

肥満学生の保健管理に関する研究 (第8報)

— 肥満者における運動前後の代謝変動 —

Studies on Health Administration for Obese Students (VIII). —Effects of Mild Physical Exercise for Obese Students during Glucose Tolerance Tests.—

早水 サヨ子*¹ 佐藤 祐造*² 山本 親*³
大桑 哲男*⁴ 戸田 安土*² 伊藤 章*³

Sayoko HAYAMIZU*¹, Yuzo SATO*², Chikashi YAMAMOTO*³,
Tetsuo OHKUWA*⁴, Yasushi TODA*², and Akira ITO*²

To establish the biochemical criteria for exercise treatment for obesity, exercise glucose tolerance tests (Exercise GTT) were administered to 7 obese and 6 healthy control students. Exercise glucose tolerance tests were carried out by using treadmill walking with a speed of 70 m/min for 30 minutes during 60 to 90 minutes following ingestion of 100 g of glucose, and the data were compared with those of glucose tolerance tests (GTT).

In the normal subjects, glucose and insulin levels decreased immediately after treadmill walking, but the other metabolites remained unchanged. In the obese students, glycerol concentrations increased with the decrease in glucose and insulin levels after treadmill walking.

From these results it may be suggested that mild physical exercise can provoke lypolysis in adipose tissue and can become an effective treatment for obese patients.

はじめに

肥満は周知の如く糖尿病, 高血圧症, 心臓病, 痛風など成人病の発病, 進展因子¹⁻⁷⁾であり, また肥満者の死亡率は非肥満者に比べて有意に高⁸⁻¹⁰⁾く, 肥満は慢性疾患の準備状態にあるといいうる。したがってこれらの疾病に対する予防, 治療の立場から, 肥満解消の重要性が強調されているのである。

肥満の治療方法としては食事療法と運動療法があり, 周知のごとく食事療法¹¹⁻¹⁴⁾は摂取カロリーを制限することにより, また運動療法^{15, 16)}は消費カロリーの増大をはかることにより, とともに体重減少効果をあげようとするものである。

さて, 肥満の運動療法に関する基礎的, 臨床的な検討成績はこれまでも決して少なくはないが, 運動中の代謝変動について血液生化学的な立場から検討を加えた報告はほとんどみられない。そこで我々は, 運動療法を実施する際必要な運動処方¹⁷⁾の基礎資料を得る目的で, 軽運動前後の血中メタボライトおよびホルモンの変動を, 特に糖, 脂質代謝面を中心として検討を加えた。

対象および方法

対象は Broca の変法により算出した肥満度30%以上の肥満学生 (肥満群) 7名 (肥満度 144.8±8%), および正常体重学生 (正常群) 6名 (肥満

*1 愛知県立大学 *2 名古屋大学総合保健体育科学センター *3 名古屋学院大学 *4 名古屋工業大学
*1 Aichi Prefectural University *2 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University *3 Nagoya Gakuin University *4 Nagoya Institute of Technology

度 105.4 ± 8%) である。被検者は早朝空腹時30分間座位安静後, 100 gブドウ糖負荷試験(以下GTTと略)を行い, 糖負荷前, 負荷後30分, 60分, 90分, 120分, 180分に肘静脈より採血, 諸メタボライトおよびホルモンの測定を行った。さらに2~4週間後, 100 gブドウ糖摂取60~90分後の30分間に速度 70 m/min の Treadmill 歩行を行わせ(以下 Exercise GTT と略), GTTと同様の時間に採血し, 同様のメタボライト, ホルモンの測定を行い

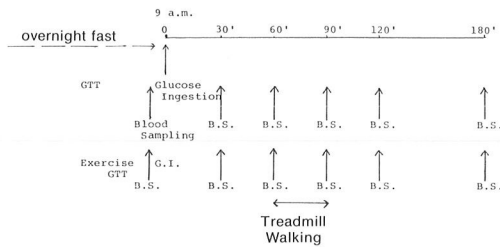


Figure 1. Schedule of the study

GTTの際の結果と比較検討した(図1)。

なお, 血糖は auto-analyzer 法¹⁷⁾, 乳酸¹⁸⁾, ビルビン酸¹⁹⁾は酵素法, インスリン, グルカゴン, 成長ホルモンは免疫学的方法²⁰⁾, 遊離脂肪酸²¹⁾, グリセロール²²⁾, トリグリセライド²³⁾, ケトン体²⁴⁾は酵素法にて測定した。

さらに肥満群と正常群より各2名計4名を抽出し, 漸増負荷法によりダグラスバッグ法を用いて最大酸素摂取量と30分間の Treadmill 歩行中の呼気ガスを採集し, モルガン社製O₂アナライザーとコダルト社製CO₂アナライザーを用いて呼気ガスの分析を行った。また, 同時に胸部誘導により心拍数も測定した。

結 果

正常群と肥満群の身長, 体重は表1の通りである。肥満群の体重は当然ながら正常群に比べて有意に高い値を示した(P < 0.005)。

GTT, Exercise GTT における血中メタボライト

Table 1. Characteristics of Subjects.

Subject	Height (cm)	Weight (kg)	Obese Index (%)	VO ₂ max (L/min.)	Treadmill Walking	
					%VO ₂ max	H.R. (beats/min.)
Obese						
A	167.0	90.0	149.2	3.64	31.6	125
B	183.0	110.0	147.2	4.03	37.7	115
C	176.2	110.0	160.4	—	—	—
D	172.2	97.5	149.3	—	—	—
E	168.2	83.0	135.2	—	—	—
F	169.4	85.0	136.1	—	—	—
G	171.7	89.1	136.0	—	—	—
Normal						
H	173.0	62.0	90.3	2.97	23.5	109
I	165.0	68.0	116.2	2.81	27.4	113
J	174.0	73.0	109.6	—	—	—
K	162.0	63.0	112.9	—	—	—
L	170.0	65.0	102.4	—	—	—
M	165.0	59.0	100.8	—	—	—

Table 2. Venous Concentration of Substrates and Hormones in Obese and Control Subjects during GTT.

	Glucose ingestion, min.					
	Basal	30	60	90	120	180
Obese						
Blood glucose, mg/dl	93.8 ± 6.8	140.5 ± 7.9	114.8 ± 10.1	105.5 ± 10.8	104.0 ± 14.2	93.5 ± 12.5
Pyruvate, mM/l	0.12 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.18 ± 0.03	0.14 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.03
Lactate, mM/l	1.18 ± 0.24	1.40 ± 0.16	1.53 ± 0.26	1.33 ± 0.21	1.42 ± 0.16	1.23 ± 0.05
Free fatty acid, mEq/l	0.49 ± 0.04	0.37 ± 0.04	0.27 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.19 ± 0.01	0.19 ± 0.02
Glycerol, mM/l	0.21 ± 0.06	0.15 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.10 ± 0.02
Triglyceride, mg/dl	131.0 ± 11.7	124.0 ± 9.5	126.4 ± 11.0	119.2 ± 10.2	112.0 ± 9.2	107.6 ± 10.3
Total ketone body, mM/l	0.055 ± 0.015	0.044 ± 0.013	0.031 ± 0.009	0.049 ± 0.013	0.033 ± 0.009	0.047 ± 0.022
Immunoreactive insulin, μU/ml	17.2 ± 3.2	121.5 ± 20.8	98.9 ± 19.9	106.8 ± 15.4	83.4 ± 11.4	73.6 ± 18.6
Growth hormone, ng/ml	9.9 ± 2.9	6.0 ± 2.0	4.6 ± 2.1	2.2 ± 0.4	1.9 ± 0.3	4.3 ± 1.6
Glucagon, pg/ml	160.0 ± 21.8	130.2 ± 18.9	117.5 ± 20.2	115.0 ± 20.3	128.7 ± 13.0	138.7 ± 19.7
Control						
Blood glucose, mg/dl	95.8 ± 4.8	154.8 ± 6.1	125.3 ± 9.9	105.5 ± 7.3	93.1 ± 4.9	87.6 ± 2.8
Pyruvate, mM/l	0.12 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01
Lactate, mM/l	1.01 ± 0.11	1.23 ± 0.10	1.59 ± 0.03	1.40 ± 0.07	1.40 ± 0.06	1.18 ± 0.07
Free fatty acid, mEq/l	0.52 ± 0.06	0.30 ± 0.02	0.22 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.19 ± 0.01
Glycerol, mM/l	0.18 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.02
Triglyceride, mg/dl	76.0 ± 10.2	76.0 ± 12.5	72.2 ± 11.1	67.0 ± 9.7	61.0 ± 9.1	55.6 ± 8.2
Total ketone body, mM/l	0.123 ± 0.026	0.092 ± 0.011	0.054 ± 0.009	0.057 ± 0.008	0.067 ± 0.007	0.080 ± 0.018
Immunoreactive insulin, μU/ml	4.4 ± 1.4	54.6 ± 9.6	67.0 ± 10.0	54.1 ± 9.4	42.6 ± 6.4	23.4 ± 6.7
Growth hormone, ng/ml	1.6 ± 0.2	3.9 ± 1.6	1.7 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.0 ± 0.2	1.5 ± 0.3
Glucagon, pg/ml	180.3 ± 43.6	156.3 ± 22.7	146.0 ± 22.5	142.0 ± 16.2	157.6 ± 21.4	152.6 ± 19.5

Data are presented as the mean ± SE.

およびホルモンの成績を表 2, 3 に示した。

1) 糖質代謝：図 2 は正常群と肥満群の GTT, Exercise GTT における血糖の成績である。正常群における GTT の血糖値は糖負荷前が 95.8 mg/dl, 最大値が糖負荷後 30 分にみられ 154.8 mg/dl となり, その後は時間の経過と共に漸次減少した。Exercise GTT では運動直後に一過性の減少がみられ, その他は GTT とほぼ同様の血糖曲線を描いた。肥満群の GTT では糖負荷前値が 93.8 mg/dl, 最大値は糖負荷後 30 分に 140.5 mg/dl となり正常群と同様の変動を示した。Exercise GTT は運動直後に正常群と同様減少したが, 正常群より顕著となり, 運動終了 30 分後つまり糖負荷 120 分

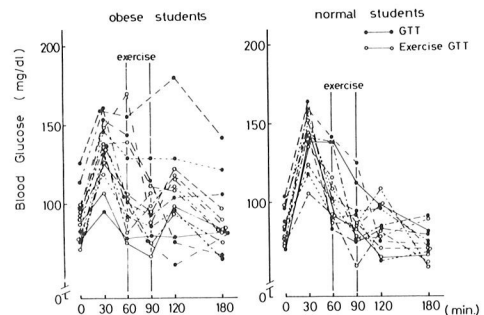


Figure 2. Changes in Blood Glucose during GTT and Exercise GTT

Table 3. Venous Concentration of Substrates and Hormones in Obese and Control Subjects during Exercise GTT.

	Glucose ingestion, min.					
	Basal	30	60	90	120	180
Obese						
Blood glucose, mg/dl	87.7 ± 3.5	130.0 ± 4.7	109.2 ± 11.9	91.2 ± 5.8	110.0 ± 3.5	85.0 ± 2.4
Pyruvate, mM/l	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.01
Lactate, mM/l	1.27 ± 0.11	1.27 ± 0.11	1.52 ± 0.11	1.20 ± 0.00	1.31 ± 0.09	1.10 ± 0.02
Free fatty acid, mEq/l	0.51 ± 0.05	0.38 ± 0.03	0.29 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.24 ± 0.01	0.21 ± 0.02
Glycerol, mM/l	0.19 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.02
Triglyceride, mg/dl	121.8 ± 14.5	118.3 ± 14.1	115.8 ± 12.1	110.5 ± 11.4	94.0 ± 6.8	106.1 ± 10.8
Total ketone body, mM/l	0.054 ± 0.006	0.054 ± 0.004	0.069 ± 0.027	0.069 ± 0.030	0.058 ± 0.009	0.074 ± 0.013
Immunoreactive insulin, μ U/ml	17.6 ± 3.8	115.4 ± 21.1	107.5 ± 21.7	51.9 ± 14.7	107.6 ± 21.3	50.9 ± 15.6
Growth hormone, ng/ml	5.9 ± 1.7	2.5 ± 0.6	1.8 ± 0.3	3.1 ± 1.1	5.3 ± 2.0	2.9 ± 0.4
Glucagon, pg/ml	138.0 ± 25.5	120.5 ± 21.3	106.7 ± 19.5	115.0 ± 20.7	116.5 ± 24.7	131.2 ± 21.1
Control						
Blood glucose, mg/dl	90.5 ± 3.5	143.8 ± 6.3	108.9 ± 10.3	87.3 ± 8.9	93.2 ± 6.3	79.1 ± 9.5
Pyruvate, mM/l	0.11 ± 0.003	0.13 ± 0.002	0.13 ± 0.012	0.11 ± 0.013	0.12 ± 0.004	0.11 ± 0.003
Lactate, mM/l	0.78 ± 0.08	1.03 ± 0.11	1.01 ± 0.14	0.94 ± 0.05	1.06 ± 0.09	1.01 ± 0.11
Free fatty acid, mEq/l	0.45 ± 0.06	0.29 ± 0.03	0.23 ± 0.02	0.21 ± 0.03	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02
Glycerol, mM/l	0.14 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01
Triglyceride, mg/dl	70.0 ± 13.0	70.0 ± 12.9	68.4 ± 12.6	59.6 ± 11.3	54.0 ± 9.2	52.6 ± 9.2
Total ketone body, mM/l	0.121 ± 0.016	0.080 ± 0.019	0.048 ± 0.014	0.066 ± 0.013	0.095 ± 0.033	0.058 ± 0.018
Immunoreactive insulin, μ U/ml	5.4 ± 1.8	63.3 ± 5.0	48.9 ± 13.9	20.8 ± 4.7	44.3 ± 10.0	18.7 ± 6.3
Growth hormone, ng/ml	4.1 ± 1.3	2.2 ± 0.6	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.3	1.3 ± 0.2
Glucagon, pg/ml	105.3 ± 19.5	105.0 ± 20.3	117.6 ± 18.2	103.3 ± 13.6	101.3 ± 12.8	83.0 ± 17.1

Data are presented as the mean \pm SE.

後で GTT の場合よりも高い値となる rebound 現象が認められた。正常群のピルビン酸と乳酸は GTT において糖負荷後60分で最大値となり、その後次第に減少している。Exercise GTT においては運動直後に両者ともにわずかながら減少した。肥満群ではピルビン酸の最大値が30分後に、乳酸のそれは60分後にみられるが運動による影響は認められない。

2) 脂質代謝：血中の遊離脂肪酸，グリセロールの成績を図3，4に示した。正常群の GTT における血中の遊離脂肪酸濃度は糖負荷前に最大値 0.51 mEq/l となり，糖負荷後はゆるやかな下降を続けた。Exercise GTT においても GTT の場合

とほぼ一致した変動をみせた。肥満群の GTT，

Exercise GTT においても遊離脂肪酸は運動直後にわずかな上昇がみられ，正常群の場合と同一傾向の減少をした。図4はグリセロールの変動を示している。正常群の GTT では糖投与前に最大値の 0.17 mM/l を示し，その後はわずかながら減少傾向にある。Exercise GTT も GTT とほぼ平行に下降を続け，運動による影響は認められなかった。肥満群におけるグリセロールは正常群の場合と同様，糖負荷前に最大値 0.21 mM/l となり，糖摂取後は時間と共に下降した。しかしながら Exercise GTT においては運動直後に一過性の上昇傾向が認められ，運動により脂肪分解が促進され

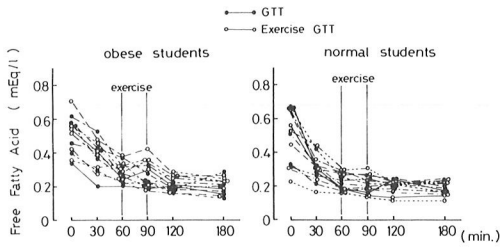


Figure 3. Changes in Free Fatty Acid during GTT and Exercise GTT

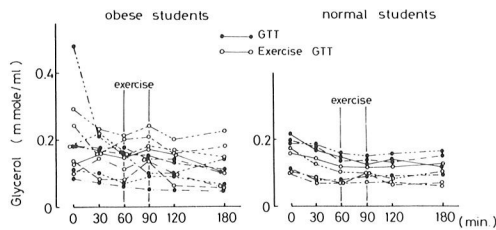


Figure 4. Changes in Glycerol during GTT and Exercise GTT

ていることが推測された。トリグリセライドは正常群、肥満群ともに GTT、Exercise GTT の両方において糖負荷前の空腹時に最大値をみせ、糖摂取後は徐々に減少した。しかしながら、GTT、Exercise GTTともに肥満群が正常群の値よりも高いレベルを保っている。ケトン体は正常群の GTT、Exercise GTTともに糖摂取前に最大値を示した。しかしながら絶対値が低く糖負荷後は多少の増減がみられるものの大きな変動はなく、運動による影響も明確でない。肥満群においてもケトン体は増減の振幅がやや小となるものの運動による影響は認められなかった。

3) 内分泌動態：図5は血中インスリンレベルの変動を示したものである。正常群の GTT においては糖負荷前で $4.4\mu\text{U/ml}$ 、糖負荷60分後で最大値を示し $67.0\mu\text{U/ml}$ となり、以後漸次減少した。Exercise GTT では30分後の $63.3\mu\text{U/ml}$ から運動終了直後90分で $20.8\mu\text{U/ml}$ へと一過性の減少をした。肥満群の GTT においてインスリンは糖負荷30分後に最大値が $121.5\mu\text{U/ml}$ と正常群の約2倍

の値を示し、2時間後も $83.4\mu\text{U/ml}$ と減少の遅延も認められた。Exercise GTTにおいては正常群の場合よりも運動直後の一過性の減少が大きく、120分後には正常群より顕著な rebound 現象が認められた。成長ホルモンは正常群の場合 GTT、Exercise GTTともに糖負荷による変動はわずかで運動による影響は認められなかった。肥満群のそれは糖負荷前値が高く、糖負荷後は急速に低下し、以後はほぼ定常状態にある。Exercise GTTでは運動後30分にわたって上昇がみられ、以後次第に減少した。グルカゴンにおいては正常群、肥満群ともに運動による直接の影響は認められなかった。

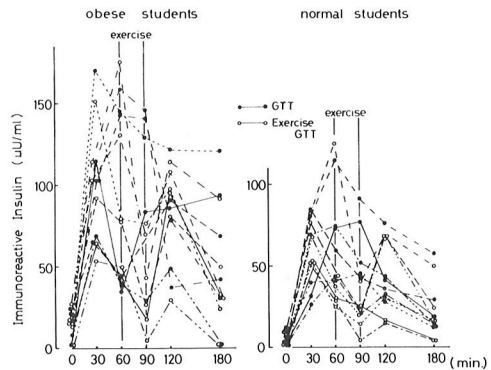


Figure 5. Changes in Immunoreactive Insulin during GTT and Exercise GTT

考 案

肥満の治療には摂取エネルギーの減少とエネルギー消費の促進を行うことが重要^{25, 26)}である。前者すなわち食事療法において、極端な食事制限を行えば体重減少効果は大きい、エネルギーが基礎代謝以下となり、尿ケトン体が出現したり、貧血や体力低下を招く¹¹⁻¹⁴⁾こともあり好ましくない。そこで後者、すなわち運動療法の併用を行えば筋肉、骨などのいわゆる lean body mass の喪失が少なく体脂肪だけが選択的に減少²⁷⁾し、しかも肥満の成因としての精神的要因をも他に転化させることが可能となるなどの利点²⁸⁾がある。

さて、食事療法に関しては日本糖尿病学会編集

の「糖尿病治療のための食品交換表²⁹⁾」など確立された治療指針が存在するが、運動療法に関しては2, 3の試案が提唱されているもののいまだ定説となるには至っていない。これまでに筋力³⁰⁾、筋持久力³¹⁾あるいは全身持久力^{32, 33)}を増すために各々具体的な運動処方が報告されているが、肥満の運動処方においても同様に運動強度、運動時間等具体的な処方が明示されるべきであろう。また、肥満者は貯蔵脂肪の増加により単に体重が増加したというだけでなく、何らかの合併症あるいはそれに近い疾病の準備状態を有していることが多い¹⁻¹⁰⁾。我々の調査成績³⁴⁾でも肥満者は80%以上もの高率で耐糖能の低下ないし高インスリン分泌反応がみられた。また、肥満者は運動能力テストではその低下が著しくないのに、体力テストでは一般人よりも劣り、さらに日常生活においても運動量が少なく不活発な状態にある³⁵⁻³⁸⁾。したがって、伊藤等³⁹⁾が実施しているような最大酸素摂取量に基準を求めることは最大作業負荷運動実施の点で肥満者の場合危険性が高く、運動処方としては日常生活の中で容易に実施できる強度が望ましい。そこで我々は肥満の治療、指導を行う際、毎日手軽に実施できるという利点を考え、散歩程度の速度の70 m/minで30分間の歩行運動を組みこんだExercise GTTを実施し、その代謝変動をGTTと比較検討した。

まず正常者のGTTとExercise GTTにおける代謝変動について検討を加えたが、血糖、ピルビン酸、乳酸と末梢組織における糖取り込みに関与するインスリンの血中濃度が運動直後低下した。しかしながら、糖質とともに長時間運動のエネルギー源として重要な脂質には運動による影響はみられず、GTTとExercise GTTの変動はほぼ同一傾向を示した。また、グルカゴンや成長ホルモンも運動による有意の変動は認められなかった。Wahren⁴⁰⁾等は運動におけるエネルギー源の依存はまず運動開始時には筋肉中のグリコーゲンが利用され、運動が引き続き行われる場合には血液中のグルコース、さらに続いて遊離脂肪酸に主たるエネルギー源を求めることを報告している。我々の成績においても正常群は運動量が少ないためにエ

ネルギー源を主として糖質に依存し、脂質にたよる程の運動負荷量とはならなかったという可能性は否定できない。

次に肥満群では既報³⁴⁾のごとく糖負荷後、過インスリン血症がみられた。血糖は運動終了直後減少しているが30分後には運動開始前の値よりも高くなり、肝よりの糖放出が正常群に比して活発に行われている可能性がある。インスリンも運動直後大巾な低下を示し、正常群と同様にインスリン分泌増加を伴わないグルコースの利用促進がみられる。しかしながら運動終了30分後にrebound現象がみられ、運動開始前の値よりも高値を示した。これは血糖の変動に呼応しておきた現象であろう。一般に肥満者ではインスリンの感受性や単球に対するインスリン結合insulin bindingが悪くなる^{41, 42)}がトレーニングにより改善するとされている。また、Björntorp⁴³⁾やLohman⁴⁴⁾らによると鍛練者と非鍛練者において、血糖レベルが同一なのに鍛練者でインスリン分泌が有意に低く、インスリンの感受性が高いことを報告している。これらの事実は長期的トレーニングがインスリンの感受性に好影響を与えることを示すものと推察される。

さらに正常群と異なり注目すべき点は肥満群の脂質代謝変動である。Carlson⁴⁵⁾によると筋の脂肪酸のとりこみは単位時間当りに灌流された量に比例する。したがって、この原則にしたがえば貯蔵脂肪の燃焼増加のためにはまず血漿FFA濃度の増加または筋血流量の増加が必要となる。Havelらの報告にもあるように血漿FFAのみではなく、他の局所貯蔵local poolの脂肪もエネルギー源として動員されうる。しかしながら、供給の増加がおこる一方で、エネルギー源として末梢組織での酸化も増大されているため血中FFAレベルに変動が認められないのであろう。一方、グリセロール利用の第一段階に必要な活性化酵素グリセロキナーゼは血液中には存在せず、したがって血中のグリセロールレベルは脂肪分解lipolysisの状態をFFAより正確に反映しているものと思われる。我々の成績においても肥満群の遊離脂肪酸は運動後もほとんど変動しないにもかかわらず、グリセロールは一過性的上昇傾向がみられた。この

事実は 70 m/min という軽度の運動でも肥満者の脂肪組織に脂肪分解をおこさせる運動負荷強度であることを示しているものと思われる。

我々はさらに正常群、肥満群各々2名計4名に最大酸素摂取量と歩行中の酸素摂取量ならびに心拍数を求めたところ、70 m/min で30分間の歩行運動は、正常群で最大酸素摂取量の25.5%、肥満群で34.7%であった。したがって、正常群と肥満群の Exercise GTT における脂質代謝変動の差は負荷強度の違いによるものと思われる。肥満者の歩行運動が最大酸素摂取量の34.7%であったことは、Hermansen⁴⁶⁾らの最大酸素摂取量の29%の作業強度が脂肪酸の燃焼割合が最も高かったという報告に近いものである。また、心拍数においても肥満者のそれは平均120拍/分となり、提⁴⁷⁾らの120拍/分以下の運動量が肥満の運動療法として好ましいものであるとの報告ともほぼ一致する。

ま と め

肥満の減量指導のための運動処方作成の基礎資料を得る目的で、正常群と肥満群に日常生活の中で手軽に実施できる運動量である70 m/min、30分間の歩行運動を行わせ、運動前後の代謝変動に検討を加えた。

1. 正常群に70 m/min、30分間の歩行運動を行わせれば運動直後に血糖とインスリンの一過性の低下がみられたが、その他のピルビン酸、乳酸、FFA、グリセロール、トリグリセライド、ケトン体、成長ホルモン、グルカゴンには運動による影響がみられなかった。

2. 肥満群では70 m/min、30分間の歩行運動により、運動直後の血糖とインスリンの一過性の低下ならびにグリセロールの一過性の上昇傾向がみられた。しかしながら、その他のメタボライト、ホルモンには正常群と同様運動による影響は認められなかった。

以上の事実は、70 m/min、30分間の歩行運動という比較的軽運動でも肥満者の脂肪組織に脂肪分解をおこさせることを示し、日常生活で運動量の少ない肥満者にとって散歩程度の運動でも減量効果が充分にあることを示唆するものと思われる、

散歩は肥満者の運動療法、ことにその導入段階として最も適したものであるといえる。

本論文の要旨は第26回日本学校保健学会で報告した。

文 献

- 1) 佐藤祐造他：肥満学生の保健管理に関する研究（第1報）、学校保健研究. **18** : 487—492, 1976.
- 2) 佐藤祐造他：肥満学生の健康障害の実態. 総合保健体育科学. **1** : 7—13, 1978.
- 3) 山本親他：肥満学生の保健管理に関する研究（第5報）. 総合保健体育科学. **2** : 33—38, 1979.
- 4) Sakamoto, N. et al.: Metabolic and nutritional aspects of diabetes in obese subjects, In: Baba S. ed. Diabetes Mellitus in Asia, Excerpta Medica, Amsterdam, 145—153, 1976.
- 5) Berger, M. et al.: Gewichtsreduktion und Glucose-Intoleranz bei Adipositas, D. M. W., **101** : 307—311, 1976.
- 6) Flowery Cdeu.: Relation between blood pressure, weight, and plasma sugar and serum insulin levels in Schoolchildren aged 9—12 years in Westrand, Holland. *Brit. Med. J. I.*, 1368—1371, 1976.
- 7) Petit, D. W.: The ills of the obese. In Bray, G. A. and Bethune, J. E. eds. Treatment and management of obesity. Harper & Row, New York, 84-90, 1974.
- 8) Mortality among overweight women. Statistical Bull. Metropolitan Life Ins. Co. **41** : 6—11, 1960.
- 9) Mortality among overweight men. Statistical Bull. Metropolitan Life Ins. Co. **41** : 6—11, 1960.
- 10) 阿部正和：肥満の病態生理. 糖尿病学1976. 診断と治療社. 東京. 263—285, 1976.
- 11) 佐藤祐造他：肥満学生の保健管理に関する研究（第3報）. 学校保健研究. **20** : 492—500, 1978.
- 12) 石川勝憲, 山本章：単純性肥満の治療法と問題点. 臨床科学. **11** : 832—839, 1975.
- 13) Yang, M. M. et al.: Effect of body composition and other parameter in obese young men of carbohydrate level of reduction diet. *Am. J. Clin. Nutr.* **24** : 290—296, 1971.
- 14) Young, C. M. and Van Iallie, T. B.: Composition of weight lost during short-term weight reduction. *J. Clin. Invest.* **58** : 722-730, 1972.
- 15) 山岡誠一他：肥満児の熱量出納と運動処方の効果. 体育の科学. **20** : 510—515, 1970.
- 16) Gwinup, G.: Effect of exercise alone on the weight of obese women. *Arch. Intern. Med.* **135** : 676—680, 1975.
- 17) Hoffman, W. S.: A rapid photoelectric method for

- the determination of glucose in blood and urine. *J. Biol. Chem.*, **120** : 51—55, 1937.
- 18) Hohorst, H. L.: L-Lactat. Bestimmung mit lactat-Dehydrogenase und NAD. In.: H. U. Bergmeyer (ed.) : *Methoden der Enzymatischen Analyse*. Verlag Chemie, Weinheim : 1425—1429, 1970.
 - 19) Bücher, T. et al.: Pyruvate. In : H. U. Bergmeyer (ed.) : *Methoden der Enzymatischen Analyse*. Verlag Chemie, Weinheim, 253—259, 1963.
 - 20) Yalow, R. S. and S. A. Berson: Immunoassay of endogenous plasma insulin in man. *J. Clin. Invest.* **39** : 1157—1174, 1960.
 - 21) Laurell, S. and G. Tibbling: Colorimetric microdetermination of free fatty acids in plasma. *Clin. Chem. Acta.* **16** : 57—62, 1967.
 - 22) Eggstein, M. and F. H. Kreuzt: Eine neue Bestimmung der Neutralfette im Blutserum und Gewebe. L. Mitteilung: Prinzip, Durchführung und Besprechung der Methode. *Klin. Wochenschr.* **44** : 262—267, 1966.
 - 23) 内呂和夫 : 酵素法を用いた新しいトリグリセライド測定法の検討. *臨床病理* . **22** : 131—137, 1974.
 - 24) Williamson, D. H. et al.: Enzymatic determination of D(—) — β — hydroxybutyric and acetoacetic acid in blood. *Biochem. J.* **82** : 90—96, 1962.
 - 25) Bray, G. A.: Clinical management of the obese adult. *Postgrad. Med. J.*, **51** : 125—130, 1972.
 - 26) 佐藤祐造他 : 肥満学生の保健管理に関する研究 (第6報) —行動療法を取り入れた集団療法による肥満治療の試み— . *学校保健研究* . **22** : 394—400, 1980.
 - 27) Oscai, L. A. and J. O. Holloszy: Effect of weight changes produced by exercise, food restriction, or overeating on body composition. *J. Clin. Invest.*, **48**: 2124—2131, 1969.
 - 28) 森本泰雄 : 運動処方と運動療法. 肥満症. 朝倉書店. 東京. 409—414, 1978.
 - 29) 日本糖尿病学会編 : 糖尿病治療のための食品交換表 3版. 文光堂. 東京. 1978.
 - 30) Hettinger, T.: *Physiology of Strength*. Charles C Thomas. 1961.
 - 31) Ikai, M.: The effects of training on muscular endurance. *Proceedings of International Congress of Sport Sciences*. 109—122, 1964.
 - 32) 猪飼道夫他 : トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究 (第3報) —最大負荷によるトレーニングの効果と2/3の負荷によるトレーニングの効果との比較— *体育学研究* . **12** : 35—46, 1969.
 - 33) 増田允他 : 循環呼吸能の解析による中高年者の運動至適量の検索. *体力研究* . **6** : 55—72, 1965.
 - 34) 早水サヨ子他 : 肥満学生の保健管理に関する研究 (第7報) . —高度肥満者の糖代謝異常について— . *総合保健体育科学* **3** : 17—22, 1980.
 - 35) 佐藤祐造他 : 肥満学生の保健管理に関する研究 (第2報) . *学校保健研究* . **20** : 332—336, 1978.
 - 36) Walter, L. B. and F. E. Marshal: Inactivity as a major factor in adult obesity. *Metabolism*. **16** : 674—685, 1967.
 - 37) Greene, J. A.: Clinical study of etiology of obesity. *Ann. Int. Med.*, **12** : 1796—1805, 1939.
 - 38) 佐藤祐造他 : 肥満学生の保健管理に関する研究 (第4報) —アンケート調査による肥満学生の食生活の検討— . *学校保健研究* . **21** : 134—140, 1979.
 - 39) 伊藤朗他 : 肥満症の作業能力向上及び高脂血症改善のための運動処方. *体育科学* . **2** : 248—258, 1974.
 - 40) Felig, P. and J. Wahren: Fuel homeostasis in exercise. *New Eng. J. Med.*, **293** : 1978—1084, 1975.
 - 41) DeFronzo, R. et al.: Insulin binding to monocytes and insulin action in human obesity, starvation and refeeding. **62** : 204—213, 1978.
 - 42) Felig, P. et al.: Splanchnic glucose and amino acid metabolism in obesity. *J. Clin. Invest.*, **53**: 582-590, 1974.
 - 43) Björntorp, P. et al.: The effect of physical training on insulin production in obesity. *Metabolism*. **19** : 631—638, 1970.
 - 44) Lohman, D. et al.: Diminished insulin response in highly trained athletes. *Metabolism*. **27** : 521—524, 1978.
 - 45) Carlson, L. a. and B. Pernow: Studies on blood lipids during exercise; The arterial plasma free fatty acid concentration during and after exercise and its regulation. *J. Lab. Clin. Med.*, **58**: 673—681, 1961.
 - 46) Hermansen, L. et al.: Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta. Physiol. Scand.*, **71** : 129—139, 1967.
 - 47) 提達也他 : 運動時の血清FFA, 血糖, 血中乳酸の変動からみた肥満に対する運動処方—緩やかな長時間運動と激しい短時間運動の比較— . *体力研究* . **34** : 45—64, 1976.

(1981年1月28日受付)