

スポーツ活動・身体運動の運動強度

第Ⅲ報 柔道の技別比較

杉山 允宏

(体育学研究室)

梶谷 宗範

(吉田中学校)

(平成6年9月30日受理)

I. 緒 言

武術としての柔術を学んでいた加納治五郎は、明治15(1882)年2月、諸流の技を研究し、危険な技を禁じ、何人にも合理的で且つ有効な「技」と「形」に整えて「日本傳講道館柔道」を創始した。^{12) 19) 29)}その後、これらの創意工夫、研究洗練、改正補足が繰り返され、柔道は体育として人間教育としての理念を基盤に、今日の近代柔道として国際的スポーツとして発展してきた。明治28(1895)年に、投げ技について、体育、勝負の上からも望ましいこととして、修業者の技術選択の基準や練習のための指導段階を意図した「五教の技」が制定された。総数は42本で、第一教7本、第二教7本、第三教7本、第四教10本、第五教11本であったが、投げ技の進歩に即応し、大正9(1920)年に各教8本、計40本の「新五教の技」として改正されている^{13) 15) 16)}(表1)。この内容をみると、帯落・抱別・引込返・大外落・俵返・内巻込・背負落・山嵐の8本が除かれ、新たに、大内刈・小外掛・跳巻込・掬投・大車・隅落の6本が加わり現在に至っている。

五教に示された40種類の技の配列は、第一教から第五教へと比較的習得しやすい技から困難な技へ進むという方針によって指導順序が示されたものである。^{12) 31)}殊に柔道の修業では受け身の練習が重要であり、低くしかも緩く倒れる段階から、より高く強い受け身を必要とする段階での練習へと、受け身の習熟段階に合わせて技の難易度や投げたときの衝撃度などによる分類・配列がなされていると思われる³¹⁾第一教では足技5本、腰技2本、手技1本となっており、第二教、第三教までは大体一般の修業者が学ぶ技と考えられている。即ち、第三教では、足技3本、腰技2本、手技1本、横捨身技1本、真捨身技1本とし、投げ技五分類の中、各1本以上の選択がみられる。このように「五教の技」は、他の競技スポーツの技術分類には見られない、今日で言うスキル習熟過程を示した優れたカリキュラムであると言っても過言ではない。

柔道スキルの構造は柔道に必要な基礎的体力、基本動作、基礎技術および応用技術などの要素によって構成されるものであるが、上部構造においては、個人の身体的および精神的特性を前提にした粗から密へと質的に高まりノーエラー化が追及され、防衛を許さない支配性の高い得意技の形成へと独自の技術体系を構成するようになる。^{6) 27) 28)}従って、柔道スキルは強度

を中心として発現し展開されるが上達するにつれて精度が主要因となり柔道技術体系における種々のスキルパターンの形成がなされるようになる。^{6) 27) 28)} 殊に、ゲームにおいては、個人の合目的統一的な行動を通して多様な変動に応じて man to man, skill to skill の関係から支配的な行動へと揚棄されるものである。教授—学習過程を考える場合、身体的安全性を考慮した受け身、姿勢、組み方、移動方法などの基本動作から個々の技及びそれらを連鎖結合させた応用技術の習熟とともに、構えや洞察力の学習が重要となり教え（形）から脱却した技術の創造が大切である。^{6) 27) 28)}

技の発現はスキル構造を構成する総ての要素が結合されて発現されるものであることから、本研究は、質的な問題、すなわち生理学的にみたスキルの要素としての耐久力、エネルギー代謝および身体の内的環境を重要な要因と考え、「五教の技」に配列された技に必要とされるエネルギー消費の水準を運動生理学的側面から追及し、技の難易度と運動強度との関連を明らかにし、柔道スキル学習に関わる最適な教授—学習過程を探索しようとするのがねらいである。^{6) 24) 25) 26)}

II. 研究方法

1. 測定項目

- (1) 被検者の身体的特性に関する項目³⁰⁾ 1) 年齢 2) 身長 3) 体重 4) 柔道経験年数 5) 段位
- (2) 最大作業時の呼吸循環機能に関する項目
 - 1) 最大酸素摂取量 (VO₂ Max) 2) 体重当たり最大酸素摂取量 (VO₂ Max/body weight)
 - 3) 最大換気量 (VE Max) 4) 最高心拍数 (HR Max) 5) 最高呼吸数 (RR Max) 6) 酸素摂取率 (O₂ R) 7) 一回換気量 (V_T) 8) 酸素脈 (O₂ P) 9) 呼吸商 (RQ) 10) オールアウトタイム (All-out-time)
- (3) 技別の生理的運動強度に関する項目

A: 生理的運動強度 1) 酸素摂取量 (VO₂) 2) %VO₂ Max 3) 心拍数 (HR) 4) %HR Max 5) 酸素負債量 (O₂ Debt) 6) 酸素需要量 (O₂ Req.) 7) 酸素需要量に対する酸素負債量の割合 (%O₂ Req.) 8) エネルギー代謝率 (Relative metabolic rate: RMR) 9) エネルギー消費量 (Energy expend.) 10) 単位時間当たりのエネルギー消費量 (Kcal/min) 11) 体重当たり、単位時間当たりのエネルギー消費量 (Kcal/kg/min) 12) 打ち込み1本当たりのエネルギー消費量 (kcal/ippon) 13) 体重当たり、一本当たりのエネルギー消費量 (cal/kg/ippon)
- (4) 技別の心理的強度に関する項目

B: 心理的運動強度 1) 主観的強度 (Rating perceived exertion: (RPE)¹⁷⁾

2. 実験方法

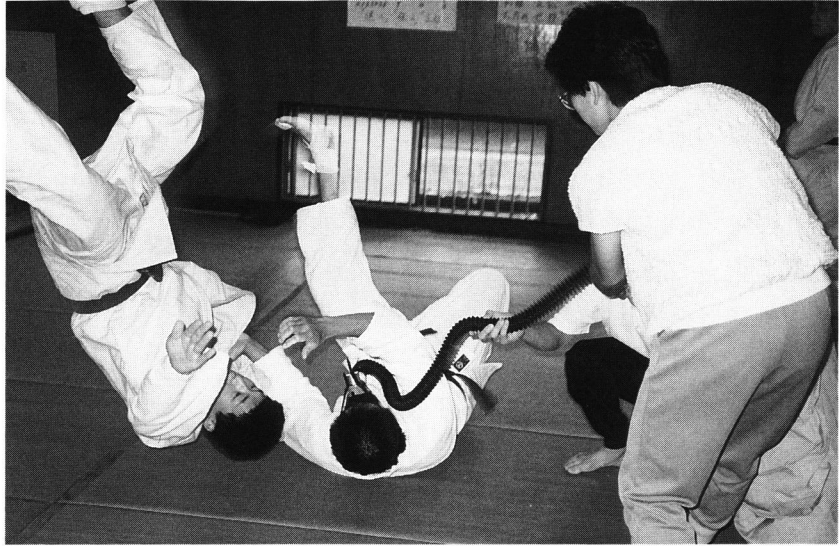
- (1) 最大作業時の呼吸循環機能の測定¹⁾

最大酸素摂取量に関わる項目の呼吸循環機能の測定は勾配8.6%のトレッドミルを用いて、速度漸増負荷法によるオールアウト走から求めた。被検者に十分な休息をとらせた後、勾配0%、分速160mの2分間の走行でウォーミングアップをさせ、3分間休息させた。勾配を8.6%

に上昇固定し、スタート時の走行速度は被検者の走行能力に応じて決定し、初めの3分間は同一速度とし、その後1分毎に10m増速しオールアウトに追い込んだ。呼気ガスはダグラスバッグ法で採集し、O₂ および CO₂ 濃度の分析は日本電気三栄製の瞬時ガスアナライザーを用いた。HRは胸部双極誘導法、RRはサーミスター法を用いて記録した。

(2) 技別の運動強度の測定^{21) 22)}

運動方法は相手を投げ上げる投げ打ち込みとした。打ち込み方法は、「強く」、「速く」、「正確に」の条件で5秒に1回の頻度で4分間、合計48本投げさせた。回復時間は椅座位で15分間とした。打ち込み時および回復時の採気はダグラスバッグ法、HRとRRは日本電気三栄製のテレメーターを用いて記録した。



実験風景(巴投)

Table 1 新五教の技 — 大正9(1920)年改正

第一教	(1) 出足払	(2) 膝車	(3) 支釣込足	(4) 浮腰	(5) 大外刈	(6) 大腰	(7) 大内刈	(8) 背負投
第二教	(9) 小外刈	(10) 小内刈	(11) 腰車	(12) 釣込腰	(13) 送足払	(14) 体落	(15) 払腰	(16) 内股
第三教	(17) 小外掛	(18) 釣腰	(19) 横落	(20) 足車	(21) 跳腰	(22) 払釣込足	(23) 巴投	(24) 肩車
第四教	(25) 隅返	(26) 谷落	(27) 跳巻込	(28) 掬投	(29) 移腰	(30) 大車	(31) 外巻込	(32) 浮落
第五教	(33) 大外車	(34) 浮技	(35) 横分	(36) 横車	(37) 後腰	(38) 裏投	(39) 隅落	(40) 横掛

投げ技の種類はTable 1の第三教までの技の中、
 第一教：支釣込足(足技)、浮腰(腰技)、大外刈(足技)、大内刈(足技)、背負投(手技)
 第二教：送足払(足技)、体落(手技)、払腰(腰技)、内股(足技)
 第三教：釣腰(腰技)、巴投(捨身技)、肩車(手技)
 とし、手技3種類、腰技3種類、足技5種類、捨身技1種類、合計12種類とした。

(3) 心理的運動強度はBorgの感覚強度を日本語による尺度で検討した小野寺、宮下の主観的運動強度(RPE)を用い、打ち込み終了直後、各被検者に感覚表示(Table 2)の数値を指示させた。¹⁷⁾

Table 2 Rating Perceived Exertion (R.P.E)

Scale	Indication of Borg	Indication of Japanese (Onodera et al.)
20	very very hard	非常にきつい
19		
18	very hard	かなりきつい
17		
16	hard	きつい
15		
14	somewhat hard	ややきつい
13		
12	fairly light	楽である
11		
10	very light	かなり楽である
9		
8	very very light	非常に楽である
7		
6		

3. 被検者は愛媛大学および松山大学柔道部に所属する年齢20.6歳から22.4歳までの健康な男子部員で、2段1名、3段3名、合計4名である。

4. 実験場所は愛媛大学柔道場および愛媛大学教育学部運動生理学実習室である。

Ⅲ. 結果と考察

1. 被検者の身体的特性 (Table 3)

被検者の平均年齢は21.6歳、身長は172.6cm、体重は75.4kg、柔道経験年数は9.5年、段位は3段が3名、2段が1名であった。3段クラスのものには10年以上の経験があり、中国・四国学生柔道大会で優秀選手として活躍しており、中量級の体格を示していた。

2. 被検者の呼吸循環機能 (Table 4)

平均値と標準偏差をみると、 VO_2 Maxは 4.07 ± 0.18 l/min、体重当たりでは 53.9 ± 1.2

Table 3 Characteristics of subjects

Items	Age	Body height	Body weight	Judo experi.	Grade
Subject	years	cm	kg	years	dan
M.K.	21.7	176.0	76.0	12.7	3
M.Y.	20.6	178.5	77.5	5.6	2
K.K.	21.7	170.3	75.0	9.6	3
K.M.	22.4	165.6	73.2	10.0	3
mean	21.6	172.6	75.4	9.5	2.8
s.d.	0.7	5.8	1.8	2.9	0.5

Table 4 Cardio-Respiratory functions of subjects

Items	VEmax	VO_2 max	$\frac{VO_2max}{Weight}$	HRmax	RRmax	RQ	O_2R	$O_2Pul.$	V_T	All-out time
Subject	l/min	l/min	ml/kg/m.	b/min	f/min		ml/l	ml/b	ml/f	sec
M.K.	134.05	4.13	54.3	198.7	67.0	1.092	30.79	20.77	2.001	480
M.Y.	127.24	4.27	55.1	199.1	69.9	1.181	27.96	17.87	1.820	360
K.M.	115.62	4.04	53.9	198.3	47.5	1.101	34.98	20.39	2.434	480
K.M.	115.52	3.83	52.3	187.3	54.8	1.085	33.16	20.45	2.108	480
mean	123.11	4.07	53.9	195.9	59.8	1.115	31.72	19.87	2.019	450
s.d.	9.14	0.18	1.2	5.7	10.5	0.045	3.04	1.34	0.258	60

ml/kg/min, HR Max は 195.9 ± 5.7 b/min, RR Max は 59.8 ± 10.5 f min, RQ は 1.115 ± 0.045 を示した。体重当たりの最大酸素摂取量は、ほぼ日本人の平均値であり、杉山の報告している柔道選手の最大酸素摂取量よりもやや高い値を示した。各被検者の呼吸商は1.0を越えており、6分以上のオールアウト走によってえられた VO_2 Maxの値は十分に信頼される結果であると判断した。

3. 投げ打ち込みの技別生理的運動強度

Table 5 は12種類の技別に生理的運動強度を比較したものである。 VO_2 , % VO_2 Max, HRおよび%HR Maxの4項目については、定常状態を示したと考えられる3分~4分の測定値であり、これらをプロットして比較したものがFig.1~Fig.4である。

これらの4項目について、全体的にみても、背負投は、 3.46 l/分, 85.2% VO_2 Max,

Table 5 Physiological motor intensity of judo technique

技名	手技			腰技			足技					捨身技
	背負投	肩車	体落	払腰	浮腰	釣腰	内股	支釣払腰	大外刈	大内刈	足払	巴投
測定項目												
VO ₂ :3'~4' (l/min)	3.46	3.17	3.20	3.13	2.66	2.88	3.24	2.92	3.19	2.52	2.80	3.34
(s.d.)	0.22	0.27	0.50	0.26	0.19	0.43	0.13	0.54	0.20	0.33	0.09	0.77
% VO ₂ Max (%)	85.2	78.3	78.8	77.1	65.3	70.6	80.4	71.5	78.7	62.1	68.8	81.7
(s.d.)	7.5	9.0	12.1	9.2	2.1	9.6	2.1	10.4	8.6	9.2	3.3	16.3
HR:3'~4' (b/min)	181.5	181.9	170.7	177.4	172.3	166.0	177.1	168.0	168.3	150.8	155.0	173.1
(s.d.)	8.4	9.6	10.8	10.6	14.1	10.7	12.4	14.5	6.7	23.9	7.1	5.6
% HR Max (%)	92.7	92.9	87.2	90.6	87.9	84.8	90.4	85.7	86.0	77.2	79.2	88.5
(s.d.)	4.4	3.3	5.9	5.0	6.1	5.3	5.3	6.1	5.1	14.1	3.8	4.2
VO ₂ :Exercise (l)	12.10	11.14	11.00	10.88	9.16	10.11	10.97	10.57	11.32	9.62	10.06	11.35
(s.d.)	0.45	0.42	1.61	1.20	0.80	1.74	0.97	1.24	0.76	1.21	0.48	1.84
O ₂ Debd[A] (l)	6.47	6.32	4.47	4.86	3.95	3.66	5.53	3.79	4.30	2.57	2.80	4.98
(s.d.)	0.82	0.86	2.56	0.84	1.47	1.14	1.38	1.52	0.53	0.91	0.33	1.89
O ₂ Req.[B] (l)	18.57	17.46	15.47	15.74	13.10	13.77	16.50	14.36	15.62	12.19	12.86	16.34
(s.d.)	0.73	0.76	4.14	1.03	1.92	2.84	1.93	2.74	1.22	2.00	0.62	3.59
% O ₂ Req. (%)	34.8	35.9	27.2	30.9	29.4	26.1	33.3	25.6	27.5	20.6	21.8	29.7
[A]/[B]100 (s.d.)	3.3	3.9	8.6	5.3	8.0	3.6	5.2	5.3	1.7	4.5	2.0	5.8
RMR	18.2	16.9	14.8	15.1	12.5	13.1	16.0	13.7	15.1	11.5	12.2	15.6
(s.d.)	1.1	0.6	4.1	1.3	1.7	2.8	2.0	2.4	1.9	2.1	0.8	3.2
Energy (kcal)	92.84	87.31	77.35	78.70	65.50	68.86	82.49	71.80	78.09	60.95	64.30	81.68
-Expend. (s.d.)	3.66	3.80	20.70	5.13	9.61	14.21	9.63	13.68	6.12	10.00	3.10	17.93
" (kcal/min)	23.21	21.83	19.34	19.68	16.38	17.22	20.62	17.59	19.52	15.24	16.08	20.42
(s.d.)	0.91	0.95	5.17	1.28	2.40	3.55	2.41	3.42	1.53	2.50	0.78	4.48
" (kcal/kg/min)	0.31	0.29	0.26	0.26	0.26	0.23	0.27	0.24	0.26	0.20	0.22	0.27
(s.d.)	0.01	0.01	0.07	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.11	0.05
" (kcal/ippon)	1.94	1.82	1.61	1.67	1.37	1.44	1.72	1.50	1.63	1.27	1.34	1.70
(s.d.)	0.08	0.08	0.43	0.12	0.20	0.30	0.20	0.28	0.13	0.21	0.07	0.38
" (cal/kg/ippon)	25.65	24.12	21.35	22.10	18.06	19.01	22.78	19.78	21.61	16.84	17.77	22.49
(s.d.)	1.15	0.79	5.57	1.65	2.24	3.85	2.56	3.35	2.21	2.75	0.92	4.51

181.5拍/分, 92.7% HR Max となり, 最も高い運動強度を示した。次いで巴投が3.34 l/分, 81.7% VO₂ Max, 173.1拍/分, 88.5% HR Max, 内股が, 3.24 l/分, 80.4 VO₂ Max, 177.1拍/分, 90.4%, HR Max, 体落が, 3.20 l/分, 78.8% VO₂ Max, 170.7拍/分, 87.2% HR Max, 大外刈が, 3.19 l/分, 78.7% VO₂ Max, 168.3拍/分, 86.0% HR Max, 肩車が3.17 l/分, 78.3% VO₂ Max, 181.9拍/分, 92.9% HR Max, 払腰が3.13 l/分, 77.1% VO₂ Max, 177.4拍/分, 90.6% HR Max となった。

最も低い運動強度を示した技は, 大内刈で2.52 l/分, 62.1% VO₂ Max, 150.8拍/分, 77.2% HR Max, 次いで浮腰が2.66 l/分, 65.3% VO₂ Max, 172.3拍/分, 87.9% HR Max, 足払が2.80 l/分, 68.8% VO₂ Max, 155.0拍/分, 79.2% HR Max, であった。

4分間の打ち込み時の酸素摂取量は背負投が12.10 lで最も多く, 浮腰が9.16 lで最も少なくその他の技は, ほぼ10 lから11 lの範囲にあった。15分間の酸素負債量は背負投が6.47 l, 肩車が6.32 lと多く, 大内刈が2.57 l, 足払が2.80 lと少なく, その他の技は3.8 lから5.5 lの範囲にあった。酸素需要量は背負投が18.57 lで最も多く, 次いで肩車が17.46 l 内股が16.50 l, 巴投が16.34 lを示した。また大内刈は12.19 lで最も少なく, 次いで足払が12.86 l, 浮腰が13.10 lを示した。酸

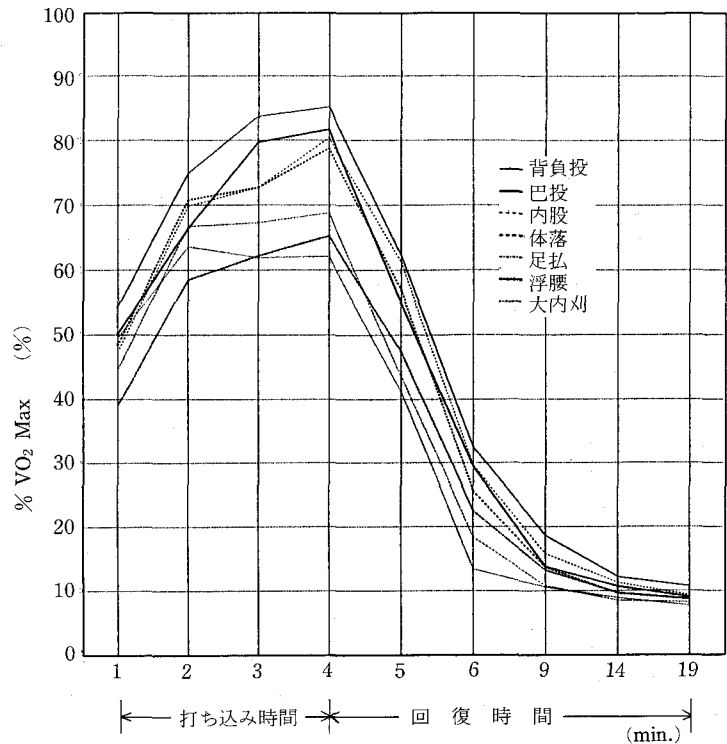


Fig.1 Change of % VO₂ Max

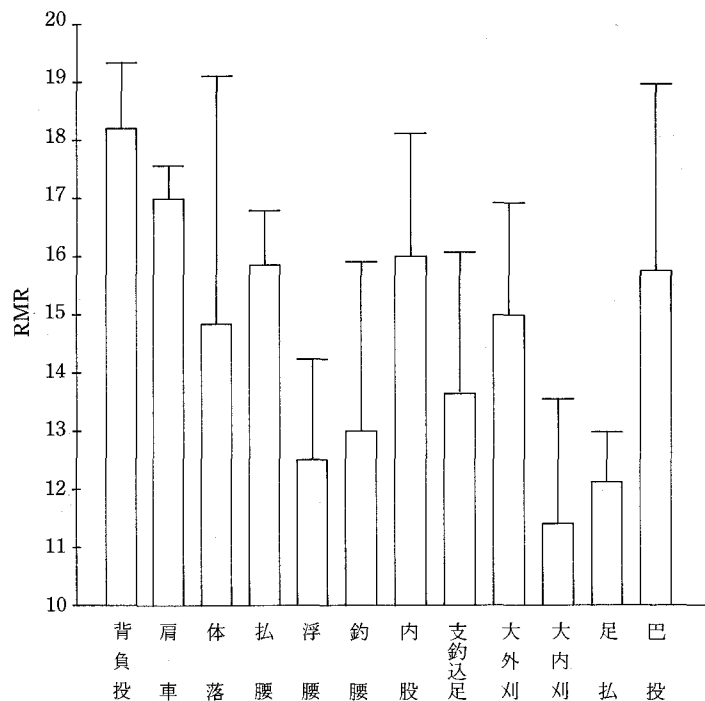


Fig.2 投げ打ち込みにおける技別の RMR の比較

技名														
背負投	1	1												
肩車	2	*	2											
体落	3	N.S	N.S	3										
払腰	4	***	*	N.S	4									
浮腰	5	*	*	N.S	N.S	5								
釣腰	6	*	*	N.S	N.S	N.S	6							
内股	7	*	N.S	N.S	N.S	N.S	*	7						
支釣込足	8	*	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	8					
大外刈	9	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	9				
大内刈	10	**	**	N.S	**	N.S	N.S	***	N.S	*	10			
足払	11	**	**	N.S	*	N.S	N.S	*	N.S	*	N.S	11		
巴投	12	N.S	*	N.S	N.S	*	N.S	N.S	*	N.S	*	N.S	12	

*** P<0.001

** P<0.01

* P<0.05

N.S=No significant

Fig.3 投げ打ち込みにおけるRMRの有意差検定

素需要量に対する酸素負債量の比率は肩車が35.9%、背負投が34.8%、内股が33.3%と高く、大内刈が20.6%、足払が21.8%で低く、その他の技は26%から31%の範囲にあった。エネルギー代謝率(RMR)は、背負投が18.2で最も高く、次いで肩車が16.9、内股が16.0、巴投が15.6であり、大内刈が11.5で最も低く、足払が12.2、浮腰が12.5を示した。

消費エネルギーは、背負投が92.84 kcal、肩車が87.31 kcal、内股が81.68 kcal、払腰が78.70 kcal、大外刈が78.09 kcal、体落が77.35 kcalの順で高い値を示し、大内刈は60.95 kcalで最も低く、その他の技は64 kcalから72 kcal

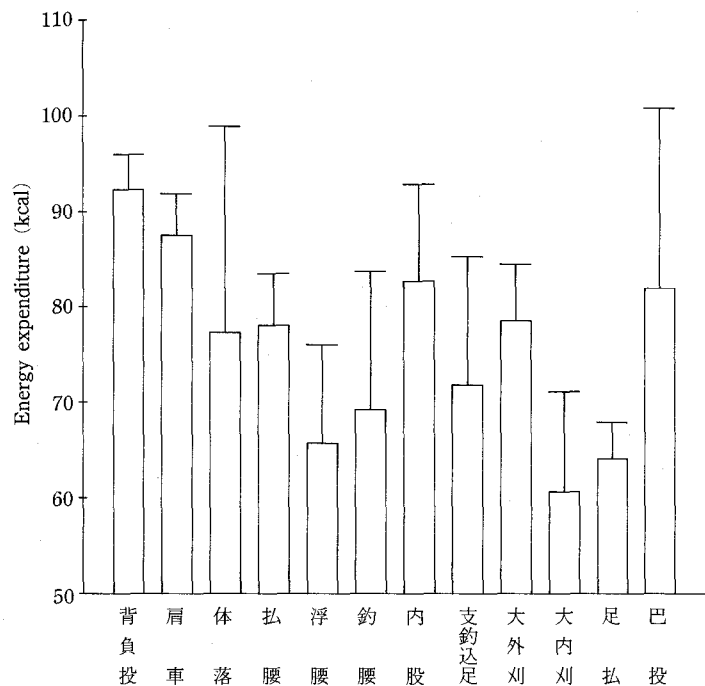


Fig.4 投げ打ち込みにおける技別の全エネルギー消費量の比較

の範囲にあった。体重当たり、打ち込み1本当たりで見ると背負投が0.31 l、肩車が0.29 lと高く、内股と巴投は0.27 l、体落、払腰、浮腰、大外刈は0.26 lで同値であった。また大内刈は0.20 lで最も低く、次いで足払が、0.22 l、釣腰が0.23 l、支釣込足が0.24 lであった。

次に主観的強度 (RPE Fig.5) についてみると、肩車が全員17 (かなりきつい) で、最もきつく感じ、足払、大外刈、大内刈は11 (楽である) から13 (ややきつい) の範囲で最も楽に感じていた。以上の各測定項目間に有意な高い相関関係が認められた項目は次の通りとなった。

心拍数: HR (X) と %VO₂ Max (Y)

$$Y = 0.3661X + 12.5666 \quad (R = 0.4882, P < 0.01)$$

%HR Max と %VO₂ Max (Y)

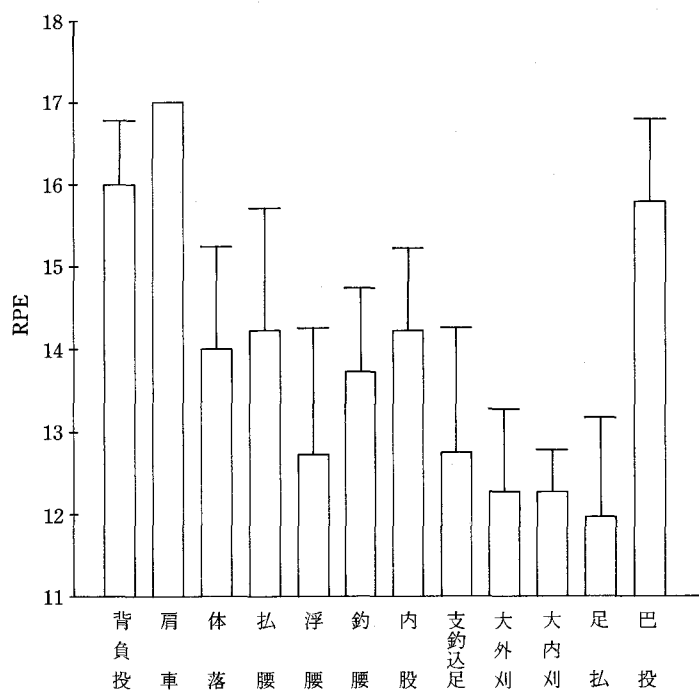


Fig.5 投げ打ち込みにおける技別の RPE の比較

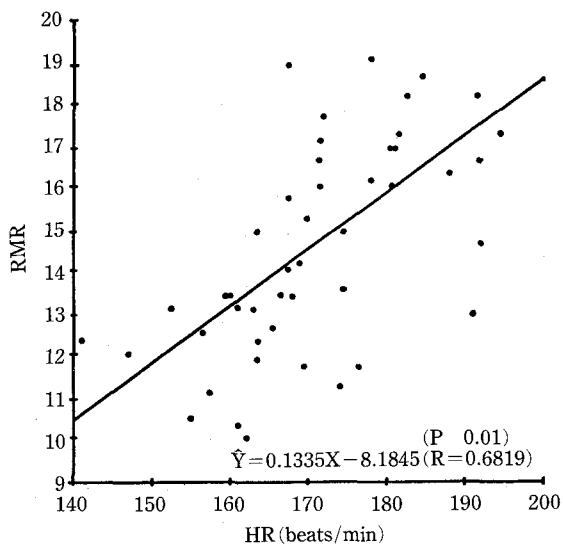


Fig.6 HR と RMR の相関関係

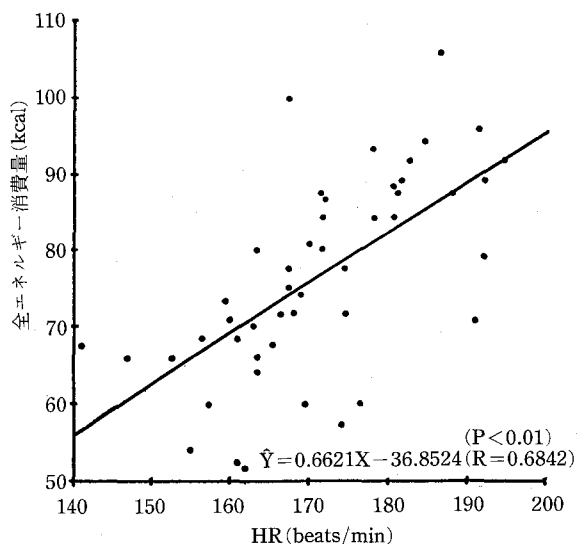


Fig.7 HR と全エネルギー消費量の相関関係

$$Y = 0.6918X + 14.7368 \quad (R = 0.4740, P < 0.01)$$

心拍数 : HR (X) とエネルギー代謝率 : RMR (Y)

$$Y = 0.1335X - 8.1845 \quad (R = 0.6819, P < 0.01)$$

心拍数 : HR (X) と全エネルギー消費量 (Y)

$$Y = 0.6621X - 36.8524 \quad (R = 0.6842, P < 0.01)$$

主観的強度 : RPE (X) と心拍数 : HR (Y)

$$Y = 4.5164X + 107.3024 \quad (R = 0.5908, P < 0.01)$$

RPE (X) と RMR (Y)

$$Y = 0.8614X + 2.5417 \quad (R = 0.5765, P < 0.01)$$

Ⅳ. 論 議

柔道の指導において、初心者に対しては特に身体傷害を起こさないように安全管理に配慮しながら受け身の練習から始め、自己の体の平衡性や制御能力を高め、特に、技術指導においては、身体の発育発達を考慮し、部分的にも全体的にも生体に過度の負担がかからないような技から入っていくことが大切である。^{29) 31)} 嘉納は「五教の技」を制定し、多種多様な投げ技の中から基本および応用的な技40種類を選択分類し、第一教から第五教まではほぼ指導順に配列させている。

本実験で対象にした技は、第一教の3番支釣込足、4番浮腰、5番大外刈、7番大内刈、8番背負投、第二教の13番送足払(足払)、14番体落、15番払腰、16番内股、第三教の18番釣腰、23番巴投、24番肩車の12種類であった。これらは、日頃よく指導され、柔道試合で出現する使用頻度の高い技であり、第四教および第五教の技は使用頻度が低いことから今回は対象にしなかった。この12種類の個々の技が投げ打ち込みでどれくらいの運動強度に相当するのか、また「五教の技」に制定されている指導順序と生体に与える生理的および心理的負担度の関係を明らかにすることにより、柔道技能の教授—学習過程の効率化・最適化をねらいとして実験を試みた。

柔道の基本技、練習および試合時の運動強度に関する研究はこの30年間に、小川,¹⁸⁾ 猪飼,⁹⁾ 金子,^{10) 11)} 久永,^{7) 8)} 江崎,^{2) 3)} 柳沢,³²⁾ 杉山,^{4) 21) 22) 23) 24)} 佐々木,²⁰⁾ たちの報告が見られる。これらを見てみると、実験対象や内容によって多少の運動強度の違いが見られるが、基本動作である受け身は、 VO_2 Max のほぼ40~60%、心拍数が130~150拍/分、打ち込みでは同様にほぼ70~80% VO_2 Max, 160~180拍/分、柔道練習では、ほぼ60~70% VO_2 Max, 160~170拍/分に相当していると思われる。しかし、杉山,^{21) 22)} は打ち込みの方法による運動強度の違いを明らかにし、投げ打ち込みはその場での打ち込みや移動しながらの打ち込みよりも高い運動強度を示し、競技力の高い者ほど最大酸素摂取量に対して高い比率でエネルギーを出し切る能力が優れていることを報告¹⁾ しており、実験対象、熟練度、動作の様式や練習内容によって、10%前後の範囲で運動強度は変動することを明らかにしている。

本実験の結果を全体的にながめてみると、12種類の技の中で最も高い強度を示したのは背負投であり、 $85.2 \pm 7.5\%$ VO_2 Max, 181.5 ± 8.4 拍/分、RMR が 18.2 ± 1.1 、であった。これに準ずる強度を示した技は、肩車、内股、巴投、払腰であった。最も低い強度を示した技は大内刈で $62.1 \pm 9.2\%$ VO_2 Max, 150.8 ± 23.9 拍/分、RMR が11.5であり、これに準ずる強度を示した技は足払、浮腰、釣腰、支釣込足であった。体落や大外刈は中程度の位置にあった。高い運動強度を示した肩車や背負投は酸素需要量に対する酸素負債量の割合が32~39%の範囲にありほぼ35%に相当していた。これらの値は杉山の報告^{21) 22)} している高校生の打ち込みや2分間の最大打ち込みよりもやや低い値を示したが更に打ち込みを連続的に実施することにより、酸素負債量の割合が高くなるものと考えられる。講道館柔道の「投の形」にある手投、腰技、足技および捨身技の分類から投げ打ち込みの運動強度について比較してみると、手技の背負投、肩車および体落のRMRは15~18、腰技の払腰、浮腰および釣腰は13~15、足技の内股、支釣込足、大外刈、大内刈および足払は12~16、捨身技の巴技が15.6となった。全被検者の平均値について有意差検定をしてみると、手技と腰技および足払との間には統計的に高い水準で有意差が認められた。これらの結果から、手技の運動強度が極めて高いことが明らかとなり、相手を背負ったり肩に担ぐ上下の動作は相手の体重が負荷となること、また、自己の体重

を片足で支えながら相手を上方および側方に跳ね上げたり、身体の捻りを伴う動作は生体に高い負担を与えることを示唆しているものと推察される。

一方、足技の多くに見られるように、刈ったり払ったりする前後、左右の動作はタイミングやリズムの要素が重要であり比較的低い運動強度になるものと推察される。

次に、個々の技の打ち込みに必要なエネルギー消費量は、ほぼ61～93 kcal の範囲にあった。これらの結果は、日常、技の基本練習として投げ打ち込みを実施する場合、20～30本の試技で25～58 kcal に相当することが明らかになった。このことから、打ち込む本数や個々人の体重によってエネルギー消費量の側面から運動強度の測定ができると同時に、他の身体活動量との比較が可能となった。

また、指導現場において柔道の運動強度を確かめる場合、心拍数の測定が最も便利であることから HR (X) と % VO₂ Max (Y) の相関関係について検討した結果

$Y = 0.3661X + 12.5666$ ($R = 0.4882$, $P < 0.01$) となり統計的に1%水準で有意差が認められた。即ち、心拍数が140/分ではほぼ64% VO₂ Max となり HR が10拍増加するごとに3.7% VO₂ Max の増加となることが明らかになった。

また、心理的に感じる主観的強度 (X) と心拍数 (Y) との相関関係をみると

$Y = 4.5164X + 107.3024$ ($R = 0.5908$, $P < 0.01$) となり統計的に1%水準で有意差が認められた。即ち、「かなりきつい」と感じる時は、184.1拍/分「楽である」と感じる時は157.0拍/分に相当し、現場で指導する際に生体を感じるきつさから、練習量の増加、練習の継続や休息を考慮するための重要な手がかりになるものと考ええる。

柔道技術の指導において、初心者に対しては基本的な技を正しくうけとめ、身体を安全に保護することをねらいとした受け身の練習から始まるが、この受け身の習熟段階に合わせて生体に強度な負担を及ぼさないような技から教授していくことが大切である。「五教の技」は第一教から第二教へと比較的習得しやすい技から困難な技に進むという方針によって順に並べられている。しかしながら、この配列は、五教制定委員があらゆる方面から比較、検討したというものの、実験的にエネルギー的側面からの比較、検討は行われていない。本研究の結果から見た場合、「五教の技」の配列順序に対して浮腰、払腰、内股、巴投、および肩車などは、ある程度妥当な位置にあると思われるが、大内刈、足払および釣腰については、配列順序が遅いものに対して運動強度は低いこと、背負投、大外刈および支釣込足は運動強度が高い割に配列順序が前に位置していた。特に、背負投については小学生および中学生など低年齢から練習させている技であり、初心者指導の段階で比較的早期に指導する傾向があることから十分に留意する必要がある。しかし、「五教の技」は技術習得の難易度も考慮されていると考えられるので、本研究で指摘したように生体に与えるエネルギー的側面からの負担度も考慮して、安全でしかも技術習得に効率のよい教授—学習過程の最適化を図ることが重要であると考ええる。

V. 要 約

年齢20.6歳から22.4歳までの健康な男子大学生で二段から三段の有段者4名を対象に、講道館柔道「五教の技」にある12種類の投げ技について、5秒間に1回の割合で4分間の投げ打ち込みを行わせ生理的および心理的強度について比較検討した。結果は次のように要約される。

- (1) 投げ打ち込み終了前1分間の VO₂, %VO₂ Maxの最大値を示した技は背負投であり、

3.46±0.22 l /分, 85.2±7.5 %VO₂ Max, 最小値は大内刈で2.52±0.33 l /分, 62.1±9.2 % VO₂ Max となり両者間には, 統計的に5%水準で有意差が認められた。

(2) 同様に HR および% HR Max の最大値は肩車であり, 181.9±9.6拍/分, 92.9±3.3 % HR Max, 最小値は大内刈で, 150.8±23.9拍/分, 77.2±14.1% HR Max となり両者間に有意差は認められなかった。

(3) エネルギー代謝率 (RMR) の最大値は背負投で18.2±1.1, 最小値は大内刈で, 11.5±2.1となり両者間には1%水準で有意差が認められた。全体の平均値は14.5±2.8であった。

(4) エネルギー消費量の最大値は背負投で92.84±3.66 kcal, 技一本当たりで1.94±0.08 kcal /一本, 最小値は大内刈で60.95±10.00 kcal, 1.27±0.21 kcal /一本, となり両者間には1%水準で有意差が認められた。

(5) 主観的強度 (RPE) の最大値は肩車で全被検者が17の「かなりきつい」と答え, 最小値は足払で11の「楽である」が2名, 13の「ややきつい」との間の12が2名であった。

(6) 下記の項目間に統計的に有意な相関関係が認められた。

HR (X) - % VO₂ Max (Y)

$$Y = 0.3661X + 12.5666 \quad R = 0.4882 \quad (P < 0.01)$$

HR (X) - RMR (Y)

$$Y = 0.1335X - 8.1845 \quad R = 0.6819 \quad (P < 0.01)$$

HR (X) - エネルギー消費量 (Y)

$$Y = 0.6621X - 36.8524 \quad R = 0.6842 \quad (P < 0.01)$$

RPE (X) - HR (Y)

$$Y = 4.5164X + 107.3024 \quad R = 0.5908 \quad (P < 0.01)$$

RPE (X) - RMR (Y)

$$Y = 0.8614X + 2.5471 \quad R = 0.5755 \quad (P < 0.01)$$

これらの結果は, 現場で測定できる心拍数からエネルギー消費量や心理的な感じから生理的運動強度の推定を可能にした。

(7) RMR について技を分類別に比較してみると, 手技が14.8~18.2, 腰技が12.5~15.1, 足技が11.5~16.0の範囲, 捨身技 (巴投) が15.6となり, 手技, 捨身技, 足技, 腰技の順で運動強度が高くなり手技と腰技及び足技との間には, 統計的に5%水準で有意差が認められた。

(8) 「五教の技」で比較的初期に指導される支釣込足, 大外刈, および背負投の運動強度は高く, 特に背負投は最大値を示したことから初心者指導では十分留意すること, また足払や大内刈の運動強度は最も低いことから初期の段階で指導が可能であるが, 指導の配列順や生体を与える負担度, 技習得の困難性を考慮した指導内容や練習方法を工夫して, 教授—学習過程の最適化を図ることが重要である。

参 考 文 献

- 1) Åstrand, P. -O., Kaare Rodahl; Textbook of work physiology. Macgraw-Hill, : 373-450, 1970.
- 2) 江崎利昭; 柔道児童における各種練習方法に関する研究, 武道学研究, 第14巻, 2号, 70-71, 1981.
- 3) 江崎利昭; 小学生における柔道練習中の運動強度に関する研究, 武道学研究, 第15巻, 1号, 41-51, 1982.
- 4) 福本誠治; 柔道における「投の形」の運動強度, 愛媛大学教育学部体育科卒業論文, 1985.
- 5) 学会研究部; 各種体育運動におけるエネルギー代謝, 体育学研究, 第二巻, 第3号, 107-141, 1956.

- 6) 萩原 仁, 調枝孝治; 知覚—運動行動のシステム分析, 不昧堂, 209—225, 1976.
- 7) 久永哲雄他; 中学生柔道における練習中の呼吸循環機能について, 日本体育学会第28回大会号, 248, 1977.
- 8) 久永哲雄他; 高校生, 大学生の柔道鍛練者における呼吸・循環機能及び練習強度について, 柔道, 49巻, 12号, 57—63, 1978.
- 9) 猪飼道夫, 金子公有; 柔道練習中の心拍数変動, 柔道, 37巻, 4号, 25—30, 1966.
- 10) 金子公有, 岩田 勝, 富岡 理; 柔道練習中の酸素摂取量と心拍数(その1), 柔道, 44巻, 5号, 54—60, 1973.
- 11) 金子公有他; 柔道練習中の酸素摂取量と心拍数(その2), 柔道44巻, 6号, 55—58, 1973.
- 12) 嘉納先生伝記編纂会; 嘉納事治五郎, 講道館,
- 13) 講道館; 講道館柔道, 講道館,
- 14) 小谷澄之他; 新版柔道の形(全), 不昧堂出版,
- 15) 松本芳三; 柔道のコーチング, 大修館書店,
- 16) 丸山三造; 大日本柔道史, 講道館版, 第一書房,
- 17) 宮下充正他; 新訂運動生理学概論, 大修館書店,
- 18) 小川新吉, 杉本良一他; 柔道の基本的投げ技におけるエネルギー代謝, 講道館柔道科学研究会紀要, 第1輯, 67—73, 1958.
- 19) 桜庭武; 柔道史攷, 第一書房,
- 20) 佐々木武人他; 小学校児童における柔道の練習強度について, 武道学研究, 第14巻2号, 72—73, 1981.
- 21) 杉山允宏; 柔道における打ち込みの運動強度, 愛媛大学教育学部紀要, 第1部教育科学, 第26巻, 207—220, 1980.
- 22) 杉山允宏; 柔道の運動強度に関する研究, —(1)投げ技における打ち込みについて—, 愛媛大学教育学部紀要, 第1部, 教育科学, 第27巻, 143—151, 1981.
- 23) 杉山允宏; 柔道の運動強度に関する研究, —(2)連続打ち込みと交互打ち込みの比較—, 愛媛大学教育学部紀要, 第1部, 教育科学, 第31巻, 147—156, 1985.
- 24) 杉山允宏; 生理的運動強度からみた柔道技能の構造, 文部省科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書, 1988.
- 25) 杉山允宏, 岡田栄治; スポーツ活動・身体運動の運動強度, 第1報サッカーの練習強度, 愛媛大学教育学部紀要, 第1部, 教育科学, 第40巻, 第2号, 65—76, 1994.
- 26) 杉山允宏, 三好尊史, 上岡範雄; スポーツ活動・身体運動の運動強度, 第2報, テニスの基礎技術, 愛媛大学教育学部紀要, 第41巻, 第1号, 123—136, 1994.
- 27) 杉山允宏; 柔道のゲーム分析—一年令別・層別試合を中心として—, *Memoirs of the Faculty of General Education, Hiroshima University, III, Studies in Natural Sciences, Vol. 7, 45—54, 1973.*
- 28) 杉山允宏; 柔道の動作分析—投げ技における微細動作分析—, 武道学研究, 第8巻, 第3号, 20—32, 1976.
- 29) 竹内善徳他; 論説柔道, 不昧堂出版,
- 30) 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, 不昧堂出版,
- 31) 山川岩之助; 柔道指導ハンドブック, 大修館書店,
- 32) 柳沢 久他; 柔道の練習法に関する研究, —試合時の心拍数変動について—, 柔道50巻, 1号, 70—75, 1979.
- 33) 小沢雄二他; 柔道の夏季練習が呼吸循環機能および血液性状に及ぼす影響, 武道学研究, 第27巻, 第1号, 20—26, 1994.

Motor Intensity of Physical Exercise and Sport Activity —Report III— Throwing technique in the Gokyo of judo

Masahiro SUGIYAMA

Faculty of Education, University of Ehime

Bunkyo, Matsuyama, Ehime, Japan

Munenori KAJITANI

Yoshida junior high school

Yoshida, Kita Uwa gun, Ehime, Japan

Abstract

The purpose of the present study is to observe the motor intensity of twelve throwing technique in the Gokyo-no-waza of judo. The subjects were four healthy male judoists from two dan to three dan of black belt in their age from 20.6 to 22.4 years.

Throwing-uchikomi was performed in one time per five seconds for four minutes and recovery time of fifteen minutes were taken. Maximum oxygen intake was determined by an exhaustive running test on a motor-driven treadmill at 8.6% grades. Expired air was collected into Douglas bag. Contents of O₂ and CO₂ of expired air sample were analyzed by means of gass analyzer Sanei made. Heart rate and breath rate were recorded by using a method of telemetry during Uchikomi. As the result of this study, the following conclusion were obtained:

1) Motor intensity of Seoinage was highest values; VO₂=3.46±0.22 l / min., 85.2±7.5% VO₂ Max on mean value and Ouchigari was lowest intensity; 2.52±0.33 l / min., 62.1±9.2% VO₂ Max. The significant difference was recognized between Seoinage and Oushigari in 5% level statistically.

2) Kataguruma indicated highest motor intensity on H.R. and % H.R. Max. : 181.9±9.6/min. and 92.9±3.3% H.R. Max. And Ouchigari were lowest value : 150.8±23.9 b/min. and 77.2±14.1% H.R. Max.

The significant difference was not recognized between Kataguruma and Ouchigari.

3) The maximum value of Relative Metabolic Rate (R. M. R.) were 18.2±1.1 on Seoinage and the minimum value were 11.5±2.1 on Ouchigari. The significant difference was

recognized between both in 1% level statistically.

4) The maximum value of energy expenditure were 92.84 ± 3.66 kcal, and 1.94 ± 0.08 kcal/one throwing on Seoinage and the minimum value were 60.95 ± 10.00 kcal and 1.27 ± 0.21 kcal/one throwing on Ouchigari. The significant difference was recognized between both in 1% level statistically.

5) All subjects answered very hard (17) in Rating Perceived Exertion (R. P. E.) on Seoinage, two subjects felt fairly light (11) and two subjects were lower than somewhat hard (13) on Ashiharai.

6) The coefficient of correlation signified statistically between next items:

H. R.- %VO₂ Max; $Y = 0.3661X + 12.5666, R = 0.4882 (P < 0.01)$

H. R.- R.M.R. ; $Y = 0.1335X - 8.1845, R = 0.6819 (P < 0.01)$

H. R.-Energy expenditure; $Y = 0.6621X - 36.8524, R = 0.6842 (P < 0.01)$

R. P. E. -H.R. ; $Y = 4.5164X + 107.3024, R = 0.5908 (P < 0.01)$

R. P. E. -R.M.R. ; $Y = 0.8614X + 2.5471, R = 0.5755 (P < 0.01)$

High correlation was appeared between physiological and psychological intensity, it was suggested that estimation of physiological intensity are possible from heart rate and feeling measured in a field and gymnasium.

7) From viewpoint of R.M.R., Te-waza (Arm) and Sutemi-waza (trick) in judo indicated tendency of high intensity.

8) In the Gokyou-no waza, Sasaetsurikomiashi, Osotogari and Seoinage which are coaching to the beginner in the first stage indicated high motor intensity, especially on Seoinage.

And Ashiharai or Ouchigari are possible to teaching in the beginning of practice. From these results, it is important to optimalize teaching-studying process which teaching contents and method of practice are taken into consideration.