

not be generalizable to a wider population, although they do appear to demonstrate that the SSE program is applicable as a primary prevention strategy. Only data concerning some functional fitness elements according to risk factors were used, so that other functional fitness elements, such as maximum step length or rapid stepping ability (30) and the effect of the SSE program on fall occurrence were not determined. However, these results clearly indicate that apparently healthy individuals aged 60-80 with no regular exercise habits can reduce their risk factors for falling by undertaking a square stepping exercise program once a week for six months.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by the Mitsui Sumitomo Insurance Welfare Foundation (principal investigator R. Shigematsu).

REFERENCES

1. Orimo H, Hashimoto T, Sakata K, Yoshimura N, Suzuki T, Hosoi T. Trends in the incidence of hip fracture in Japan, 1987-1997: The third nationwide survey. *J Bone Miner Metab* 2000; 18: 126-31.
2. Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for injurious falls: A prospective study. *J Gerontol* 1991; 46: M164-70.
3. Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, et al. Falls by elderly people at home: Prevalence and associated factors. *Age Ageing* 1998; 17: 365-72.
4. Smeesters C, Hayes WC, McMahon TA. Disturbance type and gait speed affect fall direction and impact location. *J Biomech* 2001; 34: 309-17.
5. Greenspan SL, Myers ER, Kiel DP, Parker RA, Hayes WC, Resnick NM. Fall direction, bone mineral density, and function: Risk factors for hip fracture in frail nursing home elderly. *Am J Med* 1998; 104: 539-45.
6. Pavol MJ, Owings TM, Foley KT, Grabiner MD. Mechanisms leading to a fall from an induced trip in healthy older adults. *J Gerontol* 2001; 56A: M428-37.
7. Bogert AJ, Pavol MJ, Grabiner MD. Response time is more important than walking speed for the ability of older adults to avoid a fall after a trip. *J Biomech* 2002; 35: 199-205.
8. Herala M, Kivela SL, Honkanen R, Koski K, Laippala P, Luukinen H. Recent decline in heavy outdoor work activity predicts occurrence of fractures among the home-dwelling elderly. *Osteoporos Int* 2002; 13: 42-4.
9. Luukinen H, Koski K, Laippala P, Kivela SL. Factors predicting fractures during falling impacts among home-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc* 1997; 45: 1302-9.
10. Sherrington C, Lord SR. Increased prevalence of fall risk factors in older people following hip fracture. *Gerontology* 1998; 44: 340-4.
11. Koepell TD, Wolf ME, Buchner DM, et al. Footwear style and risk of falls in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 1495-501.
12. Chu LW, Pei CK, Chiu A, et al. Risk factors for falls in hospitalized older medical patients. *J Gerontol* 1999; 54: M38-43.
13. Gehlsen GM, Whale MH. Falls in the elderly: Part II: Balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 739-41.
14. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act* 1999; 7: 129-61.
15. Shigematsu R, Tanaka K. Age scale for assessing functional fitness in older Japanese ambulatory women. *Aging Clin Exp Res* 2000; 12: 256-63.
16. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Prev Med* 2003; 36: 255-64.
17. Wolfson LI, Whipple R, Amerman P, Kleinberg A. Stressing the postural response. A quantitative method for testing balance. *J Am Geriatr Soc* 1986; 34: 845-50.
18. American Geriatrics Society, British Geriatric Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49: 664-72.
19. Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 1121-9.
20. Pavol MJ, Owings TM, Foley KT, Grabiner MD. Influence of lower extremity strength of healthy older adults on the outcome of an induced trip. *J Am Geriatr Soc* 2002; 50: 256-62.
21. Whipple RH, Wolfson LI, Amerman PM. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: An isokinetic study. *J Am Geriatr Soc* 1987; 35: 13-20.
22. Mak MK, Levin O, Mizrahi J, Hui-Chan CW. Joint torques during sit-to-stand in healthy subjects and people with Parkinson's disease. *Clin Biomech* 2003; 18: 197-206.
23. Dargent-Molina P, Favier F, Grandjean H, et al. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *Lancet* 1996; 348: 145-9.
24. Rekeneire N, Visser M, Peila R, et al. Is a fall just a fall: correlates of falling in healthy older persons. The Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: 841-6.
25. Taylor BC, Schreiner PJ, Stone KL, et al. Long-term prediction of incident hip fracture risk in elderly white women: Study of Osteoporotic Fractures. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 1479-86.
26. Adams KJ, Swank AM, Beming JM, Sevene-Adams PG, Barnard KL, Shimp-Bowerman J. Progressive strength training in sedentary, older African American women. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1567-76.
27. Ransdell LB, Taylor A, Oakland D, Schmidt J, Moyer-Mileur L, Shultz B. Daughters and mothers exercising together: effects of home- and community-based programs. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 286-96.
28. Lord SR, Ward JA, Williams P, Anstey KJ. Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc* 1994; 42: 1110-7.
29. Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, et al. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Ageing* 2002; 31: 261-6.
30. Mendell JL, Alexander NB. A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women. *J Gerontol* 2000; 55A: M429-33.

日本臨牀 64 卷 増刊号 9 (2006 年 12 月 28 日発行) 別刷

メタボリックシンドローム

—病因解明と予防・治療の最新戦略—

VI. 予防・治療・管理

ライフスタイルへの介入によるメタボリックシンドロームの
予防と治療

運動療法

メタボリックシンドローム診断における
運動療法の基本コンセプト

田中喜代次 林 容市 中田由夫 大藏倫博

ライフスタイルへの介入によるメタボリックシンドロームの予防と治療 運動療法

メタボリックシンドローム診断における 運動療法の基本コンセプト

Exercise prescription for people with metabolic syndrome

田中喜代次¹ 林 容市² 中田由夫² 大藏倫博²

Key words : 内臓脂肪, 運動療法, 食事療法, エネルギー消費量

はじめに

メタボリックシンドロームとは、内臓脂肪の過剰蓄積を基盤として、血圧の上昇(正常高値)や糖・脂質代謝の障害が顕在化しつつある状態を指す¹⁾。したがって、治療や改善のための介入に際しては、内臓脂肪を中心とした体脂肪の減少および血圧や種々の代謝障害の正常化が基本目標となる。

メタボリックシンドロームの診断基準は、①内臓脂肪型肥満を必須とするもの²⁾、②インスリン抵抗性を必須とするもの³⁾、③必須条件を作らないもの⁴⁾、の3つに大きく分類できる。そのうち、日本人を対象にしたものでは、内臓脂肪型肥満がメタボリックシンドロームの源泉として強調されている¹⁾。これらのことから、メタボリックシンドロームの改善を目的とした場合、食事療法(主に食事制限による摂取エネルギー量の減少)とともに、運動の習慣化を通して総消費エネルギー量を増大させる組み合わせ介入が第一選択肢としてあげられよう。

1. 運動だけで内臓脂肪を減らすことは可能か?

肥満を解消するための運動プログラムがテレビや新聞、雑誌などのメディアを通じて頻繁に発信されているが、果たして多くの一般人にとって運動だけで肥満を改善する(内臓脂肪を減らす)ことが可能であろうか。図1において、自転車エルゴメータ運動(またはトレッドミル歩行やウォーキング)と食事制限による体重減少量(1カ月当たり)の理論値を比較した。体重80kgの肥満者が1回30分間、4METs強度で週1回、3回、7回自転車エルゴメータ運動を行った場合、1カ月間の減量の理論値はそれぞれ-0.1kg, -0.2kg, -0.5kgである。一方、減量前の食事による1日総摂取エネルギーを2,500kcalと仮定した場合、この量の10%(250kcal/日)、20%(500kcal/日)、30%(750kcal/日)を減らしたときの1カ月間の減量の理論値はそれぞれ-1.1kg, -2.1kg, -3.2kgである。つまり、週1~3回程度の運動では体重減少効果は極めて小さく、計算上は毎日(週7回)の運動であっても1日の食事量を10%減らした場合の約半分の効果でしかない。例えば、'週3回

¹Kiyoji Tanaka: Department of Sports Medicine, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba 筑波大学大学院人間総合科学研究科 スポーツ医学 ²Yoichi Hayashi, Yoshio Nakata, Tomohiro Okura: Department of Health and Sport Sciences 同 体育科学

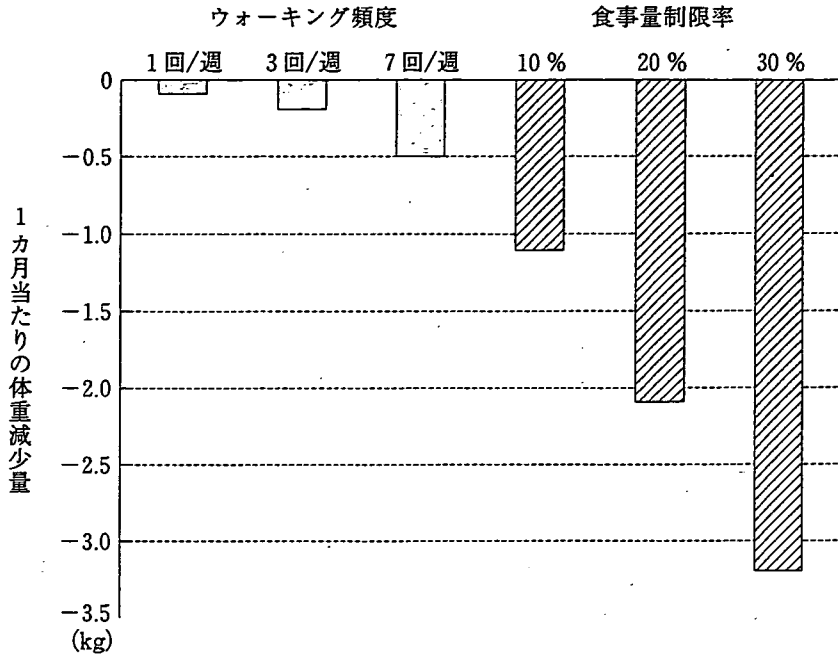


図1 ウォーキングと食事制限による体重減少量(1カ月当たり)の理論値の比較

ウォーキングによる理論値算出に際しては、体重80kgの肥満者が1回30分間、4METs強度で行うものと仮定(条件設定)し、週1回、3回、7回の場合について1カ月間で消費されるエネルギー量に基づき、体脂肪1kgの燃焼エネルギーを7,000kcalとして計算した。また、食事制限による理論値算出は、減量前の1日総摂取エネルギーを2,500kcalと仮定し、この量の10%(250kcal/日)、20%(500kcal/日)、30%(750kcal/日)を減らした場合の体重減少量を推定した。

の自転車エルゴメータ運動またはウォーキングは臨床現場で頻繁になされる運動処方であるが、この場合の体重減少量は1日の食事量を20%減少させた場合の約1/10にすぎない。恐らく、週3回自転車エルゴメータ運動を行った程度の体重減少量では内臓脂肪の減少量も小さく、メタボリックシンドロームの根本的な改善策としての効果には疑問を呈さずにはいられない。

図2は実際に著者らが介入研究を通して収集したデータであり、運動の効果はそれほど大きくないことが理解できよう。メタボリックシンドロームの改善を企図した運動は、有酸素性運動(40~90分の低強度での運動または20~60分の中程度~やや高めの強度での運動)を週に3~7日(低強度・短時間なら7日、高め強度・長時間なら3~4日)実践することである。強度の目安は、乳酸、心拍数、血圧、二重積などから

探るのが一般的だが、多人数に効率良く運動を勧めるためには、自覚的運動強度(RPE)を利用しながら本人と指導者による協議に基づいて選定する方法も有用である。その場合、AT pointの処方ではなく、AT zoneを示すのがよい。ここでいうAT zoneとは、RPEで11(‘楽である’)~15(‘きつい’)くらいの範囲を指す。運動時間については、10分×3回と30分×1回を比べると、強度が同じ(低~中)であれば後者による効果が大きい。前者では障害を起こす確率が低いというメリットがある。このことにこだわる必要はない。

“内臓脂肪”(腹囲、中性脂肪)や“血糖”を効率良く減らすには、1日当たり1,200~1,800kcal程度の食事療法を併用することが有効かつ安全で、個人差が大きいとはいえ少量の運動だけでは限界がある。“血圧”を改善するには、食塩感受性、遺伝体質、肥満度、性格などを考慮に入

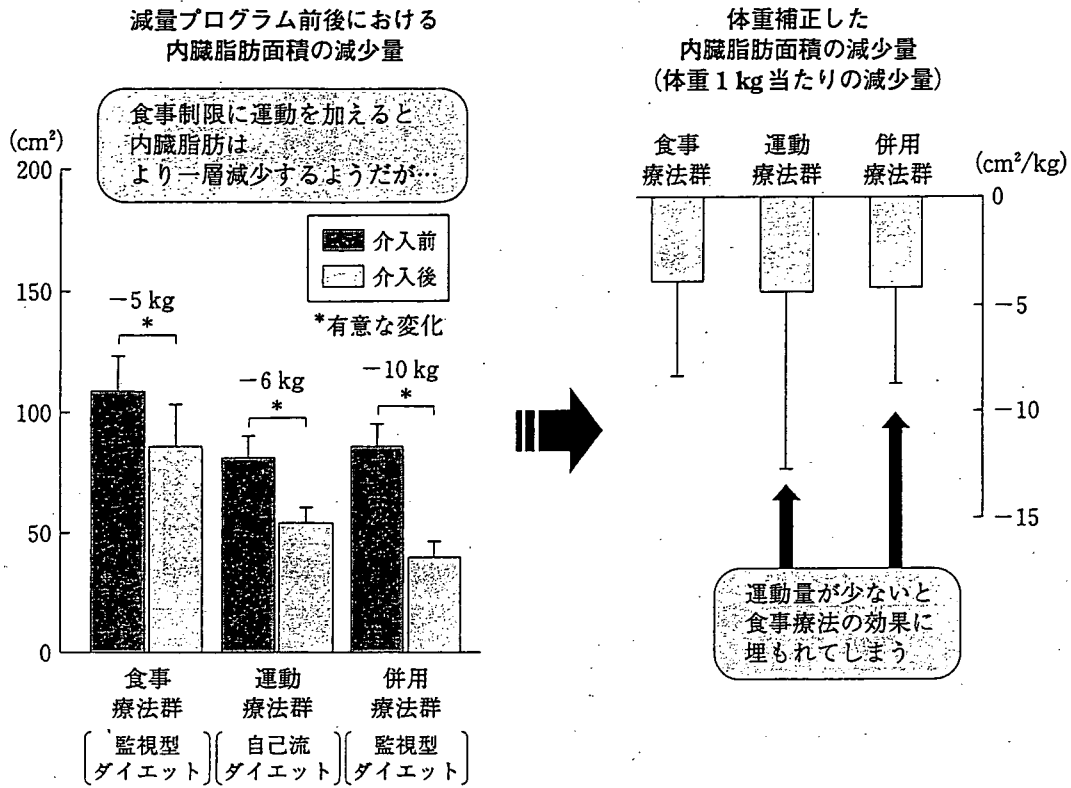


図 2 減量プログラム前後における内臓脂肪面積の変化

れながら、個人に合った運動を処方することが肝要で、薬物療法との併用が最も効果的であるとの報告が増えている。“HDL コレステロール”はランナーなどの(最大酸素摂取量の高い)スポーツ選手で最も高く、運動不足の肥満男性で低く、虚血性心疾患の男性で最も低い。HDL コレステロールを高めるには、ジョギングやウォーキング(週に 15km 程度)、水泳、エアロビクス、ダンスなどの有酸素性運動を習慣化・日常化することである。早い人で数カ月、遅い人で数年後に数値が上昇してくる。しかし、運動量が減少し、体脂肪が増えてくると、再び低値に戻りやすい。運動は、有酸素性運動、レジスタンス運動、ストレッチ(または柔軟体操、ヨガ、ピラテスなど)とレクリエーションを上手く組み合わせることが最も適切であろう。世代、季節、天候、仲間の有無、屋内外といった条件に合わせて運動を楽しむ方法を習得することが理想である。

2. 運動と減量は量-反応関係にあるのか?

Ross ら⁶⁾は、1966~2000 年の文献を対象に、‘weight loss’ および ‘exercise’ をキーワードとした MEDLINE による検索を行い、ヒットした 36 の研究についてレビューを行っている。介入期間が 16 週未満の短期的介入研究におけるエネルギー消費量(運動量)と体重および体脂肪の変化量との関係(相関係数)は、それぞれ $r = -0.84$ と $r = -0.76$ であり、いずれも統計学的に有意(有意確率 < 0.001)であったことから、短期間の介入では運動量に応じて体重が減少する量-反応(dose-response)関係にあることがうかがえる。一方、介入期間が 20 週以上の比較的長期間の介入においては、体重および体脂肪ともに運動量との連動はみられなかった(図 3)。

Mertens ら⁷⁾は、食事制限をせずに週当たり 1,500~2,000kcal の運動を数年間にわたって処方したところ、年平均の体重減少量は 1%(1

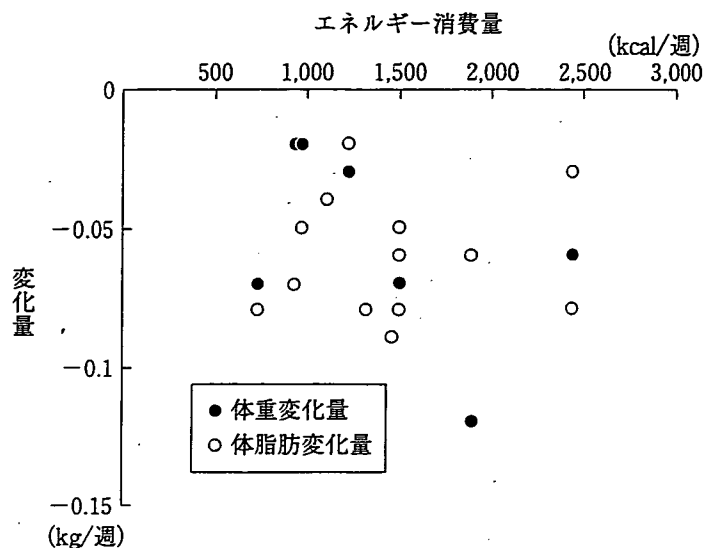


図3 1週当たりのエネルギー消費量と体重および体脂肪変化量との関係(介入期間:20週以上)
(Ross Rら(2001)⁹⁾の報告に基づき著者らが作成)

kg)にも満たなかったと報告している。彼らはこの理由として、食事によるエネルギー摂取量が介入前に比べて8%増加していたことをあげている。日本人を対象とした著者らの取り組みにおいても、同様のことを観察している⁹⁾。また、Leonら⁹⁾は運動を処方することにより介入期間中の日常生活の活動量が減少することを観察しており、結果的に食事制限を伴わない運動処方では減量に成功せず、冠危険因子を改善することができなかつたと述べている。

3. 減量介入に性差を考慮すべきか？

食事制限と運動による体重減少量の違いに目を向けてみよう。1969~84年までに行われた減量に関する研究(メタアナリシス)¹⁰⁾によると、食事制限による体重減少量は平均-10.7kgであるのに対し、運動のみだと-2.9kgでしかなかった。一方、男性肥満者のみに絞って検討した研究¹¹⁾では、食事制限-7.8kgに対して運動-4.6kgと大差は少なく、2つの介入方法による体重減少の違いには性差が存在することも示唆されている。日本人を対象とした著者らの長年の介入研究でも、同様のことを観察している⁹⁾。男性が本格的に運動に取り組んだ場合、運動による総消費エネルギーが大きく増え、か

つ暴飲暴食習慣をもっていた人では食事制限の効果も大きくなる。最近では、食事制限と運動の併用介入によって、女性において体重減少の累積的効果(cumulative effect)が得られることも報告されており¹²⁾、少なくとも日本人女性を対象として内臓脂肪の減少を目的とした減量介入を行う際には、運動だけでなく食事制限を併用することの必要性がうかがえる。

メタボリックシンドロームの改善、特に内臓脂肪の減少を目的とする場合には、女性については運動の効果を過大評価せず、食事指導(制限)と運動(主に有酸素性運動)を適切に組み合わせる方法を今後詳細に検討していく必要があるといえる。

4. 効果的な運動とは？

一般に脂質燃焼を目的とした場合、最大下(submaximal)強度で行う有酸素性運動をある一定時間継続することが推奨されているが、特に内臓脂肪の減少に関しては、やや高い強度(70~80% $\dot{V}O_2max$)での運動実践が有効であることが推察される^{13,14)}。一過性の有酸素性運動時においては、50% $\dot{V}O_2max$ と比較して、70% $\dot{V}O_2max$ に相当する強度での運動時に、内臓脂肪に由来する脂質の燃焼効率が增大する可能性

が示唆されている¹⁵⁾。多段階漸増負荷やランブ負荷という特殊なプロトコルでの運動時には、強度が高まるにつれて脂質によるエネルギー供給の割合が低下することは周知の事実であるが、ある程度の時間、運動を継続するという一般的な様式での有酸素性運動時には、高めの強度の方が、総消費エネルギー量(kcal)は大きくなり、脂質の分解・利用の効率が多少低下しても、高い脂肪燃焼効率・少ない消費カロリーの運動時と比較して、実質の脂肪消費量(g)は多くなる。運動中に脂質や糖質が動員される割合の比較にだけ焦点を当てるのではなく、消費されるエネルギーの総量に着目した運動強度の設定や運動処方が重要である。

内臓脂肪型肥満と同様に、メタボリックシンドロームのリスク要因であるインスリン抵抗性などの耐糖能異常は、有酸素性運動だけでなく、筋収縮を強調したレジスタンス運動によっても改善されることが指摘されている。最近の著者らの研究¹⁶⁾では、一過性の運動においてはやや高めの強度で糖代謝への効果はより増幅されることが明らかとなった。したがって、有酸素性運動とレジスタンス運動の両方を上手く組み合わせることで、より大きな改善が期待できる。また従来より、HDLコレステロールを高めるためには、中程度～高め(最低75% HRmaxまたは60% $\dot{V}O_2$ max以上)の強度で週に12.8～16km(3日/週走るとすると1日約4.3～5.4km)以上のジョギングを続けること、すなわち大きな運動量を確保することの必要性が報告されている。ここでいう高めの強度や大きな運動量とは、アスリートの競技レベルを意味するのではなく、一般の人々が実践可能な範囲内の中での‘高いレベル’を指しており、ACSMが推奨する有酸素性運動時の強度範囲を超えるものではない。一般健常者だけでなく、メタボリックシンドロームと診断された場合でも、‘高めの強度’は多くの人に適応可能なレベルといえる。

運動だけで効果を求める場合、大きな運動量を多頻度で実践することが必要となり、コンプライアンスとアドヒアランスのいずれを考える

にしても、対象者にとって継続が困難となる。冒頭で述べたように、運動のみでメタボリックシンドロームを改善しようとするのではなく、食習慣の改善と運動習慣の定着の両者を踏まえた日常生活自体の改善の気づき(脳のスイッチ‘オン’)が肝要である。

5. 運動処方パラダイムシフト

専門の運動指導者による導きは有効であるが、運動実践者(クライアント)の体の中で起こっている異常・違和感を運動指導者や医師が常に的確に感じ取ることは困難である。できるだけ運動に伴うケガを起こさず、習慣化につなげていくためには、周囲の者(高齢者体力づくり支援士や健康運動指導士、理学療法士などのコメディカル)が運動実践者に対して自分のからだと対話するよう、繰り返しアドバイスすることが肝要である。自分のからだの内なる声に耳を傾けるといった運動処方¹⁷⁾はまさに主観的であって、客観性に欠けるとの指摘を受けるが、安価で、随時可能で、時間的ズレがないということを考えれば、これ以上の事故予防チェック方法はほかにない。

また、公衆衛生分野でいわれている informed choice(多くの情報の中から個人が自分に合ったものを選択すること)を円滑に進めるための多方面からの情報提供や、自らのからだとの対話の勧めが重要である一方で、専門家の別視(蔑視、結果的に差別)に基づく不適切な運動の禁忌指令(逆支援)は避けなければならない。そのためには、専門家は有益な情報を与えつつも、それを選択するかどうかについては不必要に口を挟まないアプローチが望まれる。すなわち、個人の主体性を最優先し、‘押しつけない’あるいは‘過度に規制しない’、そして‘大いに楽しませる’柔軟な運動処方指針の啓発が必要である。

おわりに

運動療法によってメタボリックシンドロームの改善介入を行う場合、一般に運動によって得られる2つの効果(①一時的な急性効果、②慢

性的な持続効果), および2つの生理的変化(①体脂肪の減少に代表される器質的変化, ②分子レベルへの働きかけによる機能的変化)の両側面に関する考察が必要であろう。しかし, 本稿では誌面の制約があり, 直ちに臨床現場で役立つ食事療法の有効性を強調するとともに, 運動療法の基本コンセプトに焦点を絞って述べた。

運動それ自体が内臓脂肪の減少にどれほど有効であるかについて解説しながら, 血圧や糖・脂質代謝(メタボリックシンドローム)へ与える直接的な効果, およびメタボリックシンドロームの改善にこだわらない広義の健康支援策についても言及した。

■ 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. 日内会誌 94: 188-203, 2005.
- 2) International Diabetes Federation: Worldwide definition of the metabolic syndrome. Available at: http://www.idf.org/webdata/docs/IDF_Meta_syndrome_definition.pdf, accessed March 3, 2006.
- 3) World Health Organization: Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications, Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus, World Health Organization, Geneva, 1999.
- 4) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults: Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). JAMA 285: 2486-2497, 2001.
- 5) Gale EA: The myth of the metabolic syndrome. Diabetologia 48: 1679-1683, 2005.
- 6) Ross R, Janssen I: Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. Med Sci Sports Exerc 33(Suppl 6): S521-S527, 2001.
- 7) Mertens DJ, et al: Exercise without dietary restriction as a means to long-term fat loss in the obese cardiac patient. J Sports Med Phys Fitness 38: 310-316, 1998.
- 8) 大河原一憲ほか: 食事制限を用いた減量介入が睡眠呼吸障害と活力年齢に及ぼす効果について. 診断と治療 92: 145-149, 2004.
- 9) Leon AS, et al: Effects of 2,000 kcal per week of walking and stair climbing on physical fitness and risk factors for coronary heart disease. J Cardiopulm Rehabil 16: 183-192, 1996.
- 10) Wood PD, et al: Changes in plasma lipids and lipoproteins in overweight men during weight loss through dieting as compared with exercise. N Engl J Med 319: 1173-1179, 1988.
- 11) Miller WC, et al: A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. Int J Obes Relat Metab Disord 21: 941-947, 1997.
- 12) Dunn CL, et al: The comparative and cumulative effects of a dietary restriction and exercise on weight loss. Int J Obes Relat Metab Disord 30: 112-121, 2006.
- 13) 大藏倫博, 田中喜代次: 内臓脂肪と運動療法. 肥満研究 6: 125-129, 2000.
- 14) 佐々木誠一ほか: 高い強度の運動は脂肪利用に有効か? 肥満研究 11(増刊号): 129, 2005.
- 15) Numao S, et al: Effects of obesity phenotype on fat metabolism in obese men during endurance exercise. Int J Obes(Lond) 30: 1189-1196, 2006.
- 16) Hayashi Y, et al: A single bout of exercise at higher intensity enhances glucose effectiveness in sedentary men. J Clin Endocrinol Metab 90: 4035-4040, 2005.
- 17) 田中喜代次, 牧田 茂: 事故予防のためのセルフチェックの大切さ. 高齢社会における運動支援実践ガイド. 臨床スポーツ医学 22(臨時増刊号): 413-415, 2005.

肥満度と介入方法の違いが内臓脂肪型肥満者の 減量効果に及ぼす影響

魏 丞完*¹ 大藏 倫博*^{2,3} 中田 由夫*^{2,3}
大河原 一憲*¹ 沼尾 成晴*¹ 片山 靖富*¹
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



「肥満研究」Vol.12 No.1 47-53 2006 別刷

原 著

肥満度と介入方法の違いが内臓脂肪型肥満者の減量効果に及ぼす影響

魏 丞完^{*1}, 大蔵 倫博^{*2,3}, 中田 由夫^{*2,3}, 大河原一憲^{*1}, 沼尾 成晴^{*1}, 片山 靖富^{*1}, 山中喜代次^{*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

索引用語: BMI, 減量方法, 内臓脂肪型肥満, 冠危険因子

内臓脂肪型肥満者を対象として肥満度の違い(BMI25以上30未満群とBMI30以上群)および介入方法(食事制限のみのDO群と食事制限に運動を併用したDE群)の違いが内臓脂肪減少や冠危険因子の改善に与える影響を検討することを目的とした。対象者はBMI25以上および内臓脂肪面積100cm²以上の21歳から67歳までの肥満女性145名であり、BMIに応じてDO群とDE群をそれぞれDO I群とDE I群(25≤BMI<30)、DO II群とDE II群(BMI≥30)の4群に分けた。CTスキャンを用いて内臓脂肪面積(VFA)と皮下脂肪面積(SFA)を計測した。冠危険因子は安静時収縮期血圧、安静時拡張期血圧、総コレステロール、中性脂肪、高比重リポ蛋白コレステロール、低比重リポ蛋白コレステロールと空腹時血糖を測定した。これらの項目は14週間の介入期間の前後に測定した。VFAの変化量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が(p=0.01)、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。各冠危険因子の変化量に運動の有無とBMIの違いの交互作用が見られたのは空腹時血糖のみであった(p=0.02)。これらの結果から、BMIの高い内臓脂肪型肥満者は食事制限に運動を加えることによって、より効果的に内臓脂肪の減少や血糖の改善がもたらされることが示唆された。

はじめに

世界保健機構(World Health Organization: WHO)は「成人の体重過多に対するbody mass index(BMI)による分類」をグローバルスタンダードとして、BMI25以上をPreobese、30以上をObeseとする基準を提唱した¹⁾。一方、日本肥満学会による「新しい肥満の判定と肥満症の診断基準」の中では、わが国の肥満に関する民族的・人種的特異性を考慮に入れた上で、BMI25以上30未満を肥満(1度)と判定している。また、内臓脂肪の蓄積が肥満合併症の

大きな要因であることから、BMI25以上かつcomputed tomography(CT)画像分析による内臓脂肪面積(visceral fat area: VFA)100cm²以上の内臓脂肪型肥満を「肥満症」と定義している²⁾。

内臓脂肪の減少を目的とするいくつかの介入研究³⁻⁵⁾によると、食事制限のみの群でも食事制限に有酸素性運動またはレジスタンス運動を併用した群でも体重減少に応じて内臓脂肪が減少することが報告されている。一方、食事制限は行わずに有酸素性運動を継続させたところ、運動が内臓脂肪の減少に効果があったとする報告⁶⁾となかつ

たとする報告⁷⁾の両方があり、内臓脂肪の減少に対する運動の有用性は明らかではない。

BMIは体脂肪量をよく反映することが知られている⁸⁾。先行研究⁹⁾によると、運動による消費エネルギーが同じであっても、ベースラインの体脂肪量が多いほど体脂肪はより多く減少することが報告されている。また、日本肥満学会は腹部CTにて計測した皮下脂肪面積(subcutaneous fat area: SFA)およびVFAとBMIとの関連について、BMIとSFAには高い相関が認められているが、BMIとVFAとの相関は弱く、

特にBMI25以上の肥満者では相関がなく、大きな個人差が存在することを示している²。しかしながら、BMIは身長と体重を計測するだけで値を求めることのできる簡便な指標であり、対象に適した介入方法を提案するための簡便なスクリーニングとして活用できる可能性がある。

そこで、本研究ではVFA 100cm²以上の肥満症女性を対象として、肥満度の違い(BMI25以上30未満群とBMI30以上群)および食事療法に運動を加えること(食事制限のみ群と食事制限に運動を併用する群)がVFA減少や冠危険因子の改善に及ぼす影響を与えるかを検討することとした。

対象と方法

1. 対象者

対象者は地域情報誌を用いて募集し、14週間の食事制限または食事制限に運動実践を加えた減量プログラムを受けた368名であり、その中から日本肥満学会が設定する肥満の判定基準BMI25以上とCTスキャンによるVFA 100cm²以上の内臓脂肪型肥満であることと条件を満たした21歳から67歳までの女性145名をデータ解析の対象とした。対象者に重篤な疾患を有する者は含まれておらず、本研究の目的および検査内容に関する説明を口頭および文書により行い、研究参加への同意(署名)を得た。なお、これらの研究手続については筑波大学倫理委員会において承認を得た。

本研究の対象者145名は、食事制限のみ(diet only: DO)の群51名と有酸素性運動に食事制限を加えた(diet + exercise: DE)群94名に分けられた。月経の有無については、DO群は閉経前63%、閉経後37%であり、DE群は閉経前51%、閉経後49%であった。χ²検定の結果、DO群とDE群の間に有意

差はなかった。DO群およびDE群はBMIの初期値によってDO I群とDE I群(25≤BMI<30)、DO II群とDE II群(BMI≥30)に分けられた。

2. 測定項目および測定方法

1) 身体組成

体重は0.1kg単位、身長は0.1cm単位で測定し、BMIは体重(kg)を身長(m)の二乗で除することで算出した。体脂肪の測定には、Sekisui製インピーダンス計(Bio impedance SS103)を用い、測定された電気抵抗値からTanaka et al.¹⁵の成人肥満女性用の式により身体密度を求め、Brozek et al.¹⁶の式により体脂肪量(fat mass)、体脂肪率(% fat mass)と除脂肪量(fat-free mass)を算出した。

2) 腹部脂肪面積

VFAおよびSFAは仰臥位でCTスキャン(SCT-6800TX, Shimadzu)を用いて臍高位(およそL4-L5)を撮影し、内臓脂肪計測ソフトFat Scan(ver. 2.0, N2システム)を用いて算出した。

3) 冠危険因子

安静時収縮期血圧(systolic blood pressure: SBP)と安静時拡張期血圧(diastolic blood pressure: DBP)は20分以上安静にした後で計測した。12時間以上の絶食絶飲状態で採血し、総コレステロール(total cholesterol: TC)、中性脂肪(triglycerides: TG)、高比重リポ蛋白コレステロール(high-density lipoprotein-cholesterol: HDL-C)、低比重リポ蛋白コレステロール(low-density lipoprotein-cholesterol: LDL-C)、空腹時血糖(fasting plasma glucose: FPG)を測定した。

4) 最大酸素摂取量

最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)および無酸素性代謝閾値(anaerobic threshold: AT)を測定するための運動負荷テストは、自転車エルゴメータ(818E, Monark)を使用し、1分ごとに摩擦負

荷を0.25kpずつ高める多段階漸増負荷法にて行った。ペダルの回転数は60rpmで一定とした。運動中の各呼気ガス指標の分析には、Mijnhardt製代謝測定装置(Oxycon Alpha)を用いた。 $\dot{V}O_{2max}$ は症候性限界を呈した時点の酸素摂取量と定義した。DE群に対する運動指導における強度の目安となるATは、漸増負荷運動時1分ごとに正中肘皮膚静脈より血液を約0.5mlずつ採取し、血中乳酸濃度の分析(YSI製乳酸分析器1500L)により決定される乳酸閾値(lactate threshold: LT)とした。採血が困難であった際は、 $\dot{V}O_{2}$ に対する $\dot{V}CO_{2}$ の上昇開始点(V-slope法)により決定し、その他の呼気ガス指標とともに、Okura & Tanaka¹⁷による全身持久性体力推定式を補助的に利用した。

3. 食事指導および運動指導内容

1) 食事指導

DO群とDE群ともに1食あたり400~600kcalのバランスのとれた食事を4群点数法¹⁸を用いて指導した。4群点数法は、食品に含まれている栄養素と体内での働きによって、食品を4つの群に分類し、各群から食品を選択することによって、必要な栄養素が過不足なく満たされるようにする栄養計算法である。1群は卵や乳製品、2群は肉や魚介類や豆製品、3群は緑黄色野菜、淡色野菜や芋類、果物、4群は穀物や油、砂糖や調味料である。計算単位は点数で表し、80キロカロリー(kcal) = 1点として計算させた。

本研究は1食(400kcal = 5点)ごとに「1群: 2群: 3群: 4群」の点数比率を「1: 1: 1: 2」になるよう指導し、1日あたりの総摂取エネルギーを1,200kcalとした。対象者には1食ごとの食事内容を記録させ、教室参加時に提出させた。食事記録をもとに摂取エネルギー量を確認するとともに、食事のとり方や栄養バランス、食習慣など

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²⁰⁾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270 kcal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²¹⁾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.²²⁾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.²³⁾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

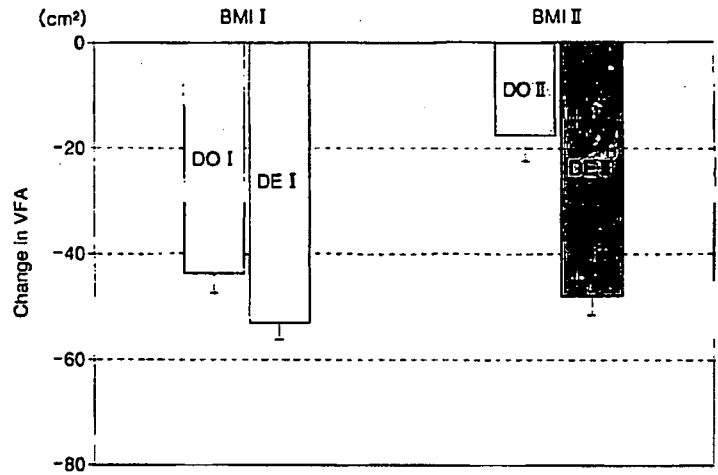


図1 運動の有無とBMIの違いによるVFA変化量の比較
VFAの初期値を共変量とした共分散分析。平均値±標準誤差で表す。
交互作用： $p=0.01$ 、BMIの主効果： $p=0.0002$ 、介入方法の主効果： $p=0.000001$ 。
VFA：visceral fat area, BMI：body mass index。
I：BMI 25以上30未満、II：BMI 30以上。

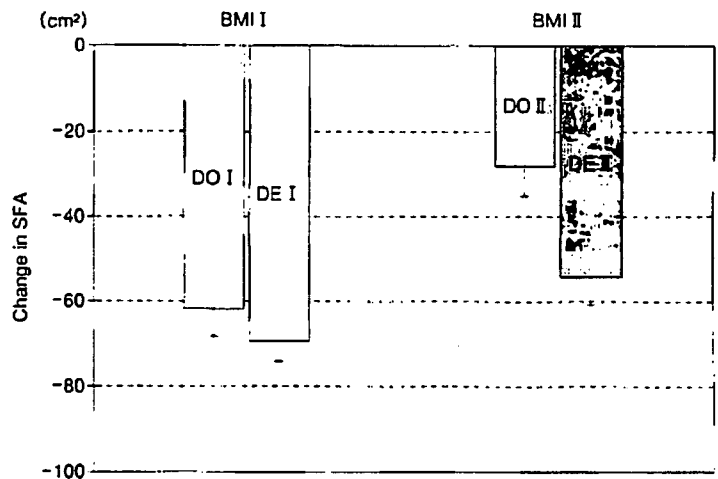


図2 運動の有無とBMIの違いによるSFA変化量の比較
SFAの初期値を共変量とした共分散分析。平均値±標準誤差で表す。
交互作用： $p=0.13$ 、BMIの主効果： $p=0.0003$ 、介入方法の主効果： $p=0.01$ 。
SFA：subcutaneous fat area, BMI：body mass index。
I：BMI 25以上30未満、II：BMI 30以上。

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、BMI30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²⁴⁾、脂肪細胞のLPL活性が亢進することが知られている²⁵⁾。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.

* 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.

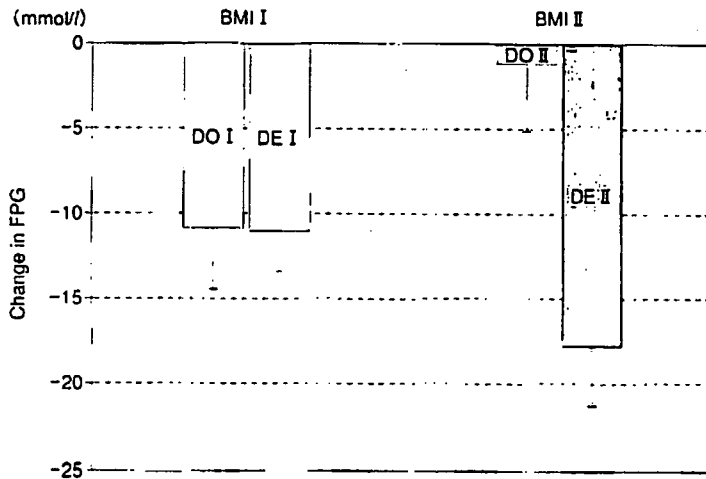


図3 運動の有無とBMIの違いによるFPG変化量の比較

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.

から、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, Seaman 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)

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。

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¹⁾、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 =肩甲骨下部皮脂肪厚: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(活カスコア)
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」というとそうである」「どちらともいえない」「どちらか」というとそうでない」「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

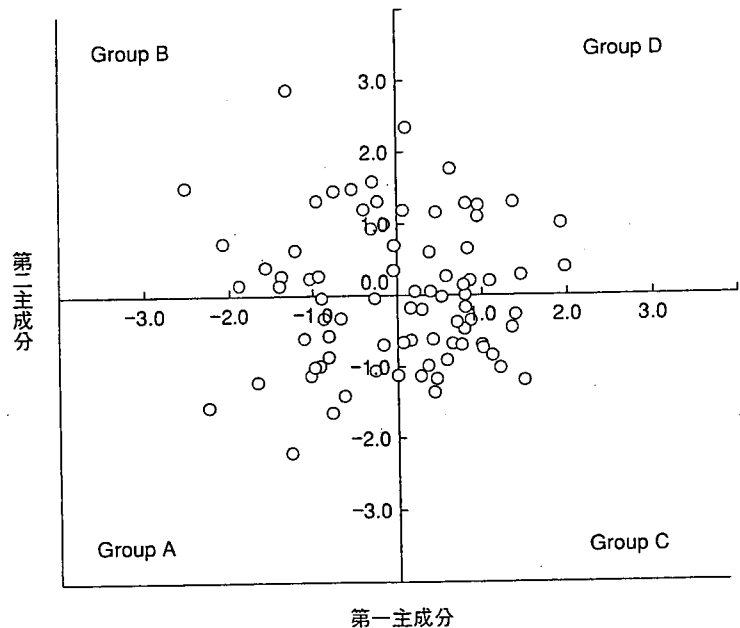


図1 減量教室開始前の主成分得点

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±0.67 l/s)とGroup B (33.0±0.76 l/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

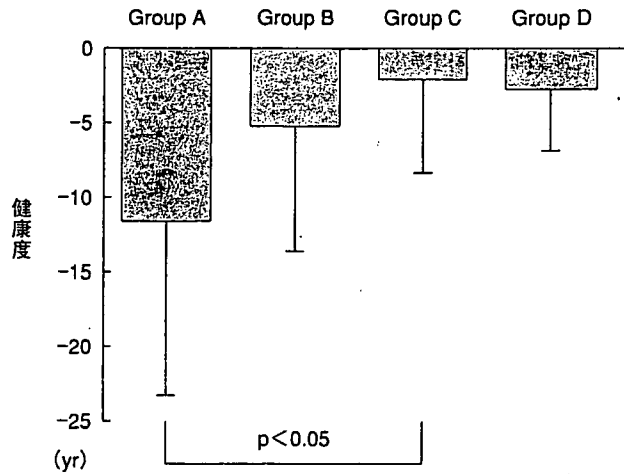


図2 健康度の比較

(-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)。