

## 持久走記録を制限する因子についての研究

大谷 和寿<sup>※</sup>・久保田康毅<sup>※</sup>・檜谷卓夫<sup>※※</sup>

Kazutoshi OHTANI, Kohki KUBOTA and  
Takuo HINOKIDANI

Studies on some Limiting Factors of Endurance  
Running Performance

### I. はじめに

持久走の記録を左右する主たる要因として、呼吸機能の持久性・循環機能の持久性・脚筋の持久性・精神機能の持久性が考えられる。換言すれば、これらの要因のいずれかが持久走記録の制限因子になっていると言える。

筆者等は、持久走記録とそれに関わりをもつ因子の相関の度合を比較することにより、持久走と制限因子の関係について論を深めることを目的として研究を進めてきた。

(1) 第1報に於ては、全身持久性評価方法のうち submaximal テストの代表的なものであり、全身持久性を循環機能の側面からとらえる PWC<sub>170</sub> テストと持久走（1500m 走・3000m 走・5分間走・12分間走）の関係を、運動部所属男子大学生を対象として調べ、1) 距離が長い程持久走記録と PWC<sub>170</sub> の相関が高くなる：2) PWC<sub>170</sub> そのままの値よりも単位体重当りの PWC<sub>170</sub> 値が持久走記録との相関が高い：3) 持久走記録と体重の間に高い相関関係がみられる、という結果を得て報告した。

(2) 第2報に於ては、運動部所属男子大学生 102名を対象として PWC<sub>170</sub> と 1500m 走タイムの測定を行い、体重が持久走記録に大きなかわりを持っているという第1報の結果に注目して被験者を体重別に分類し、検討した。その結果、体重の大きいグループでは 1500m 走タイムと体重の相関が高く、1500m 走の記録に対して体重がマイナスに作用しているが、体重の小さいグループでは 1500m 走タイムと PWC<sub>170</sub> の間に高い相関関係が認められるのに対し、1500m 走タイムと体重の間に

は有意な相関がみられないということが知られた。

今回の実験では、走記録として長距離走とともに短距離走のタイムも計測した。短距離走として 100m 走、長距離走としては有酸素的作業能だけが関与するとされている 4000m<sup>(3)</sup> 走を採用した。さらに全身持久性のテストとして、PWC<sub>170</sub> テストと同時に、最大酸素摂取量の測定を新たに加え、併せ行った。この最大酸素摂取量の測定は maximal テストであり、全身持久性評価の指標として最も信頼度の高いものとされており、全身持久性を呼吸機能の側面からとらえるものである。本実験に於ても対象は、従来の実験と同様に運動部所属男子大学生とした。本研究の目的は、走記録（100m 走・4000m 走）と各因子（PWC<sub>170</sub>・最大酸素摂取量・体重・身長）のかかわりを検討することにより、持久走の制限因子についてさらに知見を深めることである。

### II. 実験方法

被験者に関する資料を表1に示した。本実験の被験者は18歳～23歳の健康なる運動部所属男子大学生70名である。

これらの70名を対象として PWC<sub>170</sub>・最大酸素摂取量・100m 走タイム・4000m 走タイムの測定を行った。

(1) PWC<sub>170</sub> と最大酸素摂取量の測定

両テストとも昭和52年5月3日～同年11月25日に自転車エルゴメーター（MONARK Bicycle Ergometer）を用いて行った。まず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きた時、膝に少し余裕があり伸びた状態に調節させ、次に心電図用電極と呼吸採集用マスクを装着し、ペダルの回転数を 50rpm とし、メトロノームにあわせて作業させた。

PWC<sub>170</sub> テストは作業負荷を3段階とし、運動中の

※ 島根大学教育学部保健体育研究室

※※ 斐川中学校

表1 被験者の資料と測定値

No.	名 前	所属運動部	年 齢 (歳)	体 重 (kg)	身 長 (cm)	ローレル 指 数	PWC <sub>170</sub> (kpm/ min.)	$\dot{V}O_2$ max. (ml)	100m Run (sec.)	4000mRun (sec.)
1	山下	柔 道	18	85	184	136	1188	3149	13.7	1191
2	川本	陸上(投)	21	80	172	157	945	2786	13.2	1203
3	江崎	陸上(投)	20	80	181	135	1352	4685	13.3	1093
4	奥田	陸上(110H)	19	79	184	127	1930	4394	13.2	1109
5	石川(智)	陸上(跳)	21	76	181	128	1066	3303	12.7	1145
6	早川	陸上(投)	21	76	173	147	1102	4036	13.3	1129
7	佐藤(仁)	柔 道	20	76	170	155	1022	2739	13.9	1093
8	藤田	バスケット	21	75	180	129	1076	3395	12.9	1110
9	石川(-)	陸上(投)	22	75	178	133	1289	2829	13.4	1052
10	高野(正)	陸上(110H)	19	74	186	115	1172	3387	14.1	1127
11	船木	陸上(400)	22	73	180	125	1142	3626	13.2	1079
12	蛭子	柔 道	20	71	173	137	1051	3775	14.0	1038
13	石川(仁)	剣 道	20	71	178	126	1374	3753	13.2	952
14	浜田	バレー	20	70	178	124	1245	3020	13.4	1059
15	星尾	バレー	20	70	176	128	1117	3090	13.1	1058
16	増山	バスケット	19	70	178	124	1053	3534	14.1	961
17	坂本	体 操	18	69	175	129	825	3274	13.4	1157
18	岸本	バレー	21	68	178	121	1310	3846	13.0	990
19	吉長	剣 道	21	67	173	129	1194	3394	13.0	946
20	宮垣	剣 道	21	67	178	119	1336	3227	12.6	905
21	永久	陸上(跳)	21	67	177	121	940	2717	12.8	990
22	檜谷	陸上(400)	22	66	170	134	1055	2935	13.1	970
23	朝岡	陸上(短)	21	65	167	140	1009	3591	13.5	896
24	山田(正)	陸上(跳)	22	65	171	130	963	2878	13.0	1165
25	船田	柔 道	18	65	163	150	1193	2832	13.2	1096
26	黒見	サッカー	19	65	169	135	1100	3630	12.9	984
27	小島	体 操	22	64	168	135	769	2539	14.0	1097
28	加藤	陸上(400)	20	64	173	124	1043	3479	12.9	1065
29	中筋	陸上(跳)	21	64	169	133	945	2666	13.1	973
30	岡崎	サッカー	20	64	170	130	946	3160	12.8	974
31	井原	バスケット	19	64	175	119	952	2919	13.5	1128
32	田中	柔 道	22	63	168	133	1010	2918	14.3	1075
33	穴戸	陸上(長)	21	63	174	120	1341	3956	14.1	810
34	河本	バレー	20	63	169	131	1213	3079	13.2	1086
35	阿万野	軟 庭	21	63	168	133	1014	3209	13.0	936
36	安藤	体 操	20	63	165	140	901	2542	14.5	1158
37	岩佐	陸上(110H)	20	63	175	118	760	2383	14.1	1217
38	酢谷	バスケット	19	63	164	143	1014	3752	13.2	1071
39	山本	剣 道	19	63	178	112	1147	3557	13.3	980
40	石橋	サッカー	19	63	173	122	1009	3330	12.8	1010
41	近藤	バスケット	19	63	167	135	1084	2648	13.1	999
42	今井	陸上(110H)	21	62	178	110	846	3125	12.9	999
43	福田	体 操	21	62	165	138	1172	3100	13.7	1135
44	景山	陸上(跳)	21	62	172	122	923	2907	12.8	1079
45	高橋(基)	剣 道	20	62	162	146	1015	3361	13.1	950
46	太田	サッカー	20	62	171	124	1122	3353	13.0	898

No.	名 前	所属運動部	年 齢 (歳)	体 重 (kg)	身 長 (cm)	ローレル 指 数	PWC <sub>170</sub> (kpm/ min.)	$\dot{V}O_2$ max. (ml)	100m Run (sec.)	4000mRun (sec.)
47	津 田	バスケット	19	62	168	131	985	3168	12.8	1143
48	金 築	体 操	18	62	167	133	1012	3045	13.4	1247
49	松 村	陸上(400)	21	61	168	129	788	2624	12.7	1077
50	佐々木	体 操	20	61	169	126	949	3007	14.2	1025
51	堀 部	サッカー	19	61	176	112	1101	3391	13.9	970
52	高橋(女)	陸上(短)	21	60	168	127	966	3039	13.0	1060
53	平 野	バレー	19	60	170	122	1038	3287	13.4	1043
54	後 藤	剣 道	19	60	169	124	999	2986	13.1	950
55	中 島	陸上(中)	19	60	170	122	1293	3168	12.7	758
56	木 田	陸上(中)	20	60	173	116	1273	3680	12.8	810
57	新 田	体 操	19	59	164	134	1127	2937	15.1	1116
58	福 間	陸上(長)	19	59	168	124	1214	3477	13.9	788
59	高 田	陸上(跳)	20	59	167	127	1036	3031	12.9	1060
60	高野(清)	陸上(短)	19	59	172	116	1095	3347	12.5	871
61	石 原	陸上(長)	22	58	169	120	1455	3230	14.0	750
62	若 本	陸上(400)	22	58	168	122	1016	2907	13.0	1041
63	登 井	陸上(長)	21	58	170	118	1430	3540	14.3	768
64	進 藤	体 操	22	57	165	127	702	2447	13.9	1155
65	浜 岡	陸上(跳)	21	57	172	112	810	2343	12.4	986
66	斎 藤	バスケット	19	57	173	110	1053	3152	13.3	987
67	高 妻	陸上(中)	21	56	163	129	1064	2988	13.5	765
68	福 井	サッカー	21	56	162	132	1119	3094	12.8	960
69	板 鼻	軟 庭	21	55	170	112	1398	3698	13.0	887
70	山 崎	陸上(長)	19	55	165	122	1085	3468	13.7	751

心電図を胸部誘導法で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分目に作業負荷を上げた。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種類の作業負荷の心拍数より PWC<sub>170</sub> を内挿法あるいは外挿法によって求めた。

最大酸素摂取量の測定は、12分間の PWC<sub>170</sub> テストに引き続き、作業負荷を1分毎に75 kpm/min. もしくは150 kpm/min. ずつ増してゆく負荷漸増法で行った。All-out の判定はメトロノームのリズムにあわせて作業することができなくなった時点とした。呼気の採集は作業中1分ずつダグラスバッグ法によって行い、最後の4袋の換気量を湿式ガスメーターで計測し、サンプルを労研式大型もしくは小型ガス分析器により分析した。最大酸素摂取量の判定標準は心拍数180 beats/min. 以上であることとし、この標準に達していない場合は再テストした。尚、70名の被験者中、レベリング・オフのみられた者36名、RQ  $\geq 1$  となった者38名であり、この両者

がみられた者は21名であった。

### (2) 100m 走タイムと 4000m 走タイムの測定

両タイムの測定は昭和52年6月27日～同年12月12日に1周400mのグラウンドで実施した。

100m 走タイムは $\frac{1}{10}$ 秒単位まで、4000m 走タイムは1秒単位まで計時した。

両タイムの測定にはスパイクシューズは使用しなかった。

## III. 結果及び考察

表1に各被験者の基礎資料と測定値を表記した。それぞれの項目についての平均値と標準偏差は表2に  $\bar{X}$  及び SD として示してある。身長が  $171.8 \pm 5.6$  cm, 体重が  $64.8 \pm 6.7$  kg, ローレル指数が  $127.8 \pm 10.1$ , PWC<sub>170</sub> が  $1089.8 \pm 192.7$  kpm/min., 単位体重当りの PWC<sub>170</sub> (PWC<sub>170</sub>/kg) が  $16.9 \pm 3.0$  kpm/min./kg, 最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$  max.) が  $3233.3 \pm 460.1$  ml/min., 単位体重当りの最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$  max./kg) が  $50.1 \pm 6.9$  ml/min./kg, 4000m 走が  $1017.0 \pm 120.5$

表2 被験者全員 (70名) の相関マトリックスと平均値

	身長 (cm)	体重 (kg)	ローレル指数	PWC <sub>170</sub> (kpm/min)	PWC <sub>170</sub> /kg (kpm/min/kg)	$\dot{V}O_2$ max (ml/min)	$\dot{V}O_2$ max/kg (ml/min/kg)	4000m走 (sec)	100m走 (sec)
身長 (cm)	171.8	5.6	6.7	10.1	10.1	16.9	3.0	1017.0	13.3
体重 (kg)	0.691	0.417	0.244	0.225	0.225	0.363	0.363	0.471	0.010
ローレル指数	-0.364	0.417	-0.124	-0.124	-0.124	-0.059	-0.059	0.383	0.135
PWC <sub>170</sub> (kpm/min)	-0.337	0.244	-0.124	0.823	0.823	0.682	0.682	-0.368	-0.057
PWC <sub>170</sub> /kg (kpm/min/kg)	-0.067	-0.325	-0.350	0.823	0.823	0.463	0.463	-0.655	0.017
$\dot{V}O_2$ max (ml/min)	0.415	0.363	-0.059	0.682	0.682	0.463	0.463	-0.248	0.040
$\dot{V}O_2$ max/kg (ml/min/kg)	-0.082	-0.345	-0.351	0.533	0.533	0.731	0.731	-0.620	-0.040
4000m走 (sec)	0.186	0.471	0.383	-0.368	-0.368	-0.248	-0.248	0.084	0.084
100m走 (sec)	0.101	0.010	0.135	-0.057	-0.057	0.017	0.017	0.084	0.084

P < 0.05 ※  
 P < 0.01 ※※  
 P < 0.001 ※※※

sec., 100m 走が 13.3±0.5 sec. であった。

表2には各項目間の相関マトリックスも表わした。この表にみられる様に 4000m 走は、体重、ローレル指数、PWC<sub>170</sub>/kg、 $\dot{V}O_2$  max./kg との間に 0.1% の危険率で、PWC<sub>170</sub> との間に 1% の危険率で、 $\dot{V}O_2$  max. との間に 5% の危険率でそれぞれ有意な相関が認められた。それにひきかえ 100m 走はいずれの項目とも有意な相関が認められなかった。このことから運動部所属男子大学生に於ては、4000m 走タイムに対して、体重とか呼吸・循環機能の持久性が制限因子として働き、記録を左右しているが、100m 走タイムはこれらの因子と全く関連をもっておらず、他の異なる因子が制限因子として記録に影響を与えているものと考えられる。

4000m 走に対する各項目の相関係数を、第2報の1500m 走に対する相関係数と比較してみると、体重、ローレル指数、PWC<sub>170</sub>、PWC<sub>170</sub>/kg のどの項目においても今回の係数が大きな値となっている。ことに PWC<sub>170</sub> に対しては第2報の1500m 走が有意な相関関係をもっていないのに、今回の4000m 走では1% の危険率で有意となっている。すなわち、第1報でも触れたように、距離が長くなればなるほど循環機能の持久性が持久走記録に対するかわりを強めてくると言える。

PWC<sub>170</sub> そのままの値よりも単位体重当りの PWC<sub>170</sub> 値が持久走記録との相関が高いという第1報・第2報と同様の結果が得られた。又、最大酸素摂取量の場合も単位体重当りの値が持久走記録との相関が高かった。

次に70名を体重別に、人数がほぼ等しくなる様3グループ (体重 ≥ 66kg n=22, 61kg < 体重 < 66kg n=26, 体重 ≤ 61kg n=22) に分けて検討した。

表3 Body Weight ≥ 66kg の者22名についての Running Performance と各項目の相関係数

	身長	体重	ローレル指数	PWC <sub>170</sub>	PWC <sub>170</sub> /kg	$\dot{V}O_2$ max.	$\dot{V}O_2$ max./kg
100m 走	0.035	0.258	0.207	-0.129	-0.242	0.043	-0.036
4000m 走	0.237	0.778	0.466	-0.164	-0.475	0.007	-0.357

P < 0.05 ※ P < 0.01 ※※ P < 0.001 ※※※

体重 ≥ 66kg の者22名についての各項目の平均と標準偏差は、身長が 177.4 ± 4.4cm, 体重が 73.0 ± 5.1kg, ローレル指数が 130.9 ± 10.7, PWC<sub>170</sub> が 1172.0 ± 221.8 kpm/min., PWC<sub>170</sub>/kg が 16.1 ± 2.8 kpm/min./kg,  $\dot{V}O_2$  max. が 3404.3 ± 523.6 ml/min.,  $\dot{V}O_2$  max./kg が 47.6 ± 7.0 ml/min./kg, 4000m 走が 1061.7 ± 83.9 sec., 100m 走が 13.3 ± 0.4 sec. であった。表3に示したように、4000m 走と体重の間に 0.1%, 4000m 走とローレル指数・PWC<sub>170</sub>/kg の間に 5% の危険率で有意な相関が認められた。

61kg < 体重 < 66kg の者26名についての各項目の平均と標準偏差は、身長が 169.6 ± 4.3cm, 体重が 63.2 ± 1.0kg, ローレル指数が 130.3 ± 10.0, PWC<sub>170</sub> が

表4 61kg<Body Weight<66kg の者26名についての Running Performance と各項目の相関係数

	身長	体重	ローレル指数	PWC <sub>170</sub>	PWC <sub>170</sub> /kg	$\dot{V}O_2$ max.	$\dot{V}O_2$ max./kg
100m 走	-0.104	-0.007	0.100	-0.085	-0.111	-0.296	-0.299
4000m 走	-0.124	-0.074	0.093	※※	※※	※※※	※※※

P<0.05 ※ P<0.01 ※※ P<0.001 ※※※

1018.8±132.1 kpm/min., PWC<sub>170</sub>/kg が 16.1±2.0 kpm/min./kg,  $\dot{V}O_2$  max. が 3120.3±399.1 ml/min.,  $\dot{V}O_2$  max./kg が 49.2±6.2 ml/min./kg, 4000 m 走が 1045.0±105.0 sec., 100 m 走が 13.3±0.5 sec. であった。表4に示したように, 4000m 走と  $\dot{V}O_2$  max.,  $\dot{V}O_2$  max./kg の間に1%, 4000m 走と PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/kg の間に5%の危険率で有意な相関が認められた。

表5 Body Weight ≤ 61kg の者22名についての Running Performance と各項目の相関係数

	身長	体重	ローレル指数	PWC <sub>170</sub>	PWC <sub>170</sub> /kg	$\dot{V}O_2$ max.	$\dot{V}O_2$ max./kg
100m 走	-0.231	0.029	0.266	0.203	0.173	0.126	0.107
4000m 走	-0.108	0.273	0.306	※※※	※※※	※※※	※※※

P<0.05 ※ P<0.01 ※※ P<0.001 ※※※

体重≤61kg の者22名についての各項目の平均と標準偏差は, 身長が 168.7±3.5cm, 体重が 58.5±1.9kg, ローレル指数が 122.0±6.8, PWC<sub>170</sub> が 1091.4±196.8 kpm/min., PWC<sub>170</sub>/kg が 18.7±3.5 kpm/min./kg,  $\dot{V}O_2$  max. が 3129.1±357.5 ml/min.,  $\dot{V}O_2$  max./kg が 53.6±6.7 ml/min./kg, 4000m 走が 935.4±132.9 sec., 100m 走が 13.4±0.7 sec. であった。表5に示したように, 4000m 走と PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/kg,  $\dot{V}O_2$  max./kg の間に0.1%, 4000m 走と  $\dot{V}O_2$  max. の間に1%の危険率で有意な相関が認められた。

体重≥66kg のグループに於て体重が 4000m 走と0.1%の危険率で有意な相関を示していることより, このグループでは体重が重い者程持久走記録が悪くなる, すなわち体重が持久走記録に対し制限因子として作用していると考えられる。

これに対し, 61kg<体重<66kg のグループでは 4000 m 走と PWC<sub>170</sub>,  $\dot{V}O_2$  max. が有意な相関を有していることより, 呼吸・循環機能の持久性が持久走記録に

対する制限因子になっていると考えられる。

体重≤61kg のグループでは 4000m 走に対する PWC<sub>170</sub> や  $\dot{V}O_2$  max. の相関係数が 61kg<体重<66kg のグループにおけるものより大きくなっている。このことより体重の軽いグループでは, より一層持久走記録と呼吸・循環機能のかかわりが強まってきたと言える。

今回の結果を第2報の結果と比較してみると, 第2報の体重が大きいグループでは持久走と体重・ローレル指数の間に有意な相関がみられたのに対し, 今回は加うるに PWC<sub>170</sub>/kg との間にも有意な相関が認められている。体重が中間のグループでは, 第2報に於て持久走と体重・PWC<sub>170</sub>/kg が有意な相関を有していたのに対し, 今回は持久走と PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/kg の間に有意な相関が認められるが体重の間には有意な相関がみられない。体重の軽いグループでは両結果共持久走と PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/kg の間にのみ有意な相関が認められている。これらの結果は, 今回の資料を第2報と同じ体重区分でグループ分けを行い処理した結果でも変わらなかった。以上のことから第2報に比べ今回は, 循環機能の持久性が持久走記録に対する制限因子として作用する割合が, 体重の大きいグループと中間グループにおいて増してきていると解釈される。このような結果となったのは, 持久走距離が, 有酸素的作業能と無酸素的作業能がほぼ等しく関与している 1500m から有酸素的作業能が主として関与する 4000m へと延長されたためと思われる。

#### IV. ま と め

運動部所属男子大学生70名を対象として 100m 走タイム, 4000m 走タイム, PWC<sub>170</sub>, 最大酸素摂取量の測定を行った。その結果をまとめてみると次のようなことがいえる。

(1) 4000m 走と体重, ローレル指数, PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/kg,  $\dot{V}O_2$  max.,  $\dot{V}O_2$  max./kg の間には有意な相関が認められるが, 100m 走と各項目の間には全く相関が認められなかった。

(2) PWC<sub>170</sub> と最大酸素摂取量のどちらにおいても, そのままの値より単位体重当りの値が持久走記録との相関が高かった。

(3) 体重の大きいグループでは体重が持久走に対する制限因子となっているが, 体重が軽くなるにつれて呼吸・循環機能の持久性が持久走に対する制限因子となってくる。

## V. 引用文献

- (1) 大谷和寿・久保田康毅：PWC<sub>170</sub> 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）
- (2) 大谷和寿・久保田康毅：1500m 走と体重・身長・PWC<sub>170</sub> 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）
- (3) D. K. Mathews and E. L. Fox：The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. W. B. SAUNDERS COMPANY, 26-28, (1976)