

登山時における疲労の研究

〔V〕登山時の脈拍の変化

金沢大学医学部衛生学講座(主任 石崎有信教授)

林 勝 次

(昭和47年9月6日受付)

運動時には安静時に比較して増大する筋肉の酸素要求に対応し、呼吸および循環機能に変化の現れることは当然である。登山活動にあつてはさらに低圧の影響が加わる。循環機能のうち脈拍は最も観察しやすいものであり、また運動負荷の身体に与える影響を敏感に反響するものである。その変動を最小に止める条件は運動として最も能率の良いものといえよう。そのような条件を探し求めることも体育生理上意義なしとしないと考える。

上述のような意味で各種の登山活動にともなう脈拍の変化を主として富山大学の学生を被験者として観察した。まず初めに高地と低地における安静時の脈拍数を比較し、つぎに緩傾斜地の登行時の変化を高地と低地において比較し、さらに歩行速度、傾斜度、雪渓とガラ場、標高差655mの直登行、垂直に近い岩壁の懸垂下降などの各種の条件下の登山活動での脈拍の変化を測定した。

I. 低地と高地の脈拍数の比較*

1. 被験者並びに測定方法

被験者：富山大学教育学部の体育専攻の学生男子10名、女子6名を被験者とした。なお参考のためにグルジャー・ヒマール登頂の経験のある1名と、第1次南極観測隊員である1名との2名の山小屋従業員についても測定を実施した。

測定方法：1) 安静時脈拍数

高地における計測は1968年8月6日から9日の間に立山剣沢(標高2600m)において逐日行なった。一方低地の計測値としては1968年7月27日から8月2日の間の氷見市中田(標高10m)における富山大学水泳合宿中に測定したのものから2日目の朝の値を引用した。

いずれも朝食後40分を経て座位で15分間安静にした

あと桡骨動脈にて60秒計測した。

2) 登行時の脈拍数

高地例は剣沢(標高2600m)にて1968年8月9日に測定した。低地例は1968年10月27日から11月15日の間に富山市城山(標高74m)にて測定した。

いずれも平均傾斜度6度、距離では剣沢500m・城山400mの傾斜地を選定、気温18°C~19°C、城山での測定は剣沢に等しい気温の日を選んで実施した。NEC製のHEART-RATE TELEMETER 101型を使用した。

登行速度はメトロノームの1拍を登行の1歩とし毎分80拍と60拍の2種を選び、被験者の携行するトランシーバーでメトロノームの増幅音をきかせ、これに合せて登行した。

3) 登行の種類

i) 500m(所要時間10分)及び400m(所要時間8分)を休憩なしで連続登行

ii) 500m及び400mの間(スタート後3分)に15秒・30秒の休憩を入れた登行

iii) 更にこれに30kgの負荷をした登行

以上3種の登行をさせ15秒毎の脈拍数値をそれぞれ記録した。

2. 調査成績

1) 安静時の脈拍数の比較

安静時の脈拍数について、低地と高地の数値を比較してみると表1のごとくである。

低地における脈拍数にくらべ登山時の脈拍数は多くなり、2日目の脈拍数とでは差の少ないもので3~5、多いものでは30の増加をみた。この傾向は登山3日目まで続き、大部分のものは2日目あるいは3日目に最高値を示し、4日目以後はほぼ恒常の状態となった。被験者の増加率は大きであつて、低地における脈拍

Studies on the Fatigue in Mountain Climbing〔V〕 Change in Pulse Frequency on the Heights. **Katsuji Hayashi**, Department of Hygiene (Director : Prof. A. Ishizaki), School of Medicine, Kanazawa University.

本項の研究は、一部富山大学有沢一男教授との協同研究として行なわれたものである。

表1 安静時の脈拍数の低地と高地の比較

被験者	所属	性別	登山 経験年数	平地	入山 2日目	3日目	4日目	5日目	最高値の 増加率(%)
1	体専生	男	9	70	74	76	75	74	8.6
2	"	"	6	71	74	76	76	76	7.0
3	"	"	5	62	68	69	66	66	11.3
4	"	"	0	69	80	76	74	77	15.9
5	"	"	0	68	82	84	82	80	23.5
6	"	"	0	73	80	86	86	84	17.8
7	"	"	0	62	78	80	82	80	32.3
8	"	"	0	64	80	82	82	80	28.1
9	"	"	0	70	80	80	80	80	14.3
10	"	"	0	66	96	92	92	90	45.5
11	"	女	4	70	72	72	72	72	2.9
12	"	"	0	73	74	80	78	78	9.6
13	"	"	0	77	76	84	84	86	11.7
14	"	"	0	83	88	90	90	90	8.4
15	"	"	0	76	82	96	94	96	26.3
16	"	"	0	64	92	94	94	92	46.9
17	山岳部	男	7	76	78	78	77	78	2.6
18	"	"	12	69	72	72	72	72	4.3
19	"	"	8	74	77	77	77	76	4.1
20	山小屋	男		69	69	68	69	69	
21	"	"		73	73	73	74	73	

数を100%としたとき、最高の脈拍数を示した日は男子では14~45%、平均25.3%、女子では8~47%、平均20.6%の増加を見たが、登山経験者は男子で7~11%、女子の1例が3%であった。山岳部員は3~4%程度の増加にすぎず、山小屋従業員では増加をみなかったといつてよい。

2) 登行時の脈拍数の比較

平均斜度6°の緩傾斜地を歩数は毎分80歩で毎分50mの速度で休憩なしで登行したときの、高地における脈拍数の変動と低地における脈拍数の変動とを比較したのが図1および表2である。図1は男女別に図示し、表2には被験者ごとにスタート時の脈拍数、最初に現れた脈拍の最高値とスタート時に比較しての増加率すなわち増加数をスタート時の脈拍数で除した率を

%で表わしたものの、その最初の最高値の出現するまでの時間、実験全体を通じての最高値とその増加率、実験終了時、すなわち最終期の脈拍数をあげておいた。なお高地における500m登行は全例10分間で完了するように調整したが、低地における400mの登行は個人のペースにまかせたため、早いものは7分45秒でおわり、おそいものは8分15秒かかっているのもそれぞれの所要時間も附記しておいた。

当然のことながら高地においては登行による脈拍数の増加は低地にくらべてはるかに大きい。低地におけるこの程度の登行では、男子にとっては脈拍数は80~90の範囲にとどまり、スタート時を100%としたときの増加率は最高値で70~41%であった。

女子3名の低地登行時の脈拍数は男子より多く、100

図1a 低地と高地の登山時の脈拍数の比較（男子）

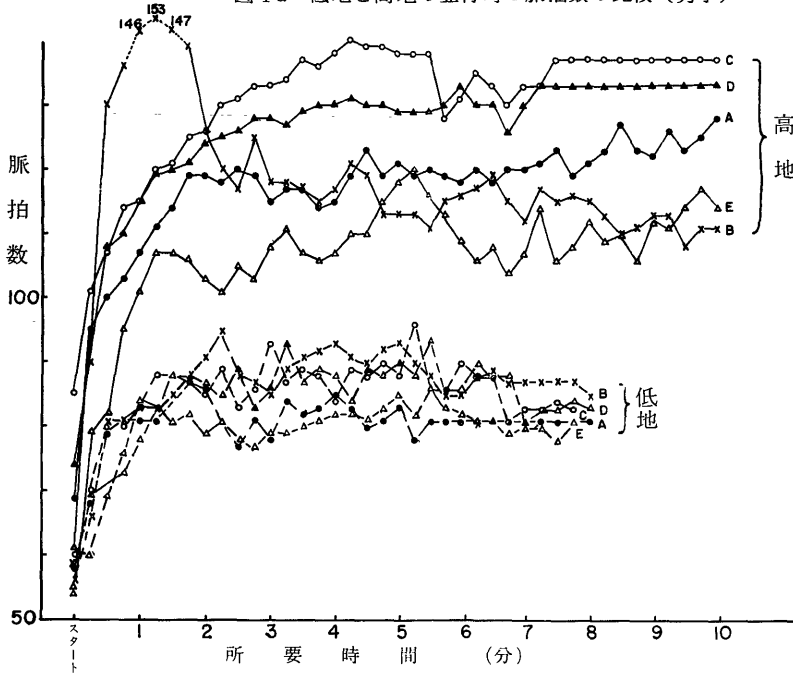


図1b 低地と高地の登山時の脈拍数の比較（女子）

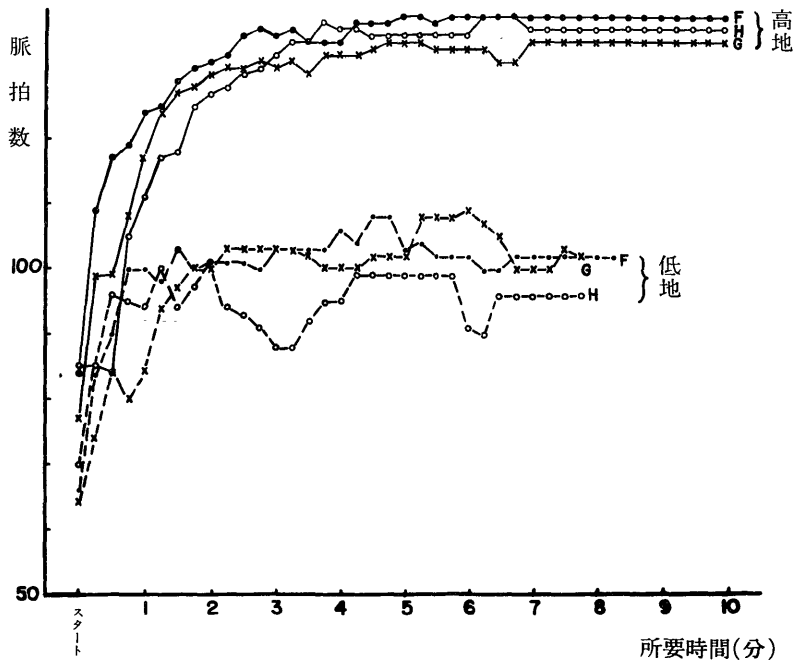


表2 高地と低地の登行時の脈拍数の比較 (毎分80歩)

性 別	男 子										女 子					
	A		B		C		D		E		F		G		H	
被 験 者	高地	低地	高地	低地	高地	低地	高地	低地	高地	低地	高地	低地	高地	低地	高地	低地
スタート時	66	58	59	56	85	60	74	55	54	61	84	66	77	64	85	70
最初の最高値	120	87	153	95	140	93	131	84	107	84	137	108	135	103	138	101
増加率(%)	82	50	159	70	65	55	77	53	98	27	63	64	75	61	62	44
それまでの時間	2' 30	1' 45	1' 15	2' 15	4' 15	3'	4' 15	2'	1' 15	1'	2' 45	4' 30	4' 45	2' 15	3' 45	2'
最高値	128	87	153	95	140	93	133	84	120	86	139	108	135	109	139	101
増加率(%)	94	50	159	70	65	55	80	53	122	41	65	64	75	70	64	44
終了時	128	81	111	85	137	83	133	73	114	81	139	102	135	102	137	96
増加率(%)	94	40	88	52	61	38	80	33	111	33	65	55	75	59	61	37
所要時間	10'	8' 15	10'	8'	10'	8'	10'	8' 15	10'	8'	10'	8' 15	10'	7' 45	10'	7' 45

前後を示したが増加率はスタート時の数が多いために男子と変りなく、70~44%の範囲であった。いずれにせよ低地の緩傾斜の登行ではほぼ1分間で定常状態に入るものとみてよく、脈拍数の動揺はあるが110をこす例はなく、実験条件である毎分50mの速度でかなりの長時間登行を継続可能であることをうかがわせる。

高地における登行は平均6°という緩傾斜であってもかなり大きな負荷となるようで、脈拍の増加が大きいが、その変動の現われ方に2つの型があるようである。1つはスタート直後すなわち1分後から2分後の間に最初の極値を示して、次いで脈拍数は減少するが再び上昇を示し第2の極値を示し、また減少してほぼ一定値を保つ型である。全体として脈拍数は動揺がはげしい。この型を現わしたのは被験者A・B・Eであって、特にBは初期の脈拍増加が大きく1分15秒目に153に達した。最高値の示す増加率は大で、94~159%であった。

第2の型は次第に脈拍数が増加し、4分頃からプラトーに達しその後大きな動揺のないままに一定値を保つものである。男子ではC・Dの両者がこの型であり、女子の3名はともにこの型を示した。

この型の例は前の型よりも最後の脈拍数はかえって大きく130台を示したが、スタート時の脈拍数も大きいために増加率はかえって低く、最高値は64~80%の増加であった。

このように脈拍の変動には被験者の個性によって2つの異った型がみられるにもかかわらず、自覚的な疲

勞、疲労というより苦しく感ずる時期は個人差が少なく、低地登行にあっては2分から3分の間に最も苦しく感じたといっている。その時間帯では脈拍数の増加しているものもあるが、多くの例はむしろ僅かながら減少している。低地登行にあっては苦しい感じといっても相対的なものであって、まだ調子がでないという程度で身体的負担になっていないと判断してよい。

一方高地登行においては全例が3分から4分の間に最も苦しく、dead point といえる状態に達し、脈拍数も1相型のものも2相型のものも、4分台あるいはその直後に1つの最高点を示している。second wind といえる状態はその後の5分台あるいは6分台に現われ、脈拍数の低減が見られる。ただし女子にあってはこの second wind の脈拍の減少は明らかでない。

7分台以後は1例(A)だけにゆるやかな上昇が見られた以外は、脈拍はほぼ一定の値を示すようになった。

3) 歩行速度による脈拍数変動の比較

被験者および脈拍の測定方法は前述のものと同じである。前述の高地における500mの登行が毎分80歩の比較的速い速度のものであったが、それに引きつづき同じ場所で、毎分60歩に歩行速度をゆるめて、そのときの脈拍数を観察した。そのときの主要な数値は表3に示した。500mを登行するのに要した時間は全例ともに13分30秒である。

毎分80歩の場合と60歩の場合の比較は図2に示したが、当然のことながら同じ高地であっても歩行速度の

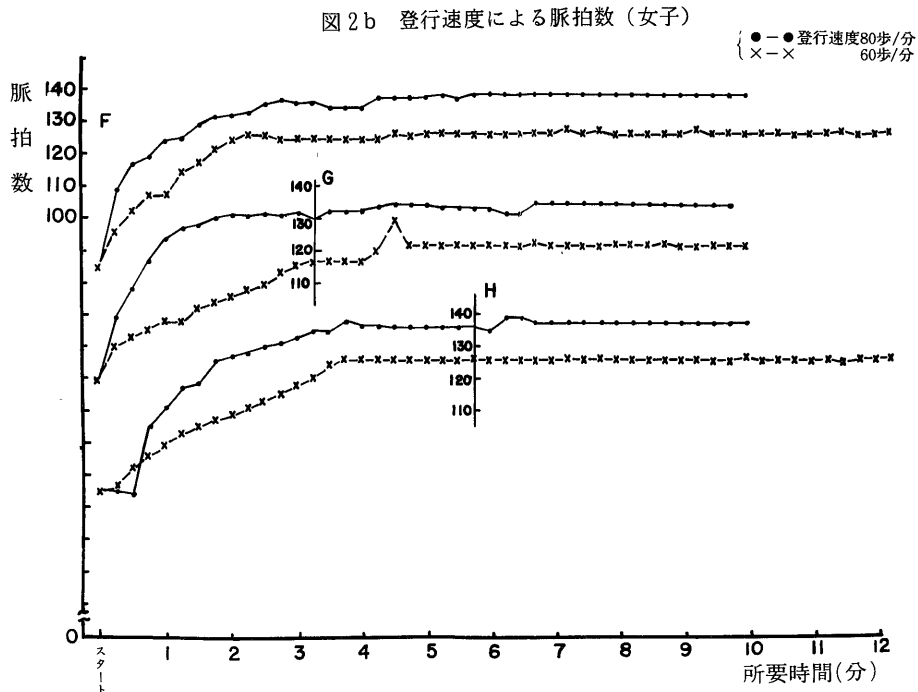
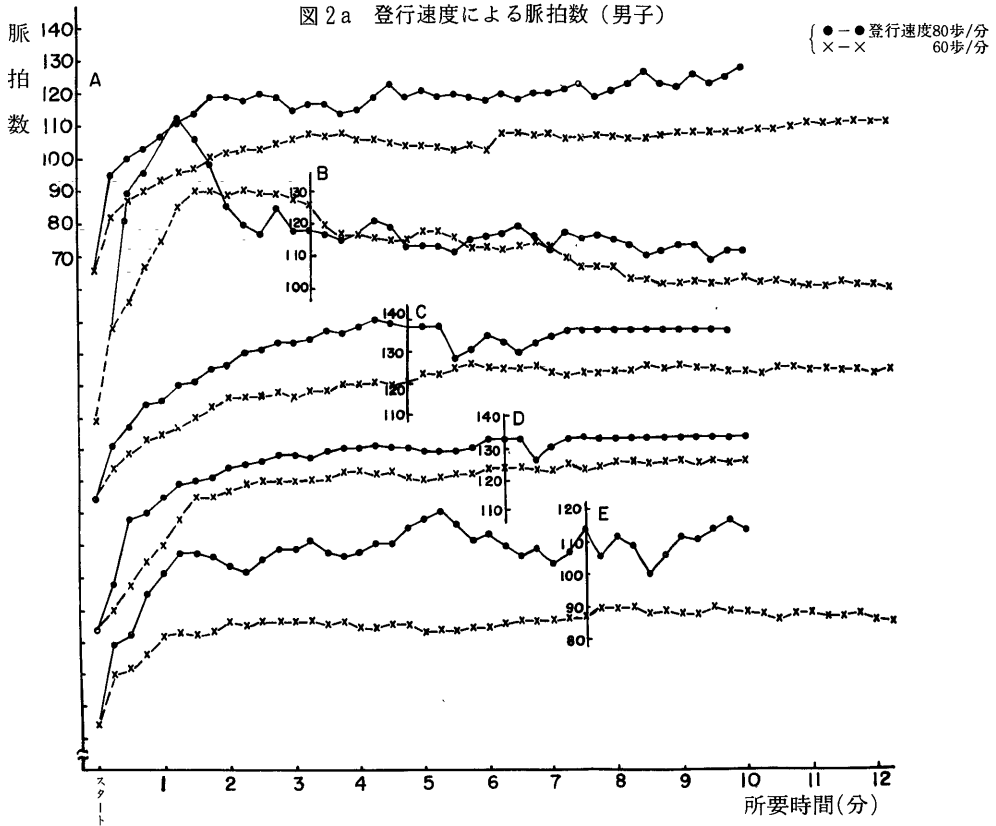
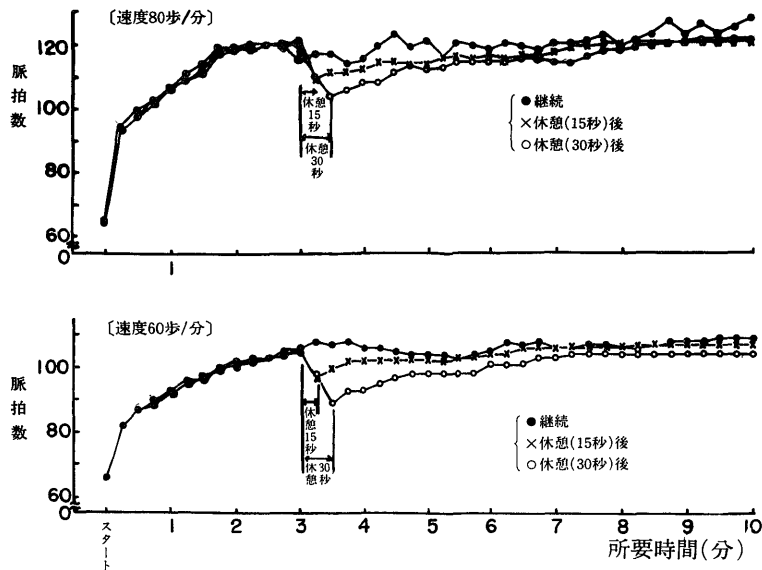


表3 登行時の脈拍数(高地・毎分60歩)

性別	男子					女子		
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
スタート時	66	59	86	75	54	85	79	85
最初の最高値	108	130	126	123	86	127	122	126
増加率(%)	64	120	47	64	59	49	54	48
それまでの時間	3'15"	1'30"	5'45"	3'45"	2'	4'30"	4'15"	3'45"
終了時	112	98	123	126	86	128	122	126
増加率(%)	70	66	43	68	59	51	54	48
80歩/分との差(脈拍数)	6	13	14	7	28	11	13	11

図3 登行中休憩を入れたときの脈拍数



おそいときには脈拍数の増加は少ない。500mを終わる頃の一定値に達したときの脈拍数の差は、男子では6~28であって個人差は大きかったが、女子では11~13で個人差は少なかった。ただし3例という少数であるので、偶然の一致にすぎないかも知れない。

脈拍数の変動幅も80歩のときよりはるかに小さかったが、80歩の速さのときに見られた2つの型は、60歩の速さのときにも現われ、A・B・Eの3例は2相性の変化を示したが、その変動幅は小さく、かつ時間的にもずれて遅く現われた。初期にはげしい脈拍増加を見せたB例は、毎分80歩のときは153に達しその直後から減少を示したが、毎分60歩のときには130に達してからほぼ2分間その状態が続いて後に減少を示して

いる。

男子のC・Dおよび女子は毎分60歩のときに次第に脈拍数が増加してプラトーに達する1相性の型を示した。この場合は最高値を示した時間は80歩のときとくらべてあまり変らなかった。女子のG例に見られた4分30秒に現われた130という脈拍数は、何らかの不明な原因でおこった異常値と考え、考慮外におくことにした。

4) 登行中に休憩を挿入した場合の脈拍数

被験者は前述の実験のAである。場所は同じ剣沢で500mの距離を登行させた。

i) 負荷のない場合

負荷なしで毎分80歩と60歩で登行する際に休憩を挿

入ると脈拍がどのように変動するかを観察したが、その結果は図3に示したごとくである。

登行中に15秒の休憩を立位のまま入れると、80歩登行では脈拍数が約10減少し、30秒休憩を挿入したときは約17減少した。60歩登行においても負荷のないときはほぼ80歩登行のときと同程度の脈拍減少が現われた。

ii) 30kgの負荷を加えたとき

被験者に30kgを負荷して登行させたときの脈拍数の変化は図4に示した。

図4aに見られるように80歩登行では3分30秒（個人差はあるが）あたりで脈拍数は160台を突破して（平地での100m全力疾走に等しい）苦しく、登行困難を訴える。15秒あるいは30秒の休憩を与えると脈拍数は16～24減少するが、登行を再開するといづれも3分ぐらいで同じ現象がくり返えされ続行困難となる。

同様の負荷で登行速度を毎分60歩で登行すると、図

4bに見られるように10分間継続することは可能である。休憩を3分目にはさむと脈拍数の減少は、80歩登行のときとほぼ同様の数値を示し、脈拍数が最高値に達する時間は6～7分台にのびる。また脈拍数も140台にとどまる。15秒の休憩を入れたときには、入れないときと最大値はほとんど差は見られないが、30秒の休憩を入れたときは最大値の減少は明らかで10に近い差が見られた。

II. 傾斜度による脈拍数の変化

立山雷鳥沢周辺の斜面において傾斜度の異った3つのコースを選び、毎分60歩の速度で3分間登行したときの脈拍数の変化を測定した。

1. 被験者並びに測定方法

被験者：富山大学教育学部の体育専攻学生男子6名（経験者5名，初経験者1名）

測定方法：場所は立山雷鳥沢（標高2350m～2500m）。種目は傾斜5度の登行1971年10月2日AM10～11

図4a 30kg負荷登行中の脈拍数

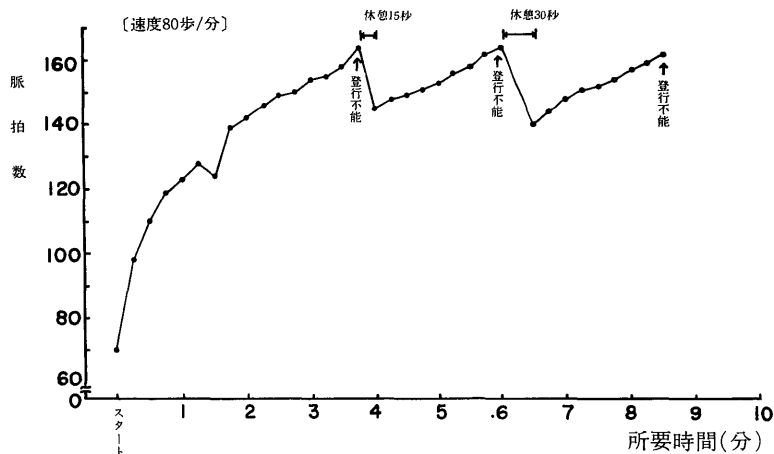
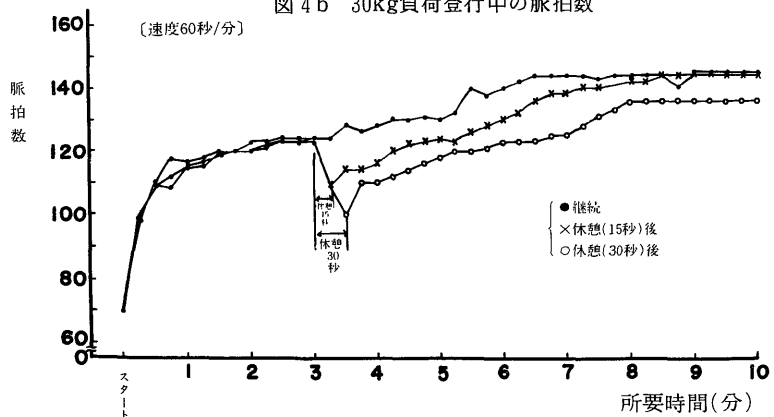


図4b 30kg負荷登行中の脈拍数



時、天候晴、気温16°C。傾斜12度の登行1971年10月2日PM1～3時、天候晴、気温20°C及び傾斜33度の登行1971年10月3日AM10～12時、天候晴、気温19°C。

平均傾斜5度、12度、33度の3つのコースを毎分60歩の速度で3分間登行したときの脈拍数を測定した。

2. 調査成績

表4のごとく傾斜5度の登行では、3分間の連続登行においても大きな脈拍増加は認められず、各被験者とも安定した脈拍の動きを見せている。

傾斜12度の登行では、5度のときに比較して各例ともに最初の1分間における増加が大である。しかし熟練者にとっては最大値は5度のときに大差ない。未熟練者にはかなり最大値の高いものがあってAが143、Fが140を示した。

傾斜33度の3分間登行ではAが165、Bが168、Cが145、Dが150、Eが149、Fが163とそれぞれ高い数値を示し、特にAの165、Bの168、Fの163は山岳における歩行継続の極限ではないかと思われる。

回復時間を見るに、5度登行では全被験者とも1分間で回復している。12度登行では5度登行を終えてから僅かの休憩後に実施したため、回復に相当長い時間を要したようである。33度の登行は快晴の午前中で気分的にも快適であったためか、脈拍増加が大であったにもかかわらず回復時間が12度の場合よりすみやかであった。

この登行実験では熟練者と初心者の差がよく現われた。図5は熟練者の例として経験年数4年のD例の脈拍の変動と、初心者であるB例のものと重ねて書いて見たものである。

スタート時における脈拍数においてすでに10に近い

差が見られる。12度および33度の強い傾斜度のときには熟練者の脈拍増加は比較的速かに現われる。しかしその増加が小さい。12度のときにはむしろ一時的に減少が見られている。最後の登行終了時には初心者よりも20も脈拍数が少く、まだ余裕のある状態であることを示している。回復時間もかなり速い。D例と同じく4年の経験年数を持つE例はD例と実によく似た脈拍変動を示した。

Ⅲ. 雪渓登行とザラ場登行との脈拍数の変化

同一の傾斜度をもつ雪渓とザラ場を登行したときの脈拍数の変化を測定した。

1. 被験者並びに測定方法

被験者：富山大学教育学部の体育専攻学生男子6名（経験者3名、初経験者3名）

測定方法：場所は剣沢（標高2600m）で平均斜度33度。種目は雪渓登行並びにザラ場登行とも1971年8月6日PM1～5時、天候晴、気温18°C～16°C

剣沢雪渓（平均傾斜33度）、剣沢ザラ場（平均傾斜33度）をそれぞれ毎分60歩のおそいスピードで3分間直登した。

2. 調査成績

表5のごとく雪渓登行の方がザラ場登行よりも容易で、3分間の連続登行でAの135が最も小さい最高値であり、Dの160が最も大きい最高値であった。

スタート直前の脈拍数にもどるまでの時間はAの1分30秒が最も短かく、Dの3分が最長であった。安静時の脈拍数にもどるまでの時間はAは2分、Dは3分45秒かかっている。

ザラ場登行ではAが1分45秒で140、Bが2分30秒で152、Cが1分45秒で145、Dが1分30秒で152、Eが2

図5 傾斜度による脈拍数の変化（熟練者と初心者の比較）

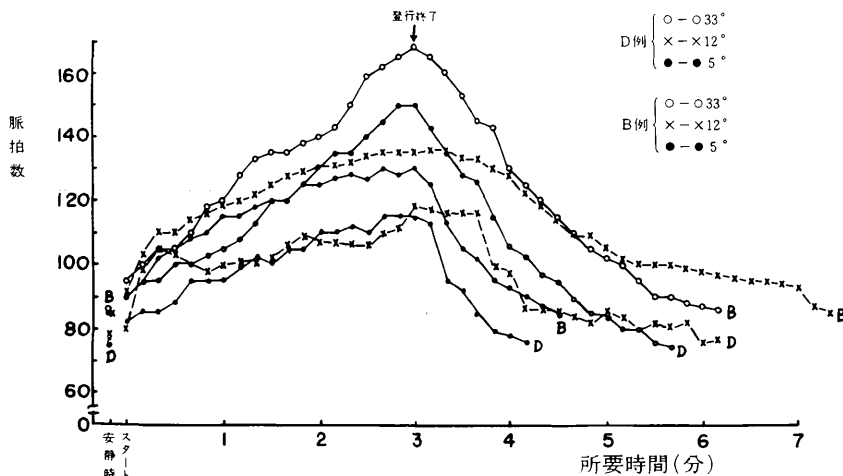


表5 雪溪登行とザラ場登行における脈拍数の比較 平均斜度33°,速度60歩/分

被験者	A		B		C		D		E		F	
年齢	21		22		22		20		19		19	
肥満度	+5%		+8%		+12%		+15%		+6%		+10%	
経験年数	3年		4年		4年		初		初		初	
安静時	66		60		62		68		65		70	
登行場所	雪溪	ザラ場	雪溪	ザラ場	雪溪	ザラ場	雪溪	ザラ場	雪溪	ザラ場	雪溪	ザラ場
スタート前	80	83	80	80	90	85	83	85	98	90	84	80
スタート	90	95	90	93	100	90	90	105	100	95	80	88
15	104	100	116	105	116	95	124	112	121	113	104	96
30	116	113	122	115	122	118	130	120	124	120	114	105
45	120	120	128	125	130	125	137	135	128	125	116	115
1'00	122	125	130	133	132	130	140	142	132	130	118	120
15	125	130	136	135	138	135	141	145	132	135	120	125
30	126	135	136	138	140	142	143	152	136	135	125	133
45	128	140	136	142	132	145	143	155	138	140	130	140
2'00	128	140	138	145	132	145	148	160	138	145	132	145
15	130	138	140	148	138	150	150	160	140	148	136	145
30	132	142	143	152	138	145	155	165	145	150	140	152
45	135	140	145	150	140	143	155	165	148	155	145	155
3'00	135	140	148	153	140	140	160	170	150	155	148	160
15	120	135	142	150	140	135	158	165	145	150	140	152
30	108	130	135	142	132	128	150	155	133	142	133	145
45	95	122	130	135	120	122	145	140	121	135	125	128
1'00	84	115	118	130	116	113	138	135	112	120	110	115
15	82	103	100	120	104	105	135	130	105	115	102	105
30	75	95	92	112	95	95	123	125	102	108	95	102
45	68	88	83	100	90	82	110	120	95	105	80	95
2'00	65	75	77	95	84	76	103	115	95	100	73	86
15		68	70	92	75	75	95	104	90	94	73	75
30		66	65	83	70	72	90	96	88	90	70	75
45			63	76	65	68	85	93	87	88		70
3'00			60	70	63	65	77	87	85	85		
15				68		60	73	85				
30				65			70	80				
45				63			67	75				
4'00				60				72				
15								65				
30												

分で145, Fが2分で145を示したが, 6被験者ともこのあたりが dead point と思われる。

その後の経過が経験者と初心者に差違が現われ, 経験者においては dead point 後の脈拍増加は小さくほとんどプラトーの状態を示すが, 初心者の方はそ

のまま増加が続く。登行終了時にはDは170, Fは160で極限状態に達していると見てよい。

回復に要した時間は雪溪登行の場合より長く, 安静時の数にもどる時間は最短のAで2分30秒, 最長のDは4分15秒かかっている。

図6 雪渓登山とザラバ登山における脈拍数の比較

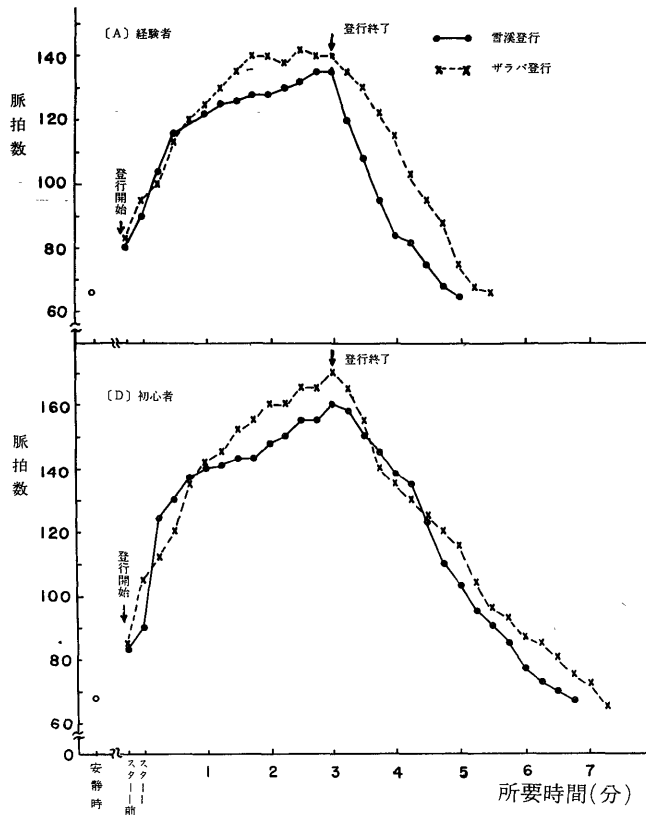


図6に経験者の例としてA, 初心者の例としてDの脈拍数の変化を図示した。

IV. 標高差665m登山時の脈拍数の変化

立山雷鳥沢(標高2350m)から丸山を経てカールのモレーンを越し、大汝直下の最大傾斜45度の急斜面を登山して、大汝の肩に達する距離1120m、標高差655mのコースでの脈拍数の変化を測定した。

1. 被験者並びに測定方法

被験者：1967年度の登山講習員27名中から経験者1名、初経験者1名の強健な男子を抽出した。経験者は27才の高等学校教員で大学在学中から山岳部員として活躍し、現在も高等学校の山岳部長をつとめつねに生徒とともに実動している。初経験者は24才の市役所職員で、これから職場で山岳クラブを創設しようという意欲的な青年である。

測定方法：午前8時出発点雷鳥沢(標高2350m)にて安静時脈拍数測定(被験者Aの安静時脈拍数90, Bの安静時脈拍数は98であった)。

被験者A, Bにそれぞれ発音器, ガスマスク, ダグラスバッグを着けさせ、9時被験者A出発、10分後被

験者Bが出発した。全コース間に2分間づつの休憩を5回挿入し、B共に145分で大汝肩(標高3005m)に到着した。

測定場所は雷鳥沢(標高2350m)から立山大汝肩(標高3005m)の距離1120m、標高差655m、最大傾斜45度。

1967年6月2日AM9~11時、天候曇、気温5°C~3°C、風速4m、気圧775mmb~710mmb。

2. 調査成績

図7に示したように、測定の都合により登山中2分間の休憩を5回挿入したため、登山開始から100分を経過しても経験者と初経験者との脈拍数の変化に顕著な差異が認められなかった。出発50分後の2580mの第3モレーンでAは160, Bは165と上昇したこのころから経験者と初経験者との差異がでてきたように見うけられた。標高2900mあたりからA, Bの間に大きな差が現われ、標高2950mでBは頭痛をうったえ、3005mの大汝肩では苦しきのため倒れるごとき状態であった。

脈拍の回復ではAは7分であったが、Bは23分を要

図7 標高差655m登行時の脈拍数の変化

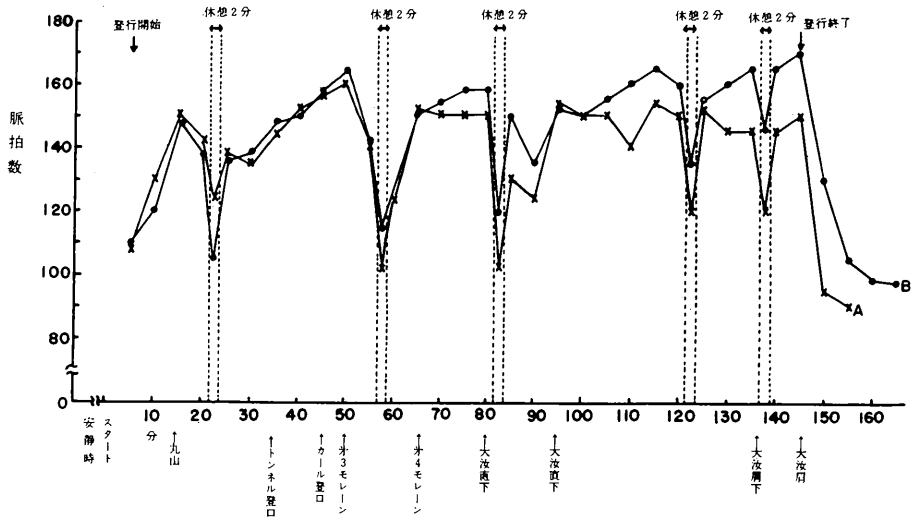


図8 立山別山北尾根岩場

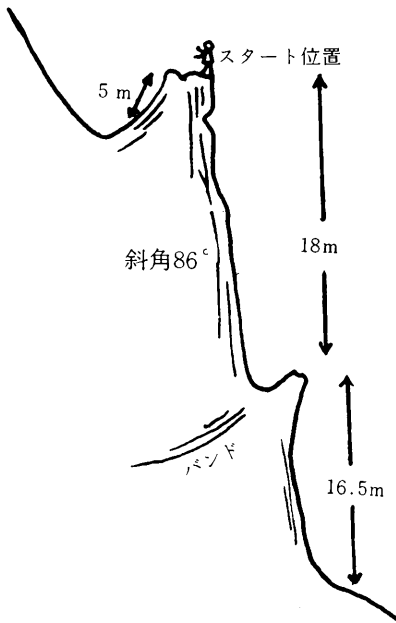


写真 1

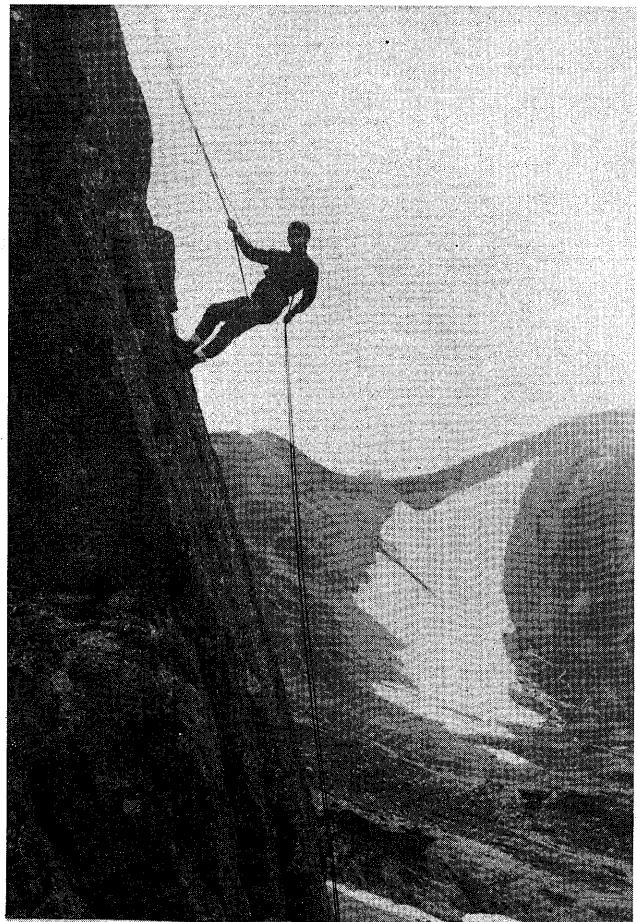
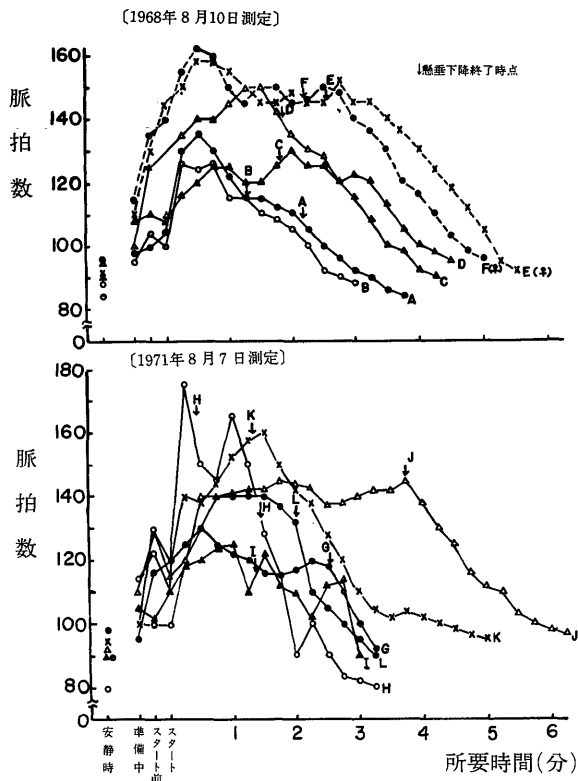


図9 懸垂下降時の脈拍の変化



した。Aは殆んど疲労を感じなかったがBには大きな疲労感が残り、小屋に帰着するまで倦怠感を覚えた。

V. 懸垂下降時の脈拍数の変化

垂直の岩壁を一本のザイルに生命を托する懸垂下降は、勇気と決断力を要する魅力的登山活動のひとつである。

立山別山北尾根の岩壁は、剣沢カールを眼下に見おろす壮大なる展望の場所である一面、異常な恐怖心にかられる凄絶な岩壁でもある。遮るものもなく突出した岩壁は風の影響を強く受けるため、実験に適した好条件の日は少なかった。

1. 被験者並びに測定方法

被験者：第1回の測定（1968年8月10日）では富山大学教育学部の体育専攻学生男子4名、女子2名いづれも懸垂下降の経験者。

第2回の測定（1971年8月7日）では富山大学教育学部の体育専攻学生男子6名（経験者3名、初経験者3名）

測定方法：場所は立山別山北尾根岩場（標高2780m～2762m）、下降距離18m、平均斜度86度であって、図8の略図に示したごとき距離関係であった。また懸

垂下降の姿勢は写真1に示した。

用具は40mナイロンザイル1本、確保ザイル1本、カラビナ3本、ハーケン3本、NEC製の HEART-RATE TELEMETER 101.

第1回は1968年8月10日で天候晴、気温13°C、霧。第2回は1971年8月7日で天候晴、気温17°C、風速3mであった。

第1回の実験は気温も低くときどき霧のかかる悪条件のため、経験者のみを選び測定した。第2回の実験は台風19号の通過前日にあたり、ときどき強い風に吹かれたが気温も高く、思ったより安定した条件下で測定できた。

2. 調査成績

懸垂下降時の脈拍数の変化は、図9の如き結果を示した。

第1回の測定結果では被験者は全員経験者であったが、スタートを待つ間が寒く、懸垂下降の実験測定には十分な条件とは思われなかった。

男子被験者中のDは150を数えたが他の3名には大きな変化が見られなかった。

女子被験者のE、Fはスタート位置からすでに110を

こえており、最高値は160あるいはそれに近い値を示した。なお下降終了後もE、Fともに30秒前後の間高い脈拍数がつづいていた。

下降終了から安静時脈拍数に回復する時期は、脈拍増加の程度の小さい被験者AとBは1分30秒前後であったが、CとDは2分30秒前後かかり、女子のEとFは3分に近い時間を要している。

第2回の測定ではスタート位置での脈拍数は初経験者は一様に大きく、下降時の増加も大であり安静時脈拍数に回復する時間も経験者より遅い。経験者は懸垂下降完了から速いもので45秒、遅いものでも1分で回復しているが、初経験者ではKのごとく3分を要するものもあった。しかしLは経験者と変らぬ時間で回復している。

経験者中でも経験数の最も多いBが、最大脈拍数に近い175という著しい変化を現わしたことは意外であるとともに、懸垂下降を実施するときには細心の注意が必要であることを感じた。

なお1、2回とも肥満度との関聯は認められなかった。

考 察

1. 安静時における脈拍数の高地と低地の比較

低地の住民が高地に登ったとき、酸素圧の低下に対する適応としてまず現われる現象の一つは脈拍数の増加である。入山した数日中に最高値に達し、その後は次第に順応が進行し脈拍数は減少するものようで、Asmussen ら¹⁾の4300mの高地での観察でも2日目に最高値を示している。Houston ら²⁾が低地で行った低圧室の実験でも、2回あるいは3回のくり返しで、安静時の脈拍増加はほぼ一定値となっている。

高地に永住している住民の安静時は低地住民と変らぬ脈拍数である³⁾。この安静時の脈拍数が高地に登っても増加しないという順応現象は成り立ち易いものらしく、表1に見られるように、山小屋従業員は低地と何ら差が認められず、年間に数回登山を経験している山岳部員でも極めて小さい増加率であった。

この現象は大学の山岳部員程度の登山活動を経験することによって、2000m級の高地の低圧に対応し得る身体機能の順応が得られ、それが定着して簡単には消失しないことを示すものであり、登山活動によって酸素不足に対する抵抗力が与えられることを意味し、登山の体育的な意義の一面を現わしているといえよう。

2. 登行時の脈拍数の変化

平均斜度6°の緩斜面を毎分80歩の歩度で、速度としては毎分50m程度で登行することは、平地にあって

は青年にとって男女ともに困難な運動ではない。ことに今回の実験は400mという短距離であったので、男子では脈拍数が80程度にとどまり、女子にあっては100を僅かにこえた数で定常状態を示している。

同じ条件の登行でも2000mの高地ではかなり困難な運動となる。このときの脈拍数の変動に、男子にあっては2つの型が現われ、また男子と女子に差が見られた。

1つの型は初期に著しく脈拍が増加し、その後一時的にせよ脈拍数の減少するものであり、もう1つの型は次第に脈拍数が増加してPlateauに達するものである。女子の3例とも後者の型に属していた。

女子の最大筋力は男子の約55~60%であるが、持久力は男子よりも約20%すぐれているとされている⁴⁾。また動的労作に対して男子のように迅速に適応できないという⁵⁾。この登行実験においても女子の適応のおそいことが現われたのであろうか、持久力には差があるとは考えられなかった。

動揺のはげしい第1の型の方が10分間の試行の最終時に示した脈拍数は少く、また活動能力に余裕が残っていると判断された。このことは運動初期の急激な脈拍の増加は運動遂行にとって決して不利なものでないことを示しているといえよう。

運動開始の直後に、あるいはすでに開始前に現われる脈拍数の増大は、筋肉活動の結果生じた体液の変化に対応するとは考えられない⁶⁾。アドレナリンなどのホルモ的な調節作用か、あるいは心理的精神的な中枢刺激にもとづくものとされている。このような準備的な循環系の反応が適度に出てくる人間の方が、運動遂行に好都合であるといえよう。

高地においても毎分60歩の歩度で緩斜面を登行することは決して困難でなかった。男子にあっては90~120の脈拍数で、女子にあっては120台の脈拍数に、2~3分程度で定常状態に入っている。負荷の少ない登行の場合においても、この程度の歩度を標準にすべきであろう。

3. 負荷と休憩について

小川ら⁷⁾による登山に必要な基礎的な装備の背負い重量は23~25kgであり、至適な負荷重量の限界は30kgであるとしている。この30kgを背負った毎分80歩の登行は2000mの高地にあっては、平均斜度6°の緩傾斜であってもかなり苦しい作業である。3分30秒前後で登行不能状態となり、そのときの脈拍数は160をこえている。

歩度を毎分60歩にゆるめると10分間は継続可能となり、3分目に30秒の休憩を与えると極めて有効で、10

分目の脈拍数は休憩なしのときにくらべて10ほど少い。15秒の休憩では10分目の脈拍数にほとんど差を認めない。

立山のボッカと呼ばれている荷物運搬を職業としている人達の歩き方を1959年に観察したことがあるが、一時に歩く歩数はゆるい勾配の坂道では200歩から300歩、強い勾配では180歩から240歩程度で、それに要する時間は3分から5分である。そして30秒から50秒の休憩をはさんで登行を続ける。

これは上述の実験結果とよく一致し、生活経験から得られた知恵であって、生理学的にも合理的な登行方法である。

4. 傾斜度による脈拍数の変化

平均斜度 5° 、 12° 、 33° の3つのコースを毎分60歩の歩度で3分間登行したときの脈拍数を比較したが、 5° と 12° では登行終了時の脈拍数は大きな差はないが、回復に要する時間にかなり差がある。 5° の緩傾斜の3分間の登行では蓄積疲労はほとんどないが、 12° の傾斜では3分間で脈拍数の変化は現われないが、かなりの蓄積疲労がおこっていると見てよい。

33° の急傾斜では3分間の登行は未熟練者にあつては脈拍数は160に達し、限界点に近いことを示している。熟練者でも150前後の数を示していた。

この実験では熟練者と未熟練者の登行の際の脈拍数の変化の差違がよく現われた。熟練者にあつては、早期にある程度の脈拍数の増加が現われ、その後の増加が小さい。登行完了後の回復も速い。熟練者にあつては循環系の登行運動に対する適応能力が大きいことがわかる。

鈴木⁸⁾によれば、自由な筋労作においても労作末期の脈拍数が毎分150になるとかなり苦しさを感じ、それが毎分180に達すると堪え難い苦悶を感じるのが普通であるとしているが、熟練によってこの限界が上昇するものでなく、この限界に達するまでの時間が延長されると考えるべきであろう。

同じ平均斜度 33° の急傾斜にあつても、雪渓とザラ場では登行難易に差があり、雪渓の方が容易であり、そのことは脈拍数の変化にも現われた。

5. 655mの標高差の登行における熟練者と未熟練者との比較

655mの標高差を145分で登行する試行を、1名の熟練者と1名の未熟練者を同時に歩かせて、脈拍数の変動を観察したのであるが、途中で2分ずつの休憩を5回はさんだので、熟練者にとっては終了後ほとんど自覚的な疲労は残っていなかった。

それに反して未熟練者は、初めの1時間は何ら苦痛

を訴えなかったが、その後次第に苦しくなり、登行終了時には脈拍数は170に達し、疲労困憊状態であった。

途中の脈拍数の変化は図7にみられるように、1時間目までの脈拍の上昇は2人の間にほとんど差がない。その後の上昇した時の数に差が次第に大きくなっている。また休憩時の脈拍数の減少度に差があつて、熟練者にあつては2分の休憩でスタート時の数にもどるが、未熟練者ではかなり高い数にとどまり、登行の経過とともにその回復度は小となる。

この差異は単に登行運動に習熟しているか否かによるものでなく、高地条件による酸素欠乏に順応しているか否かの差が、登行運動によって拡大されたとみるべきであろう。

6. 懸垂下降時の脈拍数の変化

懸垂下降は運動型式としては負荷登行とはまったく性質が異なる。重力に抗しての仕事量は少なく、静的な緊張を強く要求されるものである。

従つて脈拍数の変動も準備中にすでに上昇がみられ、初期にいちじるしく増加し運動中に減少があらわれた。

熟練者と初心者の差は最高値にもみられたが、それよりもむしろ回復時間の方に大きな差があらわれた。熟練者のうちにも初心者と同じ程度の最高値を示すものがあつたが、回復はいちじるしく速い。

この運動はスポーツの中では「重量あげ」とは性質が逆のようでありながら似た点があつて、脈拍の変化も類似したところがある⁹⁾。

総 括

標高約2,600mの剣沢において各種の登山活動に伴う脈拍数の変化を観察したが、その結果の主要なものを列挙するとつぎのとおりである。

1. 高地においては安静時の脈拍数が増加するが、とくに初心者にいちじるしく、大学の山岳部員ではほとんど増加しなかった。

2. 高地における登行は低地におけるものよりはるかに脈拍数の増加はいちじるしいが、その増加のあらわれ方に2つの型がみられた。

3. 30kgを負荷した登行では、毎分60歩の歩度ならばかなりの時間継続可能であるが、80歩の歩度では3分30秒前後で継続不可能となる。2,000mの高地においては、30kgの負荷のあるとき毎分60歩で3分ごとに30秒の休憩をはさむのが最低限必要であろう。

4. 熟練者と未熟練者の脈拍変動のあらわれ方の差異は、急傾斜の登行においてはもとより、緩傾斜においてもよく現われ、熟練者の疲労度はいちじるしく少

ない。

5. 懸垂下降においては、負荷登行とは異なる形の脈拍数変動が現われる。

稿を終るにあたり、終始懇篤なるご指導、ご校閲を賜わった石崎有信教授に深甚の謝意を表します。また有益なる御助言をいただいた金沢大学がん研究所越村三郎教授に感謝します。

文 献

- 1) **Asmussen, E. & Consolazio, F. C.** : Amer. J. *physiol.*, **132**, 555 (1941).
- 2) **Houston, C. S. & Riley, R. L.** : Amer. J. *physiol.*, **149**, 565 (1947).

3) **Hultgren, H. N., Kelly, J. & Miller, H.** : J. *Appl. physiol.*, **20**, 233 (1965).

4) 万井正人・伊藤一生・菊地邦雄：体力科学，**15**，27 (1966). 5) 亀井淳子：体力科学，**10**，1 (1961).

6) **Karpovich, P. V.** : (猪飼，石川訳) 運動の生理学，218頁，東京，ベースボール・マガジン社 (1971).

7) 小川新吉・伊藤朗・山本恵三・中嶋英昭・中村隆之：スポーツ研究所報，**8**，13 (1970)

8) 鈴木義明：体力科学，**6**，1 (1956).

9) 木村勝：体力科学，**19**，6 (1970).

A b s t r a c t

Attempts were made to examine the change in pulse frequency of the subjects, who were performing various kinds of mountain climbing activities at Tsurugisawa about 2600 meters above sea level.

The followings were some of the data obtained in this experiment.

1) Pulse frequency in the heights was seen to be increased generally even in resting state ; it was conspicuous in beginners, but slight in veterans.

2) The climbing activities on the heights brought about a far more notable increase of pulse rate than that in lowlands, and there were observed two types distinct from each other in this case.

3) In climbing with a burden weighing 30kg, if the subject kept a pace of 60 steps per minute, he could go on for a fairly long time, but if he adopted a pace of 80 steps per minute, he could keep going only about three and a half minutes.

On the heights of above 2000 meters, if a person took action at a pace of 60 steps per minute with a burden weighing 30 kg, it was necessary for him to have a recess for 30 seconds after walking for 3 minutes.

4) The change in pulse frequency was observed with a marked difference between beginners and veterans, while climbing a gentle slope as well as a steep one. Accordingly, the degree of fatigue and exhaustion of the body was by far less with veterans.

5) The change in pulse frequency observed in descending with the help of ropes was quite different from that observed in climbing with a heavy burden.