

HST 変法による心拍数・最高血圧の変化

足利 善 男, 石 川 俊 紀, 火 箱 保 之*,
増 田 洋**, 川 井 浩***

Effects of Modified Harvad Step Test on Heart Rate and Systolic Blood Pressure

Yoshio ASHIKAGA, Toshiki ISHIKAWA, Yasuyuki HIBAKO*,
Hiroshi MASUDA** and Hiroshi KAWAI***

Abstract: Nine male adults (30-53 years), 16 basketball players and 10 general students of Kyoto Sangyo University were asked to exercise daily for a week to examine and improve their endurance. The exercise was a modified Harvard Step Test (HST), which involved stepping up and down a 40 cm height 30 times per minute for 3 minutes repeated 3 times with a 5-minute rest between repeats.

Heart rate increased by the exercise in all subjects, but did not decrease to the control level in the male adults after the exercise. Their heart rate was higher than that of the other subjects, and was higher after the second exercise than after the first, and that after the third was the same as that after the second. Systolic blood pressure showed a tendency to decrease from the first to the third exercise. In the recovery periods, male adults showed higher values than the controls.

At the end of the week, the heart rates and systolic blood pressure were lower than those on the first day in all subjects, and clearly in the male adults.

Key words: Heart Rate, Systolic Blood Pressure, Endurance, Male Adult, Basketball Player, General Student

京都産業大学教養部体育科（北区上賀茂本山）

* 京都産業大学現代体育研究所（北区上賀茂神山）

** 嵯峨美術短期大学保健体育研究室（右京区嵯峨五島町）

*** 京都大学医療技術短期大学部一般教育
Division of Health and Physical Education,
College of Liberal Arts, Kyoto Sangyo University

* Institute for Modern Physical Education,
Kyoto Sangyo University

** Division of Physical Education, Saga Junior
College of Arts

*** Division of General Education, College of
Medical Technology, Kyoto University
1991年7月15日受付

緒 言

身体適性の中でも持久性は重要な要素と考えられている¹⁾。それは選手にとっては競技力向上のため、また一般人にとっては健康の維持増進に必要な要素だからである。持久力の測定にはトレッドミルや自転車エルゴメーターなどにより運動を負荷した際の酸素摂取量の測定がよく用いられている。しかし、測定は簡単なものの方が望ましいといえよう。その点、ハーバード・ステップ・テスト（以下 HST と略す）は

簡単な踏台昇降運動を負荷した後の脈拍数の消長から指数を算出して判定されるものであり²⁾, 多用されている。

しかし, 1 回のみの運動負荷によるよりも適当な休憩時間を挿入して, 複数回負荷する場合の機能の変化の方がより詳細な機能の判定が可能ではないかと思われる。川井は休憩を挿入して陸上疾走を反復負荷した際の血圧値を測定した結果, 各回の運動直後の最大血圧の低下傾向の見られないものは, 疾走記録の低減が見られないとしている³⁾。また, 村上らは HST にのった踏台昇降運動を 5 分間の休憩を挿入して, 3 回反復負荷した際の最大血圧の消長から, トレーニングを積んだ者では直後血圧値の低下

傾向は認められないか, あるいは認められても軽度であるとしている⁴⁾。

HST のような踏台昇降運動は激しい運動とは考えられず, 定常状態に入る前に運動を終了することを目的としていることから, トレーニングを積んだ者においては極めて軽度の負荷となると思われる。また, トレーニングを積まない者にとっても苦痛をとまなうほどの負荷とも考えられない。しかし, 川井は尿量等の変化からみて, 踏台昇降運動のような軽度で緩慢な運動であっても時間的に延長される場合は, 運動遂行のために交感神経活動亢進あるいは副腎髄質ホルモンの分泌亢進などがあるものとしている⁵⁾。

表 1 踏台昇降による心拍数の変化

		成人男子		運動部員		一般学生	
時 間		1 日目	7 日目	1 日目	7 日目	1 日目	7 日目
1 回目	安静時	79	76	66	65	78	77
	1 分目	119	116	109	110	120	115
	2 分目	137	131	118	114	129	125
	3 分目	147	139	119	115	131	128
休 憩	1 分目	126	118	72	76	100	94
	2 分目	105	97	70	63	84	81
	3 分目	100	90	71	69	87	83
	4 分目	96	88	74	68	87	83
	5 分目	96	86	72	72	82	84
2 回目	1 分目	131	122	114	110	122	120
	2 分目	148	137	121	117	133	130
	3 分目	159	146	125	120	138	134
休 憩	1 分目	136	123	85	79	107	106
	2 分目	114	103	73	72	93	89
	3 分目	107	97	75	74	92	89
	4 分目	104	93	77	72	89	85
	5 分目	100	92	75	74	91	87
3 回目	1 分目	129	127	118	114	130	123
	2 分目	150	142	123	121	139	133
	3 分目	155	148	125	121	140	136
休 憩	1 分目	139	125	88	81	104	106
	2 分目	117	105	76	73	93	91
	3 分目	110	99	78	74	93	90
	4 分目	104	94	76	72	91	87
	5 分目	102	93	79	74	91	84

これらのことから、倉敷らは成人男子、大学運動部員、一般学生を対象として、1分間30回の踏台昇降運動を5分間の休憩を挿入して3回負荷した際の脈拍数、血圧値を測定している。そして、これを1週間継続するときにはかなりのトレーニング効果が現れることを認めている⁶⁾。しかし、この場合脈拍数は橈骨動脈での測定であり、また血圧は負荷運動後の聴診法によるものである。

そこで、今回は心拍数・血圧連続測定の機器を使用し、倉敷らと同様の踏台昇降運動を負荷した際の運動中および休憩中の心拍数・血圧値の測定を試みた。そして、1週間にわたり毎日ほぼ同時刻に同負荷運動を行わせて、そのトレーニング効果発現の有無について検討した。

測定方法

被検者は30歳から53歳の成人男子9名、運動部員として京都産業大学バスケットボール部員(男子)16名および一般男子学生10名の計35名である。測定は1990年5月から8月までの期間に、京都産業大学現代体育研究所実験室において実施した。測定に使用した機器は日本コーリ

ン KK 製運動負荷用血圧監視装置 STBP-680 である。負荷した運動は1分間30回、高さ40 cm の踏台昇降運動を3分間行わせ、5分の休憩を挿入して3回反復させたものである。なお、休憩中は椅座位で安静状態を保たせた。そして、この負荷運動を1週間連続してほぼ同一時刻に行わせ、1日目と7日目の結果を比較した。

測定結果

1. 心拍数の変化について

踏台昇降運動反復負荷による心拍数の変化は図1、図2、図3および表1のようである。○印は1日目、●印は7日目の測定結果で、いずれも平均値で示した(被験者が少ないため、差の検定はしていない)。

成人男子(図1)では各回の負荷運動により心拍数は増加し、運動終了とともに減少するが、安静時値までは回復しなかった。そして回を重ねるに従い、運動中および休憩中の心拍数は増加していく傾向が認められる。しかし1日目よりは7日目の方がすべてに低い値を示しているのが認められる。

運動部員(図2)では負荷運動によって増加

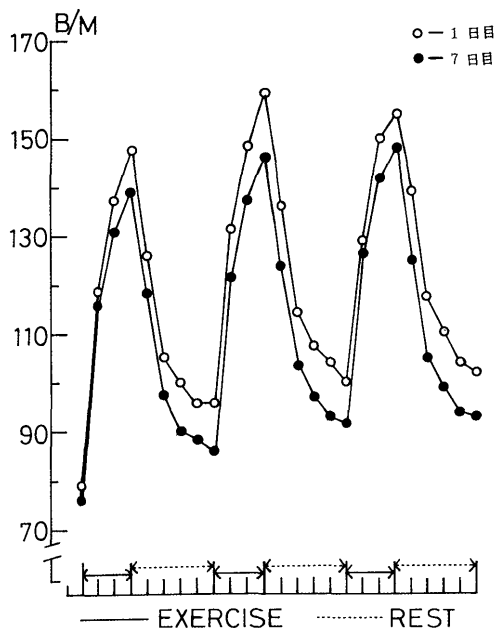


図1 成人男子の心拍数の変化

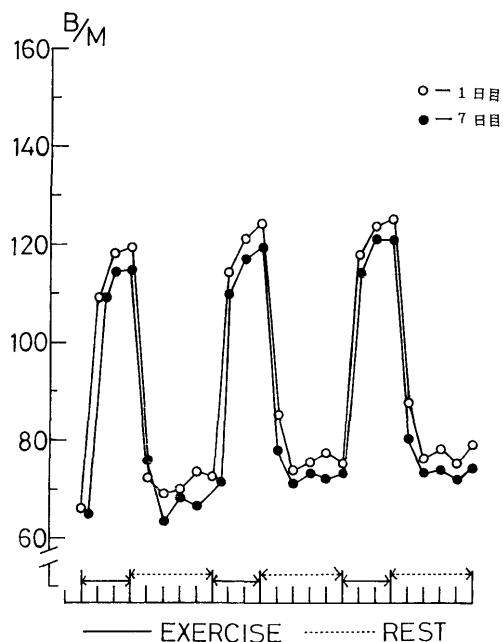


図2 運動部員の心拍数の変化

するのは同様であるが、休憩に入ってから1分目には安静時値に極めて近くまで減少し、その後も同様である。しかし回を重ねるにつれてその回復の程度はやや遅れる傾向は認められる。そして成人男子と同様、1日目より7日目の方がすべて低い値を示した。

一般学生(図3)では成人男子、運動部員と同様に負荷運動により心拍数は増加し、休憩に入って減少するが、その程度は両者の中間程度である。また回を重ねるにつれて運動中あるいは休憩中の増加傾向のみられることも同様である。特に休憩に入ってから1分目の値にその傾向は著明に認められた。そしてほとんどの場合、1回目より7回目の測定値が低い値を示した。

2. 最高血圧の変化について

踏台昇降運動反復負荷による最高血圧の変化は図4, 図5, 図6および表2のようである。成人男子(図4)では1日目の1回目の運動中、210 mmHgまで上昇した。しかし2回目と3回目にはやや低下し、200 mmHg程度であった。休憩に入ってからには下降するものの、1回目と2回目には安静時値まで回復しなかった。しかし3回目には安静時値まで達している。7日目には安静時値も低くなり、全体に低くなったことが認められる。そして負荷運動3分目の値では、2回目と3回目とは1回目より高くなった。

運動部員(図5)では負荷運動により1日目

表2 踏台昇降による最高血圧の変化

	時間	成人男子		運動部員		一般学生	
		1日目	7日目	1日目	7日目	1日目	7日目
1 回目	安静時	138	130	129	129	126	124
	1 分目	150	147	140	147	145	128
	2 分目	192	169	173	169	167	145
	3 分目	208	186	179	165	168	161
休 憩	1 分目	183	169	163	157	154	154
	2 分目	171	156	138	143	141	130
	3 分目	161	152	126	136	129	130
	4 分目	149	144	132	133	127	124
	5 分目	150	134	124	131	122	120
2 回目	1 分目	161	150	145	142	141	127
	2 分目	188	173	165	167	167	140
	3 分目	201	193	170	170	161	162
休 憩	1 分目	188	166	152	157	143	146
	2 分目	175	157	136	134	133	138
	3 分目	160	149	126	133	127	127
	4 分目	150	142	126	131	131	124
	5 分目	149	139	123	126	124	126
3 回目	1 分目	171	149	145	150	145	132
	2 分目	188	176	158	166	160	142
	3 分目	204	189	171	165	158	163
休 憩	1 分目	173	173	152	153	148	147
	2 分目	160	161	131	140	138	135
	3 分目	148	145	128	133	128	127
	4 分目	135	139	124	131	123	130
	5 分目	138	136	124	129	120	128

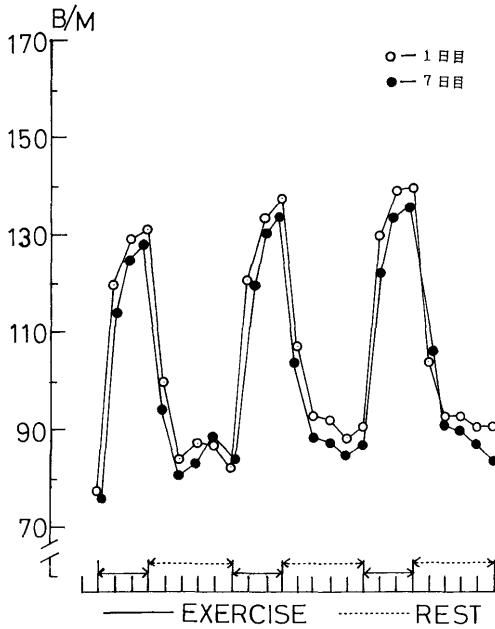


図3 一般学生の心拍数の変化

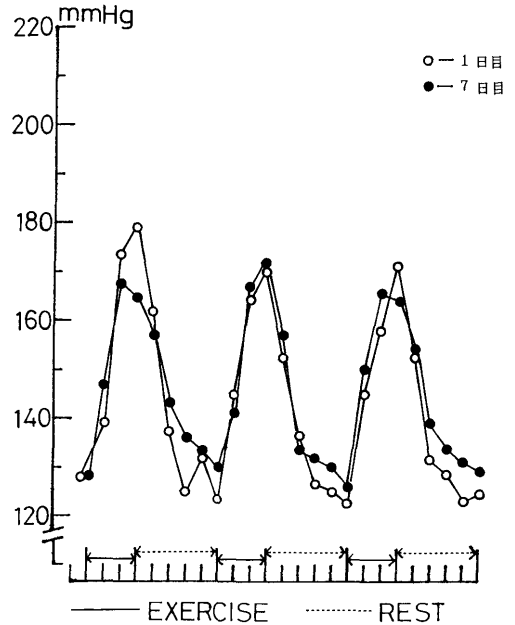


図5 運動部員の最高血圧の変化

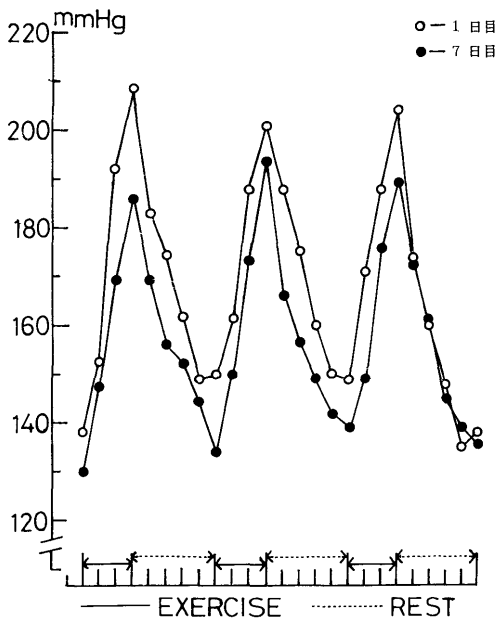


図4 成人男子の最高血圧の変化

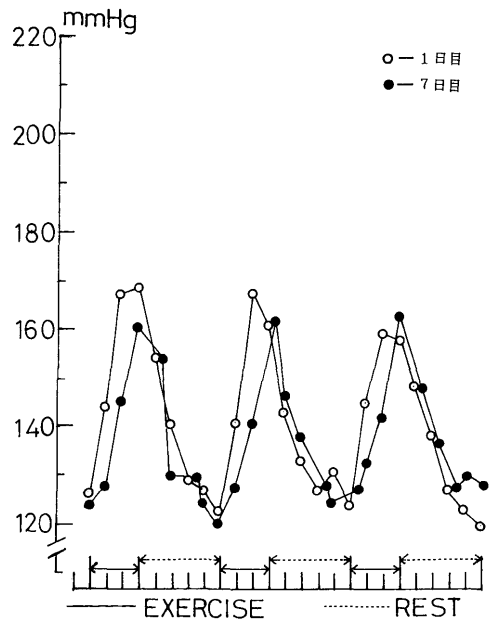


図6 一般学生の最高血圧の変化

の1回目には180 mmHg にまで上昇したが、2回目、3回目には170 mmHg 程度の上昇であった。また、休憩に入ってから各回とも安静時値を下回る傾向がみられた。そして7日目には各回の負荷運動による上昇は、3回目はや

や低いもののほぼ同程度であった。また各回の休憩に入ってから、安静時値程度までの低下傾向を示した。

一般学生(図6)では負荷運動による上昇は、1日目の3回目で鈍くなり、1回目、2回目よ

り低下を示した。しかし7日目には各回とも同程度までの上昇を示した。また休憩に入ってから、1日目には各回とも安静時値を下回ったが、7日目には1回目を除き安静時値を下回らなかった。

考 察

持久性は呼吸、循環両機能により測定されるものである。しかし、呼吸機能の測定は機器が高価であり、方法も簡便とは考えられず、また多人数の測定にも適当とは考えられない。そこで、一定の負荷運動後の脈拍数の消長を利用するHSTが考案されたわけである。そして最近では、段階的に負荷時間を短縮することにより、一定距離の反復可能回数を測定する方法も開発されている⁷⁾。しかし、この方法はかなり苦痛をとまうため、一般には利用が困難と思われる。一方、一般的には定量的であることが望ましいのは当然であるが、ある範囲内で段階的に判定することでも、持久性を判定する上でそれほど支障が生じないと思われる。

そこで、HSTにのっとった踏台昇降運動を負荷することにより、心拍数および最高血圧の変化を測定し、それぞれの対象について検討を加えることにした。

従来HSTの脈拍数の測定に際しては、15～30秒間の倍数から分間値を算出していたため、かなりの誤差のあったことは否定できない。しかし今回は胸部誘導による心電図から算出されたものである。また血圧測定は運動終了後聴診法によるものであったが、今回は1分間隔ではあるが運動中も測定可能である。

測定された結果は倉敷らの報告のように⁶⁾、トレーニングをしていない成人男子では各回の心拍数は上昇傾向を示した。また最高血圧は低減する傾向がみられた。苦痛をとまわない程度の負荷ではあるが、3回反復するときは血圧は上昇せず心拍数の増加により循環機能を維持していることが推測される。しかし、トレーニングを積んだ運動部員では心拍数もそれほど増加せず、また血圧の低減もみられなくなるもの

である⁸⁾。

古川は今回と同様の運動負荷により呼吸機能を測定し、トレーニングを積んだ運動部員では酸素摂取量が非運動部員より大であったと報告している⁹⁾。従って、成人男子ではかなり酸素摂取能力に劣るものと考えられる。このことが持久性の劣ることを示すものであるが、このような者が運動を継続するときは交感神経活動の増加および副腎髄質ホルモン分泌亢進があると考えられる。そのため心拍数は増加し、休憩に入ってから両者の影響が残ることにより安静時値への低下はないものと思われる。

一方、中田はエピネフリン投与による血圧上昇後投与前よりも低下する血圧陰性相発現時には、尿中にカリクレイン様物質の排泄量が増大することを報告している¹⁰⁾。

努力性を要する運動では交感神経活動の増加および副腎髄質ホルモン分泌の亢進が招来されると考えられる。その結果カリクレイン様物質の発現が増大するとすれば、体力の乏しい者では負荷運動の反復継続により血管拡張が起り、血圧上昇が鈍化する可能性が大きくなると推測される。血圧上昇が鈍化すれば不足する血流量は心拍数の増加により補償されると考えられる。従って、体力に乏しいと思われる成人男子においては、血圧上昇の鈍化、心拍数増加の両傾向が明らかとなったものと考えられる。

運動部員は日常のトレーニングにより持久力はあると考えられる。そのため成人男子にみられるような傾向は認められなかった。そして一般学生は両者の中間的な傾向を示したものと理解される。しかし、運動部員でも特に持久力を向上させるトレーニングを組み入れなければ、成人男子に類似する傾向を示すことが推測される。今回の例における運動部員はバスケットボール選手で、練習条件などよりみて持久性にすぐれているとは考えられないようである。それは、血圧が休憩に入ってから陰性相とみられる安静時値以下に達することもあるからである。

体力を構成する敏捷性、持久性など種々の要素はトレーニングによって向上する¹¹⁾。もちろ

ん呼吸機能や循環機能など機能によりトレーニングの質, 量, 期間等が異なるであろうが, 倉敷らは体力的に劣る成人男子や一般学生でさえも1週間の踏台昇降運動をトレーニングとして負荷した場合, トレーニング後の脈拍数, 最高血圧の変化は運動部員の変化に類似するようになることを認めている⁶⁾。今回の実験においてもその傾向は認められ, 特に成人男子で著明であった。しかし運動部員, 一般学生ではそれほど明確な差は認められなかった。1日目と7日目の変化の差は成人男子, 一般学生, 運動部員の順に少なくなる傾向を示した。体力の劣る者あるいは日常トレーニングを実施していない者においては, 特にこのような改善傾向は短期間で発現すると思われる。

これらのことからトレーニングによる体質の変化は, 自律神経系のうち心拍数などリズムカルなものに最初にかかることが多いと推測される。そして, その後の変化は長期間を要すると思われるが, 内分泌系を含めた広範な, かつ機能相互の連関を強化する方向をとるものと推測される。

要 約

自動血圧監視装置を使用し, 成人男子, 運動部員および一般学生にHSTにのっとり踏台昇降運動を負荷した際の心拍数, 最高血圧の変化を検討した。またトレーニングとして1週間連続して同負荷運動を行わせ, 1日目と7日目の変化から効果を検討した。

1. 心拍数は回を重ねるに従い運動中および休憩中ともに増加傾向を示すが, その傾向は成人男子が最も大きく, 運動部員が最も小さかった。
2. 最高血圧は回を重ねるに従い運動中はやや低減傾向を示すが, 休憩中は成人男子では安静時値への回復は遅れるようである。しかし運動部員と一般学生では回復傾向を示した。
3. 1週間のトレーニングによりいずれも改善

傾向が認められ, 特に成人男子で著明であった。

測定にあたり, 被験者となった各位に感謝いたします。

文 献

- 1) Brassfield CR: Some Physiological Aspects of Physical Fitness. *Research Quarterly* 1943; 14(1): 106-111
- 2) Brouha L: The Step Test: A Simple Method of Measuring Physical Fitness for Muscular Work in Young Men. *Research Quarterly* 1943; 14(1): 31-36
- 3) 川井 浩: 身体運動による血圧消長の意義. *体育学研究* 1964; 9(1): 447
- 4) 村上長雄, 川井 浩, 倉敷千稔, 佐藤陽吉: 血圧値の消長より見た運動負荷と循環機能. *日生誌* 1972; 37(7): 457
- 5) Kawai H: Studien über Postwebegungsdiurese. IV. Die Effekte der Methode von Harvard Step Test mit einer Modifikation zu der Urinmenge und der Ausscheidungsmenge des Urinkreatinins. *Mie Med J* 1967; XVII(2): 185-195
- 6) 倉敷千稔, 岩野悦真, 星名 倫, 川井 浩, 古川勝巳: 循環機能に及ぼす反復運動の影響—HTS 変法による—. *同志社保健体育* 1976; 15: 53-70
- 7) Rowan C, Leger L, Lavoie JM: Aerobic Multi-stage Field Tests. *Coaching Review* 1986; 9: 43-46
- 8) 古川勝巳: 運動選手における反復運動負荷による循環系機能の検査. *同志社保健体育* 1975; 14: 55-65
- 9) 古川勝巳: 運動選手における反復運動負荷による循環系機能および呼吸機能の検査. *同志社保健体育* 1976; 15: 38-52
- 10) Nakata K: Synergistic Effect of Urinary Kallikrein and Histamine in Exercise Proteinuria. *Mie Med J* 1971; XXI(2): 129-139.
- 11) Bock AV, Vacaulaert C, Dill DB, Foelling A, Hurxthal LM: Studies in Muscular Activity. III. Dynamical Changes Occurring in Man at Work. *J Physiol* 1928; 66: 136-161