

## メキシコ人青少年（8～18才）の血液性状と呼吸循環機能

### Hemoglobin, Hematocrit and Aerobic Power of Mexican Boys and Girls

小 林 寛 道

Kando KOBAYASHI

The measurements of hematocrit, hemoglobin content, blood pressure and maximum aerobic power were carried out for 323 Mexican boys and girls ages of 8 to 18 years, living at León city (1850m altitude), Guanajuato, Mexico. The average values of hematocrit were 43.0, 44.2, 46.2 and 50.0% for boys ages of 8, 11, 14 and 17 years, respectively. Those were 42.2, 44.2, 45.1 and 43.8% for 8, 11, 14 and 17 years old girls, respectively. The average values of hemoglobin content were 14.3, 14.8, 15.8 and 18.7g/100ml blood for boys ages of 8, 11, 14 and 17 years, respectively. Those were 13.9, 14.7, 14.8 and 15.1g/100ml blood for 8, 11, 14, and 17 years old girls, respectively. The values of Mexican aged 9 to 15 years were greater by 8.0% for boys and 10.5% for girls in hematocrit, and 10.3% for boys and 11.8% for girls in hemoglobin content in comparison with those of Japanese boys and girls which reported by Nagamine (1981). Average systolic blood pressure was in the range of 96.1—104.8mmHg for 8 to 14 years old boys and 89.7—108.5mmHg for 8 to 15 years old girls. Average diastolic blood pressure was in the range of 56.9—65.4mmHg for boys and 56.4—67.6mmHg for girls.

Maximum aerobic power was measured by collecting expired gas in Douglas bags during running on a motor driven treadmill. Maximum aerobic power was 1.17, 1.66, 2.37, and 3.60 l/min for boys ages of 8, 11, 14 and 17 years, respectively. That was 1.11, 1.45, 2.00 and 2.17 l/min for 8, 11, 14 and 17 years old girls, respectively.

The following equations of hemoglobin content (Y: g/100ml blood) on maximum aerobic power (X: l/min) were obtained.

Boys:  $\hat{Y} = 1.360X + 12.54$  ( $P < 0.01$ ). Girls:  $\hat{Y} = 0.805X + 13.39$  ( $P < 0.01$ )

Ventilatory equivalent ( $\dot{V}_E/\dot{V}O_{2max}$ ) of Mexican was greater by 21.1% for boys and 25.4% for girls more than that for Japanese boys and girls reported by Kobayashi et al (1978, 1979).

#### ○研究目的

メキシコ人の多くは、450年間にわたって、ヨーロッパ系白人（コーカシアン）とアジア系原住民（インディオ）との間に混血が進んだ、世界で珍しい混血民族であるとされている。

メキシコの国土は、その多くが高地にあり、高地に住む原住民の中には、チワワ州（標高2300m）のタラヒューマラス族のように、非常に優れた体力をもつ種族がいることも報告されている<sup>1)</sup>。

本研究は、発育期にあるメキシコ人青少年を対象として、形態、血液性状、血圧、Aerobic Pow-

er（最大酸素摂取量）を測定することによって、体力の現状を把握するとともに、民族学的特徴や、自然環境要因が青少年の身体にどのような影響を与えているかについて、考察することを目的として実施した。

#### ○研究方法

メキシコ国グナファト州レオン市（標高1850m）及びレオン市郊外の農村地区に在住する、8才から18才の男女323名（男子151名、女子172名）を本研究の被検者とした。

しかし、採血の拒否等の理由で、被検者全員が

測定条件を満たした訳ではないので、結果の項で、それぞれ測定実施人数を示した。

これらの被検者は、上流富裕階層、中流階層、低所得貧困階層、及び農村地区在住階層といった、異なる社会経済的階層から、ボランティアの募集に応募した人たちである<sup>14)</sup>。メキシコには、現在厳しい貧富の差があるので、研究対象が特定の階層にかたよることを避けるため、レオン市教育委員会から、各社会経済的階層の子弟が通う典型的な学校を推薦してもらい、それらの学校(7校)に実験装置を携えてでかけ、生徒や父母に集まってもらい、スライド説明やデモンストレーションを行って、研究への協力依頼とボランティアの募集を行った。

測定は、レオン市中心部に位置するグナファト大学労働科学研究所において行った。

被検者は、朝食をとらずに、午前9時に研究所に到着した。到着後、約30分間坐位姿勢を保たせた後、前肘静脈から10mlを採血した。採血した血液サンプルから、毛細管法によってヘマトクリット(Ht)を、Sahli法によってヘモグロビン(Hb)濃度を測定した。

安静時血圧を、Riva Rocci型血圧計によって測定した。

形態計測として、身長、体重を計測した。

Aerobic Powerは、電動式トレッドミルを用いた、トレッドミルランニングによる方法で測定した。すなわち、トレッドミル角度は、8.6%で一定とし、運動開始2分間は100m/分の速度で歩行し、2分目からランニングを行った。ランニング開始後、被検者がExhaustion(疲労困憊)に達するまで、トレッドミル速度を1分毎に10m/分ずつ漸増させた。

呼気ガスの採集には、呼気ガス採集用マスク(フクダ産業製)を用い、運動中の呼気を1分間単位にダグラスバッグに連続採集した。呼気中の酸素と二酸化炭素濃度は、ショランダー微量ガス分析器によって分析した。

換気量は、ティソット式ガスメーターで測定した。運動中の心電図を、テレメータ装置(三栄測器製)を用いて、ペン書きオシログラフに連続記

録した。

これらの測定に必要な機材は、電動式トレッドミルとティソット式ガスメータ以外、ほとんど日本から筆者が持ち運んだものを用いた。

## 結 果

### 1. ヘマトクリット値

男子134名、女子157名について、ヘマトクリット値を測定した(表1)。

男子では、年齢の増加にともなって、ヘマトクリット値の増加がみられた。8才(43.0%)から12才(43.8%)までの増加の割合は少なかったが、13才から16才にかけて、44.8%から47.7%と、急激な増加がみられた。17才では、被検者数が2名と少数であったが、2名とも50.0%という値であった。

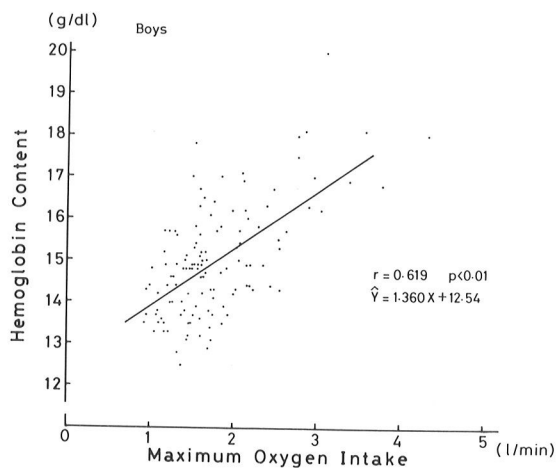
女子では、8才(42.2%)から14才(45.1%)まで値の増加がみられたが、15才から18才にかけては、43.8~44.0%と、やや値が低くなっている。15~18才の値は、10~11才の中間の値に相当するものであった。

### 2. ヘモグロビン濃度

男子127名、女子143名について、ヘモグロビン濃度を測定した(表1)。

男女とも、年齢にともなってヘモグロビン濃度の増加がみられた。

男子では、8才(14.3g/dl)から、13才(15.1g/dl)にかけて増加の割合は小さかったが、



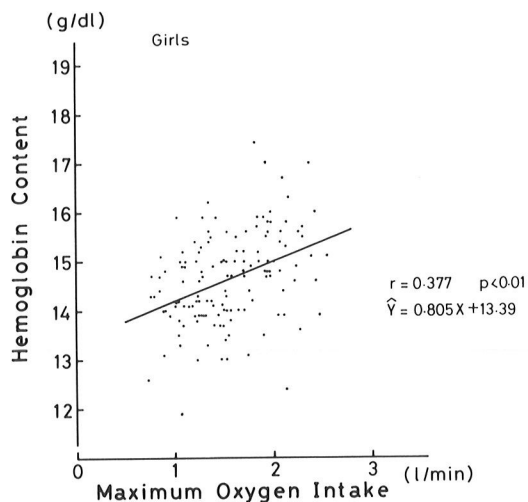


Fig. 1. Relationship between aerobic power and hemoglobin content.

14才以後急激な増加がみられ、14才で15.8g/dl、16才で16.6g/dlという値であった。17才の被検者は3名と少数であったが、平均18.7g/dlとい

う最も高い値を示した。

女子では、8才(13.9g/dl)から11才(14.7g/dl)にかけて、年次的な増加がみられ、12才から15才までは、14.8~14.9g/dlと、一定値を示した。17・18才の被検者は、3名ずつと少数であったが、15.1g/dl、15.3g/dlと、15才よりやや高い値を示した。

### 3. 血圧

男子128名、女子161名について、血圧を測定した(表2)。

男子では、8才から14才の範囲で、収縮期血圧96.1~104.8mmHg、弛緩期血圧56.9~65.4mmHgの範囲にあった。16才7名の平均値では、収縮期血圧113.6mmHg、弛緩期血圧69.3mmHgであった。

女子では、8才から15才の範囲で、収縮期血圧89.7~108.5mmHg、弛緩期血圧54.6~67.7mmHgの範囲にあった。18才4名の平均値は、収縮期血圧114.5mmHg、弛緩期血圧73.8mmHgであった。

Table 1. Hematocrit and hemoglobin content of Mexican boys and girls.

Age (years)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Boys</b>											
N	18	15	15	20	25	16	16	-	7	2	-
Ht (%)	43.0 (2.62)	43.1 (2.96)	43.5 (2.39)	44.2 (2.46)	43.8 (2.15)	44.8 (2.65)	46.5 (2.73)	-	47.7 (2.66)	50.0 (0.00)	-
N	16	15	14	18	25	16	13	-	7	3	-
Hb (g/dl)	14.3 (0.96)	14.6 (1.35)	14.3 (0.96)	14.8 (0.90)	15.1 (1.56)	15.1 (0.87)	15.8 (1.14)	-	16.6 (1.23)	18.7 (0.92)	-
<b>Girls</b>											
N	15	19	27	27	16	19	15	12	-	4	3
Ht (%)	42.2 (2.34)	42.6 (1.87)	43.6 (1.72)	44.2 (1.85)	44.3 (2.05)	44.4 (2.52)	45.1 (2.82)	43.9 (1.61)	-	43.8 (3.69)	44.0 (1.41)
N	12	17	23	24	15	19	15	12	-	3	3
Hb (g/dl)	13.9 (1.00)	14.2 (0.70)	14.4 (0.68)	14.7 (0.73)	14.8 (1.11)	14.9 (0.93)	14.8 (0.98)	14.8 (1.08)	-	15.1 (0.83)	15.3 (0.45)

N : Number of subjects

Mean (S.D.)

**Table 2.** Blood pressure of Mexican boys and girls.

Age (years)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Boys</b>											
N	14	15	19	19	24	15	12	1	7	1	1
Systolic pressure (mmHg)	97.6 (5.5)	96.1 (11.2)	97.8 (11.1)	100.6 (7.1)	99.0 (10.0)	104.8 (9.9)	103.1 (11.1)	118.0 -	113.6 (12.2)	120.0 -	115.0 -
Diastolic pressure (mmHg)	56.9 (6.1)	61.3 (7.3)	63.4 (8.9)	59.9 (8.3)	63.1 (8.6)	61.5 (8.3)	65.4 (7.8)	75.0 -	69.3 (9.4)	75.0 -	80.0 -
<b>Girls</b>											
N	19	20	27	26	17	20	13	11	-	4	4
Systolic pressure (mmHg)	92.9 (12.7)	89.7 (7.8)	95.0 (14.0)	96.2 (12.7)	105.2 (9.4)	104.3 (11.9)	108.5 (8.2)	96.4 (6.8)	-	107.0 (8.9)	114.5 (10.5)
Diastolic pressure (mmHg)	58.2 (8.0)	54.6 (9.3)	56.3 (10.6)	58.2 (9.7)	66.5 (9.6)	64.7 (9.1)	67.7 (9.7)	63.6 (6.4)	-	72.5 (7.5)	73.8 (9.6)

N : Number of subjects

Mean (S.D.)

#### 4. 運動中最大換気量

男子 151 名, 女子 172 名について Aerobic Power の測定を実施し, 運動中の最大換気量を計測した (表 3)。

トレッドミル・ランニングによって得られた運動中最大換気量 (BTPS) は, 8 才 (56.1l/min) から, 12 才 (75.4l/min) まで比較的緩やかに増加するが, 13 才以後では, 年次的に 10l/min をこえる増加がみられた。14 才では 99.1l/min, 17 才は被検者 4 名と少数であるが, 平均 136.6l/min であった。

女子では, 8 才 (52.1l/min) から 14 才 (86.5l/min) と年次的な増加がみられたが, 15~17 才では, 85.9l/min から 88.6l/min と, その変化はわずかであった。18 才の 4 名の平均値は, 105.4l/min と最も大きな値であった。

#### 5. Aerobic Power

男子の Aerobic Power (l/min) は, 8 才 (1.17l/min) から 10 才 (1.57l/min) にかけて, 年次的に 0.2l/min の割合で増加し, 10 才から 12 才 (1.74l/min) までは, 年次的に 0.08 ~ 0.09l/min と, その増加はわずかであった。12 才以後では, 1 年間に 0.30l/min をこえる増加量を

示し, 14 才では 2.75l/min, 16 才で 3.00l/min という値であった。また, 17 才 4 名の平均値は, 3.60l/min であった。

女子では 8 才 (1.11l/min) から 14 才 (2.00l/min) まで, 年次的な増加を示した。しかし, 14 才から 15 才 (1.92l/min) にかけては, 値の増加がみられていない。17 才及び 18 才の被検者は, 3, 4 名と少ないが, 平均値は 2.13l/min, 2.11l/min であった。

体重あたり Aerobic Power (ml/kg · min) は, 男子では 8 才 (53.4ml/kg · min) から年次的に小さな値を示し, 11 才 (50.9ml/kg · min) で極小値を示した。11 才以後では増加傾向がみられ, 15 才 (58.1ml/kg · min) では極大値を示した。17 才 4 名の平均値は, 57.1ml/kg · min であった。

女子では, 8 才で 46.2ml/kg · min であったが, 10 才 (47.5ml/kg · min) で極大値を形成した。12 才 (41.9ml/kg · min) 以後 15 才 (39.9ml/kg · min) まで大きな変化はみられなかった。18 才 4 名の平均値は, 37.2ml/kg · min と, 最も小さな値であった。

6. ヘモグロビン濃度と Aerobic Power の相関関係

ヘモグロビン濃度と Aerobic Power ( $l/min$ ) との相関関係をもとめたところ、男子では、 $r=0.619$  ( $P<0.01$ )、女子では  $r=0.377$  ( $P<0.01$ ) という相関係数が得られた (図 1)。

ヘモグロビン濃度を  $Y$  ( $g/dl$ )、Aerobic Power を  $X$  ( $l/min$ ) とした時に、次の回帰式が得られた。

$$\text{男子: } \hat{Y}=1.360X+12.54$$

$$\text{女子: } \hat{Y}=0.805X+13.39$$

### ○ 論 議

日本人青少年の血液性状について長嶺<sup>15)</sup>は、小・中学生男女 1143 名を対象に、9 才から 11 才まで、及び 12 才から 14 才まで、それぞれ 3 ケ年の追跡調査を行い、ヘマトクリット、ヘモグロビン、血清鉄の測定結果を報告している。その報告によると、ヘマトクリット値は、男子では 9 才から 11 才で、39.6~39.8%、12 才から 14 才にかけて、41.6~43.4%と年次的な増大がみられている。女子では、9 才から 11 才で 39.5~40.2%と増大を示すが、12 才から 14 才にかけては、40.1%から 39.3%とやや低下がみられている。

ヘモグロビン濃度では、男子で 9 才の 12.9g/dl から 14 才の 14.7g/dl まで、年次的な増加がみられているが、女子では 9 才から 11 才で 12.9~13.4g/dl と年次的な増加を示した後、12 才から 14 才にかけて、13.2g/dl から 13.1g/dl とやや低値を示している。

これらの値を、本研究のメキシコ人の値と比較すると、ヘマトクリット値、ヘモグロビン濃度ともに、メキシコ人の値が日本人の値より大きい。すなわち、ヘマトクリット値では、9 才から 15 才の範囲で、メキシコ人の値が、男子では 5.3~11.1% (平均 8.0%) 大きく、女子では 7.8~13.3% (平均 10.5%) 大きい。

ヘモグロビン濃度では、メキシコ人の値が、男子で 7.5~13.2% (平均 10.3%)、女子で 8.3~17.3% (平均 11.8%) 大きい。

日本人青少年の Aerobic Power については、これまでに多くの測定結果が報告されているが、トレッドミル・ランニングによる測定という条件にもとづいて、筆者たち<sup>12,13)</sup>の報告値と、本研究

の測定結果を比較してみた。それによると、絶対値 ( $l/min$ ) では、メキシコ人の値は、日本人の値より 9 才から 11 才で 6~11% 大きい、12 才から 14 才では差がない。また、15 才以上の年齢では、メキシコ人の例数が少ないが、日本人の値よりやや大きい傾向にある。女子では、メキシコ人の値が 9・10 才で 7~14% 大きい、11~14 才ではほぼ同様な値である。

体重あたり Aerobic Power ( $ml/kg \cdot min$ ) の比較では、メキシコ人の値が日本人の値より、9 才から 14 才の範囲で、男子で 3~17%、女子では 3~21% 大きい。

ところで、人体総ヘモグロビン量は、酸素運搬能力を規定する重要な因子であり、人体総ヘモグロビン量と Aerobic Power ( $\dot{V}O_2max$ ) との間には、直線関係がなり立つとされている<sup>7,8)</sup>。

堀居と猪飼<sup>8)</sup>は、人体総ヘモグロビン量と Aerobic Power との間には、 $r=0.895$  ( $P<0.001$ ) の極めて高い相関関係が認められたことを報告している。このことは、総ヘモグロビン量が多いものほど、Aerobic Power が大きい傾向にあることを示している。

本研究では、総ヘモグロビン量を測定していない。堀居と猪飼<sup>8)</sup>は、血中ヘモグロビン濃度と、肺泡一酸化炭素法を用いてもとめた人体総ヘモグロビン量との間には、 $r=0.567$  ( $P<0.001$ ) の相関関係があることを報告している。

本研究では、血中ヘモグロビン濃度と Aerobic Power との間に、男女とも統計的に 0.1% 水準で有意な相関関係がみられたが、この関係を、石河<sup>11)</sup>、長嶺<sup>15)</sup>の示した資料をもとに、日本人児童・生徒について、年齢的平均値のみから考察してみた。その結果、日本人の場合と比較してメキシコ人の血中ヘモグロビン濃度は、同水準の Aerobic Power に対して、男女とも 1.0~1.5g/dl 大きな値となっている。

このことは、Aerobic Power が日本人とメキシコ人で同じであった場合でも、メキシコ人の場合は、ヘモグロビン濃度が高いことを示しているといえる。

このことには、本研究の対象となった青少年が

在住している「高地」という自然環境条件が影響しているかもしれない。

これまで、高地 (High Altitude) に住む住民のヘモグロビン濃度やヘマトクリット値は高いことが知られている<sup>10,18)</sup>。

Hurtado<sup>10)</sup> は、ペルーアンデスの標高 4540m (大気圧 446mmHg) モロコチャに住む原住民と、リマ (平地) に住む住民の呼吸循環機能や、血液性状について、詳細な研究を行っており、リマ

の原住民 (N=250) のヘマトクリット値が平均 46.6%、ヘモグロビン濃度が平均 15.64g/dl であるのに対し、モロコチャの原住民 (N=83) のヘマトクリット値は、平均 59.5%、ヘモグロビン濃度は、平均 20.13g/dl であったことを報告している。

Pugh<sup>16)</sup> によれば、高地の住民では、標高が高くなることとヘモグロビンの増加率とはよく平行し、その直線関係は 3658m の高さまで続くが、

**Table 3.** Stature and aerobic power of Mexican boys and girls.

Age (years)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Boys</b>											
N	19	17	21	19	27	17	17	4	5	4	1
Height (cm)	120.6	125.9	133.3	138.4	140.8	149.2	154.2	159.6	167.5	168.3	168.0
	(5.0)	(4.6)	(6.6)	(7.0)	(7.5)	(8.3)	(9.3)	(6.7)	(4.5)	(1.4)	
Weight (kg)	22.2	25.9	30.8	33.6	33.1	39.3	44.1	47.3	54.7	63.0	55.0
	(2.7)	(3.7)	(5.0)	(6.5)	(5.7)	(5.8)	(7.5)	(6.4)	(3.0)	(3.0)	
$\dot{V}_E$ (BTPS) (l/min)	56.1	61.3	70.1	70.2	75.4	88.2	99.1	114.1	115.1	136.6	105.7
	(6.9)	(4.0)	(10.8)	(13.4)	(12.9)	(11.8)	(23.8)	(17.7)	(16.0)	(32.3)	
$\dot{V}_E$ (STPD) (l/min)	37.1	40.4	46.4	47.3	50.7	58.4	65.6	75.5	76.2	90.4	76.2
	(4.6)	(2.7)	(7.1)	(8.2)	(9.1)	(7.8)	(15.8)	(11.7)	(10.6)	(2.4)	
$\dot{V}_{O_2max}$ (l/min)	1.17	1.37	1.57	1.66	1.74	2.04	2.38	2.75	3.00	3.60	3.00
	(0.20)	(0.20)	(0.27)	(0.28)	(0.30)	(0.33)	(0.68)	(0.39)	(0.22)	(0.46)	
$\dot{V}_{O_2max/kg}$ (ml/kg·min)	53.4	53.1	51.6	50.9	52.1	52.5	55.6	58.1	55.0	57.1	54.6
	(6.8)	(6.0)	(7.8)	(8.9)	(7.2)	(7.7)	(7.2)	(3.5)	(2.6)	(6.4)	
HRmax (beats/min)	201.9	204.9	201.1	199.9	200.4	202.2	198.2	198.8	195.0	195.0	195.0
	(6.4)	(5.2)	(6.2)	(4.5)	(8.0)	(6.2)	(7.4)	(5.5)	(4.1)	(5.6)	
R.Q.	1.07	1.07	1.10	1.07	1.07	1.11	1.10	1.13	1.15	1.10	1.12
	(0.11)	(0.05)	(0.05)	(0.07)	(0.06)	(0.08)	(0.06)	(0.06)	(0.17)	(0.02)	
<b>Girls</b>											
N	22	22	26	27	20	21	15	12	-	3	4
Height (cm)	124.2	128.1	133.5	136.5	147.5	150.4	153.6	152.0	-	150.0	157.1
	(6.3)	(7.1)	(8.3)	(5.9)	(7.0)	(8.9)	(5.6)	(6.5)	-	(2.2)	(1.9)
Weight (kg)	24.5	28.3	28.8	32.1	40.2	45.0	45.6	49.1	-	50.5	59.3
	(4.1)	(6.6)	(6.1)	(5.3)	(6.3)	(7.8)	(10.5)	(9.4)	-	(5.0)	(11.3)
$\dot{V}_E$ (BTPS) (l/min)	52.1	61.4	65.3	67.5	78.8	79.8	86.5	85.9	-	88.6	105.4
	(7.8)	(13.3)	(11.3)	(15.6)	(13.0)	(13.2)	(16.4)	(11.3)	-	(6.3)	(4.5)
$\dot{V}_E$ (STPD) (l/min)	37.0	40.7	43.7	44.6	52.1	53.3	58.8	56.8	-	58.6	69.7
	(9.7)	(8.8)	(7.8)	(9.4)	(8.6)	(9.1)	(9.7)	(7.5)	-	(4.2)	(2.8)
$\dot{V}_{O_2max}$ (l/min)	1.11	1.31	1.37	1.45	1.68	1.77	2.00	1.92	-	2.13	2.11
	(0.18)	(0.28)	(0.29)	(0.28)	(0.33)	(0.32)	(0.30)	(0.42)	-	(0.13)	(0.10)
$\dot{V}_{O_2max/kg}$ (ml/kg·min)	46.2	46.0	47.5	45.8	41.9	40.2	41.9	39.9	-	42.3	37.2
	(5.1)	(7.0)	(8.1)	(7.7)	(5.6)	(6.5)	(5.5)	(8.1)	-	(1.6)	(5.1)
HRmax (beats/min)	203.6	202.5	204.5	204.4	201.4	196.7	200.9	196.3	-	203.8	195.5
	(6.8)	(8.3)	(6.5)	(8.1)	(8.3)	(7.5)	(9.0)	(5.5)	-	(8.6)	(3.8)
R.Q.	1.11	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.15	1.15	-	1.13	1.15
	(0.11)	(0.07)	(0.06)	(0.06)	(0.07)	(0.09)	(0.07)	(0.09)	-	(0.07)	(0.09)

N : Number of subjects  $\dot{V}_E$  : Ventilation  $\dot{V}_{O_2max}$  : Maximum oxygen intake  
 HRmax : Maximum heart rate R.Q. : Respiratory quotient  
 Mean (S.D.)

この高さをこえると、ヘモグロビン濃度は高度にもなると急激に増加してくるという。すなわち、高地原住民（成人）のヘモグロビン濃度と標高（高度）との関係は、2286mで17.7g/dl、4877mで22.9g/dlという値である。

また、平地居住者が高地に一定期間（2週間以上）滞在すれば、赤血球、ヘモグロビン濃度が増加することが明らかにされている<sup>2,3)</sup>。

高地とは、通常標高3000m以上の場合をさすが、メキシコシティ（2380m）あたりの標高について、HeathとWilliams<sup>6)</sup>は、Moderate Altitude（中程度の高地）という表現を用いている。

本研究の場合は、メキシコシティよりさらに低い、標高1850m（大気圧620mmHg）に存在の青少年を対象としている。標高1850mという環境が、はたしてどの程度高地という影響をもっているかについては、ここで論議する必要がある。

Buskirk et al.<sup>5)</sup>は、標高とAerobic Power ( $\dot{V}O_2\max$ )の減少との関係について、5,000フィート（1524m）から20,000フィート（6096m）の範囲内では、標高が1,000フィート（304.8m）上昇するごとに、Aerobic Powerは平均3.2%の割合で減少してゆくと報告している。Åstrand<sup>3)</sup>やHorvath<sup>9)</sup>は、それまでに発表された文献から、大気圧とAerobic Power ( $\dot{V}O_2\max$ )の減少との割合は、指数関係的な相関にあると報告している。

これらの関係から、本研究の青少年の在住地におけるAerobic Powerの減少は、約3~6%であると予想される。すなわち、本研究が行われた1850mという標高は、一時的な訪問者にとっては、Aerobic Powerの減少を生じさせるという影響をもった高さであることがわかる。

高地においては、換気量の値にその特徴的な影響をみることが出来る。

高地では、大気中の酸素分圧が小さくなるので、肺酸素分圧 ( $P_{AO_2}$ ) の水準を維持し、動脈血の酸素分圧の低下を防ぐため、過呼吸が生ずる。

モロコチャ（4540m）の原住民の安静時換気量は、平地住民（リマ）の20%大きな値となっている<sup>10)</sup>。

4260mの高地で、種々の運動負荷について運

動した場合、酸素摂取量と肺換気量との関係についてみると、同じ酸素摂取量を得るのに、6週間滞在した平地住民では、高地原住民の1.5倍の肺換気量を必要とすることも報告されている<sup>4)</sup>。すなわち、高地原住民は、運動に対して、少ない肺換気量で効率の良い酸素摂取を行っていることができる。

Soni et al.<sup>17)</sup>は、3名のメキシコ人プロサッカー選手が、900kgm/minと1800kgm/minの負荷での自転車のペダリングを、平地（ベラクルス）とメキシコシティで行ったとき、メキシコシティでは運動中換気量が平地の場合より、24.4%（900kgm/minの場合）及び20.2%（1800kgm/minの場合）大きかったことを報告している。

本研究で得られたメキシコ人青少年の運動中最大換気量については、呼吸当量 ( $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ ) の面から考察してみたい。

メキシコ人青少年の最大換気量を、筆者たちの報告した日本人青少年の値<sup>12,13)</sup>と比較すると、メキシコ人では、9才から15才の範囲で、男子では平均28.1%、女子では平均35.9%大きな値となっている。そこで、Aerobic Power ( $\dot{V}O_2\max$ ) が得られた時の酸素1lを摂取するときに必要な換気量、すなわち呼吸当量 ( $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ ) をもとめてみると、9才から15才の範囲で、男子ではメキシコ人43.0に対し、日本人35.5、女子ではメキシコ人45.9に対し、日本人36.6、という値であった。メキシコ人の値は、日本人の値と比較して、男子で21.1%、女子で25.4%大きい。

このことは、本研究の対象となったメキシコ人青少年の在住地における大気中の酸素分圧が、平地の81.6%に相当する129.8mmHgであるという自然環境要因に影響されていると考えられる。

#### ○ま と め

- 1) メキシコ国グナファト州レオン市（標高1850m）に在住の8才から18才の男女323名を対象に、血液性状、血圧、Aerobic Power ( $\dot{V}O_2\max$ ) を測定した。
- 2) ヘマトクリット値 (%) は、男子では8才

43.0, 11才44.2, 14才46.5, 17才50.0であり、女子では、8才42.2, 11才44.2, 14才45.1, 17才43.8であった。

3) ヘモグロビン濃度 (g/dl) は、男子では、8才14.3, 11才14.8, 14才15.8, 17才18.7であり、女子では、8才13.9, 11才14.7, 14才14.8, 17才15.1であった。

4) メキシコ人青少年の値は、同年齢 (9—15才) の日本人と比較して、ヘマトクリット値で男子平均8.0%, 女子平均10.5%大きく、ヘモグロビン濃度では、男子平均10.3%, 女子平均11.8%大きかった。

5) 血圧は、男子8~14才で、収縮期圧96.1~104.8mmHg, 弛緩期圧56.9~65.4mmHgの範囲にあり、女子8~15才で、収縮期圧89.7~108.5mmHg, 弛緩期圧54.6~67.7mmHgの範囲にあった。

6) Aerobic Power (l/min) は、男子で8才1.17, 11才1.66, 14才2.38, 17才3.60であり、女子では8才1.11, 11才1.45, 14才2.00, 17才2.13であった。

7) ヘモグロビン濃度を Y (g/dl), Aerobic Power を X (l/min) としたときに、次の回帰式が得られた。

$$\text{男子: } \hat{Y} = 1.360X + 12.54 \quad (P < 0.01)$$

$$\text{女子: } \hat{Y} = 0.805X + 13.39 \quad (P < 0.01)$$

8) メキシコ人青少年の最大換気量は、同年齢の日本人の値と比較して、男子平均28.1%, 女子平均35.9%大きく、呼吸当量 ( $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$ ) は、日本人より男子平均21.1%, 女子平均25.4%大きかった。

9) 標高1850m (大気圧620mmHg) という自然環境は、ヘモグロビン濃度や呼吸当量が大きいというかたちで、青少年の呼吸循環機能に影響を与えていることが考察された。

本研究の要旨は、第36回日本体力医学会において発表した。

本研究は、1980年11月から3ヶ月間、日本学術振興会特定国派遣研究者 (短期) として、メキシコ国に派遣中に実施した。

## 謝 辞

本研究は、日本学術振興会、メキシコ国家科学技術会議、グナファト大学の援助のもとに行われたものである。本研究の遂行にあたって、御協力を賜ったグナファト大学労働科学研究所 Dr. O.M. Rosas 教授, Dr. F.J. Diaz, Miss R.N. Conejo はじめ、関係各位に深く感謝の意を表する次第です。

## 文 献

- 1) Aghemo, D., F. P. Limas, and G. Sassi: Maximal aerobic power in primitive Indian. *Int. angew. Physiol.* 29, 337-342, 1971.
- 2) 朝比奈一男: 運動と環境, 2. 高地, 生理学大系 IX, 適応協関の生理学 (吉村寿人, 高木健太郎, 独飼道夫編) 医学書院, 994-1018, 1970.
- 3) Åstrand, P.O.: *Textbook of work physiology.* McGraw-Hill Book Company. New York. 561-596, 1970.
- 4) Balke, B.: Physiology of respiration at altitude. In: *Physiological adaptations* (ed. Yousef M.K., S.M. Horvath, and R.W. Bullard). Academic Press. New York and London. 195-208, 1972.
- 5) Buskirk, E.R., J. Kollias, E. Piconreatique, R. Akers, E. Prokop, and P. Baker: Physiology and performance of track athletes at various altitude in the United States and Peru. The effects of altitude. *The Athletic Institute.* 65-75, 1967.
- 6) Heath, D. and D.R. Williams: *Man at high altitude. The pathophysiology of acclimatization and adaptation.* Churchill Livingstone. London and New York, 1977.
- 7) Holmgren, A., F. Mossfeldt, T. Sjöstrand, and G. Ström: Effect of training on work capacity, total hemoglobin, blood volume and pulse rate in recumbent and upright positions. *Acta Physiol. Scand.* 50, 72-83, 1960.
- 8) 堀居 昭, 猪飼道夫: 人体総ヘモグロビン量からみた全身持久性の研究. *体育学研究*, 16(4), 215, 222, 1972.
- 9) Horvath, S.M.: Physiology of work at altitude. In: *Physiological adaptations, desert and mountain.* (ed. Yosef, M.K., S.M. Horvath, and R.W. Bullard, ). Academic Press. New York and London. 183-191, 1972.
- 10) Hurtado, A.: Animals in high altitude; resident man. In: *Handbook of Physiology. section 4. Adaptation to the environment.* (ed. Dill, D.B., E.F. Adolph, and C.G. Wilber, ). American Physiological Society. Washington, D.C. 843-860, 1964.



- 11) 石河利寛：体力，運動能力に関する調査結果と考察，No1。発育期のスポーツ活動が心身に及ぼす影響。第4報，追跡3ケ年のまとめ。昭和55年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。103-125, 1981.
- 12) Kobayashi, K., K. Kitamura, M. Miura, H. Sodeyama, Y. Murase, M. Miyashita, and H. Matsui : Aerobic Power as related to body growth and training in Japanese boys; a longitudinal study. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 44(5), 666-672, 1978.
- 13) 小林寛道，北村潔和，大田順子，早水サヨ子，松井秀治：縦断的測定からみた女子生徒の Aerobic Power の発達と，トレーニングの影響。体育学研究，24(2), 149-158, 1977.
- 14) 小林寛道：メキシコ人児童生徒の生活実態調査結果，総合保健体育科学，5(1), 35-57, 1982.
- 15) 長嶺晋吉：血液検査結果について，No1。発育期のスポーツ活動が心身に及ぼす影響，第4報 追跡3ケ年のまとめ。昭和55年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。68-72, 1981.
- 16) Pugh, L.G.C.E.: High altitude In: *The physiology of human survival.* (ed. Edholm, O., and A.L. Bacharach). Academic Press. New York and London. 1965.
- 17) Soni, J., I.C. Rivera, and F. Mendoza: The effects of altitude on non-acclimatized athletes during effort. In: *The effects of altitude.* The Athletic Institute. 76-79, 1960.
- 18) Ward, M.: *Mountain medicine.* (御手洗玄洋，中島寛訳 高所医学，山と溪谷社)。1975.

(昭和59年1月20日受付)

