

## 高齢者のための簡便な持久性評価法の提案 シャトル・スタミナ・ウオークテストの有用性について

木村みさか\* 岡山寧子\*  
田中靖人\*\* 金子公宥\*\*\*

### RELIABILITY AND VALIDITY OF A SIMPLE ENDURANCE TEST FOR THE ELDERLY ; SHUTTLE STAMINA WALK TEST (SSTw)

MISAKA KIMURA, YASUKO OKAYAMA, YASUHIRO TANAKA and MASAHIRO KANEKO

#### Abstract

To develop a simple test of endurance capacity in the elderly, we evaluated the reliability and validity of the shuttle stamina walk test (SSTw), in which the running in the shuttle stamina test (SST: 3-minute shuttle running along a 10-meter course) was changed to walking.

We found that: 1) The walking distance in the SSTw was correlated with  $\dot{V}O_{2max}$  ( $r=0.827$ ), 2) the walking distance showed a correlation between the first test and a re-test ( $r=0.853$ ), 3) the mean peak heart rate during the test was 86.3% of the estimated maximum heart rate with no difference according to age or sex, 4) subjective evaluation of the intensity of exercise was expressed as "fairly light" or "somewhat hard" by 73.7% of the subjects, 5) the results of the SSTw reflected the subjects' self-evaluation of endurance capacity, and 6) the age-related percentage reduction of the walking distance in the SSTw was similar to that in  $\dot{V}O_{2max}$  in subjects aged 40 years and above.

These results suggest that the SSTw, a simple test of endurance capacity that can be performed safely over a wide range of middle-aged to elderly people including those in late old age and those with a low fitness level, has sufficient reliability and validity.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1998, 47: 401~410)

**key words** : the elderly, endurance test, shuttle stamina walk test

#### I. はじめに

全身持久性は、生理学的には最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )が最も適切な指標<sup>1,2)</sup>とされ、国際的に標準化<sup>3)</sup>されている。しかし、 $\dot{V}O_{2max}$ の測定には、特に高齢者の場合、安全性に問題がある他、特定の設備と専門的な知識・技能を必要とし、多人数を同時に短時間に測定することも困難である。

一方、全身持久性は、全身の持久的な運動のときばえ(performance)をもって評価できる。若齢

者では、踏み台昇降テスト(step test)<sup>6,7)</sup>や持久走テスト<sup>7)</sup>が簡便なフィールドテストとして普及している。踏み台昇降テストの場合、室内で多人数を同時に測定可能であるが、テストスコアと $\dot{V}O_{2max}$ との間に相関がないとする報告<sup>8~10)</sup>が多い。一方、持久走テストは、走距離を規定して所要時間を測る方法(1,500 m 走, 1,000 m 走など<sup>7)</sup>、走時間を規定して走行距離を測る方法(12分間走<sup>11)</sup>、5分間走<sup>12)</sup>など)でも、その成績は $\dot{V}O_{2max}$ との相関が高く<sup>12,13)</sup>、かつ各テスト相

\* 京都府立医科大学医療技術短期大学部  
〒602-0857 京都市上京区広小路通り河原町西入る

\*\* 大阪YMCA社会体育専門学校  
〒509-0095 高槻市八丁西町5番37号

\*\*\* 大阪体育大学  
〒590-0496 大阪府泉南郡熊取町野田1558-1

College of Medical Technology, Kyoto Prefectural University  
of Medicine, Hirokouji, Kawaramachi, Nishi-iru,  
Kamigyo-ku, Kyoto City, Kyoto 602-0857  
Osaka YMCA College of Physical Education  
5-37, Hacho-Nishimachi, Takatsuki City, Osaka 569-0095  
Department of Sport Physiology and Biomechanics, Osaka  
University of Health and Sport Sciences, 1558-1 Noda,  
Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 594-0496

互の成績の相関も高い<sup>13,14)</sup>ことが認められている。しかし、これら持久走テストは、一般に屋外の適当な走路が必要なため天候や場所の制約を受けるなどの難がある。

その点、金子らが考案したシャトル・スタミナテスト (Shuttle Stamina Test: SST と略称する)<sup>15)</sup>は、屋内で多人数の測定が短時間に容易にできることを特徴とする持久性評価法 (10m 折り返し3分間全力走テスト) である。SST は、テスト時間を3分に規定しているが、その成績は  $\dot{V}O_{2max}$ 、および5分間走と有意な相関を持ち、再現性もあるなど、既に持久性テストとしての妥当性や信頼性が確認され<sup>15)</sup>、7歳から50歳までの広い年齢層での標準値が作成されている<sup>15~18)</sup>。しかし、SST を高齢者に適用した場合、「走る」ことは多くの高齢者の日常生活に照らすとかなり無理な課題となる。年齢が高くなるほどできるだけ「生活に即した」「難しくない」課題がテストに要求される。

このような背景のもとで我々は、安全かつ簡便にフィールドでも測定可能な高齢者の持久性評価法の開発を目的として、金子らの提案する SST<sup>15~18)</sup> の「走り」を「歩き」に変えたシャトル・スタミナ・ウォークテスト (Shuttle Stamina Walk Test; SSTw またはシャトル・ウォークテストと略称する) を高齢者に試みている<sup>19)</sup>。本研究では、SSTw の高齢者での持久性テストとしての妥当性を探ることを目的として、SSTw の成績と  $\dot{V}O_{2max}$  との相関、テスト成績の再現性、運動中の身体負担度を調べるとともに、幅広い年齢層で実施した SSTw の成績からテストの適用年齢を解析した。なお、 $\dot{V}O_{2max}$  の測定は実験室で、それ以外はすべてフィールドで調査したものである。

## II. 方 法

### A. シャトル・スタミナ・ウォークテスト (SSTw) の測定

#### 1. SSTw の方法

体育館内、あるいはやや広いスペースを確保できる屋内のフロアに 10m の距離をおいて両端

にジグザグドリブル用のポールを立て、その間の床面に距離計測のための印 (ビニールテープ) を 2m 間隔につけた。被験者は、スタートの合図でできるだけ速く歩きながら一方のポールからもう一方のポールを回って折り返すことを3分間続け、この間の歩行距離 (10m × 折り返し回数 + 停止線までの距離) を計測した。

実際の測定にあたっては、対となる2本のポールを並列に 1.5~2m 間隔で設置し、5~10名を同時にテストした。その際、検者は30秒毎に時間を大声で読み上げるとともに、「終了10秒前」の合図の後「止め」を告げ、各被験者のパートナーに到達距離を計測させた。なお、被験者には、①無理をしない範囲でできるだけ速く歩くこと、②折り返し点ではできるだけ小刻みな歩調でポールの近くを回ること、の2点の注意を与え、テスト前に一往復軽い練習を行い、ポールを回る感じと靴や床の状態をチェックさせた。なお、全対象者とも、専門家 (医師, 看護婦) の問診と血圧チェックの後に準備運動を行いテストを実施した。

#### 2. SSTw を測定した対象者

京都市および京都府内に在住する年齢20~92歳 1,162名 (男性260名, 女性902名) を対象に SSTw を実施した。60歳以上の参加者577名 (男性156名, 女性421名) は地域の老人会に依頼し賛同を得られた一般在宅高齢者 (450名) および高齢者を対象にした健康づくり事業への参加者 (127名) であり、60歳未満585名 (男性104名, 女性481名) は公立学校の教職員および家庭の主婦である。対象者の大部分は定期的な運動習慣を有していないが、家庭の主婦と高齢者の一部にベタンク、卓球、ソフトバレーなどのレクリエーション的スポーツや太極拳、気功などの健康体操、またはウォーキングの実施者が若干名含まれた。Table 1 には、対象者の年齢階級別の例数と SSTw の成績を示した。

#### 3. SSTw の再現性

テストの再現性は、地域の在宅高齢者を対象に、1回目の測定から約3ヶ月後に再テストを行って検討した。初回時テストへの参加者50名のうち45名が再テストに参加したが、ここでは60歳以上43名 (72.8 ± 6.0歳; 60~86歳, 男性18名, 女性25名)

Table 1. Number of subjects, mean age and results of SSTw for each age category.

	Age group						Correlation with age		
	20-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-92	P Value*	r	P Value**
Male (All: n=260)									
n	10	58	36	67	69	20			
Age, yr	31.6± 6.7	44.3± 2.8	55.1± 2.9	64.7± 2.5	74.0± 3.1	84.1± 3.4			
SSTw, m	342.9±21.0	320.3±40.4	300.0±33.5	262.4±33.1	238.2±33.4	212.9±28.7	<0.001	-0.747	<0.001
Female (All: n=902)									
n	114	197	170	214	163	44			
Age, yr	33.8± 4.6	44.4± 2.8	54.5± 2.9	64.6± 2.6	74.0± 2.9	82.0± 1.7			
SSTw, m	319.8±26.7	306.7±24.6	285.9±28.9	244.9±23.9	221.8±30.4	184.6±33.8	<0.001	-0.816	<0.001

Values are means±SD. n=no. of subjects. \*Significance of differences was evaluated by using one-way ANOVA at each group. \*\*Significance level for each coefficient.

のデータを用いた。なお、これら対象者の運動習慣や健康状態には、初回時からの3ヶ月間に変化が認められなかった。

4. SSTw の身体負担度

SSTw の身体負担度は、運動中の心拍反応と主観的運動強度を用いて評価した。

心拍反応は、ハートレートモニターバンテージ XL (Canon 製) を用いて測定した心拍変動から、ピーク心拍数 (HRpeak) の推定 HRmax (220-年齢<sup>20</sup>) に対する比 (%推定 HRmax; HRpeak/推定 HRmax×100) で評価した。SSTw での心拍データが得られたのは、対象者の290名 (68.0±8.0歳; 40-86歳, 男性78名, 女性212名) である。

一方, SSTw 終了後直ちに、運動中の主観的な身体負担度を①きつい (hard), ②少しきつい (somewhat hard), ③普通 (fairly light), ④楽である (very light) の4段階で評価させた。この①-④の尺度は、Borg の RPE (15: hard, 13: somewhat hard, 11: fairly light, 9: very light)<sup>21</sup>) を念頭に作成したものである。主観的な身体負担度の調査は、対象者の637名 (60.1±12.8歳; 40-92歳, 男性164名, 女性473名) に対し実施した。

B. 最大酸素摂取量 (V̇O<sub>2</sub>max) の測定

V̇O<sub>2</sub>max の測定は、本実験の趣旨に賛同し、事前に医学検査を受診した地域の在宅高齢者 (25名) のうち、運動を実施する上で支障がないと認められた平均70.0±2.8歳 (64-80歳) の21名 (男性13

名, 女性8名) を被検者とした。医学検査を受診したが測定に参加できなかったのは、肺機能異常 (1名), 高血圧 (1名), および心電図上有所見 (2名) と判定された者である。なお、この実験は、京都府立医科大学における人間を直接対象とする医学研究審査委員会の承認を受け、全ての被検者から書面で承諾を得た上で実施した。

運動負荷試験では、電磁式リカンベントサイクルエルゴメータ (キャットアイ社製 EC-3700) を用い、運動開始時の強度を 20 W として3分間、以後は2分毎に男性 30 W, 女性 20 W ずつ増加する多段階負荷漸増法により最大運動 (symptom-limited maximal work) を行わせた。被検者の exhaustion time は 7 分45秒~13分 (平均10分) であった。V̇O<sub>2</sub>max の判定は、①酸素摂取量 (V̇O<sub>2</sub>) の leveling off が見られる、②心拍数 (HR) が年齢からみた推定値 (推定 HRmax; 220-年齢<sup>20</sup>) の90% 以上、③RQ が1.0以上の基準を設定し、その2つ以上が満たされていることとした。運動中、被検者にはデジタル表示されるペダルの回転数を概ね50回/分に保つよう指示した。V̇O<sub>2</sub> は、一呼吸毎に測定可能な呼気ガス分析器 (ミナト製 AE 280 s) により10秒毎に分析した。運動中の心拍数と血圧は、運動負荷用血圧監視装置 (日本コーリン社製 STBP-780 B) でモニターし、30秒毎に記録した。また、これとは別に運動中および運動後安静状態に戻るまでの心電図を12誘導で監視した。なお、この実験は、被検者が高齢であること

から, 常時, 数名の医師の援助を受け, 緊急体制を整え慎重に行なった。

### C. 自らが自覚する運動能(持久性の有無)の調査

自らが自覚する持久性の程度として, ①やや急ぎ足で30分は歩ける, ②やや急ぎ足で1時間でも歩ける, ③ゆっくりなら15分間走れるの3項目について, 「できる」と「できない」で評価させた。この調査は, 高齢対象者324名(70.2±6.9歳; 58~92歳, 男性77名, 女性247名)に対し実施した。

### D. 統計処理

計量データの群間差については, 2群の場合は independent t-test で, 3群以上の場合は一元配置分散分析法で検定した。各2変数間の関連は, Pearson の積率相関を用い両側検定によって有意性を判定した。SSTw の加齢変化については線形モデルとともに2次および3次の曲線モデルをあてはめ, 再現性については paired t-test および Pearson の積率相関を用いて検討した。また, 計数データについては, 各カテゴリーの出現頻度を求め,  $\chi^2$  検定を行った。

## Ⅲ. 結 果

### 1. SSTw の成績の加齢変化

Table 1 には, SSTw の成績を男女別年齢群別

平均値と SD で示し, Fig. 1 には, 個人の成績を年齢に対してプロットし, SSTw の推定に最も適合度の高かった3次曲線を挿入した。本研究においては, 女性では20歳代の, 男性では20歳代と30歳代の例数が他の年齢群に比べ少なく, 両年齢群の成績には差が認められないため, 平均値の算出は20~30歳代を一括して行った。

平均値からみても散布図からみても, SSTw の成績は年齢とともに明らかな低下を示した。しかし, 両者の関連は, 線形より2次あるいは3次の推計モデルの方が適合度が高く, SSTw の加齢変化は40歳までとそれ以後で異なることが認められた。

### 2. SSTw の成績の再現性

Table 2 には, SSTw の成績の再現性を男女別に示した。初回時テストと再テストの2回の測定値の平均値には男女ともに差が認められず, 両テスト間には  $r=0.842$  (男性  $r=0.863$ , 女性  $r=0.800$ ) の有意な (いずれも  $p<0.001$ ) 相関が示された。

### 3. SSTw の身体負担度

#### 1) 心拍反応

Table 3 には, SSTw 実施中の HRpeak および %推定 HRmax を, 男女および2つの年齢群(中年層: 60歳未満, 老年層: 60歳以上)で求めた平均値と SD で示した。

HRpeak, %推定 HRmax の両変数とも性差は認

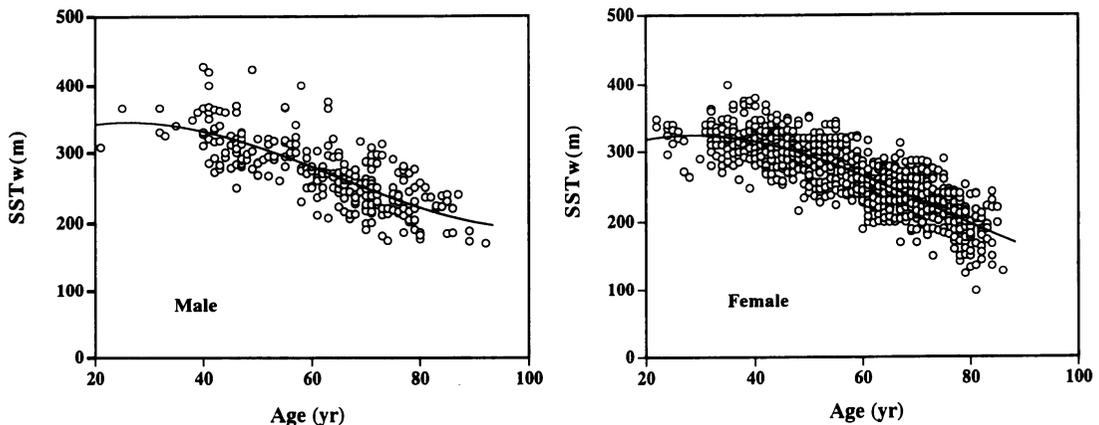


Fig. 1. Relationship between age and waking distance in SSTw. The regression curves are estimated with cubic equations.

Table 2. Results of test and re-test for SSTw.

	1 st test	Re-test	T-TEST	Correlation with re-test	
				r	P Value**
SSTw, m					
Male (n=18)	250.8±43.1	253.1±41.8	NS*	0.863	<0.001
Female (n=25)	234.7±25.7	235.6±32.2	NS	0.800	<0.001
Total (n=43)	240.9±34.8	246.3±38.6	NS	0.842	<0.001

Values are means±SD. NS\*, no significant difference between 1st test vs re-test.  
\*\*Significance level for each coefficient.

Table 3. Heart rate responses to SSTw.

	All	Gender		T-TEST* P Value	Age group		T-TEST** P Value
		Male	Female		40~59	60~86	
n	290	78	212		37	253	
Age, yr	67.8±8.0	69.1±7.7	67.4±8.1	NS	53.9±4.7	69.9±6.2	<0.001
HRpeak, beats·min <sup>-1</sup>	131.3±21.1	130.0±24.2	132.2±19.8	NS	145.5±22.4	129.3±20.1	<0.001
%HRmax, %	86.3±13.3	85.5±15.0	86.7±12.7	NS	87.7±14.1	86.7±13.2	NS

Values are means±SD. n=no. of subjects. \*Male vs female. \*\*40~59 vs 60~86. NS, not significant.  
%HRmax=HRpeak/Estimated HRmax×100. Estimated HRmax=220-Age.

Table 4. Rate of perceived exertion (RPE) for SSTw.

RPE	All	Gender		Age group	
		Male	Female	40~59	60~
hard	70( 11.0)	21( 12.8)	49( 10.4)	53( 16.9)	17( 5.3)
somewhat hard	185( 29.0)	42( 25.6)	143( 30.2)	134( 42.7)	51( 15.8)
fairy light	285( 44.7)	68( 41.5)	217( 45.9)	101( 32.2)	184( 57.0)
very light	97( 15.2)	33( 20.1)	64( 13.5)	26( 8.3)	71( 22.0)
Total	637(100.0)	164(100.0)	473(100.0)	314(100.0)	323(100.0)
		$\chi^2=5.563(P=0.134)$		$\chi^2=100.6(P=0.000)$	

Values are number of subjects and % (in parenthesis).

められなかった。一方、年齢群で比較すると、HRpeak は高年齢層129.3拍が中年層145.5拍より有意(p<0.001)に低いものの、%推定 HRmax では高年齢層87.7%と中年層86.7%で差が認められなかった。

#### 2) 主観的な身体負担度

Table 4 には、SSTw の身体負担度を4段階の主観的尺度で質問した結果を示した。心拍反応と同様、各カテゴリへの回答率には性差が認められないが、年齢群では有意に異なり、①(きつい)、

②(ややきつい)への回答は中年層で高く、③(普通)、④(楽である)は高年齢層で高率であった。全体の73.7%が③(普通)、②(ややきつい)と回答した。

#### 4. SSTw の成績と $\dot{V}O_2max$ との関連

Fig. 2 には、SSTw と  $\dot{V}O_2max$  の個人の成績を、男性○印、女性●印で表示した。両者間には、 $r=0.827$ (男性  $r=0.834$ , 女性  $r=0.837$ ) の高い相関(いずれも  $p<0.001$ )が認められた。

なお、Table 5 には、この被検者における

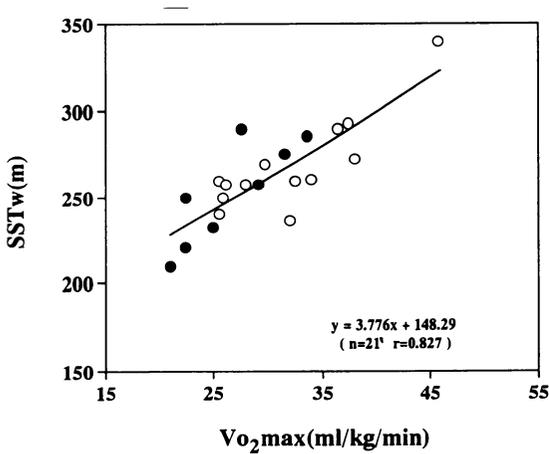


Fig. 2. Relationship between maximal oxygen uptake and waking distance in SSTw.  
 ○ Male (n=13 r=0.834)  
 ● Female (n=8 r=0.837)

$\dot{V}O_2\max$  と最大運動での心拍数(HRmax)およびこの心拍数の推定 HRmax(220-年齢)に対する比を男女別平均値±SD および Range で示した。 $\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)においては男性25.5~45.8, 女性21.1~33.6に分布し, 推定 HRmax に対する HRmax の比(%)においては男性90.3~126.7, 女性92.6~110.5に分布し, 被検者の  $\dot{V}O_2\max$  および HRmax の実測値にはかなりの個人差が認められた。

5. SSTw の成績と自らが自覚する運動能(持久性の有無)との関連

Fig. 3 には, 3つの持久性項目①やや急ぎ足で30分間は歩ける, ②やや急ぎ足で1時間でも歩ける, ③ゆっくりなら15分間走れる)について, 各々「できる」と回答したグループと「できない」と回答したグループの SSTw の成績を示した。

Table 5. Results of maximal exercise responses.

	Male	Female	Range
n	13	8	21
Age, yr	70.1 ± 6.1	69.1 ± 4.9	64.0 ~ 80.0
$\dot{V}O_2\max$ , ml · min <sup>-1</sup>	2012.8 ± 381.8	1341.1 ± 184.9	1105.0 ~ 2655.0
$\dot{V}O_2\max$ , ml · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup>	32.1 ± 6.2	26.6 ± 4.6	21.1 ~ 45.8
Heart rate, beats · min <sup>-1</sup>	156.9 ± 16.3	153.5 ± 13.6	130.0 ~ 190.0
%HRmax, %	104.6 ± 9.7	101.6 ± 6.5	90.3 ~ 126.7

Values are means ± SD. n=no. of subjects.

%HRmax=Heart rate/Estimated HRmax×100. Estimated HRmax=220-Age.

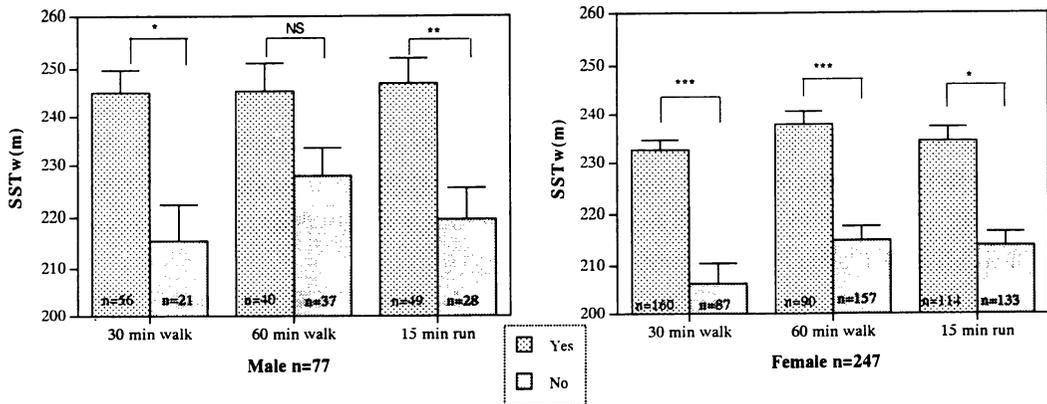


Fig. 3. Subjective assessment of fitness and Walking distance in SSTw. Values are means ± SD. NS: Not Significant. \*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01 (ANCOVA with age as covariant)

いずれの項目においても「できる」と回答したグループの SSTw の成績は「できない」グループより優れ, ①(30分間歩行), ②(15分間走行)については男女ともに, ③(1時間歩行)については女子において有意なグループ間差が認められ, 年齢を共変量とした共分散分析においても同様な結果を示した。

#### IV. 考 察

歩行は, 日常生活に直結する最も基本的な運動形態で, 特に高齢者においては自立に不可欠な能力である<sup>22)</sup>。また, 歩行は, 有酸素運動としての効果も高いことから従来より健康法としても注目されている。そして, これまでに歩行を用いた持久性テストがいくつか報告されている。例えば, 1マイル歩行テスト<sup>23)</sup>, Rockport 歩行テスト<sup>24)</sup>の両者は, 可能な限り速く1マイルを歩き, 運動後の心拍数および所要時間から  $\dot{V}O_2\max$  を推定し持久性評価を行うものである。また, 健康な成人を対象とした2km歩行テスト<sup>25)</sup>, 慢性気管支炎患者を対象にした12分間歩行テスト<sup>26)</sup>などの研究も見受けられ, 所要時間あるいは到達距離と  $\dot{V}O_2\max$  (あるいは  $\dot{V}O_2$ ) との間にかなり高い相関を認めている。このようなテストは, いずれも低体力の者にも適用できることを念頭に開発, 検討されているが, その基準となったデータは, 65歳あるいは70歳までで, それ以上の年齢階級の対象者を含んだ研究は少ない。加えて, これらのテストは, 一般には屋外向けのために場所や天候の制約を受けやすく, シヤトル・スタミナ・ウオークテスト(SSTw)に比べ測定時間も長い。

SSTw は, シヤトル・スタミナテスト(SST)<sup>15~18)</sup>の持つ「屋内で多人数の測定が短時間に容易にできる」特徴に加え, 今後ますます増えると予想される後期高齢者や, 低体力の者を含む広範囲な高齢者に適用できる「歩行」を評価尺度に用いることである。本研究は, SSTw のテストとしての信頼性, 妥当性を検討したいと考え企画したものである。

テストとしての信頼性の一つに, テスト成績の再現性(一致率)がある。初回時と3ヶ月後の再テ

スト時の SSTw の成績の平均値には男女ともに差が認められず, かつ2回の測定値間の相関は  $r=0.853$  であった。金子らは<sup>15)</sup>, 若齢者を対象とした場合で SST および5分間走の Test, Re-test 間の一致率(それぞれ  $r=0.637$ ,  $r=0.772$  の相関)を報告しているが, SSTw の一致率は, そのモデルとなった SST や, 持久性テストとして高い信頼性を確保している5分間走での一致率を上回った。

一方, SSTw が真に高齢者の全身持久性を評価するフィールドテストとして妥当であるかどうかを検討するためには, 生理学的には  $\dot{V}O_2\max$  との関連をみるのが最適である<sup>1,2)</sup>。そのため, 本研究においても高齢者を被検者として, 実験室にて最大負荷を用いて  $\dot{V}O_2\max$  を測定し, SSTw の成績との関連を検討した。その結果, SSTw は  $\dot{V}O_2\max$  との間に  $r=0.827$  の高い相関を示した。金子らは, 若齢者において, 各種持久走テストと  $\dot{V}O_2\max$  との関連を検討しているが,  $\dot{V}O_2\max$  との相関は5分間走で  $r=0.846$ , SST で  $r=0.592$  である。従って, 高齢者における SSTw と  $\dot{V}O_2\max$  との相関は, 若齢者における5分間走と  $\dot{V}O_2\max$  の相関に匹敵するものである。

高齢者の場合,  $\dot{V}O_2\max$  の測定は, 高強度の運動負荷を行うための動機付けの難しさに加え, 何よりも安全性に問題がある。このため本法を実施するにあたり, 先ずテストの妥当性, 安全性については, 運動中の心拍応答と自覚的な身体負担度を手がかりとして検討してきた。

運動中の心拍数は, 運動の強度,  $\dot{V}O_2$  とそれぞれ比例的関係にある<sup>27)</sup> ことより, 間接的に  $\dot{V}O_2\max$  を推定したり, 運動強度を設定する簡便な指標として広く用いられている<sup>28)</sup>。通常, 安全性とその効果から, 運動処方では, 最大能力の40~85%強度の範囲内で個人の状態に応じた運動が処方される<sup>29,30)</sup>。また, 最大下運動負荷試験では, 目標 HR を推定 HRmax の65~70%程度(American College of Sports Medicine)<sup>28)</sup>, あるいは80~85%程度(池上)<sup>31)</sup>に設定する場合が多い。本研究では, 40歳以上の参加者に対して SSTw の心拍変動を測定しており, ピーク心拍数

の推定 HRmax に対する比(%推定 HRmax)は平均86.3%で, 性差, 年齢差は認められていない。従って, 心拍応答からみると, SSTw は, 大多数の中老年層にとって最大下の運動テストであることを支持する。ただ, 中には SSTw での%推定 HRmax が100%を越える例や70%に達しない例も見受けられるが, この背景として, 実測 HRmax と推定 HRmax にながりのずれがある者や降圧剤を服用している者の存在が考えられる。高齢者での HRmax における実測値と推定値のずれに関しては, 竹島ら<sup>32)</sup>によって報告されているが, 本研究においても,  $\dot{V}O_2\max$  測定時に被検者で観察した HRmax は, 予測 HRmax の90.3%~126.7%の範囲に分布している。

また, 降圧剤に関しては, 薬によっては運動に対する HR 反応を制限するため, 降圧剤服用者が多くなる高齢者の場合, 運動強度の主観的評価が特に安全面において重要な尺度となる<sup>30)</sup>。今回用いた身体負担度①~④の尺度は, Borg の RPE (15:hard, 13:somewhat hard, 11:fairy light, 9:very light)<sup>21)</sup>を念頭に作成したものである。SSTw での主観的な身体負担度は全体の73.7%が③~②, すなわち Borg の RPE で13~11に回答していることより, 持久的運動として中等度ないしそれを越える運動強度であり, また, ①きつい(RPE の15)との回答はむしろ高年齢に少なく, 高齢者にとって十分に安全なテストであることが示唆される。

次に, SSTw がどの年代から持久性テストとして適用できるかを検討するため, 20歳~92歳1,162名のデータを用い, その加齢変化を線形モデルと二次および三次の曲線モデルで推定した。その結果, SSTw と年齢との関連は, 線形モデルより曲線推定モデルの方が適合度が高く, 男女とも40歳前後における critical age の存在を示す。本調査の場合, 女性では20歳代の, 男性では20歳代, 30歳代の例数が他の年齢階級に比べ少ないというサンプリング上の問題を抱えるものの, 20歳代と30歳代には男女ともに年齢差が認められない。若い年代に関しては, 大学生607名(18歳~20歳, 男性189名, 女性418名)の SSTw の成績が,

本対象者の20~30歳代の値にほぼ等しいことを, 別の調査で認めている<sup>33)</sup>。これらの結果を考慮すると, SSTw の加齢変化は, 40歳未満ではほとんどないか, あるいはあってもごく小さいものと推察される。

一般に,  $\dot{V}O_2\max$  の加齢変化<sup>5,34~37)</sup>は, 20歳代中頃をピーク値とした直線的な低下を示し, その低下率に関しては, 10年間で9%とする Heathら<sup>36)</sup>や平均年1.1%とする宮下<sup>37)</sup>に代表されるようにおよそ1年間で1%前後とされている。本研究において, 40歳以降での SSTw の低下率を平均値から求めると, およそ40年間で男性33.4%, 女性39.8%, 1年間に換算すると男性0.84%, 女性1.06%となり, ほぼ  $\dot{V}O_2\max$  の低下率に一致する。

ただし, 40歳未満の SSTw の加齢変化は,  $\dot{V}O_2\max$  で報告されているものと同じ傾向を示さなかった。なぜ SSTw の加齢変化がこのように異なるのか, それは歩行運動が持つ運動学的特徴なのか, あるいは他の要因によるのか, 詳細な検討は今後の課題である。現時点では, 40歳未満の持久性評価テストとしては, SSTw よりその原型である「走り」による SST<sup>15~18)</sup>を用いた方が適当と考える。SST の加齢変化については, 田路ら<sup>18)</sup>が20歳代から50歳代のデータにより T-スコアを基に計算しており, 年間低下率1.15%は, 日本人の体力標準値<sup>35)</sup>における  $\dot{V}O_2\max$  1.11%や5分間走1.15%とはほぼ同率であることを認めている。

持久性(持久力)は, 疲労を回避しつつ活発な身体運動を長時間にわたって維持する能力である。どれくらい長く休まずに歩いたり, 走ったりすることができるか, このような測定が可能ならば, それは時間であっても距離であっても全身持久性の最も簡単な指標と言えよう。本研究では, 対象が高齢者であることを考慮し, これを, ①やや急ぎ足で30分間は歩ける, ②やや急ぎ足で1時間でも歩ける, ③ゆっくりなら15分間走れるについて, 「できる」, 「できない」の主観的な尺度で評価した。その結果, SSTw の成績は, いずれの項目においても「できる」グループが「できない」

グループを上回り、明らかに自らが自覚する運動能の差によって SSTw の成績が異なっていた。

このような事実も SSTw の持久性テストとしての妥当性を支持するものであろう。

以上より、方法や用具が簡便な SSTw は、 $\dot{V}O_2\max$  との相関が高く、再現性に優れ、後期高齢者や低体力の者を含む広範囲な高齢者にとって安全であり、屋内で、多人数を同時に、短時間に測定できる持久性評価法であることが示唆される。このテストの最大のメリットは、高齢者の自立に不可欠な運動機能(歩行能力)をそのまま評価尺度に用いることであろう。

## V. 要 約

安全かつ簡便にフィールドでも測定可能な高齢者の持久性評価法の開発を目的として、シャトル・スタミナテスト(SST;10m 折り返し3分間走)の「走り」を「歩き」に応用したシャトル・スタミナ・ウォークテスト(SSTw)の信頼性・妥当性を検討した。

1) SSTw の成績は  $\dot{V}O_2\max$  と  $r=0.827$  の相関を示し、2) 初回時テストと再テストの間には  $r=0.853$  の相関が認められ、3) 推定最大心拍数に対するテスト中のピーク心拍数の割合は平均 86.3%で、男女差、年齢差がなく、4) 運動中の主観的身体負担度は、全体の 73.7%が「普通 fairy light」または「ややきつい somewhat hard」と回答し、5) SSTw の成績は運動能(持久性)の自己評価を反映していた。また、6) SSTw の高齢に伴う低下率は、40歳以上において  $\dot{V}O_2\max$  で報告されている低下率と同程度の値を示した。

以上より、SSTw は、40歳以後の中高齢者、特に後期高齢者や低体力者を含む広範囲な高齢者にとって安全で、屋内で多人数を同時に短時間に測定できる簡便な持久性評価法として信頼性、妥当性に優れるテストであることが示唆された。

## 謝 辞

本研究の一部は文部省科学研究費一般研究(C)課題番号07680154、基盤研究(C)課題番号08680155によった。

(受理日 平成10年4月3日)

## 文 献

- 1) Åstrand, P. O. & Rodahl, K. Textbook of work physiology. McGraw Hill Book Co., NY, (1970), 283-315
- 2) Taylor, H. L., Buskirk, E. & Henshel, A. Maximum oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. J. Appl. Physiol., (1955), **8**, 73-80
- 3) Larson, L. A. Fitness, health, and work capacity; International standards for assessment. Macmillan Publishing Co., INC., (1974)
- 4) 小林寛道, 近藤孝晴. 高齢者の運動と体力, 朝倉書店, 東京, (1985), 77-94
- 5) Rogers, M. A., Hagberg, J. M., Martin, W. H., Ehsani, A. A. & Holloszy, J. O. Decline in  $\dot{V}O_2\max$  with aging in master athletes and sedentary men. J. Appl. Physiol., (1990), **68**, 2195-2199
- 6) Brouha, L. The step test. a simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Res. Quart., (1943), **14**, 31-36
- 7) 文部省スポーツ課内社会体育研究会編. スポーツテスト—その実施と活用—(児童生徒編), 第一法規, 東京, (1978)
- 8) 猪飼道夫, 福永哲夫, 山本高司, 手塚政孝, 北川薫. 脈拍反応および最大酸素摂取量からみたステップ・テストの検討. 体育科学, (1973), **1**, 204-208
- 9) 石河利寛. 小学生におけるステップ・テストの検討, 体育科学, (1974), **1**, 209-212
- 10) 小野三嗣, 高橋泰光, 尾谷良行, 高橋基泰. 体格・体力および運動能力の相互関係についての研究(第一報), 体力科学, (1965), **14**, 104-112
- 11) Cooper, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. J. A. M. A., (1968), **203**, 135-138
- 12) 猪飼道夫. 日本人の体力, 日本経済新聞社, 東京, (1967), 182-184
- 13) 豊岡示朗. フィールドテスト(12分, 5分, 1500m 走)からみた大阪体育大学生の全身持久性とその評価基準の作成, 大阪体育大学紀要, (1980), **12**, 37-43
- 14) 浅見俊雄. "Aerobics"を日本人に適用する場合の2, 3の問題点について, 体育科学, (1974), **2**, 101-108
- 15) 金子公宥, 淵本隆文, 末井健作, 田路秀樹, 矢邊順子, 西田 充. 簡便な屋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—, 体育の科学, (1986), **36**, 809-815
- 16) 金子公宥, 淵本隆文, 森島 博. 小学校児童(7~12歳)における持久能力の発達—シャトル・スタミナテストによる調査結果から—, 体育科学, (1988), **16**, 5-51
- 17) 金子公宥, 森島 博, 淵本隆文. シャトル・スタミナテストでみた持久能力の発達—13~18歳男女を対象に—, 体育科学, (1989), **17**, 48-53
- 18) 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, (1992), **42**, 367-372
- 19) 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・ウォークテストの試み), J. J. S. S., (1995), **14**, 435-445
- 20) American College of Sports Medicine. Clinical Exercise Physiology. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, (4th ed.), Lea & Febiger, (1991), 11-34
- 21) Borg, G. & Linderholm, H. Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups. Acta Med Scand (Suppl), (1967), **472**, 194-206
- 22) 金子公有. 高齢者の歩行運動, JJSS, (1991), **10**, 10-11
- 23) Howley, E. T. & Franks, B. D. Health/Fitness Instructor's Handbook. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL. (1986)
- 24) Kline, G. M, Porcari, J. P., Hintermaister, R., Freedson, P. S., Ward, A., McCarron, R. F., Ross, J. & Rippe, J. M. Estimation of  $\dot{V}O_2\max$  from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. Med Sci Sports Exerc. (1987), **19**, 253-259
- 25) Oja, P., Laukkanen, R., Pasanen, M., Tyry, T. & Vuori, I. A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness of Healthy Adults. Int J Sports Med., (1991), **12**, 356-362
- 26) McGavin, G. R, Gupta, S. P. & McHardy, G. J. R. Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. Br. Med. J., (1976), **1**, 822-823
- 27) Blair, S. N. Behavioral Health. A Handbook of Health Enhancement and Disease Prevention (eds. Matarazzo, J. D. et al.), John Wiley & Sons, New York, (1984), 438
- 28) American College of Sports Medicine. Physical fitness Testing. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, (4th ed.), Lea & Febiger, (1991), 35-54
- 29) American College of Sprots Medicine. The recommended and quality of exercise for developing maintaining fitness in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. (1978), **10**, vii-x
- 30) American College of Sports Medicine. Principles of Exercise Prescription. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, (4th ed.), Lea & Febiger, (1991), 93-119
- 31) 池上晴夫. 運動生理学, 朝倉書店, 東京, (1995), 121-124
- 32) 竹島伸生, 田中喜代次, 小林章雄. 高齢者の健康づくり, メディカルレビュー, 東京, (1997), 89-112
- 33) 木村みさか, 田中靖人, 芳田哲也, 岡山寧子. シャトル・スタミナ・ウォークテストの試み(若い年齢層の場合), 京府医大医短紀要, (1998), **7**, 167-172
- 34) Robinson, S., Dill, D. B., Robinson, R. D., Tzankoff, S. P. & Wagner, J. A. Physiological aging of champion runners. J. Appl. Physiol., (1976), **41**, 46-51
- 35) 東京都立大学身体適性学研究室編. 日本人の体力標準値(第4版), 不昧堂, 東京, (1989)
- 36) Heath, G. W., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A. & Holloszy, A. A physiological comparison of young and older athletes. J. Appl. Physiol., (1981), **51**, 634-640
- 37) 宮下充正. 老人の体力, 老人医学, (1982), **20**, 54-60