

健康指標としての身体組成の特色

— 肥満児童と成人肥満者の有酸素的身体作業能 —

九州大学健康科学センター 小室 史 恵

(共同研究者) 同 小宮 秀 一

福 岡 大 学 進 藤 宗 洋

緒 言

肥満の健康に及ぼす害についての一般人の認識の初めは、ニューヨーク・メトロポリタン生命による、生命保険の掛金の率を高くする必要があるという政策からであろう。事実、肥満者は正常体重者に比較して死亡率が高く、肥満の程度を増すほど著しいことが知られている。肥満は、栄養過多の一つの病理現象として増加しており、糖尿病、虚血性心疾患、高血圧症、脂肪肝などの大きな要因となっている。一方、肥満はこのような栄養的要因ばかりでなく、現代社会の労働条件の変化、あるいは生活環境の変化にも影響されている。すなわち、人々の生活は以前に比較して静的になり、運動不足の現象を示している。そのため、食生活のエネルギー出納がバランスを崩し、その余剰が脂肪として蓄積する傾向にある。従って、肥満は過体重によって身体作業能を低下させ、人体循環系生理に対して悪影響を及ぼしているものと考えられる。

本研究は、肥満の程度が同一である児童と成人に関して、有酸素的身体作業能と血液中のコレステロール値などがどのような影響をうけているかについて検討し、肥満児童と成人肥満者間の差を明らかにすることを目的としている。

方 法

被験者は、重水希釈法によって求められた体脂肪率(% fat)が30%以上の男子児童7名と男子成人8名である。

児童の形態測定と身体組成の測定は1980年7月、最大酸素摂取量とコレステロール値の測定は1981年1月である。成人の測定はすべて1980年11月である。

1) 形態測定および体型評価

形態測定はMartinの人体計測法に準じ、体型はHeath-Carter法によって評価した。

2) 身体組成の測定

重水(D₂O)をトレーサーとした希釈法によって、体内総水分量(TBW)を定量した。被験者は朝食をとらず、午前9時、排尿、排便後に、体重1kgにつき1gのD₂O(99.95%)を20%以下に水で希釈したものが経口投与された。投与後は比較的安静を維持させ、1, 2, 3時間後の3回採尿した。その間の飲食物摂取は禁止した。採尿した各時間の尿は100°Cで、約20分間熱蒸留し、冷却管を通して約10mlのサンプルを採取した。

採取したサンプルは光路長0.073mmの赤外分光光度計用固定セル(CaF₂)に注入した。サンプル中のD₂O濃度はThornton and Condon¹⁰⁾、

Trenner et al¹¹⁾, Turner et al¹²⁾, Jones and Mackenzie⁴⁾ や Stansell and Mojica⁹⁾ らが報告している方法に準じて、260-50型日立赤外分光光度計によって測定した。体内で希釈され平衡状態に達した D₂O 濃度 (% D₂O) を用いて TBW (liters) を次式によって求めた。

$$TBW(\text{liters}) = g \text{ D}_2\text{O given} / \% \text{ D}_2\text{O} \times 10$$

除脂肪量 (FFM) に対する TBW の割合は、Pace and Rathbun⁷⁾, Schloeb et al⁸⁾, Forbes¹⁾ と Sheng and Huggins³⁾ らが報告しているように、73.2% でほぼ一定である。この原理を応用して、% fat を体水分率 (% TBW) から、次式によって求めた。

$$\% \text{ fat} = 100 - \% \text{ TBW} / 0.732$$

体重に占める除脂肪量 (Fat-Free Mass: FFM) 細胞内固形物量 (Cell Solids: S) と無機物量 (Mineral Mass: M) の割合は、Hamwi and Urback²⁾ の式によって求めた。

$$\% \text{ FFM} = \% \text{ TBW} / 0.732$$

$$\% \text{ S} = \% \text{ FFM} - (\% \text{ TBW} + \% \text{ M})$$

$$\% \text{ M} = 0.07 \times \% \text{ TBW} / 0.732$$

3) 有酸素的身体作業能と血中コレステロール値の測定

有酸素的身体作業能は、自転車エルゴメータによる負荷漸増法により、exhaustion に至るまで作業を行わせて測定した。Douglass bag に採集した呼気ガス量は乾式ガスメータで計測し、呼気サンプル中の CO₂ と O₂ 濃度は Beckman MMC 型ガス分析器で分析して酸素摂取量を求めた。

児童の酸素摂取量は、自転車エルゴメータを用いた間接法によって求めた。

血中コレステロール値は酵素法により、HDLコレステロール値はヘパリンカルシウム法によって測定した。

結果と考察

被験者の身体的特性に関して、平均値と標準偏差を表1に示している。被験者は、平均年齢10.7歳の男子児童7名と、平均年齢37.1歳の男子成人8名である。身長、体重、上腕囲、下腿囲は当然の結果であるが、成人のほうが有意に大きな値を示している。皮下脂肪厚は、上腕背部において児童のほうが有意に大きな値を示しているが、他の部位には有意差が認められない。体格指数であるポンドラル指数 (Ht./ $\sqrt[3]{\text{wt.}}$) にも有意差が認められず、児童、成人ともに日本人の標準値⁵⁾ より低

表1 Physical characteristics of subjects

Dimensions	Males		
	Children Mean S.D	Adults Mean S.D	Differences t
Number	7	8	
Age (yrs.)	10.7 ± 0.75	37.1 ± 6.03	
Height (cm)	147.0 ± 9.07	168.3 ± 6.47	p<0.01
Weight (kg)	51.1 ± 11.29	82.2 ± 7.33	p<0.01
Arm girth (cm)	25.4 ± 2.30	31.1 ± 1.57	p<0.01
Calf girth (cm)	34.1 ± 3.46	39.8 ± 1.70	p<0.01
Skinfolds (mm)			
Triceps	21.4 ± 3.79	14.8 ± 4.80	p<0.05
Subscapular	23.3 ± 6.01	29.8 ± 5.69	
Suprailiac	27.9 ± 4.88	30.4 ± 9.50	
Abdomen	28.2 ± 4.96	33.6 ± 7.49	
Ht./ $\sqrt[3]{\text{Wt.}}$	39.8 ± 1.37	38.7 ± 0.87	

い値を示している。

従って、被験者群の体位に関しては、児童と成人の形態測定値間の差は明らかであるが、身長と体重の比で示される体格指数は、両群ともほぼ同じである。一方、皮脂厚においても大きな差は認められず、両群ともかなり肥満した、同様の体型を示していることがわかる。

表2は、Heath-Carter法によって体型を評価した、内胚葉性得点(I)、中胚葉性得点(II)と外胚葉性得点(III)の平均値と標準偏差を示している。各得点とも、児童と成人間に有意差は認められない。両群とも、内胚葉性の得点が高く、図1にプロットした体型と評価され、Mesomorphic endomorphの体型を示している。

従って、表1、表2および図1から、本研究の被験者群は、年齢差による形態に差はあっても、身長と体重比がほとんど同じで、非常に類似した肥満体型にあることがわかる。

表3は、重水希釈法によって定量された体内総水分量(Total body water:TBW)と、このTBWから推定した各身体構成成分の平均値を示している。

体内総水分量、体脂肪量および除脂肪量には有意差が認められ、これらの絶対量は、いずれも成人群の平均値が大きい。しかし、体重1kg当りに換算した値には全く差が認められない。

従って、本研究の被験者である児童と成人は、体脂肪率が35.4%と35.3%と非常に高い肥満者

表2 Somatotype means and standard deviations between selected children and adults samples

Anthropometric Somatotype	Children		Adults	
	Mean	S.D	Mean	S.D
First Component (I)	6.7 ± 0.88		6.8 ± 1.20	
Second Component (II)	5.7 ± 0.45		5.8 ± 0.76	
Third Component (III)	0.8 ± 0.70		0.3 ± 0.39	

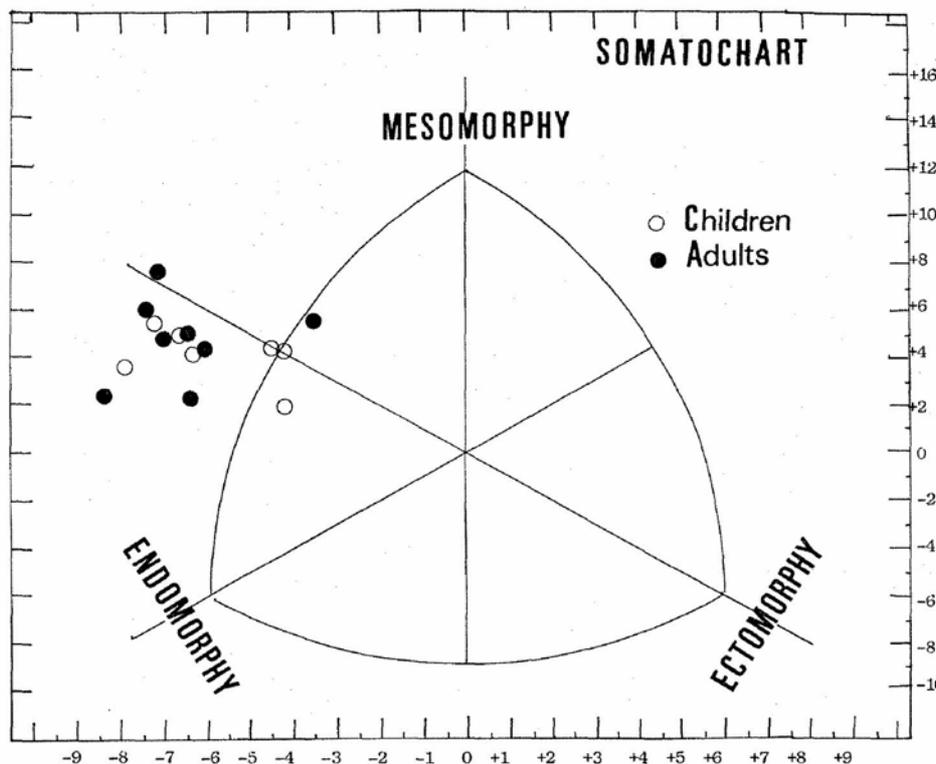


図1 Somatoplots of subjects

表3 Body composition of subjects

Compartments	Children		Adults		Differences t
	Mean	S.D	Mean	S.D	
Total body water (l)	25.5 ± 7.64		38.8 ± 4.18		p<0.01
	47.2 ± 2.46		47.2 ± 1.75		
Body fat (kg)	18.2 ± 4.58		29.0 ± 2.55		p<0.01
	35.4 ± 3.37		35.3 ± 2.35		
Fat-free mass (kg)	32.9 ± 7.10		53.1 ± 5.73		p<0.01
	64.5 ± 3.37		64.5 ± 2.35		
Mineral mass (%)	4.51 ± 0.236		4.51 ± 0.166		
Cell solids (%)	12.77 ± 0.665		12.77 ± 0.470		

で、身体組成に関しては全く同じであると考えられる。

摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) と血中コレステロールの平均値と標準偏差を示している。

表4は、肥満児童群と成人肥満者群の最大酸素

表4 Comparison of maximal oxygen uptake and cholesterol in blood for obese boys and obese men

Variables	Children		Adults		Differences t
	Mean	S.D	Mean	S.D	
$\dot{V}O_2 \text{ max}$ (l/min)	1.88 ± 0.292		2.50 ± 0.270		p<0.01
$\dot{V}O_2 \text{ max}$ (ml/kg/min)	37.5 ± 5.76		30.5 ± 2.58		p<0.01
$\dot{V}O_2 \text{ max/FFM}$ (ml/kg/min)	58.2 ± 8.10		47.4 ± 4.37		p<0.01
Total cholesterol (mg/dl)	164.5 ± 25.45		179.0 ± 26.65		
HDL cholesterol (mg/dl)	57.5 ± 14.08		45.2 ± 4.02		p<0.05
HDL chol./Total chol.	34.9 ± 6.40		25.7 ± 4.29		p<0.01

1分間の $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 絶対値は、肥満児童群で1.88l、成人肥満者群で2.50lであり、有意に成人肥満者群が大きく、いずれも日本人標準値⁵⁾よりやや高い値を示している。

$\dot{V}O_2 \text{ max}$ の絶対値と体重との相関は非常に高い¹³⁾という報告があり、本研究の肥満児童群では $r=0.721$ 、成人肥満者群で $r=0.638$ である。直接法と間接法による差を考慮に入れなければならないが、体重当り $\dot{V}O_2 \text{ max}$ では、肥満児童群が37.5lで成人肥満者群の30.5lより有意に高い値を示している。

両群の体重当り $\dot{V}O_2 \text{ max}$ は、いずれも日本人標準値⁵⁾を大きく下回っており、肥満が有酸素的身体作業能を低下させる重大な要因となっている

ことが明らかである。また、この要因は、肥満の程度が同じであれば、児童よりも成人に大きな影響を及ぼしていることも明らかである。前述したように、体重に占める除脂肪量の割合は、両群ともほとんど同じであり、除脂肪量当りの $\dot{V}O_2 \text{ max}$ も、体重当り $\dot{V}O_2 \text{ max}$ と同じ傾向を示している。

血中総コレステロール値は両群とも正常範囲⁶⁾に含まれる値を示しており、両群間に有意差は認められない。

HDL コレステロール値も正常範囲⁶⁾に含まれる値を示しているが、肥満児童群の値は成人肥満者群より有意に高い値を示している。成人肥満者群の値は正常値⁶⁾よりやや低い値を示している

が、肥満児童群の値はむしろ正常値⁶⁾をやや上回っており、肥満者の HDL コレステロール値がとくに低いという明らかな結果は認められなかった。

しかし、総コレステロール中に含まれる HDL コレステロールの割合は、肥満児童群に有意に高く、成人肥満者群の値は非常に低い。このことから、高度の肥満にみられる高脂血症が血液凝固能を高め、硬塞の原因を促進させる観点からすると、肥満の人体循環系生理への悪影響は、肥満児童より成人肥満者に大きいことが明らかである。

表 5 は、 $\dot{V}O_2$ max, HDL コレステロールと身体諸計測値との相関をみたものである。被験者数が少ないため、有意な相関に至っているものは少なく、肥満児童群の $\dot{V}O_2$ max と上腕背部の皮脂厚、成人肥満者群の HDL コレステロールと身長、体内総水分量に有意な逆相関がみられるだけである。このような単相関では、有酸素的身体作

業能を低下させる要因を正確に把握することはできない。

そこで、身長と体重比、上腕囲、上腕背部の皮脂厚、体脂肪率と HDL コレステロール値の 5 変数を独立変量とし、4 変数をコントロールしながら $\dot{V}O_2$ max との偏相関係数を求めた。

表 6 から有意な偏相関係数をみることはできないが、肥満児童群では、比較的体脂肪率の影響が大きく、他の 4 変数をコントロールした場合、体脂肪率が高いと $\dot{V}O_2$ max を低下させる傾向が認められる。成人肥満者群では、体脂肪率よりむしろ身長と体重比が小さい、すなわち、身長に対して比較的体重が大きいと、 $\dot{V}O_2$ max が低下するという傾向を示している。一方、成人肥満者では、HDL コレステロール値が高いと $\dot{V}O_2$ max も高いという傾向も示している。いずれも被験者数が少なく、有意な相関に至るものがないので断定的なことはいえない。しかし、有酸素的身体作

表 5 Correlation coefficients between $\dot{V}O_2$ max, HDL cholesterol and various body dimensions

	$\dot{V}O_2$ max (l/kg/min)		HDL cholesterol (mg/dl)	
	Children	Adults	Children	Adults
Height	-0.408	0.187	0.322	-0.871**
Weight	-0.663	-0.239	0.219	-0.701
Ht./ $\sqrt[3]{Wt}$	0.709	0.634	0.157	-0.537
Arm girth	-0.726	-0.146	0.059	-0.406
Calf girth	-0.678	-0.185	0.115	-0.450
Skinfolds				
Triceps	-0.844*	-0.144	-0.140	0.363
Subscapular	-0.667	0.124	0.103	0.406
Suprailiac	-0.235	0.168	-0.635	0.368
Abdomen	-0.633	0.150	-0.278	0.660
Total body water	-0.558	-0.226	0.135	-0.785*
Body Fat (%)	-0.502	0.041	0.428	0.579
$\dot{V}O_2$ max/Wt.			-0.317	0.128
Total cholesterol	0.025	-0.210		
HDL chol./Total chol.	-0.462	0.262		

** p < 0.01, * p < 0.05

表6 Comparison of partial correlation coefficients for $\dot{V}O_2$ max with 5 variables

Variables	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	
	Children	Adults
Ht./ $\sqrt{Wt.}$	-0.273	0.914
Arm girth	0.099	0.682
Skinfold		
Triceps	-0.169	0.204
Body fat	-0.461	-0.053
HDL chol.	-0.455	0.848

業能を低下させる要因となっているものは、同一の身体組成をもつ肥満の児童と成人では異なっている傾向が認められる。

今回は、被験者数の関係で明らかな結果を示すことはできなかったが、今後は多くの例数から、児童期における肥満と成人期の肥満との関係を明らかにし、発育段階に応じた健康指標としての身体組成の特色を検討してみたい。

文 献

- 1) Forbes, G.B. ; Methods for determining composition of the human body with a note on the effect of diet on body composition, *Pediatrics.*, **29**, 477—494 (1962)
- 2) Hamwi, G.J., S. Urbach ; Body compartments. Their measurement and application to clinical medicine, *Metab.*, **2**, 391—403 (1953)
- 3) Hwai-Ping Sheng, R.A. Huggins ; A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat, *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 630—647 (1979)
- 4) Jones, R.N., M.A. Mackenzie ; Determination

of deuterium in organic compounds by infrared spectrophotometry, *Talanta.*, **3**, 356—363 (1960)

- 5) 飯塚鉄雄他；日本人の体力標準値, pp. 27—69, 不昧堂, 東京 (1975)
- 6) 日本生化学会編, 生化学データブック, pp. 834, 東京化学同人, 東京
- 7) Pace, N., E.N. Rathbun ; Studies on body composition, III The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content, *J. Biol. Chem.*, **158**, 685—691 (1945)
- 8) Schloerb, P.R., B.J. Friis-Hansen, I.S. Edelman, A.K. Solomon, F.D. Moore ; The measurement of total body water in the human subject by deuterium oxide dilution, *J. Clin. Invest.*, **29**, 1296—1310 (1950)
- 9) Stansell, M.J., L. Mojica ; Determination of body water content using trace levels of deuterium oxide and infrared spectrophotometry, *Clin. Chem.*, **14**, 1112—1124 (1968)
- 10) Thornton, V., F.E. Condon ; Infrared spectrometric determination of deuterium oxide in water, *Anal. Chem.*, **22**, 690—691 (1950)
- 11) Trenner, N.R., B. Arison, R.W. Walker ; A general infrared spectrophotometric technique for the determination of deuterium in organic compounds, *Appl. Spectroscopy.*, **7**, 166—171 (1953)
- 12) Turner, M.D., W.A. Neely, J.D. Hardy ; Rapid determination of deuterium oxide in biological fluids, *J. Appl. Physiol.*, **15**, 309—310 (1960)
- 13) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子；3～6才児の最大酸素摂取量, *体育学研究*, **25**, 59—68 (1980)