— 原 著 —

簡易全身持久力測定法としてのバーピー 腕屈伸運動についての研究

酒巻 敏夫

日本医科大学保健体育学教室 (主任: 加藤延雄教授)

日本医科大学衛生学・公衆衛生学教室 (指導: 乗木秀夫教授)
(指導: 柚木 斉教授)

A study of the burpee push up test as a simple method of measuring endurance

Toshio Sakamaki

Department of Health and Physical Education, Department of Hygiene
and Public Health, Nippon Medical School

The step test is widely accepted as a simple method of measuring endurance, but due to the lack of special apparatus necessary, it takes time to complete the test when many subjects are involved. Difficulties arise in estimating the subjects tested at different times.

In order to solve this problem, I devised the burpee push up test, which, without apparatus, makes it possible to measure many subjects at one time. The test requires only simple actions which cause the main muscles of the body to work. With male subjects from the age of 10 to 29 participating in the test, the following results were obtained:

1) The heart rate and its tendency to increase during exercise in the burpee push up test showed a remarkable similarity to those of the step test. The highest heart rate during physical exercise appeared just 30 seconds before the end of the exercise. There was a very close correlation in the heart rate between the two exercises. Hence appears a remarkable resemblance in the amount of simulation to the body caused by both tests.

2) The heart rate during recovery and its tendency to decrease showed a similarity between both exercises. The heart rate was measured three times, and there was a very small difference in the total combined rates between the two groups, which shows an extremely close correlation in the total heart rate.

3) Regarding the step test, an index whereby endurance is judged is calculated. The index of the burpee push up test was almost the same as that of the step test: an extremely close correlation was found between the indexes. Thus the tables of various items in a physical fitness test and of different ages can be used in the burpee push up test.

4) Since no apparatus is used for the burpee push up test, subjects themselves can make measurements by taking each other's pulse.

In conclusion, endurance can be estimated by using the burpee push up test, and the results obtained from the test are almost the same as those of the present step test.

Key words: simple method of measuring endurance, step test, burpee push up test

緒 言

全身持久力の測定法として、現在、最も精度が高いものとして最大酸素摂取量の測定が行われている^{1,2)}。しかし、この方法は測定にあたり、多人数を同時に短時間で実施することは困難であり、しかもその器具も高価なため、screening test への活用は不可能である。

全身持久力の簡易測定法としては、Brouha ら^{3,4)}によって開発された Harvard Step Test がある。この測定法は高さ 20 inch (50.8 cm) の台を用いて、2 秒に 1 回の速度で昇降運動を 5 分間負荷し、運動終了後の回復期の心拍数をもとに指数を算出して、全身持久力を評価している。

わが国でもこれと類似の測定法として、文部省の Sports Test⁵⁾での体力診断テストの種目に、踏み台昇降運動があり、これは 10~29 才までの男女を対象に普及実施されている。本法は Harvard Step Test を日本人に適するように改良したものである。台高は 10~11 才の男子と 10~29 才の女子は 35 cm, 12~29 才の男子は 40 cm と性・年齢によって異なっている。また、昇降時間も 3 分間に短縮している。昇降運動の速度および指数の算出方法については、Harvard Step Test に準じて行い全身持久力を評価している。

Shephard ら⁶⁾は、Step Test が bicycle ergometer や tread mill に比較して、用具が安価で簡単に移動することができ、被験者に不安を与えず、心電図を記録できると述べている。しかし、このように望ましい測定法ではあるが、台高が規定されているために、多人数を同時に指導する学校においては、その台数を十分に確保できず、全生徒・全学生を対象に踏み台昇降運動を実施完了するまでには、長時間を要するなどの問題もある。また、全身持久力の簡易テストに、用具を使用しない方法として長谷部ら^{7,8)}、大山⁹⁾、吉田¹⁰⁾によって報告されている。このほか文部省の体力診断テスト⁵⁾は、運動の基礎的な総合能力をみるための敏捷性、瞬発力、筋力、持久性、柔軟性の 5 要因 7 種目から構成され、種目ごとの測定結果を各種目の判定表によって点数化し、7 種目の総合得点を求め体力の総合評価をしている。もちろんこの際も 7 種目の測定を、同時期に実施完了することが望ましいとされている。

一方、Cunningham ら¹¹⁾は、ボート選手について、下肢系筋を主に用いる bicycle ergometer と上腕筋、

背筋、脚筋などの大筋群を必要とする rowing ergometer で最大酸素摂取量を求めてみると、bicycle ergometer の場合に比してわずかに高い値がみられるが、その差はきわめて小さいと報告している。このことは全身の大筋群を用いる運動負荷法は、下肢系筋を主とする運動負荷方法ときわめて類似した結果を得ることが可能と解される。このことから、著者も踏み台昇降運動に代えられる簡易全身持久力測定法、すなわち特定の用具や広い場所を必要とせず、動作が簡単で何時でも何処でも多人数を同時に測定することができ、しかも踏み台昇降運動とほとんど同様の運動強度をもち、体力診断テストの種目別判定表および総得点の年齢別判定表が直接利用できる測定方法を考案した。

その方法として従来、全身の大筋群を必要とする、敏捷性の測定法として用いられている Burpee Test¹²⁾に、著者が腕屈伸動作を加えたバーピー腕屈伸運動による運動負荷である。

本論文では、本法と踏み台昇降運動を小学校 5 年生から 29 才までの男子に行い、その結果について両者を比較検討し、本法が簡易全身持久力測定法として有効であるという成績を得た。

研究対象および方法

予備調査として、中学生を被験者に次の 4 方法の測定法を試みた。各群 6 名である。踏み台昇降運動の運動中と回復期の心拍数を指標に比較した結果、膝屈伸運動 2 分間の負荷では、踏み台昇降運動中の最高心拍数に達しない (Fig. 1)。3 分間負荷で試みたが 5 名が継続不能となった結果、膝屈伸 3 分負荷方法は無理と思われる。バーピー腕屈伸運動の 2 秒 1 動作 3 分間の負荷を試みたが、踏み台昇降運動の最高心拍数に達しなかった (Fig. 2)。1 秒 1 動作として 3 分間の運動負荷にすると、踏み台昇降運動の最高心拍数に達するとともに、類似した変動傾向を示すことが分かった (Fig. 3)。

以上の結果から、1 秒 1 動作 3 分負荷のバーピー腕屈伸運動を取り上げることにした。

(1) 調査対象

被験者は Table 1 に示すごとく、埼玉県下の町立某小学校男子児童 29 名、某中学校男子生徒 28 名、県立某高等学校男子生徒 38 名、東京都内の某医科大学男子学生 31 名、同大学に勤務する一般男子 (23~29 才) 10 名の 5 群であり、被験者は全員健康者であ

Fig. 1 Comparison of the heart rate between the step test and the knee test

Fig. 2 Comparison of the heart rate between the step test and the burpee push up test (one action per two s)

Fig. 3 Comparison of the heart rate between the step test and the burpee push up test (one action per one s)

Table 1 Physique of subjects

Elementary School Boys					Junior High School Boys				Senior High School Boys				Male Students				Male Adults			
No.	Subjects	Grade	Height (cm)	Weight (Kg)	Subjects	Grade	Height (cm)	Weight (Kg)	Subjects	Grade	Height (cm)	Weight (Kg)	Subjects	Age	Height (cm)	Weight (Kg)	Subjects	Age	Height (cm)	Weight (Kg)
1	T.S.	5	1399	387	M.O.	2	1705	559	H.O.	2	1605	510	Y.Y.	18	1717	592	T.F.	23	1712	660
2	K.U.	5	1332	265	M.I.	2	1664	613	M.O.	2	1740	602	H.W.	18	1708	710	K.Y.	23	1640	522
3	J.K.	5	1307	299	H.A.	2	1602	560	S.K.	2	1625	532	M.W.	18	1737	558	N.T.	23	1717	650
4	T.E.	5	1400	302	K.I.	2	1609	577	M.A.	2	1645	522	T.N.	19	1680	620	M.H.	25	1756	765
5	A.I.	5	1346	276	T.N.	2	1541	422	H.I.	2	1641	560	M.H.	19	1625	625	H.Y.	26	1584	510
6	S.M.	5	1308	306	Y.M.	2	1507	384	T.K.	2	1631	580	K.H.	19	1650	580	Y.O.	26	1695	600
7	Y.T.	5	1345	292	T.A.	2	1557	439	N.K.	2	1738	618	H.H.	19	1693	645	T.W.	26	1632	558
8	K.H.	5	1246	281	K.S.	2	1678	525	M.K.	2	1683	542	T.F.	19	1600	480	T.S.	29	1788	610
9	M.S.	5	1413	353	H.M.	2	1483	390	H.T.	2	1606	536	S.M.	19	1715	620	T.O.	29	1650	550
10	S.M.	5	1367	289	U.H.	2	1517	368	H.T.	2	1703	640	H.M.	19	1730	632	T.S.	29	1534	505
11	M.K.	5	1340	288	T.S.	2	1400	330	H.O.	2	1705	598	M.Y.	19	1654	540				
12	F.T.	5	1362	304	M.A.	2	1490	326	U.I.	2	1564	487	M.Y.	19	1687	695				
13	M.T.	5	1512	502	U.N.	2	1580	470	M.T.	2	1700	595	H.I.	19	1705	580				
14	K.M.	5	1470	347	T.Y.	2	1600	518	M.S.	2	1585	438	J.U.	19	1671	605				
15	S.E.	5	1205	240	H.N.	2	1580	567	T.S.	2	1611	470	H.I.	19	1710	672				
16	H.S.	5	1408	336	S.H.	2	1448	326	K.S.	2	1557	504	M.A.	19	1726	650				
17	M.A.	6	1374	306	S.A.	2	1525	420	K.K.	2	1720	754	K.H.	20	1700	680				
18	K.I.	6	1434	292	Y.A.	2	1476	407	A.K.	2	1750	678	K.H.	20	1788	670				
19	C.M.	6	1367	384	M.S.	2	1572	524	T.N.	2	1650	640	M.F.	20	1746	663				
20	K.K.	6	1468	377	Y.S.	2	1465	335	Y.S.	2	1676	574	S.M.	20	1754	625				
21	T.I.	6	1357	329	R.A.	2	1474	370	F.S.	2	1703	636	K.M.	20	1681	570				
22	K.Y.	6	1409	291	S.U.	2	1693	603	M.I.	2	1761	584	M.Y.	20	1713	595				
23	M.S.	6	1448	370	K.K.	2	1433	340	Y.H.	2	1710	586	K.A.	20	1728	700				
24	M.Y.	6	1386	320	T.U.	3	1705	560	S.K.	2	1631	544	H.Y.	20	1680	620				
25	T.M.	6	1328	307	T.M.	3	1677	525	T.N.	2	1576	626	H.A.	20	1638	556				
26	A.Y.	6	1405	393	Y.H.	3	1693	600	K.K.	2	1750	678	F.U.	20	1650	490				
27	Y.S.	6	1453	381	K.S.	3	1574	526	K.T.	2	1706	616	T.M.	21	1701	625				
28	H.O.	6	1405	378	S.A.	3	1495	394	T.S.	1	1621	480	H.Y.	21	1673	690				
29	K.H.	6	1417	325					H.A.	1	1629	540	T.Y.	21	1636	630				
30									N.A.	1	1634	520	N.I.	21	1701	640				
31									K.I.	1	1670	535	T.M.	22	1675	715				
32									H.I.	1	1694	475								
33									T.A.	1	1656	500								
34									T.I.	1	1741	590								
35									T.S.	1	1657	585								
36									M.O.	1	1643	575								
37									H.K.	1	1722	600								
38									I.M.	1	1692	530

Fig. 4 Burpee push up test

った。

(2) 調査種目と実施方法

調査種目は踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動の2種目である。踏み台昇降運動は文部省のスポーツテスト実施要項⁹⁾にしたがって実施した。

バーピー腕屈伸運動では、反動動作を除くために1秒1動作とし、Fig. 4 に示すごとく下記の要領で行った。

直立の姿勢 (Fig. 4 ⑥) から、

(i) 1の合図で、腰と膝を曲げ両腕を肩幅に、指を前方に向けて、膝の外側に手掌を床につける (Fig. 4 ①)。

(ii) 2の合図で、両脚同時に踏み切って腕立て伏臥となる。このとき、頭部から踵まで一直線になるようにした (Fig. 4 ②)。

(iii) 3の合図で、伏臥となる。手掌を床につけたまま脱力し、顔を除き体を床につける (Fig. 4. ③)。

(iv) 4の合図で、両腕を伸ばし腕立て伏臥となる。②と同じ姿勢になる (Fig. 4 ④)。

(v) 5の合図で、両脚を同時にけって引きつけ、①の姿勢になる (Fig. 4 ⑤)。

(vi) 6の合図で、直立の姿勢に戻る (Fig. 4 ⑥)。

このように、6秒間で一連の動作を行い、これを30回繰り返す3分間の運動負荷である。

被験者は体育時の服装で、床に腰を下ろした姿勢で20分以上の安静を経て踏み台昇降運動を行い、その後40分以上の休憩を経てバーピー腕屈伸運動を実施した。高校生のみは授業時間の関係で、運動前10分間の安静と20分間の休憩によった。運動はmetronomeと笛の合図によって、3名を同時に実施した。

(3) 心拍数の測定

心拍は竹井機器製コードレス心電計3素子、および渡辺測器製リニアコーダーマークV同時記録器を使用した。送信部を左鎖骨中央線と第5肋間の交叉点、電池部は前腋窩線と第8肋間の交叉点、アース電極部は胸骨中央第1肋間の部位に装着した。胸部誘導により運動開始前30秒から運動終了後の回復期までの7分

間の心電図を連続記録した。記録した心電図のRの数をもって心拍数とした。

(4) 測定期日

小学生は昭和55年2月、中学生は昭和54年11月、高校生は昭和56年6月、大学生と一般男子は昭和56年4月と5月に実施した。

結果

踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動を実施し、運動負荷中の3分間と回復期における3分30秒間の心拍数の変動について、30秒間を一区分として平均値を求めた結果はTable 2 に示すごとくである。

1. 運動負荷中の心拍数の変動

(1) 小学生

踏み台昇降運動における心拍数の増加傾向は、運動中の最高心拍数が運動終了直前の2分30秒～3分にみられ、 78.62 ± 5.75 拍 (最低66～最高88 拍/30s) に達している。

バーピー腕屈伸運動においても、運動中の最高心拍数の発現は運動終了直前の2分30秒～3分にみられ、 81.59 ± 6.75 拍 (64～92 拍/30s) に達している。

両運動とも最高心拍数の発現は2分30秒～3分にみられ、運動中3分間の心拍数はTable 3 に示すごとく、その差は僅少で統計的有意差はない。

両運動中における心拍数の変動傾向を、30秒区分ごとについて比較すると、運動開始から30秒までは踏み台昇降運動が2.86拍多く、5%の水準で有意の差がある。30秒～1分では0.38拍差と僅少になり、以後の区分ではバーピー腕屈伸運動の心拍数がやや多いが、統計的差はない。

(2) 中学生

運動中の最高心拍数は踏み台昇降運動では運動終了直前の2分30秒～3分にみられ、 82.61 ± 6.49 拍 (68～95 拍/30s) を示す。バーピー腕屈伸運動においても同時間に、 80.93 ± 6.52 拍 (72～91 拍/30s) に達している。

Table 2 Change of the heart rate of both exercises and judgment index

Subjects Exercises M. & S. D. minute	Elementary School Boys						Junior High School Boys						Senior High School Boys						Male Students						Male Adults							
	Step Test			Burpee Push up Test			Step Test			Burpee Push up Test			Step Test			Burpee Push up Test			Step Test			Burpee Push up Test			Step Test			Burpee Push up Test				
	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.		
0	66.52	54.06	36.6	50.46	10.4	69.66	60.00	4.60	61.05	88.36	60.68	7.69	60.10	69.45	7.74	7.62	61.50	63.06	20.0	7.89												
0.5	72.17	48.67	17.9	46.96	8.50	67.86	9.43	5.34	62.66	70.96	8.87	7.55	67.23	64.86	4.87	63.96	8.20	61.46	9.30	7.36												
1.0	75.45	53.07	6.55	55.37	4.29	65.37	5.11	5.53	67.23	74.47	3.84	7.93	71.26	68.37	0.39	63.87	2.80	58.87	5.30	7.69												
1.5	77.03	55.37	8.72	53.87	8.07	69.87	7.82	6.18	74.71	74.67	6.37	8.27	74.42	70.17	3.29	67.67	6.70	59.87	8.10	8.17												
2.0	77.72	56.77	9.93	60.88	0.79	67.97	9.57	6.33	76.84	72.07	7.87	8.49	76.16	72.37	6.06	68.08	0.10	61.48	1.10	8.10												
2.5	78.62	57.58	15.9	67.58	2.61	64.98	0.93	6.52	78.00	75.27	9.24	8.62	77.58	72.77	7.71	67.58	2.50	69.28	2.80	8.19												
3.0	68.28	75.17	19.0	68.87	4.71	77.97	3.61	7.03	70.82	79.37	3.16	8.22	77.21	85.27	3.26	71.27	7.10	81.77	9.20	8.74												
0.5	52.21	92.25	3.83	83.85	9.93	82.25	8.32	6.35	66.88	98.15	9.05	9.26	61.10	95.26	1.81	84.46	7.80	76.06	9.60	10.23												
1.0	47.59	94.94	8.38	89.95	1.75	74.85	15.7	7.27	74.97	103.15	2.26	9.82	53.61	102.95	4.71	9.61	6.200	78.06	34.01	10.24												
1.5	45.93	82.44	6.79	77.65	0.64	70.74	9.86	5.91	74.00	103.45	0.00	9.54	52.39	106.95	2.87	8.31	5.860	90.65	9.90	9.15												
2.0	46.83	71.34	6.00	80.44	7.07	73.34	4.750	6.22	74.37	101.04	7.37	9.34	49.42	101.84	9.94	8.91	5.470	80.15	7.30	8.76												
2.5	47.14	55.44	4.545	67.84	9.07	67.04	8.71	4.90	74.424	96.94	7.37	9.32	49.94	93.34	9.94	8.25	5.460	72.05	5.50	8.46												
3.0	46.55	60.04	4.514	61.34	6.89	65.64	7.93	5.11	74.439	90.24	6.03	8.86	48.61	82.44	8.29	84.25	5.240	68.05	4.20	8.09												
Judgment Index	65.34	104.26	6.603	101.16	3.02	95.26	2.07	74.86	7.61	131.76	3.90	11.65	60.31	21.16	0.51	100.85	4.17	80.55	2.65	8.69												

両運動の心拍数を各区分ごとに比較すると、各区分間に 0.25~1.68 拍内のわずかの差である。3 分間の心拍数 (Table 3) の差についても 2.25 拍と僅少で、いずれにおいても統計的有意差がなく、心拍数の増加傾向がきわめて類似している。

(3) 高校生

踏み台昇降運動の運動中における最高心拍数は、運動終了直前 2 分 30 秒 ~ 3 分にみられ、78.00±7.52 拍 (64 ~ 96 拍/30s) である。パーピー腕屈伸運動においても、運動中の最高心拍数の発現は同時間にみられ、79.24±8.62 拍 (61~102 拍/30s) に達している。

両運動の負荷中の心拍数を各区分ごとに比較すると、いずれの区分においても僅少の差であり、3 分間の心拍数差も 5.69 拍と少なく、それぞれに統計的有意差はみられない。両運動の心拍数の増加傾向と運動中の最高心拍数の発現時間など著しく類似している。

(4) 大学生

両運動の運動中における心拍数の増加傾向と運動中の最高心拍数の発現は類似している。

両運動の運動中の心拍数を比較すると、踏み台昇降運動に比してパーピー腕屈伸運動の心拍数が、運動開始から 2 分 30 秒までの 5 区分にやや少ないが、2 分 30 秒 ~ 3 分の区分においてはやや多くなる。しかし、いずれの区分もわずかの差である。運動中 3 分間の心拍数差も 6.68 拍と僅少である。

(5) 一般男子

両運動の運動中における最高心拍数の発現は、2 分 30 秒 ~ 3 分にみられ、運動中 3 分間の心拍数差もわずかであり、両運動の心拍数の増加傾向は類似がみられる。

両運動の心拍数とその増加傾向が類似し、各区分ごとの心拍数差も僅少であり、それぞれに統計的有意差はみら

Table 3 Comparison of the heart rate between both exercises

Subjects	Exercises	Exercises (3 min.)		Recovery (During 3.5 min.)		Total	
		M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Elementary School Boys	Step Test	44752	2975	35452	4851	80203	7256
	Burpee Push up Test	45224	3084	35748	4762	80972	7053
Junior High School Boys	Step Test	44529	3783	38007	4696	82536	7826
	Burpee Push up Test	44304	3227	37750	3820	82054	6327
Senior High School Boys	Step Test	43118	4380	35721	6475	78839	10577
	Burpee Push up Test	43687	4728	37524	6227	81211	10657
Male Students	Step Test	42674	4036	38861	6578	81535	10140
	Burpee Push up Test	42006	3925	39081	5749	81037	9365
Male Adults	Step Test	44180	3650	42720	5383	86900	8837
	Burpee Push up Test	44860	4664	43910	4664	88770	10802

れない。

2. 回復期の心拍数の変動

(1) 小学生

踏み台昇降運動の回復期の3分30秒間の心拍数はTable 2に示すごとく、運動終了直後～30秒間で運動中の最高心拍数に比して10.34拍の減少がみられ、30秒～1分では前の区分に比して16.07拍と著しい減少を示し、以後4.26拍、1.66拍と減少するが、2～3分では前の区分に比して0.90拍、0.31拍の増加があり、3分～3分30秒では0.59拍の減少がみられる。

このように、回復期の変動傾向は運動終了直後から1分間が顕著で、運動中の最高心拍数に比して26.41拍の減少である。以後の変動はわずかで統計的差はない。この変動傾向は船川らの報告¹⁸⁻¹⁹⁾と類似している。

バーピー腕屈伸運動の回復期の心拍数は、運動終了～30秒で運動中の最高心拍数に比して9.69拍の減少、30秒～1分では前の区分より18.07拍と著しい減少である。1分30秒以後の区分ではわずかの減少で統計的有意差はない。運動終了直後から1分間の心拍数の減少が顕著である。

両運動の回復期の心拍数を比較すると、各区分ごとの差が少なく、回復期の3分30秒間の心拍数はTable 3にみられるごとく、その差が2.96拍ときわめて少なく、統計的差はみられない。

(2) 中学生

踏み台昇降運動終了後の心拍数の減少傾向は、船川ら¹⁶⁾、遊佐ら^{17,18)}の報告と類似している。

両運動の回復期の心拍数を比較すると、踏み台昇降

運動の心拍数が運動終了直後から3分までわずかに多く、3分～3分30秒の区分ではバーピー腕屈伸運動の心拍数がわずかに多いが、有意差はない。回復期の3分30秒間の心拍数(Table 3)も2.57拍と差がきわめて少なく、統計的差はみられない。

これらのことから、中学生においても両運動間の回復期における心拍数の変動傾向が、著しく類似していることが分かる。

(3) 高校生

高校生における両運動の回復期の心拍数の変動傾向を各区分で比較すると、Table 2に示すようにバーピー腕屈伸運動の心拍数が、わずかに多くみられ、さらに回復期の3分30秒間の心拍数の差が18.03拍となるが、いずれにおいても統計的有意差は認められず、同様の傾向を示している。

(4) 大学生

両運動の回復期の心拍数を区分ごとに比較すると、いずれの区分においても僅少の差であり、回復期の3分30秒間の心拍数差も2.20拍ときわめて少ない。

これらのことから、大学生においても両運動における心拍数とその減少傾向の類似がみられる。

(5) 一般男子

両運動後の心拍数を比較すると、バーピー腕屈伸運動の心拍数が、各区分ごとに多くみられるが、統計的有意差はみられず、他の4群に似た心拍数の変動傾向を呈している。

3. 運動中および回復期の総心拍数

踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動を実施し、運動中と回復期の計6分30秒間の総心拍数をみると、Table 3に示すように小学生では両運動間の心拍

数の差は 7.69 拍で、その比率は 0.96% ときわめて少ない。中学生においても 4.82 拍の差で 0.58% と著しく少ない。また、高校生は 3.01%, 大学生 0.61%, 一般男子 2.15% と差の比率が小さい。

このように下肢系を主動して行う踏み台昇降運動と、全身の大筋群を用いて行うバーピー腕屈伸運動は、動作こそ異なる運動方法であるが、著しく類似した心拍数を示すことがうかがわれる。

4. 判定指数について

踏み台昇降運動を評価する場合、運動後の回復期における 1 分～1 分 30 秒, 2 分～2 分 30 秒, 3 分～3 分 30 秒の心拍数を計測し、次の式を用いて判定指数を求め、5 段階に分けて評価している。

$$\text{判定指数} = \frac{\text{台の上がり降りの運動時間(秒)} \times 100}{2 \times (3 \text{ 回の測定脈拍数の合計})}$$

バーピー腕屈伸運動についても同様の方法で指数を求め、踏み台昇降運動の指数と比較した (Table 2)。小学生は踏み台昇降運動の 3 回計測した心拍数の合計は 140.97±21.46 拍で、指数は 65.34±10.42 である。これに対して、バーピー腕屈伸運動では 139.52±22.00 拍、指数は 66.03±10.11 となる。両運動の心拍数の合計と指数の差はともに僅少であり、統計的差はない。

中学生においても踏み台昇降運動の合計心拍数は 145.71±20.35 拍、指数 63.02±9.52 であり、バーピー腕屈伸運動では合計心拍数 147.00±17.53 拍で指数 62.07±7.48 である。合計心拍数および指数ともに有意差はない。

高校生においても踏み台昇降運動の合計心拍数 138.47±28.88 拍、指数 67.61±13.17 となり、バーピー腕屈伸運動は 145.66±27.73 拍、指数 63.90±11.65 でバーピー腕屈伸運動の成績が低いようにみられるが、統計的有意差はない。

同様に、大学生においては 153.19±28.22 拍で指数 60.83±12.11 に対し、152.94±26.55 拍で指数 60.51±10.08 となり、両運動の心拍数と指数の差はきわめて少なく、統計的差はない。

一般男子においても 169.10±22.39 拍で指数 54.17±8.05 に対し、174.90±26.90 拍で指数 52.65±8.69 であり、両運動の心拍数と指数の差は少なく、ともに統計的有意差はない。

以上、踏み台昇降運動と同様の方法で、バーピー腕屈伸運動の判定指数を求めた結果、各群ごとにきわめ

て類似した数値で共通していることがうかがわれる。

考 察

踏み台昇降運動テストの代法としての簡易全身持久力テスト法を作成する条件は多々考えられるが、動作が簡単で用具を使用せず、何時でも何処でも多人数が同時に行うことができ、その運動強度が踏み台昇降運動ときわめて類似し、そのテスト結果が踏み台昇降運動と類似の評価ができることが最小限の条件と思われる。これらを満たすことによって、体力診断テストの持久性の判定と体力の総合評価が可能となる。

著者が考案したバーピー腕屈伸運動測定法は、動作が簡単なため、踏み台昇降運動を遂行できる健康な身体であれば、誰でも容易に実施することが可能である。問題はバーピー腕屈伸運動の運動強度に対して生体がどのように反応するかであり、踏み台昇降運動の心拍数との関係を検討する必要がある。

1. 運動中の心拍数

金子ら¹⁰⁾は、運動強度と心拍数の関係はほぼ直線関係を示す、と報告していることから、本研究における両運動の運動強度に違いがあれば、運動中の心拍数の増加傾向、運動中の最高心拍数の発現時間のいずれかに現れるものと考えられる。

(1) 両運動テストの運動強度

運動中の心拍数の増加をみると、運動開始から 30 秒の区分で、小学生は踏み台昇降運動の心拍数が、バーピー腕屈伸運動に比して 5% の水準で有意に多いことがみられるが、他の 4 群は有意差はみられない。30 秒以後から運動終了時までには、5 群とも両運動間の心拍数差は僅少で統計的差はみられない。小学生において運動開始時に相違が現れたのは、下肢系筋を主とする運動が、循環器系に刺激が速いという生理的な現象か、あるいは初めて心電図を体験したことによる心理的緊張による影響が考えられる。しかし、30 秒以後の心拍数が類似していることから、一過性の心理的緊張が原因と思われる。

運動中の最高心拍数の発現する時間は 5 群とも、踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動ともに、運動終了直前の 2 分 30 秒～3 分にみられ、心拍数の差もきわめて少なく、統計的差がみられない。

両運動の運動中における心拍数の関係をみると、Table 4 のごとく小学生は相関係数値が $r=0.4991$ ($p<0.01$)～ 0.7494 ($p<0.001$) と他の 4 群に比し

て小さく、変動が大きい特徴がみられる。Fox ら²⁰⁾は、11 才ころから筋力が著しく発達すると述べているが、小学校 5, 6 年生はこの年齢に近いことから、大筋群の筋持久力にも関係があり、発育発達の個人差が大きいことに原因しているものと考えられる。

心拍数の増加傾向では、運動開始から 1 分までの増加が顕著で、Miller ら²¹⁾や Paterson²²⁾の報告と類似

している。

このように各群とも共通して、踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動における心拍数 (Table 3) の差がきわめて少なく、運動中の最高心拍数の発現が同じ時間であり、Fig. 5~9 に示すごとく、著しく高い相関関係がみられることから、両運動の運動強度の類似がうかがわれる。

Table 4 Correlation coefficient of the step test and the burpee push up test

Subjects		Elementary School Boys	Junior High School Boys	Senior High School Boys	Male Students	Male Adults
Exercises	Minute					
	0 ~ 0.5	※※※ 0.7494	0.7616	0.8658	0.7717	0.7930
	0.5 ~ 1.0	※※※ 0.6531	0.8231	0.8826	0.7905	0.7477
	1.0 ~ 1.5	※※ 0.5678	※ 0.8518	※ 0.8784	※ 0.8167	※ 0.8070
	1.5 ~ 2.0	※※ 0.4991	※ 0.9020	※ 0.8913	※ 0.8018	※ 0.8099
	2.0 ~ 2.5	※※ 0.5427	※ 0.9134	※ 0.9073	※ 0.8164	※ 0.8110
Recovery	2.5 ~ 3.0	※※ 0.6685	0.8765	0.8906	0.8515	0.7827
	0 ~ 0.5	0.7663	0.8129	0.8694	0.8360	0.8569
	0.5 ~ 1.0	0.8222	0.7660	0.8710	0.8014	0.9106
	P ₁ 1.0 ~ 1.5	※ 0.8079	※ 0.8166	※ 0.8931	※ 0.8322	※ 0.9299
	P ₂ 1.5 ~ 2.0	※ 0.8037	※ 0.8525	※ 0.9194	※ 0.8536	※ 0.8913
	P ₃ 2.0 ~ 2.5	※ 0.7118	※ 0.8378	※ 0.9019	※ 0.8340	※ 0.8706
	2.5 ~ 3.0	0.8064	0.7140	0.9232	0.8908	0.8810
	P ₃ 3.0 ~ 3.5	0.8094	0.8118	0.9107	0.8986	0.8359
	P ₁ + P ₂ + P ₃	※※※ 0.8562	※※※ 0.8694	※※※ 0.9183	※※※ 0.8737	※※※ 0.8963
Judgment Index		※※※ 0.8132	※※※ 0.8816	※※※ 0.8760	※※※ 0.8463	※※※ 0.9239

(Note) ※※※ : $p < 0.001$, ※※ : $p < 0.01$, ※ : $p < 0.05$

Fig. 5 Correlation of the heart rate between the exercises from 2.5 min to 3 min (elementary school boys)

(2) 心拍数の増加傾向

各群の2分30秒～3分の心拍数を100%としたとき、前の区分である2分～2分30秒の心拍数についてみると、踏み台昇降運動では一般男子が97%、

中学生と大学生は98%、小学生と高校生は99%に達している。同様にバーピー腕屈伸運動でも5群とも98%を示している。このように両運動とも100%に到達しないが、2分以後にほぼ定常状態に入るよう

Fig. 6 Correlation of the heart rate between the exercises from 2.5 min to 3 min (junior high school boys)

Fig. 7 Correlation of the heart rate between the exercises from 2.5 min to 3 min (senior high school boys)

に思われる。

このように両運動の運動中における循環器系の生体反応が、5群とも共通した現れ方であることから、両運動の運動強度がきわめて類似していることを示唆するものと思われる。

2. 回復期の心拍数の変動

一般に行われている持久力の測定法においては、回復期の心拍数を基に全身持久力を評価している。各群の運動終了後の心拍数の減少傾向をみると、運動終了直後から1分30秒までが著しく、5群に共通してみられる。運動中の最高心拍数を100%としたとき、運

Fig. 8 Correlation of the heart rate between the exercises from 2.5 min to 3 min (male students)

Fig. 9 Correlation of the heart rate between the exercises from 2.5 min to 3 min (male adults)

Fig. 10 Correlation of the total heart rate of P_1 , P_2 and P_3 after exercises (elementary school boys)

P_1 : 1 min~1.5 min, P_2 : 2 min~2.5 min, P_3 : 3 min~3.5 min

Fig. 11 Correlation of the total heart rate of P_1 , P_2 and P_3 after exercises (junior high school boys)

P_1 : 1 min~1.5 min, P_2 : 2 min~2.5 min, P_3 : 3 min~3.5 min

動終了後 1 分 30 秒で、小学生は踏み台昇降運動 60.53 %、バーピー腕屈伸運動 59.30 % と約 40 % の減少がみられる。一般男子は前者 75.15 %、後 76.57 % と約 25 % の減少となる。中・高・大学生の 3 群はこの中間に位置しており、年齢の高い群ほど心拍数の減少率が少なく、回復の遅いことが両運動についてみられる。

(1) 3 回計測の心拍数と相関関係

踏み台昇降運動では、前述のごとく回復期の心拍数を 3 回計測し、合計した心拍数を基に判定指数を求め評価している。同様の方法でバーピー腕屈伸運動の合計心拍数を求め、両運動の合計心拍数を比較すると、各群ともわずかの差で統計的有意差はないが、高校生は他の 4 群に比してバーピー腕屈伸運動の心拍数が多

い傾向にある。これは踏み台昇降運動終了後 20 分間の休憩でバーピー腕屈伸運動を実施した関係で、他の群に比して休憩時間が短かったことが一因とも思われる。

両運動間の合計心拍数の関係をみると、**Fig. 10～14** に示すごとく、各群の相関係数値は小学生の $r=0.8562$ ($p < 0.001$) から高校生の $r=0.9183$ ($p < 0.001$) の範囲内にあり、いずれもきわめて高い相関関係がみられる。

これらのことから、両運動における回復期の心拍数および変動傾向も、きわめて類似することが各群に共通していると思われる。

(2) 判定指数と評価について

各群の踏み台昇降運動の判定指数 (**Table 2**) は、

Fig. 12 Correlation of the total heart rate of P_1 , P_2 and P_3 after exercises (senior high school boys)
 P_1 : 1 min~1.5 min, P_2 : 2 min~2.5 min, P_3 : 3 min~3.5 min

体力・運動能力調査報告書²⁸⁾の全国平均値と比較すると、大学生は優っているが、小・中学生と一般男子が劣り、高校生は同程度の成績である。両運動の判定指数を比較すると、小・中・大学生および一般男子は差が著しく少ないが、運動間の休憩時間の短い高校生はパーピー腕屈伸運動の合計心拍数が多い関係で判定指数が低く、他の4群に比して差が大きいようにみられるが、統計的差は認められなかった。

また、両運動の判定指数の関係は Fig. 15~19 に示すように、小学生の $r=0.8132$ ($p < 0.001$) から一般男子の $r=0.9239$ ($p < 0.001$) と、きわめて高い相関関係がみられる。

このことから、小学校5年生から29才までの男子では、パーピー腕屈伸運動のテスト方法を用いて、踏

み台昇降運動ときわめて類似した判定評価を得ることが可能と考えられる。

さらに、体力診断テスト²⁹⁾の種目別判定表を用い、踏み台昇降運動の代わりにパーピー腕屈伸運動で全身持久力の得点化と判定ができ、総合得点を算出することによって、年齢別判定表から体力の総合評価を得ることが可能と考えられる。

(3) 測定に要する必要時間

踏み台昇降運動テストを実施するとき、1回の測定可能な被験者数の決定は、触診による脈拍計測者数が関係するが、それにもまして規定の台の保有数によって決定される場合が多い。台数の少ない場合は長日時を要することになる。これに対してパーピー腕屈伸運動は用具を使用しないことから、触診による計測可能

Fig. 13 Correlation of the total heart rate of P_1 , P_2 and P_3 after exercises (male students)
 P_1 : 1 min~1.5 min, P_2 : 2 min~2.5 min, P_3 : 3 min~3.5 min

Fig. 14 Correlation of the total heart rate of P_1 , P_2 and P_3 after exercises (male adults)
 P_1 : 1 min~1.5 min, P_2 : 2 min~2.5 min, P_3 : 3 min~3.5 min

Fig. 15 Correlation of index between the step test and the burpee push up test (elementary school boys)

Fig. 16 Correlation of index between the step test and the burpee push up test (junior high school boys)

Fig. 17 Correlation of index between the step test and the burpee push up test (senior high school boys)

Fig. 18 Correlation of index between the step test and the burpee push up test (male students)

Fig. 19 Correlation of index between the step test and the burpee push up test (male adults)

な測定者と同数の被験者を同時に実施でき、全員が触診できる集団であれば、踏み台昇降運動テストにおける一交代の所要時間を用いることで、その集団の全員を測定完了することができる。

結 論

全身持久力を評価する指標として、踏み台昇降運動テストが一般に用いられている。このテスト法は規定の台高の器具を必要とするために、多人数を測定する集団（学校）では用具不足のため、多くの被験者（全生徒・全学生）の測定を完了するまでに長期間を要している。そのため時期的ずれが起因することによって、その評価に困難さを生じている。これらを解消することをねらいとして、用具を使用せず、動作が簡単で、全身の大筋群の活動を必要とするバーピー腕屈伸運動を考案

し、小学校5年生から29才までの男子を対象に実施し、次の結果を得た。

1) 踏み台昇降運動とバーピー腕屈伸運動の運動中における心拍数と、その増加傾向は著しく類似している。運動負荷時間中の最高心拍数の発現は、運動終了直前の2分30秒～3分にみられ、両運動間の心拍数の相関関係もきわめて高い。これらからバーピー腕屈伸運動の運動強度が、踏み台昇降運動ときわめて類似することがうかがわれる。

2) 両運動の回復期における心拍数、および減少傾向が類似し、3回計測の合計心拍数の差が僅少であり、合計心拍数間にきわめて高い相関関係がみられる。

3) 全身持久力の評価として、踏み台昇降運動テストは判定指数を算出している。同様の方法でバーピー腕屈伸運動について判定指数を求めると、きわめて類似した値が得られ、両運動の判定指数間に著しく高い相関関係がみられる。このことから、体力診断テストの種目別判定表、および総得点の年齢別判定表がそのまま利用できる。

4) バーピー腕屈伸運動は用具を使用しない関係から、触診による脈拍の計測可能な集団であれば、相互実施で多人数を測定完了することができる。

以上から、バーピー腕屈伸運動を用いて、現行の踏み台昇降運動のテスト結果ときわめて類似した、全身持久力の評価が可能である。

文 献

- 1) 猪飼道夫：全身持久性の研究 (1)。体育の科学, 16, 669～673, 1966。
- 2) 猪飼道夫：全身持久性の研究 (2)。体育の科学, 16, 734～739, 1966。
- 3) Brouha, L.: The step test; A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Research Quarterly, 14, 31～36, 1943.
- 4) Gallagher, J.R., and Brouha, L.: A simple method of testing the physical fitness of boys. Research Quarterly, 14, 23～30, 1943.
- 5) 文部省体育局：昭和47年度体力・運動能力調査報告書。p. 25～41, 文部省, 東京, 1973。
- 6) Shephard, R.J., Allen, C., Benade, A.J.S., Davies, C.T.M., di Prampero, P.E., Hedman, R., Merriman, J.E., Myhee, K., and Simmons, R.: Standardization of submaximal exercise tests. Bull. Wld. Health, Org., 38, 765～775, 1968。
- 7) 長谷部昭久, 笹尾和, 安達千恵子, 大平悦子, 柚木斉, 加藤延雄, 酒巻敏夫, 福光能里子, 中島雅美: 簡易一般人用比較的局所持久力組合せテストの試案。(1) 踏み台昇降テストに対して膝屈伸負荷法の利点を中心として。体力科学, 23, 25～31, 1974。
- 8) 長谷部昭久, 寺田せつ子, 松木秀明, 逢坂文夫, 春日斉, 柚木斉, 石橋洋男: 簡易一般人用比較的局所持久力組合せテストの試案。(2) 上肢系, 下肢系, 軀幹系各比較的局所持久力測定評価法ならびに全身組合せ評価法について。体力科学, 25, 183～195, 1976。
- 9) 大山義之: スポーツマン用簡易全身持久力測定評価法について。体力科学, 20, 79～88, 1971。
- 10) 吉田章信: 体力測定。p. 110～115, 福村書店, 東京, 1951。
- 11) Cunningham, D.A., Googe, P.B., and Critz, J.B.: Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. Med. and Seien. Sports, 7, 37～43, 1975。
- 12) 竹中玉一: 体育測定の実際。p. 95～96, 体育の科学社, 東京, 1963。
- 13) 船川幡夫: ステップテストによる持久力の評価について。体育科学, 1, 165～167, 1973。
- 14) 松井秀治, 宮下充正, 三浦望慶, 小林寛道, 天野義裕, 米田吉孝, 豊島進太郎, 後藤サヨ子: 小学生のステップテストに関する研究。第1報 作業強度からみた小学生のステップテスト。体育科学, 1, 168～173, 1973。
- 15) 山川純, 宮原富喜子: 小学生における踏み台昇降運動による全身持久力の評価について。体育科学, 1, 193～203, 1973。
- 16) 船川幡夫, 大沢清二, 江橋慎四郎, 山地啓司: 性・年齢とステップテスト成績との関係。体育科学, 2, 79～81, 1974。
- 17) 遊佐清有: 中学校生徒を対象とした踏み台昇降テストについての検討。体育科学, 1, 182～189, 1973。
- 18) 遊佐清有, 里吉政子, 片尾周造, 宮崎義憲: 中学生を対象とした踏み台昇降テストの検討; 異なる時点でのテスト成績の検討および深屈膝運動負荷テスト, 加圧止息テストの成績との比較について。体育科学, 2, 22～32, 1974。
- 19) 金子公育, 豊岡示朗: 階段昇降運動における持久性運動処方への負荷設定法。体育科学, 4, 105～110, 1976。
- 20) Fox, M.G., and Atwood, J.: Results of testing Iowa school children for health and fitness. J.O. H.P.E.R., 26, 20～21, 1955。
- 21) Miller, W.E., and Elbel, E.R.: The effect upon pulse rate of various cadences in the stepup test. Research Quarterly, 17, 263～269, 1946。
- 22) Paterson, W.D.: Circulatory and respiratory changes in response to muscular exercise in man. Journal Physical, 66, 323～345, 1928。
- 23) 文部省体育局: 昭和54年度体力・運動能力調査報告書。p. 72, 文部省, 東京, 1980。

(受付: 1982年7月30日)