メタボリックシンドロームを有する肥満者が
有酸素性運動を継続的実践することの臨床的意義

大藏　倫博
筑波大学大学院人間総合科学研究科体育科学専攻

Key words: 最大酸素摂取量、全身持久性体力、食事制限、減量

緒言

メタボリックシンドローム（metabolic syndrome: MetSyn）は、最上流にある内臓脂肪の過剰蓄積を基盤として、空腹時高血糖（インスリン抵抗性)、高脂血（リポ蛋白異常)、血圧高値を同時に複数合併する状態を指し[1]、心臓血管系疾患の重大なリスクファクターと言われている[2,3]。したがって、現時点ではまだ自覚症状が無い肥満者の中から、MetSyn に罹患しているものを検出することは、重大疾患の発症を未然に防ぐ上で有効な手段と言える。また、肥満者で MetSyn を併発している者にとって、食事改善と運動実践による生活改善（ライフスタイル）療法が肥満の解消（MetSyn 改善）にとって最も効果的であることは明らかであろう。ところが、食事改善と運動実践が肥満者の MetSyn 改善に与える効果を実践的かつ縦断的に観察・検討した研究はほとんど見当たらない。

本研究では、最大酸素摂取量（maximal oxygen uptake: $\dot{V}O_{2max}$）で表される全身持久性体力の変化が肥満者の MetSyn 改善を予測する有効な指標になりうるとの仮説の下、（１）横断的検討により、$\dot{V}O_{2max}$ と MetSyn 罹患率との関連性を検証した後、（２）減量（食事制限）期間中に有酸素性運動を併用することの有用性を $\dot{V}O_{2max}$ の変化と MetSyn 改善との関係から明らかにすることを目的とした。

方法

本研究の被験者は、横断的検討に供された中年肥満女性 459 名および 3 ヵ月間の減量介入試験のすべてに参加した中年肥満女性（すべてが事前に MetSyn に罹患していると診断された）67 名であった。さらに、この 67 名を食事制限群 24 名と食事制限＋運動実践群 43 名に割り付けた。

全ての被験者は体重、体組成（体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量)、内臓脂肪面積、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、中性脂肪、LDL コレステロール、HDL コレステロール、空腹時血糖、そして全身持久性体力の指標として $\dot{V}O_{2max}$ を測定した。なお、メタボリックシンドロームの診断基準は、内臓脂肪型肥満（CT スキャンによる内臓脂肪面積 100 cm^2 以上）で、次の 3 つのうち 2 つ以上の条件を満たす場合とした。（１）中性脂肪 150 mg/dl 以上かつまたは HDLC40 mg/dl 未満、（２）収縮期血圧 130 mmHg 以上かつまたは拡張期血圧 85 mmHg 以上、（３）

空腹時血糖 110 mg/dl 以上。

3 ヵ月間の介入期間は摂取エネルギー量 1200 kcal/d を目標とし、栄養バランスのとれた食事となるように管理栄養士が指導した。また、週 2～3 回の定期的な運動指導をおこなった。運動内容はエアロビクスダンスを中心とし、ウォーキング、自転車などの有酸素性運動、自宅でできる筋力運動を組み合わせた。1 週間あたりの消費エネルギー量は 1000 kcal/wk 程度である。研究参加者には、研究内容を十分に理解させた上で、研究参加への同意を得た。

結果

横断的検討において、中年肥満女性 459 名を $\dot{V}O_{2max}$ 値に応じて 3 群（低値群、中値群、高値群）に分類したところ、低値群（$\dot{V}O_{2max}$ の平均値 20.8 mL/kg/min）、中値群（同 25.2 mL/kg/min）、高値群（同 29.5 mL/kg/min）の順に MetSyn の罹患率が高かった。年齢および BMI で調整したオッズ比は、低値群の罹患率を 1.0 とした場合、中値群で 0.50（95%信頼区間は 0.26-0.95）、高値群で 0.39（同 0.14-0.96）であった（線型傾向 $p < 0.02$）。

事前に MetSyn に罹患していると診断された食事制限群 24 名と食事制限＋運動実践群 43 名は、3 ヵ月間の減量治療介入により、MetSyn の罹患率および MetSyn の危険因子（血圧、コレステロール、血糖）は顕著に低下・改善した（表 1）。ただし、食事制限群では 3 名が、食事制限＋運動実践群では 5 名がドロップアウトした。食事制限群の MetSyn 改善率は 71%（21 名中 15 名）、食事制限＋運動実践群では 95%（38 名中 36 名）と極めて高率であった。

年齢および BMI で調整した MetSyn 改善率のオッズ比は、食事制限群を 1.0 とした場合、食事制限＋運動実践群では 3.68（95%信頼区間は 1.02-17.6）であった（線型傾向 $p < 0.04$）。

考察

横断的検討の結果から、全身持久性体力（$\dot{V}O_{2max}$）の中値群は、低値群に比べて MetSyn への罹患率が 50%低く、高値群は低値群に比べて 61%も低いことがわかった。すなわち、$\dot{V}O_{2max}$ が 1 mL/kg/min 増加することで、MetSyn への罹患の危険性は 7%低下する。

本研究では、減量に伴う $\dot{V}O_{2max}$ の変化と MetSyn 改善との間に明確な関係を見出すことは出来なかった。このことは、運動プログラムの内容（強度、頻度、期間）などが不十分であったために、$\dot{V}O_{2max}$ 自体が減量の前後で有意に向上しなかったことが理由の一つと考えられる。今後は、より顕著な $\dot{V}O_{2max}$ の変化が得られる実験デザインにおける検討が必要と言えよう。

その一方で、食事制限群の MetSyn 改善率（71%）に比べて、食事制限＋運動実践群の MetSyn 改善率（95%）は高く、年齢および BMI で調整した MetSyn 改

善率のオッズ比も、食事制限群の 3.68 倍という高率であった。このことは、たとえ $\dot{V}O_{2max}$ の向上が顕著でなくとも、有酸素性運動を継続的に実践することは内臓脂肪の優先的減少や血清コレステロール、中性脂肪、血糖などの低下を招き、MetSyn の改善に高い効果を発揮することを示唆しており、減量期間中に有酸素性運動を組み入れることの臨床的意義が見出される。

本研究の共同研究者は、筑波大学大学院人間総合科学研究科の田中喜代次教授、中田由夫博士、松尾知明氏である。

文献

1) Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI, Smith SC Jr, Lenfant C. Definition of metabolic syndrome: report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association Conference on scientific issues related to definition. *Circulation.* 2004;109:433-438.
2) Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, et al. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA.* 2002;288:2709-2716.
3) Hu G, Qiao Q, Tuomilehto J, Balkau B, Borch-Johnsen K, Pyorala K. Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mortality in nondiabetic european men and women. *Arch Inter Med.* 2004;164:1066-1076.

TABLE 1. Descriptive Characteristics of Subjects with Metabolic Syndrome at Baseline (n = 67) and After Treatment (n = 59)

	Diet alone			Diet plus exercise		
	Baseline n = 24	After treatment n = 21	*P*	Baseline n = 43	After treatment n = 38	*P*
No. of subjects						
With metabolic syndrome	24	6		43	2	
Without metabolic syndrome	0	15		0	36	
Age, y	52 ± 8			55 ± 6		
BMI, kg/m^2	30.4 ± 4.9	27.1 ± 4.3	<0.001	29.2 ± 2.3	25.8 ± 2.2	<0.001
Visceral fat area, cm^2	161 ± 52	119 ± 45	<0.001	136 ± 24	92 ± 26	<0.001
Systolic BP, mm Hg	150 ± 15	133 ± 11	<0.001	147 ± 19	133 ± 16	<0.001
Diastolic BP, mmHg	91 ± 10	87 ± 9	<0.05	89 ± 10	81 ± 10	<0.01
Triglycerides, mmol/L	1.77 ± 0.75	1.23 ± 0.55	<0.001	2.19 ± 0.94	1.09 ± 0.29	<0.001
HDL-C, mmol/L	1.43 ± 0.34	1.46 ± 0.29	NS	1.43 ± 0.34	1.51 ± 0.29	<0.05
Glucose, mmol/L	6.82 ± 2.27	5.77 ± 2.27	<0.01	6.99 ± 2.11	5.60 ± 1.11	<0.001
VO_{2max}, mL/kg/min	22.6 ± 3.4	24.0 ± 3.5	<0.05	22.9 ± 3.2	27.0 ± 3.8	<0.001
VO_{2max}, mL/min	1617 ± 320	1584 ± 291	NS	1596 ± 258	1657 ± 284	NS
Visceral fat obesity, %	100	76	<0.001	100	47	<0.001
High blood pressure, %	96	76	<0.001	84	74	<0.01
High triglycerides, %	58	48	<0.05	67	13	<0.001
Low HDL-C, %	8	5	NS	10	5	NS
High glucose, %	67	48	<0.01	58	34	<0.01

Values are presented as mean±SD unless specified otherwise.

BP indicates blood pressure; HDL-C, HDL cholesterol; VO_{2max}, maximal oxygen uptake.

Qualitative data were analyzed by a chi-square test