オリンピック候補柔道選手における運動生理学的特徴と臨床検査所見

長谷弘記* 中村良一* 海老根東雄**
赤池真*** 露木和夫*** 米田一平****

EXERCISE PHYSICAL CHARACTERISTICS AND LABORATORY FINDINGS IN JAPANESE ELITE JUDO ATHLETES

HIROKI HASE, RYOICHI NAKAMURA, KUNIO EBINE,
MAKOTO AKAIKE, KAZUO TSUYUKI and IPEI YONEDA

Abstract

A study was performed to evaluate the physical exercise characteristics of 29 Japanese elite judo athletes by treadmill exercise test. Functional aerobic impairment (FAI), heart rate impairment (HRI) and peripheral circulatory impairment (PCI) in the judo athletes were not significantly different from those of normal sedentary subjects. However, myocardial aerobic impairment (MAI) was lower than in normal sedentary subjects. $\% \dot{V}O_{2\max}$ at the anaerobic threshold (AT) was $57.5 \pm 3.3\%$ in male, and $57.0 \pm 4.3\%$ in female judo athletes. $\%HR_{\max}$ at AT was $72.4 \pm 3.8\%$ in males, and $75.2 \pm 5.3\%$ in females.

These findings suggest that functional aerobic capacity and peripheral circulatory function in Japanese elite judo athletes are not significantly different from those of normal sedentary subjects, but that judo athletes have high left ventricular function.

The blood biochemical profile and urinalysis data revealed that values of muscle injury enzymes, plasma uric acid and cholesterol were increased with relatively high frequency in elite judo athletes. Similar data were also obtained in individuals with suspected diabetic nephropathy and rhabdomyolysis.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1990, 39 : 341~349)

key words : Japanese elite judo athletes, Functional aerobic impairment, Anaerobic threshold

I. 結 言

オリンピック競技種目に採用されて以来、柔道の国際的発展にはめざましいものがある。しかしながら、他の競技種目に比して、柔道選手の競技能力増強を目的とした研究は極めて少ない。近年、これらの反省から日本柔道連盟内に医科学委員会

が設置され、コーチやトレーナーのみならずスポーツドクター等も含め、それぞれの専門的立場から競技能力増強についての検討がなされ始めた。

そこで、今回著者らは日本柔道選手の競技力増強を考える上での基本的研究として、日本を代表する一流柔道選手の運動生理学的特徴を評価するとともに、医学的立場より強化合宿中における選

*東邦大学第三内科
東京都目黒区大橋2-17-6

**東邦大学大橋病院心臓血管外科
東京都目黒区大橋2-17-6

***小田原循環器病院
小田原市矢作296-1

****全日本柔道連盟医科学委員会
東京都文京区春日1-16-30

3rd Department of Internal Medicine, TOHO University School of Medicine

Department of Cardiovascular surgery, OHASHI Hospital, TOHO University

Odawara Cardiovascular Hospital

Medical Science Committee, All Japan Judo Federation

手の健康状態に関して評価検討した。

II. 対象と方法

A. 対象者 (Table 1)

運動負荷試験における対象者は、強化合宿中のソウルオリンピック候補日本人柔道選手29名で、その内訳は男性13名(平均年齢23.7歳)、女性16名(平均年齢17.8歳)であった。

さらに、同時期に合同合宿を行っていた全日本クラスの男女柔道選手27名を加えた、計56名を対象として、早朝空腹時に静脈血採血と尿採取を行った。

Table 1. Physical characteristics in elite judo athletes.

	male(13)	female(16)
Age	23.7 ± 2.1	17.8 ± 2.5
Hight (cm)	171.6 ± 7.6	161.1 ± 5.8
Weight (kg)	78.2 ± 11.4	63.8 ± 11.1
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	3.58 ± 0.18	3.38 ± 0.23
HR (beats/min)	59.3 ± 11.6	65.8 ± 8.3
SBP (mmHg)	126.9 ± 13.7	117.8 ± 7.9
DBP (mmHg)	78.6 ± 8.7	75.5 ± 7.8

B. 運動負荷試験

運動負荷試験として、modified Bruce protocolを用いた symptom limited treadmill exercise test を施行した。負荷試験中に心拍数や血圧を測定するとともに、mixing chamber 法による AIC 社製 system 5 を用いて、分時換気量(以下 $\dot{V}E$)、酸素摂取量(以下 $\dot{V}O_2$)、炭酸ガス排出量(以下 $\dot{V}CO_2$)、呼吸商(以下 RQ)、呼気酸素濃度(以下

FeO_2)等の呼気ガス分析を経時的に行った。このようにして得られた各測定値より、functional aerobic impairment(以下 FAI), myocardial aerobic impairment(以下 MAI), heart rate impairment(以下 HRI), peripheral circulatory impairment(以下 PCI)を算出し(Table 2), 年齢や性と

Table 2. Formulas for calculation of FAI, MAI, HRI and PCI.

$$FAI(\%) = (\text{Predicted } \dot{V}O_{2\max} - \text{Observed } \dot{V}O_{2\max}) \times 100 / \text{Predicted } \dot{V}O_{2\max}$$

$$MAI(\%) = (\text{Predicted PRPmax} - \text{Observed PRPmax}) \times 100 / \text{Predicted PRPmax}$$

$$HRI(\%) = (\text{Predicted HRmax} - \text{Observed HRmax}) \times 100 / \text{Predicted HRmax}$$

$$PCI(\%) = FAI(\%) - MAI(\%)$$

FAI: functional aerobic impairment

MAI: myocardial aerobic impairment

HRI: heartrate impairment

PCI: peripheral circulatory impairment

いった付加的因子を除外して、運動耐容能や最大心機能、最大心拍反応および末梢循環機能を評価した^{1,3)}。

なお、この場合の predicted $\dot{V}O_{2\max}$, predicted PRPmax および predicted HRmax とは sedentary な健康者において求められた年齢と $\dot{V}O_{2\max}$, 年齢と PRPmax, 年齢と HRmax の回帰式(Table 3)に従って、各柔道選手の年齢から予測される $\dot{V}O_{2\max}$, PRPmax, HRmax を意味している。一方、observed $\dot{V}O_{2\max}$, observed PRPmax, observed HRmax とは今回各柔道選手で測定され

Table 3. Calculation of predicted $\dot{V}O_{2\max}$, predicted HRmax and predicted PRPmax.

Normal sedentary male	Normal sedentary female
$\dot{V}O_{2\max} = 55.7 - 0.448 \times \text{Age}$ $r = 0.69, p < 0.001, n = 236$	$\dot{V}O_{2\max} = 42.9 - 0.307 \times \text{Age}$ $r = 0.69, p < 0.001, n = 236$
$HR_{\max} = 218 - 0.92 \times \text{Age}$ $r = 0.66, p < 0.001, n = 236$	$HR_{\max} = 203 - 0.68 \times \text{Age}$ $r = 0.59, p < 0.001, n = 236$
$PRP_{\max} = 438 - 1.59 \times \text{Age}$ $r = 0.41, p < 0.001, n = 236$	$PRP_{\max} = 354 - 0.48 \times \text{Age}$ $r = 0.16, p < 0.025, n = 236$

た実測値を意味している。

C. 嫌気性代謝閾値

嫌気性代謝閾値(以下 AT)は, Wasserman らの方法^{2,14)}に従って, 呼気ガス分析より $\dot{V}E$ と $\dot{V}CO_2$ が急峻に上昇する部位, あるいは $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ が最小値を示す部位を AT と規定した。そして, AT における運動生理学的パラメーターを測定した。

D. 血液検査と尿検査

早朝空腹時に採血された血液にて, 空腹時血糖や腎機能, 肝機能, 脂質代謝, 横紋筋逸脱酵素等に関して検査を行った。また, 同時に採取された尿を用いて, 一般定性検査に加えて尿沈渣を行った。

III. 結 果

A. 最大運動負荷試験に対する反応 (Table 4, 5)

Exercise duration は男子選手で平均 1215 ± 86 秒, 女子選手で平均 1079 ± 71 秒, $\dot{V}O_{2\max}$ は男子選手で 45.9 ± 4.8 ml/kg/min, 女子選手で 42.1 ± 4.4 ml/kg/min であり, この時の RQ はそれぞれ

1.048 ± 0.047 , 1.034 ± 0.049 であった。¹⁾

また, 最大心拍数 (HRmax) は男子選手で平均 183 ± 8 beats/min, 女子選手で平均 182 ± 7 beats/min, 最大収縮期血圧は男子選手で 250 ± 19 mmHg, 女子選手で 219 ± 12 mmHg であった。最大心拍数と最大収縮期血圧の積である PRP/100 max は男子選手で 456.7 ± 47.6 , 女子選手で 398.0 ± 26.9 であった。

B. Sedentary な健常者を基準とした運動生理学的指標の評価 (Fig. 1, 2)

Sedentary な健常者を基準とした運動耐容能の指標である FAI は, 男子選手で $-1.8 \pm 9.9\%$, 女子選手で $-12.4 \pm 12.2\%$ と, ともに sedentary な健常者の平均値 ± 1 SD 以内の値を示した。

同様に最大心仕事量の指標である MAI は, 男子選手で $-14.1 \pm 12.1\%$, 女子選手で $-15.2 \pm 7.8\%$ と, ともに sedentary な健常者の平均値 -1 SD 以下の値を示した。

Chronotropic な心機能の指標である HRI は, 男子選手で $6.9 \pm 4.2\%$, 女子選手で $4.7 \pm 3.7\%$ と, ともに sedentary な健常者の平均値 ± 1 SD 以内

Table 4. Maximal exercise response in male elite judo athletes (Treadmill exercise testing with modified Bruce protocol)

Case	Name	Exercise duration	HR	SBP	PRP/100	$\dot{V}O_2$	$\dot{V}CO_2$	VE	RQ	FAI	MAI	HRI	PCI
1	H. S.	1000	182	282	513.2	38.1	38.7	134.1	1.061	14.4	-28.9	6.7	43.2
2	H. O.	1200	186	246	457.6	46.5	49.3	157.0	1.061	-0.4	-13.1	6.4	12.7
3	T. K.	1222	197	236	464.9	48.1	48.1	155.7	0.996	-3.0	-14.5	1.3	11.5
4	Y. Y.	1162	184	244	449.0	41.5	41.9	127.5	1.008	4.8	-13.6	4.7	18.4
5	Y. Y.	1353	185	266	492.1	56.2	57.1	161.2	1.037	-25.1	-23.1	5.6	-2.0
6	M. M.	1227	171	214	365.9	47.7	53.2	154.9	1.114	-6.2	8.5	12.7	-14.7
7	Y. H.	1118	193	260	501.8	40.7	42.5	155.6	1.045	8.6	-26.0	1.0	34.6
8	A. O.	1190	180	258	464.4	41.8	47.1	131.0	1.127	4.3	-17.5	6.8	21.8
9	Y. O.	1278	168	242	406.6	50.0	47.9	155.7	0.959	-11.2	-1.7	14.3	-9.5
10	T. M.	1288	185	262	484.7	45.3	46.6	143.5	1.030	0.3	-20.7	6.0	21.1
11	T. H.	1271	189	274	517.9	47.1	49.4	145.2	1.050	-5.8	-30.0	3.1	24.3
12	M. O.	1280	184	244	449.0	51.3	57.4	121.2	1.120	-10.7	-11.0	7.4	0.2
13	T. K.	1208	170	218	370.6	42.9	45.7	113.8	1.065	6.4	8.0	14.0	-1.6
mean		1215	183	250	456.7	45.9	48.1	142.8	1.048	-1.8	-14.1	6.9	12.3
$\pm$ SD		± 86	± 8	± 19	± 47.6	± 4.8	± 5.3	± 15.0	± 0.047	± 9.9	± 12.1	± 4.2	± 16.5

Exercise duration: sec, HR: beats/min, SBP: mmHg, PRP: mmHg $\cdot$ beats/min, $\dot{V}O_2$: ml/kg/min, $\dot{V}CO_2$: ml/kg/min, VE: l/min, FAI: l/min, FAI: %, MAI: %, HRI: %, PCI: %

Table 5. Maximal exercise response in female elite judo athletes (Treadmill exercise testing with modified Bruce protocol)

Case	Name	Exercise duration	HR	SBP	PRP/100	$\dot{V}O_2$	$\dot{V}CO_2$	VE	RQ	FAI	MAI	HRI	PCI
1	K. Y.	1151	185	236	436.6	49.7	53.9	444.6	1.084	-38.7	-27.3	1.3	-11.4
2	F. E.	964	177	190	336.3	37.5	38.5	68.6	1.028	1.4	2.9	7.9	-1.5
3	N. M.	1229	188	222	417.4	50.6	49.6	103.8	1.037	-33.2	-20.5	2.1	-12.7
4	N. M.	1023	188	204	383.5	39.2	40.5	107.7	1.032	-7.5	-11.5	0.4	4.0
5	M. A.	1162	189	226	427.1	46.2	46.5	109.3	1.007	-20.6	-23.2	2.0	2.5
6	Y. T.	1133	177	214	378.8	40.2	37.6	118.0	1.000	-11.2	-10.3	5.9	-1.0
7	Y. A.	1040	168	236	396.5	40.6	38.8	102.8	1.007	-5.9	-14.3	12.9	8.4
8	Y. S.	1019	188	214	402.3	34.8	36.4	132.3	1.097	6.1	-16.7	1.1	22.8
9	H. K.	1049	178	222	395.2	45.8	39.4	110.6	0.906	-20.6	-14.1	7.3	-6.5
10	T. M.	987	185	228	421.8	35.8	40.2	124.6	1.136	5.8	-21.8	3.7	27.6
11	A. O.	1050	184	218	401.1	41.1	42.5	123.8	1.064	-9.1	-16.0	3.9	6.9
12	A. S.	1074	174	210	365.4	43.6	43.0	113.1	1.003	-18.5	-6.1	8.1	-12.4
13	R. Y.	1120	184	222	408.5	40.7	42.5	131.6	1.046	-8.8	-18.3	3.5	9.5
14	Y. E.	1135	189	232	438.5	44.4	45.2	93.5	1.018	-16.9	-26.6	1.6	9.7
15	M. T.	1115	187	210	392.7	44.3	45.9	103.1	1.036	-18.6	-13.7	2.0	-4.9
16	E. S.	1012	171	214	368.9	39.5	37.1	115.2	1.036	-3.8	-5.7	11.0	1.8
mean		1079	182	219	398.0	42.1	42.4	110.8	1.034	-12.4	-15.2	4.7	2.7
±SD		±71	±7	±12	±26.9	±4.4	±4.7	±15.0	±0.049	±12.2	±7.8	±3.7	±11.2

Exercise duration : sec, HR : beats/min, SBP : mmHg, PRP : mmHg·beats/min, $\dot{V}O_2$: ml/kg/min, $\dot{V}CO_2$: ml/kg/min, VE : l/min, FAI : %, MAI : %, HRI : %, PCI : %

Fig. 1. Functional aerobic impairment(FAI) and myocardial aerobic impairment(MAI) in elite judo athletes. FAI is not significantly different from normal sedentary subjects, but MAI is significantly lower than normal sedentary subjects.

の値を示した。

末梢循環機能の指標である PCI は, 男子選手で $12.3 \pm 16.5\%$, 女子選手で $2.7 \pm 11.2\%$ と, seden-

Fig. 2. Heart rate impairment(HRI) and peripheral circulatory impairment(PCI) in elite judo athletes. HRI and PCI are not significantly different from normal sedentary subjects.

tary な健常者の平均値 ± 1 SD 以内の値を示した。

C. 安静時および負荷心電図所見 (Table 6)

男子選手の61.5%, 女子選手の31.2%に安静時心電図異常が認められた。その多くは完全右脚ブロ

Table 6. Resting and exercise ECG findings in elite judo athletes.

resting ECG findings	male (13)	female (16)
normal	5(38.5%)	11(68.8%)
abnormal	8(61.5%)	5(31.2%)
CRBBB	6(46.2%)	4(25.0%)
sinus bradycardia	2(15.4%)	0
PVC	0	1(6.3%)

exercise ECG findings	male (13)	female (16)
normal	11(84.6%)	14(87.5%)
abnormal	2(15.4%)	2(12.5%)
ischemic ST change	1(7.7%)	1(6.3%)
exercise induced PVC	1(7.7%)	1(6.3%)

ックであり、洞性徐脈は男子選手で2名(15.4%)、心室性期外収縮が女子選手で1名(6.2%)に認められた。また、負荷心電図異常は男子選手2名(15.4%)、女子選手2名(12.5%)に認められた。その内訳は虚血性ST変化がそれぞれ1名ずつ、心室性期外収縮がそれぞれ1名ずつであった。

D. AT における運動生理学的反応 (Table 7, 8)

男子選手のATにおける $\dot{V}O_2$ は 26.4 ± 3.4 ml/kg/min, HRは 132 ± 8 beats/minで、 $\% \dot{V}O_{2\max}$ は $57.5 \pm 3.3\%$, $\%HR_{\max}$ は $72.4 \pm 3.8\%$, RQは 0.818 ± 0.050 であった。同様に、女子選手の $\dot{V}O_2$ は 24.0 ± 3.1 ml/kg/min, HRは 137 ± 12 beats/minで、 $\% \dot{V}O_{2\max}$ は $57.0 \pm 4.3\%$, $\%HR_{\max}$ は $75.2 \pm 5.3\%$, RQは 0.782 ± 0.042 であった。

E. 血液生化学検査所見 (Table 9)

血液生化学検査値では、CPKが全選手の95%で高値(864 ± 749 IU)を示し、LDH(519 ± 261 IU)やGOT(51.5 ± 104.7 IU)もそれぞれ86%、52%の選手で高値を示した。なかでも非強化女子選手の一人では、CPKが5000 IU, LDHが2180 IU, GOTが820 IUと著明な上昇が認められた。その他の検査値で異常頻度の高いものとしては、高尿酸血症(UA高値)が57%、高コレステロール血症(TC高値)が11%の選手でそれぞれ認められた。なお、空腹時血糖が140 mg/dlと異常値を呈した男子柔道選手では、総コレステロール値が239 mg/dl, 中性脂肪(TG)値が849 mg/dl, 尿酸値が8.8 mg/dlと異常高値を示す以外に、ALPや γ GTP

Table 7. Exercise response at anaerobic threshold (AT) in male elite judo athletes.

Case	Name	HR	%HRmax	SBP	PRP/100	%PRP/100 max	$\dot{V}O_2$	$\% \dot{V}O_{2\max}$	$\dot{V}CO_2$	VE	RQ
1	H. S.	131	72.0	206	269.9	52.6	20.8	54.6	15.7	60.9	0.756
2	H. O.	130	69.9	180	234.0	51.1	24.3	52.2	18.5	54.3	0.762
3	T. K.	132	67.0	168	221.8	47.7	26.1	54.2	19.6	64.3	0.750
4	Y. Y.	139	75.5	198	275.2	61.3	24.0	57.8	18.8	49.0	0.784
5	Y. Y.	132	71.4	234	308.9	62.8	33.3	59.3	27.3	70.3	0.819
6	M. M.	119	69.6	180	214.2	58.5	28.3	59.2	22.1	64.5	0.782
7	Y. H.	149	77.2	208	309.9	61.8	23.1	56.9	20.1	69.3	0.868
8	A. O.	133	73.9	210	279.3	60.1	23.5	56.2	19.0	55.4	0.810
9	Y. O.	137	81.6	184	252.1	62.0	26.2	52.4	20.6	61.5	0.786
10	T. M.	134	72.4	194	260.0	53.6	26.8	59.1	23.5	68.0	0.879
11	T. H.	133	70.4	218	289.9	56.0	29.1	61.8	26.5	61.9	0.876
12	M. O.	135	73.4	184	248.4	55.3	31.8	62.1	32.1	63.9	0.888
13	T. K.	115	67.7	148	170.2	45.9	26.6	62.1	23.2	58.5	0.869
mean		132	72.4	193	256.4	56.1	26.4	57.5	22.1	61.7	0.818
$\pm$ SD		± 8	± 3.8	± 22	± 38.0	± 5.4	± 3.4	± 3.3	± 4.3	± 5.9	± 0.050

HR : beats/min, SBP : mmHg, PRP : mmHg $\cdot$ beats/min, $\dot{V}O_2$: ml/kg/min, $\dot{V}CO_2$: ml/kg/min, VE : l/min

Table 8. Exercise response at anaerobic threshold (AT) in female elite judo athletes.

Case	Name	HR	%HRmax	SBP	PRP/100	%PRP/100 max	$\dot{V}O_2$	% $\dot{V}O_{2max}$	$\dot{V}CO_2$	VE	RQ
1	K. Y.	147	79.5	220	323.4	74.1	29.2	58.7	25.5	45.6	0.873
2	F. E.	148	83.6	174	257.5	76.6	24.4	65.1	17.1	41.8	0.702
3	N. M.	165	87.8	174	287.1	68.8	31.7	62.7	24.9	51.8	0.785
4	N. M.	140	74.5	166	232.4	60.6	24.4	62.4	18.7	44.9	0.764
5	M. A.	139	73.5	186	258.5	60.5	26.3	56.9	20.7	48.0	0.789
6	Y. T.	129	72.9	174	224.5	59.3	25.3	62.9	17.2	56.3	0.680
7	Y. A.	126	75.0	180	226.8	57.2	21.8	53.7	16.9	46.8	0.774
8	Y. S.	131	69.7	164	214.8	53.4	19.8	57.0	15.9	56.1	0.803
9	H. K.	133	74.7	150	199.5	50.5	22.9	50.0	18.1	47.2	0.789
10	T. M.	124	67.0	170	210.8	50.0	19.6	54.6	16.8	49.7	0.797
11	A. O.	137	74.2	178	243.9	60.8	22.7	55.1	18.0	46.4	0.794
12	A. S.	117	67.2	158	184.9	50.6	22.0	50.5	16.9	47.6	0.767
13	R. Y.	144	78.3	182	262.1	64.2	23.7	58.3	19.2	42.9	0.801
14	Y. E.	150	79.4	176	264.0	60.2	24.4	54.9	20.0	41.9	0.819
15	M. T.	136	72.7	174	236.6	60.3	24.0	54.0	18.6	39.3	0.778
16	E. S.	124	72.5	170	210.8	57.6	21.4	53.6	16.8	42.2	0.793
mean		137	75.2	175	239.9	60.3	24.0	57.0	18.8	46.8	0.782
±SD		±12	±5.3	±15	±33.9	±7.5	±3.1	±4.3	±2.7	±4.7	±0.042

HR : beats/min, SBP : mmHg, PRP : mmHg·beats/min, $\dot{V}O_2$: ml/kg/min, $\dot{V}CO_2$: ml/kg/min, VE : l/min

Table 9. Blood biochemical findings in judo athletes.

	male		female	
	elite (16)		elite (16)	non elite (24)
	mean±SD (normal range)	mean±SD (abnormal number)	mean±SD (abnormal number)	mean±SD (abnormal number)
TP(6.8-8.2)	7.4±0.4 (0)	6.8±0.4 (0)	6.9±0.4 (0)	6.9±0.4 (0)
Alb(3.4-5.0)	4.3±0.2 (0)	4.2±0.2 (0)	4.2±0.2 (0)	4.2±0.2 (0)
BUN(6-20)	18.1±3.4 (4)	15.9±4.6 (3)	15.1±3.4 (1)	15.1±3.4 (1)
Cr(0.6-1.3)	1.1±0.1 (0)	1.0±0.1 (0)	0.9±0.1 (0)	0.9±0.1 (0)
UA(2.5-5.4)	7.0±1.3 (5)	5.8±1.1 (10)	6.0±1.4 (17)	6.0±1.4 (17)
CPK(32-180)	631±343 (15)	904±670 (15)	993±946 (23)	993±946 (23)
GOT(9-33)	31.8±10.0 (5)	42.6±20.0 (8)	70.6±156.7 (16)	70.6±156.7 (16)
GPT(4-55)	24.2±8.8 (0)	25.9±8.0 (0)	32.9±46.2 (1)	32.9±46.2 (1)
LDH(200-360)	375±88 (9)	541±135 (16)	600±348 (23)	600±348 (23)
ALP(68-220)	146±41 (1)	150±46 (0)	143±35 (0)	143±35 (0)
γ GTP(4-45)	27.4±28.6 (2)	10.8±5.8 (0)	9.6±5.0 (0)	9.6±5.0 (0)
TC(120-230)	185±38 (4)	167±34 (1)	162±35 (1)	162±35 (1)
TG(39-93)	143±185 (1)	58±23 (1)	67±31 (2)	67±31 (2)
HDL-C(39-93)	62.5±11.7 (0)	68.6±14.5 (3)	65.5±14.8 (1)	65.5±14.8 (1)
FBS(70-105)	86.3±15.9 (1)	83.2±7.4 (0)	84.4±6.2 (0)	84.4±6.2 (0)

といった胆道系酵素の上昇も認められた。

F. 尿検査所見 (Table 10)

尿検査では、全選手中12名(21.4%)に何等かの異常所見を認めた。その内訳は、血尿や蛋白尿を認める選手が6名(10.7%)と最も頻度が高く、尿糖陽性の選手が1名(1.8%)、尿潜血反応陽性にもかかわらず尿沈渣上赤血球を認めない選手が1名(1.8%)、ケトン尿を認める選手が4名(7.1%)であった。

なお、尿糖を認めた男子選手は血液生化学検査にて高血糖を呈し、尿潜血反応陽性にもかかわらず尿沈渣上赤血球を認めなかった女子選手は、同様に筋逸脱酵素が異常高値を呈した。

Table 10. Urinary findings in judo athletes.

	male	female	
	elite (16)	elite (16)	non elite (24)
normal	14(87.5%)	13(81.3%)	17(70.8%)
abnormal	2(12.5%)	3(18.7%)	7(29.2%)
hematuria	0	2	1
proteinuria	1	0	1
hematuria & proteinuria	0(6.3%)	0(12.5%)	1(12.5%)
proteinuria & glycosuria	1(6.3%)	0	0
suspected myoglobinuria	0	0	1(4.2%)
ketonuria	0	1(6.3%)	3(12.5%)

IV. 案

持久力を必要とするスポーツ選手を対象とした運動耐容能の評価、あるいは虚血性心疾患患者を含めた各種疾患患者を対象とした運動耐容能の評価は幅広くなされている。しかし、柔道のようないわゆる格闘技の選手を対象とした運動生理学的研究は非常に稀である^{9,12)}。ましてや、オリンピック候補選手の運動耐容能や心機能、末梢循環機能の総合的評価や、合宿中の血液生化学検査や尿検査から選手の健康状態や練習方法等を検討した報告は認められない。従って、今回著者らはこれ

らの問題点を総合的に評価することによって、今後の練習方法等を検討する上での基礎的データを提示した。

A. 日本柔道選手の最大運動負荷試験における運動生理学的特徴

Kumagai⁹⁾らは平均25.3才の男子柔道選手11名を対象に、bicycle ergometerを用いた最大運動負荷試験を施行し、untrainedな健常者やtriathletesとの比較を行っている。その結果、柔道選手の平均 $\dot{V}O_2\max$ は44.1 ml/kg/minで、untrainedな健常者(42.1 ml/kg/min)とは有意な差を認めないものの、triathletes(58.9 ml/kg/min)に比較して有意に劣っており、柔道選手の最大心拍数(184 beats/min)はtriathletes(178 beats/min)と同様に、untrainedな健常者に比較して低値を示したと述べている。また、Tsopanakisら¹³⁾もオリンピック柔道選手の $\dot{V}O_2\max$ が平均47.52 ml/kg/minであり、sedentaryな健常者とはほぼ同様であったと報告している。

今回の著者らの結果にても、日本を代表する一流柔道選手といえども、その運動耐容能は女子選手ではsedentaryな健常者に比較してやや勝ってはいるものの、男子選手ではほぼ同程度であることが認められた。これは持久力を要する中長距離選手やクロスカントリースキーヤーに比較して劣っているばかりではなく⁹⁾、柔道と同様の格闘技であるレスリング選手やボクシング選手に比較しても明らかに低いようである^{12,13)}。

一方、柔道選手の最大心拍反応はsedentaryな健常者に比較してやや劣っているものの、1SD以内の値を示した。Kumagaiらの報告⁹⁾との違いは、単に評価法の差であると考えられた。また、最大心拍反応に有意な差を認めないにもかかわらず、最大心仕事量が勝っていることは、運動負荷試験に対する血圧反応が過度であることを示唆しているものと考えられた。また、末梢循環機能はsedentaryな健常者とはほぼ同程度であった。

B. 日本柔道選手の嫌気性代謝閾値における運動生理学的反応

Davisらの20才代前半のsedentaryな学生を対象に行った研究によると²⁾、treadmillを用いての

AT における $\% \dot{V}O_2\text{max}$ は平均 58.6% であったと報告している。また, Kindermann らの各種の運動選手を対象とした研究では⁸⁾, 長距離ランナーの AT における $\% \dot{V}O_2\text{max}$ が平均 89% であるのを最高に, 中距離ランナーやクロスカンリースキーヤー, 400 m 走選手等でも 80% 以上であったとしている。以上を考慮した場合, 柔道選手の嫌気性代謝閾値における運動生理学的反応は aerobic exercise training を継続している選手とは異なり, むしろ sedentary な健常者と同様であるものと考えられた。

C. 日本柔道選手の血液検査および尿検査所見

血液生化学検査で認められる柔道選手の異常は, 横紋筋逸脱酵素の上昇が最も著明であり, 頻度も高い。伊藤ら⁹⁾は各種の運動形態における, これらの酵素の上昇程度に関して検討している。その結果によると, これら横紋筋逸脱酵素の上昇はウエイトトレーニングに比してマラソンの方が上昇程度は高く, 運動直後よりは 12~24 時間後でより高値を示すと述べている。しかし, マラソンにおいてですら, CPK が約 1400 IU, LDH が 1200 IU, GOT が 68.3 IU に上昇するに過ぎず¹¹⁾, 今回の研究対象者のうちの非オリンピック候補の女子選手 1 名で認められた, CPK が 5000 IU, LDH が 2180 IU, GOT が 820 IU の異常高値と, 血尿を伴わない尿潜血反応陽性所見は特筆に値すると思われる。今回, 尿中のミオグロビン濃度の定量等を行っていないため断定はできないものの, 血中筋逸脱酵素の異常高値と関連させて考えた場合, rhabdomyolysis の合併が最も疑われた。Martens ら¹⁰⁾は, スポーツ選手に合併した compartment syndrome 患者 29 名を報告しているが, 内 1 名が柔道選手であり, 過度の練習によってこのような横紋筋融解を来す可能性も念頭に置く必要がある。Rhabdomyolysis は横紋筋の融解によって, 大量のミオグロビンが血中, さらに尿中に排泄され, 急性尿細管壊死をきたすことが知られている⁵⁾。このような柔道選手の生死にかかわる様な練習態度に関しては, その指導者が十分に考慮する必要がある。

その他の特徴として, 年齢に比して高尿酸血症

や高コレステロール血症の頻度が比較的高いようである。尿酸値の上昇は aerobic exercise に比して anaerobic exercise でより著明であり, さらに anaerobic exercise training の継続が持続的な高尿酸血症をもたらすとされている⁷⁾。また, 高エネルギー食・高プリン食の長期摂取が高尿酸血症の原因の一つであることが力士などで立証されている⁴⁾。柔道選手の場合, 軽量級の女子選手でより高率に高尿酸血症が認められていることから, 食事性因子よりはむしろ運動性因子の方がより関与しているものと考えられた。Tsopanakis らによる¹³⁾, 各種スポーツ選手を対象とした脂質代謝の研究によると, 柔道選手では sedentary な健常者に比較して総コレステロール値には有意な差を認めないものの, 中性脂肪や VLDL コレステロールは有意に低値を示し, HDL コレステロールは有意に高値を示したと述べている。今回の著者らの結果でも, HDL コレステロールは全体的に高値を示したが, 特に男子選手では中性脂肪は低下しておらず, 総コレステロール値に関してはむしろ 25% で異常高値が認められた。このような差異は, 今回の研究が強化合宿中になされたという影響も無視できないであろうが, 特に重量級の男子選手に多く認められることを考慮すれば, 食事による過量摂取の可能性も否定できないであろう。

また今回の対象者の中に, 糖尿病性腎症が疑われる選手も含まれている事は, 日常から選手に対しての十分な medical check の必要性を示唆しているものと考えられた。

V. 結 語

(1) ソウルオリンピック候補の男女柔道選手を対象として treadmill 運動負荷試験を施行し, その運動生理学的特徴を評価するとともに, 血液検査および尿検査による medical check をおこなった。

(2) 女子柔道選手の運動耐容能は sedentary な健常者に比較してやや勝っているものの, 男子柔道選手の運動耐容能はほぼ同程度であった。

(3) 最大心仕事量は男女柔道選手ともに sed-

entary な健常者に比較して勝っているものの、末梢循環機能はほぼ同程度であった。

(4) 嫌気性代謝閾値における $\% \dot{V}O_2\text{max}$ や $\%HR\text{max}$ は、sedentary な健常者とほぼ同程度であった。

(5) 血液生化学検査および尿検査では横紋筋逸脱酵素の著明な上昇以外に、高尿酸血症や高コレステロール血症を示す選手の頻度が比較的高く、糖尿病性腎症や rhabdomyolysis を疑う選手も認められた。

なお、本論文の要旨は第44回日本体力医学会大会(1989年9月、札幌)において発表した。

(受付 平成2年1月13日)

引用文献

- 1) Bruce, R. A., Kusumi, F. and Hosmer, D. (1973) : Maximal oxygen intake and normographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* **85**, 546-562.
- 2) Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J. and Kurtz, P. (1976) : Anaerobic threshold and maximal aerobic power for modes of exercise. *J. Appl Physiol.* **41**, 544-550.
- 3) 長谷弘記, 渡部純郎, 中村良一, 矢吹 壮, 町井 潔, 李美根雄, 海老根東雄, 赤池 真, 露木和夫, 張 光哲(1985) : 慢性血液透析患者の運動耐容能, 心機能および末梢循環機能におよぼす運動療法の効果. *日腎誌*, **27**, 1429-1436.
- 4) 林 盈六(1971) : 痛風発生の生活環境の考察. *リウマチ*, **11**, 11-17.
- 5) 五十嵐良典, 安部良治, 鈴木真事, 関 清, 長谷弘記, 出川敏行, 二宮健次, 海老根東雄, 矢吹 壮(1984) : 急性下肢動脈血栓症の血栓除去術施行後に myonephropathic-metabolic syndrome を合併し, 血液透析療法にて救命し得た1症例. *日内誌*, **73**, 494-500.
- 6) 伊藤 朗(1987) : 図説・運動生化学入門—生理・生化学から運動処方まで—. 医歯薬出版, 東京, pp131-146.
- 7) 伊藤 朗(1987) : 図説・運動生化学入門—生理・生化学から運動処方まで—. 医歯薬出版, 東京, pp71-86.
- 8) Kindermann, W., Simon, G. and Keul, J. (1979) : The significance of the work load intensities during endurance training. *Eur J. Appl. Physiol.* **42**, 25-34.
- 9) Kumagai, S., Nishizumi, M. and Kondo, Y. (1988) : Reevaluation of contribution of physical fitness, body weight, and different sports activity to resting blood pressure in young men. *Int J. Sports Med.* **9**, 334-337.
- 10) Martens, M. A., Backaert, M., Vermaut, G. and Mulier, J. C. (1984) : Chronic leg pain in athletes due to a recurrent compartment syndrome. *Am J. Sports Med.* **12**, 148-151.
- 11) Ohman, E. M., Teo, K. K., Johnson, A. H., Collins, P. B., Dowsett, D. G., Ennis, J. T. and Horgan, J. H. (1982) : Abnormal cardiac enzyme responses after strenuous exercise : alternative diagnostic aids. *Br Med. J.* **285**, 1523-1526.
- 12) Sady, S. P., Thomson, W. H., Berg, K. and Savage, M. (1984) : Physiological characteristics of high-ability prepubescent wrestlers. *Med. Sci Sports Exerc* **16**, 72-76.
- 13) Tsopanakis, C., Kotsarellis, D. and Tsopanakis, A. D. (1986) : Lipoprotein and lipid profiles of elite athletes in olympic sports. *Int. J. Sports Med.* **7**, 316-321.
- 14) Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyal, S. N. and Beaver, W. L. (1973) : Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl Physiol.* **35**, 236-243.