°から120°の状態まで伸展させる脚伸展作業を毎分50回の反復リズムで行わせ、リズムに合わせて作業出来なくなるまでの回数を求めた。測定に際しては図3のように、腰部をベルトで固定し上体が動かないようにして実施した。

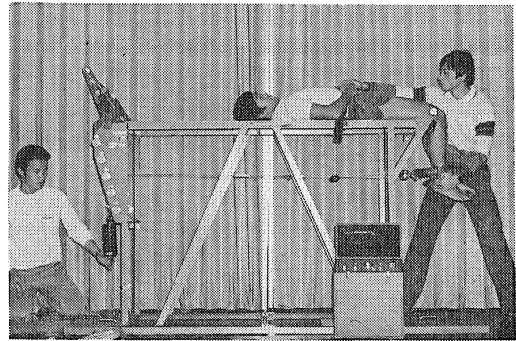


図3 脚筋持久力の測定

4 PWC₁₇₀ の測定

PWC₁₇₀ の測定にはモナーク社製の自転車エルゴメーターを用い、ペダルの回転数を50 rpm とし、リズムメイトにあわせて作業させた。

作業負荷の強度は3段階とし、運動中の心電図を胸部誘導法によりペン書きオシログラフを用いて記録し、各段階の最後の1分間の心拍数を求めた。テスト時間は12分間で4分目と8分目に作業強度を増した。テスト第1段階(0～4分)での心拍数は115～130 beats/min., 第2段階(4～8分)では130～145 beats/min., 第3段階(8～12分)では160～180 beats/min. となるようにした。

3種類の負荷による作業中の心拍数より PWC₁₇₀ を内挿法あるいは外挿法によって求めた。

5 反応時間の測定

反応時間の測定には1/1000 sec. まで計測できる竹井機器製デジタイマーを用い、刺激発生装置(光刺激・音刺激)および反応合図装置を連動させ、刺激発生時点から反応動作開始時点までを計時した。

測定は7回行い、最高値と最低値を省き、残り5回の平均値を記録とした。

反応合図装置として単純反応時間では電鍵、全身反応時間では跳躍台を用いて実施した。単純反応時間の測定に際しては、被験者に対し、利手人さし指で電鍵に軽く触れて刺激があったらできるだけ速くボタンを押すように指示した。全身反応時間の測定では、被験者に、膝関節を軽くまげて台上に立ち刺激があったらできるだけ速く跳びあがるよう指示した。そして、数回練習した後測定を行った。

検者は、「用意」の合図をしてから3～5秒後に刺激を与え、合図から刺激までの間隔が一定にならないように留意した。

6 身長・体重の測定

身長は、マルチン式身長計を用い 1/10cm 単位で計測した。

体重の測定には大和製衡社製の規格台はかりを使用し、1/10kg 単位で計測した。

7 ランニングタイムの測定

短距離走タイムの測定は、直線コースでスパイクシューズとスターティングブロックを使用して走らせ、1/10秒単位で計時した。

800m走タイムの測定は、一周400mのトラックを用いてスパイクシューズを使用して走らせ、秒単位で計時した。

4000m走タイムの測定は、一周400mのトラックでアップシューズを使用して走らせ、秒単位で計時した。

IV 結果および考察

1 各測定項目の最大値、最小値、平均値、標準偏差を表1に示した。

脚伸展力が脚屈曲力より大きく、両者の差は t 検定により0.1%の危険率で有意であった。

反応時間に於て、光刺激に対する反応時間と音刺激に対する反応時間を比較すると、単純反応時間・全身反応時間共に音刺激に対する反応時間が速く、t 検定によるいずれの場合も0.1%の危険率で有意差が認められている。

2 表2にランニングタイムと体力要素の相関係数を示した。これを走距離別にみていく。

1) 短距離走

短距離走と身長、体重、脚筋持久力との間には関係が認められない。

短距離走と脚パワーの関係をみると、脚パワーを体重当りに処理したときに50m走との間に1%の危険率で、100m走との間に0.1%の危険率で有意な相関が認められた。生田等⁴⁾も自転車エルゴメーターの体重当り最大パワーと50m疾走タイムとの間に高い相関(男子:r=-0.72, n=22, P<0.001, 女子:r=-0.88, n=9, P<0.01)が認められたと報告している。但し、生田等の脚パワー測定は3KPの負荷における最大値を求めたものであり、本研究の測定方法とは多少異なっている。

短距離走と脚筋力の関係をみると、脚屈曲力との間に

表1 各測定値の平均値と標準偏差

	身長	体重	脚パワー	脚パワー/体重	脚屈曲力	脚屈曲力/体重	脚伸展力	脚伸展力/体重	脚筋持久力	脚筋持久力/体重
	(cm)	(kg)	(kpm/sec)	(kpm/sec/w)	(kg)	(kg/w)	(kg)	(kg/w)	(time)	(time/w)
Max.~Min.	187.2~160.0	79.4~49.1	100.8~51.8	1.45~0.89	43.5~23.0	0.65~0.38	83.0~37.5	1.22~0.67	142~20	2.58~0.33
Mean	173.27	63.57	74.35	1.168	32.20	0.511	60.39	0.949	58.6	0.970
S.D.	6.65	9.04	14.07	0.129	5.76	0.078	11.93	0.139	25.7	0.481

	PWC ₁₇₀	PCW ₁₇₀ /体重	単純反応時間 (msec)		全身反応時間 (msec)		50m走	100m走	800m走	4000m走
	(kpm/min)	(kpm/min/w)	光	音	光	音	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)
Max.~Min.	1626~802	26.0~12.4	215~131	195~126	343~256	322~241	7.8~6.2	13.9~11.5	161~123	1263~782
Mean	1233.7	19.19	164.6	151.8	286.3	273.0	6.61	12.27	137.1	979.9
S.D.	193.5	2.90	20.6	18.2	21.4	18.6	0.33	0.57	11.7	139.4

表2 ランニングタイムと体力要素の相関係数

P<0.05 ※ P<0.01 ※※ P<0.001 ※※※

	身長	体重	脚パワー	脚パワー/体重	脚屈曲力	脚屈曲力/体重	脚伸展力	脚伸展力/体重	脚筋持久力	脚筋持久力/体重	PWC ₁₇₀	PWC ₁₇₀ /体重	単純反応時間		全身反応時間		
													光刺激	音刺激	光刺激	音刺激	
50m走	-0.078	-0.021	-0.280	※※※	-0.163	-0.101	※	-0.394	※※※※	0.209	0.203	※	※※	※※	※※※	※	※
100m走	-0.154	-0.035	-0.338	※※※	-0.193	-0.144	-0.343	※※	-0.510	0.197	0.182	0.294	※	※※	※※	※※	※
800m走	※	※※※	※※※	※※※	※※※	0.051	※※	0.552	0.005	-0.074	-0.260	0.128	※	※	0.002	0.154	0.190
4000m走	0.323	0.643	0.634	0.287	※※	0.107	※※	0.659	0.274	-0.216	-0.367	-0.163	※	※	-0.107	0.001	0.092

は相関が認められないが、脚伸展力との間には有意な相関がみられる。特に体重当りの脚伸展力との関係をみると、50m走で0.1%、100m走で1%の危険率で有意となっている。高橋³⁾は短距離疾走能力と脚筋力との間に統計的に有意な相関係数は得ていないながら、理論的には体重当り脚伸展力と短距離疾走能力の関係を認めている。以上のことから、短距離を速く走るには強い脚伸展力が必要であることが推定される。

脚パワーや脚伸展力は筋の機能に負うところの大きいものであるが、走が身体という重量物を移動させる運動である性格上、これらの値を単位体重当りに処理した方がよりランニングタイムとの関連が強まるようである。

短距離走と全身持久性の指標とされる PWC₁₇₀ との間には、PWC₁₇₀ の成績が良い程短距離走は遅いという結果が得られている。しかし、これは PWC₁₇₀ 自体が短距離走と関係を有しているのではなくて、PWC₁₇₀ に優れている長距離型の選手がこのグループ内で比較するとたまたま短距離走に弱かったためにこのような結果になったものと思われる。そこで長距離選手を除外した24名について計算すると(50m走と PWC₁₇₀ : $r=0.380$, 100m走と PWC₁₇₀ : $r=0.179$, 50m走と PWC₁₇₀/体重 : $r=-0.071$, 100m走と PWC₁₇₀/体重 : $r=-0.204$)となり有意な相関関係はみられなくなる。

短距離走と反応時間の間には、反応時間が速い者は短距離走も速いという関係がみられる。短距離走と光刺激による単純反応時間との間に1%水準、音刺激による単純反応時間との間に0.1%水準の危険率で有意な相関が認められた。全身反応時間では、50m走と音刺激によるもの間にのみ5%水準の危険率で有意な相関関係がみられた。手の動作による単純反応時間の測定よりも、体重の移動がかかってくる全身反応時間の測定が、走運動に近い様式であると考えられる¹⁴⁾にもかかわらず、単純反応時間が全身反応時間よりも短距離走と相関が高い結果となった。この他に、光刺激に対する反応よりも音刺激に対する反応が短距離走と相関が高い傾向がみられた。

反応時間とランニングタイムとの関係を短距離走に限らずにながめると、走距離が長くなるにつれて反応時間との関係がなくなってくる傾向がみられる。距離が短いほど、反応時間にかかわる神経要素や筋肉要素の機能の差がランニングタイムにあらわれてくるのであるが、距離が長くなるにつれてこれら以外の体力要素の関与が大きくなり、反応時間とランニングタイムの間に関係がみられなくなると考えられる。

2) 800m走

800m走タイムと身長の間で、身長が大きいと800m走タイムが悪くなるという相関関係が認められた。しかし、一般的に800m走には身長の高いことが必要であると考えられる¹⁵⁾のに逆の関係になったのは、身長と体重の相関が高い($r=0.790$, $P<0.001$)ため体重に影響されてこのような結果になったと思われる。そこで、800m走タイムと身長間の体重を消去した偏相関係数を求めると -0.493 となり、1%水準で有意である。このことから800m走に於ては身長が高い方が有利ということになる。

800m走タイムと体重の間に0.1%水準の危険率で、体重が多い程800m走タイムが悪くなるという相関関係が得られた。筆者等⁸⁾⁹⁾はすでに1500m走と体重の関係をとりあげ、1500m走の記録に対して体重がマイナスに作用していると報告した。以上のことから、中距離走において体重が重いことは非常に不利な要因とも言える。

800m走に於ては、身長が高いことは有利に、体重が多いことは不利に作用するという結果であった。そこで、ふとっているかやせているかをあらかず尺度として、もっともひろくもちいられている¹⁶⁾ローラー指数を身長と体重より求め、800m走タイムとの関係を調べた。800m走タイムとローラー指数間の相関は $r=0.697$ となり0.1%水準の危険率で有意な相関関係が認められた。すなわち、800m走にはやせ型でスマートな体型が適していると考えられる。

800m走タイムと脚パワー・脚屈曲力・脚伸展力との間に有意な相関関係がみられている。しかしこれは、筋量と体重の間に相関があり、さらに800m走タイムと体重の間にも相関関係があるために、800m走タイムと筋の機能面に関係が生じたものとする。そこで、偏相関を用いて体重因子を消去した。800m走タイムと脚パワー間の体重を消去した偏相関係数は -0.006 、800m走タイムと脚伸展力間の体重を消去した偏相関係数は -0.012 となり有意な相関は認められなくなる。800m走タイムと脚屈曲力間の体重を消去した偏相関係数は、 0.377 で5%水準の危険率で有意ではあるが、関係はかなり小さくなった。

800m走タイムと PCW₁₇₀/体重の間に1%の危険率で有意な相関が認められた。PWC₁₇₀は最大酸素摂取量と高い相関を有することが知られており^{10) 17) 18)}、全身持久性を呼吸循環機能の側面から評価する指標とされている。このことより、800m走の記録に有酸素的な作業能力の大小が影響をもつと推測される。

3) 4000m走

4000m走タイムと身長間の体重因子を消去した偏相関係数は -0.395 となり、5%水準の危険率で有意である。4000m走タイムと体重間の相関係数は 0.643 で、0.1%水準の危険率で有意である。4000m走に対して身長は有利に体重は不利に作用している。

4000m走タイムとローラー指数間の相関をみると、 $r=0.630$ となり0.1%水準の危険率で有意である。4000m走でも、800m走同様、やせ型でスマートな体型が良いと言える。

4000m走タイムと脚パワー・脚筋力との関係にも、800m走に於けるのと同様、体重因子の影響が大きくあらわれている。4000m走タイムと脚パワー間の体重を消去した偏相関係数を求めると 0.241 となり有意な相関は認められなくなる。4000m走タイムと脚屈曲力間の体重を消去した偏相関係数は 0.388 、4000m走タイムと脚伸展力間の体重を消去した偏相関係数は 0.356 となり、いずれも5%水準で有意ではあるが関係は少なくなっている。

4000m走タイムと脚筋持久力/体重の間に5%水準で有意な相関関係がみられる。4000mの距離になると脚筋が反復動作の能力にすぐれていることが、記録を決定する一要因となってくると考えられる。

4000m走タイムとPWC₁₇₀/体重との間に0.1%の危険率で有意な相関が認められる。筆者等は既報⁸⁾に於て、1500m走より3000m走がPWC₁₇₀/体重との相関係数が大きいとの結果を得ているが、800m走と4000m走の場合にも距離の長い4000m走がPWC₁₇₀/体重との相関係数が大きかった。距離が長くなると記録に対する有酸素的作業能力のかかわりが大きくなると言える。

V ま と め

陸上競技部男子大学生を対象としてランニングタイムと行動体力の関係を調べた結果を得た。

1 短距離走の記録にかかわりをもつ体力要素は脚パワー/体重・脚伸展力/体重・単純反応時間であり、これらそれぞれの体力要素にすぐれている者は短距離走の記録が良いという結果であった。

8 800m走に対しては体重因子が非常に不利に作用しており、やせ型でスマートな体型が適している。そして、PWC₁₇₀/体重の成績がすぐれている者は800m走タイムが良いという結果であった。

3 4000m走に対しても体重因子が不利に作用しており、やせ型でスマートな体型が適している。そして、PWC₁₇₀/体重や脚筋持久力/体重の成績がすぐれている者は4000m走タイムが良いという結果であった。

VI 引用文献

- 1) 猪飼道夫：身体運動の生理学，杏林書院，334，(1973)
- 2) 朝比奈一男・猪飼道夫・石河利寛：スポーツ科学講座・2・スポーツと体力，大修館書店，14，(1972)
- 3) 高橋善行：短距離疾走能力の分析的研究—脚筋力を中心として—，山形大学紀要（教育科学）3—2，15—26，(1963)
- 4) 生田香明・渡部和彦・大築立志：50m疾走におけるパワーの研究，体育学研究17—2，61—67，(1972)
- 5) 小林寛道・北村潔和・早水サヨ子・大田順子・松井秀治：中学・高校生の持久走力と Aerobic Power との関係，Nagoya Journal of Health, Physical Fitness & Sports 2—1，1—12，(1979)
- 6) Kaoru Kitagawa, Mitsumasa Miyashita and Keizo Yamamoto: Maximal Oxygen Uptake, Body Composition, and Running Performance in Young Japanese Adults of Both Sexes, Japanese Journal of Physical Education 21—6，335—340，(1977)
- 7) Mochiyoshi Miura, Kando Kobayashi, Mitsumasa Miyashita and Hideji Matsui: Effects of Two Years of Running Training on Maximum Oxygen Uptake and Running Speed, Nagoya Journal of Health, Physical Fitness & Sports 1，31—39，(1978)
- 8) 大谷和寿・久保田康毅：PWC₁₇₀と持久走の相関について，島根大学教育学部紀要（自然科学）10，49—54，(1976)
- 9) 大谷和寿・久保田康毅：1500m走と体重・身長・PWC₁₇₀の関係についての研究，島根大学教育学部紀要（自然科学）11，25—28，(1977)
- 10) 大谷和寿・久保田康毅・檜谷卓夫：持久走記録を制限する因子についての研究，島根大学教育学部紀要（自然科学）13，25—30，(1979)
- 11) 勝田 茂・今野道勝・今野和子：有酸素的作業能力とスポーツテストおよび2・3の持久性指標との関係について，九州大学体育学研究4—5，5—9，(1972)
- 12) 山崎省一・青木純一郎：長距離走者の競技記録と無酸素的能力，体力科学26，87—95，(1977)
- 13) D. K. Mathews and E. L. Fox: The Physiological Basis of Physical Education and Athletics, W. B. SAUNDERS COMPANY, 26—28，(1976)

- 14) 猪飼道夫・浅見高明・芝山秀太郎：全身反応時間の研究とその応用, *Olympia* 7, 18-27, (1961)
- 15) 金原 勇編：陸上競技のコーチング (1), 大修館書店, 414-417, (1976)
- 16) 木村邦彦：ヒトの発育, メヂカルフレンド社, 217, (1966)
- 17) 猪飼道夫：最大下負荷による作業能測定法の研究, 昭和43年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-10, (1968)
- 18) 吉沢茂弘・石崎忠利・高橋和宏・中島和子・北岡美美子：PWC₁₇₀ による都市と農村生徒の作業能の比較, 体育の科学20-9, 553-559, (1970)