青少年期に於る最大酸素摂取量と形態との関連性

北 川 薫* 猪 飼 道 夫**

(昭和47年7月25日受付)

Interrelationship Between Maximum Oxygen Intake and Physique in Childhood through Early Adulthood

Kaoru Kitagawa (College of General Education, Tokyo University)

Michio Ikai (Faculty of Education, Tokyo University)

自転車エルゴメーターにより日本人男女の最大酸素摂取量 (以下 $\dot{V}O_2\text{max.}$) を測定した。被検者は男女各々225名で年齢は8才から31才であった。自転車エルゴメーターによる $\dot{V}O_2\text{max.}$ の国際間の比較はすでに行われている(8)。しかし、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ と形態とを、その年間増加量から分析したものはほとんどない。本研究は横断的研究ではあるが、結果は以下のものであった。

1) $\dot{V}O_2\text{max.}$ 身長、体重の年間最大増加年齢は、男子では13才と一致し、女子では11~12才とほとんど一致した。

2) 男子では18才頃に $\dot{V}O_2\text{max.}$ と身長増加は停止したが、体重は21才迄増加した。一方、女子では、身長、体重は17~18才で増加は停止したが、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ は15才で増加は停止した。

$\dot{V}O_2\text{max.}$ は除脂肪体重と密接な関係にある(5)ので、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ の増加停止後の体重の増加は体脂肪の増加と思われる。

This study was concerned with the measurement of aerobic power (maximum oxygen intake) of Japanese, ranging from 8 to 31 years of age, by using the bicycle ergometer method described in the I. B. P. Handbook No. 9. Aerobic power of Japanese measured by bicycle ergometer was compared with various indigenous populations (8). Furthermore, there were very few studies which analyzed aerobic power development in relation to physical growth, i. e. the growth and development increment per year. The results were as follows ;

1) Peak velocities of aerobic power, height and body weight were observed at 13 years of age in men, at 11-12 years of age in women. Women had a higher rate of increment one or two years earlier.

2) The apparent stop of aerobic power development and height growth in men were observed at about 18 years of age, while body weight appeared to reach maximum at 21 years of age. In women, growth seemed to stop at between 17 and 18 years of age, while aerobic power reached maximum at 15 years of age.

As aerobic power had a close relationship with "Lean Body Mass" (5), it might be estimated that the increase of body weight after the cessation of aerobic power development was due to the increase of body fat.

(Kitagawa, Kaoru and Ikai, Michio: Interrelationship Between Maximum Oxygen Intake and Physique in Childhood through Early Adulthood: *Research Journal of Physical Education*, Vol. 17, No. 3, December, 1972, pp. 159~166)

*東京大学教養学部 **東京大学教育学部 (1972年1月逝去)

緒 言

発育に伴う形態と機能の発達には森下(17)が述べているように、1) 統計学的立場から、2) 相対成長の立場から、3) ディメンション解析の立場から数多くの研究がなされてはきているが、最大酸素摂取量（以下 $\dot{V}O_2\max$ ）の年間増加量を取りあげ、機能と形態の発達を対比させて論じたものは殆んどその例を見ない。本研究は横断的研究ではあるが、8歳から31歳の男女の $\dot{V}O_2\max$ 、身長、体重を測定し、それらの年間最大増加年令と増加停止年令を追求するとともに、そこから機能としての $\dot{V}O_2\max$ と形態としての身長及び体重との関連性に検討を加える事を本研究の目的とした。

本研究では $\dot{V}O_2\max$ の測定は自転車エルゴメーターによった。 $\dot{V}O_2\max$ の研究については、我国(1, 10, 15, 28)だけでなく、諸外国(2, 7, 12, 13, 14, 20, 27)に於ても数多くの研究がなされている。これまでの研究にみられる $\dot{V}O_2\max$ の測定時の運動負荷法は主にトレッドミル、自転車エルゴメーター、グラウンド走であるが、最近では、簡便で安価、負荷の再現性が容易、などの利点から自転車エルゴメーターが IBP (International Biological Programme, 国際生物学事業計画) により推奨され、国際的普及が計られており、今後のデータの比較検討上の便宜を考慮して本研究でも自転車エルゴメーターを用いたものである。

被 検 者

被検者は、東京及びその近郊に生活する日本人男女で、人数は各々 225 名。年令は男子では 8 歳から 31 歳、女子では 8 歳から 27 歳であった。彼らは ECG 検査で異常所見が見られず、特に病的所見を持たず、更に、特別な身体的トレーニングを行っていない者であった。

＜母集団との比較＞

本研究の被検者の形態的特徴と文部省統計による全国平均値(16)とを比較して図1と図2に示した。図中の●は本研究の男子及び女子被検者の平均値と、標本数及び標準誤差から推定される母集団の信頼区間である。図中の太い実線は男子

図1 本研究での被検者の身長と母集団である全国平均値との比較。●は男子の平均値及び95%信頼区間。□は女子。太い実線は男子の全国平均値で、細い実線は(2×標準偏差)、破線は女子。

図2 体重についての被検者と母集団との比較。説明は図1に同じ

の全国平均値、その上下の細い実線は(2×標準偏差)を表わしている。破線は女子である。

本研究の被検者は、全国平均値に比べて、身長は男女とも10～12歳、体重は女子で10～12歳、男子で14～16歳でやや低く、又、身長では男子で16～17歳、女子で16～17歳及び22～26歳、体重では女子で20～22歳で全国平均値をわずかに上まわっているが、しかし、全体的にみて、被検者の母集団への95%信頼区間が全国値の(2×標準偏差)内に含まれ、かつ本研究での被検者の平均値が全国平均値にほぼ等しいことから、本研究での被検者の形態は日本人の形態を代表していると考えられよう。

方 法

身長はマルチン式身長計、体重はスプリング式体重計で測定した。 $\dot{V}O_2\max$ の測定方法は原則的

表 1 自転車エルゴメーターでの年齢、性別の初期負荷

年 令 (才)	男	女
8 以上～10未満	360Kpm/min	180Kpm/min
10～11	360	180
11～12	540	360
12～13	540	360
13～14	720	540
14～15	900	540
15以上	720～900	360～540

に IBP Handbook No. 9 (25) に準拠した。即ち、Monark 自転車エルゴメーターを使用し、ペダル回転数は毎分 60 回転とした。被検者は 2～4 分のウォーミングアップ後、2 分間の休息をし、原則として表に示した負荷からメトロノームに合わせて all-out に至る迄作業を行った。負荷は 2 分ごとに 180 kpm/min. ずつ漸増していった。尚、作業負荷は予備測定に基いて約 6 分で all-out に達するように設定した。呼気ガスは作業開始後、3 分目から 1 分ごとにダグラスバッグ法にて採気し all-out 前 2 分間の呼気ガスをショランダー微量ガス分析器にて分析し、得られた二つの酸素摂取量の値のうち、大きな、大きな値をもって $\dot{V}O_{2max}$ (S.T.P.D.) とした。 $\dot{V}O_{2max}$ が得られたかどうかは、心拍数が 190 前後に達したかどうかにより判定した。心拍数の測定は all-out 直後に聴診器

を用いて、心音から 30 拍の所要時間を測り、1 分間値に換算して求めた。尚、 $\dot{V}O_{2max}$ については 16 名の被検者で再測定を行ったが、その二つの値の間には $r = 0.988^{***}$ の相関係数が得られた。この事から一回の測定で、信頼できる値が得られるものと判断した。

$\dot{V}O_{2max}$. 身長、体重の年間増加量は高石ら (21) の研究に従い、各年齢ごとの平均値から発達現量値曲線を作図し、その発達現量値曲線から求めた。その作図順序は、まず、方眼紙に、得られた測定値をプロットし、その値を平滑化する事により発達現量値曲線 (図 4～9 の上の曲線) を推定する。その曲線に基き、方眼紙上から一年ごとの増加量をよみとる。その年間増加量を方眼紙上にプロットし、平滑化して発達速度曲線 (図 4～9 の下の曲線) を作図する。その発達速度曲線から年間増加量と年間最大増加年齢及び増加停止年齢を求めた。こうした方法について Tanner ら (23) は、得られた資料を平滑化する事は、測定誤差、季節変動、及び他の原因による小さな誤差を除去するのに必要な事であると述べている。尚、図 4～9 にみられる年間増加量は Tanner ら (23) のいう位相差効果 (phase difference effect) により個人の年間増加量とは異り、値は低くなっている。

結 果

本研究の結果を表 2、表 3 に示した。図 3 は個人の $\dot{V}O_{2max}$ を示すものであり、最大値は男子では 3.30 l/min；女子では 2.20 l/min であった。図 4～図 9 は身長、体重、 $\dot{V}O_{2max}$ の平均値とその年間増加量を歴年齢を横軸にとって示したものである。

男子については、身長は 18 歳迄増加をし、その間 13 歳で最大の年間増加量を示した (図 4)。体重は 21 歳迄増加をしたが、やはり 13 歳で最大の年間増加量を示し (図 5)、 $\dot{V}O_{2max}$ は 17.5

図 3 個人の $\dot{V}O_{2max}$. (N=450)

表 2 年令・性別での身長及び体重の平均値と標準偏差

男 (N=225)				女 (N=225)			
年令 (才)以上未満	被検者数	身長 (cm)	体重 (kg)	年令 (才)以上未満	被検者数	身長 (cm)	体重 (kg)
8—10	19	129.6±4.4	26.2±2.8	8—10	20	127.4±6.7	25.5±4.1
10—11	18	134.5±4.2	30.8±4.1	10—11	18	134.5±5.4	27.6±5.1
11—12	21	140.5±3.9	34.6±4.0	11—12	20	142.0±4.6	33.9±3.8
12—13	14	150.2±6.5	42.4±5.1	12—13	13	149.6±4.2	42.0±5.2
13—14	21	154.3±6.9	45.4±6.6	13—14	19	151.3±3.1	44.8±4.0
14—15	19	160.1±4.3	47.7±4.9	14—15	22	155.2±5.8	48.8±6.3
15—16	13	164.0±6.1	51.6±5.4	15—16	14	157.2±4.9	49.4±4.9
16—17	18	167.9±4.4	55.4±5.7	16—17	18	157.7±3.8	51.6±5.3
17—18	20	168.6±5.7	58.0±5.7	17—18	9	155.1±3.7	49.9±3.4
18—19	16	166.7±4.8	56.6±3.5	18—19	14	156.3±5.1	52.3±6.4
19—20	10	165.8±4.5	58.3±6.3	19—20	22	156.6±5.6	51.8±5.5
20—21	11	169.4±4.6	59.9±4.7	20—21	10	155.2±3.3	54.0±6.1
21—22	7	168.5±5.5	60.9±3.2	21—22	9	159.1±3.3	53.3±3.8
22—24	11	168.1±5.4	58.8±6.4	22—24	13	157.0±5.2	49.8±6.2
25—31	7	167.9±4.5	60.1±6.2	25—27	4	157.4±2.4	49.3±3.5

表 3 年令・性別での $\dot{V}O_2\max$ 及び all-out 直後の心拍数の平均値と標準偏差

男 (N=225)					女 (N=225)				
年令 (才) 以上未満	被検 者数	$\dot{V}O_2\max$ (l/min.)	体重 1 kgあたり の $\dot{V}O_2\max$. (ml/kg/min)	心拍数 (beats/ min.)	年令 (才) 以上未満	被検 者数	$\dot{V}O_2\max$ (l/min.)	体重 1 kgあたり の $\dot{V}O_2\max$. (ml/kg/min)	心拍数 (beats/ min.)
8—10	19	1.31±0.17	50.0±6.5	192±8	8—10	20	1.11±0.18	43.4±6.4	193±11
10—11	18	1.50±0.26	49.1±7.9	193±13	10—11	18	1.22±0.18	40.8±5.0	196±21
11—12	21	1.77±0.27	51.3±6.0	197±11	11—12	20	1.41±0.22	41.5±4.8	191±10
12—13	14	1.90±0.33	44.9±4.7	184±9	12—13	13	1.58±0.23	37.6±4.0	184±12
13—14	21	2.13±0.29	47.5±7.2	191±13	13—14	19	1.56±0.14	35.0±3.6	183±9
14—15	19	2.35±0.30	49.5±3.7	191±10	14—15	22	1.71±0.22	34.9±4.1	182±11
15—16	13	2.47±0.39	48.1±7.2	198±13	15—16	14	1.82±0.16	37.1±3.4	185±6
16—17	18	2.58±0.23	46.9±4.5	188±9	16—17	18	1.75±0.15	34.3±4.1	187±10
17—18	20	2.57±0.30	44.6±5.8	191±14	17—18	9	1.72±0.22	34.4±3.7	190±10
18—19	16	2.43±0.29	42.8±4.1	199±16	18—19	14	1.74±0.20	33.7±4.4	189±11
19—20	10	2.48±0.26	42.8±5.2	195±6	19—20	22	1.81±0.20	35.0±4.5	197±13
20—21	11	2.34±0.23	39.2±4.1	186±10	20—21	10	1.71±0.28	31.5±3.2	184±11
21—22	7	2.52±0.24	41.4±3.1	189±8	21—22	9	1.64±0.30	30.7±4.6	176±13
22—24	11	2.38±0.36	40.5±5.1	187±9	22—24	13	1.63±0.29	32.8±3.8	182±8
25—31	7	2.43±0.38	40.5±4.1	188±10	25—27	4	1.69±0.13	34.4±3.2	184±6

図 4 男子の身長の平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

図 7 女子の身長平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

図 5 男子の体重の平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

図 8 女子の体重の平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

図 6 男子の $\dot{V}O_{2\max}$ の平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

図 9 女子の $\dot{V}O_{2\max}$ の平均値による発達現量値曲線 (上) と年間増加量 (下)

歳迄増加し、その後わずかに減少を示したのち、一定水準となった。また $\dot{V}O_2\text{max.}$ の年間増加量は身長・体重と同じく13才で最大値を示した(図6)。一方、女子については、身長は17歳迄増加し、その間11歳で最大の年間増加量を示した(図7)。体重は18歳迄増加したが最大増加年令は12歳であった(図8)。 $\dot{V}O_2\text{max.}$ については15歳迄増加をし、その後、約1.76l/min. で一定水準を保った。その間、最大増加年令は12歳であった(図9)。以上のように $\dot{V}O_2\text{max.}$ 、身長、体重ともに、女子は男子に比べ1~2年早く年間最大増加年令に達した。又、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ では、身長や体重と異なり、女子が男子を凌駕する年代はみられなかった。

考 察

思春期を中心としての $\dot{V}O_2\text{max.}$ と体格との関係は、日本人について数多く報告されている(1, 10, 15, 28)。表4は最大増加年令及び増加停止年令をそれらの報告及び文部省統計による全国平均値(16)から作図して求めたものである。これら

表4 各研究による最大増加年令及び増加停止年令の比較

		男		女	
		最大増加年令	増加停止年令	最大増加年令	増加停止年令
Ikai ら (10)	$\dot{V}O_2\text{max.}$	13才	17.5才	12才	15才
Matsui ら (15)	$\dot{V}O_2\text{max.}$	16	不明	不明	不明
	身長	14	18	14	16
	体重	15	18	不明	16
吉 沢 (28)	$\dot{V}O_2\text{max.}$	14	16	13	16
	身長	14	不明	不明	17
	体重	14	不明	14	18
朝比奈ら (1)	$\dot{V}O_2\text{max.}$	13	20	11	14
	身長	12	20	11	17
	体重	12	21	11	17
全国平均値(16)	身長	13	18	11	17
	体重	14	21	12	17.5
本 研 究	$\dot{V}O_2\text{max.}$	13	17.5	12	15
	身長	13	18	11	17
	体重	13	21	12	18

但し、「不明」は、発表されたデータ以外の年令に最大増加年令及び増加停止年令があると思われる場合。

の年令には、各報告で一致したものもある反面、差異の大きなものもあった。この事は、地域差とか被検者の抽出法などに起因するであろう。しかし、いずれの研究も日本人を被検者としているので、体格の最大増加年令と増加停止年令の決定には、全国平均値から求められた年令が日本人の平均的数値となろう。本研究の被検者は図1、図2に示したように母集団である日本人をよく代表しており、又、表4に示したように最大増加年令及び増加停止年令も全国平均値とよく一致している事から、本研究により得られた年令は、他の研究に比べ、よりよく日本人の値を表わしていると考えられる。次に、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ の増加停止年令の決定については、被検者は日本人ではないが Murgage and Andersen (18, 19) の研究が示唆を与えよう。即ち、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ の決定に重要な因子となるヘモグロビン量の増加は男子では18歳、女子では16歳に停止すると述べ、更に赤血球数の増加では、男子は18歳、女子は16歳頃に停止すると述べている事である。又、後述するように、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ に密接な関係を持つ除脂肪体重の増加停止年令は、男子では17~18歳、女子では15~16歳と Forbes (6) は述べている。これらの研究、及び本研究の被検者が日本人をよく代表している事から、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ の増加停止年令は、本研究が示すように男子では17~18歳、女子では15歳と考えられる。

ところで、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ は全身性持久能の指標として国際的に広く用いられている(2, 3, 4, 9, 24, 25)。又、身体組成の研究分野では $\dot{V}O_2\text{max.}$ と、不活性組織である脂肪を除いた体重、即ち、除脂肪体重 (Lean Body Mass, 以下 LBM) との間には、単なる体重との相関よりも高い相関が認められている。Buskirk and Taylor (5) はトレーニングを行っていない男子大学生を被検者として、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ と体重の間では、 $r=0.63^{**}$ 、LBM とでは $r=0.85^{**}$ の相関があったと報告している。この事から $\dot{V}O_2\text{max.}$ が、LBM と密接な関連を持つと考えられる。但し、Welch ら(26) は Buskirk and Taylor (5) と同じ事を指摘しながらも LBM だけでなく、トレーニング実施程度による呼吸循環器系の良否が $\dot{V}O_2\text{max.}$ に影響を与えると指摘している。しかし、本研究ではトレーニングを行

っていない者を被検者としており、したがって上述したように、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ と、LBM との密接な関連性は、考察をすすめる上で適切と考えられる。

本研究の結果、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と形態とは、その年間増加量を呈する年令では、男子は13歳、女子は11～12歳とよく一致した。これに相応する年令に於て、Tanner (22) は皮下組織（皮膚と皮下脂肪）の減少を述べており、かつ $\dot{V}O_2\text{max.}$ が LBM と密接な関係にある事から、この年令での形態の発育は不活性組織である脂肪の増加よりもむしろ、LBM の増加である事を示唆していよう。猪飼・高石 (11) も脚筋力及び握力の最大年間増加量を呈する年令と、体重の最大年間増加量を呈する年令が、男女各々一致する事から、思春期での体重の増加は、筋肉量の増加を示唆するものと述べている。

一方、本研究の結果、機能としての $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加停止後、体重は男女ともひき続いて約3年間増加を続ける事がわかった。その増加の主たる要素は、LBM の増加ではなく、不活性組織である脂肪の増加ではないかと考えられる。これに関して、Forbes (6) は体内中の自然放射性物質である⁴⁰K を測定する事により、各年令の男女のLBM と体脂肪量について報告している。即ち、LBM は男子では17～18歳、女子では15～16歳迄増加し、その後は一定水準を保つが、脂肪は男子では18歳以後20歳迄に至る迄増加し、女子では15歳以後も19歳迄増加をしたと述べている。

以上の事から、相似かよった形態を持つ成人と発育途上にある中高校生とでは機能としての $\dot{V}O_2\text{max.}$ は中高校の方が勝る事が考えられよう。即ち、同じ体重であれば、体重のうち LBM が占る割合の大きい中高校生の方が $\dot{V}O_2\text{max.}$ は大きいはずである。表5は成人男子 (22～28歳) と男子高校生 (15～16歳) の比較であり、表6は成人女子 (19～22歳) と女子中学生 (14～15歳) との比較である。男子では体重が 53kg 以上 58kg 未満、女子では 40kg 以上 50kg 未満を条件（グループ間の形態での差異を小さくする為に、結果として以上の様な条件となった。）に本研究結果から抽出し比較した。その結果は表5、表6に示したように、男女ともに5%水準において $\dot{V}O_2\text{max}$ には有

表5 男子高校生と成人男子との機能と形態の比較
但し、N. S. は有意差なし

	男子高校生 (15～16才) N=7	成人男子 (22～28才) N=7	P
$\dot{V}O_2\text{max}$	2.73 l/min.	2.29 l/min.	<0.05
体 重	55.7kg	55.9kg	N. S.
身 長	167.7cm	163.2cm	N. S.

表6 女子中学生と成人女子との機能と形態の比較
但し、N. S. は有意差なし

	女子中学生 (14～15才) N=10	成人女子 (19～22才) N=14	P
$\dot{V}O_2\text{max}$	1.72 l/min.	1.54 l/min.	<0.05
体 重	45.6kg	44.4kg	N. S.
身 長	155.5cm	154.9cm	N. S.

意差が認められたが、身長、体重では有意差は認められなかった。この事は又、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が LBM と密接な関係にある事を意味しよう。

以上より、思春期を中心とした日本人男女の機能としての $\dot{V}O_2\text{max.}$ と形態とを総括してみると $\dot{V}O_2\text{max}$ と身長・体重の最大増加年令は、男女各々ほぼ同年令であって、LBM と密接な関係にある $\dot{V}O_2\text{max}$ と形態とは、その最大発達期が一致する事がわかった。一方、体重の増加停止年令は $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加停止年令よりも男女とも各々約3年遅れる事がわかった。 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加停止後の体重の増加は LBM の増加ではなく、不活性組織である脂肪の増加であろう。

本研究は、東京大学教育学部体育学研究室にて、1970年1月から1971年1月にかけて総合実験として企画された結果に基いている。当時、御尽力頂いた研究室の皆様へ感謝致すとともに、本論文をまとめるにあたり多大な示唆を頂いた広田公一東大教授に御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 朝比奈一男, 浅野勝己, 草野勝彦, 中川功哉, 道明博, 砂本秀義, 都市青少年の有酸素的作業能力に関する研究, 体育学研究 16 (4): 197-213, 1972
- 2) Åstrand, P.O. Experimental Studies of Physical Work Capacity in Relation to Sex and Age. Copenhagen, Munksgaard, 1952
- 3) Åstrand, P.O., Cuddy, T.E., Saltin, B. and Sten-berg, J. Cardiac Output During Submaximal and Maximal Work. J. Appl. Physiol. 19(2): 268

- 274, 1964
- 4) Buskirk, E. and Taylor, H.L. Maximal Oxygen Intake as an Objective Measure of Cardio-Respiratory Performance. *J. Appl. Physiol.* 8 : 73-80, 1955
 - 5) Buskirk, E. and Taylor, H.L. Maximal oxygen intake and its relation to body composition, with special reference to chronic physical activity and obesity. *J. Appl. Physiol.* 11(1) : 72-78, 1957
 - 6) Forbes, G.B. Growth of the lean body mass during childhood and adolescence. *J. Pediatrics* 64 : 822-827, 1964
 - 7) Horvath, S.M., and Michael, E.D., Jr. Responses of Young Women to Gradually Increasing and Constant Load Maximal Exercise. *Med. Sci. Sports* 2 : 128-131, 1970
 - 8) Ikai, M. and Kitagawa, K. Maximum Oxygen Intake of Japanese Related to Sex and Age. *Med. Sci. Sports* 4(3), 1972 (In press)
 - 9) 猪飼道夫, 宮村実晴, 心拍出量からみた全身持久性 (2), *体育の科学* 17(6) : 344-349, 1967
 - 10) Ikai, M., Shindo, M., and Miyamura, M. Aerobic Work Capacity of Japanese People. *Research Journal of Physical Education*. 14 (3) : 135-140, 1970
 - 11) 猪飼道夫, 高石昌弘, 身体教育と発達 : 170-172, 第一法規出版. 1967年
 - 12) Knuttgen, H.G. Aerobic Capacity of Adolescents. *J. Appl. Physiol.* 22 : 655-658, 1967
 - 13) König, K., Reindell, H., Keul, J., and Roskamm, H. Untersuchungen über das Verhalten von Atmung und Kreislauf im Belastungsversuch bei Kindern und Jugendlichen in Alter von 10-19 Jahren. *Int. Z. angew. Physiol.* 18 : 393-434, 1961
 - 14) Kramer, J.D. and Lurie, P.R. Maximal Tests in Children. *Amer. J. Dis. Child.* 108 : 283-297, 1964
 - 15) Matsui, H., Miyashita, M., Miura, M., Kobayashi, K., Hoshikawa, T. and Kamei, S. Maximum oxygen intake and its relationship to body weight of Japanese adolescents. *J. Sports Med.* 11(1) : 28-35, 1971
 - 16) 文部省体育局, 昭和 44, 45年度体力・運動能力調査報告書. 昭和46年 3月
 - 17) 森下はるみ, 日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究, *体育学研究* 11(2) : 47-58, 1966
 - 18) Mugrage, E.R. and Andersen, M.I. Values for red blood cells of average infants and children. *Amer. J. Dis. Child.* 51 : 775-791, 1936
 - 19) Mugrage, E.R. and Andersen, M.I. Red blood cell values in adolescence. *Amer. J. Dis. Child.* 56 : 997-1003, 1938
 - 20) Seliger, V. The Influence of Sports Training on the Efficiency of Juniors. *Int. Z. angew. Physiol.* 26 : 309-322, 1968
 - 21) 高石昌弘, 大森世都子, 江口篤寿, 森田良子, 思春期身体発育のパターンに関する研究(第1報), *小児保健研究* 26(2) : 57-63, 1968
 - 22) Tanner, J.M. *Growth at Adolescence*, 2nd edn. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1962
 - 23) Tanner, J.M., Whitehouse, R.H. and Takaishi, M. Standards from Birth to Maturity for Height, Weight, Height velocity, and Weight Velocity : British Children, 1965 Part I. *Arch. Dis. Childh.* 41 : 454-471, 1966
 - 24) Von Döbeln, W. Maximal Oxygen Intake, Body Size and Total Haemoglobin in Normal Man. *Acta Physiol. Scand.* 38 : 193-199, 1957
 - 25) Weiner, J.S. and Lourie, J.A. *IBP Handbook No.9 'Human Biology'* Blackwell Scientific Publications. 1969
 - 26) Welch, B.E, et al. Relationship of Maximal Oxygen Consumption to Various Components of Body Composition. *J. Appl. Physiol.* 12 (3) : 395-398, 1958
 - 27) Wilmore, J.H. and Sigereth, P.O. Physical Work Capacity of Young Girls, 7-13 Years of Age. *J. Appl. Physiol.* 22 : 923-928, 1967
 - 28) 吉沢茂弘, 農村青少年の作業能に関する研究(I), *体育学研究* 15(3) : 21-32, 1971