

**ヘルスプロモーションのための心肺持久性評価指標としての
相対心拍数増加率の日本成人評価基準値**
Standards of Japanese Adults for Evaluating “Slope of Relative
Heart Rate on Work Rate ($\Delta\%HR/\Delta WR$)” as Cardiorespiratory
Endurance Index for Health Promotion

吉岡 隆之・近森 栄子・後和 美朝・白石 龍生
Takayuki YOSHIOKA, Eiko CHIKAMORI
Yoshiaki GOWA, Tatsuo SHIRAISHI

要旨

ヘルスプロモーションのための心肺持久性評価指標としての相対心拍数増加率 ($\Delta\%HR/\Delta WR$) 及びその体重補正值 ($\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$) について、日本人成人の性別・年齢別の5段階評価基準値を明らかにするとともに、加齢に伴う変化率及び性差についても検討した。まず、20~64歳までの健康な男女2430名（男性：814名、女性：1616名）を対象に、性別に、5歳刻みで年齢を区分し、各年齢区分の $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ の平均値 (m) 及び標準偏差 (SD) に基づき、5段階評価基準の境界値として m-1.5SD、m-0.5SD、m+0.5SD 及び m+1.5SD を求めた。各境界値と年齢の関係が、男女とも20~65歳の範囲で、いずれもほぼ直線関係とみなし得たことから、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ の5段階評価の各境界値と年齢の回帰式を男女ごとに求めた。これらの回帰式に年齢を代入することにより、その年齢における $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ の5段階評価基準値を求めることができる。また、これらの基準値が日本人の標準的な基準値として妥当であるかを検討するために、同対象について、年齢区分ごとに、握力、上体おこし、長座位体前屈及び全身反応時間の平均値及び標準偏差をそれぞれ求め、既存の日本人の評価基準値と比較し、検討した。その結果、同対象者の握力、上体おこし、長座位体前屈及び全身反応時間の体力レベルが、概ね男女とも各年齢区分において日本人の標準的なレベルであると考えられたことから、今回作成した $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ の5段階評価基準値は、日本人成人の評価基準値として妥当性があると考えられた。 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ における平均値と年齢の回帰直線に基づく加齢による変化率は、男女とも10年間に7~8%の割合で、加齢に伴い高く（心肺持久性としては低く）なり、また、性差については、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ において女性は男性よりも概ね53~49%高い（心肺持久性としては低い）値を示し、 $\Delta\%HR/\Delta (WR/BM)$ において女性は男性よりも概ね19~25%高い（心肺持久性としては低い）値を示していた。このような加齢に伴う変化及び性差は、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) 及びその体重補正值 ($\dot{V}O_2 \max /BM$) と概ね同様の傾向であると考えられた。

キーワード：(心肺持久性) (相対心拍数) (日本人基準値) (ヘルスプロモーション)

(Cardiorespiratory Endurance) (Relative Heart Rate) (Japanese Standard) (Health Promotion)

I. はじめに

著者らは、ヘルスプロモーションを目的として行われる一般的な健康・体力測定において、従来のような最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ）の推定ではなく、健康づくりの現場で比較的普及している自転車エルゴメータを用いて、漸増負荷運動中の仕事率（以下、WR）に対する相対心拍数（以下、%HR）の増加率（相対心拍数増加率：以下、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ ）そのものを指標とする評価法を考案した。これまで、この $\Delta\%HR/\Delta WR$ について、心肺持久性評価指標としての妥当性^{1, 2, 3)}、推定値の精度^{4, 5)}、再現性⁶⁾、実用的意義⁷⁾、トレーニングによる影響⁸⁾、健康関連因子との相互関係⁹⁾及び性・年齢との関連¹⁰⁾について検討を行ってきた。

$\Delta\%HR/\Delta WR$ 及びその体重補正值の $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ と性・年齢との関連について、先行研究¹⁰⁾では性差がみられ、また、男女とも20~60歳の間において緩やかに増加する（心肺持久性としては低下する）ことが推察された。これらのことから、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ についても $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 及びその体重補正值である $\dot{V}O_2 \text{ max}/BM$ と同様に、性別・年齢別の評価基準値を検討することは意義あることと考えられる。そこで本研究では、日本人の成人男女2430名を対象に、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ を測定し、性別に、各年齢区分の平均値及び標準偏差（以下、SD）に基づき、5段階評価区分の基準値を設定した。また、それらの基準値が日本人における評価基準値として妥当であるかを検討するために、同対象において同時に測定した他の体力項目の平均値及びSDをそれぞれ求め、既存の最近の日本人の評価基準値と比較検討した。さらに、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ における平均値と年齢の回帰直線に基づき、加齢に伴う変化率及び性差についても検討した。

II. 方法

1. 対象

兵庫県内のK健康増進施設のトレーニングジムを利用した者で、K施設規定の健康・体力測定を受けた20~64歳の健康な日本人成人2430名（男性814名、女性1616名）を対象とした。

2. 健康・体力測定

体力測定項目は、握力、上体おこし、長座位体前屈、全身反応時間及び心肺持久性として最大下の負荷テストによる $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ であった。また、体力測定に先立って、身長、体重及び体脂肪率（Impedance法）の測定が行われた。なお、握力、上体おこし、長座位体前屈及び全身反応時間の測定は「THP健康測定における運動機能検査¹¹⁾」の方法に基づき行われた。また、心肺持久性としての $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の測定は、次の負荷テストに基づき吉岡ら⁷⁾と同様の方法で行われた。

負荷テスト： $\Delta\%HR/\Delta WR$ を測定するための負荷テストは、健康・体力測定の一環として、他の体力測定に先だって、10分以上の座位安静の後、電磁抵抗式の自転車エルゴメータ（Combi 232CXL, Japan）を用いて行われた。自転車の駆動は、1分間に50回転を保ち、1分ごとに10W、15Wまたは20Wのランプ負荷で、対象者の%HRが60%に達するまで続けられ、その後クールダウンが行われた。なお、この場合の60%の%HRはKarvonen法¹²⁾により求められた。また、ランプ負荷の割合の選択は、ランプ負荷運動の時間が6~12分になるように、主に性、年齢及び自己申告による心肺持久性の優劣に基づき行われた¹³⁾。負荷テスト中の心拍数（以下、HR）は連続測定され、HR及びWRは30秒ごとの平均値として記録された。なお、安静時のHRは負荷テスト前の座位安静時の平均HRが用いられた。

3. 体力測定値の検討

今回の対象の体力レベルが日本人の標準として妥当であるかを検討するために、性別に5歳刻みで年齢を区分し、

年齢区分ごとに、握力、上体おこし、長座位体前屈及び全身反応時間の平均値及びSDをそれぞれ求め、既存の日本人の基準値（文献値A14）、文献値B15）と比較した。

$\Delta\%HR/\Delta WR$ の5段階評価区分の設定：まず、性別に5歳刻みで年齢を区分し、年齢区分ごとに $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の平均値(m)及びSDを基に、5段階評価区分の境界値として $m-1.5SD$ 、 $m-0.5SD$ 、 $m+0.5SD$ 及び $m+1.5SD$ をそれぞれ求めた。次に、5段階評価区分の各境界値と年齢の回帰式を男女別にそれぞれ求めた。これらの回帰式に年齢を代入することにより、その年齢の5段階評価区分の基準値を求めることができる。すなわち、 $m+1.5SD$ 以上をvery poor（非常に劣る）、 $m+0.5SD$ 以上 $m+1.5SD$ 未満をpoor（劣る）、 $m-0.5SD$ 以上 $m+0.5SD$ 未満をaverage（平均的）、 $m-1.5SD$ 以上 $m-0.5SD$ 未満をgood（優る）及び $m-1.5SD$ 未満をvery good（非常に優る）の5段階の体力評価区分を設定することができる。

4. 統計

回帰直線を求める際には最小二乗法を用いた。

5. 倫理的配慮

本研究は、心肺持久性評価指標として $\Delta\%HR/\Delta WR$ を採用しているK施設の協力を得て行ったもので、対象の資料（健康・体力測定値等）は、匿名化されたものをK施設の許可を得て取得し分析に用いた。

Ⅲ. 結果

Table 1には男女別に対象者の年齢区分別の人数及び平均年齢を示した。また、Table 2には各年齢区分における身長、体重及び体脂肪率の平均値(SD)を男女別に示した。

Fig.1には握力について、Fig.2には上体おこしについて、Fig.3には長座位体前屈について及びFig.4には全身反応時間について、各年齢区分における今回の対象者の平均値(SD)、文献値A¹⁴⁾及び文献値B¹⁵⁾の平均値(SD)をそれぞれ男女別に示した。今回の握力について、男性はいずれの年齢においても文献値Aとほぼ同じ値を示し、文献値Bよりやや高い値を示していた。女性はいずれの年齢においてもほぼ文献値Aと文献値Bの間の値を示していた。今回の上体おこしについて、男性はいずれの年齢においても文献値A及び文献値Bよりやや高い値を示していた。女性は40歳までは文献値A及び文献値Bとほぼ同じ値を示していたが、50歳以降では文献値A及び文献値Bよりやや低い値を示していた。今回の長座位体前屈については、男性では55～59歳の年齢区分において極端に低い値を示していたが、それ以外はほぼ文献値Aと文献値Bの間の値を示していた。女性では40～45歳及び55～64歳の年齢区分において極端に高い値を示していたが、それ以外は文献値Bとほぼ同じ値を示していた。今回の全身反応時間については、男女とも20～30歳にかけては文献値A及び文献値Bとほぼ同じ値を示していたが、40歳以降は文献値A及び文献値Bよりも低い値を示していた。

Table 1. Number of subjects and mean age in each age group

Age group [years]	Men		Women	
	Mean age [years]	Number of subjects	Mean age [years]	Number of subjects
20 - 24	22.3	126	22.4	310
25 - 29	27.0	185	26.9	332
30 - 34	31.8	112	31.8	230
35 - 39	37.1	89	36.9	151
40 - 44	42.2	89	41.9	146
45 - 49	47.0	87	47.2	170
50 - 54	51.9	61	51.7	127
55 - 59	56.6	41	56.5	88
60 - 64	61.9	24	61.7	62

Table 2. Mean values of height, body mass and % fat in each age group

	Age group [years]	Height [cm]	Body mass [kg]	%Fat [%]
Men	20 ~ 24	172.2 (5.9)	66.8 (9.9)	19.4 (5.2)
	25 ~ 29	172.0 (5.3)	67.6 (9.5)	19.5 (4.9)
	30 ~ 34	171.8 (5.9)	69.6 (10.4)	21.1 (5.2)
	35 ~ 39	170.0 (6.0)	69.7 (10.4)	20.7 (5.2)
	40 ~ 44	170.3 (5.6)	69.6 (9.0)	20.0 (4.0)
	45 ~ 49	168.7 (5.4)	69.0 (9.7)	20.9 (5.1)
	50 ~ 54	166.8 (4.8)	67.1 (8.8)	20.0 (5.0)
	55 ~ 59	168.7 (5.9)	68.5 (8.1)	19.7 (5.5)
Women	20 ~ 24	159.7 (6.1)	53.9 (7.8)	25.5 (5.3)
	25 ~ 29	159.6 (5.5)	52.7 (7.0)	24.5 (5.2)
	30 ~ 34	159.2 (5.5)	54.4 (7.5)	25.6 (6.0)
	35 ~ 39	157.9 (5.0)	55.0 (7.8)	26.4 (6.2)
	40 ~ 44	158.1 (5.2)	57.3 (9.0)	27.2 (5.8)
	45 ~ 49	156.8 (5.0)	56.7 (7.7)	27.5 (5.9)
	50 ~ 54	154.5 (4.6)	56.0 (7.2)	28.2 (6.0)
	55 ~ 59	152.5 (4.8)	54.8 (7.1)	28.1 (5.2)
60 ~ 64	153.0 (4.8)	55.3 (8.3)	28.4 (5.9)	

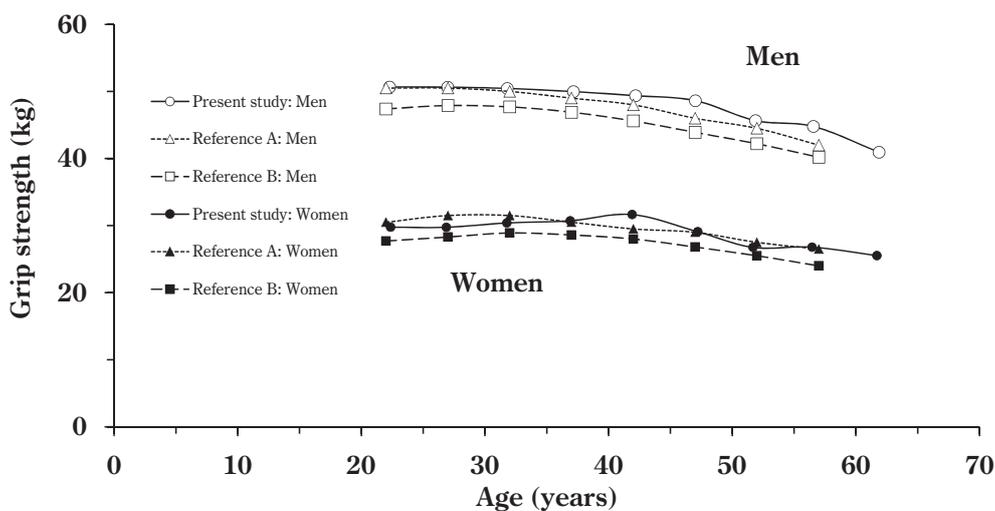


Fig.1. Comparison in mean values of grip strength between present study and references (A and B) regarding sex and age.

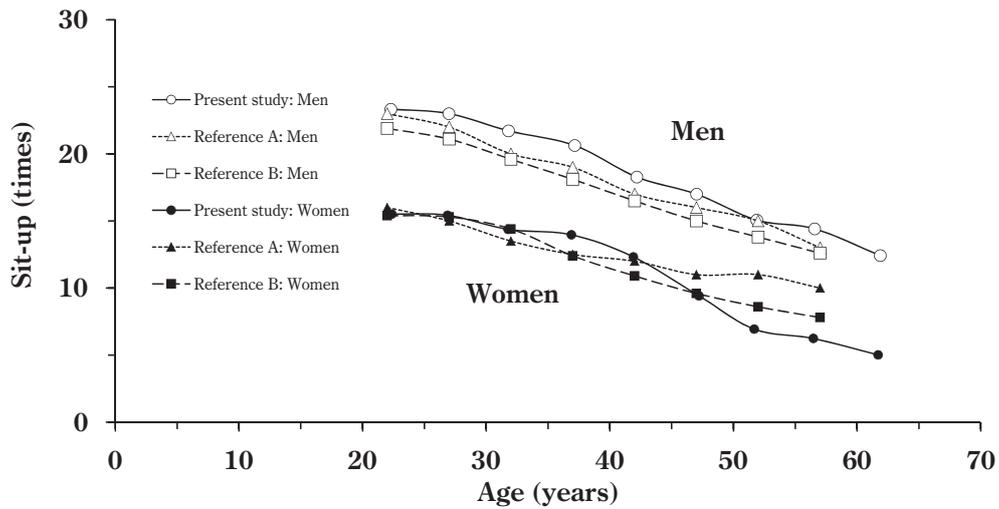


Fig.2. Comparison in mean values of sit-up between present study and references (A and B) regarding sex and age.

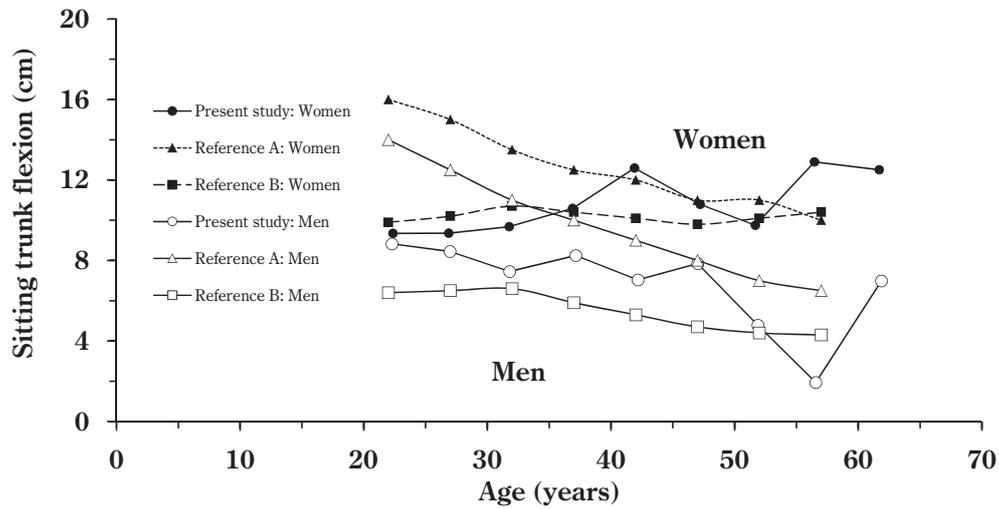


Fig.3. Comparison in mean values of sitting trunk flexion between present study and references (A and B) regarding sex and age.

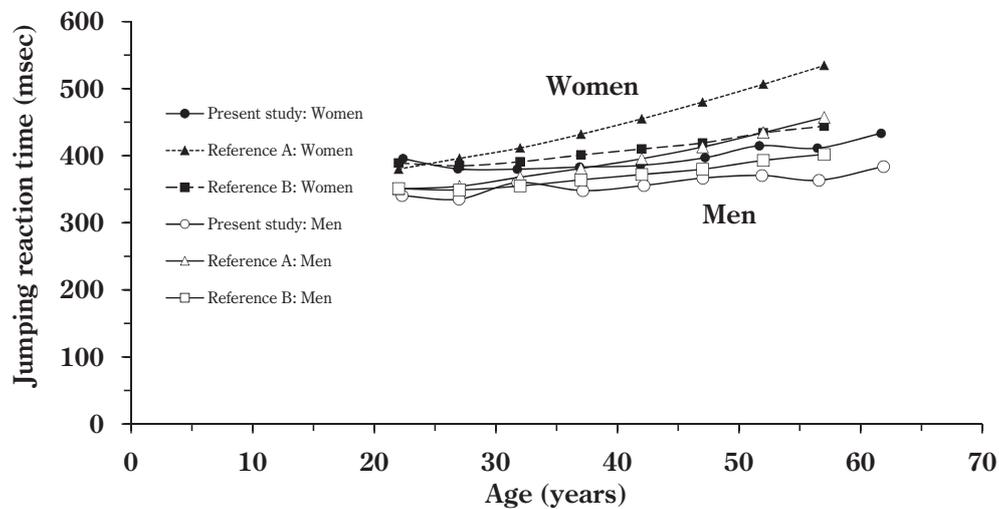


Fig.4. Comparison in mean values of jumping reaction time between present study and references (A and B) regarding sex and age.

Table 3 には $\Delta\%HR/\Delta WR$ について、Table 4 には $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ について、各年齢区分における平均値 (SD) 及び 5 段階評価区分の境界値として m-1.5SD、m-0.5SD、m+0.5SD 及び m+1.5SD をそれぞれ男女別に示した。Fig.5 には男性の $\Delta\%HR/\Delta WR$ について、Fig.6 には女性の $\Delta\%HR/\Delta WR$ について、Table 3 の値に基づき、平均値及び 5 段階評価区分の各境界値と年齢の関係を示した。20~65歳の範囲ではいずれもほぼ直線関係とみなし得ると考え、それぞれの回帰直線を求めた。また、Fig.7 には男性の $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ について、Fig.8 には女性の $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ について、Table 4 の値に基づき、平均値及び 5 段階評価区分の各境界値と年齢の関係を示した。 $\Delta\%HR/\Delta WR$ と同様に、20~65歳の範囲ではいずれもほぼ直線関係とみなし得ると考え、それぞれの回帰直線を求めた。Fig.5 及び Fig.6 に示した回帰式に年齢を代入することにより、その年齢における $\Delta\%HR/\Delta WR$ の 5 段階評価区分の基準値を求めることができるが、Table 5 には、それぞれの基準値を求めるための年齢との回帰式及び回帰式から求めた 20歳、30歳、40歳、50歳、60歳における 5 段階評価区分の基準値を示した。同様に、Table 6 には、体重補正值である $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の 5 段階評価区分の基準値を求めるための年齢との回帰式及び回帰式から求めた 20歳、30歳、40歳、50歳、60歳における 5 段階評価区分の基準値を示した。

Table 3. Mean value (SD), mean-1.5SD, -0.5SD, +0.5SD and +1.5SD of $\Delta\%HR/\Delta WR$ in each age group

	Age group [years]	Mean (SD) [%/W]	m - 1.5SD [%/W]	m - 0.5SD [%/W]	m + 0.5SD [%/W]	m + 1.5SD [%/W]
Men	20 ~ 24	0.411 (0.070)	0.306	0.376	0.446	0.517
	25 ~ 29	0.426 (0.065)	0.329	0.394	0.458	0.523
	30 ~ 34	0.431 (0.071)	0.324	0.396	0.467	0.538
	35 ~ 39	0.425 (0.071)	0.318	0.390	0.461	0.532
	40 ~ 44	0.445 (0.073)	0.334	0.408	0.481	0.555
	45 ~ 49	0.475 (0.087)	0.346	0.432	0.519	0.605
	50 ~ 54	0.490 (0.089)	0.357	0.446	0.534	0.623
	55 ~ 59	0.494 (0.078)	0.376	0.455	0.533	0.612
60 ~ 64	0.539 (0.113)	0.370	0.483	0.596	0.709	
Women	20 ~ 24	0.622 (0.096)	0.477	0.573	0.670	0.766
	25 ~ 29	0.650 (0.091)	0.513	0.604	0.696	0.787
	30 ~ 34	0.655 (0.109)	0.492	0.601	0.710	0.819
	35 ~ 39	0.676 (0.120)	0.497	0.616	0.736	0.855
	40 ~ 44	0.651 (0.100)	0.500	0.600	0.701	0.801
	45 ~ 49	0.695 (0.112)	0.527	0.639	0.751	0.863
	50 ~ 54	0.726 (0.117)	0.551	0.668	0.784	0.901
	55 ~ 59	0.772 (0.130)	0.577	0.707	0.837	0.967
60 ~ 64	0.795 (0.158)	0.558	0.716	0.874	1.032	

Table 4. Mean value (SD), mean-1.5SD, -0.5SD, +0.5SD and +1.5SD of $\Delta \%HR / \Delta (WR/BM)$ in each age group

	Age group [years]	Mean (SD) [%/(W/kg)]	m -	m -	m +	m +
			1.5SD [%/(W/kg)]	0.5SD [%/(W/kg)]	0.5SD [%/(W/kg)]	1.5SD [%/(W/kg)]
Men	20 ~ 24	27.3 (5.3)	19.4	24.6	29.9	35.2
	25 ~ 29	28.5 (4.3)	22.0	26.3	30.6	34.9
	30 ~ 34	29.8 (5.7)	21.3	27.0	32.6	38.3
	35 ~ 39	29.3 (4.8)	22.1	26.9	31.7	36.5
	40 ~ 44	30.7 (4.9)	23.3	28.2	33.1	38.0
	45 ~ 49	32.4 (5.5)	24.2	29.7	35.2	40.7
	50 ~ 54	32.6 (5.7)	24.0	29.7	35.4	41.1
	55 ~ 59	33.7 (5.7)	25.2	30.8	36.5	42.2
60 ~ 64	34.7 (7.2)	23.8	31.1	38.3	45.6	
Women	20 ~ 24	33.2 (5.3)	25.2	30.5	35.9	41.2
	25 ~ 29	34.0 (4.9)	26.7	31.6	36.5	41.3
	30 ~ 34	35.4 (6.2)	26.1	32.3	38.5	44.7
	35 ~ 39	36.7 (6.0)	27.8	33.7	39.7	45.7
	40 ~ 44	37.0 (6.5)	27.2	33.7	40.2	46.7
	45 ~ 49	39.0 (6.1)	29.9	36.0	42.1	48.2
	50 ~ 54	40.4 (6.4)	30.7	37.1	43.6	50.0
	55 ~ 59	42.0 (7.5)	30.8	38.3	45.8	53.2
60 ~ 64	43.3 (7.8)	31.6	39.4	47.2	55.0	

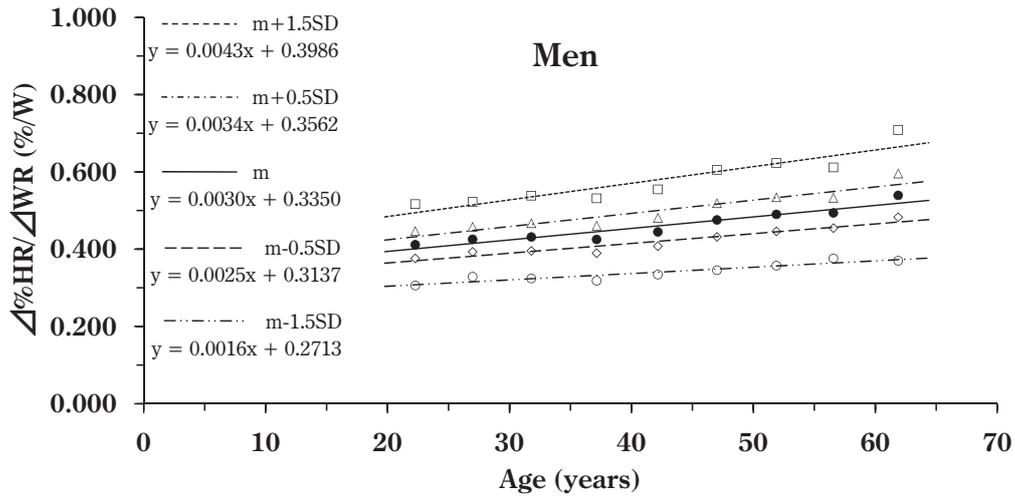


Fig.5. Relationship of age to $\Delta \%HR / \Delta WR$ for assessment standards in men. Lines presented in this figure are regression lines of age to mean value (m), m+1.5SD, m+0.5SD, m-0.5SD and m-1.5SD of $\Delta \%HR / \Delta WR$.

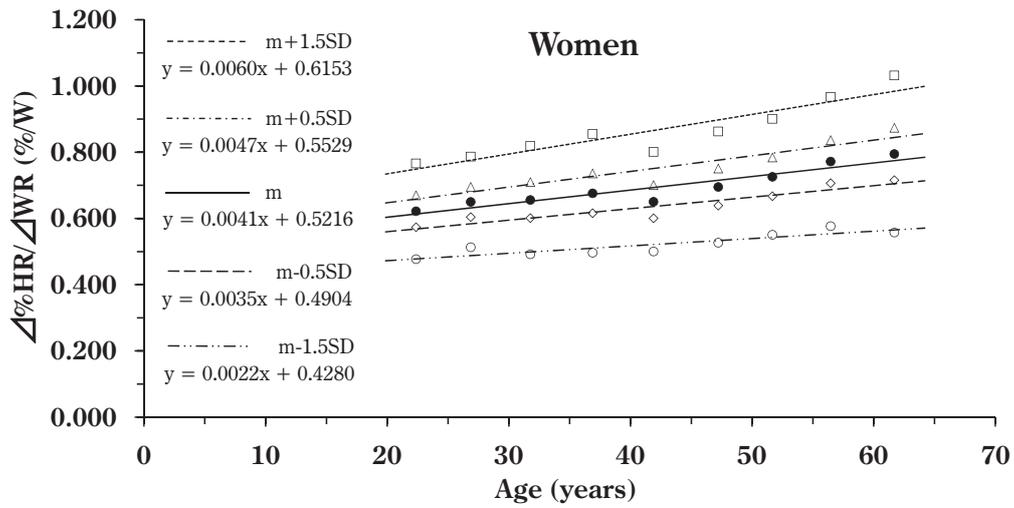


Fig.6. Relationship of age to $\Delta\%HR/\Delta WR$ for assessment standards in women. Lines presented in this figure are regression lines of age to mean value (m), m+1.5SD, m+0.5SD, m-0.5SD and m-1.5SD of $\Delta\%HR/\Delta WR$.

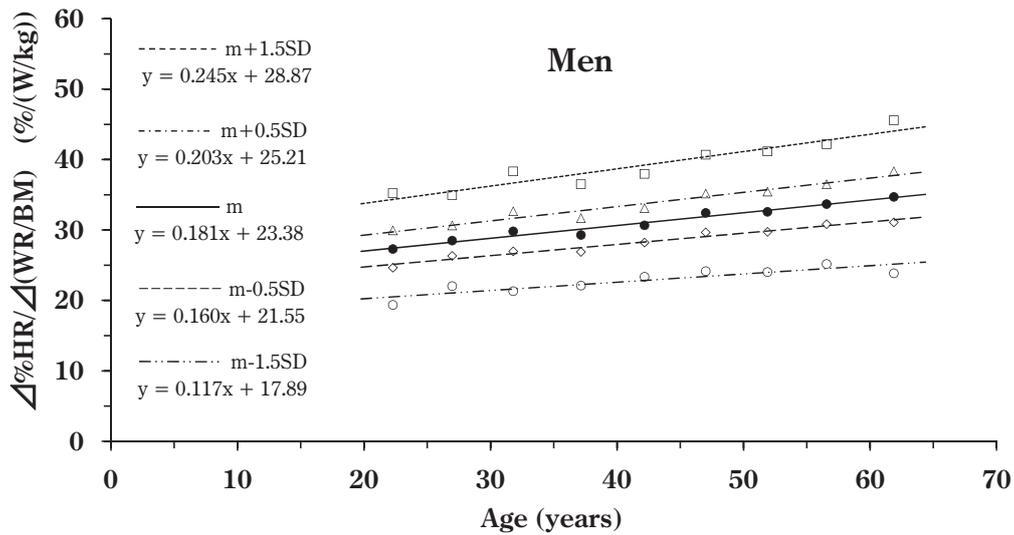


Fig.7. Relationship of age to $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ for assessment standards in men. Lines presented in this figure are regression lines of age to mean value (m), m+1.5SD, m+0.5SD, m-0.5SD and m-1.5SD of $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$.

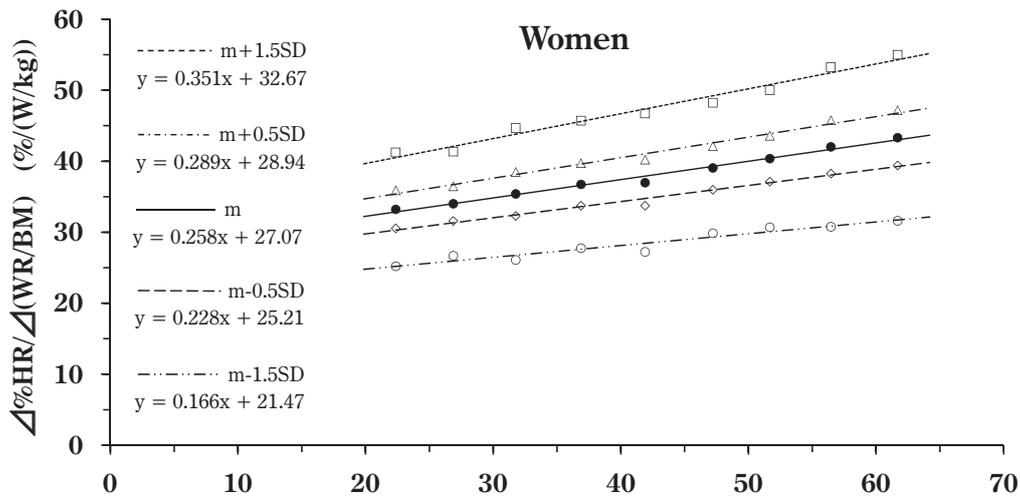


Fig.8. Relationship of age to $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ for assessment standards in women. Lines presented in this figure are regression lines of age to mean value (m), m+1.5SD, m+0.5SD, m-0.5SD and m-1.5SD of $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$.

Table 5. Regression equations of age to $\Delta\%HR/\Delta WR$ for assessment standards and assessment standards at 20, 30, 40, 50 and 60 years in men and women

	Men	Women
Mean	$0.0030 \times \text{Age} + 0.3350$	$0.0041 \times \text{Age} + 0.5216$
Mean +1.5SD	$0.0042 \times \text{Age} + 0.3986$	$0.0060 \times \text{Age} + 0.6153$
Mean +0.5SD	$0.0034 \times \text{Age} + 0.3562$	$0.0047 \times \text{Age} + 0.5529$
Mean - 0.5SD	$0.0025 \times \text{Age} + 0.3137$	$0.0035 \times \text{Age} + 0.4904$
Mean - 1.5SD	$0.0016 \times \text{Age} + 0.2713$	$0.0022 \times \text{Age} + 0.4280$

		20years	30years	40years	50years	60years
Men	Mean value	0.395	0.425	0.455	0.485	0.515
	Very poor (Above)	0.483	0.525	0.567	0.609	0.651
	Poor (Above)	0.424	0.458	0.492	0.526	0.560
	Average (Above)	0.364	0.389	0.414	0.439	0.464
	Good (Above)	0.303	0.319	0.335	0.351	0.367
	Very good (Below)	0.303	0.319	0.335	0.351	0.367
Women	Mean value	0.604	0.645	0.686	0.727	0.768
	Very poor (Above)	0.735	0.795	0.855	0.915	0.975
	Poor (Above)	0.647	0.694	0.741	0.788	0.835
	Average (Above)	0.560	0.595	0.630	0.665	0.700
	Good (Above)	0.472	0.494	0.516	0.538	0.560
	Very good (Below)	0.472	0.494	0.516	0.538	0.560

Unit of values: [%/W]

Table 6. Regression equations of age to $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ for assessment standards and assessment standards at 20, 30, 40, 50 and 60 years in men and women

		Men	Women				
	Mean	$0.181 \times \text{Age} + 23.38$	$0.258 \times \text{Age} + 27.07$				
	Mean +1.5SD	$0.245 \times \text{Age} + 28.87$	$0.351 \times \text{Age} + 32.67$				
	Mean +0.5SD	$0.203 \times \text{Age} + 25.21$	$0.289 \times \text{Age} + 28.94$				
	Mean - 0.5SD	$0.160 \times \text{Age} + 21.55$	$0.228 \times \text{Age} + 25.21$				
	Mean - 1.5SD	$0.117 \times \text{Age} + 17.89$	$0.166 \times \text{Age} + 21.47$				
		20years	30years	40years	50years	60years	
Men	Mean value	27.0	28.8	30.6	32.4	34.2	
	Very poor (Above)	33.8	36.2	38.7	41.1	43.6	
	Poor (Above)	29.3	31.3	33.3	35.4	37.4	
	Average (Above)	24.8	26.4	28.0	29.6	31.2	
	Good (Above)	20.2	21.4	22.6	23.7	24.9	
	Very good (Below)	20.2	21.4	22.6	23.7	24.9	
Women	Mean value	32.2	34.8	37.4	40.0	42.6	
	Very poor (Above)	39.7	43.2	46.7	50.2	53.7	
	Poor (Above)	34.7	37.6	40.5	43.4	46.3	
	Average (Above)	29.8	32.1	34.3	36.6	38.9	
	Good (Above)	24.8	26.5	28.1	29.8	31.4	
	Very good (Below)	24.8	26.5	28.1	29.8	31.4	

Unit of values: [%/(W/kg)]

IV. 考察

今回の対象の体力レベルが日本人の標準として妥当であるかを検討するために、まず対象の握力、上体おこし、長座位体前屈及び全身反応時間を既存の日本人の基準値（文献値A及び文献値B）と比較した。その結果、今回の対象は、文献値A¹⁴⁾及び文献値B¹⁵⁾と比較して、部分的には年齢によって若干体力水準が高い傾向を示した体力項目もあったが、全体的に男女とも各年齢層で特に目立った体力水準の優劣はみられなかった。これらの結果から、今回の対象は、男女とも各年齢区分において日本人の標準的な体力レベルであると考えられ、Table 5及びTable 6に示した $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の5段階評価基準は、日本人成人男女の基準値として妥当性があると考えられる。

本研究の結果において、男女とも20~64歳の間で $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の平均値と年齢の間には概ね直線関係がみられた。この平均値と年齢の回帰直線に基づき、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ における加齢に伴う変化率及び性差について、以下に考察する。

まず、加齢に伴う変化率について、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ は、男性では10年間に7.6%の割合で、女性では10年間に6.8%の割合で緩やかに増加していた（心肺持久性としては低下していた）。また体重補正值である $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ は、男性では10年間に6.7%の割合で、女性では10年間に8.1%の割合で緩やかに増加していた。 $\dot{V}O_2 \max$ 及び $\dot{V}O_2 \max /BM$ の加齢による低下率は、概ね10年間で3~13%と報告されている^{16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23)}。これらのことから、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の加齢に伴う変化率は $\dot{V}O_2 \max$ 及び $\dot{V}O_2 \max /BM$ とはほぼ同様の傾向を示すと考えられる。

次に性差について、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ は20~64歳の間において女性は男性よりも概ね53~49%高い（心肺持久性としては低い）値を示していた。また、 $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ は、20~64歳の間において女性は男性よりも概ね19~25%高い（心肺持久性としては低い）値を示していた。 $\dot{V}O_2 \max$ の性差は、思春期以降、概ね25~30%、 $\dot{V}O_2 \max /BM$ の性差は、概ね15~25%であることが報告されている¹⁷⁾。これらのことから、20歳以降の性差について、体重

補正值である $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ は、同じく体重補正值である $\dot{V}O_2 \max /BM$ とほぼ同様の傾向を示すと考えられるが、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ は $\dot{V}O_2 \max$ に比べてかなり性差が大きいと考えられる。このことは、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ の絶対値は $\dot{V}O_2 \max$ の絶対値に比べて体重による影響を受けやすいことを示唆している。

最後に、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の個人差について、本研究の結果では、変動係数 (SD/平均値) は男女とも20~64歳の間で概ね14~19%で、加齢とともに個人差はやや大きくなる傾向であった。 $\dot{V}O_2 \max$ の変動係数は男女ともいずれの年齢においても概ね10~15%であることが報告されていることから¹⁷⁾、個人差についても、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ は $\dot{V}O_2 \max$ とほぼ同様の傾向を示すと考えられる。また、先述したように、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ 及び $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ における、加齢による変化率は、男女とも10年間に7~8%であったことから考えて、加齢による変化に比べて個人差が大きく、たとえ高齢者でも若者の平均以上の値を示す者が多くいることも考えられ、個人差には特に留意する必要がある。

謝辞

本稿を終えるにあたり、本研究に際し、終始、貴重なご指導を賜りました大阪市立大学名誉教授 (相愛大学人間発達学部教授) の藤本繁夫先生に深甚なる謝意を表します。また、対象の情報提供等でご協力いただいた兵庫県内のK健康増進施設の施設長をはじめスタッフの皆様は厚くお礼申し上げます。

文献

- 1) Yoshioka T and Shiraishi T: Slope of relative heart rate on work rate: New assessment of cardiorespiratory endurance, *Health Promotion and Education: Bringing Health to Life, Proceedings of the XVth Conference of the International Union for Health Promotion and Education*, pp255-258, Hoken-Dohjinsha, Inc, Tokyo, 1996
- 2) 吉岡隆之, 白石龍生, 藤田弘子: 5分漸増負荷法に基づく相対心拍数/仕事率係数による心肺持久力の評価, 神戸市看護大学紀要, 1, 27-32, 1997
- 3) 白石龍生, 吉岡隆之: 相対心拍数/仕事率係数のヘルスプロモーションへの応用, 大阪教育大学紀要第Ⅲ部門, 47, 171-177, 1998
- 4) 吉岡隆之, 藤本繁夫: $\Delta\%HR/\Delta WR$ の推定値と実測値の相関, 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 8, 15-17, 1998
- 5) Yoshioka T and Fujimoto S: Predictive validity of slope of modified relative heart rate on work rate ($\Delta\%HR/\Delta WR$) for cardiorespiratory endurance index in non-athletes, *Jpn B Health Fit Nutr*, 7, 3-10, 2000
- 6) 吉岡隆之・近森栄子・白石龍生: 健康づくりのための心肺持久性評価指標としての相対心拍数増加率の再現性, 奈良学園大学紀要, 9, 169-174, 2018
- 7) 吉岡隆之, 近森栄子, 白石龍生: 健康づくりのための心肺持久性評価指標としての相対心拍数増加率の実用的意義, 奈良学園大学紀要, 3, 143-151, 2015
- 8) 吉岡隆之, 藤本繁夫, 後和美朝, 白石龍生: 継続的な身体トレーニングが心肺持久性指標としての相対心拍数増加率に及ぼす影響: 競技者と非競技者の比較, 神戸市看護大学紀要, 8, 1-8, 2004
- 9) 吉岡隆之, 近森栄子, 白石龍生: 心肺持久性評価指標としての相対心拍数増加率と健康関連因子の相互関係, 大阪教育大学紀要第Ⅲ部門, 64 (2), 7-13, 2016

- 10) Yoshioka T, Shiraishi T, Chikamori E, Kasamatsu T, Fujimoto S: Age-related decline in cardiorespiratory endurance assessed by slope of modified relative heart rate on work rate ($\Delta\%HR/\Delta WR$) in men and women, *Jpn B Health Fit Nutr*, 6, 21-27, 1999
- 11) 中央労働災害防止協会編：ヘルスケア・トレーナー養成研修テキスト（Ⅱ）「心とからだの健康づくり（THP）」, pp157-221, 1990
- 12) Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O: The effects of training on heart rate: A longitudinal study, *Ann Med Exper Biol Fenn*, 35, 307-315, 1957
- 13) Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ: *Principles of exercise testing and interpretation*, pp58-71, Lea and Febiger, Philadelphia, 1987
- 14) 東京都立大学身体適正学研究室: 日本人の体力標準値（第四版），不昧堂，東京，1990
- 15) 中央労働災害防止協会健康測定データ分析研究委員会: 健康測定結果のデータ分析に関する研究報告書：健康測定受診者の性・年齢別運動機能検査値の実態と評価基準について，1995
- 16) Asmussen E, Fruensgaard K, Nøgaard S: A follow-up longitudinal study of selected physiological functions in former physical education students: After forty years, *J Am Geriatr Soc*, 23, 442-450, 1975
- 17) Åstrand I, Åstrand PO, Hallbäck I, Kilbom Å: Reduction in maximal oxygen uptake with age, *J Appl Physiol*, 35, 649-654, 1973
- 18) Cempla J, Szopa J: Decrease of maximum oxygen consumption in men and women during the fourth to sixth decades of life: In the light of cross-sectional studies of Cracow population, *Biol Sport*, 2, 45-59, 1985
- 19) Fleg JL, Lakatta EG: Role of muscle loss in the age-associated reduction in $\dot{V}O_2$ max, *J Appl Physiol*, 65, 1147-1151, 1988
- 20) Hossack KF, Bruce RA: Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: Comparison of age-related changes, *J Appl Physiol*, 53, 799-804, 1982
- 21) Plowman SA, Drinkwater BL, Horvath SM: Age and aerobic power in women: Longitudinal study, *J Gerontol*, 34, 512-520, 1975
- 22) Rogers MA, Hagberg JM, Martin III WH, Ehsani AA, Holloszy JO: Decline in $\dot{V}O_2$ max with aging in master athletes and sedentary men, *J Appl Physiol*, 68, 2195-2199, 1990
- 23) Toth MJ, Gardner AW, Ades PA, Poehlman ET: Contribution of body composition and physical activity to age-related decline in peak $\dot{V}O_2$ max in men and women, *J Appl Physiol*, 77, 647-652, 1994