

日本人男性における有酸素能力と生命予後に関する縦断的研究

澤田 亨* 武藤 孝司^{2*}

目的 低い有酸素能力が生活習慣病のリスクファクターであることが多くの研究により確認されており、生活習慣病の予防に有酸素運動が寄与することが知られている。しかしながら、有酸素能力と生命予後に関する縦断的研究は少なく、なかでも日本人を対象とした研究はみあたらない。本研究は、日本人における低い有酸素能力が全死因死亡のリスクファクターとなるか調査することを目的に、縦断的研究を実施した。

方法 T社において1982年から1984年の間に最大下運動負荷テストおよび定期健康診断を受診した男性9,986人(平均36.7歳:19-59歳)を対象とした。これらの対象者を平均14年間追跡し、死亡情報を把握した(総観察人年:139,836人年)。観察期間中の死亡者数は247人であった。対象者を観察開始時の推定最大酸素摂取量で5分位に分類し、Cox 比例ハザードモデルを用いて最も低い有酸素能力群(Q₁)を基準として各群の年齢調整ハザード比と年齢、BMI、高血圧の有無、および尿蛋白陽性の有無を調整した多変量調整ハザード比を求めた。

結果 Q₁に対する各群の年齢調整ハザード比(95%CI)は0.54(0.39-0.77)、0.66(0.47-0.94)、0.58(0.39-0.86)、0.46(0.27-0.78)であり、いずれも有意に低いハザード比であった。また、多変量調整ハザード比は0.52(0.37-0.73)、0.60(0.42-0.87)、0.50(0.33-0.75)、0.39(0.22-0.67)であり、年齢以外の交絡因子を調整した後も有意に低いハザード比を示した。

以上の結果は、日本人においても低い有酸素能力は全死因死亡のリスクファクターであることを示唆している。

Key words : 生命予後, 有酸素能力, 身体活動, 最大酸素摂取量, 比例ハザード, 縦断的研究

I はじめに

厚生省は1996年、日本における主要死因(悪性新生物・脳血管疾患・心疾患)の一次予防を重視する観点から、これまでの「成人病」に代わる「生活習慣病」という新たな概念を導入した¹⁾。生活習慣病は「食生活、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等の生活習慣が、その発症・進行に関与する疾患群」と定義されており¹⁾、生活習慣を改善することにより、その疾病の発症や進行を予防できると考えられる疾患である。運動習慣に関しては縦断的調査により、高い有酸素能力または持久的な身体活動が、悪性新生物²⁻⁵⁾・脳血管疾患^{6,7)}あるいは心疾患⁸⁻¹⁰⁾による死亡率を低下させることが報

告されている。また、持久的な身体活動が有酸素能力を高めることが知られている¹⁰⁾。

これらのことから、高い有酸素能力を維持することは主要死因を予防することにつながると考えられる。いいかえれば、高い有酸素能力の維持が生命予後により影響を及ぼすことが推測される。しかしながら、有酸素能力と生命予後に関する縦断的研究は少なく、また対象者は欧米人に限られており日本人を対象とした研究はみあたらない。そこで本研究は、日本人における低い有酸素能力が全死因死亡のリスクファクターとなるか調査することを目的に、日本人男性労働者を対象とした縦断的研究を実施した。

II 研究方法

1. 対象者

対象職域であるT社は、首都圏でガスの供給・販売を主な業務とするガス会社である。社員数

* 東京ガス健康開発センター

^{2*} 順天堂大学医学部公衆衛生学教室
連絡先: 〒105-8527 東京都港区海岸 1-5-20
東京ガス健康開発センター 澤田 亨

は調査を開始した1982年3月末時点で12,899人(男性:11,978人・女性:921人),平均年齢は男性37.9歳,女性26.1歳であった。

本研究の対象者は, T社において1982年度から1984年度の3年間に定期健康診断および運動負荷テストを受診した男性9,986人であった。女性社員については人数が少ないことから本研究の対象から除いた。

2. 追跡調査

対象者が3年間のなかで最初に運動負荷テストと定期健康診断を同じ年に受けた際のデータを調査開始時時点のデータとして採用した。1996年3月31日を調査終了とし, この間の生存・死亡情報を調査した。平均観察期間は14年(範囲:4-178カ月)であった(総観察人年:139,836人年)。

退職後の死亡については, T社退職者で組織された会の事務局による家族に対する電話聞き取り調査により死亡状況を把握した。退職者で組織された会では, 毎年会員の在籍を確認しており追跡期間中の全死亡を把握している。また, 在職中の死亡については, 人事情報をもとにT社医療スタッフが死亡者の所属する職場総務担当者に対する電話聞き取り調査により死亡状況を把握した。追跡期間中の全死亡者について, 死亡状況より死因をICD-10(International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, Tenth Revision)の死因分類表²⁰⁾に従って分類した。死因が特定できなかった4人については, 全死因死亡の解析のみに含めた。

観察終了まで生存していた例は観察終了時点で観察打ち切りとした。また, T社退職者で組織された会に入会しなかった526人(5.3%)については, 死亡の記録を把握できないことから, 退職時点で観察打ち切りとした。

3. 検査項目および測定方法

労働安全衛生法に基づく健康診断内容から身長, 体重, 血圧, および尿検査の測定結果を解析に用いた。身長, 体重の測定から, Body Mass Index(BMI: 体重(kg)/身長(m)²)を求め, 体格の指数とした。安静血圧の測定は椅子座位で水銀血圧計を用いて測定した。尿蛋白および尿糖は試験紙法により測定した。

運動負荷は, モナーク社製自転車エルゴメータを用いて各段階4分間の最大下負荷を2段階ある

いは3段階かけた。心拍数は心電図のR-R間隔から算出した。年齢と性別から推定した最大心拍数(220-年齢)の85%を目標心拍数に設定し, 目標心拍数に到達した者はその時点で運動負荷テストを中止した。最終段階の最後の1分間から得られた仕事量と最後の10秒間から得られた心拍数からÅstrandとRyhmingのノモグラム²¹⁾とÅstrandの年齢補正係数²²⁾を用いて最大酸素摂取量(maximal oxygen uptake: $\dot{V}O_2\max$)を推定した。運動負荷テストは, 実施前に対象者から循環器疾患あるいは糖尿病患者を事前に除いており, それぞれの疾患や薬剤の服用が $\dot{V}O_2\max$ 測定果へ及ぼす影響を取り除いた。また, 測定当日も治療の有無, 最近の健康状態を確認して, 運動負荷試験の実施が困難と判断された者は対象から除いた。

また, 運動負荷テストの実施直前に自記式アンケートにより, 日常生活での運動実施状況を4段階で把握し, 各段階をポイント化して集計した(何もしない:1ポイント・職場体操程度の運動をする:2ポイント・職場体操以外にも時々運動する:3ポイント・職場体操以外にも毎日運動する:4ポイント)。

4. 統計手法

BMIは日本肥満学会の分類基準²³⁾に基づいて4群に分類した。BMIが19.8未満を「やせ」, 19.8以上24.2未満を「普通」, 24.2以上26.4未満を「過体重」, 26.4以上を「肥満」とした。血圧については, 収縮期血圧が160 mmHg以上あるいは拡張期血圧が95 mmHg以上を高血圧群とし, 非高血圧群と2群に分類した。また, $\dot{V}O_2\max$ は5分位に分類し, $\dot{V}O_2\max$ が30.9 ml/kg・min未満を「Q₁」, 30.9以上34.5未満を「Q₂」, 34.5以上38.1未満を「Q₃」, 38.1以上41.9未満を「Q₄」, そして41.9以上を「Q₅」とした。

有酸素能力と生命予後に関する量的な評価および交絡因子の調整のためにCox比例ハザードモデル²⁴⁾を用いた。共変量として年齢(連続数), 身長(連続数), 体重(連続数), BMI(4群), 高血圧(有無), 尿糖陽性(有無), 尿蛋白陽性(有無), 運動実施状況(4群)を投入し, ステップワイズ法により比例ハザードモデルの当てはまりがもっともよくなる共変量を選択し, 年齢, BMI, 高血圧, 尿蛋白陽性を採用した。そして, $\dot{V}O_2\max$ の最も低い群(Q₁)を基準として各分

位の全死因死亡のハザード比を求めた。ハザードの比例性の検討は、ログマイナスログ・プロットを用いて視覚的に検討し、プロットから比例性が成立していることを確認した。統計解析には、SPSS 統計パッケージ (Statistical Package for Social Science) を使用した。有意水準は p 値を0.05として、p 値がこれより小さければ統計的に有意とした。

III 研究結果

調査開始時点での平均年齢 (±SD) は36.7±9.6歳 (範囲：19-59歳) であった。対象者の調査開始時点における BMI は、「普通」が全体の61.1%を占め、「肥満」は8.5%であった。血圧については94.9%が正常であった。また、運動実施状況については「何もしない」あるいは「職場体操程度」と答えた対象者が全体の55.3%であり、ほぼ半数の対象者が非活動的な生活を送っていると考えられた。生存群と死亡群の調査開始時点における身体的特徴を表1に示した。死亡群は247人 (2.5%) であった。生存群と比較して死亡群は年齢、収縮期血圧、拡張期血圧が有意に高く、 $\dot{V}O_2\max$ は有意に低かった。また、運動実施状況は死亡群においてやや低いポイントを示した。

表2に死因、死亡年齢別にみた死亡者数および調査開始時点における年齢別対象者数を示した。死因別に分類すると、循環器疾患 (ICD：9000-9500) 72人 (29.2%)、全がん (ICD：2000-2202) 112人 (45.3%)、その他63人 (25.5%) であった。

表3に有酸素能力別にみた対象者の調査開始時点における身体的特徴を示した。有酸素能力の高

表1 生存群および死亡群の調査開始時点における身体的特徴

	生存群	死亡群	p 値
人数 (人)	9,739	247	
年齢 (歳)	36.4±9.5*	45.8±9.0	<0.001 ^{2*}
BMI	22.7±2.6	22.6±2.7	0.45 ^{2*}
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg·min)	36.8±7.0	33.3±6.4	<0.001 ^{2*}
収縮期血圧 (mmHg)	125.7±13.3	127.5±15.0	0.03 ^{2*}
拡張期血圧 (mmHg)	74.8±12.1	79.2±12.0	<0.001 ^{2*}
運動実施状況 (ポイント)	1.43±0.78	1.34±0.72	0.05 ^{3*}

* : 平均±SD 2* : t 検定 3* : U 検定

表2 死因、死亡年齢別にみた死亡者数および調査開始時点における年齢別対象者数

	39歳以下	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70歳以上	計
全死因	20	47	88	80	12	247
循環器疾患	3	13	22	29	5	72
全がん	5	20	51	32	4	112
その他	12	14	15	19	3	63
対象者数	6,153	2,564	1,269	—	—	9,986

い群ほど平均年齢が若くなる傾向にあった。BMI、収縮期血圧、および拡張期血圧は有酸素能力の高い群ほど低くなる傾向にあった。また、自記式アンケートから得られた運動実施状況は有酸素能力の高い群ほどポイントが高くなる傾向にあった。

最も低い有酸素能力群 (Q_1) に対する各分位

表3 有酸素能力別にみた対象者の調査開始時点における身体的特徴

	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg·min)	27.5±2.4*	32.3±1.0	35.9±1.0	39.9±1.3	47.3±4.8
人数	1,793	2,038	2,123	2,143	1,889
年齢 (歳)	42.6±8.6	39.6±8.9	36.6±8.9	34.3±8.8	30.7±8.2
BMI	24.3±2.7	23.4±2.4	22.7±2.4	22.0±2.2	21.4±2.1
収縮期血圧 (mmHg)	129.7±13.9	126.9±13.3	125.7±13.2	123.9±13.1	122.7±12.1
拡張期血圧 (mmHg)	80.6±11.3	77.6±11.6	75.0±11.7	72.2±11.4	69.7±11.3
運動実施状況 (ポイント)	1.29±0.73	1.38±0.74	1.36±0.78	1.48±0.76	1.62±0.82

* : 平均±SD

表4 最も低い有酸素能力群 (Q₁)に対する各分位の年齢調整ハザード比および多変量調整ハザード比 (全死因)

	人数	死亡者数	年齢調整 ハザード	95%CI	p 値	多変量調整* ハザード比	95%CI	p 値
Q ₁	1,793	96	1.0	—	—	1.0	—	—
Q ₂	2,038	50	0.54	0.39-0.77	<0.001	0.52	0.37-0.73	<0.001
Q ₃	2,123	49	0.66	0.47-0.94	0.022	0.60	0.42-0.87	0.006
Q ₄	2,143	35	0.58	0.39-0.86	0.006	0.50	0.33-0.75	<0.001
Q ₅	1,889	17	0.46	0.27-0.78	0.004	0.39	0.22-0.67	<0.001
			p<0.01 ^{2*}			p<0.001 ^{2*}		

* : 共変量 : 年齢, BMI, 高血圧の有無, 尿蛋白陽性の有無

2* : トレンド検定

表5 最も低い有酸素能力群 (Q₁)に対する各分位の多変量調整ハザード比 (循環器疾患, 全がん)

	循環器疾患 死亡者数	多変量調整* ハザード比	95%CI	p 値	全がん 死亡者数	多変量調整* ハザード比	95%CI	p 値
Q ₁	28	1.0	—	—	46	1.0	—	—
Q ₂	14	0.52	0.27-1.00	0.051	27	0.60	0.37-0.98	0.039
Q ₃	14	0.68	0.35-1.33	0.259	19	0.51	0.29-0.89	0.018
Q ₄	9	0.53	0.24-1.16	0.111	14	0.45	0.24-0.85	0.013
Q ₅	7	0.74	0.30-1.80	0.509	6	0.31	0.13-0.75	0.010
			p=0.25 ^{2*}			p<0.01 ^{2*}		

* : 共変量 : 年齢, BMI, 高血圧の有無, 尿蛋白陽性の有無

2* : トレンド検定

の全死因死亡に関連する年齢調整ハザード比と、交絡因子として年齢, BMI, 高血圧の有無, および尿蛋白陽性の有無を調整した多変量調整ハザード比を表4に示した。Q₁に対する各分位の年齢調整ハザード比はいずれも有意に低く, 有酸素能力が高くなるに従ってハザード比も低くなる傾向 (p<0.01) を示した。多変量調整ハザード比は年齢調整ハザード比と比較してさらに低い値を示した。

循環器疾患死亡あるいは全がん死亡の多変量調整ハザード比を表5に示した。循環器疾患死亡においては多変量調整ハザード比が有意ではなかったが, Q₁に対してすべての分位で低い傾向にあった。全がん死亡についてはすべての分位が Q₁に対して有意に低く, 有酸素能力が高くなるに従って多変量調整ハザード比も低くなる量反応関係 (p<0.01) を示した。

IV 考 察

1. 対象者について

本研究の対象者は首都圏に住居を持つ男性労働者であり, 対象者の有酸素能力が日本人男性を代表するか, 小林の作成した日本人成人の Aerobic Power に関する5段階の評価区分²⁵⁾を利用して検討した。この評価区分では35歳から39歳の「普通」にあたる値は34.6~42.5 ml/kg·minであった。本研究の対象者における $\dot{V}O_2\max$ の平均値 (±SD) は36.7±7.0 ml/kg·minであり「普通」の範囲内であった。以上のことより本研究の対象者は有酸素能力に関して, おおむね日本人男性を代表していると考えられた。

2. データの妥当性

1) 有酸素能力測定の妥当性

本研究で有酸素能力の指標として用いた $\dot{V}O_2\max$ の推定式である Åstrand と Ryhming のノモグラムの推定精度に関してはその妥当性を評価する多くの報告がある^{21,26~28)}。例えば,

Shephard²⁶⁾は10人の男性を対象にÅstrandとRyhmingのノモグラムを用いて推定した $\dot{V}O_2\max$ と、直接法にて測定した $\dot{V}O_2\max$ と比較して $r=0.87$ の相関があったと報告している。これらのことから、本研究において推定した $\dot{V}O_2\max$ の値は対象者の有酸素能力をほぼ反映していると考えられる。

2) 死因の妥当性

本研究では死因に関する把握は社内医療スタッフおよび退職者で組織された会の事務局の聞き取り調査により死因を把握しており、死亡小票の確認は行っていない。しかしながら、本研究においては、電話による確認であることや、在職死亡者(160人:64.8%)については社内医療スタッフが死亡者についての在職中の健康診断結果あるいは社内診療所における医療情報等をあらかじめ持たうえでの、死亡者の所属する職場総務担当者に対する電話聞き取り調査であったことから、ある程度の妥当性を確保していると考えられる。

死因において、本研究では全がん死亡が死亡者全体の45.3%という高い割合を占めている。本研究は、19歳から59歳を対象とした平均14年間の追跡調査であり追跡終了時点では70歳以上の死亡者は死亡者全体の4.9%(12人)しか観察できていない。このため、50~69歳の死亡者が67.2%(166人)を占めている。一方、日本人における50~69歳の死因の第1位は悪性新生物であり、5歳きざみで見た死亡割合(%)はそれぞれ、39.4, 43.0, 44.5, 41.9と本研究と同様に高い割合を占めている²⁹⁾。これらのことから、本研究の高い全がん死亡割合は対象者の死亡年齢に起因していると考えられる。また、在職死亡者が死亡者全体の64.8%と高い割合を占める理由については、本研究では追跡終了時点で退職が対象者全体の18.2%(1,816人)しか発生しておらず、このために退職後の死亡数と比較して相対的に高い在職死亡者数を示していると考えられる。

3) 解析の妥当性

本研究には、死亡の情報を把握できなかった562人においても、生存が確認されている期間の情報を生かすために、途中打ち切り例(censored case)を扱える比例ハザードモデルを採用し解析の精度を高めた。

観察開始初期の死亡例は、その死亡を引き起こ

した潜在的疾患によって低い有酸素能力をもたらした可能性がある。そこで本研究の対象者から5年以降の打ち切りデータのみを利用して多変量調整ハザード比を求めた(対象:9,720人)。その結果は全データを用いた解析結果とほぼ同じであった。加えて、30歳未満の若年層を除いた解析も実施したが、全データを用いた解析結果と同様の結果であった。

先行研究と比較した本研究の弱点は、生命予後と関係の深いと考えられる喫煙習慣や飲酒習慣あるいは血液生化学検査結果が比例ハザード算出時に多変量調整されていないことである。これらの交絡因子のなかで、とりわけ喫煙習慣については生命予後に影響を与える重要な因子と考えられ、多くの研究で交絡因子として調整されている^{3~5,10,12~18)}。Slatteryら¹⁴⁾は、有酸素能力と全死因死亡について、喫煙調整前後のデータを示し、喫煙調整後も同様な結果であった事を報告している。しかしながら、男性における日本人の喫煙率は、欧米と比較して高いことから³⁰⁾、今後、日本人について喫煙習慣も考慮した研究が必要であると思われる。

3. 有酸素能力と生命予後

1) 有酸素能力と全死因死亡

これまでに8つの有酸素能力と全死因死亡の関係に関する縦断的研究が報告されている^{3,4,13~18)}。これら8つの報告すべて、有酸素能力が全死因死亡に有意に関係していると報告している。また、6つの研究^{3,4,14~16,18)}は有酸素能力と全死因死亡の関係に量反応関係があることを報告している。

8つの研究のうち最も総観察人年が多い研究は、Kampertら⁴⁾の研究である。彼らは米国人男性25,341人を対象にトレッドミルによる最大運動負荷テストを行い、テストから得られた有酸素能力を5分位に分けた。そして、全死因死亡について、 Q_1 に対する各分位の年齢、測定年、喫煙習慣の有無、慢性疾患の有無、異常心電図の有無を調整した多変量調整ハザード比(95%CI)が、それぞれ、0.55 (0.44-0.70), 0.61 (0.48-0.78), 0.52 (0.41-0.66), 0.49 (0.37-0.64)であったと報告している。本研究の結果(表5)は彼らの結果と非常に似通っており、 Q_1 に対する各分位の多変量調整ハザード比はいずれも有意に低く、有酸素能力が高くなるに従って多変量調整ハザード比

も低くなる量反応関係を示している。これらのことは、日本人においても欧米人同様、低い有酸素能力が全死因死亡のリスクファクターであることを示唆している。

低い有酸素能力、または持久的な身体活動の不足が循環器疾患死亡^{8~18)}、高血圧^{31~33)}、がん^{2~5)}、およびインシュリン非依存性糖尿病³⁴⁾への罹患率や、それが原因となる死亡率を増加させることが報告されており、これら単一あるいは複合的な機序が低い有酸素能力と全死因死亡の関係を説明すると思われる。

2) 有酸素能力と循環器疾患死亡

有酸素能力と循環器疾患死亡との関係を縦断的に調査した研究はこれまでに16報告されている^{3,8~18,35~38)}。これら16の報告のうち12^{3,8~18)}は有酸素能力が循環器疾患死亡と有意に関係していると報告している。本研究では表5に示すように、循環器疾患死亡におけるハザード比は Q_1 に対して各分位とも低い値を示したがいずれも有意ではなかった。これは、本研究では死因を特定する方法が死亡小票の確認ではなく聞き取り調査であったことから、疾患の終末期の状態としての心不全が循環器疾患死亡に加わってしまったことによる交絡が原因かも知れない。あるいは、日本人が欧米人と比較して循環器疾患死亡が少ない事ともなる統計学的検出力 (Statistical Power) の低さが、本研究において有酸素能力と循環器疾患死亡とに有意な関係がみいだせなかった原因かも知れない。

3) 有酸素能力と全がん死亡

有酸素能力と全がん死亡との関係を縦断的に調査した研究は少なく、これまでに3つの報告が存在する^{3~5)}。そのうち2つは全がん^{3,4)}を、残りの1つは前立腺がん⁵⁾を対象に調査している。Arraizら³⁾は、カナダホームフィットネステストというステップテスト (最大下自転車運動負荷テストとの相関: $r=0.72$) を受けたカナダ人2,267人を7年間追跡し、有酸素能力と全がん死亡の関係を調査した。彼らの考える望ましい有酸素能力を持つ群を基準とした最低限の有酸素能力を持つ群および望ましくない有酸素能力を持つ群の年齢、性別、喫煙状況、飲酒量を調整した多変量調整オッズ比 (95%CI) は、それぞれ1.6 (0.4~5.4), 1.9 (0.8~4.5) であったと報告している。Arraizら

は量反応関係が認められながらも各オッズ比が有意でなかった点について、データ数が少なかったことによる検出力の低さが原因であると考察している。彼らの観察した約16,000人年という総観察人年は、本研究の139,836人年と比較しても明らかに少なく、検出力の低さが不明瞭な結果をもたらしたと考えられる。一方、Kampertら⁴⁾は有酸素能力と全がん死亡に有意な関係があったと報告している。彼らは、米国人男性25,341人を対象にトレッドミルによる最大運動負荷テストを行い、有酸素能力を5分位に分け、全がん死亡との関係を調査している。そして、 Q_1 に対する各分位の年齢、測定年、喫煙習慣の有無、慢性疾患の有無、異常心電図の有無を調整した多変量調整ハザード比 (95%CI) は、それぞれ、0.54 (0.35~0.84), 0.56 (0.36~0.87), 0.59 (0.38~0.90), 0.36 (0.21~0.61) であったと報告し、彼らはこれらの知見について強く興味を持ち、有酸素能力とがん死亡との関係について更なる研究を展開すると述べている。また、Oliveriaら⁵⁾は、有酸素能力と前立腺がん罹患との間に有意な関係があったと報告している。彼らは、米国人男性12,975人を対象にトレッドミルによる最大運動負荷テストを実施し対象者を4分位に分類した。前立腺がんへの罹患をエンドポイントとして、 Q_1 に対する各分位の年齢、BMI、喫煙状況を調整した多変量調整ハザード比 (95%CI) は、それぞれ、1.10 (0.63~1.77), 0.73 (0.41~1.29), 0.26 (0.10~0.63) であったと報告している。そして、運動がもたらす低いtestosterone値が前立腺がんの予防に寄与しているのではないかと考察している。

本研究においても、全がん死亡における多変量調整ハザード比は Q_1 に対して各分位とも有意に低い値を示し、量反応関係も認められた (表5)。これらの知見は、高い有酸素能力あるいは持久的な身体活動が、全がん死亡もしくは部位特異的ながんによる死亡の予防に寄与していることを示唆している。しかしながら、有酸素能力とがん死亡あるいはがん罹患に関してはその機序を含め不明な点が多く、有酸素能力と部位特異的ながんそれぞれについて更なる研究が必要であると思われる。

4. おわりに

以上、日本人男性における有酸素能力と生命予

後の関係について検討した。運動負荷テストから得られた有酸素能力と生命予後の関係を調査したこれまでの研究は、すべて欧米人を対象としており、日本人を対象とした研究はみあたらない。欧米人と日本人では、遺伝的要素の違いとともに、生活環境あるいは生活習慣に違いがみられる。したがって、有酸素能力と生命予後に関して日本人を対象として調査を行ったことは意義あることと考えられる。

本研究の結果は、日本人においても低い有酸素能力は、全死因死亡および全がん死亡のリスクファクターであることを示唆している。

本研究に御高配くださいました順天堂大学医学部・公衆衛生学教室、福渡 靖教授および東京ガス健康開発センター宮崎達男所長に感謝いたします。また、東京ガス健康開発センターのスタッフおよび歴代の健康づくりにチームの皆様へ感謝いたします。

(受付 '98. 6.24)
(採用 '98.12.21)

文 献

- 1) 厚生省. 厚生白書 (平成9年度版). 東京: 財団法人厚生問題研究会, 1997; 50-79.
- 2) Lee I-M, Paffenbarger RS Jr. Physical activity and its relation to cancer risk: a prospective study of college alumni. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: 831-837.
- 3) Arraiz GA, Wigle DT, Mao Y. Risk assessment of physical activity and physical fitness in the Canada health survey mortality follow-up study. *J Clin Epidemiol* 1992; 45: 419-428.
- 4) Kampert JB, Blair SN, Barlow CE, et al. Physical activity, physical fitness, and all-cause and cancer mortality: a prospective study of men and women. *Ann Epidemiol* 1996; 6: 452-457.
- 5) Oliveria SA, Kohl HW III, Trichopoulos D, et al. The association between cardiorespiratory fitness and prostate cancer. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 97-104.
- 6) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, et al. A natural history of athleticism and cardiovascular health. *JAMA* 1984; 252: 491-495.
- 7) Abbott RD, Rodriguez BL, Burchfiel CM, et al. Physical activity in older middle-aged men and reduced risk of stroke: the Honolulu Heart Program. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 881-893.
- 8) Bruce RA, DeRouen TA, Hossack KF. Value of maximal exercise tests in risk assessment of primary coronary heart disease events in healthy men. Five years' experience of the Seattle heart watch study. *Am J Cardiol* 1980; 46: 371-378.
- 9) Wilhelmsen L, Bjure J, Ekstrom-Jodal B, et al. Nine years' follow-up of a maximal exercise test in a random population sample of middle-aged men. *Cardiology* 1981; 68: 1-8.
- 10) Peters RK, Cady LD Jr, Bischoff DP, et al. Physical fitness and subsequent myocardial infarction in healthy workers. *JAMA* 1983; 249: 3052-3056.
- 11) Bruce RA, Hossack KF, DeRouen TA, et al. Enhanced risk assessment for primary coronary heart disease events by maximal exercise testing: 10 years' experience of Seattle Heart Watch. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 565-573.
- 12) Sobolski J, Kornitzer M, Backer GD, et al. Protection against ischemic heart disease in the Belgian physical fitness study: physical fitness rather than physical activity? *Am J Epidemiol* 1987; 125: 601-610.
- 13) Ekelund LG, Haskell WL, Johnson JL, et al. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. The Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study. *N Eng J Med* 1988; 319: 1379-1384.
- 14) Slattery ML, Jacobs DR Jr. Physical fitness and cardiovascular disease mortality. The US railroad study. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 571-580.
- 15) Blair SN, Kohl HW III, Paffenbarger RS Jr, et al. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989; 262: 2395-2401.
- 16) Sandvik L, Erikssen J, Thaulow E, et al. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N Eng J Med* 1993; 328: 533-537.
- 17) Blair SN., Kohl HW III, Barlow CE, et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. *JAMA* 1995; 273: 1093-1098.
- 18) Blair SN, Kampert JB, Kohl HW III, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA* 1996; 276: 205-210.
- 19) Åstrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. (Second edition). New York: McGraw-Hill Book Company, 1977.
- 20) 厚生省大臣官房統計情報部編. 疾病, 障害および死亡統計分類提要 ICD-10準拠 第一巻: 総論. 東京: 厚生統計協会, 1995: 325-329.
- 21) Åstrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 1954; 7:

- 218-221.
- 22) Åstrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 1960; 49: 45-60.
 - 23) 日本肥満学会肥満症診療のてびき編集委員会編. 肥満症: 診断・治療・指導のてびき. 東京: 医歯薬出版, 1993; 17-18.
 - 24) Cox DR. Regression models and life-tables. *J R Stat Soc, Series B* 1972; 34: 187-220.
 - 25) 小林寛道. 日本人のエアロビック・パワー; 加齢による体力推移とトレーニングの影響. 東京: 杏林書院, 1982; 258-268.
 - 26) Shephard RJ. The prediction of 'maximal' oxygen consumption using a new progressive step test. *Ergonomics* 1967; 10: 1-15.
 - 27) Washburn RA, Montoye HJ. The validity of predicting $\dot{V}O_2\text{max}$ in males age 10-39. *J Sports Med Phys Fitness* 1984; 24: 41-48.
 - 28) Siconolfi SF, Cullinane EM, Carleton RA, et al. Assessing $\dot{V}O_2\text{max}$ in epidemiologic studies: modification of the Åstrand-Ryhming test. *Med, Sci sports Exerc* 1982; 14: 335-338.
 - 29) 厚生統計協会. 国民衛生の動向・厚生指標. 東京: 厚生統計協会, 1995; 42: 418.
 - 30) Cullen JW, McKenna JW, Massey MM. International control of smoking and the US experience. *Chest* 1986; 89 (Suppl): 206S-218S.
 - 31) Sawada S, Tanaka H, Funakoshi M, et al. Five year prospective study on blood pressure and maximal oxygen uptake. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1993; 20: 483-487.
 - 32) Paffenbarger RS Jr, Wing AL, Hyde RT, et al. Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am J Epidemiol* 1983; 117: 245-257.
 - 33) Blair SN, Goodyear, NN, Gibbons, LW et al. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA* 1984; 252: 487-490.
 - 34) Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, et al. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin dependent diabetes mellitus. *N Eng J Med* 1991; 325: 147-152.
 - 35) Gyntelberg F, Lauridsen L, Schubell K. Physical fitness and risk of myocardial infarction in Copenhagen males aged 40-59: a five- and seven-year follow-up study. *Scand J Work Environ Health* 1980; 6: 170-178.
 - 36) Lic H, Mundal R, Erikssen J. Coronary risk factors and incidence of coronary death in relation to physical fitness. Seven-year follow-up study of middle-aged and elderly men. *Euro Heart J* 1985; 6: 147-157.
 - 37) Erikssen J. Physical fitness and coronary heart disease morbidity and mortality. A prospective study in apparently healthy, middle aged men. *Acta Med Scand Suppl* 1986; 711: 189-192.
 - 38) Hein HO, Suadicani P, Gyntelberg F. Physical fitness or physical activity as a predictor of ischaemic heart disease? A 17-year follow-up in the Copenhagen male study. *J Intern Med* 1992; 232: 471-479.
-

PROSPECTIVE STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL FITNESS AND ALL-CAUSE MORTALITY IN JAPANESE MEN

Susumu SAWADA*, Takashi MUTO^{2*}

Key words: Mortality, Physical fitness, Physical activity, Maximal oxygen uptake, Proportional hazard, Prospective study

This study was conducted to examine the relationship between physical fitness and all-cause mortality in Japanese men. We evaluated the physical fitness and risk for all-cause mortality of 9,986 Japanese men who were given a submaximal exercise test and a medical examination between 1982 and 1984. Physical fitness was measured using a bicycle ergometer test, and maximal oxygen uptake was estimated. The average follow-up time was 14 years, for total of 139,836 person-years of observation. There were 247 deaths during the observation period. The relative risk and 95% confidence intervals (95% CI) for all-cause mortality were obtained using the Cox proportional hazards model. Following age adjustment, and using the lowest physical fitness (quintile I) group as a reference, the hazard ratios for quintiles II through V were, 0.54 (0.39–0.77), 0.66 (0.47–0.94), 0.58 (0.39–0.86), and 0.46 (0.27–0.78), respectively. After being adjusted for age, body mass index, hypertension, and urinary protein, the hazard ratios were, 0.52 (0.37–0.73), 0.60 (0.42–0.87), 0.50 (0.33–0.75), and 0.39 (0.22–0.67), respectively.

The results presented here support the hypothesis that a low level of physical fitness in an important risk factor for all-cause mortality in Japanese men.

* Tokyo Gas Health Promotion Center

^{2*} Department of Public Health, School of Medicine, Juntendo University