

三 第二四回世界スポーツ医学会

——一九九〇年五月二十七日～六月一日 オランダ・アムステルダム

〈発表〉自彊術のエネルギー消費量

発表者・中京大学体育研究所 松井 健

緒 言

「自彊術」は一九二六年に創案された日本最初の健康体操であり、現在、日本での実施人口は約五〇万人と推定されている。体操は三十一の連続動作で構成され、正座位姿勢の動作、呼吸法、座礼動作など、ヨーロッパ諸国での体操には見られない日本独特の特徴が見られる。しかし、体操のエネルギー消費量あるいは呼吸循環系測定項目の経時的な変化から見た自彊術の特徴については十分に検討がなされていない。

そこで、本研究は自彊術体操のエネルギー消費量および呼吸循環系測定項目の経時的な変化を検討するために行った。

実験参加者および実験方法

実験参加者…実験参加者は自彊術体操を毎日実施している健康な女性七名（名古屋支部）であり、彼女らの年

齢、身長、体重、体脂肪率、最大酸素摂取量、最高心拍数および自彊術実施歴を表1に示した。

実験方法…自彊術体操のエネルギー消費量を測定するために実験局面を安静、運動（体操および一五分間の回復の三つに分け、それぞれにおいて換気量、酸素摂取量、呼吸交換比、心拍数を測定した。なお、自彊術体操によって消費されるエネルギー量については酸素一リットルあたりで五カロリーの熱量が発生するという仮定のもとで計算によって求めた。

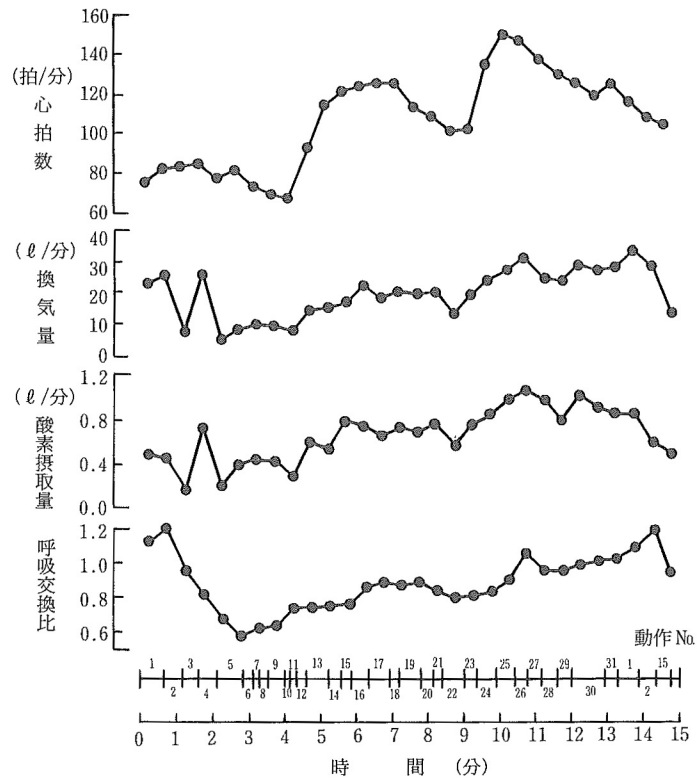
結果および論議

各参加者の自彊術体操の所要時間を表2に示した。実験中、体操のペースは任意としたにもかかわらず、運動時間の変動幅は小さかった。これは普段から彼女らが同じ教室およびペースで集団的に体操を行っているためと思われる。

それぞれの測定項目の最高値と最小値の差が大きかったが、このことは自彊術が様々な姿勢で行われ、それぞれの動作の強度に格差があるためと思われる。

各測定項目の経時的変化の代表例を図1に示した。心拍数においては三つのピークが見られ、第一のピークは第二動～五動で、第二ピークは第十四動～十九動で、そして第三ピークは第二十四～二十九動でそれぞれ見られた。ピークの大きさは第一ピークから第三ピークに進むにつれて大きくなり、最大となった第三ピーク以降は徐々に心拍数が低下していく傾向が見られた。これらの心拍数の変化から判断すると、自彊術の各動作は理想的に配置され、特別にウォーミングアップ（準備運動）やクーリングダウン（整理運動）を行わなくても良いように構成されていることが明らかである。

図1 自彊術時の呼吸循環系測定項目の変化



換気量および酸素摂取量の変化は全体的に心拍数と同様の傾向を示した。しかし、それらの変動幅は、体操の最初の局面で見られた顕著なジグザグ状の変動は別として、全体的に心拍数の変動幅より小さいものであった。呼吸交換比もまた換気量や酸素摂取量と同様な傾向を示したが、体操の初めの部分(第二動)で最高値を示し、引き続き減少傾向の後に最小値が第五動で示された。

自彊術体操の最初の部分に見られる換気量、酸素摂取量および呼吸交換比の急激な変化は第一動、二動および四動における強制的な呼吸運動によるものであり、結果として過換気状態が引き起こされていた。このことは体操時の酸素負債量を減少させ、運動ストレスを軽減するのに役立つと思われる。

実験参加者(七名)の体操中の正味の酸素摂取量およびエネルギー消費量の平均値はそれぞれ七・四三±〇・八カロリーおよび七・四三±四・二カロリーであった。また、一分間当たりのエネルギー消費量は二・四一カロリーであった。この値はレジャー的なカヌー漕ぎおよびバレーボール運動に相当するものであった。

まとめ

自彊術中の呼吸循環系の測定項目の変化からみて、以下のような特徴が明らかとなった。

- 一 自彊術体操は運動強度的に三つのピークを有する。
- 二 強制的な呼吸運動により体操の最初の部分において過換気状態が引き起こされる。
- 三 エネルギー消費量は体操一回当たりで三七・二カロリー、一分間当たりで二・四一カロリーであり、他の軽強度の運動(カヌー漕ぎ、バレーボール運動)のものと等しい。

これらの結果から判断して、自彊術は体力レベルの低い者や中高年者の運動に適していると思われる。

Introduction

The “Jikyo-Jutsu” was originated in 1916 as the first Japanese gymnastics for health promotion. The estimated population of Jikyo-Jutsu exercisers in Japan is approximately 500,000. Jikyo-Jutsu is composed of 31 successive actions (Fig. 1). The main posture of the exercisers is Japanese-style sitting position, which is different from European outdoor gymnastics executed in standing position. Jikyo-Jutsu is devised to be performed indoors on a Japanese-style mat. Historically Jikyo-Jutsu is based on the Chinese gymnastics “Chikon-su” and therefore is characterized by respiratory exercises, which are positioned in the first part of a series of 31 action (Actions 1, 2 and 4). During the gymnastics some acupuncture points on the skin are pushed, rubbed or tapped (Action 9, 10, 11 and 12). Bow actions in Japanese-style sitting position as observed in the tea ceremony are included before and after Jikyo-Jutsu.

Although Jikyo-Jutsu has many different actions from other gymnastics, physiological characteristics of Jikyo-Jutsu have not been fully studied. The present study was aimed to clarify oxygen consumption and cardiorespiratory change during Jikyo-Jutsu.

Materials and Methods

Subjects:

Seven healthy middle-aged women who practice Jikyo-Jutsu every day participated as subjects. Their age, height, weight, %fat, maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$), maximal heart rate (HRmax) and career of Jikyo-Jutsu are shown in Table 1.

Experimental protocol:

Cardiorespiratory measurements were carried out during three phases: rest, exercise and 15 minutes recovery. In exercise phase subjects performed Actions 1, 2 and 15 following a series of 31 actions. Bow actions were also performed before and after Jikyo-Jutsu. The pace of each action was left to the subjects' own volition.

Measurements:

$\dot{V}O_{2max}$ and HRmax.

Before J experiment the subjects performed the progressive incremental exercise on a bicycle ergometer to determine $\dot{V}O_{2max}$ and HRmax. Oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) was measured with an expired-gas analyzer (Minato med-

表1 実験参加者の特徴

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	最大酸素摂取量		最高 心拍数 (拍/分)	実施歴 (年)
					(1/分)	(ml/kg・分 ⁻¹)		
A	48	159.3	48.1	18.9	1.61	33.5	166	7
B	47	157.6	54.3	21.5	1.64	30.1	176	13
C	45	158.0	51.0	20.2	1.91	37.5	171	10
D	44	154.6	49.0	16.8	1.37	28.0	179	10
E	45	148.6	44.4	25.5	1.32	29.8	186	6
F	53	157.9	55.3	29.1	1.55	24.1	173	3
G	46	153.2	53.0	23.5	1.78	34.5	186	14
平均値	47	155.6	50.7	22.2	1.60	31.1	177	9
±標準偏差	3	3.5	3.6	3.9	0.19	4.1	7	4

表2 自彊術の運動時間、呼吸循環系測定項目の最大値および最小値

	運動時間 (分)	心拍数 (拍/分)		酸素摂取量 (1/分)		換気量 (1/分)		呼吸交換比	
		P	B	P	B	P	B	P	B
A	16'30"	155	81	1.21	0.27	31.3	7.3	1.28	0.67
B	15'47"	162	109	1.22	0.22	35.4	9.7	1.21	0.62
C	14'41"	156	87	1.33	0.16	44.2	7.1	1.42	0.63
D	15'09"	160	97	1.28	0.17	41.3	9.6	1.32	0.68
E	15'58"	150	98	0.85	0.28	22.8	8.3	1.13	0.80
F	15'01"	152	67	1.10	0.18	35.5	11.9	1.22	0.80
G	15'08"	148	86	1.09	0.25	35.0	6.6	1.20	0.57
平均値	15'28"	155	89	1.15	0.22	35.1	8.6	1.25	0.68
±標準偏差	36"	5	13	0.15	0.05	6.4	1.7	0.09	0.08

P: 最大値、B: 最小値

The mean net oxygen consumption and the mean net energy consumption of Jikyo-Jutsu exercise for seven subjects were 7.43 ± 0.83 l and 37.2 ± 4.2 kcal, respectively. Energy consumption per minute was 2.41 kcal. This value corresponded to that of leisure canoeing and volleyball exercise²⁾.

Conclusion

From the above observations on cardiorespiratory changes the following evidences have been clarified: 1) Jikyo-Jutsu exercise has 3 peaks, 2) hyperventilation is arisen at the beginning of exercise due to forced respiratory exercises, 3) energy cost is 2.41 kcal/min, which corresponds to leisure canoeing and volleyball exercise. Therefore Jikyo-Jutsu seems suitable for those who have low physical working capacity and for middle-aged and aged persons.

Acknowledgments

This project was accomplished with special cooperation of the Nagoya branch of the Society to popularize Jikyo-jutsu.

References

- 1) Ekblom, B., "Effect of physical training on oxygen transport system in man." *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 328: 1-45, 1969.
- 2) McArdle, W. D., Katch, F. I. and Katch, V. L., *Exercise physiology* 2nd ed. (pp. 642-648), Lea & Febiger: Philadelphia, 1986.
- 3) Wilmore, J. H. and Sigerseth, P. O., "Physical work capacity of young girls, 7-13 years of age." *J. Appl. Physiol.* 22:923-928, 1967.
- 4) Wyndham, C. H., Strydom, N. B., Maritz, J. S., Morison, J. F., Peter, J. and Potgieter, Z. U., "Maximum oxygen intake and maximum heart rate during work." *J. Appl. Physiol.* 14:927-936, 1959.

ical science). Heart rate (HR) was measured using monitored CM5-ECG on an ECG monitor scope (Fukuda denshi). These parameters were obtained successively until exhaustion¹⁾³⁾⁴⁾. The peak values of $\dot{V}O_2$ and HR obtained at or near exhaustion were regarded as $\dot{V}O_{2max}$ and HRmax, respectively.

Cardiorespiratory parameters during Jikyo-Jutsu experiment.

HR, ventilatory volume (\dot{V}_E), $\dot{V}O_2$ and respiratory gas exchange ratio (R) were measured successively during rest, exercise and 15 minutes recovery phases using similar equipments as mentioned above. Their values were obtained every 30 seconds.

Net oxygen consumption and net energy consumption of Jikyo-Jutsu.

Net oxygen consumption of Jikyo-Jutsu was determined by subtracting resting-level $\dot{V}O_2$ during Jikyo-Jutsu and 15 minutes recovery from gross $\dot{V}O_2$. To determine net energy consumption one-liter oxygen was calculated as 5 kcal.

Result and Discussion

The exercise duration of Jikyo-Jutsu is shown in Table 2. Although the subjects performed Jikyo-Jutsu freely, the variation of the duration was small. This is because the subjects usually perform Jikyo-Jutsu collectively with the same pace in the same gymnastics class.

Representative temporal changes in each physiological parameter are shown in Fig. 2. In HR three peaks were observed: the 1st peak appeared during Actions 2 to 5 (shoulder movement); the 2nd one during Actions 14 to 19 (push-up, straight-arm rotation); the 3rd one during Actions 24 to 26 (squat with arm swing, leg split). The first peak was lowest and the third one was highest followed by gradual decrease in HR. Judging from these changes of HR, 31 actions of Jikyo-Jutsu are reasonably arranged to be performed without warming-up and cooling-down.

The changes of \dot{V}_E and $\dot{V}O_2$ showed same tendency as HR as a whole. But their fluctuations were smaller compared to HR except for the first part of Jikyo-Jutsu which showed remarkable zigzag variations.

The changes of R also showed similar tendency. But they were highest at the beginning of Jikyo-Jutsu ($R > 1.1$) followed by gradual decrease to the lowest value ($R < 0.6$).

The rapid changes of \dot{V}_E , $\dot{V}O_2$ and R observed at the beginning of Jikyo-Jutsu were derived from forced respiratory movements in Actions 1, 2 and 4. As a result, hyperventilation was elicited. This would be useful to reduce exercise stress of the subjects by decreasing their O_2 deficit.

The peak and bottom values of above-mentioned physiological parameters are shown in Table 2. The large differences between these values reflect the variety of actions of Jikyo-Jutsu performed in various positions.