日本人男女の健康関連体力と心血管疾患危険因子との関係： 藤沢市在住の成人男女を対象とした横断研究

田中あゆみ^{1),2)} 齋藤 義信^{1),4)} 小堀 悦孝¹⁾
曹 振波³⁾ 樋口 満³⁾

Ayumi Tanaka^{1,2}, Yoshinobu Saito^{1,4}, Yoshitaka Kobori¹, Zhen-Bo Cao³ and Mitsuru Higuchi³: Health-related physical fitness is associated with cardiovascular disease risk factors in Japanese Women and Men. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 57: 415-426, December, 2012

Abstract : Purpose: To examine the associations of health-related physical fitness (HRPF) and cardiovascular disease (CVD) risk factors in Japanese women and men.

Methods: The subjects were 366 women and 162 men aged 30-79 years. Cardiorespiratory fitness (CRF) was measured with a graded exercise test on a cycle ergometer. Muscular strength was evaluated by measuring hand grip strength, muscular endurance was assessed by an abdominal endurance sit-ups test, and flexibility was measured by a sit-and-reach test. Z-scores for each test were summed to construct the HRPF index composite score (HRPFs). Various CVD risk factors, including systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), HDL cholesterol (HDL-c), triglycerides (TG), and fasting plasma glucose (FPG) were examined for each participant.

Results: After adjusting for age, body mass index (BMI), and smoking status, associations were found between CRF and SBP, DBP, HDL-c and TG, ($\beta = -0.191$; $p < 0.01$, $\beta = -0.167$; $p < 0.05$, $\beta = 0.245$; $p < 0.01$, $\beta = -0.233$; $p < 0.01$, respectively), and between muscular strength and HDL-c ($\beta = 0.156$; $p < 0.01$), muscular endurance and HDL-c ($\beta = 0.121$; $p < 0.05$) in women. In men, CRF was inversely associated with TG ($\beta = -0.255$; $p < 0.05$). Logistic regression analysis demonstrated an inverse gradient ($p < 0.05$) across tertiles of HRPFs and individual HRPF levels (including CRF, muscular strength, and flexibility) for prevalence of having two or more CVD risk factors after adjustment for age and smoking status. In comparison with individuals in the lowest tertile of HRPFs levels, those in the middle (odds ratios (ORs) 0.32 (95% CI: 0.17 to 0.60) in women and 0.45 (95% CI: 0.20 to 1.00) in men) and highest tertile (ORs 0.12 (95% CI: 0.05 to 0.28) in women and 0.31 (95% CI: 0.13 to 0.73) in men) had a significantly lower likelihood of having two or more CVD risk factors.

Conclusions: Our results show that HRPF is associated with CVD risk factors in Japanese women and men.

Key words : cardiovascular disease risk factors, cardiorespiratory fitness, muscular strength, muscular endurance, flexibility

キーワード : 心血管疾患危険因子, 心肺体力, 筋力, 筋持久力, 柔軟性

- 1) 藤沢市保健医療財団
〒251-0861 神奈川県藤沢市大庭5527-1
 - 2) 早稲田大学スポーツ科学研究科
〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
 - 3) 早稲田大学スポーツ科学学術院
〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
 - 4) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1
- 連絡先 田中あゆみ

1. Fujisawa city Health and Medical Foundation
5527-1 Oba, Fujisawa, Kanagawa 251-0861
2. Graduate School of Sport Sciences, Waseda University
2-579-15 Mikashima, Tokorozawa, Saitama 359-1192
3. Faculty of Sport Sciences, Waseda University
2-579-15 Mikashima, Tokorozawa, Saitama 359-1192
4. Sports Medicine Research Center, Keio University
4-1-1 Hiyoshi, Kohoku, Yokohama, Kanagawa 223-8521

Corresponding author ayumitanaka08@gmail.com

I. 緒 言

近年、我が国では急速な高齢化や生活習慣の変化により生活習慣病が増加している。我が国の2009年の3大死因は悪性新生物、心疾患、脳血管疾患であり、そのうち心血管系疾患（cardiovascular disease, 以下「CVD」と略す）である心疾患および脳血管疾患は全死亡数の約25%を占める（厚生労働省, online 1）。また、2009年度の一般診療医療費における循環器系疾患の占める割合は20.7%と最も多く（厚生労働省, online 2）、CVDを予防することは、国民の健康増進を推進する上で重要な意味を持つと考えられる。CVD危険因子には肥満、高血圧、高血糖および血中脂質異常などがあげられており、その多くは身体活動や食生活および禁煙など、生活習慣の修正により改善することができるといわれている（WHO, 2008）。したがって、身体活動量の増加、およびそれによる体力の向上は、良好な健康状態の保持につながると考えられる。

アメリカスポーツ医学会（American College of Sports Medicine, 以下「ACSM」と略す）は健康関連体力を「日常生活において活発に活動できる能力に関連しており、運動不足による疾患の早期発症リスクを低下させることにも関連する特性と能力を有するもの」と定義しており、その体力要素には心肺体力、筋力/筋持久力、柔軟性および身体組成が含まれている（ACSM, 2010）。

低い心肺体力（Carnethon et al., 2005; Hassinen et al., 2008; Lee et al., 2005; Rheaume et al., 2009; Takamiya et al., 2000）および筋力（Aoyama et al., 2011; Atlantis et al., 2009; Jurca et al., 2004; 南島ほか, 2010; Sayer et al., 2007; Wijndaele et al., 2007）の者は肥満、高血圧、高血糖、血中脂質異常および、これらが集積した状態であるメタボリックシンドロームなどの発症リスクが高いことが多くの先行研究により報告されている。したがって、これらの体力を高い水準に保つことはCVD危険因子を減少させ、CVDの発症を抑制することにつながると考えられてい

る。一方、いくつかの疫学研究は、握力、サイドステップ、垂直跳びおよび上体起こしなど様々な体力が総死亡率（Fujita et al., 1995; Katzmarzyk et al., 2002）および糖尿病の発症率（Katzmarzyk et al., 2007; Sawada et al., 2010）を低下させると報告している。Katzmarzyk et al. (2007) は筋フィットネススコア（Musculoskeletal fitness composite score; 上体起こし、腕立て伏せ、握力および長座体前屈を主成分分析を用いて総合的に評価したもの）が高いと糖尿病の発症リスクが低下することを報告している。また、糖尿病の発症と4種目の体力の総合スコア（Muscular and performance fitness index composite score; 垂直跳び、上体起こし、サイドステップおよびファンクショナルリーチをZスコアに変換し、それぞれを加算した合計値）との関係をみたSawada et al. (2010) の報告によると、総合スコアが最も高い群では糖尿病の発症リスクが低く、なかでも上体起こしの関与が最も強かったと報告している。

このように、健康関連体力を個別および総合的に高めておくことは死亡リスクや疾病の発症を抑制すると考えられる。従って、CVD発症リスクの高い糖尿病および高血圧（Teramoto et al., 2008）などの発症予防対策を検討するためには、CVD危険因子の中でも疾病発症の前段階の危険因子である血圧、脂質プロファイルおよび空腹時血糖と健康関連体力との関係を検討する必要がある。しかし、これまで心肺体力（Ekblom-Bak et al., 2009; Lee et al., 2005）および筋力（Wijndaele et al., 2007）と血圧、脂質プロファイル、空腹時血糖などのCVD危険因子との関係を示した報告はあるが、筋持久力および柔軟性や総合的な健康関連体力とこれらのCVD危険因子との関係を示した報告は我々の知る限りみあたらない。そこで、本研究は日本人の成人男女を対象として、個別および総合的な健康関連体力とCVD危険因子との関係を検討することを目的とした。

した。

II. 方 法

1. 対象者

本研究では、2001—2008年の間に藤沢市保健医療センターの健康づくりトレーニング事業に自主的に参加した者のベースラインデータを分析に用いた。この事業の参加にあたり、対象者は近隣の医療機関等において各自で健康診断を受け、その後、藤沢市保健医療センターで体力測定および運動負荷試験を含むメディカルチェックを受けた。これらの対象者のうち測定指標に影響を与える薬の服用者、空腹時血糖 (fasting plasma glucose, FPG) 126 mg/dL 以上、中性脂肪 (triglycerides, TG) 400 mg/dL 以上、および心肺体力測定において運動中の最高心拍数が推定最大心拍数 (220 - 年齢) の85%未満であった者を除外し、本研究の分析には528名 (女性366名, 男性162名: 30—79歳) のデータを用いた。

本研究の対象者には事業参加の際、健康診断および体力測定等の個人情報について、保健医療サービスの向上および公衆衛生の向上等に使用することを文書により説明し、文書により同意を得ている。さらに、本研究の目的および内容については施設内に掲示し、対象者へ周知した。本研究は、早稲田大学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。

2. 健康診断

対象者が受けた健康診断の測定項目には身長、体重、収縮期血圧 (systolic blood pressure, SBP)、拡張期血圧 (diastolic blood pressure, DBP)、総コレステロール (total cholesterol, TC)、HDL コレステロール (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-c)、TG、および FPG が含まれていた。採血は空腹時に行われた。LDL コレステロール (low-density lipoprotein cholesterol, LDL-c) は Friedewald et al. (1972) の式 ($LDL-c = TC - HDL-c - TG/5$) を用いて算出した。また、身長、体重から Body Mass Index (BMI: 体重を身長²で除した値 (kg/m²)) を算出

3. CVD 危険因子の判定基準

CVD 危険因子を判定するために以下の判定基準を用いた: 1) SBP ≥ 130 mmHg かつまたは DBP ≥ 85 mmHg, 2) TG ≥ 150 mg/dL かつまたは HDL-c ≤ 40 mg/dL, 3) FPG ≥ 100 mg/dL, 4) BMI ≥ 25 kg/m² (Morikawa et al., 2011)。

4. 健康関連体力の測定

心肺体力は自転車エルゴメーター (STB-2400, コンビ) を用いた運動負荷試験により測定した。運動負荷試験は1分間あたり15 watt ずつ増加するランプ負荷法 (初期負荷15 watt) で行い、ペダルの回転数は毎分50回転とした。対象者にはこれ以上こげないというところまで自転車をこいでもらうよう指示した。運動負荷中は心拍数、血圧、心電図 (STU-2100, 日本光電) および主観的運動強度 (rating of perceived exertion, RPE) を測定し、対象者の安全保持に努めた。年齢、体重および運動負荷時の最高仕事率 (watt) から Storer et al. (1990) の式を用いて $\dot{V}O_2\max$ を推定した。分析の際は体重当たりの値を用いた。

男性:

$$\begin{aligned}\dot{V}O_2\max \text{ (mL/min)} \\ &= 10.51 \times \text{仕事率 (watt)} + 6.35 \times \text{体重 (kg)} \\ &\quad - 10.49 \times \text{年齢 (yr)} + 519.3 \\ R &= 0.939, \text{ SEE} = 212 \text{ mL/min}\end{aligned}$$

女性:

$$\begin{aligned}\dot{V}O_2\max \text{ ((mL/min)} \\ &= 9.39 \times \text{仕事率 (watt)} + 7.7 \times \text{体重 (kg)} \\ &\quad - 5.88 \times \text{年齢 (yr)} + 136.7 \\ R &= 0.932, \text{ SEE} = 147 \text{ mL/min}\end{aligned}$$

筋力の指標として握力を測定した。握力は全身の筋力とよく相関することが知られており (衣笠ほか, 1994; Rantanen et al., 1994), 安全かつ簡単に測定することができる指標である。対象者には肘を伸ばした状態で、足を肩幅に開いた直立姿勢を維持し、最大努力で握力計 (ED-D100PNR,

ヤガミ製作所)を握るよう指示した。左右2回ずつ試行し、それぞれの高い方の値を合計して、体重当たりにした値を分析に用いた(ACSM 編, 2010)。

筋持久力の測定は腹筋群の筋持久力テストとしてよく用いられる上体起こしを実施した(Katzmarzyk et al., 2007; Loimaala et al., 2003)。対象者は両手を胸の前で交差させ、両膝を90°に曲げて足の甲を固定した仰向けの姿勢から、両肘が大腿部に付くまで上体を起こし、元の姿勢に戻るまでの動作を1回とした。評価は30秒の間に実施できた回数とした(文部科学省, online)。

ハムストリングス、股関節および腰部の柔軟性を反映するとされている長座体前屈を柔軟性の評価に用いた(ACSM 編, 2010)。対象者は床に両膝および両肘を伸ばして座り、両手の指先で測定器(WL-D50PNR, ヤガミ製作所)を押しながら、できるだけ遠くの前方へ上体をゆっくりと倒した。つま先の位置を0地点とし、つま先より体幹側をマイナス値、つま先より向こう側をプラス値として評価した。測定は2回行い、良い方の値を用いた。

全ての健康関連体力の測定値をZスコアに変換し、それぞれを加算した合計値を健康関連体力スコア(health-related physical fitness index composite score, 以下「HRPFs」と略す)とし、総合的な体力として評価した。

5. 統計処理

男女間の測定項目における平均値の差の検定には対応のないt検定を用い、喫煙状況および各CVD危険因子の発現割合の検定には χ^2 検定を用いた。また、女性のTG、DBPおよびFPGは正規分布しないため、対数変換を行った。各健康関連体力とそれぞれのCVD危険因子間の相関関係はPearsonの積率相関係数を用いて検討した。各健康関連体力とそれぞれのCVD危険因子との関係を検討するために重回帰分析を行った。従属変数はそれぞれのCVD危険因子とし、独立変数はModel 1ではCVDの発症に影響を及ぼすとされている、年齢(連続変数)および喫煙状況(有

無)と各健康関連体力をひとつずつ強制投入法によって投入した。さらにModel 2ではこれらに加え、体格の影響を調整するためにBMI(連続変数)を投入した。また、CVD危険因子が2個以上出現するオッズ比を体力の低・中・高カテゴリー別(3分位)に評価するために、CVD危険因子を2個以上併せ持った状態(有無)を従属変数とし、年齢(連続変数)、喫煙状況(有無)および各健康関連体力(カテゴリー変数)を独立変数とした多重ロジスティック回帰分析を行った。回帰式の適合度評価はHosmer-Lemeshowの適合度検定を行った。全ての統計処理にはIBM SPSS Statistics ver. 19を用い、統計的有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

対象者の身体的特徴をTable 1に示した。平均

Table 1 The characteristics of subjects

	Women (n=366)	Men (n=162)
Age (yr)	52.6±10.2	58.3±12.3 **
Height (cm)	156.0±5.2	167.7±5.7 **
Weight (kg)	55.1±8.4	67.8±10.1 **
BMI (kg/m ²)	22.6±3.2	24.1±3.1 **
SBP (mmHg)	122.6±16.7	131.8±19.0 **
DBP (mmHg)	72.7±10.5	79.2±12.1 **
HDL-c (mg/dL)	70.2±16.3	57.7±14.0 **
LDL-c (mg/dL)	126.4±32.5	124.9±31.1
TG (mg/dL)	91.5±47.7	130.1±67.5 **
FPG (mg/dL)	91.6±10.2	95.4±9.2 **
$\dot{V}O_2$ max (mL/kg/min)	25.0±3.9	29.5±5.4 **
Hand grip strength (kg/BW)	0.90±0.18	1.15±0.23 **
Sit-ups (times/30sec)	10.5±5.4	14.4±5.7 **
Sit-and-reach (cm)	7.7±8.6	-1.9±10.5 **
Cyrrtent smoker (%)	7.5	25.3 **

Data are shown as means ± SD or proportions.

**p<0.01

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HDL-c, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-c, low-density lipoprotein cholesterol; TG, triglyceride; FPG, fasting plasma glucose; $\dot{V}O_2$ max, maximal oxygen uptake; BW, body weight.

Table 2 Relationship between health-related physical fitness and cardiovascular disease risk factors

	Women					
	Age (yr)	BMI (kg/m ²)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL/kg/min)	Hand grip strength (kg/BW)	Sit-ups (times/30 sec)	Sit-and-reach (cm)
SBP (mmHg)	0.269**	0.328**	-0.380**	-0.199**	-0.130*	-0.022
DBP (mmHg)	0.206**	0.321**	-0.330**	-0.187**	-0.120*	-0.011
HDL-c (mg/dL)	-0.051	-0.357**	0.279**	0.303**	0.153**	0.090
LDL-c (mg/dL)	0.412**	0.119*	-0.320**	-0.172**	-0.232**	0.011
TG (mg/dL)	0.283**	0.330**	-0.412**	-0.287**	-0.222**	0.012
FPG (mg/dL)	0.161**	0.172**	-0.154**	-0.180**	-0.157**	-0.021

	Men					
	Age (yr)	BMI (kg/m ²)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL/kg/min)	Hand grip strength (kg/BW)	Sit-ups (times/30 sec)	Sit-and-reach (cm)
SBP (mmHg)	0.200*	0.302**	-0.283**	-0.142	-0.194*	-0.098
DBP (mmHg)	0.210**	0.271**	-0.314**	-0.151	-0.173*	-0.061
HDL-c (mg/dL)	0.004	-0.245**	0.205**	0.230**	0.081	0.168*
LDL-c (mg/dL)	0.052	0.163*	-0.120	-0.093	-0.064	-0.027
TG (mg/dL)	-0.121	0.427**	-0.225**	-0.160*	0.061	-0.123
FPG (mg/dL)	0.177*	0.258**	-0.277**	-0.980	-0.044	-0.144

Data are correlation coefficient. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HDL-c, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-c, low-density lipoprotein cholesterol; TG, triglyceride; FPG, fasting plasma glucose; BMI, body mass index; $\dot{V}O_2\text{max}$, maximal oxygen uptake

年齢は女性52.6歳，男性58.3歳であった。LDL-c および HDL-c を除く全ての項目において，女性が男性より有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。HDL-c は女性が男性より有意に高く ($p < 0.01$)，LDL-c は男女間で有意な差はみられなかった。喫煙者の割合は女性7.5%，男性25.3%であった。CVD 危険因子の保有数は女性0.8個，男性は1.5個であり，男性は女性に比べて約2倍高い保有数であった。BMI 25以上の者は女性20.2%，男性35.2%，血圧高値者は女性31.7%，男性51.2%，脂質異常者は女性10.9%，男性35.8%であり，FPG 高値者は女性12.6%，男性29.6%であり，これらは全て男性の方が女性よりも有意に高い割合を示した ($p < 0.01$)。

Table 2 には各健康関連体力とそれぞれの CVD 危険因子間の単相関関係を示した。女性では $\dot{V}O_2\text{max}$ ，握力および上体起こしと SBP，DBP，LDL-c，TG および FPG との間に有意な負の相関関係が認められ ($p < 0.05$ ，それぞれ)，HDL-c との間には正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。男性では各健康関連体力と一部の CVD

危険因子との間に相関関係が認められた ($p < 0.05$ ，それぞれ)。

各健康関連体力とそれぞれの CVD 危険因子との関係を検討するために重回帰分析を行った (Table 3)。年齢および喫煙状況で調整すると (Model 1)，女性では $\dot{V}O_2\text{max}$ は SBP，DBP，HDL-c および TG ($p < 0.01$ ，それぞれ) と，握力は全ての CVD 危険因子と ($p < 0.05$ ，それぞれ)，上体起こしは HDL-c ($p < 0.01$) および TG ($p < 0.05$) との間に有意な相関関係が認められた。しかし，長座体前屈は CVD 危険因子との間に有意な相関関係は認められなかった。一方，男性では $\dot{V}O_2\text{max}$ は SBP，DBP，HDL-c，TG および FPG ($p < 0.01$ ，それぞれ) と，握力は HDL-c ($p < 0.01$) および TG ($p < 0.05$) と，長座体前屈は HDL-c ($p < 0.05$) との間に有意な相関関係が認められたが，上体起こしは有意な相関関係は認められなかった。年齢および喫煙状況に加え，BMI で調整すると (Model 2)，女性では $\dot{V}O_2\text{max}$ は SBP ($p < 0.01$)，DBP ($p < 0.05$) および TG ($p < 0.01$) との間に有意な負の相関関係がみ

Table 4 Prevalence (%) and odds ratios (OR) with 95% confidence intervals (95% CI) for more than two CVD risk factors across health-related physical fitness categories

	All	Preva- lence		Model 3 ^{†††}			Model 4 ^{††††}		
	N	N	%	OR	95% CI	p [#]	OR	95% CI	p [#]
Women									
$\dot{V}O_2$ max						0.390			0.659
Low fit	122	42	34.4	1			1		
Moderate fit	122	19	15.6	0.33	0.17–0.64		0.54	0.26–1.13	
High fit	122	8	6.6	0.12	0.05–0.30		0.26	0.10–0.70	
P trend				p<0.001			p=0.004		
Hand grip strength						0.921			0.691
Low fit	122	44	36.1	1			1		
Moderate fit	122	20	16.4	0.33	0.18–0.61		0.40	0.21–0.78	
High fit	122	5	4.1	0.08	0.03–0.21		0.12	0.04–0.33	
P trend				p<0.001			p<0.001		
Sit-ups						0.004			0.160
Low fit	115	30	26.1	1			1		
Moderate fit	118	17	14.4	0.60	0.30–1.21		0.92	0.41–2.10	
High fit	133	22	16.5	0.76	0.38–1.50		2.90	1.19–7.10	
P trend				p=0.354			p=0.077		
Sit-and-reach						0.345			0.576
Low fit	122	32	26.2	1			1		
Moderate fit	125	21	16.8	0.52	0.28–0.98		0.71	0.35–1.45	
High fit	119	16	13.4	0.41	0.21–0.80		0.70	0.33–1.45	
P trend				p=0.007			p=0.426		
HRPFs						0.294			
Low fit	122	44	36.1	1					
Moderate fit	122	18	14.8	0.32	0.17–0.60				
High fit	122	7	5.7	0.12	0.05–0.28				
P trend				p<0.001					
Men									
$\dot{V}O_2$ max						0.398			0.554
Low fit	54	38	70.4	1			1		
Moderate fit	54	21	38.9	0.21	0.09–0.49		0.22	0.09–0.55	
High fit	54	16	29.6	0.10	0.37–0.29		0.10	0.03–0.32	
P trend				p<0.001			p<0.001		
Hand grip strength						0.650			0.347
Low fit	54	34	63.0	1			1		
Moderate fit	54	24	44.4	0.48	0.22–1.04		0.54	0.24–1.26	
High fit	54	17	31.5	0.27	0.12–0.61		0.44	0.17–1.13	
P trend				p=0.001			p=0.085		
Sit-ups						0.498			0.390
Low fit	47	24	51.1	1			1		
Moderate fit	57	29	50.9	0.98	0.45–2.14		1.33	0.56–3.13	
High fit	58	22	37.9	0.56	0.23–1.37		1.46	0.51–4.17	
P trend				p=0.209			p=0.512		
Sit-and-reach						0.187			0.144
Low fit	53	32	60.4	1			1		
Moderate fit	56	24	42.9	0.49	0.23–1.06		0.67	0.29–1.56	
High fit	53	19	35.8	0.37	0.17–0.81		0.72	0.29–1.81	
P trend				p=0.013			p=0.383		
HRPFs						0.595			
Low fit	54	33	61.1	1					
Moderate fit	54	23	42.6	0.45	0.20–1.00				
High fit	54	19	35.2	0.31	0.13–0.73				
P trend				p=0.007					

Model 3 adjusted for age and smoking; *Model 4 adjusted for Model 3 plus all fitness.

[#]Hosmer-Lemeshow test $\dot{V}O_2$ max, maximal oxygen uptake; HRPFs, health-related physical fitness index composite score.

られ、HDL-c ($p < 0.01$) との間には有意な正の相関関係が認められた。また、握力 ($p < 0.01$) および上体起こし ($p < 0.05$) は HDL-c との間には有意な正の相関関係が認められた。一方、男性では $\dot{V}O_2\text{max}$ と TG ($p < 0.05$) との間にのみ有意な負の相関関係が認められた。

Table 4 には CVD 危険因子が 2 個以上発現するオッズ比を、年齢および喫煙状況で調整し、各体力のカテゴリー別および HRPFs のカテゴリー別に示した (Model 3)。CVD 危険因子が 2 個以上発現するオッズ比は、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が最も低い群に対して、女性の間群は 0.33 (95%CI 0.17–0.64)、最も高い群は 0.12 (95%CI 0.05–0.30) であり、男性はそれぞれ 0.21 (95%CI 0.09–0.49)、0.10 (95%CI 0.37–0.29) であった。握力が最も低い群と比較したそれぞれの群のオッズ比は、握力が増加するごとに、女性は 0.33 (95%CI 0.18–0.61)、0.08 (95%CI 0.03–0.21)、男性はそれぞれ 0.48 (95%CI 0.22–1.04)、0.27 (95%CI 0.12–0.61) と低下した。長座体前屈が最も低い群と比較したそれぞれの群のオッズ比は、中間群では女性 0.52 (95%CI 0.28–0.98)、男性 0.49 (95%CI 0.23–1.06)、最も高い群では女性 0.41 (95%CI 0.21–0.80)、男性 0.37 (95%CI 0.17–0.81) であった。一方、上体起こしは 3 群間において CVD 危険因子が 2 個以上発現するオッズ比に男女とも差はみられなかった。また、HRPFs が最も低い群に比べて中間群、高い群の CVD 危険因子が 2 個以上発現するオッズ比は、女性は 0.32 (95%CI 0.17–0.60)、0.12 (95%CI 0.05–0.28)、男性は 0.45 (95%CI 0.20–1.00)、0.31 (95%CI 0.13–0.73) であった。さらに、独立変数にその他の健康関連体力を投入すると、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が最も低い群に対して、女性の間群は 0.54 (95%CI 0.26–1.13)、最も高い群は 0.26 (95%CI 0.10–0.70) であり、男性はそれぞれ 0.22 (95%CI 0.09–0.55)、0.10 (95%CI 0.03–0.32) であった。握力が最も低い群と比較したそれぞれの群のオッズ比は、女性は中間群では 0.40 (95%CI 0.21–0.78)、最も高い群では 0.12 (95%CI 0.04–0.33) であった (Model 4)。

Ⅳ. 考 察

本研究は日本人の成人男女を対象に、個別および総合的な健康関連体力と CVD 危険因子との関係を検討した横断研究である。1) 男女とも $\dot{V}O_2\text{max}$ とそれぞれの CVD 危険因子との間に有意な相関関係が認められ、さらに女性は握力および上体起こしと一部の CVD 危険因子 (HDL-c) との間に有意な正の相関関係が認められた。2) 各体力を 3 群 (三分位) に分類し、それぞれの体力カテゴリー別に CVD 危険因子が 2 個以上発現するリスクを調査したところ、男女とも $\dot{V}O_2\text{max}$ 、握力および長座体前屈において、最も体力が高い群は CVD 危険因子の発現リスクが低かった。しかし、独立変数に他の体力を追加したところ、その関係は女性では $\dot{V}O_2\text{max}$ および握力、男性では $\dot{V}O_2\text{max}$ のみでしかみられなかった。3) また、男女とも HRPFs が最も高い群では CVD 危険因子が 2 個以上発現するリスクが低かった。

本研究の対象者における喫煙者の割合は女性 7.5%、男性 25.3% であり、BMI が 25 以上の肥満者の割合は女性 20.2%、男性 35.2% であった。2009 年の国民健康・栄養調査の結果によると (厚生労働省, online 3)、我が国の喫煙者の割合は女性 10.9%、男性 38.2% であり、肥満者の割合は女性 20.8%、男性 30.5% であった。この結果と比べると、本研究の対象者は男性の喫煙者の割合が少なく、肥満者の割合は男女とも同程度の集団であった。

本研究では、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が高い者は CVD リスクが低いという先行研究と同様の結果が得られた (Ekblom-Bak et al., 2009; Gibbons et al., 1983)。心肺体力の指標である $\dot{V}O_2\text{max}$ は、健康づくりのための運動基準 2006 (厚生労働省, online 4) の中でも、健康を維持・増進させるための体力として目標値が記されており、健康度を評価する体力指標として数多くのエビデンスにより支持されている (Blair et al., 1984; Wei et al., 1999)。したがって、 $\dot{V}O_2\text{max}$ を高いレベルに保つような

運動を促すことは、今後も健康づくり運動の指導現場における重要な取り組みのひとつであるといえる。

一方、筋力と CVD 危険因子との関係を示したいくつかの疫学的な報告があるが、その関係は女性においてのみ認められるという報告と (Aoyama et al., 2011; Wijndaele et al., 2007), 男性 (Jurca et al., 2004) および男女あわせた結果 (Sayer et al., 2007) において認められるという報告があり、一定の見解が得られていない。Wijndaele et al. (2007) は 18—75 歳の男性 571 名, 女性 448 名を対象に, 等尺性の膝伸展力および膝屈曲力の合計値と CVD 危険因子との関係を検討したところ, 女性においてのみ腹囲, TG および HDL-c との間に有意な相関関係を認めたとしている。また, Aoyama et al. (2011) も 20—69 歳の男女それぞれ 110 名の握力と CVD 危険因子との関係をみたところ, 女性にのみ握力と FPG との間に有意な相関関係が認められたとしている。一方, Jurca et al. (2004) は 8,570 名の男性 (20—75 歳) において, 筋力 (ベンチプレスおよびレッグプレスの 1 RM 値をスコア化) レベルによって 4 群に分類し, 腹囲, FPG, TG, HDL-c, SBP および DBP との関係をみた結果, 筋力が高い群ほど CVD リスクが低かったと報告している。また, Sayer et al. (2007) は 59—73 歳の男性 1,438 名, 女性 1,239 名をあわせて分析した結果, 握力と TG, HDL-c, 血圧, 腹囲, 血糖 2 時間値およびインスリン抵抗性の指標である HOMA との間に有意な相関関係を認めている。本研究において, 年齢および喫煙状況で調整したところ, 男女とも握力と CVD 危険因子との間に有意な相関関係が認められた (Table 3, Model 1)。さらに, 調整因子に BMI を加えたところ, 女性にのみ握力と一部の CVD 危険因子 (HDL-c) との間に有意な相関関係が認められた (Table 3, Model 2)。これらの結果の違いは, 人種, 筋力の測定方法, 独立変数の違いおよびサンプル数の違いに起因すると考えられる。握力と CVD リスクとの詳細なメカニズムは不明であるが, 握力は全身の筋力と相関すると言われており (衣笠ほか, 1994; Ranta-

nen et al., 1994), 運動指導の現場でも簡便に測定することができるため, 握力と CVD 危険因子に関する研究が増えてくることを期待したい。

先行研究では, 上体起こしの成績が高い者ほど総死亡率 (Katzmarzyk et al., 2002) や糖尿病の発症率が低くなるという結果 (Katzmarzyk et al., 2007; Sawada et al., 2010) が報告されているが, 筋持久力と血圧, 脂質プロファイルおよび空腹時血糖などの CVD 危険因子との関連を示した報告は我々の知る限りみあたらない。本研究は, 女性において握力に加え, 上体起こしが HDL-c と関係することを報告した初めての研究である。レジスタンストレーニングにより筋力は増加し, インスリン感受性 (Holten et al., 2004) や血中脂質プロファイル (Kelley and Kelley, 2009) が改善するという報告がある。本研究において, 女性にのみ握力および上体起こしと HDL-c との間に正の相関関係が認められたことは興味深い結果である。性ホルモンであるエストロゲンは, HDL-c の増大や LDL-c の減少に関係しているといわれている (Orshal and Khalil, 2004)。また, 女性は男性に比べて絶対的な筋量が少なく, 筋力も男性の 70—80% 程度といわれている (Miller et al., 1993)。したがって, 本研究において筋力および筋持久力と一部の血中脂質との間で, 男女異なる結果が得られた要因は, 体組成や性ホルモンの違いによる影響が強いのではないかと考えられるが, そのメカニズムについては定かではない。しかし, 閉経後に血中脂質プロファイルが悪化するといわれている女性において (Higuchi et al., 1990; Ikenoue et al., 1999), 筋力および筋持久力を高めるような身体活動を行うことは, CVD 予防に効果的であるかもしれない。

柔軟性と動脈スティッフネスの指標である脈波伝播速度 (以下「PWV」と略す) との関係を検討した先行研究 (Yamamoto et al., 2009) において, 長座体前屈の成績が劣るほど PWV が高まるという報告があるが, これまで, 柔軟性と血圧, 脂質プロファイル, 空腹時血糖などの CVD 危険因子との関係について検討した報告は我々が知る限りみあたらない。本研究では, 男女とも長座体

前屈が最も高い群では CVD 危険因子が 2 個以上出現するリスクが低かったことを示したが (Table 4, Model 3), 他の体力を調整因子に加えるとその関係性が弱まったこともあり (Table 4, Model 4), 本研究の結果からは柔軟性と CVD リスクの因果関係をはっきりと示すことはできない。しかし, ストレッチなどの柔軟運動はどの年齢層においても比較的習慣化させやすい運動であるため, 今後, 柔軟性と CVD リスクに関する研究が増えてくることを期待したい。

本研究は総合的に評価した健康関連体力 (HRPFs) と CVD 危険因子との関係を報告した初めての研究である。しかし, 総合的な健康関連体力は CVD 危険因子に対し個々の体力が加算的に影響する結果とはならなかった。特に男性は年齢, 喫煙状況に加え BMI を調整因子に加えたところ, ほとんどの関係が弱まったことから, CVD 危険因子に対して体組成の影響が強いことが示唆された。

本研究にはいくつか限界がある。第 1 は, 本研究の対象者数が欧米の先行研究に比べて少ないことである。今後, 対象者数を増やし検討する必要がある。第 2 は, $\dot{V}O_2\max$ の測定が直接法ではなく推定法を用いたことである (Storer et al., 1990)。しかしながら, $\dot{V}O_2\max$ の直接測定は, 測定機器の整備や測定にかかる時間など多くの問題があるため, 健康増進施設などで行う一般の体力測定としては実施が困難である。本研究で用いた推定式の妥当性についてはすでに検討されており, 実測した $\dot{V}O_2\max$ との間に $r=0.97$ という高い相関があることが示されている。第 3 は, 本研究が横断研究であったことである。健康関連体力と CVD 発症との因果関係を検証するには縦断的な調査を行う必要がある。

これらいくつかの限界はあるものの, 本研究は先行研究と同様, 男女とも心肺体力を高いレベルに保つことが CVD リスクの低減につながる可能性を示したことに加え, その他の健康関連体力も CVD リスクに関与しているという可能性が示唆されたことは, 今後, 健康づくり運動を普及するにあたり有意義であったと思われる。また, 健康

関連体力を総合的に高く保つことは CVD の予防だけではなく, 整形外科疾患の予防や, 生活活動能力を高く維持する上でも有効であると考えられるため, 有酸素運動, レジスタンス運動およびストレッチングなどを総合的に取り入れた運動プログラムを定期的に行うことが重要であると考えられた。

V. ま と め

藤沢市在住の成人男女を対象に, 健康関連体力と CVD 危険因子との関係を検討した。年齢, 喫煙状況および BMI で調整すると, 男女とも心肺体力が高い者は CVD リスクが低く, さらに女性は筋力および筋持久力が高い者ほど一部の CVD リスクが低いことが示された。また, CVD 危険因子が 2 個以上発現するリスクは, 男女とも心肺体力, 筋力, 柔軟性および総合的な健康関連体力が最も高い群で低かったが, 他の体力を調整因子に加えると, その関係は女性では心肺体力および握力, 男性では心肺体力でのみ認められた。本研究の結果から, 男女ともに全ての健康関連体力レベルを高く保つことは, CVD リスクの低減につながる可能性が示唆され, 特に女性は筋力および筋持久力の重要性も示唆された。

謝辞

本研究は, 早稲田大学スポーツ科学研究科グローバル COE プログラム「アクティブ・ライフを創出するスポーツ科学」の研究事業の一環として実施されました。また, 本研究にご協力頂いた対象者の皆様, 藤沢市役所地域保健課および藤沢市保健医療財団の皆様にご心より感謝いたします。

文 献

- Aoyama, T., Asaka, M., Ishijima, T., Kawano, H., Cao, Z.B., Sakamoto, S., Tabata, I., and Higuchi, M. (2011) Association between muscular strength and metabolic risk in Japanese women, but not in men. *J. Physiol. Anthropol.*, 30: 133-139.
- アメリカスポーツ医学会編: 青木純一郎, 内藤久士監訳 (2010) 健康にかかわる体力の測定と評価。市村

- 出版：東京，pp. 1-6.
- Atlantis, E., Martin, S.A., Haren, M.T., Taylor, A.W., and Wittert, G.A. (2009) Inverse associations between muscle mass, strength, and the metabolic syndrome. *Metabolism*, 58: 1013-1022.
- Blair, S.N., Goodyear, N.N., Gibbons, L.W., and Cooper, K.H. (1984) Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA*, 252: 487-490.
- Carnethon, M.R., Gulati, M., and Greenland, P. (2005) Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *JAMA*, 294: 2981-2988.
- Ekblom-Bak, E., Hellenius, M.L., Ekblom, O., Engstrom, L.M., and Ekblom, B. (2009) Fitness and abdominal obesity are independently associated with cardiovascular risk. *J. Intern. Med.*, 266: 547-557.
- Fujita, Y., Nakamura, Y., Hiraoka, J., Kobayashi, K., Sakata, K., Nagai, M., and Yanagawa, H. (1995) Physical-strength tests and mortality among visitors to health-promotion centers in Japan. *J. Clin. Epidemiol.*, 48: 1349-1359.
- Friedewald, W.T., Levy, R.I., and Fredrickson, D.S. (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, 18: 499-502.
- Gibbons, L.W., Blair, S.N., Cooper, K.H., and Smith, M. (1983) Association between coronary heart disease risk factors and physical fitness in healthy adult women. *Circulation*, 67: 977-983.
- Hassinen, M., Lakka, T.A., Savonen, K., Litmanen, H., Kiviahio, L., Laaksonen, D.E., Komulainen, P., and Rauramaa, R. (2008) Cardiorespiratory fitness as a feature of metabolic syndrome in older men and women: the Dose-Responses to Exercise Training study (DR's EXTRA). *Diabetes, Care*, 31: 1242-1247.
- Higuchi, M., Iwaoka, K., Ishii, K., Matsuo, S., Kobayashi, S., Tamai, T., Takai, H., and Nakai, T. (1990) Plasma lipid and lipoprotein profiles in pre- and post-menopausal middle-aged runners. *Clin. Physiol.*, 10: 69-76.
- Holten, M.K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J.F., and Dela F. (2004) 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.
- Ikenoue, N., Wakatsuki, A., and Okatani, Y. (1999) Small low-density lipoprotein particles in women with natural or surgically induced menopause. *Obstet. Gynecol.*, 93: 566-570.
- Jurca, R., Lamonte, M.J., Church, T.S., Earnest, C.P., Fitzgerald, S.J., Barlow, C.E., Jordan, A.N., Kampert, J.B., and Blair, S.N. (2004) Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 1301-1307.
- Katzmarzyk, P.T. and Craig, C.L. (2002) Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34: 740-744.
- Katzmarzyk, P.T., Craig, C.L., and Gauvin, L. (2007) Adiposity, physical fitness and incident diabetes: the physical activity longitudinal study. *Diabetologia*, 50: 538-544.
- Kelley, G.A. and Kelley, K.S. (2009) Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: another look at a meta-analysis using prediction intervals. *Prev. Med.*, 49: 473-475.
- 衣笠 隆・長崎 浩・伊藤 元・橋詰 謙・古名丈人・丸山仁司 (1994) 男性 (18-83歳) を対象にした運動能力の加齢変化の研究. *体力科学*, 43: 343-351.
- 厚生労働省 (online 1). 平成23年(2011)人口動態統計の年間推計.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suikai11/index.html>, (参照日2012年2月8日)
- 厚生労働省 (online 2). 平成21年度国民医療費の概要.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/09/kekka7.html>, (参照日2012年2月5日)
- 厚生労働省 (online 3). 平成21年度国民健康・栄養調査.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000000xtwq.html>, (参照日2011年9月25日)
- 厚生労働省 (online 4). 健康づくりのための運動基準2006.
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>. (参照日2012年2月5日)
- Lee, S., Kuk, J.L., Katzmarzyk, P.T., Blair, S.N., Church, T.S., and Ross, R. (2005) Cardiorespiratory fitness attenuates metabolic risk independent of abdominal subcutaneous and visceral fat in men. *Diabetes Care*, 28: 895-901.
- Loimaala, A., Huikuri, H.V., Koobi, T., Rinne, M., Nenonen, A., and Vuori, I. (2003) Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Di-*

- abetes, 52: 1837-1842.
- Miller, A.E., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., and Sale, D.G. (1993) Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66: 254-262.
- 南島大輔・牛 凱軍・門間陽樹・小林順敏・関 磊・佐藤美加・郭 輝・石井賢治・永富良一 (2010) 日本人成人男性における脚伸展筋力とメタボリックシンドロームに関する横断的研究: 仙台卸商研究. *体力科学*, 59: 349-356.
- Morikawa, M., Okazaki, K., Masuki, S., Kamijo, Y., Yamazaki, T., Gen-no, H., and Nose, H. (2011) Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. *Br. J. Sports, Med.*, 45: 216-224.
- 文部科学省. 新体力テスト実施要項.
http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm, (参照日2011年9月25日)
- Orshal, J.M. and Khalil, R.A. (2004) Gender, sex hormones, and vascular tone. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 286: R233-249.
- Rantanen, T., Era, P., and Heikkinen, E. (1994) Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age Ageing*, 23: 132-137.
- Rhéaume, C., Arsenault, B.J., Bélanger, S., Pérusse, L., Tremblay, A., Bouchard, C., Poirier, P. and, Després, J.P. (2009) Low cardiorespiratory fitness levels and elevated blood pressure: what is the contribution of visceral adiposity?. *Hypertension*, 54: 91-97.
- Sawada, S.S., Lee, I.M., Naito, H., Tsukamoto, K., Muto, T., and Blair, S.N. (2010) Muscular and performance fitness and the incidence of type 2 diabetes: prospective study of Japanese men. *J. Phys. Act. Health*, 7: 627-632.
- Sayer, A.A., Syddall, H.E., Dennison, E.M., Martin, H.J., Phillips, D.I., Cooper, C., and Byrne, C.D. (2007) Grip strength and the metabolic syndrome: findings from the Hertfordshire Cohort Study. *Q. J. Med.*, 100: 707-713.
- Storer, T.W., Davis, J.A., and Caiozzo, V.J. (1990) Accurate prediction of $\dot{V}O_2\text{max}$ in cycle ergometry. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22: 704-712.
- Takamiya, T., Shimomitsu, T., Odagiri, Y., Ohya, Y., Sakamoto, A., Katsumura, T., Murase, N., Naka, M., and Kajiyama, J. (2000) The relationship between physical fitness and coronary risk factor profiles in Japanese women. *Environ. Health Prev. Med.*, 5: 6-12.
- Teramoto, T., Ohashi, Y., Nakaya, N., Yokoyama, S., Mizuno, K., Nakamura, H., and MEGA Study Group (2008) Practical risk prediction tools for coronary heart disease in mild to moderate hypercholesterolemia in Japan: originated from the MEGA study data. *Circ. J.*, 72: 1569-1575.
- Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Iemitsu, M., Murakami, H., Sanada, K., Tanimoto, M., Ohmori, Y., Higuchi, M., Tabata, I., and Miyachi, M. (2009) Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.*, 297: 1314-1318.
- Wei, M., Gibbons, L.W., Mitchell, T.L., Kampert, J.B., Lee, C.D., and Blair, S.N. (1999) The association between cardiorespiratory fitness and impaired fasting glucose and type 2 diabetes mellitus in men. *Ann. Intern. Med.*, 130: 89-96.
- Wijndaele, K., Duvigneaud, N., Matton, L., Duquet, W., Thomis, M., Beunen, G., Lefevre, J., and Philippaerts, R.M. (2007) Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic syndrome risk in Flemish adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39: 233-240, pp. 26-36.
- WHO: 石光俊彦訳 (2008) WHO 心血管疾患予防ガイドライン. メディカルレビュー社: 大阪.

(平成23年11月24日受付)
 (平成24年5月18日受理)