

表 3. 階層線形回帰分析の結果

VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	BMI Model (kg·m ⁻²)		腹囲 Model (cm)		体脂肪率 Model (%)	
	回帰係数	β	回帰係数	β	回帰係数	β
Model^{SC}						
定数	52.222*		56.001*		50.193*	
年齢 (yr)	-0.260*	-0.643	-0.206*	-0.494	-0.220*	-0.528
身体組成	-0.744*	-0.344	-0.289*	-0.460	-0.548*	-0.519
SC (10 ⁻³ ·steps·d ⁻¹)	0.611*	0.306	0.617*	0.310	0.590*	0.296
R	0.816*		0.821*		0.865*	
SEE (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.618		3.496		3.073	
SEE%	12.431		11.724		10.305	
Rp	0.790*		0.789*		0.844*	
SEEp (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.736		3.656		3.190	
Model^{MVPA}						
定数	49.391*		52.483*		47.890*	
年齢 (yr)	-0.240*	-0.594	-0.181*	-0.433	-0.202*	-0.485
身体組成	-0.680*	-0.314	-0.261*	-0.415	-0.500*	-0.474
SC (10 ⁻³ ·steps·d ⁻¹)	0.506*	0.253	0.472*	0.237	0.487*	0.244
MVPA (min)	0.093*	0.231	0.087†	0.226	0.063†	0.162
R	0.845*		0.845*		0.876*	
SEE (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.376		3.300		2.974	
SEE%	11.153		11.066		9.973	
Rp	0.817		0.812		0.852	
SEEp (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.518		3.468		3.114	
Model^{VPA}						
定数	50.333*		52.259*		47.652*	
年齢 (yr)	-0.232*	-0.573	-0.173*	-0.414	-0.191*	-0.458
身体組成	-0.661*	-0.305	-0.238*	-0.379	-0.455*	-0.431
SC (10 ⁻³ ·steps·d ⁻¹)	0.371†	0.186	0.313†	0.157	0.331†	0.166
VPA (min)	0.412*	0.370	0.392*	0.370	0.338*	0.319
R	0.885*		0.881*		0.906*	
SEE (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	2.931		2.912		2.605	
SEE%	9.683		9.765		8.736	
Rp	0.871*		0.863*		0.893*	
SEEp (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.000		3.004		2.680	

* $P < 0.0001$; † $P < 0.01$. BMI, ボディマス; SC, 1日の歩数; MVPA, 3メッツ以上の身体活動時間; VPA, 6メッツ以上の身体活動時間. β, 標準化回帰係数. SEE, 推定の標準誤差; SEEp, PRESS 推定の標準誤差; R, 重相関係数; Rp, PRESS 重相関係数. SEE% = 推定の標準誤差 / 実測値 VO_{2max} の平均値 × 100.

表 4. 妥当性群の下位グループの定誤差 (CE) と SD. (Model^{MVPA})

下位グループ	N (%)	BMI Model ^{MVPA}		腹囲 Model ^{MVPA}		体脂肪率 Model ^{MVPA}	
		CE	SD	CE	SD	CE	SD
年齢							
<35 yr	22 (28.9%)	1.93	3.37	2.13	3.89	1.92	2.73
35-50 yr	18 (23.7%)	0.62	3.63	0.58	3.03	-0.33	2.59
>50 yr	36 (47.4%)	1.21	3.10	1.19	2.94	0.91	2.92
1日の歩数							
<7500 steps·d ⁻¹	23 (30.3%)	0.91	3.14	0.81	2.73	0.54	2.59
7500-9999 steps·d ⁻¹	18 (23.7%)	1.93	2.88	2.12	2.80	1.49	2.64
≥10000 steps·d ⁻¹	35 (46.1%)	1.21	3.80	1.15	3.73	0.74	3.20
VO _{2max}							
<25 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	18 (23.7%)	-1.22	2.72	-0.95	2.88	-0.76	2.86
25-35 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	42 (55.3%)	1.21	2.68	1.08	2.46	0.64	2.19
>35 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	16 (21.1%)	4.27	3.04	5.28	2.44	4.00	2.74

BMI, ボディマス.

表 5. 妥当性群の下位グループの定誤差 (CE) と SD. (Model^{VPA})

下位グループ	N (%)	BMI Model ^{VPA}		腹囲 Model ^{VPA}		体脂肪率 Model ^{VPA}	
		CE	SD	CE	SD	CE	SD
年齢							
<35 yr	22 (28.9%)	0.41	2.66	0.50	3.16	0.78	2.32
35-50 yr	18 (23.7%)	-0.92	3.62	-0.90	3.12	-1.33	2.76
>50 yr	36 (47.4%)	0.19	2.49	0.17	2.46	0.25	2.32
1日の歩数							
<7500 steps·d ⁻¹	23 (30.3%)	-0.60	3.28	-0.69	2.84	-0.56	2.73
7500-9999 steps·d ⁻¹	18 (23.7%)	0.82	2.76	1.09	2.71	0.89	2.59
≥10000 steps·d ⁻¹	35 (46.1%)	-0.18	2.66	-0.12	2.79	-0.09	2.29
VO _{2max}							
<25 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	18 (23.7%)	-2.14	2.76	-1.99	2.75	-1.50	2.72
25-35 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	42 (55.3%)	0.19	2.63	0.12	2.36	0.08	2.14
>35 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	16 (21.1%)	1.88	2.00	2.45	2.47	1.91	2.24

BMI, ボディマス.

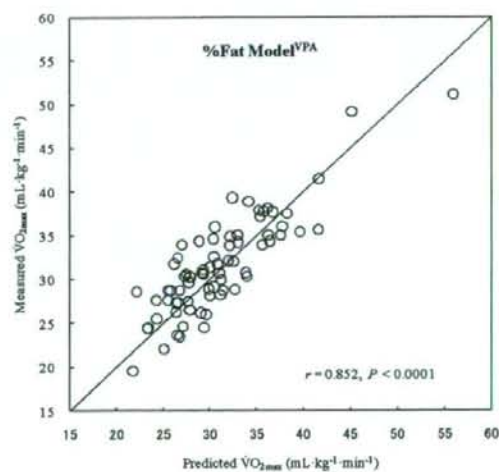
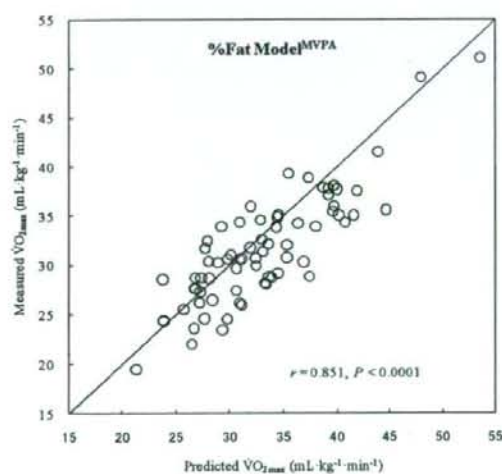
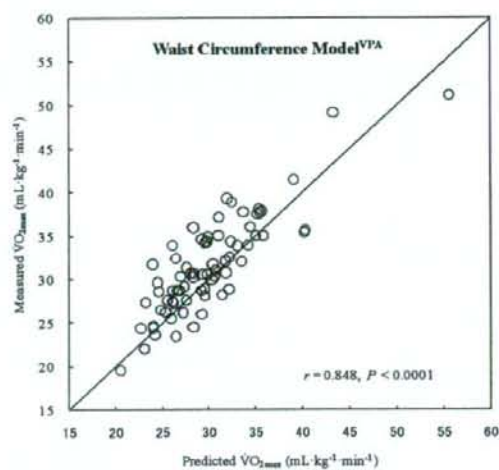
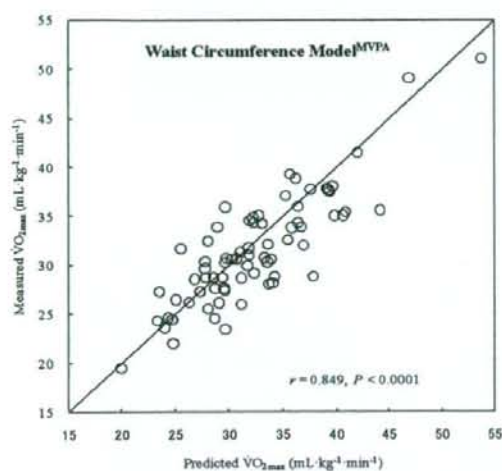
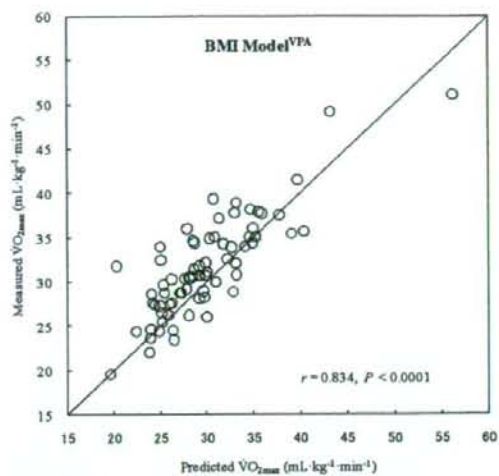
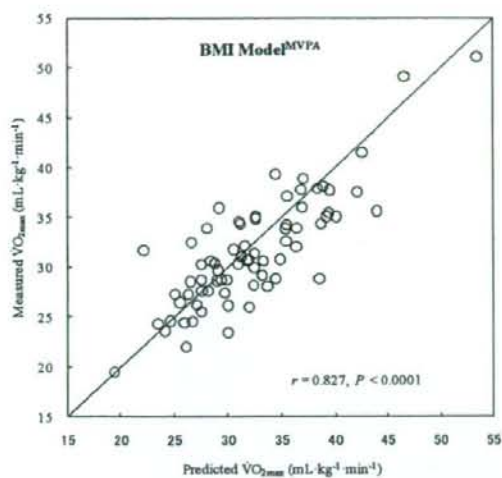
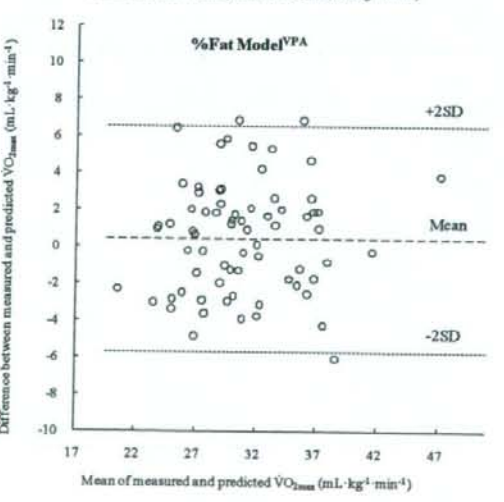
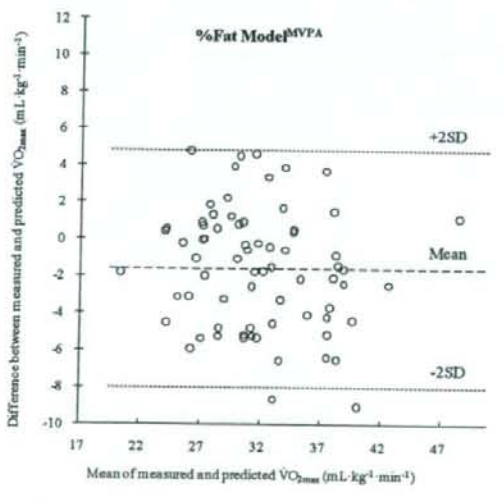
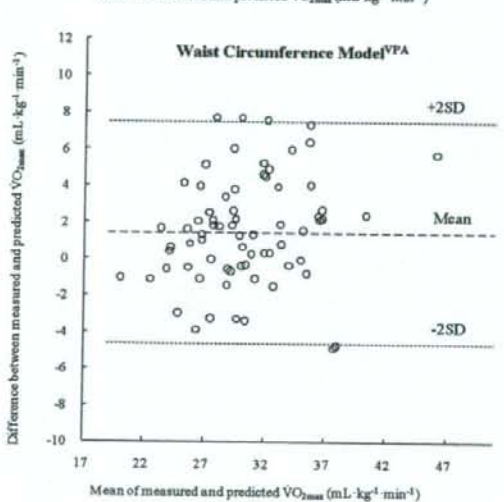
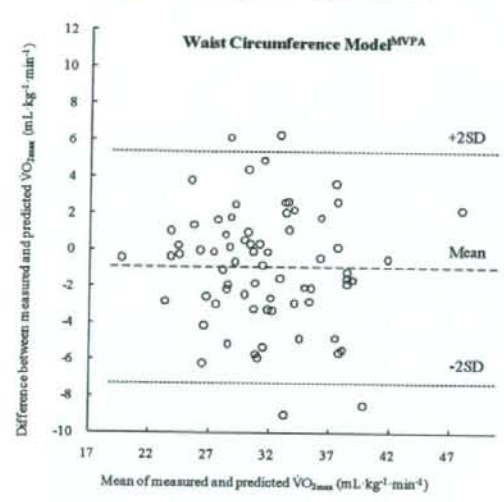
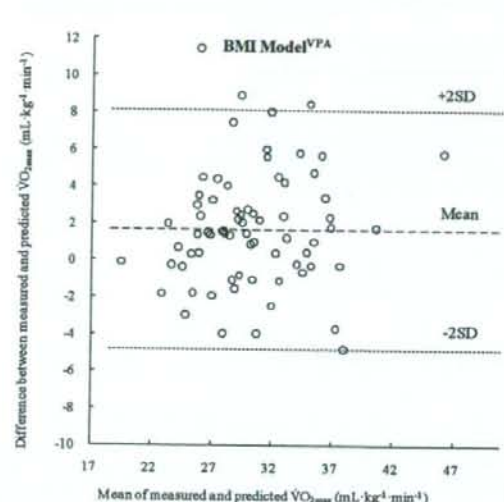
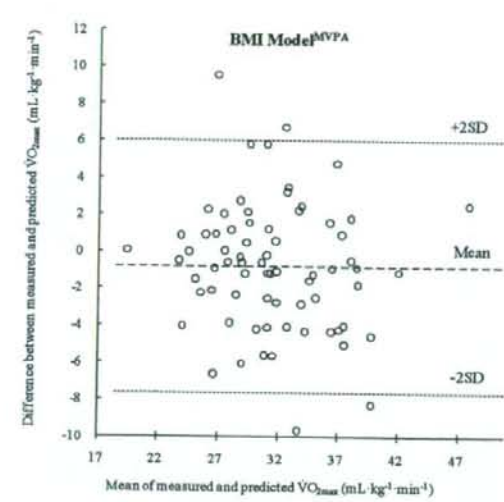


図1. 実測値 $\dot{V}O_{2max}$ と推定値 $\dot{V}O_{2max}$ との関係
(Model^{MVPA})

図2. 実測値 $\dot{V}O_{2max}$ と推定値 $\dot{V}O_{2max}$ との関係
(Model^{VPA})



☒ 3. Bland-Altman plot (Model^{MVPA})

☒ 4. Bland-Altman plot (Model^{VPA})

70 才以上の対象者に対する運動基準策定に関する研究・システマティックレビュー

—がんの発症と身体活動量・運動量との関係—

研究代表者 田畑 泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究協力者 曹 振波（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究要旨

本研究の目的は、健康づくりのための運動基準 2006 で、示すことの出来なかった“生活習慣病予防という観点から 70 才以上の国民に必要な身体活動量・運動量”を策定するために、がんの発症と 70 才以上の対象者における身体活動量・運動量との関係に関するシステマティックレビューを行うことであった。その結果、がんの発症をアウトカムとして、70 才以上の対象者に関しては、がんの発症と身体活動・運動量の関係を示すエビデンスなかった。従って、70 才以上の身体活動量・運動量を策定することはできなかつた。しかし、65 才以上の男性に関しては、前立腺がんの発症においてのみコホート研究があり、当該疾病の発症予防に必要な身体活動・運動量を策定することが可能と考えられる。

A. 研究目的

本研究の目的は、運動基準 2006 とエクササイズガイド 2006 の策定時において重要と認識されながら、掲載することのできなかつた科学的エビデンスの獲得、ここでは 70 才以上の国民に対するがんの発症予防という観点からの身体活動・運動の策定のためのエビデンスの獲得である。

B. 研究方法

20 才以上の対象者の身体活動・運動量とがんの発症に関するシステマティックレビューを以下の検索方法を用いて行った。

1. 検索方法：

- 対象としたデータベース：Pub Med
- 対象とした期間：2008 年 5 月 15 日
- 検索式：("physical activity" OR "exercise" OR "physical training" OR "fitness" AND (cancer OR tumor OR tumors OR carcinoma) AND (follow OR observation OR prospective OR longitudinal OR retrospective)
- 検索制限：human
- 2. 採択基準：
 - 定量的方法で評価された身体活動・運動量に関する情報（種類、強度及び時間：MET·h/wk、Kcal/wk）を明示した研究。
 - 身体活動・運動単独の効果を分析[身体活動

・運動以外の要因（性・年齢・喫煙・代謝性危険因子・・・）を統計的に補正した研究。

C. 研究結果

ガンの発症と20才以上の対象者の身体活動量・運動量の関係のシステマティックレビューに検索式でヒットした件数は1391本である。245本の全文を取り寄精読した。その結果、70才以上の対象者に関しては、ガンの発症と身体活動・運動量の関係を示すエビデンスなかった。しかし、65歳以上の高齢者の癌発症と身体活動量との関係を検討した論文は2編あった。アメリカワシントン州の男性(50才～76才)を対象に、身体活動量と前立腺ガンの発症との関係を検討した研究によると、65歳以上の高齢者における週10.5メッツ・時の運動は進行性でない前立腺ガンの発症のハザード率が0.60であった。アメリカワシントン州の男性(40才～75才)を対象に、身体活動量と前立腺ガンの発症との関係を検討した研究によると、65歳以上の高齢者における週29メッツ・時の高強度運動は進行性前立腺ガンの発症の相対危険度が0.33であった。その他のガンについては、身体活動・運動量との関係を示すエビデンスはなかった。

D. 結論

ガンの発症をアウトカムとして、70才以上の身体活動・運動量を策定することはできない。しかし、65才以上の男性に関しては、前立腺ガンの発症においてのみコホー

ト研究により、当該疾病の発症予防に必要な身体活動・運動量が示されることは有意義であると考えられる。

65才以上の対象者に対する運動基準策定に関する研究・システマティックレビュー
—高血圧・脳卒中、骨粗鬆症の発症及び自立度低下と身体活動量・運動量、体力との関係—

研究代表者 田畑 泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究協力者 高田和子（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

本研究は、今後、高齢者を対象とした運動基準策定のための資料を得ることを目的として、高血圧・脳卒中・骨粗鬆症の発症予防及び自立度低下の予防のために必要な運動量・身体活動量、体力に関するエビデンスをシステマティックレビューにより収集することを目的とした。その結果、65歳以上の対象における高血圧・脳卒中発症予防のための論文はなかった。骨折発症と自立度低下を予防する身体活動量は、16～18METs・hr程度であり、運動基準 2005 より、やや少ない量の身体活動の目標量と考えられた。骨粗鬆症予防、自立度低下予防には、体力が高いことが有効であることは示されたが、体力の目標値の設定には、データが不足していた。

A. 研究目的

本研究は、運動基準 2006 とエクササイズガイド 2006 の策定時において掲載することのできなかった高齢者を対象とした運動基準を策定するための基礎資料を収集することを目的とした。高血圧・脳卒中の発症、骨粗鬆症の発症と自立度の低下を予防するための、身体活動量・運動量・体力に関連するエビデンスを収集した。

B. 研究方法

運動基準 2006 策定時に行ったシステマティックレビューに、下記の手順により、その後の論文を追加した。

1. 検索方法：

- 対象としたデータベース：Pub Med
- 対象とした期間：2008年10月7日ま

で

● 検索式：

高血圧・脳卒中：("physical activity" OR exercise OR "physical training" OR fitness) AND (mortality OR incidence OR morbidity) AND (hypertension OR stroke) AND (follow OR observation OR prospective OR longitudinal OR retrospective)
骨粗鬆症："physical activity" OR exercise OR "physical training" OR "physical fitness") AND (osteoporosis OR fracture OR "bone mineral density") AND (follow OR observation OR prospective OR longitudinal OR retrospective)

自立度低下: ("physical activity" OR exercise OR "physical training" OR fitness) AND (((disab* OR impaired OR limit* OR decline) AND function*) OR disability OR hospitalization* OR institution* OR "Activities of Daily Living") AND (Follow* OR observation* OR prospective OR longitudinal OR retrospective) AND (aged OR elderly)

- 検索制限: human, English, Japanese, Aged:65+ years

2. 採択基準:

- 対象者全員が 65 歳以上
- 定量的方法で評価された身体活動・運動量に関する情報を明示した研究。あるいは、何らかの体力指標について検討している研究。
- 身体活動・運動単独の効果を分析[身体活動・運動以外の要因(性・年齢・喫煙・代謝性危険因子・・・)を統計的に補正]した研究。

C. 研究結果

①脳卒中・高血圧

運動基準 2006 策定時のシステマティックレビューにおいて、上記の条件に当てはまる文献はなかった。今回の検索では、1381 編が検索式により該当したが、タイトルから 3 編に抽出され、その 3 編については全文を取り寄せて確認したところ、採択基準に該当する論文はなかった。

②骨粗鬆症

骨粗鬆症の診断基準に基づく骨粗鬆症発症に関連する研究はないため、骨折や転倒の発症をアウトカムとしている論文を検索した。

運動基準 2006 策定時のシステマティックレビューで抽出された論文は 86 編であった。今回、検索して該当した論文は 941 編でそのうち、タイトルにより 30 編を選択し、さらにアブストラクトにより 19 編に絞って全文を取り寄せた。その結果、前回のレビューと今回のレビューをあわせて、採択基準に該当する 19 編が選択された。

その結果、身体活動量については、身体活動量と骨折発症リスクの関係を検討した論文が 2 編、身体活動量と転倒発症リスクを検討した論文が 2 編あった。身体活動量が多いことは、骨折・転倒とも発症リスクを低下させたが、METs・hr に換算できる論文は、5 編であり、主に有酸素運動の時間のみを計算した 9METs・hr から歩行等を含む 18.3METs・hr までの値で、骨折の発症率が低くなることが示された(表 1)。この値は、現在の運動基準よりはやや少ない値であった。

体力と骨折発症リスクを検討した論文が 8 編、体力と転倒発症リスクを検討した論文が 1 編あった。指標としている体力は様々であるが、2 編を除くと体力が高い方が、骨折・転倒のリスクを小さくしていた。関連する体力は、筋力(握力、三頭筋、脚伸展力)、歩行速度、立位可能時間、timed up & go、椅子からの立ち上がりなどである。指標としている体力が異なっていること、測定方法が異なることなどから、体力の数値目標値を示すには、論文数が不足していた。

③自立度低下

運動基準 2006 策定時のシステマティックレビューで抽出された論文は 76 編であった。今回の検索では 895 編が該当したが、タイトルにより 88 編が、アブストラクトの確認により 27 編が抽出された。その後、全文を確

認め、採択基準にあわせて38編が抽出された。

身体活動量と自立度低下のリスクを検討した論文は25編であった。自立でなくなる基準はADLのいずれかに補助が必要になることとしている論文が多いが、使用しているADLの項目は一致していない論文も見られた。ADL以外の指標としては、IADLや歩行能力を指標とした論文があった。そのうち4編は身体活動量と自立度低下の関連を認めなかったが、21編では、身体活動量が多いことが、自立度維持に有効であった。身体活動量の種類では、運動だけでなく、日常の家事や歩行を含む場合が多く、運動基準では対象としない低強度の活動を含んでいることも多かった。また、身体活動量の頻度のみを問う質問が多く、1回の時間が不明な論文が多かった。最終的に、METs・hrに換算できた論文は5編あった(表2)。そのうち、2編は、日常の主要な活動をすべて網羅しており、そのため自立度低下を予防できる身体活動量として28.4、36.6METs・hrとなった。一方、歩行のみを対象とした研究では5.3~6METs・hr、歩行と階段昇降、家事等の身体活動を含めた論文で15.8、16.5METs・hrであった。

体力と自立度低下のリスクを検討した論文は13編であった。自立でなくなる基準は、ADLのいずれかに補助が必要になることとしている論文が多いが、使用しているADLの項目が異なる論文もみられた。ADL以外の指標としては、IADLや歩行能力が使用されていた。すべての論文が、何らかの体力指標が良好なことが、自立度を維持することに有効であることを示していた。自立度維持に有効としている体力指標としては、握力、歩

行速度が多く、それ以外では、椅子からの立ち上がり(指定した回数の椅子からの立ち上がり動作の所要時間あるいは手を使わずに椅子から立ち上がれるか)、立位可能時間(両足起立、セミタンデム、タンデム)、膝の伸展力が多かった。しかし、体力の目標値を示すには同じ条件での体力測定値が少なかった。

D. 結論

65歳以上の対象における高血圧・脳卒中発症予防のための論文はなかった。骨折発症と自立度低下を予防する身体活動量は、16~18METs・hr程度であり、運動基準2005より、やや少ない量の身体活動の目標量と考えられた。骨粗鬆症予防、自立度低下予防には、体力が高いことが有効であることは示されたが、体力の目標値の設定には、データが不足していた。

E. 引用文献

- 1) Paganini-Hill A, Chao A, Ross RK, Henderson BE. Exercise and other factors in the prevention of hip fracture: the Leisure World study. *Epidemiology* 1991 Jan;2(1):16-25
- 2) Gregg EW, Cauley JA, Seeley DG, Ensrud KE, Bauer DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med* 1998 Jul 15;129(2):81-8
- 3) Feskanich D, Willett W, Colditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA* 2002 Nov 13;288(18):2300-6

- 4) Schroll M. Physical activity in an ageing population. *Scand J Med Sci Sports* 2003 Feb;13(1):63-9
- 5) Nevitt MC, Cummings SR, Stone KL, Palermo L, Black DM, Bauer DC, Genant HK, Hochberg MC, Ensrud KE, Hillier TA, Cauley JA. Risk factors for a first incident radiographic vertebral fracture in women > or = 65 years of age: the study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 2005 Jan;20(1):131-40
- 6) Van Den Brink CL, Picavet H, Van Den Bos GA, Giampaoli S, Nissinen A, Kromhout D. Duration and intensity of physical activity and disability among European elderly men. *Disabil Rehabil* 2005 Mar 18;27(6):341-7
- 7) Kubota A, Ishikawa-Takata K, Ohta T. Effect of daily physical activity on mobility maintenance in the elderly. *International Journal of Sports and Health Science* 2005 3:83-90
- 8) Visser M, Simonsick EM, Colbert LH, Brach J, Rubin SM, Kritchevsky SB, Newman AB, Harris TB. Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: the mediating role of muscle parameters. *J Am Geriatr Soc* 2005 May;53(5):762-70
- 9) Landi F, Onder G, Carpenter I, Cesari M, Soldato M, Bernabei R. Physical activity prevented functional decline among frail community-living elderly subjects in an international observational study. *J Clin Epidemiol* 2007 May;60(5):518-24
- 10) Koster A, Penninx BW, Newman AB, Visser M, van Gool CH, Harris TB, van Eijk JT, Kempen GI, Brach JS, Simonsick EM, Houston DK, Tyllavsky FA, Rubin SM, Kritchevsky SB. Lifestyle factors and incident mobility limitation in obese and non-obese older adults. *Obesity (Silver Spring)* 2007 Dec;15(12):3122-32

表1 身体活動量と骨折発症リスク

No.	著者	発行年	age	人数	観察期間	性別	outcome	活動の種類	結果	METs・hr	換算
1	Paganini-Hill A	1991	73 yr.	F:8,600, M: 5,049	7 yr.	F M	大腿骨骨折	聞き取り調査により、屋外での活動(ジョギング、水泳など)、屋内での活動(ダンスなど)の1日の活動時間	屋内・屋外をあわせた1日の身体活動量が30分から1時間で、30分未満に比べて大腿骨骨折発症の相対危険度が低く(女性: RR 0.72 (0.55-0.94), 男性: RR 0.72 (0.43-1.20)), 1時間以上では(女性: RR 0.62 (0.47-0.80), 男性: RR 0.51 (0.31-0.86))。屋外での活動のみでは、1日に30分から1時間で、大腿骨骨折発症の相対危険度は女性: RR 0.88 (0.69-1.14)、男性 RR 0.37 (0.21-0.66)、1時間以上で女性: RR 0.68 (0.51-0.90), 男性: RR 0.43 (0.26-0.72)であった。	14	屋外及び屋内での身体活動、1日30分の4METs =0.5*4*7=14METs
2	Gregg EW	1998	≥65 yrs	9,704	7.6 yrs	F	脊椎骨折	Harvard Alumni Questionnaireにより、1週間に行った身体活動(スポーツ、余暇、歩行、階段昇降)、家事活動(床掃除、洗物)をkcalで換算した。	1週間の活動量を5分位に分けると、上位2群で(1,290-2,201 kcal/wk, >2201 kcal/wk)では大腿骨骨折の相対危険度が有意に低かった(0.64 (0.47-0.88), RR 0.64 (0.45-0.89))。1週間の高強度な家事活動の時間が9時間以上のグループは<5時間のグループに比べ、大腿骨骨折の危険性が有意に低かった(RR: 0.78 (0.62-0.99))であった。	18.3 (or 31.5)	スポーツ&歩行、階段。 1290kcal/67.1kg/1.05=18.3Mets hr (家事9時間/wk=3.5*9=31.5)
3	Feskanich D	2002		61,200	12 yrs	F	大腿骨骨折	前年の歩行、水泳、ジョギング、スポーツ時間等の身体活動量を調査し、Ainsworthらの方法によりMETsに換算	1週間の身体活動量が3~8.9METs・hrにおける大腿骨骨折発症の相対危険度は、3METs・hr未満に比べて、0.79(0.60-1.03)、9~14.9METs・hrで0.67(0.49-0.92)、15~23.9METs・hrで0.53(0.37-0.74)、24METs・hr以上で0.45(0.32-0.63)であった。1週間の歩行時間が1時間未満に比べ、1時間では大腿骨骨折発症の相対危険度は0.79 (0.05-1.14)、2~3時間で0.78 (0.53-1.14)、4時間以上で0.59 (0.37-0.94)であった。	9	歩行、ジョギング、水泳等主に有酸素運動
4	Schroll M	2003	50-85 yr.	F: 13,183, M: 17,045	33 yr.	F M	大腿骨骨折	活動記録	大腿骨骨折発症の相対危険度は、歩行、サイクリング、園芸などの中強度の身体活動を1週間に2時間未満に比べて、2-4時間(男性: RR 0.75 (0.55-1.03), 女性: RR 0.72 (0.59-0.89))、4時間以上(男性: RR 0.76 (0.54-1.07), 女性: RR 0.72 (0.57-0.92))であった。	16	歩行、サイクリング、園芸、4METs*4=16
5	Nevitt MC	2005	65-99 (median age, 70 years)	9,677	3.7 yrs	F	脊椎骨折	1日の仕事、家事、座位時間、横臥時間を口頭調査で、Paffenbarger questionnaireの方法により現在の余暇の身体活動を3段階に分類	脊椎骨折を初めて起こした人のオッズ比は、1日ほとんど歩いていないか家事活動の時間が1時間未満で、1.60 (1.16-2.2)、余暇の身体活動が中強度から高強度で0.67 (0.37-0.82)であった。	17.5	家事2.5METs×1hr ×7days=17.5

表2 自立度と身体活動量

No.	著者	年	年齢	性別	人数	追跡期間	自立度低下の指標	身体活動の質問内容	結果	METs ・hr	換算
1	Van Den Brink CL	2005	70-89	M	560	10yr	IADL(食事の支度、家事)、移動能力(外出、階段、400m歩行、重い荷物を100m運ぶ)、ADL(歩行での外出、ベッドからの寝起き、排泄、入浴、着替え、食事)の1つでも補助が必要になる。自立度低下のレベルを 経度(IADLのみ)、高度(IADL、移動能力、ADLの低下)に分けた。	Caspersenの質問紙。6種の活動(歩行、自転車、庭作業や趣味、スポーツなどの頻度と時間、趣味などは>2kcal/kgのもの)。時間による区分は486分と960分で3区分した。中央値は、低いで270分/週、中間で690分/週、高いで1432分/週。	総活動量では低いに対して、中間で0.55(1.30-0.99)、高いで0.46(0.26-0.84)。時間では低いに対して、中間で0.42(0.23-0.78)、高いで1.22(0.85-1.75)。	(28.4)	486分=8.1時間、3.5METs程度の活動として8.1*3.5=28.4
2	Kubota A et al	2005	65-84	M F	11,462	3yr.	5段階の自立度のランクの1段階でも低下	週に3回以上1日に30分以上の歩行、週に3回以上の1回30分以上の運動、週に3回以上1回30分以上の仕事の有無	歩行無しで1.21(1.02-1.44)、運動無しで1.19(1.03-1.38)、仕事無しで1.63(1.31-2.03)	5.3~6	歩行: 3.5*0.5*3=5.3 運動: 4*0.5*3=6
3	Visser M et al	2005	70-79	M F	3,075	4.5yr	1/4マイルの歩行か10段の階段昇りについて、6ヶ月ごとの確認で2回連続して困難と答えた場合。	1週間の庭仕事、高強度の作業、軽作業、買い物、洗濯、階段昇降、歩行、運動などの活動時間を聞き、運動が1000kcal/wk以上、運動は1000kcal/wk未満で総身体活動量は2719kcal/wk以上、不活発(上記以外)、歩行の影響を見るために運動が1000kcal未満の人で歩行が多い(400kcal/wk以上)、時々歩く(400kcal/wk)と歩行無しに分けた	男性では、運動群に対して、身体活動量の多い群で1.47(1.17-1.85)、不活発では2.08(1.60-2.70)。女性は、身体活動量多いで1.44(1.12-1.84)、不活発で1.98(1.51-2.60)。歩行では、歩行多いに比べて、男性では、時々歩くで1.29(1.00-1.67)、歩行無しで1.72(1.40-2.12)、女性は、時々歩くで1.16(0.94-1.44)、歩行無しで1.54(1.28-1.84)。	15.8	体重不明、60kgとすると1000/60/1.05=15.8
4	Landi F et al	2007	65<=(虚弱)	M F	2,005	12mo	1個以上のADLに補助が必要	3日間の室内での活動(軽い家事、掃除、庭作業など)とリクリエーション、買い物、自転車、運動などの活動で、3日間に2時間以上を活発。	活発な人では、不活発に比べて0.67(0.53-0.84)	16.5	2時間/3日=4.7時間/週、活動の強度を3.5とすると16.5
5	Koster A et al	2007	70-79	M F	2,694	6.5yr	1/4マイルの歩行か10段の階段昇りについて、6ヶ月ごとの確認で2回連続して困難と答えた場合。	7日間の身体活動(庭、重い家事作業、軽い家事、買い物、洗濯、階段昇り、運動のための歩行、他の目的の歩行、各種の運動など)について時間を聞き、強度と時間からエネルギー量に換算し、3区分(>106.5kcal/kg, <38.4kcal/kg、中間の2区分を1つにした)	非肥満者では、2年以内の早期の自立度低下は、活動量が高いに対して中間で1.30(1.01-1.69)、低いで1.90(1.44-2.53)、2年以降では中間で1.28(0.99-1.66)、低いで1.64(1.22-2.21)、肥満者は早期の低下で中間が1.39(0.98-1.97)、低いで1.61(1.09-2.37)、2年以降で中間が1.01(0.69-1.50)、低いで1.30(0.84-2.03)	(36.6)	38.4/1.05=36.6(各種強度度含む)

“健康づくりのための最大酸素摂取量”とメタボリックシンドローム及びその危険因子に関する研究

研究分担者 樋口 満 早稲田大学スポーツ科学学術院 教授

本研究では、30～69歳の男女175名を対象に、心肺体力及びメタボリックシンドローム（MS）のリスク及びその危険因子を評価した。心肺体力は、最大酸素摂取量（ VO_2max ）として定量化した。MSリスクは、MSの発現に関連する危険因子の保有数を評価した。被験者を、“運動基準2006”で定められた心肺体力の「基準値」及び「範囲」を用いて、以下の3群に分類した； VO_2max が1）「基準値」以上の心肺体力が高い（High; H）群、2）「基準値」未満であるが「範囲」内の心肺体力がやや低い（Medium; M）群、3）「範囲」を下回る心肺体力が低い（Low; L）群。その結果、男性においては、M群及びL群において、H群よりMSリスクが著しく高かった（H: 1.09 ± 0.98 , M: 1.81 ± 1.07 , L: 2.27 ± 0.70 , $P < 0.01$ ）。一方、女性においては、L群において、H群及びM群よりMSリスクが有意に高かった（H: 0.16 ± 0.50 , M: 0.60 ± 0.81 , L: 1.38 ± 1.13 , $P < 0.01$ ）。本研究の結果より、男性では心肺体力が“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「基準値」より低いとMSリスクが高く、女性では「範囲」を下回っているとMSリスクが高いことが示された。

A. 研究目的

“健康づくりのための運動基準2006—体力・身体活動・運動—（運動基準2006）”において、生活習慣病予防に必要な心肺体力として、“健康づくりのための最大酸素摂取量”が示されている。本研究では、“運動基準2006”で基準とされた心肺体力レベルを保持している集団では、MSのリスクが異なるかどうかを明らかにするとともに、MS発現に関連する腹囲、血中脂質、血圧、血糖と心肺体力（ VO_2max ）との関係について検討することを目的とした。

B. 研究方法

1. 対象者

2007年9月～2008年9月の期間に、当研究室における体力測定及び血液検査に参加した者を被験者とした。そのうち、原則として重度の疾病を有していない（健康、または軽症で体力測定への参加が可能）30～69歳の男性102名、及び女性73名の計175名を分析の対象とした。本研究は、早稲田大学スポーツ科学学術院「人間を対象とした研究倫理委員会」の承認を受け、ヘルシンキ宣言の精神に則って行われた。被験者には、事前に測定目的と内容を説明し、書面により同意を

得た後に、後述する諸検査及び $\dot{V}O_2\max$ の測定を行った。

2. 身体計測及び血液検査

身長、体重、腹囲を早朝空腹状態で測定した。腹囲は立位で臍位置にて測定した。身長と体重より、BMI (body mass index) を算出した。血圧は、椅座位で5分程度安静にした後、自動血圧計 (HEM-759P, オムロン) によって測定した。被験者の上腕部にカフを巻きつけ、収縮期血圧 (SBP; systolic blood pressure) 及び拡張期血圧 (DBP; diastolic blood pressure) を座位で2回ずつ測定し、それぞれの平均値を血圧の値とした。その後、早朝空腹状態のまま肘静脈から血液を採取し、トリグリセリド (TG; triglycerides), HDL コレステロール (HDL-C; HDL cholesterol), 及び血糖 (BG; blood glucose) の濃度を分析した。血液分析は (株) SRL に委託して行った。

3. MS リスクの評価

MS リスクは、MS の発現に関連する危険因子の保有数を評価した。1) ~4) までの日本内科学会による MS 判定基準の各項目に該当する場合を「1」と数え、4項目の合計を MS リスク保有数とした; 1) 腹囲 (Waist girth) : ≥ 85 cm (男性), ≥ 90 cm (女性), 2) 血中脂質異常: TG: ≥ 150 mg/dL かつ/または HDL-C: < 40 mg/dL, 3) 高血圧: SBP: ≥ 130 mmHg かつ/または DBP: ≥ 85 mmHg, 4) 高血糖: BG: ≥ 110 mg/dL。なお、高 TG 血症、高血圧、糖尿病

に対する薬剤治療をうけている場合は、それぞれの項目に含めた。

4. 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) の測定

$\dot{V}O_2\max$ は、自転車エルゴメータを用いた漸増負荷法により測定した。ペダル回転数を60回転に設定し、目標心拍数を110~120拍として5分間のウォーミングアップを行わせ、その後疲労困憊に至るまで1分毎に15W ずつ負荷を増加した。運動中は、各運動負荷ステージの心拍数と主観的運動強度 (Rating of perceived exertion; RPE) を求めた。運動中の呼気ガスは、呼吸代謝測定装置 ($\dot{V}O_22000$, Medical Graphics Corporation) を用いて分析した。なお、2008年8~9月に行われた65名の測定においては、測定機器のメンテナンスのため、呼吸代謝測定システム (エアロモニタ AE300, ミナト医科学) を用いて分析した。 $\dot{V}O_2\max$ の評価基準は、1) 酸素摂取量のレベリングオフがみられること、2) 年齢から推定される最大心拍数 ($220 - \text{年齢} \pm 5$ 拍/分) にほぼ到達していること、3) 呼吸交換比が1.0以上であること、4) RPE が19もしくは20であること、この4指標のうち2つ以上を満たすこととした。得られた $\dot{V}O_2\max$ の値は体重あたり (mL/kg/分) で評価した。

5. 体力水準による被験者の分類

$\dot{V}O_2\max$ の測定結果をもとに、被験者を“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「基準値」及び「範囲」によって3つの心肺体力

レベルに分類した；VO₂max が 1) 「基準値」以上を満たす心肺体力が高い (High; H) 群, 2) 「範囲」内かつ「基準値」未満の心肺体力がやや低い (Medium; M) 群, 3) 「範囲」を下回る心肺体力が低い (Low; L) 群.

6. 統計処理

各測定項目の値は平均値±標準偏差で示した. 心肺体力レベルが異なる 3 群間の平均値の比較には, 一元配置分散分析を用い, 有意差が認められた項目には, Tukey の事後検定を施した. 3 群間で年齢と BMI に有意差が認められた場合, MS リスク保有数の比較において, 年齢及び BMI を共変量として共分散分析を行った. いずれの場合も統計的有意水準は 5%未満とした.

C. 研究結果

男女ごとに被験者の特性を Table 1 に示した. MS のリスク保有の状況についてみると, リスク保有数は, 男性では 1.63 ± 1.07 , 女性では 0.74 ± 0.99 と, 男性は女性より約 2.2 倍高い値を示した. リスク保有数別に被験者を分類したところ, 男性では MS 危険因子を 1 つ保有する者の割合が最も多く (34%), 女性では MS 危険因子を保有しない者の割合が最も多かった (56%). MS 危険因子の発現頻度についてみると, 男女とも共通して高血圧, 腹囲, 血中脂質異常, 高血糖の順に, 発現頻度が高かった. なお, 本研究には, 高 TG 血症, 高血圧, 糖尿病に対する薬剤治療をうけている被験者が, 男性では 3 名 (3

名), 12% (12 名), 5% (5 名), 女性では 8% (6 名), 5% (4 名), 0% (0 名) 含まれた.

被験者を心肺体力レベルによって 3 群に分類したところ, Table 2 に示すように, 男性では, L 群の体重が H 群より有意に重く, L 群及び M 群の BMI は H 群と比べて有意に高い値を示した. 女性では, L 群において, 年齢が M 群に比べて有意に高い値を示した.

男女別に各群の MS リスク保有数を比較した結果, Fig. 1A に示すように, 男性では M 群及び L 群において保有数が H 群より高い値を示し, H 群に対して M 群では 1.7 倍, L 群では 2.1 倍であった. 一方, Fig. 1B に示すように, 女性では L 群において MS リスク保有数が H 群及び M 群より高い値を示し, L 群では H 群に対して 8.6 倍, M 群に対して 2.3 倍を示した. 男性では 3 群間で BMI に有意な差がみられ, 共分散分析によって BMI の影響を除いた後でも, MS リスク保有数に 3 群間で有意な差が認められた

($P < 0.05$). 女性では 3 群間で年齢に有意な差が認められ, 共分散分析によって年齢の影響を除いた後でも, MS リスク保有数に 3 群間で有意な差が認められた ($P < 0.05$).

どの MS 危険因子が MS リスク保有数に関与したのかを検討するために, 心肺体力と個々の危険因子との関係について分析した. 3 群間の MS 危険因子の値を比較した結果, Table 3 に示すように, 男性では心肺体力が低いと, 腹囲が有意に大きく, HDL-C が有意に低く, DBP が有意に高かった. 一方, 女性では心肺体力が低いと, 腹囲が有意に大

大きく、SBP、DBP 及び BP が有意に高い値を示した。

D. 考察

2007 年に行われた国民健康・栄養調査によると、30～69 歳で MS（腹囲+項目 2 つ以上該当）に該当する者は、男性では約 22%、女性では約 7%とされている。本研究で対象とした被験者においては、男性の 22%（22 名）、女性の 7%（5 名）が MS と判定され、最近の国民健康・栄養調査の結果とほぼ同程度の MS 発現頻度であった。

男女とも心肺体力が低い群（L 群）は、高い群（H 群）に対して 2 倍以上高い MS リスク保有数を示した。男性では心肺体力が“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「基準値」より低い群（M、L 群に相当）では、上回っている群（H 群に相当）より MS リスク保有数が有意に高いこと、女性では「範囲」を下回っている群（L 群に相当）では、上回っている群（M、H 群に相当）より MS リスク保有数が有意に高いことが示された。

MS リスク保有数についてみると、男性は平均では 1.63 であるのに対し、女性は 0.74 と男性の方が高い値を示しており、現在用いられている MS 判定基準では、男性の MS リスクが女性よりも著しく高かった（Table 1）。そのため、相対的な心肺体力が同レベルの男性と女性をそれぞれ比較すると、男性の方がリスク保有数が高くなっていったものと考えられる（Fig 1A 及び Fig 1B）。特に、心肺体力が「基準値」を下回る男性（M 及

び L 群）で、MS リスクが著しく高いことが示された。

本研究では、被験者を心肺体力レベルによって 3 群に分類したとき、女性では心肺体力が低い L 群の年齢が他の 2 群より高かった（ $P<0.05$ ）。“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「範囲」の下限値についてみると、男性では年齢とともに低下しているが、女性においては 20 歳代に比べて 30 歳代では低く、さらに 40 歳代ではより低くなっているものの、40 歳代以降では一定である。

したがって、 $\dot{V}O_2\max$ は、加齢による低下が原因で、中年以降の女性では年齢が高くなるほど基準とする「範囲」を下回る可能性が高くなったものと考えられる。そのため、女性においてのみ、3 群間の年齢に有意な差が認められたと考えられる。

この結果は、女性の“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「範囲」について再検討する必要性を示唆しているかもしれない。“運動基準 2006”において、心肺体力の基準値を策定する際に参考とされた文献の数で、女性を対象としたものは、男性の 1/4～1/5 程度と非常に少なかったことから、今後、特に中高年女性の心肺体力と生活習慣病・MS 予防に関するデータを蓄積する必要があると思われる。

本研究では、男性では心肺体力が低い群の BMI が高かったため、心肺体力が低い男性の MS リスク保有数に、BMI 高値が影響している可能性が考えられた。そこで、BMI を共変量として心肺体力と MS リスクとの関係を共分散分析によって検討したが、BMI

の影響を取り除いても、MS リスク保有数に有意な差が認められた。また、女性では、L 群の年齢が高かったため、年齢を共変量として心肺体力と MS リスクとの関係を共分散分析によって検討したが、年齢の影響を取り除いても、MS リスク保有数の有意な差は認められた。この結果は、高い心肺体力が BMI 及び年齢とは独立して MS リスクを軽減している可能性を示唆している。

個々の MS 危険因子と心肺体力との関係を検討した結果、男性では腹囲、HDL-C 及び DBP、女性では腹囲、SBP、DBP 及び BG において、心肺体力レベルの異なる 3 群間で有意な差が認められた。心肺体力の低い男性では、腹囲、血中脂質、血圧の項目が、心肺体力の低い女性では腹囲、血圧に加え血糖の項目が、MS リスクに関与したと考えられ、その結果、男女とも心肺体力が高い群では低い群に比べて MS リスクが低かったと考えられる。

E. 結論

男性では心肺体力が“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「基準値」より低いと MS リスクが高く、女性では「範囲」を下回っていると MS リスクが高いことが示された。特に、心肺体力の低い男性において、MS リスクが高いことが示唆された。心肺体力が高い中高年者では、MS を発現しにくいことが示唆される。これらの結果は、心肺体力が“健康づくりのための最大酸素摂取量”の「基準値」及び「範囲」より低い場合、VO₂max

を高めるような身体活動を推奨する根拠を部分的に提示しているといえるだろう。

F. 研究発表

論文発表

- 1) Miyatani M, Kawano H, Masani K, Gando Y, Yamamoto K, Tanimoto M, Oh T, Usui C, Sanada K, Higuchi M, Tabata I, Miyachi M. Required muscle mass for preventing lifestyle-related diseases in Japanese women. BMC Public Health. 2008; 8:291.
- 2) Kawano H, Nakagawa H, Onodera S, Higuchi M, Miyachi M. Attenuated increases in blood pressure by dynamic resistance exercise in middle-aged men. Hypertens Res. 2008; 31(5): 1045-53.
- 3) Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, Ishikawa-Takata K, Miyachi M, Tabata I. Prediction of VO₂max with daily step counts for Japanese adult women. Eur J Appl Physiol. 2009; 105(2): 289-96.

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Table 1. The characteristics of subjects.

	Men	Women
N	102	73
Age (yrs)	52 ± 13	51 ± 12
Height (cm)	171.1 ± 7.3	157.2 ± 5.7
Weight (kg)	72.5 ± 10.5	55.1 ± 7.9
BMI (kg/m ²)	24.7 ± 3.1	22.3 ± 3.1
VO ₂ max (L/min)	2.41 ± 0.53	1.55 ± 0.31
(mL/kg/min)	33.4 ± 6.6	28.3 ± 4.7
Waist girth (cm)	87.2 ± 7.7	79.4 ± 9.5
TG (mg/dL)	140 ± 129	82 ± 45
HDL-C (mg/dL)	59 ± 14	70 ± 14
SBP (mmHg)	130 ± 19	123 ± 19
DBP (mmHg)	85 ± 10	76 ± 11
BG (mg/dL)	101 ± 23	92 ± 10
Number of MS risk factors	1.63 ± 1.07	0.74 ± 0.99
Percentage of meeting the criterion for MS (%)		
Waist girth	56	11
High TG and/or low HDL-C	28	10
High SBP and/or high DBP	63	28
High glucose	16	5
Percentage of taking medicine (%)		
High TG (%)	3	8
High blood pressure (%)	12	5
High blood glucose (%)	5	0
Distribution of the number of MS risk factors (%)		
0	15	56
1	34	22
2	28	14
3	19	8
4	4	0

Data are shown as mean ± SD or %. BMI; body mass index, VO₂max; maximal oxygen uptake, TG; triglycerides, HDL-C; HDL cholesterol, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, BG; blood glucose.

Table 2. Physical characteristics in different levels of aerobic fitness.

Fitness level	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	VO ₂ max (mL/kg/min)	
Men	High	35	49 ± 13	172.4 ± 5.8	69.7 ± 9.7	23.4 ± 2.5	40.3 ± 6.7
	Medium	52	53 ± 12	170.8 ± 8.0	72.7 ± 8.9	24.9 ± 2.3*	31.2 ± 7.1
	Low	15	55 ± 14	168.9 ± 8.0	78.5 ± 15.0*	27.4 ± 4.5*†	24.9 ± 6.6
	P-value		P = 0.215	P = 0.295	P = 0.023	P < 0.001	—
Women	High	19	50 ± 9	158.7 ± 4.7	53.9 ± 5.8	21.4 ± 2.2	34.1 ± 6.0
	Medium	30	48 ± 13	156.8 ± 5.5	53.7 ± 7.0	21.9 ± 2.9	28.6 ± 4.9
	Low	24	57 ± 11†	156.4 ± 6.6	57.8 ± 9.7*	23.6 ± 3.6	23.4 ± 5.2
	P-value		P = 0.014	P = 0.378	P = 0.124	P = 0.041	—

BMI; body mass index, VO₂max; maximal oxygen uptake.

*: Significant difference from group H (High).

†: Significant difference from group M (Medium).

Table 3. Maximal oxygen uptake and MS risk factors in different levels of aerobic fitness.

Fitness level	N	Waist girth (cm)	TG ¹⁾ (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	SBP ²⁾ (mmHg)	DBP ²⁾ (mmHg)	BG ³⁾ (mg/dL)	
Men	High	35	83.1 ± 8.6 (31)	104 ± 95 (14)	64 ± 14 (0)	129 ± 19 (37)	82 ± 10 (31)	99 ± 17 (17)
	Medium	52	88.0 ± 5.8 * (65)	147 ± 132 (25)	56 ± 13 * (8)	131 ± 19 (56)	86 ± 10 (56)	104 ± 28 (17)
	Low	15	94.3 ± 10.1 *† (80)	195 ± 165 (47)	55 ± 13 (13)	133 ± 17 (60)	89 ± 12 * (87)	96 ± 11 (7)
	P-value		P < 0.001	P = 0.059	P = 0.012	P = 0.751	P = 0.043	P = 0.388
Women	High	19	73.8 ± 6.6 (21)	67 ± 29 (10)	73 ± 15 (0)	112 ± 12 (19)	72 ± 9 (12)	89 ± 8 (5)
	Medium	30	78.9 ± 9.4 (25)	79 ± 43 (11)	70 ± 14 (0)	122 ± 20 (31)	76 ± 11 (25)	89 ± 9 (6)
	Low	24	84.5 ± 9.1 * (47)	97 ± 55 (24)	66 ± 14 (4)	133 ± 17 * (62)	80 ± 11 * (44)	99 ± 11 *† (16)
	P-value		P = 0.001	P = 0.093	P = 0.216	P = 0.001	P = 0.039	P < 0.001

TG; triglycerides, HDL-C; HDL cholesterol, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, BG; blood glucose.

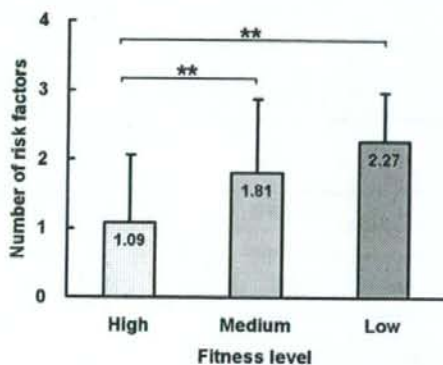
() = Percentage of meeting the criterion for MS in each category.

^{1), 2), 3)} :Data include values in subject taking medicine for high TG, high blood pressure, and/or high blood glucose.

* :Significant difference from group H (High).

† :Significant difference from group M (Medium).

A (Men)



B (Women)

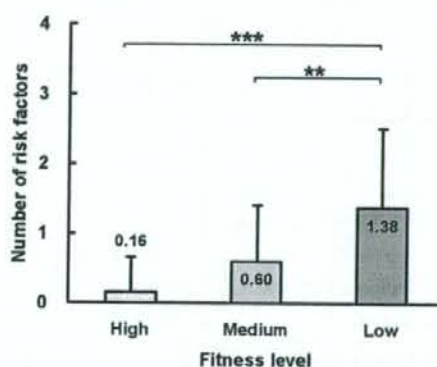


Fig. 1. Number of risk factors for metabolic syndrome in different levels of aerobic fitness in men (A) and in women (B).

** :P < 0.01 *** :P < 0.001

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
樋口 満 福永 哲夫	1. はじめに一健康の保持・増進という視点からスポーツを科学する — 4. 運動・スポーツの生理学 (3) 13. 生活習慣病予防と運動・スポーツ (3)	樋口 満 福永 哲夫	スポーツ・健康科学	財団法人放送大学出版振興会	東京都	2009	10-24 66-80 208-223
鈴木志保子 木村 典代 葦原摩耶子 青野 博 樋口 満	スポーツクラブに所属する児童の食生活・食意識・体調の実態と食教育	浅井 宏 祐	臨床スポーツ医学	文光堂	東京都	2008	849-854

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
Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, Ishikawa-Takata K, Miyachi M, Tabata I	Prediction of VO ₂ max with daily step counts for Japanese adult women	Eur J Appl Physiol	105(2)	289-96	2009
Kawano H, Nakagawa H, Onodera S, Higuchi M, Miyachi M	Attenuated increases in blood pressure by dynamic resistance exercise in middle-aged men	Hypertens Res	31(5)	1045-53	2008
Miyatani M, Kawano H, Masani K, Gando Y, Yamamoto K, Tanimoto M, Oh T, Usui C, Sanada K, Higuchi M, Tabata I, Miyachi M	Required muscle mass for preventing lifestyle-related diseases in Japanese women	BMC Public Health	8:291	—	2008