

心臓容積からみた小学児童の 呼吸・循環機能について

高橋恒雄・野村武男*

Cardio-pulmonary Function of Elementary Schoolboys
with Special Reference to Heart Volume

Tsuneo TAKAHASHI and Takeo NOMURA

(昭和52年10月31日受理)

1 はじめに

ヒトの体力指標の重要な要素である作業能力として最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) の測定が一般的に用いられている。 $\dot{V}O_2 \max$ は呼吸・循環機能に左右されることは周知のことであり、 $\dot{V}O_2 \max$ を規定する要因は数多く存在し、種々の機能の測定が提案され実施されている。

Holmgren¹⁹⁾によれば、呼吸・循環系に関わる酸素運搬系に關する要因をディメンショナルな因子「肺活量 (VC), 全肺容量 (TLC), 全血液およびヘモグロビン (BV & THb), 心臓容積 (HV), ら」とファンクショナルな因子「最大毎分換気量 ($\dot{V}E \max$), 肺拡散能 ($D_{L_{O_2}}$), 一回拍出量 (SV), 毎分心拍出量 (\dot{Q}), 組織拡散能力 (D_T) ら」に区別し、これら要因は相互に関係深く、 $\dot{V}O_2 \max$ との間に密接な関係を有することを明らかにしている。

また、多くの研究者達によって呼吸・循環系における心臓容積が心拍出量、毎分拍出量など酸素運搬能力を規定し、心臓容積が $\dot{V}O_2 \max$ にも大きな影響をもつことが報告され、運動者ではスポーツ心臓として機能・容量ともに一般人よりも優れていることが報告^{18,7,9,6,10,25,27)}されている。

本研究では酸素摂取能に関わる呼吸・循環系の各種要因のうちから身体資源 (physical resources) と考えられるものから呼吸器系では肺容量を始めとする肺機能を、循環系からはポンプ機能としての心臓容積をとり上げ、特に心臓容積を中心として小学期における男子児童の呼吸・循環系について検討するものである。

2 被検者並びに実験方法

被検者は秋田大学教育学部附属小学校男子児童1学年 (6~7才) から6学年 (11~12才) まで108名 (各学年18名) であり、日頃とくに身体トレーニングを行っていない者であり、うち2学年 (7~8才) から6学年までの40名 (各学年8名) について $\dot{V}O_2 \max$ の測定を行った。

$\dot{V}O_2 \max$, $\dot{V}E \max$ の測定はモナーク社製自転車エルゴメータを用い負荷漸増法で行ない、0.5kpで2~3分間のウォーミング・アップを行った後2分間休息し、回転速度は60rpm/minで低学年の児童には0.5kpで2分間運動を行わせ、2分毎に0.5kpづつオール・アウトまで負荷を増した。高学年の児童には2分間の休息後1分毎に0.5kpづつ負荷を増した。

心拍数は安静時より運動終了後5分目まで連続し胸部導出によるテレメータ搬送により記録した。

運動中の呼気ガスの採取はダグラスバック法にて行ない、心拍数が180 beats/min以上を目安とし30秒間を採気し乾式ガスメータで定量した。被検ガスの分析は日立製ガスクロマトグラフィー163型で行ない、標準ガスはショランダーガス分析器にて補正した。

肺機能はチェスト有水式スパイロメータにより肺活量 (VC), 努力性呼気肺活量 (FVC), 1秒量 (FEV_{1.0}), 分時最大換気量 (MVV) を測定した。

心臓容積 (HV) の計測はX線撮影からの正常呼吸における吸気止息の状態での立位背腹像と立位側面像より行ない、撮影条件として管球-フィルム間距離183 cm, 露光時間0.02~0.06秒, 管電圧65~85kvp, フィルムはフジRX, 撮影機種は東芝KXO-1000を使用した。

* 秋田大学教育学部

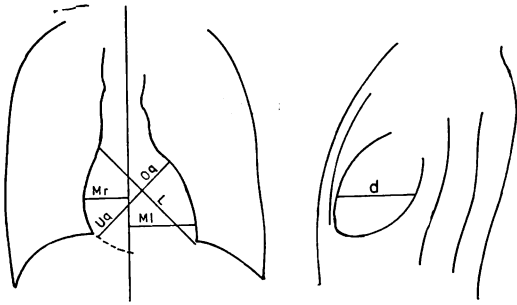


図-1 心陰影計測法

心陰影面積 (HA) はトレーシングペーパーにトレースした後、HAYASHIDENKO製Automatic Area meterで求積し、HAの計測は(図1)従来より広く用いられているMoritzの計測法に従い、すなわち、心臓横径 (T_r) は正中線から左右に測った計測値の和 ($M_r + M_l$)、縦径 (L_o) は右上下弓の交点から左心臓隔膜角までの長さ、幅径 (B_d) は縦径より下した垂線の計測値の和 ($O_q + U_q$)、最大深径 ($\max d$) は側面写真での胸骨壁内側より背方側心陰影の外側までの最大距離を計測した。

HVは側面像からの $\max d$ と HA、定数とから Rohrer-Kahlstory の計算式を用い、 $V = K \times Fa \times \max d$ ($K = 0.64, Fa = HA$) により求め後、フィルムと心臓、光源の距離より実大像を換算し求めた。

3 測定結果と考察

表1に形態の年齢による推移を示す。昭和51年度文部省統計(図2, 図3)と比較すると成長発育の傾向、増加量などは全国値と同様の傾向を示し大きな差異はなく、身長(Ht)で1学年、4学年を除いた年齢で全国値を凌駕しているが、体重(Wt)では1学年より6学年まで各々の年齢も劣位にあり、ローレル指数では全年令群で低く加齢するほど瘦体型になる傾向を示した。

心臓諸測定値(表2)を見ると T_r, B_d では、その加齢による増加は必ずしも明瞭でなく、増減のある波状型の増加傾向を示すのに対し、 L_o 並びに $\max d$ では加齢に伴う増加は緩やかながら直線的で6カ年間の増加量では L_o が18.3mmの増加に対し、 T_r では8.9mmの増加に止どまり平面的に考察した場合、横に対する縦の発育の大きさを感ぜさせた。

HA, HVについてその増加量を見ると、HAでは1学年 66.3cm^2 が6学年 92.8cm^2 と40%の増加となり中学生⁷⁾、一般成人¹⁰⁾と比較し94%、65%の成長率を示し

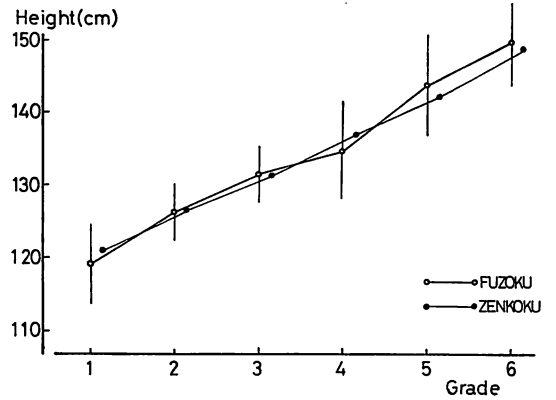


図-2 身長 of 学年別変化

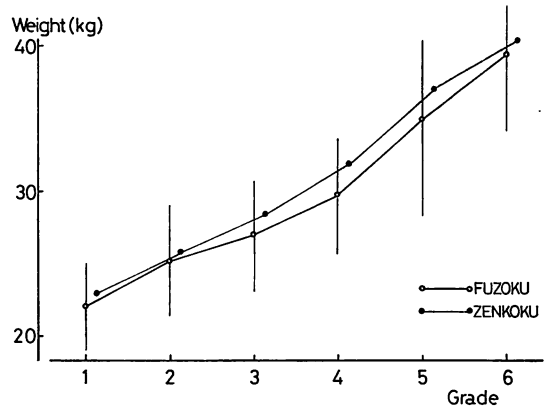


図-3 体重 of 学年別変化

ている。HVでは1学年270.9mlから6学年438.4mlと60%の増加発達を示し、一般成人648ml、中・長距離選手835ml⁹⁾との比較では200ml~400mlの差があり、成長率では一般成人の67%の発育を示した。

呼吸・循環機能(表3)についてみると、 $\dot{V}O_2$ (l/mim) では加齢に伴う発達は他測定値(28, 29, 23, 17)と比較し大体類似せる値と発達増加傾向を示した。 $\dot{V}O_2$ (ml/kg·min) では2学年から3学年にかけ約10mlの増加をみせたが、4学年以降42ml/kg·minと減少ないし平衡状態を示し、呼吸・循環系の発達を上まわる量育での発達の著しさが察しられた。

また、VC, FEV_{1.0}, MVV, $\dot{V}E$ ら肺機能の発達は6学年時において停滞的な様相を示しているが、加齢に伴う発達は顕著で形態の発達と平行した増大を呈した。

また、1学年時の測定値の記載のないのは体格・体力の未発達より測定が困難であろうと判断した結果であり、対象とした2学年児童においても身長不足、脚筋の疲労らにより自転車漕ぎが困難な児童も数名おり、一

表1 被検者の形態的特徴(平均値・標準偏差)

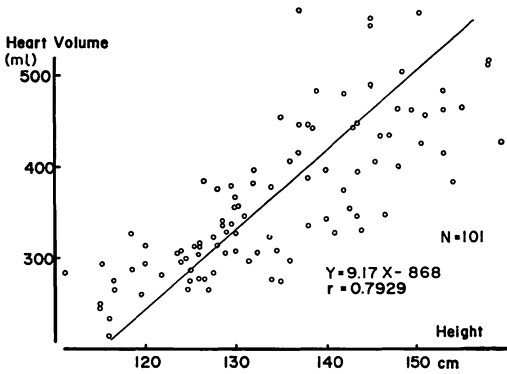
項目	学 年		1		2		3		4		5		6	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
身長 (cm)	119.2	5.4	126.3	4.0	131.4	4.0	134.5	6.6	143.8	7.1	148.6	5.8		
体重 (kg)	22.1	3.2	25.2	3.7	27.0	3.8	29.7	4.0	34.8	7.9	40.2	6.5		
胸囲 (cm)	59.0	3.2	61.4	3.8	63.8	3.5	64.5	4.1	68.6	5.6	73.4	6.7		
ロール指数	130.0	12.7	124.0	13.7	119.0	7.2	122.0	9.0	117.0	8.9	113.4	11.4		
体表面積 (m ²)	0.864	0.08	0.952	0.08	1.009	0.08	1.069	0.10	1.199	0.15	1.305	0.10		

表2 心臓諸測度の学年別変化(平均値・標準偏差)

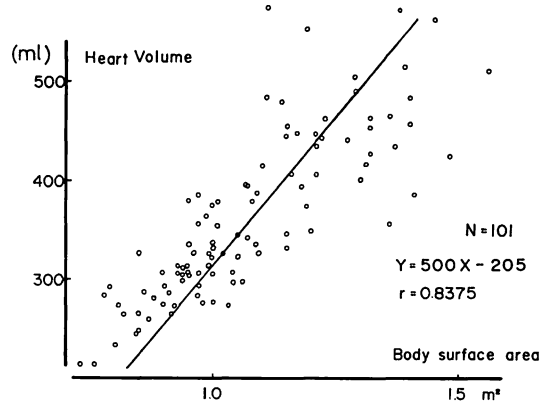
項目	学 年		1		2		3		4		5		6	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
心横径 (mm)	88.3	6.5	94.2	7.2	94.0	7.4	98.7	9.0	101.2	10.9	97.2	8.6		
右正中間隔 (mm)	35.8	5.1	35.6	4.3	35.8	4.1	37.2	7.1	37.2	5.2	37.7	5.9		
左正中間隔 (mm)	52.6	6.5	58.6	6.2	58.7	4.7	62.2	9.2	64.0	9.6	60.2	8.4		
心幅径 (mm)	80.3	6.4	85.0	5.8	85.8	7.8	91.8	7.7	92.7	8.2	92.3	6.0		
上方幅径 (mm)	39.0	3.7	41.7	5.5	40.9	3.5	47.0	4.1	48.6	5.2	40.9	5.0		
下方幅径 (mm)	41.3	5.4	43.4	3.1	45.0	5.6	44.5	5.4	44.1	5.1	51.4	6.4		
心縦径 (mm)	99.3	6.9	108.0	7.5	109.9	6.6	112.2	9.9	116.7	9.1	117.6	5.9		
心深径 (mm)	64.7	4.7	66.2	4.5	69.0	4.7	71.1	6.9	73.3	5.3	74.8	5.2		
心陰影面積 (cm ²)	66.3	7.1	75.9	9.9	79.5	11.2	84.6	12.4	89.1	13.9	92.8	10.3		
心容積 (ml)	270.9	36.9	317.1	50.1	346.6	61.2	380.4	77.8	414.0	82.6	437.7	57.2		
心臓体重比 (ml/kg)	12.4	1.5	12.6	1.1	12.9	1.7	12.8	1.9	12.1	2.0	11.0	1.1		
心臓体指数 (ml/m ²)	313.8	34.1	331.7	31.3	342.2	44.2	354.8	56.9	345.2	51.8	334.7	27.7		

表3 呼吸・循環機能の学年別変化(平均値・標準偏差)

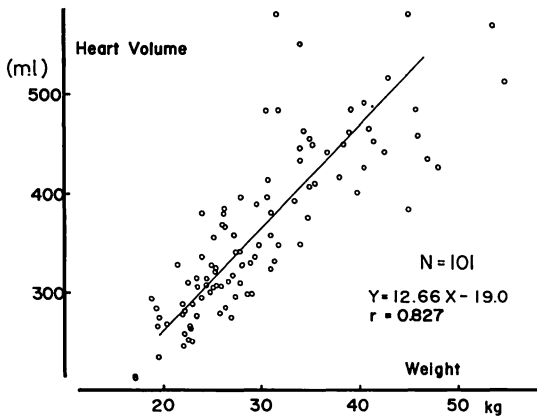
項目	学 年		1		2		3		4		5		6	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
最大酸素摂取量 (l/min)			0.80	0.22	1.12	0.16	1.34	0.20	1.48	0.10	1.66	0.17		
最大酸素摂取量 (ml/kg·min)			32.8	10.8	43.3	5.7	42.6	4.2	42.6	6.2	42.5	4.2		
最大呼吸気量 (l/min)			36.1	11.7	46.6	6.7	53.5	7.5	53.6	3.9	61.6	3.3		
肺活量 (l)			1.61	0.10	2.01	0.3	2.13	0.2	2.57	0.1	2.32	0.3		
努力性呼気肺活量 (l)			1.46	0.1	1.90	0.2	2.09	0.1	2.58	0.3	2.33	0.3		
一秒量 (l)			1.29	0.3	1.71	0.3	1.83	0.2	2.21	0.3	2.20	0.4		
分時最大換気量 (l/min)			45.4	10.5	67.3	11.4	66.8	17.7	84.7	16.1	84.6	12.7		



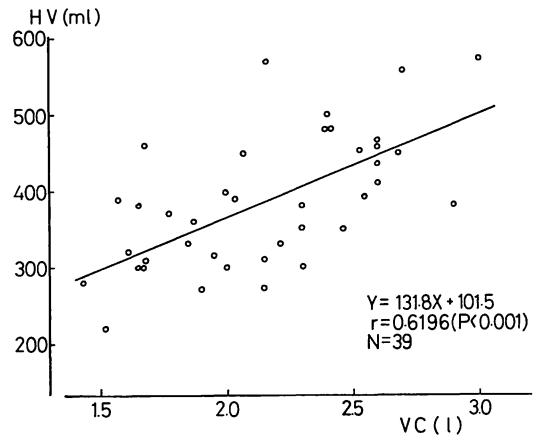
図一4 心容積と身長の関係



図一6 心容積と体表面積の関係



図一5 心容積と体重の関係



図一7 心容積と肺活量の関係

定の負荷設定が出来なかったことなどが2学年の $\dot{V}O_2$ 値が低いことの一因となっているものと考えられた。

HVとHt, Wt, 体表面積(B・S・A), (図4, 図5, 図6)の関係を見ると各れも $P<0.001$ 水準で有意な相関が認められた。これはいずれもDimensionalな因子であり, Scammonの発育パターン的一般型に属し, HVの発達はHt, Wtに併行し年齢に伴う増加は明瞭であり, HVが形態の大小に左右される様相にあった。

小川ら⁶⁾, 宮村ら¹⁵⁾, 細川ら^{4,5)}, 黒田ら⁸⁾, 山地ら⁹⁾, 大藪⁷⁾もHAと形態, HVと形態の間に高度の相関を認め, 特にWtとの相関が高いことなどを指摘している。また, HVが一般人に対し運動選手が有意に大きく, 運動選手の心臓諸計測値がより高い有酸素的作業能力を持つ選手ほど実質的に大きな数値を有すること, また, 高い有酸素的作業能力と同様に高い水準の無酸素的作業能力が要求される分野での競技選手がより大きい心

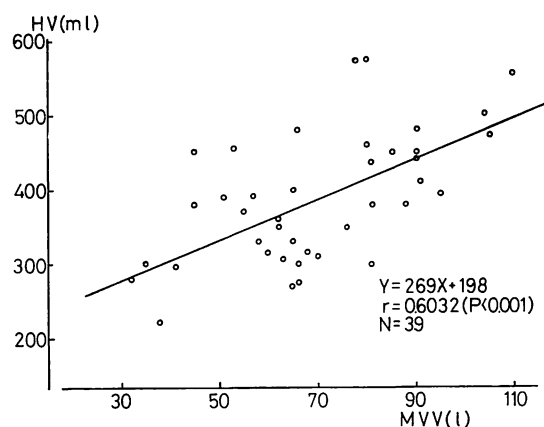
臓を有し, 心臓体指数(HV/B・S・A)での割合が高いことなどが報告されている。

山地^{3,9)}は一般成人と運動選手のHVとHt, Wt, B・S・A間に, 小川⁶⁾らは運動選手のHVとWt間に, 藤牧ら²²⁾は40才~81才中高年ランニング愛好者のHVとWtの間に有意な相関を認め, これらHt, WtとHVとの間に密接な関係あることから, 山地らは日本人と外国人の比較で両者におけるHVの差は身体の大きさに起因していることを考慮しているが, このような身体的な相異を考慮して比較するためにRoikamm¹²⁾らはHVをWtで除した心臓体重比を持ち, Nghiem¹³⁾らはHVをB・S・Aで除した心臓体指数(Cardiac Volume Index)を用いており, 本研究の小学児童での心臓体指数は1学年 $313.8\text{ml}/\text{m}^2$ から4学年で $354.8\text{ml}/\text{m}^2$ と最大を示し, 5学年 $345.2\text{ml}/\text{m}^2$, 6学年 $334.7\text{ml}/\text{m}^2$ と減少の傾向を見せ, 大藪は中学生の心臓体指数

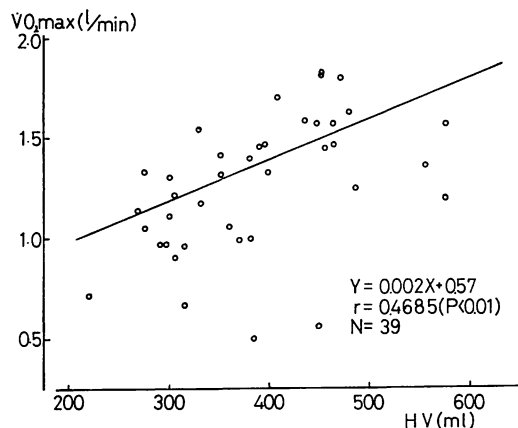
が $320\text{ml}/\text{m}^2$ と報告し、山地は一般成人 $392\text{ml}/\text{m}^2$ と報告している。これら数値より検討すると10才以前の年令でのHVの発達には形態の発達に比較し顕著であり、以後15, 16才頃までは形態の発達が著しい様子が察しられ、青少年期におけるHVとHt, Wtら形態の発育のバランスの一面を現わすものと考えられ、機能面から推察すると形態の発達に伴なぬ呼吸・循環機能ということも考えられ、近年多い中学生等の中・長距離走における心臓麻痺の事例はこれらと関連させられるものがある。

また、心臓指数の年令的推移はGuyton¹⁶⁾らの毎分拍出量を体表面積で除した心臓係数が10才以前に最高値を記録し、以後下降する様相と類似し興味深いところである。

Uytranck¹⁴⁾は青少年男子、Holmgren⁹⁾は一般成人男子のHVとHt, Wt, B・S・Aとの間に有意な相関を認め、本研究における6~12才の小学児童にあってもHVとHt, Wt, B・S・Aとの間に $P < 0.001$ で有意



図一八 心容積と最大換気量との関係



図一九 最大酸素摂取量と心容積との関係

な相関が認められ、HVが身体の大小とより深い関連があるものと考察された。

HVと呼吸器系としての肺機能(図7, 図8)との関係を見ると、静的な肺の容量、すなわち一回換気量の最大値に相当するVCとは $r = 0.6196$ ($P < 0.001$), 動的な肺の容量、すなわち肺の換気能力を現わすMVVとは $r = 0.6032$ ($P < 0.001$) といづれも高度な相関関係にあり、他機能においても

$$FVC \quad Y = 0.003X + 1.04 \quad r = 0.5361 \quad (P < 0.01)$$

$$FEV_{1.0} \quad Y = 0.002X + 1.10 \quad r = 0.4546 \quad (P < 0.02)$$

の相関関係にあり、小川ら⁶⁾, 山地⁹⁾, 大藪⁷⁾も一般人、運動選手、中学生のHVとVCに有意な相関を報告している。

呼吸機能のよしあしはその肺換気能力と肺拡散能力によって決定づけられるものであり、吸息、呼息に関与する呼吸筋群の発達と胸廓全体の大きさが重要な因子となると考察され、胸囲との関係を見るとそれぞれ

$$VC \quad Y = 0.069X - 2.35 \quad r = 0.8060 \quad (P < 0.001)$$

$$FEV_{1.0} \quad Y = 0.07X - 2.50 \quad r = 0.7532 \quad (P < 0.001)$$

$$MVV \quad Y = 2.82X - 115.5 \quad r = 0.6957 \quad (P < 0.001)$$

で有意な相関にあった。

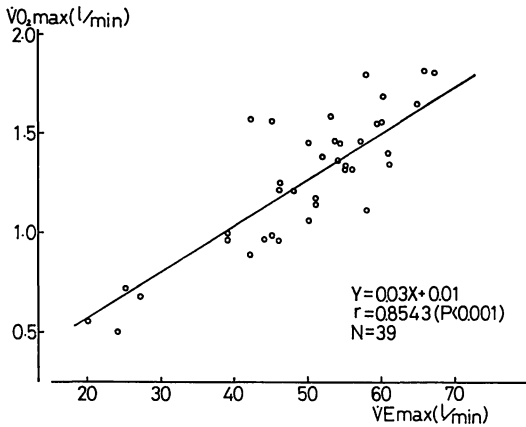
また、HVと胸囲の相関は

$$Y = 13.7X - 512.7 \quad r = 0.7562 \quad (P < 0.001)$$

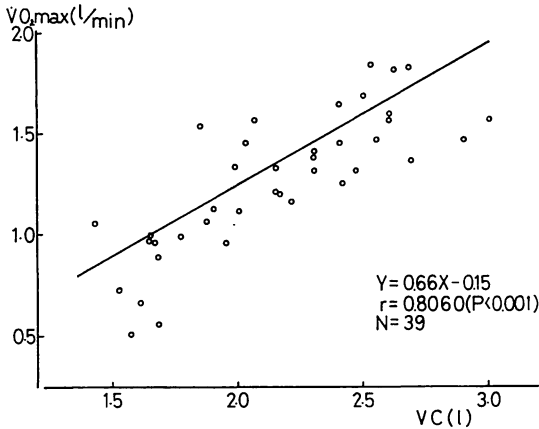
で循環系におけるHVと呼吸系における肺機能諸因子とは相互に深い関わりをもち、 $\dot{V}O_2 \text{max}$ の増大に関連し合っているものと推察された。

肺機能と $\dot{V}O_2 \text{max}$ (表3)についてみると、肺機能における換気能力は形態の発達に伴なって増加するが、換気当量($\dot{V}E_{\text{max}}/\dot{V}O_{\text{max}}$)では4学年ころより低下を示し、呼吸効率では上昇をみるのであるが呼吸筋の持続的なパワーに連合する $\dot{V}E_{\text{max}}$, MVVらの発達が停滞する様相にあり、 $\dot{V}O_2 \text{max}$ と肺機能間の相関では吉沢^{23,24)}らも有意な相関を認め、本測定においても両者間(図10, 図11)に高度な相関が認められた。

HVと $\dot{V}O_2 \text{max}$ の関係(図9)をみると $r = 0.4685$ ($P < 0.01$)で有意な相関関係にあり、浅野、朝比奈ら²⁾は男子において9~11才、 $r = 0.62$ ($P < 0.01$), 12~14才、 $r = 0.546$ ($P < 0.1$), 15~17才、 $r = 0.39$ ($P < 0.05$), 女子9~11才、 $r = 0.54$ ($P < 0.0$), 12~14才、 $r = 0.22$, 15~17才、 $r = 0.47$ ($P < 0.1$)の相関を認め、特に9~11才の年令群では他の年令群に比し高い相関にあること、この年令期の $\dot{V}O_2 \text{max}$ が呼吸機能因子よりも心機能因子の影響が大であることを指摘している。山地ら³⁾も一般人と運動選手ではHVと $\dot{V}O_2 \text{max}$ 間にそれぞれ $r = 0.443$ ($P < 0.01$), $r = 0.668$ ($P <$



図一10 最大酸素摂取量と最大呼吸気量との関係



図一11 最大酸素摂取量と肺活量との関係

0.01) で相関を認め、同一HVであれば一般人よりも運動選手がより高い $\dot{V}O_2 \max$ を得ること報告している。

本研究の小学児童にあっても6~12才と形態的にはまだ発育未熟な年代ではあるが、HVと $\dot{V}O_2 \max$ 間に他測定値に比較し幾分低いながら有意な相関が認められ、呼吸・循環が $\dot{V}O_2 \max$ （有酸素作業能）に密接な関連にあたるものが考察された。

また、山地⁹⁾は CO_2 再呼吸法による心拍出量を求め、心拍出量(SV)とHVの間に一般人、運動選手ともに $r = 0.535$ ($P < 0.01$), $r = 0.670$ ($P < 0.01$)の有意な相関を認め、著者ら¹¹⁾も小学児童を対象としたUCG(Ulttrasound Cardiography)によるSVとHVの間に $r = 0.4348$ ($P < 0.05$), 拡張末期左室容積(EDV)とHVの間に $r = 0.476$ ($P < 0.02$), SVと $\dot{V}O_2 \max$ では $r = 0.5144$ ($P < 0.01$)で相関を認め、これはHVの大小がEDVの大小に連がり、更にこれがSVの増大に関連し、最終的に $\dot{V}O_2 \max$ の増大に連が

るものと考察され、酸素運搬系として循環系に占めるHVの重要¹⁶⁾さを示すものであり、Reindellら²⁰⁾, Curetonら²¹⁾山地ら⁷⁾もHVの大きさから全身持久性の能力を評価しているが、小学児童にあってもHVの大小は呼吸・循環系に深く関与し $\dot{V}O_2 \max$ （有酸素的作業能）を決定する重要な要因となるものと考察された。

4 要 約

小学校に在学する男子児童108名を対象にX線による心臓撮影を実施し、Roher-Kahlstorf法を用い、心陰影面積と深さ及び定数の積より心臓容積を算出し、その発達を形態との関連から考察した。

また、2学年より6学年の40名を対象にモナーク社製自転車エルゴメータを用い、負荷漸増法により最大酸素摂取量、最大換気量、最大心拍数の測定とチェスト有水スパイロメータを用い肺機能の測定を行ない、小学男子児童の心臓容積を中心とした呼吸・循環系と最大酸素摂取量との関係を考察し次の結果を得た。

(1) 小学児童男子における心臓諸計測値では年齢により増減のある波状的な様相を呈する測度もあったが、心陰影面積、心臓容積、心臓体指数等では加齢に伴ない直線的な増加を示し、6学年で最高値を示し心陰影面積 92.8 cm^2 、心臓容積 438 ml 、心臓体指数 334.7 ml/m^2 となり、その成長率では心臓容積で一般成人の67%、一般中学生の92%、心陰影面積では一般成人の65%、一般中学生の94%であった。

(2) 心臓容積と形態計測値との関係をみると、身長・体重・胸囲・体表面積といずれも $P < 0.001$ で高い相関にあり、一般成人、運動選手と同様、形態との関わりが高いものと考察された。

(3) 心臓容積と肺機能の関係は肺活量、努力性呼吸肺活量、1秒量、分時最大換気量といずれも $P < 0.01$ で高い相関が認められ、最大酸素摂取量増大としての酸素運搬系に関わる肺換気能力、肺拡散能力、心臓の拍出能力が相互に密接な関連を保持しながら増加、発達するものと考察された。

(4) 最大酸素摂取量と肺機能の関係は有意に高く、最大換気量では $r = 0.8526$ ($P < 0.001$)を示し、形態の発育に伴って呼吸器系諸要因も心臓容積、一回拍出量と密接な関係を有しながら、最大酸素摂取量を決定する大きな因子となっているものと察しられた。

(5) 心臓容積と最大酸素摂取量の関係は $P < 0.01$ で有意な相関が認められ、小学児童においても最大酸素摂取量に関わる酸素運搬系としての心臓容積の増大は左室容

積の増大に連がり、更にポンプ機能として一回拍出量、心拍出量の増加として最大酸素摂取能に関係深いものと考察された。

(6) 形態に代表される身長、体重、体表面積、心臓容積などディメンションな因子の発達と最大酸素摂取量、最大換気量、肺機能などファンクショナルな因子の発達は互に相乗的であり、両因子間の関係は高く密接な繋がりを持っているものと推察された。

文 献

- 1) 宮村実晴：心臓と心拍出量，身体運動の生理学，杏林書院，1973.
- 2) 浅野勝己 朝比奈一男：都市青少年の心発育，日本体育学会第22回大会抄録，P182，1971.
- 3) 山地啓司 猪飼道夫：心臓容積からみた全身持久性，日本体育学会第23回大会抄録，P145，1972.
- 4) 細川淳一 伊村才郎：大学運動部員の心胸廓比について，体力研究，No.20，P1～4，1970.
- 5) 細川淳一 勝木新次：大学運動部々員の心胸廓比について（第2報），体力研究，No.23，P22—23，1972.
- 6) 小川義雄 遊作清有他：運動選手の心影像について，横浜市大紀要142，P17—24，1962.
- 7) 大藪由夫：中学校運動選手の心臓と体力について，秋田大学教育学部研究紀要，No.26，P219—238，1976.
- 8) 黒田善雄 加賀谷滉彦他：心電図R棘同調装置によるX線心臓影に関する研究，日体協スポーツ科学委員会研究報告集，P1—14，1969.
- 9) 山地啓司：最大作業時の日本人一般成人と中・長距離選手の呼吸・循環機能—心臓容積を中心として—，体育学研究，Vol.18—5，p.277—286，1974.
- 10) 名取礼二 横堀 栄他：最新体力測定法，同文書院，1970.
- 11) 高橋恒雄 野村武男：小学児童における有酸素的作業能についての一考察，日本体育学会第28回大会抄録，P250，1977.
- 12) Roskamm, H., H. Reindell und K. Konig.: Körperliche Aktivität und Herz- und Kreislaufkrankungen. Jahann Ambrosius Barth, München. P166, 1966.
- 13) Nghiem, Q. X., M. H. Schreiber, and L. C. Harris: Cardiac Volume in normal children and adolescent. Cir. 35:509—522, 1967.
- 14) Uytranck, P. und, Vrijens, J., : Morphologische Aspekte der Körperlichen Leistungstähigkeit bei 14—und jährigen Knaben. Int. 2. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22:84—94, 1966.
- 15) 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，P344—349，1967.
- 16) 高石昌弘 猪飼道夫：身体発達と教育，第一法規，1967.
- 17) 朝比奈一男 浅野勝己他：都市青少年の有酸素的作業能に関する研究，体育学研究，16—4，P197—213，1971.
- 18) 北村和夫：スポーツと心臓，呼吸と循環，7—10，1959.
- 19) Holmgren, A: Cardiorespiratory delerminants of Cardiovascular fitness. Canad. Med. Ass. J. 96:697—705, 1967.
- 20) Reindell, H., H. Klepzig., H. steim, K. Mnsshoff, H. Roskamm, und E. Schildge, : Herz, Kreislaufkrankheiten und sport. Barth, Munich, 1960.
- 21) Cureton, T. K., and K. Thomas, : Relationship of physical fitness to athletic performance and sports. J. Amer. Med. Assoc. 162:1139—1151. 1956.
- 22) 藤牧利昭 小川新吉他：中高年長距離走者の心容積，日本体育学会第28回大会抄録，P21—32, 1971.
- 23) 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，P21—32，1971.
- 25) 吉沢茂弘：農村青少年の作業能に関する研究Ⅱ，体育学研究，16—4，P189—197，1972.
- 25) 森 四郎：運動選手の心臓機能に関する考察，体力科学，9—2，P236—256，1960.
- 26) 北村和夫 小川 登他：スポーツ心臓，呼吸と循環，7—10，P880—892，1959.
- 27) 北村和夫：スポーツと循環系，スポーツ医学，P125—152，体育の科学社，1970.
- 28) 勝田 茂 今野道勝他：児童の身体作業能に関する研究，体育学研究，16—1，P17—23，1971.
- 29) 伊藤 朗 星 憲他：発育に伴う（6～12才） $\dot{V}O_2 \max$ と体力との関係，日本体育学会第28回大会抄録，1977.
- 30) 北川 薫 猪飼道夫：青少年に於ける最大酸素摂取量と形態との関連性，体育研究，17—3，P159—166，1972.