

表1 対象者の身体的特徴、介入前後の変化と4群間の比較

	Diet only group		Diet plus exercise group		DO I vs. DO II vs. DE I vs. DE II*
	DO I (n=28)	DO II (n=23)	DE I (n=62)	DE II (n=32)	
Age, years	51.8±8.3	49.2±8.0	52.7±6.8	48.2±9.5	DE II < DE I
Height, cm	156.2±5.1	153.0±5.8	155.5±4.5	155.6±5.8	n.s.
Body weight, kg	67.0±5.2	76.0±8.4	67.0±4.7	78.0±8.0	DO I, DE I < DO II, DE II
change	-7.2±2.0*	-6.2±4.0*	-8.5±2.8*	-10.3±3.5*	DO I < DE II, DO II < DE I, DE II
BMI, kg/m ²	27.4±1.3	32.4±2.4	27.7±1.5	32.1±2.3	DO I, DE I < DO II, DE II
change	-3.0±0.9*	-2.6±1.6*	-3.5±1.1*	-4.2±1.4*	DO I < DE II, DO II < DE I, DE II
Fat mass, %	36.2±4.2	38.4±3.1	36.6±4.9	40.5±4.5	DO I, DE I < DE II
change	-5.4±3.7*	-4.4±4.2*	-6.3±4.3*	-6.7±3.2*	n.s.
Fat mass, kg	24.2±3.0	29.1±3.4	24.5±3.9	31.7±5.9	DO I, DE I < DO II, DE II
change	-5.8±2.6*	-5.2±2.9*	-6.8±3.2*	-8.6±2.9*	DO I, DO II, DE I < DE II
Fat-free mass, kg	42.8±4.7	46.9±6.3	42.4±4.1	46.3±4.8	DO I, DE I < DO II, DE II
change	-1.4±2.5*	-1.0±3.5	-1.7±2.6*	-1.7±2.8*	n.s.
VO ₂ max, ml/kg/min	24.4±4.3	23.3±4.0	25.1±3.4	23.1±4.1	n.s.
change	3.2±2.8*	2.4±2.6*	4.4±3.7*	6.1±4.3*	DO I, DO II < DE II
VFA, cm ²	128.0±23.5	171.0±45.4	130.4±25.2	139.3±28.2	DO I, DE I, DE II < DO II
change	-39.1±16.2*	-31.7±21.8*	-49.8±28.5*	-48.3±25.9*	DO II < DE I
SFA, cm ²	253.5±69.7	298.6±69.2	248.3±56.0	355.3±91.0	DO I < DE II, DE I < DO II < DE II
change	-55.8±30.6*	-32.2±36.8*	-62.4±36.5*	-71.4±42.3*	DO II < DE I, DE II

BMI : body mass index, VFA : visceral fat area, SFA : subcutaneous fat area, n.s.: not significant.

I : BMI 25以上30未満, II : BMI 30以上.

* 暦年齢を共変量とした共分散分析.

*p<0.05: 介入前後の有意な変化.

について定期的に管理栄養士が指導した。なお、この方法を筆者らはSMART (A study on Strategy for the MAde-to-order weight Reduction in Tsukuba) Dietと称している。

2) 運動指導

DE群には食事指導に加え、週1回の監視型運動プログラムまたは週3回の監視型運動プログラムを提供した。週1回の監視型運動は自宅でも実践できるように配慮したウォーキングであり、運動指導がない日は自宅付近で原則として毎日ウォーキングを30分以上実践するよう指示した。運動日誌によって確認した運動頻度は週2~6回、1回あたりの平均時間は約20~60分と個人差がみられたものの、全員が継続的に運動を実践していた。アメリカスポーツ医学会が推奨する運動処方指針(METS表)¹⁾に基づいて推定した消費エネルギー量は1回あたり約80~

120kcalと推定された。

週3回の監視型運動プログラムであるベンチステップエクササイズ²⁾は aerobic danceのひとつで、個人の体力に合わせて高さが調節できるベンチを用い、リズムにあわせて昇降する運動である。運動量は60分間あたり約270kcalである。週3回の運動指導の時間は準備運動15分間、主運動60分間、整理運動15分間で合わせて90分間とした。

運動中の強度は、全身持久性体力の向上と脂質代謝の改善を図ることを目的として、LTから求められたAT水準付近になるように配慮した。対象者には、自覚的運動強度(rating of perceived exertion : RPE)で12~14("ややきつい")あたりを保つように指導した。また、1週間あたりの消費エネルギー量はウォーキングであってもベンチステップエクササイズであっても700~1,000kcalと推定された。

4. 統計処理

同一群間内の介入前後における平均値の差の有意性については対応のあるt-testを施した。また4群間の変化量の群間差異の検討には、暦年齢を共変量とした共分散分析、多重比較にはBonferroniの方法を用いた。VFAとSFA、冠危険因子の変化については二元配置(対応のない因子と対応のない因子)の分散分析を用い、運動併用の有無とBMIの違いの交互作用を検定した。すべての統計学的有意水準は5%とした。

結果

対象者の身体的特徴、介入前後の変化およびその変化量について、4群間で比較した結果を表1にまとめた。図1にVFAの初期値を共変量にし、運動の有無とBMIの違いがVFAの変化量に与える影響を示した。運動の有無

とBMIの違いの交互作用が見られたが、SFAの変化量においては運動の有無とBMIの違いの交互作用は見られなかった(図2)。

冠危険因子の初期値と変化量を表2に示した。介入前の値で有意な群間差が見られる項目はなかった。介入前後の変化においては、DE I群は全ての項目において有意な改善が見られたが、DO I群とDO II群、DE II群においてはHDL-CとLDL-Cが有意な改善を示さなかった。冠危険因子の変化量において4群間に有意差が見られたのはHDL-CとFPGのみであった。また、運動の有無とBMIの違いの交互作用が見られたのはFPGのみであった(図3)。

考 察

内臓脂肪の減少に関するいくつかの介入研究^{3,4,5}は、食事制限、食事制限+有酸素性運動あるいは食事制限+レジスタンス運動を比較した結果、介入方法の違いは内臓脂肪の変化量に影響を与えず、体重減少に応じて内臓脂肪が減少することを報告している。Leenen et al.²¹は内臓脂肪の減少は内臓脂肪量の初期値と関連があり、内臓脂肪を多く持っている者ほど内臓脂肪が優先的に減少することを報告している。また、Okura et al.²²は内臓脂肪型肥満者と皮下脂肪型肥満者において、減量が内臓脂肪と冠危険因子に及ぼす影響について検討し、7~10kgの体重減少に応じて皮下脂肪型肥満者より内臓脂肪型肥満者のVFAがより大きく減少することを明らかにしている。そこで、本研究では対象者をBMI 25以上かつVFA 100cm²以上の肥満症女性に限定し、食事制限に運動を併用することでVFAの変化量に差が生じるかどうかを検討した。その結果、BMI 30以上の集団においては食事制限に運動を併用することによってVFAの減

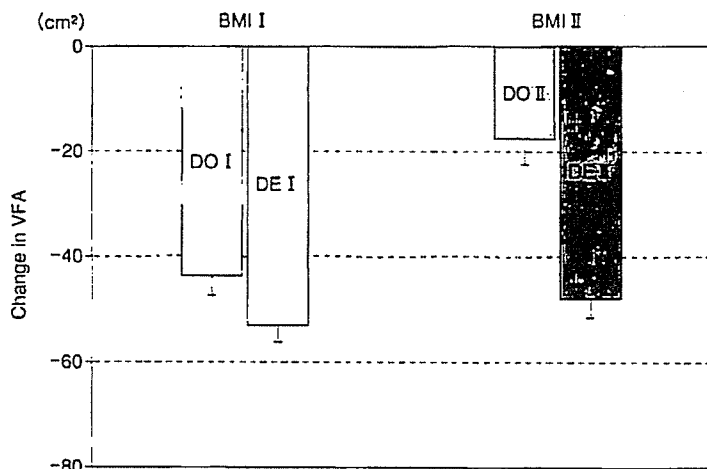


図1 運動の有無とBMIの違いによるVFA変化量の比較
VFAの初期値を共変量とした共分散分析。平均値±標準誤差で表す。
交互作用： $p=0.01$ 、BMIの主効果： $p=0.0002$ 、介入方法の主効果： $p=0.000001$ 。
VFA：visceral fat area, BMI：body mass index。
I：BMI 25以上30未満、II：BMI 30以上。

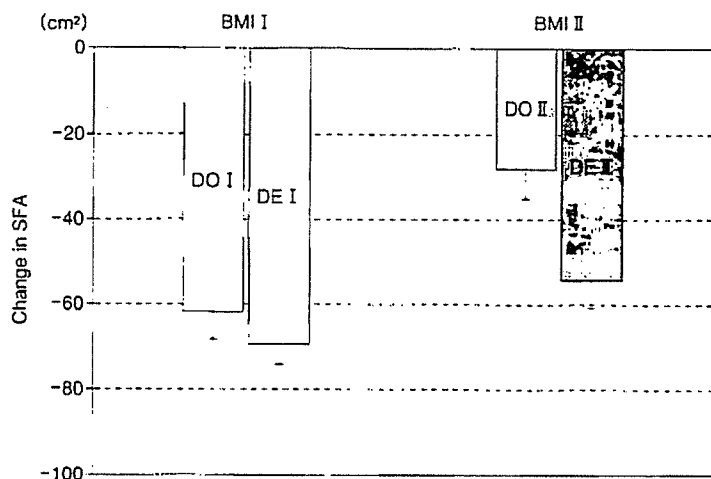


図2 運動の有無とBMIの違いによるSFA変化量の比較
SFAの初期値を共変量とした共分散分析。平均値±標準誤差で表す。
交互作用： $p=0.13$ 、BMIの主効果： $p=0.0003$ 、介入方法の主効果： $p=0.01$ 。
SFA：subcutaneous fat area, BMI：body mass index。
I：BMI 25以上30未満、II：BMI 30以上。

少量がより大きくなることが示された(図1)。

運動による内臓脂肪減少効果がBMI 25以上30未満の集団では見られず、BMI 30以上の集団において見られた背景には、骨格筋と脂肪細胞のlipoprotein lipase (LPL)活性の影響が考えられる。

脂肪組織が過剰に蓄積した状態では脂肪細胞のサイズが大きくなり²³、脂肪細胞のLPL活性が充進することが知られている²⁴。したがって、BMIの高い集団においては脂肪分解が進みにくく、その結果としてVFAの減少が抑制されていると考えられる。しかしな

表2 冠危険因子の介入前後の変化と4群間の比較

	Diet only group		Diet plus exercise group		DO I vs. DO II vs. DE I vs. DE II*
	DO I (n=28)	DO II (n=23)	DE I (n=62)	DE II (n=32)	
SBP, mmHg	141.6±17.7	139.4±15.4	138.5±17.5	140.6±20.5	n.s
change	-14.4±14.0*	-8.1±12.0*	-11.8±11.9*	-13.3±10.6*	n.s
DBP, mmHg	89.1±10.6	88.9±13.2	84.7±11.0	85.4±11.2	n.s
change	-7.4±9.7*	-4.8±10.6*	-6.6±10.1*	-8.7±7.8*	n.s
TC, mmol/l	222.3±28.8	222.0±36.7	222.3±28.4	227.4±32.1	n.s
change	-14.6±24.4*	-15.8±31.2*	-20.5±23.7*	-19.4±29.7*	n.s
HDL-C, mmol/l	59.7±15.1	55.1±12.3	58.8±12.9	60.5±10.7	n.s
change	1.2±7.0	-1.2±7.4	2.2±8.2*	-2.6±8.2	DE II < DE I
LDL-C, mmol/l	139.7±29.2	138.6±35.3	138.3±27.2	141.7±27.8	n.s
change	-8.3±25.4	-8.7±29.5	-13.2±20.1*	-7.6±26.2	n.s
TG, mmol/l	114.7±52.8	141.5±65.0	126.1±65.5	125.9±51.1	n.s
change	-37.3±46.0*	-30.2±52.0*	-47.4±60.9*	-46.5±44.1*	n.s
FPG, mmol/l	105.2±23.0	96.5±11.6	105.1±26.5	113.4±34.0	n.s
change	-11.3±13.3*	-0.6±9.6	-11.8±19.0*	-16.9±26.9*	DO II < DE II

SBP : systolic blood pressure, DBP : diastolic blood pressure, TC : total cholesterol, HDL-C : high-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C : low-density lipoprotein-cholesterol, TG : triglycerides, FPG : fasting plasma glucose, n.s. : not significant.

I : BMI 25以上30未満, II : BMI 30以上.

* 暦年齢を共変量とした共分散分析.

* p<0.05 : 介入前後の有意な変化.

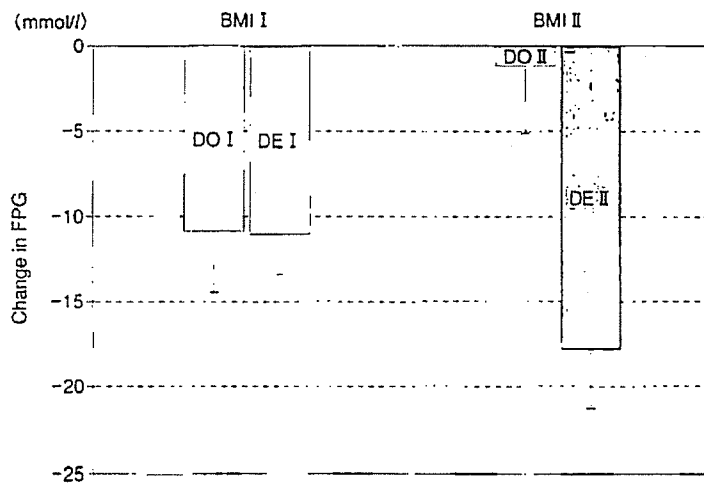


図3 運動の有無とBMIの違いによるFPG変化量の比較

暦年齢を共変量とした共分散分析. 平均値±標準誤差で表す.

交互作用 : p=0.02, BMIの主効果 : p=0.67, 介入方法の主効果 : p=0.01.

FPG : fasting plasma glucose. BMI : body mass index.

I : BMI 25以上30未満, II : BMI 30以上.

がら, DE II 群においてはDO II 群に比べVFAの減少抑制は見られていない. このことは, 内臓脂肪組織におけるLPLのmRNA発現量が運動によって抑えられたことに起因するものと考えられる²³. また, 運動を行うと骨格筋の

LPL活性が亢進されることが報告されている²⁴. すなわち, BMIの高い者であっても運動を行うことで骨格筋のLPL活性の亢進により脂肪分解が高まることに加えて, 脂肪細胞のLPL活性が抑制されて脂肪が合成されにくくな

るといふ二重効果により, BMI25以上30未満の集団と同等のVFA減少につながったものと考えられる. このような運動効果は内臓脂肪において見られる特異的な効果であり, そのことはSFAについて同様の結果が見られなかったことにおいても説明することができる(図2).

先行研究^{25,26}によると, 5~10%の減量で冠危険因子は大幅に改善する. 本研究における体重の減少率は8~12%であり, 介入前後で多くの冠危険因子が有意に改善した(表2). その中で, FPGについては, 運動の有無とBMIの違いの交互作用が見られた(図3). 血糖調節に障害をもたらす原因のひとつとして内臓脂肪の蓄積が指摘されている²⁷. いくつかの研究^{28,29}は食事制限や食事制限と運動の併用による内臓脂肪の減少がインスリン抵抗性の改善につながることを報告している. 本研究において, FPGの改善に「運動の有無」と「BMIの大小」という2要因の交互作用が見られたことは, 運

動によるインスリン抵抗性の改善効果はBMIの大小によって違いがある可能性を示唆している。本研究の結果からは、そのメカニズムの詳細を明らかにすることはできないが、このことは、運動を併用することでBMI30以上の対象者の内臓脂肪が、BMI30未満の対象者に比べて有意に多く減少したという本研究の結果によって、部分的に裏付けられるかもしれない。

まとめ

本研究は、食事制限に運動を併用することによって得られる効果がBMIの違いによって異なるかどうかを検討した。その結果、BMI30以上の肥満症女性はBMI25以上30未満の集団に比べてVFAが減少しにくい、運動を併用することによってVFAをより大きく減少させられることが示唆された。したがってBMIの高い内臓脂肪型肥満者を減少させる際、食事制限だけでなく運動を併用することが、より効果的な内臓脂肪の減少につながり、その結果として、冠危険因子も好転させられると考えられる。

謝辞

本研究は筑波大学大学院先端学際領域研究(Tsukuba Advanced Research Alliance: TARA)センター(TARA用中プロジェクト:The SMART Study)、研究拠点形成費補助金(21世紀COEプログラム西平プロジェクト)の支援を受けて行ったものである。

文献

- 1) World Health Organization: Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva. World Health Organization, 1998.
- 2) 松澤佑次, 井上修二, 池田義雄ほか: 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準. 肥満研究 2000, 6: 18-28.
- 3) Ross R, Rissanen J, Pedwell H, et al.: Influence of diet and exercise on skeletal muscle and visceral adipose tissue in men. *J Appl Physiol* 1996, 81: 2445-2455.
- 4) Janssen I, Ross R: Effects of sex on the change in visceral, subcutaneous adipose tissue and skeletal muscle in response to weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999, 23: 1035-1046.
- 5) Ross R, Rissanen J: Mobilization of visceral and subcutaneous adipose tissue in response to energy restriction and exercise. *Am J Clin Nutr* 1994, 60: 695-703.
- 6) Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, et al.: Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes Care* 1997, 20: 385-391.
- 7) Ross R, Dagnone D, Jones PJ, et al.: Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2000, 133: 92-103.
- 8) Schwartz RS, Shuman WP, Larson V, et al.: The effect of intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men. *Metabolism* 1991, 40: 545-551.
- 9) Bouchard C, Tremblay A, Despres JP, et al.: The response to exercise with constant energy intake in identical twins. *Obes Res* 1994, 2: 400-410.
- 10) DiPietro L, Seeman TE, Stachenfeld NS, et al.: Moderate-intensity aerobic training improves glucose tolerance in aging independent of abdominal adiposity. *J Am Geriatr Soc* 1998, 46: 875-879.
- 11) Despres JP, Pouliot MC, Moorjani S, et al.: Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *Am J Physiol* 1991, 261: E159-E167.
- 12) Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, et al.: Indices of relative weight and obesity. *J Chronic Dis* 1972, 25: 329-343.
- 13) Andersson B, Xu XF, Rebuffe-Scrive M, et al.: The effects of exercise, training on body composition and metabolism in men and women. *Int J Obes* 1991, 15: 75-81.
- 14) Boileau RA, Buskirk ER, Horstman DH, et al.: Body composition changes in obese and lean men during physical conditioning. *Med Sci Sports* 1971, 3: 183-189.
- 15) Tanaka K, Nakadomo F, Watanabe K, et al.: Body composition prediction equations based on bioelectrical impedance and anthropometric variables for Japanese obese women. *Am J Hum Biol* 1992, 4: 739-745.
- 16) Brozek J, Grande F, Anderson JT, et al.: Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci* 1963, 110: 113-140.
- 17) Okura T, Tanaka K: Development of prediction equations for cardiorespiratory fitness using ratings of perceived exertion in Japanese men and women. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 1999, 48: 111-124.
- 18) 香川芳子編者: 食品80キロカロリーガイドブック5訂版. 東京: 女子栄養大学出版部, 2002.
- 19) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th edition. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995, 164-165.
- 20) Hayakawa Y, Isono K, Tanaka K, et al.: Metabolic responses during bench stepping exercise and cycling exercise at perceptually equivalent exertion. *J Educ Health Sci* 1996, 41: 351-358.
- 21) Leenen R, van der Kooy K, Deurenberg P, et al.: Visceral fat accumulation in obese subjects: relation to energy expenditure and response to weight loss. *Am J Physiol* 1992, 263: E913-E919.

- 22) Okura T, Tanaka K, Nakanishi T, et al. : Effects of obesity phenotype on coronary heart disease risk factors in response to weight loss. *Obes Res* 2002, 10 : 757-766.
- 23) Enzi G, Sergi G, Pavan M, et al. : Visceral obesity and diabetes. *Horm Metab Res Suppl* 1988, 19 : 30-34.
- 24) Raison J, Basdevant A, Sitt Y, et al. : Regional differences in adipose tissue lipoprotein lipase activity in relation to body fat distribution and menopausal status in obese women. *Int J Obes* 1988, 12 : 465-472.
- 25) Shimomura I, Tokunaga K, Kotani K, et al. : Marked reduction of acyl-CoA synthetase activity and mRNA in intra-abdominal visceral fat by physical exercise. *Am J Physiol* 1993, 265 : E44-E50.
- 26) Simsolo RB, Ong JM, Kern PA : The regulation of adipose tissue and muscle lipoprotein lipase in runners by detraining. *J Clin Invest* 1993, 92 : 2124-2130.
- 27) Kiens B, Lithell H, Mikines KJ, et al. : Effects of insulin and exercise on muscle lipoprotein lipase activity in man and its relation to insulin action. *J Clin Invest* 1989, 81 : 1124-1129.
- 28) Van Gaal LF, Wauters MA, De Leeuw IH : The beneficial effects of modest weight loss on cardiovascular risk factors. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997, 21 : S5-S9.
- 29) Miyazaki Y, Glass L, Triplitt C, et al. : Abdominal fat distribution and peripheral and hepatic insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Am J Physiol* 2002, 283 : E1135-E1143.
- 30) Després J, Pouliot M, Moorjani S : Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *Am J Physiol* 1991, 261 : E159-E167.
- 31) Purnell J, Kahn S, Albers J, et al. : Effect of weight loss with reduction of intra-abdominal fat on lipid metabolism in older men. *J Clin Endocrinol Metab* 2000, 85 : 977-982.
- 32) Ross R, Dagnone D, Jones P, et al. : Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. *Ann Intern Med* 2000, 133 : 92-103.
- 33) Thomas E, Brynes A, McCarthy J, et al. : Preferential loss of visceral fat following aerobic exercise, measured by magnetic resonance imaging. *Lipids* 2000, 35 : 769-776.

(受付日：2005年9月6日)
採択日：2005年12月27日)

原 著

食行動意識が肥満男性の活力年齢および減量効果に及ぼす影響

鈴木 恵美^{*1}, 大藏 倫博^{*2,4}, 中田 由夫^{*2,4}, 大河原一憲^{*3}, 片山 靖富^{*3}, 沼尾 成晴^{*3}, 田中喜代次^{*2,4}

^{*1}園田学園女子大学人間健康学部食物栄養学科 ^{*2}筑波大学大学院人間総合科学研究科

^{*3}筑波大学大学院博士課程人間総合科学研究科 ^{*4}筑波大学先端学際領域研究センター

索引用語：食行動, 活力年齢, 減量, 肥満

食行動意識の違いが健康度および減量効果に差が生じることを明らかにするため、健康度を包括的に表す活力年齢を用い、肥満男性の食行動意識の違いと活力年齢との関係性を検討するとともに、減量介入前後の食行動意識の変化が減量効果に及ぼす影響について検討した。本研究の対象者は肥満男性82名(平均年齢 49.9 ± 11.8 歳)であり、全員が3カ月間の減量教室に参加した。対象者は減量プログラムの違いによって、食事群(39名)、食事+運動群(23名)、運動群(11名)の3群に分けられた。健康度・老化度を包括的に表す指標である活力年齢は、形態計測、体力測定、血液分析の結果から算出された。減量前の食行動意識に関する12項目の質問紙調査結果に主成分分析を施したところ、第一主成分として「食事内容・食べ方」に関する項目、第二主成分として「食事の規則性」に関する項目が抽出された。第一主成分と第二主成分がそれぞれ負(-)、負(-)の場合をGroup A、負(-)、正(+)をGroup B、正(+), 負(-)をGroup C、正(+), 正(+)をGroup Dと定義すると、17名がGroup A、26名がGroup B、20名がGroup C、19名がGroup Dに分類された。各群の暦年齢に差が認められたことから、年齢を共変量とした一元配置の共分散分析によって、各群における活力年齢の差異を検討した。その結果、Group Aの活力年齢(53.0 ± 11.7 歳)が暦年齢(41.3 ± 12.1 歳)と比べて有意に高く、Group C(活力年齢 53.7 ± 11.5 歳、暦年齢 51.6 ± 10.1 歳)との間に有意差($p < 0.05$)が認められた。減量前後の食行動意識は、食事群と食事+運動群において有意に改善し、その変化は両群とも主に第一主成分得点において認められた。第一主成分得点の変化量は体重変化量と有意な負の相関関係($r = -0.48$, $p < 0.05$)を有していたが、第二主成分得点については減量前後で有意な改善が認められず、体重や体脂肪率の変化量との間に有意な相関関係は認められなかった。以上の結果から、食行動意識の低下は活力年齢の増加(悪化)と関連しており、食事指導によって改善される「食事内容・食べ方」の変化が減量効果に影響を及ぼすことが示唆された。

はじめに

肥満は循環器系疾患や糖尿病などのリスクファクターであり、正常体重者に比べて死亡率や有病率も上昇することが疫学調査などで明らかにされている

る¹⁾。我が国における30~69歳の男性の3割以上は肥満者であることから²⁾、肥満の予防や改善に向けた具体的な対応方法の提示が望まれる。

肥満の主な治療法には、食事療法、運動療法、行動療法がある。食事療法

は、良好な栄養バランスを保ちつつ摂取エネルギーを抑え、運動療法は、運動を実践することでエネルギー消費量を増大させることを目的としている。一方、行動療法は、意識の改善や行動の習慣化を目的としていることから、

食事療法と運動療法の具体的な実践指導ともいえ³⁾、行動修正療法プログラムを受けたことで減量が成功した報告もある^{4,5)}。しかしながら、減量介入を受けたときに、食行動意識の程度の違いによって減量効果に差が生じることが予想されることから、食行動意識が低い者には行動療法に重点を置き、意識の改善に努める必要がある。減量介入を行う際、対象者が持つ食行動意識を把握することができれば、食事療法や運動療法、行動療法のいずれに重点を置いたプログラムにすべきかが予測でき、個別の減量指導に有用な情報を提供することができると考えられる。

成人男性における食行動意識と健康との関連については数多く報告されている^{6,7)}が、ヒトの健康をより多角的にとらえるためには、1つの血液検査項目や体力測定項目に着目するだけでは不十分であり、身体の状態を総合的に評価する必要があることから、健康度・老化度をより包括的に表す概念である活力年齢⁸⁾を用いることが望ましい。そこで本研究では、食行動意識の違いが活力年齢(健康度)および減量効果に差が生じるという仮説を明確にするため、①肥満男性の食行動意識の違いと活力年齢との関係性を検討すること、②減量介入前後の食行動意識の変化が減量効果に及ぼす影響について検討することを目的とした。

対象と方法

1. 対象者

本研究の対象者は、3カ月間の減量教室に参加したBMI 25以上の肥満男性82名(年齢49.9±11.8歳, BMI 28.0±3.1)であった。対象者を食事制限のみの群(食事群, n=43)、運動のみの群(運動群, n=13)、食事制限と運動を併用した群(食事+運動群, n=26)の3群に分類した。なお群分けは、健康

表1 食行動意識に関する質問紙

1. 1日の食事(回数や時間帯)は規則正しい
2. 夕食の時間は遅い
3. 腹八分目に食べる
4. 時間をかけてゆっくり食べる
5. バランスよく食べるよう心がけている
6. 味の濃さには気をつけ、薄味のをよく食べる
7. 洋食より和食をよく食べる
8. 揚げ物、炒め物など油を使った料理をよく食べる
9. 外食や市販の惣菜をよく食べる
10. インスタント食品や冷凍食品をよく利用する
11. ビールや日本酒などのアルコールを毎日飲む
12. 怒ったりイライラしたりすると食べ物に手が出る

表2 活力年齢算出式(男性用)

$VA=15.16VS+0.188CA+39.70$
$VS=1.85+0.025X_1+0.011X_2+0.002X_3+0.002X_4-0.046X_5-$
$0.013X_6-0.025X_7-0.008X_8-0.241X_9$
X_1 =肩甲骨下部皮脂厚:mm, X_2 =安静時収縮時血圧(SBP):mmHg
X_3 =総コレステロール(TC):mg/dl, X_4 =中性脂肪(TG):mg/dl
X_5 =無酸素性作業閾値に相当する酸素摂取量(VO_{2AT}):ml/kg/min
X_6 =無酸素性作業閾値に相当する心拍数(HR_{AT}):拍/分
X_7 =反復横とび:回/20秒, X_8 =閉眼片足立ち:秒
X_9 =1秒量(FEV1.0):l
VA, vital age(活力年齢)
VS, vital score(活力スコア)
CA, chronological age(暦年齢)

改善のための教室であったため、参加者の希望を考慮した。対象者には、研究の目的や減量プログラムの内容、測定内容についての説明会を開催し、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。これらの研究実施上の倫理的側面については、筑波ヘルスフィットネス研究会の承認を得た。

2. 食行動意識に関する質問紙

減量教室開始前と終了後の食行動意識を自記式質問紙によって調査した(表1)。質問紙の内容は先行研究⁹⁻¹¹⁾に基づき、食事の規則性、食べ方、食事内容、食事のとり方、アルコール、代理摂食の6因子(合計12項目)で構成し、「はい」「どちらかというそうである」「どちらともいえない」「どちらかというそうでない」「いいえ」の5段階の評価尺度を設定した。各項目につ

いて、良好な結果から順に5点、4点、3点、2点、1点と得点化した。

3. 活力年齢算出のための測定項目

活力年齢¹²⁻¹⁴⁾の算出に必要な測定項目およびその算出式は、表2に示した。活力年齢は年齢尺度で表されるため、暦年齢と比較することによって個人の年齢に応じた総合的評価が可能である。本研究では暦年齢と活力年齢の差(暦年齢-活力年齢)を「健康度」として算出した。

4. 減量プログラム

食事群および食事+運動群には、1回60分間の食事指導を週1回行った。食事制限プログラムは、四群点数法を用い、栄養バランスを考慮しながら1日あたりの摂取エネルギー量を1,600kcal(1食500~600kcal)程度に抑えた食事を摂るように指導した。運動

群および食事+運動群には、1回90分間の運動指導を週3回行った。運動プログラムは、酸素性運動(ウォーキング, ジョギング, ベンチステップエクササイズ)を中心とし、自覚的運動強度(RPE)は12~14(ややきつい)になるよう指導した。

5. 統計処理

減量教室開始前の食行動意識に関する質問紙調査結果から、12項目の相関行列に対して主成分分析を施した。主成分分析を用いた理由は、日常の食行動意識を総合的に検討するとともに、12の質問項目の持つ分散を少ない項目で説明(集約)するためである。1.0以上の固有値に対応する主成分について固有ベクトルと因子負荷量を求め、各主成分が表す意味を検討した。次に第一、第二主成分得点を推定する式を作成し、この式から得られる各個人の第一、第二主成分得点を算出した。その得点の散布図から第一主成分と第二主成分がそれぞれ負(-), 負(-)の場合をGroup A, 負(-), 正(+)をGroup B, 正(+), 負(-)をGroup C, 正(+), 正(+)をGroup Dと定義した。また、作成した主成分得点推定式に減量教室終了後の質問紙の点数を代入し、第一、第二主成分得点を算出後、教室開始前から後にかけての変化を検討した。

Group A, B, C, D間における各項目の差の検定には一元配置の分散分析を施し、有意差が認められた項目については、post hoc test(Scheffe F-test)を施し、有意水準はBonferroniの調整を行った。なお、減量教室開始前のグループ間において年齢に有意な差が認められたため、年齢を共変量とする一元配置の共分散分析(ANCOVA)を施した。

食事群, 食事+運動群, 運動群それぞれの群における減量介入前と介入後の測定値の比較には、対応のあるt-

表3 食行動意識に関する質問12項目に対する主成分分析の結果

項目	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	共通性
1. 1日の食事(回数や時間帯)は規則正しい	0.28	0.68	-0.03	0.03	0.54
2. 夕食の時間は遅い	-0.01	0.86	-0.03	-0.15	0.76
3. 腹八分目に食べる	0.72	0.09	0.01	-0.04	0.53
4. 時間をかけてゆっくり食べる	0.47	0.02	-0.18	-0.22	0.30
5. バランスよく食べるよう心がけている	0.60	0.28	0.13	-0.15	0.48
6. 味の濃さに気をつけ、薄味のをよく食べる	0.63	-0.07	0.12	0.02	0.42
7. 洋食より和食をよく食べる	0.39	-0.04	0.26	-0.22	0.27
8. 揚げ物、炒め物など油を使った料理をよく食べる	0.52	0.17	0.22	0.10	0.37
9. 外食や市販の惣菜をよく食べる	-0.01	0.58	0.39	0.06	0.49
10. インスタント食品や冷凍食品をよく利用する	0.03	0.48	0.52	0.05	0.50
11. ビールや日本酒などのアルコールを毎日飲む	-0.13	-0.05	0.00	0.98	0.98
12. 怒ったりイライラしたりすると食べ物に手が出る	0.21	0.01	0.88	-0.02	0.82
固有値	4.54	3.02	2.39	1.63	11.55
固有値寄与率 (%)	23.6	15.7	12.4	8.46	60.1

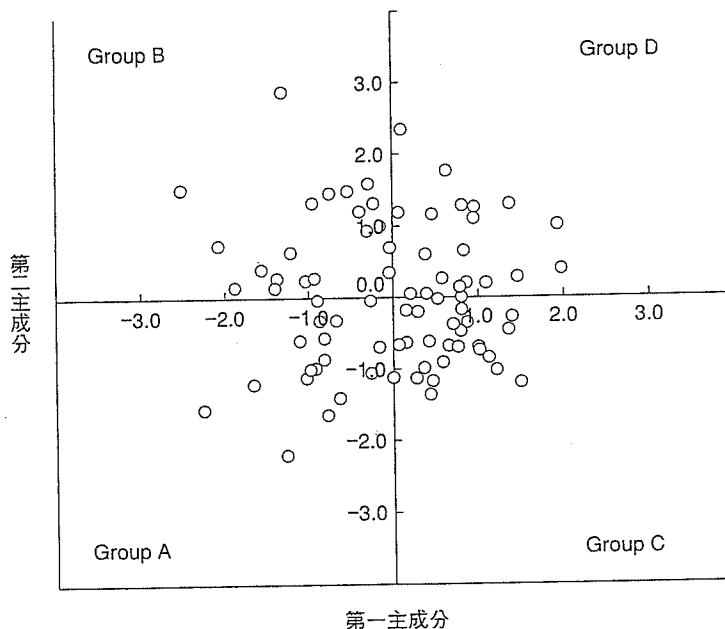


図1 減量教室開始前の主成分得点

testを利用した。項目間の相関関係はPearsonの積率相関係数から検討した。なお、統計的有意水準は5%未満とした。

結果

1. 減量教室開始前の食行動意識

1) 主成分分析の解釈

減量教室開始前の食行動意識に関する質問12項目に主成分分析を施した結

果、全分散の60.1%を説明する4つの因子を抽出することができた(表3)。第一主成分の固有値は4.54(全分散の23.6%を説明)、第二主成分の固有値は3.02(全分散の15.7%を説明)、第三主成分の固有値は2.39(全分散の12.4%を説明)、第四主成分固有値は1.63(全分散の8.4%を説明)であり、12項目中6項目が第一主成分に、12項目中3項目が第二主成分において高い因子負荷量

を有していることから、第一主成分と第二主成分を採用した。

第一主成分は「腹八分目に食べる」「味の濃さには気をつけ、薄味のものをよく食べる」「バランスよく食べるように心がけている」「揚げ物、炒め物など油を使った料理をよく食べる」「時間をかけてゆっくり食べる」「洋食より和食をよく食べる」といった食事内容や食べ方を示す6項目に大きな因子負荷量が認められたことから、食事内容・食べ方を示す因子と解釈した。第二主成分は「夕食の時間は遅い」「1日の食事(回数や時間帯)は規則正しい」「外食や市販の惣菜をよく食べる」といった食事の規則性や食事のとり方を示す3項目に高い因子負荷量が認められたことから、食事の規則性を示す因子と解釈した。

2) 各測定項目のグループ間比較

第一主成分得点と第二主成分得点から対象者をGroup A(n=17), Group B(n=26), Group C(n=20), Group D(n=19)の4グループに分類できた(図1)。

活力年齢はGroup A(53.0±11.7yr), Group B(54.3±12.7yr), Group C(53.7±11.5yr), Group D(59.8±10.8yr)であったが、年齢を共変量とした共分散分析の結果、Group Aの活力年齢はGroup Cに比べて有意に高(悪)かった。活力年齢算出のための各測定項目では、1秒量のみGroup A(31.6±0.67l/s)とGroup B(33.0±0.76l/s)との間に有意な差が認められた。肩甲骨下部皮脂厚、収縮時血圧、TC、TG、 $\dot{V}O_{2AT}$ 、 HR_{AT} 、反復横とび、閉眼片足立ちは4グループ間に有意な差が認められなかった。一元配置の分散分析の結果を表4に、年齢を共変量とした共分散分析の結果、有意差が認められた項目の推定値を表5に示した。

健康度については、Group A

表4 活力年齢算出のための測定項目

	Group A n=17	Group B n=26	Group C n=20	Group D n=19
暦年齢 (yr)	41.3 ± 12.1	49.2 ± 9.7	51.6 ± 10.1	56.9 ± 11.4
身長 (cm)	172.0 ± 7.0	169.1 ± 6.4	169.2 ± 5.2	164.9 ± 4.2
体重 (kg)	89.1 ± 20.9	81.3 ± 9.8	78.2 ± 5.8	72.2 ± 4.2
BMI (kg/m ²)	29.8 ± 4.8	28.4 ± 3.2	27.3 ± 1.3	26.6 ± 1.0
活力年齢 (yr)	53.0 ± 11.7	54.5 ± 12.7	53.7 ± 11.5	59.8 ± 10.8
肩甲骨下部皮脂厚 (mm)	31.2 ± 10.5	27.2 ± 5.1	24.9 ± 5.6	23.7 ± 5.0
収縮期血圧 (mmHg)	130.9 ± 12.1	135.3 ± 13.3	131.6 ± 19.8	138.2 ± 22.9
総コレステロール (mg/dl)	218.4 ± 40.4	216.0 ± 24.0	218.6 ± 19.5	215.6 ± 48.5
中性脂肪 (mg/dl)	154.7 ± 82.8	208.5 ± 128.6	164.7 ± 96.1	134.6 ± 40.5
$\dot{V}O_{2AT}$ (ml/kg/min)	17.0 ± 4.0	17.0 ± 4.6	17.8 ± 4.4	18.0 ± 4.2
HR_{AT} (拍/分)	112.9 ± 19.3	111.5 ± 15.8	113.8 ± 16.4	110.4 ± 14.1
反復横とび (回/20秒)	39.4 ± 8.1	39.4 ± 7.3	37.4 ± 8.0	34.2 ± 8.2
閉眼片足立ち (s)	26.2 ± 19.9	24.1 ± 20.0	25.3 ± 21.5	15.7 ± 16.9
1秒量 (l/s)	3.16 ± 0.67	3.30 ± 0.76	3.19 ± 0.51	2.71 ± 0.50

平均値±標準偏差

表5 年齢を共変量とした一元配置の共分散分析による結果

	Group A n=17	Group B n=26	Group C n=20	Group D n=19	F値	群間差*
活力年齢 (yr)	60.3 ± 2.0	55.1 ± 1.5	52.4 ± 1.7	54.0 ± 1.9	28.29	C<A
1秒量 (l/s)	2.83 ± 0.13	3.27 ± 0.10	3.25 ± 0.11	2.98 ± 0.12	18.21	A<B

推定値±標準誤差 *p<0.05

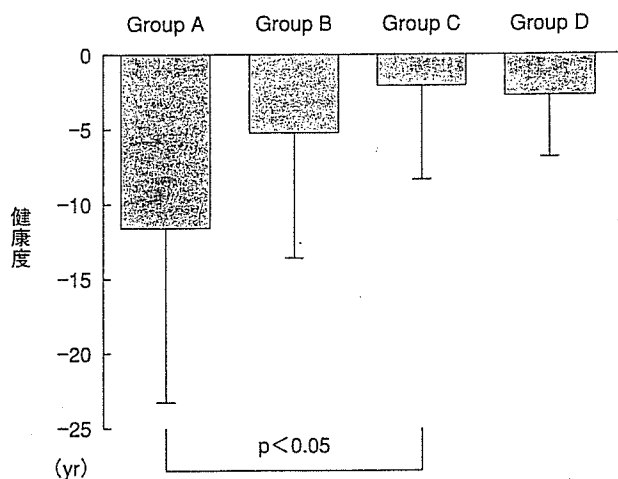


図2 健康度の比較

(-11.7±11.5yr), Group B(-5.3±8.3yr), Group C(-2.1±6.3yr), Group D(-2.9±3.9yr)となり、Group Aの健康度はGroup Cに比べて有意に低かった(図2)。

2. 減量教室前後の変化

減量教室中に家庭の事情などにより

ドロップアウトした者は9名であった。そのため減量教室開始前と終了後の2回とも統計処理できたのは、食事群(n=39), 運動群(n=11), 食事+運動群(n=23)の73名であった。

減量介入方法別に、減量教室開始前と終了後の主成分得点を示した(図3)。

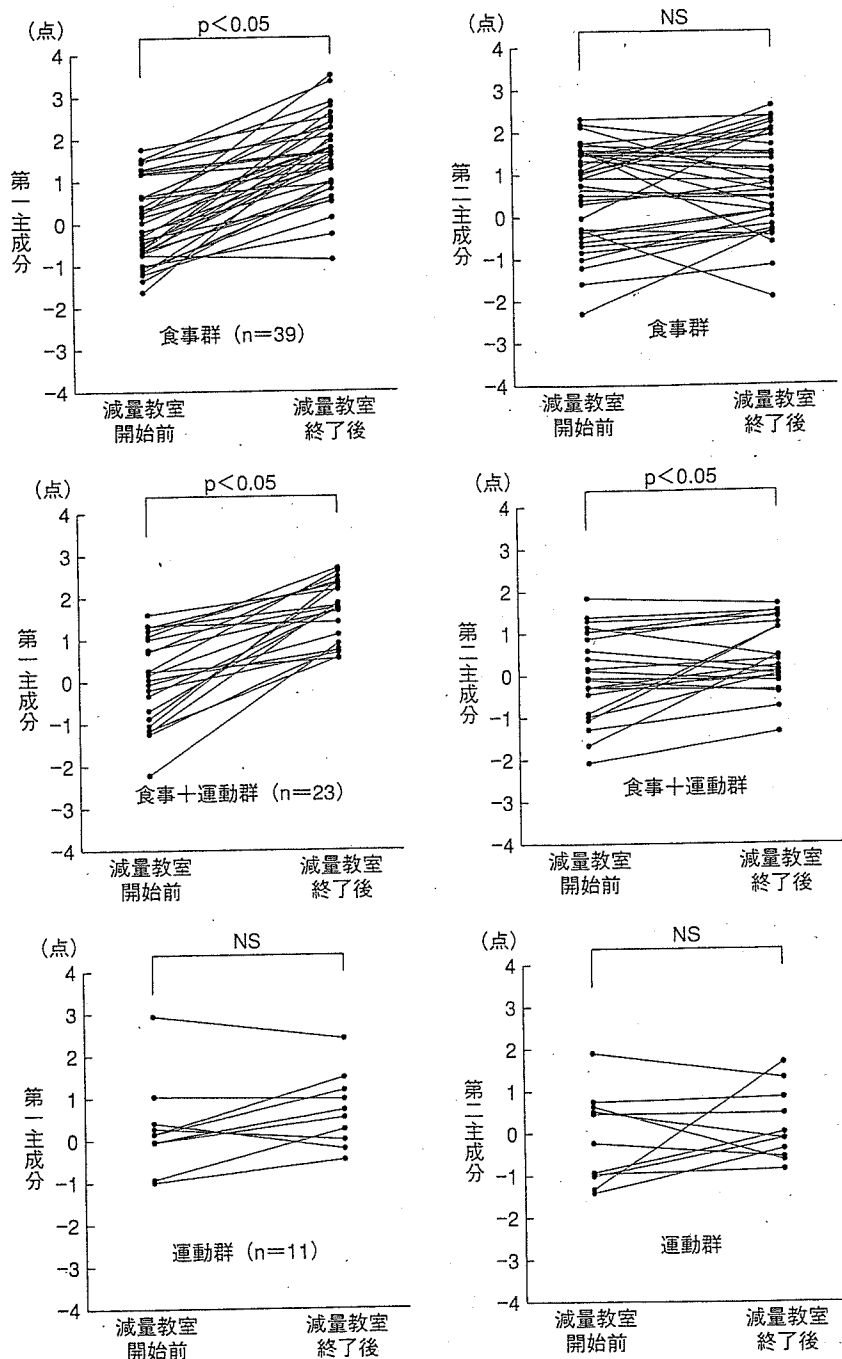


図3 減量教室開始前・終了後の主成分得点

食事群の第一主成分得点は、減量教室開始前 (-0.04 ± 0.9 点) から終了後 (1.56 ± 0.9 点) にかけて有意に改善したが、第二主成分得点は有意な改善が認められなかった。食事+運動群の第一主成分得点の開始前 (0.08 ± 1.0 点) と終了後 (1.65 ± 0.7 点)、第二主成分得点の

開始前 (0.08 ± 1.1 点) と終了後 (0.49 ± 0.8 点) はともに有意に改善した。運動群の第一主成分得点と第二主成分得点とはともに有意な改善が認められなかった。

第一主成分得点の変化量と体重の変化量との間に有意な相関関係が認められた ($r = -0.48$) が、第二主成分得点の

変化量と体重の変化量との間には有意な相関関係は認められなかった。

考察

1. 減量介入前における対象者の食行動意識と健康度の関係

本研究の対象者は肥満者であったことから、活力年齢が暦年齢より老いており、健康度が低かった。食行動意識の最も低いGroup Aの活力年齢は、他のグループよりも高(悪)い傾向にあり、健康度はGroup Cと比べて有意に低かったことから、食行動意識が低いと健康度も低下することが示唆された。活力年齢算出のための各測定項目においては、1秒量のみ有意差が認められ、その他の項目には有意差が認められなかったにもかかわらず、活力年齢および健康度にはGroup AとGroup Cとの間に有意な差が認められた。このことは、食行動意識の低下が特定の血液検査項目や体力測定項目の低下に与える影響は小さく、測定項目それぞれのわずかな差の積算効果が活力年齢を高(悪)くし、全体的、総合的に健康度を低下させることが示唆された。

2. 食行動意識の変化

食行動意識の低下が肥満および健康度の低下を引き起こすことが示唆されたことから、肥満者には食行動意識の改善を促す必要がある。本研究では食事制限プログラムに四群点数法を用いることで必要な栄養素を満たし、摂取エネルギー量は過不足なく毎食自己管理できるよう指導しており、過去同様の方法で平均8~9kgの減量に成功している¹⁵⁾。減量教室終了後には多くの対象者が減量でき、食行動意識も改善したことから、本研究で用いた減量プログラムは、食行動意識の改善にも有用であることが確認できた。

多くの研究者や企業、自治体が減量プログラムを肥満者に提供し、食行動

意識の改善を促すような教室を開いている。食行動意識の変化と減量効果との関係については、減量前の性格や行動意識をもとに減量幅を予測する研究¹⁰⁾などがなされているが、本研究のように縦断的に減量と食行動意識の変化との関係を検討したものはほとんど見当たらない。本研究において、食行動意識の改善は第一主成分(食事内容・食べ方)の影響を受けていた傾向があり、第一主成分得点の変化量と体重の変化量との間に有意な相関が認められたことから、第一主成分が減量効果に影響を及ぼしていることが示唆された。李ら¹¹⁾は、中年肥満女性を対象に減量介入の有用性を、食行動変容と遺伝的な観点から検討し、食事内容・食べ方を含む食行動異常に関連する因子が改善され、体重や体脂肪とも有意に減少したと報告している。本研究では、体重の変化量が第一主成分得点の変化量にのみ有意な相関関係が認められたことから、体重減量の効果は、食事内容・食べ方が改善したことによるものと考えられる。今後、減量教室では食事内容・食べ方の改善を見込まれるようなプログラムを立てることが、効率的な減量に貢献できると考えられる。第二主成分(食事の規則性)得点の変化量と体重の変化量に有意な相関関係を示さなかったのは、第一主成分よりも介入前後の変化が小さかったことが挙げられる。したがって、食事内容・食べ方と食事の規則性のどちらが減量に効果的かは明らかにできなかったが、食事の規則性を否定するものではない。食事の間隔が不規則だと肥満になりやすい¹²⁾ことから、食事の規則性と肥満との関連は深く、今後、減量プログラムに食事の規則性を改善する指導を加えていくことが望まれる。食事の規則性が変化しなかったもう一つの理由は、対象が中年男性で働き盛り

の者であったことが挙げられる。職を持つ男性は仕事中心の生活習慣になりやすく、食事の規則性だけでなく睡眠や運動の規則性も乱れる傾向にある¹³⁾。したがって、生活習慣を改善するといったアプローチが必要と思われる。図3に示したように食事+運動群の第二主成分が有意な改善を示していることから、日常生活に運動を取り入れ、継続したことで生活習慣が規則正しくなり、食事の時間や回数も規則正しくなったと推察できる。なお、運動群の第二主成分は、教室開始前から教室終了後にかけて若干の改善が見られたが、有意な変化ではなかった。対象者が11名と少なかったことが考えられ、今後対象者を増やして検討することが必要であろう。

謝 辞

本研究は筑波大学先端学際領域研究センター(TARA田中プロジェクト)、研究拠点形成費補助金(21世紀COEプログラム西平プロジェクト)の支援を受けて行ったものである。

文 献

- 1) 吉池信男, 西 信雄, 松島松翠ほか: Body Mass Indexに基づく肥満の程度と糖尿病, 高血圧, 高脂血症の危険因子との関連: 多施設共同研究による疫学的検討. 肥満研究 2000, 6: 4-17.
- 2) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状 平成14年国民栄養調査結果. 東京: 第一出版, 2004.
- 3) 井上修二, 鳥飼陽子: 行動療法による肥満指導の考え方. 食生活 2004, 98: 22-27.
- 4) Tate DF, Wing RR, Winnett RA: Using internet technology to deliver a behavioral weight loss program. JAMA 2001, 285: 1172-1177.
- 5) Wylie-Rosett J, Swencionis C, Ginsberg M, et al.: Computerized weight loss intervention optimizes staff time: the clinical and cost results of a controlled clinical trial conducted in a managed care setting. J Am Diet Asso 2001, 101: 1155-1162.
- 6) Ma Y, Bertone ER, Stanek EJ, et al.: Association between eating patterns and obesity in a free-living US adult population. Am J Epidemiol 2003, 158: 85-92.
- 7) Yao M, McCrory MA, Ma G, et al.: Relative influence of diet and physical activity on body composition in urban Chinese adults. Am J Clin Nutr 2003, 77: 1409-1416.
- 8) 田中喜代次, 中川 敬, 中塘二三生ほか: 中高年齢者における「肥満」「標準体重」の健康度に関する研究. 大阪ガスグループ福祉財団研究調査報告集 1989, 2: 125-131.
- 9) 池田順子, 永田久紀, 東あかねほか: 食生活診断・指導システムの一つの試み. 日公衛誌 1990, 37: 442-451.
- 10) 大隈和喜, 大隈まり, 吉松博信ほか: 質問表による肥満症患者の食行動異常抽出の試み. 日本肥満学会14回記録 1994, 316-318.
- 11) 宮武伸行, 東條光彦, 黒瀬恵深ほか: 岡山県南部健康づくりセンターにおける生活習慣尺度(ライフスタイルチェック)の作成. 保健の科学 2004, 46: 619-622.
- 12) 田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生ほか: 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定. 体育学研究 1990, 35: 121-131.
- 13) 田中喜代次, 松浦義行, 中村栄太郎: 健康評価尺度としての活力年齢の問題点. 筑波大学体育科学系紀要 1992, 15: 245-251.
- 14) 田中喜代次: 壮年者の老化度診断のための指数の作成. 松浦義行編. 数理体力学. 東京: 朝倉書店, 1993, 76-83.
- 15) Tanaka K, Okura T, Shigematsu R, et al.: Target value of intraabdominal fat area for improving coronary heart disease risk factors. Obes Res 2004, 12: 695-703.
- 16) Wamsteker EW, Geenen R, Iestra J, et al.: Obesity-related beliefs predict weight loss after an 8-week low-

- calorie diet. J Am Diet Assoc 2005, 105: 441-444.
- 17) 李 東俊, 田中喜代次, 坂根直樹ほか: 食事・運動療法と β 3-AR遺伝子多型における食行動の認知的変容. 肥満研究 2003, 9: 323-329.
- 18) 福土 審, 本郷道夫: 食行動とその異常. 日内誌 1995, 8: 1226-1230.
- 19) 厚生労働省大臣官房統計情報部編: 企業における健康対策の実態 労働者健康状況調査報告 平成14年. J 労務行政, 2004.
(受付日: 2005年9月
採択日: 2006年3月)

食事制限と運動の実践による血清脂質の変化が血液流動性に及ぼす影響

—減量前後の変化に着目して

片山 靖富^{*1} 中田 由夫^{*2,3} 大河原一憲^{*4}
沼尾 成晴^{*1} 松尾 知明^{*1} 大藏 倫博^{*2,3}
田中喜代次^{*2,3}

^{*1}筑波大学大学院博士課程人間総合科学研究科

^{*2}筑波大学大学院人間総合科学研究科

^{*3}筑波大学先端学際領域研究センター

^{*4}国立栄養研究所



「肥満研究」Vol.12 No.3 225-233 2006 別刷

原 著

食事制限と運動の実践による血清脂質の変化が血液流動性に及ぼす影響 —減量前後の変化に着目して

片山 靖富*¹, 中田 由夫*^{2,3}, 大河原一憲*⁴, 沼尾 成晴*¹, 松尾 知明*¹, 大藏 倫博*^{2,3},
田中喜代次*^{2,3}

*¹筑波大学大学院博士課程人間総合科学研究科 *²筑波大学大学院人間総合科学研究科 *³筑波大学先端学際領域研究センター

*⁴国立栄養研究所

索引用語：血液流動性, 肥満, 減量介入, 血清脂質, 循環器系疾患リスクファクター

本研究は、肥満者および肥満傾向にある中年女性を対象に、食事制限または食事制限に運動の実践を併用した減量介入を実施し、介入前後における血清脂質の変化が血液流動性に及ぼす影響について検討した。対象者は、肥満または高血圧や高脂血症、糖尿病などの所見が認められた肥満傾向にある中年女性153名であり、3ヵ月間にわたって食事制限のみを受けた群(diet only group: DO群)72名、食事制限に運動実践を併用した群(diet + exercise group: DE群)81名に分けた。測定項目は体重、体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量、内臓脂肪面積、皮下脂肪面積、血液細孔通過時間、血液検査であった。減量(DO群, -6.2 ± 3.2 kg; DE群, -7.7 ± 3.1 kg)に伴って、血液細孔通過時間(DO群, -4.7 ± 9.4 秒; DE群, -4.5 ± 6.4 秒)は両群とも有意に改善したが、介入方法の違いに有意な差は認められなかった。血液細孔通過時間の変化量と血清脂質(LDLコレステロールや中性脂肪)の変化量との間には有意な相関がみられず、赤血球($r=0.16$)やヘモグロビン($r=0.16$)、ヘマトクリット($r=0.17$)、総コレステロール($r=0.16$)、HDLコレステロール($r=0.19$)の変化との間に有意な相関がみられた。以上の結果から、血液細孔通過時間は減量に伴って短縮し、血液流動性が改善する可能性はあるが、その変化は血清脂質の改善だけでは説明できず、複数の血液成分の変化が関与していることが示唆された。

はじめに

動脈硬化や虚血性心疾患、脳梗塞といった循環器系疾患の発症には、血清脂質などが関与していることを分子・生化学的側面から明らかにされている¹⁾が、血流が血栓形成などの循環器系疾患の発症原因になる²⁾ことから、血液の物理・流体力学的性質と血液の流動挙動を研究する学問(hemorheology; ヘモレオロジー)的側面からの検討も必要である。血管内の血液の流れ(血

流)を理解する際に基本となるのは、Hagen-Poiseuilleの法則(円筒管内を流体が流量 Q で流れている時に、円筒管両端の圧力差 ΔP , 円筒管の半径 r , 円筒管の長さ l , 流体の力学的特性(粘度 η)の間に、 $Q = [(\pi r^4)/8\eta] \cdot [\Delta P/l]$ が成り立つ)である。つまり、血液の流れに必要な駆動力は、心臓の収縮力によるものであるが、駆動力が一定と仮定した場合、血液の流れは血液自身が持つ流体力学的性質によって変化する³⁾。ここでは、その血液の流体力学

的性質を血液流動性と定義する。

先行研究では、血管の状態(動脈硬化や血管狭窄など)や血圧については循環器系疾患との関係が明らかにされているものの、血液流動性に関する研究はそれほど進んでいない。血液流動性が悪化すると血流障害が生じ⁴⁾、血栓を形成する⁵⁾。さらに、長期間に及ぶ血液流動性の悪化は、循環器系疾患の罹患率や死亡率を高めることが報告されている^{5,6)}。また、循環器系疾患患者の血液流動性は、健常者と比べて悪

表1 対象者の身体的特徴

	全体 n=153		DO group n=72		DE group n=81		t-test
	mean±SD	range	mean±SD	range	mean±SD	range	
年齢 (yr)	49.9±9.2	25-67	50.4±8.7	26-64	49.5±9.6	25-67	n.s.
身長 (cm)	154.1±5.7	136.3-169.3	153.5±6.3	136.3-169.3	154.5±5.1	140.7-167.0	n.s.
体重 (kg)	65.2±9.1	50.0-124.2	65.8±10.8	50.8-124.2	64.8±7.2	50.0-83.7	n.s.
BMI (kg/m ²)	27.4±3.1	23.2-48.9	27.9±3.8	23.4-18.9	27.1±2.3	23.2-33.5	n.s.

DO : diet only group(DO群), DE : diet + exercise group(DE群), BMI : body mass index, t-test : DO群とDE群との比較, n.s. : not significant

化している⁷⁾。これらの先行研究は、血液流動性が独立した循環器系疾患のリスクファクターであることを示唆しており、血液流動性を評価することは、血栓形成や循環器系疾患の予防や管理に貢献する可能性がある。

血液流動性は、血液成分の容積や機能によって変化する。血清脂質は血液流動性に影響を及ぼし⁸⁾、循環器系疾患のリスクファクターでもあることから、血清脂質が高い傾向にある肥満者は血液流動性が悪化していると考えられる。しかしながら、肥満者の血液流動性を測定した先行研究は非常に少なく⁹⁾、減量に伴う血液流動性の変化と血清脂質の変化との関連性については明らかにされていない。また、運動実践によって脂質代謝の改善が報告されている¹⁰⁾ことから、食事制限に運動実践を加えたほうが血液流動性の改善に効果的であると予想されるが、運動実践が血液流動性に及ぼす影響について一致した見解が得られていない¹¹⁾。そこで、本研究では肥満者および肥満傾向にある中年女性を対象に、食事制限または食事制限に運動実践を併用した減量介入をおこない、介入前後における血清脂質の変化が血液流動性に及ぼす影響について検討することとした。

対象と方法

1. 対象者

対象者は、自治体などの健康支援事業による減量教室に参加した、肥満ま

たは高血圧や高脂血症、糖尿病などの減量の必要がある所見が認められた中年女性153名であった。対象者の希望や生活状況、身体状況などを考慮し、食事制限のみを受けた群(diet only group : DO群)72名、食事制限に運動実践を併用した群(diet + exercise group : DE群)81名に分けた。各群の身体的特徴は表1に示したように、群間差は認められなかった。また、閉経状況においても群間差は認められなかった(DO群 : 閉経前39名(48.1%)、閉経期2名(2.5%)、閉経後31名(38.3%)、不明・未回答9名(11.1%) ; DE群 : 閉経前31名(43.1%)、閉経期2名(2.8%)、閉経後25名(34.7%)、不明・未回答14名(19.4%)。対象者には、研究目的や測定内容について十分に説明し研究協力の同意を得た。また、研究の実施にあたり、筑波大学倫理委員会の承認を得た。

2. 減量介入方法

1) 食事制限

DO群およびDE群ともに14週間にわたって食事制限をおこなった。本研究でおこなった食事制限は、1食あたり400kcal、1日1,200kcalを目標に、対象者自身で栄養バランスの良い食事の管理ができるよう四群点数法¹²⁾を用いた。四群点数法は、食品に含まれる栄養素によって食品を4つの群(1群 : 卵・乳製品、2群 : 肉類・魚介類・豆製品、3群 : 野菜類・芋類・海藻類・果実類、4群 : 穀類・油脂類・さとう

などの調味料・その他の嗜好品)に分類されており、80kcalを1点として栄養計算する方法であることと、摂取エネルギーを抑えながらも良好な栄養バランスを維持することができる。本研究では、1群から1点、2群から1点、3群から1点、4群から2点、合計5点(400kcal)の範囲内で食品を選択し、摂取するよう指導した。指導方法は、毎日の食事記録を対象者に記録させ、管理栄養士がそれをもとに摂取エネルギー量と栄養バランスの確認やアドバイスなどの個別指導と、食事のとり方などについての集団指導を週に1回(90分)おこなった。

2) 運動実践

DE群は、集団指導による監視型運動プログラムを週2~3回、14週間で合計30回おこなった。1回の運動内容は、15分間のウォーミングアップ、60分間の主運動、15分間のクーリングダウンで構成され、主運動ではウォーキング(歩行距離 : 4~6 km)などの有酸素性運動を中心におこなった。運動強度は、脂質代謝機能の改善ができる無酸素性代謝閾値付近、自覚的運動強度が12~15あたり、無酸素性代謝閾値に相当する心拍数±20拍/分あたりとなることから、1回の教室での運動による消費エネルギー量は150~250kcal程度となる¹³⁾。また、介入中は介入前と比べて、日常生活の身体活動に変化がなかったことを運動日誌によって確認している。

3. 測定項目

1) 身体的特徴

身長と体重を測定し、body mass index (BMI)を算出した。体脂肪率や体脂肪量、除脂肪量は、オムロン社製インピーダンス計(HBF-300)を用いて測定した。内臓脂肪面積と皮下脂肪面積は、computed tomography(CT)を用いて腹部断面画像を撮影し、内臓脂肪計測ソフトFat Scan ver.2(N2システム)よりコンピュータ解析することで算出した。収縮期血圧と拡張期血圧は15分の安静座位後、ヤガミ社製水銀血圧計を用いて測定した。

2) 血液流動性と血液検査項目

参加者には、検査の前日の激しい運動を控えるよう指示し、測定当日は12時間以上の絶食状態で肘正中皮静脈より採血をおこなった。なお、測定当日に食事、服薬をした参加者は除外している。血液流動性は、microchannel array flow analyzer(MC-FAN; 日立原町電子工業)¹⁴⁾を用い血液細孔通過時間を測定した。一般的に、血液粘度を測定することで血液流動性を評価する。最近、粘度計に替わる新しい測定方法として、毛細血管をモデルとしたフィルター(細孔)に血液標本を通過させ、それに要する時間を測定することで血液流動性を評価する方法(フィルター法)が開発され、MC-FANはその原理を用いた血液流動性測定機器である。MC-FANでは、血液標本0.1mlが7 μ mのフィルターを通過する時間(血液細孔通過時間)を計測することで血液流動性を評価するものである。MC-FANを用いて血栓形成や梗塞状態の評価に貢献できる可能性を示した報告¹⁵⁾や、血液流動性が肥満度、血清総コレステロール、LDLコレステロールと有意に相関するという報告^{16, 17)}もあることから、臨床の場で血栓形成や梗塞など循環器系疾患の予防や管理など

に応用できる可能性を示唆している。血液検査項目は、赤血球数(red blood cell count; RBC)、ヘモグロビン(hemoglobin; Hb)、ヘマトクリット(hematocrit; Hct)、白血球数(white blood cell count; WBC)、血小板数(platelets; Plt)、総コレステロール(total cholesterol; TC)、高比重リポ蛋白コレステロール(high-density lipoprotein cholesterol; HDL-C)、中性脂肪(triglycerides; TG)、空腹時血糖(fasting plasma glucose; FPG)、糖化ヘモグロビン(hemoglobin A_{1c}; HbA_{1c})、フィブリノーゲン(fibrinogen; Fbg)であった。低比重リポ蛋白コレステロール(low-density lipoprotein cholesterol; LDL-C)は、Friedewaldの式¹⁸⁾により算出した。

3) 冠危険因子

冠危険因子は、BMI 25以上、内臓脂肪面積100cm²以上、収縮期血圧140mmHg以上または拡張期血圧90mmHg以上、総コレステロール220mg/dl以上、HDL-C 40mg/dl未満、TG 150mg/dl以上、空腹時血糖110mg/dl以上またはHbA_{1c} 5.8%以上の7項目とした。

4. 統計処理

減量介入前の血液細孔通過時間、血液検査項目、身体的特徴、身体組成の群間差を検討するために、対応のないt検定を用いた。また、血液細孔通過時間別にみた身体的特徴および血液成分の比較をおこなうために、血液細孔通過時間の四分位偏差から対象者を4つの群に分け、一元配置の分散分析を施した。統計的有意差が認められた項目については、Bonferroniの事後検定をおこなった。群内における減量介入前後の測定値の比較は、対応のあるt検定を用いた。介入前後の測定値の群間差を検討するために、時間(介入前と介入後)と介入方法(DO群とDE群)

を要因とする反復測定二元配置分散分析を施した。二変量間の相関関係は、Pearsonの積率相関係数によって表した。測定項目の値は、平均値 \pm 1標準偏差で表し、統計的有意水準は5%未満に設定した。

結果

1. 血液細孔通過時間別にみた身体的特徴および血液成分の変化

介入前における血液細孔通過時間の四分位偏差から対象者を4つの群(A群, 32.8~42.2秒; B群, 42.3~45.9秒; C群, 46.0~50.5秒; D群, 50.6~92.2秒)に分け、対象者の身体的特徴、肥満度、血液検査項目、冠危険因子数を比較した。その結果、有意な群間差が認められた項目は、WBC, RBC, Hb, Hct, HbA_{1c}, Fbg, 内臓脂肪面積であり、体脂肪率においては有意傾向(A群vs B群, $p=0.07$; B群vs C群, $p=0.05$)、それ以外の測定項目には有意差が認められなかった(表2)。

2. 減量に伴う各測定項目の変化

体重, BMI, 体脂肪率, 体脂肪量, 除脂肪量, 内臓脂肪面積, 皮下脂肪面積, 収縮期血圧, 拡張期血圧は両群ともに介入前後で有意に減少した。また、体重, BMI, 体脂肪率, 体脂肪量, 拡張期血圧は、2群間に有意な交互作用が認められた(表3)。血液細孔通過時間は、両群ともに介入前後で有意に減少したが、介入前の血液細孔通過時間が早すぎた者は、介入後に遅くなり、全体として約40秒に近づく傾向にあった(図1)。DO群の血液検査項目はRBC, Hct, Plt, TC, TG, HbA_{1c}が介入前後で有意に減少し、DE群ではRBC, Hct, Plt, TC, LDL-C, TG, FPG, HbA_{1c}が有意に減少した。また、2群間に有意な交互作用が認められた項目はなかった。

表 2 減量に伴う各測定項目の変化(血液細孔通過時間別)

		血液細孔通過時間				ANOVA	交互作用	
		A)32.8~42.2秒 n=38	B)42.3~45.9秒 n=38	C)46.0~50.5秒 n=38	D)50.6~92.2秒 n=39			
年齢	(歳)	47.3 ± 8.8	50.8 ± 10.2	51.3 ± 7.8	50.4 ± 9.5	n.s.		
身長	(cm)	154.3 ± 6.2	154.0 ± 6.3	153.3 ± 5.6	154.6 ± 4.8	n.s.		
体重	(kg)	介入前	64.8 ± 7.7	63.4 ± 6.5	64.7 ± 8.0	67.9 ± 12.5	n.s.	
		変化量	-7.3 ± 3.4*	-7.3 ± 3.2*	-6.8 ± 3.1*	-6.5 ± 3.2*	n.s.	n.s.
BMI	(kg/m ²)	介入前	27.1 ± 2.3	26.8 ± 2.8	27.5 ± 2.4	28.3 ± 4.4	n.s.	
		変化量	-3.1 ± 1.4*	-3.0 ± 1.3*	-2.6 ± 1.9*	-2.7 ± 1.2*	n.s.	n.s.
体脂肪率	(%)	介入前	34.3 ± 2.7	34.2 ± 4.0	35.6 ± 3.0	36.3 ± 4.1	n.s.	
		変化量	-4.6 ± 2.5*	-4.7 ± 2.4*	-2.8 ± 6.0*	-3.4 ± 2.0*	n.s.	<0.05
体脂肪量	(kg)	介入前	22.3 ± 3.8	21.8 ± 4.2	22.5 ± 5.7	25.0 ± 7.6	n.s.	
		変化量	-5.0 ± 2.4*	-5.1 ± 2.4*	-3.9 ± 4.4*	-4.4 ± 2.3*	n.s.	n.s.
除脂肪量	(kg)	介入前	42.5 ± 4.6	41.6 ± 3.6	42.2 ± 5.8	42.9 ± 5.4	n.s.	
		変化量	-2.7 ± 3.7*	-2.5 ± 1.6*	-2.3 ± 1.3*	-2.0 ± 1.6*	n.s.	n.s.
内臓脂肪面積	(cm ²)	介入前	74.7 ± 35.7	93.4 ± 45.7	93.4 ± 35.5	106.3 ± 48.4	n.s.	
		変化量	-22.0 ± 28.9*	-27.9 ± 23.1*	-24.4 ± 23.1*	-22.6 ± 24.4*	n.s.	n.s.
皮下脂肪面積	(cm ²)	介入前	251.0 ± 42.6	237.1 ± 77.6	257.3 ± 56.0	272.4 ± 97.8	n.s.	
		変化量	-48.8 ± 63.4*	-66.0 ± 48.9*	-54.2 ± 38.5*	-62 ± 62*	n.s.	n.s.
収縮期血圧	(mmHg)	介入前	130 ± 18	133 ± 17	135 ± 17	139 ± 18	n.s.	
		変化量	-12 ± 12*	-11 ± 12*	-10 ± 10*	-10 ± 11*	n.s.	n.s.
拡張期血圧	(mmHg)	介入前	83 ± 11	82 ± 10	86 ± 11	87 ± 11	n.s.	
		変化量	-8 ± 9*	-7 ± 11*	-8 ± 9*	-5 ± 8*	n.s.	n.s.
白血球	(/μl)	介入前	5097 ± 969	5368 ± 1375	5582 ± 1113	6205 ± 1640	A<D	
		変化量	45 ± 1012	147 ± 1093	121 ± 1635	226 ± 947	n.s.	n.s.
赤血球	(10 ⁴ /μl)	介入前	431 ± 36	447 ± 33	461 ± 30	457 ± 33	A<C, D	
		変化量	-13 ± 21*	-4 ± 28	-11 ± 29*	-6 ± 21	n.s.	n.s.
ヘモグロビン	(g/dl)	介入前	12.4 ± 1.2	13.2 ± 1.0	13.8 ± 0.9	13.5 ± 1.1	A<B, C, D	
		変化量	-0.1 ± 0.5	0.0 ± 0.8	-0.2 ± 0.8	-0.1 ± 0.6	n.s.	n.s.
ヘマトクリット	(%)	介入前	38.2 ± 3.0	40.3 ± 2.7	42.1 ± 2.2	41.7 ± 3.2	A<B, C, D	
		変化量	-1.0 ± 1.8*	-0.2 ± 2.7	-0.8 ± 2.5	-0.8 ± 2.1*	n.s.	n.s.
血小板	(10 ⁴ /μl)	介入前	28.2 ± 6.9	25.9 ± 4.8	25.5 ± 6.0	26.5 ± 5.7	n.s.	
		変化量	-2.4 ± 3.8*	-1.2 ± 3.0*	-1.2 ± 3.7	-1.0 ± 4.2	n.s.	n.s.
総コレステロール	(mg/dl)	介入前	210 ± 38	227 ± 33	229 ± 30	218 ± 29	n.s.	
		変化量	-10 ± 21*	-11 ± 28*	-9 ± 28*	-6 ± 17*	n.s.	n.s.
HDLコレステロール	(mg/dl)	介入前	62 ± 14	64 ± 16	59 ± 14	62 ± 21	n.s.	
		変化量	0 ± 9	0 ± 10	2 ± 8	0 ± 8	n.s.	n.s.
LDLコレステロール	(mg/dl)	介入前	130 ± 33	140 ± 33	145 ± 28	133 ± 33	n.s.	
		変化量	-7 ± 20*	-4 ± 27	-5 ± 25	-3 ± 18	n.s.	n.s.
中性脂肪	(mg/dl)	介入前	88 ± 44	116 ± 120	120 ± 67	113 ± 58	n.s.	
		変化量	-17 ± 33*	-37 ± 110*	-31 ± 61*	-14 ± 52	n.s.	n.s.
血糖	(mg/dl)	介入前	94 ± 9	101 ± 34	99 ± 20	104 ± 24	n.s.	
		変化量	-5 ± 8*	-11 ± 29*	-4 ± 13	-8 ± 19*	n.s.	n.s.
HbA _{1c}	(%)	介入前	4.9 ± 0.3	5.4 ± 1.0	5.3 ± 0.9	5.5 ± 1.1	A<D	
		変化量	-0.1 ± 0.2	-0.3 ± 0.7*	-0.2 ± 0.5*	-0.3 ± 0.7*	n.s.	n.s.
フィブリノーゲン	(mg/dl)	介入前	256 ± 43	279 ± 51	312 ± 53	328 ± 55	A<C, D	
		変化量	29 ± 50*	24 ± 57*	12 ± 73	29 ± 47*	n.s.	n.s.
冠危険因子数	(個)	介入前	2.1 ± 1.1	2.5 ± 1.6	2.8 ± 1.5	3.0 ± 1.3	A<D	
		変化量	-1.2 ± 1.0*	-1.2 ± 1.5*	-1.4 ± 1.3*	-1.2 ± 1.5*	n.s.	n.s.
血液細孔通過時間	(秒)	介入前	39.6 ± 2.1	43.9 ± 1.1	48.0 ± 1.4	56.9 ± 8.2	A<B<C<D	
		変化量	-0.7 ± 4.9	-1.2 ± 6.4	-3.8 ± 4.6*	-12.5 ± 8.7*	A, B, C<D	<0.05

平均値 ± 1 標準偏差

BMI : body mass index, HbA_{1c} : hemoglobin A_{1c}, HDL : high-density lipoprotein, LDL : low-density lipoprotein

* : 介入前に比べて有意な変化(p<0.05)

n.s. : not significant

表3 減量に伴う各測定項目の変化(介入方法別)

			全体 n=153	DO group n=72	DE group n=81	t-test	交互作用
体重	(kg)	介入前	65.2 ± 9.1	65.8 ± 10.8	64.8 ± 7.2	n.s.	
		変化量	-7.0 ± 3.2*	-6.2 ± 3.2*	-7.7 ± 3.1*	DO<DE	<0.05
BMI	(kg/m ²)	介入前	27.4 ± 3.1	27.9 ± 3.8	27.1 ± 2.3	n.s.	
		変化量	-2.9 ± 1.5*	-2.6 ± 1.2*	-3.1 ± 1.7*	n.s.	<0.05
体脂肪率	(%)	介入前	35.1 ± 3.6	35.3 ± 3.9	35.0 ± 3.3	n.s.	
		変化量	-3.8 ± 3.6*	-3.4 ± 2.2*	-4.3 ± 4.5*	n.s.	<0.05
体脂肪量	(kg)	介入前	22.9 ± 5.7	23.4 ± 6.4	22.5 ± 4.9	n.s.	
		変化量	-4.6 ± 3.0*	-4.1 ± 2.2*	-5.1 ± 3.5*	DO<DE	<0.05
除脂肪量	(kg)	介入前	42.3 ± 4.9	42.3 ± 5.3	42.3 ± 4.5	n.s.	
		変化量	-2.4 ± 2.3*	-2.4 ± 2.9*	-2.4 ± 1.5*	n.s.	n.s.
内臓脂肪面積	(cm ²)	介入前	92.0 ± 42.9	93.3 ± 51.0	91.0 ± 35.4	n.s.	
		変化量	-24.2 ± 24.8*	-20.6 ± 24.5*	-27.2 ± 24.8*	n.s.	n.s.
皮下脂肪面積	(cm ²)	介入前	254.4 ± 72.4	255.4 ± 79.3	253.7 ± 66.7	n.s.	
		変化量	-57.8 ± 54.2*	-49.5 ± 41.2*	-64.6 ± 62.2*	n.s.	n.s.
収縮期血圧	(mmHg)	介入前	134 ± 18	136 ± 20	133 ± 16	n.s.	
		変化量	-11 ± 11*	-10 ± 11*	-11 ± 12*	n.s.	n.s.
拡張期血圧	(mmHg)	介入前	85 ± 11	85 ± 12	84 ± 10	n.s.	
		変化量	-7 ± 9.0*	-6 ± 9*	-8 ± 9*	n.s.	<0.05
白血球	(1/μl)	介入前	5567 ± 1354	5468 ± 1406	5656 ± 1308	n.s.	
		変化量	-113 ± 1194	-60 ± 1080	-160 ± 1291	n.s.	n.s.
赤血球	(10 ⁴ /μl)	介入前	449 ± 35	447 ± 36	451 ± 34	n.s.	
		変化量	-9 ± 25*	-8 ± 22*	-9 ± 27*	n.s.	n.s.
ヘモグロビン	(g/dl)	介入前	13.3 ± 1.2	13.2 ± 1.3	13.3 ± 1.0	n.s.	
		変化量	-0.1 ± 0.7	-0.1 ± 0.7	-0.1 ± 0.7	n.s.	n.s.
ヘマトクリット	(%)	介入前	40.6 ± 3.2	40.4 ± 3.6	40.7 ± 2.7	n.s.	
		変化量	-0.7 ± 2.3*	-0.6 ± 2.1*	-0.8 ± 2.5*	n.s.	n.s.
血小板	(10 ⁴ /μl)	介入前	26.5 ± 5.9	26.2 ± 6.3	26.8 ± 5.6	n.s.	
		変化量	-1.4 ± 3.7*	-1.4 ± 3.3*	-1.5 ± 4.1*	n.s.	n.s.
総コレステロール	(mg/dl)	介入前	221 ± 33	217 ± 33	224 ± 33	n.s.	
		変化量	-9 ± 24*	-6 ± 23*	-12 ± 24*	n.s.	n.s.
HDLコレステロール	(mg/dl)	介入前	62 ± 16	63 ± 19	61 ± 14	n.s.	
		変化量	0 ± 9	0 ± 7	1 ± 10	n.s.	n.s.
LDLコレステロール	(mg/dl)	介入前	137 ± 32	134 ± 30	140 ± 34	n.s.	
		変化量	-5 ± 23*	-2 ± 22	-7 ± 23*	n.s.	n.s.
中性脂肪	(mg/dl)	介入前	109 ± 78	104 ± 52	114 ± 95	n.s.	
		変化量	-25 ± 70*	-18 ± 37*	-30 ± 90*	n.s.	n.s.
血糖	(mg/dl)	介入前	100 ± 24	99 ± 26	100 ± 22	n.s.	
		変化量	-7 ± 19*	-5 ± 21	-9 ± 17*	n.s.	n.s.
HbA _{1c}	(%)	介入前	5.3 ± 0.9	5.2 ± 0.8	5.3 ± 1.0	n.s.	
		変化量	-0.2 ± 0.6*	-0.2 ± 0.4*	-0.3 ± 0.7*	n.s.	n.s.
フィブリノーゲン	(mg/dl)	介入前	298 ± 58	303 ± 61	294 ± 55	n.s.	
		変化量	23 ± 58	27 ± 64	20 ± 52	n.s.	n.s.
冠危険因子数	(個)	介入前	2.6 ± 1.4	2.8 ± 1.4	2.4 ± 1.4	n.s.	
		変化量	-1.2 ± 1.3	-1.1 ± 1.2	-1.3 ± 1.4	n.s.	n.s.
血液細孔通過時間	(秒)	介入前	47.2 ± 7.7	47.4 ± 9.1	47.0 ± 6.3	n.s.	
		変化量	-4.6 ± 7.9*	-4.7 ± 9.4*	-4.5 ± 6.4*	n.s.	n.s.

平均値 ± 1 標準偏差

DO : diet only group (DO群), DE : diet + exercise group (DE群)

BMI : body mass index, HbA_{1c} : hemoglobin A_{1c}, HDL : high-density lipoprotein, LDL : low-density lipoprotein

* : 介入前に比べて有意な変化 (p < 0.05)

t-test : DO群とDE群との比較

n.s. : not significant

3. 減量介入前における血液細孔通過時間と各測定項目との相関関係(表4)

対象者全体について介入前の血液細孔通過時間と各測定項目との相関関係を検討したところ、血液細孔通過時間と有意な相関関係を示した測定項目は、体脂肪率、内臓脂肪面積、収縮期血圧、拡張期血圧であった。血液検査項目においては、RBC、Hb、Hct、WBC、Fbgとの間に有意な相関関係がみられた。

4. 血液細孔通過時間の変化量と各測定項目の変化量との相関関係(表5)

減量に伴う各測定項目の変化に、DO群とDE群との間に有意な交互作用が認められなかったことから、血液細孔通過時間の変化量と各測定項目の変化量との相関は両群合わせて検討した。血液細孔通過時間の変化量と体重やBMI、体脂肪率、内臓脂肪面積の変化量との間に有意な相関関係はみられなかった。血液細孔通過時間の変化量とRBC、Hb、Hct、TC、HDL-Cの変化量との間に有意な相関関係がみられた。

考察

本研究では、肥満者の血清脂質と血液流動性との関連性について検討した。一般に、LDL-CやTGは血液粘度を増加させる⁸⁾だけでなく、赤血球集合を亢進させる¹⁹⁾ことから、血液流動性の悪化に寄与すると考えられている。肥満者¹⁰⁾や高コレステロール患者、高脂血症患者¹⁷⁾の血液流動性は悪化していることが報告されており、その原因は、LDL-CやTG濃度の上昇によるものだと考えられている。本研究では、介入前における血液細孔通過時間の四分位偏差から対象者を4つの群(A群, 32.8~42.2秒; B群, 42.3~45.9秒; C群,

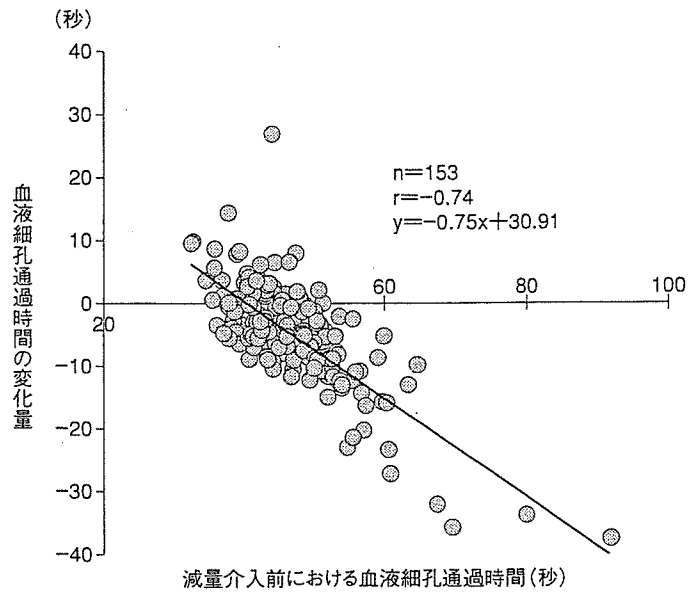


図1 減量介入前の血液細孔通過時間と減量介入後におけるその変化量との関係

表4 減量介入前における血液細孔通過時間と各測定項目との相関

		r	p
年齢	(yr)	0.11	0.19
身長	(cm)	-0.02	0.82
体重	(kg)	0.08	0.35
BMI	(kg/m ²)	0.10	0.20
体脂肪率	(%)	0.16	<0.05
体脂肪量	(kg)	0.12	0.16
除脂肪量	(kg)	0.02	0.79
内臓脂肪面積	(cm ²)	0.21	0.01
皮下脂肪面積	(cm ²)	0.11	0.18
収縮期血圧	(mmHg)	0.18	0.02
拡張期血圧	(mmHg)	0.21	<0.01
赤血球	(10 ⁴ /μl)	0.25	<0.01
ヘモグロビン	(g/dl)	0.33	<0.01
ヘマトクリット	(%)	0.36	<0.01
白血球	(/μl)	0.25	<0.01
血小板	(10 ⁴ /μl)	-0.14	0.09
総コレステロール	(mg/dl)	0.05	0.56
HDLコレステロール	(mg/dl)	-0.03	0.73
LDLコレステロール	(mg/dl)	0.03	0.71
中性脂肪	(mg/dl)	0.07	0.43
血糖	(mg/dl)	0.06	0.47
HbA _{1c}	(%)	0.12	0.14
フィブリノーゲン	(mg/dl)	0.31	<0.01

BMI : body mass index, HbA_{1c} : hemoglobin A_{1c}, HDL : high-density lipoprotein
LDL : low-density lipoprotein

表5 減量介入前から介入後における血液細孔通過時間の変化量と各測定項目の変化量との相関

		r	p
Δ体重	(kg)	-0.02	0.85
ΔBMI	(kg/m ²)	-0.03	0.71
Δ体脂肪率	(%)	-0.02	0.78
Δ体脂肪量	(kg)	-0.01	0.89
Δ除脂肪量	(kg)	0.09	0.27
Δ内臓脂肪面積	(cm ²)	-0.08	0.36
Δ皮下脂肪面積	(cm ²)	0.10	0.23
Δ収縮期血圧	(mmHg)	0.01	0.91
Δ拡張期血圧	(mmHg)	-0.01	0.91
Δ赤血球	(10 ⁴ /μl)	0.16	<0.05
Δヘモグロビン	(g/dl)	0.16	<0.05
Δヘマトクリット	(%)	0.17	0.03
Δ白血球	(/μl)	0.12	0.13
Δ血小板	(10 ⁴ /μl)	-0.06	0.45
Δ総コレステロール	(mg/dl)	0.16	<0.05
ΔHDLコレステロール	(mg/dl)	0.19	0.02
ΔLDLコレステロール	(mg/dl)	0.08	0.35
Δ中性脂肪	(mg/dl)	0.03	0.70
Δ血糖	(mg/dl)	0.10	0.21
ΔHbA _{1c}	(%)	0.08	0.33
Δフィブリノーゲン	(mg/dl)	0.01	0.90

BMI : body mass index, HbA_{1c} : hemoglobin A_{1c}, HDL : high-density lipoprotein
LDL : low-density lipoprotein

46.0~50.5秒; D群; 50.6~92.2秒)に分け、対象者の身体的特徴、肥満度、血液検査項目、冠危険因子数を比較した結果、内臓脂肪面積においては有意な群間差が認められ、血液細孔通過時間が最も延長していたD群の内臓脂肪面積が大きく、体脂肪率においては有意傾向(A群 vs D群, $p=0.07$; B群 vs D群, $p=0.05$)にあった。また、介入前において血液細孔通過時間と体脂肪率、内臓脂肪面積との間に有意な相関関係にあったことから、血液細孔通過時間が延長している者は、肥満とくに脂肪、内臓脂肪の割合が多い傾向にあった。その血液細孔通過時間が延長している原因は、WBCやRBCなどの血球関係、Fbg, HbA_{1c}において有意な群間差が認められたことから、LDL-CやTGだけの影響でないことが示唆された。さらに、介入前において血液細

孔通過時間が最も遅かったD群は、介入後、4群のなかで最も短縮したが、LDL-CやTGなどの血清脂質の変化量に群間差が認められなかったこと、血液細孔通過時間の変化量とLDL-CやTGの変化量との間に有意な相関関係がなかったことから、LDL-CやTGの変化が血液細孔通過時間に及ぼす影響は小さく、RBCやHDL-Cが血液流動性に影響を与えたことが示唆された。Hctが増加すると血液粘度は指数関数的に増加する²⁰⁾ことから、RBCは血液流動性に影響を及ぼす重要な因子である。RBC増加の原因に極度の肥満やストレスがある²¹⁾が、本研究における対象者のRBCは基準範囲内であった。しかしながら、減量に伴ってRBCが減少したことから、軽度の肥満によるRBCのわずかな増加が血液流動性を悪化させる可能性が示唆された。一方、

HDL-Cは赤血球集合を抑制する²²⁾ことから、血液流動性を改善する方向に働くことが考えられる。しかしながら、HDL-Cは介入前後で有意な変化を示さなかったことから、減量に伴う血液流動性の変化がHDL-Cだけで説明できるとは考えにくい。その他の因子として、血漿蛋白質も血液流動性に関与する⁸⁾。とくに、Fbgは血栓の形成を促し、血液流動性を悪化させることから、循環器系疾患のリスクファクターになりうる可能性が示唆されている²³⁾。本研究では、介入前において血液細孔通過時間とFbgに有意な相関関係がみられたが、Fbgの変化量と血液細孔通過時間の変化量との間に有意な相関関係はみられなかった。Fbgは介入前後で変化しなかったことがその一因として考えられる。介入前において血液細孔通過時間と有意な相関関係がみられた項目や、血液細孔通過時間の変化量と血液成分の変化量との間に有意な相関関係がみられた項目の相関係数はいずれも小さかった。このことから、肥満者において血液流動性を悪化させると考えられているLDL-CやTGと血液細孔通過時間の関連性は大きくなく、複数の血液成分が血液流動性に影響している可能性が示唆された。

減量に伴って血液細孔通過時間が短縮したが体重やBMI、体脂肪率、内臓脂肪面積の変化量と血液細孔通過時間の変化量との間に有意な相関関係がみられなかった。これは、肥満者すべての血液細孔通過時間が遅延していたわけではなく、図1が示すように介入前に血液細孔通過時間が早すぎた者は、通過時間が遅延し、健常女性の血液細孔通過時間の40秒前後²⁴⁾に近づいた結果と考えられる。貧血であれば40秒よりも早く、赤血球が高値であれば遅くなる²⁴⁾ことから、減量に伴って血液細孔通過時間が短縮したと考えられる。