

最大下負荷による作業能測定法の検討

財団法人日本体育協会
スポーツ科学委員会

最大下負荷による作業能測定法の検討

体力トレーニング研究小委員会

猪 飼 道 夫

計画的なヒトの運動能力の向上をはかるためには、まず広い範囲の対象を同一測度で比較できる検査法が考案されねばならない。それは誰にでもできる運動様式でしかも簡便に実施できるという条件をみたさなければならない。

本研究ではヒトの運動能力のうちでも最も基本的な能力とされる呼吸循環系が主役をなす全身持久性の測定法を扱う。それは、ヒトの生きているということ自体が長時間に亘ってエネルギー発生を持続している全身持久的活動であるからである。しかし、単に生き長らえていればそれで充分であるとはいえない。それ相応に高いエネルギー発生を持続することのできる身体が望ましい。そういう意味ではマラソン選手たちはその能力の頂点となる資質をもつ者であるといえる。全身持久力の測定^{8) 9)} 法には最大テスト(maximal test)と最大下テスト(submaximal test)がある。前者は、はげしい作業負荷を被検者に課さなければならない点で対象が限られる。その点では余裕をもって作業を遂行し終えることのできる最大下テストの方がすぐれている。

最大下テストには2種類ある。すなわち④一つは作業時および回復時の循環系の反応から判定するものである。⑤第二は一定範囲内の心拍数と運動負荷が一次関数であらわされる¹⁴⁾ことから、定常状態の心拍数が一定水準に達するに要する運動負荷量を心拍数—運動強度直線から外挿又は内挿法によって求め、それを測度として運動能力を評価する方法がある。

④には Harvard step, Master test, Schneider test, Tuttle test に代表される踏台昇降テストや東大体育学研究室で実施しているトレッドミルを用いた時間制限走などがこれに入る。また、これには規定作業負荷に対する心拍数又は酸素摂取量の反応から最大酸素摂取量を推定する方法も入

る。

⑤には PWC₅₀, PWC₁₇₀ がある。PWC₁₇₀ は T. Sjöstrand (1947)¹³⁾ によって開発され、H. G. Wahlund (1948)¹⁴⁾ によって作業能力テストとして修正され、S. Bevegård (1963)²⁾, A. Holmgren (1967)⁶⁾, L. G. Ekelund^{4),5)} たちによって心臓容積、ヘモグロビン量、などとの関連が研究された。酸素運搬系の能力の測度としては主にスウェーデンで用いられてきた。一方が、M. L. Howell, R. B. J. Macnab たち³⁾ の体力測定法国際標準化委員会に関係している人達によってカナダの7~17才の青少年の作業能力測定法として利用された。PWC₁₇₀ は広い範囲の被検者を対象にして同じ測度で測定できる特長をもっている。そこで、本研究では適切な最大下テスト法研究の第一報として日本人一般成人男子と陸上長距離選手を対象にして PWC₁₇₀ 測定を行なった。さらに PWC₁₇₀ に相当する運動負荷で運動させ、そのときの呼吸循環機能の測定から PWC₁₇₀ の作業能測定法としての妥当性を検討した。

〈方法および手順〉

被検者には東大体育学研究室の大学院男子学生8名と東京教育大学の陸上長距離選手2名を選んだ。前者は本研究室員になるまではそれぞれ各種スポーツ選手の経験をもっていたが現在は定期的な運動トレーニングを行っていないので一般成人男子として扱った。後者のうちの一人(I)は5,000m・14分53秒、10,000m・31分12秒、他の一人(J)は5,000m・14分34秒、10,000m・29分49秒の記録をもっている大学長距離選手である(表1)。

実験は安静時、PWC₁₇₀ の測定時、PWC₁₇₀ に相当する運動の負荷での5分間の運動時、および最大運動負荷(一般成人は東大体育方式、選手に

表 1 被検者の身体的特徴

被 検 者	年 令		身 長 (cm)	体 重 (kg)
	年	月		
A	31	3	167.0	61.5
B	28	7	170.2	55.6
C	29	8	156.0	51.0
D	26	1	172.0	72.5
E	24	0	161.4	53.8
F	31	0	165.6	61.0
G	27	4	162.8	65.0
H	27	4	167.0	67.0
\bar{x}	27.9		165.3	60.9
σ	2.4		4.8	7.2
I	22	7	165.6	55.0
J	21	11	172.0	62.0
\bar{x}			168.8	58.5

は Buskirk 方式)¹¹⁾ 時の 4 つの身体状態についてスウェーデン製モナーク自転車エルゴメーター上で椅座位で行なった。なお、PWC₁₇₀ の測定は M. L. Howell, R. B. J. Macnab³⁾ たちが用いた基準にそって行なった(表 2 参照)。自転車エルゴメーターの運動速度はトメロノームにあわせ

て60回転/分とした。それぞれの測定項目および測定手順は表 2 に示した。

測定法について述べると、心拍数の測定には心電計を用いて胸部より誘導し 6 拍に要する時間から 1 分間の心拍数に換算した。また酸素摂取量、心拍出量および肺拡散容量を同時に測定するために正常空気と一酸化炭素 (0.05%) の混合ガスを採気15秒前から採気終了時まで吸入させた。そして採気にはダグラス・バッグ法、換気量の測定には乾式ガスメーター、酸素、炭酸ガスの分析には微量ショランダーガス分析器、一酸化炭素ガス分析にはベックマン Model 215、呼吸数および炭酸ガス分圧の連続的、分析にはベックマン LB-1 形を用いた。D_{Lco} の測定は、定常状態法 (steady state method) を用い、次式から算出した。

$$D_{Lco} = \frac{\dot{V}_{co}}{Paco - \bar{P}cc_o}$$

\dot{V}_{co} : 一酸化炭素摂取量 (ml/分, STPD)

Paco : 肺胞の一酸化炭素分圧 (mmHg)

$\bar{P}cc_o$: 肺毛細血管血液の一酸化炭素分圧 (mm-Hg)

本研究では $\bar{c}co$ を 0 とした。

表 2 実験手順

	測 定 項 目	測 定 手 順	備 考
安 静 時	心拍数 (HR) 呼吸数 (RR) 換気量 (\dot{V}_E) 酸素摂取量 (\dot{V}_{O_2}) 肺拡散容量 (D_{Gco}) 心拍出量 (\dot{Q}) 1 回拍出量 (SV), 動 静脈酸素較差 (A- \dot{V}_{O_2} D)	測定前少くとも 1 時間は激しい運動を避けた。 採気は 5 分間行なった。呼吸数は 4 分目から 5 分目までの 1 分間を記録。CO ₂ 法は 5 分間の採気ののちに行なった。	
PWC ₁₇₀ の負荷の算出	心拍数	一般人は 1.5, 2.0, 2.5kp または 1.5, 2.5, 3.0kp の 3 つの負荷を 4 分ずつ連続して上げていった。1.5kp での心拍数 (3 分のところで算出) が基準 (115 ~ 130) よりも低い場合は第 2 の負荷を 2.5kp にした。選手は 2.0, 3.0, 3.5kp の負荷をかけた。	第 2, 第 3 の負荷の決定は Toronto の報告によった。即ち、第 2 負荷、第 3 負荷の最後の 6 拍の心拍数がそれぞれ 130 ~ 145 拍/分 160 ~ 180 拍/分の範囲に入るように負荷を選んだ。

表 2 実験手順 (つづき)

	測定項目	測定手順	備考
PWC ₁₇₀ に相当する運動負荷の検討	安静時値の測定の場合と同じ項目	PWC ₁₇₀ の負荷を求め、その負荷で5分間の定常負荷運動を実施。採気および呼吸数は最後の1分間から求めた。運動直後にCO ₂ 法を実施した。	
オールアウト運動	安静時値の測定の場合と同じ項目	最初の2分間を一般人には2kp, 選手には3kpで運動させ、その後1分ごとに0.5kpずつ負荷を上げてオールアウトに至るまで漸増負荷法による運動を実施した。最大能力の測定は最後の負荷のところで行なった。運動直後にCO ₂ 法を実施した。	ここで測定された値を各被検者の最大能力(最大酸素摂取量, 最大心拍出量)とした。

肺胞炭酸ガス分圧 (Paco₂) を測定し、Bohr の死腔算出の公式を用いて算出した。このとき CO と CO₂ の死腔量が同じであり、動脈血 CO₂ 分圧と肺胞 CO₂ 分圧が同値であると仮定した。これは Enghoff (1938), Rossier たち (1955) が行なった方法と同様である。

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{C\bar{v}_{CO_2} - C_{aCO_2}}$$

〈結果および考察〉

心拍出量 (Q̇) は CO₂ 法¹⁰⁾ を用い次式から算出した。

A 日本人成人男子の PWC₁₇₀ の測定法の標準化および PWC₁₇₀

表 3 PWC₁₇₀ 測定時の運動負荷と心拍数 (拍/分)

被検者		運動負荷	1.5kp (360kpm/分)	2.0kp (720kpm/分)	2.5kp (900kpm/分)	3.0kp (1080kpm/分)	3.5kp (1260kpm/分)
一般人 n=8	A		119	141	165※	192	
	B		105	132	166		
	C		129	136	168		
	D		112	153	174		
	E		108	132	161		
	F		115	147	170		
	G		115	148	175		
	H		115	133※	149	170	
	平均値		115	140	166		
標準偏差		7.3	8.7	8.3			
標準誤差		2.5	3.1	2.9			
選手 n=2	I		111	—	150	—	184
	J		117	—	150	—	177
	平均		114		150		181

※は運動負荷一心拍数直線より推定した心拍数

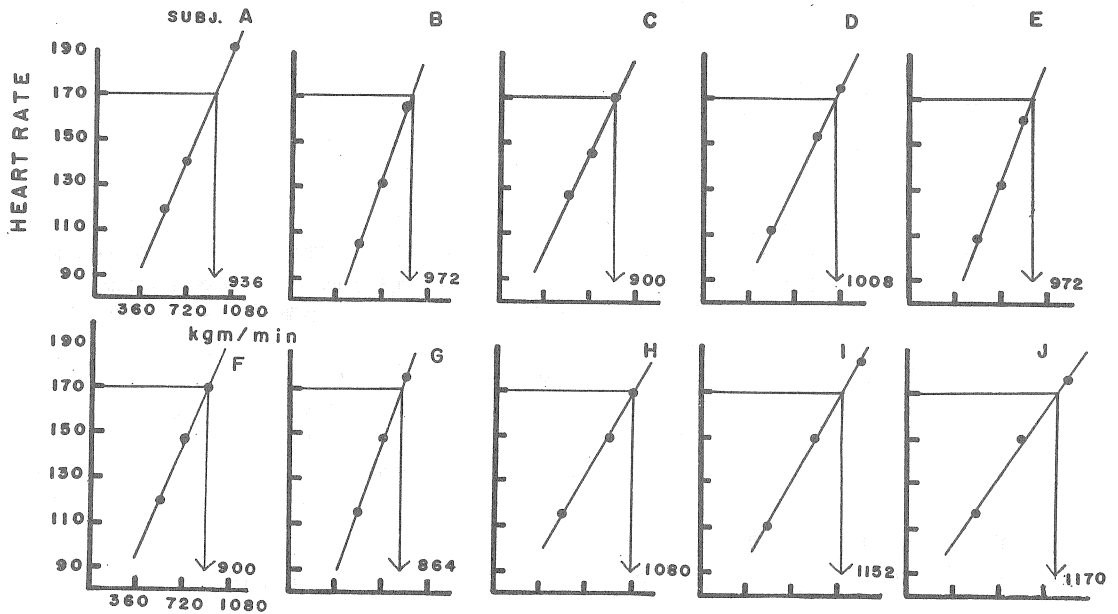


図1 PWC₁₇₀ 測定の方法 (Subj. A~J)

本研究の PWC₁₇₀ 測定時の運動負荷と心拍数の関係を表3および図1に示した。全被検者について、運動負荷と心拍数との関係はほぼ直線関係がみとめられた。また、10名の内5名が内挿法によって PWC₁₇₀ を求める結果になった。M. L. Howell たち (1968) は外挿法または内挿法によって PWC₁₇₀ を求めるとしている。しかし、心拍数170拍/分以上の運動負荷は後述するが、循環系機能に対してかなり強い負担を課しているから、被検者への負担を軽減するために、第3運動負荷は心拍数170拍/分以下になるように選ぶことが望ましいと思われる。そこで、Howell たちの心拍数基準のうち、第3運動負荷のための基準を修正し、第1, 2, 3運動負荷の心拍数基準をそれぞれ115~130, 130~145, 155~165拍/分にしてそれに対応する日本人成人男子の運動負荷を求めることにした。選手については平均値より求めることにした。その結果、一般成人男子の運動負荷は1.6kp (576kpm/分), 2 kp (720kpm/分), 2.4kp (864kpm/分) になった。選手の運動負荷は1.7kp (612 kpm/分), 2.3kp (828 kpm/分), 2.9kp (1044kpm/分) になった。

つぎに、PWC₁₇₀ の値を検討するために表4

を示した。これによると日本人一般成人男子の PWC₁₇₀ は954kgm/分 ±69kgm/分 (平均値±標準偏差)、選手は1161kgm/分であった。これとすでに報告されている外国人の PWC₁₇₀ とを比較するために図2を示した。L. G. Ekelund (1966と1967) が測定したスウェーデンの一般成人男子の PWC₁₇₀ の平均値は1108 kpm/分と 1080 kpm/分である。これは日本人一般成人男子よりも26%も大きく、ほぼ日本人の長距離選手と同値を示している。外国人選手については Bevegård²⁾ がスウェーデンの一流自転車選手について 1800 kgm/分の値を報告している。

一般に、自転車エルゴメーターによる運動に体重の大きさは関係がないと考えられる。しかし、日本人とスウェーデン人の PWC₁₇₀ を体重の関係でしめすと (図2A) かなりの関係がみとめられる。これは、最大下の運動で一定運動負荷に要する酸素摂取量は被検者の身体の大小とは関係なくほぼ一定量であるが、PWC₁₇₀ は単なる運動負荷量を示すものではないからである。それは酸素脈の大きな者ほど一定の心拍数で多量の酸素摂取が可能になるために高い運動負荷を遂行することが可能になり、PWC₁₇₀ も高い値を示す。また酸素

図2 PWC₁₇₀の国際比較

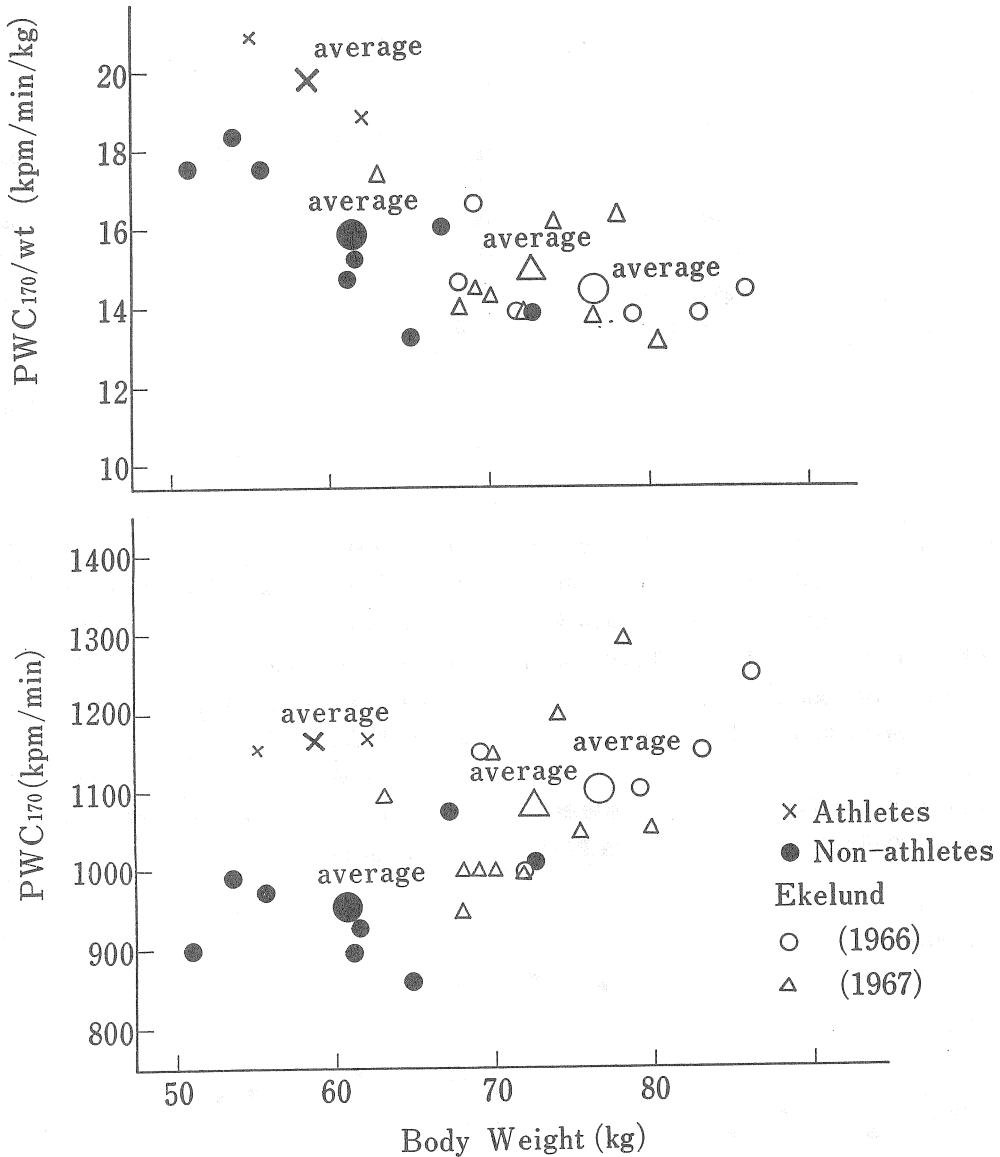


図2 PWC₁₇₀の国際比較

脈の内容には酸素摂取量が含まれているが、この酸素摂取能力の最大能力は一般に体重の大きい者ほど大きいために、図2(A)のような関係がみられたのであろう。すなわち、PWC₁₇₀は酸素運搬能力(oxygen-transporting capacity)⁶⁾の指標の1つであることがわかる。われわれの日常生活には走運動のように自らの体重を負荷として運搬し

ながら遂行する運動様式が多い。この場合には単位体重あたりのPWC₁₇₀(PWC₁₇₀/wt.とあらわした)が関係してくると思われるので図2(B)にPWC₁₇₀/wt.と体重の関係を示した。これによると、日本人一般成人男子の値は15.9±1.8 kpm/分/kgであり、選手は19.9kpm/分/kgで2.5%高かった。一方L. G. Ekelundが1966年

表 4 作 業 能 力

被 検 者	PWC ₁₇₀ (kpm/分)	PWC ₁₇₀ /wt. (kpm/分/kg)	$\dot{V}O_2\text{max.}$ (l/分)	$\dot{V}O_2\text{max.}/\text{wt.}$ (ml/分/kg)
A	936	15.2	2.43	39.5
B	972	17.5	2.80	50.3
C	900	17.6	2.44	47.8
D	1008	13.9	2.58	35.6
E	972	18.1	2.14	39.7
F	900	13.8	2.43	39.8
G	864	14.2	2.53	38.9
H	1080	16.1	2.97	44.0
平均値	954	15.8	2.54	42.0
標準偏差	69.38	1.8	0.24	5.0
I	1152	20.9	3.41	62.0
J	1170	18.9	3.74	60.3
平均値	1161	19.9	3.58	61.2

と1967年に報告したスウェーデンの一般人の値にもとづいて算出したところ、それぞれ 14.5kpm/分/kg、15.0kpm/分/kg で、両者はほぼ同値を示し、日本人と較べると、わずかに日本人の方が高い値を示した。Bevegård によるスウェーデン自転車一流選手の値は25kgm/分/kgであり、日本人長距離選手よりもはるかに高い値を示した。

PWC₁₇₀ および PWC₁₇₀/wt. の酸素運搬能力の指標としての適当性をみるために最大酸素摂取

量 ($\dot{V}O_2\text{max}$ とあらわす) および単位体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt.}$ とあらわす) との相関関係をみた (図3)。PWC₁₇₀ と $\dot{V}O_2\text{max}$ の相関関係数は 0.872 であり PWC₁₇₀/wt. と $\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt.}$ の相関関係数は 0.864 で、ともに有意な相関関係 ($P < 0.01$) がみとめられた。しかし、一般成人を一群としてみたときは PWC₁₇₀ と $\dot{V}O_2\text{max}$ および PWC₁₇₀/wt. と $\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt.}$ には相関関係はみとめられない。この場合被検者

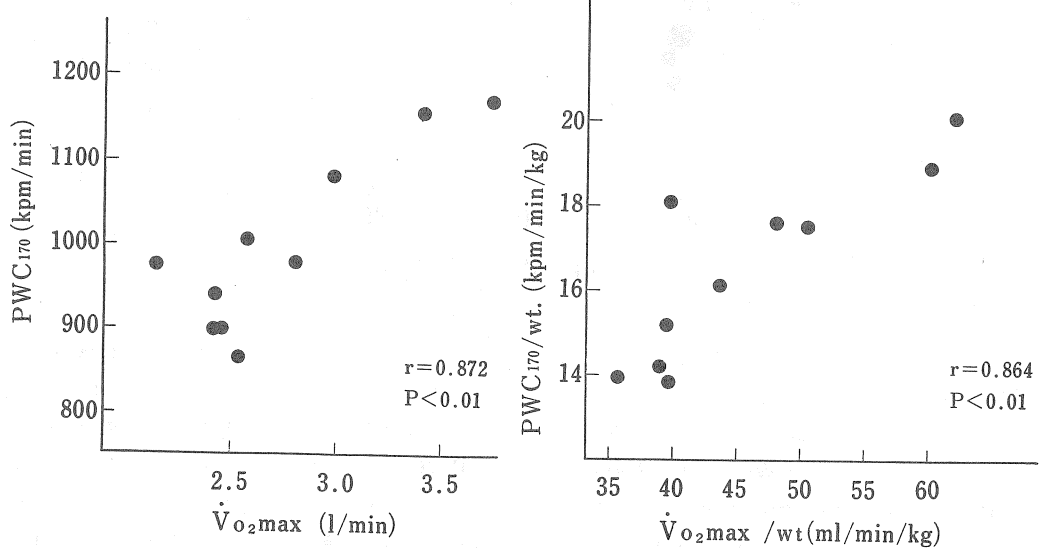


図 3 PWC₁₇₀ と $\dot{V}O_2\text{max.}$, (左) PWC₁₇₀/wt. と $\dot{V}O_2\text{max.}/\text{wt.}$ (右) との関係

Eの $\dot{V}O_2\max$, $\dot{V}O_2\max/wt$, PWC_{170} , PWC_{170}/wt に相対して極めて低い値を示している。標本数が少ないだけにEの成績が大きな影響を与えているので更に標本数を増加して考察を加えねばならない。Eは10数年間自転車にて通学しており、中・高校生時代は山間部を1時間通学しており、大学学部学生時代および現在も自転車通学をしている。特殊な生活経験が自転車エルゴメーターに対して他者とは異なる成績を生ずる原因になっているのかもしれない。この点についても、一流自転車選手の高い PWC_{170} , PWC_{170}/wt とともにエルゴメーターの興味ある問題となろう。

B PWC_{170} に相当する運動を负荷したときの呼吸・循環の変動の観察—— PWC_{170} の意義の検討——

PWC_{170} に相当する運動负荷がどの程度、呼吸循環系にたいして负荷になっているのかを検討するために図1で求めた PWC_{170} に相当する運動负荷で5分間の運動をさせた。運動中の心拍数の変動を図4に示した。また、最後の1分間の呼吸循環機能の活動水準を表5(A)(B)に示した。活動水準を示すためにはその測定値を安静時に対する倍数および最大作業(最大酸素摂取量測定時の作業)時

の値に対する百分率で示した。表5によると一般成人男子および選手の心拍数はそれぞれ 167 ± 8.6 拍/分(平均値±標準偏差), 168拍/分であった。これは最大心拍数のそれぞれ90, 87%に相当する。本研究では心拍数が170拍/分になるように心拍数作業強度曲線から運動负荷を選択したのであるからこの結果が、ほぼ170/拍分になったことは、心拍数—作業強度直線から、求めたい運動強度を、心拍数の活動水準を手がかりに推定することの可能性を認めるものとなる。

さらに酸素摂取量についてみると最大酸素摂取量のそれぞれ90.3%, 74.1%であり、心拍出量は最大値のそれぞれ96.3%, 79.7%である。運動负荷は呼吸機能に比較して心臓にたいし、より高く負担となっているようである。また、1回拍出量をみると102%, 92%を示し、一般成人男子についてみると最大负荷時の方がわずかに低値を示した。肺拡散容量(DLCO)はそれぞれ117%, 90.7%であった。すなわち、1回拍出量と同様に一般成人に PWC_{170} に相当する運動を负荷したときの方が、最大负荷時よりも大きな値を示している。これは、A. Holmgren⁷⁾, および猪飼たち¹²⁾がDLCOについて、E. Asmussenが¹⁾一回拍出量について、心拍数が120拍/分のときに最大値があ

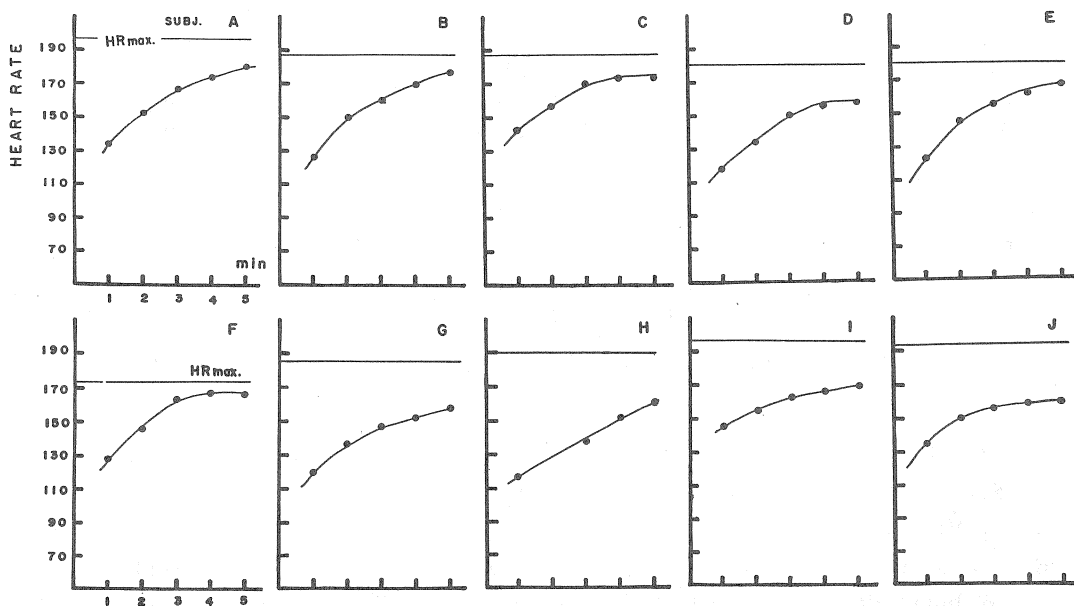


図4 PWC_{170} に相当する運動负荷時の心拍数の変動、横軸は作業時間細い横線は、最大心拍数の水準。

表 5 (A) PWC₁₇₀ 測定時の呼吸・循環機能の活動水準

被検者		酸素摂取量					呼吸数				
		① Rest 1/分	W ₁₇₀			③ Wmax	① Rest	W ₁₇₀			③ Wmax
			② 1/分	②/①	②/③×100			② rates	②/①	②/③×100	
一般成人 女性	A	0.263	2.31	8.8	95.0	2.43	18	31	1.7	51.7	60
	B	0.245	2.62	10.7	93.6	2.80	18	59	3.3	105.4	56
	C	0.247	2.13	8.6	87.3	2.44	12	32	2.7	53.3	60
	D	0.252	2.32	9.2	89.9	2.58	13	42	3.2	72.4	58
	E	0.204	2.12	10.4	99.1	2.14	13	30	2.3	53.6	56
	F	0.320	2.32	7.3	95.5	2.43	16	58	3.6	95.1	61
	G	0.326	2.09	6.4	82.6	2.53	18	36	2.0	60.0	60
	H	0.295	2.35	8.0	79.1	2.97	22	60	2.7	100.0	60
	平均値	0.269	2.28	8.7	90.3	2.54	16.3	43.5	2.7	73.9	58.9
	標準偏差値	0.04	0.17	1.5	6.9	0.25	3.4	13.4	0.7	22.8	2.0
選手 男性	I	0.206	2.71	13.2	79.5	3.41	15	31	2.1	60.8	51
	J	0.301	2.57	8.5	68.7	3.74	10	27	2.7	61.4	44
	平均値	0.254	2.64	10.9	74.1	3.58	12.5	29	2.4	61.1	47.5

被検者		肺換気量 (BTPS)					肺拡散容量 (ml/分/mmHg)		
		① Rest	W ₁₇₀			③ Wmax	① Rest	② W ₁₇₀	③ Wmax
			② 1/分	②/①	②/③×100				
一般成人 女性	A	11.33	80.47	7.1	67.4	119.33	32.14	34.77	25.38
	B	10.95	110.13	10.1	87.1	126.40	12.87	35.03	32.88
	C	9.43	77.74	8.2	54.4	142.81	12.50	33.23	27.74
	D	10.90	99.25	9.1	75.7	131.10	12.91	33.20	26.20
	E	10.01	83.22	8.3	79.0	105.30	9.31	45.97	38.48
	F	12.87	104.21	8.1	93.1	111.98	11.83	25.87	20.37
	G	15.91	72.18	4.5	62.7	115.10	10.29	32.97	28.21
	H	13.05	105.57	8.1	75.0	140.79	12.57	32.29	33.35
	平均値	11.81	91.60	7.9	74.3	124.10	14.3	34.17	29.08
	標準偏差値	2.18	14.73	1.6	12.6	13.56	7.3	5.56	5.62
選手 男性	I	10.88	89.40	8.2	79.8	111.97	19.90	57.00	61.95
	J	11.85	58.71	5.0	48.2	121.91	16.79	41.38	46.51
	平均値	11.40	74.06	6.6	64.0	116.94	18.35	49.19	54.23

らわれ、それ以上では低下あるいは平行状態がみられると報告したことを支持するものである。他方、肺換気量(VE) (74.3%, 64.0%) および呼吸数(RR) (73.9%, 61.1%)にはかなり余裕がみられる。H. Wahlund(1947)は心拍数180拍/分以上では心拍出量に低下がみられ、それは心臓の拡張

期に心臓を十分にみたとすゆとりがなくなるからである。そして、心拍数170拍/分は、定常状態を保つことのできる最高水準であると述べている。

本研究の結果からも心拍数が170拍/分に達する運動負荷は呼吸機能に比較して心臓にたいしてはかなり高い負担がかかっていることが確認された。

表 5 (B)

Subj		毎分拍出量 (ℓ)					心拍数 拍/分					
		load ① Rest 1/分	W ₁₇₀ ※1				③Wmax	① Rest 拍/分	W ₁₇₀			※2 ③Wmax
			② 1/分	②/①	②/③×100	times			%	② 拍/min	②/①	
一般成人 n=8	A	7.3	23.4	3.2	92.9	25.2	67.2	180.0	2.7	92.0	195.7	
	B	9.6	25.3	2.6	102.8	24.6	72.0	176.5	2.5	94.2	187.3	
	C	7.0	23.3	3.3	91.7	25.4	75.0	173.1	2.3	92.3	187.5	
	D	4.5	25.9	5.8	100.0	25.9	64.3	157.9	2.5	87.7	180.0	
	E	6.0	22.7	3.8	95.0	23.9	64.7	166.7	2.6	92.6	180.0	
	F	4.6	21.7	4.7	97.3	22.3	65.2	163.6	2.5	94.5	173.1	
	G	4.1	24.4	6.0	99.2	24.6	82.6	157.9	1.9	85.4	185.0	
	H	5.0	24.4	4.9	91.7	26.6	67.7	160.7	2.4	84.6	190.0	
	平均値	6.0	23.9	4.3	96.3	24.8	69.8	167.1	2.4	90.4	184.8	
標準偏差値	1.9	1.4	1.3	4.2	1.3	6.4	8.6	0.2	3.9	7.0		
選手 n=2	I	4.4	27.2	6.2	89.2	30.5	58.1	176.5	3.0	90.0	196.0	
	J	5.2	23.5	4.5	70.1	33.5	75.6	160.7	2.1	83.2	193.0	
	平均値	4.8	25.4	5.4	79.7	32.0	66.9	168.6	2.6	86.6	194.5	

Subj		一回出量					動静脈血酸素較差					
		load ① Rest ml	W ₁₇₀				③Wmax	① Rest ml/l	W ₁₇₀			③Wmax
			② ml	②/①	②/③×100	times			%	② ml/l	②/①	
一般成人 n=8	A	108.6	130.0	1.2	100.9	128.8	36.0	98.5	2.7	102.1	96.4	
	B	133.3	143.3	1.1	109.1	131.3	25.5	103.4	4.1	91.0	113.6	
	C	93.0	134.7	1.4	99.4	135.4	35.3	91.3	2.6	95.0	96.1	
	D	70.0	164.0	2.3	114.0	143.9	56.0	89.6	1.6	90.0	99.6	
	E	92.7	126.1	1.4	95.0	132.8	34.0	93.5	2.8	104.6	89.4	
	F	70.6	132.6	1.9	103.0	128.8	69.6	107.0	1.5	98.2	109.0	
	G	49.6	154.5	3.1	86.1	133.0	79.5	84.0	1.1	81.7	102.8	
	H	73.9	152.5	2.1	108.9	140.0	59.0	96.3	1.6	86.2	111.7	
	平均値	86.5	142.2	1.8	102.1	133.3	49.4	95.6	2.3	93.6	102.3	
標準偏差値	26.2	13.6	0.7	8.9	7.0	19.4	7.6	1.0	7.9	8.5		
選手 n=2	I	75.7	154.1	2.0	99.0	155.6	46.8	99.6	2.1	89.1	111.8	
	J	68.8	146.2	2.1	84.2	173.6	57.9	109.4	1.9	93.8	116.6	
	平均値	72.3	150.2	2.05	91.6	164.6	52.4	104.5	2.0	91.5	114.2	

※1...W₁₇₀は PWC₁₇₀ に相当する運動負荷量をさす。

※2...Wmax は最大酸素摂取量測定時の運動負荷量をさす。

〈ま と め〉

① 日本人一般成人男子 (平均年齢27才, 8名)

のPWC₁₇₀は954±69kpm分(平均値±標準偏差)であり, PWC₁₇₀/wt. は15.9±1.8 kpm/分/kgであった。また, 大学陸上長距離一流選手のPWC₁₇₀ は1101kpm/分で, PWC₁₇₀/wt. は19.

9kpm/分/kg であった。

- ② 日本人の PWC_{170} 測定のための適当な3種の運動負荷は一般成人には 576kpm/分(1.6kp), 720kpm/分(2kp), 864kpm/分(2.4kp)であり, 選手には 612kpm/分(1.7kp), 828kpm/分(2.3kp), 1044kpm/分(2.9kp)である。
- ③ PWC_{170} と $\dot{V}O_2max.$ との相関係数は 0.872 であり, $PWC_{170}/wt.$ と $\dot{V}O_2max./wt.$ との相関係数は 0.864 であった。そして, ともに有意性がみとめられた ($P < 0.01$)。
- ④ PWC_{170} に相当する運動を負荷して呼吸循環機能の変動をみた。このとき, 心拍数は一般成人男子で 167 ± 8.6 拍/分, 選手では 168.6 拍/分であり, これは最大心拍数のそれぞれ90%と87%に相当した。また, 酸素摂取量はそれぞれ最大酸素摂取量の90.3%, 74.1%, 心拍出量はそれぞれ最大心拍出量の96.3%, 79.7%であった。そのときの一回拍出量はそれぞれ最大酸素摂取量測定時の一回拍出量の102%, 92%であった。同様に肺拡散容量(DLCO)はそれぞれ117%, 90.7%であった。

また, 肺換気量はそれぞれ最大換気量の74.3%, 64.0%であり, 呼吸数はそれぞれ最大酸素摂取量測定時の呼吸数の, 73.9%, 61.1%であった。

文 献

- 1) Asmussen, E. and M. Nielsen. Cardiac output during muscular work and its regulation *Physiol. Rev.* 35 : 778, 1955.
- 2) Bevegård, S., A. Holmgren and B. Jonsson. Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position. *Acta physiol. scand.* 57 : 26—50, 1963.
- 3) Canadian Association for Health, Physical Education and Recreation. The physical work capacity of Canadian children aged 7 to 17. .
The Canadian Ass. Health, Physical Education and Recreation, pp. 61, 1968.
- 4) Ekelund, L. G., A. Holmgren and C. O. Ovenfors :
Heart volume during prolonged exercise in the supine and sitting position
Acta physiol. scand. 70 : 88—98, 1967.
- 5) Ekelund, L. G. : Circulatory and respiratory adaptation during prolonged exercise in the supine position.
Acta physiol. scand. 68 : 382—396, 1966.
- 6) Holmgren, A. : Cardiorespiratory determinants of cardiovascular fitness. *Canad. Med. Ass. J.* 96 : 697—705, 1967.
- 7) Holmgren, A. : On the Variation of DLCO with increasing oxygen uptake during exercise in healthy trained young men and women.
Acta physiol. scand. 65 : 207—220, 1965.
- 8) 猪飼道夫, 進藤宗洋 : 全身持久性の研究 I, II, III, 体育の科学 16 (11):669—673, (12):735—739, 1966. 17 (1) : 33—37, 1967.
- 9) 猪飼道夫 : 日本人の体力——体力の国際比較—福田邦三編集 杏林書院 247—274, 1968.
- 10) 猪飼道夫, 宮村実晴 : 心拍出量からみた全身持久性 I, II, 体育の科学 17 : 288—293, 344—349, 1967.
- 11) 猪飼道夫 : エルゴメーターの比較, 日本体育協会, 体力トレーニング研究小委員会報告 : 1—5, 1967.
- 12) 猪飼道夫, 進藤宗洋, 宮村実晴, 草野勝彦 : 女子の運動時肺拡散容量について。日本生理学雑誌 31 (1) : 46, 1965.
- 13) Sjöstrand, T., “Change in respiratory organs of workmen at an ore smelting works,”
Acta Med. Scand. 198 : 687—699, 1947.
- 14) Wahlund, H. G., “Determination of the physical working capacity : A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardio-pulmonary functional tests,” *Acta med. scand. (suppl.132)* 215 : 9—86, 1948.