

動群と比較して有意に高く、インスリン、中性脂肪は活動群で非活動群と比較して有意低い値を示した。血圧、頸動脈IMTにおいては、活動群と非活動群との間に有意な差は認められなかった(図1)。

表1 被験者特性(一日の平均歩数による群分け)

	活動群 n=137	非活動群 n=102	p value
年齢 (years)	47 ± 1	45 ± 1	NS
身長 (cm)	162.0 ± 0.7	162.0 ± 0.7	NS
体重 (kg)	59.0 ± 0.9	59.0 ± 0.9	NS
BMI (kg/m^2)	22.4 ± 0.2	22.4 ± 0.2	NS
グルコース (mg/dL)	91 ± 1	91 ± 1	NS
インスリン ($\mu\text{U}/\text{ml}$)	4.2 ± 0.1	4.9 ± 0.2	0.0168
中性脂肪 (mg/dL)	81 ± 3	97 ± 7	0.033
総コレステロール (mg/dL)	205 ± 2	203 ± 3	NS
HDLコレステロール (mg/dL)	68 ± 1	63 ± 1	0.0168
収縮期血圧 (mmHg)	119 ± 1	118 ± 1	NS
拡張期血圧 (mmHg)	72 ± 1	72 ± 1	NS
頸動脈IMT (mm)	0.65 ± 0.01	0.66 ± 0.02	NS
歩数 (歩/日)	13834 ± 310	7961 ± 144	0.0001
身体活動量 ($\text{Ex}/\text{日}$)	4.8 ± 0.1	2.6 ± 0.1	0.0001
平均値±標準誤差			

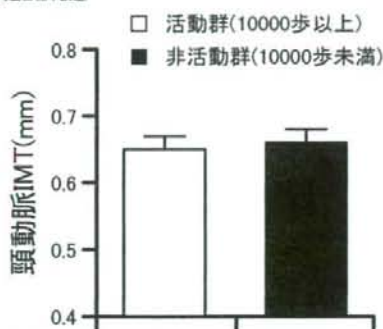


図1 身体活動量(歩数)と頸動脈IMT

身体活動量で群分けした Ex 活動群と Ex 非活動群の被験者特性を表2に示した。Ex 活動群と Ex 非活動群間の年齢、身長、体重、BMIに有意な差は認められなかった。インスリンは Ex 活動群で Ex 非活動群と比較して有意低い値を示した。血圧に有意な差は認められなかったが、頸動脈 IMT においては、Ex 活動群で Ex 非活動群と比較して有意に低い値を示した(図2)。

表2 被験者特性(一日の平均身体活動量による群分け)

	Ex活動群 n=140	Ex非活動群 n=99	p value
年齢 (years)	46 ± 1	46 ± 1	NS
身長 (cm)	161.0 ± 0.7	163.0 ± 0.9	NS
体重 (kg)	58.0 ± 0.8	61.0 ± 1.1	NS
BMI (kg/m^2)	22.1 ± 0.2	22.7 ± 0.3	NS
グルコース (mg/dL)	91 ± 1	91 ± 1	NS
インスリン ($\mu\text{U}/\text{ml}$)	4.1 ± 0.1	5.0 ± 0.2	0.0045
中性脂肪 (mg/dL)	83 ± 3	95 ± 6	NS
総コレステロール (mg/dL)	205 ± 2	201 ± 3	NS
HDLコレステロール (mg/dL)	68 ± 1	64 ± 1	NS
収縮期血圧 (mmHg)	117 ± 1	121 ± 1	NS
拡張期血圧 (mmHg)	71 ± 1	73 ± 1	NS
頸動脈IMT (mm)	0.64 ± 0.01	0.69 ± 0.02	0.0201
歩数 (歩/日)	12947 ± 349	9037 ± 280	0.0001
身体活動量 ($\text{Ex}/\text{日}$)	5.1 ± 0.1	2.2 ± 0.1	0.0001
平均値±標準誤差			

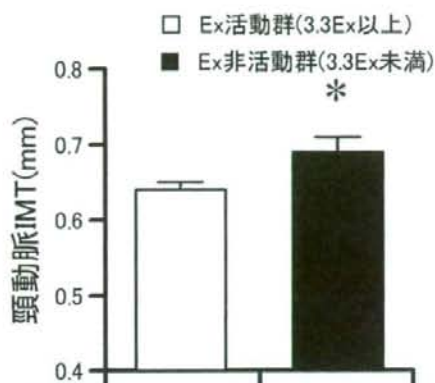


図2 身体活動量(Ex)と頸動脈IMT

・研究2

Ex 未達成群と Ex 達成群における1年間の測定項目の変化を表3および図3に示した。頸動脈 IMT の変化において、Ex 未達成群と Ex 達成群の間に有意な交互作用がみられた(図3B)($p=0.012$)。未達成群においては、頸動脈 IMT は変化しなかったが、Ex 達成群においては、有意な減少が認められた($p=0.0073$)。歩数を基準とした未達成・達成群においては両群とも有意な変化は認められなかった(図3A)。

D. E. 考察

本研究では、歩数および活動強度を考慮した身体活動量から頸動脈 IMT との関連を検討した。歩数を基準として群分けされた活動群と非活動群の間には頸動脈 IMT の有意な差はみられなかった。一方で、活動強度を考慮した身体活動量(Ex)を基準として群分けされた Ex 活動群では Ex 非活動群と比較して、頸動脈 IMT は有意に低い値を示した。以上の結果から、頸動脈 IMT の肥厚を抑制するためには、活動強度が重要となる可能性が示された。

この結果をもとに、研究2では、Ex 非活動群を1年間追跡調査した。1年後の測定においても、基準値 3.3Ex を満たさなかった Ex 未達成群では、頸動脈 IMT に有意な変化はみられなかったが、1年後に 3.3Ex を満たした Ex 達成群においては、有意な減少がみられた。

以上、三次元活動量計を用いた身体活動量と頸動脈 IMT との関連を検討した結果、頸動脈 IMT の肥厚を抑制するには、日常的な活動の量(歩数)をただ増やすだけでなく活動の質(活動強度)が重要となることが示唆された。また、身体活動基準に示されている 3.3Ex は、動脈硬

化の指標である頸動脈 IMT 肥厚の抑制には妥当な基準であることが示唆された。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

・Y. Gando, H. Kawano, K. Yamamoto, H. Murakami, M. Tanimoto, M. Iemitsu, Y. Omori, K. Sanada, I. Tabata, M. Higuchi, M. Miyachi.

Physical Activity Estimated by Triaxial Accelerometer is An Independent Predictor of Arterial Stiffening. The Integrative Biology of Exercise V. 2008.09. South Carolina, USA

H. 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3. Ex未達成群とEx達成群における追跡期間前後の変化

	Ex未達成群 17		Ex達成群 17		p (Two-way ANOVA)		
	before	after	before	after	Group	period	Interaction
年齢 (years)	52 ± 3	...	49 ± 3	...			
身長 (cm)	159.8 ± 2.4	...	165.9 ± 2.7	...	N.S	N.S	N.S
体重 (kg)	59.6 ± 3	59.3 ± 3.1	65 ± 2.9	64.9 ± 2.9	N.S	N.S	N.S
BMI (kg/m ²)	23.2 ± 0.9	23.1 ± 1	23.4 ± 0.7	23.4 ± 0.7	N.S	N.S	N.S
グルコース (mg/dL)	92 ± 1	90 ± 1	93 ± 2	90 ± 2	N.S	<.05	N.S
インスリン (μU/ml)	4.5 ± 0.6	4.5 ± 0.6	5 ± 0.4	4.2 ± 0.4	N.S	N.S	N.S
中性脂肪 (mg/dL)	83 ± 8	93 ± 12	96 ± 14	91 ± 16	N.S	N.S	N.S
総コレステロール (mg/dL)	208 ± 7	207 ± 9	210 ± 9	208 ± 9	N.S	N.S	N.S
HDLコレステロール (mg/dL)	66 ± 4	63 ± 4	62 ± 4	58 ± 4	N.S	<.05	N.S
収縮期血圧 (mmHg)	121 ± 4	122 ± 4	122 ± 3	125 ± 3	N.S	N.S	N.S
拡張期血圧 (mmHg)	71 ± 2	72 ± 2	74 ± 3	77 ± 2	N.S	<.001	<.001
頸動脈IMT (mm)	0.68 ± 0.03	0.71 ± 0.04	0.71 ± 0.03	0.66 ± 0.03	N.S	N.S	<.001
歩数 (歩/日)	10353 ± 713	8942 ± 363	10307 ± 559	10665 ± 477	N.S	N.S	N.S
身体活動量 (Ex/日)	2.5 ± 0.1	2.5 ± 0.1	2.7 ± 0.1	4.1 ± 0.2	<.001	<.001	<.001

Mean ± SE

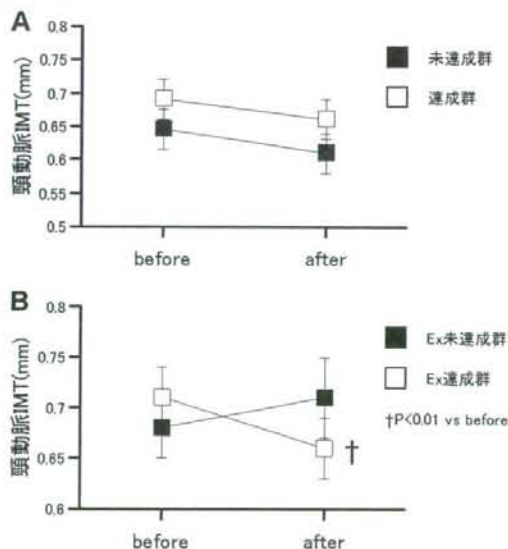


図3 頸動脈IMTにおける変化

日本人の生活習慣病一次予防に必要な身体活動量・体力基準値策定のための大規模介入研究における食事調査

分担研究者 高橋 佳子*、佐々木 敏**

(*和洋女子大学家政学部健康栄養学科)

(**東京大学大学院医学系研究科

公共健康医学専攻疫学保健学講座 社会予防疫学分野)

研究協力者 村上健太郎

(東京大学大学院医学系研究科

公共健康医学専攻疫学保健学講座 社会予防疫学分野)

これまでの運動介入による効果を検証する研究では、運動・身体活動と共に生活習慣病発症の重要な要因である食事・栄養が運動介入により変化する可能性が高いにもかかわらず十分に考慮されていなかった。そこで本研究では精度の高い方法で食事摂取状況を把握し、食事・栄養の変化を調整した、妥当な身体活動の効果を明らかにする。また、運動介入を行わない対象者の研究参加への継続率を高めることを目的として、個人結果票の返却による食事指導を実施する。

調査票の妥当性や、大規模な集団に対する利用可能性、食事指導の効果などについてこれまでに十分検討されている、簡易版自記式食事歴法質問票(BDHQ)を用いて、本研究対象者に対して、介入前と介入後の2回、食事調査および食事指導を実施した。研究脱落者、研究対象の除外者を除いた162人について、運動介入群(47人)、活動群(77人)、非活動群対照(38人)の群別に、介入前と介入後の栄養素等摂取量および食品群別摂取量の変化について検討した。介入前と介入後の変化量は、大豆類を除くすべての栄養素および食品群別摂取量において、群間に統計学的な差は認められなかった。

A. 研究目的

「運動基準2006」や「エクササイズガイド2006」に採用された「23METs・時/週の身体活動を継続的に実施することで生活習慣病発症やそれによる死亡リスクを低下できる」という基準値に基づく身体活動の実施が、日本人中年の生活習慣病の発症を抑制する」という仮説を検証することを目的とした大規模介入研究を実施した。運動・身体活動と共に生活習慣病発症の重要な要因である食事・栄養が運動介入により変化する可能性が高いにもかかわらず、これまでの研究では十分に考慮されていなかった。そこで本研究では精度の高い方法で食事摂取状況を把握し、食事・栄養の変化を調整した、妥当な身体活動の効果を明らかにすること、さらに運動介入を行わない対象者の研究参加への継続率を高めることを目的として、個人結果票

の返却による食事指導を実施した。本報告では、運動の介入前と介入後の、栄養素等摂取量および食品群別摂取量と、それぞれの摂取量の変化を、群別(運動介入群、活動群、非活動対照群)に検討した。

B. 研究方法

B-1. 食事調査および食事指導の方法

大規模な集団に対して、精度の高い方法で食事調査および食事指導を実施することは容易なことではない。対象者は、運動・身体活動量(質問紙、活動量計)、体力(最大酸素摂取量、握力、垂直跳び、座位体前屈)、生活習慣病危険因子(体格、血液検査、血圧、動脈硬化度、身体組成)などのほかの調査も実施するため、食事調査の負担もできる限り軽減する必要がある。そこで、本研究の

分担研究者である佐々木が主任研究者として、厚生労働科学研究費補助金による健康科学総合研究事業健康づくりのための個人々の身体状況に応じた適切な食事摂取に関する栄養学的研究(平成16~18年)にて開発した、簡易版自記式食事歴法質問票(BDHQ)を用いて食事調査および食事指導を実施した。

簡易版自記式食事歴法質問票(BDHQ); 厚生労働科学研究費補助金による健康科学総合研究事業健康づくりのための個人々の身体状況に応じた適切な食事摂取に関する栄養学的研究にて開発

A4大4ページ(A3大見開き両面で1枚)で、回答時間は15分程度。回答の方法は、マークシート方式で、一部に数字を記入する質問がある。回答された質問票は専用人力ソフトを用いて入力を行う。専用の栄養価計算解析ソフトを用いて、栄養素摂取量ならびに食品摂取量を個人ごとに算出する。個人ごとの結果は、「個人結果帳票」にまとめられる。エネルギー(BMI)および脂質、飽和脂肪酸、コレステロール、カルシウム、鉄、ビタミンC、食物繊維、カリウムについて食事摂取基準(2005年版)等に基づき、それぞれ摂取状況を「青信号」(ちょうどよい)、「黄色信号」(少し足りない/少しすぎ)、「赤信号」(足りない/とりすぎ)で示す。赤信号を示した栄養素については、さらに栄養素別に詳細に結果を説明する「栄養素別個人結果帳票」が1栄養素につき1枚(両面)返却する。

B-2. 食事調査・食事指導の実施

対象者に事前にBDHQを配布し、自宅で回答してもらい、次回、調査実施の際に持参してもらい回収した。その場でBDHQについてトレーニングを受けた栄養士が記入もれ、記入誤りを確認した。後日、出力された個人結果帳票は郵送にて全対象者に返却した。個人結果帳票のコピーは、各施設で食事調査および食事指導を担当する栄養士が保管している。

各群間で食事指導法に差が生じないようにするため、原則として個別の食事指導は行わないこととした。対象者から問い合わせがあった場合には、個人結果帳票に記載されている内容をもとに、それをわかりやすく説明することに留めるようにした。

1年間の運動介入期間の終了後に再び同様

の方法でBDHQによる食事調査とその結果返却による食事指導を、全対象者に実施した。

C. 研究結果

本研究の全対象者のうち、介入前と介入後の2回の食事調査に回答があった162人の栄養素等摂取量、食品群別摂取量とその変化量について、群別に解析を行った。運動介入群は47人、活動群は77人、非活動対照群は38人であった。エネルギーで調整した栄養素等摂取量や食品群別摂取量の、介入前と介入後の変化量の平均の差を、一元配置分散分析(ANOVA)にて検討した。

C-1. 基本的特性

BDHQから得られた対象者の基本的特性について、表1に示した。介入前から介入後のそれぞれの変化量の差について表2に示した。身長、体重、BMIの変化量は群間で統計学的な差は認められなかった。

C-2. 栄養素等摂取量および食品群別摂取量

BDHQから推定されたエネルギーおよび栄養素等摂取量の結果を表3に、介入前から介入後の摂取量の差を表4に示した。いずれの栄養素においても、介入前と介入後の摂取量の差には統計学的な群間差は認められなかった。食品群別摂取量の結果を表5に、介入前から介入後の摂取量の差を表6に示した。大豆類の摂取量の変化量について、運動介入群では $4.9 \pm (\text{標準偏差}) 7.4 \text{g}/1000 \text{kcal}$ 、コントロール群では $3.1 \pm 12.7 \text{g}/1000 \text{kcal}$ であったのに対して、活動群では $-0.5 \pm 17.8 \text{g}/1000 \text{kcal}$ であり、有意な差が認められた($p=0.010$)。それ以外の食品群別摂取量の変化量については、群間で統計学的な差は認められなかった。

D. E. 考察

本研究では、運動による介入を実施する群と、介入を実施しない群のいずれの群に対しても同様の食事調査と食事指導を実施した。運動による介入前と介入後の栄養素等摂取量および食品群別摂取量の変化を群別に比較した結果、大豆類以外のすべての栄養素および食品群に、統計学的な差は認められなかった。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 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 運動介入群、活動群、コントロール群における身体的特性¹

	介入前			介入後		
	運動介入群	活動群	コントロール群	運動介入群	活動群	コントロール群
	(n=47)	(n=77)	(n=38)	(n=47)	(n=77)	(n=38)
年齢(歳)	45.3 ± 10.0	46.7 ± 9.9	45.3 ± 9.9			
身長(cm)	163.6 ± 9.2	162.6 ± 9.0	157.1 ± 9.4	163.7 ± 9.3	162.5 ± 8.9	163.5 ± 8.6
体重(kg)	60.9 ± 13.7	59.8 ± 11.0	57.6 ± 10.1	60.3 ± 13.6	59.2 ± 10.4	59.0 ± 9.4
Body mass index (kg/m ²)	22.6 ± 4.0	22.5 ± 2.7	22.0 ± 2.5	22.4 ± 3.8	23.2 ± 2.8	22.0 ± 2.7

¹数値は平均値±標準偏差で示した。表2 運動介入群、活動群、コントロール群における身長、体重およびBMIの変化量¹

	変化量			ANOVA ²
	運動介入群	活動群	コントロール群	
	(n=47)	(n=77)	(n=38)	
身長(cm)	0.0 ± 0.7	-0.1 ± 0.6	0.0 ± 0.3	0.622
体重(kg)	-0.6 ± 2.0	-0.6 ± 2.1	0.1 ± 1.5	0.143
Body mass index (kg/m ²)	-0.2 ± 0.7	-0.2 ± 0.8	0.0 ± 0.5	0.179

¹数値は平均値±標準偏差で示した。²介入前から介入後の差の一元配置分析(ANOVA)。表3 運動介入群、活動群、コントロール群における栄養素摂取量¹

	介入前			介入後		
	運動介入群	活動群	コントロール群	運動介入群	活動群	コントロール群
	(n=47)	(n=77)	(n=38)	(n=47)	(n=77)	(n=38)
エネルギー調整摂取量						
エネルギー(kcal)	1740 ± 457	1948 ± 470	1896 ± 511	1871 ± 440	1924 ± 503	1862 ± 477
たんぱく質(%エネルギー)	13.9 ± 2.3	14.5 ± 2.3	14.6 ± 2.5	14.5 ± 2.3	14.5 ± 2.4	14.7 ± 2.3
動物性たんぱく質(%エネルギー)	7.7 ± 2.3	8.2 ± 2.4	8.5 ± 2.6	8.2 ± 2.3	8.2 ± 2.5	8.5 ± 2.4
植物性たんぱく質(%エネルギー)	6.2 ± 0.8	6.2 ± 1.0	6.1 ± 0.7	6.3 ± 0.9	6.2 ± 0.9	6.2 ± 0.7
脂質(%エネルギー)	26.7 ± 5.5	27.9 ± 5.1	27.8 ± 5.0	27.3 ± 6.0	27.9 ± 4.5	28.6 ± 4.4
動物性脂質(%エネルギー)	10.8 ± 3.1	11.4 ± 3.7	11.9 ± 3.3	11.7 ± 3.3	11.6 ± 3.3	11.9 ± 3.1
植物性脂質(%エネルギー)	16.0 ± 4.1	16.5 ± 4.0	15.9 ± 3.4	15.6 ± 4.1	16.3 ± 3.7	16.7 ± 3.1
炭水化物(%エネルギー)	55.2 ± 7.8	51.9 ± 6.8	54.1 ± 6.6	53.6 ± 7.8	51.9 ± 6.3	53.2 ± 5.8
炭水化物(g/1000 kcal)	9.7 ± 1.9	9.8 ± 1.8	9.7 ± 1.6	10.0 ± 2.2	9.9 ± 1.9	9.9 ± 1.6
ナトリウム(mg/1000 kcal)	2215 ± 433	2126 ± 430	2156 ± 347	2295 ± 507	2181 ± 460	2207 ± 377
カリウム(mg/1000 kcal)	1350 ± 356	1459 ± 344	1415 ± 374	1412 ± 434	1467 ± 338	1452 ± 342
カルシウム(mg/1000 kcal)	293 ± 106	315 ± 114	294 ± 88	288 ± 123	315 ± 101	307 ± 96
マグネシウム(mg/1000 kcal)	133 ± 28	142 ± 24	135 ± 24	137 ± 33	143 ± 24	138 ± 23
リン(mg/1000 kcal)	540 ± 105	568 ± 103	559 ± 93	550 ± 111	569 ± 106	569 ± 93
鉄(mg/1000 kcal)	3.9 ± 0.9	4.2 ± 1.0	4.2 ± 1.0	4.1 ± 1.0	4.3 ± 0.9	4.2 ± 0.9
亜鉛(mg/1000 kcal)	4.2 ± 0.5	4.3 ± 0.6	4.4 ± 0.6	4.3 ± 0.5	4.3 ± 0.5	4.3 ± 0.5
銅(mg/1000 kcal)	0.59 ± 0.08	0.61 ± 0.09	0.61 ± 0.08	0.61 ± 0.08	0.61 ± 0.09	0.60 ± 0.07
マンガン(mg/1000 kcal)	1.75 ± 0.54	1.74 ± 0.46	1.64 ± 0.42	1.77 ± 0.56	1.72 ± 0.51	1.58 ± 0.43
セチン(mg/1000 kcal)	217 ± 145	250 ± 173	271 ± 197	228 ± 151	264 ± 215	276 ± 138
αカロテン(μg/1000 kcal)	2001 ± 870	2264 ± 1266	2359 ± 1382	2012 ± 1080	2391 ± 1229	2412 ± 1504
レチノール(μg/1000 kcal)	385 ± 178	440 ± 208	469 ± 231	397 ± 172	465 ± 241	479 ± 190
ビタミンD(μg/1000 kcal)	6.3 ± 3.5	6.5 ± 3.8	6.7 ± 2.9	6.4 ± 2.3	6.7 ± 4.4	6.7 ± 3.5
αトコフェロール(mg/1000 kcal)	4.1 ± 1.1	4.4 ± 1.2	4.5 ± 1.1	4.3 ± 1.2	4.5 ± 1.0	4.6 ± 1.1
ビタミンE(μg/1000 kcal)	159 ± 76	185 ± 83	171 ± 78	161 ± 95	182 ± 80	170 ± 75
ビタミンB1(mg/1000 kcal)	0.4 ± 0.1	0.43 ± 0.1	0.43 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.43 ± 0.1	0.43 ± 0.1
ビタミンB2(mg/1000 kcal)	0.68 ± 0.19	0.73 ± 0.19	0.70 ± 0.17	0.70 ± 0.21	0.73 ± 0.17	0.71 ± 0.16
ナイアシン(mg/1000 kcal)	8.7 ± 1.9	9.1 ± 1.6	9.2 ± 2.0	9.5 ± 2.3	9.3 ± 2.0	9.2 ± 1.7
ビタミンB6(μg/1000 kcal)	0.6 ± 0.1	0.69 ± 0.1	0.68 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.69 ± 0.1	0.69 ± 0.1
ビタミンB12(μg/1000 kcal)	4.3 ± 1.8	4.5 ± 1.8	4.9 ± 1.7	4.6 ± 1.5	4.6 ± 1.9	4.7 ± 1.7
葉酸(μg/1000 kcal)	177 ± 56	196 ± 64	189 ± 62	181 ± 60	198 ± 64	192 ± 59
パントテン酸(mg/1000 kcal)	3.32 ± 0.60	3.54 ± 0.63	3.48 ± 0.67	3.43 ± 0.71	3.50 ± 0.60	3.53 ± 0.58
ビタミンC(mg/1000 kcal)	59 ± 24	65 ± 27	62 ± 24	64 ± 31	67 ± 28	64 ± 28
飽和脂肪酸(%エネルギー)	68.8 ± 16.7	7.05 ± 2.04	7.11 ± 1.55	6.90 ± 1.76	7.03 ± 1.59	7.35 ± 1.26
一価不飽和脂肪酸(%エネルギー)	9.66 ± 2.09	10.08 ± 1.92	### ± 2.00	9.87 ± 2.18	10.06 ± 1.72	10.34 ± 1.77
多価不飽和脂肪酸(%エネルギー)	6.90 ± 1.68	7.35 ± 1.52	7.12 ± 1.43	7.13 ± 1.75	7.37 ± 1.41	7.34 ± 1.42
n-3系脂肪酸(%エネルギー)	1.50 ± 0.47	1.56 ± 0.41	1.55 ± 0.36	1.59 ± 0.43	1.59 ± 0.43	1.59 ± 0.39
n-6系脂肪酸(%エネルギー)	6.15 ± 1.45	6.59 ± 1.36	6.33 ± 1.27	6.31 ± 1.59	6.57 ± 1.24	6.54 ± 1.27
コレステロール(mg/1000 kcal)	188 ± 65	197 ± 63	199 ± 63	181 ± 57	195 ± 66	206 ± 55
水溶性食物繊維(g/1000 kcal)	1.6 ± 0.5	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.5	1.6 ± 0.6	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.5
不溶性食物繊維(g/1000 kcal)	4.5 ± 1.1	4.7 ± 1.3	4.6 ± 1.1	4.6 ± 1.3	4.8 ± 1.3	4.8 ± 1.2
総食物繊維(g/1000 kcal)	6.3 ± 1.6	6.7 ± 1.9	6.4 ± 1.6	6.5 ± 2.0	6.7 ± 1.8	6.7 ± 1.7
真糖相分量(g/1000 kcal)	5.6 ± 1.1	5.4 ± 1.1	5.5 ± 0.9	5.8 ± 1.3	5.5 ± 1.2	5.6 ± 1.0
シロ糖(g/1000 kcal)	5.1 ± 3.5	4.3 ± 3.5	4.6 ± 3.0	4.3 ± 2.7	4.7 ± 4.0	5.4 ± 3.7
アルコール(g/1000 kcal)	2.8 ± 4.2	4.6 ± 6.6	2.4 ± 3.2	3.2 ± 5.1	4.7 ± 5.8	2.4 ± 2.7
ダイゼイン(mg/1000 kcal)	5.7 ± 3.9	7.4 ± 4.0	5.6 ± 3.3	6.5 ± 4.3	7.1 ± 3.9	6.1 ± 3.8
グアニン(mg/1000 kcal)	9.8 ± 6.8	12.6 ± 6.8	9.6 ± 5.6	11.1 ± 7.3	12.1 ± 6.6	10.4 ± 6.4

¹数値は平均値±標準偏差で示した。

表4 運動介入群、活動群、コントロール群における、介入前と介入後の栄養素摂取量の変化量¹

	変化量			ANOVA ² P
	運動介入群 (n = 47)	活動群 (n = 77)	コントロール群 (n = 38)	
エネルギー調整摂取量				
エネルギー(kcal)	-69 ± 409	-25 ± 413	-35 ± 339	0.830
たんぱく質(%エネルギー)	0.6 ± 2.2	-0.0 ± 2.4	0.1 ± 1.7	0.286
動物性たんぱく質(%エネルギー)	0.6 ± 2.2	-0.0 ± 2.7	-0.1 ± 2.0	0.388
植物性たんぱく質(%エネルギー)	0.1 ± 0.6	-0.0 ± 0.8	0.1 ± 0.6	0.547
脂質(%エネルギー)	0.6 ± 4.4	0.0 ± 4.4	0.9 ± 3.6	0.561
動物性脂質(%エネルギー)	0.9 ± 3.4	0.2 ± 3.3	0.0 ± 3.1	0.404
植物性脂質(%エネルギー)	-0.3 ± 4.0	-0.2 ± 3.2	0.8 ± 2.3	0.185
炭水化物(%エネルギー)	-1.6 ± 5.6	-0.0 ± 6.4	-0.9 ± 4.6	0.326
灰 分(g/1000 kcal)	0.3 ± 2.0	0.2 ± 1.4	0.3 ± 1.2	0.790
ナトリウム(mg/1000 kcal)	81 ± 551	55 ± 344	51 ± 352	0.931
カリウム(mg/1000 kcal)	62 ± 304	9 ± 271	36 ± 212	0.560
カルシウム(mg/1000 kcal)	-5 ± 91	-0 ± 85	13 ± 50	0.578
マグネシウム(mg/1000 kcal)	4 ± 24	1 ± 19	3 ± 13	0.600
リン(mg/1000 kcal)	10 ± 96	1 ± 98	10 ± 61	0.823
鉄(mg/1000 kcal)	0.2 ± 0.8	0.0 ± 0.7	0.0 ± 0.5	0.303
亜鉛(mg/1000 kcal)	0.1 ± 0.5	-0.0 ± 0.6	-0.0 ± 0.4	0.255
銅(mg/1000 kcal)	0.01 ± 0.06	-0.00 ± 0.07	-0.00 ± 0.05	0.219
マンガン(mg/1000 kcal)	0.02 ± 0.46	-0.00 ± 0.42	-0.10 ± 0.28	0.890
レチノール(μg/1000 kcal)	11 ± 136	14 ± 231	5 ± 219	0.976
βカロテン当量(μg/1000 kcal)	10 ± 948	128 ± 1093	54 ± 896	0.811
レチノール当量(μg/1000 kcal)	12 ± 173	25 ± 234	10 ± 207	0.920
ビタミンD(μg/1000 kcal)	0.1 ± 3.5	0.3 ± 4.1	0.0 ± 3.3	0.926
αトコフェロール(mg/1000 kcal)	0.1 ± 1.0	0.1 ± 0.9	0.1 ± 0.6	0.929
ビタミンK(μg/1000 kcal)	3 ± 54	-4 ± 60	-1 ± 43	0.829
ビタミンB1(mg/1000 kcal)	0.03 ± 0.07	0.00 ± 0.08	0.00 ± 0.06	0.203
ビタミンB2(mg/1000 kcal)	0.02 ± 0.17	-0.00 ± 0.15	0.01 ± 0.12	0.681
ナイアシン(mg/1000 kcal)	0.8 ± 2.1	0.2 ± 1.8	0.0 ± 1.5	0.101
ビタミンB6(μg/1000 kcal)	0.05 ± 0.12	0.00 ± 0.12	0.00 ± 0.09	0.096
ビタミンB12(μg/1000 kcal)	0 ± 2	0 ± 2	-0 ± 2	0.388
葉酸(μg/1000 kcal)	4 ± 48	2 ± 49	2 ± 35	0.981
パントテン酸(mg/1000 kcal)	0.11 ± 0.52	-0.00 ± 0.53	0.05 ± 0.41	0.238
ビタミンC(mg/1000 kcal)	5 ± 24	1 ± 23	2 ± 19	0.681
飽和脂肪酸(%エネルギー)	0.02 ± 1.48	-0.00 ± 1.47	0.24 ± 1.58	0.681
一価不飽和脂肪酸(%エネルギー)	0.21 ± 1.82	-0.0 ± 1.78	0.27 ± 1.39	0.622
多価不飽和脂肪酸(%エネルギー)	0.23 ± 1.60	0.02 ± 1.30	0.22 ± 0.89	0.601
n-3系脂肪酸(%エネルギー)	0.09 ± 0.50	0.03 ± 0.35	0.03 ± 0.25	0.665
n-6系脂肪酸(%エネルギー)	0.16 ± 1.40	-0.01 ± 1.19	0.21 ± 0.88	0.573
コレステロール(mg/1000 kcal)	-7 ± 59	-2 ± 66	7 ± 38	0.562
水溶性食物繊維(g/1000 kcal)	0.0 ± 0.4	-0.0 ± 0.5	0.1 ± 0.3	0.511
不溶性食物繊維(g/1000 kcal)	0.1 ± 0.9	0.0 ± 1.0	0.2 ± 0.7	0.507
総食物繊維(g/1000 kcal)	0.2 ± 1.3	0.0 ± 1.5	0.3 ± 1.0	0.526
食塩相当量(g/1000 kcal)	0.2 ± 1.4	0.1 ± 0.9	0.1 ± 0.9	0.933
シヨ糖(g/1000 kcal)	-0.8 ± 3.1	0.4 ± 3.4	0.9 ± 2.8	0.046
アルコール(g/1000 kcal)	0.4 ± 2.6	0.0 ± 4.2	0.0 ± 2.0	0.817
ダイゼイン(mg/1000 kcal)	0.8 ± 3.1	-0.3 ± 3.2	0.5 ± 2.4	0.133
ゲニステイン(mg/1000 kcal)	1.3 ± 5.3	-0.5 ± 5.5	0.8 ± 4.1	0.132

¹ 介入前から介入後の栄養素摂取量の差。数値は平均値±標準偏差で示した。

² 介入前から介入後の栄養素摂取量の差の一元配置分析(ANOVA)。

表5 運動介入群、活動群、コントロール群における食品摂取量

	介入前			介入後		
	運動介入群 (n=47)	活動群 (n=77)	コントロール群 (n=38)	運動介入群 (n=47)	活動群 (n=77)	コントロール群 (n=38)
エネルギー調整摂取量 (g/1000 kcal)						
乳類	71.6 ± 62.0	78.8 ± 67.7	69.6 ± 53.0	73.2 ± 69.9	77.0 ± 58.8	76.5 ± 49.8
肉類	31.8 ± 11.9	37.0 ± 20.0	38.6 ± 19.8	37.7 ± 13.8	35.6 ± 12.7	37.8 ± 17.1
魚介類	36.9 ± 17.3	36.4 ± 18.5	41.3 ± 17.4	40.0 ± 14.5	38.3 ± 21.2	39.6 ± 17.0
卵類	18.0 ± 12.4	20.3 ± 11.5	19.8 ± 11.1	17.5 ± 11.7	19.7 ± 12.3	20.9 ± 8.9
大豆類	27.2 ± 19.1	35.7 ± 19.3	26.3 ± 16.4	32.1 ± 22.2	35.3 ± 19.6	29.4 ± 20.4
いも類	25.0 ± 18.4	23.8 ± 17.1	28.6 ± 22.0	27.0 ± 17.5	24.4 ± 18.5	30.5 ± 20.5
野菜類	135.2 ± 56.0	153.6 ± 75.8	145.8 ± 66.4	131.9 ± 62.1	154.1 ± 70.3	150.6 ± 70.9
菓子類	39.2 ± 21.9	32.2 ± 24.2	35.7 ± 22.4	31.1 ± 15.9	33.6 ± 21.9	36.1 ± 19.8
果実類	47.7 ± 39.5	46.4 ± 31.7	32.7 ± 27.9	52.3 ± 47.6	43.9 ± 26.8	42.9 ± 32.7
油脂類	12.1 ± 4.9	12.9 ± 4.4	12.1 ± 3.7	11.9 ± 4.1	12.7 ± 3.9	12.4 ± 3.6
穀類	232.9 ± 63.5	208.5 ± 64.5	218.5 ± 54.4	233.2 ± 77.2	205.0 ± 54.2	210.8 ± 51.1
非アルコール飲料類	368.6 ± 88.8	409.8 ± 205.8	363.6 ± 154.5	379.9 ± 226.5	407.1 ± 190.2	351.7 ± 149.3
アルコール飲料類	69.4 ± 88.6	85.8 ± 105.7	63.7 ± 77.1	70.9 ± 106.4	96.1 ± 115.7	81.1 ± 67.7

*数値は平均値±標準偏差で示した。

表6 運動介入群、活動群、コントロール群における、介入前から介入後の食品群別摂取量の変化量¹

	変化量			ANOVA ² P
	運動介入群 (n=47)	活動群 (n=77)	コントロール群 (n=38)	
エネルギー調整摂取量 (g/1000 kcal)				
乳類	1.6 ± 55.0	-1.8 ± 51.8	6.9 ± 43.2	0.709
肉類	5.9 ± 13.1	-1.4 ± 19.9	-0.9 ± 15.7	0.169
魚介類	3.1 ± 19.2	2.0 ± 19.7	-1.7 ± 16.4	0.354
卵類	-0.5 ± 13.2	-0.6 ± 11.4	1.1 ± 7.6	0.551
大豆類	4.9 ± 17.4	-0.5 ± 17.8	3.1 ± 12.7	0.010
いも類	2.0 ± 19.0	0.6 ± 21.1	1.9 ± 20.4	0.434
野菜類	-3.3 ± 54.5	0.5 ± 59.5	4.8 ± 43.1	0.349
菓子類	-8.1 ± 16.9	1.4 ± 19.5	0.4 ± 14.0	0.267
果実類	4.7 ± 29.8	-2.5 ± 25.7	10.2 ± 22.3	0.073
油脂類	-0.2 ± 5.3	-0.2 ± 3.9	0.3 ± 3.0	0.547
穀類	0.3 ± 56.2	-3.4 ± 54.6	-7.7 ± 35.9	0.107
非アルコール飲料類	-8.7 ± 200.8	-2.6 ± 184.6	-11.9 ± 166.6	0.497
アルコール飲料類	1.5 ± 48.0	10.3 ± 75.1	-2.6 ± 57.5	0.431

¹介入前から介入後の食品群別摂取量の差。数値は平均値±標準偏差で示した。²介入前から介入後の食品群別摂取量の差の一元配置分析(ANOVA)。

肥満予防改善教室参加者における体重変化量と腹囲変化量との関連

分担研究者 宮武伸行
(岡山県南部健康づくりセンター)

研究協力者 沼田健之、西河英隆、国橋由美子、田中晶子、斉藤剛、松本純子
(岡山県南部健康づくりセンター)

昨年度、私たちは、健康度測定受診者において体重変化量と腹囲変化量との関連を検討し、体重変化量 1kg が腹囲 1cm にほぼ相当することを明らかにした。今回、異なった対象においても同様の結果が得られるかを確認する目的で、岡山県南部健康づくりセンターでの肥満予防改善教室参加者において、体重変化量と腹囲変化量との関連を検討した。対象は、当センターにおいて、5 カ月間の肥満予防改善教室に参加し、薬物治療を受けていない女性 95 名(47.5±9.6 歳)であった。測定項目は、身長、体重、腹囲、安静時血圧、中性脂肪、HDL コレステロール、血糖であった。腹囲は臍部で計測した。教室は 1 回 90 分、5 カ月間で、医師、運動指導員、栄養士などによる生活習慣の改善のアドバイス、実践を行なった。95 名では、体重と腹囲との間に有意な相関を認めた。教室参加により、体重、腹囲、中性脂肪が有意に減少した。体重の変化量と腹囲の変化量との間には有意な関連が認められた。回帰式の傾きは、1.052 で、体重変化量 1kg に相当する腹囲変化量はほぼ 1cm であった。

A. 研究目的

日本肥満学会では肥満症やメタボリックシンドロームの予防と改善には、食生活の改善と運動の増加を図り、まずは 3kg の減量、3cm の腹囲の短縮を実現するサンサン運動を提唱しているが、その関連については明らかではない。昨年度私たちは、1 年間隔で 2 度健康度測定を受診した人を対象に、体重変化量と腹囲変化量を検討した結果、体重変化量 1kg は腹囲変化量 1cm に相当することを明らかにした。今回、岡山県南部健康づくりセンターでの肥満予防改善教室参加者を対象に、体重変化量と腹囲変化量との関連を検討した。

B. 研究方法

対象は、岡山県南部健康づくりセンターにおいて、5 カ月間の肥満予防改善教室に参加し薬物治療を受けていない女性 95 名(47.5±9.6 歳)であった。測定項目は、体重、腹囲、安静時血圧、中性脂肪、HDL コレステロール、血糖であった。腹囲は両足をそろえて自然に立たせ呼気時臍部で計測した(Table 1)。

Table 1 Clinical profiles of enrolled subjects at baseline

Number of subjects	95
Age	47.5 ± 9.6
Height (cm)	155.7 ± 5.7
Body weight (kg)	62.7 ± 9.5
Body mass index (kg/m ²)	25.9 ± 3.6
Abdominal circumference (cm)	79.1 ± 8.6
Systolic blood pressure (mmHg)	121.9 ± 14.4
Diastolic blood pressure (mmHg)	75.4 ± 9.6
Triglyceride (mg/dl)	101.5 ± 73.7
HDL cholesterol (mg/dl)	68.1 ± 19.5
Blood glucose (mg/dl)	95.1 ± 9.6
	Mean ± SD

メタボリックシンドロームの診断は、2005 年に発表されたわが国の診断基準を用いた。

結果は、平均値±標準偏差で表し、有意差検定は対応のある t 検定、相関関係はピアソンの相関係数を用い、5%未満を有意とした。

C. D. E. 研究結果と考察

初回測定時 95 名で、体重と腹囲との関連を検討すると、体重と腹囲との間には有意な相関関係を認めた(Figure 1)

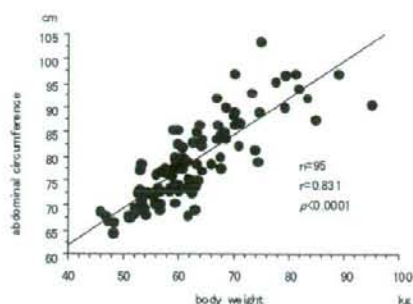


Figure 1: Simple correlation analysis between body weight and abdominal circumference at baseline

5ヵ月間の教室に継続して参加し2回目の測定を行なえたのは78名であった。2回目の測定では、体重、BMI、腹囲、中性脂肪は有意に減少したが、安静時血圧、HDL コレステロール、血糖は有意な変化は認めなかった (Table 2)。また、初回測定時には3名がメタボリックシンドロームに該当したが、2回目の測定では、メタボリックシンドロームに該当した者はいなかった。

	Baseline	Follow-up	p
Number of subjects	78		
Age	47.3 ± 10.2		
Height (cm)	155.8 ± 5.8		
Body weight (kg)	67.5 ± 9.2	60.9 ± 9.0	<0.0001
Body mass index (kg/m ²)	25.8 ± 3.4	25.1 ± 3.3	<0.0001
Abdominal circumference (cm)	78.8 ± 8.1	76.8 ± 8.3	<0.0001
Systolic blood pressure (mmHg)	121.7 ± 14.7	120.9 ± 14.1	0.4610
Diastolic blood pressure (mmHg)	78.4 ± 9.8	75.1 ± 8.9	0.7004
Triglyceride (mg/dl)	105.3 ± 78.5	83.5 ± 68.7	0.0314
HDL cholesterol (mg/dl)	68.5 ± 18.2	67.2 ± 15.9	0.4610
Blood glucose (mg/dl)	95.0 ± 9.0	84.1 ± 8.0	0.2701
		Mean ± SD	

体重変化量と腹囲変化量との関連を検討すると、有意な関連が認められ、回帰式は、 $y=1.052x-0.326$ (figure 2) であり、体重変化量 1kg に相当する腹囲変化量は 1.052cm であった。

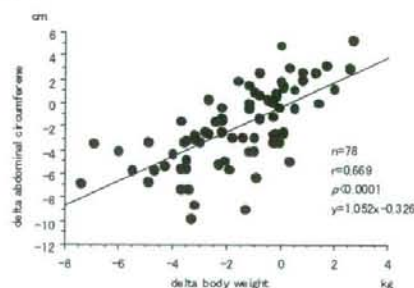


Figure 2: Univariate regression and correlation analysis between changes in (delta) body weight and changes in (delta) abdominal circumference

E. 考察

現在、わが国では、メタボリックシンドロームをはじめとした生活習慣病の適切な予防、改善法に注目が集まっている。以前、当センターにおけるメタボリックシンドロームの頻度を検討すると、男性 30.7%、女性 3.6%であった。さらに、平成 20 年度からはメタボリックシンドロームの考えをとり入れた新しい健診、保健指導もスタートし腹囲の計測が必須となった。腹囲は腹部肥満の簡便な指標であり、生活習慣病予防の観点から腹囲を減少させることは意義深い。

日本肥満学会では、肥満症、メタボリックシンドローム予防、改善のため、まずは体重 3kg、腹囲 3cm の減少を提案しており、運動指針 (エクササイズガイド) 2006 の中でも体重 1kg (7000kcal) は、腹囲 1cm に相当すると記載されている。しかし、日本人における体重変化量と腹囲変化量に関する検討は十分ではない。

以前、当センターで行なった男性肥満者に対する 1 年間の運動プログラム (1 回 90 分、週 1 回で食事のアドバイスは特に行わず、運動中心の介入) を用いた検討では、体重 3.3kg の減少が腹囲 4.2cm の減少に相当した。昨年度、1 年間隔で 2 度健康度測定を受診し、生活習慣病などで薬物療法を受けていない男性 856 名、女性 1779 名で、体重変化量と腹囲変化量との関連を検討すると、回帰式の傾きは男性 1.069、女性 0.950 となり体重変化量 1kg は腹囲変化量 1cm にほぼ相当した。

今回、私たちは違った対象者、介入方法であっても体重変化量 1kg は、腹囲変化量 1cm に相当するかを当センター肥満予防、改善教室参加者で検討を行なった結果、5ヵ月間の肥満予防改善教室参加者でも同様の結果を得た。

今回の検討では依然としていくつかの問題点も残る。体重変化量と腹囲変化量との関連は検討したが、メタボリックシンドローム予防、改善のための体重変化量、腹囲変化量のカットオフ値は検討できなかった。内臓脂肪面積の測定を行なっておらず、腹部 CT を用いた内臓脂肪面積の直接計測も必要である。

以上、当センターでの 5ヵ月間の肥満予防改善教室参加者で体重変化量と腹囲変化量との関連を検討した結果、体重変化量 1kg は腹囲変化量 1cm にほぼ相当したことより、日

本人においては期間、介入方法を問わず、
体重変化量1kgは腹囲変化量1cmにほぼ相
当するものと思われた。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

・沼田健之、宮武伸之、松本純子、藤井
昌史、宮地元彦. 5か月間の生活習慣改善
教室参加女性における体重変化量と腹囲変
化量との関係. 日本予防医学会誌. 3(2): 13
-16, 2008

・ N Miyatake, S Matsumoto, M. Fujii, T.
Numata. Reducing waist circumference by at
least 3 cm is recommende for improving
metabolic syndrome in obese Japanese men.
Diabetes Res Clin Pract. 79(2): 191-195.
2008

2. 学会発表

なし

H. 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

研究成果の刊行に関する一覧表

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
沼田健之, 宮武伸之, 松本純子, 藤井昌史, 宮地元彦	5 か月間の生活習慣改善教室参加女性における体重変化量と腹囲変化量との関係.	日本予防医学会誌	3(2)	13-16	2008
N Miyatake, S Matsumoto, M. Fujii, T. Numata	Reducing waist circumference by at least 3 cm is recommende for improving metabolic syndrome in obese Japanese men.	Diabetes Res Clin Pract	79(2)	191-195.	2008

基礎代謝量は年齢や心肺体力に関わらず、二重エネルギーX線吸収法(DXA)によって推定することができる

分担研究者 樋口満
(早稲田大学 スポーツ科学学術院)

協力研究員 薄井千賀子、真田樹義
(早稲田大学 生命医療工学研究所)

本研究では、有酸素性能力の異なる健康な若年成人女性及び閉経後中高年女性を対象として、基礎代謝量と DXA 法によって測定した身体組成との関連を検討することを目的とした。本研究は、(独)国立健康・栄養研究所における「健康づくりのための運動基準策定に関わるコホート」の一部を使用し、127名の若年成人女性(年齢:22.4 ± 2.2歳)と83名の中高年女性(61.7 ± 8.1歳)の被検者が参加した。

その結果、加齢によって体脂肪率が増加する傾向にあるが、高い有酸素性能力を保持すると、体脂肪率の増加を抑制する可能性が示唆された。一方、骨格筋量は有酸素性能力に関係なく、加齢によって低下することが示された。さらに、実測安静時代謝量と推定安静時代謝量の相関関係において、若年者と中高年者のそれぞれの回帰直線では、傾きと切片に有意な差が認められなかった(Young: $y = 0.78x + 250$, $r = 0.798$, Elderly: $y = 0.60x + 472$, $r = 0.667$, それぞれ $p < 0.001$, 傾き: $t = 1.652$, 切片: $t = 1.881$, いずれも NS)。この結果は、加齢による各組織/器官のエネルギー代謝率の低下よりもむしろ、FFM に対する骨格筋とその他組織/器官の重量の割合の違いが、基礎代謝量を推定する際に重要である可能性を示唆している。これらの結果から、年齢や有酸素性能力の違いに関係なく、DXA 法で測定した4つの組織/器官の重量が適切に見積られれば、基礎代謝量を高い精度で推定できることが示唆された。

A. 研究目的

基礎代謝量は1日のエネルギー消費量の60~80%を占め、エネルギー必要量を推定する際の基礎となる生理学的指標である。エネルギー代謝に関する研究領域の先行研究者たちにおける大きな関心事は、基礎代謝量の個人差を説明する諸因子を明らかにすることであった(Cunningham, 1980, 1991, Nelson et al. 1992)。

体重および脂肪(Fat mass; FM)とFFMを含む身体組成の変化は、加齢や身体活動レベルの低下、食事、疾病のような様々な要因によって引き起こされる。特に女性においては、閉経が体脂肪量の増加を引き起こし、体重の増加につながる事が知られている(Fukagawa et al. 1990, Guo et al. 1999, Svendsen et al. 1995)。Svendsen et al. (1995)は、閉経後女性が閉経前女性に比べて、内臓脂肪量を含む FM が有意に多く、骨

格筋や骨、内臓諸器官を含む FFM が有意に低いことを報告している。

有酸素性能力の高い個人が安静時において高い代謝率を持っているかどうかについての報告はごくわずかである。Ravussin et al. (1989)は、非糖尿病で定期的に運動していないピマ・インディアンの最大酸素摂取量(ml/kgFFM/min)と基礎代謝量(RMR: kcal/day)の間に関係はなかったと報告している。しかしながら、彼らは他の調査において、よくトレーニングしている被検者と体重、FFM、年齢がマッチして、かつトレーニングしていない被検者を比較したとき、基礎代謝量(RMR)はトレーニングしている群で有意に高い値を示したことも報告している(Ravussin et al. 1989)。従って、有酸素性能力と基礎代謝量の間に関係があるかどうかという疑問は未だ解決されていない。

近年、身体組成測定の方法と技術がめざ

ましい発展をとげ、その方法の1つである二重エネルギーX線吸収法(Dual energy X-ray absorptiometry; DXA法)を使用して簡単に全身及び身体各部におけるそれぞれのFM、FFM、骨塩量(Bone mineral content; BMC)を測定することができるようになった。Hayes et al. (2002)は、DXA法を用いて組織/器官の組成を算出し、算出されたおよその脳重量、骨格筋量(Skeletal muscle mass; SM)、脂肪組織量(Adipose tissue; AT)、骨量(Bone mass; BM)、その他組織/器官重量(Residual mass; RM)に代謝率を掛け合わせることで、各個人の基礎代謝量(REE)が推定できることを示している。このアプローチは、熱産生が行われている身体の構成要素の大きさと分布を明らかにするDXA法によるモデルを利用することで、REEを推定する新しく実用的、教育的な方法を提供している。

従って、我々は、若年成人女性と閉経後中高年女性の基礎代謝実測値とDXA法を使用して組織/器官の重量を測定し、それぞれの代謝率を掛け合わせることで算出した基礎代謝推定値を比較検討することで、各組織/器官のエネルギー代謝率が加齢や有酸素性能力の影響を受けているのかどうかを明らかにするのではないかと考えた。

そこで、本研究では、有酸素性能力の異なる健康な若年成人女性及び閉経後中高年女性を対象として、基礎代謝量とDXA法によって測定した身体組成との関連を検討することを目的とした。

B. 研究方法

本研究は、(独)国立健康・栄養研究所における「健康づくりのための運動基準策定に関わるコホート」の一部を使用し、127名の若年成人女性(年齢:22.4 ± 2.2歳)と83名の中高年女性(61.7 ± 8.1歳)の被検者が参加した。そのうち、本研究を試行するにあたり、Body mass index(BMI:kg/m²)が18.5 kg/m²未満の痩せ及び30 kg/m²以上の肥満者、骨に関する治療や医薬品を摂取している者、ホルモン治療を受けている者は除外した。従って、本研究の対象被検者は、健康な116名の若年成人女性(年齢:22.3 ± 2.1歳)と72名の中高年女性(年齢:63.3 ± 6.4歳)となった。中高年女性は、閉経後3年以上経っており、平均閉経後経過年数が13.5 ± 7.4年であった。

被検者は、それぞれの年代における体重

当たりの最高酸素摂取量(VO₂peak/BW: ml/kgBW/min)の中央値によって高フィットネスレベル群および低フィットネスレベル群に分類され、中央値は若年者(20-29歳)が36.4 ml/kgBW/min、中高年者においてはそれぞれ、50歳代が27.1 ml/kgBW/min、60歳代が25.8 ml/kgBW/min、70歳代が21.0 ml/kgBW/minであった。したがって、若年者の高フィットネスレベル(Young high fitness level; YH)群、低フィットネスレベル(Young low fitness level; YL)群はともに各58名、中高年者の高フィットネスレベル(Elderly high fitness level; EH)群は37名、低フィットネスレベル(Elderly low fitness level; EL)群は35名となった。

月経周期や閉経年齢、その他の医科学的な質問をアンケートによって行った。

身長、体重を測定し、BMIを算出した。体脂肪率及びBMC、四肢の除脂肪軟組織(lean soft tissue; LST)は、DXA法(Dual energy X-ray absorptiometry; Hologic QDR-4500 DXA scanner, Hologic Inc., Waltham, MA, USA、ソフトウェア windows version 11.2 (OM-HL-406;08-0823 Rev.A))を使用して測定した。また、得られた体重と体脂肪率からFFMとFMを算出した。

各被検者に対し、測定までの12時間の間、水以外の飲食はしないように指示し、また測定の前少なくとも24時間前からの激しい運動は禁止した。さらに、被検者には測定当日の朝に家から研究室までなるべく乗り物を用い、激しい活動を避け、最小限の行動で移動するように指示した。被検者は、室温23~25°Cに保たれた実験室にてルドルフマスクを装着後、30分以上の仰臥安静を経て、覚醒・仰臥安静状態で基礎体温及び心拍数を計測し、その後、基礎代謝量(measured REE; REEm)を測定した。

基礎代謝量の測定は、仰臥位のまま、ダグラスバッグ法(Douglas, 1911)により10分間の呼吸を5分間のインターバルをおいて2回採取した。但し、若年者における基礎代謝量の測定は、卵胞期に行われるように日程を調整した。

呼吸は、直ちに換気量を測定するとともに、酸素及び二酸化炭素の濃度を分析した。これらのデータからWeir(1949)の換算式によりエネルギーに換算して基礎代謝量(kcal/day)を算出した。なお、基礎代謝量

のデータとしては RQ が 0.75 以上 0.99 以下の場合のみを採用した。基礎代謝量は体重当たり (kcal/kgBW/day)、及び FFM 当たり (kcal/kgFFM/day) でも算出した。

若年者においては、モナーク製自転車エルゴメーター (Monark model 828E) を用いた漸増負荷法により、最高酸素摂取量 (VO_{2peak}) を測定した。ペダルの回転数は 60 rpm とし、60 W で 5 分間のウォーミングアップを行かせた後、1 分毎に、負荷を 15 W ずつ増加させ、疲労困憊まで至らした。

中高年者においては、トレッドミルによる歩行と走行を併用した漸増負荷法により、最高酸素摂取量 (VO_{2peak}) を測定した。分速 80 m で傾斜角度 0 度において 4 分間の歩行ウォーミングアップを行い、その後 3 分毎に速度を 10 m/min ずつ上昇させ、120 m/min に達した後、3 分毎に上り傾斜角度を 3 度から 6 度まで 1.5 度ずつ漸増し、疲労困憊まで至らした。

呼吸ガスは、若年者においては、1 分間のステージの後半 30 秒の呼吸を採取し、中高年者においては、3 分間のステージの後半 1 分の呼吸を採取した。呼吸ガスの分析は、基礎代謝量の測定と同様に、直ちにガスメーターにて換気量を測定するとともに、質量分析計を用いて酸素及び二酸化炭素の濃度を分析し、酸素摂取量を算出した。試験中は、心電図を用いて心拍をモニタリングした。

VO_{2peak} 測定の評価として、1) VO₂ のプラトー現象の発現、2) 最大心拍数が 190 以上または年齢から推定される最高心拍数 (220-年齢) に達していること、3) RQ が 1.0 以上、及び 4) RPE (主観的運動強度) が 18 (かなりきつい) 以上の 4 つの条件のうち少なくとも 2 つの条件を満たしたものをもちて最高と判断した (Johnson et al. 2000、Santa-Clara et al. 2006)。

先行研究をもとに以下のように 4 つに分類した組織/器官の重量を推定した。BM (骨量) は、Heymsfield et al. (1990) 及び Snyder et al. (1975) の報告により、BMC (骨塩量) に 1.85 を掛け合わせ、AT (脂肪組織量) は、DXA 法より算出された FM に 1.18 (Heymsfield et al. 2002) を掛け合わせて算出した。SM (骨格筋量) は、Kim et al. (2002) のモデルにより、DXA 法にて測定された四肢の LST (除脂肪軟組織) を用いて算出した。RM (その他組織/器官の重量) は、推定され

た BM、AT、SM を体重から差し引いて算出した。

$$BM (kg) = BMC (g) \times 1.85 / 1000$$

$$AT (kg) = FM (kg) \times 1.18$$

$$SM (kg) = 1.13 \times \text{四肢の LST (kg)} - 0.02 \times \text{Age (yrs)} + 0.97$$

$$RM (kg) = BW - SM - AT - BM$$

基礎代謝量の推定 (estimated REE; REE_e) は、4 つの組織/器官の重量に、先行研究で報告された代謝率を掛け合わせて算出した。代謝率の値は、それぞれ、骨が 2.3 kcal/kg、脂肪組織が 4.5 kcal/kg、骨格筋が 13 kcal/kg、その他組織/器官が 53 kcal/kg を用いた (Elia. 1992、Grande. 1989、Hayes et al. 2002、Heymsfield et al. 2002、Holliday et al. 1967)。

$$REE_e = 2.3 \times BM + 4.5 \times AT + 13 \times SM + 53 \times RM$$

C. D. E. 研究結果および考察

体重に対する脂肪組織の割合の結果から、加齢によって体脂肪率が増加する傾向にあるが、高い有酸素性能力を保持すると、体脂肪率の増加を抑制する可能性が示唆された。

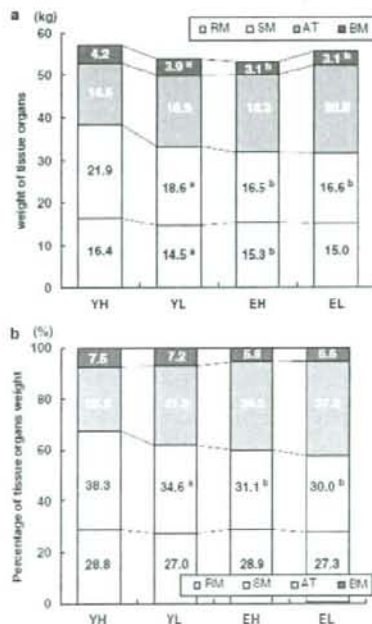


Figure 1 Four tissue organ components in women expressed as a weight (a) and as their respective fractional contributions to body weight (b). RM, residual mass; SM, skeletal muscle; AT, adipose tissue; BM, bone mass. Significance was determined by two-way analysis of variance (ANOVA). **P* < 0.05 vs high fitness group (same age group) and ^b*P* < 0.05 vs young group (same fitness category).

一方、骨格筋量は有酸素性能力に関係なく、加齢によって低下することが示された。これらの結果は、50歳代以上の中高年女性においてスイミングやウォーキング、ジョギングのような有酸素性運動を行い、高い有酸素性能力を保持するだけでは、骨格筋量の加齢による低下を抑制させることは難しいことが示唆された。

REEm(実測値)とREEe(推定値)に強い正の相関関係が認められ($r = 0.771, p < 0.001$)、Bland-Altmanの分析においてもどんなバイアスも見られなかった($r = 0.140, NS$)。さらに、REEmとREEeの相関関係において、若年者と中高年者のそれぞれの回帰直線において、傾きと切片に有意な差が認められなかった(Young: $y = 0.78x + 250, r = 0.798, Elderly: y = 0.60x + 472, r = 0.667$, それぞれ $p < 0.001$, 傾き: $t = 1.652$, 切片: $t = 1.881$, いずれも NS)。この結果は、加齢による各組織/器官のエネルギー代謝率の低下よりもむしろ、FFMに対する骨格筋とその他組織/器官の重量の割合の違いが、基礎代謝量を推定する際に重要である可能性を示唆している。これらの結果から、BMIが 18.5 kg/m^2 以上 30 kg/m^2 未満の女性において、年齢や有酸素性能力の違いに関係なく、DXA法で測定した4つの組織/器官の重量が適切に見積られれば、基礎代謝量を高い精度で推定できることが示唆された。また、加齢や有酸素性能力の低下による基礎代謝量の低下は、各組織/器官のエネルギー代謝率の低下よりも、むしろ各組織/器官の重量の変化が大きく影響を及ぼしている可能性を示唆している。NASA/JSCによって評価した身体活動量は各群に違いは認められなかった。女性ホルモンの活性を示すエストラジオールおよび骨代謝マーカーであるオステオカルシンは、中年群、高齢群ともに若年群との間に有意な差が認められた($P < 0.05$)。脚伸展パワーおよび最大酸素摂取量は、中年群、高齢群ともに若年群よりも有意に低い値を示した($P < 0.05$)。

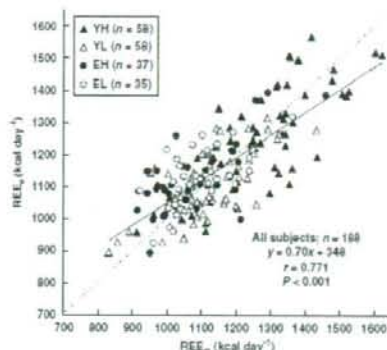


Figure 3 Relationship between the measured and estimated resting energy expenditure. REE_m, measured by expiratory gas exchange; REE_e, estimated by four tissue organs. REE_e: 1.35M | 2.36M | 4.5AT | 5.4RM.

脚部除脂肪軟組織量および骨格筋量は、中年群、高齢群ともに若年群よりも有意に低い値を示した(表2, $P < 0.05$)。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

・C. Usui, E. Takahashi, Y. Gando, K. Sanada, J. Oka, M. Miyachi, I. Tabata, M. Higuchi. Resting energy expenditure can be assessed by dual energy X-ray absorptiometry in women regardless of age and fitness. *Eur J Clin Nutr*, 2008. [Epub ahead of print]

2. 学会発表

なし

H. 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

研究成果の刊行に関する一覧表

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
C. Usui, E. Takahashi, Y. Gando, K. Sanada, J. Oka , M. Miyachi, I. Tabata, M. Higuchi.	Resting energy expenditure can be assessed by dual energy X-ray absorptiometry in women regardless of age and fitness.	Eur J Clin Nutr			2008

III. 出版論文別刷

Original Article

Attenuated Increases in Blood Pressure by Dynamic Resistance Exercise in Middle-Aged Men

Hiroshi KAWANO^{1,2)}, Hitomi NAKAGAWA³⁾, Sho ONODERA³⁾,
Mitsuru HIGUCHI¹⁾, and Motohiko MIYACHI²⁾

The present study was performed to test the hypothesis that the blood pressure (BP) response to resistance exercise in middle-aged men with stiffening arteries is greater than that in young men with compliant arteries. The BP responses to acute dynamic resistance exercise (leg press) at individual relative (low, moderate and high) and absolute intensities were investigated in both young and middle-aged men. A total of 21 sedentary healthy normotensive men, 21–25 years of age (young) and 41–59 years of age (middle-aged), were included in the study. At rest, the arterial compliance (simultaneous ultrasound and applanation tonometry) and muscle strength (leg press) were lower, and indices of arterial stiffness and BP were higher in the middle-aged men than in the young men ($p < 0.05$). There were no significant differences in height, body mass, or heart rate between the two groups. During exercise, the systolic BP of the middle-aged men at 80% one-repetition maximum (1RM) was significantly lower than that of the young men for the last half of the exercise period ($p < 0.05$). The amounts of change in systolic and diastolic BP from baseline to the end of resistance exercise were lower in the middle-aged men than in the young men at individual relative intensities ($p < 0.05$) and at individual absolute intensity. In contrast to our hypothesis, these findings indicated that the BP response during dynamic resistance exercise using large muscle groups may be attenuated in middle-aged men relative to young men. (*Hypertens Res* 2008; 31: 1045–1053)

Key Words: aging, resistance exercise, blood pressure, pressor, arterial stiffening

Introduction

Regular physical activity is regarded as an important component of prevention and treatment of age-related increases in cardiovascular disease (1, 2). Aerobic exercise in particular is recommended by major health organizations, including the American Heart Association and American College of Sports Medicine (3, 4), because it shows favorable effects on cardiovascular functions in young, middle-aged, and older men (5–8). In recent years, resistance exercise, another common exer-

cise modality, has gained widespread acceptance in exercise prescription and cardiopulmonary rehabilitation programs and has become an integral component of comprehensive health programs endorsed by the major health organizations (3, 9). However, there is very little information on the potential influence of resistance training on non-musculoskeletal components, in particular the cardiovascular system. Systolic and diastolic blood pressures (BPs) rise rapidly to extremely high values during heavy weight-lifting exercise (10), and BPs are extreme even when exercise is performed with a relatively small muscle mass (11, 12). Most previous studies

From the ¹⁾Graduate School of Human Sciences and ²⁾Faculty of Sport Sciences, Waseda University, Tokorozawa, Japan; ³⁾Division of Health Promotion and Exercise, National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan; and ⁴⁾Department of Health and Sports Sciences, Kawasaki University of Medical Welfare, Kurashiki, Japan.

This work was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (No. 13780041 to M.M.) from the Japan Society for the Promotion of Science and by a Sasagawa Scientific Research Grant (to H.K.) from the Japan Science Society.

Address for Reprints: Hiroshi Kawano, Ph.D., Division of Health Promotion and Exercise, National Institute of Health and Nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8636, Japan. E-mail: hiroshi@aoni.waseda.jp

Received September 11, 2007; Accepted in revised form December 28, 2007.

have focused on the BP responses to resistance exercise in young adults (13–15), and thus have provided little information regarding BP responses in middle-aged and older individuals (12, 16). Furthermore, the interaction between age and BP response for dynamic resistance exercise using large muscle groups has not been reported in middle-aged men with stiffening arteries or young men with compliant arteries.

The stiffness of the large central arteries in the cardiothoracic region increases with advancing age in sedentary humans (6, 17, 18). This physiological alteration reduces the buffering capacity of the arteries, leading to increased pulse pressure, peripheral vessel resistance, and left ventricular wall tension (19, 20), all of which augment the workload of the heart. Generally, it can be assumed that middle-aged and older men with advanced arteriosclerosis would show attenuated pressor buffering function during resistance exercise. Accordingly, we hypothesized that the BP response to dynamic resistance exercise in middle-aged men with stiffening arteries would be larger than that in young men with compliant arteries. The present study was performed to clarify the differences in BP response to acute dynamic resistance exercise at individual relative or absolute intensities between young and middle-aged men.

Methods

Subjects

Twelve young (21–25 years) and nine middle-aged men (41–58 years) were recruited through various forms of advertisement or by posting on bulletin boards at our university, and had not participated in a regular exercise program for at least the previous 2 years. Only male subjects were included in the study to ensure that the interpretation of differences between the two age groups would not be confounded by the possible influence of sex. All subjects were normotensive (<140/90 mmHg), non-obese (body mass index <30 kg/m²), and free of overt chronic diseases as assessed by medical history and physical examination. Subjects taking cardiovascular-acting medications, such as anabolic steroids, or with significant intima-media thickening, plaque formation, and/or other characteristics of atherosclerosis (*e.g.*, ankle-brachial index [ABI] <0.9) were excluded from the study. All subjects gave their written informed consent to participation in the study, and all procedures were reviewed and approved by the Institutional Review Board.

Measurements at Rest

Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and BP

The brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) and BP were assessed using a form PWV/ABI device (Colin Medical Technology, Komaki, Japan). Subjects were examined in the supine position after a rest of at least 5 min. The cuffs were wrapped on both sides of the brachium and ankle, and con-

tained a plethysmographic sensor that determined the waveform data, including BP measurements by the oscillometric method. The baPWV was calculated as distance/time (cm/s) between the brachium and ankle. The time delay between the arrival of the pulse wave at the brachium and ankle was obtained automatically by gating the pulse wave to the peak of the R wave of the electrocardiogram. The distance was estimated from the subject's height as $L = L_a - L_b$ (L_a : path length from the heart to the ankle; L_b : path length from the heart to the brachium). Then, we used the mean of the right and left baPWV values for analysis. The measurements of baPWV and BP were performed three times per day, and the three values were averaged. The reproducibility of baPWV measurement has been validated in our laboratory (coefficient of covariance, $2 \pm 1\%$) and in other studies (21, 22).

Carotid Artery Intima-Media Thickness

The right common carotid artery intima-media thickness (IMT) was measured from images obtained using an ultrasound machine equipped with a high-resolution linear-array broad-band transducer as described previously (23, 24). Ultrasound images were analyzed using computerized image analysis software (NIH Image 1.63). At least 10 measurements of IMT were taken at each segment, and the mean values were used for analysis. This technique has excellent day-to-day reproducibility (coefficient of variance, $3 \pm 1\%$) for the carotid IMT.

Carotid Artery Compliance and Stiffness

A combination of ultrasound imaging of the pulsatile right common carotid artery with simultaneous applanation of tonometrically obtained arterial pressure from the contralateral carotid artery permits noninvasive determination of arterial compliance (23–25). The carotid artery diameter was measured from images obtained using an ultrasound machine equipped with a high-resolution linear-array transducer. A longitudinal image of the cephalic portion of the common carotid artery was acquired 1–2 cm distal to the carotid bulb. All image analyses were performed by the same investigator who was blinded to the group assignments.

Pressure waveforms and amplitudes were obtained from the common carotid artery with a pencil-type probe incorporating a high-fidelity strain-gauge transducer (SPT-301; Millar Instruments, Houston, USA) (26). As baseline levels of BP are subject to hold-down force, the pressure signal obtained by tonometry was calibrated by equating the carotid mean arterial and diastolic BP to the brachial artery value (23–25). In addition to arterial compliance (27), we also calculated the β -stiffness index, which provides an index of arterial compliance adjusted for distending pressure (28). Arterial compliance and the β -stiffness index were calculated using the equations $[(D_1 - D_0)/D_0]/[2(P_1 - P_0)](P_1 - P_0) \times \pi \times (D_0)^2$ and $[\ln(P_1/P_0)]/[(D_1 - D_0)/D_0]$, where D_1 and D_0 are the maximal and minimum diameters, and P_1 and P_0 are the highest and lowest BPs, respectively (23–25). The day-to-day coeffi-