HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	短距離選手と長距離選手のエネルギー供給系の比較
Author(s)	熱依汗; 柚木, 孝敬; 尾方, 寿好; 矢野, 徳郎
Citation	北海道大学大学院教育学研究科紀要, 86, 297-302
Issue Date	2002-06
DOI	10.14943/b.edu.86.297
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/28867
Type	bulletin (article)
File Information	86_P297-302.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

短距離選手と長距離選手のエネルギー供給系の比較

熱　依　汗・柚　木　孝　敬・尾　方　寿　好・矢　野　徳　郎

Comparison of Energy Supply System between Sprinters and Long Distance Runners

REYIHAN, Takahiro YUNOKI, Hisayoshi OGATA, Tokuo YANO

緒言

行動体力は，持久力，筋力および調整力から成る。それぞれの体力要因から人の体力的特徴を表わすことが出来る。例えば，長距離選手は持久力が優れ，短距離選手は筋力が優れている。しかし，短距離選手が筋力だけに長けているとは限られない。体力区分とは別に身体運動へのエネルギー供給の区分からの特徴があっても良いはずである。

長距離選手では，酸素運搬系が一般人より優れている。これが持久力の本体である。

短距離選手では，非乳酸生のエネルギー供給系が優れていると考えられるが，これは，筋力ではなく非乳酸性エネルギー供給系の特性を表すパワー因子やキャパシティー因子に相当する。したがって，これらの因子が一般人より短距離走者で優れていると考えられる。ただし，一般人との比較ではトレーニングの一般的効果によって，全ての要因が短距離走者の方が優れているという場合が生じる。

そこで，本研究では非乳酸性エネルギー供給系のパワーおよびキャパシティー因子を短距離選手と長距離選手とを比較することによって短距離選手のエネルギー供給系の特徴を検討した。

方法

被験者は，男子長距離選手6名，男子短距離選手7名であり，身体特性は表1に表した。実験開始に先立ち，全被験者に実験の主旨，内容および危険性について説明し，実験参加の承諾を書面にて得た。

自転車エルゴメーター（Power max-V II：Combi 社製）を用いて，被験者の体重の7.5%に相当する負荷強度で30秒間の全力自転車運動を行った〔ウィンゲートテスト（尾縣ら，2000)〕[1]。30秒間の最大パワーをピークパワー，30秒間の平均値は平均パワーとした。後日，被験者は，自転車エルゴメーター上で5分間の安静を保った後，ウィンゲートテストで得られた作業終了直前5秒間のパワー値の80%に相当する負荷強度で疲労困憊に至るまでの定常運動を行なった。被験者にはペダル回転速度を90 rpm に維持するように指示し，この速度が保た

表1 各被験者の年齢と身体特性

項目	被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
長距離	1	20	172	53.2
	2	20	178	68.9
	3	22	171	55.4
	4	20	175	61.2
	5	20	179	60.2
	6	19	170	60.2
	Mean	20	174	59.9
	SD	1.0	4	5.4
短距離	1	21	177	77.5
	2	21	167	59.0
	3	21	170	59.7
	4	21	171	69.2
	5	19	174	59.2
	6	22	165	57.1
	7	21	172	60.4
	Mean	21	171	63.2
	SD	1.0	4.1	7.4

れなくなった時点を疲労困憊時とした。作業終了後被験者は椅子に移動して30分間の座位回復をとった（短時間高強度運動負荷テスト）。

短時間高強度運動負荷テストにおいては，医用ガス分析器（ミナト医科学社製：AeromonitorAE-280S）を用いて，安静時，運動時および運動終了後30分間の安静回復時における毎分換気量($\dot{V}E$)，毎分酸素摂取量($\dot{V}O_2$)，毎分二酸化炭素排出量($\dot{V}CO_2$)をBreath-by-Breathに測定し，20秒毎に平均出力した。吸気および呼気流量は熱線流量計により計測した。この流量計の校正には2-literのシリンジを用いた。O_2およびCO_2濃度は，ジルコニア式O_2センサーおよび赤外線CO_2センサーを用いて計測した。これらのセンサーの校正は既知濃度の標準ガス（O_2，15.17%　CO_2，4.92%）により行なった。

血液中の乳酸濃度（La）は指先より微量（25 $\mu\ell$）の血液を，キャピラリーを用いて採取し，直ちにLactate Analyzer（YSI 1500Sport）により分析することによって求めた。採血は安静時，作業終了直後，および作業終了後3，6，10，20，および30分時に行った。運動終了後のキャパシティー因子およびパワー因子を推定するために，運動後の$\dot{V}O_2$を以下の指数関数式(1)に近似させることによって，非乳酸性のキャパシティーalacticO$_2$ debt)と乳酸性のキャパシティー(lactic O2 debt）を求めた（大島ら，1997)[2]。

$$\dot{V}O_2(t) = A1 \cdot \exp(-t/\tau 1) + A2 \cdot \exp(-t/\tau 2) + b \qquad (1)$$

$\dot{V}O_2$は運動終了時からt秒後での安静値以上の$\dot{V}O_2$，A1は速いコンポーネントの$\dot{V}O_2$の初期値，A2は遅いコンポーネントの$\dot{V}O_2$の初期値である。$\tau 1$および$\tau 2$はコンポーネントの時定数であり，bは安静時の酸素摂取量を示している。以下，式(2)，(3)のように，非乳酸性のキャパシティー，乳酸性のキャパシティーはA1と$\tau 1$，A2と$\tau 2$の積として求めた。

$$非乳酸性容量 = A1 \cdot \tau 1 \qquad (2)$$

$$乳酸性容量 = A2 \cdot \tau 2 \quad (3)$$

統計処理

長距離選手と短距離選手で得られた変量の差は対応のないスチューデントのt-testにより検定した。結果は平均値±標準偏差値（Mean±SD）で表した。統計的有意差水準は5％未満とした。

結果

表2は，短時間高強度運動時におけるの運動負荷（Work），運動持続時間（Duration）および運動後のピーク血中乳酸値（Lacpeak）を長距離選手と短距離選手で比較したものである。同表からわかるように，これら3つの値は，長距離と短距離との間には明確な差は見られなかった。

図1は，被験者一名（表2，No.1）の短時間高強度運動時における$\dot{V}O_2$の変化を示したものである。400 w負荷時の$\dot{V}O_2$は運動開始後速やかに増加し，70秒で疲労困憊に至り，酸素摂取量は3.49 ℓ/min（50.7 mℓ/kg/min）に達した。その後，$\dot{V}O_2$は速やかに低下した後にゆっくりした低下傾向を示した。

図2は，短時間高強度運動時における回復期の$\dot{V}O_2$の継続的変化を示したものである。回復期の$\dot{V}O_2$に近似した指数関数式から求めた速いコンポーネントの時定数は0.39分，遅い――コンポーネントの時定数は3.28分であった。また，速いコンポーネントの$\dot{V}O_2$の初期値A1は4.15 ℓ/min，遅いコンポーネントの$\dot{V}O_2$の初期値A2は0.63 ℓ/minであった。近似曲線はデータ内にあった。

表3に，式(1)から求めたパラメータを示した。また，式(2)，式(3)から求めた非乳酸性のキャ

表2　各被験者の運動負荷，運動持続時間および血中乳酸値

項目	被験者	Work (watts)	Duration (sec)	Lacpeak (mM)
長距離	1	400	70.0	7.62
	2	345	110	11.5
	3	319	70.0	8.05
	4	373	80.0	8.60
	5	295	80.0	9.88
	6	352	80.0	9.61
	Mean	347	81.7	9.21
	SD	37	14.7	1.43
短距離	1	353	90.0	11.1
	2	377	60.0	8.14
	3	326	110	13.1
	4	313	100	10.2
	5	328	100	11.6
	6	468	80.0	10.0
	7	383	80.0	8.51
	Mean	364	88.6	10.4
	SD	53.0	16.8	1.73

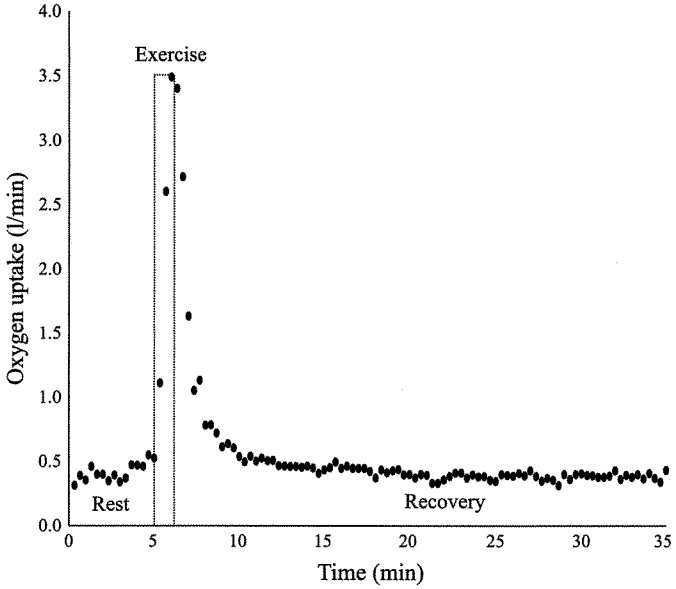

図1．短時間高強度運動負荷テストにおける酸素摂取量の変化

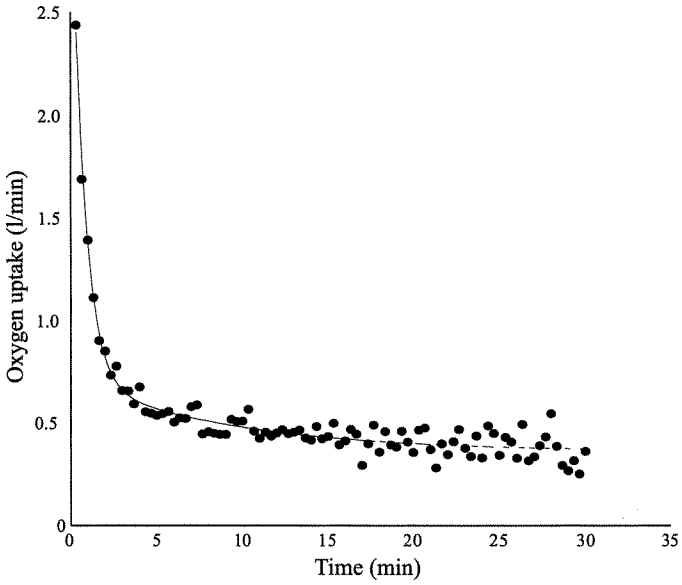

図2．運動終了時からの酸素摂取量
回帰直線は式(1)によって求められた。

パシテー因子，乳酸性のキャパシテー因子および酸素負債(O_2debt: alactic O_2 debt と lacticO_2 debt の和）を示した。非乳酸性のキャパシティー因子，乳酸性のキャパシティー因子および酸素負債においては，長距離選手より短距離選手の方が高い傾向にあるが，統計的に有意差は認められなかった。その他のパラメータにも両群間で有意差は認められなかった。また，乳酸性のキャパシティー因子を運動持続時間で割って乳酸性のパワー因子を求めた。乳酸性パワー因

表 3　各被験者の運動終了後回復期の酸素摂取量の動態を表すパラメータおよび酸素負債

項目	被験者	A 1 (l/min)	τ 1 (min)	A 2 (l/min)	τ 2 (min)	b (l/min)	ALC (l)	LC (l)	O_2debt (l)
長距離	1	4.15	0.39	0.63	3.28	0.38	1.60	2.05	3.65
	2	3.57	0.35	0.79	5.10	0.36	1.24	4.02	5.25
	3	2.37	0.81	0.43	4.18	0.29	1.91	1.79	3.70
	4	3.33	0.71	0.31	6.78	0.34	2.36	2.07	4.43
	5	2.06	1.93	0.16	32.0	0.22	2.67	5.12	7.79
	6	3.11	0.53	0.54	4.44	0.37	1.65	2.39	4.04
	Mean	3.10	0.68	0.47	9.30	0.33	1.91	2.91	4.81
	SD	0.77	0.35	0.23	11.2	0.06	0.53	1.35	1.58
短距離	1	2.68	0.73	0.35	9.28	0.36	1.97	3.29	5.25
	2	3.29	1.01	0.23	19.7	0.23	3.31	4.59	7.90
	3	3.39	0.21	0.78	3.41	0.40	0.71	2.66	3.37
	4	2.85	0.65	0.56	4.66	0.32	1.84	2.60	4.43
	5	2.78	0.76	0.38	7.36	0.29	2.11	2.81	4.92
	6	3.21	0.84	0.50	7.50	0.43	2.71	3.73	6.43
	7	3.36	0.93	0.30	18.8	0.27	3.12	5.72	8.84
	Mean	3.08	0.73	0.44	10.1	0.33	2.25	3.63	5.88
	SD	0.30	0.26	0.18	6.55	0.07	0.89	1.16	1.95

註) ALC：非乳酸性キャパシティ　LC：乳酸性キャパシティ

子は長距離選手では 35±15 ml/sec，短距離選手では 44±22 ml/sec であり，両群間に有意差はなかった。

表 4 に，ウィンゲートテストから得られた長距離選手と短距離選手のピークパワーおよび平均パワーを示した。短距離選手のピークパワーは，長距離選手に比べて有意に高い値を示した（$P<0.05$）。しかし，平均パワーは両群間で有意差は認められなかった。

表 4　ウィンゲーイト　テスト

項目	被験者	Peak-powar (watts)	Mean-powar (watts)
長距離	1	749	592
	2	657	505
	3	535	436
	4	591	506
	5	533	430
	6	649	524
	Mean	619	499
	SD	83.0	60.1
短距離	1	695	539
	2	856	656
	3	776	536
	4	624	487
	5	640	488
	6	995	715
	7	732	586
	Mean	760＊	572
	SD	131	86.0

＊：短距離選手および長距離選手間の有意差（$P<0.05$）を示す。

考察

乳酸性のキャパシティー因子とパワー因子は短距離選手と長距離選手で差がなかった。一般的に，陸上競技では，走行距離は短距離走，中距離走，長距離走に区分されている。この区分は経験から得られたものであるが，生理的にも走行距離別に走行に必要なエネルギー供給機構が異なることが知られている。短距離走では，非乳酸性エネルギー供給機構が，中距離走では，乳酸性エネルギー供給機構が，長距離では，有酸素性エネルギー供給機構が，主として働くとされている。これらの距離で日頃，トレーニングしている人では，各エネルギー供給機構が向上すると考えられる。また，これらのエネルギー供給機構が優れている人がその特徴にあった走行距離を，自分の種目とすることが多い。したがって，乳酸性機構に関係する因子に本実験で差がなかったのは，共にこれらの因子を必要としていなかったために生じたものと考えられる。

非乳酸性機構のパワー因子を直接的には測定していない。しかし，ウィンゲートテストにおいて，ピークパワーが長距離選手より短距離選手の方が有意に大きかった。これは短距離選手の筋力が大きいと言うより，発揮するパワーのもとである，非乳酸性エネルギー供給機構のパワー因子が大きかったために生じたと考えられる。ただし，キャパシティー因子には両群間で差なかった。これは次の理由からである。すなわち，非乳酸性エネルギー供給機構の主たる成分であるクレアチンリン酸の総量は，おそらく筋量に比例するが，体重から判断すると両群間に筋量に差がないと思われる。そのためにクレアチンリン酸の総量にも差が生じなかったのであろう。

文献

1）尾縣貢，高本恵美，大山卞圭悟，下肢間接の等速性筋力と Wingate test により測定された無酸素性パワーとの関係（2000）体力科学　49：523～526

2）大島秀武，田中繁宏，宮本忠吉，弘原海剛，栗原直嗣，藤本繁夫，最大運動負荷後の酸素摂取量の回復動態と血中乳酸，グルコースおよびアラニンの関係（1997）体力科学　46：479～488