

日本人中高年男性における心肺持久力と 冠危険因子に関する縦断的研究

小 松 尚 子

東京医科大学衛生学・公衆衛生学教室

(指導: 藤波襄二 主任教授)

【要旨】 都市在勤アスレティッククラブ会員で、外見上健康な日本人中高年男性 90 名の最高酸素摂取量 (Peak $\dot{V}O_2$)、身体特性、運動習慣について縦断的に (平均 3.2±2.2 年間) 観察した。初回検査時に Peak $\dot{V}O_2$ が対象の平均よりも高く (High fit 群; 平均 Peak $\dot{V}O_2=32.6\text{ml/kg/min}$) かつ観察時間後に Peak $\dot{V}O_2$ が増加した群では、初回検査時と比較し、体重、腹囲が有意に減少し、血中総コレステロール値、中性脂肪値が有意に低下した。Peak $\dot{V}O_2$ が減少した群では、体重、腹囲、安静時拡張期血圧が有意に増加した。また、初回検査時に Peak $\dot{V}O_2$ が平均よりも低く (Low fit 群; 平均 Peak $\dot{V}O_2=24.7\text{ml/kg/min}$) かつ Peak $\dot{V}O_2$ が増加した群では、初回検査時と比較し、体重が減少傾向を示し、血中総コレステロール値が有意に低下した。Peak $\dot{V}O_2$ が減少した群では Body mass index、腹囲が有意に増加した。観察期間後、Peak $\dot{V}O_2$ が増加した群の強度 5METs 以上の有酸素運動の平均運動頻度と平均運動時間は、High fit 群では 7.8±5.2 回/月、61.4±46.9 分/回、Low fit 群では 4.8±5.8 回/月、48.8±50.5 分/回であった。以上より、強度 5METs 以上の有酸素運動を、心肺持久力の高い者は 8 回/月、60 分/回、低い者は 5 回/月、50 分/回程度実施することにより心肺持久力が増加し、良好な冠危険因子プロフィールが得られることが示唆された。

緒 言

身体活動あるいは運動が冠動脈疾患¹⁾、高血圧²⁾、インスリン非依存性糖尿病³⁾、大腸癌⁴⁾の発生率を低下させ、生命予後を改善させるという疫学研究報告が国内外で数多く発表されるようになり、先進諸国では、疾病予防あるいは健康づくりのために運動を奨励する施策や勧告も多く出されるようになった⁵⁾⁶⁾⁷⁾。我が国においては、1989 年 7 月に厚生省より「健康づくりのための運動所要量」が発表されている⁸⁾。この運動所要量とは、Blair ら⁹⁾による米国の健康人を対象とした横断研究により、心肺持久力が高い者は、低い者に比べて良好な冠危険因子プロフィールを有し、全死亡が少ないことが明らかにされた報告などの欧米の研究結果を参考にし、心肺持久力 (最大酸素摂取量、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$) の維持目標値を性・年代別に設定し、健康づくりに必要とされる一週間あたりの運動時間を示したものであった。そ

の後、藤枝による日本の都市在住の中高年を対象とした研究により冠動脈疾患の予防のための Peak $\dot{V}O_2$ 維持目標値があらたに設定され¹⁰⁾、今後、日本人における運動の効果や、心肺持久力を向上させるための必要運動量に関して縦断的研究により検証していく必要がある。また、現在多様なライフスタイルを有する日本人が、健康増進、あるいは循環器疾患の予防に対して運動を手段として効果をあげるには、性、年代別に加え、それぞれの心肺持久力に合わせた、よりきめ細かな運動処方が必要である。しかし、現在のところ、国内外においても、体力 (心肺持久力) 別に運動による効果を縦断的に検証し、効果的な運動処方について検討した報告はない。

本研究では日本人の健康な中高年男性の心肺持久力の変化を、体力 (心肺持久力) 別に縦断的に観察し、この変化が冠動脈疾患のリスクファクターに与える影響について比較検討し、さらに日本人中高年男性が心肺持久力を向上させ、良好な冠危険因子プ

1997 年 1 月 13 日受付, 1997 年 1 月 28 日受理

キーワード: 心肺持久力, 最高酸素摂取量, 冠危険因子, 運動頻度, 運動時間。

(別刷請求先: 〒160 東京都新宿区新宿 6-1-1 東京医科大学衛生学・公衆衛生学教室 小松尚子)

ロフィールを得るために推奨できる運動量について検討することを目的とした。

研究方法

対象

都内某アスレティッククラブの会員で、1974年から1995年までに同クラブ内クリニックにて医学検査を受けた日本人男性563名のうち、同一のfollow-up検査を1年以上の間隔をあけて受けた者は142名であった。このうち、以下の4項目に該当する者を、項目順に除外した。

①観察期間中の年齢が30歳未満か60歳以上の者(30名)

②観察期間の前後のいずれかにおいて心疾患、高血圧症、高脂血症、糖尿病を少なくとも一つ以上有し、且つ薬物治療を受けている者(16名)

③観察期間の前後で異なる負荷プロトコルで運動負荷試験を受けた者(2名)

④運動負荷試験において、十分な外的負荷量を加えられなかったと判断された者(4名)

残りの90名(初回検査時の平均年齢 45.2 ± 6.5 歳)を本研究の対象とし、解析を行った。対象の平均観察期間は 3.2 ± 2.2 年(1~10年)であった。

方法

1. 検査方法

以下の項目の検査を初回検査時、及び観察期間後に行った。

1) 安静時検査(体格測定、血圧測定、血液検査): 身長、体重を測定し、Body Mass Index (BMI, 体重(kg)/身長²(m²))を求め、体格の指標とした。腹囲を測定し、肥満の指標とした。安静時血圧は、安静座位にて熟練した検者が聴診法にて測定した。また、医学検査受診2時間前から禁食・禁煙を指示した上で、血中の総コレステロール値、中性脂肪値、血糖値、尿酸値を測定した。

2) 症候限界性最高運動負荷試験: 潜在性心疾患の発見と心肺持久力の評価を目的として、Siemens Elema Schönander 380 A 電動式自転車エルゴメーターを用いた症候限界性最高運動負荷試験を行い、最高酸素摂取量 Peak $\dot{V}O_2$ を推定した。

Peak $\dot{V}O_2$ の決定は、米国スポーツ医学会 American College of Sports Medicine (ACSM) の推定式、酸素摂取量 $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) = $12.2 \times$ 負荷量 (watt)/体重 (kg) + 3.5 を用いた¹¹⁾。

心肺持久力の評価には、呼気ガス分析法で実測される酸素摂取の限界値すなわち最大酸素摂取量 $\dot{V}O_{2max}$ が最もよく使われているが、本研究では呼気ガス分析を行っていないため、症候限界性最高運動負荷試験により推定される酸素摂取量の最高値、Peak $\dot{V}O_2$ を心肺持久力の指標として採用した。一般に、Peak $\dot{V}O_2 \leq \dot{V}O_{2max}$ の関係式が成り立ち、両者は必ずしも等しくはないが、本研究においては負荷量が不十分と思われた者は除外したことから、本研究における推定 Peak $\dot{V}O_2$ は、心肺持久力の指標として充分であると考えられる¹²⁾。症候限界性運動負荷試験を行う場合、運動を開始してから7~17分間で疲労困憊に達するような負荷強度と負荷時間が望ましいと言われている¹³⁾。本研究においては、対象の年齢が30~59歳と幅広いこと、初回検査時に既に対象間で体力に差があることを考慮し、それぞれの体力にあわせた多段階負荷プロトコルを選択した。ただし、2回目以降は初回検査時と同一負荷プロトコルを用いて評価した。運動負荷終点は、脚疲労(60回転/分を維持できなくなった時点を含む)、息切れなどの症候限界性とした。

なお、運動負荷心電図の誘導法は、1974年~1991年まではC-C5誘導(V5-V5R)を、1992年以降は12誘導法を用い、負荷前5分間、運動負荷中および負荷終了後10分まで連続監視し、1分毎に記録した。心拍数は、心電図上のR-R間隔より求めた。運動負荷中の血圧は、熟練した検者が1分毎に、聴診法で測定した。

また、年齢別予測最高心拍数並びに比最高心拍数(%maxHR)を、それぞれ次式より求めた。

年齢別予測最高心拍数 = $203.4 - 0.71 \times$ 年齢¹⁴⁾、比最高心拍数(%maxHR, %) = 実測最高心拍数/年齢別予測最高心拍数 $\times 100$

3) 運動頻度・時間、喫煙習慣の調査: 自記式質問紙票を用いて、アスレティッククラブ内における強度5METs*以上の有酸素運動(エアロバイク、ジョギング、ランニング、テニス、スカッシュ、水泳)の1カ月あたりの運動回数、1回あたりの運動時間、および喫煙習慣を調査した。

*METs: metabolic equivalents, 安静座位の酸素摂取量3.5 ml/kg/minを1METとして、酸素摂取量を3.5で除した値で示される。すなわち、運動強度が安静座位の何倍かを表す指標である。

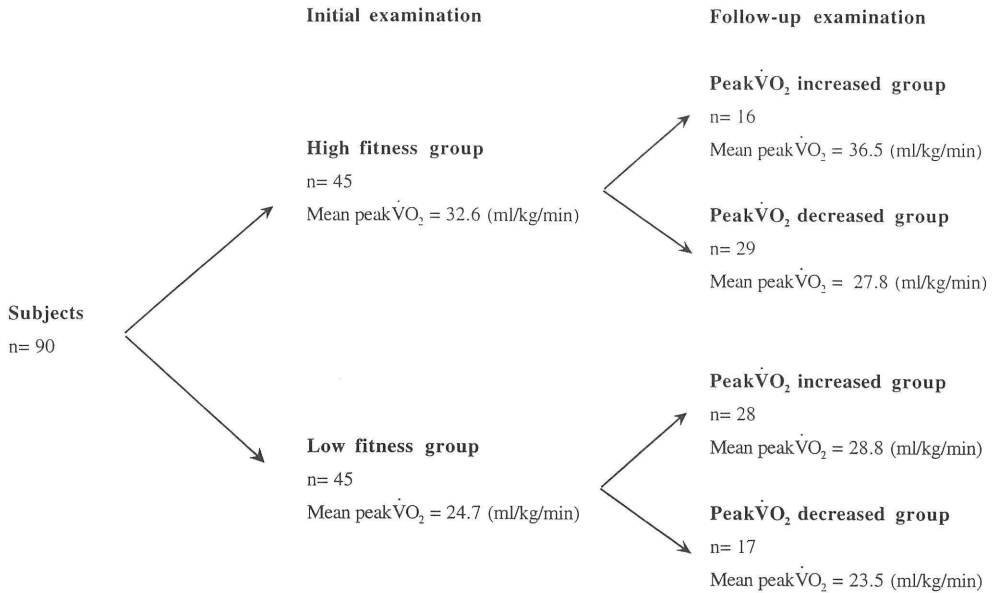


Fig. 1 Subjects classified by cardiorespiratory fitness level (peak $\dot{V}O_2$) at the initial examination and change of peak $\dot{V}O_2$ at the follow-up examination

2. 解析方法

初回検査時における Peak $\dot{V}O_2$ の平均値を各年代(30~39 歳, 40~49 歳, 50~59 歳)ごとに算出し, 平均値以上の群 (High fit 群) と平均値未満の群 (Low fit 群) の 2 群に分け, 初回検査時の各検査結果について比較検討した。

また, Peak $\dot{V}O_2$ の増加や減少が冠危険因子に及ぼす影響を明らかにするため, High fit 群, Low fit 群の各群の中で更に観察期間後に Peak $\dot{V}O_2$ が増加した者 (Peak $\dot{V}O_2$ 増加群) と減少した者 (Peak $\dot{V}O_2$ 減少群) の 2 群に分けて, 観察期間前後での上記検査項目の変化を比較した。

以上の群分けを, Fig. 1 に示した。

統計学的検定には, 統計パッケージ Stat View を用い, 観察期間前後の比較には対応のある t 検定, 対応のない 2 群間の比較には Student の t 検定, 喫煙率の比較には χ^2 検定を行った。いずれの場合も, 有意水準の判定は, 危険率 5% 未満をもって有意とした。

結 果

1. 全対象者の安静時検査, 運動負荷試験, 運動習慣, 喫煙習慣について

対象者の, 初回検査時における各検査項目の結果

の平均値を Table 1 に示した。各検査項目結果は, 中性脂肪値のみ基準値を越えていたが, その他の血液検査項目については全て正常範囲内であった。

本研究の対象において, 運動負荷試験中に, 胸痛, 心電図上 ST 低下あるいは上昇などの虚血性変化や, 心室頻拍, R on T 等の重症不整脈の出現は認められなかった。運動負荷時最高心拍数は 170 ± 13 beats/min, 比最高心拍数は $97.4 \pm 7.7\%$, 最高収縮期血圧は 210 ± 20 mmHg であった。

全対象の平均 Peak $\dot{V}O_2$ は 28.6 ± 5.1 ml/kg/min であり, 各年代別の Peak $\dot{V}O_2$ は, 30~39 歳 (n=19) では 31.8 ± 6.2 ml/kg/min, 40~49 歳 (n=49) では 28.0 ± 4.2 ml/kg/min, 50~59 歳 (n=22) では 27.2 ± 5.0 ml/kg/min であった。

また, 初回検査時の平均運動回数は 4.0 ± 4.3 回/月, 平均運動時間は 34.6 ± 39.4 分/回であった。

対象の喫煙率は 41.9% であった。

2. 初回検査時における High fit 群と Low fit 群の各検査結果の比較

Table 2 に, High fit 群と Low fit 群の初回検査時における各検査結果の比較を示した。High fit 群の平均年齢は 44.7 ± 6.5 歳, Low fit 群の平均年齢は 45.8 ± 6.7 歳であり両群間に差はなかった。Low fit 群では High fit 群と比較して, 腹囲 ($p < 0.01$),

Table 1 Study group physical characteristics, exercise testing results, exercise habits and smoking habits at the initial examination (n=90)

Parameters	
Physical characteristics	
Age (years)	45.2±6.5
Body height (cm)	167.5±5.2
Body weight (kg)	65.3±7.2
Body mass index (kg/m ²)	23.2±2.2
Abdominal girth (cm)	84.0±6.4
Resting SBP (mmHg)	125±15
Resting DBP (mmHg)	82±11
Resting HR (beats/min)	71±11
Total cholesterol (mg/dl)	202.3±39.2
Triglycerides (mg/dl)	166.0±113.2
Blood glucose (mg/dl)	98.5±17.4
Uric acid (mg/dl)	5.9±1.3
Exercise testing results	
Max work load (watts)	133.6±28.0
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	28.6±5.1
METs	8.2±1.5
Peak HR (beats/min)	170±13
%max HR (%)	97.4±7.7
Peak SBP (mmHg)	210±20
Exercise habits	
Exercise frequency (bouts/month)	4.0±4.3
Exercise duration (min/bout)	34.6±39.4
Smoking habits	
Smoking	41.9% (36/86)

Values are mean±S.D.

SBP=systolic blood pressure.

DBP=diastolic blood pressure.

HR=heart rate.

%max HR=peak HR/(203.4-age×0.71)×100

METs (metabolic equivalents)= $\dot{V}O_2$ /3.5

安静時収縮期血圧 (p<0.01), 安静時拡張期血圧 (p<0.01), 安静時心拍数 (p<0.05), 血中尿酸値 (p<0.05) が有意に高い値を示したが, 平均運動頻度と平均運動時間に差はなかった。喫煙率は, High fit 群で 36.4%, Low fit 群では 47.7%であった。

3. High fit 群における Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の比較

Table 3 に, High fit 群における Peak $\dot{V}O_2$ 増加群 (平均 Peak $\dot{V}O_2$; 32.2±2.9 → 36.5±5.2 ml/kg/min) と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群 (平均 Peak $\dot{V}O_2$; 32.8±3.9 → 27.8±5.2 ml/kg/min) の初回検査

時, 及び観察期間後の各検査結果を示した。

Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の平均観察期間はそれぞれ 3.6±1.7 年, 3.0±2.4 年であり, 差はなかった。

初回検査時においては, 年齢及び各検査結果, 運動頻度, 運動時間に関して 2 群間に差は認められなかったが, Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の喫煙率は 50.0%であり Peak $\dot{V}O_2$ 増加群の 12.5%に比して有意に高かった (p<0.05)。

観察期間後, Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では体重が 65.4±6.0 kg から 63.8±5.5 kg へ (p<0.05), 腹囲が 83.4±5.8 cm から 81.6±4.8 cm へ (p<0.01) と有意に減少し, BMI も減少傾向を示した。また, 血中総コレステロール値は 202.1±37.6 mg/dl から 185.7±30.1 mg/dl へ (p<0.05), 中性脂肪値は 188.9±152.6 mg/dl から 124.2±79.2 mg/dl へ (p<0.05) と有意に低下した。

血中総コレステロール値に関しては, 初回検査時に 220 mg/dl 未満の者 (10 名, 62.5%) では有意な変化は認められず (176.5±16.2 → 166.8±16.3 mg/dl), 220 mg/dl 以上の者 (6 名, 37.5%) において有意な低下が認められた (244.7±16.7 → 217.2±18.3 mg/dl, p<0.05)。

一方, Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では体重と腹囲が有意に増加し (p<0.05), 安静時収縮期血圧は上昇傾向を示し, 安静時拡張期血圧は有意に上昇した (p<0.01)。Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の血中脂質は有意な変化を示さなかった。

観察期間後の Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の検査結果を比較すると, 血中総コレステロール値は, Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では 185.7±30.1 mg/dl, Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では 206.2±32.9 mg/dl であり, Peak $\dot{V}O_2$ 減少群において有意に高い値を示した (p<0.05)。

平均運動頻度は, Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では 5.9±3.8 回/月から 7.8±5.2 回/月へと有意に増加したが (p<0.05), Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では 4.0±3.7 回/月から 2.7±2.7 回/月へと有意に減少し (p<0.05), 観察期間後の Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の運動頻度には有意差が認められた (p<0.001)。また, 平均運動時間は, Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では 47.3±36.8 分/回から観察期間後に 61.4±46.9 分/回となり, 有意な伸延はみられなかったが, この値は Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の 29.4±28.6 分/回に比し, 有意に長い

Table 2 High fitness and low fitness group physical characteristics, exercise testing results, exercise habits and smoking habits at the initial examinations

Parameters	High fitness group (n=45)	Low fitness group (n=45)
Physical characteristics		
Age (years)	44.7±6.5	45.8±6.7
Body weight (kg)	64.0±6.0	66.5±8.1
Body mass index (kg/m ²)	23.1±2.2	23.3±2.3
Abdominal girth (cm)	82.0±6.3	86.0±6.1**
Resting SBP (mmHg)	121±14	129±15**
Resting DBP (mmHg)	79±10	85±11**
Resting HR (beats/min)	68±11	73±10*
Total cholesterol (mg/dl)	201.0±42.4	203.6±36.1
Triglycerides (mg/dl)	168.7±131.5	163.2±92.7
Blood glucose (mg/dl)	99.2±21.3	97.7±12.5
Uric acid (mg/dl)	5.6±1.1	6.2±1.3*
Exercise testing results		
Max Work load (watts)	151.9±19.4	115.3±22.9***
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	32.6±3.5	24.7±2.9***
METs	9.3±1.0	7.1±0.8***
Exercise habits		
Exercise frequency (bouts/month)	4.7±3.8	3.4±4.7
Exercise duration (min/bout)	34.6±35.2	34.7±43.5
Smoking habits		
Smoking	36.4% (16/44)	47.7% (20/42)

Values are mean±S.D.

SBP=systolic blood pressure. DBP=diastolic blood pressure.

HR=heart rate. METs=metabolic equivalents= $\dot{V}O_2/3.5$

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 compared to high fitness group.

時間であった (p<0.01)。

各群の喫煙率は、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では初回検査時 12.5%、観察期間後には 12.5%であり、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では初回検査時 50.0%、観察期間後には 42.3%であり、観察期間前後での有意な変化は認められなかった。

4. Low fit 群における Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の比較

Table 4 に、Low fit 群における Peak $\dot{V}O_2$ 増加群 (平均 Peak $\dot{V}O_2$; 24.1±3.0 → 28.8±4.5 ml/kg/min) と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群 (平均 Peak $\dot{V}O_2$; 25.6±2.6 → 23.5±3.2 ml/kg/min) の初回検査時及び観察期間後の各検査結果を示した。

Peak $\dot{V}O_2$ 増加群と Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の平均観察期間はそれぞれ 3.1±2.1 年、3.2±2.7 年であり、有意差はなかった。

初回検査時においては、年齢及び各検査結果、運動頻度、運動時間、喫煙率に関して 2 群間に差は認

められなかった。

観察期間後、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では体重が 66.9±7.7 kg から 65.8±7.4 kg へと減少傾向を示し、血中総コレステロール値は、206.9±33.4 mg/dl から 197.0±33.6 mg/dl へと有意に低下した (p<0.05)。

血中総コレステロール値に関しては、初回検査時に 220 mg/dl 未満の者 (17 名、60.7%) では有意な変化は認められず (186.2±21.6 → 180.3±25.3 mg/dl)、220 mg/dl 以上の者 (11 名、39.3%) において低下傾向が認められた (238.7±20.6 → 222.7±28.6 mg/dl, p=0.06)。

一方、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では BMI が 23.2±2.6 kg/m² から 23.8±2.6 kg/m² へ、腹囲が 85.2±6.6 cm から 87.1±6.3 cm へと有意に増加した (p<0.05)。Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の血中脂質は有意な変化を示さなかった。

また、平均運動頻度は、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では 3.3±5.3 回/月から 4.8±5.8 回/月へと有意に増加

Table 3 High fitness group physical characteristics, exercise testing results, exercise habits and smoking habits at the initial and follow-up examinations

	Peak $\dot{V}O_2$ increased group (n=16)		compared to initial value	Peak $\dot{V}O_2$ decreased group (n=29)		compared to initial value
	Initial exam.	Follow-up exam.		Initial exam.	Follow-up exam.	
Physical characteristics	Mean±S.D.			Mean±S.D.		
Age (years)	43.5±5.0	47.1±4.4		45.4±7.1	48.4±7.4	
Body weight (kg)	65.4±6.0	63.8±5.5	p<0.05	63.2±6.0	64.5±6.1	p<0.05
Body mass index (kg/m ²)	23.9±2.2	23.3±2.1	p=0.06	22.7±2.0	23.1±2.2	
Abdominal girth (cm)	83.4±5.8	81.6±4.8	p<0.01	81.3±6.5	82.9±6.1	p<0.05
Resting SBP (mmHg)	123±18	123±18		119±11	123±10	p=0.06
Resting DBP (mmHg)	82±11	83±10		77±8	81±8	p<0.01
Resting HR (beats/min)	69±9	67±12		67±12	66±8	
Total cholesterol (mg/dl)	202.1±37.6	185.7±30.1	p<0.05	200.4±45.5	206.2±32.9*	
Triglycerides (mg/dl)	188.9±152.6	124.2±79.2	p<0.05	157.6±119.8	147.4±109.5	
Blood glucose (mg/dl)	96.9±8.3	93.5±11.2		100.5±25.9	100.6±25.6	
Uric acid (mg/dl)	5.2±1.0	5.2±1.4		5.8±1.1	5.7±1.1	
Exercise testing results						
Max work load (watts)	153.4±19.7	171.3±25.6	p<0.01	151.0±19.6	127.9±27.7***	p<0.001
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	32.2±2.9	36.5±5.2	p<0.01	32.8±3.9	27.8±5.2***	p<0.001
METs	9.2±0.8	10.4±1.5	p<0.001	9.4±1.1	7.9±1.5***	p<0.001
Peak HR (beats/min)	172±9	170±10		170±11	163±11	p<0.001
%max HR (%)	97.6±5.3	96.3±5.5		97.2±6.9	93.7±6.7	p<0.001
Peak SBP (mmHg)	210±21	211±20		205±17	209±17	
Exercise habits						
Exercise frequency (bouts/month)	5.9±3.8	7.8±5.2	p<0.05	4.0±3.7	2.7±2.7***	p<0.05
Exercise duration (min/bout)	47.3±36.8	61.4±46.9		27.6±32.9	29.4±28.6**	
Smoking habits						
Smoking	12.5% (2/16)	12.5% (2/16)		50.0% (14/28)*	42.3% (11/26)*	

Values are mean±S.D.

SBP=systolic blood pressure. DBP=diastolic blood pressure. HR=heart rate. %max HR=(203.4-age×0.71)×100

METs=metabolic equivalents= $\dot{V}O_2/3.5$

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 compared to increased group in the same examination.

Table 4 Low fitness group physical characteristics, exercise testing results, exercise habits and smoking habits at the initial and follow-up examinations

	Peak $\dot{V}O_2$ increased group (n=28)		compared to initial value	Peak $\dot{V}O_2$ decreased group (n=17)		compared to initial value
	Initial exam.	Follow-up exam.		Initial exam.	Follow-up exam.	
Physical characteristics						
Age (years)	45.5±7.1	48.6±6.9		46.2±6.0	49.5±5.5	
Body weight (kg)	66.9±7.7	65.8±7.4	p=0.05	65.9±9.1	66.8±8.8	
Body mass index (kg/m ²)	23.3±2.1	23.1±2.1		23.2±2.6	23.8±2.6	p<0.05
Abdominal girth (cm)	86.4±5.8	85.1±5.4		85.2±6.6	87.1±6.3	p<0.05
Resting SBP (mmHg)	130±16	131±16		127±13	129±17	
Resting DBP (mmHg)	86±12	86±11		83±10	84±11	
Resting HR (beats/min)	71±11	70±10		76±10	72±12	
Total cholesterol (mg/dl)	206.9±33.4	197.0±33.6	p<0.05	198.3±40.8	202.2±34.7	
Triglycerides (mg/dl)	168.6±102.9	172.7±107.3		154.4±75.2	156.0±84.2	
Blood glucose (mg/dl)	96.4±11.0	99.2±16.6		99.8±14.8	97.7±8.5	
Uric acid (mg/dl)	6.5±1.2	6.2±1.1		5.8±1.5	5.8±1.5	
Exercise testing results						
Max work load (watts)	112.7±22.2	136.1±27.3	p<0.001	119.7±24.1	108.8±21.5**	p<0.05
Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	24.1±3.0	28.8±4.5	p<0.001	25.6±2.6	23.5±3.2***	p<0.01
METs	6.9±0.9	8.2±1.3	p<0.001	7.3±0.7	6.7±0.9***	p<0.01
Peak HR (beats/min)	168±14	170±10		170±18	163±18	p<0.05
%max HR (%)	96.7±8.6	97.4±7.1		98.5±9.5	94.2±9.5	p<0.05
Peak SBP (mmHg)	218±19	220±19		206±21	210±20	
Exercise habits						
Exercise frequency (bouts/month)	3.3±5.3	4.8±5.8	p<0.05	3.5±3.6	2.5±3.0	p=0.05
Exercise duration (min/bout)	34.1±45.9	48.8±50.5		35.6±40.7	33.2±37.7	
Smoking habits						
Smoking	44.0% (11/25)	20.0% (5/25)		53.0% (9/17)	45.5% (5/11)	

Values are mean±S.D.

SBP=systolic blood pressure. DBP=diastolic blood pressure. HR=heart rate. %max HR=peak HR/(203.4-age×0.71)×100

METs=metabolic equivalents= $\dot{V}O_2/3.5$

p<0.01, *p<0.001, compared to increased group in the same examination.

したが ($p < 0.05$)、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では 3.5 ± 3.6 回/月から 2.5 ± 3.0 回/月へと減少傾向が認められた。

平均運動時間は、両群とも有意な変化は認められなかった。

初回検査時における喫煙率は、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群で 44.0%、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では 53.0%、観察期間後は Peak $\dot{V}O_2$ 増加群で 20.0%、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では 45.5%であり、両群とも観察期間の前後で有意な変化は認められなかった。

考 察

1. 対象の集団特性について

本研究の対象者は、都市在勤の事務系労働者（主に管理職）で、高血圧、高脂血症、糖尿病に対する薬物治療を受けておらず、循環器専門医により心疾患を否定された外見上健康人である。また、我が国では中高年者の運動習慣を持つ者の頻度は 18.8~22.3%と低いと言われているなかで¹⁵⁾、アスレティッククラブに入会し、自ら同クラブ内クリニックにて医学検査を受けるという行動と、対象全体の喫煙率 (41.9%) が、同年代の平均喫煙率 (55.6~59.5%)¹⁵⁾ と比較して低いことから、本研究の対象者は健康や運動に関心を持った、健康意識の高い集団であるといえる。

本研究対象者の初回検査時における Peak $\dot{V}O_2$ の平均値は 28.6 ± 5.1 ml/kg/min であり、藤枝の研究における同年代の Peak $\dot{V}O_2$ の平均値 31.5 ± 5.6 ml/kg/min¹⁰⁾ に比較して低値を示した。アスレティッククラブ内で 2 回以上医学検査を受診した者の中には、初回検査時に低体力を指摘され、自分の心肺持久力に関心を持ち複数回受診した者が含まれているためと思われる。

2. 初回検査時における High fit 群と Low fit 群の身体特性、心肺持久力、運動頻度・時間、喫煙習慣の比較

Cooper らは、本研究の対象とほぼ同じ平均年齢の米国人中高年男性 3,000 名を対象とした横断研究において、トレッドミル運動時間により心肺持久力を群分けし、心肺持久力が高いほど体重、体脂肪率、安静時心拍数、安静時収縮期血圧、血中総コレステロール値、中性脂肪値、血糖値が低かったことを報告し¹⁶⁾、また、Sedgwick らはオーストラリア在住の男女を対象とし、Peak $\dot{V}O_2$ を心肺持久力の指標と

して比較したところ、Peak $\dot{V}O_2$ が高い男性は低い男性に比べて安静時収縮期血圧、血中の総コレステロール値、中性脂肪値が低く、Peak $\dot{V}O_2$ が高い女性は低い女性に比して安静時収縮期血圧が低かったことを報告している¹⁷⁾。我が国においては藤枝が、Peak $\dot{V}O_2$ が高い者は低い者に比して、Body Mass Index、血中総コレステロール値、中性脂肪値が低く、喫煙量も少なく、良好な冠危険因子プロフィールを有していたと報告している¹⁰⁾。

本研究においても、High fit 群と Low fit 群の初回検査結果を比較したところ、腹囲、安静時収縮期・拡張期血圧、安静時心拍数の平均値は High fit 群で有意に低かった。このことは、前述の心肺持久力が高い者は低い者に比べて良好な冠危険因子プロフィールを有するという欧米、及び日本における先行研究結果と一致した¹⁰⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。

しかし、これらの横断研究では、心肺持久力の高低と冠危険因子との間の因果関係を明らかにすることはできないため、本研究ではさらに心肺持久力の変化が冠危険因子に及ぼす影響について縦断的に検討した。

3. 心肺持久力の変化が冠危険因子に及ぼす影響について

Sawada らは、3,305 名の正常血圧の日本人男性を対象とした 5 年間の前向き研究において、初回検査時の推定 $\dot{V}O_2$ max により対象を 5 段階に分類したところ、 $\dot{V}O_2$ max が最も低かったグループは、他のグループに比べて安静時収縮期、拡張期血圧の上昇が大きく、また $\dot{V}O_2$ max が最も高かったグループにおける高血圧発生の相対危険度を 1.0 とすると、 $\dot{V}O_2$ max が最も低かったグループの相対危険度は 1.9 倍であったと報告している¹⁸⁾。さらに、5 年後に $\dot{V}O_2$ max が 15% 以上増加したグループの血圧の上昇率は他のグループに比較して有意に低く、 $\dot{V}O_2$ max を増加させることにより高血圧を予防できる可能性について報告している¹⁸⁾。

本研究においても、High fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 減少群において安静時収縮期血圧の上昇傾向と拡張期血圧の有意な上昇が認められており、これは、Sawada らの研究を支持するものと考えられる。

一方、心肺持久力の向上が血中の総コレステロール値に及ぼす影響に関する長期間の縦断研究は国内外でも見られないが、ある一定期間の運動トレーニングが血中脂質に及ぼす影響について観察した実験

的研究は散見される¹⁹⁾²⁰⁾。また、血中総コレステロール値の変化にはトレーニング前の値が関与しており、値が低い者についてはトレーニングによる低下がみられないことも報告されている²¹⁾。本研究においても、Peak $\dot{V}O_2$ 増加率のうち、初回検査時の血中総コレステロール値が 220 mg/dl 未満の者においては総コレステロール値の有意な低下は認められず、220 mg/dl 以上の者において顕著な低下が認められた。

現在我が国では「血中総コレステロール値 220 mg/dl 以上」が脂質代謝異常の治療開始基準として採用されているが²²⁾、治療目標値に関する指針は出されていない。1982年の我が国の厚生省「原発性高脂血症調査研究班」の調査報告²³⁾により冠動脈疾患のリスクは血中総コレステロール値 180 mg/dl から増加するという結果が得られていることや、1996年の日本動脈硬化学会の「高脂血症の治療開始目標値に関するコンセンサス・カンファレンス」において、冠動脈の動脈硬化病変の退縮を考慮すると、血中総コレステロール値に関しては 180 ないしは 200 mg/dl 以下が望ましいのではないかという報告²⁴⁾もあったことから、冠動脈疾患の予防のためには血中総コレステロール値が 180 mg/dl を越えないようにすることが望ましいと思われる。本研究においては、High fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 増加率で平均 185 mg/dl 程度へ、Low fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 増加群で平均 197 mg/dl 程度へ血中総コレステロール値は低下したことから、Peak $\dot{V}O_2$ の増加により理想的な血中総コレステロール値へ近づいたと考えられる。

その他、本研究においては、High fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では体重、腹囲、中性脂肪値の低下が認められ、Low fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 増加群では体重が減少傾向を示した。一方、High fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では体重、腹囲が増加し、Low fit 群の Peak $\dot{V}O_2$ 減少群では、BMI、腹囲が増加した。

これより、個々人の体力の高低にかかわらず、心肺持久力を増加させることにより良好な冠危険因子プロフィールが得られ、逆に心肺持久力の減少は冠危険因子プロフィールを悪化させる可能性があることから、心肺持久力向上の重要性が確認されたといえよう。

4. 心肺持久力を向上させる運動について

Blair らは、米国の成人男性 10,000 名を対象としてトレッドミル時間で評価した心肺持久力の変化を

縦断的に観察し、心肺持久力の増減が全死亡率に与える影響について検討している。その結果、平均 4.9 年の観察期間中に心肺持久力が低いままにとどまった者のその後の全死亡の相対危険度を 1.00 とすると、初めに心肺持久力が低くても後に増加した者の相対危険度は、0.56 と有意に低く、循環器疾患死亡の相対危険度も 0.48 と有意に低かったと報告し、さらに、「医師は、心肺持久力が低い者に対し、運動プログラムの開始によって心肺持久力を向上させるよう勧めるべきである」と強調している²⁵⁾。

健康づくりのための運動プログラムについては、安全で効果的な運動の種類、強度、頻度、時間に関して具体的に示された、いくつかの勧告が出されている。米国では、1995年に米国疾病予防センター (Center for Disease Control and Prevention) とアメリカスポーツ医学会 (American College of Sports Medicine) により、「全ての米国成人は週のほとんど、できれば毎日 30 分以上の中等度(発汗する程度、呼吸が荒くなる程度、強度 3~6 METs)の運動をすべきである」という勧告が発表された²⁶⁾。さらに 1996年7月、身体活動に関する米国医務長官の報告書 (Physical Activity and Health: A Report of Surgeon General)²⁷⁾ が米国疾病予防センターより発表された。このレポートにおいても、健康づくりのための身体活動は高強度である必要はなく、中等度の強度の運動を高頻度で行うことが推奨されている。

我が国においては、1989年7月に厚生省より「健康づくりのための運動所要量」が発表されている⁸⁾。この中で、健康づくりに適した運動の種類と強度は、最大酸素摂取量を維持・増加させ、かつ安全であることが第一条件であるため、各個人の最大酸素摂取量の 50%の強度の有酸素運動を推奨し、各年代別に一週間あたりの運動時間が設定され、頻度についてはできるだけ毎日行うよう勧めている。

本研究では、Peak $\dot{V}O_2$ が増加した群と減少した群において、強度 5 METs 以上の有酸素運動の平均運動頻度と運動時間の比較を行っている。その結果、1回あたりの平均運動時間は Peak $\dot{V}O_2$ 増加群、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群とも有意な変化はなかった。しかし、1ヵ月あたりの平均運動頻度は、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群において、High fit 群、Low fit 群ともに有意に増加した一方、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群においては High fit 群、Low fit 群とも頻度は減少していた。この平

均3.2年の観察期間を有する縦断的研究により、強度5 METs以上の有酸素運動の頻度を増加させることが心肺持久力の向上と良好な冠危険因子プロフィールの獲得に関連している可能性が示唆された。この結果は、前述の米国のCDCとACSMによる勧告、および我が国における厚生省のガイドラインの科学的な裏付けとなると思われる。

本研究ではさらに、Low fit群では平均4.8回/月の頻度で心肺持久力の向上と冠危険因子の改善が認められたが、High fit群では7.8回/月の頻度を要したことから、心肺持久力の高い者と低い者とは効果が得られる必要運動頻度が異なる可能性が示唆された。現在、日本人のライフスタイルは多様化しており、心肺持久力にも個人差が認められる。従って、運動処方を提示する際には、性、年代別に加え、個人的心肺持久力も考慮する必要がある。また、運動により心肺持久力が改善した場合には、あらたに運動処方を提示していく等、よりきめ細かな運動指針が必要であると考えられる。

本研究の結果からは、心肺持久力が高い者(Peak $\dot{V}O_2 = 32.6 \text{ ml/kg/min}$)には8回/月、60分/回、心肺持久力が低い者(平均Peak $\dot{V}O_2 = 24.7 \text{ ml/kg/min}$)には5回/月、50分/回程度の運動頻度と時間が推奨できると思われる。ただし、本研究の対象は、前述したように比較的低体力の者が多かったことから、本研究から得られた必要運動量は、より体力の高い者には若干不足であることも予想される。しかしながら、運動習慣を持たない日本人中高年男性に運動処方を行う際には安全で、必要十分な運動量であると思われる。

結 語

1) 都市在勤のアスレティッククラブ会員で、外見上健康な中高年男性において、Peak $\dot{V}O_2$ が高い者(High fit群)と低い者(Low fit群)の身体特性を横断的に比較したところ、腹囲、安静時収縮期血圧、安静時拡張期血圧、安静時心拍数、血中尿酸値の平均値はHigh fit群で有意に低い値を示した。この結果は、心肺持久力が高い者ほど良好な冠危険因子プロフィールを有するという先行研究結果と一致した。

2) 身体特性、心肺持久力、運動時間・頻度、喫煙習慣を平均3.2±2.2年間、縦断的に観察した。観察期間後、High fit群においては、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群

の体重、腹囲の有意な減少、血中総コレステロール値、中性脂肪値の有意な低下が認められ、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群の体重、腹囲の有意な増加と、安静時拡張期血圧の有意な上昇が認められた。観察期間後のPeak $\dot{V}O_2$ 増加群の血中総コレステロール値は、Peak $\dot{V}O_2$ 減少群に比較して有意に低い値であった。Low fit群においては、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群の血中総コレステロール値が有意に低下し、減少群のBMIと腹囲は有意に増加した。喫煙率は、いずれの群においても観察期間後に有意な変化は認められなかった。

3) High fit群、Low fit群の両群とも、Peak $\dot{V}O_2$ 増加群において、強度5 METs以上の有酸素運動の頻度が有意に増加し(High fit群; $5.9 \pm 3.8 \rightarrow 7.8 \pm 5.2$ 回/月、Low fit群; $3.3 \pm 5.3 \rightarrow 4.8 \pm 5.8$ 回/月)、High fit群のPeak $\dot{V}O_2$ 減少群では運動の頻度は有意に減少した($4.0 \pm 3.7 \rightarrow 2.7 \pm 2.7$ 回/月)。

4) 心肺持久力を向上させ、良好な冠危険因子プロフィールを維持、獲得するには、強度5 METs以上の有酸素運動を、心肺持久力が高い者(Peak $\dot{V}O_2 = 32.6 \pm 3.5 \text{ ml/kg/min}$)では8回/月、60分/回、心肺持久力が低い者(Peak $\dot{V}O_2 = 24.7 \pm 2.9 \text{ ml/kg/min}$)では5回/月、50分/回程度実施する必要があると思われた。

謝 辞: 稿を終えるにあたり、終始ご指導、ご校閲を賜りました東京医科大学衛生学・公衆衛生学教室、藤波襄二主任教授、故岩根久夫名誉教授に心より感謝いたしますとともに、データ収集、解析に関して多大なご指導とご協力をいただきました下光輝一助教授、勝村俊仁助教授、安部由美子講師、小田切優子助手、ならびに同教室員各位に深謝いたします。

本論文の主旨は、第2回アジアスポーツ医学会(1996年、マニラ)、第43回アメリカスポーツ医学会(1996年、シンシナティ)において発表した。

文 献

- 1) Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC: Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New Eng J Med* 314: 605~613, 1986
- 2) Paffenbarger RS, Wing AL, Hyde RT, Jung DL: Physical activity and incidence of hypertension in

- college alumni. *Am J Epidemiol* **117**: 245~257, 1983
- 3) Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, Paffenbarger RS: Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *New Eng J Med.* **325**: 147~152, 1991
 - 4) Lee I-M, Paffenbarger RS: Physical activity and its relation to cancer risk: a prospective study of college alumni. *Med Sci Sports and Exerc* **26**: 831~837, 1994
 - 5) Lalonde M: A new perspective on health of Canadians, Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, 1978
 - 6) 厚生統計協会: 国民衛生の動向・厚生指標 **43**: 90~96, 1996
 - 7) US Department of Health and Human Services: Healthy People 2000 National Health Promotion and Disease Prevention Objects. US Government Printing Office, Washington, 1991
 - 8) 厚生省, 健康づくりのための運動所要量策定検討会 (黒田善雄委員長) 「健康づくりのための運動所要量策定検討会報告書」, 1989
 - 9) Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW: Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* **262**: 2395~2401, 1989
 - 10) 藤枝賢晴: 本邦中高年男性における健康増進のための最高酸素摂取量維持目標値に関する研究. *東医大誌* **51**: 21~29, 1993
 - 11) American College of Sports Medicine: Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Fourth Edition. Lea & Febiger, Philadelphia: 285~300, 1991
 - 12) 吉田敬義, 谷口興一共訳: 運動負荷テストとその評価法—Principles of Exercise Testing and Interpretation. 南江堂: 37~39, 1989
 - 13) 山地啓司: 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院: 17~26, 1992
 - 14) 竹内 徹: 本邦健康成人の最大運動負荷試験における運動能に及ぼす加齢の影響に関する研究. *東医大誌* **39**: 587~605, 1981
 - 15) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 国民栄養の現状 (平成5年国民栄養調査成績) 第一出版: 平成7年版, 1995
 - 16) Cooper KH, Pollock ML, Martin RP, White SR, Linnerud AC, Jackson A: Physical fitness levels vs selected coronary risk factors. A cross-sectional study. *JAMA* **236**: 166~169, 1976
 - 17) Sedgwick AW, Taplin RE, Davidson AH, Thomas DW: Relationships between physical fitness and risk factors for coronary heart disease in men and women. *Aust NZJ Med* **14**: 208~214, 1984
 - 18) Sawada S, Tanaka H, Funakoshi M, Shindo M, Kono S, Ishiko T: Five year prospective study on blood pressure and maximal oxygen uptake. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* **20**: 483~487, 1993
 - 19) Despres JP, Bouchard C, Savard R, Tremblay A, Marcotte M, Theriault G: The effect of a 20-week endurance training on adipose-tissue morphology and lipolysis in men and women. *Metabolism* **33**: 235~239, 1984
 - 20) Tucker LA, Friedman GM: Walking and serum cholesterol in adults. *Am J of Public Health* **80**: 1111~1113, 1990
 - 21) Farrell PA, Barboriak J: The time course of alterations in plasma lipid and lipoprotein concentrations during eight weeks of endurance training. *Atherosclerosis* **37**: 231~238, 1980
 - 22) 八杉忠雄, 山本 章 (司会): コンセンサスカンファレンス: コレステロール, トリグリセライド, 1987年度日本動脈硬化化学会冬季大会 (1987. 2. 6. 東京). *動脈硬化* **15**: 1109~1118, 1987
 - 23) 厚生省・日本医師会編: 高脂血症診断のてびき: p. 101, 1991
 - 24) 山本 章: 高脂血症患者へのアプローチ. *動脈硬化* **23**: 609~613, 1996
 - 25) Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenbarger RS, Gibbons LW, Macera CA: Changes in physical fitness and all-cause mortality. *JAMA* **273**: 1093~1098, 1995
 - 26) Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC, Leon AS, Marcus BH, Morris J, Paffenbarger RS, Patrick K, Pollock ML, Rippe JM, Sallis J, Wilmore JH: Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* **273**: 402~407, 1995
 - 27) US Department of Health and Human Services: The Surgeon General's Report on Physical Activity and Health. US Government Printing Office, Washington, 1996

Longitudinal Study on the Relation Between Cardiorespiratory Fitness Level and Coronary Risk Factors in Japanese Middle-aged Males

Naoko KOMATSU

Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo Medical College, Tokyo, Japan
(Director : Prof. Joji FUJINAMI)

The purpose of this study was to investigate the effects of a change in cardiorespiratory fitness level on coronary risk factors and to determine a recommended exercise frequency and duration that would reduce coronary risk factors in Japanese middle-aged males. Health evaluations were conducted on 90 apparently healthy Japanese males, aged 30 to 59 years old, at an initial exam and a follow-up exam (3.2 ± 2.2 years after). Symptom-limited maximal exercise testing on a cycle ergometer was used to determine peak oxygen uptake (peak $\dot{V}O_2$). The subjects were classified into two groups according to their peak $\dot{V}O_2$ level: high fitness group ($n=45$, mean peak $\dot{V}O_2=32.6$ ml/kg/min), and low fitness group ($n=45$, mean peak $\dot{V}O_2=24.7$ ml/kg/min). In the high fitness group, in the 16 males with increased peak $\dot{V}O_2$, body weight, abdominal girth, serum total cholesterol and triglyceride levels were significantly decreased, whereas in the 29 males with decreased peak $\dot{V}O_2$, body weight, abdominal girth and resting diastolic blood pressure were significantly increased in the follow-up exam. In the low fitness group, in the 28 males with increased peak $\dot{V}O_2$, serum total cholesterol levels were significantly decreased, whereas in the 17 males with decreased peak $\dot{V}O_2$, body mass index and abdominal girth were significantly increased in the follow-up exam. After follow-up, exercise frequency and duration of ≥ 5 METs aerobic exercise in males with increased peak $\dot{V}O_2$ were 7.8 ± 5.2 bouts/month and 61.4 ± 46.9 minutes/bout in the high fitness group, and 4.8 ± 5.8 bouts/month and 48.8 ± 50.5 minutes/bout in the low fitness group.

From these findings, we conclude that developing an exercise frequency and duration of ≥ 5 METs aerobic exercise (8 bouts/month, 60 minutes/bout for the high fitness group and 5 bouts/month, 50 minutes/bout for the low fitness group) is beneficial in increasing cardiorespiratory fitness level and reducing coronary risk factors in Japanese middle-aged males.

<Key words> Cardiorespiratory fitness level, Peak oxygen uptake, Coronary risk factors, Exercise frequency, Exercise duration.
