

呼気窒素ガスからみた中高齢者の体力

A study on physical fitness of middle-aged and elderly people with respect to expired nitrogen gases

松尾 宏* 片山 敬章** 荒深 裕規***
十都 和也**** 伊藤 智式***** 石田 浩司**
渡邊 俊彦** 宮村 實晴**

Hiroshi MATSUO *, Keisho KATAYAMA **, Hiroki ARAFUKA ***
Kazuya TOSO ****, Chishiki ITOH ***** , Koji ISHIDA **
Toshihiko WATANABE **, Miharu MIYAMURA **

In the present study, physical fitness and expired nitrogen gases at rest were determined in middle-aged and elderly (42~85 years) people (30 males and 40 females) to examine physical fitness with respect to the concentration of expired nitrous oxide (N₂O) and nitric oxide (NO). The subjects were divided into three groups: 1) taikyokuken group, 2) tennis group, and 3) sedentary group. Grip strength, reaction time, one-leg balance with opened and closed eyes, body front-flexion in a sitting position, and shuttle walk were measured as the physical fitness test for each subject. The following results were obtained:

- 1) All parameters of physical fitness were significantly ($p<0.05$) lower in the sedentary group than those in the regularly exercising group.
- 2) Little difference was made between taikyokuken group and tennis group in all parameters except body front-flexion in a sitting position and shuttle walk in the physical fitness test.
- 3) There were significant ($p<0.01\sim 0.05$) correlations between the score of grip strength, reaction time, and one-leg balance with opened eyes and the concentration of expired NO.
- 4) A significant correlation ($p<0.01$) was found between the score of shuttle walk and the concentration of expired N₂O.

From these results, it was suggested that expired nitrogen gases, especially the concentration of N₂O at rest, could be a useful index of physical fitness and/or defense fitness in middle-aged and elderly people.

はじめに

科学技術の発達は我々に快適で豊かな生活をもたらしている。例えば自動車や鉄道は人間の往來を盛んにし、ひいては経済活動を活性化している。また電化製品の普及は家事の時間を減らし、その結果生じた余剰

時間を我々は別のことに使えるようになった。しかしこれら交通機関の発達や電化製品の普及は同時に日常生活における身体活動量の減少という問題も引き起こしている。身体活動量の減少が体力の低下につながることはよく知られた事実である^{1),2)}。近年我が国では全人口に占める中高齢者の割合が急速に増加してい

* 名古屋大学大学院医学研究科
** 名古屋大学総合保健体育科学センター
*** 名古屋大学大学院教育発達科学研究科
**** 名古屋大学大学院人間情報学研究科
***** 豊橋技術科学大学
* Graduate School of Medicine, Nagoya University
** Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University
*** Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University
**** Graduate School of Human Informatics, Nagoya University
***** Toyohashi University of Technology

る。中高齢者における体力の低下は、彼らの健康の維持や医療費などに大きな影響を与えると考えられる。従って、中高齢者の体力を正確に把握し、体力づくりをサポートしていくことは現代社会において重要な課題の一つであると言えよう。

これまでヒトの体力を把握するために最大酸素摂取量が指標とされてきた³⁾。これは呼吸循環機能と密接に関係し、再現性、信頼性も高いことから現在国際的に広く採用されている³⁾。しかし、最大酸素摂取量を測定するためには高価な測定装置や専門的知識が必要となるばかりか、被験者を疲労困憊に至るまで運動を行わせるため、特に高齢者には危険を伴いやすい。これらの問題を解決する方策として考案されたのがシャトル・スタミナテスト⁴⁾やシャトル・スタミナ・ウォークテスト(シャトルウォークテスト)⁵⁾である。これらは10m以上の細長い通路があれば実施でき、シャトル・スタミナテストの場合は走り、特にシャトルウォークテストの場合は速足で3分間歩くことから手軽かつ危険性も少ない。そして田路ら⁶⁾はシャトル・スタミナテスト、木村ら⁵⁾はシャトルウォークテストの成績と筋力、平衡性、敏捷性、柔軟性との間に有意な相関関係を見だしており、中高齢者の体力を総合的に判断する指標としての可能性を示唆している。

一方、ヒトは呼気中に酸素や二酸化炭素のみならず各種の窒素ガスも排泄している。近年2つの窒素ガスがヒトの生理的作用に関与しているとして注目されている。一つは一酸化窒素(nitric oxide: NO)、他の一つは亜酸化窒素(nitrous oxide: N₂O)である。NOは血管拡張物質であり⁷⁾、発生場所は血管内皮細胞にとどまらず気道粘膜上皮、鼻粘膜上皮さらにはマクロファージと多岐にわたっている。これに対しN₂Oは、別名笑

気ガスとも呼ばれ、硝酸塩(NO₃⁻)から細菌の脱窒素作用によって生成され、発生場所は口腔、消化管、上気道である^{8),9)}。運動と窒素ガスに関して、Chirpaz-Oddouら¹⁰⁾は、呼気NO発生(排出)量は運動強度に比例して増加することを、またMarounら¹¹⁾は、最大下運動時(酸素摂取量毎分約2.0ℓ)のNO排出量は競技者群の方が一般人のそれより有意に高いことを明らかにしている。一方、N₂Oに関して、宮村ら¹²⁾は陸上長距離選手の5,000mのベスト記録と安静時の呼気N₂O濃度との間に有意な相関関係を有することを報告している。しかし、これらの先行研究の被験者は、若齢者であり、中高齢者を対象にした報告は少ない。さらに呼気中の窒素ガス、特にNOおよびN₂Oと体力との関係について究明した研究は、著者の知る限り見当たらない。

そこで本研究では、中高齢者における体力および安静時における呼気窒素ガスの測定を行い、両者の関係を検討することを目的とした。

方 法

1. 被験者

本研究では、40歳以上の男女中高齢者を対象とした。日常生活における運動習慣とその種類の違いが体力テストの成績や呼気中の窒素ガス濃度に影響を与えているか否かを調べるために被験者を3つの群に分類した。つまり、日常生活において1)定期的に太極拳を実施している群(以下太極拳群と呼ぶ)、2)定期的にテニスを実施している群(以下テニス群と呼ぶ)、3)定期的に運動を実施していない群(以下非運動群と呼ぶ)である。なお、各被験者の肺活量は、電子スパイ

表1 被験者の身体特性

	太極拳群	テニス群	非運動群
人数(人)	31(23)	22(11)	17(6)
年齢(歳)	55.3±6.7	57.0±8.5	72.2±7.5*#
身長(cm)	157.1±7.1	160.8±7.7	156.3±10.4
体重(kg)	53.7±9.3	57.4±10.2	53.3±9.0
1週あたりの運動時間(時間)	5.1±4.5	13.2±9.5 †	
運動暦(年)	9.9±6.7	26.0±11.5 †	
肺活量(ℓ)	2.94±0.60	3.21±0.92	2.34±0.52*#
%肺活量(%)	106.7±16.4	106.4±22.3	85.6±17.2*#

人数項目の()の数字は全体に対する女性の人数を示す。人数項目以外の数値は、平均±標準偏差。*は非運動群とテニス群、#は非運動群と太極拳群、†はテニス群と太極拳群との有意差(p<0.05)を示す。

ロメータ (Sp-310、フクダ電子社製) を用いて測定し、テニス群と太極拳群に対しては、1 週当たりの運動時間と運動暦を調査した。3 群の身体特性、1 週あたりの運動時間および運動暦を表 1 に示した。

2. 体力テスト

各被験者の体力要素を把握するために体力テストを実施した。測定項目と測定方法は以下の通りである。

- 1) 握力 (筋力): デジタル握力計 (竹井機器社製) を用いて左右の握力を測定し、それらを平均した値を各被験者の握力とした。
- 2) 開眼片足立ちと閉眼片足立ち (平衡性): 各被験者に対し両手を腰にあて、開眼の場合は目を開けた状態、閉眼の場合は目を閉じた状態で片足立ちをするように指示した。そして挙げた片足が地面に触れるまでの時間を計測した。ただし、開眼片足立ちにおいて 1 分以上経過した場合は測定を中止し、60 秒として記録した。
- 3) 単純反応時間と全身反応時間 (敏捷性): 反応時間測定装置 (竹井機器社製) を用いて測定した。単純反応時間の測定では各被験者に対し椅座位で前方に設置したランプを注視し、ランプが点灯するや否やできるだけ素早くボタンを押すように指示した。全身反応時間の測定では、各被験者に対し地面においた測定板の上に立位で膝を軽く屈曲した姿勢を維持し、前方に設置したランプが点灯するや否やできるだけ素早く上方に跳躍するように指示した。それぞれ 2 回ずつ測定し、平均した値を各被験者の単純および全身反応時間とした。
- 4) 長座体前屈 (柔軟性): 測定にあたり、flexibilimeter (竹井機器社製) を段ボールに取り付けた測定道具を作成した。各被験者にはその測定道具の段ボールの側面に両足をあて、長座で床に座るよう指示した。flexibilimeter には可変部位があり、それを被験者の手指先にセットした。合図とともに腰をゆっくり曲げ、可変部位を指先で可能な限り前方へ送り出すよう指示した。足指先 (段ボールの側面) を基準にして、より前方に手指先が出た場合をプラス、足指先に達しなかった場合をマイナスの数値として記録した。
- 5) シャトルウォーク (全身持久力): 測定にあたり地面に 10m の間隔でポールを 1 個ずつ設置した。さらにその間に 2 m 間隔で計測用のマーク (ビニールテープ) を貼付した。各被験者にはスタートの合図とともにできるだけ速歩で、一方のポールからもう一方のポールをまわって折り返すことを 3 分間継続するよう指示した。そして 3 分間の

歩行距離を計測した。

3. 安静時の呼気窒素ガスの測定

各被験者の安静時における呼気亜酸化窒素 (nitrous oxide: N_2O) 濃度と一酸化窒素 (nitric oxide: NO) 濃度を測定した。測定方法は以下の通りである。

- 1) 亜酸化窒素 (N_2O): 測定に際しまず空気中あるいは呼気中に含まれている水分を除去するために、塩化カルシウムを封入した容器を分析機器 (Infrared-Photoacoustic analyzer (IR-PAS, Multi-Gas Monitor Type 1302, Brüel and Kjær, Denmark)) のサンプルガス取入れ口に接続した。次に測定場所の外気を分析機器に吸引させ、分析機器のディスプレイに表示された値を記録した (この値を A とする)。次に各被験者にサンプルバッグ (Quintron, Milwaukee) を持たせ、軽く吸気を行わせ約 5 秒間息こらえをさせた後にサンプルバッグ内に呼気をはき出すよう指示した。サンプルバッグを、先に述べた塩化カルシウムを封入した容器を介して分析機器に接続し、呼気 N_2O 濃度を測定した。なお測定は 2 回行い、2 回の測定で得られた値の平均値を求めた (この値を B とする)。B から A を差引いて得られた値を各被験者の安静時における呼気 N_2O 濃度とした。
- 2) 一酸化窒素 (NO): 各被験者に呼吸マスクを装着し、安静状態で 1 分間鼻呼吸をするように指示した。鼻呼吸による一回換気量 (V_T) は呼吸マスクの中央部に接続した熱線呼吸流量計 (ミナト医科学社製, RF-2 型) を用いて測定した。また呼気は呼吸マスクに取り付けた内径 1 mm のシリコンチューブを介して NO 分析装置 (NOA-280, Sievers) に連続的に導入した。熱線呼吸流量計および NO 分析装置からのアナログ信号はそれぞれ A/D 変換装置を介してコンピュータ (PC-9821 Xa16, NEC 社製) に取り込み、一呼吸毎の換気量 (一回換気量) とピーク NO 濃度を算出した。1 分間の呼吸回数と一回換気量の積から毎分換気量を、また 1 分間の呼吸回数と一呼吸毎のピーク NO 濃度から 1 分間の平均ピーク NO 濃度をそれぞれ算出した。さらに毎分換気量と平均ピーク NO 濃度との積から各被験者の安静時における呼気 NO 排出量 (minute NO output) を求めた。

4. 統計

それぞれの測定項目における 3 群間の平均を比較するために一元配置分散分析を行い、その後多重比較をした。また測定項目間の相関係数を算出した。なお統

計には統計解析ソフト SPSS10.0 を用いた。

結 果

表2は3群における体力テストと呼吸窒素ガスの結果を示したものである。太極拳群とテニス群との間では長座体前屈とシャトルウォークを除きほぼ同じであった。一方、非運動群と運動群（太極拳群とテニス群）の間ではNO排出量を除き有意差が認められた。

表3は年齢、シャトルウォーク、NO濃度、NO排出量、N₂O濃度と今回の測定項目との相関関係を示したものである。年齢とすべての体力テスト項目との間で有意な相関関係が認められた。また年齢とN₂O濃度も有意な相関関係が認められた。シャトルウォークは、長座体前屈を除いたすべての体力テスト項目およびN₂O濃度と有意な相関関係が認められた。NO濃度は体力テスト項目の一部と有意な相関関係が認められた。NO排出量は、体力テスト項目とは相関関係が認められなかったが、身体特性とは有意な相関関係が認められた。

考 察

1. 加齢による影響

ヒトの体力は、走、跳、投などに代表されるような積極的に身体運動を実行しうる能力つまり行動体力と、外界からの様々なストレスに抵抗し健康を積極的に維持しようとする能力つまり防衛体力に大別されて

いる²⁾。さらに行動体力は身体パフォーマンスと身体資源の両面からとらえられているが、身体資源の一つである最大酸素摂取量、特に体重あたりの最大酸素摂取量は、有酸素的作業能力（あるいは全身持久性能力：狭義の体力）を判断する最も適した指標として国際的にも広く用いられている³⁾。この最大酸素摂取量はピークに達する18～20歳を100%としたとき、加齢とともに1年あたり約1%の割合で低下することが明らかにされている¹⁹⁾。先に述べたように、中高齢者の最大酸素摂取量を測定することは高価な測定装置を必要とするだけでなく、被験者に疲労困憊に至るまで運動を行わせるために危険を伴う。これらの問題を解決するために考案されたのがシャトル・スタミナテスト⁴⁾あるいはシャトルウォークテスト⁵⁾である。本研究では、年齢とシャトルウォークとの間に有意な相関関係（ $r = -0.599$ ）を有することが明らかとなった。また年齢と筋力、敏捷性、柔軟性、平衡性との間にも有意な負の相関関係が認められた（表3）。これらの結果は、体力は加齢とともに低下するというこれまでの報告と一致するものである。

本研究では、シャトルウォークと長座体前屈を除くすべての体力テスト項目との間に有意な正の相関関係が認められた（表3）。木村ら⁵⁾はシャトルウォークテストと長座体前屈、また田路ら⁶⁾はシャトル・スタミナテストと立位体前屈との間にそれぞれ有意な相関関係が認められたと報告しているが、相関係数はそれぞれ0.352および0.245であり、他の体力テスト項目に比べると低い。本研究と木村らや田路らの結果との違

表2 体力テストの結果

	太極拳群	テニス群	非運動群
握力 (kg)	33.4±8.5	36.1±9.5	22.1±14.7*#
開眼片足立ち (秒)	56.0±10.1	52.7±14.6	12.8±18.5*#
閉眼片足立ち (秒)	17.3±14.0	17.6±18.6	1.7±2.4*#
単純反応時間 (秒)	0.25±0.03	0.30±0.05 †	0.55±0.02*#
全身反応時間 (秒)	0.42±0.05	0.46±0.07	0.76±0.20*#
長座体前屈 (cm)	16.6±7.9	9.1±7.5 †	5.6±7.4 #
シャトルウォーク (m)	301±28	345±57 †	254±24*#
NO濃度 (ppb)	30.3±11.5	27.3±8.6	19.8±7.6#
NO排出量 (nℓ/分)	235±77	249±101	204±98
N ₂ O濃度 (ppm)	13.6±2.4	12.6±1.4	14.3±2.0*

数値は平均±標準偏差。*は非運動群とテニス群、#は非運動群と太極拳群、†はテニス群と太極拳群との有意差(p<0.05)を示す。

表3 測定項目間の相関関係

	年齢	シャトルウォーク	NO 濃度	NO 排出量	N ₂ O 濃度
年齢		-0.599**	-0.222	-0.009	0.418**
身長	-0.127	0.342**	-0.026	0.321**	-0.24*
体重	-0.037	0.314**	-0.044	0.334**	-0.091
肺活量	-0.358**	0.468**	0.143	0.419**	-0.249*
%肺活量	-0.333**	0.309**	0.147	0.176	-0.159
握力	-0.449**	0.492**	0.258*	0.297*	-0.202
開眼片足立ち	-0.815**	0.608**	0.352**	0.168	-0.305*
閉眼片足立ち	-0.538**	0.449**	0.022	0.078	-0.131
単純反応時間	0.69**	-0.428**	-0.304*	-0.055	0.237*
全身反応時間	0.728**	-0.47**	-0.43**	-0.131	0.306**
長座体前屈	-0.379**	0.141	0.069	-0.176	0.139
シャトルウォーク	-0.599**		0.209	0.209	-0.361**
NO 濃度	-0.222	0.209		0.413**	-0.079
NO 排出量	-0.009	0.209	0.413**		-0.052
N ₂ O 濃度	0.418**	-0.361**	-0.079	-0.052	

表中の数値は相関係数。**は $p < 0.01$ 、*は $p < 0.05$ で有意であることを示す。

いに関しては、被験者数が関与することが考えられるが、この点に関しては今後検討する必要があるかもしれない。

NO に関して、本研究では年齢と呼気 NO 濃度、NO 排出量との間には有意な相関関係は認められなかった(表3)。Reckelhoffら¹⁵⁾はラットを用いた実験で加齢とともにNO産生が減少することを示唆し、Sarwarら¹⁵⁾は食事量の少ない高齢者ではNO合成酵素の基質であるL-arginineが減少することを報告している。このことから、呼気NO濃度やNO排出量は、年齢だけでなく日常生活における食事による影響の可能性も考えられる。

一方、N₂Oに関して、本研究では、年齢と安静時の呼気N₂O濃度との間に有意な正の相関関係が認められた(表3)。Mitsuiら¹⁶⁾は加齢とともに安静時の呼気N₂O濃度が増加することを明らかにしているが、今回得られた結果はMitsuiらの報告を裏付けるものである。

2. 日常生活における運動習慣の違いが体力に与える影響

日常生活における運動習慣とその種類の違いが体力テストの成績に及ぼす影響を検討するために3群の結果を比較した。

まず太極拳群とテニス群では身体特性はほぼ同じで

あった(表1)。また表2に示したように、両群において、単純反応時間には有意差が認められたものの、握力、開眼片足立ち、閉眼片足立ち、全身反応時間には有意差は認められなかった。以上の結果は、少なくとも日常生活における運動の種類(太極拳とテニス)の違いは筋力、敏捷性、平衡性にはさほど影響しないことを示唆するものである。一方、長座体前屈とシャトルウォークに関して、2群間で有意差が認められた(表2)ことは興味深い。これらの違いは運動の形態や強度に関係するのかもしれない。すなわち、太極拳は、基本的に身体の移動距離は少ないことから運動強度は低いものの、ゆっくりしたペースで大きな動きが要求されるために、柔軟性が増す可能性が考えられる。これに対してテニスは、相手からのボールをネット越しに打ち返し続けるために身体をすばやくしかも大きく移動することが要求されることから、運動強度は太極拳よりも大きいことが予想される。さらに1週あたりの運動時間や運動層は、テニス群の方が太極拳群よりも有意に高い(表1)ことから、シャトルウォークはテニス群の方が太極拳群のそれよりも大きかったと考えられる。しかしこれらの推測に関してはさらに検討する必要があるだろう。

一方、非運動群と運動群(太極拳群とテニス群)の間ではすべての体力テスト項目において有意差が認められた(表2)。しかし非運動群の年齢は運動群に

比べて有意に高く(表1)、先述のように、年齢と本研究で測定したすべての体力テスト項目との間で有意な負の相関関係が認められた(表3)ことを考慮すれば、これらの結果は当然とも言えるだろう。そこで非運動群の平均年齢と同じ基準で、非運動群の体力テストの成績と新・日本人の体力標準値2000¹¹⁾や木村ら^{5), 17), 18)}、宮村ら¹⁹⁾が行った体力テストの成績との比較を試みた。その結果、本研究で得られた非運動群における開眼片足立ち、閉眼片足立ち、単純反応時間、全身反応時間の成績はそれらと比べて著しく劣っていた。これらの項目のほとんどは主として両足が関与すると考えられるが、金子²⁰⁾は高齢者の歩行の特徴として、スピードが低下すること、足が上がらないこと、歩幅の減少があることなどを上げ、これらに影響する要因として下肢の筋力、柔軟性、敏捷性を上げている。このことは、加齢とともに脚力が低下すると同時にいわゆる日常生活における高齢者の運動不足は下肢の平衡性、敏捷性の低下につながることを示唆するものである。

3. 体力と安静時の呼気窒素ガスとの関係

本研究では中高齢者を対象に安静時の呼気NO濃度、NO排出量、およびN₂O濃度を測定した。まずNOに関して、Chirpaz-Oddouら¹⁰⁾やMarounら¹¹⁾は、若齢者における日常生活の運動習慣やその種類の違いは安静時の呼気NO濃度やNO排出量には影響を与えないことを明らかにしている。本研究において、NO排出量は3群間で有意差が認められなかった(表2)ことから、中高齢者においても、日常生活における運動習慣やその種類の違いはNO排出量に影響を与えないと考えられる。一方、太極拳群とテニス群との呼気NO濃度の差に対して、非運動群と運動群(太極拳群と非運動群)とのそれに大きな差が認められた(表2)ことから、日常生活における運動習慣の違いは呼気NO濃度に影響を与える可能性が考えられる。しかしその理由に関しては不明であり、さらに検討する必要があると思われる。

表3に示したように、呼気NO濃度と握力、開眼片足立ち、単純反応時間、全身反応時間との間に有意な正の相関関係が認められたが、シャトルウォークとの間には有意な相関関係は認められなかった。またNO排出量に関しては握力とのみ有意な正の相関関係が認められた。これらの結果から、NO濃度とNO排出量を比べた場合、呼気NO濃度の方が中高齢者の体力、特に筋力、平衡性、敏捷性を知る上での手がかりとなりそうである。またNO排出量は身体特性を知る上で有効かもしれない。

先に述べたように、体力は行動体力と防衛体力から成り立つ^{11), 21)}とすれば、加齢に伴うシャトルウォークからみた身体パフォーマンスの低下は、行動体力の低下および防衛体力の低下によるものと考えられる。身体資源の指標である最大酸素摂取量は、加齢とともに1年あたり約1%ずつ減少することがすでに明らかにされている¹³⁾が、行動体力の加齢に伴う変化に関する研究は極めて少ないと言えるだろう。本研究において、安静時の呼気N₂O濃度は、テニス群よりも太極拳群さらには非運動群の方が高く、非運動群とテニス群との間で有意差が認められた(表2)。さらに安静時の呼気N₂O濃度とシャトルウォークとの間に有意な負の相関関係が認められた(表3)。N₂Oは、主に体内に存在する*Pseudomonas*属細菌がエネルギーを獲得するために脱窒素作用を行ったときに生成され^{8), 9), 21)}、*Pseudomonas*属細菌は日和見感染を引き起こすと言われている²¹⁾。従って、呼気N₂O濃度が高い場合は*Pseudomonas*属細菌の活動レベルが高いと推測される。もしそうであれば、N₂O濃度が高いときは、防衛体力は低い状態であると考えられないだろうか。言い換えれば、加齢に伴うシャトルウォークからみた全身持久性能力(狭義の体力)の低下は、行動体力のみならず防衛体力の低下にも起因する可能性が考えられる。

結 論

中高齢者を対象に体力と安静時の呼気窒素ガスを測定した。その結果、呼気NO濃度は筋力、反応時間、開眼片足立ちと、また呼気N₂O濃度はシャトルウォークとそれぞれ有意な相関関係が認められた。以上の結果から、呼気窒素ガス、特に呼気N₂O濃度は、中高齢者の体力あるいは防衛体力の指標の一つとなりうる可能性が示唆された。

本研究の一部は文部科学省科学研究補助金(萌芽的研究 13878007)によって行われた。

参 考 文 献

- 1) 池上晴夫：運動生理学、朝倉書店、p. 3-17、1990.
- 2) 石河利寛、杉浦正輝：運動生理学、建帛社、p. 273-275、1993.
- 3) 石河利寛、杉浦正輝：運動生理学、建帛社、p. 161-162、1993.
- 4) 金子公宥、淵本隆文、末井健作、田路秀樹、矢邊順子、西田充：簡便な室内持久走テストの提案—シャトル・スタミナテスト(SST)の考案と検討一、体育の科学36：809-815、1986.

- 5) 木村みさか、田中靖人、岡山寧子：歩行テストからみた高齢者の体力—簡易持久性評価方法シャトル・スタミナ・ウォークテストの試み—, Jpn. J. Sports Sci. 14: 435-444, 1995.
- 6) 田路秀樹、末井健作、金子公宥：「シャトル・スタミナテスト (SST)」における加齢の影響と評価基準、体育の科学42：367-372、1992.
- 7) Palmer, R. M. J., A. G.Ferrige, and S. Moncana: Nitric oxide release accounts for the biological activity of endothelium-derived relaxing factor. Nature 327: 524-526, 1987.
- 8) 八杉龍一、小関治男、古谷雅樹、日高敏隆 (編)：岩波生物学辞典 第4版、岩波書店、p.869、1997.
- 9) Matthews, P. R. J. and W. M. Fitzsimmons: The incidence and distribution of *Pseudomonads aeruginosa* in the intestinal tract of calves. Res. Vet. Sci. 5: 171-174, 1964.
- 10) Chirpaz-Oddou, M. F., A. Favre-Juvin, P. Flore, J. Etteradossi, M. Delaire, F. Grimbert, and A. Therminarias: Nitric oxide response in exhaled air during an incremental exhaustive exercise. J. Appl. Physiol. 82 (4): 1311-1318,1997.
- 11) Maroun, M. J., S. Mehta, R. Turcotte, M. G. Cosio, and S. N. A. Hussain: Effects of physical conditioning on endogenous nitric oxide output during exercise. J. Appl. Physiol. 79 (4): 1219-1225, 1995.
- 12) 宮村實晴、石田浩司、安田好文、伊藤宏：ガス交換動態からみた新しい体力診断システムの開発、平成7年度—平成9年度文部省科学研究費補助金(基盤研究(A))(1)研究成果報告書、p.8-20、1998.
- 13) 宮下充正：老人の体力、老年医学20：54-60、1982.
- 14) 東京都立大学身体適性研究室 (編)：新・日本人の体力標準値2000、不味堂、p.22-345、2000.
- 15) Reckelhoff, J. F., J. A. Kellum, E. J. Blanchard, E. E. Bacon, A. J. Wesley, and W. C. Kruckeberg: Changes in nitric oxide precursor, L-arginine, and metabolites, nitrate and nitrite, with aging. Life Sci. 55(24): 1895-1902, 1994.
- 16) Mitsui, T., N. Kato, K. Shimaoka, and M. Miyamura: Effect of aging on the concentrations of nitrous oxide in exhaled air. Sci. Total Environ. 208: 133-137, 1997.
- 17) 木村みさか、平川和文、奥野直、小田慶喜、森本武利、木谷輝夫、藤田大祐、永田久紀：体力診断バッテリーテストからみた高齢者の体力測定値の分布および年齢との関連、体力科学38：175-185、1989.
- 18) 木村みさか、森本好子、寺田光世：都市在住高齢者の運動習慣と体力診断バッテリーテストによる体力、体力科学40：455-464、1991.
- 19) 宮村實晴、松井秀治、竹之内隆志、石田浩司、佐藤靖史、片山敬章、諸留克史、鳥典広、原田直子：高齢者の体力向上に関する調査研究—富山県庄川町における調査(第3報)—、体育科学29：133-152、2000.
- 20) 金子公宥：高齢者の歩行運動、Jpn. J. Sports Sci. 10: 729-733, 1991.
- 21) 八杉龍一、小関治男、古谷雅樹、日高敏隆 (編)：岩波生物学辞典 第4版、岩波書店、p.629、1997.

(2001年12月25日受付)

