

食事改善または運動実践が肥満男性の活力年齢に及ぼす影響

江藤 幹¹⁾、笹井 浩行²⁾、松尾 知明¹⁾、片山 靖富³⁾
大久保寛之¹⁾、中田 由夫⁴⁾、田中喜代次⁵⁾

Effects of dietary modification or habitual exercise on vital age in obese men

Miki ETO¹⁾, Hiroyuki SASAI²⁾, Tomoaki MATSUO¹⁾, Yasutomi KATAYAMA³⁾
Hiroyuki OHKUBO¹⁾, Yoshio NAKATA⁴⁾, Kiyoji TANAKA⁵⁾

Abstract

The purpose of this study was to compare the effects of dietary modification or habitual exercise on vital age (VA) and its components. One hundred and sixteen obese men were non-randomly divided into either dietary modification group (Group D, N = 37, 47.3 ± 8.8 yr) or habitual exercise group (Group E, N = 79, 49.9 ± 10.6 yr). Group D participated in weekly dietary sessions (1680 kcal/d) for 12 weeks, and group E engaged in 90-min structured exercise sessions on 3 times/week for 12 weeks. VA was calculated from 9 independent variables (subscapular skinfold thickness, systolic blood pressure, total cholesterol, triglycerides, $\dot{V}O_{2LT}$, HR_{LT}, side stepping, single leg balance with eyes closed, and forced expiratory volume in one second). Physical activity increased significantly in group E (+163 kcal/d), while energy intakes decreased significantly in group D (-609 kcal/d). VA decreased significantly in both groups (-7.1 ± 4.8 yr and -6.7 ± 6.3 yr for groups D and E, respectively). There were no significant program × time interactions in VA ($P = 0.75$). The interactions reached statistical significance in subscapular skinfold thickness, systolic blood pressure, $\dot{V}O_{2LT}$ and balance. These results suggest that dietary modification and habitual exercise provide equivalent health benefits on VA, but the improved components are different.

Keywords : vital age, dietary modification, habitual exercise

-
- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1 電話 029-853-5600 (内線8365)
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574 Phone : +81-29-853-5600 (8365)
 - 2) 日本学術振興会
The Japan Society for the Promotion of Science
 - 3) 皇學館大学教育学部
Faculty of Education, Kogakkan University
 - 4) 筑波大学医学医療系
Faculty of Medicine, University of Tsukuba
 - 5) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

I. 緒言

わが国の主要な死因である循環器系疾患¹⁾は、過食や身体不活動に代表される好ましくない生活習慣を根源に発症する²⁾。同疾患への罹患および危険因子は肥満に伴い悪化することが報告されている³⁾ことから、肥満改善策を講じることは急務であろう。

肥満者の生活習慣改善策として、一般に食事改善や運動実践などが用いられる。近年、わが国でもメタボリックシンドローム診断基準の策定(2005年4月)⁴⁾、運動指針2006の発表(2006年)⁵⁾、特定保健指導施行の義務化(2008年度開始)⁶⁾などにより、各市町村では積極的に生活習慣の改善に取り組むようになった。肥満者を対象とした食事改善および運動実践の有効性についてはこれまでに多数報告されているが⁷⁻¹⁰⁾、近年では減量効果や身体組成の変化に留まらず、全身の炎症性反応や脂肪細胞由来のホルモン、生理活性物質、食欲関連因子の変化など、評価指標が多岐に及ぶようになってきた。さらに、その多くの報告が、食事改善群と対照群、または運動実践群と対照群を比較検討し、有意確率5%未満をもって評価指標の改善を報告している。しかし、研究成果を現場に還元するにあたり、次のような問題が生じる¹¹⁾。それは、有意確率がサンプルサイズに左右される点である。サンプルサイズが多いほど統計的に有意な差であるという結果は出やすく、同じ平均値であっても20人のデータと200人のデータでは、異なる結果を示すことがある。さらに、統計的に有意な差がみとめられても、有意差を示すだけでは実質的效果の大小について何の情報も得られず、不十分である。また、実際に生活習慣改善策を講じる指導の現場では、食事改善と運動実践を同じ指標で評価し、直接比較検討することにより、各々の改善方法に固有な効果を把握することが重要であろう。その理由として、食事改善と運動実践はエネルギー出納を負に傾ける点では同様であっても、指導の現場では、対応できる指導者の職種に制約があることなどが挙げられる。よって、双方で得られる固有の効果を把握することは、地方公共団体(自治体)等で実施される健康づくり教室に活用できる可能性が高い。

これまで、老化度や健康度の指標として「生物学的年齢」に関する研究が報告されている¹²⁻¹⁶⁾。なかでも田中らは、「活力年齢」を「ヒトの生物学的活力の水準」と定義し、総合的・包括的健康度の指標として提案している^{15, 16)}。活力年齢の特徴は、人の老化過程で生命を短縮させる作用を持ち、種々の疾病リスクの要因となる血圧、血清脂質、体脂肪などの情報に加え、ヒトの老化を如実に反映する運動時の生理的応答や体力に関わる多項目から構成されている点である。また、活力年齢の推定式は、健康

群の活力年齢平均値と暦年齢平均値がほぼ一致するように作成されており、循環器系疾患¹⁷⁾や運動習慣のない高血圧を伴う者¹⁸⁾、脂質異常症を伴う者¹⁹⁾、肥満者²⁰⁻²²⁾では、活力年齢が暦年齢を有意に上まわることが報告されている。さらに田中²³⁾は、約16年間の追跡調査において、循環器系または代謝・内分泌疾患により死亡した群(死亡群:8名)、同疾患を保有しているが生存している群(疾患群:8名)、および運動習慣のない健康な群(コントロール群:9名)を設定し、ベースライン時の活力年齢を比較した結果を報告している。その結果、ベースラインにおける各群の平均暦年齢(死亡群:65.4歳、疾患群:64.5歳、コントロール群:65.9歳)は同程度であったが、活力年齢(死亡群:70.3歳、疾患群:64.3歳、コントロール群:64.9歳)は、死亡群が高値を示した。よって、活力年齢が暦年齢を上まわっていた死亡群(ベースライン時から6~12年後に死亡)は、身体的老化が早期に早まっていたと推察できる。

健康や元気長寿は抽象的な概念であり、多要因から構成されることから、単一項目の改善のみに着目するのではなく、包括的に評価する必要がある。さらに、中西ら²¹⁾は「肥満者の生活習慣改善に伴う身体のおさまる変化を、減量の有無のみでなく、広角的に捉える必要がある」と述べている。活力年齢は、健康度を包括的、総合的にとらえ、定量化するために作成されたものであり、本研究のように肥満者を対象とした健康度の評価として適切な指標と考えた。

そこで本研究では、我々が開催した食事改善および運動実践による生活習慣改善プログラムの効果について、蓄積されたデータを分析し、プログラムの違いが活力年齢およびその構成因子の改善へ及ぼす影響を検討することを目的とした。

II. 方法

A. 対象者

本研究の対象者は、中高年肥満男性116名であり、そのうち食事改善(diet:D)群は37名、運動実践(exercise:E)群は79名であった。対象者には、血糖降下剤(D群4名、E群3名)、降圧剤(D群7名、E群20名)、抗高脂血症剤(D群2名、E群11名)、抗高尿酸血症剤(D群2名、E群6名)の服用者が含まれた。なお、両群に含まれる各服薬者数の割合について χ^2 検定を施したところ、有意な群間差はみとめられなかった(データは未掲載)。服薬者は、プログラム参加について主治医に相談するよう指導した。なお、プログラムにはD群57名、E群117名が参加したが、除外基準に該当する者(欠損値がある:13名、循環器系疾患の既往歴を有する:7名、

body mass index (BMI) 25 kg/m²未満である：10名，ドロップアウトした：28名)を最終的な解析の対象から除外した。ドロップアウトした者は，個人的な理由が26名，けがが2名であった。対象者は茨城県つくば市およびその近隣自治体の広報誌や地域情報誌を通じて募集した。対象者の選定についてFigure 1に，プログラム前の身体的特徴についてTable 1中のBaselineに示した。

全ての対象者に研究の目的やプログラムの内容，測定内容を十分に説明し，書面にて研究協力の同意を得た。なお，本研究は筑波大学に帰属する倫理委員会の承認(記番号674)を得た。

B. 食事改善および運動実践プログラム

D群の対象者は茨城県筑西市明野保健センターまたは筑波大学で開催された12週間の食事改善プログラムに参加した。明野保健センターで開催されたプログラムは筑西市が，筑波大学で開催されたプログラムは大学院生が実施主体であった。食事改善プログラムは，週1回，1回90分であり，集団講義，参加者同士のディスカッション，および個別指導で構成された。対象者には，1食あたり560 kcalを目標に，四群点数法²⁴⁾を用いて栄養バランスの良い食事を摂取するように指導した。具体的には，毎食，第1群(乳・乳製品/卵)から1点(80 kcal)，第2群(魚介類/肉類/豆・豆製品)から2点，第3群(野菜/芋類/きのこ・海藻類/果物)から1点，第4群(穀類/砂糖/油脂/その他の嗜好品)から3点の範囲内で，対象者自身が食品を選んで摂取するよう指導した。また，プログラム期間中，対象者には毎食の食事内容(メニューや具材の書き出し，食事摂取の重量など)を食事日誌に記録するよう求め，その内容をもとに必要に応じて大学院生で構成されたスタッフが個別に指導した。D群の対象者には，プログラム前の身体活動レベルを極端に変えないよう，口頭で伝えた。

E群の対象者は筑波大学で開催された12週間の運動実践プログラム(実施主体は大学院生)に参加した。運動実践プログラムは，週3回，1回90分で構成され，主運動としてウォーキングやジョギングなどの有酸素性運動をおこなった²⁵⁾。主運動の運動強度は，自覚的運動強度12～14を目標に取り組んだ。障害発生の危険防止やプログラム参加率および完遂率向上のため，運動強度や運動時間はプログラム開始後から漸増的に増加させた。また，主運動中の心拍数(heart rate: HR)をHR測定器(60liおよびRS400, Polar社製)を用いて確認した。プログラム中は，プログラムに参加しない日についても可能な限り運動実践に取り組むよう指導した。また，プログラム参加中の運動を含め，対象者個人の運動実践の記録を運

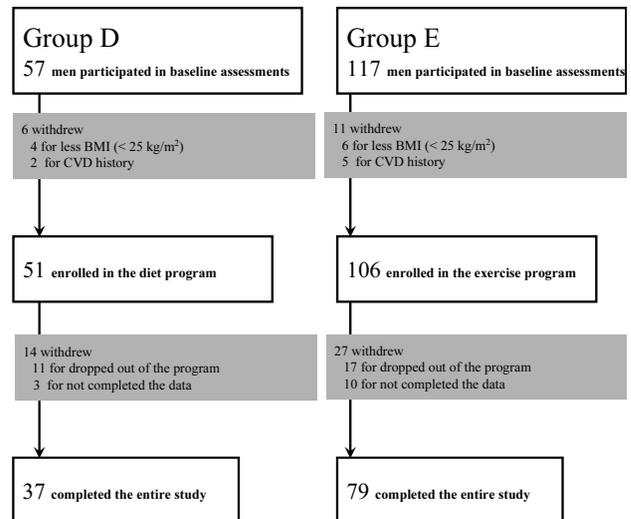


Figure 1. Participants flow

動日誌に記録するよう求めた。E群の対象者には，プログラム前の食習慣を継続するよう，口頭で伝えた。また，運動実践プログラムの開始に先立ち，医師監視のもと運動負荷テスト中における心電図の判読により心筋虚血の有無や不整脈の有無を確認し，各対象者が運動実践プログラムに参加する安全性を確認した。

なお，本研究で提供した食事改善，および運動実践プログラムは，生活習慣病予防事業として自治体等で実際に開催されている内容に沿ったものである²⁶⁻²⁸⁾。

C. 測定項目

食事改善および運動実践プログラムの前後で身体的特徴と活力年齢の構成因子となる9項目(肩甲骨下部皮脂厚，収縮期血圧，総コレステロール(TC)，中性脂肪(TG)，乳酸性閾値時酸素摂取量($\dot{V}O_{2LT}$)，乳酸性閾値時心拍数(HR_{LT})，反復横とび，閉眼片足立ち，1秒量)を測定した。また，プログラム開始前1～2週間とプログラム開始から9～10週目に身体活動量，およびエネルギー摂取量を調査した。

1. 身体的特徴

身長は身長計(TG-200, ヤガミ社製)を用いて0.1 cm単位で測定した。体重は体重計(TBF-551, タニタ社製)を用いて0.1 kg単位で測定した。その際，着衣分の重量(0.8～1.5 kg)を測定値から差し引いた。BMIは体重(kg)を身長(m)の二乗で除すことにより算出した。

体脂肪率は体脂肪計(HBF-300, オムロン社製)を用いて，インピーダンス法により算出した。

腹囲は非伸縮性のメジャーを用い，0.1 cm単位で測定した。測定部位は臍位とし，立位呼息時に2度測定し，

その平均値を採用した。測定時には、対象者の前方および側方からメジャーが水平であることを確かめた。腹囲の測定はプログラム前後ともに熟練した検者が担当し、測定誤差が小さくなるよう努めた。

2. 身体活動量およびエネルギー摂取量

身体活動量は、1軸加速度計（Lifecorder EX, スズケン社製）を用いて算出した。加速度計は起床から就寝まで、入浴時を除き常時腰部に装着するよう求めた。装着期間は2週間とした。

エネルギー摂取量は、秤量法に基づく3日間の食事記録により調査した。調査日は、休日1日、平日2日の3日間とし、可能な限り普段の日常生活を代表するような日を選ぶよう指示した。エネルギー摂取量の分析は、熟練した管理栄養士が担当した。

3. 肩甲骨下部皮脂厚

肩甲骨下部皮脂厚は、栄研式皮下脂肪厚計（TK-11258, 明興社製）を使用した。上半身の力を抜き、両腕を自然に下げた状態で、測定部位より約1 cm上方をつまみ、測定した。右側を2度測定し、その平均値を採用した。肩甲骨下部皮脂厚の測定はプログラム前後ともに熟練した検者が担当し、測定誤差が小さくなるよう努めた。

4. 収縮期血圧

収縮期血圧は水銀血圧計を用いて測定した。椅座位で10分の安静後、熟練した検者が2回測定し、低い値を採用した。

5. 血液生化学検査

対象者には、血液検査前日の激しい運動や、採血予定時刻前12時間の食事を控えるよう指示し、空腹状態で採血をおこなった。血液生化学検査の項目は、TC、およびTGであり、すべての分析を江東微生物研究所（つくば市）に依頼した。

6. 全身持久性体力

全身持久性体力の測定は、自転車エルゴメータ（828E, Monark社製）を用いた。測定では、ペダルの回転数を60 rpmに維持させ、摩擦抵抗をかけない状態で2分間のウォーミングアップをおこなった後、主観的限界に至るまで毎分0.25 kpずつ段階的にトルクを高める多段階漸増負荷を採用した。運動中は心電図とHRを心電計（DS-2150, フクダ電子社製）で連続的に観察し、データの収集とともに事故防止に努めた。運動中の呼気ガスは、自動呼気ガス分析器（Oxycon Alpha, Mijnhardt社製）を

用いて酸素摂取量および二酸化炭素排出量を測定し、30秒ごとの平均値に換算して出力した。乳酸性閾値（lactate threshold: LT）の決定のために、運動負荷中1分ごとに正中肘静脈より約1 mlずつ血液を採取した。LTは、酸素摂取量をX軸に、血中乳酸濃度をY軸にとり、Beaver et al.²⁹⁾の両対数変換により決定した。乳酸値によるLTの決定が不可能な場合は、呼気ガス指標から求められる換気閾値で代用した。換気閾値は原則として酸素摂取量に対する二酸化炭素排出量の上昇点（V-slope法）で決定した³⁰⁾。LT出現時の酸素摂取量を $\dot{V}O_{2LT}$ 、同時点でのHRをHR_{LT}とした。全身持久性体力の測定は、医師が監視した。さらに、測定は自動体外式除細動器を備えた会場でおこなった。

7. 反復横とび

反復横とびは、1 m間隔に引いた3本の線のうち、中央線をまたいで立ち、合図とともに左右のどちらかへ移動し、一方の外側の線、中央の線、他方の外側の線を踏むか踏み越えるという一連の動作を20秒間続け、何本の線を踏むか踏み越えることができたかを記録とした。なお、測定回数は対象者の疲労を考慮し1回とした。

8. 閉眼片足立ち

閉眼片足立ちは、立位姿勢で腰に手をあてた後、片方の足を床から浮かせた状態でバランスをとらせ、その直後に目を閉じるように指示した。測定値は、その状態での静止時間を求めた（最大60秒間）。測定は2度おこない、高い方の値を採用した。

9. 1秒量

1秒量は、電子スパイロメータ（SP-310, フクダ電子社製）を使用し、努力性肺活量測定の際に、最初の1秒間に排出される呼気量を求めた。測定は2度おこない、高い方の値を採用した。

D. 統計解析

各項目の測定結果はすべて平均値 ± 標準偏差で示した。なお、正規分布が仮定できなかったTG、および閉眼片足立ちは、実測値を表中に示したが、統計解析には対数変換後の値を用いた。プログラム前の各測定項目の平均値を比較するために、対応のないt検定を施した。プログラム前後における変化を比較するために、対応のあるt検定を施した。プログラム前後の変化についてD群とE群の群間差を検証するために、時間および群を要因とする二元配置の分散分析により交互作用の有意性を検討した。すべての統計解析にはSPSS 11.0Jを用い、統計学的

有意水準を5%に設定した。さらに、改善効果を項目間で比較するため、Cohenの効果量³¹⁾を算出した。Cohenの効果量は、グループごとの平均値の差を標準化した効果量の代表的な指標であり、教室前後での変化量の平均値をその標準偏差で除することにより求めた。

Ⅲ. 結果

各プログラムに対する参加率は、D群で74.8%、E群で82.2%であった。また、E群の主運動中の平均HRは、128.0 ± 14.4拍/分であり、予測最大HR (220 - 暦年齢)の75.1%に相当した。

A. 身体的特徴

プログラム前において、体重、BMI、体脂肪率および腹囲に群間差はみられなかった。プログラム前後では各項目において、両群とも有意に改善した。また、各項目で有意な交互作用をみとめ、すべての項目でD群がE群より改善の程度が大きかった (Table 1)。初期体重に対する体重減少率はD群で8.8%、E群で3.3%であった。

B. 身体活動量およびエネルギー摂取量

プログラム前の身体活動量およびエネルギー摂取量に群間差はみとめられなかった。プログラム期間中、D群はエネルギー摂取量が有意に減少し、身体活動量は変化しなかった。一方、E群は身体活動量が有意に増加し、エネルギー摂取量は変化しなかった。身体活動量およびエネルギー摂取量に有意な交互作用がみとめられた (Table 1)。

C. 活力年齢

プログラム前における対象者の活力年齢は暦年齢に比べて有意に高く (活力年齢 - 暦年齢: D群10.9歳, E群12.1歳)、プログラム前の活力年齢に群間差はみとめられなかった。プログラム前後において、両群とも活力年齢は有意に若返り、その変化に交互作用はみとめられなかった (Table 1, Figures 2 および 3)。

Table 1. Changes in anthropometric characteristics, physical activity, and energy intake in both groups

	Diet (N = 37)	Exercise (N = 79)	P for interaction
Age, yr	47.3 ± 8.8	49.9 ± 10.6	
Weight, kg			< 0.01
Baseline	86.0 ± 11.9	85.7 ± 12.1	
Week 12	78.3 ± 11.9	82.9 ± 12.0	
Change	-7.6 ± 3.8*	-2.8 ± 2.5*	
Body mass index, kg/m ²			< 0.01
Baseline	29.6 ± 3.1	29.9 ± 3.6	
Week 12	27.0 ± 3.2	29.0 ± 3.8	
Change	-2.6 ± 1.4*	-0.9 ± 0.9*	
Percentage of fat mass, %			< 0.01
Baseline	28.2 ± 3.0	28.8 ± 3.9	
Week 12	24.6 ± 3.6	27.2 ± 3.9	
Change	-3.6 ± 3.1*	-1.6 ± 2.3*	
Waist circumference, cm			< 0.01
Baseline	100.5 ± 8.0	101.5 ± 8.4	
Week 12	92.7 ± 9.1	97.5 ± 8.9	
Change	-7.8 ± 4.8*	-4.0 ± 3.1*	
Physical activity, kcal/day			< 0.01
Baseline	323 ± 170	295 ± 116	
Week 9-10	338 ± 146	458 ± 147	
Change	15 ± 101	163 ± 117*	
Energy intake, kcal/day			< 0.01
Baseline	2158 ± 332	2244 ± 456	
Week 9-10	1549 ± 277	2169 ± 506	
Change	-609 ± 302*	-76 ± 481	

Data are presented as mean ± standard deviation. *Significant changes within group by paired *t*-test ($P < 0.05$). No difference between the groups at baseline by unpaired *t*-test ($P < 0.05$)

Table 2. Changes in components of vital age in both groups

	Diet (N = 37)	Exercise (N = 79)	P for interaction
Subscapular skinfold thickness [†] , mm			< 0.01
Baseline	38.3 ± 10.2	34.8 ± 7.9	
Week 12	29.5 ± 9.0	30.1 ± 9.1	
Change	-8.8 ± 5.5*	-4.7 ± 4.6*	
Systolic blood pressure, mmHg			< 0.01
Baseline	131.8 ± 14.1	137.1 ± 17.0	
Week 12	119.4 ± 16.3	133.6 ± 15.7	
Change	-12.4 ± 11.7*	-3.5 ± 8.8*	
Total cholesterol [†] , mg/dl			0.48
Baseline	202.8 ± 34.0	220.0 ± 35.7	
Week 12	187.7 ± 32.6	208.2 ± 35.4	
Change	-15.1 ± 24.3*	-11.8 ± 23.9*	
Triglycerides, mg/dl			0.24
Baseline	139.9 ± 77.8	167.0 ± 92.5	
Week 12	109.3 ± 88.6	138.5 ± 81.2	
Change	-30.6 ± 74.6*	-28.5 ± 77.7*	
$\dot{V}O_{2LT}$, ml/kg/min			< 0.01
Baseline	18.3 ± 3.0	17.5 ± 3.3	
Week 12	18.9 ± 3.5	20.1 ± 4.1	
Change	0.6 ± 2.2	2.6 ± 2.9*	
HRLT, b/min			0.97
Baseline	119.5 ± 13.4	116.1 ± 14.2	
Week 12	115.2 ± 12.9	111.9 ± 13.5	
Change	-4.3 ± 13.1	-4.2 ± 12.1*	
Side stepping, n/20 s			0.11
Baseline	38.3 ± 8.1	37.6 ± 7.2	
Week 12	40.8 ± 6.9	41.5 ± 7.1	
Change	2.5 ± 2.9*	3.9 ± 4.8*	
Single leg balance with eyes closed, s			< 0.01
Baseline	17.1 ± 19.1	13.8 ± 12.3	
Week 12	17.7 ± 17.0	23.1 ± 18.6	
Change	0.6 ± 12.2	9.3 ± 16.0*	
Forced expiratory volume in one second, l			< 0.01
Baseline	3.25 ± 0.59	3.10 ± 0.67	
Week 12	3.58 ± 0.58	3.16 ± 0.75	
Change	0.33 ± 0.20*	0.06 ± 0.40	

Data are presented as mean ± standard deviation. *Significant changes within group by paired *t*-test ($P < 0.05$). [†]Significant difference between the groups at baseline by unpaired *t*-test ($P < 0.05$). LT: lactate threshold, HR: heart rate

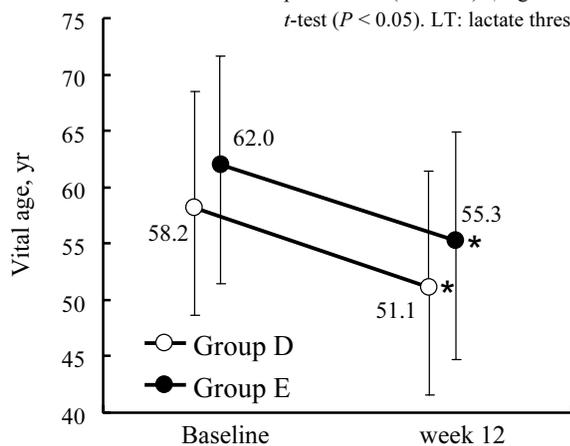


Figure 2. Changes in vital age in groups D and E

*Significant changes within group by paired *t*-test ($P < 0.05$). Vertical lines show standard deviations. Data were analyzed using two-way ANOVA (time × group) with repeated measures. P value for interaction is 0.75

D. 活力年齢構成因子

プログラム前において、肩甲骨下部皮脂厚およびTCに有意な群間差がみとめられた。プログラム前後において、肩甲骨下部皮脂厚、収縮期血圧、TC、TG、および反復横とびは両群とも有意に改善した。これらの項目のうち、肩甲骨下部皮脂厚および収縮期血圧に有意な交互作用がみとめられ、E群に比べD群で改善の程度が大きかった。また、1秒量はD群のみ有意に改善し、交互作用がみとめられた。一方、 $\dot{V}O_{2LT}$ 、HRLT、および閉眼片足立ちはE群のみ有意に改善した。これらの項目のうち、 $\dot{V}O_{2LT}$ および閉眼片足立ちに有意な交互作用がみとめられた(Table 2)。

E. 活力年齢およびその構成因子の改善効果

活力年齢およびその構成因子の改善効果を、効果量を用いて比較した。プログラム前後で、活力年齢の改善効果は両群とも同程度であったが、構成因子の改善効果については効果の得られる項目や、効果の大きさに差がみられた (Figure 3)。

D群では、肩甲骨下部皮脂厚、および収縮期血圧の改善効果が大きかった (効果量 > 0.8)。また、1秒量で中程度 (0.5 < 効果量 ≤ 0.8) の改善効果がみとめられた。E群では、大きな改善効果のみられる項目はなかったが、肩甲骨下部皮脂厚、 $\dot{V}O_{2LT}$ 、反復横とび、および閉眼片足立ちで、中程度の改善効果のみとめた。

IV. 考察

本研究では、肥満男性を対象に、食事改善または運動実践プログラムが活力年齢、およびその構成因子へ及ぼす影響について検討し、各プログラムで得られる固有の効果について、効果量を用いて比較した。その結果、両プログラムとも活力年齢自体の改善には同程度寄与するが、プログラムの違いにより改善できる活力年齢構成因子の項目は異なることが明らかとなった。

プログラム前における対象者の活力年齢は、暦年齢に比べて有意に高く、先行研究²⁰⁻²²⁾の結果と一致した。プログラム後は、両群で活力年齢の若返りがみられ、その変化に交互作用がみとめられなかったことから、本研究



Figure 3. Effect size in each measurement item for groups D and E

LT: lactate threshold. HR: heart rate

で提供した両プログラムとも、活力年齢の改善に同程度寄与することが示唆された。本研究で用いた食事改善と運動実践の両プログラムは、実際に自治体等で開催されているものであることから²⁶⁻²⁸⁾、開催期間や参加人数、講義内容などの実施可能性は高く、現場への還元が期待できよう。

次に、活力年齢の構成因子である9項目について、プログラム前後の改善や、効果量を検討した。効果量は、 $0.2 < \text{効果量} \leq 0.5$ でsmall effect, $0.5 < \text{効果量} \leq 0.8$ でmedium effect, 効果量 > 0.8 でlarge effectと解釈される³¹⁾。この解釈にしたがえば、D群では肩甲骨下部皮脂肪厚、収縮期血圧、および1秒量において中程度以上の改善効果をもとめたといえる。なかでも、肩甲骨下部皮脂肪厚および収縮期血圧の改善効果は大きかった。一方、E群では、肩甲骨下部皮脂肪厚、 $\dot{V}O_{2LT}$ 、反復横とび、および閉眼片足立ちにおいて中程度の改善効果をもとめた。このことから、D群は形態変化や血圧降下の大きな改善と1秒量の中程度の改善により、E群は形態変化、全身持久性体力、敏捷性、および平衡性の中程度の改善により、活力年齢を若返らせたと考えられる。以上のことから、両プログラムは活力年齢の改善には同程度寄与するが、プログラムの違いにより活力年齢の構成因子に及ぼす効果には固有の特徴があることが示された。

D群が参加した食事改善プログラムは、栄養バランスを良好に維持しつつ全体のエネルギー摂取量を抑える内容であった。その結果、D群はエネルギー摂取量が平均で609 kcal/日減少し、初期体重から8.8%の減量を達成した。肥満者の減量目標は、初期体重の5~10%減とされていることから³²⁾、本研究における食事改善プログラムは肥満者を対象とした減量プログラムとして適切な内容を提供できていたといえる。また、D群の運動量はプログラム参加に影響を受けず変化しなかったことを考えると、D群で中程度以上の改善効果がみられた形態変化、血圧降下、および肺機能の改善は、運動実践を伴わない食習慣の改善による十分な体重減少により、期待できる効果であることが示唆された。また、血圧降下³³⁾および肺機能の改善³⁴⁾は、体重・体脂肪の減少により改善することが報告されており、体重および体脂肪の減量が大きいD群でこのような改善効果を得られたと考えることができる。

さらに、D群は運動を実践していないにも関わらず、体力の評価項目であるHR_{LT}および反復横とびに小さな改善効果がみられた。このことから、肥満であること自体が身体活動を制限する可能性を再確認するとともに、食事改善により確かな減量効果をあげることで、運動を実践しやすい身体に導くことが可能であると推察された。

一方、E群は運動実践プログラムの参加により、運動量が平均で163 kcal/日増加した。E群のエネルギー摂取量はプログラム参加により変化しなかったことを考えると、E群で中程度の改善効果がみられた $\dot{V}O_{2LT}$ 、反復横とび、および閉眼片足立ちの改善は、食事改善を伴わない運動実践のみで期待できる効果であることが示唆された。また、D群で大きな改善を示した肩甲骨下部皮脂肪厚は、E群でも中程度改善することが示された。プログラム前におけるE群の $\dot{V}O_{2LT}$ は17.5 ml/kg/分であり、先行研究³⁵⁾における運動不足者（日本人男性、66 ± 10歳、16 ± 4 ml/kg/分）と同等であった。しかし、3ヵ月間の運動実践プログラムに参加した結果、E群の $\dot{V}O_{2LT}$ は20.1 ml/kg/分に増加し、先行研究における登山愛好家（日本人男性、64 ± 5歳、20 ± 3 ml/kg/分）、およびウォーキング習慣者（日本人男性、67 ± 4歳、19 ± 3 ml/kg/分）と同等の値にまで改善した。E群の平均年齢(49.9 ± 10.6歳)と先行研究における対象者の平均年齢との差を考慮する必要はあるものの、運動不足者と同程度の $\dot{V}O_{2LT}$ であったE群が、3ヵ月間の運動実践プログラムの参加により、運動習慣者（平均継続年数13.2 ± 11.2年）と同等の値にまで改善したことから、本研究における運動実践プログラムが十分な運動量を提供できたといえる。E群の体重減少率は初期体重の3.3%であり十分な減量を達成したとはいえないが、活力年齢の構成因子については、体力測定項目を中心に中程度の改善効果をもとめ、血圧や血液検査項目においても小さな改善効果を示した。このことは、肥満者にとって十分な運動量を確保すれば、体重減少は小さくても健康度が改善することを示唆する結果である。これらのことから、体重、体脂肪の減量や血圧降下、肺機能の改善を目的とする場合には食事改善プログラムが、体力の保持増進を目的とする場合には運動実践プログラムがそれぞれ有益であることが示された。このことは、肥満者が有する個別の健康問題に応じて、プログラムを選択する際の判断基準として重要であるとともに、生活習慣改善策を講じる上で、何らかの制限が生じた場合でも、より目的に即した有益なプログラムを提供できる可能性を示した。

これまでに、肥満者の減量効果に関する研究が多数おこなわれ、その多くは、体重減少が大きいほど循環器系疾患危険因子の改善を期待できると報告している³⁶⁻⁴¹⁾。そのため、肥満者の生活習慣改善策には、運動実践のみの介入よりも、体重減少効果の大きい食事改善介入をおこなう方が有効とする報告が多い。しかしながら、体力・身体活動水準が高い者ほど、総死亡率や循環器系疾患による死亡率が低く、肥満でも体力レベルを良好に保持できている者は死亡率が低いことが報告されている⁴²⁻⁴⁵⁾。

本研究でも、運動実践プログラムにより活力年齢が有意に改善し、短期間の運動実践プログラムであっても、健康度の改善に寄与することが示された。さらに注目すべき点は、E群の体重減少量はD群の半分以下であったにも関わらず、両群の活力年齢が同程度改善したことである。このことは、体重減少が少なくても、肥満者の生活習慣改善策として運動を実践することの意義を示唆するものである。

これまでに筆者らは、本研究と同様の食事改善、および運動実践プログラムを開催し、D群と食事改善に運動実践を併用した（diet plus exercise : DE）群の活力年齢の変化を報告している²²⁾。その結果、プログラム参加前では、両群とも活力年齢が暦年齢を約5歳上まわったのに対し、プログラム参加後では、D群の活力年齢と暦年齢は同程度（活力年齢の変化：-4.9歳/3ヵ月）になり、DE群の活力年齢は暦年齢を下まわった（活力年齢の変化：-7.8歳/3ヵ月）。また、D群とDE群の活力年齢の変化に交互作用がみとめられた（ $P < 0.05$ ）。活力年齢構成因子の変化については、両群ともほぼすべての項目が有意に改善し、腹囲、収縮期血圧、 $\dot{V}O_{2LT}$ 、およびTGにおいて交互作用をみとめた（いずれもDE群がより改善を示した）。よって、食事改善のみのプログラムで活力年齢の若返りは可能であり、さらに運動実践を加えることにより健康利益が高いことを示した。上記で示されたとおり生活習慣改善策として、食事改善と運動実践を併用したプログラムを開催することは理想であるが、実情では開催側に制限（予算や会場、指導者など）が生じることが多く、制限下でより効果的なプログラムを提供することが求められる。この点において、本研究では食事改善および運動実践における固有の効果を把握したことから、先行研究の不十分な点を補い、より有益な知見を提供できたといえよう。また、先行研究²¹⁾は中年女性を対象とした検討であったが、本研究は肥満者の増加が顕著な中年男性を対象に検討したことも注目すべき点である。

一方、本研究にはいくつかの限界が存在する。活力年齢の構成因子が複数あり、検討が繰り返されているにもかかわらず初期値が調整されてない。これは、1) 本研究が肥満者の生活習慣改善を探索的、多面的に評価することを目的としたこと、2) 各測定項目は教室開始前の時点で群間差をみとめておらず、対象者数も多くないことが理由として挙げられる。しかしながら、多重検定の誤検定について必ず否定できるとは限らない。また、D群とE群の比較に際し、無作為割り付けをおこなっていない。本研究では、生活習慣や在住地域の異なる対象者が参加したため、対象者を各群へ無作為に割り付けることは不可能であった。さらに、対象者の一部は、自治

体の保健事業の一環としてプログラムを提供したことから、出席率を高めるなど指導内容の遵守を優先する立場をとったため、群分けは対象者の希望を考慮した上で決定した。それゆえ、その過程の中で各群の特徴に何らかの偏りが生じた可能性を否定できない。よってこれらの点は本研究における限界である。

肥満者の生活習慣改善を評価する際に、体重や腹囲の減少量の大きさに着目することが多い。しかし、本研究の結果から、食事改善も運動実践も肥満者の健康度改善に有効な手段であり、改善効果のみられる項目や改善効果の大きさに差があることが示された。よって、生活習慣改善策を講じる指導の現場では、参加者が有する個別の健康問題に応じて、個人に適した生活習慣改善プログラムを提供することが望ましい。

V. 結語

本研究の目的は、肥満男性を対象に食事改善、または運動実践による肥満改善プログラムが、活力年齢、およびその構成因子へ及ぼす影響を比較検討することであった。12週間にわたり両プログラムを提供した結果、以下の知見が得られた。

1. 食事改善プログラム、運動実践プログラムとも、活力年齢の改善に同程度寄与する。
2. 食事改善プログラムでは形態変化や血圧降下の大きな改善、運動実践プログラムでは形態変化や体力の中程度の改善により健康度を改善しており、提供するプログラムにより改善できる項目や改善の大きさに特徴がある。

以上より、肥満男性における健康度の改善は、肥満改善プログラムにより特徴がみられるため、個に適した肥満改善プログラムを選択することが望ましい。

参考文献

- 1) 厚生労働省, 平成21年 人口動態統計の年間推移, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suikai09/index.html>, (last accessed 2011/12/20) .
- 2) Kaplan NM, The deadly quartet : upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia, and hypertension, Arch Intern Med, 1989 ; 149 : 1514-1520.
- 3) Tsugane S, Sasaki S, Tsubono Y, Under- and overweight impact on mortality among middle-aged Japanese men and women: a 10-y follow-up of JPHC study cohort I, Int J Obes Relat Metab Disord, 2002 ; 26 : 529-537.

- 4) 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, 日本内科学会雑誌, 2005 ; 94 : 794-809.
- 5) 厚生労働省運動所要量・運動指針の策定検討会, 健康づくりのための運動指針2006～生活習慣病予防のために～エクササイズガイド2006, 2006.
- 6) 厚生労働省健康局, 標準的な健診・保健指導プログラム (確定版), 2007.
- 7) Miller WC, Koceja DM, Hamilton EJ, A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention, *Int J Obes*, 1997 ; 21 : 941-947.
- 8) Jakicic JM, Marcus BH, Gallagher KI, Napolitano M, Lang W, Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women : a randomized trial, *JAMA*, 2003 ; 290 : 1323-1330.
- 9) Okura T, Nakata Y, Ohkawara K, et al., Effects of aerobic exercise on metabolic syndrome improvement in response to weight reduction, *Obesity*, 2007 ; 15 : 2478-2484.
- 10) Wu T, Gao X, Chen M, van Dam RM, Long-term effects of diet-plus-exercise intervention vs. diet-only interventions for weight loss: a meta-analysis, *Obes Rev*, 2009 ; 10 : 313-323.
- 11) 水本篤, 竹内理, 研究論文における効果量の報告のために: 基本的概念と注意点, *英語教育研究*, 2008 ; 31 : 57-66.
- 12) Hofecker G, Skalicky M, Kment A, Niedermuller H, Models of the biological age of the rats. I : A factor model of age parameters, *Mech Aging Dev*, 1980 ; 14 : 345-359.
- 13) Nakamura E, Miyao K, Oseki T, Assessment of biological age by principal component analysis, *Mech Aging Dev*, 1988 ; 46 : 1-18.
- 14) Nakamura E, Moritani T, Kanetaka A, Biological age versus physical fitness age, *Eur J Appl Physiol*, 1989 ; 58 : 778-785.
- 15) 田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生, 中村栄太郎, 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.
- 16) 田中喜代次, 壮年者の老化診断のための指数の作成, 松浦義行, *数理体力学*, 東京: 朝倉書店, 1993 ; 76-83.
- 17) 田中喜代次, 吉村隆喜, 前田如矢, 他, CHD危険因子に基づく健康評価尺度としての成人女性用の活力年齢の妥当性, *動脈硬化*, 1991 ; 19 : 303-310.
- 18) 重松良祐, 盧昊成, 田中喜代次, 他, 活力年齢からみた本能的な高血圧者に対する運動療法の有用性: 降圧がないと仮定した場合, *日本生理人類学会誌*, 1996 ; 1 : 9-14.
- 19) Shigematsu R, Tanaka K, Nho H, et al., Effects of exercise conditioning on vital age in hyperlipidemic women, *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 2000 ; 19 : 279-285.
- 20) 田中喜代次, 中塘二三生, 竹島伸生, 中村栄太郎, 松浦義行, 中年肥満女性の活力年齢の経年的変化, *体力研究*, 1991 ; 77 : 73-81.
- 21) 中西とも子, 田中喜代次, 李美淑, 他, 肥満女性に対する院内監視型運動指導の有用性について: 健康度指標“活力年齢”の改善という視点に着目して, *肥満研究*, 1996 ; 2 : 28-33.
- 22) Nakata Y, Tanaka K, Shigematsu R, et al., Effects of weight loss program with diet and exercise on vital age in obese middle-aged women, *Int J Sports Health Sci*, 2003 ; 1 : 89-94.
- 23) 田中喜代次, 活力寿命を評価する客観的指標作成のためのデータベースの構築, 平成15年度～平成17年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B)) 研究成果報告書 ; 2005.
- 24) 香川芳子, 五訂版食品80キロカロリーガイドブック, 東京: 凸版印刷株式会社, 2002.
- 25) 田中喜代次, 吉村隆喜, 奥田豊子, 他, AT水準以上の強度を基準とした完全監視型持久性運動療法および不完全監視型食事療法の併用が肥満者の健康・体力に及ぼす影響, *体力研究*, 1986 ; 62 : 26-40.
- 26) Matsuo T, Kim MK, Murotake Y, et al., Indirect lifestyle intervention through wives improves metabolic syndrome components in men, *Int J Obes*, 2010 ; 34 : 136-145.
- 27) 松尾知明, 室武由香子, 中田由夫, 清野諭, 大藏倫博, 田中喜代次, 自治体と大学が共同で取り組んだ減量教室事業の成果: Sodegaura weight management study, *日本公衆衛生雑誌*, 2010 ; 57 : 390-402.
- 28) 笹井浩行, 片山靖富, 沼尾成晴, 中田由夫, 田中喜代次, 中年肥満男性における運動実践が内臓脂肪に及ぼす影響: 食事改善との比較, *体力科学*, 2008 ; 57 : 89-100.
- 29) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ, Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation, *J Appl Physiol*, 1985 ; 59 : 1936-1940.
- 30) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ, A new method for detecting anaerobic threshold by gas

- exchange, *J Appl Physiol*, 1986 ; 60 : 2020-2027.
- 31) Cohen J, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, New York, Academic Press, 1997, 19-27.
- 32) 日本肥満学会肥満症治療ガイドライン作成委員会, 治療の実際, 肥満症ガイドライン2006, 東京: 日本肥満学会, 2006 ; 18-41.
- 33) Miyaki A, Maeda S, Yoshizawa M, et al., Effect of weight reduction with dietary intervention on arterial distensibility and endothelial function in obese men, *Angiology*, 2008 ; 60 : 351-357.
- 34) Santamaria F, Montella S, Greco L, et al., Obesity duration is associated to pulmonary function impairment in obese subjects, *Obesity (Silver Spring)* , 2011 ; 19 : 1623-1628 .
- 35) Tanaka K, Sakai T, Nakamura Y, et al., Health benefits associated with exercise habituation in older Japanese men, *Aging Clin Exp Res*, 2003 ; 16 : 53-59.
- 36) Saris WH, Exercise with or without dietary restriction and obesity treatment, *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1995 ; 19 : 113-116.
- 37) Stiegler P, Cunliffe A, The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss, *Sports Med*, 2006 ; 36 : 239-262.
- 38) Katznel LI, Bleecker ER, Colman EG, Rogus EM, Sorkin JD, Goldberg AP, Effects of weight loss vs aerobic exercise training on risk factors for coronary disease in healthy, obese, middle-aged and older men, A randomized controlled trial, *JAMA*, 1995 ; 274 : 1915-1921.
- 39) Fagard RH, Effects of exercise, diet and their combination on blood pressure, *J Hum Hypertens*, 2005 ; 19 : 20-24.
- 40) Nieman DC, Brock DW, Butterworth D, Utter AC, Nieman CC, Reducing diet and/or exercise training decreases the lipid and lipoprotein risk factors of moderately obese women, *J Am Coll Nutr*, 2002 ; 21 : 344-350.
- 41) Christiansen T, Paulsen SK, Bruun JM, Pedersen SB, Richelsen B, Exercise training versus diet-induced weight-loss on metabolic risk factors and inflammatory markers in obese subjects: a 12-week randomized intervention study, *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2010 ; 298 : 824-831.
- 42) Kannel WB, Habitual level of physical activity and risk of coronary heart disease : the Framingham study, *Can Med Assoc J*, 1967 ; 95 : 811-812.
- 43) Paffenbarger RS Jr, Wing AJ, Hyde RT, Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni, *Am J Epidemiol*, 1978 ; 108 : 161-175.
- 44) Blair SN, Kohl HW 3rd, Paffenbarger RS Jr, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW, Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women, *JAMA*, 1989 ; 262 : 2395-2401.
- 45) Barlow CE, Kohl HW, Gibbons LW, Blair SN, Physical fitness, mortality and obesity, *Int Obes Relat Metab Disord*, 1995 ; 19 : 41-44.