

- replacement therapy in post menopausal women with hyperuricaemia, *Lancet* 354 (1999) 650.
- [13] R. Klein, B.E. Klein, J.C. Cornoni, J. Maready, J.C. Cassel, H.A. Tyroler, Serum uric acid: its relationship to coronary heart disease risk factors and cardiovascular disease in Evans County, Georgia, *Ann. Intern. Med.* 132 (1973) 401-410.
- [14] T.W. Yoo, K.C. Sung, H.S. Shin, B.J. Kim, B.S. Kim, J.H. Kan, et al., Relationship between serum uric acid concentration and insulin resistance and metabolic syndrome, *Circ. J.* 69 (2005) 928-933.
- [15] G.M. Reaven, The kidney: an unwilling accomplice in syndrome X, *Am. J. Kidney Dis.* 30 (1997) 928-931.
- [16] E. Muscelli, A. Natali, S. Bianchi, R. Bigazzi, A.Q. Galvan, A.M. Sironi, et al., Effect of insulin on renal sodium and uric acid handling in essential hypertension, *Am. J. Hypertens.* 9 (1996) 746-752.
- [17] J.V. Selby, G.D. Friedman, C.P. Quisenberry Jr., Precursors of essential hypertension: pulmonary function, heart rate, uric acid, serum cholesterol, and other serum chemistries, *Am. J. Epidemiol.* 131 (1990) 1017-1027.
- [18] J.L. Zweier, P. Kuppusamy, G.A. Luty, Measurement of endothelial cell free radical generation: evidence for a central mechanism of free radical injury in postischemic tissues, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85 (1988) 4046-4050.

食生活習慣改善を中心とした肥満改善教室 「食事でスリムコース」開催の試み

田中晶子 宮武伸行 国橋由美子
Tanaka, Akiho Miyatake, Nobuyuki Kunihashi, Yumiko
 林 恵子 久富百合子 山下裕絵
Hayashi, Keiko Hisatomi, Yuriho Yamashita, Hiroe
 沼田健之
Numata, Takeyuki
 岡山県南部健康づくりセンター

表1 対象

人数	40
年齢 (歳)	57.7±8.0
身長 (cm)	154.8±4.9
体重 (kg)	63.3±9.6
BMI (kg/m ²)	26.5±3.8
腹囲 (cm)	86.2±12.8
ヒップ囲 (cm)	98.4±7.1

平均値±標準偏差

キーワード：肥満，食生活習慣，生活習慣

はじめに

平成20年度から、メタボリックシンドロームの概念を取り入れた新しい健診・保健指導がスタートする。岡山県南部健康づくりセンターでは、従来より、運動、食事、休養を3つの柱に、肥満改善教室を開催、評価、報告してきた¹⁻⁵⁾。実際の現場においては運動、食事、休養の生活習慣改善をバランスよく実行するのが理想であるが、運動が得意な人、食生活習慣の改善に意欲のある人などさまざまな参加者がいるのが実情で、肥満改善プログラムもそれに応じて準備されていること

が望ましい。

今回筆者らは、食生活習慣の改善を中心とした肥満改善プログラムを作成し、教室「食事でスリムコース」を実施したので報告する。

対象と方法

対象は、当センターで平成18年度から平成19年度までの間に肥満改善教室「食事でスリムコース」に参加した延べ40人(57.7±8.0歳)(表1)のうち、継続して教室に参加し、前後で測定を行えた男性2名、女性26人の計28人(58.4±8.2歳)である。

図1 プログラムの内容

回数	テーマ	具体的な指導内容
1	オリエンテーション、肥満について知ろう、運動の話	BMIの計算、1日の推定エネルギー必要量の計算、食事記録の書き方と記録の実践
2	食品のエネルギーやバランスについて、試食	フードモデルを用いて、食品の量とエネルギーの説明、誤った健康情報の是正
3	献立づくり、試食	1食500kcalの献立を作成、ヘルシーメニューの試食
4	やせるためのコツ、運動の話	やせるためポイントを説明、家でできる運動の説明と実践
5	調理実習「おいしいヘルシー料理」10:30~13:00	作成した献立を使っでの調理実習
6	あなたの成果は…?	1カ月後の成果を発表、グループワーク

ライフスタイルチェック					
平成 年 月 日 名前 ()					
あてはまるものに○をつけてください。					
	かなり自信がある	まあ自信がある	どちらともいえない	あまり自信がない	全く自信がない
1) 外出は歩きか自転車にする。	5	4	3	2	1
2) 歩いて15分の距離なら歩く。	5	4	3	2	1
3) 体操(ストレッチ体操やラジオ体操など)を行う。	5	4	3	2	1
4) 筋力トレーニング(腹筋運動やダンベル体操など)を行う。	5	4	3	2	1
5) 各種スポーツ(テニスやゴルフ、野球など)を行う。	5	4	3	2	1
6) フィットネスクラブやスポーツ教室に通う。	5	4	3	2	1
7) 食事の量は腹八分目にする。	5	4	3	2	1
8) 砂糖、菓子、嗜好飲料はとり過ぎない。	5	4	3	2	1
9) 油っこい物(揚げ物、炒め物、肉の脂身など)はとり過ぎない。	5	4	3	2	1
10) 塩辛いもの(漬物、佃煮、干物など)はとり過ぎない。	5	4	3	2	1
11) 忙しくても必ず自分の時間をつくる。	5	4	3	2	1
12) 自分なりのストレス解消法がある。	5	4	3	2	1

図2 ライフスタイルチェック

教室は1回90分、全6回、2カ月間で、木曜日の午後に開催した。管理栄養士による食事の講話と調理実習、試食を中心に、運動に関しては、日常生活のなかでの活動量を増加させる工夫や家庭で実践できる手軽な運動の紹介を一部加えた(図1)。1回目から5回目までは毎週、5回目から6回目は約1カ月間の期間を設定した。合わせて参加者には各自努力目標を決めてもらい、その達成度、気分、体重、歩数などの記入を促した。

また、教室の前後で身体計測、生活習慣の評価を行った。身体計測では、身長、体重、腹囲、ヒップ囲を測定した。腹囲は、臍部で立位呼吸時に計測した。生活習慣の評価は自記式アンケート(ライフスタイルチェック)を用いて評価した(図2)⁹⁾。ライフスタイルチェックは、日常生活活動(2問:質問1, 2)、運動習慣(4問:質問3~6)、食生活習慣(4問:質問7~10)、休養習慣(2問:質問11, 12)に関する12項目の設問からなり、それぞれの設問に対しての自信度を5件法で回答してもらった(表2)。

表2 ライフスタイルチェックの得点

質問項目	教室前
日常生活(10点)	5.9±2.1
運動(20点)	11.2±3.4
食事(20点)	13.5±3.7
休養(10点)	8.6±5.6
合計(60点)	37.5±8.2

平均値±標準偏差

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

結果

教室前後での身体計測値の変化を表3に示す。教室への参加により、体重、Body Mass Index (BMI)、腹囲、ヒップ囲のすべての項目で有意な改善が認められた(表3)。また、ライフスタイルチェックの変化を検討すると、食生活習慣と合計得点が有意に改善した(表4)。しかし、運動習慣、日常生活活動、休養習慣の

表3 教室前後での身体計測値の変化

	教室前	教室後
人数	28	
年齢(歳)	58.4±8.2	
身長(cm)	155.2±4.8	
体重(kg)	63.4±9.1	61.0±9.3**
BMI(kg/m ²)	26.3±3.5	25.3±3.6**
腹囲(cm)	86.5±13.0	83.8±12.6*
ヒップ囲(cm)	98.7±7.0	95.2±6.5**

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ 平均値±標準偏差

表4 教室前後でのライフスタイルチェックの変化

質問項目	教室前	教室後
日常生活(10点)	5.7±2.0	6.2±2.2
運動(20点)	10.9±3.4	11.4±3.4
食事(20点)	13.5±2.8	15.0±2.0*
休養(10点)	7.6±1.5	7.9±1.4
合計(60点)	37.7±6.8	40.5±6.7*

* $p < 0.05$

表5 ライフスタイルチェックの改善と身体計測値変化量との関連

	合計	日常生活活動	運動習慣	食生活習慣	休養習慣
腹囲	-0.510**	-0.057	-0.539**	-0.417*	-0.094
体重	-0.167	-0.020	0.007	-0.197	-0.276
BMI	-0.166	-0.049	0.018	0.200	-0.249

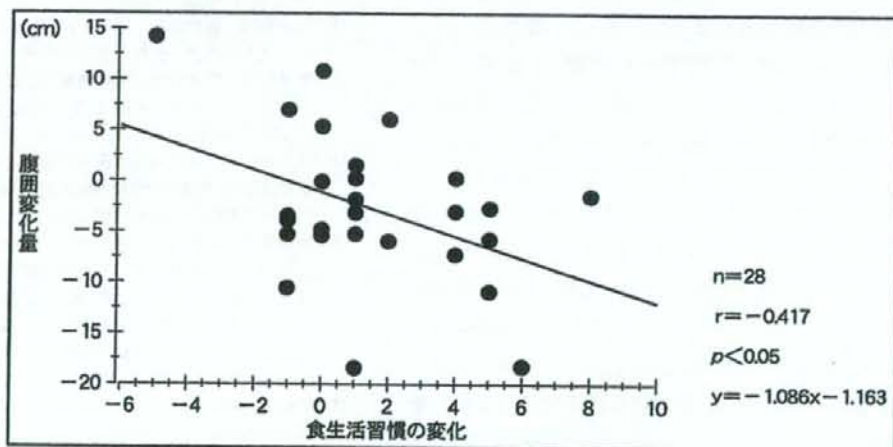
* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ 

図3 食生活習慣の変化と腹囲変化量との関連

有意な変化は認められなかった。

ライフスタイルチェックの変化量と腹囲、体重、BMIの変化量との相関を検討すると(表5)、合計点、運動習慣、食生活習慣の変化量と腹囲の変化量との間に有意な相関が認められたが、そのほかの項目間での有意な相関は認められなかった。(表5、図3)。

考察

今回、食生活改善のアドバイスを中心とした1回90分、全6回の肥満改善教室「食事でスリムコース」のプログラムを作成、実施した。プログラム参加により、

体重、腹囲、食生活習慣を中心とした生活習慣の有意な改善が認められた。また、腹囲の減少には生活習慣、とくに食生活習慣、運動習慣とのかかわりが深いことが示され、本プログラムの有効性が示唆された。

肥満改善において適切な運動習慣と食生活習慣の獲得は重要である。以前より、筆者らは食事の介入は行わず運動のみの介入によるプログラム¹⁾や、運動、食事、休養によるプログラム²⁾などを作成・実施してきた。食生活改善に運動を加えることにより除脂肪体重の減少が予防でき、効果的に内臓脂肪を減少させることができる。

Okuraらは、平均年齢52歳、BMI 30.4 kg/m²の女性に1日食事摂取量1,200 kcal、14週間の減量プログラムを施行した結果、体重6.0 kg、内臓脂肪面積42 cm²の減少を報告している。しかし同時に、運動を加えた群では、体重8.8 kg、内臓脂肪面積44 cm²の減少があり、食事のみだけでなく、運動プログラムを加える必要性が示唆されている⁷⁾。Rossらは、1日700 kcal減の食事による3カ月間の減量では、体重7.4 kg、腹囲7.1 cm、内臓脂肪面積44 cm²の減少を認めたのに対し、1日700 kcalの運動消費による3カ月間の減量では、体重7.5 kg、腹囲6.5 cm、内臓脂肪面積52 cm²の減少を認め、運動による内臓脂肪面積減少効果を報告している⁸⁾。

しかしながら、高齢者や膝痛などで運動を行いたくてもできない人、運動嫌いのの人にとっては食事を中心に肥満改善したいという希望も多く、今回筆者らは、食生活改善を中心としたプログラムを作成実施した。プログラム参加者の平均年齢は57歳で、従来のプログラム参加者に比較するとやや高く、教室を昼間に開催した関係上、女性の参加者が多かった。

教室に継続して参加できた人では、体重が2.4 kg、腹囲が2.7 cm減少し、プログラムのねらいどおり、食生活習慣の有意な改善が認められた。さらに、食生活習慣の変化と腹囲変化量との間に有意な相関が認められたことより、本プログラムは、平成20年度からスタートした新しい保健指導で注目されているメタボリックシンドロームの予防、改善にも利用できるものと考えられた。

本検討についてはいくつかの課題も残る。プログラムは2カ月という比較的短期間であり、継続的な追跡

調査により、生活習慣改善の状況、体重、腹囲減少効果を調査する必要がある。血液検査、内臓脂肪面積測定などを行っていないため、メタボリックシンドローム予防、改善効果を厳密に明らかにできなかった。今後はさまざまなプログラムの実践をとおしてメタボリックシンドローム予防、改善を実践していく必要がある。

なお、本研究の一部は厚生労働科学研究補助金の助成により行った。

文 献

- 1) 西河英隆, 高橋香代, 宮武伸行, ほか. 男性肥満者に対する運動プログラムの評価. 日本公衆衛生雑誌 2002; 49(10): 1087-96.
- 2) 黒瀬恵深, 宮武伸行, 西河英隆, ほか. 肥満改善教室参加者のストレス度とライフスタイルの変化との関連. 保健の科学 2003; 45(2): 137-43.
- 3) 黒瀬恵深, 宮武伸行, 西河英隆, ほか. 肥満改善教室参加者のストレス度の変化. 保健の科学 2004; 46(10): 775-8.
- 4) 宮武伸行, 西河英隆, 國橋由美子, ほか. メタボリックシンドロームからみた肥満予防, 改善教室の効果. 臨床スポーツ医学 2005; 22(6): 737-42.
- 5) 國橋由美子, 宮武伸行, 西河英隆, ほか. 生活習慣の変化が肥満予防, 改善教室参加者の体重, body mass index (BMI) に及ぼす影響. 保健の科学 2005; 47(7): 539-43.
- 6) 宮武伸行, 東條光彦, 黒瀬恵深, ほか. 岡山県南部健康づくりセンターにおける生活習慣尺度(ライフスタイルチェック)の作成. 保健の科学 2004; 46(8): 619-22.
- 7) Okura T, Nakata Y, Ohkawara K, et al. Effects of Aerobic exercise on metabolic syndrome improvement in response to weight reduction. Obesity 2007; 15(10): 2478-84.
- 8) 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(2): 92-103.



運動と内臓脂肪の動態

宮武 伸行¹⁾・沼田 健之²⁾

2005年、日本内科学会など関連8学会により、わが国におけるメタボリックシンドロームの診断基準が発表された¹⁾。2006年、日本肥満学会は、肥満症やメタボリックシンドロームの予防と改善のためには、食生活の改善と運動の増加を図り、まずは3kgの減量、3cmのウエスト周囲径の短縮を実現するサンサン運動を提案している。また、厚生労働省から運動指針(エクササイズガイド)2006が発表され、内臓脂肪減少のための望ましい運動量も提案された²⁾。さらに、2008年度からはメタボリックシンドロームの考えを取り入れた新しい特定健診・保健指導がスタートした。このようにメタボリックシンドロームの予防、改善、特に内臓脂肪蓄積に対する適切な介入方法に大きな関心が集まっている。

運動療法は、食事療法と並んでメタボリックシンドローム(内臓脂肪蓄積)の予防、改善において重要な位置を占めており、岡山県南部健康づくりセンター(以下センター)は、平成9年の事業開始以来、食事、運動、休養を3つの柱に、肥満や糖尿病、メタボリックシンドロームなどの生活習慣病の一次予防、二次予防に積極的に取り組んできた³⁻⁵⁾。

本稿では、運動と内臓脂肪との関係に焦点を当て、自験例を踏まえて概説する。

1. 運動と内臓脂肪との関係に関するエビデンス

運動の実践により内臓脂肪が減少する機序として、内臓脂肪は代謝回転が速く、中性脂肪の合成や分解の活性が高いため、内臓脂肪を選択的に減少させる⁶⁾。また、内臓脂肪組織における β -adrenergic agonistの脂肪分解能は、皮下脂肪組織の分解能より強い⁷⁾ことなどが報告されている。

Ohkawaraらのシステマティックレビューによると、週当たりの有酸素性運動(メッツ・時(エクササイズ))と週当たりの内臓脂肪変化量との間には有意な負の相関関係($r = -0.75$)が認められている(図1)。さらに少なくとも週当たり10エクササイズの有酸素性運動が内臓脂肪の有意な減少には必要であると報告している⁸⁾。これは、国内外を通じてはじめての内臓脂肪減少、メタボリックシンドロームを解消するために必要な運動量を提唱した基準値である。しかしながら、今後食事制限との組み合わせや調査対象による違いの評価、身体活動の内容による評価など検討すべき点が残っている。

筆者：1) みやたけ のぶゆき(岡山県南部健康づくりセンター医師)

2) ぬまた たけゆき(岡山県南部健康づくりセンターセンター長)

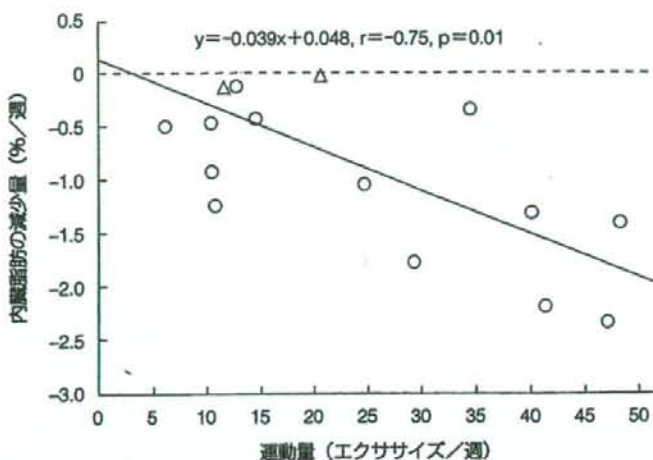


図1 代謝関連性疾患を有さない対象における運動量と内臓脂肪減少の量—反応関係 (Ohkawara, et al., 2007⁹⁾ より引用改変)
 ○: 減量前後で内臓脂肪に有意な減少が認められた群 (p<0.05)
 △: 減量前後で内臓脂肪に有意な減少が認められなかった群

2. 内臓脂肪蓄積者に対する運動処方

内臓脂肪蓄積者は、運動による大きな効果が期待できる一方で、将来心血管性疾患を起こす危険性が高いだけでなく、運動中に心血管性疾患を起こす可能性が非内臓脂肪蓄積者に比較して高い。心血管性疾患の既往のある場合はもちろんのこと、高齢、運動習慣がない、運動中にめまいや胸痛、激しい息切れを経験したことがある、降圧薬を内服している、骨粗鬆症、関節痛などの整形外科的な疾患がある、糖尿病、高血圧症などの内科的な疾患があるなどの場合、運動を開始する前には必ずメディカルチェックが必要である。

一般的な運動処方として、アメリカ心臓学会では、心血管性疾患の一次予防には、ほぼ毎日(週4~6回)、1回30~60分の有酸素性運動を個人に応じて行なうことをすすめている⁹⁾。また、筋力トレーニングとして、週2~3回の頻度で手足、体幹の主要筋群を中心に8~10種目を、1種目につき中程度の負荷(続けて15回程度できる重さ)を用いて、10~15回繰り返す運動を複数セット行なうことをすすめている⁹⁾。また、押田らは、メタボリックシンドロームの運動処方として、最

大酸素摂取量の40~50% (脈拍数は50歳以下では120/分まで、60~70歳代で100/分以下)の中等度運動1回10~30分、1日15~30分、週3日以上継続するように、筋力トレーニングでは低負荷、高頻度で、力みを伴ったValsalva呼吸はしないようにすることをすすめている¹⁰⁾。

エクササイズガイド2006では、前述のOhkawaraらの報告に基づき、内臓脂肪減少のために必要な運動量として、週10エクササイズ程度かそれ以上の運動量を推奨し、具体例として、30分間の速歩週5回が10エクササイズの運動量に相当すると紹介している⁹⁾。

しかしながら、実際の臨床の場では運動強度の指標として必ずしも心拍数にこだわる必要はなく、自覚的運動強度(RPE)が「ややきつい」と感じられる程度までの主観的な指標を用いたり、頻度、運動時間についても個人の好みに応じて無理のない運動を心がけ、仕事の合間に運動をする、バス停を1つ手前で降りて歩くなど、日常生活の中で具体的なアドバイスを行ない、あくまで運動を継続させることに主眼をおくことが重要と考える。

表1 正常体重、内臓脂肪非蓄積肥満、内臓脂肪蓄積肥満者における体力の比較 (Miyatake N, et al., 2004¹⁰ より引用改変)

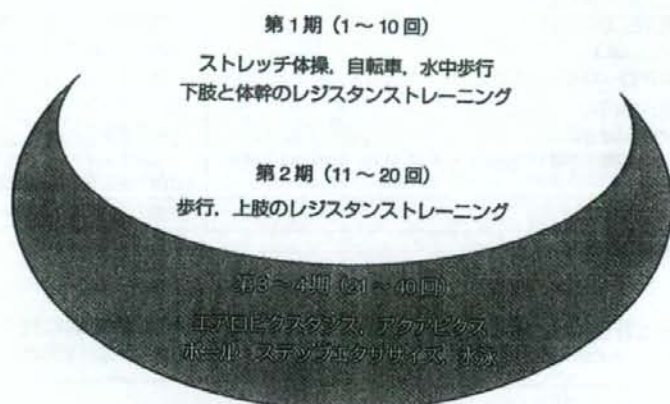
	正常体重	内臓脂肪非蓄積肥満	内臓脂肪蓄積肥満
換気性作業閾値時酸素摂取量 (mL/kg/min)	13.1 ± 1.8	11.8 ± 1.8*	11.3 ± 1.4*
換気性作業閾値時心拍数 (HR/min)	100.1 ± 12.0	95.8 ± 11.0	99.4 ± 11.1
右握力 (kg)	26.1 ± 3.8	26.0 ± 6.8	26.3 ± 5.8
左握力 (kg)	25.4 ± 4.3	24.3 ± 5.4	25.0 ± 5.0
脚伸展力 (kg) / 体重 (kg)	0.78 ± 0.15	0.68 ± 0.2	0.62 ± 0.61*
柔軟性 (cm)	10.6 ± 9.8	8.7 ± 6.1	5.8 ± 9.3

平均値±標準偏差 *p<0.05 vs 正常体重

正常体重: BMI25未満かつ内臓脂肪面積100cm²未満

内臓脂肪非蓄積肥満: BMI25以上かつ内臓脂肪面積100cm²未満

内臓脂肪蓄積肥満: BMI25以上かつ内臓脂肪面積100cm²以上

図2 運動プログラム (西河ほか, 2002¹⁰)

3. われわれのとりくみ

われわれは、内臓脂肪蓄積肥満者、内臓脂肪非蓄積肥満者、正常体重者の体力の比較を行なった(表1)。内臓脂肪蓄積肥満者では、正常体重者に比較して換気性作業閾値¹¹⁾時酸素摂取量、脚伸展力(kg)/体重(kg)が有意に低値を示した。また、内臓脂肪面積と換気性作業閾値時酸素摂取量($r = -0.400$)、脚伸展力/体重($r = -0.305$)

との間には負の相関関係が認められ、内臓脂肪蓄積が体力低下に影響していることが示唆された¹¹⁾。

さらに、われわれは中年男性肥満者を対象に、それぞれの歩数や体力の評価に基づいた1年間の運動プログラムを作成、実施した(図2)¹²⁾。このプログラムは、第1期は柔軟性と下肢筋力アップを中心に基礎体力をつくる、第2期は歩行と上肢の筋力アップで運動量を増やす、第3期は運動、

注1) 換気性作業閾値 (Ventilatory Threshold: VT): 運動中に動員されるエネルギー機構は、体内に摂取した酸素量と排出された二酸化炭素、血中に放出された乳酸濃度によって推察される。運動強度の増加に伴い、ある時点から血中乳酸濃度の急激な上昇が認められる。このエネルギー供給機構が有酸素機構から無酸素機構に移り変わる変換点を無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold: AT) という。ATは呼吸ガス分析装置によっても推定でき、これをVTという。測定は、血圧、心電図をモニターし、呼吸ガス分析をしながら運動負荷試験を行なう。この際、自覚的運動強度 (RPE) も測定する。

表2 1年間の運動プログラム実施前後での変化 (Miyatake, et al., 2002¹⁰ より引用改変)

	前	後	p
年齢 (歳)	46.2±6.8		
体重 (kg)	82.3±7.4	78.6±7.4	<0.01
BMI (kg/m ²)	28.6±2.2	27.4±2.3	<0.01
腹囲 (cm)	94.5±4.6	89.9±5.8	<0.01
ヒップ囲 (cm)	100.1±3.6	98.5±4.2	<0.01
体脂肪率 (%)	29.3±3.7	26.8±4.1	<0.01
除脂肪体重 (kg)	58.1±5.3	57.6±5.2	
皮下脂肪面積 (cm ²)	147.1±34.0	127.0±42.2	<0.05
内臓脂肪面積 (cm ²)	110.8±52.6	88.3±46.0	<0.01
換気性作業閾値時酸素摂取量 (mL/kg/min)	14.5±1.9	15.8±2.4	<0.01
脚伸展力 (kg)	74.2±14.1	81.5±15.7	<0.01
脚伸展力/体重	0.90±0.14	1.03±0.17	<0.01
安静時最高血圧 (mmHg)	140.4±15.2	127.5±12.4	<0.01
安静時最低血圧 (mmHg)	87.2±14.7	80.7±8.7	<0.01
中性脂肪 (mg/dL)	186.3±134.7	128.6±79.9	<0.05
HDLコレステロール (mg/dL)	51.0±13.2	54.5±14.2	<0.05
空腹時血糖 (mg/dL)	104.7±12.2	100.1±12.7	<0.01
インスリン (μU/mL)	10.8±5.1	8.3±3.3	<0.01
HOMAindex(空腹時血糖 (mg/dL) ×インスリン (μU/mL) /405)	2.8±1.4	2.1±0.9	<0.01
歩数 (歩/日)	7,012.5±3,076.7	8,839.7±4,342.2	<0.05
摂取エネルギー(kcal)	1,985.7±449.2	1,890.7±348.3	

平均値±標準偏差

表3 HOMAindexで評価したインスリン抵抗性との関連 (Miyatake, et al., 2002¹⁰ より引用改変)

	r	p
体重変化量	0.414	<0.05
BMI変化量	0.391	<0.05
腹囲変化量	0.424	<0.05
ヒップ囲変化量	0.272	
体脂肪率変化量	0.326	<0.05
除脂肪体重変化量	0.102	
皮下脂肪面積変化量	0.477	<0.05
内臓脂肪面積変化量	0.555	<0.01

表4 内臓脂肪面積変化量との関連 (Miyatake, et al., 2002¹⁰ より引用改変)

	r	p
換気性作業閾値時酸素摂取量変化量	-0.155	
脚伸展力変化量	0.205	
脚伸展力/体重変化量	0.027	
歩数変化量	-0.407	<0.05

スポーツを楽しむ、第4期は運動の継続を考慮することに配慮し、日常生活では歩数1,000歩アップをアドバイスし、肥満者が無理なく運動を継続できるように計画した。また、1回90分、週1回で、食事のアドバイスは特に行わず、運動中心の介入であった。有酸素性運動の指標としては、呼気ガス分析装置を用いて換気性作業閾値^{13,14}を求め利用した。

プログラムの継続率は66%で、プログラムの

実施によって、歩数が7,012歩から8,840歩へ、全身持久力の指標である換気性作業閾値時酸素摂取量が14.5mL/kg/minから15.8mL/kg/minへ有意に増加し、体重、腹囲、血圧、中性脂肪、空腹時血糖、インスリン抵抗性の有意な減少、HDLコレステロールの上昇などの改善が認められた。内臓脂肪面積は、110.8cm²から88.3cm²に有意に減少した(表2)。さらに、内臓脂肪面積の変化とHOMAindexで評価したインスリン抵抗性の変化(表3)、歩数の変化との間(表4)にはそれぞれ有意な相関が認められた。このように日常生活における歩数の増加が、内臓脂肪面積

の減少を通してインスリン抵抗性の改善に寄与することが示唆された¹⁰⁾。

おわりに

運動と内臓脂肪蓄積との関係に関するエビデンスはまだまだ十分でなく、今後さらなる検討が期待される。しかしながら、内臓脂肪蓄積の予防、改善のための運動は、何より継続が重要である。無理なく継続できるように、対象者の価値観や生活習慣を考慮しつつ、病態や体力などの条件を考えながら個別に運動処方を行なうことが大切ではないかと考える。

【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，94：794—809，2005
- 2) 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～。厚生労働省，2006
- 3) 藤井昌史：岡山県南部健康づくりセンター。臨スポーツ医，16：1355—1359，1999
- 4) 宮武伸行ほか：肥満者のための健康支援～岡山県南部健康づくりセンターのとりくみ～。臨スポーツ医，22：905—910，2005
- 5) 沼田健之ほか：岡山県南部健康づくりセンター～メタボリックシンドローム予防、改善のとりくみ～。臨スポーツ医，24：466—470，2007
- 6) 佐藤祐造：肥満・肥満症の運動療法—理論と実際。肥満研，4：211—216，1998
- 7) Iwao N, et al: Regional difference in lipolysis caused by a β -adrenergic agonist as determined by the microdialysis technique. Acta Physiol Scand, 161: 481—487, 1997
- 8) Ohkawara K, et al: A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials. Int J Obes (Lond), 31: 1786—1797, 2007
- 9) Fletcher GF: How to implement physical activity in primary and secondary prevention. A statement for healthcare-professionals from the task force on risk-reduction, American Heart Association. Circulation, 96: 355—357, 1997
- 10) 押田芳治ほか：運動療法のやり方と効果。日内会誌，93：726—732，2005
- 11) Miyatake N, et al: Relationship between visceral fat accumulation and physical fitness in Japanese women. Diabetes Res Clin Prac, 64: 173—179, 2004
- 12) 西河英隆ほか：男性肥満者に対する運動プログラムの評価。日公衛誌，49：1087—1095，2002
- 13) 鈴木久雄：運動負荷時の腎血行動態。日腎会誌，37：534—542，1995
- 14) Kunitomi M, et al: Re-evaluation of exercise prescription for Japanese type 2 diabetic patients by ventilatory threshold. Diabetes Res Clin Prac, 50: 109—115, 2000
- 15) Miyatake N, et al: Daily walking reduces visceral adipose tissue areas and improves insulin resistance in Japanese obese subjects. Diabetes Res Clin Prac, 58: 101—107, 2002

身体運動・栄養・健康の生命科学 Q&A **栄養と運動**

◆伏木 亨・跡見順子・大野秀樹 編

◆A5判・148頁 定価 2,730円 (本体 2,600円+税 5%) 978-4-7644-1040-4

「栄養」のバランスの乱れと過食、そして運動不足、生活習慣病の原因ともいえる二つの問題を中心に、ビタミン・ミネラル・タンパク質など、主要な栄養素と「運動」との関係をも Q&A 形式で簡明に解説しています。スポーツ選手や指導者のみならず、運動に興味を持つ栄養関係者、運動や健康の視点から食品開発に従事しようとする人々にも手にとっていただきたい 1冊です。



(株)杏林書院

5 ヶ月間の生活習慣改善教室参加者女性における 体重変化量と腹囲変化量との関連

沼田健之¹⁾, 宮武伸行¹⁾, 松本純子¹⁾, 藤井昌史²⁾, 宮地元彦³⁾

¹⁾岡山県南部健康づくりセンター, ²⁾川崎医科大学健康管理学, ³⁾国立健康栄養研究所

(平成20年2月23日受理)

(目的) 日本肥満学会ではメタボリックシンドロームの予防、改善のため、まず3 kgの減量と3 cmの腹囲の減少を提唱しているが、その関連については明らかでない。今回、5 ヶ月間の生活習慣改善教室における体重変化量とウエスト変化量との関連を検討した。

(対象と方法) 対象は、岡山県南部健康づくりセンターに在りて、5 ヶ月間の生活習慣改善教室に参加し、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、血圧、中性脂肪、HDLコレステロール、空腹時血糖であった。ウエスト囲は臍部、立位呼吸時で計測した。

(結果) 教室前では、体重と腹囲の間には有意な相関を認めた。78名が教室に継続して参加し、教室後には教室前に比較して体重、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の間には、有意な関連が認められた【(腹囲変化量) = 1.052 × (体重変化量) - 0.326】。

(結論) 5 ヶ月間の生活習慣改善教室参加者女性では、体重1 kgの変化は、ウエスト囲1 cmの変化にほぼ相当した。

(日本予防医学会雑誌 2008, 3: 13-16)

—キーワード—

体重、腹囲、生活習慣改善、メタボリックシンドローム

Introduction

Metabolic syndrome, characterized by abdominal obesity, has become public health challenge in Japan [1]. We previously reported that 30.7 % of men and 3.6 % of women were diagnosed as having the metabolic syndrome [2] and reducing abdominal circumference is considered to be critical therapeutic approach [1].

In 2006, reducing -3kg of body weight and -3 cm of abdominal circumference is recommended for preventing and improving the metabolic syndrome by Japan society for the study of obesity (JASSO) (<http://www.soc.nii.ac.jp/jasso/>, accessed on Jan 25, 2007). In addition, we also explored that -3 kg of delta (delta represents positive changes in parameters) body weight was almost corresponded to -3 cm of delta abdominal circumference with 1-year follow up by using a large sample of Japanese who received an annual health check up [3]. However, further investigation should be

recommended on the association between delta body weight and delta abdominal circumference by using other population and intervention. Therefore, we evaluated how delta body weight is linked to delta abdominal circumference with 5-months follow up by life style modification at Okayama Southern Institute of Health in Okayama prefecture, Japan.

Subjects and Methods

Subjects

Japanese women (n=95), aged 23-67 years (47.5±9.6) were enrolled into this study with written informed consent (Table 1). The average BMI (body mass index) of subjects was 25.9±3.6 kg/m². Subjects did not receive any medications for diabetes, hypertension, and/or dyslipidemia throughout the observation period. In a cross-sectional analysis, we used baseline data for 95 subjects (Table 1) and investigated the relationship

between body weight and abdominal circumference. In a longitudinal analysis, we used follow up data for 78 subjects (47.3 ± 10.2 years) who met the following criteria:

- [1] no electrocardiogram changes in response to exercise,
- [2] a repeat blood examination and blood pressure measurements at follow up,
- [3] a follow up duration of 5-months,
- [4] joining the education program regularly at Okayama Southern Institute of Health.

The participants visited Okayama Southern Institute of Health weekly and were monitored for 5-months. All of the subjects were instructed to change their eating habits by trained nutritionists *i.e.* not to eat too much and consider balance when they eat. The subjects were also registered in an exercise program at Okayama Southern Institute of Health every week. Aerobic exercise *i.e.* walking, aerobic dance, swimming and resistance training *i.e.* leg extension, leg flexion, sit-ups were lasted for 90 minutes and were supervised by a physical educator to ensure compliance to the prescribed program [4].

Ethical approval for the study was obtained from the Ethical Committee of Okayama Health Foundation.

Table 1 Clinical profiles of enrolled subjects at baseline

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

Anthropometric and body composition measurements

Their anthropometric and body composition were evaluated by using the following respective parameters such as height, body weight, body mass index (BMI), abdominal circumference. BMI was calculated by weight / [height]² (kg/m²). The abdominal circumference was measured at the umbilical level in standing subjects after normal expiration [5].

Blood sampling and assays

After subjects fasted overnight for 10 to 12 hours, we collected blood samples in order to determine serum levels of glucose, triglyceride and HDL cholesterol.

Blood pressure (BP) measurements at rest

The resting systolic BP (SBP) and diastolic BP (DBP) were measured indirectly using a mercury

sphygmomanometer placed on the right arm of the seated participant after at least 15 minutes of rest.

Definition of metabolic syndrome

Women with an abdominal circumference in excess of 90 cm [6] were defined as having metabolic syndrome if they also had 2 or more of the following components: 1) Dyslipidemia: triglycerides \geq 150 mg/dl and/or HDL cholesterol $<$ 40 mg/dl, 2) High BP: BP \geq 130/85 mmHg, 3) Impaired glucose tolerance: fasting plasma glucose \geq 110 mg/dl [1].

Statistical analysis

All data are expressed as mean \pm standard deviation (SD) values. Statistical analysis was performed by paired *t* test; *p* $<$ 0.05 was considered to be statistically significant. Relations of interested parameters were identified by univariate regression analysis. The Pearson's correlation coefficients were calculated as well as tested for the significance of the linear relationship among continuous variables.

Results

In a cross-sectional analysis at baseline, body weight was significantly correlated with abdominal circumference ($r=0.831$, *p* $<$ 0.0001) in 95 women (Fig. 1).

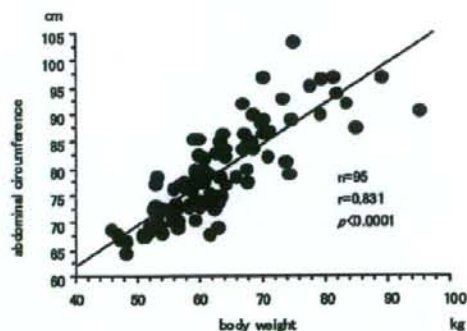


Fig. 1: Simple correlation analysis between body weight and abdominal circumference at baseline.

In a longitudinal analysis with 5-months education, body weight, BMI, abdominal circumference and triglyceride were significantly reduced in 78 women. However, BP, HDL cholesterol and blood glucose were similar to baseline (Table 2). In 78 women, 59 women decreased their body weight (Group I) and 19 women

increased their body weight (Group D) at the time of 5-months follow up. There were no significant differences between two groups in clinical parameters at baseline *i.e.* age, body weight, BMI, abdominal circumference, blood pressure, triglyceride, HDL cholesterol and blood sugar. Although three subjects were diagnosed as having the metabolic syndrome at baseline, no subjects were diagnosed as having the metabolic syndrome at follow up.

Table 2 Clinical profiles and changes in parameters in 78 subjects

	Baseline	Follow up	p
Number of subjects	78		
Age	47.3 ± 10.2		
Height (cm)	155.6 ± 5.5		
Body weight (kg)	52.5 ± 9.2	60.9 ± 9.0	<0.0001
Body mass index (kg/m ²)	25.8 ± 3.4	25.1 ± 3.2	<0.0001
Abdominal circumference (cm)	78.8 ± 8.1	78.8 ± 8.3	<0.0001
Systolic blood pressure (mmHg)	121.7 ± 14.7	120.8 ± 14.1	0.4618
Diastolic blood pressure (mmHg)	75.4 ± 9.8	78.1 ± 8.6	0.7304
Triglyceride (mg/dl)	105.3 ± 78.5	92.5 ± 58.7	0.0314
HDL cholesterol (mg/dl)	66.5 ± 18.2	67.2 ± 16.9	0.4910
Blood glucose (mg/dl)	89.0 ± 8.0	84.1 ± 8.0	0.2701
	Mean ± SD		

We evaluated the relationship between delta body weight and delta abdominal circumference. Delta body weight was significantly correlated with delta abdominal circumference (Fig. 2). Furthermore, the slope of regression line (delta abdominal circumference vs delta body weight) was 1.052, respectively. Accordingly, we found that the reduction of 1 kg of body weight corresponded to -1.052 cm of abdominal circumference in women with 5-months' lifestyle modification (Fig. 2).

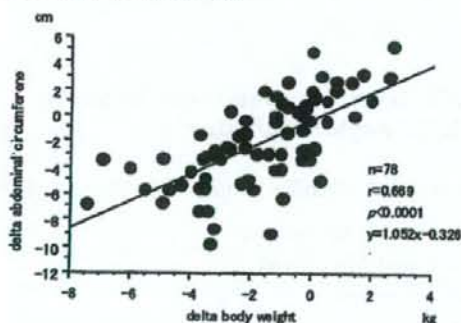


Fig. 2 Univariate regression and correlation analysis between changes in (delta) body weight and changes in (delta) abdominal circumference.

In addition, we found that the reduction of 1kg of body weight corresponded to -1.136cm (Group I) and -0.790 cm (Group D) of abdominal circumference.

Discussion

The main finding of this study was to explore that -1 kg of delta body weight corresponded to -1 cm of delta abdominal circumference at the umbilical level in Japanese women with 5-months' life style modification.

There are few studies to investigate the association between delta body weight and delta abdominal circumference in a large sample of the Japanese population. In Exercise Guideline 2006 edited by ministry of health, labor and welfare of Japan (<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/07/dl/s0719-3b.pdf>, accessed on July 1, 2007), delta 1kg of body weight was corresponded to delta 1 cm of abdominal circumference. We also previously reported that, with 1-year follow up, -3 kg of delta body weight was almost corresponded to -3 cm of delta abdominal circumference at the umbilical level by using 2635 Japanese men and women who received an annual health check up at Okayama Southern Institute of Health in Okayama prefecture, Japan [3], which agreed with the recommendation of JASSO and Exercise Guideline 2006. In this study, with 5-months' lifestyle modification, -1 kg of delta body weight was also corresponded to -1 cm of delta abdominal circumference at the umbilical level in Japanese women. In addition, no subjects were diagnosed as having the metabolic syndrome at follow up.

Potential limitations still remain in this study. First, although we proved the link between delta body weight and delta abdominal circumference, we could not prove the threshold of body weight and abdominal circumference reduction for preventing and improving metabolic syndrome. Second, we neither directly measured the visceral fat accumulation by using computed tomography nor investigated the correlation between visceral fat accumulation and body composition parameters. The third, 95 women in our study enrolled in the program of lifestyle modification at Okayama Southern Institute of Health: they were therefore more health-conscious than the average. 78 women joined in the program every week with a follow up duration of 5-months and received no medications; they were therefore more health-conscious than subjects at baseline. They were also instructed to change their lifestyle by well-trained medical staff and anthropometric body composition parameters and triglyceride were significantly reduced. Finally, the small sample size in our study makes it difficult to infer causality between delta body weight and delta abdominal circumference in Group I and Group D.

Further intervention studies by using other population are necessary to explore the link between delta body weight and delta abdominal circumference in Japanese.

Acknowledgement

This research was supported in part by Research Grants from the Ministry of Health, Labor, and Welfare, Japan.

References

- 1) Definition and the diagnostic standard for metabolic syndrome-Committee to evaluate diagnostic standards for metabolic syndrome. *Nippon Naika Gakkai Zasshi* 94: 794-809: 2005. (Article in Japanese)
- 2) Miyatake N, Kawasaki Y, Nishikawa H, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Okayama prefecture, Japan. *Intern Med* 45: 107-108: 2006.
- 3) Miyatake N, Matsumoto S, Miyachi M, et al. Relationship between changes in body weight and waist circumference in Japanese. *Environ Health Prev Med* 12: 220-223: 2007.
- 4) Nishikawa H, Takahashi K, Miyatake N, et al. Evaluation of an exercise program for obese males. *Nippon Koshu Eisei Zasshi* 49: 1087-1096: 2002. (Article in Japanese)
- 5) Miyatake N, Wada J, Takahashi K, et al. Changes in serum leptin concentrations in overweight Japanese men after exercise. *Diabetes Obes Metab* 6: 332-337: 2004.
- 6) The Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan: Japan Society for the Study of Obesity: New criteria for 'obesity disease' in Japan. *Circ J* 66: 987-992: 2002.

別誌請求先 〒700-0952 岡山市平田408-1
岡山県南部健康づくりセンター
沼田 健之

Reprint request
Takeyuki Numata
Okayama Southern Institute of Health
408-1 Hirata, Okayama
700-0952, JAPAN.

Relationship between Changes in Abdominal Circumference and Body Weight in Japanese Women with 5-months' Lifestyle Modification

Takeyuki Numata¹⁾, Nobuyuki Miyatake¹⁾, Sumiko Matsumoto¹⁾, Masafumi Fujii²⁾, Motohiko Miyachi³⁾

¹⁾Okayama Southern Institute of Health, Okayama Health Foundation,

²⁾Department of Health Care Medicine, Kawasaki Medical School,

³⁾National Institute of Health and Nutrition

We investigated the link between delta (delta represents positive changes in parameters) body weight and delta abdominal circumference in Japanese women. We used data for 95 Japanese women (47.5±9.6 years) at baseline and followed for 5-months with lifestyle modification. Body weight, abdominal circumference at the umbilical level, blood pressure, triglyceride, HDL cholesterol and fasting blood sugar were measured. Significant relationship between body weight and abdominal circumference was noted at baseline. After 5-months follow up (n=78), body weight, abdominal circumference and triglyceride were significantly reduced. Delta abdominal circumference was significantly correlated with delta body weight [(delta abdominal circumference) = 1.052 (delta body weight) - 0.326]. In conclusion, -1 kg of delta body weight is almost corresponded to -1 cm of delta abdominal circumference at the umbilical level in Japanese women with 5-months' education.

Key words: body weight, abdominal circumference, lifestyle modification, metabolic syndrome

Original Article

Increasing Leg Strength per Body Weight is Associated with Improvements in Metabolic Syndrome in Japanese Men

Nobuyuki Miyatake¹⁾, Motohiko Miyachi²⁾, Takeyuki Numata¹⁾

1) Okayama Southern Institute of Health, Okayama 700-0952, Japan

2) National Institute of Health and Nutrition, Shinjuku, Tokyo, 162-8636, Japan

Abstract

Objectives: The link between changes in leg strength per body weight and metabolic syndrome was evaluated in Japanese men with a 1-year follow up.

Subjects and Methods: We used data for 136 Japanese men (45.5 ± 8.5 years) with a 1-year follow up. All subjects were given instructions by well-trained medical staff on how to change their lifestyle. Metabolic syndrome has been defined by a new criterion in Japan. The association between changes in leg strength per body weight and metabolic syndrome was evaluated.

Results: With a 1-year follow up, body weight, abdominal circumference, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and triglyceride were significantly reduced. Leg strength and leg strength per body weight and HDL cholesterol were significantly increased. The prevalence of metabolic syndrome was significantly reduced. There was significant relationship between changes in metabolic syndrome and changes in leg strength per body weight. The prevalence of metabolic syndrome was significantly reduced in subjects with an increase in leg strength per body weight (Group I) compared to subjects without such an increase (Group D). In addition, there were remarkable differences in delta abdominal circumference (delta represents positive changes in parameters) between Group I and Group D.

Conclusion: An increase in leg strength per body weight may be associated with improving metabolic syndrome and abdominal circumference in Japanese men.

KEY WORDS: metabolic syndrome, muscle strength, leg strength

Introduction

Metabolic syndrome, characterized by abdominal obesity has become a common disorder in Japan¹⁾. We have previously reported that, using the new criterion developed in Japan²⁾, 30.7% of men and 3.6% of women have been diagnosed as having metabolic syndrome. Subjects with metabolic syndrome have an increased risk of cardiovascular disease³⁾, elevation of hepatic enzymes⁴⁾, and proteinuria⁵⁾. Lifestyle modifications, especially exercise, are considered to be critical for preventing and improving metabolic syndrome.

Aerobic exercise is generally accepted as a useful method for improving metabolic syndrome⁶⁻⁸⁾ and we have also reported that lower aerobic exercise levels were characteristic in subjects with metabolic syndrome⁹⁾. In addition, lower levels of muscle strength are also associated with metabolic syndrome^{10,11)}. We have solely reported in a cross-sectional study that lower levels of leg strength per body weight were characteristic in subjects with metabolic syndrome¹²⁾. However, whether an increase in leg strength per body weight is beneficial for improving metabolic syndrome, and what effects this will have on metabolic syndrome remains to be investigated in a longitudinal study.

In this study, we evaluate the link between increases in leg strength per body weight and metabolic syndrome in Japanese men with a 1-year follow up.

Subjects and Methods**Subjects**

We used data for 136 Japanese men, aged 45.5 ± 8.5 years, retrospectively from a database of 14,345 subjects who met the following criteria: (1) received an annual health check-up at baseline from June 1997 to March 2006, (2) received an annual health check-up every year with a follow up duration of 1-year, (3) received anthropometric and leg strength measurements, a fasting blood examination and blood pressure measurements as part of the annual health check-up, (4) received no medications for diabetes, hypertension, and/or dyslipidemia, and (5) provided written informed consent (Table I).

At the first annual health check-up, all subjects were given instructions by well-trained medical staff on how to change their lifestyle according to the results. *i.e.* not to eat too much, consider balance when they eat and increase their daily steps.

Ethical approval for the study was obtained from the Ethical Committee of Okayama Health Foundation.

Table 1 Clinical profiles and changes in parameters with 1-year follow up

	Baseline	Follow up	<i>p</i>
Number of subjects	136		
Height (cm)	169.0 ± 5.3		
Body weight (kg)	75.2 ± 11.3	73.8 ± 10.7	<0.0001
Abdominal circumference (cm)	88.2 ± 9.7	86.3 ± 9.1	<0.0001
Leg strength (kg)	69.6 ± 15.7	72.3 ± 15.0	0.0100
Leg strength per body weight	0.93 ± 0.21	0.99 ± 0.20	<0.0001
Systolic blood pressure (mmHg)	130.9 ± 14.5	124.0 ± 13.0	<0.0001
Diastolic blood pressure (mmHg)	82.2 ± 11.5	77.5 ± 9.6	<0.0001
Triglyceride (mg/dl)	152.8 ± 105.7	122.6 ± 78.0	0.0005
HDL cholesterol (mg/dl)	53.2 ± 14.3	55.3 ± 14.4	0.0189
Blood sugar (mg/dl)	103.1 ± 20.1	103.8 ± 27.2	0.6069
	Mean ± SD		

Anthropometric and body composition measurements

Anthropometric and body compositions were evaluated based on the following parameters: height, body weight and abdominal circumference. Body mass index (BMI) was calculated by weight / [height]² (kg/m²). Abdominal circumference was measured at the umbilical level in standing subjects after normal expiration¹¹.

Blood pressure measurements at rest

Resting systolic and diastolic blood pressure were measured indirectly using a mercury sphygmomanometer placed on the right arm of the seated participant after at least 15 minutes of rest.

Blood sampling assays

Overnight fasting serum levels of high density lipoprotein (HDL) cholesterol, triglycerides (L Type Wako Triglyceride·H, Wako Chemical, Osaka) and plasma glucose were measured.

Definition of metabolic syndrome

Men with a waist circumference in excess of 85 cm were defined as having metabolic syndrome if they also had two or more of the following components: 1) Dyslipidemia: triglycerides ≥ 150 mg/dl and/or HDL cholesterol < 40 mg/dl, 2) High blood pressure: blood pressure ≥ 130/85 mmHg, 3) Impaired glucose tolerance: fasting plasma glucose ≥ 110 mg/dl¹¹.

Measurement of muscle strength

To assess muscle strength, leg strength was measured. Leg strength was measured using a COMBIT CB-1 dynamometer (MINATO, Osaka, Japan). Isometric leg strength was measured as follows: the subject sat in a chair, grasping the armrest in order to fix the body position. The dynamometer was then attached to the subject's ankle joint by a strap, and they extended the leg to 60 degrees¹³. In addition, to standardize the influence of total body weight, we calculated muscle strength (kg) per body weight (kg)¹⁴, the level of which "over 1.0" is recommended for daily activity¹³.

Statistical analysis

All data are expressed as mean ± standard deviation (SD) values. A statistical analysis was performed using a paired *t* test, an unpaired *t* test, χ^2 test, one-factor ANOVA and logistic regression analysis: *p* < 0.05 was considered to be statistically significant. Pearson's correlation coefficients were calculated and used to test the significance of the linear relationship among continuous variables.

Results

The clinical parameters at the baseline and the 1-year follow up are summarized in Table 1. Leg strength and leg strength per body weight significantly increased after one year. Body weight, abdominal circumference, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and triglyceride levels were significantly reduced. HDL cholesterol was significantly increased. The prevalence of metabolic syndrome was also significantly reduced even after adjusting for age (Baseline: 41 men, Follow up: 28 men) (Table 2). We evaluated the relationship between changes in metabolic syndrome and changes in muscle strength. There were significant differences in delta (delta represents positive changes in parameters) leg strength per body weight among the four groups. However, there were no significant differences in leg strength among the four groups by one-factor ANOVA analysis (Table 3).

Table 2 Changes in the prevalence of metabolic syndrome

Metabolic syndrome (Baseline)	Metabolic syndrome (Follow up) (-)	Metabolic syndrome (Follow up) (+)	<i>p</i>	After adjusting for age <i>p</i>
(-)	89	6	<0.0001	<0.0001
(+)	19	22		

Table 3 Relationship between changes in metabolic syndrome and changes in muscle strength

	Metabolic syndrome				<i>p</i>
	(-)→(+)	(-)→(+)	(+)→(-)	(+)→(+)	
Number of subjects	89	6	19	22	
Delta leg strength (kg)	1.2 ± 11.3	1.6 ± 10.9	5.8 ± 12.5	6.6 ± 13.9	0.1666
Delta leg strength per body weight	0.03 ± 0.15	0.01 ± 0.12	0.14 ± 0.17	0.10 ± 0.15	0.0272

Eighty one men increased their leg strength per body weight by the time of the 1-year follow up. We investigated the changes in the prevalence of metabolic syndrome amongst men who had different levels of increased leg strength per body weight [Group I: Delta leg strength per body weight > 0, Group D: Delta leg strength per body weight ≤ 0] (Table 4). The prevalence of subjects with metabolic syndrome at baseline and without metabolic syndrome at follow up was higher (15 men, 18.5%) in Group I than those in Group D (4 men, 7.3%) (*p* = 0.0433).

Table 4 Relationship between changes in leg strength per body weight and metabolic syndrome

Metabolic syndrome Baseline	Follow up	Leg strength per body weight		After adjusting for age	
		Group I %	Group D %	<i>p</i>	<i>p</i>
(-)	(-)	48	59.3	41	74.5
(-)	(+)	2	2.5	4	7.3
(+)	(-)	15	18.5	4	7.3
(+)	(+)	16	19.8	6	10.9
Total		81	100.0	55	100.0

Group I: Delta leg strength per body weight > 0

Group D: Delta leg strength per body weight ≤ 0

Seventy four men increased their leg strength by the time of the 1-year follow up. We investigated the changes in the prevalence of metabolic syndrome amongst men who had different levels of increased leg strength [Group IL: Delta leg strength > 0 kg, Group DL: Delta leg strength ≤ 0 kg] (Table 5). The prevalence of subjects with metabolic syndrome at baseline and without metabolic syndrome at follow up in Group IL was similar to those in Group DL (*p* = 0.3357).

Table 5 Relationship between changes in leg strength and metabolic syndrome

Metabolic syndrome	Baseline	Follow up	Leg strength		After adjusting for age			
			Group I	Group DL	p	p		
(-)	(-)		44	59.5	45	72.6		
(-)	(+)		3	4.1	3	4.8		
(+)	(-)		12	16.2	7	11.3	0.3615	0.3357
(+)	(+)		15	20.3	7	11.3		
Total			74	100.0	62	100.0		

Group I: Delta leg strength > 0kg

Group DL: Delta leg strength ≤ 0kg

We further compared parameters at baseline and changes in each parameter at baseline and follow up between Group I and Group D (Table 6). At baseline, significant differences were noted in leg strength and leg strength per body weight. After 1-year follow up, there were also significant differences in delta leg strength and delta abdominal circumference between the two groups. However, other delta parameters in Group I were similar to those in Group D.

Table 6 Comparison of Clinical parameters at baseline and changes in parameters with 1-year follow up

	Group I	Group D	p
Number of subjects	81	55	
Age	46.2 ± 8.5	44.5 ± 8.5	0.2682
Abdominal circumference (cm)	88.1 ± 10.3	88.4 ± 8.8	0.8279
Leg strength (kg)	65.7 ± 16.6	75.3 ± 12.4	0.0004
Leg strength per body weight	0.89 ± 0.22	1.00 ± 0.18	0.0029
Systolic blood pressure (mmHg)	130.4 ± 15.9	131.5 ± 12.2	0.6683
Diastolic blood pressure (mmHg)	81.7 ± 12.5	83.0 ± 9.9	0.5338
Triglyceride (mg/dl)	151.4 ± 101.4	154.7 ± 112.8	0.8595
HDL cholesterol (mg/dl)	55.1 ± 14.7	50.5 ± 13.2	0.0655
Blood sugar (mg/dl)	101.7 ± 14.9	105.0 ± 26.0	0.3499
Delta leg strength (kg)	9.8 ± 9.4	-7.7 ± 6.6	<0.0001
Delta leg strength per body weight	0.15 ± 0.12	-0.09 ± 0.08	
Delta abdominal circumference (cm)	-2.6 ± 5.3	-0.9 ± 3.8	0.0413
Delta systolic blood pressure (mmHg)	-6.7 ± 13.8	-7.0 ± 11.7	0.9179
Delta diastolic blood pressure (mmHg)	-4.3 ± 11.1	-5.3 ± 10.6	0.6113
Delta triglyceride (mg/dl)	-34.0 ± 95.4	-24.5 ± 102.8	0.5801
Delta HDL cholesterol (mg/dl)	2.0 ± 10.8	2.1 ± 8.8	0.9172
Delta blood sugar (mg/dl)	1.9 ± 20.3	-0.8 ± 12.2	0.3833

Mean ± SD

Group I: Delta leg strength per body weight > 0

Group D: Delta leg strength per body weight ≤ 0

Finally, we evaluated the relationship between delta leg strength per body weight and each delta parameter of metabolic syndrome by a simple correlation analysis. Leg strength per body weight was weakly correlated with delta abdominal circumference ($r = -0.239$, $p = 0.0051$) (Table 7).

Table 7 Simple correlation analysis between changes in (delta) leg strength per body weight

	r	p
Delta abdominal circumference (cm)	-0.239	0.0051
Delta systolic blood pressure (mmHg)	-0.005	0.9513
Delta diastolic blood pressure (mmHg)	-0.018	0.8331
Delta triglyceride (mg/dl)	-0.133	0.1223
Delta HDL cholesterol (mg/dl)	0.105	0.2233
Delta blood sugar (mg/dl)	0.123	0.1548

Discussion

We explored, using the Japanese criterion, whether an increase in leg strength per body weight can improve metabolic syndrome and its components in Japanese men.

In addition to aerobic exercise⁶⁻⁸, some cross sectional studies show that metabolic syndrome is inversely associated with muscle strength^{10,15}. Jurca *et al.* have reported examining the associations for muscle strength and cardiorespiratory fitness with the prevalence of metabolic syndrome by cross sectional study¹⁰. They concluded that muscle strength has an inverse association with metabolic syndrome prevalence using the National Cholesterol Education Program (NCEP) definition. Benson *et al.* have also reported that they evaluated 126 children and adolescents, and upper body strength and abdominal circumference were the only independent predictors of insulin resistance¹⁵. We also previously showed that lower leg strength per body weight was characteristic in Japanese men with metabolic syndrome¹². It seems difficult for subjects with lower leg strength per body weight to support their entire body's weight; it seems also difficult for subjects with lower leg strength per body weight to carry out aerobic exercise *i.e.* walking and jogging. It is reasonable to suggest that simply moving from a lower to a higher leg strength per body weight might result in the amelioration of metabolic syndrome in some Japanese men. However, these were cross sectional studies and the hypothesis that metabolic syndrome may be associated with lower leg strength per body weight cannot be accurately proven.

In turn, few longitudinal studies have been carried out to prove a link between metabolic syndrome and muscle strength. Jurca *et al.* concluded that muscle strength has an inverse association with metabolic syndrome, but the association was attenuated when further adjusted for cardiorespiratory fitness¹¹. In the present study, using the criterion developed in Japan, increasing leg strength per body weight was associated with improvement of metabolic syndrome in Japanese men with a 1-year follow up. In addition, a clinical impact on abdominal circumference was also noted. These findings suggest that, in subjects with metabolic syndrome, a low level of leg strength per body weight seems to accelerate metabolic syndrome. Holten *et al.* reported that strength training for the legs increases insulin-mediated glucose uptake and insulin receptors¹⁶. Although aerobic exercise has been advocated as most suitable to decrease metabolic syndrome^{6-8,17}, a combination of aerobic exercise and resistance training might be considered for preventing and improving metabolic syndrome. It is especially important for metabolic syndrome patients to maintain or maximize the muscle strength of their lower limbs as well as to carry out aerobic exercise.

Potential limitations still remain in this study. First, the 14,345 subjects in our study voluntarily underwent the annual health check-up; they were, therefore, probably more health-conscious than the average person. The selected 136 subjects underwent an annual health check-up every year with a follow-up duration of 1-year and received no medication; they were, therefore, probably even more health-conscious than most of the subjects in the database, and the small sample size makes it difficult to infer association between increasing leg strength per body weight and decreasing metabolic syndrome. Second, leg strength and leg strength per body weight were significantly lower in subjects in Group I than those subjects in Group D at baseline.

Acknowledgement

This research was supported in part by Health and Labor Sciences Research Grants from the Ministry of Health, Labor and Welfare, Japan.

References

- 1) Definition and the diagnostic standard for metabolic syndrome—Committee to Evaluate Diagnostic Standards for Metabolic Syndrome, Nippon Naika Gakkai Zasshi 94; 794-809, 2005 (in Japanese).
- 2) Miyatake N, Kawasaki Y, Nishikawa H, *et al*: Prevalence of metabolic syndrome in Okayama prefecture, Japan. *Intern Med* 45; 107-108, 2006.
- 3) Wilson PW, Kannel WB, Silbershatz H, *et al*: Clustering of metabolic factors and coronary heart disease. *Arch Intern Med* 159; 1104-1109, 1999.
- 4) Miyatake N, Matsumoto S, Makino H, *et al*: Comparison of hepatic enzymes between Japanese men with and without metabolic syndrome. *Acta Med Okayama* 61: 31-34, 2007.
- 5) Miyatake N, Wada J, Kawasaki Y, *et al*: Relationship between metabolic syndrome and proteinuria in the Japanese population. *Intern Med* 45; 599-603, 2006.
- 6) Katzmarzyk PT, Lenon AS, Wilmore JH, *et al*: Targeting the metabolic syndrome with exercise: evidence from the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 35; 1703-1709, 2003.
- 7) Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, *et al*: Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 25; 1612-1618, 2002.
- 8) Okura T, Nakata Y, Ohkawara K, *et al*: Effects of aerobic exercise on metabolic syndrome improvement in response to weight reduction. *Obesity (Silver Spring)* 15; 2478-2484, 2007.
- 9) Miyatake N, Saito T, Wada J, *et al*: Comparison of ventilatory threshold and exercise habits between Japanese men with and without metabolic syndrome. *Diabetes Res Clin Prac* 77; 314-319, 2007.
- 10) Jurca R, Lamonte MJ, Church TS, *et al*: Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc* 36; 1301-1307, 2004.
- 11) Jurca R, lamonte MJ, Barlow CE, *et al*: Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 37; 1849-1855, 2005.
- 12) Miyatake N, Wada J, Saito T, *et al*: Comparison of muscle strength between Japanese men with and without metabolic syndrome. *Acta Med Okayama* 61; 99-102, 2007.
- 13) Kigawa A, Yamamoto T, Koyama Y, *et al*: Evaluation of knee extensor strength for prevention of sports injury. *Japan Ortho Soc Sports Med* 6; 141-145, 1987. (Japanese)
- 14) Miyatake N, Takahashi K, Wada J, *et al*: Changes in serum leptin concentrations in overweight men after exercise. *Diabetes Obes Metab* 6; 332-337, 2004.
- 15) Benson AC, Torode ME, Singh MA: Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 1: 222-231, 2006.
- 16) Holten MK, Zacho M, Gaster M, *et al*: Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes* 53; 294-305, 2004.
- 17) Sato Y, Nagasaki M, Nakai N, *et al*: Physical exercise improves glucose metabolism in lifestyle-related diseases. *Exp Biol Med (Maywood)* 228; 1208-1212, 2003.

メタボリックシンドロームと
脈波伝播速度との関連松本 純子¹⁾ 宮武 伸行²⁾ 丸山 弘子²⁾ 沼田 健之²⁾

1) しげい病院 2) 岡山県南部健康づくりセンター

Summary

Objective: We investigated the link between a reduction in waist circumference, body weight and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) in Japanese.

Methods: 466 Japanese enrolled in a cross sectional and 365 Japanese enrolled in a longitudinal study with a 1-year follow up. The baPWV was measured using a device (Form PWV/ABI) that monitored bilateral brachial and ankle pressure wave forms. Anthropometric and body composition parameters i.e. height, body weight, body fat percentage, waist circumference and hip circumference, blood pressure, triglyceride, HDL cholesterol and blood sugar were evaluated. Metabolic syndrome was diagnosed using criteria developed in Japan.

Results: We found that more risk factors for metabolic syndrome clearly associated with elevated baPWV in both sexes in a cross sectional analysis. After a 1-year follow up, there were remarkable differences of delta baPWV (delta represents positive changes in parameters) between Group R (abdominal obese men with at least 3cm of waist circumference reduction) and Group C (abdominal obese men without such reduction). In addition, there were also differences of delta baPWV between Group BR (abdominal obese men with at least 3kg of body weight reduction) and Group BC (abdominal obese men without such reduction).

Conclusion: At least 3cm of waist circumference and 3kg body weight reduction may be beneficial for improving baPWV in Japanese men with abdominal obesity.

Key words

メタボリックシンドローム, baPWV

はじめに

近年、メタボリックシンドローム (MS) は動脈硬化性疾患である脳血管障害や虚血性心疾患の危険因子として注目されている。MSは、腹部肥満を基盤に高血圧、高血糖、脂質異常などの危険因子が重なり合い、動脈硬化の形成に

関与している^{1) 2)}。

そこで今回、岡山県南部健康づくりセンター利用者を対象に、動脈硬化の指標として、上腕足首間脈波伝播速度 (baPWV) を測定し、MSと動脈硬化との関連について検討した。

対象および方法

対象は、平成18年4月1日から平成20年4月30日に岡山県南部健康づくりセンターで、

松本 純子

しげい病院
倉敷市幸町2-30

形態計測, 採血, 動脈硬化測定を行なった男性 996 名 (48.9 ± 14.6 歳), 女性 1485 名 (47.8 ± 13.7 歳), 計 2,481 名であった (表 1)。

そのうち空腹時採血を行なった, 薬物療法を受けていない男性 195 名 (48.6 ± 11.7 歳), 女性 271 名 (49.2 ± 10.8 歳), 計 466 名を対象 1 とし (表 2), 横断的に MS と動脈硬化との関連を検討した。

また, 同期間において, 1 年間隔で 2 度測定を行なった, 薬物療法を受けていない男性 158 名 (49.0 ± 13.0 歳), 女性 207 名 (49.2 ± 12.2 歳), 計 365 名を対象 2 とし (表 3), 縦断的に腹囲, 体重の減少量と baPWV の改善度との関連を検討した。

測定項目は, 動脈硬化測定, 身長, 体重, 腹囲, ヒップ囲, 体脂肪率, 安静時血圧, 中性脂肪, HDL コレステロール, 血糖であった。動脈硬化測定は, フォルム (オムロンコーリン社製血圧脈波検査装置 form PWV/ABI BP-203RPE II) を用いて上腕足首間脈波伝播速度 (baPWV: brachial-ankle Pulse Wave Velocity), ABI (Ankle Brachial Index) を測定した。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。

MS の診断は, わが国の診断基準にしたがって, 腹囲男性 85cm 以上, 女性 90cm 以上を必須項目として, 空腹時血糖 110mg/dl 以上, 収縮期血圧 130mmHg 以上かつ/または拡張期血圧 85mmHg 以上, 中性脂肪 150mg/dl 以上かつ/または HDL コレステロール 40mg/dl 未満の 3 項目のうち 2 項目以上を満たす場合とした³⁾。

結果はすべて平均値 ± 標準偏差で示し, 有意差検定は対応のない t 検定, 一元配置分散分析法, Scheffe 法を用いて, 5% 未満を有意とした。

結 果

対象 1 において, MS と判定されたのは, 男性が 35 名 (17.9%), 女性が 10 名 (3.7%) であった。男女とも MS 群では, 非 MS 群に比較して体重, BMI, 腹囲, ヒップ囲, 体脂肪率, baPWV, 収縮期血圧, 拡張期血圧, 中性脂肪, 血糖が有意に高値を示し, HDL コレステロールは有意に低値を示した。(表 4)。

腹部肥満 [腹囲 85 (90) cm 以上] もしくは肥満 [BMI (body mass index) 25kg/m² 以上] の有無による高血圧, 高血糖, 脂質異常の危険因子数を 2 群で比較したところ, 男性では, 腹囲 (正常群: 0.55 ± 0.72 vs 高値群: 1.15 ± 0.91; $p < 0.0001$), BMI (正常群: 0.70 ± 0.81 vs 高値群: 1.04 ± 0.92; $p < 0.01$), 女性では, 腹囲 (正常群: 0.27 ± 0.48 vs 高値群: 1.00 ± 0.93; $p < 0.0001$), BMI (正常群: 0.24 ± 0.46 vs 高値群: 0.77 ± 0.81; $p < 0.0001$) で, 男女とも正常群に比較して高値群では危険因子数が有意に高値を示した (図 1)。

MS の有無による baPWV を比較すると, 男女とも, MS 群では, 非 MS 群に比較して baPWV が有意に高値であった (男性 MS 群:

表 1 対象

	男性 996	女性 1485
症例数		
年齢(歳)	48.9 ± 14.6	47.8 ± 13.7
身長(cm)	168.9 ± 6.2	156.3 ± 5.8
体重(kg)	70.3 ± 11.2	55.7 ± 9.7
BMI(kg/m ²)	24.6 ± 3.6	22.8 ± 3.8
腹囲(cm)	85.9 ± 9.7	77.9 ± 11.0
ヒップ囲(cm)	94.5 ± 8.3	92.2 ± 6.8
体脂肪率(%)	19.7 ± 5.1	25.0 ± 7.1
baPWV(cm/s)	1418.2 ± 286.4	1294.8 ± 265.3
ABI	1.13 ± 0.08	1.11 ± 0.01

平均値 ± 標準偏差

表 2 対象 1

	男性 195	女性 271
症例数		
年齢(歳)	48.6 ± 11.7	49.2 ± 10.8
身長(cm)	169.4 ± 6.0	156.9 ± 5.3
体重(kg)	70.1 ± 9.7	55.6 ± 9.1
BMI(kg/m ²)	24.4 ± 3.2	22.6 ± 3.5
腹囲(cm)	85.2 ± 8.7	77.2 ± 9.8
ヒップ囲(cm)	94.3 ± 5.7	92.0 ± 6.4
体脂肪率(%)	19.8 ± 4.9	24.4 ± 6.6
baPWV(cm/s)	1378.2 ± 225.4	1270.6 ± 214.5
ABI	1.14 ± 0.08	1.11 ± 0.07
収縮期血圧(mmHg)	127.7 ± 14.3	118.3 ± 15.6
拡張期血圧(mmHg)	77.9 ± 9.8	69.9 ± 10.5
中性脂肪(mg/dl)	132.1 ± 95.4	86.7 ± 47.9
HDL-cho(mg/dl)	60.1 ± 18.4	72.5 ± 17.9
血糖(mg/dl)	97.9 ± 13.4	91.2 ± 8.9

平均値 ± 標準偏差

表 3 対象 2

	男性 158	女性 207
症例数		
年齢(歳)	49.0 ± 13.0	49.2 ± 12.2
身長(cm)	169.3 ± 6.7	156.8 ± 5.6
体重(kg)	68.7 ± 9.4	53.4 ± 7.4
BMI(kg/m ²)	24.0 ± 2.9	21.8 ± 3.0
腹囲(cm)	83.8 ± 8.3	73.7 ± 8.4
ヒップ囲(cm)	93.4 ± 5.1	90.2 ± 5.3
体脂肪率(%)	19.5 ± 4.1	22.7 ± 6.8
baPWV(cm/s)	1363.8 ± 255.5	1285.3 ± 229.5
ABI	1.15 ± 0.07	1.12 ± 0.07

平均値 ± 標準偏差