

柔道の基本的投技に於けるエネルギー代謝

東京教育大学運動生理学研究室

小川新吉・今田幸昭
阿久津邦男・吉野貞彦

東京慈恵医科大学杉本生理学教室

杉本良一・関哲司

緒言

各種スポーツに関するエネルギー代謝の研究は、A. V. Hill 以来多くなされている。その主なるものを列挙すれば、水泳 (Liljestrand, (1) 佐藤 (2), 吉岡 (3)), スケート (Liljestrand (1)), ボート (Liljestrand, (1) Henderson (4)), ランニング (A. V. Hill (5) 古沢, Sargent, (6) Klatschkow, (7) 小笠原 (8), 体操 (吉田 (9), 小笠原 (10), 石井 (11)), 登山 (杉本 (12)), スキー (飯野 (13)), 等数多い。最近山岡等により蹴球 (14), 野球 (15), ラグビー (16) 等の複雑な内容のスポーツについても、エネルギー需要量が測定されている。

近時、柔道の世界的な普及には素晴らしいものがあり、国際スポーツとしての性格を帯びるに至ったので、体育管理の面からも、必然的に理論的研究が要求されるようになって来た。その手始めとして柔道のエネルギー代謝の研究を企図したものであるが、柔道のような対人競技では、身長、体重、技倆の程度により、エネルギーの消費量は非常に大きな変動を示すものと考えられる。そこでこの研究の第一段として、身長、体重等がほぼ同格で、相当長い鍛錬歴を有する有段者を被検者として、投技及び寝技の代表的基本動作を一定速度で行わせ、そのとき要したエネルギー消費量を測定し、それらの運動強度を算出したのでここに報告する。

実験方法

エネルギー消費量の測定には Douglas-Bag 法を用い、労研式のガス分析器にて分析、所定の方法にて酸素消費量からエネルギー需要量とエネルギー代謝率 (R. M. R.) を算出した。

なお採気と同時に被検者の大体の運動量を規定すべく、採気運動中の歩数、技数を数え、更に測定前後における被検者の呼吸数、脈搏数、血圧も参考までに測定しておいた。

被検者：東京教育大学の格技研究室に所属する学生選手で、身長、体重等ほぼ同等で、技倆も和村5段を除き他の3名は殆んど同格であると考えられる。第

第1表 被検者の基本体格の表

氏名	年齢	身長 cm	体重 kg	胸囲 cm	体表面積	段位	経験年数
和村	30	173	73	97	1.88	5	11
吉野	22	165	68	97	1.65	2	2
伊藤	18	171	73	94	1.88	3	4
片山	18	167	64	90	1.73	2	4

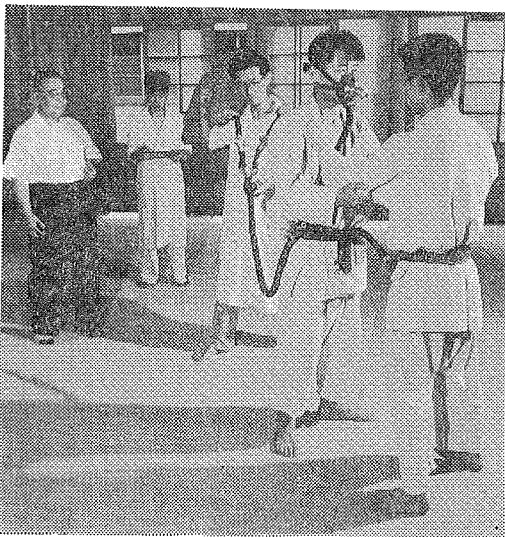
1 表はこれら被検者の基本的体格を示したものである。

採気：採気は安静代謝と運動代謝の2つを行い、基礎代謝については身長・体重よりの計算値を用いた。

安静代謝は被検者を30分以上臥位安静をとらせた後、型の如く採気して測定した。

運動代謝の採気は、採気管を特別に長くし、被検者は Bag を背負わず、測定者の1人が運動時に被検者の邪魔にならないように、Bag と採気管を持ち廻って採気を行った。なお採気は、採気管のロスと被検者の身体的運動態勢とを考え、安静代謝の採気を行った後1分間の自然体移動を行い、所謂 *Steady-state* の状態に入った後に採気を始め、1分間の運動時の採気と回復期約30分間の採気を連続的に行った。回復期間の判定は、負荷運動前後に同時に測定した呼吸数、脈搏、血圧、呼気量等の回復状態を参考にして判定を下した。

なお運動時の採気にあたっては、運動が激しく呼気のもれる恐れがあるので、これをさけるため、特別に工夫した二重弁のマスクを装着して行った。



測定種目：投技の代表的基本動作としては、手技、足技、腰技、捨身技の5つのグループから一般的な使用頻度を考え、背負投、送足払、内股、跳腰、大外刈、大内刈、浮技を選び、寝技としては横四方固と崩上四方固とを選んだ。投技は消費エネルギー量算出の場合の精度を期するため1分間に5～6回行った。

なお、投げる側即ち「取り」と、投げられる守勢に立っている側即ち「受け」とでは、当然エネルギー消費量に大きな差異を示すものと考えられるので、両方の動作を別個に採気測定することも試みた。また投げられる側も予め約束をしてあるが、実際に即した測定を行うため、相当の抵抗を行った後投げられるように予め条件づけて行ったものである。

実験成績と考察

測定種目は前述の如く、自護体の動作の他、内股、大外刈、大内刈、横捨身、背負投、足払、跳腰、寝技に入る動作、横四方固、崩上四方固の11種目であり、それぞれの技の「受け」と「取り」の場合の2種類を実測したので、実際の測定種目は22種類行った。

柔道の投技を考える場合、ある程度の進退動作を切り離して考えることは不可能であるので、採気の測定は時間を1分間とし、その間に練習時に即して5～6回同種の投技を反覆して行わせ、そのエネルギー消費量を計算し、1本当りのエネルギー消費量を算定した。

運動量の大体の目安として測定した歩数は第2表に示す如く、平均50～60歩である。

第3表は各技の酸素消費量を一括したものであるが、消費量の時間単位を秒単位に換算したものである。エネルギー消費量は分単位で表示するのがふつうであるが、柔道というスポーツは動作の変化が極めて激しく、1回の技をかけるのに要する時間を計測してみると、術者や場合により異なるが、約1～2秒位である。従って秒単位の消費量を掲示した。なおまた秒単位の消費量の方が、試

第2表 被検者の安静及び運動時の呼吸気量と運動歩数及び技数

技の種類	被検者		安静時1分間の呼吸量	運動時1分間の呼吸量	採気時間中の歩数	採気1分間の技数
自護体	取	伊藤三段 片山二段	7.33 l 6.87	27.97 l 10.49	58 78	
	受	片山二段 伊藤三段	6.71 9.71	20.98 30.10	63 58	
内股	取	〃 〃	8.76 6.41	24.06 25.12	63 45	6 6
	受	〃 〃	7.03 6.49	22.00 25.11	47 50	— —
大外刈	取	〃 〃	7.13 6.59	24.95 27.29	63 63	5 5
	受	〃 〃	8.12 9.52	21.30 33.17	47 58	— —
大内刈	取	〃 〃	8.82 6.48	31.26 25.29	38 63	5 5
	受	〃 〃	8.10 8.81	25.38 28.53	54 62	— —
捨身技	取	〃 〃	7.77 7.29	35.47 28.35	62 42	5 5
	受	〃 〃	5.93 8.12	23.31 19.23	61 50	— —
背負投	取	和村五段 和村五段	8.74 6.08	23.96 24.21	51 41	5 5
	受	吉野二段 吉野二段	7.28 7.29	18.38 18.46	59 54	— —
足払	取	和村五段 和村五段	7.76 6.53	36.12 25.46	49 49	6 6
	受	吉野二段 吉野二段	6.37 7.81	24.86 31.12	64 67	— —
跳腰	取	伊藤三段 片山二段	8.81 6.98	24.65 28.11	57 58	5 5
	受	片山二段 伊藤三段	9.48 7.88	32.92 28.62	61 50	— —
寝技に入る動作	取	片山二段	5.94	13.17		
	受	伊藤三段	7.15	12.69		
横四方固	取	伊藤三段 片山二段	8.97 9.58	12.24 16.32		
	受	片山二段 伊藤三段	10.39 6.64	14.90 23.00		
崩上四方固	取	〃 〃	9.01 6.41	16.70 17.74		
	受	〃 〃	7.30 8.66	14.60 17.15		

第3表 基本動作のO₂消費量と消費熱量

技の種類	被検者	運動時1分間 O ₂ 摂取量	毎秒1本に対する O ₂ 消費量	消費熱量 (Cal/sec)	平均消費熱量 (Cal/sec)
自護体	伊藤三段	1.544 l	25.7 l	0.36	0.36
	片山二段	1.590	26.5	0.35	
	片山	1.223	20.4	0.29	0.33
	伊藤	1.435	23.9	0.31	
内股	伊藤	1.789	4.96	0.54	0.43
	片山	1.490	4.13	0.32	
	片山	1.620	4.50	0.34	0.32
	伊藤	1.398	3.89	0.30	
大外刈	伊藤	1.610	5.36	0.33	0.57
	片山	1.752	5.84	0.80	
	片山	1.054	3.52	0.15	0.24
	伊藤	1.558	5.20	0.32	
大内刈	伊藤	1.461	4.88	0.34	0.67
	片山	1.823	6.08	0.99	
	片山	1.420	4.74	0.31	0.32
	伊藤	1.390	4.64	0.32	
捨身投	伊藤	1.591	5.3	0.35	0.43
	片山	1.625	5.42	0.51	
	片山	1.424	4.74	0.35	0.33
	伊藤	1.319	4.40	0.31	
背負投	和村五段	1.973	6.58	1.11	0.83
	和村	1.785	5.98	0.54	
	吉野二段	1.732	5.78	0.62	0.5
	吉野	1.436	4.78	0.37	
足払	和村	1.632	4.53	0.35	0.35
	和村	1.633	4.53	0.35	
	吉野	1.316	3.65	0.32	0.33
	吉野	1.336	3.71	0.34	
跳腰	伊藤	1.896	6.32	1.12	1.14
	片山	1.916	6.38	1.15	
	片山	1.136	3.78	0.32	0.59
	伊藤	1.626	5.42	0.86	
寝技 (固めに入る動作)	片山	841	28.0	0.40	0.40
	伊藤	681	22.7	0.36	
横四方固	伊藤	928	30.9	0.62	0.51
	片山	798	26.6	0.40	
	片山	1.043	34.8	1.68	1.81
	伊藤	1.196	39.2	1.93	
崩上四方固	伊藤	999	33.3	1.08	1.09
	片山	905	30.2	1.10	
	片山	1.128	37.6	1.87	1.71
	伊藤	949	33.3	1.55	

寝技のO₂摂取量は30秒間の値を示す。

合時などにおける総エネルギー需要量の計算にも好都合であるからである。

投技各1本に対する消費熱量を第3表からみると、いずれの場合においても、積極的に技をかける側、即ち「取り」の方が、守る側「受け」より大きい消費熱量を示していることは、投げる方が投げられる側より大きなエネルギー消費を行うことで、投げる者は投げられる者より機敏な動作と、急速なる姿勢の変化を要することより、当然のことと考えられる。

しかし、所謂寝技と呼ばれるもののうち、抑え込み態勢にある横四方固とか、崩上四方固とかにおいては、「受け」と「取り」の消費熱量の関係が全く逆になっている。即ち攻める側の方が守る側より、はるかにエネルギーの消費が少ないのである。抑え込み技の特徴であろうが、大変興味ある事実である。

投技各1本に対する消費熱量は、技の種類によっても、術者によっても異なることは当然であるが、動作の大きな腰技、特に跳腰に大きな値を示し、手技の中でも背負投などは比較的大きなエネルギーを必要とする。しかし相手の姿勢の崩れるのを利用する捨身技などでは、最小のエネルギー消費を示しているのは納得のいく結果である。

また一般に足技は、内股のような大きな技は別として、腰技などに較べエネルギーの消費は少ない。

柔道の基本ともいべき自護体の進退移動は、練習や試合時の時間経過の大部分を占めるものであるが、これに消費するエネルギーは非常に大きく、毎秒0.33~0.36 Cal, 平均0.35 Calの消費量を示している。これは実験時に測定した値であるが、実際の試合時には更に大きくなることが考えられる。飯野伸の実験でも、この自護体の動作は可なり大きな値を示している。

これらの関係をエネルギー代謝率に算出して揭示したものが第4表である。

この代謝率を過去に測定された各種スポーツのエネルギー代謝率と比較してみると、野球においては平均2.6前後、サッカーの6.4、ラグビーの11.1、ボートの16~23、ラジオ体操の5.0、マラソンの12~16等からみると、個々の投技の代謝率はいずれもそう高いものではないが、ふつうの試合や練習の時間経過の大部分を占める自護体の進退動作のR.M.R. 13.5~18.2を考えると、スポーツとしてはかなり運動強度の大なるものであり、試合時ともなれば、更に精神的にも肉体的にも代謝が充進することが考えられるから、試合時間としても他のスポーツの試合時間と考え合せて、10~20分ぐらいが適当ではないだろうか。

安静正常時と測定直後の呼吸、脈搏、血圧を測定した結果は第5表にまとめて示した。

これは酸素消費量の回復経過を追求する参考のために行ったものであるが、被検者は日常の練習でよく鍛えられており、その安静時の脈搏や血圧は、正常健康人に比していちじるしく低い値を示している。即ち脈搏では1分間に50~60、血圧は110 mmHg 前後の値を示している。なお、測定直後の上昇は、負荷された運動の種類によりかなりの上昇を示しているが、その回復経過は極めて速かであり、10~15分で正常安静状態に復帰している。

第4表 各種投技のエネルギー代謝率
(R. M. R.)

技の種類	取りの平均	受けの平均
自護体	18.2	13.5
内股	2.9	2.6
大外刈	3.5	2.7
大内刈	4.0	2.8
捨身技	3.6	3.5
背負投	4.0	3.5
足払	2.9	2.4
跳腰	4.3	3.4
寝技に入る動作	18.5	17.7
横四方固	18.4	30.2
崩上四方固	21.0	29.9

第5表 被検者の呼吸, 脈搏, 血圧の変動

技の種類	被検者	呼吸		脈搏		血圧	
		安静時	直後	安静時	直後	安静時	直後
自護体	伊藤三段	16	32	52	104	112-74	152-86
	片山二段	16	32	52	92	116-60	190-60
	片山二段	17	32	54	112	110-72	158-90
	伊藤三段	16	36	53	96	118-70	145-72
内股	伊藤	16	38	61	92	100-52	140-60
	片山	18	30	62	94	120-72	182-72
	片山	17	31	60	124	108-60	132-66
	伊藤	17	27	61	97	98-52	140-90
大外刈	伊藤	16	30	53	114	104-60	146-68
	片山	15	24	53	112	96-50	132-70
	片山	16	31	58	120	110-48	132-86
	伊藤	18	29	60	118	102-58	124-68
大内刈	伊藤	17	32	60	120	110-70	140-64
	片山	17	26	61	114	108-42	165-66
	片山	16	30	60	118	108-58	136-77
	伊藤	17	26	61	116	112-52	128-60
捨身技	伊藤	15	30	56	93	110-64	148-64
	片山	14	27	51	76	106-70	136-58
	片山	16	32	59	96	104-65	138-85
	伊藤	16	26	53	76	110-72	130-70
背負投	和村五段	16	25	56	106	113-52	178-93
	今田初段	15	27	56	82	112-65	147-64
	吉野二段	17	22	56	65	109-48	168-68
	宮沢初段	18	22	62	69	118-74	174-106
足払	和村	16	30	60	92	117-68	171-67
	今田	17	24	52	66	126-72	142-73
	吉野	18	21	58	75	116-61	146-69
	宮沢	14	19	54	68	114-76	168-92
跳腰	和村	13	26	54	88	103-60	174-122
	今田	16	20	53	90	119-71	162-76
	吉野	14	22	56	76	110-65	168-80
	宮沢	17	19	52	88	100-56	140-78
寝技 (固めに入る動作)	片山	16	30	54	121	118-76	148-64
	伊藤	14	30	55	98	98-68	150-74
横四方固	伊藤	18	36	60	104	116-75	168-70
	片山	17	35	52	112	118-75	170-95
	片山	14	31	60	108	108-60	154-70
	伊藤	17	37	63	120	110-65	162-80
崩上四方固	伊藤	15	31	60	102	118-70	152-76
	片山	14	36	64	118	112-64	172-68
	片山	17	33	54	108	114-58	162-65
	伊藤	16	35	64	125	118-64	168-68

総 括

1) スポーツのエネルギー代謝に関する研究の一環として、柔道のエネルギー需要量を調べる目的で、その基本的動作や投技のエネルギー消費量を測定した。

2) 技倆の優劣、身体の大小等により、エネルギー消費量は非常に大きく変動することを考慮し、被検者には熟練せる、大体身長、体重ともほぼ等しい有段者の学生選手を選び、運動強度の指標としてエネルギー代謝率を算出した。

3) 柔道の基本的動作である自護体移動は、運動強度が非常に大きく、R. M. R. で13.5~18.2投技の中では跳腰が最も大きく4.3であり、足払が最も小さく2.9で、他の投技はこれ等の中間値を示した。

寝技は投技より一般に大きな R. M. R. を示し、18~30位の間の値を示した。

4) 技をかけて投げる「取り」と投げられる守勢側の「受け」とでは、大体「取り」の方が R. M. R. が大きく、「受け」の方が運動強度が小さいが、所謂抑え込みになるとこの関係は逆になる。

5) 以上のことより、柔道全体の運動強度は、スポーツの中でも相当強度なものであり、他のスポーツの試合時間等より考えてみると、1試合10~20分位が適当であると考えられる。

文 献

- 1) Liljestrand, G. u. N. Stenstrom: Skand. Arch. Physiol., 39, 167, (1920)
- 2) 佐藤市四郎, 藤田裕, 高木秀雄, 飯野富雄: 慈大生理論文集 2, 472, (1932)
- 3) 吉岡二郎: 慶応医学, 23, 1143, (1943)
- 4) Henderson, H. & H. W. Haggard: Am. J. Physiol., 72, 264, (1925)
- 5) Hill, A. V., K. Furusawa, C. N. Long & H. Lupton: Roy. Soc. Proce. B., 97, 155, (1924)
- 6) Sargent, R. M.: Roy. Soc. Proce. B. 100, 10, (1926)
- 7) Klatchkow, L. A. u. E. S. Wassiljewa: Arbeit Physiol., 7, 62, (1934)
- 8) 小笠原道生: 体育研究, 2, 3, (1934)
- 9) 吉田章信: 福岡医大誌, 13, 38, (1920)
- 10) 小笠原道生: 体育研究会誌, 8, 34, (1937)
- 11) 石井勇次, 勝木新二: 体育, 東洋書館刊, (1948)
- 12) 杉本良一, 高木秀雄: 慈大生理論文集, 2, 466, (1932)
- 13) 飯野富雄, 北条和雄, 湯田勝年: 日本生理誌, 1, 87, (1936)
- 14) 山岡誠一: 体育学研究, 1, 2, 30, (1950)
- 15) 山岡誠一, 井上五郎: 体力科学, 1, (2) 30, (1950)
- 16) 山岡誠一: 体育学研究, 1, (3) 220, (1952)
- 17) 飯野富雄, 知久源次郎, 佐々木進: 慈大生理論文集, 3, 94, (1934)