

非肥満者における定期的な運動が体脂肪率 および各種代謝パラメータに及ぼす影響

河邊 博史* 齊藤 郁夫* 和井内英樹*
木村 美枝* 永野 志朗*

肥満は本来、体脂肪が過剰に蓄積された状態と定義されるが、体脂肪量の測定を多数の対象者に行うことが容易でなかったため、多くは理想体重から算出した肥満度、あるいは身長、体重より算出された body mass index (BMI) により議論されてきた。したがって、これまでは主として過体重の肥満者が注目されてきた。

しかし、成人病、特に虚血性心疾患との関係で最近注目されているインスリン抵抗性症候群¹⁾に、肥満度よりも体脂肪分布の問題が組み込まれてから、従来からの肥満の概念に変化が生じ、BMI 値では正常体重の肥満予備群の存在が注目されてきている^{2,3)}。一方、インスリン抵抗性症候群の共通の病因と考えられているインスリン抵抗性の成因には、先天的要因と後天的要因が考えられているが、後者には食事、運動を含めたライフスタイルが重要な位置を占めていることも明らかとなっている⁴⁾。

肥満者に対する運動療法が、インスリン感受性を高め、血漿の中性脂肪およびインスリ

ン・レベルを低下させ、血圧を下げ、HDL-コレステロール値を上昇させることはすでに報告されているが^{5,6)}、正常体重者における定期的、習慣的な日常生活の中での運動が、体脂肪量および代謝パラメータに及ぼす影響についての報告はあまり見当たらない。

そこで今回私どもは、近赤外線半透過方式を用いた体脂肪計で実際に体脂肪率を測定することにより、正常体重者における運動レベルと体脂肪率および各種代謝パラメータとの関係について検討した。

対象と方法

本塾高等学校に勤務し、生活環境が類似している全教職員のうち、30~63歳(平均年齢 51 ± 2 歳)の男性43名を対象とした。なお、本校の特徴の1つとして、敷地、校庭とも広く、教職員がいつでも使用できるテニスコートを備えているなど、運動環境がきわめて良好なことがあげられる。

43名の対象者のうち、1993年度の成人病健診時のアンケート調査およびその後の面接で、糖尿病が明らかな5名、高血圧で内服治

* 慶應義塾大学保健管理センター

療中の 7 名 (2 名は糖尿病と重複), 高脂血症の治療薬服用中の 1 名は今回の対象から除外した。また, 身体計測値より算出した BMI が 26.5 以上であった肥満者 2 名も除外し, 残りの 30 名について以下の検討を行った。

成人病健診後の面接で聴取した, 過去 1 年間以上にわたって定期的に行っていた運動 (1 回に少なくとも 60 分以上は行う運動) の頻度により, 以下の 4 群に分けた。“0” はまったく定期的な運動をしていなかったか, しても月に 1, 2 回程度の者 (n=16)。“I” は週に 1 回は行っていた者 (n=3)。“II” は週に 2, 3 回は行っていた者 (n=6)。“III” はほぼ毎日定期的な運動を行っていた者 (n=5) とした。また, 以後 “0” の者を非運動群, “I, II, III” の者を運動群として, 両群の差を検討した。

成人病健診時に, 体脂肪計 BFT-3000 (ケット科学研究所) を用いて 2 回連続して全対象者の体脂肪率を測定し, その平均値を算出した^{7,8)}。測定にあたっては, 身長, 体重, 性別, 活動レベル, 体格などの情報を入力後, 遮光スポンジを使用して外部の光線の侵入を防ぎ, 近赤外センサーを利き腕の上腕二頭筋中央部に垂直に押し当てて測定した。また, 座位安静 5 分後に BP-103N (日本コーリン) を用いて血圧測定を 2 回連続して行い, その平均値を求めた。さらに, 血清脂質, 尿酸, 血糖測定のため, 空腹時で採血を行った。以上のほか, アンケート調査および面接にて, 喫煙の有無, アルコール摂取量についても確認した。

血液検体は, 採血当日に慶應義塾大学病院中央検査室に輸送し測定した。血清総コレステロール, 中性脂肪, 尿酸は自動分析装置で, 血清 HDL-コレステロールはヘパリン-カルシウム沈澱法, 血糖はグルコース-オキシダーゼ法にて測定した⁹⁾。

本文中の数値はすべて平均±標準誤差で表わした。非運動群と運動群の差の検定には, Student's t-test あるいは Mann-Whitney U test を用いた。また, 両群の喫煙者数およびアルコール摂取者数の検定には χ^2 検定を用いた。各因子間の相関は, 最小自乗法により相関係数を求め, 回帰方程式を構成した。 $p < 0.05$ を統計学的に有意差ありとした。

成 績

表 1 非運動群, 運動群の体格, 血圧, 血液データ

	非運動群 N=16	運動群 N=14
年齢 (歳)	47±3	55±2
身長 (cm)	168.1±1.5	165.7±1.8
体重 (kg)	65.1±2.0	62.6±2.3
Body mass index (kg/m ²)	23.0±0.4	22.8±0.8
体脂肪率 (%)	19.5±0.9	15.8±1.1*
収縮期血圧 (mm Hg)	125±5	128±4
拡張期血圧 (mm Hg)	74±2	77±3
平均血圧 (mm Hg)	91±3	94±3
脈拍数 (/分)	75±3	73±5
総コレステロール (mg/dl)	203±11	214±10
中性脂肪 (mg/dl)	142±18	96±10*
HDL-コレステロール (mg/dl)	48±3	61±4**
尿酸 (mg/dl)	5.9±0.3	5.9±0.3
空腹時血糖 (mg/dl)	91±4	91±3

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$ vs. 非運動群。

非肥満者における定期的な運動が体脂肪率および各種代謝パラメータに及ぼす影響

1) 両群の背景因子 (表1)

運動群の年齢は、非運動群に比べてやや高い傾向を認めたが有意ではなかった。身長、体重、BMI には差を認めなかったが、体脂肪率には両群間に差を認め、運動群で有意に低値であった。

血圧、脈拍数には差を認めなかったが、血液検査では運動群において、中性脂肪の有意な低値および HDL-コレステロールの有意な高値を認めた。

なお、両群における喫煙者およびアルコール摂取者の比率には差を認めなかった。

2) 運動の頻度と体脂肪率, 中性脂肪, HDL-コレステロールとの関係 (図1)

運動の頻度と体脂肪率の間には、 $r = -0.59$ の有意な負相関を認めたが、BMI との間には有意な関係を認めなかった。

一方、運動の頻度と HDL-コレステロールの間には $r = 0.51$ の有意な正相関、中性脂肪との間には弱いながらも $r = -0.38$ の有意な負相関を認めた。

3) 体脂肪率と各種代謝パラメータとの関係 (図2)

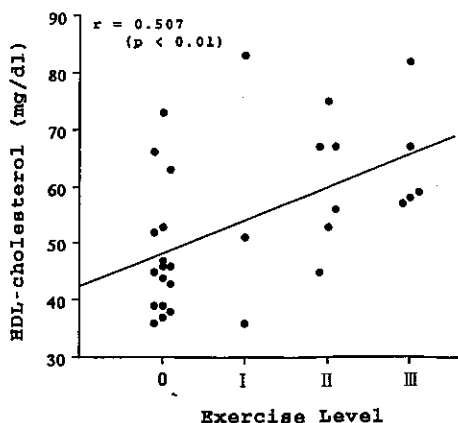
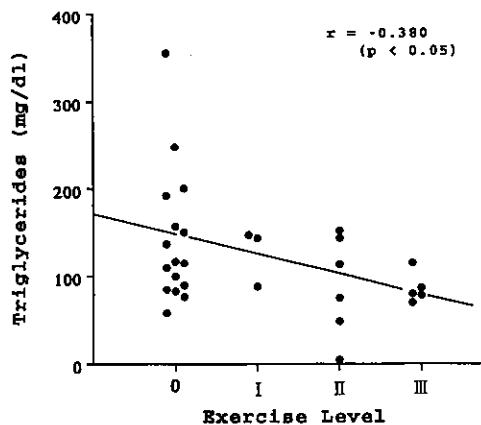
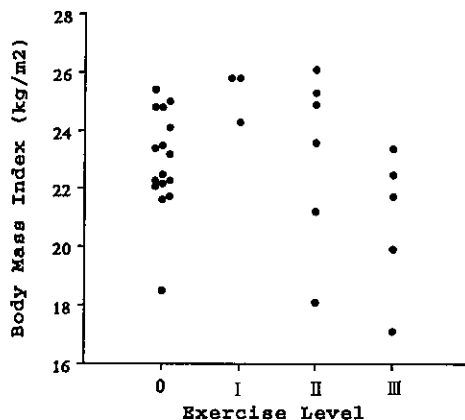
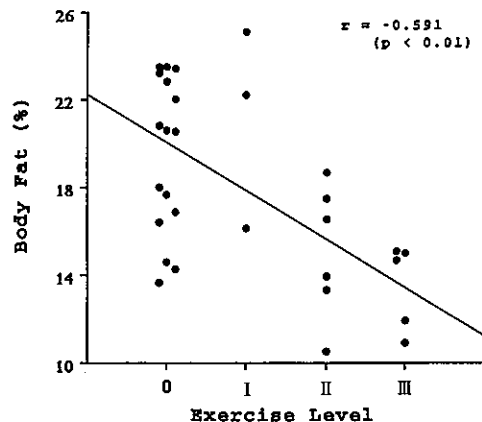


図1 運動レベルと体脂肪率, body mass index, 中性脂肪, HDL-コレステロールの関係

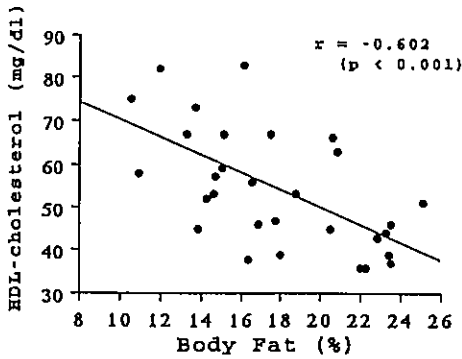
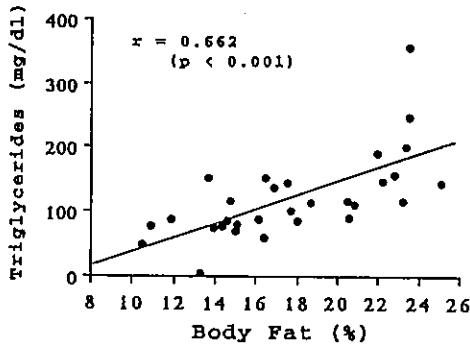


図2 体脂肪率と中性脂肪, HDL-コレステロールの関係

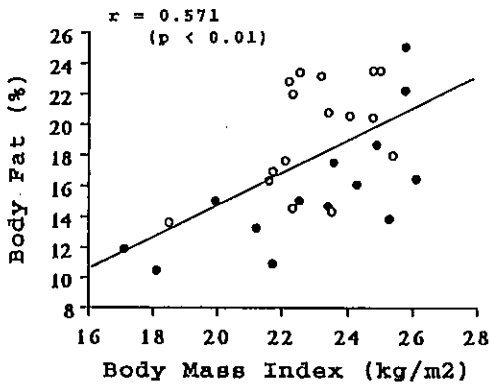


図3 Body mass index と体脂肪率の関係

○ = 非運動群, ● = 運動群

体脂肪率と血圧, 脈拍数との間には, 今回の対象者においてはまったく関係はみられなかった。一方, 血清脂質との間には中性脂肪と $r=0.66$ の有意な正相関, HDL-コレステ

ロールとは $r=-0.60$ の有意な負相関を認めたが, 総コレステロールの間には有意な関係を認めなかった。また, 尿酸, 空腹時血糖との間にも有意な関係を認めなかった。

なお, 今回の検討では体脂肪率と, 年齢あるいはアルコール摂取量との関係はみられなかった。

4) 体脂肪率と BMI との関係 (図3)

従来より肥満の診断に用いられている BMI と, 今回測定した体脂肪率の関係を全例でみると, $r=0.57$ の有意な正相関を認めたが, 運動群は回帰直線の下方にプロットされる者が多く (10/14), 一方非運動群は上方にプロットされる者が多かった (13/16)。

考 察

今回の断面調査研究により, 正常体重者においても, 定期的に運動していた者, 特にその頻度の多い者ほど, 体脂肪率が少ないことが明らかとなった。また, 運動していた者はその頻度が増すほど, 中性脂肪が低値で, HDL-コレステロールが高値であった。

最近, 成人病の代表である高血圧の治療にもライフスタイルモディフィケーションという言葉が使われ¹⁰⁾, 意識して生活習慣を改善することが, 高血圧をはじめとする成人病の治療のみならず, その予防にどのような役割を果たしているかについて興味を持たれている。そのなかで運動は, インスリン感受性の高い筋繊維の比率の増加, 筋肉内毛細血管密度の増加^{11,12)}, 骨格筋を主とした除脂肪体重の増加¹³⁾などの機序により, インスリン感受

性を改善するといわれている。したがって、運動不足に伴うインスリン抵抗性症候群を総合的に改善する有用な療法として、運動療法の肥満者に対する効果は、以前より報告されてきた^{5,6)}。しかし今回私どもは、BMIに差のない正常体重者で、日常生活の中での定期的な運動をしている者としていない者の体脂肪率に差がみられ、運動群において有意に低値であることを認めた。さらに、正常体重者においても、体脂肪率の低下は運動の頻度に相関し、多く行っていた者ほど低値であった。1992年に発表された高血圧者に対する米国合同委員会の第5次報告では¹⁰⁾、運動の方法論として brisk walking, つまりさっさと歩く程度で、1日30分から45分間、週4~5回という、最大酸素摂取量の50%位のマイルドな運動強度が奨められている。今回の私どもの対象者の運動強度は、ほぼ上記運動強度か、それをやや上回る程度で、十分効果を期待できる強度と思われた。

今回の近赤外線を利用した体脂肪率の測定は、キャリパーによる皮脂厚の測定¹⁴⁾、体密度法(水中体重法)による測定¹⁵⁾およびD₂O法(体水分法)による測定¹⁶⁾などと極めて高い相関関係が報告されている^{7,8)}。また、使用者による測定個人差が少なく、繰り返し精度がすぐれているともいわれている。人体の体脂肪量を正確に測定する方法としては、古くから水中体重法¹⁵⁾、体水分法¹⁶⁾、体内カリウム法¹⁷⁾などが知られているが、いずれも大がかりな施設を要し、測定手技も複雑なため、特別な研究以外に日常臨床で使用されることはほとんどないのが現状である。一方、本法は、局所的な体脂肪量を反映する指標から全身の

体脂肪率を推定しているために、推定誤差が生じやすい欠点もあるが、多数の対象を測定する場合には実用的な方法であり、しかも安全に、非侵襲的に、すばやく簡単に行える利点がある。

このような体脂肪率の測定により、従来からの理想体重やBMIによる肥満の診断では正常体重と判定される者のなかに、意外と体脂肪量過多の者がいることが明らかとなったが、今回測定した体脂肪率が最近問題とされている内臓脂肪の蓄積をどの程度反映しているかについては不明である。正常体重でもインスリン抵抗性と高インスリン血症を呈し、過体重者と同様の糖質・脂質代謝異常、高血圧を認める症例が存在することはすでに報告されている^{18,19)}。すなわち、正常体重者においても肥満者と同様に、内臓脂肪の蓄積がこれら代謝異常や冠動脈疾患と関連していることが報告されている²⁰⁾。今回私どもが検討した体脂肪率と各種代謝パラメータとの関係では、体脂肪率の増加が中性脂肪の増加($r=0.66$)、HDL-コレステロールの減少($r=-0.60$)と良く相関していることが明らかとなった。徳永ら²¹⁾は、CT像で求めた内臓脂肪面積、すなわち内臓脂肪の絶対量と中性脂肪との間に、 $r=0.45$ の有意な相関関係を認めている。また、内臓脂肪の蓄積に最も鋭敏に反応するのは、中性脂肪レベルといわれ、続いてHDL-コレステロールの低下も含めたdyslipidemiaの状態をきたすといわれている³⁾。したがって私どもの結果は、今回測定した体脂肪率が、ある程度は内臓脂肪の蓄積状態を反映し、その代用として用いうる可能性を示唆するものと思われた。内臓脂肪の蓄

積の判定には、正確さから言えば当然 CT 像による測定を行うべきであるが、多数の症例を扱うフィールドワークには不適當である。したがって今後私どもも、本法による症例数をさらに増やし、体脂肪率測定の有用性につき検討を進めていくつもりである。なお、体脂肪率と血圧との間には今回まったく相関関係を認めなかったが、正常体重者における内臓脂肪蓄積と血圧との間に密接な関係が存在したとの報告もある²¹⁾。

ところで、従来より用いられている BMI で肥満の判定を行えば、今回の運動群、非運動群には差がなかったが、体脂肪率には著明な差が見られた。この BMI と体脂肪率の相関係数は $r=0.57$ と思っていた程強くなく、これは一部に今回の検討では非運動群における BMI と体脂肪率の関係の弱さ、すなわち同様の BMI でも体脂肪率の個人差が大きく、バラツキが大きい事が関係していたと思われた。

以上より、運動を行うための環境を整え、肥満者に限らず BMI からすれば正常体重の者でも、日常生活の中で定期的に行える運動を取り入れれば、体脂肪率の減少、おそらく内臓脂肪の減少とそれに伴う中性脂肪の低下、HDL-コレステロールの上昇につながり、ひいてはインスリン抵抗性症候群の病因と考えられているインスリン抵抗性の改善、あるいは悪化への予防につながると思われた。したがって今回の検討より、肥満者に限らず正常体重者においても、日常生活の中で継続できるマイルドな運動を、積極的に勧めていくことの意義が確認された。

総 括

成人病健診時に、体脂肪計を用いて実際に体脂肪率を測定し、body mass index (BMI) 値からは正常体重者の運動レベルと体脂肪率および各種代謝パラメータとの関係を検討した。

1. 対象は平均年齢 51 歳の高校教職員男性 30 名で、運動の頻度により 4 段階に分類し、“0”を非運動群、“I~III”を運動群とした。
2. BMI には差のなかった運動群と非運動群の体脂肪率に差を認め、前者で有意に低値であった。
3. 血液検査では、非運動群に比べて、運動群の中性脂肪は低値で、HDL-コレステロールは高値であった。
4. 運動レベルと体脂肪率の間には、有意な負相関を認めたが、BMI との間には有意な関係を認めなかった。
5. 運動レベルと HDL-コレステロールの間には有意な正相関、中性脂肪との間には弱いながらも有意な負相関を認めた。
6. 体脂肪率と中性脂肪の間には有意な正相関、HDL-コレステロールの間には有意な負相関を認めた。

以上、今回の断面調査研究より、正常体重者においても定期的に運動していた者、特にその頻度の多い者ほど、体脂肪率が少なく、中性脂肪が低値で、HDL-コレステロールが高値であることが明らかとなった。すなわち、肥満者のみならず、BMI 値からは正常体重の

者でも、日常生活の中で継続できるマイルドな運動を勧めることの意義が確認された。

文 献

- 1) Reaven, G. M. : Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes*, 37: 1595-1607, 1988
- 2) 垂井清一郎: 動脈硬化のリスクファクターとしての内臓脂肪型肥満. *動脈硬化*, 21: 281-291, 1993
- 3) 垂井清一郎: 内臓肥満型肥満. *日本内科学会雑誌*, 82: 242-249, 1993
- 4) De Fronzo, R. A. & Ferrannini, E. : Insulin resistance. A multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. *Diabetes Care*, 14: 173-194, 1991
- 5) Krotkiewski, M., et al. : Effects of long-term physical training on body fat, metabolism, and blood pressure in obesity. *Metabolism*, 28: 650-658, 1979
- 6) Schwartz, R. S. : The independent effects of dietary weight loss and aerobic training on high density lipoproteins and apolipoprotein A-I concentrations in obese men. *Metabolism*, 36: 165-171, 1987
- 7) Conway, J. M., et al. : A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 40: 1123-1130, 1984
- 8) 沢井史穂ほか: 近赤外分光法による体脂肪測定. *体力科学*, 39: 155-163, 1990
- 9) Saito I., et al. : Leisure time physical activity and insulin resistance in young obese students with hypertension. *Am. J. Hypertens.*, 5: 915-918, 1992
- 10) The fifth report of the joint national committee on detection, evaluation, and treatment of high blood pressure (JNC V). *Arch. Intern. Med.*, 153: 154-183, 1993
- 11) Krotkiewski, M. & Bjorntorp, P. : Muscle tissue in obesity with different distribution of adipose tissue: effects of physical training. *Int. J. Obesity*, 10: 331-341, 1986
- 12) Holm, G. & Krotkiewski, M. : Potential importance of the muscles for the development of insulin resistance in obesity. *Acta Med. Scand.*, 723 (Suppl): 95-101, 1988
- 13) Ballor, D. L., et al. : Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47: 19-25, 1988
- 14) Nagamine, S. & Suzuki, S. : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, 36: 8-15, 1964
- 15) Himes, J. H. : Racial variation in physique and body composition. *Can. J. Spt. Sci.*, 13: 117-126, 1988
- 16) Lukaski, H. C. & Johnson, P. E. : A simple, inexpensive method of determining total body water using a tracer dose of D₂O and infrared absorption of biological fluids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41: 363-370, 1985
- 17) Forbes, G. B. & Hursh, J. B. : Age and sex trends in lean body mass calculated from K⁴⁰ measurements: with a note on the theoretical basis for the procedure. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 255-263, 1963
- 18) Ruderman, N. B., et al. : The "metabolically-obese," normal-weight individual. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34: 1617-1621, 1981
- 19) Kawabe, H., et al. : Hyperinsulinemia in obese and non-obese young Japanese hypertensive men. *Hypertens. Res.*, 17: 133-136, 1994
- 20) Matsuzawa, Y., et al. : Pathophysiology of visceral fat obesity, *Progress in Obesity Research 1990*, John Libbey, London, p 309, 1991
- 21) 徳永勝人ほか: 内臓脂肪症候群. *日本内科学会雑誌*, 81: 95-99, 1992