

レステロール血症、糖尿病などにも応用できることを報告している。したがって、今後今回の結果をもとにした介入調査によって、生活習慣改善によるメタボリックシンドロームの予防、改善効果を検討することも必要である。

F. 健康危険情報
問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 宮武伸行、松本純子、西河英隆、国橋由美子、藤井昌史、宮地元彦、高橋佳子、沼田健之：メタボリックシンドロームと生活習慣との関連、保健の科学（印刷中）

2. 学会発表

- 宮武伸行、沼田健之：岡山県南部健康づくりセンターにおけるメタボリックシンドロームと生活習慣との関連、第 94 回日本内科学会中国地方会、

2006 年 6 月 3 日

- 松本純子、宮武伸行、西河英隆、国橋由美子、田中晶子、沼田健之：岡山県南部健康づくりセンターにおけるメタボリックシンドロームと生活習慣との関連、第 27 回日本肥満学会、2006 年 10 月 28 日
- 松本純子、宮武伸行、西河英隆、国橋由美子、沼田健之：メタボリックシンドロームと生活習慣との関連、第 13 回岡山県保健福祉学会、2007 年 2 月 9 日

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 対象

	男性	女性
症例数	1252	1934
年齢	46.7 ± 12.3	48.5 ± 12.6
身長(cm)	168.7 ± 6.0	155.8 ± 5.7
体重(kg)	71.1 ± 11.7	56.1 ± 9.0
ウエスト(cm)	85.3 ± 9.8	73.7 ± 9.6
ヒップ(cm)	94.5 ± 6.2	91.2 ± 6.1
安静時最高血圧(mmHg)	130.0 ± 15.8	124.2 ± 17.5
安静時最低血圧(mmHg)	81.3 ± 11.2	76.3 ± 10.3
中性脂肪(mg/dl)	147.1 ± 117.4	97.4 ± 69.7
HDLコレステロール(mg/dl)	54.9 ± 14.8	66.8 ± 16.6
空腹時血糖(mg/dl)	105.9 ± 28.4	96.3 ± 20.2
	平均値 ± SD	

表2 生活習慣に関するアンケート

1)タバコを吸いますか。	はい	いいえ	やめた
2)酒(アルコール)を飲みますか。	はい	いいえ	やめた
3)家庭の料理の時と比べて、外食の料理の時はどうですか。	薄く感じる	ほとんど同じ	濃く感じる
4)めん類を食べる時、汁を残していますか。	ほとんど残す	半分残す	ほとんど飲む
5)食事の時間は規則正しいですか。	不規則	時々不規則	規則的
6)よくかんで食べていますか。	早食い	時々不規則	規則的
7)1回の食事の量はどのくらいですか。	常に腹一杯	時々不規則	常に腹八分目
8)食事をしないことがありますか。	1日1回はある	週2~3回	ほとんどない
9)外食、店産物、市販の弁当をどのくらい食べていますか。	1日1~2回	週2~3回	ほとんど食べない
10)朝食や夜食をとることがありますか。	ほとんど毎日	週2~3回	ほとんどとらない
11)食事は自分でつくりますか。	ほとんどつくる	時々つくる	ほとんどつづらない
12)減量のため食事制限をしたことがありますか。	はい	いいえ	
13)現在、定期的(1日合計30分以上を週2回以上行い、3か月以上継続)に運動していますか。	はい	いいえ	

表3 性別、年代別メタボリックシンドロームの頻度

年齢	症例数	ウエスト		血圧	脂質異常	脂質代謝障害	メタボリックシンドローム
		ウエスト≥85cm(男性) ウエスト≥90cm(女性)	最高血圧≥130mmHg かつ/または 最低血圧≥85mmHg	空腹時血糖≥110mg/dl	中性脂肪≥150mg/dl かつ/または HDLコレステロール<40mg/dl		
男性							
20-29	114	32 (28.1)	40 (35.1)	10 (8.8)	29 (25.4)	13 (11.4)	
30-39	270	116 (43.0)	123 (45.6)	32 (11.9)	125 (46.3)	45 (16.7)	
40-49	354	200 (56.5)	211 (59.6)	73 (20.6)	189 (53.4)	114 (32.2)	
50-59	305	166 (54.4)	199 (65.2)	108 (35.4)	142 (46.6)	93 (30.5)	
60-69	170	90 (52.9)	125 (73.5)	64 (37.6)	99 (58.2)	61 (35.9)	
70-79	39	14 (35.9)	31 (79.5)	11 (28.2)	15 (38.5)	9 (23.1)	
合計	1252	618 (49.4)	729 (58.2)	298 (23.8)	599 (47.8)	335 (26.8)	
女性							
20-29	197	4 (2.0)	18 (9.1)	2 (1.0)	32 (16.2)	1 (0.5)	
30-39	265	12 (4.5)	44 (16.6)	11 (4.2)	62 (23.4)	5 (1.9)	
40-49	500	28 (5.6)	155 (31.0)	29 (5.8)	115 (23.0)	10 (2.0)	
50-59	571	39 (6.8)	293 (51.3)	67 (11.7)	217 (38.0)	25 (4.4)	
60-69	333	29 (8.7)	220 (66.1)	57 (17.1)	169 (50.8)	17 (5.1)	
70-79	68	14 (20.6)	60 (88.2)	22 (32.4)	47 (69.1)	11 (16.2)	
合計	1934	126 (6.5)	790 (40.8)	188 (9.7)	642 (33.2)	69 (3.6)	

() : %

表4 メタボリックシンドロームと生活習慣との関連

質問	男性				女性				
	MS(-)	MS(+)	年齢補正後	MS(-)	MS(+)	年齢補正後	MS(-)	MS(+)	年齢補正後
タバコを吸いますか。									
はい	309	138	P<0.01	P<0.01	139	5			
いいえ	383	105			1694	62			
やめた	225	92			32	2			
酒(アルコール)を飲みますか。									
はい	666	251			615	16			
いいえ	226	73			1231	52			
やめた	25	11			19	1			
家庭の料理の味と比べて、外食の料理の味はどうか。									
薄く感じる	34	12			68	5			
ほとんど同じ	313	137			586	20			
濃く感じる	570	186			1211	44			
めん類を食べる時、汁を残していますか。									
ほとんど残す	181	56			830	24			
半分残す	436	160			828	33			
ほとんど飲む	300	119			207	12			
食事の時間は規則正しいですか。									
不規則	158	48			180	6			
時々不規則	379	138			839	30			
規則的	380	149			846	33			
よくかんで食べていますか。									
早食い	346	165	P<0.01	P<0.01	553	32	P<0.01	P<0.01	
時々不規則	494	153			1154	31			
規則的	77	17			158	6			
1回の食事の量はどのくらいですか。									
常に腹一杯	115	59	P<0.05	P<0.01	266	16			P<0.05
時々腹一杯	616	223			1293	43			
常に腹八分目	186	53			306	10			
食事をしないことがありますか。									
1日1回はある	92	26			137	4			
週2~3回	115	37			181	5			
ほとんどない	710	272			1547	60			
外食、店屋物、市販の弁当をどのくらい食べていますか。									
1日1~2回	319	131			189	5			
週2~3回	319	103			637	28			
ほとんど食べない	279	101			1039	36			
間食や夜食をとることがありますか。									
ほとんど毎日	89	47			517	19			
週2~3回	308	107			621	20			
ほとんどとらない	520	181			727	30			
食事は自分でつくりますか。									
ほとんどつくる	56	15			1454	55			
時々つくる	203	70			258	9			
ほとんどつくらない	658	250			153	5			
減量のため食事制限をしたことがありますか。									
はい	212	140	P<0.01	P<0.01	599	44	P<0.01	P<0.01	
いいえ	705	195			1266	25			
現在、定期的(1日合計30分以上を週2回以上行い、3か月以上継続)に運動していますか。									
はい	369	113	P<0.05	P<0.01	662	20			P<0.05
いいえ	548	222			1203	49			

MS: メタボリックシンドローム

肥満関連遺伝子、身体組成、有酸素能力がメタボリックシンドロームに 及ぼす影響

分担研究者 樋口満（早稲田大学スポーツ科学学術院）
研究協力者 真田樹義（早稲田大学生命医療工学研究所）
鈴木克彦（早稲田大学人間科学学術院）、

本研究は、肥満関連遺伝子、身体組成、有酸素能力がメタボリックシンドロームの発症に及ぼす影響について検討した。その結果、最大酸素摂取量を指標とした低体力はメタボリックシンドロームの有無やリスクファクターの保有数と関連し、最大酸素摂取量で、男性 35 ml/kg/min、女性 26 ml/kg/min がメタボリックシンドローム予防のための体力目標値として示された。また、肥満関連遺伝子多型との関連に関しては、PPAR γ の Pro12Ala 及び C1431T 多型がメタボリックシンドロームのリスクファクター保有数と関連した。さらに、低体力は PPAR γ の Pro12Ala 及び C1431T 多型の有無に関わらず高体力者よりもメタボリックシンドロームのリスクファクター保有数が多かった。これらの結果は、肥満関連遺伝子の変異を持つ者においても有酸素能力を高く保つことでメタボリックシンドロームは予防できることを示しており、習慣的な有酸素運動実践の重要性が示唆された。

A. 研究目的

有酸素能力は、全死亡リスク、特に心血管系疾患による早期死亡リスクを減少させることが指摘されているが、最近では低体力がメタボリックシンドロームの発症と関連することが報告されている。有酸素能力の有力な指標としては最大酸素摂取量が挙げられるが、これまでの研究で実測の最大酸素摂取量を測定した研究は少なく、日本人を対象とした研究は現在のところ明らかではない。また、遺伝的要因と低体力、およびメタボリックシンドロームの有無との関連については明らかではない。そこで本研究は、日本人の中老年男女を対象として肥満関連遺伝子、身体組成、有酸素能力が

メタボリックシンドロームに及ぼす影響について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」を使用した。被験者らは本研究開始時点で全員自立した日常生活を送っており、心臓病など重篤な疾患を有しない成人男女 356 名 (30~84 歳、男性 85 名 48.3 \pm 14.3 歳、女性 271 名 54.2 \pm 11.3 歳) であった。測定項目は、形態計測 (身長、体重、BMI、ウエスト囲)、収縮期血圧 (systolic blood pressure: SBP) および拡張期血圧 (diastolic blood

pressure: DBP)、血液生化学 (HDL コレステロール、中性脂肪、血糖)、最大酸素摂取量、体組成 (DXA 法)、握力及び脚伸展パワーであった。肥満関連遺伝子は、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) シーケンス法及びリアルタイム PCR 法により、 $\beta 3$ アドレナリン受容体 (ADRB3 : A64T 多型)、核内受容体型転写因子 (PPAR γ : Pro12Ala、G1431T 多型)、脱共役タンパク 1 (UCP1 : A3826G 多型)、および脂肪酸結合タンパク 2 (FABP2 : A54T 多型) の 4 遺伝子多型について解析した。

C. D. 結果

被験者の身体的特性を表 1 に示した。男女とも M 群 (女性に MP 群) と N 群の年齢に有意な差は認められなかった。M 群および MP 群のウエスト囲、安静時 SBP、TG、FPG は N 群よりも有意に高く、HDLc は有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	Men		Women	
	Group MP	Group N	Group MP	Group N
n	37	46	34	237
Age (yr)	61.8 \pm 14.4	45.7 \pm 13.7	56.8 \pm 11.8	53.8 \pm 11.2
BMI (kg/m ²)	28.3 \pm 4.7	24.0 \pm 2.9 ***	26.4 \pm 3.4	22.1 \pm 2.6 **
Waist (cm)	96.9 \pm 10.6	82.7 \pm 8.3 ***	97.4 \pm 8.4	77.7 \pm 7.6 **
SBP (mmHg)	135.6 \pm 19.5	119.0 \pm 15.0	122.2 \pm 22.1	115.4 \pm 14.7 *
DBP (mmHg)	81.3 \pm 10.2	73.7 \pm 11.2 **	78.9 \pm 11.5	71.4 \pm 10.0 **
TG (mg/dL)	181.8 \pm 71.9	110.6 \pm 73.9 ***	178.7 \pm 94.2	112.4 \pm 71.6 **
HDLc (mg/dL)	43.4 \pm 11.6	57.1 \pm 12.0 **	57.2 \pm 16.0	65.7 \pm 15.4 **
FPG (mg/dL)	104.6 \pm 18.9	93.1 \pm 11.9 ***	121.2 \pm 36.0	93.5 \pm 11.2 **
Abdominal obesity (%)	100.0	27.1	100.0	5.5
High blood pressure (%)	59.5	20.8	44.1	20.3
High TG (%)	73.0	16.7	55.9	25.7
High blood glucose (%)	27.0	4.2	32.4	8.5
Low HDLc (%)	24.3	4.2	11.8	0.9

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. Significant difference in the group M or MP.

男性における M 群の腹部肥満の割合は 100%、それについて TG 高値および血圧高値が 79.2%、高血糖が 37.5%、HDLc 低値が 25.0% であった。女性における MP 群の腹部肥満の割合は 100%、それについて TG 高値が 55.9%、

血圧高値が 44.1%、高血糖が 32.4%、HDLc 低値が 11.8% であった。男性の N 群では、腹部肥満の割合が 42.6% とリスクファクターの中で最も高い値を示したが、女性では腹部肥満の割合が 5.5% と非常に低く、TG 高値が 25.7% で最も高かった。M 群 (30.0 \pm 4.1 ml/kg/min) および MP 群 (25.2 \pm 5.5 ml/kg/min) の体重あたりの最大酸素摂取量は、男女とも、N 群 (男性 35.4 \pm 5.7 ml/kg/min、女性 30.3 \pm 5.4 ml/kg/min) より有意に低い値を示した ($p < 0.001$)。DXA 法による体幹部 LSTM は、男女とも、M 群 (30.0 \pm 5.8 kg) および MP 群 (20.4 \pm 2.7 kg) が N 群 (男性 26.8 \pm 3.6 kg、女性 18.5 \pm 2.1 kg) より有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。脚伸展パワーおよび握力は、絶対値では 2 群間で差が見られなかったが、体重あたりでは男女とも、M 群および MP 群が N 群より有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。 (表 2 参照)

Table 2. Body composition and muscle function.

	Men		Women	
	Group MP	Group N	Group MP	Group N
% body fat (%)	26.0 \pm 4.4	18.4 \pm 4.9 ***	34.8 \pm 22.4	28.7 \pm 5.4 **
Fat mass (kg)	21.9 \pm 7.7	12.9 \pm 4.8 ***	22.4 \pm 5.2	15.8 \pm 4.5 **
Trunk (kg)	12.4 \pm 4.5	6.6 \pm 3.0 ***	12.6 \pm 3.3	7.7 \pm 4.4 **
Total (kg)	55.0 \pm 10.0	50.4 \pm 7.3 **	36.5 \pm 4.7	33.6 \pm 3.8 **
LSTM (kg)	6.0 \pm 1.5	5.9 \pm 1.1	3.4 \pm 0.5	3.2 \pm 0.4 *
Trunk (kg)	29.3 \pm 5.0	26.5 \pm 3.7 **	20.4 \pm 2.7	18.9 \pm 2.1 **
Leg (kg)	19.6 \pm 3.8	18.0 \pm 3.0 *	12.6 \pm 1.8	11.9 \pm 1.6
VO2max (ml/kg/min)	31.5 \pm 4.7	35.9 \pm 5.9 ***	25.2 \pm 5.5	30.3 \pm 5.4 **
HOE (kg/kg)	0.51 \pm 0.08	0.64 \pm 0.10 ***	0.41 \pm 0.08	0.49 \pm 0.10 **
LEP (Watt/kg)	18.9 \pm 3.8	24.1 \pm 6.6 ***	12.0 \pm 4.3	13.7 \pm 4.0 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. Significant difference in the group M or MP.

最大酸素摂取量は、男性では MS のリスクファクターが 3 つ重積した場合に有意に減少し (34.2 \pm 4.4 ml/kg/min \rightarrow 30.0 \pm 4.1 ml/kg/min、 $p < 0.001$)、女性では 2 つ重積した場合に有意に減少した (30.4 \pm 4.8 ml/kg/min \rightarrow 26.1 \pm 5.6 ml/kg/min、 $p < 0.001$)。また、被験者の最大酸素摂取量を 5 段階に分類したところ、男性では最大酸

素摂取量が 35ml/kg/min、女性では 26ml/kg/min を下回ったとき、MS のリスクファクターの保有数は有意に増加した (図 1)。

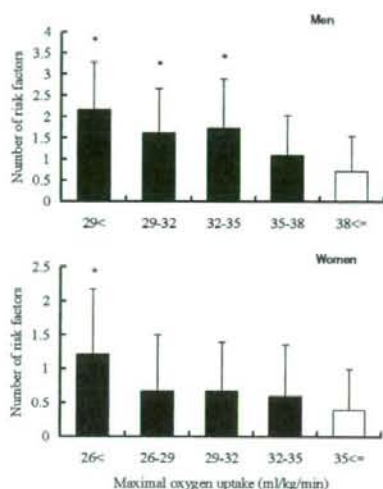


Figure 2. Maximal oxygen uptake and the number of risk factors of the metabolic syndrome. When the maximal oxygen uptake was less than 35 ml/kg/min in men and 26 ml/kg/min in women, the number of risk factors of metabolic syndrome was significantly increased (* p<0.05).

PPARG の C1431T 多型における CT および TT (遺伝子変異) 群は、M 群および MP 群が 10 名 (17%)、N 群が 6 名 (10%) で、カイ 2 乗検定の結果、PPARG の C1431T 多型はメタボリックシンドローム発症者の割合が有意に高かった (p=0.049、表 3)。しかし、UCP1、ADRB3、および FABP2 ではその傾向は認められなかった。また、PPARG の C1431T 多型における CT および TT (遺伝子変異) 群の BMI、MS のリスクファクター保有数は、N 群よりも有意に高かった (p<0.05、表 4)。しかし、UCP1、ADRB3、および FABP2 ではその差は認められなかった。被験者を体重あたりの最大酸素摂取量によって年齢別に高体力群と低体力群に分類したところ、

PPARG の C1431T 多型の有無に関わらず低体力者では、高体力者よりも BMI が有意に高く、MS のリスクファクター保有数が多かった (p<0.05、図 2)。

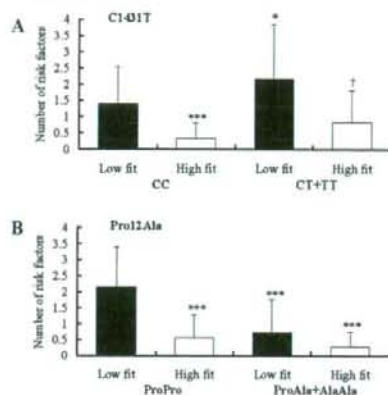


Figure 3. Cardiorespiratory fitness, obese-related gene (A: PPARG C1431T polymorphism, B: PPARG Pro12Ala polymorphism), and the risk factors of the metabolic syndrome. * p<0.05, *** p<0.001, † Significant difference in the low fit ProPro. ‡ Significant difference in the low fit CT+TT.

E. 考察

本研究では、男性の MS 発症者は 85 名中 24 名 (28.2%)、女性は 271 名中 9 名 (3.3%) であった。また、男性の N 群では、腹部肥満の割合が 42.6% とリスクファクターの中で最も高い値を示したが、女性では腹部肥満の割合が 5.5% と非常に低く、TG 高値が 25.7% で最も高かった。この結果は、わが国の男性の MS 基準値は妥当であると考えられるが、女性の場合は対象となる人数が非常に少なく、スクリーニングとしては MS の予備群 (腹部肥満に加えリスクファクター 1 個以上) かもしれない TG が妥当である可能性を示唆している。PPARG は、核内受容体ファミリーに属する転写因子であり、脂質代謝や糖質代謝、脂肪酸輸送に関連する遺伝子である (35)。その Pro12Ala および C1431T 多型は、ヒトにおいても比較的高い

頻度で認められ、肥満や糖尿病との関連が指摘されている(2, 8-11, 16, 30)。しかし、Pro12Ala 多型ではインスリンレベルやインスリン抵抗性と関連したが、C1431T 多型では、その関連は認められなかったと報告も認められる(14)。本研究では、PPARG のC1431T 多型について解析したところ、BMI、ウエスト囲、およびMS のリスクファクター保有数は遺伝子正常群(wild type)と変異群(GT+TT)との間に有意な差が認められた(表4)。さらに本研究では、厚生労働省が発表した「健康づくりのための運動基準2006」に従い、被験者を体力の高い群と低い群に分類した。そこで、肥満関連遺伝子多型で肥満フェノタイプとの有意な関係が得られたPPARG のC1431T 多型と体力水準との関係について検討したところ、低体力はPPARG のC1431T 多型の有無に関わらず高体力者よりも肥満しており、MS のリスクファクター保有数が多いという結果を得た(図3)。この結果は、肥満関連遺伝子の多型の有無にかかわらず、MS を予防するためには体力、すなわち有酸素能力を高く保つことが重要であることを示している。

F. 健康危険情報
問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- Sanada K., Kuchiki T., Miyachi M., McGrath K, Higuchi M. and Ebashi H. Effects of Age on Ventilatory Threshold and Peak Oxygen Uptake Normalised for Regional Skeletal Muscle Mass in Japanese

Men and Women Aged 20-80 yrs. Eur J Appl Physiol. 99:475-83, 2007.

- 肥満関連遺伝子、身体組成、有酸素能力がメタボリックシンドロームに及ぼす影響. 真田樹義、田畑泉、宮地元彦、河野寛、鈴木克彦. 健康医科学: No22, 50-61, 2007.

2. 学会発表

- 真田樹義、宮地元彦、鈴木克彦、樋口満、田畑泉 中高年男性を対象としたメタボリックシンドロームの発症と体力および身体組成との関係 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- 谷本道哉、宮地元彦、真田樹義、河野寛 筋発揮力維持法的なレジスタンストレーニング実践者の動脈・血管系機能に関する横断的研究 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- 谷口裕美子、真田樹義 総筋量と活動量が女子大生の基礎代謝量に及ぼす影響 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- Sanada K, Miyachi M, McGrath KF, Tabata I, Usui C, Higuchi M. Associations between regional skeletal muscle mass, muscle function, and bone mineral density in postmenopausal women. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)
- Yashiro K, Sanada K, Usui C, Tabata I, Higuchi M. Abdominal skeletal muscle and adipose tissue cross-sectional area

measured by magnetic resonance imaging in older female swimmer. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)

- Usui C, Miyatani M, Sanada K, Miyachi M, Tabata I, Higuchi M. Regularly performed swimming exercise does not induce increase of basal metabolic rate associated with soft lean tissue mass in postmenopausal women. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)
- K. Sanada, M. Miyachi, C. Usui, M. Miyatani, H. Kawano, I. Tabata, M.

Higuchi. Absence of age-related increases in the risk of lifestyle-related diseases in male rowers. 53rd Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (Denver, 2006.6)

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

20歳から80歳までの男女1463名を対象とした骨格筋量と換気閾値との 関係

分担研究者 樋口満（早稲田大学スポーツ科学学術院）
研究協力者 真田樹義（早稲田大学生命医療工学研究所）
鈴木克彦（早稲田大学人間科学学術院）

換気閾値（VT）は有酸素能の指標として、あるいは運動強度の目安として重要である。しかし、加齢によるVT低下の原因については十分な研究がなされていない。本研究の目的は、20歳から80歳の日本人男女1463名を対象にVTの参照値を示し、加齢によるVTの低下と骨格筋量との関係について報告することである。被験者は、都内フィットネスクラブに所属する健康な男女1463名（男性807名、女性656名、20～80歳、平均年齢49.3±13.5歳）とした。VT、最大酸素摂取量（VO₂peak）の測定は、Breath by breath法を用いた。運動はトレッドミル上での歩行とし、プロトコルはramp負荷法（3分間のW-up後、1分毎に速度と傾斜を交互に漸増）を用いた。VTは、運動負荷中のVO₂の増加に対してVCO₂が急激に増加するポイント、もしくはVE/VCO₂が不変でVE/VO₂が上昇するポイントとした。骨格筋量は超音波法を用い、Sanadaらの式（2006）を用いて推定した。全身および局所（体幹部、大腿部）骨格筋量は、男女とも年齢との間に有意な負の相関が認められた（全身骨格筋量は男性が年間0.13kg、女性が0.02kg減少し、大腿部骨格筋量は男性が年間0.052kg、女性が0.014kg減少した）。VTは、男女とも体重、FFMとの間には有意な相関は得られなかったが、大腿部骨格筋量との間には有意な正の相関が認められた。体重あたりのVTは男女とも有意な加齢低下が観察されたが、骨格筋量あたりではその低下が認められなかった。この結果は、VTの加齢低下の大部分が骨格筋量の低下に関係すると考えられ、VTを指標とした有酸素能の加齢低下を予防するためには骨格筋量の維持が重要であると考えられる。

A. 研究目的

VO₂peakは、多くの健康上の利益と関連し、また総死亡率、特に心血管系疾患による早期死亡を減少させる（Blair et al, 1989, 1995, Fletcher et al, 1992）。したがって、中高年者に対してVO₂peakを測定し、評価する意義は大きい。しかし、VO₂peakを正確に測定するためには疲労困憊にいたる最大負荷運動の実施が必要であり、中高年者に対してこの測定を実施するには限界がある。換気閾値（VT）は、乳酸閾値（LT）と一致することが知られており、中高年者におい

ても呼吸循環能を直接測定できる重要な指標の1つである（McArdle et al, 2001）。また、運動指導の現場においても、安全で効果的な運動の下限強度として広く用いられている。最近の研究では、VO₂peakと同様にVTもまた、心血管系疾患の罹患率や死亡率の指標との関連が指摘されて始めている（Tuomainen et al 2005）。縦断的な研究デザインでVO₂peakの加齢低下は、男性で年間0.43ml/kg/min、女性で0.19ml/kg/min、VTの加齢低下は男性で年間0.14ml/kg/min、女性で0.11ml/kg/minと報告されている

(Stathokostas et al, 2004)。このような VO₂peak の加齢低下は、心拍出量や身体組成の変化とともに骨格筋量の低下との関連が指摘されているが (Frontera et al, 2000, Proctor and Joyner, 1997)、VT の加齢変化と骨格筋量との関係についての報告はみられない。さらに、日本人を対象とした VO₂peak、VT、骨格筋量の参照値は現在のところ報告されていない。最近の我々の研究室では、超音波法を利用した全身および局所骨格筋量の簡易推定式を開発した。超音波測定に用いる装置は、非常に軽重量 (約 10kg) で測定時間も短く (約 10 分)、多数の被験者を安全に測定することができる。そこで本研究は、1) 日本在住の男女 1463 名を対象に全身の骨格筋量、VO₂peak、および VT を測定し、有酸素能の加齢変化と骨格筋量との関係について検討すること、および 2) 全身骨格筋量および骨格筋量あたりの VO₂peak、VT の参照値を作成することを目的とした。

B. 研究方法

被験者は、都内フィットネスクラブに所属する健康な男女 1463 名 (男性 807 名、女性 656 名、20~80 歳、平均年齢 49.3 ± 13.5 歳) とした (表 1)。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Gender and age range (yr)	n	Body mass (kg)	Fat free body mass (kg)	Body mass index (kg/m ²)	% body fat (%)	Waist circumference (cm)
Men						
20-29	55	72.2 ± 10.7 †	60.3 ± 9.9 †	26.3 ± 3.3	18.2 ± 6.4	75.1 ± 6.7
30-39	110	72.0 ± 9.3 †	58.7 ± 8.2 †	26.3 ± 2.8	18.8 ± 6.4	76.2 ± 7.0
40-49	205	73.0 ± 9.0 †	58.5 ± 8.0 †	26.4 ± 2.9	18.2 ± 6.2	77.6 ± 7.2
50-59	205	70.5 ± 8.1 †	57.7 ± 6.1 †	26.7 ± 2.8	18.0 ± 5.3	81.1 ± 7.8
60-69	167	67.1 ± 7.3 †	53.3 ± 5.1 †	26.9 ± 2.2	17.6 ± 5.9	83.1 ± 9.3
70+	65	62.0 ± 6.8 †	47.9 ± 6.1 †	25.1 ± 1.7 †	18.0 ± 5.6	80 ± 10.0
All	807	69.7 ± 7.2	57.1 ± 6.2	26.2 ± 2.7	17.9 ± 5.3	81.6 ± 7.7
Women						
20-29	61	53.4 ± 5.8	40.0 ± 3.8	22.9 ± 2.3	22.5 ± 7.1	62.6 ± 6.8 †
30-39	158	52.4 ± 7.0	40.1 ± 3.9	22.5 ± 2.3	22.9 ± 6.8	65.7 ± 7.4 †
40-49	170	53.3 ± 6.8	40.5 ± 4.1	22.8 ± 2.4	24.2 ± 7.2	67.4 ± 8.3 †
50-59	186	53.0 ± 6.7	40.3 ± 3.8	22.4 ± 2.4	22.2 ± 6.8	69.7 ± 7.3
60-69	108	54.0 ± 6.8	40.0 ± 4.4	22.6 ± 2.8	23.0 ± 6.0	67.6 ± 6.6
70+	33	55.6 ± 7.8	41.3 ± 3.5	22.8 ± 2.2	24.3 ± 8.1	68 ± 10.0
All	656	53.3 ± 6.8	40.2 ± 4.0	22.2 ± 2.2	23.9 ± 6.4	68.4 ± 7.4

† Significant difference in the 70-79 yr old group ($P < 0.05$). * Significant difference in all male subjects ($P < 0.05$).

VT、VO₂peak の測定は、Breath by breath 法 (ミナト医科学社 AE-280S) により行った。運動は、トレッドミル上での歩行 (速度傾斜漸増法) とし、プロトコルは ramp 負荷法 (3 分間の W-up 後、1 分毎に速度と傾斜を交互に漸増) を用いた。VO₂peak は、運動負荷中の心拍数と VO₂ の直線回帰式と推定最大心拍数 (220-年齢) を使用し、VT は、運動負荷中の VO₂ の増加に対して VCO₂ が急激に増加するポイント (Beaver et al, 1986)、もしくは VE/VCO₂ が不変で VE/VO₂ が上昇するポイントとした。

C. D. E. 結果と考察

全身および局所 (体幹部、大腿部) 骨格筋量は、男女とも年齢との間に有意な負の相関が認められた (全身骨格筋量は男性が年間 0.13kg、女性が 0.02kg 減少し、大腿部骨格筋量は男性が年間 0.052kg、女性が 0.014kg 減少した、表 2)。

Table 2. Total and regional SM mass in men and women

Gender and age range (yr)	n	Total SM mass (kg)	Trunk SM mass (kg)	Thigh SM mass (kg)
Men				
20-29	55	28.1 ± 3.3 †	11.6 ± 1.7 †	10.5 ± 1.3 †
30-39	110	26.5 ± 3.6 †	10.8 ± 1.8 †	9.9 ± 1.5 †
40-49	205	25.7 ± 3.1 †	10.4 ± 1.5 †	9.6 ± 1.4 †
50-59	205	24.8 ± 3.2 †	9.9 ± 1.4	9.2 ± 1.4 †
60-69	167	23.2 ± 2.5	9.3 ± 1.2	8.6 ± 1.1 †
70+	65	21.4 ± 2.1	9.2 ± 1.3	7.8 ± 1.0
All	807	24.8 ± 3.5	10.0 ± 1.6	9.2 ± 1.5
Women				
20-29	61	15.3 ± 2.1	6.3 ± 0.8	5.8 ± 0.8
30-39	158	14.6 ± 2.0	6.0 ± 0.8	5.6 ± 0.8
40-49	173	15.0 ± 2.5	6.1 ± 0.9	5.6 ± 0.9
50-59	150	14.6 ± 2.3	5.9 ± 0.8	5.4 ± 0.8
60-69	101	14.4 ± 2.6	5.9 ± 0.9	5.2 ± 0.9
70+	33	13.9 ± 2.7	5.8 ± 0.7	4.9 ± 1.0
All	656	14.7 ± 2.3	6.0 ± 0.8	5.5 ± 0.9

† Significant difference in the 70-79 yr-old group ($P < 0.05$). * Significant difference in all male subjects ($P < 0.05$).

VT は、男女とも年齢との間に有意な負の相関が認められた (男性は年間 0.09ml/kg/min、女性は年間 0.10ml/kg/min 減

少した、図1)。

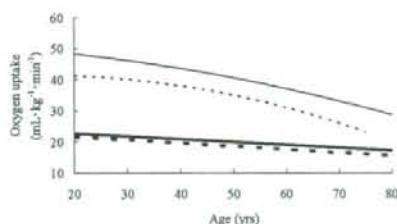


Figure 1. Relationship between age and cardiorespiratory fitness (VO_{2p} and VT) in men and women. The thin line indicates VO_{2p} and the thick line indicates VT. The solid line indicates men and the dashed line women. Significant quadratic age declines were observed in VO_{2p} in men ($n = 807$, $R^2 = 0.50$, $Y = 50.989 - 0.096x - 0.002x^2$, $P < 0.001$) and women ($n = 656$, $R^2 = 0.40$, $Y = 40.605 - 0.122x - 0.005x^2$, $P < 0.001$). On the other hand, VT declined with age in men ($n = 755$, $R^2 = 0.12$, $Y = 24.549 - 0.091x$, $P < 0.001$) and women ($n = 612$, $R^2 = 0.13$, $Y = 23.623 - 0.102x$, $P < 0.001$).

Table 1 Absolute and normalized VO_{2p} in various age groups

Gender and age range (yrs)	n	Absolute value		Normalized value			
		Mean (SD)	Range	Mean (SD) men (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) women (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) men (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) women (ml·kg⁻¹·min⁻¹)
Men							
20-29	11	34.8±6.0	42.2±7.7	1.07±0.22	1.07±0.22	1.07±0.22	1.07±0.22
30-39	110	33.1±6.0	44.2±7.7	1.03±0.20	1.03±0.20	1.03±0.20	1.03±0.20
40-49	201	30.4±5.2	40.4±7.0	0.95±0.17	0.95±0.17	0.95±0.17	0.95±0.17
50-59	201	27.4±4.6	37.1±7.1	0.87±0.15	0.87±0.15	0.87±0.15	0.87±0.15
60-69	147	23.9±4.0	33.7±5.7	0.79±0.13	0.79±0.13	0.79±0.13	0.79±0.13
70+	41	19.6±3.2	30.4±7.0	0.73±0.12	0.73±0.12	0.73±0.12	0.73±0.12
All	807	27.8±6.1	38.7±7.4	0.89±0.16	0.89±0.16	0.89±0.16	0.89±0.16
Women							
20-29	41	22.5±5.4	40.1±8.1	0.73±0.12	0.73±0.12	0.73±0.12	0.73±0.12
30-39	119	20.8±5.2	38.6±8.2	0.67±0.12	0.67±0.12	0.67±0.12	0.67±0.12
40-49	119	18.8±5.0	35.6±8.2	0.62±0.11	0.62±0.11	0.62±0.11	0.62±0.11
50-59	130	17.8±5.2	33.2±7.7	0.57±0.10	0.57±0.10	0.57±0.10	0.57±0.10
60-69	101	17.7±5.0	31.1±6.8	0.56±0.10	0.56±0.10	0.56±0.10	0.56±0.10
70+	13	13.8±5.0	23.2±7.0	0.42±0.12	0.42±0.12	0.42±0.12	0.42±0.12
All	584	18.7±5.2	31.6±7.2	0.59±0.11	0.59±0.11	0.59±0.11	0.59±0.11

† Significant difference to the 20-29 yr old group ($P < 0.05$); †† Significant difference to all other age groups ($P < 0.05$).

さらにVTは、男女とも体重、FFMとの間には有意な相関は得られなかったが、大腿部骨格筋量との間には有意な正の相関が認められた(表4)。20歳から70歳までのVTの加齢による減少率は、絶対量が28%、大腿部骨格筋量あたりでは8%に減少した。これらの結果から、VTの加齢による減少の大部分は、骨格筋量減少(sarcopenia)の影響であることが推察される。

Table 2 Absolute and normalized VT in various age groups

Gender and age range (yrs)	n	Percentage of FFM (%)	Absolute value		Normalized value			
			Mean (SD)	Range	Mean (SD) men (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) women (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) men (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	Mean (SD) women (ml·kg⁻¹·min⁻¹)
Men								
20-29	41	40.7±7.8	1.7±0.2	0.21±0.03	0.21±0.03	0.21±0.03	0.21±0.03	
30-39	110	39.9±7.1	1.6±0.2	0.20±0.03	0.20±0.03	0.20±0.03	0.20±0.03	
40-49	201	37.5±7.1	1.4±0.2	0.18±0.03	0.18±0.03	0.18±0.03	0.18±0.03	
50-59	201	35.7±7.1	1.3±0.2	0.17±0.03	0.17±0.03	0.17±0.03	0.17±0.03	
60-69	147	32.9±7.1	1.2±0.2	0.16±0.03	0.16±0.03	0.16±0.03	0.16±0.03	
70+	41	30.2±7.0	1.1±0.2	0.15±0.03	0.15±0.03	0.15±0.03	0.15±0.03	
All	807	35.1±7.0	1.3±0.2	0.17±0.03	0.17±0.03	0.17±0.03	0.17±0.03	
Women								
20-29	41	37.2±7.0	1.0±0.2	0.14±0.03	0.14±0.03	0.14±0.03	0.14±0.03	
30-39	119	35.2±7.0	0.9±0.2	0.13±0.03	0.13±0.03	0.13±0.03	0.13±0.03	
40-49	119	33.2±7.0	0.8±0.2	0.12±0.03	0.12±0.03	0.12±0.03	0.12±0.03	
50-59	130	31.2±7.0	0.7±0.2	0.11±0.03	0.11±0.03	0.11±0.03	0.11±0.03	
60-69	101	29.2±7.0	0.6±0.2	0.10±0.03	0.10±0.03	0.10±0.03	0.10±0.03	
70+	13	27.2±7.0	0.5±0.2	0.09±0.03	0.09±0.03	0.09±0.03	0.09±0.03	
All	584	32.2±7.0	0.8±0.2	0.11±0.03	0.11±0.03	0.11±0.03	0.11±0.03	

† Significant difference to the 20-29 yr old group ($P < 0.05$); †† Significant difference to all other age groups ($P < 0.05$).

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 肥満関連遺伝子、身体組成、有酸素能力がメタボリックシンドロームに及ぼす影響。真田樹義、田畑泉、宮地元彦、河野寛、鈴木克彦。健康医科学: No22, 50-61, 2007.

2. 学会発表

- 真田樹義、宮地元彦、鈴木克彦、樋口満、田畑泉 中高年男性を対象としたメタボリックシンドロームの発症と体力および身体組成との関係 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- 谷本道哉、宮地元彦、真田樹義、河野寛 筋発揮力維持法的なレジスタンストレーニング実践者の動脈・血管系機能に関する横断的研究 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- 谷口裕美子、真田樹義 総筋量と活動量が女子大生の基礎代謝量に及ぼす影響 第61回日本体力医学会(2006.9、神戸)
- Sanada K, Miyachi M, McGrath KF, Tabata I, Usui C, Higuchi M. Associations between regional skeletal muscle mass, muscle function, and bone mineral density in postmenopausal women. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)

- Yashiro K, Sanada K, Usui C, Tabata I, Higuchi M. Abdominal skeletal muscle and adipose tissue cross-sectional area measured by magnetic resonance imaging in older female swimmer. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)
 - Usui C, Miyatani M, Sanada K, Miyachi M, Tabata I, Higuchi M. Regularly performed swimming exercise does not induce increase of basal metabolic rate associated with soft lean tissue mass in postmenopausal women. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science (Lausanne, 2006.7)
 - Sanada K, Miyachi M, Usui C, Miyatani M, Kawano H, Tabata I, Higuchi M. Absence of age-related increases in the risk of lifestyle-related diseases in male rowers. 53rd Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (Denver, 2006.6)
- 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

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

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指導法について

独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム

高橋 佳子 佐々木 敏

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身体活動の効果を明らかにする。また、対象者の研究参加への継続率、特に運動介入を行わない対象者の参加継続率を高めることを目的として、全対象者に個人結果票の返却による食事指導を実施する。食事調査および食事指導には、分担研究者である佐々木が厚生労働科学研究費補助金による「健康づくりのための個々人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」にて主任研究者として開発を進めている、簡易版自記式食事歴法質問票（BDHQ）を用いることとした。さらに3ヶ月に1回、食事・栄養に関するニュースレターを配布する。BDHQの食事調査・食事指導システムは、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おり、すでにさまざまな地域や対象者に対して利用されている方法である。本研究においても十分利用が可能であると考えられる。次年度は、このシステムを用いて、対象者の食事調査および食事指導を実施する。

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する。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。また、対象者の研究参加への継続率、特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、食事指導を実施する。

B. 研究方法

B-1. 研究デザイン

健康な35歳から64歳の中年男女約1200名の身体活動量（質問紙、3次元加速度活動量計）、体力（最大酸素摂取

量、筋力)、生活習慣病危険因子 (BMI、腹囲、血圧、血糖値、血中脂質)、食事調査等をベースラインデータとして測定する。「運動基準 2006」で示された目標を満たす者 (活動群) と満たさない者 (非活動群) に群分けする。非活動群の中で「運動基準 2006」で示された目標を満たす身体活動による介入を実施する者 (介入群) と実施しない者 (非介入群) に無作為に割り付ける。全対象者に食事指導を実施する。活動群、介入群、非介入群の 3 群を、研究期間追跡し、その間の BMI、骨格筋量、骨密度、腹囲、血糖値、血圧、血中脂質、動脈硬化指数などの生活習慣病危険因子の変化を比較する。また、研究期間のみならず終了後も、メタボリックシンドロームを中心とした生活習慣病の累積罹患率を追跡し、3 群間で比較する。

B-2. 食事調査法および食事指導法の検討

大規模集団に対する食事調査法と食事指導法について検討した。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、体力、生活習慣病危険因子などのほかの調査、測定、採血もあるので、食事調査の負担は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々人の身体状況に応じ

た適切な食事摂取に関する栄養学的研究」にて開発を進めている、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することとした。

● 簡易型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々人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中

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入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/少しとりすぎ)、「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。ある自治体の一般住民健診にて BDHQ のシステムを利用した結果、一人あたりの赤信号の数 (つまり、栄養素別個人結果

帳票が返却される数)は3つ(枚)程度である。BDHQと、個人結果帳票のサンプルを参考として示す。

B-3. 食事調査・食事指導の実施方法

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う。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、記入誤りを確認する。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する。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する。3ヶ月に1回、食事や栄養に関する情報を掲載したニュースレターを全対象者に郵送する。

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。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する。1年間の介入期間の終了後、再びBDHQを全対象者に実施する。

C. D. 研究結果と考察

BDHQによる食事調査および食事指導システムは、本研究の分担研究者である佐々木が中心となって、厚生労働科学研究費補助金「健康づくりのための個々人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」にて開発を進めており、調査票の妥当性や大規模な集団に対する利用可能性、食事指導の効果について確かめられているほか、調査者マニュアルも作成されている。これまですでに、さまざまな地域や対象者に対して利用されており、本研究においても十分利用が可能であると考えられる。次年度は、対象者に食事調査・食事指導を実施する。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

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（平成18年度）

書籍

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

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kawano H, Tanaka H., and Miyachi M	Resistance Training and Arterial Compliance: Keeping the Benefits While Minimizing the Stiffening	J Hypertens	24 (9)	1753-1759	2006
Fukuba Y, Endo MY, Ohe Y, Hirotooshi Y, Kitano A, Shiragiku C, Miura A, Fukuda O, Ueoka H., and Miyachi M.	Central circulatory and peripheral O2 extraction changes as interactive facilitators of pulmonary O2 uptake during a repeated high-intensity exercise protocol in humans	Eur J Appl Physiol	99 (4)	361-369	2007
宮地元彦、樋口満	スポーツ用サプリメントの有効性と有害性	成人病と生活習慣病	35 (9)	1015-1019	2005
宮地元彦	生活習慣病予防のための体力：特集 新しい健康づくりのための運動基準・指針	体育の科学	56 (8)	608-614	2006
宮地元彦	動脈弾性の評価とその可塑性	トレーニング科学	18 (3)	187-193	2006

Ⅲ. 分担研究報告書（平成 19 年度）

1. 加速度計を用いた身体活動介入が歩数と身体活動量に及ぼす効果
宮地 元彦
2. 体重変化量と腹囲変化量との関連
宮武伸行
3. 日本人女性の骨格筋量と骨量、骨密度との関係：骨格筋量あたりの骨量は加齢によって変化するか？
樋口満、真田樹義
4. 体力の一要素である柔軟性と動脈硬化の関係
宮地元彦、田畑泉、山元健太
5. 筋力トレーニングは動脈スティフネスや血圧の増加と関連しているが寒冷刺激に対する頸動脈径反応で評価された内皮機能には影響しない
宮地元彦、田畑泉、河野寛

分担研究報告書

加速度計を用いた身体活動介入が歩数と身体活動量に及ぼす効果

所 属 独立行政法人 国立健康・栄養研究所

分担研究者 宮地 元彦

研究協力者 大森由実、村上晴香、山元健太、河野寛、森田明美、渡邊昌

研究要旨：メタボリックシンドロームの原因である内臓脂肪の減少には、身体活動量の増加が有効である。本研究では、加速度計を用いた身体活動量増加介入が肥満改善に効果的か否かを明らかにすること、さらに活動量の増加の程度と減量の程度との関係に量反応関係があるか否かについて検討することを目的とした。被験者を一年目に介入を実施するA群？名と、二年目に介入をするB群？名とに無作為に割り付けた。A群に対して、段階的に一日あたり1.4METs・時の身体活動量の増加もしくは3000歩の歩数増加を促す身体活動介入を、B群に対しては非介入の観察を行った。A群は1年間の介入期間を通して、歩数で1500歩、活動量で0.8METs・時/日増加したが、B群ではこのような増加は見られなかった。このA群の増加量は、我々が目指した介入目標である一日あたり3000歩、1.4METs・時の増加の約半分程度に相当した。A群において1年間の介入により、体重、腹囲、収縮期血圧が有意に減少した。B群ではこれらの変化は見られなかった。1年間の介入期間における歩数や身体活動量の変化量と体重・腹囲・収縮期血圧の変化量との間には、中程度（ $r=0.5-0.6$ ）の有意な負の相関関係が観察された。以上の結果から、以上の結果から、SCOPで行われた行動変容理論を用いた減量プログラムは、参加者の身体活動量を増加させることに有効で、それが肥満や高血圧の改善に部分的に寄与することが示唆された。

A. 研究目的

メタボリックシンドロームの原因である内臓脂肪の改善には、身体活動量の増加と摂取カロリーの減少が不可欠である。佐久肥満克服プログラム（SCOP）は、肥満者（BMI>25）の内臓脂肪を、運動と食事の介入により減少させることを目的とした無作為割り付けクロスオーバー介入研究である。平成19年度は、2群のうちA群に対して運動と食事指導による介入を、B群は非介入での観察を実施し、1年間の介入効果が明らかとなったので報告する。

ウォーキングやジョギングのような有酸素運動の習慣的継続が、内臓脂肪の減少に及ぼす影響については、多くの研究によってすでに検討されている。我々はこれらをシステムティックレビューし、メタ解析することによって、週あたりの運動増加量と内臓脂肪減少

量との間には量反応関係にあること、食事の介入なしで内臓脂肪を減少させるためには週あたり10METs・時（1.4METs・時/日）、エネルギーに換算すると体重80kgの人で週あたり840kcal（120kcal/日）の身体活動量の増加が必要であることを明らかにした。この運動量を歩数に直すと1日あたりほぼ3000歩の増加に相当する。このメタ解析の結果をもとにSCOPでは、全ての被験者に対して、段階的に1日あたり1.4METs・時もしくは3000歩の歩数増加を促す身体活動量増加の目標を設定した。

本邦におけるメタボリックシンドロームの該当者の多くは、働き盛り・子育て世代の多忙な中年者である。このような人たちは様々な社会的要因により、構造化された運動プログラムへの参加が阻害されている。したがって、労働や家事のような運動でない身体活動

(生活活動)を活発にすることが、日々の身体活動によるエネルギー消費量を増加させるために有効であると考えられている。しかし、生活活動やすべての身体活動によるエネルギー消費量の定量が困難であると理由から、これらの活動を活用した肥満改善が困難であった。

加速度計は、自由に生活する人の身体活動を継続的かつ定量的に評価することができるため、身体活動量の客観的評価法としてよく用いられている。そこで我々は、加速度計を用いた生活活動増加の介入を試みた。使用した加速度計は、とても小さく、200日分の歩数と加速度のデータを保存することができる。また、コンピュータによってデータを取り出し分析し、介入対象者個人に対して適切な身体活動介入を実施することが可能である。

そこで本研究では、加速度計を用いた身体活動量増加介入が肥満改善に効果的か否かを明らかにすること、さらに活動量の増加の程度と減量の程度との関係に量反応関係があるか否かについて検討することを目的とした。

B. 研究方法

<被験者>

被験者は、長野県佐久市近郊に居住する、女性230名(40歳~64歳)の男女であった。男性は108名、女性は122名であった。被験者の身体的特徴を表1に示す。すべての被験者は、研究の目的やプロトコルの説明を受け、書面に署名して本研究への参加に同意した。

<研究デザインと測定項目>

SCOPは、肥満者の内臓脂肪を、運動と食事の介入により減少させることを目的とした、無作為割り付けクロスオーバー介入研究である。すべての被験者を一年目に介入を実施するA群?名と、二年目に介入をするB群?名とに無作為に割り付けた。A群の被験者に対して、段階的に一日あたり1.4METs・時の身

体活動量の増加もしくは3000歩の歩数増加を促す身体活動介入を行った。労働や家事に伴う日常生活の活動量を歩行中心に増加させ、かつその生活活動を活発なものに変化させるよう指導した。B群に対しては運動・食事とも一切介入や指導を行わなかった。

両群の身体活動介入の達成度を評価し、各被験者のベースラインでの身体活動の状況に応じて介入量の配慮が必要となるので、2週間の正確なベースライン測定を実施した。歩数と身体活動によるエネルギー消費量を一軸加速度計により測定した。すべての被験者は、2週間毎日、起床から就寝まで腰のベルトに加速度計を装着した。この加速度計は垂直方向の一軸の加速度を、Hzの頻度で測定する。加速度波形の頻度から歩数を算出する。歩数は誤差1%以内の精度である。加速度の大きさや頻度は4秒ごとに平均され、非公開のアルゴリズムにより身体活動量に換算される。身体活動量は体重で補正した。これらのデータは加速度計に内蔵されたメモリーに200日分保存することができ、専用のソフトウェアを使用することでコンピュータに取り込み解析することが可能である。測定期間中の日々の身体活動量は一定ではないので、全ての測定日の1日あたりの平均値を算出した。介入開始前の2週間の平均値をベースライン値とした。介入開始後は3ヶ月に一度の面接時に、加速度計に保存されたデータをコンピュータにダウンロードし、データ取り込み直前の2週間のデータの平均値を介入期間中の値とした。

A群の参加者に対しては、ベースラインの歩数や身体活動量に、3000歩もしくは1.4METs・時を加えた値を最終的に達成すべき目標として提示し、行動変容理論に基づいたカウンセリングを通して目標を達成させるよう促した。しかし、急に歩数や身体活動量を増加させると傷害や事故の原因となるので、一月当たり1000歩ずつ、もしくは参加者個人

の行動変容ステージに応じて漸増させていくよう配慮した。毎日の歩数や身体活動量を、体重やその日の出来事などとともに日誌に記録し、各個人の目標が達成されたか否かについて日々確認させた。一月に一度、日誌を指導者が確認し、目標の達成度に応じて、コメントや新しい歩数や活動量の目標を記入して返却すると共に、3ヶ月に一度20分程度の個人面接と集団運動指導を実施し、身体活動量増加の妨げとなるような因子について聞き取り、行動変容理論に基づいて、阻害要因を取り除くための相談を行った。

すべての被験者の体重、腹囲、血圧などを介入前後に測定した。

<統計>

すべての測定値は平均値と標準偏差で表した。介入前後の各群の変化は繰り返し測定を伴う二元配置分散分析で検定した。相互作用に有意差が観察された項目の介入期間前後の値の差を Student Newman-Keuls 法で後分析した。さらに、各測定項目間の介入期間の前後での変化量の関係を相関分析、回帰分析で検討した。すべての統計分析の有意水準は危険率 5%未満とした。

C. 研究結果

被験者のベースラインにおける身体特性を表 1 に示した。男女間で年齢や BMI には差がなかったが、身長と体重と腹囲は男性の方が大きかった。血圧、血糖値、血中脂質には有意差が見られなかった。A 群と B 群との間にすべての測定項目で有意差は見られなかった。ベースラインにおける身体活動の状況は表 2 に示した。歩数、体重あたりの身体活動量ともに男女差、A 群と B 群との差は見られなかった。

A 群において、1 年間の介入により体重は 4.5kg、腹囲は 4.1cm、収縮期血圧は 6mmHg 有意に減少した。その他のメタボリックシンド

ロームに関連する指標については改善する傾向が見られたが、統計的には有意ではなかった。

歩数は 1 年間の介入期間全体の平均値で？歩、介入開始 12 ヶ月後の 2 週間の平均が？歩、ベースラインの値よりも増加した。体重当たりの身体活動量は 1 年間の介入期間全体の平均値で 0.7METs・時/日、介入開始 12 ヶ月後の 2 週間の平均が 0.8METs・時/日、ベースラインの値よりも増加した。これらの増加量は、研究開始時に目標とした +3000 歩や +1.4 METs・時/日の約半分程度に相当した。

B 群に関しては、すべての測定項目に関して 1 年間の介入期間前後で有意さは見られなかった。

230 名すべての被験者の 1 年間の介入期間前後における各測定項目の変化量について検討したところ、歩数と体重当たりの身体活動量の変化量が、体重、腹囲、血圧の変化量との間に有意な負の相関関係が見られた(表 3)。

D. 考察

本研究の主な知見は以下の通り。1) ベースライン時における男女あわせた平均歩数は 7815 歩で男女差はなかった。体重で補正された身体活動によるエネルギー消費量は平均 3.1METs 時/日で男女差はなかった。これらの値は健康づくりのための運動基準 2006 で示された身体活動量の基準である 3.3METs 時/日よりむしろ少なかつた。2) A 群は 1 年間の介入期間を通して、歩数で 1500 歩、活動量で 0.8METs・時/日増加したが、B 群ではこのような増加は見られなかった。この A 群の増加量は、我々が目指した介入目標である一日あたり 3000 歩、1.4METs・時の増加の約半分程度に相当した。3) A 群において 1 年間の介入により、体重、腹囲、収縮期血圧が有意に減少した。B 群ではこれらの変化は見られなかった。4) 1 年間の介入期間における歩数や身体活動量の変化量と体重・腹囲・