

代謝性疾患のみを対象とした群は6群あった。

全群を対象として分析した場合、METs・時/週と内臓脂肪減少率（% Δ VF/週）との間に有意な相関関係は認められなかったが、代謝性疾患に限定した群を除くと有意な相関関係が認められた（図1）。また、代謝性疾患を有さない群のみを対象に、運動量（METs・時/週）で3群に分け、コントロール群を加えて比較してところ、いずれのカテゴリーにおいてもコントロール群と比べて有意な内臓脂肪の減少が認められた（図2）。ただし、運動量で3分割したカテゴリー間で、内臓脂肪の減少量に有意差は認められなかった。

MET・時/週と体重減少率（% Δ Weight/週）の間には、代謝性疾患の有無に関わらず、有意な相関関係が認められた

（代謝性疾患を有さない群のみ； $r = 0.87$ 、全群； $r = 0.79$ ）。また、代謝性疾患を有さない群のみを対象とした場合に、% Δ VF/週は% Δ Weight/週と有意で強い相関性が認められ（ $r = 0.93$ ）、全群を対象とした場合においても、両者間に有意な相関性が認められた（ $r = 0.64$ ）。

D. 考察

本研究の目的は、有酸素性運動と内臓脂肪の減少との間に量反応関係があるか否かについて、システマティックレビューにより検討を行うことであった。Ross and Janssen (2001) によって、身体活動（運動）量と体重減少または体脂肪の減少との間に量反応関係の認められることが報告されている。しかしながら、身体活動（運動）量と内臓脂肪の減少との量反応関係については、両者をともに定

量化した介入試験の報告数が少なかったことから、今後の課題として残されてきた。本研究は2001年以降に発表された比較的運動量の多い介入試験を含む複数の報告を加えて検討した。その結果、代謝性疾患を有さない肥満者を対象とした場合、有酸素性運動と内臓脂肪の減少は量反応関係にあることが示唆された。

本研究で採用された群の運動量は5.9 - 47.1 METs・時/週の範囲にあった。Miyatake et al. (2002)は、1年間、1日当たり約1800歩（5.9 METs・時/週に相当）増やしたところ、有意な内臓脂肪の減少が認められたことを報告している。それを除くと、有意な内臓脂肪の減少は10 METs・時/週程度かそれ以上の有酸素性運動を実施した介入試験から観察されていた。つまり、内臓脂肪を有意に減少させるには少なくともおよそ10 METs・時/週の有酸素運動が必要であると考えられた。また、確実な内臓脂肪の減少を得るための運動量を検討するため、代謝性疾患を有さない群のみを対象に運動量で3分割して比較してみたものの、対象数が少なかったことも影響し、3つの運動群の間に有意差は認められなかった。ただし、最も運動量の多い群において内臓脂肪が最も大きく減少している傾向がみられ、その中央値は40.2 METs・時/週に該当した。このことから、有酸素性運動のみで確実に内臓脂肪を減少させるには40 METs・時/週かそれ以上を実践する必要があると考えられた。

内臓脂肪の減少量と体重の減少量の相関性を検討した結果、特に代謝性疾患を有さない群のみを対象とした場合に、有意で強い相関関係がみられた。全群を対象としても両者間に有意な相

関は認められており、有酸素性運動を実践した場合、内臓脂肪と体重は一次直線的に減少していくと考えられた。ただし、体重が有意に減少していない場合においても、内臓脂肪に有意な減少が生じることも示唆された。

本研究で十分に検討しきれない点がいくつかあげられる。代謝性疾患者に限定した群においては、本研究で対象となった全群による内臓脂肪の平均減少量よりも明らかに大きい減少を示しているものと、有意な減少を示さなかった群が混在していたため、今後その原因究明が必要である。また、性別や介入期間による影響を検討するには、対象数が不十分であった。さらに、本研究の基準をみたしていた日本人を対象とした検討はMiyatake et al. (2002)のみであり、日本人を対象としたさらなる検討が求められるよう。

E. 結論

本研究で行ったシステマティックレビューにおいて、代謝性疾患を有さない肥満者を対象とした場合、有酸素性運動と内臓脂肪の減少は量反応関係にあることが示唆された。また、有意な内臓脂肪の減少は、10 METs・時/週程度かそれ以上の有酸素性運動を実施した介入試験から観察されており、内臓脂肪を有意に減少させるには少なくともおよそ10 METs・時/週の有酸素運動が必要であると考えられた。今後、性別および介入期間の長

さによる影響や日本人を対象としたさらなる検討が求められる。

F. 研究発表

1. 論文発表

Ohkawara K, Tanaka S, Miyachi M, Ishikawa-Takata K, Tabata I: A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials, submitted.

田中茂穂：生活習慣病予防のための身体活動・運動量：特集 新しい健康づくりのための運動基準・指針。体育の科学。56(8)：601-607, 2006. 8.

2. 学会発表

大河原一憲、田中茂穂、宮地元彦、高田和子、田畑泉：有酸素性運動と内臓脂肪の減少における量反応関係- システマティックレビュー。第61回日本体力医学会大会 2006. 9, 兵庫。

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表1 本研究で採用された有酸素性運動群の特徴

Reference	Subjects			Aerobic exercise		
	Gender	Age (yr)	BMI (kg/m ²)	%fat (%)	Session time and Intensity	Mode or Used exercise instrument
Despres et al., 1991	F	38.8	34.5	47.0	90 min, 55%HRmax	Walking
Donnelly et al., 2003	M	22	29.7	28.3	45 min, 70%VO2max	Treadmill
Green et al., 2004	F	56.4	29.3	40.8	75%VO2max	Ergometer
Halverstadt et al., 2003	M+F	57.9	-	36.0	70%VO2max	-
Irwin et al., 2003	F	61	30.5	47.6	mean 81%HRmax	Treadmill walking and stationary bicycling in Lab, and aerobic exercise (eg walking, aerobics, bicycling) at home
Miyatake et al., 2002	M	32-59	28.6	29.3	7012 → 8839 Steps/day (plus 1827 steps/days)	Normal walking
Park et al., 2003	F	42.2	25.3	42.2	60-70%HRmax	Fast walking
Ross et al., 2004	F	43.2	32.8	-	mean 80%HRmax	Brisk walking or light jogging on treadmill
	F	41.3	32.9	-	mean 82%HRmax	Brisk walking or light jogging on treadmill
Ross et al., 2000	M	45	32.3	-	mean 77%HRmax	Brisk walking or light jogging on treadmill
	M	44.7	31.3	-	mean 77%HRmax	Brisk walking or light jogging on treadmill
Schwartz et al., 1991	M	67.5	26.2	24.7	45 min, 85%HRreserve	Walking/jogging
Short et al., 2003	M+F	40.5	26.6	31.4	80%HRmax	Stationary bicycling
Wilund et al., 2002	M+F	56	-	38.0	40 min, 70%VO2max	-
	M+F	56	-	34.0	40 min, 70%VO2max	-
Boudou et al., 2000	M	42.9	28.3	-	1) 2 times/week, 45 min, 75%VO2peak, 2) 1 time/week, 10 min, 85%VO2peak, and 12 min, 50%VO2peak	Ergometer
Giannopoulou et al., 2005	F	55.5	35.9	-	60 min, 65-70%VO2max, energy expenditure: 250.95-298.75 kcal/session	Walking
Mourier et al., 1997	M+F	45	30.4	24.4	1) 2 times/week, 45 min, 75%Vo2peak, 2) 1 time/week, 10 min, 75%VO2peak, and 12 min, 50%VO2peak	Ergometer
Slentz et al., 2005	M+F	54	29.8	-	40-55%VO2max, 1.4kcal/kg/wk (12 miles/week)	Treadmill walking
	M+F	53	29.7	-	65-80%VO2max, 1.4kcal/kg/wk (12 miles/week)	Treadmill jogging
	M+F	51.5	29.1	-	65-80%VO2max, 2.3kcal/kg/wk (20 miles/week)	Treadmill jogging

Continued

表1 つづき

VO2max (baseline)	Aerobic exercise					Weight					Visceral fat						
	Frequency (times/week)	Time (min/session)	Energy Expenditure (kcal/week)	METs·h/w	Before (kg)	After (kg)	Δ (kg)	%Δ (%)	Sig ¹	Before	After	Δ	Unit	%Δ (%)	%Δ (%/week)	Sig ²	Method
21.3±4.0	4-5	90	1913	20.2	90.0	86.3	-3.7	-4.11	*	124.7	121.3	-3.4	cm ²	-2.73	-0.045	NS	CT
25.2±0.5	5	45	3300	33.4	94.0	85.2	-8.8	-9.36	*	97.9	75.5	-22.4	cm ²	-22.88	-0.334	*	
20.1 (19.3-20.9)	3	50	920	11.4	76.8	76.9	0.1	0.13	NS	121.6	117.8	-3.8	cm ²	-3.13	-0.156	NS	CT
	3	40	853	10.1	80.6	79.5	-1.1	-1.36	*	127.8	113.4	-14.4	cm ²	-11.27	-0.469	*	CT
	3.5	176/week	1051	12.3	81.6	-	-1.3	-1.59	*	147.6	-	-8.5	cm ²	-5.76	-0.113	*	CT
34.2±3.2	7	18.27	507	5.9	82.0	79.0	-3.0	-3.66	*	108.7	87.0	-21.7	cm ²	-19.96	-0.499	*	CT
	6	60	1908	28.5	63.7	59.0	-4.7	-7.38	*	195.0	112.4	-82.6	cm ³	-42.36	-1.765	*	CT
	7	64	3668 (524±52/session)	40.2	86.9	80.9	-6.0	-6.90	*	2.3	1.6	-0.7	kg	-30.43	-2.174	*	MRI
	7	63	3619 (517±58/session)	39.1	88.1	87.6	-0.5	-0.57	NS	2.2	1.8	-0.4	kg	-18.18	-1.299	*	
	7	60.4	4886 (698/session)	45.8	101.5	94.0	-7.5	-7.39	*	186.0	134.0	-52.0	cm ²	-27.96	-2.330	*	MRI
	7	63.3	4844 (692/session)	47.1	97.9	97.4	-0.5	-0.51	NS	191.0	159.0	-32.0	cm ²	-16.75	-1.396	*	
29.1±4.4	4.44±0.43	45	2009	24.0	79.6	77.1	-2.5	-3.14	*	144.5	109.0	-35.5	cm ²	-24.57	-1.024	*	
25.6 (40.5±1.1/FFM)	4	40	1166	14.0	79.2	78.7	-0.5	-0.63	*	133.0	124.0	-9.0	cm ²	-6.77	-0.423	*	CT
25±1	3	40	882	10.0	84.0	83.2	-0.8	-0.95	NS	146.0	130.0	-16.0	cm ²	-10.96	-0.913	*	CT
26±1	3	40	863	10.4	79.0	77.8	-1.2	-1.52	*	128.0	109.0	-19.0	cm ²	-14.84	-1.237	*	
23.45±3.60	3	1) 45, 2) 22	836	9.2	86.9	85.0	-1.9	-2.19	NS	153.3	84.2	-69.1	cm ²	-45.06	-5.632	*	MRI
23.0±1.2	3-4	60	962	9.9	92.9	91.2	-1.7	-1.83	NS	5204.0	4675.0	-529.0	cm ³	-10.17	-0.726	*	MRI
	3	1) 45, 2) 22	795	8.9	85.3	83.8	-1.5	-1.76	NS	156.1	80.4	-75.7	cm ²	-48.49	-6.062	*	MRI
	3.5	178	1232	6.9	88.0	-	-	-0.70	*	173	-	-	-	1.70	0.053	NS	CT
	3.1	120	1190	13.3	85.0	-	-	-0.80	*	154	-	-	-	2.50	0.078	NS	
	3.6	173	1971	21.9	85.7	-	-	-2.60	*	168	-	-	-	-6.90	-0.216	*	

Results expressed by mean (range) or mean ± SD Abbreviations: M, male subjects; F, female subjects; Δ, change; METs·h/w, Σ (metabolic equivalents·hour) per week; Sig¹, a significant weight change was observed during the intervention ($P < 0.05$); Sig², a significant visceral fat change was observed during the intervention ($P < 0.05$).

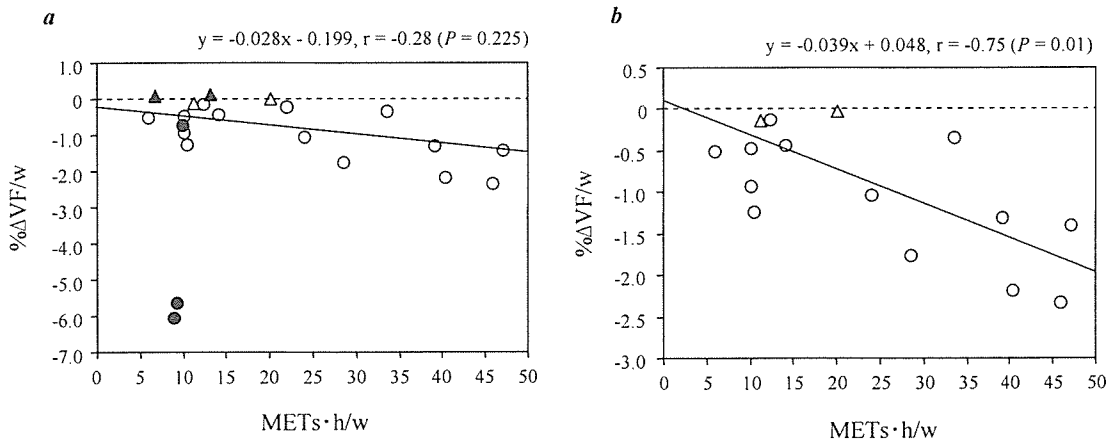


図1. 代謝関連性疾患を有さない対象における運動時間と内臓脂肪減少の量反応関係
 ○：減量前後で内臓脂肪に有意な減少が認められた群 ($P < 0.05$)
 △：減量前後で内臓脂肪に有意な減少が認めらなかった群 (NS)

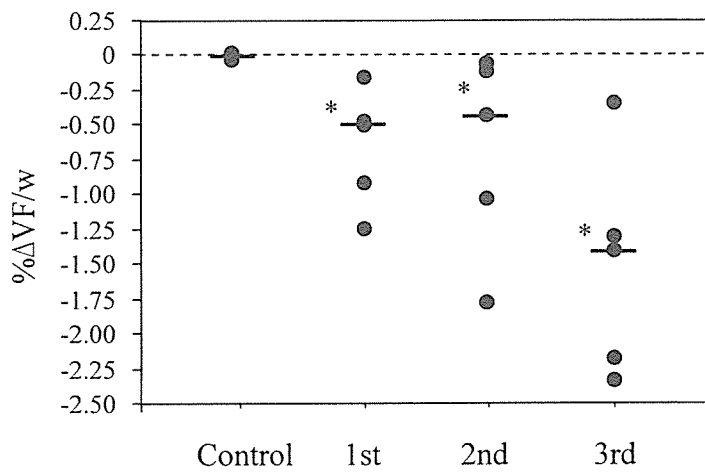


図2: 運動量 (METs·h/w) で3分位した群およびコントロール群における内臓脂肪減少量の比較
 ただし、有酸素性運動群は代謝関連性疾患を有さない群のみを対象に群分けした
 * コントロール群と比較して ($P < 0.05$) -: 中央値
 第1群: 5.9–11.4 METs·h/w、第2群: 12.3–28.5 METs·h/w、第3群: 33.4–47.1 METs·h/w

死亡リスクの低下（長寿）に及ぼす体力と身体活動量の相互作用
（ システマティックレビュー ）

分担研究者 宮地 元彦（独）国立健康・栄養研究所
運動ガイドラインプロジェクトリーダー）

研究要旨：身体活動不足や低体力が生活習慣病による死亡や総死亡リスクを増加させることはいくつかの研究で明らかにされている。しかし、身体活動量と体力が死亡リスクに及ぼす相互作用については十分に明らかになっていない。本研究では、死亡をエンドポイントとし、体力と身体活動量を同時に評価した研究を、システマティックレビューにより渉猟し検討した。死亡と身体活動量・体力との関連を調べた大規模前向き研究は2005年までに75文献集まった。そのうち、身体活動と体力について同時に評価したものは7編であった。身体活動量や体力の評価方法は同一の研究室から出たもの以外は異なっていたが、7編すべての研究が、身体活動量と体力がともに死亡リスクの減少に寄与することを示唆していた。以上の結果から、生活習慣病による死亡や総死亡リスクを減らすためには、身体活動量を増加するという目標を達成するのみでなく、その結果体力向上を図ることにより、より大きな利益を得ることができると推測される。

A. 研究目的

欧米における大規模縦断研究（コホート研究）によって、習慣的な運動ならびに身体活動の量の違いが様々な要因による死亡リスクと関連し、運動や身体活動が長寿の独立した一要因であることが明らかとなってきた。一方で、死亡リスクを有意に減少させる運動量もしくは身体活動量がどの程度なのかについては各研究もしくはコホート毎で大きなばらつきがある。さらに、運動量や身体活動量のみならず、体力の違いが様々な要因による死亡リスクと関連し、高い体力を有することも長寿の独立した要因であることも明らかとなってきた。体力は客観的な測定方法によって評価され、個々人の運動経験や運動量を反映する客観的指標である。しかし、身体活動量と体力が死亡リスクに及ぼす相互作用については十分に明らかになっていない。

これらの問題を解決するためには、系統的に文献渉猟し、方法から結論に至るまで精読を行うことで、運動量・身体活動量・体力の評価方法を整理すると同時に、死亡リスクが減少するのに必要な運

ら抽出し、その結果を要約していく作業が必要となる。このような手法を系統的文献レビュー（システマティックレビュー）と呼ぶ。

本研究では、死亡をエンドポイントとし、体力と身体活動量を同時に評価した研究を、システマティックレビューにより渉猟し検討した。

B. 研究方法

● 検索手順

運動量・身体活動量・体力が将来の死亡リスクに与える影響について検討した大規模長期観察研究についてシステマティックレビューを行った。レビューの手順は以下の通り。

1) 対象としたデータベース：PubMedと医学中央雑誌

2) 対象とした期間：2005年まで

3) 検索式：PubMedでは、("physical activity" OR exercise OR "physical training" OR fitness) AND (mortality*) AND (follow* OR observation* OR prospective OR

longitudinal OR retrospective)、医中誌では、上式の和訳

4) 検索制限：human（人を対象とした研究）

5) 対象とした報告：原著論文

6) 年齢：学童期（6歳以上）から高齢期

●選定条件

検索して得られた文献から必要な定量的な情報を得ることを目的として、以下の基準を満たす文献を採用した。

- 1) 原則として重度の疾病を有していない者（健康、または軽度の症状で運動が可能な者）を長期（原則2年以上）観察し、死亡率や発症率を身体活動・運動量もしくは体力別に分析した研究。
- 2) 定量的方法で評価された身体活動・運動量に関する情報（種類・強度、時間：分/週または分/日、頻度：回/週）を明示した研究。この情報がない場合、「種類・強度と分/週」の情報から計算しても良い。
- 3) 定量的方法で測定された体力に関する情報を明示した研究。
- 4) 身体活動・運動量や体力の群分けや区分けの方法、カットオフラインの設定が論理的な研究。
- 5) 身体活動・運動単独の効果を分析〔身体活動・運動以外の要因（性・年齢・喫煙・代謝性危険因子…）を統計的に補正〕した研究。
- 6) 対象者の人数は分析法や測定精度等から判断。

C. D. 研究結果と考察

データベースからのキーワードによる検索、タイトル抄録による目視、論文の精読の手順を踏まえ、基準を満たし採用された文献数は75文献であった。そのうち、死亡リスクを有意に減らすことができる身体活動量と体力（心肺体力）の両方を評価し検討したものは7文献であった。それらの文献の一覧を表に示す。

身体活動量や体力の評価方法は同一の研究室から報告された論文（Cooper Instituteから報告された2編）以外は異な

っていたが、7編すべての研究が、身体活動量と体力がともに死亡リスクの減少に寄与することを示唆していた。ただし、身体活動量単独や体力単独での死亡リスクに対して、身体活動量と体力両方でどの程度リスクを下げるができるかについて定量的に評価した研究はなかった。

7つの文献で、身体活動量はすべて質問票により評価されていた。一方体力は、最大運動負荷試験により実測されたものが4本、自己評価体力で申告されたものが3本であった。

運動生理学的観点からすると、体力を向上させるもしくは加齢による体力低下を抑制するためには比較的高い強度の運動を定期的実施する必要がある。日常の低強度の生活活動量を増加させても体力向上は期待できない。基本的には最大酸素摂取量の60%程度以上、すなわち最高心拍数の75%程度、6-7METs程度の強度の運動を1日あたり30分以上、週に3回以上の頻度で実施する必要がある。したがって、体力が高いことと高い強度の運動量とは相関があるが、低い強度の身体活動が多くても体力が向上するとは考えられていない。したがって、高い強度の運動量以外の身体活動量が死亡リスクや生活習慣病発症リスクとの関連において、体力と独立しているというこれらの7文献の結果は、生理学的観点から妥当であると考えられる。

これらの7つ研究の問題として、身体活動量も体力もいずれも、測定の精度や妥当性という観点から、優れた評価法とはいえないことである。疫学調査において簡便に評価できるという観点が重視されている。従って、体力と身体活動量が死亡リスクや長寿に及ぼす相互作用を検討する際には、より妥当な評価法による研究が必要であろう。

E. 結論

死亡リスクを減少させるために必要な身体活動量・体力の下限値を明らかにするためにシステマティックレビューを実施し、基準を満たし採用された文献数は75文献で、そのうち生活習慣病による死亡や総死亡リスクを減らすためには、身

体活動量を増加するという目標を達成するのみでなく、その結果体力向上を図ることにより、より大きな利益を得ることができると推測される。今後データを系統的手法により集積し、長寿のための運動量・身体活動量・体力について検討する基盤を整備する必要がある。

F. 健康危険情報
問題なし。

G. 研究発表

生活習慣病予防のための体力：特集 新しい健康づくりのための運動基準・指針
宮地元彦：健康増進プログラム：体育の科学：56(8)：608-614, 2006.8

表. 体力と身体活動量とを同時に評価し、各種死亡リスクへの影響を検討した研究の一覧

著者	雑誌	巻号	ページ	発行年	結論	コメント
1) Arriza GA, Wigle DT, Mao Y.	J Clin Epidemiol.	45(4)巻	419-428ページ	1992	体力が高いと、他のリスクファクターに関係なく、死亡リスクを減らす。"普通"の身体活動量は循環器病リスクを減らす。循環器病リスクを減らすためには、1日体重1kg当たり2-3.5kcalを消費する身体活動を実施すべき。	体力と身体活動の両方を評価し、循環器疾患死亡リスクとの関連を調査している点が他の研究にない利点である。体力と身体活動量の相互作用について検討されていないのが残念である。
2) Hein HO, Suadicani P, Gyntelberg F.	J Intern Med.	232(6)巻	471-479ページ	1992	週4時間の軽いウォーキング、自転車運動を行ってなおかつ、最大酸素摂取量30.8ml/kg/分の体力を維持することで虚血性心疾患死亡リスクを不活動、低体力に比べ60%減らせる。	身体活動量と体力の相互作用について検討した数少ない研究の一つであり、その意義はきわめて高い。身体活動もできれば体力を向上させるような内容で取り組むことの重要性を示して身体活動量と心肺体力の両方を評価し、どちらが強力な死亡リスクの予測因子かを検討したが、身体活動評価が不十分であることから結論を保留している。基本的には体力の重要性を強調した論調である。
3) Blair SN, Kohl HW, Barlow CE.	J Am Coll Nutr	12(4)巻	368-371ページ	1993	男性は体力、身体活動の両方がリスクを減らすために重要、女性の場合体力は重要であるが身体活動は不明。	身体活動量と心肺体力の両方を評価し、どちらが強力な死亡リスクの予測因子かを検討したが、身体活動評価が不十分であることから結論を保留している。基本的には体力の重要性を強調した論調である。
4) Kampert JB, Blair SN, Barlow CE, Kohl HW 3rd.	Ann Epidemiol.	6(5)巻	452-457ページ	1996	男女共に、体力レベルが最も高い場合、最も低い場合に比較して全死亡リスクを約50%減らせる。男性の場合身体活動はリスク減に重要であるが、女性是不明。女性の身体活動アンケートは男性用で、女性に適用していない可能性あり(家事子育てなど女性特有の活動が入っていない)。	体力と身体活動両面からアプローチした貴重な研究である。相互作用については検討していないが、体力が高める方が死亡リスクを減らすのに有効という論調。
5) Villeneuve PJ, Morrison HI, Craig CL, Schaubel DE	Epidemiology	9巻	626-631ページ	1998	自己申告体力が優れていると感じる人、強い運動を定期的に実施している人を増やすと効果的。	自己申告の体力で死亡リスクを評価できるという点が極めて貴重である。自己申告体力を現場での簡易なリスクアセスメントに用いることができるかもしれない。
6) Haapanen-Niemi N, Miihlunpalo S, Pasanen M, Vuori I, Oja P, Malmberg J	Int J Obes	24巻	1465-1474ページ	2000	BMIはCVD、CHDあるいは全死亡率に対する独立危険因子であることは判明しなかったが、自己評価体力と身体機能はその因子となることが判明した。LTPAの増加は、肥満および非肥満男女の死亡リスクに対し同程度の有効性を持っており、また、その有効性は体力の高い者、および体力の低い者においても同様である。	自己申告で評価される体力や身体能力、身体活動量がそれぞれ独立して、死亡リスクと関連しているという結果は興味深い。
7) Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB, Hu FB	Circulation	107(19)巻	2435-2439ページ	2003	糖尿病男性患者において余暇における1週間当たり2METs×時間以上の身体活動は循環器病による死亡率ならびに総死亡率を低下させる。また、歩行量も16METs×時間以上であれば総死亡率を低下させる。また、量のみならず、速度も速い方が効果的である。	糖尿病患者も健康者と同様に身体活動量を高く保つことで、死亡リスクを減らすことができることを示した。また、歩行速度の重要性を示した興味深い結果でもある。日常の歩行速度を上げることは、時間の制約のある中年男性には簡便な取り組みの一つといえる。

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
田畑 泉	高齢者のための体育論	体育の科学	55	681-668	2005
田中茂穂	エネルギー代謝における トレーニングの影響	トレーニング 科学	17	239-244	2005
田中茂穂	運動習慣者とは？	肥満と糖尿病	5	28-29	2005
田中茂穂	肥満の評価と予防のため のエビデンス I 「肥満の定義」	体育の科学	56	65-69	2006
田中茂穂	生活習慣病予防のため の身体活動・運動量	体育の科学	56	601-607	2006
田畑 泉	今、求められる身体活 動・運動の指導者像	体育の科学	56	244-249	2006
宮地元彦	生活習慣病予防のため の体力	体育の科学	56	608-614	2006

IV. 研究成果の刊行物・別刷

高齢者のための体育論

田畑 泉

独立行政法人国立健康・栄養研究所健康増進研究部

体育の科学 第55巻 第9号 (2005.9) 別刷

特集

子どもと高齢者の体育

高齢者のための体育論

田畑 泉

“高齢者の体育”とは、いかなるものであろうか。従来、生涯体育（生涯スポーツ）として、高齢者の体育が語られている。そもそも体育とは、体の発育と機能の発達を助けて健全な成人の体をつくるための方策であり、その理論である。そう考えると、すでに成長が終わり、逆に生物学的な老化という体の退化と機能の低下がある高齢者において、“体育とは”と問いたくなる。しかし、望まれる体や機能をつくり・維持するための方策と理論ということにその概念をもっていくと、高齢者の体育というものも存在するはずである。

もともと、子どもの体育も成人になったときに望まれる（だれが望むものにもっとも近づけるかは、本人や家族、社会がきめることである）体をつくり、機能を発達させることを助けるものであった。では、高齢者の体はどのようになることが期待されているのか？ まず、高齢者本人が望む高齢者の体とその機能とはいかなるものであろうか？ 高齢者は不死を望む人も短命を望む人もいるが、一般的には生活の質を維持しながら天寿を全うするための体力ということになる。これには、有酸素性の体力や筋力が必要となる。次に、家族は、長生きをしてもらい、いつまでも家族とのふれあいが継続するような不死の体を獲得することを願うこともあるが、一般的にはあまり家族に負担のない老後を送ってもらいたいと思う。こ

のためには、同様に一定程度の体力が必要であろう。前者は、実現不可能であるが、後者は高齢者本人および社会の中で獲得することが可能であろう。では社会はどのような高齢者の体を望んでいるのであろうか。これについても多くの議論があり、ひとつには決めがたい。

1. 1に運動 2に栄養 しっかり禁煙 3, 4がなくて 5にクスリ

高齢者の望ましい身体というものに対して、行政の観点からいうと医療費のかからない体が高齢者に求められている。毎年医療費、特に老人医療費が1兆円ずつ増加しており、このままでは2025年には国家予算のかなりの部分を老人医療費が占めてしまう恐れがある。これを防ぐために、厚生労働省では、健康フロンティア戦略という施策をとり、健康寿命の2年延伸を目指して、生活習慣病予防に力をいれ、特に運動による生活習慣病予防を主たる柱とした施策を発表した（平成17年4月21日、図1）。キャッチフレーズは“1に運動 2に栄養 しっかり禁煙 3, 4がなくて 5にクスリ”というものである。従来は、栄養による施策が多かったが、はじめて運動が先頭に来た。これは、食事が生活習慣病予防に対しては有効であることは認識しつつ、多くの生活習慣病やその

筆者：たばた いずみ（独立行政法人国立健康・栄養研究所健康増進研究部）
0039-8985/05/〒250/論文/JCLS

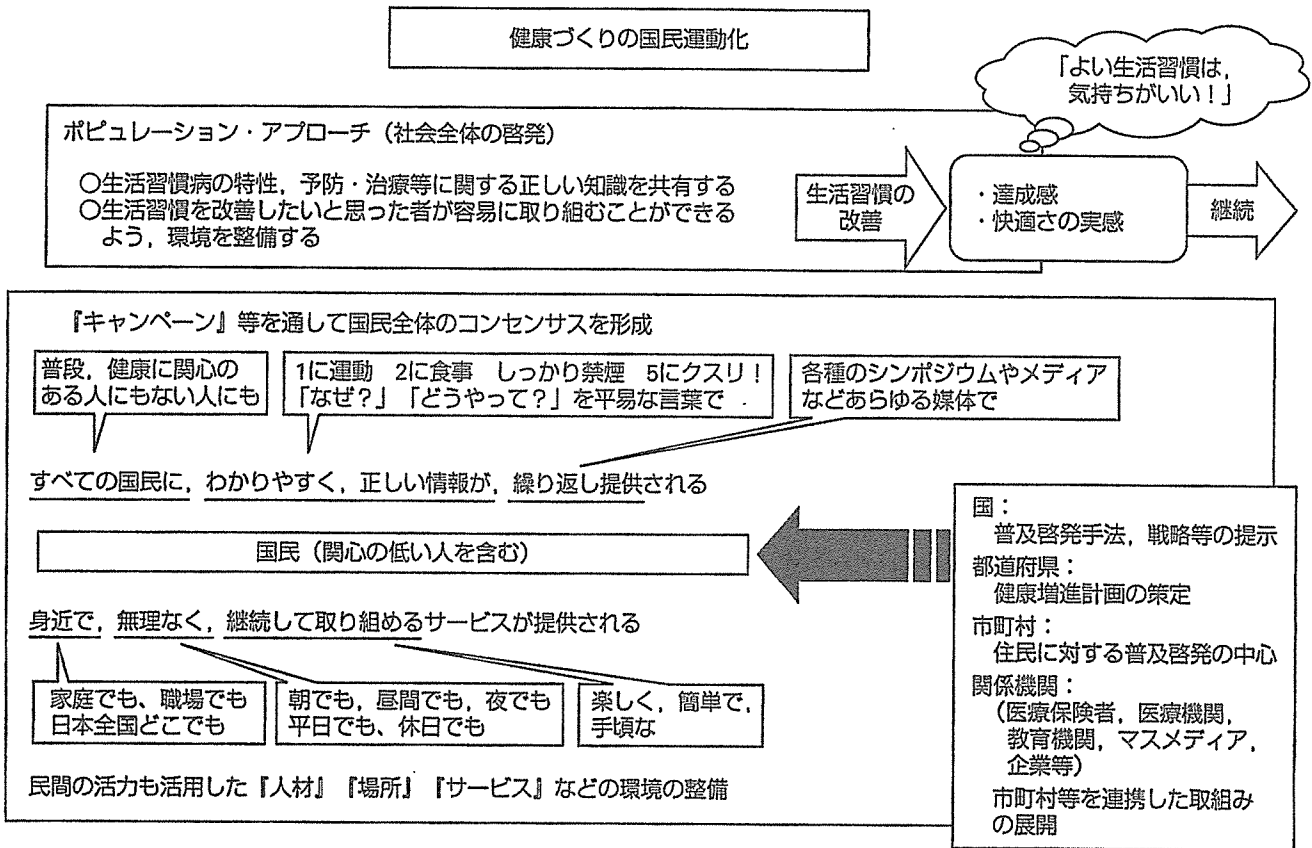


図1 最近の生活習慣病予防に関する厚生労働施策 (第13回厚生労働省厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会 平成17年4月21日開催資料)

複合体であるメタボリックシンドロームの予防に大きな効果をもたらす身体運動の役割を明確にしたもので、われわれ運動による健康増進の研究を行なっている者にとっては“画期的”である。はじめて、厚生労働行政が生活習慣病の予防に本腰になったのである。特に、従来の疾病構造に加えて今後増加が危惧される糖尿病の発症予防に対する身体運動の効果に関する欧米の科学的エビデンスは、厚生労働行政を予防重視にドライブするのに大きな根拠となった。今後、中高年の健康増進施策に運動が全面にでてくることが期待されており、体育・スポーツ関係者の社会的および公衆衛生的役割が高くなる。この数年が、厚生労働行政に体育・スポーツ関係者が貢献する枠組みに参入するチャンスである。

2. 運動所要量と運動指針

このような、高齢者の体をつくるためには、やはり生活習慣病にならないための最低限の体力や身体活動量をもつことであろう。すなわち、高齢者本人が望む身体と社会の望む高齢者の身体とはそれほど差はなく、“高齢者の最低限の生活の質を確保しつつ、さらに社会活動などに積極的に参加するのに必要な体力を保持することができる体力”をもつ身体ということになる。このような体力がどれほどかを提示し、そのような身体となるように高齢者（できれば中年者から）にその方策を示すことが“高齢者の体育”というものではないだろうか？ 厚生労働省では平成17年度中に国民の“運動所要量”と“運動指針”を改定することにしている¹⁾。これは、体育人の関わりなしには不可能であり、ぜひ、深く関わっていき

いと考えている。

3. 日本人の身体運動の現状

では、実際の現代日本人の身体活動量はいかほどなのか？ 生活習慣病の予防および体力の保持・増進には、国は健康づくりのための国民運動として「健康日本21」を行なっている。健康日本21では、策定時の10年後の目標値を定めた。最近、5年目の中間値が発表され、話題になっている。高齢者については、①日常生活における歩数の増加、②外出について積極的な態度をもつ人の増加、③何らかの地域活動を実施している者の増加という3項目がある。その中で、①日常生活における70歳以上の人の歩数は、健康日本21策定時のベースライン（平成9年度国民栄養調査）で男性5,436歩、女性で4,604歩であった。それが、中間評価時（平成14年国民健康栄養調査）には、男性4,797歩、女性4,328歩で低下気味であり、目標値である男性6,700歩以上、女性5,900歩以上達成には困難が伴うことが示唆されている。

歩数は、日常生活における活動量の指標と考えられている。歩数が減ってきているということは、やはり日常生活の活動量が低下していることを示唆している。もちろん、平均値がこの程度でも、10,000歩以上歩いている高齢者も多い。問題は、2,000歩以下というような極端に歩数の少ない高齢者である。これら的高齢者はほとんど外出しない人々と推測される。後述の高齢者を対象とした研究から明らかなように、高齢者でも身体活動量と生活習慣病罹患リスクや死亡率との関係がある。したがって、外出しないような高齢者に積極的に外出してもらうことが肝要である。実際に健康日本21では、②外出について積極的な態度をもつ人の増加という項目をあげているが、中間評価値の発表およびその評価がされていないので、積極的に外出する高齢者が増えているか減っているかは不明である。どちらにしても、高齢者について、外出をすすめるような取り組み（体育活動）が必要であろう。

4. 最近の高齢者の運動に関する研究

中高年者を対象とした研究は多くあるが、高齢者のみを対象とした質の高い研究はそれほど多くない。Gurwitzらは²⁾、最初の3年の身体活動量調査で、次の3年の糖尿病罹患の危険率（RR）を評価した。低活動量群（汗をかくような運動を週1回も行なわない、あるいはウォーキングに出かけることはほとんどない、家事や庭仕事を行なうことはない。対象者全体の27%、以下同じ）、高活動量群（汗をかくような運動を週1回以上行なう。12%）、中程度活動群（低活動量群でも高活動量群でもない。61%）と身体活動量でこの集団を分類し、中等度活動者群の糖尿病の罹患リスクを1.0とすると低活動量者群は1.4、高活動者群は1.0であることを示した。年齢、性、BMI、飲酒習慣、血圧、自己申告血糖値で補正した糖尿病のRRは低活動量者群1.5、高活動量者群1.4であることを報告しており、このような高齢者でも糖尿病の危険性も身体活動量の増加により低下する。

次に、Stessmanらの研究³⁾によると1920～1921年に生まれたイスラエル、エルサレムに在住の70歳の男女で456人（全人口の25%、男性249名、女性207名）を対象にした研究で、①運動なし（週当たりの歩行時間4時間未満。対象者全体に占めるこの分類に入るもの、男性43.78%、女性50.72%、以下同じ）、②moderate（週4時間程度の歩行、男性20.48%、女性14.98%）、③ジョギング、自転車乗り、水泳のようなスポーツを少なくとも週2回以上行なう（男性16.06%、女性20.29%）、④運動習慣者（1日1時間以上の歩行習慣者、男性19.68%、女性14.01%）と高齢者を分類したところ、その後6年間の死亡率に関するOR（odds Ratio）は、①の人を1.0とすると②（男性0.45、女性0.28）、③（男性0.65、女性0.91）、④（男性0.13、女性0.17）、②③④合計（男性0.38、女性0.43）となり、まったく運動しない人に比べて週4時間以上運動する人は顕著に総死亡率が低いことが報告されている。これらの

報告および前の論文から、高齢者でも身体活動量の増加により健康寿命が延伸することが明らかであり、積極的に高齢者の体育活動を行なうことの意義が示唆されている。

5. 高齢者の食と運動

飽食の時代といわれる現代において低栄養者、特に低タンパク栄養者がみられるのが高齢者である。これは、一般に高齢者で食量全体が減少する（食が細くなる）ことによって、タンパク質を含む摂取栄養素量が減少するためである。「日本人の食事摂取基準（2005年版）」のタンパク質の推奨量は、成人の場合、男性60g/日、女性50g/日とそれほど高くなく、通常の食事で十分摂取することができる。高齢者と成人のタンパク質の推奨量は同量であるが、高齢者の場合には、その量を摂るのが難しくなる人がいる。これはエネルギー摂取量が低下している人に顕著である。

肥満になることなくエネルギー摂取量を増加させる唯一の手段はエネルギー消費量の増加、つまり身体活動量の増加である。人生の生活の質の大きな要素である食事を楽しむためにも、身体活動量の増加は必要であり、高齢者の生活の質に大きな栄養を与える食事という点からも、高齢者に身体運動をすすめるような体育活動が必要である。

おわりに

最初に述べたように、本人の希望する身体と社会が高齢者に希望する身体は、それほど差がないようである。何もしなければ、望ましい身体にならない。したがって、そのような身体の高齢者、あるいは中年者になるための方法を教える必要がある。それが高齢者の体育であり、体育活動は、そのような活動に対する本人の“自発的な”参加であろう。

平成18年度から国は、介護予防サービスを本格的に導入する。介護予防サービスでは筋力ト

レーニングばかりが重視されている。筋力トレーニング（レジスタンストレーニング）を有酸素性運動と同時に行なうべきであるということは、体育・スポーツ界では常識的である。しかし、介護と筋トレを疾病と薬と同じように考えている（この病気の治療にはこの薬をとというような感覚）医療関係者には常識ではない。筋力トレーニングばかり行なうと筋力の増加は期待できるが、いわゆる副作用があることも示唆されている⁴⁾。したがって、介護予防サービスでは筋力トレーニングばかりではなく、有酸素性の運動も同時に行なわなければならない。

医学治療と体育の違いは、本人が自発的に自分で行なうことができるか否かである。理学療法士による脳卒中リハビリは治療である。介護予防サービスの筋トレでも、筋力トレーニングの講習や指導を受けるのみならず、医療に近いといわざるを得ないが、講習のあと高齢者が自分でやるようになればそれは体育活動といえよう。高齢者が、自発的に身体活動を行なうには、“楽しむ（スポーツ性）”が必要である。介護予防だけではなく、多くの恩恵のあるバラエティー豊かなスポーツ・身体運動を指導できるのは体育関係者である。体育人の活発な関与および体育学研究者の質の高い研究が求められている。

[文 献]

- 1) 田畑 泉：身体運動に関する厚生労働行政の動向。体育の科学，54：684—687，2004
- 2) Gurwitz JH, et al：Risk factors for non-insulin-dependent diabetes mellitus requiring treatment in the elderly. J Am Geriatr Soc, 42：1235—1240, 1994
- 3) Stessman JY, et al：The effects of physical activity on mortality in the Jerusalem 70-year-olds Longitudinal Study. J Am Geriatr Soc, 48：499—504, 2000
- 4) Miyachi M, et al：Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance：a randomized intervention study. Circulation, 110：2858—2863, 2004

特集【スポーツにおける食事・栄養の役割と意義】

エネルギー代謝におけるトレーニングの影響

田中 茂穂

平成17年11月

特集【スポーツにおける食事・栄養の役割と意義】

エネルギー代謝におけるトレーニングの影響

田中 茂穂*

はじめに

運動中は、主に骨格筋の活動により、エネルギー消費量が大きくなる。しかし、日常の総エネルギー消費量 (total energy expenditure : TEE) は、例えば、基礎代謝量 (basal metabolic rate : BMR) が1,600kcal/dで Physical activity level (PAL) が1.75という標準的な男性の場合、 $1,600 \times 1.75 = 2,800$ kcalと推定できる^{1,2)}。それと比較して、健康増進のための運動により消費されるエネルギーは一般に200~300kcal/d程度であり、必ずしも大きいとは言えない。

ただし、運動が及ぼす効果を考えるときに、図1のように、各成分がどのように変化するかを検討する必要がある。左側のように、運動時に余分に消費するエネルギーや、その後の代謝亢進 (excess post-exercise oxygen consumption : EPOC) 相当分の上昇があるのは当然である。しかし、BMRが身体組成の変化に見合った分だけ増加するのか、あるいは、運動以外の身体活動 (nonexercise activity thermogenesis : NEAT) にどのような変化があるかといった点については、必ずしも一致

した見解は得られていない。もし図1の右側のように、これらの成分にも影響があるのであれば、全体に占める割合は大きくなっていく。また、運動の種類によって、エネルギー消費量だけではなく、エネルギー基質にも違いがみられるが、運動時以外を含めて短期的 (1日程度) ・長期的 (数ヶ月以上) にどのような意義があるか、必ずしも十分な知見は得られていない。

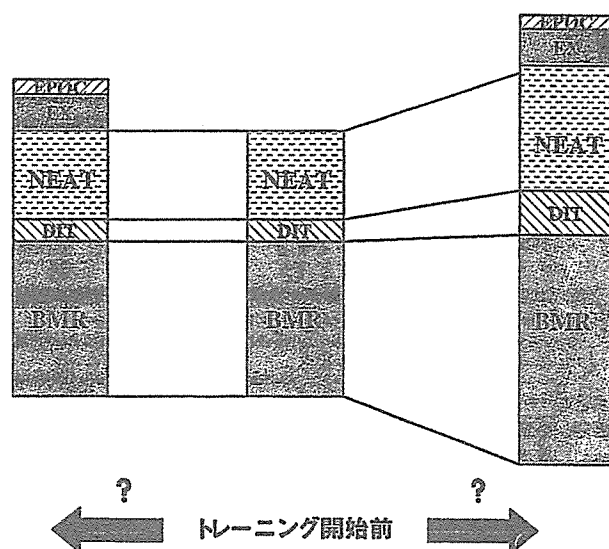


図1 運動がエネルギー消費量の構成要素に与える影響。左：運動時のエネルギー (EX) とその後の代謝亢進 (EPOC) のみが増加した場合。右：その他の要素も増加した場合。BMR：基礎代謝量、DIT：食事誘発性体熱産生、NEAT：運動以外の身体活動。

* 独立行政法人 国立健康・栄養研究所 健康増進研究部
運動生理・指導研究室長
〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1
E-mail : tanakas@nih.go.jp

そこで、本稿では、健康増進のための運動と高強度のスポーツ、特に前者を対象に、

- I. 運動がBMRに及ぼす影響
- II. 運動の種類や量によるEPOC
- III. 運動がNEATを含むTEEに及ぼす影響
- IV. 運動がエネルギー基質に及ぼす影響

についてのこれまでの知見と、今後検討すべき課題について解説する。

I. 運動がBMRに及ぼす影響

安静時代謝量のうち、以下の厳密な条件下で測定したのがBMRである。

- ・食後約12時間程度経過していること
- ・運動後、十分な時間が経過していること
- ・安静仰臥位
- ・快適な室内環境（室温など）

このように、エネルギー消費量に影響を与える諸条件をコントロールした上で測定したBMRは、主に体格、なかでも身体組成によって決定される。

運動後においてBMRが変化したという報告は多いが、身体組成の変化に伴って変化しただけなのかどうかを考慮する必要がある。緑川と安部⁶⁾は、有酸素トレーニングとレジスタンストレーニングによる安静時代謝量の変化に関する先行研究についてまとめている。その結果、レジスタンストレーニングでの安静時代謝量の上昇は、除脂肪1kg当たり約40～50kcal/dと見積もることができるとしている。この値は、骨格筋のエネルギー代謝率（13kcal/kg/d、表1）や、安静時代謝量を目的変数とした回帰分析における除脂肪量の係数（約20～

25kcal/kg/d）、あるいは除脂肪量当たりの安静時代謝量（約25～30kcal/kg/d）と比べると、やや大きい。除脂肪は、様々な臓器・組織から構成されており、それぞれのエネルギー代謝率には大きな差が存在する（表1）⁶⁾。また、除脂肪部分におけるそれらの臓器・組織の構成比には若干の個人差があり、安静時代謝量の個人差をかなり説明することができそうである⁶⁾。先に示した除脂肪量当たりの代謝量の変化は、トレーニングにより骨格筋重量のみが変化すると考えるには非常に大きな変化である。トレーニングに伴う除脂肪の内訳、特に重量比の大きい骨格筋や、エネルギー代謝率の大きい肝臓、心臓、腎臓、脳の変化については、最近やっと報告がみられるようになったばかりである⁶⁾。トレーニングに伴うエネルギー代謝率の変化を考える上では、まずこのような点の検討が必要である。

一方、有酸素トレーニングの場合は、一般に除脂肪量の変化が少ない。EPOCを十分に考慮すると、多くの研究において、安静時代謝量に及ぼす長期的な影響は得られていない⁷⁾。

II. 運動の種類や量によるEPOC

運動がBMRに与える影響を検討する場合は、EPOCが考慮されているかを確認する必要がある。EPOCについてはメカニズムなど十分にわかっていないが、運動直後においては、無酸素性の代謝産物の除去や体温の上昇、中性脂肪の循環、その後の数時間以上にわたっては交感神経活動がある程度関与していると考えられている⁸⁾。運動後のEPOCは、激しい運動の場合、最大48時間程度続くと考えられている。一回の運動におけるEPOCの合

表1 安静時における臓器別エネルギー消費量 (reference man)

	重量 (kg)	代謝率 (kcal/kg/day)	代謝量の割合 (%)
骨格筋	28	13	21.6
肝臓	1.8	200	21.3
脳	1.4	240	19.9
心臓	0.33	440	8.6
腎臓	0.31	440	8.1
脂肪組織	15	5	4.0
その他	23.16	12	16.5
計	70		100.0