

簡単かつ軽度な運動および食事療法が 身体に及ぼす効果について

川北久美子¹, 浅川晶子¹, 小松洋一², 杉山佳子³, 小川恒夫¹

¹生理学研究室; ²応用栄養学研究室;
³臨床栄養学研究室

2007年11月4日受付; 2008年1月29日受理

The effect on health of easy, light exercise and diet

Kumiko Kawakita¹, Akiko Asakawa¹,
Yoichi Komatsu², Yoshiko Sugiyama³ and Tsuneo Ogawa¹

¹The Laboratory for Physiology, ²The Laboratory for Nutritional Science and, ³The Laboratory for Clinical Nutrition,
Dept. of Nutritional Science, Faculty of Health and Nutrition, Minami Kyushu University,
5-1-2 Kirishima, Miyazaki, 880-0032, Japan

Received November 4, 2007; Accepted January 29, 2008

[Background] Although intense programs of exercise and diet are effective to prevent lifestyle-related illnesses, it is difficult to maintain the program schedule. Hence lots of people quit before attaining their desired result. In this study, the effect of easy, light exercise and diet on health was analyzed. **[Methods]** Fifteen healthy participants (19 to 38 years old) and one type-2 diabetes participant were enrolled in this program. The program was divided into 4 periods as follows: 4 weeks of light diet, 4 weeks of previous lifestyle, 4 weeks of light exercise and 4 weeks of both diet and exercise. Physical examinations and blood tests were performed before the program and at the end of each period. **[Results]** In the fifteen healthy participants, body weight and body fat did not change, but blood glucose decreased after the diet only period. Plasma adiponectin level increased after the exercise only period and the diet only period. The combination of those two programs further increased adiponectin level. The type-2 diabetes participant's results showed that body weight, body fat, visceral fat, plasma triglyceride and plasma glucose improved after the diet periods and the improved condition continued until the end of the program. Plasma adiponectin increased after exercise and further increased with the combination of diet. **[Conclusion]** Easy, light exercise and diet in this program were effective not only for the type-2 diabetes participant but also for the healthy participants.

Key words: easy light exercise and diet, type-2 diabetes.

はじめに

2005年4月に、日本におけるメタボリックシンドロームの診断基準が公表されてから¹⁾, メディアなどの影響によりメタボリックシンドロームの概念が我々の中に広く浸透するようになった。メタボリックシンドロームは内臓脂肪の蓄積が病態の根本にあることから、これを改善することで治療が可能となる。内臓脂肪蓄積を軽減するには、まず食事摂取量を減らすか、運動量を増やして減量する必要がある。つまりライフスタイルを改善することが重要となってくる。しかし実際には負担が大きい、わかっていてもすぐに実行に

移せない、続かない、面倒であるなどの理由から、なかなかうまくいかないというのが現状である。内臓脂肪は皮下脂肪と比較して、代謝が活発な組織であり、摂取・消費カロリーバランスに対して迅速に反応することから²⁾, わずかな運動や食事制限でも内臓脂肪を減らすのに効果的ではないかと考えられる。そこで今回我々は、すぐに実行に移せるような、例えば、いつもジュースや缶コーヒーを買って飲むところをお茶に変える、また職場でなるべく階段を使うようにする、早足で歩くなど何かひとつ心がけることによって、身体にどのような影響を及ぼすのか、また生活習慣病予防に有効であるかを検討した。

方法

1. 対象者

2005年に本スタディの趣旨に同意が得られた健康な女性15名（年齢 22.9 ± 5.8 歳）を対象とした。また同様のプログラムを2型糖尿病（DM）者（40代男性1名：薬服用なし）に対しても行った【症例1】。本スタディは南九州大学倫理委員会の承認を受けている。

2. 方法

まず面談にて生活習慣調査をしながら改善すべき点について話し合い、改善するにあたり、自分が今すぐに実行に移せることは何かをよく考えた上でプログラムを開始した。最初の4週間を食事療法（清涼飲料水をお茶にする、夜食をやめるなどすぐに実行に移すことのできるような簡単かつ軽度な食事療法）期間、次の4週間を以前の生活に戻す通常期間、さらに次の4週間を運動療法（階段を利用する、通勤通学を徒歩に変えるなどすぐに実行に移すことのできるような運動療法）期間、最後の4週間を食事と運動療法を行う期間とし、プログラムスタート時を介入前、全ての期間終了時を介入後とした。

- 1) 開始時と各期間終了時に身体計測、内臓脂肪、血圧測定ならびに血液生化学検査を行った。また血液中のインスリン、アディポネクチン、TNF-alphaを測定した。
- 2) プログラム開始時に通常期間以外は一日心がけたことを毎日記載できるような日誌を配付し、一言でもよいから記載するよう指示した。また運動療法期間には歩数計（オムロンヘルスカウンターHJ-113）を腰部に装着し、歩数を意識するよう指示した。

3. 測定項目

- 1) 身体計測：身長、体重、体脂肪率、ウエスト周囲径。身長はYAGAMI製伸縮式ハンドル身長計（YG-200）、体重および体脂肪率はTANITA製体組成計インナースキャン（BC-522）で測定した。ウエスト周囲径は立位、軽呼吸時、臍レベルでの測定を行った。身長と体重からBMI（ kg/m^2 ）を算出した。
- 2) 内臓脂肪：腹部超音波（ソノサイト社製180plus型、周波数2-4MHz）を使用し、Ribeiro-Filhoらが提唱した方法で測定した³⁾。被験者を仰臥位とし、臍部にて垂直に超音波をあて、呼吸終末時の白線と大動脈前面との距離（VFD）を求めた（図1）。
- 3) 血圧：座位で電子非観血式血圧計（エルクエスト製）にて測定した。
- 4) 血液検査：空腹時に末梢静脈より採血した。測定項目は中性脂肪（TG）、HDL-コレステロール（HDL-C）とし、生化学自動分析装置（富士ドライケム3500）にて測定した。インスリン（F-IRI）はMercodia Human Insulin ELISA Kit、アディポネクチンとTNF-alphaはそれぞれASSAYPRO Human Adiponectin ELISA Kit、ASSAYPRO Human TNF-alpha ELISA Kitにて測定した。また空腹時血糖値（FPG）は血糖測定器（ニプロフリースタイルメーター）を用いて自己測定した。〔FPG

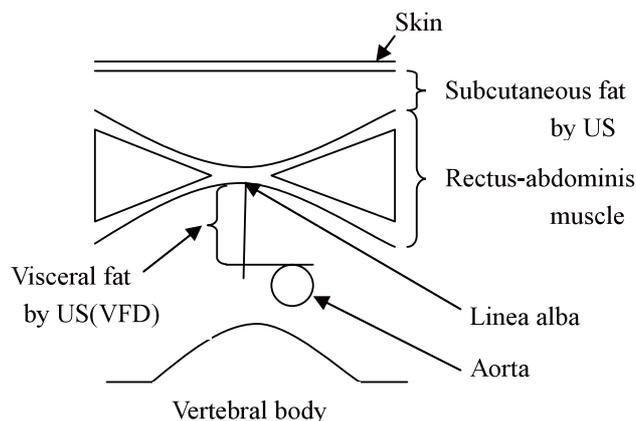


図1. 腹部超音波で測定した時に得られる画像の模式図

(mg/dl) \times F-IRI ($\mu\text{U}/\text{ml}$)] \div 405よりHOMA指数を算出した。

4. 統計解析方法

各項目の測定結果は平均値 \pm 標準偏差で表した。開始時と各期間終了後における測定項目の平均値の比較には、対応のあるt検定を適用した。これらの統計解析にはExcel統計 Ver6.0を用いた。統計処理における有意水準はそれぞれ5%未満とした。

結果

表1に対象者（女性15名）の身体的特性と介入前後の生化学検査値の結果を示した。体重・体脂肪率などほとんどの項目で有意な増減は認められなかったが、FPGにおいて有意な減少、アディポネクチンで有意な

表1. 対象者(女性15名)の身体的特性と生化学検査値の推移

項目	介入前	後	検 定
Age (years)	22.9 \pm 5.8 (19-38ys)		
Body weight (kg)	50.3 \pm 4.6	50.3 \pm 4.4	ns
BMI (kg/m^2)	20.9 \pm 1.7	20.9 \pm 1.6	ns
Body fat percentage	29.7 \pm 2.7	29.8 \pm 2.8	ns
Waist circumference (cm)	69.0 \pm 4.0	69.7 \pm 3.5	ns
VFD (cm)	1.65 \pm 0.56	1.58 \pm 0.40	ns
SBP (mmHg)	102.7 \pm 12.7	104.2 \pm 12.6	ns
DBP (mmHg)	60.6 \pm 9.6	59.4 \pm 8.0	ns
TG (mg/dl)	63.3 \pm 21.6	68.1 \pm 21.9	ns
HDL-C (mg/dl)	54.9 \pm 13.4	54.2 \pm 13.3	ns
FPG (mg/dl)	98.0 \pm 7.7	84.6 \pm 7.1	****
F-IRI (mU/l)	4.7 \pm 2.2	5.7 \pm 3.5	ns
Adiponectin ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	15.7 \pm 6.7	18.7 \pm 6.4	***
TNF-alpha (pg/ml)	5.8 \pm 7.1	5.4 \pm 6.5	ns

mean \pm SD *** p<0.001 ****p<0.0001 (VS 介入前)

VFD, visceral fat distance; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TG, triglycerides; HDL-C, high-density lipoprotein-cholesterol; FPG, fasting plasma glucose; F-IRI, fasting-immunoreactive insulin; TNF-alpha, tumor necrosis factor alpha.

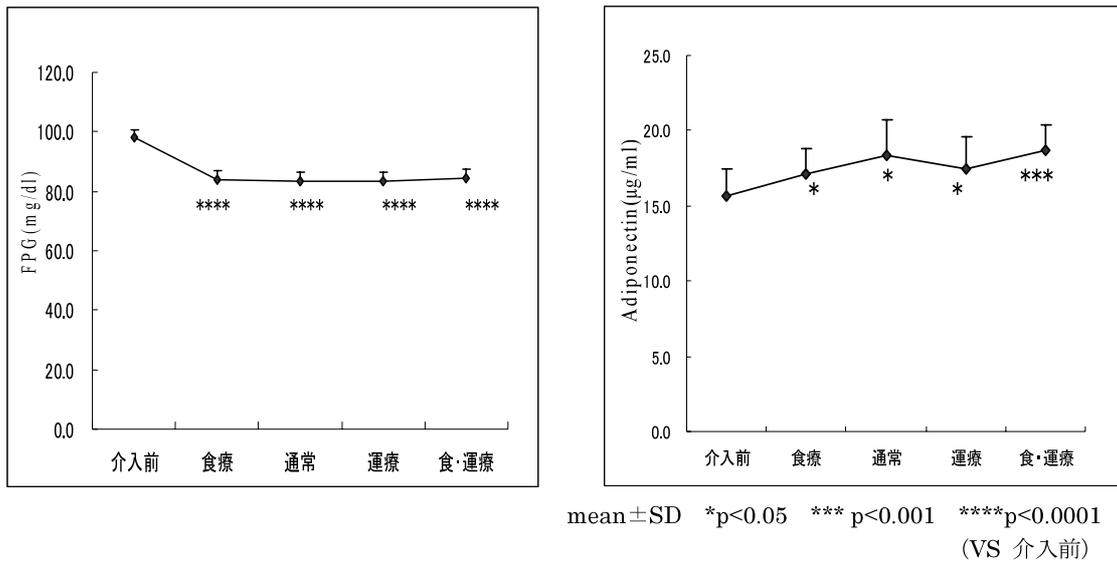


図2. 対象者（女性15名）のFPGとAdiponectinの推移

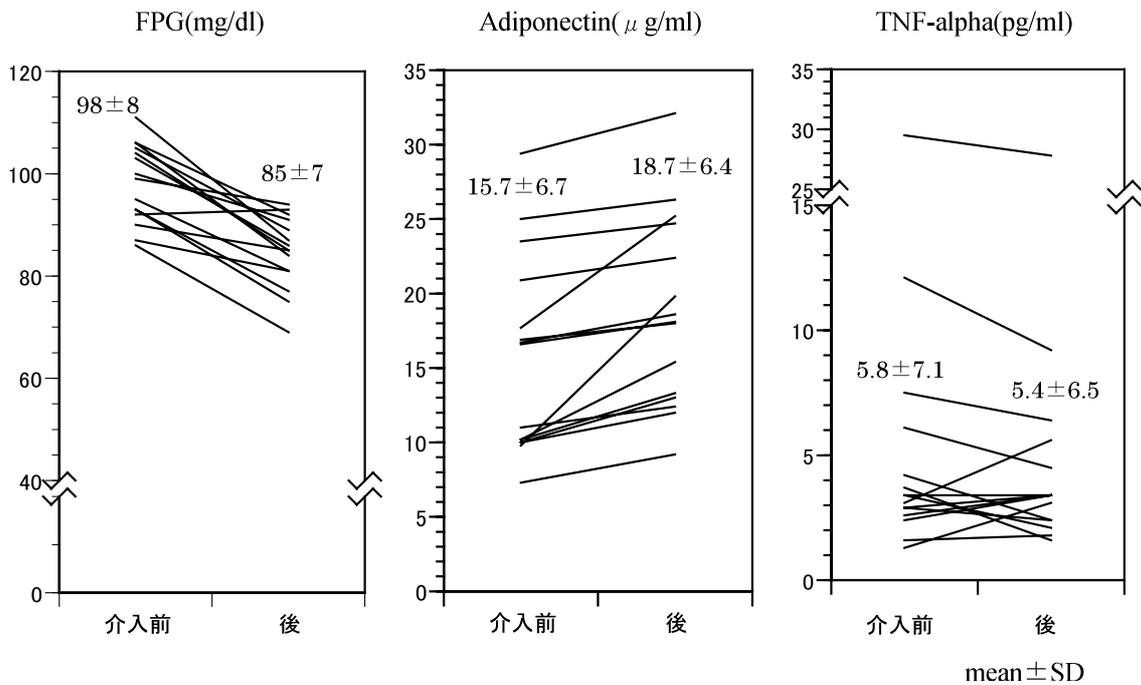


図3. 対象者（女性15名）における介入前後のFPGとアディポカインの推移

上昇がみられた。また期間中のFPGとアディポネクチンの推移を図2に示した。FPGは食事療法期間終了時に有意に減少し、プログラム終了時まで維持され、アディポネクチンは食事療法期間終了時に有意に上昇し、運動療法を加えることによってさらに有意な上昇が認められた。図3に女性15名における介入前後のFPG、アディポネクチンおよびTNF-alphaの変化を示した。TNF-alphaについては介入前後で有意な減少がみられなかったものの、基準値内にない4名で介入後著明な改善がみられた。

【症例 1】

生化学検査値の推移を表2に示した。ほぼ全ての項目で改善が認められた。

次に期間中の体重および体脂肪率の推移とウエスト減少に伴うアディポネクチン、TNF-alpha、HOMA-IRの推移を示した(図4・5)。体重・体脂肪率どちらもほぼ同様の傾向で減少しており、体重は介入前と比較して3.5kg、体脂肪率では2%の減少が認められた。またウエストについても食事療法期間終了後に大きく減少し、その後ほぼ維持された。ウエストの減少に伴って、HOMA-IR・アディポネクチンにも著明な改善効果が

表2. 症例1の生化学検査値の推移

項目	介入前	介入後
Body weight (kg)	65.0	61.5
BMI (kg/m ²)	23.9	22.3
Body fat percentage	25.0	23.0
Waist circumference (cm)	94.0	86.5
VFD (cm)	2.9	2.7
SBP (mmHg)	158.0	124.0
DBP (mmHg)	76.0	74.0
TG (mg/dl)	88.0	67.0
HDL-C (mg/dl)	47.0	52.0
FPG (mg/dl)	183.0	120.0
F-IRI (mU/l)	6.2	2.9
HOMA-IR	2.8	0.9
Adiponectin (μg/ml)	3.5	10.9
TNF-alpha (pg/ml)	1.8	2.4

VFD, visceral fat distance; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TG, triglycerides; HDL-C, high-density lipoprotein-cholesterol; FPG, fasting plasma glucose; F-IRI, fasting-immunoreactive insulin; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance index; TNF-alpha, tumor necrosis factor alpha.

認められた。食事療法期間終了時にHOMA-IRは2.8から1.0と正常範囲にまで改善され、通常期間に多少の上昇が認められたもののほぼ低値で維持された。アディポネクチンは通常期間終了時まで減少傾向にあったが、運動療法期間後には著明な上昇が認められ、食事療法と並行することでさらに上昇し、基準値内にまで改善した。TNF-alphaは通常期間終了時に多少の上昇がみられたが、プログラム終了時まで、基準値内で推移していた。

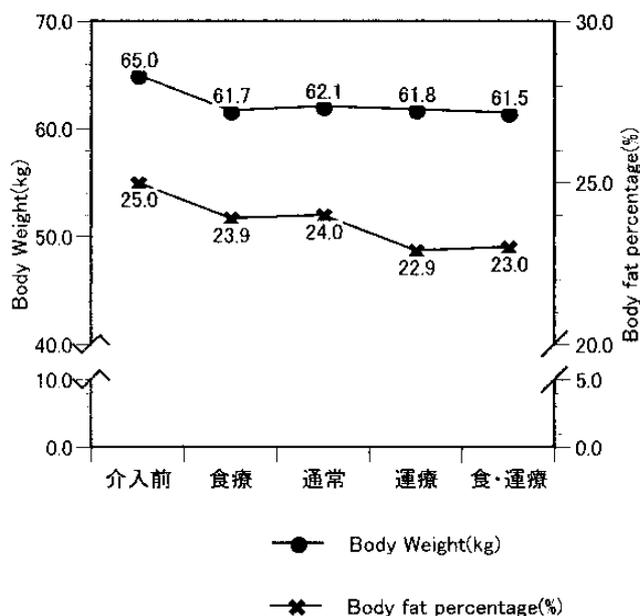


図4. 症例1の体重と体脂肪率の推移

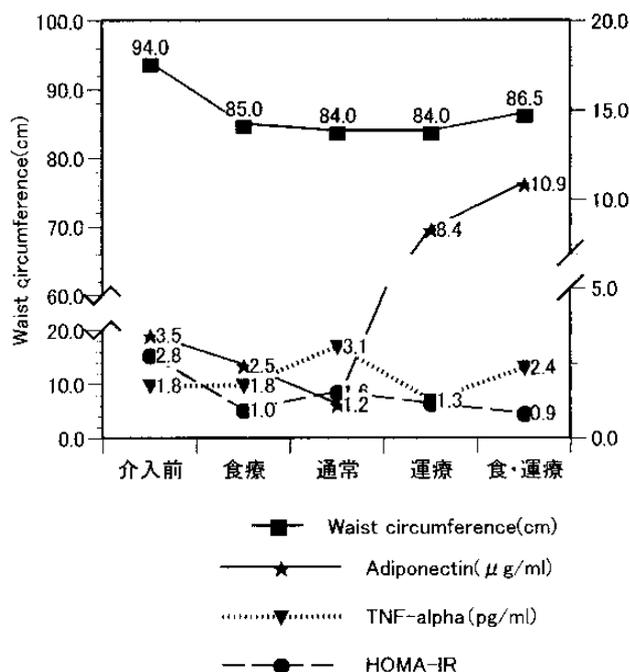


図5. 症例1のウエスト、アディポカインおよびHOMA-IRの推移

考察

本研究では、厳密なカロリーコントロールによる減量ではなく、長期間無理なく続けることができる食事や運動によるエネルギー制限が、身体にどの程度の効果を及ぼすかを検討するのが目的である。メタボリックシンドローム診断基準に該当しない健康な女性15名では、身体的特性においてはプログラム終了時まで大きな変化は見られなかったが、内臓脂肪蓄積に関するFPGやアディポネクチンで有意な改善が認められた。これらは基準値内での推移であるので、著明な改善効果とは言い難いが、体脂肪率が介入前で 29.7 ± 2.7 と隠れ肥満に限りなく近い隠れ肥満予備軍であることを考慮すると、今回のようなわずかな食事・運動療法でも持続することで、メタボリックシンドロームに対する予防効果が十分に期待できると考える。またTNF-alphaでは基準値外にあった4名において著明な改善効果が認められており、同様のことがいえる。

次に同じプログラムを実施した症例1では、身体計測、血液検査ほとんど全ての項目で改善されていた。2006年1月に、日本肥満学会より発表された肥満症治療ガイドラインによると、内臓脂肪症候群の治療では現体重あるいは腹囲の5%程度の減少を目標におき、3ヶ月から6ヶ月で達成する緩やかな減量をすすめている⁴⁾。対象者の場合、食事療法期間終了時に体重・腹囲とも5%減を達成し、その後プログラム終了時まで維持されていた。それに伴い、HOMA-IRも同様の推移で著明に改善した。HOMA-IRは介入前2.8で食事療法終了時に1.0にまで下がり、通常生活終了時で1.6、運動療法終了時に1.3、食事・運動療法終了時で0.9と推移している。適度な運動・食事制限は内臓脂肪を選択的に減らし、インスリン抵抗性の改善に有用である^{5,6)}

ことから、今回のような日常生活の中で意識して行える程度の食事・運動によるエネルギー制限でも十分有効であると考えられる。しかし、特にインスリンの感受性に対する運動効果は3日以内に低下し、1週間でほとんど消失する^{7,8)}ことから、持続しないと真の効果は期待できないため、対象者に無理のないプログラムを考えることが重要となる。アディポネクチンについて低アディポネクチン血症⁹⁾が運動療法終了時に8.4 $\mu\text{g/ml}$ 、食事・運動療法終了時に10.9 $\mu\text{g/ml}$ と著明に改善した。アディポネクチンは肥満時あるいは2型DMなどでその血中濃度が低下し、減量によって増加することは報告されている^{10,11)}が、どのような減量方法がより効果的であるかを検討した報告は少ない。今回の結果から食事療法より運動療法、運動療法に食事療法をプラスすることによってさらに改善効果があると推測する。

また本研究では内臓脂肪の減少には食事と運動どちらによるエネルギー制限が有効であるかを検証することも目的のひとつであった。1989年以降の35の介入試験から食事・運動療法による内臓脂肪の減少効果を検証した報告を見ると、十分な内臓脂肪の減少には、食事療法が最も重要であると考えられるが、食事・運動療法共に熱心に取り組むことに価値があるとされている¹²⁾。我々の結果からもほぼ同様のことがいえる。今回のプログラムではすぐに実行に移せるような対象者に負担のないエネルギー制限になっているので、運動によるエネルギー制限が食事によるものより、上回るとは考えにくい。したがって、食事療法終了時により効果的な結果が得られたと考えられる。

今回の結果から、特に生活習慣に由来する2型DMあるいはメタボリックシンドローム診断基準に該当する者に対して、自分の生活習慣を振り返り、そのうちのひとつを改善するだけでも十分効果があることが示唆された。改善する内容については個々人によって違ってくることから、どの程度のエネルギー制限でどのくらい改善効果を有するかを調査する必要がある。また、本症例にみられるBMIが25未満で腹囲が85cmを超えているケースでは代謝異常が存在する可能性が高いことを考慮して、指導していく必要がある。

まとめ

簡単かつ軽度な運動および食事療法を持続することによって、健康な人ではアディポカインや血糖などへの改善効果が期待され、またメタボリックシンドロームに対しては治療効果があると示唆された。平成20年度からの特定保健指導に向けて、生活習慣の改善を支援する手段として活用していきたい。

謝 辞

本研究は平成19年度南九州学園研究奨励費によって行われたものである。

参考文献

- 1) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会：メタボリックシンドロームの定義と診断基準 日内誌 **94**, 794-809 (2005).
- 2) 朝川秀樹, 徳永勝人：糖尿病・代謝症候群の成因と病態—内臓脂肪型肥満— 別冊・医学のあゆみ, 4-7 (2004).
- 3) Fernando F. Ribeiro-Filho, Alessandra N. Faria, Sergio Azjen, Maria-Teresa Zanella and Sandra R. G. Ferreira: Methods of Estimation of Visceral Fat: Advantages of Ultrasonography. *Obesity Research* **11**, 1488-1493 (2003).
- 4) 肥満症治療ガイドライン作成委員会：肥満症治療ガイドライン 日本肥満学会, 12-32 (2006).
- 5) 松澤佑次企画：医学のあゆみ **213**, 539 (2005).
- 6) R. J. Sigal, Glen P. Kenny, et al.: Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* **29**, 1433-1438 (2006).
- 7) Sato Y, Nagasaki M, et al.: Physical Exercise Improves Glucose Metabolism in Lifestyle-Related Diseases. *Exp. Bio. Med.* **228**, 1208-1212 (2003).
- 8) Nagasawa J, Sato Y, Ishiko T: Effect of training and detraining on in vivo insulin sensitivity. *Int. J. Sports Med.* **11**, 107-110 (1990).
- 9) Ryo M, Nakamura T, Kihara S, et al.: Adiponectin as a Biomarker of the Metabolic Syndrome. *Circ. J.* **68**, 975-981 (2004).
- 10) Arita Y, Kihara S, Ouchi N, et al.: Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **257**, 79-83 (1999).
- 11) Ouchi N, Kihara S, Arita Y, et al.: Novel modulator for endothelial adhesion molecules: adipocyte-derived plasma protein adiponectin. *Circulation* **100**, 2473-2476 (1999).
- 12) 勝川史憲：介入試験からみた内臓脂肪の減少効果 肥満研究 **13**, 10-18 (2007).