

ステップ運動における心拍数変化の 態度とその意義について

大 永 政 人

A Study on the Pulse Rate at the Exercise by Stepping.

Masato OONAGA

は じ め に

身体運動における運動の量や強度に応じて運動のために必要なエネルギーの放出量が増加する。需要エネルギーが増大すれば、これに応ずるエネルギーの供給が必要であり、そのために必要な酸素の需要が高まるので、運動器官を灌流する血液量も増加する必要がある。灌流血増加のために種々の生体の機構があると考えられているが、それらの機構の総合的働きの結果として起こる単位時間当りの心拍出量増加こそ灌流血増加の目的を達するために最も重要なことである。

運動を中止すればエネルギーの需要量は減少する。しかし運動中に筋肉の中に生じた乳酸その他の化学反応物質は急に処理できるわけではないので、これらの物質の処理のために運動中止後の酸素需要は引き続き高い状態を維持し、従って灌流血量も安静時よりも高い状態を維持しながら時間の経過と共に回復する。

このように運動および運動中止後に灌流血量の増減が起こるのは、運動する筋肉のエネルギー放出に基づく酸素需要の高まりと、運動中止後、運動中の筋中に産生された化学的物質の処理に基づく酸素需要の漸減に因るから、運動の時間や強度や種類によって、筋中を灌流する単位時間内の血液量の大きさや回復時間の長さにも種々の相異が生ずる。

単位時間内の心臓拍出量は心拍数と毎回拍出量との組合せによって定まるが、近年、運動による単位時間当りの拍出量は主として心拍数の増減によるといわれている。心臓容積、心筋の強さ、心臓を灌流する血液量等の変化量には個人によってほぼ一定の限界があると思われるので、単位時間内の拍出量の増減に影響を与えることは当然であっても、その能力には限界があると思われる。

単位時間内拍出量の増減の主因と考えられる心拍数の変化は、主として自律神経の調節作用をうけると考えられているが、自律神経の調節の態度は個人的に一定の傾向をもつと考えられるし、また、身体の鍛練の度合によっても異なるものと考えられる。

このような見地に立って、ステップ運動によって一定の運動負荷を加えた場合の運動中の心拍数増加および運動後の減少過程にどのような個人的傾向がみられるか、練習している運動の種目が異なれば特殊な傾向がみられるか、また、心拍数増減の調節作用にはどのような特性がみられるか等について検討を加え、ステップ運動による体力評価の意義について考察したい。

猪飼²⁾³⁾によれば、トレッドミル走でオールアウトになるまで走ったときの心拍数は190から200まで増加し、トレーニングを加えればオールアウトまでの時間の延長と心拍数上昇が緩徐になる傾向があり、また、運動後心拍数回復の態度はトレーニングの有無にかかわらずどの被験者においても殆ど差異がなかったと報告し、Brouha⁵⁾も同様のことを述べているという。また、トレッドミルでオールアウトまで走った時に、走中の心拍数増加の態度には相当に大きい個人差があり、一流のマラソン選手においてもそれがみられると述べ、鍛練者の中には運動の初期の心拍数上昇率が急である者を認め、運動に対する適応が早いのではないかと述べている。運動後の心拍数回復の態度については、どの被験者も似た傾向を示すが、コンディションの状態を知ることができると述べており、Brouha⁵⁾も運動強度による心拍数増加の程度差とこれに基づく回復の時間差を認めているので心拍数回復状態の観察が体力評価に無意味であるとは考えられない。

実 験 方 法

実験の方法としてステップ運動を選んだ。身長と体重の個人差による影響は考えられるが僅少であるといわれているので、ここでは考慮に入れないことにした。昇降速度は30回/分として30 cm, 40 cm, 50 cmの踏台を用いて5分間行なった。運動後は直後から椅座位で腕を机上において休息させた。自作の歪測定器利用の指頭脈波計⁴⁾を食指頭に装着して運動中および回復時の脈波を描記した。脈波図の記録紙の目盛の1 cm区間の送り時間が4.3秒になるので、4.3秒当りの脈波数を計えてグラフ紙にプロットした。被験者には体育科専攻学生を用い、7～8月の間に実施した。運動は低い台より初め各運動の間に15分以上の休息時間を置いた。

結 果 と 考 察

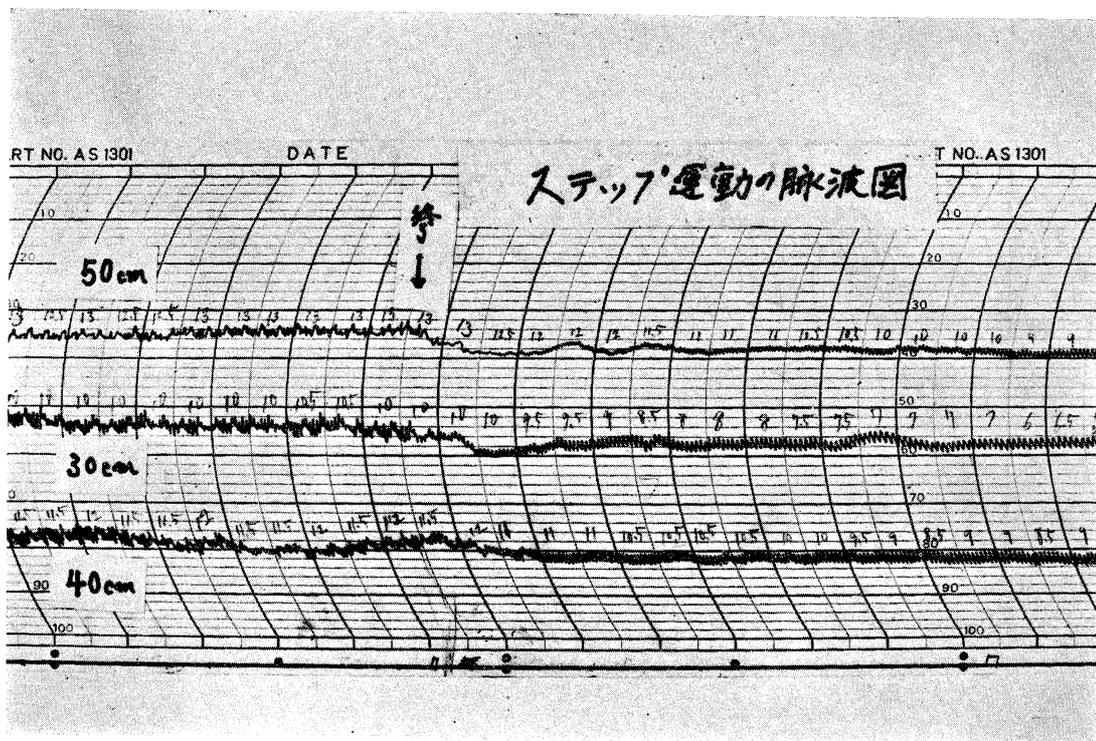
1. 脈 波 図

第1図は脈波図である。図の上方が指頭皮ふの拡張を示す。脈波振幅は台高30 cm, 40 cm, 50 cmの順に小さくなった。これは血圧の上昇によるものか、充血・鬱血その他の原因による指頭皮膚の緊張によるものか不明であるが更に検討を加えたい。運動中止直後何れの場合も脈波振幅は小さくなり、基線より低下して指頭皮膚の緊張が弱くなったことを思わせる。30秒後には基線に回復し振幅も大きくなった。振幅の増減は血圧の原因が大きいと思われる。

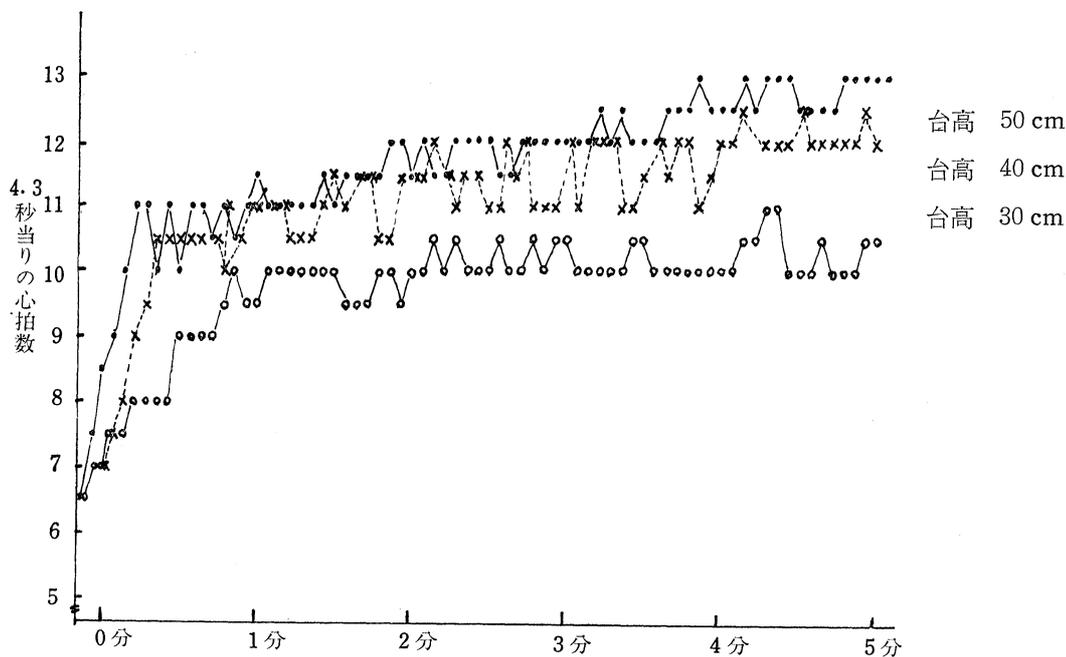
2. 運動中の心拍数の増加

第2, 3, 4図は運動中の心拍数増加曲線である。図のY軸の0.5は脈波の山が記録紙の1 cm毎の線によって分割された場合であって分時当り7に相当するが、心拍数の計数誤差の範囲と考えると差し支えない。

台高30 cmにおいては運動5分で心拍数10/4.3秒(分時140)まで上昇した。11(分時155)まで上昇したのは11人中4人であった。運動開始後1分半以内で9(分時126)まで上昇したのは11人中3人で長距離的運動を行なっている者であった。



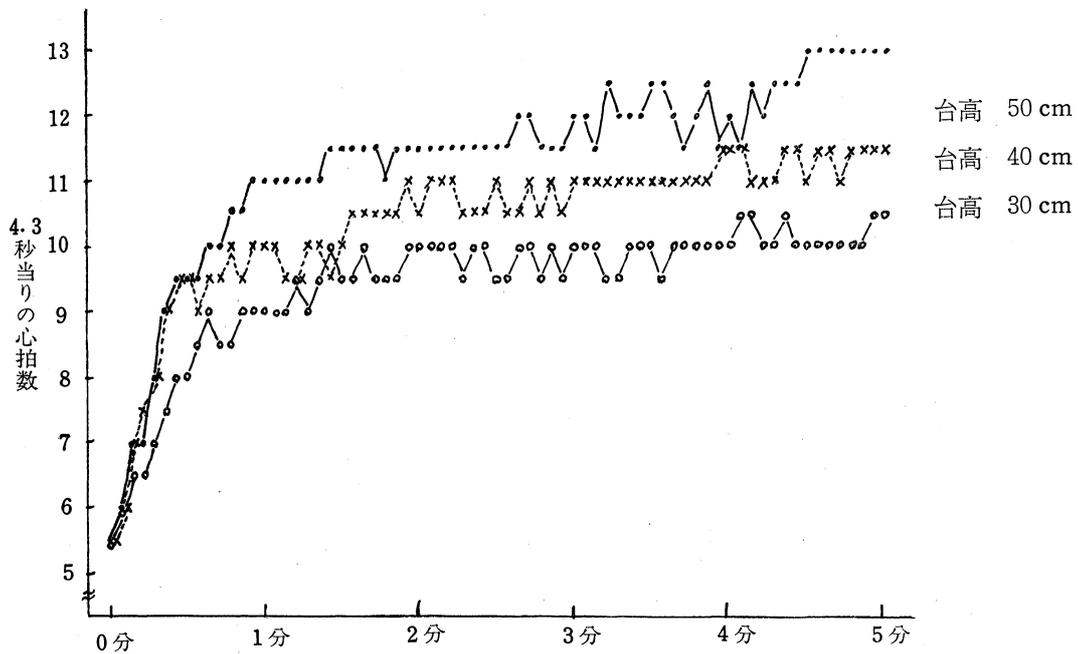
第 1 図



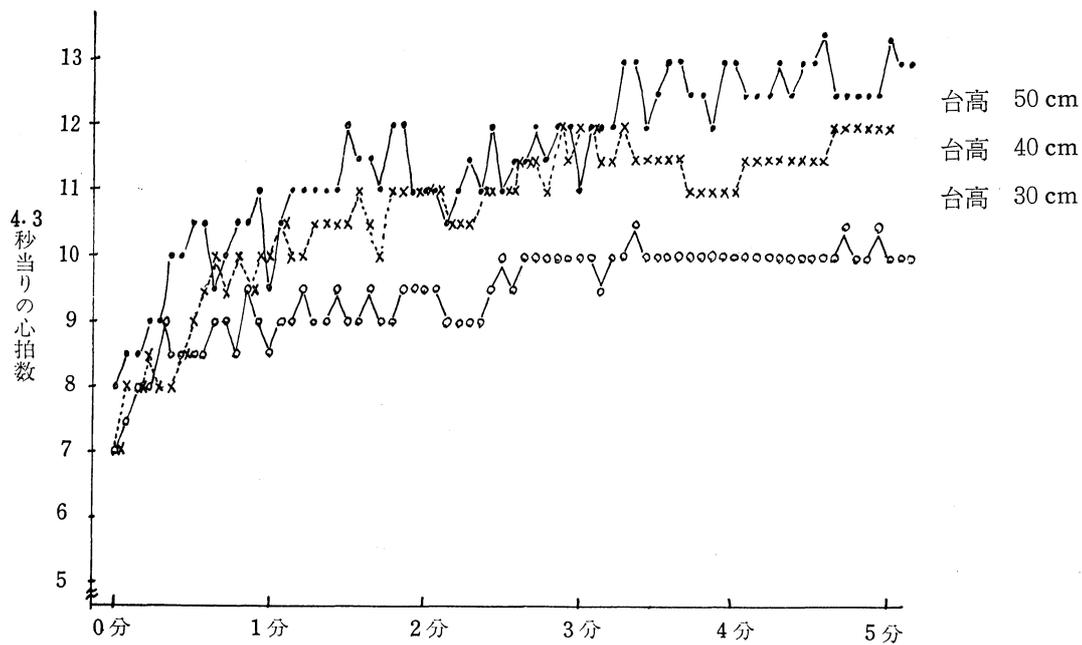
第 2 図 ステップ運動における心拍数の変化 須賀 (長距離)

台高 40 cm では 30 cm と 50 cm との中間値をとって上昇したが 50 cm の場合に類似している者が多く、5 分目で 10.5~11.5 (分時 147~161) まで上昇した。10.5 までの上昇時間は大体 2 分以内であったが、長距離的運動練習者ではもっと短時間で上昇した。

台高 50 cm では 5 分目で 12.5~13.5 (分時 175~189) まで上昇した。運動開始後 2 分以内で



第3図 ステップ運動における心拍数の変化 中川(長距離)



第4図 ステップ運動における心拍数の変化 山下(空手)

11.5 (分時 161) まで上昇したのは長距離的運動練習者に多い傾向がみられた。図にみられるように台高が低いほど初期上昇線の角度が小さく、10 (分時 140) までの上昇時間も長く、2分以上を要する場合が多かった。台高 30 cm では心拍数上昇曲線は5分目までに大体一段階の上昇を示し、40 cm では大体二段階の上昇、50 cm では大体三段階の上昇を示した。この場合三段階目の上昇は長距離的運動練習者では遅れて起こる傾向がみられた。段階的上昇は長距離的運動練習者において

第1表 ステップ運動中の心拍数上昇時間(秒)

氏名	台 高 4.3 秒当り 60秒 当り 歳	50 cm					最 高 脉	40 cm					最 高 脉	30 cm					最 高 脉
		9	10	11	12	13		9	10	11	12	9		10	11	12			
		126	140	154	168	182		126	140	154	168	126		140	154	168			
国分(剣道22)		9	95	112	172	/	168	43	95	206	/	154	77 ¹⁶³	/	/	/	133		
柿川(柔道21)		9	34	64	69	206	182	13	60	124	154	168	52	94 ²²³	/	/	147		
福留(短走21)		34	52	103	180	197	182	34	103	172	274	168	52	86	/	/	140		
谷口(" 23)		26	52	129	172	249	182	43	69	137	189	168	43	77	146	/	154		
北川(バスケット19)		17	34	67	137	249	182	34	74	223	266	168	69	137	266	/	154		
中尾(" ")		17	26	77	103	172	189	17	52	103	154 ²⁵⁷	175	69	223	240	283	161		
筒井(" ")		26	43	103	163	240	182	43	60	120	214	168	77	214	240	283	168		
田中(水短21)		26	68	86	180	257	182	26	68	137 ²⁵⁷	/	161	26	68 ¹⁹⁷	/	/	147		
中川(長走21)		26	43	52	163	294	182	26	52	120 ²⁴⁰	/	161	43	86 ²⁴⁰	/	/	147		
須賀(" 23)		8	9	17	172	249	182	17	26	52	129	168	34	52 ¹²⁹	/	/	147		
山下(空手21)		17	26	52	94	198	182	34	43	154	180	168	43	154	/	/	147		
平 均		19.5	43.8	78.3	145.9	229.1		30.0	63.8	140.7	205.7		53.1	123.0	210.1				

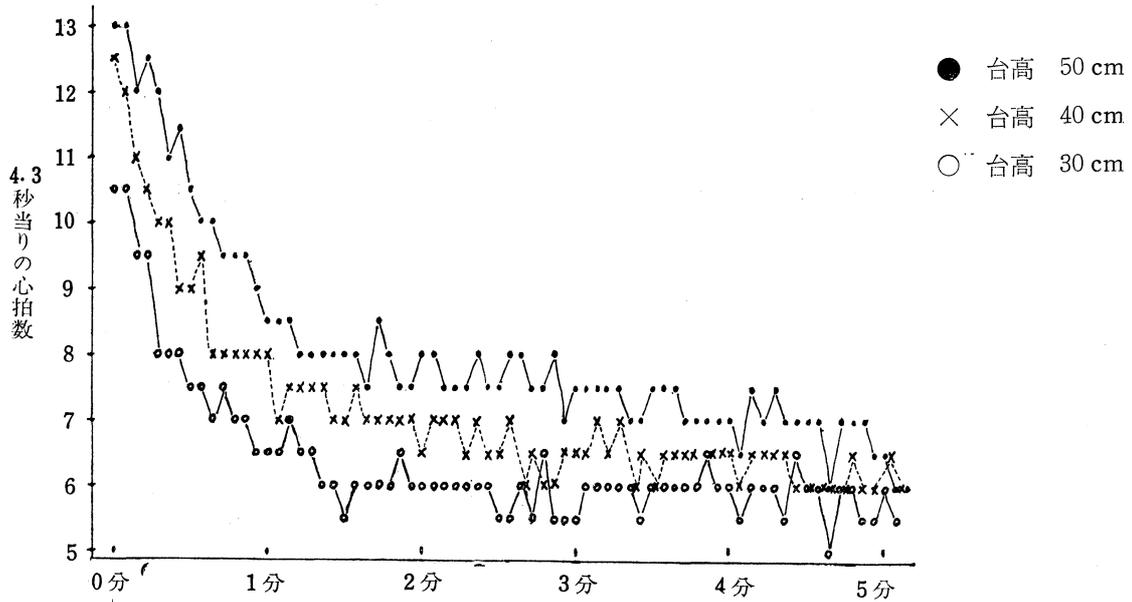
著明に認められた。そこで各々の台高について心拍数上昇時間を計算してみると第1表のようになった。

心拍数9(分時126)までの上昇時間は台高が50cmの場合には8~34秒平均19.5秒、40cmの場合には13~43秒平均30秒、30cmの場合には26~77秒平均53.1秒を要し、心拍数10(分時140)まで上昇するのに50cmの場合9~95秒平均43.8秒、40cmの場合26~103秒平均63.8秒、30cmの場合52~223秒平均123秒を要した。心拍数11(分時154)まで上昇するには50cmの場合17~129秒平均78.3秒、40cmの場合52~206秒平均140.7秒を要したが、30cmの場合には4人だけが11(分時154)まで上昇し、146~266秒平均210.1秒を要した。

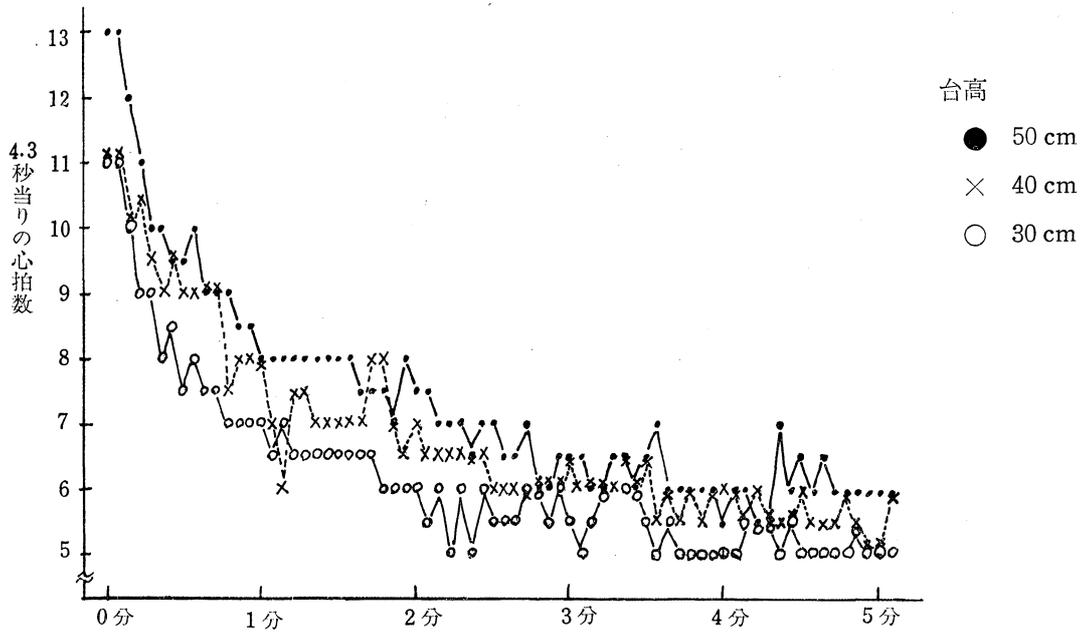
このことから、運動強度が大きいほど心拍数の初期上昇角度が大きくなり、分時拍出量の増大が急速に起こる適応態度がみられる。更に心拍数11(分時154)程度までの上昇時間を台高50cmについて観察すると、長距離的運動練習者の須賀・中川・田中では他の者よりも所要時間が短かく、心拍数13(分時182)に上昇する時間は逆に他の者よりも長い。台高40cmの場合もこれと似た傾向を示し、30cmの場合には全員に大差は認められない。即ち台高が低い(運動強度が弱い)と脈拍数上昇の態度に個人差が明瞭に現われないことを意味する。猪飼³⁾⁵⁾によれば、マラソンの国際的選手にトレッドミル走を行なわせて心拍数上昇の態度を観察し、アベベ・ジュリアン・内川等の心拍数初期上昇が極めて急であることを認めている。Brouha⁵⁾も心拍数が一定の強度の運動負荷によって変化する様式をみることによって、トレーニングの程度をみることを示しているが、上述の実験結果からみて、ステップ運動においても台高と運動時間が適当であれば、循環系のトレーニングの程度を知るのに役立つものと考えられる。

3. 運動後の心拍数下降の態度

第5~7図は運動後の心拍数下降曲線図である。

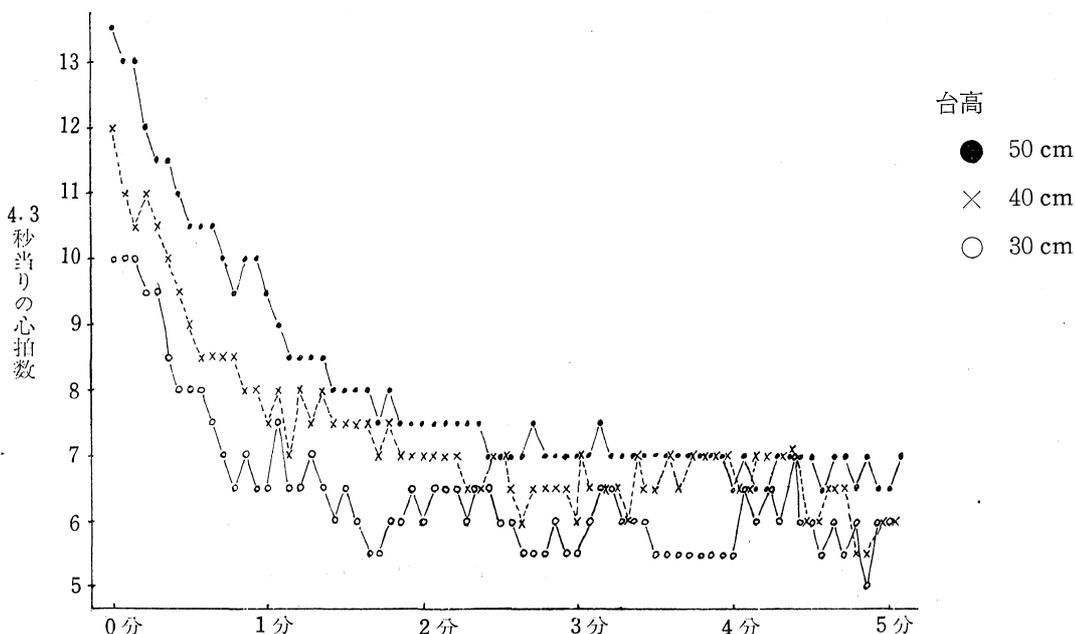


第5図 ステップ運動における心拍数の変化 須賀(長距離)



第6図 ステップ運動における心拍数の変化 中川(長距離)

心拍数上昇曲線図と下降曲線図とを同一人のものについて裏返しに合せてみると、台高が 40 cm および 50 cm のときの初期上昇曲線と下降曲線とが大体一致してよく似ていることがわかる。しかし台高 30 cm のときには下降曲線の方が角度が大となっていることがわかる。即ち台高が低いと運動中には心拍数は徐々に上昇し、上昇の程度が小さく、運動後の下降が急であるという特徴がみられる、運動直後の心拍数の大小によって回復時下降の態度に大きな影響を与えることが認められる。第2表は心拍数下降時間である。



第 7 図 ステップ運動における心拍数の変化 山下(空手)

第 2 表 ステップ運動後の心拍数下降時間(秒)

氏名	4.3 秒当り 60秒 当り	台高 秒当り	50 cm				振動 反応	最高 脈	40 cm				振動 反応	最高 脈	30 cm				振動 反応	最高 脈
			8	7	6	5			8	7	6	5			8	7	6	5		
			112	98	84	70			112	98	84	70			112	98	84	70		
国分(剣道)	22	43	77	129	///	1.5	168	43	52	77 ¹⁰³	///	1.0	154	26	34	43	60	2.0	133	
柿川(柔道)	21	94	214	///	///	3.5	182	112	120 ²⁹⁴	///	///	2.0	168	34	43 ¹¹²	///	///	1.6	140	
福留(短走)	21	77	232	///	///	1.9	182	52	94 ¹⁴⁶	///	///	2.0	168	43	69 ¹⁴⁶	///	///	1.5	140	
谷口(")	23	94	112	146	266	1.2	175	52	69	94 ¹⁴⁶	///	1.0	168	52	69	86 ¹⁷²	///	1.2	154	
北川(バスケット)	19	77	172 ²²³	///	///	1.3	182	43	137	223	///	1.1	168	34	86	172	///	1.2	154	
中尾(")	"	172	266	///	///	1.2	189	93 ²¹⁴	300	///	///	1.6	175	93	180 ²⁶⁶	///	///	1.8	154	
筒井(")	"	154 ²⁵⁷	///	///	///	2.3	182	94	129	214	///	1.5	168	154 ²⁴⁰	///	///	///	1.8	168	
田中(水短走)	21	69	103	163	///	1.8	182	43	77	120 ¹⁷²	///	1.5	161	43	60	94 ¹⁷²	257	1.3	147	
中川(長走)	21	60	112	171	240	1.8	182	52	77	154 ²¹⁴	300	1.0	154	26	52	112	137	2.0	154	
須賀(")	23	77	172	274	///	1.8	182	43	86	163	///	1.5	154	17	52	86 ¹³⁷	283	1.4	140	
山下(空手)	21	86	146 ²¹⁰	///	///	4.0	189	52	103	172 ²³¹	///	1.0	168	26	52	86 ¹⁷¹	///	1.0	140	

ここでも台高が低いと心拍数 7 (分時 98) から 6 (分時 84) までの回復時間が 34~180 秒平均 69.5 秒 (北川・中尾・筒井はバスケット練習直後で疲労していたと思われるので、これ等を除くと平均時間は 60 秒以内となる) となって、個人差があまりみられなくなる。心拍数 8 (分時 112) までの回復時間は台高 50 cm では長距離的運動練習者が心ずしも速くはないが、台高 40 cm, 30 cm の場合への所要時間の逓減率は他の者に比べて大きいことがみられる。即ち運動強度が小さいとトレーニングの度合によって回復時間に差異が生ずると思われる。また、心拍数 6 (分時 84) までの回復時間をみると、台高 50 cm では 5 分以上を要するものが多数にみられる。台高 40 cm では長距離的運動練習者の方が比較的に時間が短い。また、心拍数 1 (分時 14) の増減の波が (振動反応と呼ぶ) が起こる時間をみると台高 50 cm では平均 2 分台高 40 cm と 30 cm では 1.4~1.5 分で

ある。猪飼¹⁾²⁾⁵⁾によればドレッドミル走のオールアウト後の心拍数減少の初期下降の態度は、オールアウトまでの時間の長短にかかわらず非常に類似していると述べているが、本実験で下降曲線が似ているのは、台高 50 cm と 40 cm では心拍数 8 (分時 112) 30 cm では 7 (分時 98) 程度までの下降状態であった。以上のことから、トレーニングの程度をステップ運動によって観察しようとするれば、運動中止後 1 分以上経過後に個人差が出ることを考慮に入れておくことが必要であろう。また、1 分以上経過後の曲線が台高 30 cm では水平に近くなること、および振動反応の起こりが速いことを考慮に入れて、台高が低いことは観察結果の意義を減少するものと思われる。

4. 心拍数上昇および下降の停滞時間

第 3 表に心拍数上昇の停滞時間を台高 50 cm について、下降の停滞時間を三つの台高について示した。

第 3 表 心拍数上昇及び下降の停滞時間(秒)

氏名	台高	心拍数上昇のとき						心拍数下降のとき						5分 心拍 後数
		50 cm						50 cm		40 cm		30 cm		
		150 → 170		140 → 170		140 → 150		112 → 98		112 → ⁽⁹¹⁾ ₈₄		112 → ⁽⁹¹⁾ ₈₄		
(秒後)(秒間)		(秒後)(秒間)		(秒後)(秒間)		(秒後)(秒間)		(秒後)(秒間)		(秒後)(秒間)				
国分(剣道)	112	61	95	77	95	15	43	34	43	34	26	17	77	
柿川(柔道)	64	4	34	34	34	40	94	120	112	183	34	77	91	
福留(短走)	103	77	52	128	52	51	77	154	52	94	43	103	91	
谷口(短走)	129	43	52	120	52	77	94	12	52	43	52	34	77	
北川(バスケット)	67	70	34	103	34	33	77	94	43	180	34	137	84	
中尾(")	77	26	26	77	26	51	172	94	93	121	93	173	91	
筒井(")	103	60	43	120	43	60	154	103	94	120	154	86	84	
田中(水短)	86	94	68	112	68	18	69	34	43	77	43	51	70	
中川(長走)	52	101	43	120	43	9	60	52	52	129	26	86	70	
須賀(")	17	154	9	163	9	9	77	94	43	120	17	69	70	
山下(空手)	52	43	26	69	26	26	86	60	52	120	26	60	77	

これらの数字は心拍数上昇下降の態度が、なだらかな曲線であるのか、波型を描くのかということを示すものである。運動中についてみると、長距離の中川・須賀の場合は分時 140 から 150 までの上昇時間が短かく、分時 150 から 170 までの上昇時間が長い。分時 140 から 170 までの時間にすると他の者との差が小さい。また回復時の心拍数停滞時間は他の者とあまり差がない。北川・中尾・筒井の場合は前にも記したようにバスケット練習直後であったが、何れの台高においても分時 112 までに要した下降時間が長く、その状態での停滞時間が長い傾向を示した。このことから、運動後の心拍数回復の過程では疲労の影響をうけるものと思われる。

結 び

ステップ運動を用いて、19~24才までの大学体育専攻学生 11 人につき運動中及び回復時の心拍数上昇および下降の態度を歪測定器によって指頭脈波図を描記し、記録紙送り速度 4.3 秒/cm 当りの脈波数によって心拍数上昇と下降の曲線図を作り、上昇および下降の時間関係を考察して次のような結果を得た。

1. 運動開始後の心拍数の急上昇は、9/4.3秒（分時126）まで上昇するのに台高50cmで8~34秒（平均20秒）を要し、40cmでは13~43秒（平均30秒）、30cmでは26~77秒（平均53秒）を要し、台高が低いと上昇曲線の角度が小さくなった。心拍数11/4.3秒（分時154）までの上昇時間は長距離的運動練習者においては台高が高いと短時間となり、台高が低いと時間が長くなる傾向を示した。

2. 心拍数上昇曲線は台高が高い場合には三段階の、低いと一段階の階段状態の増加がみられた。

3. 回復時の心拍数下降曲線は上昇曲線を裏返しにしたものと類似しており、初期の急下降が認められた。台高50cmと40cmでは心拍数8/4.3秒（分時112）までの急下降がみられ平均90~60秒を要し、30cmでは心拍数7/4.3秒（分時98）までの急下降がみられ平均60秒を要した。下降曲線の型には個人差が少ないが、初期下降に要する時間は長距離的練習者において比較的短かく、トレーニングの程度の観察に役立つと思われる。

台高の高低による運動終了時の心拍数上昇の程度の大小は初期下降の時間に影響し、小なるほど初期下降の時間が短い。また、台高が低いと心拍数下降曲線の振動反応が早く起こる傾向がみられた。

4. 疲労の状態は心拍数下降の時間を延長することが認められた。

5. ステップ運動をトレーニング効果や心臓持久性のテストとして用いる場合には、台高が低いとその意義が減少するし、運動時間が3分以内の場合には更にそのことが著しくなると思われる。

参 考 文 献

- 1) 猪飼道夫, 山川純子: 疾走時の心拍数の測定について, 民族衛生, 23; 1956
- 2) 猪飼道夫, 吉沢茂弘, 中川功哉: トレッドミル法による全身持久性の評価について, 体力科学, 10, 1962
- 3) 猪飼道夫, 吉沢茂弘, 中川功哉: トレッドミル法による持久性の評価—マラソン選手を中心として, *Olympia*, No. 11, 66-73, 1962
- 4) 大永政人: 抵抗線歪計利用による肥満児の跳やく力並びに運動負荷時脉搏数の検討, 鹿児島大学教育学部研究紀要, 19, 1968
- 5) 児玉俊夫, 猪飼道夫, 石河利寛, 黒田善雄: スポーツ医学入門, 南山堂, 1965

Summary

This experiment was made to study on the changing of the pulse rate of students during exercise in 5 minutes and after exercise by use of the step which were used in the three heights (50 cm, 40 cm, 30 cm).

The pulse rate during exercise and after exercise were measured by use of strainage which was pasted on a ring weared the fingertip. The pulse rate was illustrated continuously per 4.3 seconds and it was analysed. Obtained results were follows.

- 1) The rising curve of the pulse rate during exercise showed quick rise up

to about 125 beats per minute, and the step was the higher, it was the quicker. In the case of long distance runner, it was seen that the rising curve showed quick rise up to about 155 beats per minute, and then showed slow rise up to about 180 beats per minute. This tendency was seen markedly in the case of the higher step.

2) The rising curve of the pulse rate showed three stages at the 50 cm step and showed one stage at the 30 cm step.

3) The recovering curve of the pulse rate after exercise showed the similar curve for that the rising curve was turned, and on the curve pattern was seen a few difference among others.

4) The degree of required time in the first stage of the recovering pulse rate after exercise was seen that it was affected by the degree of pulse rate at the period of exercise.

5) It was seen that the fatigue condition may be caused to the prolonging of the recovery time of the pulse rate after exercise.

6) It was considered that, if the height of the step was low or the time of the stepping was short, the test for a survey of the effect on the training of exercise or on the endurance of the heart may be a little meaning.