

高所登山前後の Aerobic Power

Maximal aerobic power before and after high altitude mountaineering

島 岡 清* 宮 村 実 晴* 齊 藤 満**

Kiyoshi SHIMAOKA,* Miharuru MIYAMURA,* and Mitsuru SAITO**

Maximal aerobic capacity as measured by the maximal oxygen intake ($\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}O_{2max}/wt$), ventilation (\dot{V}_{Emax}), heart rate (HRmax) and treadmill-running time were measured at sea level in two groups of subjects (Andes group, Himalaya group) before and after their high altitude mountaineering.

Andes group which climbed Mt. Huascarán (6,768m) consisted of 9 men and 4 women, and Himalaya group which climbed Mt. Rosch (5,760m) consisted of 8 men and 3 women. The climbing period was about 4 weeks for Andes group and 3 weeks for Himalaya group, respectively. Measurement was made 2 weeks before their expedition for both groups and 2 to 3 weeks after returning to sea level for Andes group, 1 to 2 weeks for Himalaya group.

$\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}O_{2max}/wt$, HRmax and treadmill-running time remained unchanged for both groups after high altitude mountaineering. Only \dot{V}_{Emax} increased, significantly ($p < 0.001$) for Andes group but not significantly for Himalaya group.

はじめに

ヒマラヤやアンデスにおける高峰登山では通常 4,000m~5,000m の高度にベースキャンプ (B. C) が設けられ、そこを基点として登山活動が行なわれる。B. C 及びそれ以上の高度における滞在期間は、目的とする山の標高や登攀ルートの難易度等によって異なるが、標高が比較的 low、登攀ルートの易しい山の場合には 2~4 週間、8,000m 級の高峰の場合には 2~4 ヶ月程度が普通である。そして登山活動中は、上部キャンプの設営や物資の荷上げ、ルート工作や高所順化のために連日標高差数百メートルの登下降を繰り返すことになり、身体活動量はかなり多いと考えられる。一般的に登山家の場合、平地でのトレーニング量は競技選手と比較するとかなり少ないことか

ら、高所登山中の身体活動量は、平地での日常生活に比べて、より多くなっていることが予想される。したがって、その登山が極度の身体的消耗を伴うような困難なものでない限り、高所での滞在と増加した身体活動量とによって、いわゆる高地トレーニング同様の影響を登山家の身体作業能力に及ぼしている可能性がある。そこで本研究では、アンデスとヒマラヤにおいて高所登山を行なった二つの登山隊の隊員に対して、遠征前後に最大酸素摂取量の測定を行ない、持久的な運動能力に及ぼす高所登山活動の影響をみようとした。

方 法

1. 被検者

被検者は 1979 年 7 月にペルーアンデス・ワスカラン峰 (6,768m) に遠征した登山隊の隊員 13

*名古屋大学総合保健体育科学センター **豊田工業大学

*Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

**Toyota Technical Institute

名（アンデス・グループ、男子9名、女子4名）及び1980年10月にネパールヒマラヤ・ロッシュピーク（5,760m）に遠征した登山隊員11名（ヒマラヤ・グループ、男子8名、女子3名）である。いずれのグループとも、国内では冬山やロッククライミングの経験を有し、登山経験や技術レベルに関しては中～上級に属する人達であった。この内、すでに海外登山の経験を有する者は、アンデスグループでは4名、ヒマラヤグループでは2名であった。

両グループとも、登山前には、そのほとんどの人達が週2～3回のランニングを主体とするトレーニングを行っていたが、トレーニング時間は1回20～30分程度であり、さほど多いものではなかった。

2. 最大酸素摂取量の測定

両グループとも遠征の前後に、名古屋大学総合保健体育科学センターにおいて最大酸素摂取量の測定を行なった。遠征前の測定は、両グループとも日本を出発する約2週間前に行ない、遠征後の測定は、アンデス・グループでは登山活動を終えて平地に帰還した後2～3週間後に、ヒマラヤ・グループでは1～2週間後にそれぞれ行なった。

測定方法はトレッドミルによる速度漸増法である。被検者は傾斜5度（8.6%）のトレッドミル上を初速度120m/分（女子は100m/分）で走り始め、毎分10mずつ速度を漸増することによってExhaustionに達するまでの走行を行なった。運動中の呼気ガスはダグラスバッグ法により1分毎に採取し、ガス量は品川製湿式ガスメーターによって測定した。また呼気ガス中のO₂、CO₂濃度は、モーガン製O₂分析器（S-3A型）及びゴダルト製赤外線CO₂分析器によって分析した。なお校正ガスの分析はショランダー微量ガス分析器によって行なった。走行中は、胸部双極誘導によって心電図の監視を行ない、被検者の安全を期した。

3. 登山活動のあらまし

両グループの隊員について、登山活動中の平均的な行動を図1に示した。アンデス・グループ

では、全登山期間は約4週間、内4,000m以上での滞在日数は19日間であった。それに対しヒマラヤ・グループでは、目的とした山の標高が比較的低かったことから、全登山期間は約3週間、内4,000m以上での滞在日数は1週間と、アンデス・グループに比べて、高所暴露期間は短かった。

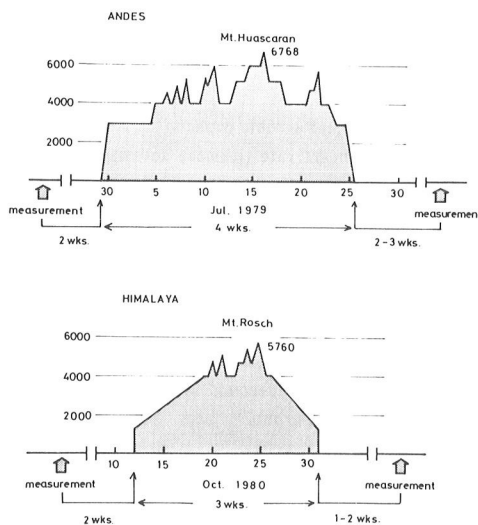


Fig. 1. Mean altitude profiles of two groups.

結 果

表1及び表2に、両グループの身体特性と登山前後の最大酸素摂取量、最大換気量、最大心拍数、トレッドミル走時間について、個人毎の値及び平均値を示した。

最大酸素摂取量 (VO₂max)

遠征前に測定したVO₂maxは、アンデス・グループ男子では、平均3.52l/min、女子では2.30l/min、体重当りVO₂maxは、それぞれ56.6ml/min.kg、43.6ml/min.kgであった。ヒマラヤ・グループ男子では、平均VO₂maxが3.36l/min、女子では2.10l/min、体重当りVO₂maxは、それぞれ54.1ml/min.kg、43.1ml/min.kgであった。両グループとも、ほぼ同レベルの体力とみなすことができるが、これらの値は、小林に

Table 1. Physical characteristics and changes in maximal oxygen intake ($\dot{V}O_2\text{max}$, $\dot{V}O_2\text{max/wt}$), maximal minute ventilation ($\dot{V}E\text{max}$), maximal heart rate (HRmax) and treadmill-running time for Andes group before and after the expedition.

	Subj.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)		$\dot{V}O_2\text{max}$ (l/min)		$\dot{V}O_2\text{max/wt}$ (l/min.kg)		$\dot{V}E\text{max}$ (l/min,BTPS)		HRmax (beat/min)		Endurance Time (min"sec")	
				B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Mele n=9	H.S	28	169.5	61.0	61.0	3.89	3.91	63.8	64.1	118.0	142.8	187	199	9'29"	9'23"
	K.I	26	176.0	62.0	61.5	3.89	3.05	62.8	49.6	96.2	116.4	189	194	9'30"	8'30"
	M.T	31	168.0	54.5	57.5	3.41	3.30	62.6	57.4	100.1	121.1	196	196	8'49"	8'12"
	J.T	22	178.0	71.5	71.0	4.16	4.12	58.7	58.0	123.3	149.2	203	203	8'26"	7'57"
	S.K	22	170.0	55.5	55.5	3.09	3.24	55.7	58.4	106.7	129.1	204	205	8'00"	7'45"
	H.N	35	166.0	50.0	54.0	2.73	2.69	54.5	49.8	69.3	83.9	180	173	7'09"	4'43"
	M.H	43	164.0	68.5	68.0	3.68	3.86	53.8	56.8	106.1	128.4	193	193	7'00"	8'02"
	Y.N	20	172.0	66.5	67.5	3.56	3.58	53.6	53.0	132.7	160.6	195	202	6'35"	5'47"
	M.N	36	173.0	75.5	71.5	3.29	3.46	43.5	48.4	95.2	115.2	201	193	5'06"	5'14"
	Mean	29.2	170.7	62.8	63.1	3.52	3.47	56.6	55.1	105.3	127.4 ^{***}	194	195	7'47"	7'17"
	SD	7.3	4.3	8.0	6.3	0.42	0.43	6.0	4.9	17.5	21.1	8	9	1'23"	1'30"
Female n=4	K.I	29	157.0	51.0	53.5	2.36	2.29	46.2	42.8	72.3	87.5	174	180	6'38"	6'31"
	T.K	29	148.0	42.5	43.0	1.82	2.01	42.8	46.7	57.5	699.6	189	188	3'55"	5'04"
	H.S	27	159.0	63.0	60.0	2.69	2.55	42.7	42.5	68.7	83.1	186	188	6'21"	6'24"
	N.T	38	157.0	51.5	49.5	2.20	2.36	42.7	47.7	68.0	82.3	192	190	5'05"	7'07"
		Mean	30.8	155.3	52.0	51.5	2.30	2.30	43.6	44.9	66.6	80.6 ^{***}	185	187	5'30"
	SD	4.3	4.3	7.3	6.2	0.30	0.19	1.5	2.3	5.5	6.7	7	4	1'05"	0'45"
Total n=13	Mean	29.7	166.0	59.5	59.5	3.14	3.11	52.6	51.9	93.4	113.0 ^{***}	192	193	7'14"	6'58"
	SD	6.5	8.3	9.2	8.2	0.70	0.65	7.8	6.3	23.2	28.1	8	9	1'27"	1'21"

B: Before expedition A: After expedition *** p < 0.001

よる体力評価区分⁷⁾によれば、一般人としてはかなり高いレベルであるが、スポーツ愛好者としては、ほぼ平均的な体力レベルにあったと考えられる。なお、アンデス・グループについては、体力レベルと実際の登山活動における performance との関係を示す報告した¹⁰⁾。

登山前後の $\dot{V}O_2\text{max}$ の比較を表 1, 2 及び図 2 に示したがアンデス・グループ男子では平均 3.52l/min から 3.47l/min に、女子では 2.30l/min で変わらず、全体の平均では 3.14l/min から 3.11l/min にと、ほとんど変化しなかった。また、ヒマラヤ・グループについても、男子では平均 3.36l/min から 3.35l/min に、女子では 2.10l/min から 2.20l/min に、全体では

3.02l/min から 3.03l/min へと、いずれも、その変化はきわめて小さく、有意な差があるとはいえなかった。

体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ についても、表 1, 2 及び図 3 に示すように、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と同様、いずれのグループとも登山前後で有意な差はみられなかった。毎分最大換気量 ($\dot{V}E\text{max}$)

$\dot{V}E\text{max}$ については表 1, 2 及び図 4 に示した。アンデス・グループ男子では平均 105.3l/min から 127.4l/min に、女子では 66.6l/min から 80.6l/min に、全体では 93.4l/min から 113.0l/min へといずれも顕著に増加したが、この差は高度に有意 (P<0.001) であった。一方ヒマラヤ・グループでも、男子では平均

Table 2. Physical characteristics and changes in maximal oxygen intake ($\dot{V}O_2\text{max}$, $\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt}$), maximal minute ventilation ($\dot{V}_E\text{max}$), maximal heart rate (HRmax) and treadmill-running time for Himaraya group before and after the expedition.

	Subj.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)		$\dot{V}O_2\text{max}$ (l/min)		$\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt}$ (ml/min.kg)		$\dot{V}_E\text{max}$ (l/min,BTPS)		HRmax (beat/min)		Endurance Time (min'sec')	
				B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Male n=8	K. Y	40	165.5	55.5	55.0	3.34	3.31	60.2	60.1	120.0	122.4	182	177	9'20"	9'47"
	M. Y	19	173.0	64.0	62.0	3.65	3.54	57.0	57.1	132.1	145.4	199	203	9'16"	9'30"
	C. T	35	165.6	72.7	70.0	4.04	4.03	55.6	57.6	127.9	139.3	185	188	10'30"	9'20"
	T. Y	20	170.5	59.0	59.3	3.27	3.49	55.5	58.9	86.4	124.5	210	215	10'03"	10'40"
	K. Y	24	160.5	55.0	55.0	3.00	2.92	54.5	55.0	103.6	111.2	196	203	6'45"	7'03"
	K. T	31	170.5	61.0	61.5	3.19	3.17	52.3	51.6	109.7	124.8	200	199	8'15"	9'06"
	T. Y	39	160.5	58.0	57.0	2.94	3.00	50.7	52.6	122.1	110.7	194	192	7'13"	7'03"
	M. N	37	172.0	73.5	71.6	3.45	3.30	46.9	46.1	133.6	128.9	208	210	5'04"	6'05"
	Mean	30.6	167.3	62.3	61.4	3.36	3.35	54.1	54.6	116.9	125.9	197	198	8'18"	8'34"
	SD	8.0	4.7	6.8	6.0	0.34	0.33	3.8	4.4	15.1	11.4	9	12	1'43"	1'31"
Female n=3	K. I	25	151.5	54.5	56.5	2.63	2.52	48.2	44.6	109.0	99.5	186	187	6'50"	6'10"
	R. S	24	150.0	48.0	47.8	1.99	2.36	41.5	49.4	59.2	96.8	182	197	7'00"	8'00"
	T. F	24	150.5	42.0	43.0	1.67	1.72	39.7	40.0	71.9	71.3	198	191	6'00"	6'31"
	Mean	24.3	150.7	48.2	49.1	2.10	2.20	43.1	44.7	80.0	89.2	189	192	6'37"	6'54"
	SD	0.5	0.6	5.1	5.6	0.40	0.35	3.7	3.8	21.1	12.7	7	4	0'26"	0'48"
Total n=11	Mean	28.9	162.7	58.5	58.1	3.02	3.03	51.1	51.9	106.9	115.9	195	197	7'51"	8'07"
	SD	7.4	8.4	9.0	8.0	0.66	0.61	6.2	6.1	23.6	20.1	9	11	1'40"	1'33"

B: Before expedition A: After expedition

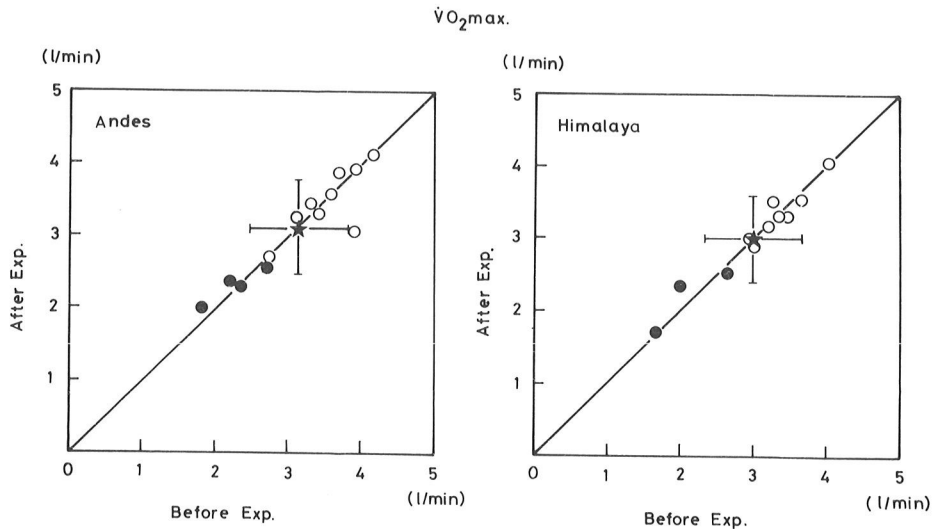


Fig. 2. Changes in $\dot{V}O_2\text{max}$ for two groups before and after expedition. (○ male, ● female, ★—total mean \pm SD)

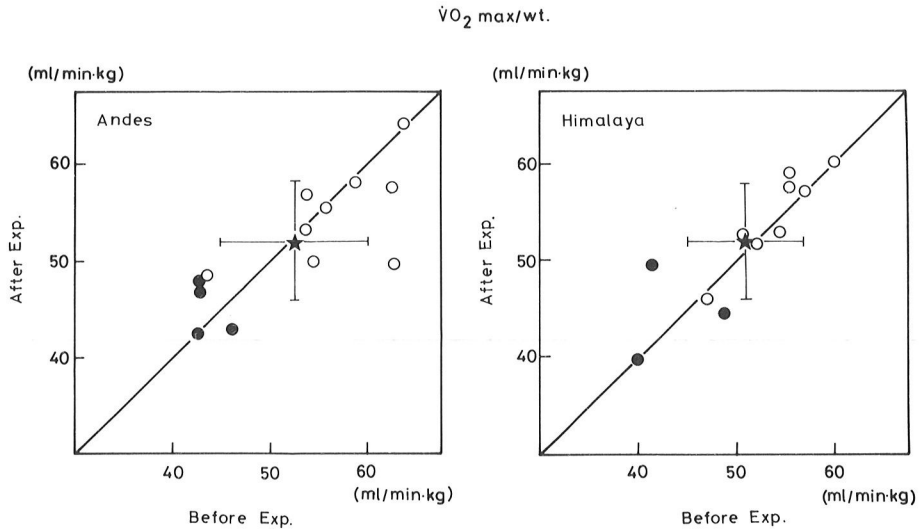


Fig. 3. Changes in $\dot{V}O_2 \text{ max/wt}$ for two groups before and after expedition.
 (○ male, ● female, ★—total mean \pm SD)

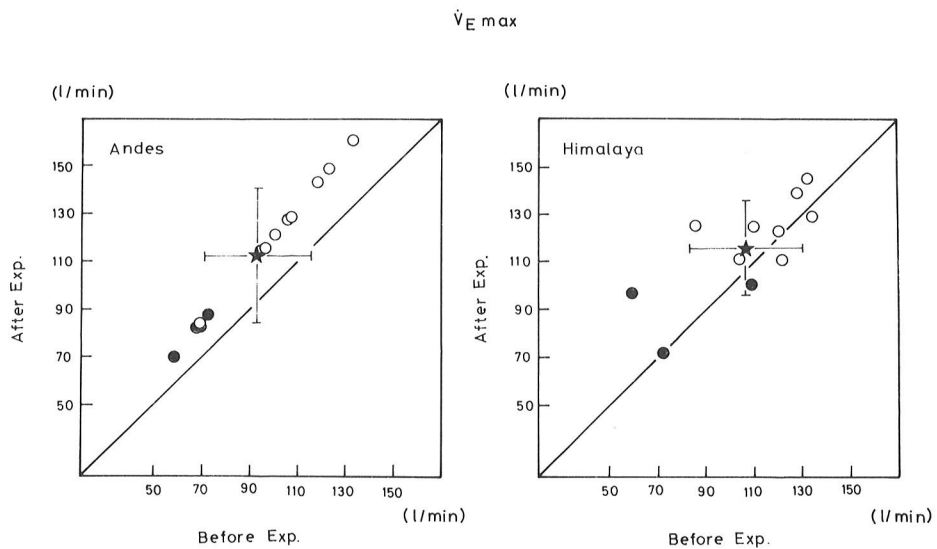


Fig. 4. Changes in $\dot{V}_E \text{ max}$ for two groups before and after expedition.
 (○ male, ● female, ★—total mean \pm SD)

116.9l/min から 125.9l/min に、女子では 80.0l/min から 89.2l/min に、全体では 106.9l/min から 115.9l/min へと増加したが、この差は、いずれも有意であるとはいえなかった。
 最大心拍数 (HRmax)

HRmax については、表 1, 2 及び図 5 に示すように、両グループとも登山前後で有意な差はみられなかった。
 トレッドミル走時間
 トレッドミル走で Exhaustion に来るまでの走

H.R max.

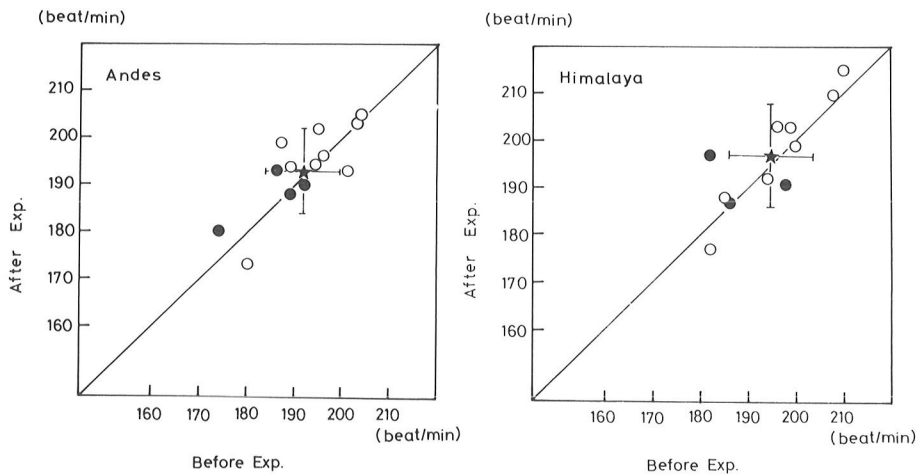


Fig. 5. Changes in HRmax for groups before and after expedition.
 (○ male, ● female, ★—total mean ± SD)

Endurance Time

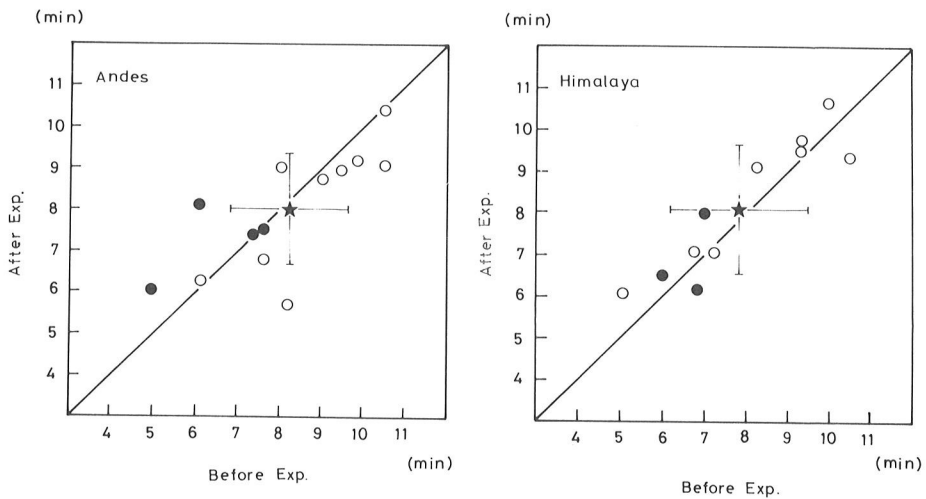


Fig. 6. Changes in treadmill-running time before and after expedition.
 (○ male, ● female, ★—total mean ± SD)

行時間を持続的な Performance の指標としたが、その結果を表 1, 2 及び図 6 に示した。

アンデス・グループ男子では、登山後に平均 7'47"から 7'17"へと減少し、女子では 5'30"から

6'17"へと増加した。全体の平均では 7'14"から 6'58"へと減少したが、これらの変化は、いずれも有意な変化とはいえなかった。ヒマラヤ・グループについては、男子では平均 8'18"から

8'34"に、女子では6'37"から6'54"に、全体では7'51"から8'07"へといずれも増加したが、アンデス・グループと同様に、有意な変化ではなかった。

考 察

高所登山前後の酸素摂取能力の比較に関して、Cerretelli は⁴⁾エベレスト (8,848m) 登頂を目的として5,350m以上の高所に約4ヶ月間滞在した場合に、平地帰還後4週目に測定した $\dot{V}O_2\max$ は、登山前に比べて5%増加したが、それは有意な増加ではなかったことを報告している。また、桜井ら⁹⁾は、パミールで3,700mから7,500mまでの高度で約4週間の登山活動を行なった場合に、平地帰還後4日目に測定した $\dot{V}O_2\max$ 、 $\dot{V}O_2\max/\text{wt}$ は変化せず、 $\dot{V}E_{\max}$ は有意ではないが増加したことを報告している。さらに、浅野らは¹⁾ヒマラヤで4,300mから6,681mまでの高度で3~4週間の登山活動を行なった場合、平地帰還後3週目では $\dot{V}O_2\max$ 、 $\dot{V}O_2\max/\text{wt}$ とも、登山前に比較して変化のみられなかったことを報告している。本研究の結果でも、4,000m以上の高度で1~3週間の登山活動を行なった場合に、平地帰還後1~3週目の測定では、 $\dot{V}O_2\max$ 、 $\dot{V}O_2\max/\text{wt}$ とも変化はみられなかった。これらの結果から、4,000m以上の高度で登山活動を行なった場合、その滞在高度や期間によらず、平地帰還後に $\dot{V}O_2\max$ や $\dot{V}O_2\max/\text{wt}$ は登山前と比較してほとんど変化しないと考えることができそうである。

高所登山中に起る生理的順化の内、高所での作業能の改善に寄与する最も重要なものは、肺換気量の増加とヘモグロビン (Hb) 濃度の増加によってもたらされる組織への酸素運搬量の増加である。オストランド^{2-a)}によれば、4,300mの高度に4週間滞在した場合、運動時の換気量増加は平地帰還後数週間続くという。本研究でもアンデス・グループでは平地帰還後に $\dot{V}E_{\max}$ の有意な増加がみられ、ヒマラヤ・グループでも有意ではないが増加した。また、桜井ら⁹⁾もパミール登山隊について、登山後に有意ではなかったが \dot{V}

E_{\max} が増加したことを報告している。さらに、本研究と同一被検者について、宮村ら⁸⁾が遠征の前後に測定した最大下作業中の $\dot{V}E$ は、室内空気、低酸素(10% O_2)吸入時とも、アンデス・グループの室内空気吸入時以外は、いずれも有意に増加していたこと等を考え合わせると、測定時点では高所順化による呼吸機能の亢進がまだ続いていたと考えられる。しかし、このような順化による肺換気量の増加は、肺胞気の PO_2 を増加させることにより、高所では動脈血の酸素飽和度(SaO_2)を高める上できわめて有効である¹¹⁾が、平地ではHbの酸素飽和度が、ほぼ上限に達していることもあって SaO_2 を高める上で、さほど有効ではないと考えられる。

一方、血中Hb濃度に関して、Cerretelli⁴⁾は平地帰還後4週目には、登山前より11.6%増加していたことを報告している。また、本研究の内、特にアンデス・グループと似たような高所暴露条件にあったと考えられる浅野ら¹⁾の場合にも、平地帰還後3週目目にHb濃度は約10%増加したままであった。これらのことから、高所登山後、平地に帰還して3~4週間以内であれば、動脈血中の酸素運搬能は増加したままであり、運動時の動脈血酸素含量(CaO_2)が増加した結果、組織への酸素運搬量も増加し、最終的に $\dot{V}O_2\max$ が増加しても良いように考えられる。しかしながら実際には $\dot{V}O_2\max$ が増加しない理由として、Cerretelliは⁵⁾高所登山の結果末梢での酸素利用能が低下していたのではないかと推測し、1981年のスイス・ローツェシャル(8,398m)遠征隊について、隊員のバイオブシー(外側広筋)を行ない、登山活動後に筋量、筋血流量、SDH活性等が顕著に減少したことにより、筋自体のAerobic Performanceが低下したことを示唆している。また、Horstmanら⁶⁾は、4,300mの高度での2週間の滞在でHb濃度が増加し、高所到着直後に比べて、動脈血酸素含量は19%増加したにもかかわらず、最大心拍出量(Q_{\max})が9%低下したことにより、 $\dot{V}O_2\max$ の増加は約10%にとどまったことを報告している。さらに、彼らは同一被検者に対して瀉血を行ない、血球容積比(Ht)

を平地のレベルまで下げたところ、最大1回拍出量 (SVmax), Qmax とともに、ほぼ平地のレベルにまで回復したことから、Ht の増加にともなう血液粘性の増加がSV を低下させ、このことがHb 濃度の増加から期待されるほどには、組織への酸素運搬量を高めないのであるとしている。

本研究では、血液組成や心拍出量の測定を行っていないので、登山後に $\dot{V}O_2\text{max}$ が変化しなかった原因を詳しく考察することは困難である。しかしながら、以上述べてきたように、登山後にみられた唯一の変化である $\dot{V}E\text{max}$ の増加は、平地では $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加にはさほど役立たないこと^{2-b)}、高所順化後に予想される動脈血酸素含量の増加が、Ht の増加にともなうSV の低下によって、組織への酸素運搬量を期待されるほどには高めないので、さらには、高所登山によって、末梢での酸素利用能が低下する可能性もあること等の理由によって登山後の $\dot{V}O_2\text{max}$ に変化がみられなかったのではないかと考えられる。

本研究の被検者の多くは、遠征後1ヶ月程度は、ジョギングやテニス、ソフトボールなどの運動を行なった際、主観的には遠征前に比べて明らかにその運動が楽に感じられたという。また、 $\dot{V}O_2\text{max}$ 測定の際にも、呼吸は楽であったが足の方が先に疲れてしまったという感想を述べる者が多くみられた。Buskirk ら³⁾も、陸上競技選手が4,000m の高度で約60日間の高地トレーニングを行なった際に、平地帰環後約3週間は、運動時に呼吸は楽であったが足の方がついて行かなかったことを報告している。万木によれば¹²⁾ これ以上強い運動はできないという自覚的な制限因子の第1は呼吸困難であるという。したがって、平地帰環後の $\dot{V}E\text{max}$ の増加は、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加には寄与しなくとも、運動を行なう際に主観的な運動のきつさを軽減させることに関係しているのかも知れない。また、浅野ら¹⁾は高所登山後に $\dot{V}O_2\text{max}$ は変化しなかったが無氣的作業閾値(AT)が5~8%上昇したことを報告している。登山後に運動が楽に感じられたことには、このようなATの上昇も関与しているのかも知れない。以上推測の域を出ないが、今後、高所登山前後の

運動能力について評価する際には $\dot{V}O_2\text{max}$ 以外に、最大下作業におけるPerformance等の面からも考察する必要があると考えられる。

ま と め

1. アンデス (ワスカラン峰, 6,768m) 及びヒマラヤ (ロッシュピーク, 5,760m) で高所登山を行なった登山隊員に対し、遠征前後にトレッドミル走による最大作業能テストを行なった。
2. $\dot{V}O_2\text{max}$, $\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt}$, HRmax, トレッドミル走時間については、いずれも遠征前後で有意な差はみられなかった。
3. $\dot{V}E\text{max}$ については、アンデス・グループでは遠征後有意に増加し、ヒマラヤ・グループでも増加したが、その差は有意ではなかった。
4. 遠征後被検者の多くは、運動を行なう際、遠征前に比べて、主観的にはその運動が楽に感じられたことから、平地帰環後の運動能力を評価する際には $\dot{V}O_2\text{max}$ 以外に、最大下作業におけるPerformance等の面からも検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 浅野勝己, 松坂晃, 平木場浩二, 鮮干攝, 「高所登山者 (キャリオルン峰—6,681m—登山隊員) への低圧環境下トレーニングの作業能に及ぼす影響」筑波大学体育科学系紀要, 第7巻, 187—200, 1984
- 2) Åstrand, P. O., Rodahl, K. (浅野勝己訳) 「運動生理学, 17章, 作業能力に影響する因子 a—p433~435, b—p441」大修館書店, 1976
- 3) Buskirk, E. R., J. Kollias, E. Piconreatigue, R. Akers, E. Prokop and P. Baker "Physiology and performance of track athletes at various altitudes in the United States and Peru" The Effects of Altitude on Physical Performance, Chicago, The Athletic Institute, 1967.
- 4) Cerretelli, P. "Limiting factors to oxygen transport on Mount Everest" J. Appl. Physiol. 40(5) : 658—667, 1976
- 5) Cerretelli, P. "Aerobic and anaerobic energy metabolism during exercise at altitude" Abstracts, 10th International Congress of Biometeorology, p147, 1984
- 6) Horstman, D., R. Weiskopf and R. Jackson "Work capacity during 3-wk sojourn at 4,300m, effects of relative polycythemia" J. Appl. Physiol. 49 (2) : 311

- 318, 1980
- 7) 小林寛道「日本人のエアロビックパワー, 第V部第2章の2, 成人の体力水準の評価 p264」杏林書院, 1982
- 8) Miyamura, M., K. Shimaoka, S. Sakurai, M. Saito
“Ventilatory responses to hypercapnia and hypoxia before and after high altitude mountaineering”
Nagoya Journal of Health, Physical Fitness & Sports, vol. 7, No. 1, 1-7, 1984
- 9) 桜井伸二, 宮村実晴, 森滋夫, 島岡清「高所登山能力の増大に関する研究」昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究, 第6報, 377-383, 1983
- 10) 島岡清, 原真, 武谷敬之, 松井秀治「高所登山能力と体重当り最大酸素摂取量」総合保健体育科学 Vol.3, No.1 41-46, 1980
- 11) Ward, M. (御手洗玄洋, 中島寛訳)「高所医学, 第7章, 呼吸 p101-102」山と溪谷社, 1976年
- 12) 万木良平, 井上太郎, 「異常環境の生理と栄養, 第9章の3, 低圧環境における運動とエネルギー代謝 p178, 光生館, 1980

(昭和60年1月31日受付)

