

滋賀県スポーツ科学委員会紀要

1980 - 1989

下 卷

(財)滋賀県体育協会

滋賀県スポーツ科学委員会 紀要 総集編

1980—1989

下巻 目次

●生理学編

びわこ国体候補選手の機能測定結果 [Vol.1 1980]	平賀 正治	3
長時間運動における体温調節機能の性差 [Vol.2 1981]	岡本 進 他	10
暑熱下の長時間運動における体温調節機能の性差 [Vol.3 1982]	佐藤 尚武 他	18
高温下の暑熱反応における性差 [Vol.4 1983]	寄本 明 他	23
県民のPhysical Working Capacityに関する研究 (その1) [Vol.3 1982]	佐藤 尚武 他	30
県民のPhysical Working Capacityに関する研究 (その2) [Vol.3 1982]	岡本 進 他	35
県民のPhysical Working Capacityに関する研究 (その3) [Vol.4 1983]	佐藤 尚武 他	39
県民のPhysical Working Capacityに関する研究 (その4) [Vol.5 1984]	佐藤 尚武 他	47
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その1) [Vol.4 1983]	岡本 進 他	53
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その2) [Vol.5 1984]	岡本 進 他	67
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その3) [Vol.6 1985]	岡本 進 他	76
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その4) [Vol.7 1986]	岡本 進 他	83
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その5) [Vol.8 1987]	佐藤 尚武 他	92
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その6) [Vol.8 1987]	佐藤 尚武 他	99
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その7) [Vol.9 1988]	佐藤 尚武 他	106
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その8) [Vol.9 1988]	佐藤 尚武 他	110
ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (その9) [Vol.10 1989]	佐藤 尚武 他	117
婦人体操クラブの活動における運動強度 [Vol.5 1984]	佐藤 尚武 他	127
バスケットボールのゲームにおけるレフリーの運動強度 [Vol.6 1985]	佐藤 尚武 他	137
児童のなわとびにおける運動強度と運動効果 [Vol.7 1986]	佐藤 尚武 他	143
滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (その1) [Vol.6 1985]	佐藤 尚武 他	150
滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (その2) [Vol.6 1985]	寄本 明 他	157
滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (その3) [Vol.7 1986]	寄本 明 他	162

滋賀県の陸上長距離選手における最大酸素摂取量について [Vol.6 1985]	宮本 孝 他	168
滋賀県の高校陸上競技選手の体力について [Vol.7 1986]	宮本 孝 他	172
陸上競技選手の競技力に関する研究 [Vol.9 1988]	佐藤 尚武 他	179
陸上競技選手の競技力に関する研究 [Vol.10 1989]	佐藤 尚武 他	187
高齢ゲートボール愛好者の体力とゲーム中の運動強度の検討 [Vol.8 1987]	佐藤 尚武 他	193
高年婦人におけるリズム体操クラブでの運動強度と有酸素能力 [Vol.9 1988]	寄本 明 他	208
高年者の生活活動水準に関する研究 [Vol.10 1989]	寄本 明 他	214

●運動学編

体育・スポーツ運動の「コンピューター分析システム」 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	223
「1/200秒、高速度ビデオの世界」 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	226
「低鉄棒：踏み込みけ上がり」の運動学的研究 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	228
剣道の面打ちにおける初心者と有段者の比較研究 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	231
「テニス：フォアハンドストローク」の運動学的研究 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	234
バレーボールのスパイクに関する運動学的研究 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	236
「野球肘」に関する運動学（Bewegungslehre）的一考察 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	238
体育・スポーツ領域における「テレビプリンター」の活用 [Vol.5 1984]	三浦 幹夫	240
バレーボールゲームの分析プログラミング [Vol.6 1985]	三浦 幹夫	243
体育・スポーツ運動のコンピュータ分析システムの発展 [Vol.6 1985]	三浦 幹夫 他	256
運動分析システムの改善と発展 [Vol.8 1987]	三浦 幹夫 他	260
大容量データ処理のためCRTに高速描画し特定点を数値化する プログラムの開発 [Vol.9 1988]	松原 周信 他	266
ビデオ撮影による体育・スポーツ運動の「コンピュータ分析システム」 における変遷 [Vol.10 1989]	三浦 幹夫	274
わかりやすい資料作成のためのプログラム開発と工夫 [Vol.10 1989]	三浦 幹夫	277
障害児「走運動」のモルフォロジー的研究 [Vol.4 1983]	三浦 幹夫	285
ボクシング競技における運動正確性の問題 [Vol.4 1983]	三浦 幹夫	294
馬術競技における運動学的研究 [Vol.4 1983]	三浦 幹夫	301
体操競技：女子跳馬におけるロンダート・後方宙返り1回ひねり に関する運動学的研究 [Vol.6 1985]	小林 明子 他	308

体操競技：女子段違い平行棒における後方車輪に関する運動学的研究	[Vol.8 1987]	小林 明子 他	311
バスケットボール：「3点シュート」に関する運動学的研究	[Vol.8 1987]	三浦 幹夫 他	314
テニスのプレイ・スタイルに関する運動学的研究 [Vol.9 1988]		三浦 幹夫	320
体操競技における採点上の問題 [Vol.9 1988]		鳥山 治一	332
「グラフのテニス」に関する運動学的研究 [Vol.10 1989]		三浦 幹夫	338
若年層におけるスポーツ外傷・障害に関する運動学的研究とその予防 に関する運動学的提言 [Vol.7 1986]		三浦 幹夫 他	343
老年スポーツの運動学的研究（その1） [Vol.8 1987]		三浦 幹夫 他	353
老年スポーツの運動学的研究（その2） [Vol.9 1988]		三浦 幹夫	366
高齢者スポーツの展望 [Vol.10 1989]		新野 守	370

●スポーツ医学編

若年層におけるスポーツ傷害とその予防に関するスポーツ医学的研究（その1）	[Vol.5 1984]	木下 修二郎 他	381
若年層におけるスポーツ障害とその予防に関するスポーツ医学的研究（その2）	[Vol.6 1985]	木下 修二郎 他	391
若年層におけるスポーツ傷害とその予防に関するスポーツ医学的研究（その3）	[Vol.7 1986]	永井 彰 他	399
若年層におけるスポーツ外傷・障害とその予防に関するスポーツ医学的研究（その4）	[Vol.8 1987]	永井 彰 他	406
医学面よりみた老化について（その1）－文献を中心に－	[Vol.8 1987]	木下 修二郎 他	412
滋賀県女子高生の貧血の実態調査とそれに関わる諸問題について	[Vol.10 1989]	菊地 はるひ 他	416

●歴史編

滋賀県諸藩における武芸教育に関する研究（その1） [Vol.6 1985]	村山 勤治	423
近江諸藩における武芸教育に関する研究（その2） [Vol.7 1986]	鈴木 一郎 他	438
幕末から明治初期における近江剣客評について（その2） [Vol.9 1988]	鈴木 一郎 他	447
近江諸藩における武芸教育に関する研究（その3） [Vol.8 1987]	村山 勤治	454
水口藩に行われた武術諸派について [Vol.8 1987]	鈴木 一郎 他	458
膳所藩における種田流槍術について [Vol.10 1989]	村山 勤治 他	464

●資料及び講演会録編

講演：スポーツ指導に関する心理学的諸問題 [Vol.1 1980]	長田 一臣	477
資料：若年層におけるスポーツ傷害とその予防に関する研究（その1）		
	[Vol.5 1984]	豊田 一成 483
資料：若年層におけるスポーツ傷害とその予防に関する研究（その2）		
	[Vol.6 1985]	豊田 一成 493
資料：若年層におけるスポーツ外傷・障害とその予防に関する研究（その3）		
	[Vol.7 1986]	豊田 一成 500
資料：高齢者用運動種目選定に関する文献的検索 [Vol.8 1987]	豊田 一成	506
資料：熟年者，高齢者に適した運動種目の開発 [Vol.9 1988]	村山 勤治 他	516
資料：レイカディア開発種目実施要項 [Vol.10 1989]	村山 勤治 他	526
講演：スポーツ外傷の予防と救急処置について [Vol.10 1989]	畑 正樹	534

滋賀県スポーツ科学委員会歴代研究員一覧		536
索引（上下巻共通）		538

びわこ国体候補選手の機能測定結果

平 賀 正 治

各競技種目の選手諸君が記録向上のために練習にはげんでいるが、よりよい効果的により効率よくその目的を達成するためには、個々の選手を持つ身体的能力にあわせて計画をたてる必要がある。身体的能力を知り、そして低い能力を高めることの努力をしなければ練習の効果も半減するであろう。

身体的能力については、それぞれの競技種目の特性を配慮して側定しなければならないが、基礎体力から見ることにより、各競技種目を越えて、個人の能力の原点をさぐることになる。

本県における生理機能測定に対する意識は低く部分的には理解があっても、測定結果をどのようにみるか、そしてどのように生かしていくのかという点になるといまひとつものたらない感じがする。たしかに、体験的な指導の中には意味のあるものが多く含まれている。しかし、それらの多くものは科学的な説明をつけられるものである。より効果的な指導を目指す時には、やはり理論的な背景をふまえて指導することがのぞましいと考える。

55年度から動き始めた測定部門であり、じゅうぶん理解されない状態である。本来ならば、期間をかけ、競技団体との検討会を持ち、測定を積み重ねていくことにより生きた測定結果となったはずである。また、測定場所、スタッフなどにもない状態であり、検者も本測定だけが仕事という立場でなく、データ整理もままならず、選手諸君の資料提供が遅れたことをお詫びする。

◎測定について

1. 測定項目

測定項目については、下記の項目をとりあげた。

- 筋力…背筋力、握力、腕屈筋力、脚伸展力、腕引・押力
- 最大酸素摂取量
- 全身反応時間

○その他、皮脂厚、無酸素パワー

各測定項目の意味をのべておきたい。

筋力については、ただ単に最大筋力を求めても答えの得られないものもあるが、基礎体力という観点から見れば、筋力も高いことは必要であることから、そのような見方から測定を行なった。

最大酸素摂取量は、競技種目の大多数が、有酸素の運動であり、無酸素的運動種目が対象となっても人数は少ないであろうし、もしそうであれば、最大酸素負荷量の測定にかえればよいとの判断をした。この項目は一口でいえばスタミナがあるかないかということの指標になりうるということである。スタミナがあれば余力をもって競技することが可能である。有酸素運動を行なう時、どのくらいの酸素を体内に取り込むことができるかを見ている。この測定と同時に、換気量を測定している。また、心電図も記録し、最高心拍数も測定した。

次に全身反応時間であるが、筋-神経系と関係を見ようとしたものである。外からの刺激に対応する速さを計測した。光刺激を与え、光信号を合図に台上に立っている選手は、できるだけ素速く台から足底部をはなすという測定である。台にはストレングージを貼布し、台に加わる圧変化を記録、また、人の動きを前脛骨筋から筋電図として誘導記録した。

刺激は感覚受容器より中枢へ、中枢から筋へと伝導されるが、それまでの時間を神経伝導時間、または動作開始時間、続いて動作終了時までを筋収縮時間とよぶ。

筋活動が起ったと同時に動作がなされるものでなく、ある力が蓄積されて外へ動作として表現されるものであり、パワーが大きいもの程、筋活動開始から動作としての動くという形に表現するのが速いということが云える。現在までの測定で最も速かったのは、陸上競技短距離の飯島選手であり、動作開始時間154msec、筋収縮時間96msec計250msecである。

2. 対象者

対象とした選手は県体協から指定された選手、ならびに各競技団体から依頼された選手である。測定人数は92名、13競技からの参加である。

なお、測定は2回行なった。第1回目は55年5月、第2回目は55年12月である。これはシーズンに入っている競技種目や、オフの競技種目があり、どのような状態の測定値か問題がでてくるので、2回の測定を受けることにより、測定値が生きてくると考えたからである。

測定場所は滋賀医科大学保健体育実験室において行なった。

◎結果について

日本一流選手の測定値と本県選手との対比で各項目を見た。本県選手の個々の位置付けを明確にするために測定値を個々に・印で表示した。(例数も少ないこともあるが)

図1は背筋力である。男子からみると、銃剣道の2例はコーチであり、年齢も高いので資料としてのせておいた。銃剣道、ソフトボ

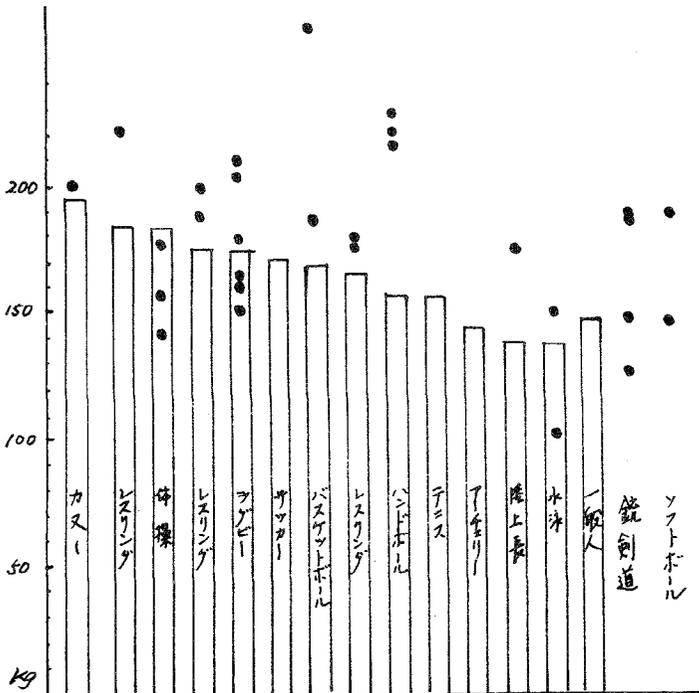
ールの一流選手の資料がないので、それぞれの種目特性などから推定した。全般的に見て本県選手の背筋力の値は高いとみてよいであろう。競泳で1名低い値を示しているが、この項目だけでなく全項目が低い値であり、これからの選手であろう。

女子も比較的高い背筋力値を本県カヌー選手が出している。測定した本県女子選手の中では年齢が高く、練習の積み重ねのたまものである。この選手は昭和55年度社会人大会で優勝している。

背筋力は言葉の上では背部の筋力を見ると考えやすいが、実際には、腹部、下肢筋群がまた、上体の筋群まで動員しているので、全身に近い筋力を見ているとしてよい。体重との相関が高い。

図2は握力である。男女とも一応の水準にあると見てよいであろう。全般的にみると一流水準では体格の大きい選手が握力も大きな値を出している傾向がみられる。また、握力は筋力との間に比較的高い相関がある。東京大学体育学研究室の調査によれば、腕力0.84、脚力0.76、背筋力0.75の相関を認めている。しかし、統計的なもので、個人差もあり、その時々コンディションにも影響されることがあることを忘れてはならない。

図1 一流選手背筋力 男 ・県選手



一流選手背筋力 女 ・県選手

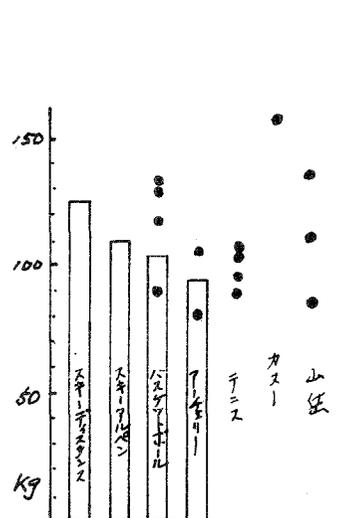
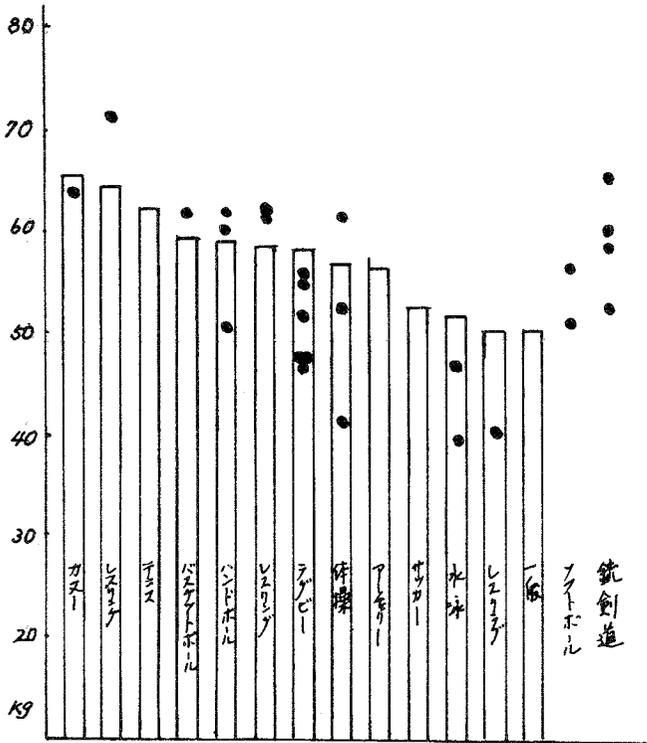


図2 一流選手握力(右)男 ● 県選手



一流選手握力(右)女 ● 県選手

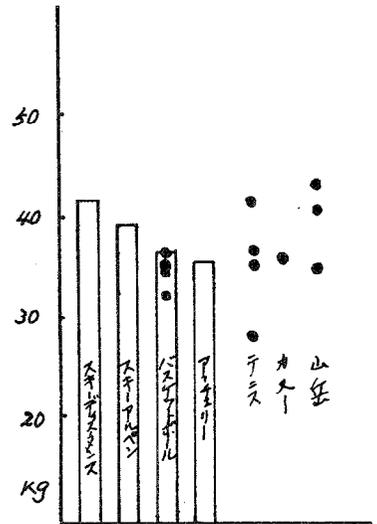


図3は脚力を示したものである。水平式片脚力での値であるが、本県選手の値は全般的に低い。ちなみに一般人20才男子の平均値は68kg前後同じく女子では48kg程度である。モントリオールオリンピック日本代表選手の平均値男子102kg、女子68kgであった。他の筋力と同様からだの大きい選手の値は大きい。

次に腕屈筋力を図4に示した。本県選手の多くは高い値を見せている。がしかし、一部の女子競技種目では値が0kgの選手が数名いる。測定後、器械のチェックを行ない、低い値でも計測できることを確認したので間違いはない。計測方法が理解できない状態で測定してしまった結果と考えた。一般女子(20~30才)では12~13kgの筋力がある。

図5、6は対体重最大酸素摂取量をみたものである。単位時間内にどれだけ酸素を摂取することができるかをみるもので、身体の大きさにも関係

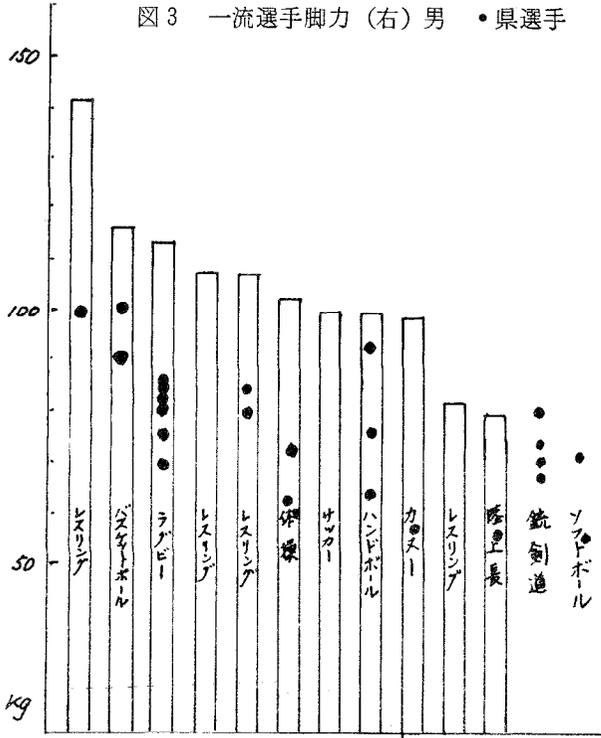
があるので、体重で割算して比較している。男子ではマラソン選手83ml、陸上長距離選手77ml、水泳短距離選手63ml、カヌー選手59mlという測定値がある。他の測定値などと対比して本県選手の値は特に問題になるものではないであろう。女子も男子と同様なことがいえるだろう。

図7は全身反応時間の測定結果であるが、本県選手の大多数の値が悪く、この原因はなにかをさぐるか必要性を感じる。図にプロットできない測定値の選手が多く、図の上では参考になるものが見られない。

反応時間の内容からみると、本県選手の場合には筋収縮時間に延長がみられる。動作開始時間は平均値である選手が多い。

この他、皮脂厚、無酸素パワー測定も実施した。皮脂厚は選手個人の健康管理の資料をねらったものである。無酸素パワーについては、他の研究報告例が少なく参考とした。

図3 一流選手脚力(右)男 ● 県選手



一流選手脚力(右)女 ● 県選手

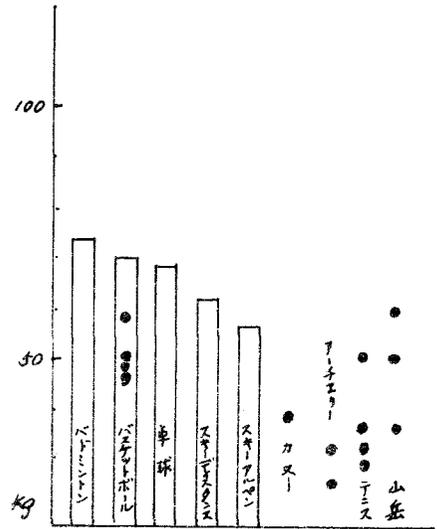
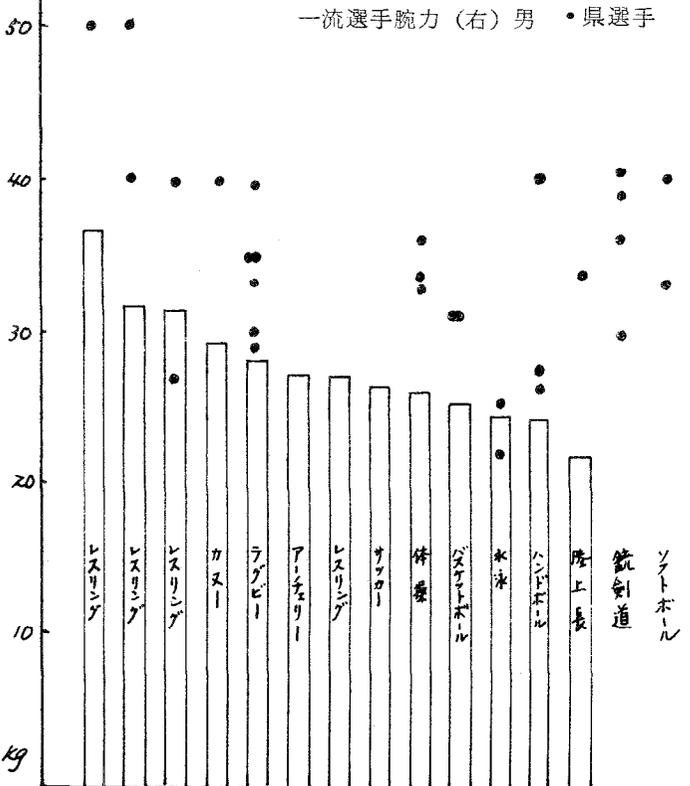
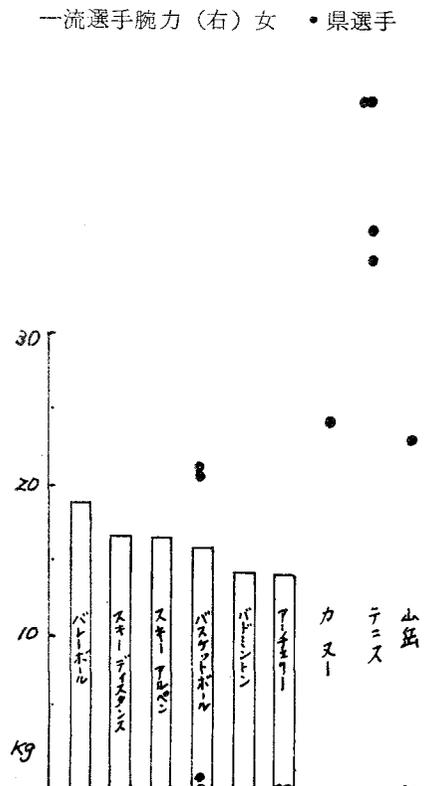


図4

一流選手腕力(右)男 ● 県選手



一流選手腕力(右)女 ● 県選手



一流選手最大酸素摂取量 男 県選手

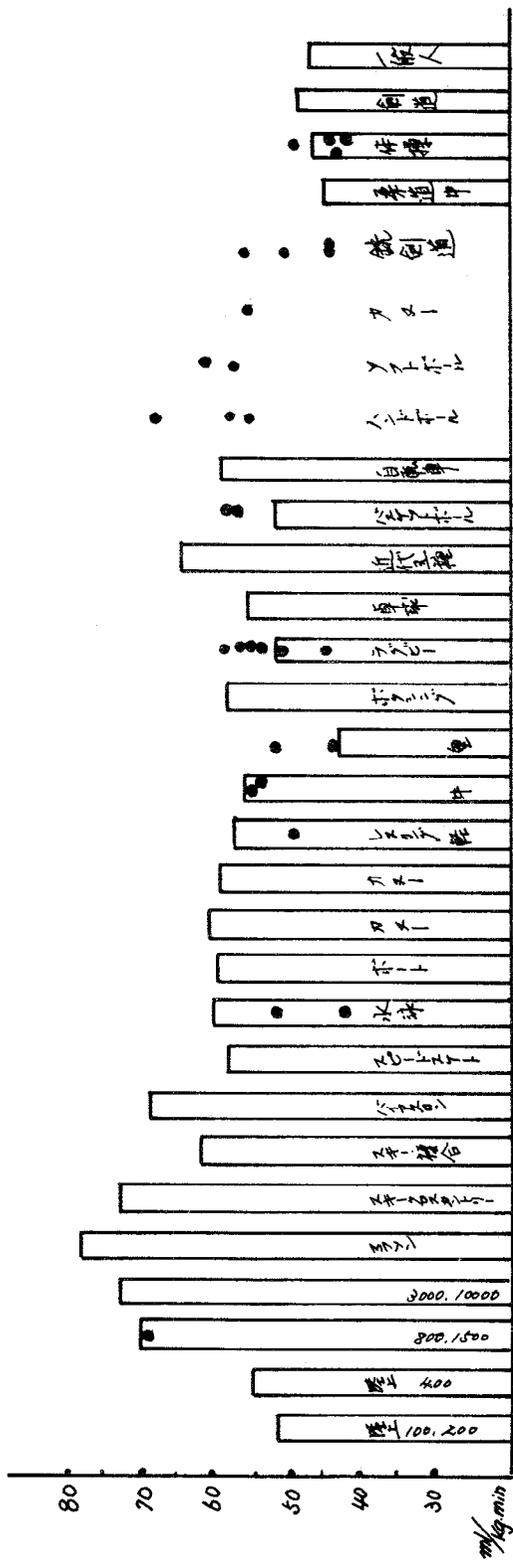
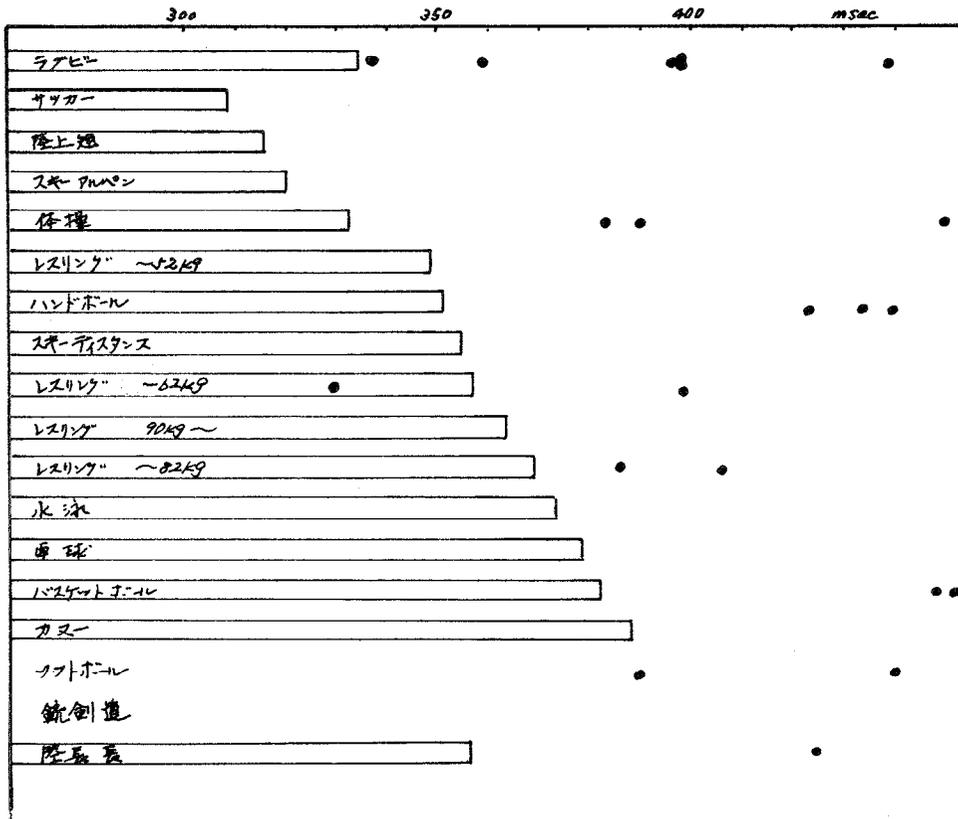


図 7

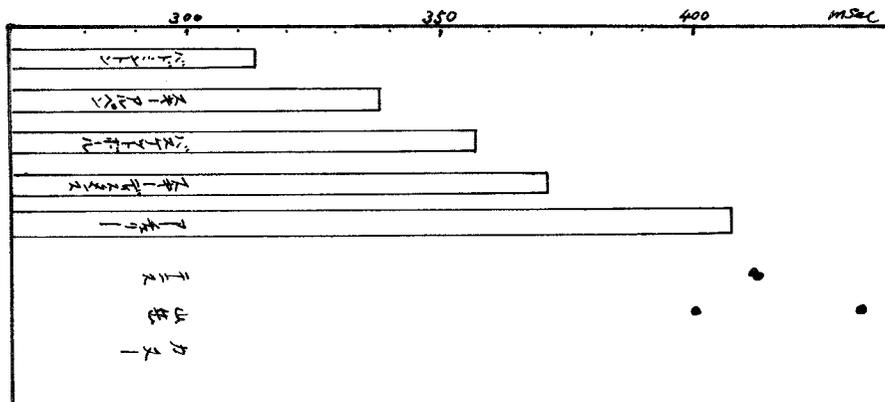
一流選手全身反応時間 男

● 県選手



一流選手全身反応時間 女

● 県選手



◎まとめ

以上、各項目ごとにみてきたが、全体を通して考えてみたい。

まず初め取り上げなければならないのは、脚のパワー不足であろう。脚伸展力、全身反応時間などからみてもパワーの不足がもたらした結果と推察する。本測定項目決定の際、パワー測定も計画していたが、経費の関係でおとしてしまったことはまことに残念でならない。

筋が収縮し動作として表現されるのだが、筋の場面においては、動筋、拮抗筋、協同筋などと呼ばれる関係がある。すばやい動き、最も筋力を出すという時にはこの関係がスムーズにならなければならない。このような面のトレーニングに欠けたものがあつたのではないか。たとえば、女子腕屈筋力だが、ボールをあつかう場合、投げる、押すというものに焦点をあわせてしまうと、引くということがうすくなってしまふ。反対の筋すなわち、拮抗筋の強化も同様に行なうことにより、パ

ワーアップにつながるのではないか。これは下肢筋にも云えることであつて、主動筋に対する拮抗筋のトレーニングも加味していくことが必要なのではないだろうか。拮抗筋はかならずしも言葉通りの拮抗筋ではない。過度の伸展を抑える役目も持っているのであるからなお力点をおく必要がある。

次により、高い全身持久性を求めたい。余力のある状態で競技にのぞむべきであり、そのベースであると考えらる。

本県選手の中には全日本の選手も居り、測定値そのものも高い値を示すのは当然であろう。身体的能力が高いから記録が高いとはいえない。しかし、一流選手が高い値を示しているということは事実であり、記録をのばす一つの資源が充実しているかどうかという見方で測定結果を読みとることは必要なことではないだろうか。

種目	氏名	年齢	性別	身長	体重	背筋力	握力		腕屈筋力		脚伸展力		腕引力
				cm	Kg	Kg	右	左	右	左	右	左	
レスリング	M	24	男	172.9	70	200	62.9	57.8	35	38	63	76	66.1
	"			172.2	71		60.6	51.3	40	45	85	83	59.9
カヌー	N	30	女	155.4	52.2	158	34.4	30.2	24	24	38	35	33.5
	K	31	男	173.2	70.6	203	64.8	64.9	40	37	56	65	66.0
ラグビー	I	22	男	170	69.9								
	"			168.7	68.2	179	47.1	44.8	30	26	83	82	41.1
	"			169.5	67.0	190	45.0	47.6	83	82	76	69	59.8

種目	氏名	年齢	性別	腕押し力	サイド	垂直跳	全身反	最大酸	最高	皮脂厚			
				Kg	ステップ	cm	応時間	素摂取	心拍数	上	腕	腹	背
レスリング	M	24	男	67.4			330	52.9	186	8	8	10	55.6
	"			65.7			325	54.2	190	6	10	10	55.12
カヌー	N	30	女	40.1			500	52.1	168				55.7
	K	31	男	79.2			480	55.6	210				55.7
ラグビー	I	22	男				511	43.7	190				55.5
	"			41.1			398	54.7	180	5	8	8	55.12
	"			54.3			475	43.5	184	11	9	10	56.6

長時間運動における体温調節機能の性差

岡 本 進 (滋賀県立短期大学)

寄 本 明 (滋賀県立短期大学)

佐 藤 尚 武 (滋 賀 大 学)

1. 研究の目的

女性が積極的にスポーツに参加するところには、女子スポーツの社会的な偏見のうすれとともに、女子のスポーツに対する意識の変化があげられる。今日では女子の競技人口は著しく増加し、女子マラソンを始めとして、多くの競技では男女差が短縮する傾向にある。男女のもつ身体的な構造や機能における相違は、体力や運動能力に性差をもたらしているが、この差は究極には量的な差の現象と考えられている^{2,4,7,8)}。

ところで、持久的な運動に対する身体の適合性の性差を観察する場合、機能的な面では酸素の利用や熱源の利用などとともに、体温調節能力は重要である。ことに暑熱下の長時間運動に対しては、放熱系の優劣が運動の成果を決定するといっても過言でない。一般に暑熱下の放散能力は、女性では男性よりすぐれているとする見解^{5,14,22,23)}が多いが、長時間運動時の性差に関する研究は比較的少ない。最近のアメリカスポーツ医学会¹⁾では、女性の長距離走の参加に対して、女性の鍛練者における暑熱環境や運動に対する体温調節機構には、十分な耐性が認められるという見解を示している。

本研究は、女性の持久的な運動に対する適性をみるために、長時間運動時の生理的反応を観察し、とくに体温調節機構の性差について検討を試みた。

2. 実験方法

(1) 被 験 者

被験者は、19歳～21歳の大学運動部に所属する健康な女子学生6名と男子学生7名である。実験に先だって身体計測を行ない、最大酸素摂取量

($\dot{V}O_2 \max$) を自転車エルゴメーター (モナーク社製) によって漸増負荷法で測定した。被験者の年齢、身長、体重、 $\dot{V}O_2 \max$ は表1に示したとおりである。

表1 被験者の身体特性

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Maximum $\dot{V}O_2$ (ℓ/\min)	O ₂ Intake (ml/kg/min)
Female					
I. U.	19	150.0	50.6	1.876	37.1
T. A.	19	156.5	55.2	2.416	43.8
K. S.	19	154.0	55.9	2.258	40.4
N. K.	20	162.0	56.4	2.026	35.9
S. N.	20	164.0	56.7	2.436	43.0
T. M.	20	156.0	51.6	2.444	47.4
Mean	20	157.1	54.4	2.243	41.3
SD	1	5.2	2.6	0.241	4.3
Male					
K. M.	19	166.0	65.5	2.951	45.1
M. Y.	19	174.0	54.7	2.926	53.5
H. I.	20	170.0	60.3	2.902	48.1
T. K.	21	172.0	56.9	2.730	48.0
A. O.	21	186.0	71.2	3.569	50.1
T. O.	21	170.0	64.5	2.888	44.8
Y. T.	21	161.0	57.0	3.259	57.2
Mean	20	171.3	61.4	3.032	49.5
SD	1	7.8	5.9	0.285	4.5

(2) 環境および運動条件

実験は、室温25℃、相対湿度60%に設定した人工気象室にて、昭和56年7月下旬から8月上旬にかけて実施した。

運動は自転車エルゴメーターを用い、回転速度50 rpmにて1時間のペダリングを行わせた。負荷強度は、男女とも450 kpm/minの一定負荷と、50% $\dot{V}O_2 \max$ に相当する相対的負荷の2種類とし、

それぞれ日をかえて実施した。なお、女子では性周期を考慮して排卵前の低温期に実施した。

(3) 測定項目とその方法

半袖シャツ、ショートパンツおよびシューズを着用させた被験者を人工気象室で30分以上の椅座位安静にした後、安静時終末5分間、運動時60分間および回復期30分間にわたり、心拍数、酸素摂取量、皮膚温、大腿組織温、背部発汗量および温冷感について測定した。

心拍数は、胸部双極誘導による心電図を連続記録し、毎分のR棘全数から求めた。

酸素摂取量はダグラスバッグ法にて採気し、湿式ガスメーターで呼気量を測定し、ショランダー微量ガス分析器でO₂ およびCO₂濃度を分析し求めた。採気は安静時終末の5分間、運動時では15分ごとに1分間、回復期では15分ごとに5分間とした。

皮膚温は、サーミスター温度計（宝工業, P XK-67型）により、胸部（右乳頭の3cm上部）、上腕部（右外側中央部）、大腿部（右外側中央部）、下腿部（右外側中央部）の4か所において1分ごとに連続記録（宝工業, PH-212-6型）した。平均皮膚温の算出では、Ramanathan¹⁵⁾の公式を用いた。

大腿組織温の測定では、熱流補償法による深部体温計（テルモ, CTM-201型）を用い、左大腿中央部に感温プローブ（PD-1型）を装着させ、1分ごとに記録した。このプローブは、原理的には皮下約10mmの組織温を検出することができるとされている。

背部発汗量は、Ohara⁹⁾のカプセル濾紙法のカプセルを改良した方法を用い、右肩甲骨直下で10分ごとに採汗した。

温冷感は、表2に示す11段階からなるスケールを空調衛生工学会温冷感小委員会試案¹³⁾に基づいて作成し、5分毎に申告させた。

3. 実験成績

図1は一定負荷強度（450kpm/min）の運動による心拍数、酸素摂取量、大腿組織温、平均皮膚温および背部発汗量の経時変化であり、男女

表2 全身的温冷感の尺度と評点

評点	尺	度
11	very very hot	非常に暑い
10	very hot	かなり暑い
9	hot	暑い
8	warm	暖かい
7	slightly warm	少し暖かい
6	neutral	ふつう
5	slightly cool	少し涼しい
4	cool	涼しい
3	cold	寒い
2	very cold	かなり寒い
1	very very cold	非常に寒い

それぞれ5名の平均値で比較している。

心拍数は運動開始とともに上昇し、20分後には女子で139拍/分、男子で104拍/分に達し、以後その水準を保持している。この時点における安静時に対する増加率は、女子で106%、男子で57.6%を示し、明らかに男女差が認められる。

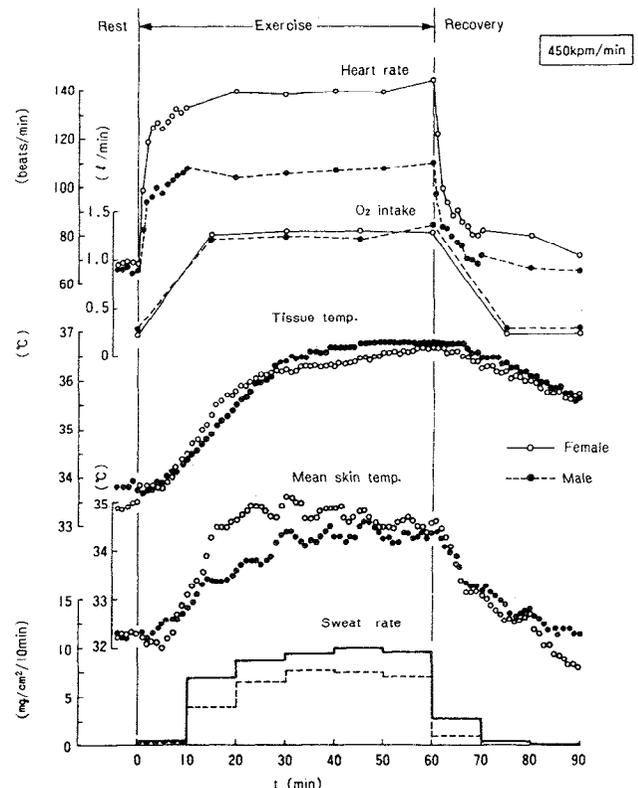


図1 一定負荷時における心拍数、酸素摂取量、大腿組織温、平均皮膚温および背部発汗量の変化

酸素摂取量は安静時には0.2 ℓ/min 程度であるが、男女とも運動15分では1.5 ℓ/min 程度に上昇し、運動中はこの水準を維持して定常状態を保っており、男女の差はほとんどみられない。

大腿部の組織温は、安静時では女子が33.5℃で、男子の33.9℃よりわずかに低い値を示している。運動時では女子の運動初期の上昇が急激であって、一時男子を凌駕するが、運動中盤で逆転し、運動終了時ではほとんど差がみられない。

平均皮膚温の安静時値は男女とも32.3℃と変わらず、運動にともなって一過性の低下を示し、その後上昇に転じている。女子では運動開始後10分からの上昇度は急で、運動時15分から30分にかけて男子より約1℃高い温度を示している。その後は波動的な変動はあるが、運動終了まであまり男女の差は認められない。

背部発汗量は、運動開始後10分までは男女ともごく微量しか観察されない。運動10分以後からの発汗量は、女子では男子より多い。女子では40分から50分にかけて最大値10 mg/cm²/10 min を示すのに対し、男子では30分から40分にかけて最大値7.6 mg/cm²/10min の発汗量を示している。

図2は、相対的同一負荷強度(50% $\dot{V}O_2\max$)の運動による心拍数、酸素摂取量、大腿組織温平均皮膚温および背部発汗量の経時変化であり、女子4名と男子6名の平均値で比較している。

運動にともなう心拍数の増加率は男子より女子に高いが、運動開始後20分値の安静時値に対する増加率を求めると、女子では88.4%、男子では71.0%となり、一定負荷時の場合より男女の差は小さくなっている。

運動中の酸素摂取水準はいずれも男子より女子で低く、一定負荷時で観察されなかった男女の差が認められる。

大腿組織温についてみると、安静時での女子は男子に比べ0.5℃低いですが、運動による上昇経過に伴って次第にその差は小さくなり、運動終了時ではほとんど差がみられない。

平均皮膚温では、一過性低下を示した後の急激な上昇は女子で大きいですが、20分での男子との差は0.6℃程度であって、一定負荷強度時にみられた

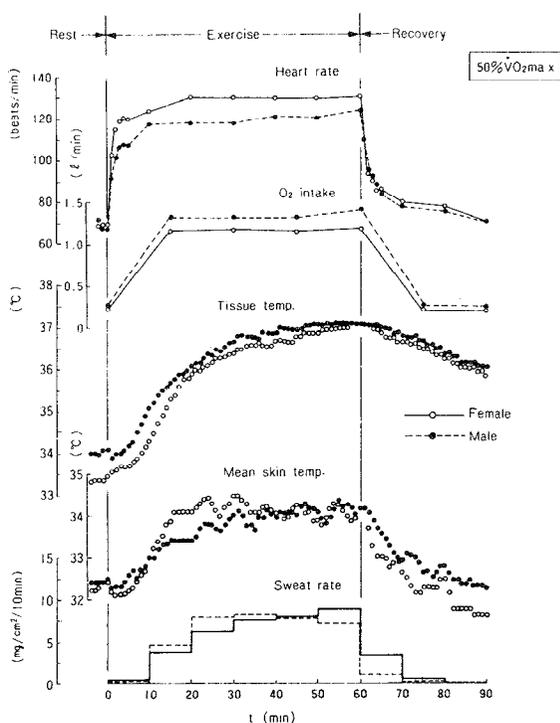


図2 相対負荷時における心拍数、酸素摂取量、大腿組織温、平均皮膚温および背部発汗量の変化

差より小さくなっている。

背部発汗量では、一定負荷強度の場合とは様相が異なり、発汗量は運動前半で女子に少ない。運動40分後から男女の差がなくなり、運動終末および回復初期では、男子より女子で多くみられる。

表3には、一定負荷時および相対的同一負荷時の酸素摂取量、心拍数、酸素脈、平均皮膚温、大腿組織温の運動終末時の平均値による男女の比較を示している。

表3 運動終末時における各種パラメーターの男女比較

	450 kpm/min			50% $\dot{V}O_2\max$		
	Female	Male	F/M	Female	Male	F/M
$\dot{V}O_2$ (ℓ/min)	1.260	1.246	1.01	1.183	1.362	0.87
HR (beats/min)	139	108	1.29	129	119	1.08
O ₂ Pulse (ml/beat)	9.2	11.8	0.78	9.2	11.8	0.78
Mean Skin Temp (°C)	34.2	34.4	0.99	34.1	34.2	1.00
Tissue Temp (°C)	36.6	36.8	0.99	37.0	37.1	1.00

一定負荷時では酸素摂取量に男女差がなく、心拍数の男女比 1.3 があるのに対し、相対的同一負荷時では酸素摂取量の男女比が 0.87 で、心拍数にはほとんど差がみられない。酸素脈ではいずれの負荷時でも男女比が同じで、0.78 である。また、平均皮膚温および大腿組織温では、いずれの場合もほとんど男女差がみられない。表には示していないが、運動中の背部の総発汗量の平均値は、一定負荷時では、男子の $33.23 \text{ mg/m}^2/\text{hr}$ に対し女子では $45.09 \text{ mg/m}^2/\text{hr}$ で、その比は 1.36 であった。相対的同一負荷では、男子の $36.79 \text{ mg/cm}^2/\text{hr}$ に対し、女子では $34.71 \text{ mg/cm}^2/\text{hr}$ でその比は 0.94 であった。

図 3 は一定負荷時における全身温冷感申告の変化を男女別に評点の平均値で示している。運動開始直後は男女とも 5.2 を示し、その後漸増する。女子では運動 25 分で最大値 9.4 に達した後、漸減しているが男子では運動中に漸増し、50 分で最大値 9.0 を示した後、やや小さくなっている。

4. 考 察

本実験の被験者は、男女とも運動部に所属しているものの、多くの場合には週 3 回の 2 時間程度のトレーニング者であった。したがって、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) をみてもわかるように、いわゆる持久的に運動適応が充分に獲得された被験者でなく、むしろ Active な健康者レベルに相当する被験者であろう。長時間の運動を $50\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ の相対的同一負荷と 450 kpm/min の一定負荷を加えたが、一定負荷時では、 $50\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ に換算すると、女子の被験者が 48~74% の範囲にあり、男子の被験者が 37~58% の範囲にあって、明らかに女子の生体負担度が男子より大きくなっていった。

実験成績の概要をみると、男女それぞれの個体差があり、個人によって必ずしも同じような変化がえられたわけではないが、平均値によって呼吸循環機能や体温調節機能に性差が観察される成績が得られた。

Åstrand³⁾ は、最大下作業時における一定の作業負荷での酸素摂取量、つまり同一作業強度に必

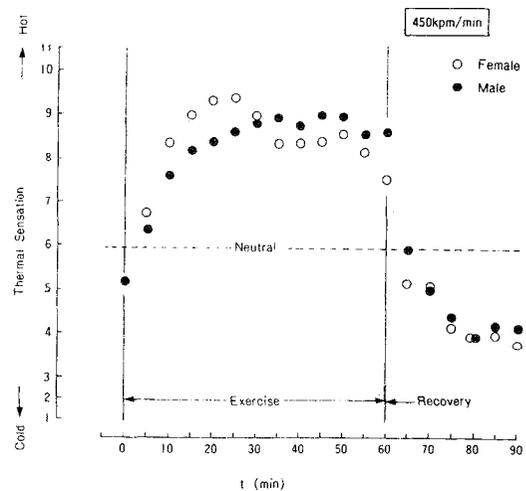


図 3 一定負荷時における全身温冷感申告の変化

要なエネルギー水準には顕著な男女差が認められないことを明らかにしている。しかし、同一の酸素摂取量に対する心拍数は女子の方が男子よりも 20~40 拍/分高いと報告³⁾している。このことは $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ との関係のみでもなお 10 拍/分ほど高いという。これらの性差は、今回の実験からも同様の成績を得ている。すなわち、図 4 は運動負荷ごとに、酸素摂取量と心拍数との関係を男女別に平均値で示したものであるが、450 kpm/min 時では酸素摂取水準に男女差がほとんど認められないにもかかわらず、心拍数は約 30 拍/分女子の方が男子より高いレベルにあり、 $50\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ 時でみれば男子より 10 拍ほど女子の心拍数が大きい値を示していることがわかる。また表 2 に示したとおり、運動終末時の酸素脈をみると、いずれの負荷強度時でも女子は男子の 78% に相当していた。この酸素脈の男女差は Åstrand³⁾ によれば心臓の一回拍出量の差であり、心容積の差を示していることになる。組織に流れる酸素の量が男女で差がないとすれば、女子では分時心拍出量の増加を主として心拍数によって補償していることになり、このような呼吸循環機能の性差は総ヘモグロビンの差を反映して

いることと考えられる。

熱流補償法による体表面からの深部温度の測定が開発され^{17,21)}、今日では深部体温計が臨床にかなり導入され、多くの臨床例が報告されるに至っている。通常、前額部や胸部の深部温を中枢深部温、手掌や足底の深部深を末梢深部温と称している。しかしながら中枢深部温は直腸温や食道温との関係でより明らかでないところもあるが、辻ら²⁰⁾の報告をみると直腸温より低いレベルであるが、よく対応しており、また谷本ら¹⁹⁾の報告では肺動脈血温とかなり高い相関関係を示している。江橋ら⁶⁾は、自転車エルゴメーターによる運動時の大腿組織温を測定し、直腸温との関係について検討している。両者の変動関係は2次曲線であらわされ、相互の関連性はきわめて高いことを報告している。本研究では大腿組織温を中枢の深部温の指標とするには一義的には問題となろうが、大腿部の皮下10mmの深部においては、活動筋群の血流動態を鋭敏に反映することから⁶⁾、運動にともなう内部温度の変動の指標として用いることにした。

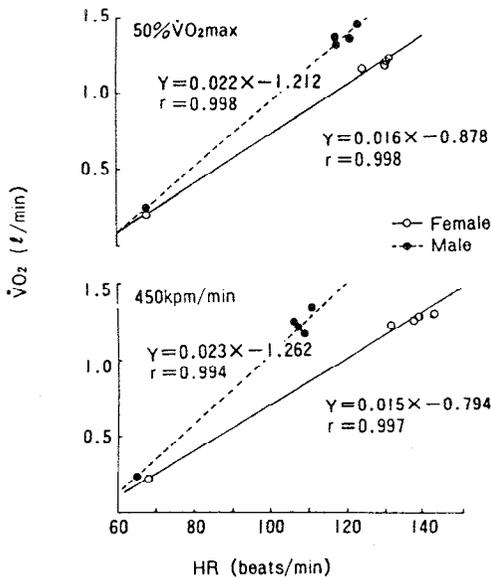


図4 酸素摂取量と心拍数との関係

図5は、運動時の心拍数と大腿組織温の変動過程を男女別に平均値で比較したものである。450 kpm/min では大腿組織温が上昇に転じる時の心拍数は、女子の129拍/分に対し男子では102拍/分であり、50% $\dot{V}O_2$ max 時のそれは女子の121拍/分に対し男子では106拍/分であった。すなわち、男子では比較的心拍レベルが低い時点から組織温に上昇がみられるが、女子ではある程度の心拍増加がみられてから大腿組織温に上昇がみられる。この場合、相対的同一負荷時では、心拍数に差があるものの、深部の組織温は同じレベルにある。しかしながら一定負荷時では女子の生体負担度が男子より大きいにもかかわらず、深部の組織温のレベルに性差がみられない。Saltin と Hermansen¹⁶⁾は60分間の自転車エルゴメーターによる体温（食道温、直腸温、筋温）は20~70% $\dot{V}O_2$ max との間で、負荷の増大にしたがい直線的に上昇することを明らかにし、また熱を産生している作業筋で、その温度が最高であることを報告している。この点から推測すれば、女子の大腿組織温が男子とあまり変わらないところには、何らか

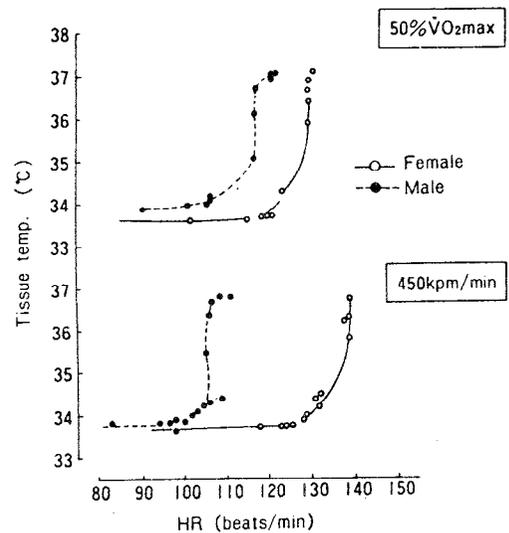


図5 運動時の心拍数と大腿組織温との関係

の放熱機転が作用して深部の組織温の上昇を抑制していることが考えられる。

運動にともなう皮膚温の時間的変化から、女子では男子より初期に高原状態に達し、そのレベルも高い傾向にあった。図6には、大腿組織温と平均皮膚温との関係を男女別に平均値で比較している。両者の関係は男子で直線関係であるが、女子では運動の前半で組織温の上昇に対する平均皮膚温の上昇が大きく、運動の中盤から後半にかけてむしろ平均皮膚温が低下を示すS字状カーブとなっている。この傾向は50% $\dot{V}O_2 \text{max}$ 時よりも生体負担度が大きい450 kpm/min 時によくみられる。このことは、女子での放熱機転が運動時の前半において循環系の促進にともなう皮膚血流量の増大につながり、主として輻射、伝導、対流などのdry heat loss でまかなわれるが、運動の後半にかけての体熱処理はwet heat loss に対する依存性が高まったことを意味している。

運動時の発汗量は、体温の上昇と密接な関係にある^{16,18)}ことは周知のところである。図7に発汗量と大腿組織温との関係を男女別に平均値で比較している。50% $\dot{V}O_2 \text{max}$ 時では男女ともほとん

ど同じ直線上にくることがわかるが、450 kpm/min 時では両者の直線関係に差がみられる。この場合、総発汗量は一定負荷強度時に女子では男子の136%を示しているが、深部の組織温の上昇を抑えている。したがって女子では明らかに発汗による放熱が促進している。相対的同一負荷時の総発汗量は女子が男子の94%であって、女子の方が少ない傾向がみられた。このことは、女子が水分損失のうえでは男子より有利であり、さらに運動時の大腿組織温の上昇に差がみられないことは、体熱平衡の面から、女子に伝導対流による放熱の多いことを示している。一般に高温環境下において女子の発汗量は男子より少なく、発汗なしの体温調節領域は女子の方が男子より広範囲に及んでいることが明らかにされており¹²⁾ その傾向が運動時の発汗においても観察されたことになる。したがって、女子は男子にくらべ汗の蒸発熱による熱放散が少なくなっており、このことは、体液の損失を少なくし、発汗による血液濃縮を抑制することになる。このような発汗にみられる性差は、最高発汗能力¹¹⁾、発汗性¹⁰⁾および皮膚熱伝導度¹²⁾の相違に起因すると考えられる。

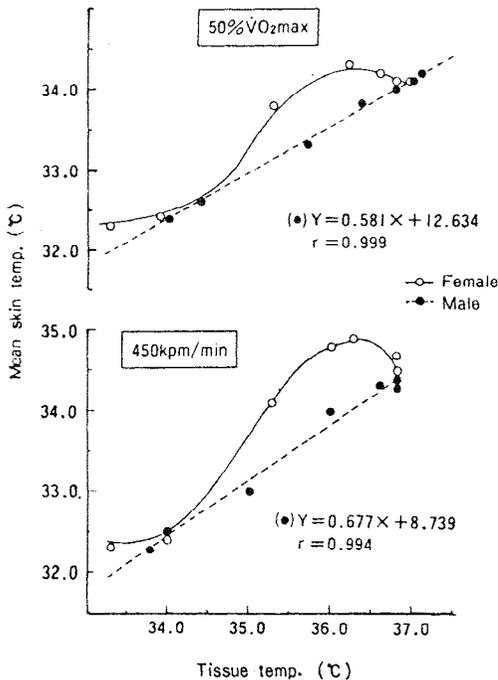


図6 平均皮膚温と大腿組織温との関係

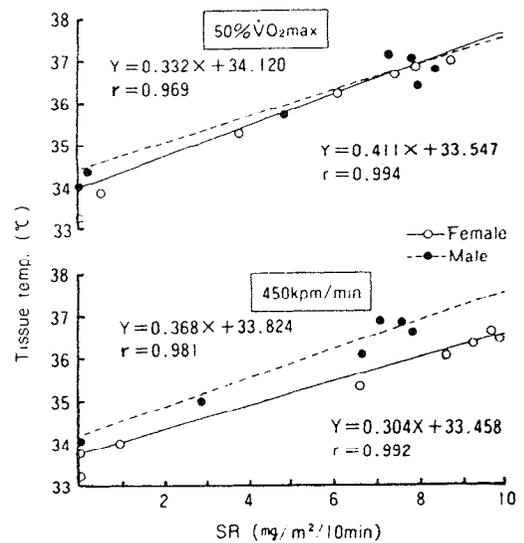


図7 大腿組織温と発汗量との関係

5. 要 約

女性の持久的な運動に対する適性をみるために、長時間の運動時における生理的反応を観察し、とくに体温調節機構の性差について検討を試みた。

被験者は、19～21歳の健康な女子学生6名と男子学生7名で、室温25℃、相対湿度60%に設定した人工気象室で、30分以上の椅座位安静後、60分間の自転車エルゴメーターによるペダリングを行なわせた。運動負荷強度は男女とも450 kpm/minの一定負荷と、50%の $\dot{V}O_2$ maxに相当する相対的な負荷とした。

えられた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 一定負荷強度でみると、運動時の酸素摂取量にはあまり性差がなかったが、心拍数では女子が男子を30拍/分上回っており、明らかに性差が認められた。運動中の背部発汗量は女子に多いが、平均皮膚温および大腿組織温では時間的変化に多少の相違があるものの、運動終末時の上昇値では男女とも変わらなかった。

(2) 相対負荷強度でみると、心拍数は女子では男子より約10拍/分上回って、酸素摂取水準は女子で多少低かった。平均皮膚温および大腿組織温の運動終末時ではほとんど性差がみられなかった。運動中の背部発汗量では、運動前半に女子では男子より少なかったが、運動の後半にはほとんど差がみられなかった。

(3) 運動時の心拍数は、女子では男子よりいずれの負荷強度でも高かったが、大腿組織温の上昇との関係には規則性が認められず、女子の循環系の促進は体温上昇の程度には反映していなかった。

(4) 主動筋上の大腿組織温の上昇には、いずれの負荷強度時にも性差がみられなかった。女子では運動の前半に循環系の促進が皮膚血流量の増加となって平均皮膚温を男子より上昇させ、dry heat lossの放熱が促進し、運動後半には wet heat lossによる放散作用の亢進がみられた。

(5) 発汗量は大腿組織温の上昇にともない直線的に増加していたが、女子では一定負荷強度時の生体負担が大きい場合には、男子より発汗を促進させて体熱平衡を保ち、相対的負荷強度時では

むしろ男子より発汗量を少なくし、水分損失を防ぐ傾向がみられた。

本研究は、日本体育協会スポーツ科学委員会編、昭和56年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No.1女子のスポーツ適性に関する研究—第1報—to滋賀県研究班として報告された。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine :Opinion statement on the participation of the female athlete in long-distance running, *Med. Sci. Sports*, **11** ix-xi, 1979.
- 2) Åstrand, I. and P.O. Åstrand :Aerobic work performance, In: *Environmental Stress* (Ed. by L. Folinsbee, et al), Academic Press, 149-163, 1978.
- 3) Åstrand, P.O., T.E. Cuddy, B. Saltin and J. Stenberg :Cardiac output during submaximal and maximal work, *J. Appl. Physiol.*, **19**, 268-274, 1964.
- 4) Döbeln, W.V. :Human Standard and maximal metabolic rate in relation to fat-free body mass, *Acta Physiol. Scand.*, **37**, Suppl. 126, 1956.
- 5) Drinkwater, B.L., J.E. Denton, I.C. Kupprat, T.S. Talag and S.M. Horvath :Aerobic power as a factor in women's response to work in hot environments, *J. Appl. Physiol.*, **41**, 815-821, 1976.
- 6) 江橋 博, 芝山秀太郎, 西島洋子, 松沢真知子 :運動時の組織温変化からみた環境温度にともなう体温調節, *体力研究*, No.47, 23-41, 1980.
- 7) 猪飼道夫, 石井喜八, 中村淳子 :血流量からみた筋持久力(II), *体育の科学*, **15**, 281-287, 1965.
- 8) Ikai, M. and T. Fukunaga :Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement, *Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol.*,

- 26, 26-32, 1968.
- 9) Ohara, K.: Chloride concentration in sweat; Its individual, regional, seasonal and some other variations, and interrelations between them, *Jap. J. Physiol.*, **16**, 274-290, 1966.
 - 10) 久野 寧: 汗の話, 光生館, 1975.
 - 11) 松井宣夫: 発汗性の性別に関する研究, 体研報, **6**, 60-69, 1955.
 - 12) 中山昭雄: 体温とその調節, 中外医学双書, 1970.
 - 13) 中山昭雄: 温熱生理学, 理工学社, 1981.
 - 14) Paolone, A. M., C. L. Wells and G. T. Kelly: Sexual variations in thermoregulation during heat stress, *Aviat. Space Environ. Med.*, **49**, 715-719, 1978.
 - 15) Ramanathan, N. L.: A new weighting system for mean surface temperature of the human body, *J. Appl. Physiol.*, **19**, 531-533, 1964.
 - 16) Saltin, B. and L. Hermansen: Esophageal, rectal and muscle temperature during exercise, *J. Appl. Physiol.*, **21**, 1757-1762, 1966.
 - 17) Slonim, A. D.: Stages in the establishment of physiological adaptation in nature and in the laboratory, *Environ. Research.*, **7**, 122-132, 1974.
 - 18) Snellen, Jan W.: Body temperature during exercise, *Med. Sci. Sports.*, **1**, 39-42, 1969.
 - 19) 谷本欣徳, 保浦賢三, 西谷 泰, 渡辺利夫: 深部体温測定の生理学的意義, 医学のあゆみ, **103**, 800-801, 1977.
 - 20) 辻 隆之, 中島一己, 竹内靖夫, 井上健治, 城間賢二, 山口隆美, 小山雄二, 須磨幸蔵, 戸川達男, 根本鉄: 身体各部の深部温とその特徴, 自律神経, **13**, 220-226, 1976.
 - 21) 戸川達男, 根本 鉄: 熱流補償法を利用した生体温度計測装置, 東医歯大医用研報告, **7**, 75-83, 1973.
 - 22) Wells, C. L. and S. M. Horvath: Metabolic and thermoregulatory responses of women to exercise in two thermal environments, *Med. Sci. Sports.*, **6**, 8-13, 1974.
 - 23) Wells, C. L. and A. M. Paolone: Metabolic responses to exercise in three thermal environments, *Aviat. Space Environ. Med.*, **48**, 989-993, 1977.

暑熱下の長時間運動における体温調節機能の性差

佐藤 尚武 (滋賀大学)

寄本 明 (滋賀県立短期大学)

岡本 進 (滋賀県立短期大学)

1. 緒言

持久的な運動に対する適性をみるために、前報⁶⁾では長時間運動による体温調節機能の性差を調べ、女性では運動の前半に循環系の促進に伴う皮膚血流量の増大によって皮膚温を上昇させ、dry heat loss による放熱を促進させるが、後半にはwet heat loss による放熱を促進させるという特性を示した。

ところで、環境温度の変化に伴ない体温調節機能が変化することは周知のところである。ことに暑熱下の長時間運動においては、放熱系の優劣が運動の成果を決定するといっても過言ではない。一般に、暑熱下の放熱能力は女性では男性よりすぐれているとする見解が多いが^{1,8,11)}長時間運動での性差を調べている報告は少ない。今回は、暑熱下の長時間運動における体温調節機能の性差について検討した。

2. 実験方法

被験者は、19~21歳の女子学生5名と男子学生5名である。いずれもバドミントン部に所属し、3年以上の運動経験年数をもっている。男子の1名は実験途中でall-outに達したので、実験成績から除いている。男女別にみた身体特性は表1に示すとおりである。

8月の中旬に、半袖シャツ、短パンツおよびシューズを着用させて、室温35℃、相対湿度60%に設定した人工気象室に入室させ、20分間の椅座位安静後、最大酸素摂取量の50%に相当する負荷強度で、自転車エルゴメーター(モナーク社)によるペダリングを50 rpm で60分間負荷させた。高温下の安静および運動曝露を通して、酸素摂取量、心拍数、舌下温、皮膚温、深部組織温、局所発汗量および全身温冷感を測定

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	% Fat (%)	VO ₂ max (ml/min/kg)
Female					
Y.I.	21	160.0	46.8	14.3	46.7
H.M.	20	156.0	53.0	19.7	50.0
M.N.	19	155.8	50.6	23.3	49.0
T.Y.	19	163.0	59.5	21.4	43.6
K.Y.	20	158.5	50.1	15.1	43.6
Mean	20	158.7	52.4	18.8	46.6
S.D	1	2.7	3.8	3.5	2.7
Male					
S.I.	20	180.0	63.8	11.4	52.8
N.Y.	19	168.5	58.6	9.5	55.8
S.O.	20	171.5	60.7	9.3	52.5
T.W.	21	173.0	62.3	10.4	56.6
Mean	20	173.3	61.4	10.2	54.4
S.D	1	4.2	1.9	0.8	1.8
P	N S	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01

した。

心拍数は、胸部双極誘導による心電図の記録から求めた。呼吸はダグラスバック法で採気し、呼吸量を乾式ガスメーター(大阪ガスメーター、KB-50)で測定し、O₂およびCO₂濃度を瞬時ガス分析装置(三栄測器、IH06)で分析した。舌下温および皮膚温はサーミスター温度計(宝工業、P XK-67)を用いて記録し、皮膚温では前額部、胸部、大腿部および下腿部で測定し、平均皮膚温の算出にはNewburgh and Spealmanの公式¹⁰⁾を用いた。深部組織温は前額部と大腿部で測定し、深部体温計(テルモ、CTM-201)を用いた。局所発汗量は、Ohara⁷⁾のカプセル濾紙法の変法を用い、右肩甲骨直下で測定した。温冷感、11段階からなるスケール⁶⁾を用いて申告させた。また、実験前後には人体天秤(神戸衝機、9709)で体重差を測定した。

3. 実験成績

図1には、暑熱下20分間の安静時および60分間の運動時における心拍数、酸素摂取量、舌下

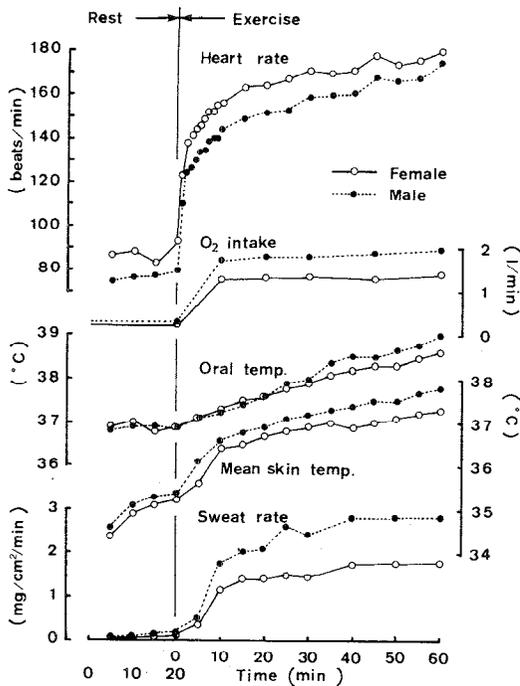


Fig. 1. Changes of heart rate, oxygen intake, oral temperature, mean skin temperature and sweat rate.

温、平均皮膚温および背部発汗量の経時変化を女性5名と男性4名の平均値で比較している。

心拍数は、暑熱下安静時ですでに女性が男性より約10拍/分程度高く、運動中も同様の傾向が見られる。また、男女とも運動中に定常状態を示さず、運動後半においても増加を続けている。酸素摂取量は、運動開始10分後に定常状態がみられ、この時の値は、明らかに男性が女性より高い。

舌下温は、安静時および運動前半において男女差はみられないが、運動30分以後男性が女性より高く、性差がみられる。経時変化は、男女とも運動開始から終了まで上昇を続けている。平均皮膚温は、経時変化にあまり性差はみられず、運動中上昇傾向にある。しかし安静時および運動時ともに男性が女性より高いレベルにある。

背部発汗量は運動初期に少ないが、5分以後から急激に増加し、40分以後ではほぼ定常状態を示すが、この状態での女性では男性より約

1.0 mg/cm²/min 少ない。

図には示していないが、安静時の全身温冷感の申告値は、女性および男性とも「8. 暖かい」の前後である。運動中は、30分以後に定常化し、その時の値は「10. かなり暑い」である。安静時および運動後半の女性の申告値は、男性のそれよりやや高い値を示している。

大腿組織温は、運動中上昇を続けるが、男女の差はみられない。前額組織温も運動中上昇を続けるが、運動後半にいたって男性の方が高い温度を示している。

Table 2. Physiological variables of females and males.

	Female	Male	P
Rest 20 min.			
$\dot{V}O_2$ (l/min)	0.228±0.036	0.291±0.033	<0.05
HR (beats/min)	87.6±4.50	80.8±7.08	<0.01
O ₂ Pulse (ml/beat)	2.71±0.40	3.95±0.34	<0.01
Oral temp. (°C)	36.9±0.1	36.9±3.6	NS
Mean skin temp. (°C)	35.2±0.3	35.2±0.5	NS
Forehead tissue temp. (°C)	36.6±0.2	36.6±0.2	NS
Thigh tissue temp. (°C)	35.2 ± 0.7	35.4 ± 0.4	NS
Exercise 60 min.			
$\dot{V}O_2$ (l/min)	1.38±0.11	1.97±0.18	<0.001
HR (beats/min)	180.0±3.1	175.0±2.7	<0.05
O ₂ Pulse (ml/beat)	7.7±0.62	11.2±0.83	<0.001
Oral temp. (°C)	38.6±0.2	39.1±0.3	<0.05
Mean skin temp. (°C)	37.3±0.7	37.8±0.7	NS
Forehead tissue temp. (°C)	38.4±0.2	39.1±0.3	<0.01
Thigh tissue temp. (°C)	38.4±0.1	38.8±0.4	NS

Values are mean ± SD

暑熱下20分間の安静終末および60分間の運動終末における各種パラメーターの男女比較を表2に示している。安静終末における女性では男性より酸素摂取量は少なく、心拍数は高く、酸素脈は小さく、これらの平均値の男女間には有意な差がみられる。しかし、舌下温、平均皮膚温、前額組織温および大腿組織温では、ほとんど性差はみられない。運動終末では女性の酸素摂取量は少なく、心拍数は高く、これらには男性との間に有意な差がみられる。女性の舌下温および前額組織温は男性のそれらより有意に低い。平均皮膚温および大腿組織温ではあまり性差はみられない。

表3には、運動中の背部発汗量の総量および体表面積当りの体重減少量の男女比較を示して

Table 3. Comparison of body weight loss and total back sweat rate in females and males

	Female		Male		P
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Body weight loss (g/m ²)	551.6	78.8	1009.2	118.5	<0.001
Total back sweat rate (mg/cm ² /hr)	93.4	41.3	144.8	33.2	NS

いる。女性の背部発汗量は男性より少なく、男性の64.5%にあたる。体表面積当りの総発汗量を体重減少量からみると、女性では男性の54.7%に相当し、0.1%水準で有意な性差が認められる。

4. 考 察

今回の運動では最大酸素摂取量の50%に相当する負荷としたが、実際には女性で57.2%、男性で59.0%である。男女とも生体負担度の割合が増大したものの、男女にはほぼ同じ程度の負荷であるが、呼吸循環機能には性差がみられる。つまり、女性では酸素摂取水準が低いが、心拍数が高い。このことは25℃での長時間運動によっても観察され⁶⁾、また高温下の運動時でも報

告されている^{4,12)}。組織への酸素供給に差がないとすれば、女性では運動による心拍出量の増加を心拍数で補償していることになるのであろう。

運動負荷による体温調節反応は、高温曝露下でより促進される。今回の環境条件では、運動による産熱亢進に対して発汗反応は重要な機転となり、放熱作用は体表面からの蒸発に依存していると考えられる。高温曝露による女性の発汗反応は、汗量および汗中電解質を減少させて対処する報告は多いが^{3,5,12)}、体温上昇に対する性差は必ずしも一致していないようである^{4,9,12)}。おそらく発汗反応は、環境や運動条件によってかなり影響をうけるからであろう。図2には、背部発汗量と舌下温および前額組織温との関係を示している。前額組織温の対応は、ほぼ舌下温の対応と類似している。これらを見ると、女性では体温上昇を少ない発汗量で抑えており、しかも体温レベルを低くしている。したがって、同じ体温上昇に対して女性ではかなり水分の損失を防ぐようであり、おそらく電解質の損失も抑えていることが推測される。

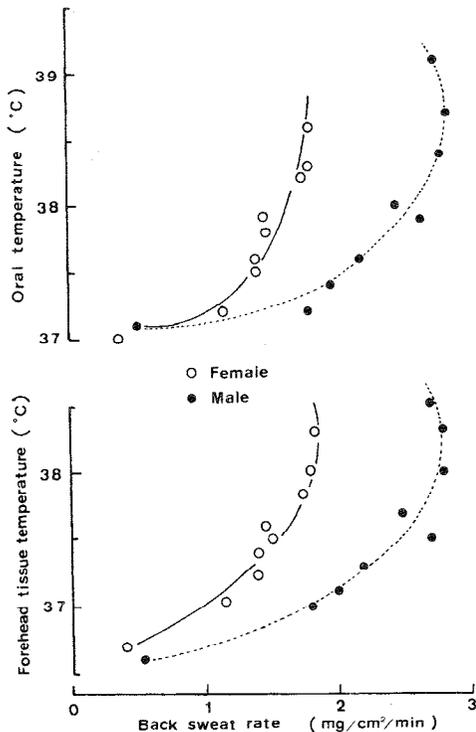


Fig. 2. Relationship between back sweat rate and oral temperature, and those between back sweat rate and forehead tissue temperature.

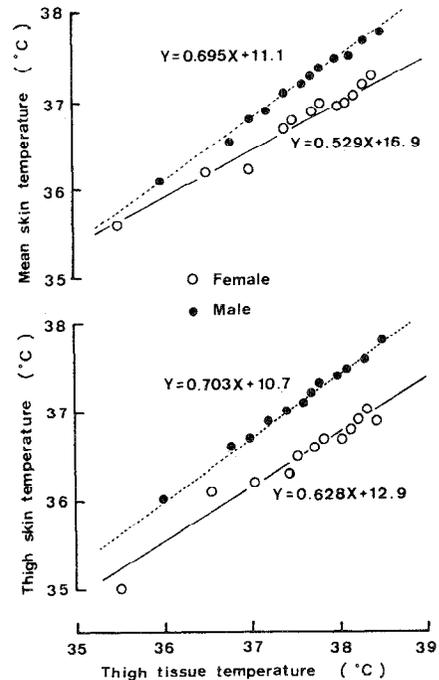


Fig. 3. Relationship between thigh tissue temperature and mean skin temperature, and those between thigh tissue temperature and thigh skin temperature.

運動に伴う内部温度の変動をみるため、大腿組織温を採用した。用いたプローブは皮下10mmまでの間の最高温度を測定するので、この温度変化は活動筋群の血流動態を反映している²⁾。図3には、大腿組織温と大腿皮膚温および平均皮膚温との関係を示している。いずれの場合も男女とも直線関係である。この時の傾きは女性に小さいので、組織温が上昇するほど性差が大きくなる。このことは女性の体内温度の体表面への伝導が小さいことを示している。したがって、女性では組織温の上昇に対して皮膚血流を減少させ、そのことが発汗量の減少に結びついている可能性が示唆される。

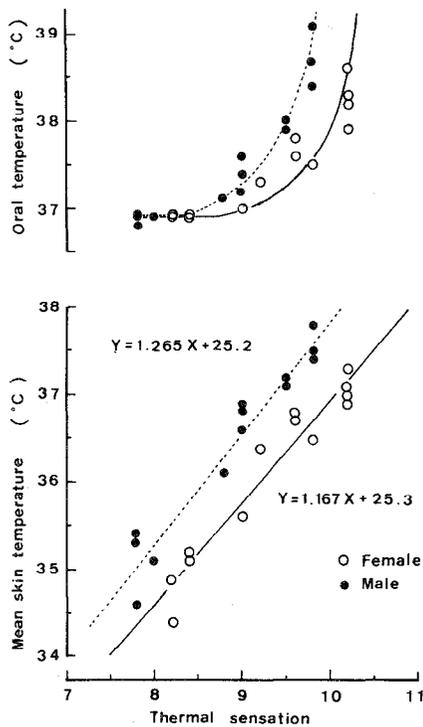


Fig. 4. Relationship between thermal sensation and oral temperature, and those between thermal sensation and mean skin temperature.

図4には、全身温冷感と平均皮膚温および舌下温との関係を示している。全身温冷感と平均皮膚温との間には、男女とも直線関係がある。表皮下の温度感受器である温点からの情報が、主観的な温冷感覚に反映しているようである。特に安静時において、舌下温が36.9℃のすなわ

ち体内温が一定であるときでも、温冷感申告値が上昇することはこのことを顕著に示している。しかし、運動中においては、体内温と皮膚温の両者が影響を与えている。運動時の女性の温冷感申告値は、男性と舌下温および平均皮膚温がたとえ同じであっても大きく、暑さに対する評価が男性より敏感なようである。

5. 要 約

運動部に所属する19~21歳の女子学生5名と男子学生5名について、室温35℃、相対湿度60%に設定した人工気象室で、20分間の椅座位安静後、最大酸素摂取量の50%の負荷で自転車エルゴメーターによるペダリングを、50rpmで60分行わせた。男子の1名は実験途中でall-outに達した。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

- 1) 運動による生体負担度は、実際には最大酸素摂取量に対し、女性では57.2%、男性では59.0%であった。
- 2) 運動終末時の男女比較では、女性の酸素摂取量は低く、心拍数は高く、酸素脈は小さかった。女性の舌下温および前額組織温は低く、また平均皮膚温および大腿組織温は低い傾向を示した。
- 3) 背部発汗量は女性で少なく、体重減少量でみると、女性で有意に少なかった。
- 4) 舌下温および前額組織温と背部発汗量との関係から、女性では少ない発汗量で体温の上昇を抑えていた。大腿組織温に性差はあまりないが、これは皮膚温との関係で1次式で表わされ、その傾きは女性に小さく、高い温度になるに従い深部と体表面の温度差を大きくしていた。
- 5) 全身温冷感は、女性の方が男性より体内温および体表面の温度情報を鋭敏に示していた。

本研究は、日本体育協会、昭和57年度スポーツ医・科学調査研究事業、わが国女子のスポーツ適性に関する研究の一部である。

文 献

- 1) Drinkwater, B.L., J.E.Denton, I.C. Kupprat, T.S.Talag and S.M.Horvath: Aerobic power as a factor in women's response to work in hot environments. *J.Appl. Physiol.*, **41**, 815-821, 1976.
- 2) 江橋 博, 芝山秀太郎, 西島洋子, 松沢真知子: 運動時の組織温変化からみた環境温度にともなう体温調節. *体力研究*, **47**, 23-41, 1980.
- 3) Fox, R.H., B.E.Löfstedt, P.M.Woodward, E.Eriksson and B.Werkstrom: Comparison of thermoregulatory function in men and women. *J.Appl. Physiol.*, **26**, 444-453, 1969.
- 4) Kamon, E., B.Avellini and J.Krajewski: Physiological and biophysical limits to work in the heat for clothed men and women. *J.Appl. Physiol.*, **44**, 918-925, 1978.
- 5) Kobayashi, Y., Y.Ando, N.Okuda, S.Takaba and K.Ohara: Effects of endurance training on thermoregulation in females. *Med. Sci. Sports Exercise*, **12**, 361-364, 1980.
- 6) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武: 長時間運動における体温調節機能の性差. 昭和56年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No 1 女子のスポーツ適性に関する研究 — 第1報 —, 153-162, 1981.
- 7) Ohara, K.: Chloride concentration in sweat; Its individual, regional, seasonal and some other variations, and interrelations between them. *Jap. J. Physiol.*, **16**, 274-290, 1966.
- 8) Paolone, A.M., C.L.Wells and G.T. Kelly: Sexual variations in thermoregulation during heat stress. *Aviat. Space Environ. Med.*, **49**, 715-719, 1978.
- 9) Shapiro, Y., K.B. Pandolf, B.A. Avellini, N.A. Pimental and R.F. Goldman: Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *J. Appl. Physiol.*, **49**, 1-8, 1980.
- 10) Teichner, W.H.: Assessment of mean body surface temperature. *J. Appl. Physiol.*, **12**, 169-176, 1958.
- 11) Wells, C.L. and S.M.Horvath: Metabolic and thermoregulatory responses of women to exercise in two thermal environment. *Med. Sci. Sports Exercise*, **6**, 8-13, 1974.
- 12) Wyndham, C.H., J.F.Morrison and C.G.Williams: Heat reactions of male and female Caucasians. *J. Appl. Physiol.*, **20**, 357-364, 1965.

高温下の暑熱反応における性差

寄 本 明 (滋賀県立短期大学)
 岡 本 進 (滋賀県立短期大学)
 佐 藤 尚 武 (滋賀大学)

1. 緒 言

体温は産熱量と放熱量の平衡により一定に維持されるが、暑熱環境下においては熱が体内で産生されるだけでなく、外界からも体内へ入ることになり、容易にうつ熱を起すおそれがある。この場合、体表面からの放熱を増大させるための第1次的な生理反応は、皮膚血管の開帳と発汗である。これにともなって、体内の塩分と水分の減少ならびに血液量の減少が起こるため、2次的に心血管系に障害をきたすことになる。したがって、暑熱への対応としては、電解質と水のバランスの再調整が必要となる。

ところで、暑熱暴露による体温一定維持機構を含む生体の恒常性の調節能力の優劣の判定には、耐熱性で評価することが多い。耐熱性の測定法としては、調節的体温上昇法⁶⁾、多重負荷耐熱測定法²⁰⁾、PHS法⁸⁾、水浴法¹⁾および発汗型法¹⁴⁾などがある。しかし、これらの耐熱性は各法独自の評価を得て、必ずしも一致した評価が得られていない⁹⁾が、発汗に関する測定の成績は類似している。近年、Inouyeら^{9,10)}は発汗に関する水分および塩分損失量に体温の上昇度を加え、耐熱性を半定量的に評価する方法を考案している。

著者らは、これまでに持久的な運動に対する身体の適合性の性差について、体温調節の観点から報告^{16,17)}してきた。今回は、高温環境下における長時間の下腿温浴および運動負荷に対する暑熱反応の性差を観察するとともに、耐熱性の性差に関する検討を試みた。

2. 実験方法

(1) 被験者

被験者は、大学運動部(ハンドボール部)に所属する19歳から20歳の女子学生6名と男子学

生6名である。これらの被験者は、日常的にほぼ同一環境条件(屋外)でトレーニングを継続している。実験に先だって、室温25°Cの条件下で、身長、体重および皮脂厚の計測後、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)を自転車エルゴメーター(モナーク社)による漸増負荷法で測定した。被験者の身体特性は、表1に示すとおりである。

表1 被験者の身体特性

	Female	Male
Height (cm)	160.3±4.6 **	172.3±5.9
Weight (kg)	52.9±5.1 *	59.2±4.6
Body fat (%)	18.2±2.5 **	12.1±2.4
Lean body mass(kg)	43.3±4.1 **	52.0±3.1
$\dot{V}O_2 \max$ (ml/kg/min)	42.1±2.5 ***	53.0±3.2

Values are means±standard deviation.

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

(2) 実験条件および手順

実験は、8月の初旬に、多くの場合には昼食の2時間後、いずれの被験者においても同一素材の半袖シャツ、短パンツおよびシューズを着用させ、室温24~26°Cの前室で30分間の安静後、室温35°C、相対湿度60%に設定した人工気象室に入室させ、入室後の15分間を椅座位安静とした後、温浴および運動負荷実験をそれぞれ日をかえて実施した。

温浴実験では、膝から下の両下肢を42°Cの大型水槽内に60分間浸漬させた。水槽内の温度調節および覚拌は、電子恒温循環装置(ヤマト科学、CTR-220およびCTE-220)を用いた。

運動実験では、自転車エルゴメーターによる60分間のペダリング運動を50% $\dot{V}O_2 \max$ の強度で負荷させた。なお、回転数は50rpmとした。

(3) 測定項目およびその方法

呼気ガスは、ダグラスバッグ法で15分毎に採気し、呼気量を乾式ガスメーター(関西ガス、

KB-50)で測定、O₂およびCO₂濃度は瞬時ガス分析装置(三栄測器、IH-06)で分析した。心拍数は、胸部誘導による心電図の記録から求めた。体温は、舌下温をサーミスター温度計(宝工業、HD111-7)で測定し、前額部の深部組織温を深部体温計(テルモ、CTM-201)で測定した。局所発汗量は、Oharaのカプセル濾紙法¹⁵⁾のカプセルを改良して、右肩甲骨直下で採汗して求めた。汗中Na濃度は、炎光光度計(日立、205)を用いて分析した。体重減少量は、人体天秤(神戸衡機、9709)による実験前後の体重差から求めた。

(4) 耐熱性の指数の算出方法

耐熱性の指数の算出にあたっては、相対的な水分損失量、体温上昇度および塩分損失量を求めるために、それぞれの上限値を、水分では体重の7%、体温では40.6°C、塩分では体重1kg当たり0.75gとして算出し¹²⁾、耐熱性の指数は以下の計算式から求めた^{9,10)}。

$$\text{相対的水分損失量} : A = \frac{\text{体重減少量 (kg)}}{\text{初期体重 (kg)} \times 0.07}$$

$$\text{相対的体温上昇度} : B = \frac{\text{体温上昇度 (°C)}}{40.6 - \text{初期体温 (°C)}}$$

$$\text{相対的塩分損失量} : C = \frac{\text{体重減少量(kg)} \times \text{平均Na濃度(mEq/l)} \times 0.058}{\text{初期体重(kg)} \times 0.75}$$

$$\text{耐熱性の指数} : I = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$$

体温上昇度に対する水分塩分損失量の比

$$: S = \frac{B}{\sqrt{A^2 + C^2}}$$

3. 実験成績

表2には、高温下の温浴および運動負荷実験における生理的な各種のパラメーターを平均値で男女比較している。

温浴条件では、女性の酸素摂取量および酸素脈の終末値は男性より有意に小さい。心拍数の終末値は、女性に小さい傾向にあるが、これらの人工気象室安静値に対する増加は、男女とも約30%である。前額組織温および舌下温の終末

表2 高温下の温浴および運動負荷による生理反応

	Female	Male
Hot bath		
Vo ₂ (l/min)	0.238±0.025 **	0.317±0.041
HR(beat/min)	92.7±10.9	99.2±7.9
O ₂ P (ml/beat)	2.63±0.35 *	3.31±0.61
Tissue temp.(°C)	37.18±0.18	36.93±0.24
Oral temp.(°C)	37.65±0.21	37.55±0.28
ΔW (kg)	0.456±0.074 ***	0.931±0.206
SV (mg/cm ² /hr)	54.0±31.9 *	92.8±18.2
Na c̄ (mEq/l)	11.9±5.7 **	43.0±15.8
Exercise		
Vo ₂ (l/min)	1.315±0.257 ***	1.878±0.088
HR (beats/min)	162.8±9.1 *	174.8±6.5
O ₂ P (ml/beat)	8.09±1.35 **	10.85±0.78
Tissue temp.(°C)	38.12±0.58	38.57±0.38
Oral temp.(°C)	38.55±0.51	38.88±0.76
ΔW (kg)	0.881±0.212 ***	1.516±0.122
SV(mg/cm ² /hr)	96.3±35.7 *	146.3±24.0
Na c̄ (mEq/l)	25.4±12.6 **	63.7±22.1

Values are means±standard deviation,Vo₂: Final oxygen intake,HR: Final heart rate,O₂ P: Final oxygen pulse, Tissue temp.: Final forehead tissue temperature, Oral temp.: Final oral temperature,ΔW: Body weight loss,SV: Total sweat volume of back origin,Na c̄: Mean Na concentration in local sweat.

*P<0.05 **P<0.01 ***P<0.001

値は、男女間に有意な差はみられない。体重減少量、局所発汗量および汗中平均Na濃度の女性値は、いずれも男性値より有意に小さい。体重減少量を初期体重に対する割合でみた体重減少率では、女性が0.87±0.17%、男性が1.59±0.46%で、有意な差(P<0.01)が認められる。

運動条件では、女性の酸素摂取量、心拍数および酸素脈の終末値は男性より小さい。酸素摂取量の終末値は室温25°Cで測定された最大酸素摂取量に対して、女性では58.5%、男性では60.1%であった。前額組織温および舌下温の女性の終末値は、男性より低い傾向にある。体重減少量、局所発汗量および汗中平均Na濃度は、温浴時と同様に、女性値が男性値より有意に小さい。体重減少率では、女性が1.66±0.29%、男性が2.58±0.30%で有意な差(P<0.001)が認められる。

図1には、相対的水分損失量(A)、相対的体温上昇度(B)および相対的塩分損失量(C)の平均値を、それぞれ条件別に男女比較している。

相対的水分損失量は、温浴および運動条件ともに女性では男性より有意に小さく ($P < 0.01$ および $P < 0.001$)、女性の運動負荷時の値は男性の温浴負荷時とほぼ同じである。相対的体温上昇度は、両条件とも女性が男性より小さいが、有意な差はみられない。相対的塩分損失量は、両条件とも女性が男性より有意に小さい ($P <$

0.001 および $P < 0.001$)。

図2には、耐熱性の指数(I)および体温上昇度に対する水分塩分損失量の比(S)の平均値を、それぞれ条件別に男女比較している。

耐熱性の指数は、温浴および運動条件ともに女性では男性より有意に小さい ($P < 0.01$ および $P < 0.05$)。運動条件では温浴条件に比べて、耐熱性の指数は女性で2.3倍、男性で2.1倍である。体温上昇度に対する水分塩分損失量の比は、いずれの条件においても女性で大きい、有意な差は認められない。

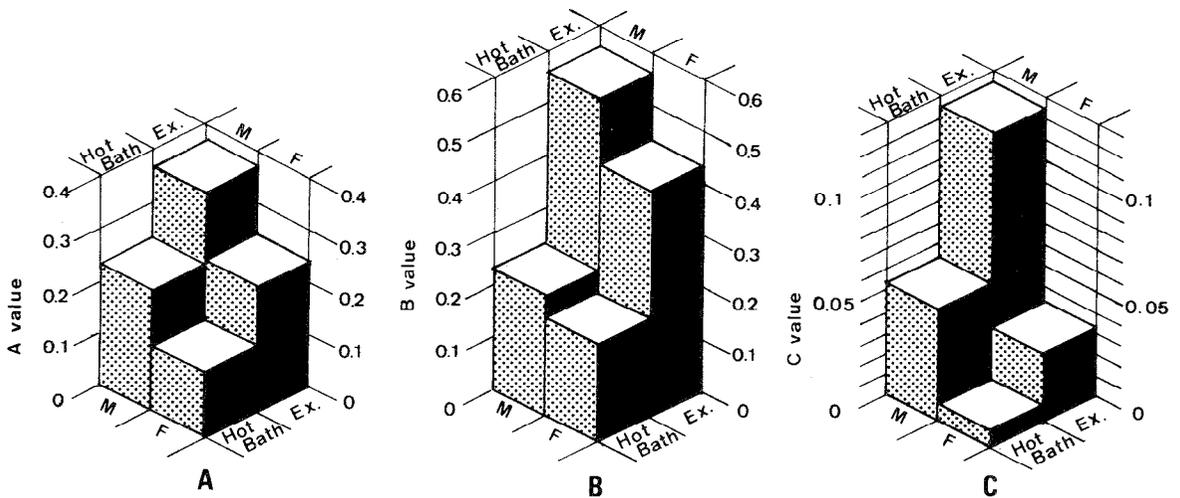


図1. 高温下の温浴(Hot Bath)および運動(Ex.)負荷時における相対的水分損失量(A)、相対的体温上昇度(B)および相対的塩分損失量(C)

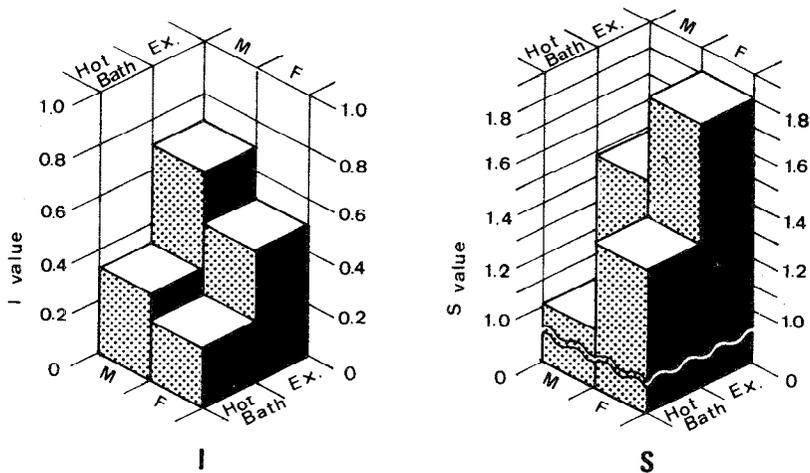


図2. 高温下の温浴(Hot Bath)および運動(Ex.)負荷時による耐熱性の指数(I)および体温上昇度に対する水分塩分損失量の比(S)

4. 考 察

暑熱環境下において、生体は発汗によって体温の恒常性を維持している。体温上昇に対する発汗量の性差をみるために、図3には温浴および運動負荷時における局所発汗量と舌下温および前額組織温との関係を平均値で男女別にプロットしている。両条件での前額組織温の変化は、ほぼ舌下温に対応している。これらの温度上昇に対し、女性ではいずれの条件でも男性より少ない発汗量で対応している。総発汗量とみられる体重減少量および体重減少率でも、両条件で明らかに女性で少ないことは、女性では無効発汗量を抑制する機能が男性よりすぐれていると考えられる。これらの成績は、高温暴露あるいは暑熱下運動時の発汗量では女性で少ないとする多くの報告^{2,7,11,13,17,18,19}と一致し、さらには女性のsweating thresholdが男性より高い⁵とする報告を認めることになる。

暑熱反応における発汗機能は、水の量的な大小と塩分濃度とが密接に関係している。図4は、温浴および運動負荷時の局所発汗量と汗中Na濃度との関係である。両者にはいずれの条件下でも、男女にそれぞれ直線関係が認められる。この場合、発汗量の増加に対するNa濃度の上昇

勾配は、女性で明らかに小さい。つまり、一定発汗量に対する女性の汗中Na濃度は男性より低い。したがって、女性の発汗は量的に少ないばかりでなく、その塩分濃度は薄いことになる。汗の水分蒸発後には皮膚表面に塩分が残るが、塩分濃度の薄い女性の汗では、男性に比べて皮膚表面で水分と空気との水蒸気分圧の差が大きくなることから、女性の発汗における放散効率が良好であることが推察される。

ところで、Ohara^{14,15})は発汗量とその塩分濃度から、4つの発汗型による耐熱性の評価法を提案している。すなわち、第1型は多汗で高塩分濃度、第2型は多汗で低塩分濃度、第3型は少汗で高塩分濃度、第4型は少汗で低塩分濃度の発汗を表し、耐熱性は第4型で最も強く、第1型で最も弱いとしている。この評価法を今回の実験成績に適用すると、温浴条件での女性は6名とも第4型に含まれ、男性は第4型に1名、第1型に5名であった。また、運動条件での女性は全て第4型となり、男性は第4型にみられなかった。したがって、Oharaの発汗型からみた場合、女性の耐熱性は男性より明らかにすぐれていることが認められる。

しかしながら、耐熱性を判定するには発汗だけでは充分であると思われぬ。通常、高温環

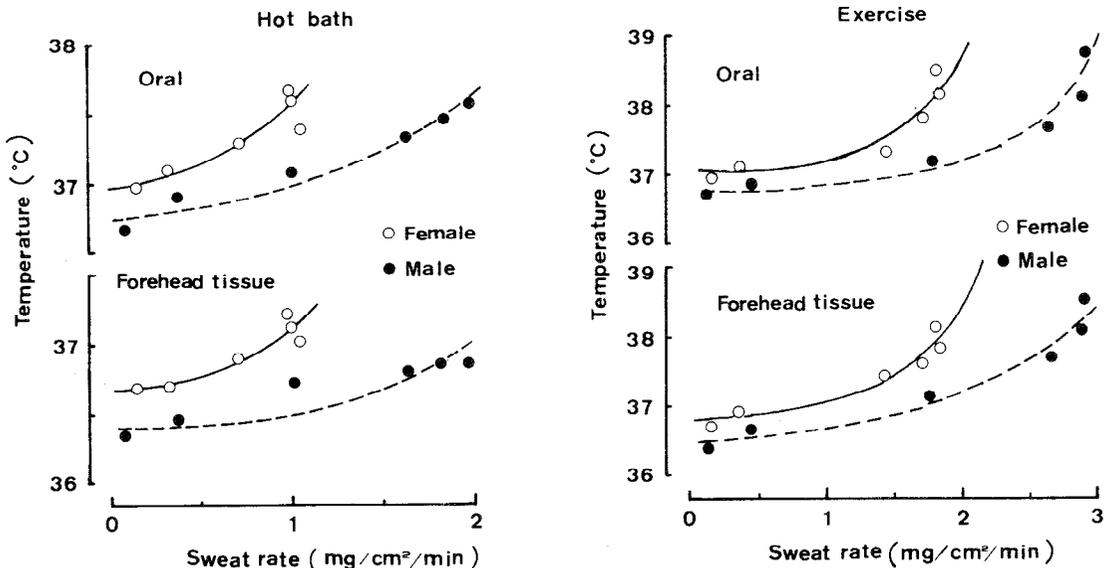


図3. 高温下の温浴および運動負荷による発汗量と舌下温および前額組織温との関係

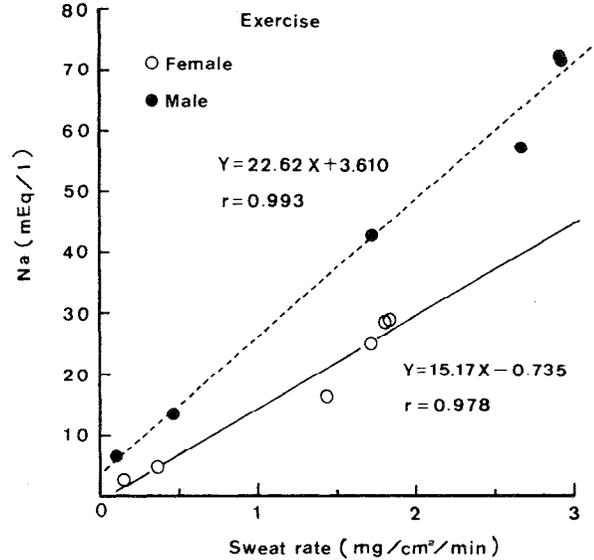
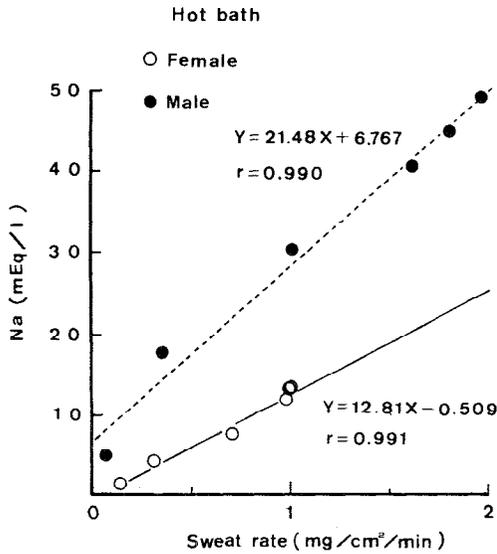


図4. 高温下の温浴および運動負荷による発汗量と汗中Na濃度との関係

境下では、最初に体温に関する歪が生じ、やがて発汗反応によって体温に関する歪の増大は抑えられ、次いで発汗による水分塩分代謝に関する歪が生じてくるからである。今回用いた耐熱性の指数（I）は、暑熱によって生体に生じた体温、水分および塩分の代謝に関する歪の大きさを総合的に表している。女性のI値は、温浴および運動のいずれの条件でも男性のそれより有意に小さく、女性の生理的な歪は明らかに小さいことが認められる。また、体温に関する歪と水分塩分代謝に関する歪の比であるS値は、温浴および運動条件において女性では男性より大きく、女性の耐熱平衡は水分塩分に関する歪を極力小さくしながら対処していることになる。このような性差の発現の理由は明瞭に説明できないといわれているが、hormonal mechanismの性差、体水分量の性差²⁾およびmineral-corticoid分泌増加^{3,4)}による導管中でのNa再吸収の増加などに性差があるのかも知れない。

いずれにしても、温浴による体外からの熱流入や運動による体内での熱産生に対する女性の暑熱反応の特性は、水分塩分に関する歪を極力小さくしながら体熱平衡を維持していることである。したがって、女性では水分塩分代謝の恒常性の維持能力がよりすぐれていることが推察

される。

5. 要 約

夏季に、大学運動部女子学生6名と男子学生6名について、室温35℃、相対湿度60%の条件下で、42℃の両下肢温浴および最大酸素摂取量の50%の負荷強度でのペダリング運動を、それぞれ60分間負荷し、その生理反応から耐熱性の性差を検討した。得られた成績を要約すると、次のとおりである。

1) 温浴負荷による女性の終末値は、酸素摂取量、酸素脈、体重減少量、局所発汗量および汗中Na平均濃度のいずれにおいても、男性より有意に小さかった。しかし、心拍数と体温に性差はみられなかった。

2) 運動負荷による女性の終末値は、酸素摂取量、心拍数、酸素脈、体重減少量、局所発汗量および汗中平均Na濃度のいずれにおいても、男性より有意に小さかったが、体温にはあまり差がみられなかった。

3) 温浴および運動負荷において、女性では体温上昇を少ない発汗量で抑えていた。さらに、汗の塩分濃度は薄く、放散効率のすぐれた発汗であることが認められた。

4) 耐熱性の指数からみた暑熱耐性は、温浴お

よび運動負荷のいずれにおいても女性は男性よりすぐれていた。とくに、女性では水分塩分代謝の歪を小さくしながら体熱平衡を維持していた。

本研究は、日本体育協会、昭和58年度スポーツ医・科学調査研究事業、わが国女子のスポーツ適性に関する研究の一部である。

文 献

- 1) Belding, H.S., B.A. Herting, K.K. Kroning, P.R. Roats & H. Nagata: Use of water bath for study of human heat tolerance. Proceeding of symposium on human adaptability and its methodology. Jap. Soc. Prom. Sci. Tokyo, 115-124, 1966.
- 2) Bittel, J. & R. Henane. : Comparison of thermal exchanges in men and women under neutral and hot conditions. J. Physiol., **250**, 475-489, 1975.
- 3) Conn, J.W., M.W. Johnson & L.H. Louis : Acclimatization to humid heat; A function of adrenal cortical activity. J. Clin. Invest., **25**, 912-913, 1946.
- 4) Conn, J.W. : Electrolyte composition of sweat ; Clinical implication as index of adrenal cortical function. Arch. Int. Med., **83**, 416-428, 1949.
- 5) Cunningham, D.J., J.A.J. Stolwijk & C.B. Wenger : Comparative thermoregulatory responses of resting men and women. J. Appl. Physiol., **45**, 908-915, 1978.
- 6) Fox, R.H., R. Goldsmith, D.J. Kidd & H.E. Lewis: Acclimatization to heat in man by controlled elevation of body temperature. J. Physiol., London, **166**, 530-547, 1963.
- 7) Fox, R.H., B.E. Löfstedt, P.M. Woodward, E. Eriksson & B. Werkstrom : Comparison of thermoregulatory function in men and women. J. Appl. Physiol., **26**, 444-453, 1969.
- 8) Henschel, A. : Comparative methodology for heat tolerance testing. U.S. Department of health, Education and Welfare, Public Health Service, Cincinnati, Ohio, 1967.
- 9) Inouye, A., H. Ihzuka & S. Hori : Assessment of heat tolerance in man with special reference to Ohara's sweating test. JIBP Synthesis, **1**, 129-143, 1975.
- 10) Inouye, A., H. Ihzuka & S. Hori : Methodology for evaluation of heat tolerance in man. JIBP Synthesis, **3**, 6-20, 1975.
- 11) Kobayashi, Y., Y. Ando, N. Okuda, S. Takada & K. Ohara : Effects of endurance training on thermoregulation in females. Med. Sci. Sports Exercise, **12**, 361-364, 1980.
- 12) Leithead, C.S. & A.R. Lind: Heat stress and heat disorders. Davis, Philadelphia, 1964.
- 13) Morimoto, T., Z. Slabochova, R.K. Naman & F. Sargent II : Sex differences in physiological reactions to thermal stress. J. Appl. Physiol., **22**, 526-532, 1967.
- 14) Ohara, K. : Chloride concentration in sweat ; Its individual, regional, seasonal and some other variations and interrelations between them. Jap. J. Physiol., **16**, 274-290, 1966.
- 15) Ohara, K. : Heat tolerance and sweating pattern. Naroya Med. J., **14**, 133-144, 1968.
- 16) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武: 長時間運動による体温調節機能の性差, 昭和56年度日体協スポーツ医・科学研究報告, No. 1 女子のスポーツ適性に関する研究—第1報—, 153-162, 1981.
- 17) 佐藤尚武, 寄本明, 岡本進: 暑熱下の長時間運動における体温調節機能の性差, 昭和57年度日体協スポーツ医・科学研究報告, No. 1 女子のスポーツ適性に関する研究—第2報—, 117-120, 1982.
- 18) Shapiro, Y., K.B. Pandolf, B.A. Avellini, N. A. Pimental & R.F. Goldman : Physiological responses of men and women to humid and dry heat. J. Appl. Physiol., **49**, 1-8, 1980.

19) Wyndham, C.H., J.F. Morrison & C.G. Williams : Heat reactions of male and female Caucasians. *J. Appl. Physiol.*, **20**, 357-364, 1965.

(20) Wyndham, C.H. : Effect of acclimatization on the sweat rate/rectal temperature relationship. *J. Appl. Physiol.*, **22**, 27-30, 1967.

県民のPhysical Working Capacityに関する研究

第1報 有酸素的作業能としてのPWC₁₇₀の検討

佐藤 尚武(滋賀大学)

岡本 進(滋賀県立短期大学)

寄本 明(滋賀県立短期大学)

平田 正(枚方市立長尾中学校)

1. 緒言

体力を総合的にとらえる場合、最も重要な指標は作業能力であると考えられる。Åstrand¹⁾は、作業能力を無酸素的能力と有酸素的能力とに区別し、前者では最大酸素負債量で、後者では最大酸素摂取量で表わすのが最も適しているとのべている。今日では、最大酸素摂取量は酸素運搬能力を含めた呼吸循環機能の総合された全身持久性の指標として、しばしば用いられている。

しかしながら、最大酸素摂取量の測定は、測定器具や分析装置、測定者の数、測定技術などから簡単にできない。さらに、最大の能力を知るにはかなり強い負荷を課すことになり、対象者が限られる。このような観点から、最大テスト(maximal test)は必ずしも多くの場合に適用できる方法ではない。少なくとも、フィールド的には、誰でも、どこでも、簡便に、しかも多人数を正確に短時間で測定できる方法が望まれる。

ところで、最大下のテスト(Submaximal test)としては、作業時および回復時の循環系の反応から判定する方法と、運動時の定常状態の心拍数が一定の水準に達するに要する運動負荷量から作業能力を求める方法とがある。前者には、Brouha test、Master test、Schneider test などがあり、後者にはPhysical working capacity (PWC) があり、このなかでは、心拍数170拍/分でのPWC (PWC₁₇₀)がよく用いられ、この方法は国際的な体力テストの項目として採用されている。

本研究では、最大下の運動における作業能力

としてのPWC₁₇₀が、体力水準の高低にかかわらず広く広い範囲の被験者を対象に測定できることに着目している。ここでは、基礎的研究として、PWC₁₇₀の有酸素的作業能力としての妥当性を最大酸素摂取量との関係から検討を試みた。

2. 実験方法

被験者は、健康な19~24歳の青年男子14名と女子10名で、いずれも大学生である。被験者の年齢と身体特徴を表1に示しているが、男子では10名が運動者(Subj.:A~Eはバドミントン部員、Subj.:F~Jまではテニス部員)であり、残り4名は一般学生である。女子はいずれも運動者(Subj.:O~Sまではバドミントン

Table 1. Physical characteristics of subjects.

ct	Age (Yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	
Male athlete	A	21	173.0	62.3	10.5
	B	21	171.5	60.7	9.3
	C	19	168.0	54.3	10.2
	D	21	180.0	63.8	11.3
	E	20	168.5	58.6	9.4
	F	20	161.0	59.1	17.4
	G	20	158.5	59.6	16.9
	H	19	172.3	65.6	9.7
	I	19	173.0	63.7	10.8
	J	19	163.0	63.7	16.3
Mean	19.9	169.9	61.1	12.2	
SD	0.9	6.5	3.4	3.3	
Male nonathlete	K	22	172.3	65.6	11.4
	L	22	169.5	50.1	11.6
	M	21	167.8	56.2	11.6
	N	24	170.5	56.6	10.4
	Mean	22.2	170.0	57.1	11.2
SD	1.3	1.9	6.4	0.6	
Female athlete	O	20	155.8	50.6	23.1
	P	21	160.0	48.6	14.6
	Q	21	156.0	53.0	19.6
	R	21	158.5	50.1	15.6
	S	19	163.0	59.5	21.4
	T	20	154.0	47.3	19.2
	U	20	156.0	50.5	22.6
	V	21	162.0	56.9	23.6
	W	21	156.0	51.6	25.9
	X	21	157.8	54.4	19.3
Mean	20.5	157.9	52.3	20.5	
SD	0.7	2.9	3.8	3.6	

部員、Subj.: T~Xまではテニス部員)である。しかし、運動者の経験年数は1~8年の範囲にあって、実際には競技に対する初心者から熟練者までの体力水準ではかなり幅のある運動者集団である。なお、運動者のなかでレギュラーは、男女ともほぼ半数を占めていた。

実験は、多くの場合に昼食の3時間後、身長、体重および皮脂厚(上腕背部および肩甲骨下縁部)を計測し、20分間の椅座位安静とした。その間に心電図用電極および呼気マスクを装着した。その後、自転車エルゴメーター(モナーク社)を用いて、1.0 kpの50rpmで4分間のウォーミングアップを実施し、4分間の休息後、PWC₁₇₀および最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)を測定した。

PWC₁₇₀の測定では、Cunninghamら³⁾およびMacnobbら⁵⁾の方法に準じ、ペダル回転数は50rpmで、12分間の運動を4分ごとに3段階に分けて負荷を漸増した。第1段階(0~4分)では心拍数が115~130拍/分、第2段階(4~8分)では130~145拍/分、第3段階(8~12分)では160~180拍/分になるような負荷に設定した。運動12分後からは1分ごとに負荷を漸増させてオールアウトに至るまで運動を継続させ、 $\dot{V}O_2 \max$ を求めた。

心拍数は、胸部誘導による心電図を記録し、1分間のR波の全数から求めた。呼気ガスはダグラスバック法で採気し、乾式ガスメーター(関西ガスメーター、KB-50)で呼気量を測定し、O₂およびCO₂濃度は呼気ガス瞬時分析装置(三栄測器、IH06)を用いて分析した。また、皮脂厚の測定には榮研式キャリパーを用い、Nagamine⁷⁾とBrozek²⁾の計算式から体脂肪率を求めた。

PWC₁₇₀の求め方は、その1例を図1に示しているように、各作業強度の終末1分間の心拍数とその時の仕事量との関係から、外挿および内挿法によって心拍数170拍/分における仕事量(kpm/min)を求め、これをPWC₁₇₀とした。

なお、実験は8月の初旬から中旬にかけて実施した。測定室温は26~28℃であった。

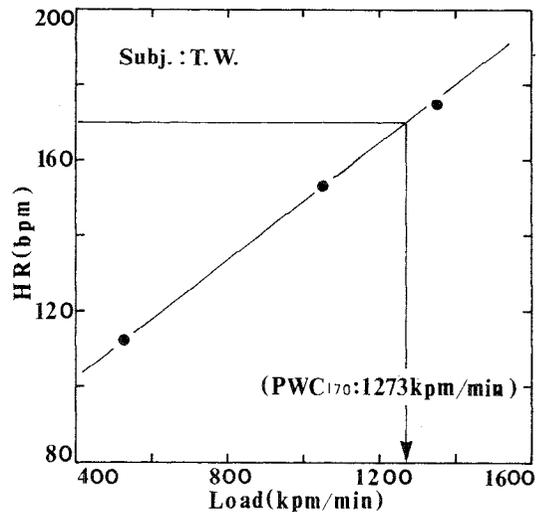


Fig. 1. Desired method of physical working capacity 170.

3. 実験成績

表2には、被験者ごとにPWC₁₇₀および $\dot{V}O_2 \max$ をそれぞれ絶対値、体重当り、除脂肪体重当りの値をあげている。PWC₁₇₀は、男子では753~1273 kpm/minの範囲にあり、14例の平均値と標準偏差は973.0 ± 172.7 kpm/minであ

Table 2. Physical working capacity 170 and maximal oxygen uptake.

Subject	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	PWC ₁₇₀ /W (kpm/min/kg)	PWC ₁₇₀ /LBM (kpm/min/kg)	$\dot{V}O_2 \max$ (l/min)	$\dot{V}O_2 \max$ /Wt (l/min/kg)	$\dot{V}O_2 \max$ /LBM (l/min/kg)
Male athlete	A	1273	20.4	22.6	3.53	56.7
	B	1088	17.9	19.7	3.18	52.4
	C	894	16.5	18.3	2.81	51.7
	D	1172	18.4	20.7	3.37	52.8
	E	892	15.2	16.8	3.02	51.5
	F	830	14.0	17.0	2.60	44.0
	G	960	16.1	19.4	2.53	42.4
	H	1260	19.2	21.3	3.39	51.7
	I	999	15.7	17.6	3.21	50.4
	J	1009	15.8	18.9	2.84	44.6
Mean	1037.7	16.92	19.25	3.048	49.82	56.65
S D	155.9	1.99	1.94	0.344	4.59	3.47
Male nonathlete	K	936	14.3	16.1	2.61	39.8
	L	751	15.0	16.9	2.18	43.5
	M	805	14.3	17.2	2.54	45.2
	N	753	13.3	14.9	2.10	37.1
	Mean	811.3	14.23	16.28	2.358	41.40
	S D	86.8	0.70	1.03	0.255	3.65
Female athlete	O	570	11.3	14.6	1.89	37.4
	P	777	16.0	18.7	2.27	46.7
	Q	873	16.5	20.5	2.65	50.0
	R	522	10.4	12.3	2.03	40.5
	S	854	14.3	18.2	2.59	43.5
	T	666	14.1	17.4	2.05	43.3
	U	822	16.3	21.0	2.22	44.0
	V	820	14.4	18.8	2.55	44.8
	W	753	14.6	19.7	2.20	42.6
	X	600	11.0	13.7	2.15	39.5
Mean	725.7	13.89	17.49	2.260	43.23	
S D	126.8	2.24	2.97	0.257	3.60	

る。男子の運動者と非運動者を平均値で比較すると、いずれのPWC₁₇₀値とも運動者で大きく、その差は1%水準で有意である。同様に男子の $\dot{V}O_2\max$ はいずれの値でも、運動者では非運動者より有意に大きい値を示している。女子のPWC₁₇₀は、522~873kpm/minの範囲にある。その平均値と標準偏差は、725.7±126.8kpm/minで、この値は男子全体の74.6%に相当し、また男子運動者の69.9%にあたる。

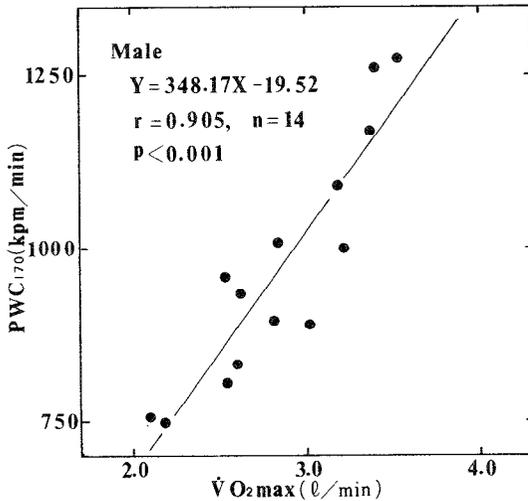


Fig. 2. Relationship between maximal oxygen uptake and physical working capacity 170 in male.

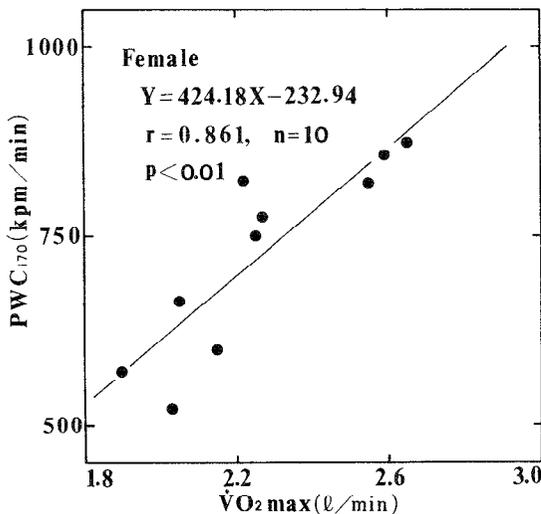


Fig. 3. Relationship between maximal oxygen uptake and physical working capacity 170 in female.

PWC₁₇₀と $\dot{V}O_2\max$ との関係を、図2および図3に示している。両者の関係は、男子では0.1%水準で有意な相関関係がみられ(図2)、

女子では1%水準で有意な相関関係がみられる(図3)。図には示していないが、体重当りのPWC₁₇₀と体重当りの $\dot{V}O_2\max$ との関係は、男子では相関係数(r) = 0.825 ($P < 0.001$)で、女子では $r = 0.863$ ($P < 0.01$)であり、いずれも有意な相関関係を示した。また、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀と除脂肪体重当りの $\dot{V}O_2\max$ との関係は、男子では $r = 0.784$ ($P < 0.001$)で、女子では $r = 0.920$ ($P < 0.001$)であり、いずれも有意な相関関係が認められた。

4. 考 察

PWC₁₇₀は、1947年Sjöstrand⁸⁾によって考案され、翌年Wahlund⁹⁾によって作業能力テストとして開発された。この方法の基本的な考え方は、心拍数と仕事量とが比例関係にあることと、一定の生理的負荷強度の時になされる仕事量はその個人の持久的能力によって異なることによる。したがって、PWC₁₇₀は作業による単なる運動負荷量を示しているのではない。酸素脈が大きい者ほど一定の心拍数で多量の酸素摂取が可能となるので、高い運動負荷で作業を遂行することができ、その結果PWC₁₇₀は高い値を示すことになる。PWC₁₇₀は、酸素運搬能力の1つの指標としてとらえることができる。

PWC₁₇₀の有酸素的作業能力としての妥当性を明らかにするため、PWC₁₇₀と $\dot{V}O_2\max$ との関係をみたところ、かなり高い正の相関関係が認められた。猪飼⁴⁾は2名の長距離選手を含めた10名の男子大学院生のPWC₁₇₀を調べ、PWC₁₇₀と $\dot{V}O_2\max$ との関係に $r = 0.872$ ($P < 0.01$)を、PWC₁₇₀/Wと $\dot{V}O_2\max$ /Wとの関係に $r = 0.864$ ($P < 0.01$)をえている。また、吉田ら¹⁰⁾は25名の少年のPWC₁₇₀と $\dot{V}O_2\max$ との関係に $r = 0.71$ ($P < 0.01$)をえている。今回の成績は、猪飼⁴⁾や吉田ら¹⁰⁾の成績より高い水準の相関関係をえているが、いずれにしてもこの関係はPWC₁₇₀が有酸素的作業能力を十分に反映する指標として用いることができることを意味している。

これまでに報告されている日本人青年の PWC₁₇₀をみると、松井ら⁶⁾による男子(20~24歳、24例)の値は704.5±170.2kpm/minで、女子(20~24歳、16例)の値は524.5±69.4kpm/minである。猪飼⁴⁾による男子(24~31歳、8例)の値は、954.0±69.4kpm/minである。吉田ら¹⁰⁾による男子(平均21.3歳、19例)の値は946.7±234.0kpm/minである。これらの値と比較して、今回えられた運動者の値(1037.7±155.9kpm/min)はいずれの値よりも大きく、一般者の値(811.3±86.8kpm/min)は松井ら⁶⁾の値よりも大きい、猪飼⁴⁾および吉田ら¹⁰⁾の値よりも小さい。

酸素摂取能力の最大値は、一般に体重の大きい者ほど大きいことが知られている。今回の成績では、体重と $\dot{V}O_2 \max$ (l/min)との関係には $r = 0.656$ ($P < 0.05$)がえられ、また体重とPWC₁₇₀ (kpm/min)との関係には $r = 0.586$ ($P < 0.05$)がえられた。したがって有酸素的能力としてPWC₁₇₀を評価する場合には、体重当りの値でみるのが妥当であろう。一般に、多くの競技のなかの運動様式ばかりでなく、日常生活のなかの運動様式では、体重を負荷として作業を遂行することが多いことにもある。いずれにしても、PWC₁₇₀は有酸素的作業能力として広い範囲の被験者を対象に調べることができ、この値から体力水準の位置づけがなされれば、競技者ばかりでなく、多くの健康増進を目指す層の体力改善の指針となろう。

5. 要 約

19~24歳の青年男子14名(運動部学生10名と一般学生4名)および女子10名(運動部学生)について、Physical working capacity 170 (PWC₁₇₀)の有酸素的作業能力としての妥当性をみるために、PWC₁₇₀と最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)との関係を検討した。

1) 平均値±標準偏差でみると、男子14例のPWC₁₇₀は973.0±172.7kpm/minで、体重当りのPWC₁₇₀は16.2±2.1kpm/min/kgで、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀は18.4±2.2kpm/min/kg

であった。これらの運動者の値(1037.7±155.9kpm/min、16.9±2.0kpm/min/kgおよび19.3±1.9kpm/min/kg)は一般学生の値(811.3±86.8kpm/min、14.2±0.7kpm/min/kgおよび16.3±1.0kpm/min/kg)より有意に大きかった。

2) 女子のPWC₁₇₀は725.7±126.8kpm/minで、体重当りでは13.9±2.2kpm/min/kgで、除脂肪体重当りでは17.5±3.0kpm/min/kgであった。

3) PWC₁₇₀と $\dot{V}O_2 \max$ との間の相関係数(r)は、男子では0.905、女子では0.861がえられ、いずれも有意な正の相関関係が認められた。両者の関係を体重当りの値でみると、男子では $r = 0.825$ ($P < 0.001$)、女子では $r = 0.863$ ($P < 0.01$)がえられ、また両者の関係を除脂肪体重当りの値でみると、男子では $r = 0.784$ ($P < 0.01$)、女子では $r = 0.920$ ($P < 0.001$)がえられた。これらの関係から、PWC₁₇₀は有酸素的作業能力を充分に反映する指標であることが明らかとなった。

文 献

- 1) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta. Physiol. Scand., **169**, 1-92, 1960.
- 2) Brozek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., **110**, 113-140, 1963.
- 3) Cunningham, D. A. and R. B. Eynon: The working capacity of young competitive swimmers, 10-16 years of age. Med. and Sci. in Sports, **5**, 227-231, 1973.
- 4) 猪飼道夫: 最大下負荷による作業能測定法の検討。昭和43年度日体協スポーツ科学委員会報告, 1-10, 1968.
- 5) Macnab, R. B., P. R. Conger and P. S. Taylor: Differences in maximal and submaximal work capacity in man and women. J. Appl. Physiol., **27**, 644-648, 1969.

- 6) 松井秀治, 飯塚鉄雄, 中西光雄, 加賀谷熙彦, 堀居 昭: 一般体カテスト項目の検討. 昭和54年度日体協スポーツ科学研究報告, No III 体カテスト法の作成, 42-50, 1979.
- 7) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15, 1964.
- 8) Sjöstrand, T.: Change in respiratory organs of workmen at an ore smelting

- work. *Acta. Med. Scand.*, **196**, 687-699, 1947.
- 9) Wahlund, H.G.: Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardio-pulmonary functional test. *Acta. Med. Scand.*, **215**, 9-86, 1948.
- 10) 吉田敬義, 石河利寛: 少年の運動に対する循環反応の特徴と持久性評価に関する生理学的研究. *体育学研究*, **21**, 255-263, 1977.

県民の Physical Working Capacityに関する研究

第2報 競技選手のPWC₁₇₀について

岡本 進(滋賀県立短期大学)

寄本 明(滋賀県立短期大学)

佐藤 尚武(滋賀大学)

宮本 孝(滋賀大学)

1. 緒言

一流競技者の体力レベルを明らかにすることは、トレーニング処方のみならず、一般の運動処方を作成するうえでも大変重要なことと考えられる。それは、トレーニングによる体力の発達の上限の目安を彼らが示唆するものと考えられるからである。

そこで、本研究は日常積極的にトレーニングを実施している滋賀県の国体選手や、とくに全国大会に出場した中長距離選手を対象にPWC₁₇₀を測定し、競技種目間や非競技者との比較から、競技選手の有酸素作業能の特徴を明らかにし、さらに運動処方のための基礎的資料を得ることを目的としている。

2. 実験方法

(1) 被験者

競技選手は種目の特性から2つのグループに分けた。1つは23~26歳の国体選手で、56~57年国体に出場した男子選手の中から、レスリング4人とボクシング、体操、バドミントン、ウエイトリフティング、フェンシングおよび柔道各1名の計10名を選んだ。他の1つは、57年度の駅伝の強化選手の中から18~30歳の男子中長距離選手12名を選んだ。

対象群として選んだ非競技者は、日頃あまり

運動に親しんでいない21~29歳の男子10名で、医大学生6名と短大教職員4名を含んでいる。

被験者グループ毎の年齢、身長および体重の平均値と標準偏差を表1に示している。

(2) 測定項目と方法

① 皮下脂肪厚：栄研式キャリパーにより、上腕背部(Triceps)、肩甲骨下縁部(Scapula)および腹部(Umbilicus)の3部位の皮下脂肪厚を測定し、体密度¹⁾と体脂肪率(%Fat)⁵⁾を推定した。さらにこれらをもとに体脂肪量(Fat)および除脂肪体重(LBM)をも算出した。

② PWC₁₇₀：測定はCunninghamら²⁾およびMacnobら⁴⁾の方法に準じ、自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用い、50rpmにて3段階の負荷を4分ずつ連続して上げていった。負荷の設定にあたっては、あらかじめ4分間のWarm-up(0kpの1分と1.5kpの3分)を行ない、運動終末1分間の心拍数を参考にしておこなった。

運動中の心拍数の測定は、胸部導出による心電図を記録し、各負荷最終1分間のR波全数から求めた。PWC₁₇₀の絶対値の他、体重当り(PWC₁₇₀/Wt)および除脂肪体重当り(PWC₁₇₀/LBM)の値も算出した。

3. 結果

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (cm)
Athlete	10	24.8±1.0	171.0±6.0	74.2±13.0
Long distance runner	12	22.5±4.3	164.9±5.2	53.4± 3.3
Nonathlete	10	24.7±3.8	170.3±4.5	64.8± 8.0

Values are mean ± S.D.

各被験者の計測値および算出値は表2に示すとおりである。

%Fat、FatおよびLBMを3群間で比較すると図1のようになる。国体選手の平均値はそれぞれ、14.92%、11.31kg、62.89kgと3項目にわ

Table 2. Results of the individual measurement.

	Skinfold (mm)			% Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	PWC ₁₇₀ /Wt (kpm/min/kg)	PWC ₁₇₀ /LBM (kpm/min/kg)
	Tri-ceps	Scap-ula	Umbrilic-us						
Athlete									
S.K.	12.0	12.0	8.0	15.5	10.4	56.6	1217	18.2	21.5
K.F.	4.0	7.0	4.5	9.5	6.1	57.9	1063	16.6	18.3
K.O.	21.0	21.0	22.0	24.1	20.0	63.0	1554	18.7	24.7
Y.U.	12.0	10.0	10.0	14.6	8.3	48.7	1147	20.1	23.6
M.S.	10.0	13.5	-	15.3	9.6	53.4	1285	20.6	24.1
S.H.	5.0	12.5	14.0	12.5	11.1	79.8	1281	14.7	16.4
Y.T.	4.5	5.0	4.0	8.8	5.1	53.9	1189	20.3	22.1
N.H.	14.0	18.0	23.0	19.3	16.2	67.8	1174	14.0	17.3
T.H.	12.5	13.0	22.5	16.2	15.4	79.6	1178	12.4	14.8
T.K.	10.0	9.5	10.0	13.4	10.9	70.1	1930	23.8	27.5
Mean	10.50	12.15	13.11	14.92	11.31	62.89	1301.8	17.94	21.03
S.D	4.90	4.52	7.21	4.25	4.41	10.09	243.2	3.33	3.93
Long distance runner									
M.N.	5.5	6.5	5.0	10.0	5.3	47.7	1197	22.6	25.1
H.M.	4.0	6.0	4.0	9.1	4.7	47.3	1199	23.0	25.3
T.F.	4.0	7.5	4.0	9.7	5.6	52.4	1143	19.7	21.8
Y.D.	5.0	6.0	5.5	9.5	4.9	47.1	1196	23.0	25.4
M.O.	6.5	7.0	5.0	10.7	6.0	50.0	1151	20.5	23.0
M.T.	5.5	7.0	5.0	10.2	4.8	42.2	1087	23.1	25.8
T.K.	5.5	7.5	6.0	10.4	5.4	45.6	1123	22.0	24.6
N.S.	5.0	7.0	5.5	10.0	5.5	49.5	1093	19.9	22.1
S.M.	5.5	7.5	5.5	10.4	5.4	46.6	1227	23.6	26.3
M.M.	4.0	5.0	3.5	8.6	4.6	48.4	1446	27.3	29.9
S.T.	6.0	9.0	9.0	11.4	5.9	46.1	1097	21.1	23.8
H.S.	5.0	7.0	5.0	10.0	6.0	50.0	1261	21.0	25.2
Mean	5.12	6.92	5.25	10.00	5.34	47.74	1185.0	22.23	24.66
S.D	0.77	0.95	1.33	0.70	0.48	2.51	95.2	1.99	2.05
Nonathlete									
H.A.	8.0	10.0	10.0	12.7	8.0	55.0	917	14.6	16.7
H.K.	7.0	10.0	9.0	12.3	6.3	44.7	717	14.1	16.0
T.I.	6.0	10.0	8.0	11.8	7.2	53.8	794	13.0	14.8
K.T.	9.5	10.0	13.0	13.4	8.2	52.8	895	14.7	17.0
K.S.	7.0	10.0	7.5	12.3	8.2	58.8	935	14.0	15.9
H.Y.	12.0	12.5	12.0	15.5	11.0	60.0	959	13.5	16.0
K.O.	7.0	10.5	9.0	12.5	6.9	48.1	800	14.5	16.6
Y.K.	8.0	18.0	23.0	16.5	12.5	63.5	774	10.3	12.2
Y.K.	12.0	12.0	18.0	15.5	11.8	64.2	1012	13.3	15.8
A.Y.	6.0	11.5	10.5	12.5	8.4	58.6	1053	15.7	18.0
Mean	8.25	11.45	12.00	13.50	8.85	55.88	885.6	13.77	15.90
S.D	2.11	2.36	4.67	1.39	2.04	6.14	104.6	1.37	1.47

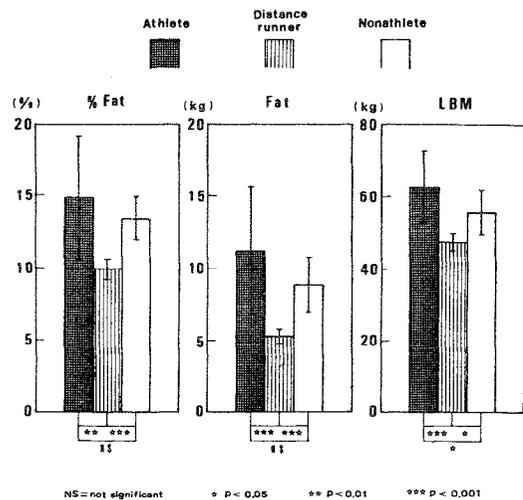


Fig.1 Comparison of the body composition in three groups.

たって最も高い値を示したが、それらの標準偏差はいずれもばらつきが大きかった。中長距離選手の%Fatの平均値は10.0%と低く、Fat (5.34kg)やLBM (47.74kg)も同様に最も低い値を示した。非競技者では、国体選手および中長距離選手のはば中間的な値を示した。

国体選手と非競技者との間ではLBMに5%水準の有意差がみられたが、%FatやFatには有意差が認められなかった。また中長距離選手と非競技者との比較では、%FatとFatに0.1%、LBMには5%水準で有意差がみられた。つぎに、競技者間の比較ではその差が顕著にみられ、中長距離選手は国体選手に比べFatとLBMでは0.1%、%Fatでは1%水準でそれぞれ有意に低い値を示した。

図2には、PWC₁₇₀、PWC₁₇₀/WtおよびPWC₁₇₀/LBMの値を、先と同様に3群間で比較している。

競技者である国体選手と中長距離選手は、非競技者に比べ3項目とも有意(P<0.01)に高い値を示した。国体選手と中長距離選手の比較では、絶対値でわずかに国体選手が高値を示したが、体重当りでみると逆に中長距離選手が1%水準で有意に高く、LBM当りでも5%水準で有意に高い値を示した。

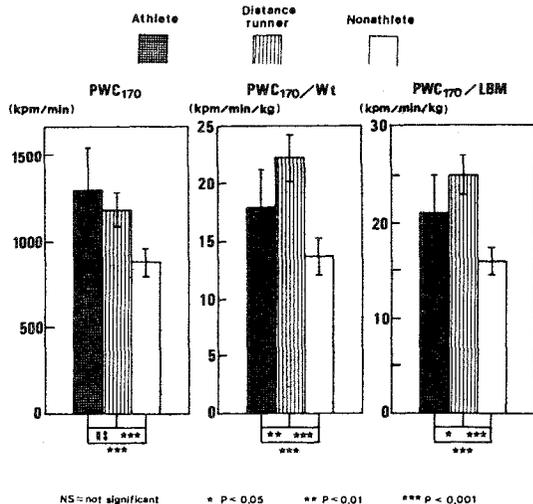


Fig.2 Comparison of PWC₁₇₀ in three groups.

4. 考 察

競技選手の体力を考える場合、身長や体重といったディメンションだけでなく、脂肪量や除脂肪体重などの身体組成を考慮しなくてはならない。

今回の国体選手の身長と体重の平均値は、それぞれ171.0cm、74.2kgであった。この値をもとに肥満度〔体重/(身長-100)×0.9〕×100を求めると116.1となり、肥満の部類に入ることになる。しかし皮下脂肪厚から推定した% Fatでは14.9%、Fatでは11.3kgであり、わずかに非競技者を上まわる程度であった。

国体選手の% Fatの標準偏差が大きいのは、競技種目が7種目にもわたっていて、それぞれの種目特性が反映された結果とみることができると考えられる。

中長距離選手の% Fatは10.0%と極めて低い値を示していた。彼らは県下ではトップランナーとして活躍しており、しかも駅伝大会を目指して十分トレーニングを積んだ選手といえる。しかし、我国のオリンピック代表の中長距離選手は8.6%という報告⁶⁾があり、本実験の成績よりさらに少ないことがわかる。

ところで、PWC₁₇₀は心拍数170拍/分時になされる仕事量を示すものであり、酸素運搬能力の有効な指標³⁾の一つとされている。PWC₁₇₀からみた競技選手の体力的特徴は、図2に示すように、非競技選手に比べて有意にすぐれた酸素作業能力を備えていることが明らかになった。つぎに、国体選手と中長距離選手との比較では、PWC₁₇₀の絶対値が高いのは国体選手であり、PWC₁₇₀/WtやPWC₁₇₀/LBMでは両者の関係は逆転していた。

一般に、自転車エルゴメーターによる最大下作業時の一定負荷に必要な酸素摂取量は、身体のディメンションの大小に関係なく一定量を示す。したがって、酸素脈の大きな者はほど一定の心拍数でより高い仕事量を遂行することができる。国体選手はLBMが高く、そのため心臓容積や酸素脈も大きいことが推測されるので、PWC

₁₇₀の絶対値も高い値を示したと思われる。中長距離選手は、自らの体重を負荷し、長い距離を移動させるような運動様式のため、PWC₁₇₀/Wtの値がパフォーマンスに関係し、高値を示したと思われる。酸素運搬能力を身体組成との関係でみたときには、脂肪を除いたPWC₁₇₀/LBMを考慮する必要がある。

競技者にかぎらず、我々の日常生活や職業生活における行動様式は体重移動によることが多く、有酸素作業能と深く結びついている。健康増進を目指す運動処方のための診断という立場からみれば、PWC₁₇₀/Wtという測度を指標にとるべきであろう。

5. 要 約

競技選手の最大下の運動から有酸素作業能の特性をみるため、国体選手10名と中長距離選手12名および非競技者として一般人10名のいずれも男子被験者に対し、皮下脂肪厚の計測とPWC₁₇₀の測定を実施した。得られた成績を要約すると次のとおりである。

(1) 競技選手の体脂肪は種目特性によって差が大きく、とくに中長距離選手の体脂肪率は10.0%と低く、非競技者や国体選手との差に0.1%水準の有意差がみられた。

(2) PWC₁₇₀からみた競技選手の有酸素作業能は国体選手が1301.8kpm/min、中長距離選手が1158.0kpm/minで非競技者の885.6kpm/minを有意(P<0.001)に凌いでいた。

(3) PWC₁₇₀/Wtでは、中長距離選手の方が国体選手よりも有意(P<0.01)に高い値を示し、PWC₁₇₀/LBMでも同様、両者に有意差(P<0.05)が認められた。

本研究にあたり、県立体育館、皇子山トレーニングセンターおよび滋賀陸上競技協会関係各位の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) Brozek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140, 1963.
- 2) Cunningham, D. A. and R. B. Eynon: The working capacity of young competitive swimmers, 10-16 years of age. *Med. and Sci. in Sports*, **5**, 227-231, 1973.
- 3) 猪飼道夫: 最大下負荷による作業能力測定法の検討. 日本体育協会スポーツ科学委員会報告, 1-10, 1968.
- 4) Macnab, R. B., P. R. Conger and P. S. Taylor: Differences in maximal and submaximal work capacity in man and women. *J. Appl. Physiol.*, **27**, 644-648, 1969.
- 5) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15, 1964.
- 6) 日本陸連科学委員会編: 日本陸連方式体力測定法, 講談社, 1975.

県民のPhysical Working Capacityに関する研究

第3報 家庭婦人のPWCおよび一般健康者と定期的運動者との体力比較

佐藤尚武・宮本 孝 (滋賀大学)
岡本 進・寄本 明・玄田 公子 (滋賀県立短期大学)
本郷節哉・山田敏子・河本由美 (大津保健所)
猪飼光三郎・岩井富喜子 (滋賀県立体育館)
内山 聡・八隅 清司 (滋賀大学研究生)

1. はじめに

全身持久力の指標として、今日では最大酸素摂取量が最良とされているが、前報¹⁾でも述べているように、多くの運動実践者が最大酸素摂取量を測定することは、実際的に不可能である。このようななかでは、Cooper⁴⁾のAerobicsで提唱されている12分走があり、この方法は体育科学センター方式の運動カルテ⁵⁾においても採用されている。しかしながら、健康増進を目指す体力改善において、最大の努力を要求するテスト法では、事故の発生を招く危険性がある。さらに、直接にしろ間接にしろ最大の能力を体力の診断に用いるところには、運動実施者の定期的あるいは積極的な取組みに危惧がもたれる。このような観点から、近年では宮下¹⁰⁾も最高心拍数に対する75%レベルでの作業率(PWC 75%HRmax)を全身持久力の評価尺度として提案している。

著者らは、県民の体力を総合的にとらえるなかで、最大下の運動に対する生理的反応、ことにある定常レベルでの心拍数に対する作業能(Physical Working Capacity; PWC)に着目し、これを用いて運動処方の手がかりとなる評価尺度の検索を試みようとしている。第1報¹⁾では、心拍数170拍/分でのPWCが最大酸素摂取量と密接な関係にあり、PWCが有酸素的作業能力を十分に反映する指標であること、第2報²⁾では各種の競技選手のPWCが一般者と比較してかなり高いこと、あるいは同じ競技者におけるPWCは体重や除脂肪体重などの相対的な値でみると、中・長距離選手で最も高く、PWCは呼吸循環系の優劣を反映することなどを

明らかにしてきた。

今回は、これまでに体力の高低にかかわらず、幅広くPWCの測定を継続してきたところ、各年齢層の女子の測定値がある程度蓄積されたので、家庭婦人のPWCの実態についての概要を報告するとともに、家庭婦人における長期の定期的運動者を一般健康者と比較することによって、PWCにおける運動の効果を明らかにしようとしたのである。

2. 測定方法の概要

(1) 被験者

測定に協力された被験者は、20~57歳の健康な家庭婦人(一般健康者)68名と、40~48歳の長期にわたり定期的な運動実践をもつ家庭婦人(定期的運動者)19名である。

一般健康者では、大津保健所で実施された住民の健康づくり推進事業の参加者が多くを占め、そのほか県立短期大学教職員が含まれている。定期的運動者は、滋賀県立体育館で実施されているひまわり体操クラブおよびしゃくなげ体操クラブに所属する主婦であり、週1回、1.5時間の活動を7~12年(平均9.7年)継続している。

(2) 身体計測および安静時の循環機能の測定

被験者の身長、体重および皮下脂肪厚(上腕背部および肩甲骨下縁部)の計測後、安静状態における脈拍および血圧を測定した。

皮脂厚の測定には、栄研式キャリパーを用い、Nagamine et al.¹¹⁾とBrožek et al.¹²⁾の計算式から体脂肪率を推定し、これをもとに総脂肪量および除脂肪体重を算出した。安静時の脈拍および

び血圧の測定には、自動血圧計(日本コーリン、BP-203X)を用いた。

(3) PWCの測定

PWCの測定は、前報¹³⁾に準じた。その概要は、自転車エルゴメーター(モナーク社)による1.0kpの50rpmでの4分間のウォーミングアップ後、4分間休息させ、12分間のペダリングを50rpmで4分毎に3段階に分けて負荷を漸増させ、その間の心拍数を胸部誘導による心電図の記録から測定した。

実際の3段階における作業強度は、ウォーミングアップによる心拍数を参考にし、20および30歳台では心拍数が110、140、170拍/分前後に、40および50歳台では心拍数が110、130、150拍/分前後になるよう負荷を設定した。各作業強度の終末1分間の心拍数とその時の仕事量との関係を1次回帰し、外挿および内挿法によって、心拍数170拍/分での仕事量(PWC₁₇₀)、心拍数150拍/分での仕事量(PWC₁₅₀)および心拍数130拍/分での仕事量(PWC₁₃₀)を算出した。また、年齢による心拍反応を補正することによって求めた仕事量(PWC_p)は、Borg et

al.²⁾の方法にしたがって求めた。

なお、測定は1982年から1983年にわたっているが、各年度とも3月下旬から5月下旬および10月初旬から12月初旬にかけて実施した。

3. 測定成績

(1) 一般健康者の形態、身体組成および安静時の循環機能

表1には、一般健康者の身体計測値および安静時の脈拍数と血圧値を、5歳ごとに平均値と標準偏差で示している。形態や身体組成の加齢による推移をみるには、各年齢層の例数が少ないが、概して体重が35歳から増加傾向にある。推定体脂肪率は、加齢にともなって高くなる傾向がみられ、総脂肪量では、35歳から急増している。したがって、中高年者の体重の増加は、脂肪量の蓄積によるところを反映しているようである。

安静時の脈拍数は、62~82拍/分の範囲にあり、最高血圧および最低血圧の範囲は、それぞれ126~135および73~86mmHgである。これらの値から加齢による特徴をみいだすことは困難

表1. 年齢別にみた身体計測値および安静時の脈拍数と血圧値

年齢区分 (歳)	(n)	身長 (cm)	体重 (kg)	推定体脂肪率 (%)	総脂肪量 (kg)	除脂肪体重 (kg)	安静時脈拍 (bpm)	安静時最高血圧 (mmHg)	安静時最低血圧 (mmHg)
20~24	(9)	159.1 ±5.9	53.8 ±8.7	21.5 ±7.0	11.5 ±4.2	40.9 ±3.3	70.2 ±7.4	115.7 ±10.4	75.4 ±5.1
25~29	(10)	157.4 ±4.7	52.8 ±6.0	23.8 ±10.5	12.7 ±6.2	39.4 ±5.3	71.8 ±10.7	114.4 ±16.4	72.7 ±14.2
30~34	(7)	151.4 ±4.9	50.8 ±8.0	21.4 ±8.0	11.4 ±6.2	39.4 ±2.7	82.3 ±7.5	113.9 ±2.9	78.0 ±7.4
35~39	(10)	156.0 ±6.7	54.5 ±6.9	24.0 ±6.1	13.3 ±4.6	41.3 ±4.4	72.5 ±7.3	117.4 ±12.4	75.3 ±10.7
40~44	(9)	159.6 ±4.1	61.3 ±5.8	26.6 ±6.5	16.4 ±4.7	44.9 ±4.8	78.2 ±9.9	126.8 ±6.7	77.2 ±8.1
45~49	(10)	153.9 ±5.2	55.8 ±7.2	25.6 ±6.8	14.6 ±6.0	41.2 ±3.0	69.0 ±9.9	116.8 ±14.5	75.0 ±8.2
50~54	(9)	155.1 ±3.9	56.9 ±11.9	26.7 ±10.5	16.1 ±9.7	40.7 ±3.8	62.1 ±7.0	126.0 ±15.9	78.9 ±12.4
55~59	(4)	152.9 ±3.0	60.4 ±3.3	25.8 ±3.0	15.4 ±2.8	44.1 ±0.9	74.8 ±11.8	135.0 ±15.7	85.5 ±9.0

数値は平均値±標準偏差値である。

表 2. 年齢別にみたPWC

年齢区分 (歳)	(n)	PWC ₁₇₀		PWC ₁₅₀		PWC ₁₃₀		PWC _p	
		(kpm/min)	(kpm/kg·min)	(kpm/min)	(kpm/kg·min)	(kpm/min)	(kpm/kg·min)	(kpm/min)	(kpm/kg·min)
20~24	(9)	624 ±117	11.76 ±2.40	496 ±112	9.31 ±2.24	367 ±118	6.90 ±2.29	610 ±115	11.48 ±2.34
25~29	(10)	714 ±106	13.53 ±1.22	565 ±87	10.71 ±1.07	417 ±72	7.91 ±0.99	683 ±101	12.94 1.19
30~34	(7)	594 ±60	11.94 ±2.40	450 ±53	9.00 ±1.66	303 ±56	6.01 1.11	535 ±58	10.70 ±2.07
35~39	(10)	676 ±94	12.42 ±1.27	531 ±95	9.78 ±1.41	415 ±78	7.62 ±1.16	560 ±88	11.05 ±1.24
40~44	(9)	707 ±103	11.58 ±1.40	559 ±75	9.14 ±1.11	410 ±60	6.73 ±1.02	598 ±79	9.79 ±1.14
45~49	(10)	564 ±104	10.14 ±1.55	446 ±78	8.02 ±1.15	329 ±55	5.93 ±0.93	462 ±83	8.31 ±1.22
50~54	(9)	583 +114	10.37 ±1.76	474 ±97	8.44 ±1.54	366 ±81	6.51 ±1.35	469 ±92	8.36 ±1.54
55~59	(4)	649 ±107	10.78 ±1.91	517 ±85	8.55 ±1.45	385 ±67	6.40 ±1.06	492 ±85	8.18 ±1.47

数値は平均値±標準偏差値である。

であるが、やや高齢者では脈拍数が低く、血圧値が高くなる傾向がうかがえる。

(2) 一般健康者のPWCについて

表 2 には、年齢別にみたPWCを平均値と標準偏差で示している。心拍数170、150および130拍/分の仕事を、それぞれPWC₁₇₀、PWC₁₅₀およびPWC₁₃₀として表し、年齢による心拍反応の相違を消去する評価法として採用した仕事をPWC_pとしている。いずれも絶対値と体重当りの値で示しているが、40および50歳台では、実際の測定における心拍数は150拍/分前後にまでしか上昇させておらず、高齢者層のPWC₁₇₀においては、かなりの部分で推定の域をでていない。

各年齢層で得られるPWC₁₇₀、PWC₁₅₀およびPWC₁₃₀の絶対値の範囲は、心拍レベルが低下するほどせまくなっているが、加齢による変化はあまり明らかでない。PWC_pでは、20および30歳台の前半の値がその前後の年齢層のそれより低い、全体的には、加齢にともなって低下する傾向がみられる。

体重当りでみると、いずれのPWCとも20および30歳台の前半ではその前後の年齢層より低

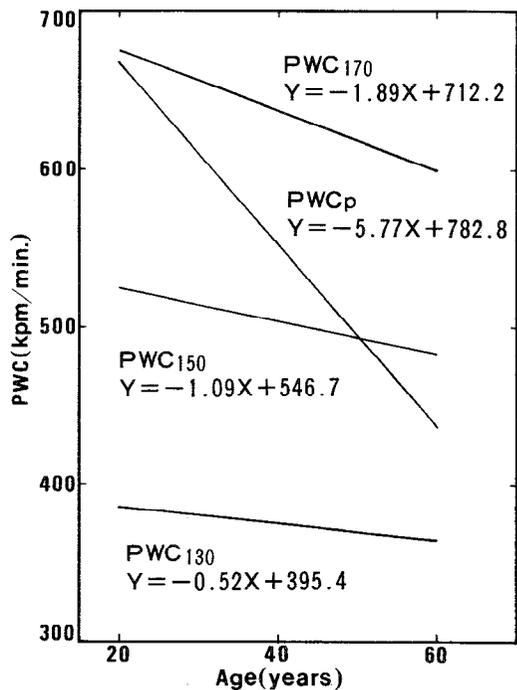


図 1. 年齢とPWCとの関係(一般健康者68例)

表3. 40歳台における一般健康者と定期的運動者の体力比較

グループ (n)	身長 (cm)	体重 (kg)	推定体脂肪率 (%)	総脂肪量 (kg)	除脂肪体重 (kg)	安静時脈拍 (bpm)	安静時最高血圧 (mmHg)	安静時最低血圧 (mmHg)
一般健康者 (19)	157.0 ±5.8	58.8 ±7.1	26.1 ±6.5	15.5 ±5.3	43.1 ±4.3	73.4 ±10.7	121.5 ±12.3	76.1 ±8.0
定期的運動者 (19)	156.1 ±3.6	52.7 ±6.2	23.4 ±6.5	12.6 ±4.6	40.1 ±3.6	73.1 ±9.5	117.0 ±10.1	81.1 ±9.1
有意水準	P<0.01			P<0.05				

グループ (n)	PWC ₁₇₀		PWC ₁₅₀		PWC ₁₃₀		PWC _p	
	(kpm/min)	(kpm/kg・min)	(kpm/min)	(kpm/kg・min)	(kpm/min)	(kpm/kg・min)	(kpm/min)	(kpm/kg・min)
一般健康者 (19)	632 ±125	10.82 ±1.62	475 ±139	8.55 ±1.24	367 ±70	6.31 ±1.03	527 ±105	9.01 ±1.38
定期的運動者 (19)	712 ±93	13.65 ±2.01	556 ±76	10.66 ±1.66	402 ±69	7.72 ±1.43	585 ±80	11.21 ±1.76
有意水準	P<0.05	P<0.001	P<0.05	P<0.001	P<0.01		P<0.001	

数値は平均値±標準偏差値である。

いが、それらを除くと、加齢とともに低下する傾向がみられる。とくに、体重当りのPWC_pでは年齢の増加にともなって低下していることが明らかである。

図1には、一般健康者68名のPWCと年齢との関係を回帰式で示している。PWC₁₇₀、PWC₁₅₀およびPWC₁₃₀は、年齢とともに低下するようであるが、いずれも有意な相関関係はみられない。しかし、PWC_pは年齢との間に有意な負の相関関係 ($r = -0.521, P < 0.001$) がみられる。この場合、20歳での値を100%とすれば、その低下率は年0.9%となる。また、図には示していないが、体重当りのPWC_p (Y) と年齢 (X) との間には、 $Y = -0.145X + 15.79$ ($r = -0.678, P < 0.001$) がえられ、その低下率は1.1%/年であった。

(3) 一般健康者と定期的運動者の体力比較

家庭婦人における定期的運動者の体力特性を明らかにするために、表3には40歳台における一般健康者 (19名) と定期的運動者 (19名) の形態、身体組成、安静時の循環機能およびPWCについて平均値と標準偏差で比較している。一般健康者群の年齢の平均値は44.0±2.4年で、定期的運動者群のそれは44.5±2.4年であり、年齢は両群でほぼ同じである。

身長では、両群に差はないが、体重では定期的運動者で有意に低い。定期的運動者の推定体脂肪率および総脂肪量は、一般健康者と比較してそれぞれ11%および23%低い。安静時の脈拍および血圧には、両群にほとんど差がみられない。PWC₁₇₀、PWC₁₅₀、PWC₁₃₀およびPWC_pの絶対値と体重当りの値は、いずれも定期的運動者に高く、それらのほとんどの値には両群に有意な差がみられる。

一般健康者と定期的運動者の総数38例におけるPWC_pおよび体重当りのPWC_pの平均値 (M) と標準偏差 (SD) を用いて、5段階の体力区分を試みると、表4のようになる。すなわち、(A)かなり優れている (M+1.5SD以上)、(B)優れている (M+0.5SD以上~M+1.5SD未満)、(C)ふつう (M-0.5SD以上~M+0.5SD

表4. PWC_pによる5段階の体力区分

体力区分	PWC _p (kpm/min)	体重当りのPWC _p (kpm/kg・min)
A(かなり優れている)	701~	13.0~
B(優れている)	604~700	11.1~12.9
C(ふつう)	507~603	9.2~11.0
D(劣っている)	410~506	7.2~9.1
E(かなり劣っている)	~409	~7.3

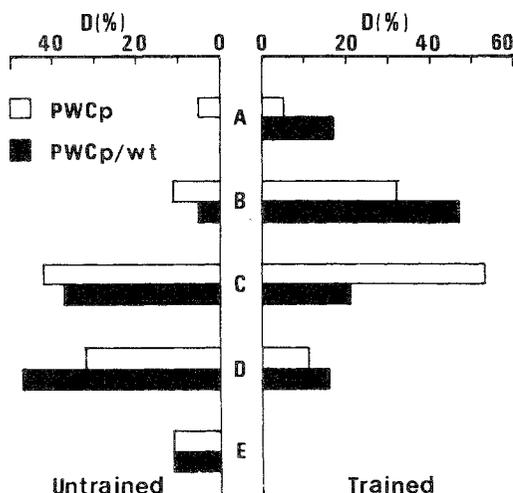


図2. 体力段階における一般健康者 (Un-trained) と定期的運動者 (Trained) の分布比較

D未滿)、(D)劣っている (M-1.5SD以上~M-0.5SD未滿)、(E)かなり劣っている (M-1.5SD未滿) である。

表4の体力区分にしたがって、一般健康者群と定期的運動者群における各段階に占める割合を比較すると、図2のようになる。PWCpの絶対値では、両群ともC(ふつう)段階に40~50%近く占めるが、すぐれている段階に占める割合は定期的運動者に多く、劣っている段階に占める割合は一般健康者に多い。体重当りのPWCpでみると、両群では明らかな体力差がみられる。つまり、定期的運動者ではB(すぐれている)段階をピークとし、一般健康者ではD(劣っている)段階をピークとし、それぞれ分布して

表5. 40歳台の家庭婦人における体重当りのPWCp, 身体組成および安静時の循環機能との相関マトリックス(n=38)

PWCp/wt 'kpm/kg·min'	指定体脂肪率 (%)	総脂肪量 (kg)	安静時脈拍数 (bpm)	安静時最高血圧 (mmHg)
-0.55***	0.95***	0.20	0.34*	
-0.54***				
-0.23	0.14			
-0.15	-0.01	0.04		

* P < 0.05
*** P < 0.001

いることがわかる。

表5には、40歳台の家庭婦人38名における体重当りのPWCp, 身体組成および安静時の循環機能との相関マトリックスである。PWCpは体脂肪率および総脂肪量との間に有意な負の相関関係がみられる。また、当然のことであるが、推定体脂肪率と総脂肪量との間に直線的関係がみられ、安静時の脈拍数と最高血圧値との間にも有意な正の相関関係がみられる。

4. 考 察

通常、運動による心拍数の増大は、一定範囲内であれば作業量と一次関数で表され、ある定常状態における心拍数での作業量の大小は、酸素運搬能力を含めた全身的な持久性を反映することになる。PWCテストはSjöstrand¹⁴⁾によって考案され、心拍数170拍/分での仕事量がしばしば用いられる。Wahlund¹⁶⁾によれば、心拍数がおおよそ180拍/分以上の運動時では、心拍出量に低下がみられ、その状態では心臓の拡張期に血液を十分に満たすゆとりがなくなることから、心拍数170拍/分での運動は、心拍数が定常状態を保つ上での最も高い、しかも経済的に作業を遂行する上での最高に近い水準であることが指摘されている。ところが、中高年者における心拍数170拍/分での運動は相当に強い負荷となることから、PWCテストでは年齢によってPWC₁₅₀あるいはPWC₁₃₀が採用されている。

これまでに報告されている女性のPWC値⁸⁾(平均値、kpm/min)をみると、PWC₁₇₀では20~24歳(16例)で525、25~29歳(14例)で552がえられ、PWC₁₅₀では30~34歳(8例)で512、35~39歳(9例)で628、40~44歳(5例)で624、45~49歳(11例)で551がえられ、PWC₁₃₀では50~54歳(17例)で362、55~59歳(10例)で255がえられている。これらの値は、今回の成績と比較して、20歳台のPWC₁₇₀では低く、30および40歳台のPWC₁₅₀では高く、50歳台のPWC₁₃₀ではほとんど変わらない。PWCは体格や身体組成によって影響をうけることから^{12,13)}、

絶対値による比較は必ずしも適当であるとはいえないが、これらの比較による若年層および中年層における差は、今回の成績が家庭婦人を、松井らの報告値⁶⁾が事務職員を対象としているところに、職業的あるいは日常生活行動における差が反映しているのかも知れない。いずれにしても、年齢によって異なった心拍レベルでのPWCの比較では、年齢が高いにもかかわらず作業能力は高くなることがみられ、これを評価尺度に用いるには、多くの測定者を同一レベルで比較することが困難であろう。

生体では、ある年齢に達すれば退行現象がみられる。低下を示す時期は、多くの器官や機能によって異なるが、最高心拍数は固体差があるものの、およそ20歳をピークとして、加齢とともに低下することが知られている⁷⁾。170拍/分の心拍レベルは、20歳では最高心拍数に対して85~90%に相当するが、その割合は年齢とともに増大し、40~45歳にかけてのそれはほぼ最大に近くなる。したがって、広い範囲の年齢層におけるある一定の心拍反応でのPWCの評価では、年齢によって相対的負担度が異なり、PWCは加齢とともに変化しないか、あるいはむしろ増加の傾向を示す場合もあることが報告されている^{2,9)}。今回の成績においても、PWC₁₇₀、PWC₁₅₀およびPWC₁₃₀は、それぞれ年齢に対してやや低下傾向にあるものの、有意な関係を示していない。加齢とともに最高心拍数が低下することを考慮すれば、このような成績は当然であると考えられよう。したがって、ある一定レベルでの心拍反応におけるPWCを評価尺度に用いる場合は、加齢にともなう生理的機能を反映した評価とはいい難いであろう。

しかしながら、年齢による心拍反応を補正したPWC_pは、年齢と密接に関係している。すなわち、PWC_pは年齢と有意な負の相関関係を示し、とくに体重当りのPWC_pではより大きな相関係数がえられている。この場合、20歳のPWC_pの値を基準とした低下率は、1%/年前後である。この加齢現象は、多くの呼吸循環機能にみられる退行の低下率の範囲⁹⁾にあり、

PWC_pは全身持久性の年齢による特性を反映した指標として評価することができよう。したがって、PWC_pと年齢からえられる回帰式を用いて、年齢ごとに全身持久力の評価表(体力区分)を作成することは可能であることが推測される。

ところで、中高年者の体力低下は、職業生活や日常生活における機械化、あるいは交通機関の発達などと相まって、深刻な健康問題となり、近時、運動不足病(Hypokinetic disease)⁶⁾という名称さえ用いられるようになっている。中高年者の加齢とともに増加する動脈硬化、それにとまなう中枢神経系血管障害、心臓病などの成人病は、呼吸循環機能との関連が極めて深い。身体活動を高いレベルで持続させるには、最も重要な機能は呼吸循環機能であろう。この機能の低下は、いわゆる酸素運搬能の低下となり、やがて活動能力(作業能)の制約につながっていくと考えられる。

運動が呼吸循環機能を改善することは、周知のところである。運動とPWCとの関係においても、黒田ら⁷⁾は7ヶ月間にわたる週1~2回(90~120分/回)程度の運動を、球技を主体として中高年男子に継続させ、PWCの増大を報告しているように、PWCの改善に及ぼす運動の効果は明らかである。今回の成績では、40歳台の家庭婦人における長期間にわたる定期的運動者のPWCが、一般健康者に比較して、PWC_pの絶対値では11%、体重当りのPWC_pでは24%ほど高い。一般に、退行にかかわる要因は、慢性疾患や生活条件(気候、栄養、労働)などがあげられるが、基本的に重要なことは、生体の諸器官が適度に使用すればその機能の低下は少なく、使用しないと低下する現象である。すなわち、日常生活行動が退行速度に反映するのである。このような意味では、定期的運動者の体力が高いレベルにあることは、比較的少ない運動量であっても、その運動継続の意義が明らかにされたといえよう。

また、中高年の運動では、身体組成の改善が個人の健康レベルと関連して重要な課題であ

る。とくに、定期的運動者の体重は一般健康者より有意に低いが、総脂肪量では23%近くの差となって表れている。しかもPWC_pは推定体脂肪率および総脂肪量の増大にともなう有意に低下している。したがって、適度の脂肪沈着は呼吸循環系への負担の増加、運動能力の減退、さらには動脈硬化症や糖尿病などの要因になることが推測されよう。このようなことから、中高年の運動処方では、過度の脂肪沈着を除き、あるいは沈着を防ぎながら、筋肉などの活性組織の質的改善をはかることが望まれる。

5. 要 約

最大下の運動に対する生理的反応、余裕をもった心拍反応での作業能(Physical Working Capacity; PWC)を家庭婦人を対象に測定して、一般健康者(20~57歳、68名)の年齢による推移を調べるとともに、一般健康者と定期的運動者との比較を試みた。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

1) 一般健康者の形態および身体組成では、35~40歳台から体重の増加が目立ち、推定体脂肪率は加齢にともない増大傾向にあり、総脂肪量は35~40歳台から急増していた。安静時の循環機能では、高齢者ではやや脈拍数が低く、血圧値が高くなる傾向にあった。

2) 心拍数170、150および130拍/分におけるPWCには、加齢による特徴的な変化がみられなかった。年齢による最高心拍数の変動を考慮して求めたPWC(PWC_p)では、全体的に加齢にともなう低下がみられた。体重当りのPWC_pの平均値と標準偏差は、20~24歳(9例)では11.48±2.34、25~29歳(10例)では12.94±1.19、30~34歳(7例)では10.70±2.07、35~39歳(10例)では11.05±1.24、40~44歳(9例)では9.79±1.14、45~49歳(10例)では8.31±1.22、50~54歳(9例)では8.36±1.54、55~59歳(4例)では8.18±1.47kpm/minであった。

3) 一般健康者68例の年齢(X)とPWC_p(Y)との間には、有意な(P<0.001)負の相関関係がみられ、その回帰式は、 $Y = -5.77X + 782.80$

であった。20歳の値を100%とすると、その低下率は0.9%/年であった。同様に、年齢と体重当りのPWC_pでも有意な相関関係がみられ、この場合の低下率は1.1%/年であった。これらの低下率は、多くの呼吸循環機能の低下現象に対応しており、PWC_pを用いた年齢別体力評価には有用性が示唆された。

4) 40歳台の一般健康者(19例)と、7~12年にわたる体操クラブでの定期的運動者(19例)とを比較したところ、定期的運動者の体重は有意に低く、推定体脂肪率および総脂肪量では、それぞれ11%および23%低かった。PWCでは明らかに定期的運動者で高く、とくに体重当りのPWC_pの平均値と標準偏差から求めた5段階の体力区分で見ると、明らかに分布が異なり、定期的運動者の体力レベルは高く位置づけられた。

本研究の測定にあたり、ご協力いただいた被験者各位ならびに大津保健所および滋賀県立体育館関係各位に対し、厚く謝意を表する。

文 献

- 1) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand., 49, Suppl. 169, 1960.
- 2) Borg, G. & H. Linderholm: Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups. Acta Med. Scand., Suppl. 472, 194-206, 1967.
- 3) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson & A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 113-140, 1963.
- 4) Cooper, K. H. (広田公一, 石川旦訳): エアロビクス, ベースボールマガジン社, 東京, 1972.
- 5) 片岡幸雄, 黒田善雄, 小山秀哉, 沢田美智子, 水野忠和: 中高年者のPWC170と運動負荷に対する循環機能の特性について, 東京大

- 学教養学部体育学紀要, No. 9, 39-53, 1975.
- 6) Kraus, H. & W. Raab: Hypokinetic disease, Diseases produced by lack of exercise. Charles C. Thomas Publisher, Illinois, 1961.
 - 7) 黒田善雄, 片岡幸雄, 小山秀哉, 沢田美智子, 水野忠和: Physical Working Capacity と Body Composition の変化からみた中高年者の身体トレーニング効果, 東京大学教養学部体育学紀要, No. 8, 1-18, 1974.
 - 8) 松井秀治, 飯塚鉄男, 中西光雄, 加賀谷憲彦, 堀井昭: 一般体力テスト項目の検討, 昭和54年度日体協スポーツ科学研究報告, No. III 体力テスト法の作成 一第3報一, 42-50, 1979.
 - 9) 宮下充正: 老人の体力, 老年医学, 20, 54-60, 1980.
 - 10) 宮下充正, 武藤芳照, 吉岡伸彦, 定本朋子: 全身持久力の評価尺度としての PWC 75% HRmax, Jap. J. Sports Sci., 2, 912-916, 1983.
 - 11) Nagamine, S. & S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol., 36, 8-15, 1964.
 - 12) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武, 宮本孝: 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第2報 競技選手の PWC 170 について, 昭和57年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 3, 13-16, 1982.
 - 13) 佐藤尚武, 岡本進, 寄本明, 平田正: 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第1報 有酸素的作業能としての PWC 170 の検討, 昭和57年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 3, 8-12, 1982.
 - 14) Sjöstrand, T.: Changes in the respiratory organs or workmen at an ore smelting work. Acta Med. Scand., 128, Suppl. 196, 687-699, 1947.
 - 15) 体育科学センター編: 体育科学センター方式健康づくり運動カルテ, 講談社, 東京, 1976.
 - 16) Wahlund, H. G.: Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardio-pulmonary functional tests. Acta Med. Scand., 135, Suppl. 215, 9-86, 1948.

県民の Physical Working Capacity に関する研究

第4報 一般青年および長距離選手の PWC₁₇₀における性差

佐藤 尚武・宮本 孝 (滋賀大学)
玄田 公子・寄本 明 (滋賀県立短期大学)
岡本 進 (滋賀県立短期大学)

1. はじめに

これまでに、最大下の運動に対する生理反応、ことにある定常レベルの心拍数に対する作業能 (Physical Working Capacity ; PWC) に着目し、運動処方の手がかりとなる評価尺度の検索を試みている。第1報¹⁾では、心拍数170拍/分でのPWCが最大酸素摂取量と密接な関係を持ち、PWCが有酸素的作業能を十分に反映する指標であること、第2報²⁾では、競技選手のPWCが非競技者と比較してかなり高く、PWCは呼吸循環系の優劣を反映することを観察してきた。第3報³⁾では、中高年女子のPWCには加齢にともなう低下がみられるが、これは多くの呼吸循環機能の低下現象に対応しており、年齢を考慮したPWCによる年齢別体力評価の有用性が認められた。

ところで、我が国のPWCに関する研究は猪飼⁷⁾の報告に始まり、運動者についての検討は多いが、性差に関する報告はほとんどみられない。通常、思春期以後の女性の最大有気的パワーは、男性の70~75%に相当するといわれている²⁾。今回は、健康な青年男女のPWCを比較するとともに、運動選手のなかでは呼吸循環機能が最もすぐれているとみられる長距離選手のPWCの性差についても検討を加えた。

2. 実験方法の概要

被験者は、健康な青年男女48名である。これらの被験者は、日常的に運動に親しんでいない健康な一般青年と、中・長距離を専門としている陸上競技選手からなっている。一般青年の男子は、19~26才の大学生および大学院生11名で、女子は18~22才の大学生11名である。陸上競技選手の男子は、18~29才の実業団の選手12名で

ある。女子は17~22名の14名で、実業団の選手が1名、大学生の選手が2名、残りが高校生である。男子の多くは鳴門駅伝に、女子の多くは全国女子駅伝にそれぞれ出場しており、これらの選手は滋賀県を代表する長距離ランナーである。

多くの場合、昼食の2時間後に、身長、体重および皮下脂肪厚を計測し、15~30分間の椅座位安静とした。その間に、心電図用電極を装着し、安静時終末には心拍数を測定した。皮下脂肪厚は、栄研式キャリパーを用いて上腕背部と肩甲骨下縁部を測定し、体密度をNagamineらの式¹⁰⁾で求め、体脂肪率をBrožekらの式⁹⁾から推定した。体脂肪率からは体脂肪量を算出し、除脂肪体重は体重と体脂肪量との差から求めた。

PWCの測定には、自転車エルゴメーターを用いた。ウォーミングアップは、男子では1.5kp、女子では1.0kpの強度をそれぞれ回転数50rpmで4分間負荷し、その後4分間の休息をおいて測定を開始した。PWCの測定方法は、前報¹⁾に準じた。その概要は、12分間のペダリングを4分ごとに負荷を3段階に分けて漸増し、各作業強度の終末1分間の心拍数とその時の仕事量との関係から、心拍数170拍/分における仕事量(kpm/min)を求め、これをPWC₁₇₀とした。

なお、一般青年の男女については11月中旬から12月中旬にかけて、男子の長距離選手については1月初旬に、女子の長距離選手については12月下旬に、それぞれ測定した。測定場所は、滋賀大学教育学部、滋賀医科大学、滋賀県立短期大学および希望丘ユースホステルにわたっているが、いずれの場合も測定時の室温は18~20°Cの範囲になるよう配慮した。

表 1. 一般青年の体格, 体組成, 安静心拍数およびPWC₁₇₀

Sex	Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Loherer's index	%Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	HRrest (bpm)	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	PWC ₁₇₀ /Wt. (kpm/kg·min)	PWC ₁₇₀ /LBM (kpm/kg·min)
Male	S.K.	19	174.0	65.0	123	15.5	10.1	54.9	59	1096	16.9	20.0
	N.H.	20	170.0	63.0	128	17.4	11.0	52.0	56	1139	18.1	21.9
	H.K.	21	159.0	51.0	127	12.3	6.3	44.7	88	713	14.0	16.0
	H.A.	21	169.0	63.0	131	13.2	8.3	54.7	79	918	14.6	16.8
	Y.M.	21	167.8	56.2	119	11.6	6.5	49.7	71	807	14.4	16.2
	S.C.	22	172.3	65.6	128	11.4	7.5	58.1	53	934	14.2	16.1
	K.K.	22	169.5	50.1	103	11.6	5.8	44.3	67	859	17.1	19.4
	K.T.	24	169.0	61.0	126	13.4	8.2	52.8	71	895	14.7	17.0
	M.K.	24	170.5	56.6	114	10.4	5.9	50.7	83	754	13.3	14.9
	K.S.	25	172.0	67.0	132	12.3	8.2	58.8	80	935	14.0	15.9
	K.O.	26	163.0	55.0	127	12.5	6.9	48.1	84	800	14.5	16.6
	Mean	22.3	168.7	59.41	123.5	12.87	7.70	51.71	71.9	895.5	15.07	17.35
	S.D.	2.2	4.3	5.92	8.5	2.00	1.69	4.83	12.0	132.2	1.55	2.14
	Female	M.D.	18	160.0	57.0	139	27.3	15.6	41.4	75	644	11.3
N.O.		18	155.0	48.0	129	18.9	9.1	38.9	60	673	14.0	17.3
H.F.		18	165.4	58.5	129	17.8	10.4	48.1	77	689	11.8	14.3
K.Y.		18	159.9	54.0	132	25.0	13.5	40.5	81	619	11.5	15.3
K.H.		19	159.5	52.0	128	20.0	10.4	41.6	80	630	12.1	15.1
K.Y.		19	155.2	49.0	131	19.5	9.6	39.4	86	490	10.0	12.4
K.H.		22	158.6	51.2	128	18.4	9.4	41.8	90	426	8.3	10.2
S.H.		22	154.1	47.4	130	17.3	8.2	39.2	74	555	11.7	14.2
M.M.		22	153.8	46.0	126	16.5	7.6	38.4	80	516	11.2	13.4
S.M.		22	146.6	56.3	179	25.6	14.4	41.9	76	652	11.6	15.6
R.I.		22	160.0	45.3	111	11.2	5.1	40.2	62	677	14.9	16.8
Mean		20.0	157.1	51.34	132.9	19.77	10.30	41.04	76.5	597.5	11.67	14.56
S.D.		1.9	4.9	4.61	16.7	4.64	3.11	2.65	9.0	87.5	1.75	2.02
Sexual difference		p<0.05	p<0.001	p<0.01	n.s.	p<0.001	p<0.05	p<0.001	n.s.	p<0.001	p<0.001	p<0.01

表 2. 長距離選手の体格, 体組成, 安静心拍数およびPWC₁₇₀

Sex	Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Loherer's index	%Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	HRrest (bpm)	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	PWC ₁₇₀ /Wt. (kpm/kg·min)	PWC ₁₇₀ /LBM (kpm/kg·min)
Male	M.N.	18	164.0	53.0	120	10.0	5.3	47.7	61	1197	22.6	25.1
	H.M.	18	161.0	52.0	125	9.1	4.7	47.3	49	1199	23.0	25.3
	T.F.	19	172.0	58.0	114	9.7	5.6	52.4	52	1143	19.7	21.8
	N.O.	19	164.0	52.0	118	9.5	4.9	47.1	48	1196	23.0	25.4
	M.O.	19	169.0	56.0	116	10.7	6.0	50.0	41	1151	20.5	23.0
	M.T.	21	158.0	47.0	119	10.2	4.8	42.2	48	1087	23.1	25.8
	T.K.	21	158.0	51.0	129	10.4	5.4	45.6	49	1123	22.0	24.6
	N.S.	23	167.0	55.0	118	10.0	5.5	49.5	70	1093	19.9	22.1
	S.M.	24	161.0	52.0	125	10.4	5.4	46.6	57	1227	23.6	26.3
	M.M.	29	166.0	53.0	116	8.6	4.6	48.4	43	1446	27.3	29.9
	S.I.	29	163.0	52.0	120	11.4	5.9	46.1	61	1097	21.1	23.8
	M.K.	29	176.0	60.0	110	10.0	6.0	50.0	65	1261	21.0	25.2
	Mean	22.4	164.9	52.50	119.2	10.00	5.34	47.74	53.7	1185.0	23.23	24.86
	S.D.	4.4	5.5	2.68	5.2	0.70	0.48	2.51	9.0	95.2	1.99	2.05
Female	S.S.	17	163.8	52.0	118	12.2	6.3	45.7	45	1233	23.7	27.0
	M.Y.	17	159.7	44.6	110	11.9	5.3	39.3	65	920	20.6	23.4
	T.O.	17	154.5	44.4	120	13.5	6.0	38.4	75	625	14.1	16.3
	K.K.	17	157.0	47.6	123	15.9	7.6	40.0	59	1129	23.7	28.2
	M.I.	17	169.0	54.0	112	8.5	4.6	45.5	68	934	17.3	20.5
	Y.H.	17	159.5	47.5	117	14.3	6.8	40.7	74	670	14.1	16.5
	Y.S.	18	156.9	55.7	144	16.5	9.2	46.5	61	1094	19.6	23.5
	Y.K.	18	156.1	52.0	137	15.7	8.2	43.8	52	1100	21.1	25.1
	T.T.	18	149.1	47.4	143	13.8	6.5	40.9	62	875	18.5	21.4
	K.K.	18	161.0	59.0	141	20.6	12.2	46.8	61	1159	19.6	24.8
	S.N.	18	152.0	42.0	120	13.8	5.8	36.2	80	585	13.9	16.2
	E.Y.	19	159.3	48.6	120	15.1	7.3	41.3	63	740	16.1	18.6
	C.A.	19	165.0	53.0	118	14.1	7.5	45.5	68	746	14.1	16.4
	K.M.	22	157.0	49.0	127	13.5	6.6	42.4	51	1056	21.5	24.9
Mean	18.0	158.6	49.77	125.0	14.24	7.14	42.36	63.1	919.0	18.42	21.63	
S.D.	1.4	5.2	4.34	11.5	2.71	1.88	3.33	9.7	216.0	3.54	4.24	
Sexual difference	p<0.01	p<0.01	n.s.	n.s.	p<0.001	p<0.01	p<0.001	p<0.05	p<0.001	p<0.001	p<0.05	

3. 実験成績

表1には一般青年について、表2には長距離選手について、それぞれ体格、体組成、安静心拍数およびPWC₁₇₀を示している。一般青年における形態の各項目の男女の平均値の間には、ローレル指数を除いていずれも有意な差となっている。平均値における女子の男子に対する割合は、身長では93%、体重では86%、ローレル指数では108%である。体脂肪率の男女比は1.54で、体脂肪量のそれは1.34であり、いずれも女子に大きい。女子の除脂肪体重は男子の79%である。長距離選手における体格および体組成の平均値による男女差は、体重とローレル指数を除いていずれも有意である。これらの選手における男女比は、一般青年のそれに比較して接近している。

男子の一般青年と長距離選手の比較では、一般青年の身長が高い傾向にあつて、体重が有意に重い(p<0.01)、長距離選手の体脂肪率は有意に低い(p<0.001)。女子の場合では、身長と体重にはあまり差はみられないが、体脂肪率では長距離選手が一般青年より明らかに低い(p<0.001)。

一般青年のPWC₁₇₀は、男子では713~1139 kpm/minの範囲で、平均値は895.5kpm/minである。女子では516~689kpm/minの範囲にあり、平均値は597.5kpm/minである。男女の平均値には、0.1%水準で有意な差がみられる。また、体重当りのPWC₁₇₀には0.1%水準で、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀には1%水準で、いずれも有意な性差がみられる。

長距離選手のPWC₁₇₀は、男子では1093~1446 kpm/minの範囲にあつて、平均値は1185.0kpm/minである。女子では585~1233 kpm/minの範囲にあつて、平均値は919.0 kpm/minである。男女間には0.1%水準で有意な差がみられる。また、体重当りのPWC₁₇₀では0.1%水準で、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀では5%水準で、いずれも男子の平均値は女子を有意に上回っている。

図1には、男子のPWC₁₇₀に対する女子の割

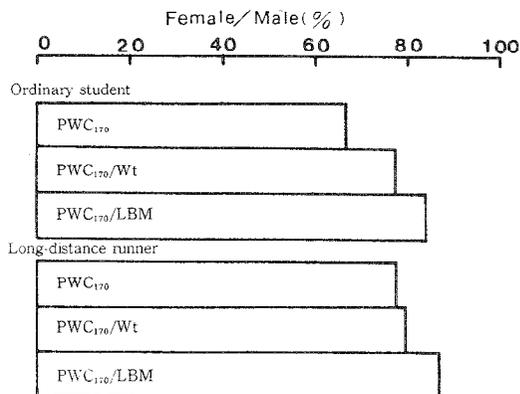


図1. PWC₁₇₀における女性値の男性値に対する割合 (Wt: 体重, LBM: 除脂肪体重)

合を示している。一般青年における女子のPWC₁₇₀は男子の66.7%であるが、その割合は体重当りのPWC₁₇₀では高くなり(77.4%)、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀ではさらに高くなっている(83.9%)。長距離選手においてはPWC₁₇₀では77.6%、体重当りのPWC₁₇₀では79.3%、除脂肪体重当りのPWC₁₇₀では87.0%である。これら長距離選手におけるPWC₁₇₀は、一般青年と比較して、男女差が接近していることが認められる。

PWC₁₇₀と安静心拍数との関係を、図2に示している。男女ともに、両者の間には0.1%水準で

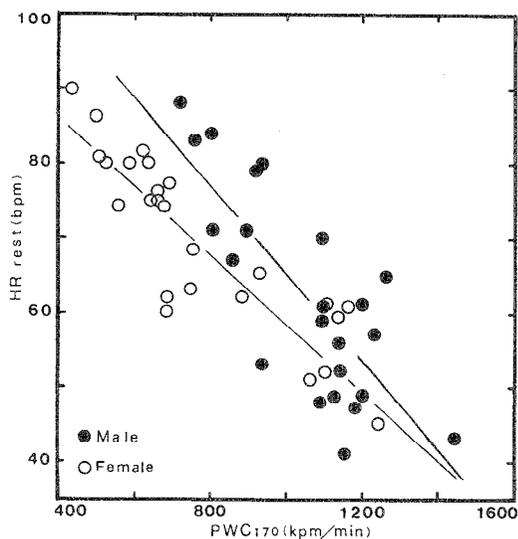


図2. PWC₁₇₀と安静心拍数との関係

有意な相関関係が認められ、安静心拍数が低い者ほど PWC_{170} が大きくなっている。また、同一安静心拍数における PWC_{170} は、女性では男性より小さい。

4. 考 察

同年齢における PWC_{170} の性差を比較するために、これまでに報告されているおもな成績を表 3 にあげている。今回の測定では、一般青年における女子の PWC_{170} は男子の 66.7% に相当しているが、この割合は松井ら⁸⁾および Bengtsson³⁾ のそれらより低い。Cumming ら⁶⁾ および Macnab ら⁸⁾ の報告では、50~57% と今回の報告よりもさらに低い割合を示しているが、彼等の被験者の体重をみると、女子は男子の 74~78% であって、これらの PWC の男女差には単に民族的な差が反映しているのではなく、かなり体格の相違が影響しているようである。

体重当りの PWC_{170} においては、今回えられた女子の男子に対する割合が Macnab らの値⁸⁾ に近く、除脂肪体重当りの PWC_{170} では、Macnab ら⁸⁾ とほぼ同じ割合である。これらのことから、日本人の一般青年における PWC_{170} の男子に対する女子の割合は、絶対値ではおそらく 65~75% の範囲にあつて、体重当りでは 75

~80% であり、除脂肪体重当りでは 80~85% に相当するであろうと推定される。

このように、 PWC_{170} の性差は絶対値よりも体重当りで小さくなり、除脂肪体重当りではさらに小さくなる。このことは、 PWC の男女差が不活性組織を除去することによって減少することを意味している。田口ら¹⁶⁾ は、天然放射性カリウムの測定から身体総カリウム量を算出し、これを基に身体の総筋量を求め、筋重量と最大酸素摂取量との関係を調べている。最大酸素摂取量の除脂肪体重当りでみられる 90% の男女比は、筋重量当りではおよそ 95% となり、その差は短縮している。このことから有酸素的作業能力における性差は、筋の量的な差異によって生じていることがうかがえる。

長距離選手の PWC_{170} は、これまでの報告^{7,12)} にみられるように大きい値を示している。一般青年男女の体重当りの PWC_{170} に対して、男子のランナーでは 1.54 倍、女子のランナーでは 1.58 倍である。この場合、ランナーにおける女子の男子に対する割合は、除脂肪体重当りでは 90% 近くなり、その男女差が接近し、トレーニングによって活性組織当りの PWC の性差は小さくなることがみられる。

通常、有酸素的作業能は、運動に参加する筋

表 3. PWC_{170} における性差の比較

Author	Sex	Number of subject	Age (yrs)	Weight (kg)	PWC_{170} (kpm/min)	PCW_{170}/Wt (kpm/kg·min)	PWC_{170}/LBM (kpm/kg·min)
Bengtson ³⁾	Male	5	15~20		1031		
	Female	6	15~20		770		
	F/M(%)				74.7		
Cumming et al. ⁶⁾	Male	10	20~30	78.0	964	12.36	
	Female	21	18~25	58.0	478	8.24	
	F/M(%)			74.4	49.6	66.7	
Macnab et al. ⁸⁾	Male	24	18~20	76.1	1345	17.75	20.40
	Female	24	18~20	59.2	769	12.97	16.99
	F/M(%)			77.8	57.2	73.1	83.3
Matsui et al. ⁹⁾	Male	23	20~24		704.5		
	Female	16	20~24		524.5		
	F/M(%)				74.4		
This study	Male	11	19~26	59.4	895.5	15.07	17.35
	Female	11	18~22	51.3	597.5	11.67	14.56
	F/M(%)			86.4	66.7	77.4	83.9

量、筋の酸化能力および酸素運搬に加わる呼吸循環機能によって左右される。したがって、トレーニングによって筋組織におけるO₂供給能と筋のO₂消費能による向上が期待できる。Ruskoら¹³⁾は、フィンランドの一流クロスカントリー選手における最大酸素摂取量の男女差を検討している。これらの選手の大腿四頭筋外側広筋および腓腹筋の遅筋線維の比(%ST)には性差がみられないこと、また、それらの筋の酵素(SDH)活性が男女でほぼ等しいことを明らかにし、男女にみられる除脂肪体重当りの最大酸素摂取量の4%の差は、ヘモグロビン(Hb)濃度の性差に起因すると推定している。このことは、有酸素的作業能は形態や身体組織を考慮しても、酸素運搬にかかわる呼吸循環系に性差が残ることを示唆している。

ところで、運動時の呼吸循環系における女性の特徴は、著者らの実験¹⁾でも明らかなように、最大下の一定作業時の酸素摂取量には男女差がみられないが、同一の酸素摂取量に対する心拍数は明らかに女性で高く、酸素脈が小さいことが知られている。この酸素脈の相違は、心臓容積や一回拍出量の大きさを反映するが、Åstrand¹⁾は男女の酸素脈の差が総Hb量の差であると考えている。PWCは、最大下のある心拍数の定常レベルにおける仕事量を表わしている。したがって、酸素脈が大きい者ほど一定の心拍数で多量の酸素摂取が可能となり、大きな作業成績を示すことができる。Bouchardら⁴⁾は、PWCが心臓の大きさと密接にかかわっていることを明らかにしている。

心臓容積の増大や心筋の発達、しばしば運動性徐脈をひきおこす。長距離ランナーの安静心拍数をみると、男女ともに運動性徐脈を反映している選手が多くみられる。ところで、この安静心拍数はPWC₁₇₀の大きさと密接に関係し、男女のいずれにおいても安静心拍数が低い者ほどPWC₁₇₀が大きいことが認められる。また、両者の関係のある安静心拍数レベルにおけるPWC₁₇₀で男女比較すると、女性では男性より小さいことがわかる(図2)。このことは、PWCの

大小には心臓容積や一回拍出量の差が反映することを示唆しており、PWCにみられる男女差には、酸素脈の大きさが起因しているように推測される。

5. 要 約

最大下の作業能力における性差を明らかにするために、日常運動に親しんでいない一般青年男女22名と、滋賀県のトップレベルにある男女の長距離選手26名について、心拍数170拍/分におけるPhysical Working Capacity(PWC₁₇₀)を測定し、それぞれの男女比較を試みた。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 一般青年のPWC₁₇₀は、男子では713~1139kpm/minの範囲にあり、11名の平均値は895.5kpm/minであった。女子では516~689kpm/minの範囲にあり、11名の平均値は597.5kpm/minで、男女間には有意な差があった。体重当りのPWC₁₇₀における男女差の平均値は、それぞれ15.07および11.67kpm/minで、有意な性差(P<0.001)がみられた。

(2) 長距離選手のPWC₁₇₀は男子では1093~1446kpm/minの範囲にあり、12名の平均値は1185.0kpm/minであった。女子では、585~1233kpm/minの範囲にあり、14名の平均値は919.0kpm/minで、男女間には有意な差があった。体重当りのPWC₁₇₀における男女の平均値は、それぞれ23.23および18.42kpm/minで、有意な性差(P<0.001)がみられた。

(3) 一般青年のPWC₁₇₀における女子の男子に対する割合は66.7%であるが、体重当りのPWC₁₇₀では77.4%、除脂肪体重当りでは83.9%であった。PWC₁₇₀の性差は、体格や体組成を考慮することによって小さくなった。

(4) 長距離選手のPWC₁₇₀における女子の男子に対する割合は77.6%、体重当りでは79.3%、除脂肪体重当りでは87.0%であった。これら長距離選手におけるPWC₁₇₀の性差は、一般青年に比べて男女差が接近していた。

(5) PWC₁₇₀と安静心拍数には、男女ともに有意な負の相関関係(P<0.001)が認められた。

この場合、ある一定レベルの安静心拍数に対する PWC_{170} は、女性では男性より小さかった。

文 献

- 1) Åstrand, P.O., T.E. Cuddy, B. Saltin and J. Sterberg : Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.*, **19**, 268-274, 1964.
- 2) Åstrand, P.O. and K. Rodahl : Textbook of work physiology. McGraw-Hill Book Co., New York, 305-315, 1970.
- 3) Bengtsson, E. : The working capacity in normal children, evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer and compared with adults. *Acta Med. Scand.*, **154**, 91-109, 1956.
- 4) Bouchard, C., R.M. Malina, W. Hollmann and C. Leblanc : Submaximal working capacity, heart size and body size in boys 8-18 years. *Europ. J. Appl. Physiol.*, **36**, 115-126, 1977.
- 5) Brožek, J., F. Grande, J.T. Anderson and A. Keys : Densitometric analysis of body composition : Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140, 1963.
- 6) Cumming, G.R. and P.M. Cumming : Working capacity of normal children tested on a bicycle ergometer. *Canad. Med. Ass. J.*, **88**, 351-355, 1963.
- 7) 猪飼道夫 : 最大下負荷による作業能測定法の検討, 昭和43年度日本体育協会スポーツ科学委員会報告, 1-10, 1968.
- 8) Macnab, R.B.J., P.R. Conger and P.S. Taylor : Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women. *J. Appl. Physiol.*, **27**, 644-648, 1969.
- 9) 松井秀治, 飯塚鉄雄, 中西光雄, 加賀谷颯彦, 堀居 昭 : 一般体力テスト項目の検討, 昭和54年度日本体育協会スポーツ科学委員会報告, No. III 体力テスト法の作成, 42-50, 1979.
- 10) Nagamine, S. and S. Suzuki : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15, 1964.
- 11) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武 : 長時間運動による体温調節機能の性差, 昭和56年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. I 女子のスポーツ適性に関する研究—第1報—, 153-162, 1981.
- 12) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝 : 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第2報 競技選手の PWC_{170} について, 昭和57年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 3, 13-16, 1982.
- 13) Rusko, H., M. Havu and E. Karvinen : Aerobic performance capacity in athletes. *Europ. J. Appl. Physiol.*, **38**, 151-159, 1978.
- 14) 佐藤尚武, 岡本 進, 寄本 明, 平田 正 : 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第1報 有酸素的作業能としての PWC_{170} の検討, 昭和57年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 3, 8-12, 1982.
- 15) 佐藤尚武, 宮本 孝, 岡本 進, 寄本 明, 玄出公子, 本郷節哉, 山出敏子, 河本由美, 猪飼光三郎, 岩井富喜子, 内山 聡, 八隅清司 : 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第3報 家庭婦人の PWC および一般健康者と定期的運動者の体力比較, 昭和57年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 44-51, 1983.
- 16) 田口貞善, 上田慶子, 山地啓司, 秦 優子, 宮下充正 : 人体内の天然放射性カリウム (^{40}K) から求めた筋重量と最大酸素摂取量との関係, *体育学研究*, **21**, 19-26, 1976.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(1)クルー別にみた体力特性

岡本 進・寄本 明 (滋賀県立短期大学)
佐藤 尚武・宮本 孝 (滋賀大学)
武部 吉秀 (京都大学)
古川 宗寿 (東レ滋賀事業場)
清水 啓司 (伏見工業高校)
玄田 公子・吉田 瑞穂 (滋賀県立短期大学)

1. はじめに

湖国の代表的なスポーツであるボート競技は、県民スポーツとして広く普及しているとともに、その競技力のレベルは高い。国民体育大会の総合6連勝にみられるように、日本のトップクルーが育成され、今日では世界選手権に派遣される選手もでてくる。

ところで、ボートにおけるローイングは上肢と下肢を含めた全身運動であるため、各筋群で発揮される筋力や筋持久力とともに、全身の持久性が競技力と関係している。したがって、ボート選手では、全身の筋群や呼吸循環系にすぐれた能力を備えることが要求される。

本研究は、滋賀県のボート選手の形態、筋力および呼吸循環機能の測定から、ボート選手の身体能力の総合的資料を得て、競技力の向上に関するトレーニング処方作成に役立てることを目的としている。今回の報告では、ジュニアからトップレベルのボート選手について、クルー別に体力特性を明らかにするとともに、これまでに報告⁶⁾されている全日本を代表する選手の体力を、体力トレーニングの一応の目標と考え、それらに対する比較検討を試みたのである。

2. 測定方法の概要

(1) ボート選手のプロフィール

ボート選手はいずれも男子で、滋賀県の実業団および大学に所属する37名である。これらの選手は、異なる5つのクルーと1つのシングル・スカルのグループに分けられる。

クルーは、東レ滋賀漕艇部エイト7名(東レエイト)、滋賀大学経済学部漕艇部シニアクラスのエイト8名(経Sエイト)、同ジュニアクラスのエイト9名(経Jエイト)、滋賀大学教育学部漕艇部ジュニアクラスのエイト9名(教Jエイト)および滋賀大学経済学部漕艇部シニアクラスのフォア2名(経Sフォア)である。シングル・スカルは東レ滋賀漕艇部および瀬田漕艇クラブ所属の一流選手2名(Sスカル)である。

これらのクルーの平均年齢、ボート歴平均年数、競技力の程度および1983年のおもな競技成績は、表1に示すとおりである。以下、各クルー名は表示されている省略クルー名を用いる。なお、Sスカルの2選手を1つのクルーとみなすのは適当ではないが、便宜的に1グループとして取扱った。

(2) 形態の測定

形態では、身長、体重、胸囲、伸展上腕囲、屈曲上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲および皮脂厚を計測した。体脂肪率および除脂肪体重は、上腕背部(上腕部)と肩甲骨下縁部(背部)の皮脂厚値を用いて、Nagamineら⁷⁾およびBrožekらの式⁸⁾からそれぞれ算出した。

(3) 筋力の測定

筋力では、握力、背筋力およびローイング・ストレングスを測定した。これらの筋力測定では、いずれもストレイン・ゲージ内臓のロード・セル(竹井機器、1269)を使用し、張力が電気的に導出された。なお、ローイング・ストレングスは、ローイングのストローク姿勢で、すなわちバック台上にて膝関節を120度に保ち、伸展

表1. クルー別にみたプロフィール

クルー名	所属	人数	年齢	ボート歴	競技力の程度	1983年度におけるおもな競技成績
東レエイト	東レ滋賀	7	20.1 (1.1)	4.7 (1.7)	日本のトップクラスのエイト	朝日レガッタ(5月)準決勝, 全日本選手権(8月)3位, 実業団選手権(7月)1位, 国体(9月)5位
経Sエイト	滋賀大学 経済学部	8	21.4 (0.5)	3.4 (1.3)	関西のトップクラスのエイト	朝日レガッタ(5月)5位, 中日本レガッタ(6月)5位, 関西選手権(7月)3位, 国体(9月)3位, 関西学生リーグ戦(11月)1位
経Jエイト	滋賀大学 経済学部	9	19.6 (0.7)	1.1 (0.4)	ジュニアクラスのエイト	関西選手権(7月) ジュニア部門 2位
教Jエイト	滋賀大学 教育学部	9	19.4 (0.5)	0.7 (0.5)	ジュニアクラスのエイト	関西学生リーグ戦(11月)ナックルフォア1位
経Sフォア	滋賀大学 経済学部	2	21.0 (1.4)	2.3 (0.0)	関西のトップクラスのフォア	関西選手権(7月) 1位
S・スカル	東レ滋賀 瀬田R.C.	2	24.0 (1.4)	9.3 (1.4)	日本のトップクラスのシングル	全日本選手権(8月)1位, 世界選手権(9月)9位 全日本選手権(6月)ペア1位

年齢(歳)およびボート歴(年)は、平均値(標準偏差値)で示している。

上肢からのワイヤーロープの牽引により測定した。

(4) 最大ローイングによる仕事量と呼吸循環機能の測定

ローイング・エルゴメーター(新日本産業、Gamut型)による6分間の最大ローイングを実施し、その間の心拍数、換気量、酸素摂取量、ストローク数および仕事量を測定した。

用いたエルゴメーターはベルト掛け式であり、その外観は図1に示すとおりである。測定におけるローイングは、オールを選手の実際の漕ぎにおけるサイドにセットし、オールを引く動作から開始した。ローイング・レートは規定せず、選手に選択させたが、6分間で最大ローイングになるよう努力させた。

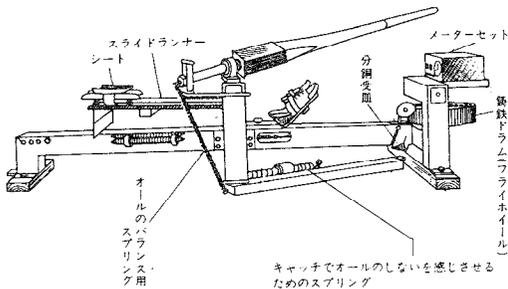


図1. ローイング・エルゴメーターの外観

心拍数は、胸部誘導法による心電図の記録から求めた。呼気ガスは、ダグラス・バッグ法で1分間ごとに採気し、乾式ガスメーター(関西ガス、KB-50)で呼気量を測定、O₂およびCO₂濃度は呼気ガス瞬時分析装置(三栄測器、IH06)を用いて分析した。

エルゴメーターのドラム回転数は、デジタル積算回転計の指示値を1分ごとに記録した。ただし、6分間のローイング終了後の慣性によるドラム回転数は、ローイング開始時にドラムに加速を与えるための仕事量にはほぼ見合うものと仮定し、ローイングの0~1分間値に加算した。

仕事量の算出には、次の式(1)を用いた。

$$W = F \times 2\pi r \times N \dots\dots\dots(1)$$

W:仕事量(kgm), F:ドラム外周面でのブレーキの大きさ(kg), 2πr:ドラムの外周距離(m), N:ドラム回転数

Fはブレーキ分銅の値とせず、ブレーキの機械的コンディションの補正や軸受の損失等を加味できる方法とした。そのためFの算出には次の式(2)を用いた。

$$F = \frac{a \times R \times w}{r \times g} \dots\dots\dots(2)$$

a:ドラムの減速度=3.85/t (m/sec²), R:ドラムの慣性半径=0.1516

(m), w: ドラムの重量=30 (kg), r :
ドラムの半径=0.184 (m), g : 重力加速
度=9.8 (m/sec²)

ただし、t はドラム回転数が600rpmから
400rpmに減速するまでの時間、すなわち200
rpmの減速に要する時間 (sec) である。

なお、これらの測定は、1983年8月に滋賀大
学体力科学実験室にて行った。測定時の室温は
30.6±0.5°Cであった。

3. 測定結果および考察

各選手の形態、筋力および最大ローイングに
関する測定値は、クルーごとに平均値で比較す
るとともに、これらの平均値はすでに報告され
ているわが国の一流選手の測定値⁹⁾ (全日本値)
と対比させ、各クルーごとに全日本値に対する
百分率で比較している。これらの比較では、そ
の差をより明らかにするため、全日本値と各ク
ルーの平均値との有意差を検討し (t 検定)、そ
の有意水準を図示している。なお、全日本値は、
1978年11月、世界選手権に出場したシングル・
スカル、ダブル・スカルおよびフォアの7名の
選手の平均値である。

(1) 形態について

形態についての各クルーごとの平均値と標準
偏差値を表2に示している。身長、体重および
各周囲項目の全平均値に対して、Sスカル、経
Sフォア、東レイトおよび経Sエイトではこ
れらの項目で大きい傾向にあるが、経Jエイト
と教Jエイトの2クルーでは、すべての項目で
小さい。体脂肪率の低いSスカルは除脂肪体重
で最も大きく、体脂肪率が最も高い教Jエイト
は、除脂肪体重で最も小さい。

これら形態値の全日本値に対する比率は、図
2のとおりである。全日本値と各クルーを比較
すると、Sスカルは身長と胸囲などの周囲項目
でわずかに小さいが、形態的にはあまり差がな
い。経Sフォアは体脂肪率で約20%大きい。東
レイトと経Sエイトは、身長と体重で約3%
小さい。また、東レイトの胸囲、上腕囲、前
腕囲および大腿囲は小さく、経Sエイトの体脂
肪率は大きい。経Jエイトは体脂肪率を除いて、
すべての項目で有意に小さい。教Jエイトは経
Jエイト同様、ほとんどの項目で小さく、とく
に除脂肪体重では16%ほど低い。

競技力の上位にあるクルーでは、形態および
身体組成で優れた値を示しているが、下位にあ
るクルーでは、これらの項目でほとんど劣って

表2. クルー別にみた形態値の比較

クルー	身長 (cm)	体重 (kg)	胸 囲 (cm)	上腕囲 (cm)		前腕囲 (cm)	大腿囲 (cm)	下腿囲 (cm)	皮脂厚 (mm)		体脂肪率 (%)	除脂肪 体 重 (kg)
				伸展時	屈曲時				上腕部	背 部		
東レイト (n=7)	178.8 2.0	74.1 5.6	91.9 4.4	26.9 1.2	31.3 0.9	27.1 1.2	54.3 2.5	37.0 1.7	6.6 1.9	8.9 2.3	11.6 1.9	65.5 4.0
経Sエイト (n=8)	175.9 4.8	74.4 5.4	94.8 3.4	28.8 2.3	32.8 2.0	28.2 1.4	57.4 2.3	37.4 1.7	6.8 2.4	10.8 2.3	12.5 2.0	65.1 4.3
経Jエイト (n=9)	174.2 4.4	66.9 4.7	88.7 4.8	25.9 1.9	30.3 1.4	26.3 0.8	52.6 2.7	36.4 2.8	7.2 2.8	10.9 2.7	12.8 2.5	58.3 3.5
教Jエイト (n=9)	171.4 3.8	67.0 8.8	90.3 4.2	26.8 2.1	30.0 1.9	25.2 1.3	54.2 3.9	35.7 2.1	7.4 2.4	12.2 4.1	13.5 3.0	57.7 5.6
経Sフォア (n=2)	183.4 4.0	77.5 8.8	95.4 1.9	28.6 2.4	33.1 2.3	27.9 1.8	56.5 3.3	36.6 3.3	7.3 1.1	12.3 1.8	13.4 1.3	67.1 8.6
Sスカル (n=2)	179.5 1.4	80.5 7.9	96.9 2.8	28.8 1.9	33.3 3.2	27.8 1.0	56.2 3.5	39.1 1.7	6.8 2.5	9.8 1.8	12.0 2.0	70.7 5.4
全 体 (n=37)	175.5 4.9	71.2 7.5	91.8 4.7	27.2 2.2	31.3 2.0	26.8 1.6	54.8 3.3	36.7 2.2	7.0 2.2	10.9 3.0	12.7 2.3	62.1 6.1

数値は平均値 (標準偏差値) で示している。上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲および皮脂厚は、いずれも身体右側の計測値である。

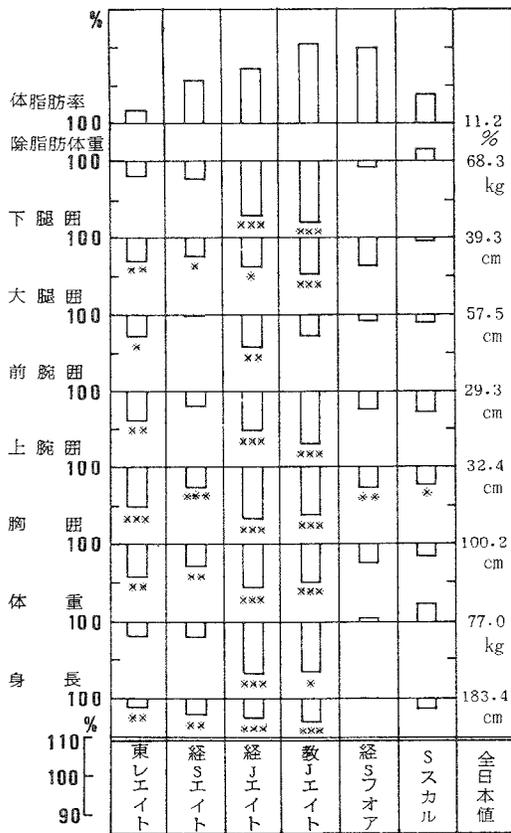


図2. 形態値の全日本値に対する比率 (全日本値は、角田ら⁹⁾の報告値を用いた。上腕囲は伸展時と屈曲時の平均値である。* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001)

いることがわかる。

ところで、ボート歴と形態の関係について、経験1年までの身長と体重の増加率は、それぞれ0.1%、6.6%であり、その後は飽和点に達する傾向が報告⁹⁾されている。教Jエイトおよび経Jエイトのボート歴の平均値は、それぞれ0.7年および1.1年であり、また1年未満者が7人含まれている。したがって、今後の筋力トレーニングが十分な栄養管理のもとに実施されれば、筋肥大に伴い周囲項目の増加が筋重量の増大につながる事が予測され、形態値の改善は十分期待できよう。

また、身長と体重におけるジュニアクラスの値と全日本値との差が、他の形態値の差に関係していることも見逃せない。したがって、少な

くとも、身長では180cm、体重では75kg以上の選手を見いだすことも競技力向上につながるものと考えられる。

(2) 筋力について

表3には、筋力についての各クルーごとの平均値と標準偏差値を示している。各項目の全平均値に対して、握力では左右ともSスカル、経Sエイト、東レエイトおよび経Sフォアで大きく、経Jエイトおよび教Jエイトではともに小さい。背筋力では経Sフォア、経Sエイトで大きく、東レエイト、教Jエイト、経Jエイト、Sスカルで小さい。ローイング・ストレンクスでは、東レエイト、Sスカル、経Sエイトで大きく、経Sフォア、教Jエイト、経Jエイトで小さい。

これらの筋力についての全日本値との対比を図3に示している。Sスカルでは、握力でやや大きい、ローイング・ストレンクスでは12.5%、背筋力では8.3%それぞれ小さい。経Sフォアは背筋力で11.9%大きい、握力およびローイング・ストレンクスでは小さい。東レエイトと経Sエイトは握力ではあまり差がないが、背筋力では東レエイトが、ローイング・ストレンクスでは経Sエイトが、それぞれ14%、19%小さい。また、経Jエイトおよび教Jエイト

表3. クルー別にみた筋力値の比較

クルー	握力 (kg)		背筋力 (kg)	ローイング・ストレンクス (kg)
	右	左		
東レエイト (n=7)	64.4 (11.3)	60.9 (8.9)	172.0 (22.6)	171.0 (22.9)
経Sエイト (n=8)	59.6 (4.8)	56.9 (6.7)	196.8 (16.3)	153.6 (19.8)
経Jエイト (n=9)	51.3 (6.4)	46.0 (6.9)	165.2 (26.7)	122.9 (23.1)
教Jエイト (n=9)	49.8 (3.9)	47.8 (6.1)	167.4 (27.7)	133.9 (16.5)
経Sフォア (n=2)	57.1 (12.2)	54.1 (11.5)	223.5 (77.1)	141.5 (31.8)
Sスカル (n=2)	61.4 (5.7)	64.8 (9.7)	153.5 (0.7)	165.5 (26.2)
全 体 (n=37)	56.1 (8.8)	53.1 (9.5)	176.4 (30.5)	144.6 (26.7)

数値は平均値 (標準偏差値) を示している。

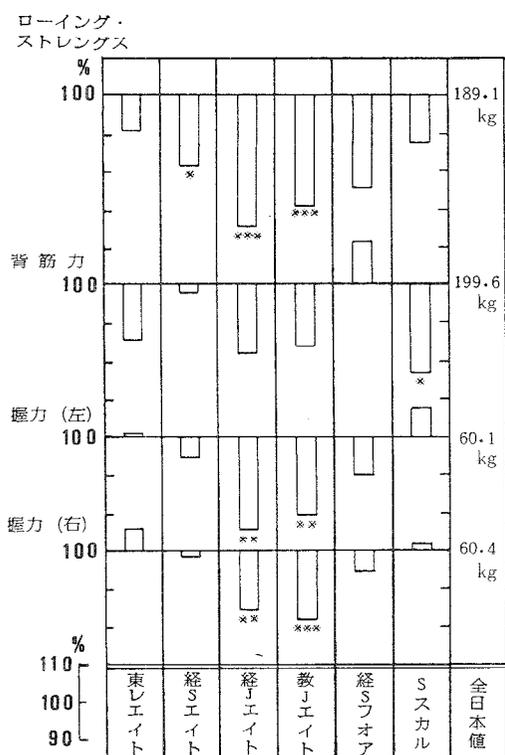


図3. 筋力値の全日本値に対する比率 (全日本値は、角田ら⁶⁾の報告値を用いた。* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001)

トは、いずれの筋力とも小さい。

競技力の上位クルーの筋力は、ジュニアクラスと比べるとかなり大きいですが、これら上位クルーは全日本値との対比で、背筋力で劣る傾向にあり、さらにローイング・ストレンクスではかなり劣る。

ジュニアクラスに限らず、競技力の上位のクルーのローイング・ストレンクスや背筋力が全日本値より低値を示すことは、ローイングに関与する筋群の弱さが指摘され、各クルーにおける今後の一層の筋パワー・トレーニングの必要性が示唆されよう。

ボートのトレーニングによる筋力の増加率は、背筋力では経験1年で最も高く(19.2%増)、その後の増加率は低下するもののわずかながらの増加が報告⁹⁾されており、握力においても、同様の傾向がみられるようである。したがって、筋力トレーニングによる筋力の増大はもちろん

シニア層にも期待できるが、いずれの筋力ともかなり劣っている教Jエイトおよび経Jエイトの筋力トレーニングの効果は十分に期待できるものと思われる。

(3) 最大ローイングによる仕事量と生理的反応

1) 経時的変化

図4には、6分間のローイング中における換気量、心拍数、酸素摂取量、ローイング・レートおよび仕事量の経時的変化をクルーごとの平均値で示している。いずれのクルーとも、換気量は運動開始とともに漸増し、3分後にはほぼ定常状態を示しながら終末に最高値となる。心拍数は1分目で急増した後、さらに漸増しながら6分で最高値を示す。酸素摂取量は心拍数や換気量とよく対応した変化であるが、最高値は2～5分目にみられる。ローイング・レートは1分目で最高値となり、その後5分目まで漸減し、6分目にはやや増加する傾向にある。仕事量はローイング・レートによく対応して変化し、1分目で最高値となる。

これらの経時的変化をクルー別にみると、心拍数を除いて量的な差は認められるものの、その変動パターンは比較的類似している。すなわち、換気量、酸素摂取量、ローイング・レートおよび仕事量は、Sスカルで最も高いレベルにあり、次いで競技力の上位クルーとなり、ジュニアクラスのクルーでは低い。心拍数では教Jエイトで最も高いレベルに上昇し、次いで経Sエイトである。

心拍数の初期反応をみるため、終末値に対する1分値の割合を求めると、教Jエイト(88.6%)で最も高く、次いでSスカル、経Sフォア、東レエイト、経Sエイトの順に83.3%～81.2%の範囲にあった。一方、0～1分における酸素脈は、Sスカルで最も大きく(20.9ml/分)、次いで東レエイト、経Sフォア、経Sエイトの順で、教Jエイトで最も小さかった。教Jエイトを除くと、各クルー間の初期心拍の増加率の大きさは、酸素脈の大きさに対応し、競技力のレベルをあらわしているようである。

Hagermanら⁹⁾の報告によると、アメリカヤ

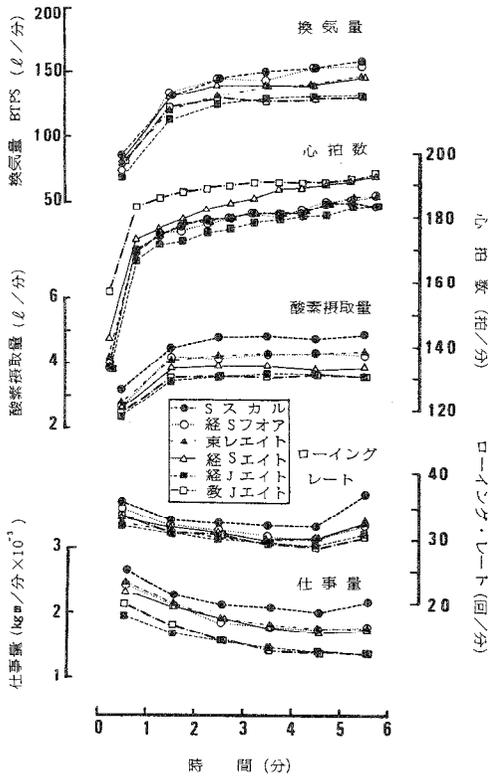


図4. ローイング中の換気量、心拍数、酸素摂取量、ローイング・レートおよび仕事量の経時変化（クルー別平均値）

ニュージーランドの代表選手では、1分目に最高心拍数の93.5%に達し、以後、最大値近くを維持する経時変化を示している。彼らの初期心拍上昇と比べると、いずれのクルーともかなり小さい。ローイング開始にともなう速やかな心拍反応は、競技力のレベルとかがわっているのかも知れない。とくに、教Jエイトの最も優れているように見える初期心拍反応には、酸素脈が他のクルーに比べて最も小さい特徴があり、運動適応の獲得が不十分である可能性が推測される。

また、ローイング・レートは5～6分目で増加傾向にあるが、Sスカルのそれは最も大きく、仕事量の増加の大きな要因をなしているものと思われる。

2) 酸素摂取量の最大値の発現時からみた呼吸循環応答

表4には、ローイング中における酸素摂取量

表4. 酸素摂取量の最大値の発現時における呼吸循環応答

クルー	発現時間 (分)	換気量 (l/分)	酸素摂取量 (l/分)	心拍数 (拍/分)	酸素脈 (ml/拍)
東レエイト (n = 7)	5.1 (0.9)	145.7 (11.2)	4.43 (0.30)	184.7 (5.3)	24.0 (1.4)
経Sエイト (n = 8)	3.5 (1.6)	142.2 (12.3)	3.99 (0.40)	183.6 (12.4)	21.9 (2.8)
経Jエイト (n = 9)	5.1 (1.1)	136.1 (18.6)	3.75 (0.30)	181.8 (11.0)	20.7 (2.2)
教Jエイト (n = 9)	3.7 (1.5)	130.2 (14.4)	3.70 (0.53)	189.2 (9.7)	19.6 (2.9)
経Sフォア (n = 2)	4.0 (0.0)	149.1 (0.4)	4.35 (0.43)	180.5 (2.1)	24.1 (2.7)
Sスカル (n = 2)	4.5 (2.1)	153.1 (8.8)	4.89 (0.32)	178.0 (11.3)	27.3 (0.1)
全体 (n = 37)	4.3 (1.4)	139.5 (14.7)	4.01 (0.51)	189.3 (9.8)	21.8 (3.1)

数値は平均値（標準偏差）で示している。換気量はBT PS値である。

の最大値が得られた時の換気量、酸素摂取量、心拍数および酸素脈を、それぞれクルー別に平均値と標準偏差で示している。換気量および酸素摂取量では、Sスカル、東レエイト、経Sフォア、経Sエイトの順に多く、ジュニアクラスの2クルーに少ない傾向が認められる。心拍数では、教Jエイトに高く、Sスカルに低いが、その差は11拍/分である。酸素脈の最も小さい教Jエイトは、最も大きいSスカルの71.8%にすぎない。

図5には、これらの値をクルー別に全日本値と比較している。Sスカルの換気量は、全日本値より小さいが、酸素摂取量では大きい。東レエイトと経Sフォアでは、換気量で有意に小さいが、酸素摂取量は同水準である。経Jエイトと教Jエイトでは換気量、酸素摂取量ともに有意に小さい。

Careyら²⁾によれば、最大ローイング中に得られた酸素摂取量の最大値は、トレッドミルによる最大酸素摂取量の値と有意な差がないことを明らかにしている。したがって、この時点で示される呼吸循環応答は、有酸素作業能力の有用な指標として意義づけられる。競技力の上位ク

ルーにみられる換気量、酸素摂取量および酸素脈の大きさは、優れた有酸素能力を備えていることを示している。しかし、経Sエイトの酸素摂取量(3.99ℓ/分)は、大きな換気量(142ℓ/分)によるところが大きく、酸素摂取率を求めると34.5ml/ℓとなり、ジュニア選手と同水準の値を示した。経Sエイトは、呼吸効率を高めるため、持久性トレーニングに重点をおき、さらに呼吸循環機能の改善を図ることによって、全日本クラスの競技力水準に達する可能性が秘められているものと思われる。

また、Sスカルは酸素運搬系で、全日本値を凌ぐ成績を示しているが、彼らの示す酸素摂取量(4.89ℓ/分)および酸素脈(27.3ml/拍)の値は、外国一流選手の酸素摂取量(5.95ℓ/分)および酸素脈(32.2ml/分)の値⁹⁾と比較すると、かなり低いレベルにあることがわかる。世界の漕手に匹敵する競技成績をあげるには、より酸素運搬系の改善に取り組む必要がある。

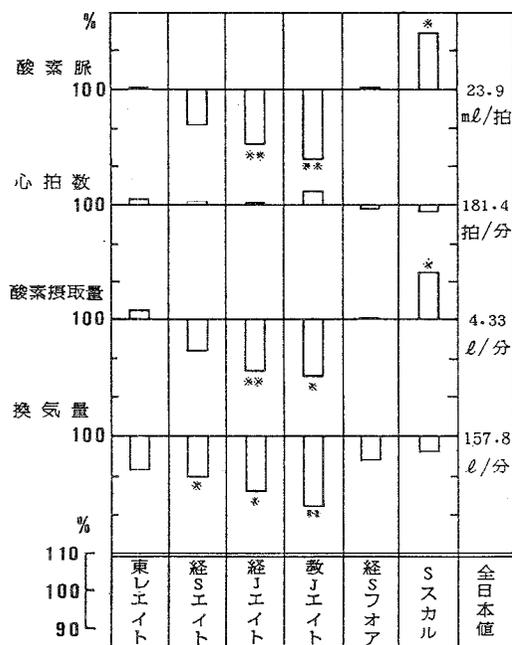


図5. 最大ローイングによる呼吸循環機能値の全日本値に対する比率 (全日本値は、角田ら⁶⁾の報告値を用いた。換気量はBTP, S値である。* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001)

3) トータル量からみたクルー特性

表5には6分間のローイング中の総酸素摂取量、総仕事量、総ストローク数および1ストローク当りの仕事量を、それぞれクルー別に平均値と標準偏差値で示している。総酸素摂取量では、Sスカルが26.7ℓと最も大きく、次いで東レエイト、経Sエイト、経Sフォア、教Jエイトの順で、経Jエイトは最も小さい。これらの順位は、総仕事量、総ストローク数および1ストローク当りの仕事量でみても、同様の傾向が認められる。

表5. トータル量からみた酸素摂取量と仕事量

クルー	総酸素摂取量 (ℓ)	総仕事量 (kgm)	総ストローク数 (Strokes)	1ストローク当りの仕事量 (kgm/stroke)
東レエイト (n=7)	24.18 (1.85)	12163 (1041)	186 (11)	65.3 (5.4)
経Sエイト (n=8)	21.89 (2.20)	11788 (1295)	187 (6)	62.8 (6.7)
経Jエイト (n=9)	20.17 (1.95)	9701 (911)	180 (14)	54.0 (5.7)
教Jエイト (n=9)	20.42 (2.89)	9949 (810)	182 (10)	54.7 (3.6)
経Sフォア (n=2)	21.04 (1.73)	11892 (1329)	190 (8)	62.7 (9.9)
Sスカル (n=2)	26.67 (1.58)	13609 (226)	199 (23)	68.3 (6.7)
全体 (n=37)	21.92 (2.88)	10998 (1542)	185 (11)	59.5 (7.4)

数値は平均値(標準偏差値)で示している。

図6には、総酸素摂取量と総仕事量との関係を示している。両者には、有意な(P<0.001)正の相関関係が認められる。競技力の上位にあるクルーの多くの選手では、図中の右上方に集中し、ジュニアクラスの選手では左下方に集中していることがわかる。総仕事量の大きさは、競技における艇速の速度に密接に関係していることを考え合わせれば、競技力の向上には、酸素摂取能力の改善を図ることが、重要な課題といえる。

ローイング・エルゴメーターによる最大ローイングテストは、その運動様式が実際の漕技に酷似しているため、データの客観性に優れ、

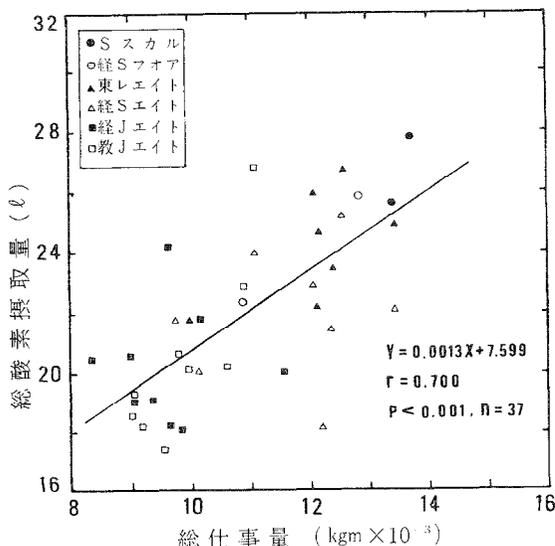


図 6. 最大ローイングにおける総仕事量と総酸素摂取量との関係

最近では選手の選抜に利用されるなど、広く普及されてきている。本研究では、ボート選手の体力特性を明らかにするための基礎的研究として、ローイング・エルゴメーターを使用した。得られた機械的出力と生理的反應の成績は、競技力の優劣を反映させるようであった。ローイング・エルゴメーターによる体力評価法は、今後も継続されることにより、実際の競技成績との関係が明らかにされ、より具体的なトレーニング処方作成に役立つものと期待される。

4. 総括

滋賀県下のボート選手37名(東滋賀エイト7名、滋大経済シニアエイト8名、同ジュニア9名、滋大教育ジュニア9名、滋大経済シニアフォア2名およびシングル・スカル2名)を対象として、1983年8月に形態、筋力および6分間の最大ローイングによる仕事量と呼吸循環機能を測定し、クルー別の比較をおこなうとともに、わが国一流のボート選手7名(全日本値)との対比も試みた。

1) 形態では、全平均値に対しSスカル、経Sフォア、東レエイトおよび経Sエイトが、身長、体重および胸囲などの周囲項目で大きかった

が、経Jエイトおよび教Jエイトでは、すべての項目で小さかった。各クルーの平均値を全日本値と比較すると、Sスカルと経Sフォアの形態はあまり差がなかったが、他のクルーの身長と体重は低値であり、除脂肪体重も低かった。

2) 筋力では、握力、背筋力およびローイング・ストレングスの全平均値に対して、Sスカル、経Sフォア、東レエイトおよび経Sエイトが上まわる傾向にあるが、経Jエイトおよび教Jエイトはすべての筋力で劣っていた。各クルーの平均値を全日本値と比較すると、Sスカルの握力、経Sフォアの背筋力、東レエイトの握力を除き、いずれも低値であった。

3) 6分間の最大ローイングによる換気量および酸素摂取量の経時変化には、クルー間の差はみられなかったが、初期心拍数の増加率の大きさは教Jエイトを除いて酸素脈の大きさに対応していた。

4) ローイング中における酸素摂取量の最大値が得られた時点の換気量、酸素摂取量および酸素脈は、Sスカル、東レエイト、経Sフォア、経Sエイトに多く、教Jエイト、経Jエイトに少ない傾向が見られた。各クルーの酸素摂取量を全日本値と比較すると、Sスカル、東レエイトが上まわるが、経Sエイト、経Jエイトおよび教Jエイトは、かなり低値であった。

5) ローイング時に得られた総仕事量は、Sスカルで最も大きく、次いで東レエイト、経Sフォア、経Sエイトの順であり、これは総酸素摂取量の大きさに対応していた。

6) 総酸素摂取量と総仕事との関係は0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた。

文 献

- 1) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys : Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., **110**, 113-140, 1963.
- 2) Carey, P., M. Stensland and L. H. Hartley: Comparison of oxygen uptake during

- maximal work on the treadmill and the rowing ergometer. *Med.Sci.Sports*, **6**, 101-103, 1974.
- 3) Hagerman, F.C., M.C. Connors, J.A. Gault, G. R. Hagerman and W.J. Polinski : Energy expenditure during simulated rowing. *J. Appl. Physiol.*, **45**, 87-93, 1978.
- 4) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15, 1964.
- 5) 佐藤良子, 石河利寛, 山川純: ボート選手の体力の推移について, 昭和37年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1-18, 1962.
- 6) 角田俊幸, 浅見俊雄, 宮下充正, 山本恵三, 高橋孝太郎, 琉子友男, 鈴木正保, 金久博昭: 競技種目別体カトレーニング処方に関する研究—第2報—, II 漕艇, 昭和53年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告, No. II., 49-58, 1978.

(資料1) ボート選手の年齢、ボート歴、ポジションおよび形態測定値

ク	ル	一	名	氏	名	年	ボ	ー	ト	歴	#	身	体	胸	伸	屈	前	大	下			
						齡	ー	ト	歴		ジ	長	重	囲	展	曲	腕	腿	腿			
						(歳)	年	歴	(年)	ジ	(cm)	(kg)	(cm)									
										(オ)					(右)	(左)	(右)	(左)	(右)	(左)		
						20	2.3		B	176.7	69.5	91.4	26.0	26.0	29.9	29.7	25.9	25.6	51.0	51.9	36.0	36.4
						21	6.3		B	180.3	72.8	86.3	28.3	27.3	31.1	30.7	26.2	26.5	54.6	56.1	36.7	36.8
						20	5.3		B	178.8	80.8	98.2	27.6	28.1	31.9	31.9	28.6	27.2	56.4	57.6	39.9	40.6
東						20	4.0		B	179.0	79.1	94.5	28.1	28.0	31.9	31.2	28.0	27.6	56.1	57.8	38.1	38.7
						19	4.3		S	180.5	70.8	88.9	26.9	26.4	32.2	31.7	27.5	27.7	53.0	53.6	34.3	34.3
						22	7.3		S	175.6	66.7	88.2	24.9	25.1	30.2	29.9	25.5	24.8	51.6	51.6	36.5	36.7
						19	3.3		S	181.0	79.3	95.9	26.8	27.7	31.9	31.5	27.9	28.1	57.5	57.4	37.2	38.1
						21	3.3		B	177.3	84.0	98.4	32.9	31.8	36.2	36.7	30.4	29.5	60.4	60.9	40.0	39.0
						22	3.3		B	178.9	74.3	96.0	28.2	28.5	32.5	32.0	27.0	26.8	55.0	55.0	36.6	37.0
						21	2.3		B	167.0	73.6	94.4	30.2	29.3	34.2	34.1	28.9	28.1	59.9	60.9	39.8	40.2
						21	6.3		B	172.4	72.7	92.6	27.8	26.6	31.7	30.4	28.6	26.8	56.3	55.4	37.3	36.8
経						22	3.3		S	173.5	69.3	91.1	26.4	26.5	30.7	30.8	26.1	26.4	55.7	56.9	34.8	35.1
						21	3.3		S	181.6	73.2	91.8	27.3	27.3	32.2	31.1	28.2	27.7	55.5	55.1	37.2	37.6
						21	3.3		S	180.6	80.4	100.9	30.9	29.9	34.2	33.6	29.1	28.7	60.0	59.9	36.9	37.2
						22	2.3		S	175.5	67.9	93.2	26.4	26.0	30.4	30.0	27.1	25.9	56.6	55.4	36.4	37.5
						21	1.3		B	171.5	64.8	90.3	25.7	24.3	29.8	28.2	26.7	24.9	51.3	50.3	35.8	34.9
						19	1.3		B	181.5	71.3	88.3	25.3	24.0	30.5	28.6	26.2	25.4	53.0	52.9	36.9	36.9
						19	1.3		B	173.5	71.4	90.2	28.1	28.3	32.0	31.9	27.3	27.4	54.5	55.0	38.1	38.4
						19	0.3		B	176.5	73.3	93.7	28.1	27.4	32.9	31.9	26.5	26.0	56.7	55.9	40.8	40.6
経						20	1.3		S	172.5	65.0	86.8	25.2	25.2	29.1	30.2	26.6	25.5	52.4	51.4	36.4	35.4
						20	1.3		S	165.2	64.9	90.2	27.0	25.8	29.5	28.7	25.8	24.7	54.0	53.9	36.8	36.0
						20	1.3		S	175.3	58.7	79.7	21.6	23.3	28.2	27.6	24.6	24.0	48.3	47.3	34.3	34.2
						19	1.3		S	175.9	63.3	95.3	25.9	24.9	30.5	28.9	26.3	25.3	49.2	49.9	30.6	31.0
						19	0.3		S	175.8	69.3	83.5	26.0	24.9	30.1	30.0	26.8	27.0	54.1	54.9	37.5	37.7
						19	1.3		B	166.8	67.8	88.8	26.5	26.9	29.6	30.3	25.3	25.2	56.9	58.1	35.5	35.8
						19	0.3		B	176.6	65.3	86.1	24.8	24.3	27.4	27.5	22.9	22.4	54.2	54.2	35.9	36.1
						20	0.3		B	169.8	57.1	88.5	25.2	24.6	29.3	28.3	24.8	23.9	51.4	49.4	34.0	33.7
						20	1.3		S	167.2	58.6	89.0	25.0	23.9	28.5	28.4	24.4	24.1	51.6	51.3	34.5	33.5
教						19	0.3		S	171.0	68.9	93.0	27.7	25.9	30.4	29.5	26.0	24.7	55.4	55.0	36.3	36.6
						20	0.3		S	174.6	67.1	91.2	24.8	24.6	29.3	28.4	25.5	24.9	50.8	50.6	34.5	34.0
						20	1.3		S	167.5	59.2	85.3	25.3	25.5	29.4	28.8	24.4	25.1	48.9	50.0	33.2	33.9
						19	1.3		S	173.8	73.3	91.4	28.1	27.9	32.3	31.3	27.0	27.0	58.8	58.0	36.9	36.3
						19	0.3		S	175.6	85.4	99.5	30.9	30.4	33.8	33.4	26.9	27.8	60.1	60.4	40.3	39.9
経						20	2.3		S	180.5	71.3	94.0	26.9	26.5	31.5	29.5	26.6	25.5	54.2	53.2	34.3	34.0
						22	2.3		S	186.2	83.7	96.7	30.3	30.0	34.7	35.3	29.2	28.6	58.8	59.6	38.9	38.9
S						23	8.3		B	180.5	74.9	94.9	27.4	28.3	31.0	32.2	27.1	27.5	53.7	54.2	37.9	38.5
						25	10.3		S	178.5	86.1	98.9	30.1	30.2	35.5	34.8	28.5	29.0	58.7	59.0	40.3	41.0

(資料2) ボート選手の体組成および筋力測定値

クルー名	番号	氏名	皮下脂肪厚(mm)		体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	握力(kg)		上腕屈筋力(kg)		背筋力 (kg)	脚筋力 (kg)	ローイング・ストレンジス (kg)	垂直跳 (cm)
			上腕	背部			(右)	(左)	(右)	(左)				
東レエイト	1	石田 幸順	5.0	7.0	10.0	62.6	67.9	61.6	19.3	20.5	170	221	178	63
	2	加藤 勝行	6.5	10.0	12.0	64.0	50.1	47.9	27.4	27.9	133	249	138	56
	3	土淵 正信	9.5	11.0	13.9	69.6	59.6	57.9	20.5	21.5	184	221	180	55
	4	広田 岩幸	5.5	7.0	10.2	71.0	86.2	77.9	27.4	27.9	209	278	211	68
	5	岡野 耕一	6.0	9.5	11.6	62.6	67.2	61.6	29.2	22.5	167	316	168	57
	6	奥村 功	4.5	6.0	9.3	60.5	58.2	57.9	17.9	17.9	172	260	153	66
	7	槻木 栄一	9.0	12.0	14.1	68.1	61.6	61.6	22.4	24.0	169	201	169	63
経Sエイト	1	船坂 宏樹	11.0	12.0	15.1	71.3	63.0	64.1	22.5	29.8	220	308	173	65
	2	松原 俊夫	7.0	9.5	12.0	65.4	59.1	58.9	24.0	24.9	199	274	157	64
	3	清塚 徳	9.0	15.0	15.5	62.2	55.3	46.1	23.2	23.5	168	315	179	66
	4	奥城 哲郎	3.5	7.0	9.3	65.9	65.5	59.1	24.1	24.4	197	234	163	61
	5	近藤 薫	7.0	11.5	13.0	60.3	51.0	51.1	20.5	20.4	187	256	126	66
	6	吉野 泰博	5.5	9.5	11.4	64.9	59.7	53.3	22.6	17.4	187	290	163	61
	7	柴田 健	6.0	11.0	12.3	70.5	64.2	66.4	24.5	25.4	213	291	132	65
	8	河合 隆広	5.0	11.0	11.8	59.9	59.1	56.3	17.8	23.8	203	317	136	70
経Jエイト	1	井上 洋光	4.5	9.0	10.7	57.9	59.5	52.0	18.8	22.6	189	234	133	68
	2	堀川 益夫	6.0	10.0	11.8	62.9	52.5	45.0	21.2	21.9	155	279	168	61
	3	橋本 保男	10.5	13.5	15.5	60.3	51.8	49.8	19.0	20.8	166	293	135	52
	4	今林 克郎	9.0	15.0	15.5	61.9	47.8	44.3	17.5	20.3	145	216	109	54
	5	藤山 雄亮	6.0	7.5	10.7	58.1	52.8	47.6	21.5	22.0	175	268	126	55
	6	原田 欣則	12.0	14.0	16.5	54.2	43.1	36.2	19.1	21.3	126	235	90	53
	7	大野 義紀	4.5	9.0	10.7	52.4	43.0	36.4	18.1	19.6	145	250	103	67
	8	北村 竜三	4.5	9.0	10.7	56.5	61.7	57.5	19.6	20.3	216	227	133	63
	9	小原 義明	8.0	11.5	13.4	60.0	49.3	45.5	19.5	17.7	170	223	109	56
教Jエイト	1	川村 尚雄	8.0	12.0	13.7	58.5	48.2	40.5	20.5	17.9	178	274	153	69
	2	井尻 正志	6.0	10.5	12.0	57.4	46.6	41.0	17.2	16.3	104	196	120	57
	3	堀江 康弘	7.0	11.5	13.0	49.7	48.9	42.6	20.5	17.8	164	218	108	54
	4	西垣 享	5.5	7.5	10.4	52.5	46.3	47.1	19.0	17.9	179	265	123	67
	5	田中 博	9.5	14.0	15.3	58.4	46.7	45.1	17.9	17.9	179	279	152	54
	6	西川 幸宏	5.5	14.0	13.4	58.1	48.8	49.2	17.8	17.9	179	262	121	61
	7	小島 広之	5.0	7.0	10.0	53.3	50.8	52.0	21.4	19.8	205	335	151	66
	8	里井 琢也	8.0	12.5	13.9	63.1	57.9	56.7	23.5	23.7	164	234	137	50
	9	上野 智士	12.5	21.0	20.0	68.3	54.0	56.0	16.5	15.0	155	185	140	45
経Sフォア	1	森井 守	8.0	13.5	14.4	61.1	48.5	45.9	20.2	17.4	169	275	119	63
	2	鷹野 大郎	6.5	11.0	12.5	73.2	65.7	62.2	21.7	22.5	278	358	164	58
S スカル	1	堀内 俊介	5.5	8.5	10.7	66.9	57.4	57.9	20.5	27.4	153	211	147	65
	2	長谷 信行	8.5	11.0	13.4	74.5	65.4	71.6	21.0	25.0	154	259	184	64

(資料3) ポート選手の最大ローイング中における心拍数および酸素摂取量

クロー名	番号	氏名	心拍数(拍/分)					酸素摂取量(ℓ/分)						
			0~1分	1~2分	2~3分	3~4分	4~5分	5~6分	0~1分	1~2分	2~3分	3~4分	4~5分	5~6分
東レエイト	1	石田 幸順	141	168	173	176	179	180	2,688	4,065	4,159	4,141	4,080	4,273
	2	加藤 勝行	146	164	169	176	172	182	2,443	3,782	3,782	3,964	3,977	4,070
	3	土淵 正信	145	171	181	182	188	192	2,816	4,105	4,345	4,514	4,490	4,327
	4	広田 岩幸	150	174	179	180	182	185	2,822	4,188	4,425	4,582	4,557	4,282
	5	岡野 耕一	154	179	182	182	183	185	2,794	3,852	3,783	3,898	3,326	4,079
	6	奥村 巧	164	188	189	192	193	195	3,284	4,388	4,413	4,562	4,655	4,611
	7	榎木 栄一	171	187	190	190	191	191	3,052	4,504	4,722	4,695	4,833	4,825
経Sエイト	1	船橋 宏樹	154	174	183	184	186	187	2,709	4,228	4,603	4,542	4,529	4,515
	2	松原 俊夫	146	167	176	179	182	185	2,686	3,797	3,957	4,128	4,121	4,176
	3	清原 徳	171	191	193	196	197	199	2,317	3,493	3,608	3,524	3,399	3,642
	4	奥城 哲郎	157	175	179	183	185	189	2,463	3,887	4,058	3,943	3,851	3,841
	5	近藤 薫	171	194	202	203	207	208	2,661	3,724	3,859	3,759	3,676	3,705
	6	吉野 泰博	141	166	172	176	179	180	2,790	4,350	4,266	4,257	4,004	4,257
	7	柴田 健	151	171	176	181	186	190	2,575	3,349	3,124	3,149	2,892	3,029
	8	河台 隆広	152	181	184	186	186	188	2,720	3,858	3,902	3,855	3,728	3,638
経Jエイト	1	井上 洋光	151	175	176	180	181	183	2,493	3,507	3,672	3,619	3,566	3,672
	2	堀川 益夫	158	174	177	178	176	176	2,596	3,871	4,042	3,989	3,713	3,639
	3	橘 保男	159	176	185	188	191	195	2,225	3,401	3,540	3,677	3,847	3,870
	4	今林 克郎	139	163	169	171	173	176	2,745	4,201	4,301	4,333	4,365	4,276
	5	藤山 雄亮	144	169	173	176	177	180	2,252	3,126	3,363	3,364	3,138	2,779
	6	原田 欣則	156	170	174	178	181	183	2,170	3,219	3,343	3,484	3,552	3,312
	7	大野 義紀	157	180	185	188	191	194	2,154	3,214	3,227	3,375	3,491	3,586
	8	北村 竜三	158	186	191	193	194	196	2,377	3,560	3,492	3,424	3,665	3,472
	9	小原 義明	115	142	150	155	158	163	1,641	2,899	3,153	3,389	3,520	3,602
教Jエイト	1	川村 尚雄	163	183	182	182	184	186	2,583	3,555	3,481	3,533	3,515	3,485
	2	井尻 正志	147	172	177	178	178	178	1,933	3,287	3,183	3,258	3,258	3,258
	3	堀江 康弘	168	193	197	199	200	201	2,197	2,969	3,142	2,786	3,194	3,036
	4	西垣 享	185	195	196	196	196	196	2,243	3,194	3,232	3,230	3,366	3,234
	5	田中 博	173	189	190	192	190	199	2,436	3,542	3,662	3,694	3,643	3,630
	6	西川 幸宏	182	201	201	202	203	202	2,485	3,644	3,533	3,601	3,457	3,341
	7	小島 広之	173	185	186	189	187	185	2,441	3,233	3,535	3,332	3,360	3,421
	8	里井 琢也	169	181	183	186	186	186	2,689	4,154	4,093	4,065	3,918	3,841
	9	上野 智士	170	185	186	187	191	193	3,265	4,497	4,641	4,777	4,758	4,915
経Sフォア	1	森井 守	157	179	183	182	186	187	2,511	3,909	3,975	4,040	3,953	3,869
	2	鷹野 大郎	149	171	195	179	182	185	2,889	4,498	4,559	4,651	4,631	4,584
Sスカル	1	堀内 俊介	156	181	186	190	189	186	3,479	4,597	4,883	4,930	4,818	5,081
	2	長谷 信行	148	167	170	170	174	179	2,878	4,276	4,630	4,610	4,577	4,582

(資料4) ボート選手の最大ローイング中におけるローイング・レートと仕事量

クルー名	番号	氏名	ローイング・レート (strokes/分)						仕事量 (kgm/分)					
			0~1分	1~2分	2~3分	3~4分	4~5分	5~6分	0~1分	1~2分	2~3分	3~4分	4~5分	5~6分
東レエイト	1	石田 幸順	32.5	29.0	28.0	26.5	26.5	29.5	2395	2244	2044	2002	1869	1907
	2	加藤 勝行	30.0	29.5	29.0	28.5	28.5	30.5	2405	2079	1995	1911	1869	1911
	3	土淵 正信	32.0	32.0	33.5	31.5	32.0	36.5	2577	2079	1960	1865	1841	1858
	4	広田 岩幸	32.5	31.5	31.5	32.5	33.0	35.5	2584	2317	2205	2170	2132	2058
	5	岡野 耕一	34.5	30.5	28.5	27.5	28.5	27.0	2409	1928	1630	1402	1385	1297
	6	奥村 巧	34.5	31.5	31.5	31.5	33.0	36.0	2335	2104	1981	1981	1858	1893
	7	榎木 栄一	34.0	32.0	30.5	30.0	30.0	33.0	2640	2353	2062	1883	1844	1883
経Sエイト	1	船橋 宏樹	33.0	36.0	31.5	30.0	30.0	35.0	2521	2209	2086	1956	1935	1911
	2	松原 俊夫	30.0	29.0	27.5	28.0	30.0	34.0	2282	2104	2051	1946	1893	1841
	3	清原 徳	36.5	30.5	30.0	29.0	30.5	34.0	2167	1946	1693	1515	1420	1437
	4	奥城 哲郎	32.0	30.5	32.0	30.0	29.5	32.0	2608	2384	2209	2121	2051	2104
	5	近藤 薫	33.5	31.5	30.5	30.5	30.5	32.0	2542	2261	2051	1911	1771	2209
	6	吉野 泰博	33.0	31.0	30.0	29.5	28.5	29.0	2195	1998	1911	1771	1683	1578
	7	柴田 健	33.0	31.5	31.0	29.5	31.0	35.0	2381	2209	1998	1841	1876	1928
	8	河合 隆広	33.5	31.0	30.5	30.0	29.0	30.5	2160	1816	1592	1473	1325	1434
経Jエイト	1	井上 洋光	30.5	29.0	28.5	27.0	26.5	27.0	1974	1665	1371	1213	1115	1136
	2	堀川 益夫	32.0	31.0	30.0	29.5	27.0	28.5	2160	2012	1914	1648	1339	1353
	3	橋 保男	27.5	29.5	27.5	29.0	29.0	32.5	1753	1409	1525	1448	1441	1469
	4	今林 克郎	34.5	34.0	34.5	31.5	31.5	31.5	1981	1837	1602	1462	1444	1374
	5	藤山 雄亮	35.5	33.5	32.5	33.0	34.5	33.0	1967	1735	1571	1511	1564	1522
	6	原田 欣則	34.0	29.5	32.0	29.5	28.5	32.0	1869	1560	1437	1402	1367	1451
	7	大野 義紀	30.0	29.5	27.5	27.5	28.0	33.0	1792	1564	1511	1466	1455	1613
	8	北村 竜三	32.0	31.0	31.5	30.0	29.5	31.0	2521	1981	1693	1788	1700	1665
	9	小原 義明	28.0	25.0	25.0	25.5	26.0	27.0	1655	1533	1602	1595	1630	1648
教Jエイト	1	川村 尚雄	32.5	31.5	29.5	27.5	29.5	32.0	2405	1998	1718	1578	1473	1490
	2	井尻 正志	34.5	30.5	30.0	28.0	28.0	28.0	1865	1735	1525	1367	1367	1367
	3	堀江 康弘	35.0	30.0	30.5	28.5	27.0	29.0	2219	1753	1490	1332	1322	1402
	4	西垣 享	33.0	30.5	31.0	29.0	27.5	31.0	1232	1525	1455	1343	1287	1297
	5	田中 博	36.0	32.0	33.0	31.5	30.0	33.0	1932	1963	1613	1455	1508	1385
	6	西川 幸宏	34.0	33.0	29.5	29.0	27.5	28.0	2125	1998	1665	1525	1385	1297
	7	小島 広之	31.0	27.5	27.0	26.0	25.0	24.5	2019	1718	1508	1385	1297	1139
	8	里井 琢也	33.5	30.5	30.5	29.0	30.5	31.0	2321	1963	1753	1630	1648	1630
	9	上野 智士	34.5	32.0	31.5	31.5	30.5	32.5	2275	1928	1753	1665	1753	1788
経Sフォア	1	森野 守	36.0	33.0	32.0	31.5	31.0	33.0	2363	1981	1753	1700	1595	1560
	2	鷹野 大郎	33.5	31.0	31.0	29.0	28.5	31.0	2612	2244	2051	1946	1963	2016
Sスカル	1	堀内 俊介	39.0	35.0	34.5	33.5	33.0	40.0	2714	2275	2195	2226	2097	2261
	2	長谷 信行	31.5	30.0	29.5	30.0	29.5	32.5	2615	2331	2174	2051	2051	2226

(資料5) ポート選手の最大ローイングにおける仕事量および呼吸循環応答

クルー名	番号	氏名	総酸素摂取量 (ℓ)	総仕事量 (kgm)	総ストローク数 (strokes)	総心拍数 (拍)	総換気量 (ℓ) BTPS	1ストローク 当りの仕事量 (kgm/stroke)	最高心拍数 (拍/分)	最大換気量 (ℓ/分) BTPS	総回転数 (回)	平均パワー (HP)
東レエイト	1	石田 幸順	23.406	12460	172.0	1017	721.6	72.44	180	145.2	3554	0.461
	2	加藤 勝行	22.109	12169	176.0	1009	711.9	69.14	182	142.2	3471	0.451
	3	土淵 正信	24.597	12180	197.5	1059	827.3	61.67	192	161.6	3474	0.451
	4	広田 岩幸	24.856	13467	196.5	1050	812.7	68.53	186	152.6	3841	0.499
	5	岡野 耕一	21.732	10052	176.5	1065	666.2	56.95	186	125.7	2867	0.372
	6	奥村 巧	25.913	12152	198.0	1121	885.9	61.37	195	166.4	3466	0.450
	7	槻木 栄一	26.631	12664	189.5	1120	757.1	66.83	192	145.4	3612	0.469
経Sエイト	1	船橋 宏樹	25.126	12618	195.5	1068	890.5	64.54	188	180.6	3599	0.467
	2	松原 俊夫	22.865	12117	178.5	1035	759.1	67.88	184	141.7	3456	0.449
	3	清原 徳	19.983	10178	190.5	1147	756.1	53.43	200	153.5	2903	0.377
	4	奥城 哲郎	22.043	13477	186.0	1068	820.6	72.46	190	157.9	3844	0.499
	5	近藤 薫	21.384	12744	188.5	1185	730.3	65.75	210	130.5	3635	0.459
	6	吉野 泰博	23.924	11135	181.0	1014	795.0	61.52	180	153.8	3176	0.412
	7	柴田 健	18.118	12232	191.0	1055	702.7	64.04	192	129.6	3489	0.453
	8	河合 隆広	21.701	9799	184.5	1077	851.9	53.11	188	150.3	2795	0.363
東レエイト	1	井上 洋光	20.529	8474	168.5	1046	762.9	50.29	184	145.1	2417	0.314
	2	堀川 益夫	21.850	10427	178.0	1039	888.5	58.58	178	169.1	2974	0.386
	3	橋 保男	20.560	9045	175.0	1094	673.9	51.69	196	131.7	2580	0.335
	4	小林 克郎	24.221	9701	197.5	991	848.1	49.12	176	157.2	2767	0.359
	5	藤山 雄亮	18.022	9869	202.0	1019	710.9	48.86	180	139.2	2815	0.366
	6	原田 欣朗	19.080	9088	185.5	1042	561.7	48.99	184	104.6	2592	0.337
	7	大野 義紀	19.047	9400	175.5	1095	636.9	53.56	194	125.3	2681	0.348
	8	北村 竜三	19.990	11619	185.0	1118	659.4	62.80	196	128.3	3314	0.430
	9	小原 義明	18.204	9684	156.5	883	603.8	61.88	164	131.0	2762	0.359
教Jエイト	1	川村 尚雄	20.152	10662	182.5	1080	751.8	58.42	186	136.3	3041	0.395
	2	井尻 正志	18.177	9228	179.0	1030	667.2	51.55	178	128.0	2632	0.342
	3	堀江 康弘	17.324	9582	180.0	1158	654.7	53.23	202	122.4	2733	0.355
	4	西垣 享	18.499	9038	182.0	1164	667.2	49.66	196	126.0	2578	0.335
	5	田中 博	20.607	9855	195.5	1133	714.2	50.41	192	133.8	2811	0.365
	6	西川 幸宏	20.061	9996	181.0	1191	701.9	55.22	204	130.4	2851	0.370
	7	小島 広之	19.322	9067	161.0	1105	693.9	56.31	190	124.5	2586	0.336
	8	里井 琢也	22.760	10946	185.0	1091	782.7	59.17	186	142.5	3122	0.405
	9	上野 智士	26.853	11163	192.5	1112	906.3	57.99	194	164.8	3184	0.413
経Sフォア	1	森井 守	22.257	10953	196.5	1074	801.1	55.74	188	149.3	3124	0.406
	2	鷹野 大郎	25.812	12832	184.0	1061	817.6	69.74	186	161.0	3660	0.475
Sスカル	1	堀内 俊介	27.788	13768	215.0	1088	836.3	64.04	190	159.3	3927	0.510
	2	長谷 信行	25.553	13449	183.0	1008	814.9	73.49	180	155.5	3836	0.498

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(2) トレーニングに伴う1年間の体力推移

岡 本	進・寄	本 明	(滋賀県立短期大学)
玄 田	公 子・吉	田 瑞 穂	(滋賀県立短期大学)
宮 本	孝・佐	藤 尚 武	(滋賀大学)
		武 部 吉 秀	(京都大学)
		古 川 宗 寿	(東レ滋賀事業場)
		清 水 啓 司	(伏見工業高校)
		宇 部 一	(広島大学院生)

1. はじめに

前報¹⁾では、滋賀県下のボート選手37名を対象に、形態、筋力および6分間の最大ローイングにおける仕事量と呼吸循環機能を測定し、クルー別体力特性を明らかにしてきた。

本報においては、1年間にわたるトレーニングに伴う体力の推移を検討することによって、体力トレーニング法を評価し、より具体的なトレーニング処方作成のための基礎的資料を提供することを目的としている。

2. 測定方法

ボート選手は、男子の大学選手であり、滋賀大学経済学部ボート部員(滋大経済)11名と、同教育学部ボート部員(滋大教育)4名である。これら2グループからなる選手は、いずれもエイト(但し、滋大経済は2クルーある)の主力メンバーである。滋大経済のクルー(2クルーとも)の競技力は、関西ではトップクラスのレベルにあり、滋大教育のクルーに比べ常に優れていた。1983年8月におけるボート経験年数の平均値は、滋大経済では1.67年であり、滋大教育では1.05年であった。

測定項目は、形態、筋力および最大ローイングテストによる仕事量と呼吸循環機能である。形態では、身長、体重、胸囲、伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲および皮脂厚を測定した。筋力では、握力、背筋力、ローイング・ストレングスを測定した。ローイング・エルゴメーター

による6分間の最大ローイングテストでは、心拍数、換気量、酸素摂取量、ストローク数、仕事量を測定した。これらの測定方法は、前報¹⁾のとおりである。

測定は、3回実施した。第1回目(Test I)は、1983年8月2日～8月6日、第2回目(Test II)は、1984年4月3日～4月8日、第3回目(Test III)は、1984年8月4日～9月1日であった。なお、各Testにおける室温はそれぞれ、 $30.6 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $20.3 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 、 $28.5 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ であった。

図1には滋大経済の年間トレーニング内容と主な試合の日程を示している。Test Iの時期は、シーズン中の大半のレースが終了した、いわばエンドシーズンにあたり、この頃のトレーニングは、水上での乗艇練習が主な内容であった。Test IIの時期は、オフシーズンにおける陸上トレーニングが終了し、乗艇練習に移行しはじめたプレシーズンに相当した。この時期は陸上でのトレーニングが中心であり、筋力をはじめ、筋持久力、全身持久力を高めるために、ウエイト・トレーニング、レペティション・トレーニング、インターバル・トレーニング、サーキット・トレーニングなどが主な内容であった。Test IIIの時期は、Test Iと同じ乗艇終了期に相当した。

なお滋大教育のトレーニング内容は、質的には滋大経済とほぼ同じであったが、量的にはか

なり少なかった。

3. 測定結果と考察

測定結果は、グループごとの平均値で示している。各 Test 時における平均値の差は、対のある t 検定法によって統計処理し、有意水準を次の要領で図中に示している。すなわち、Test I と Test II との差は Test I の値に、Test II と Test III との差は Test II の値に、さらに Test I と Test III との差は Test III の値に、それぞれ * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ で示している。

図 1 より、Test I と Test II とを比較することは、冬期トレーニングの影響を評価することであり、Test II と Test III との比較は、主として水上での乗艇練習によるトレーニングの影響を評価することになる。さらに、Test I と Test III との差は、1 年間を通じてのトレーニングによるさまざまな体力の推移を評価することになる。

(1) 形態について

図 2 には、形態測定項目について、その推移を示している。なお、胸囲を除く周径項目は、右側計測値である。

Test I と Test II を比較すると、滋大経済では胸囲が 91.8cm から 93.6cm、大腿囲が 54.0cm から

56.3cm と有意に増加している。滋大教育では体重が 66.4kg から 70.6kg と約 6% 増えているのをはじめ、ほとんどの項目が有意に増加している。Test II から Test III にかけては、両グループとも体重や周径囲は減少傾向にある。滋大経済では、胸囲、体重、伸展上腕囲および大腿囲で、滋大教育では、胸囲、大腿囲および下腿囲の各項目でそれぞれ有意な差がみられる。Test I と Test III を比較すると、滋大経済の伸展上腕囲、滋大教育の身長、体重、前腕囲がそれぞれ有意に増加している。

これらの推移をトレーニング内容との関係でみると、両グループとも Test I と Test II との比較において、体重や周径囲に関する項目では増加率が大きく、シーズンオフの陸上トレーニングによって身体資源の量的改善が見られたと考えられる。Test I における滋大教育の形態値は、滋大経済よりも小さいが、滋大教育の周径囲の増加率を求めると、胸囲が 2.8%、伸展上腕囲が 9.9%、前腕囲が 7.6%、大腿囲が 5.0% および下腿囲が 4.0% であり、滋大経済のそれぞれ、2.0%、5.1%、0.0%、3.5% および 1.2% に比べて伸びが大きく、多くの項目で接近してきていることを示している。これは、滋大教育の初期水準が低いことと、経験年数が滋大経済に比べ

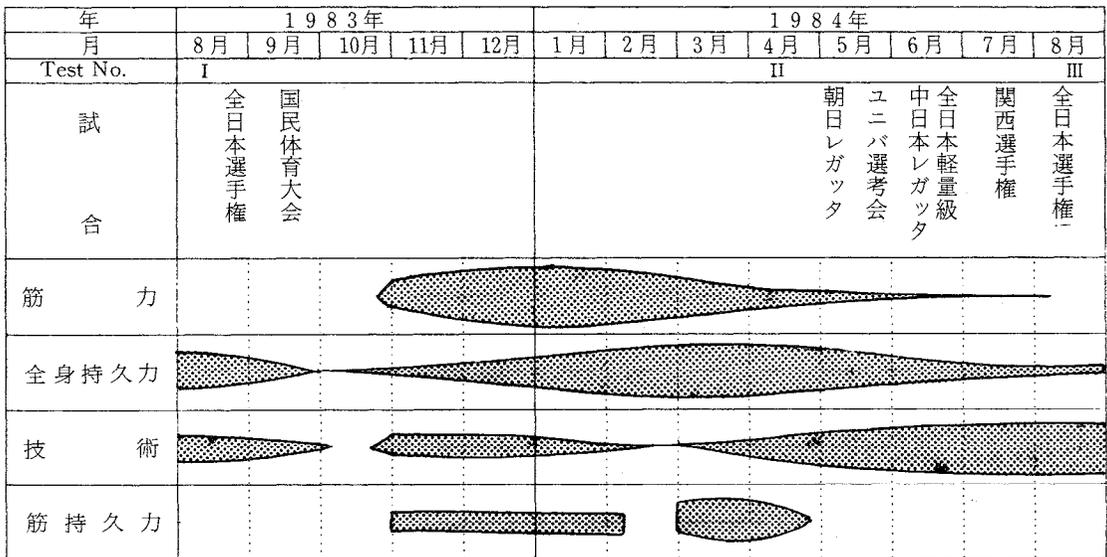


図 1. 滋大経済の年間トレーニング内容とおもな試合日程

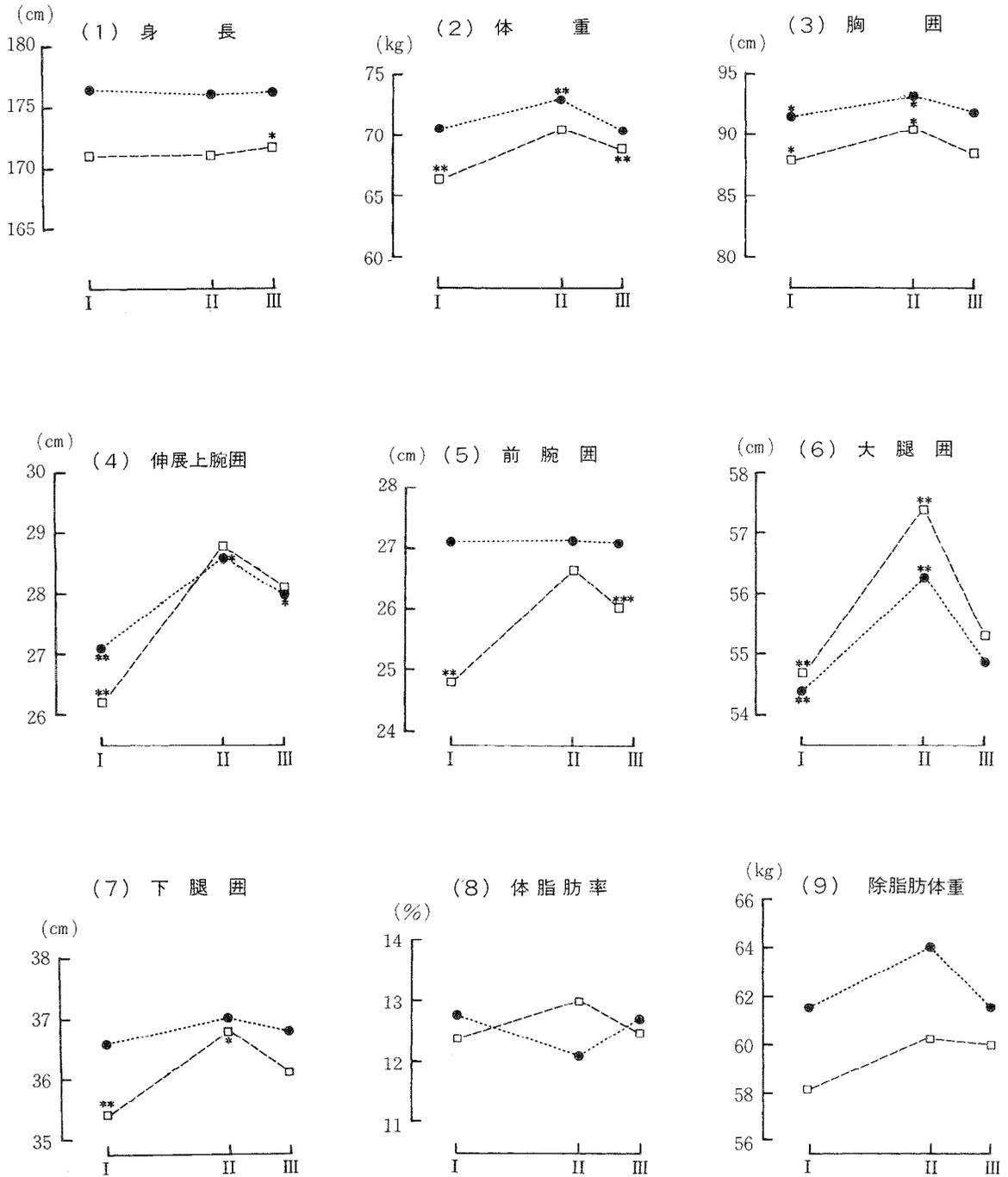


図 2. 形態値の推移 (●: 滋大経済, □: 滋大教育, I: 1983年8月, II: 1984年4月, III: 1984年8月)

て少ないことが、運動刺激の形態発育に及ぼす効果の範囲を大きくさせていたことによると考えられる。佐藤ら²⁾も体重の増加率は、競技を始めた最初の1年の伸びの方が、後の2年よりも大きい事を報告している。

Test IIとTest IIIを比較すると、両グループとも体重が減少し、それに対応するように多くの周径囲が減少している。滋大経済に関していえば、5月の朝日レガッタ出場後、6月の全日本軽量級エイトに7名が出場し、そのうち5名が減量によるウエイト・コントロールを試みていた。かれらの体重は、Test IIIの8月の時点においてもなお回復しなかった。滋大経済の2.52kgの有意な体重の減少はこの減量による影響と考えられる。

体重の増減量と他の形態値の増減量との関係をみるため、各Test間で比較し、相関係数で表1に示している。Test IとTest IIの間では、体重と大腿囲との相関がもっとも高く、次いで除脂肪体重、下腿囲、上腕皮脂厚、背部皮脂厚の順である。除脂肪体重および下腿囲は、他のTest間でみても比較的高い相関係数を示している。

一般に、大腿部は、他の部位に比べて皮下脂肪が付着しやすいことから、大腿囲は栄養の指標に用いられることが多い。同様に、肩甲骨下

表1. 体重の増減量と周径囲および皮脂厚の増減量との関係

	Δ体重		
	Test I to Test II	Test II to Test III	Test I to Test III
Δ 胸 囲	0.371	0.549	0.456
Δ 伸展上腕囲	0.459	0.466	0.489
Δ 前 腕 囲	0.527	0.208	0.686**
Δ 大 腿 囲	0.914***	0.399	0.528
Δ 下 腿 囲	0.759**	0.593*	0.704**
Δ 上腕皮脂厚	0.707**	0.182	0.370
Δ 背部皮脂厚	0.694**	0.598*	0.345
Δ 除脂肪体重	0.847***	0.844***	0.907***

数値は、相関係数を示している。n = 15,

* P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001

縁部や上腕背部の皮脂厚も肥満の指標として広く用いられている。これら皮下脂肪と関連のある項目が体重の増減に関与したのはTest IとTest II間に多くみられ、冬期の陸上トレーニングによる体重増は、皮下脂肪の増加を伴ったものであることをうかがわせる。しかし、Test IIとTest IIIとの比較およびTest IとTest IIIとの比較においては、除脂肪体重、下腿囲といった筋重量と関係の深い項目との相関が高く、皮下脂肪との関係は薄れる傾向にある。

前報²⁾でも指摘したとおり、競技力レベルの高いクルーの体脂肪率は小さく、除脂肪体重では大きい傾向が見られた。体脂肪率の増加を伴わない体重の増加、すなわち、除脂肪体重(筋量)を増加させることがトレーニングの主要な目的とされなければならないだろう。今回の滋大経済の陸上トレーニングの効果は、体脂肪率が0.8%低下し、除脂肪体重が2.6kg増加し、身体組成では望ましい方向に改善されていることが示唆される。

(2) 筋力について

図3には、筋力の推移を示している。Test IIでの筋力測定は、実施していないので、ここではTest IとTest IIIとの比較であるが、滋大経済では、握力(右)が54.8kgから61.1kgと6.3kg増え、この差は有意である。背筋力、ローイング・ストレングスも増加傾向にあるが、有意な差とはいえない。滋大教育では、筋力には一定の傾向は見られず、変化量もごくわずかである。

筋力は、筋肉量に比例することから、体重と深い関りを持っている。そこで、筋力の増減量と、体重や身体組成および周径囲の増減量との関係をみると、表2のようになる。表からもわかるように、ほとんどの項目間に相関関係が認められない。これらは、測定時期がいずれも水上での乗艇練習が中心となり、筋力トレーニングを中断していた頃にあたることから、筋力の変動幅が小さかったことによるものであろうと推察される。

(3) 酸素摂取量の最大値発現時からみた呼吸循環応答について

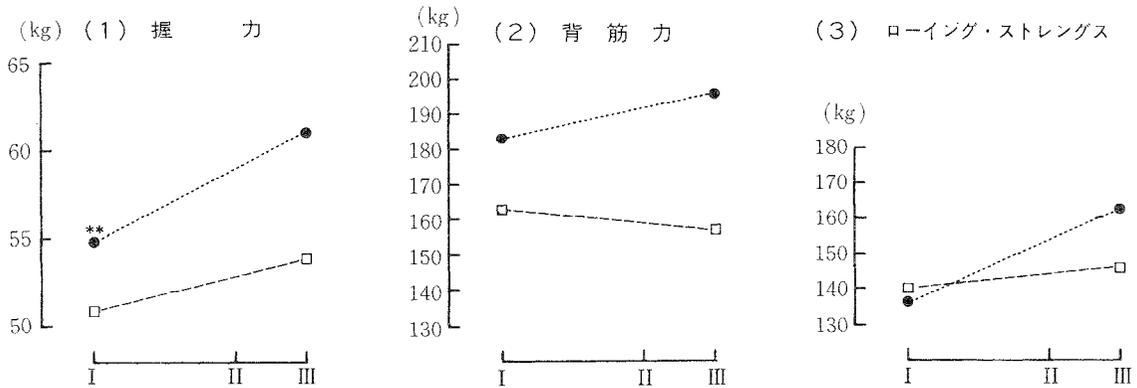


図3. 筋力値の推移 (●: 滋大経済, □: 滋大教育, I: 1983年8月, II: 1984年4月, III: 1984年8月)

図4には、6分間の最大ローイング中に得られた酸素摂取量の最大値(ピーク酸素摂取量)発現時における呼吸循環機能の各種パラメータについて、その推移を示している。

Test IとTest IIとを比較すると、滋大経済では、酸素摂取量の絶対値が3.841 l/分から4.192 l/分、体重当りの値で54.7ml/kg/分から57.6 ml/kg/分と、いずれも有意に増加している。また、酸素脈でも21.0ml/拍から22.9ml/拍と有意に増加している。滋大教育では、酸素摂取量の絶対値が3.627 l/分から3.811 l/分に有意な増加を示しているが、他の項目には、有意な変化

は見られない。

Test IIとTest IIIを比較すると、滋大経済は心拍数が増加し、換気量とともに酸素摂取量(絶対値)および酸素脈が減少している。これらの変化は、いずれも有意であるが、滋大教育では有意に変化した項目はみられない。

Test IとTest IIIを比較すると、滋大経済では心拍数が、滋大教育では酸素摂取量がそれぞれ有意に増加している。

表3には、各Test間におけるピーク酸素摂取量の増減量と体重および除脂肪体重のそれぞれの増減量の関係を示している。除脂肪体重の増減量は、Test IとTest IIおよびTest IとTest IIIにおいて、いずれもピーク酸素摂取量の増減量と有意な関係にある。

ピーク酸素摂取量は、有酸素作業能の有用な指標となり得ることは、前報でも述べたとおりであるが、ピーク酸素摂取量の絶対値が、シーズンオフの陸上トレーニングによって、両グループとも有意に増加したことは、この時期の有酸素トレーニングが適切であったことを物語っている。これは、肺換気当量の減少によるところが大きく、主として肺でのガス交換効率が悪くなったことと、除脂肪体重が増加したこととで、身体資源に改善がもたらされた結果とみることができよう。しかし、その後水上練習に移行し、シーズン終了時には滋大教育はいま

表2. 筋力の増減量と形態の増減量との関係

	Test I to Test III		
	Δ握力	Δ背筋力	Δローイング・ストレングス
Δ 体重	-0.178	-0.143	-0.006
Δ 胸 囲	-0.108	-0.004	-0.346
Δ 伸展上腕囲	-0.537*	-0.508	-0.211
Δ 前 腕 囲	-0.330	-0.253	-0.379
Δ 大 腿 囲	-0.291	-0.133	-0.228
Δ 下 腿 囲	-0.480	-0.410	-0.033
Δ 体脂肪率	-0.055	0.081	-0.412
Δ 除脂肪体重	-0.190	0.168	0.182

数値は、相関係数を示している。n = 15,

* p < 0.05

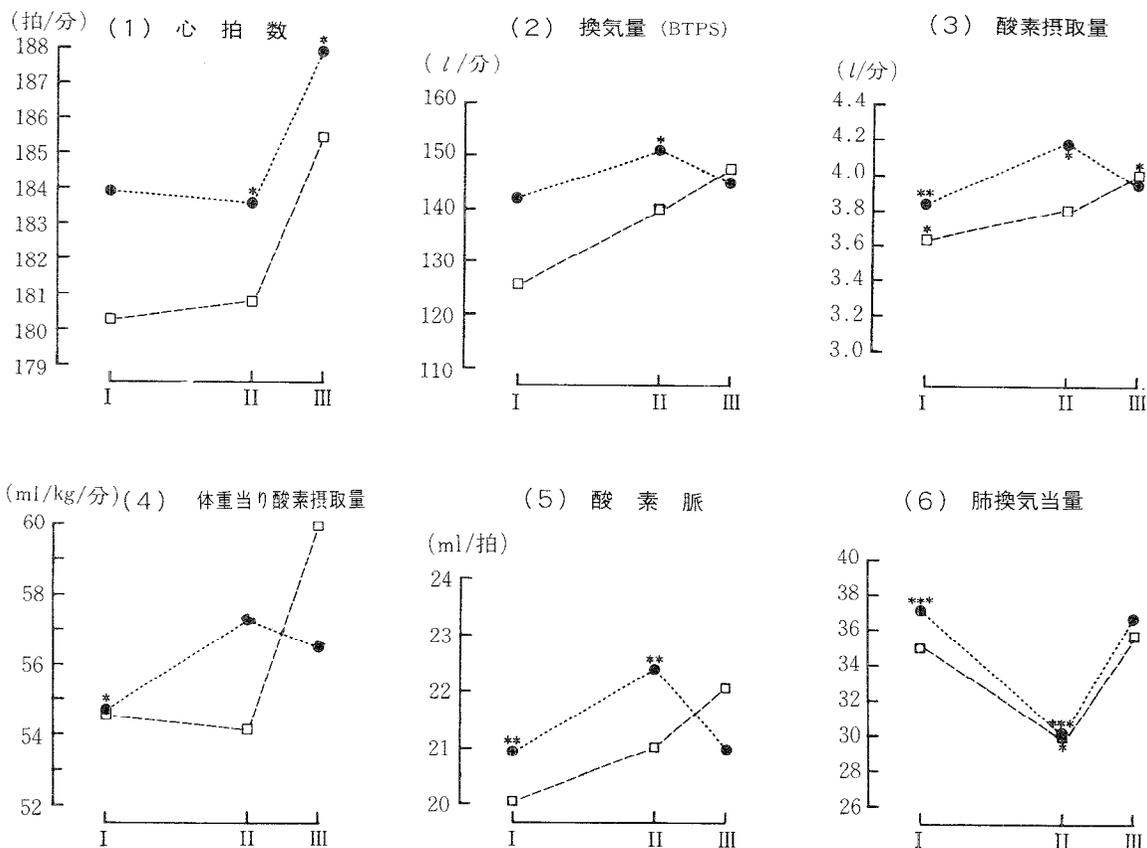


図4. 酸素摂取量の最大値発現時における呼吸循環機能の推移 (●: 滋大経済, □: 滋大教育, I: 1983年8月, II: 1984年4月, III: 1984年8月)

までのレベルを維持するが、滋大経済では低下する傾向がみられる。

横山⁹⁾は試合期には最大酸素摂取量が低下傾向を示した例を報告し、この原因に有酸素ト

レーニングの割合が減じたことをあげている。シーズン終了期の滋大経済のピーク酸素摂取量の低下の原因は、減量による影響と考えられないが、表3からみるかぎりにおいては、かならずしもそれを裏付ける結果を示していない。無酸素的能力が拮抗的に増大した可能性も十分考えられる。水上における有酸素トレーニングは、陸上に比べ、個人個人にみあった適正な負荷が設定しにくいということも、有酸素能力の低下の一因としてあげられよう。

(4) トータル量からみた体力値について

図5には、6分間の最大ローイング中に得られた呼吸循環機能の各種パラメーターと、機械的出力値とのそれぞれトータル量の推移を示している。Test IとTest IIとを比較してみると、

表3. ピーク酸素摂取量の増減量と体重および除脂肪体重の増減量との関係

	Δピーク酸素摂取量		
	Test I to Test II	Test II to Test III	Test I to Test III
Δ 体 重	0.355	0.168	0.725**
Δ除脂肪体重	0.656**	0.204	0.636*

数値は、相関係数を示している。n = 15,

* P < 0.05, ** P < 0.01

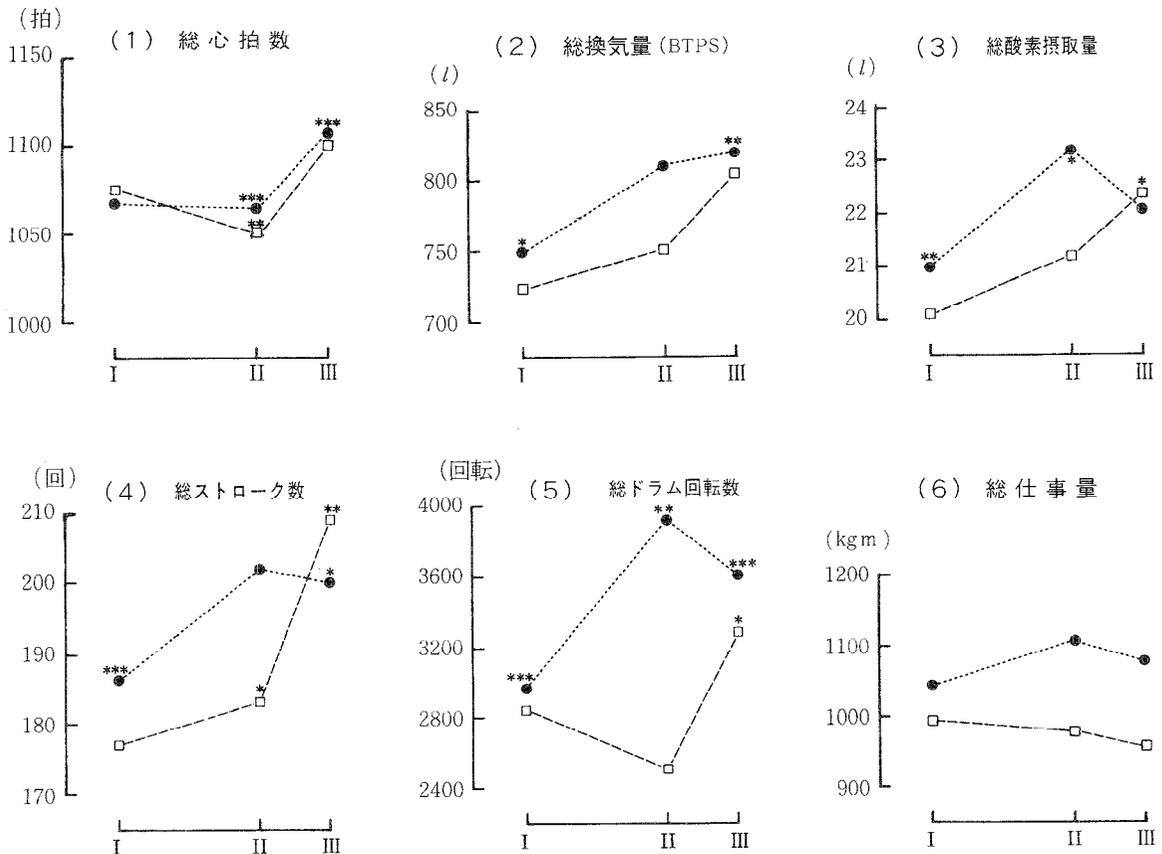


図5. トータル量からみた体力値の推移(●: 滋大経済, □: 滋大教育, I: 1983年8月, II: 1984年4月, III: 1984年8月)

滋大経済は総酸素摂取量が20.950 l から23.070 l, 総換気量が750.7 l から811.8 l へと、いずれも有意に増加している。総ストローク数, 総ドラム回転数ともに有意に増加しているが, 総仕事量には有意差は認められない。滋大教育では, 有意に増減した項目は認められない。

Test II から Test III にかけては, 両グループとも総心拍数が有意に増加しているが, 滋大経済では, 総酸素摂取量が23.070 l から22.109 l へと有意に減少している。滋大教育の総ストローク数は, 急増しているが, 総仕事量の増加を伴ったものではない。

Test I と Test III との比較でみると, 滋大経済は総心拍数と総換気量に有意な増加が認められ,

滋大教育では, 総酸素摂取量, 総ストローク数, 総ドラム回転数に有意な増加が認められる。

トータル量からみた呼吸循環応答の変動は, 1年間を通じて, ピーク酸素摂取量発現時における各種パラメーターの変動パターンときわめて類似した様相を呈している。

総仕事量には, 両グループともどの時点の比較においても有意な増減は認められない。

滋大経済の総ストローク数, 総ドラム回転数および総仕事量は, よく対応した年間推移を示しているのに比べ, 滋大教育では, 総ストローク数が漸増傾向であるに対し, Test II 時点で総ドラム回転数が下降している。これは, 仕事量の算出に関して, ローイング・エルゴメーター

表4. ドラム外周面でのブレーキ力(kg)の変動

	Test I	Test II	Test III
滋大経済 (n=11)	2.965 (0.127)	2.469 (0.268)	2.581 (0.130)
滋大教育 (n=4)	3.030 (0.000)	3.375 (0.215)	2.533 (0.029)

数値は、平均値(標準偏差)を示している。

の減速時間を常に一定に保つように2.0kg~2.5kgの分銅を用いたが、実際に求められた、各測定時点におけるドラム外周面でのブレーキ力(F)のグループ別平均値と標準偏差を表4に示しているとおり、この時点におけるブレーキ力が平均値で3.375kgと著しく大きくなり、その結果生じた力学的インピーダンス不整合の影響を受けたものと推察できる。

総酸素摂取量と総ドラム回転数との関係が、Test I, Test IIおよびTest IIIにかけてどのように推移しているかを個人別に示したのが図6である。左下方から右上方への一方向に局限して推移する傾向が認められる。すなわち、総酸素摂取量と総ドラム回転数との増減量は比例関係にあり、密接に関わっていることがわかる。いずれにしても、作業成績の向上には、身体資源の改善をはかる必要があることを強調した

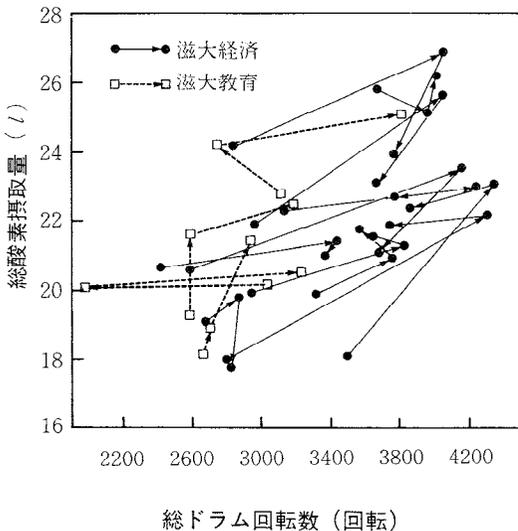


図6. 総酸素摂取量と総ドラム回転数の関係からみた推移 (Test I→Test II→Test III)

結果といえよう。

これらの事から、陸上トレーニングによって高めた有酸素能力をシーズン中も持続させるため、乗艇練習だけでなく、陸上での補強トレーニングを導入する必要性を示唆しているように思われる。

4. 要 約

ボート選手のトレーニングに伴う体力の推移を検討するため、滋大経済ボート部員11名と、滋大教育ボート部員4名について、形態、筋力および6分間の最大ローイングにおける仕事量と呼吸循環機能の測定を、1983年8月(Test I), 1984年4月(Test II)および1984年8月(Test III)に実施した。結果の概要は、次のとおりである。

- (1) 形態値は、冬期のトレーニングによって向上し、とくに経験年数の少ない滋大教育の増加率は滋大経済に比べて大きかった。
- (2) 冬期トレーニングにおける滋大経済の除脂肪体重の増大は、体脂肪率の減少を伴っており、身体組成では望ましい方向に改善されていることが示唆された。
- (3) シーズン中の乗艇練習の形態値に及ぼす影響は、体重をはじめ多くの周径圍で減少する傾向を示した。
- (4) 筋力値は、1年後で比較すると、滋大経済では握力が有意に増加した以外は、余り大きな変化を示さなかった。
- (5) ピーク酸素摂取量は、両グループとも陸上トレーニング期には有意に増加するが、滋大経済では、乗艇練習期には減少する傾向が認められた。
- (6) 総酸素摂取量と総ドラム回転数は各Test間を通じて比例的関係にあった。

文 献

- 1) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀

県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 59-72, 1984.

2) 佐藤良子, 石河利寛, 山川純: ボート選手の体力の推移について, 昭和37年度日本体育

協会スポーツ科学研究報告集, 1-18, 1962.

3) 横山厚志: 昭和53年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告, No.II, 58-68, 1978.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(3) 東レエイトの体力について

岡本 進 (滋賀県立短期大学) 寄本 明 (滋賀県立短期大学)
佐藤尚武 (滋賀大学) 宮本 孝 (滋賀大学)
武部吉秀 (京都大学) 清水啓司 (伏見工業高校)
古川宗寿 (東レ滋賀事業場) 堀内 哲 (東レ滋賀事業場)
玄田公子 (滋賀県立短期大学) 吉田瑞穂 (滋賀県立短期大学)
宇部 一 (広島大学大学院生)

1. はじめに

著者らは、これまでに滋賀県下のボート選手の体力を測定し、クルー別の体力特性を明らかにしてきた³⁾。それによると、東レ滋賀漕艇部のエイト (東レエイト) の体力は、大学漕艇部のエイト (滋賀大学経済学部ならびに教育学部クルー) より全般的には優れているが、全日本代表選手と比べると形態や筋力でやや劣る傾向にあることを指摘してきた。また前報⁴⁾においては、県内大学漕艇部を対象に、1年間にわたるトレーニングに伴う体力の推移について検討し、冬期の陸上トレーニングとシーズン中の乗艇練習とでは体力推移に特徴がみられることなどを明らかにしてきた。

ところで、1985年における東レエイトの競技成績は、朝日レガッタの優勝をはじめとして、全日本社会人・実業団選手権および全日本選手権においても優勝するなど、きわめて優秀な成績をおさめた。今や、東レエイトの競技力は、日本を代表するクルーとして高い評価を得ている。

本研究では、東レエイトの競技力に着目し、1983年以来実施してきた6回の体力測定の結果をもとに、全日本一流エイトの体力に関する分析を試みた。

2. 測定方法

測定は、1983年8月 (Test I)、1984年4月 (Test II)、1984年11月 (Test III)、1985年3月

(Test IV)、1985年6月 (Test V) および1985年11月 (Test VI) に実施した。測定の期日、場所、時期、対象となった選手名およびその年度における東レエイトの競技成績を表1に示している。

測定項目は、形態、筋力および呼吸循環機能である。形態では、身長、体重、胸囲、伸展上腕囲、屈曲上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、および皮下脂肪厚を測定した。筋力では、握力、上腕屈筋力、脚伸展力、背筋力およびローイング・ストレングスを測定した。呼吸循環機能では、6分間の最大ローイング中の心拍数、換気量および酸素摂取量を測定した。運動はローイング・エルゴメーター (新日本産業、Gamut型) を用い、6分間の最大ローイングとした。

測定方法は、前報³⁾に準じて実施した。新たに加えた上腕屈筋力と脚伸展力の測定には、多用途筋力測定装置 (竹井機器社製) を用いて測定した。従来、呼気ガスはダグラスバッグ法により採気し、呼気ガス瞬時分析装置 (日本電気三栄、IH06) を用いて分析したが、Test III以降ではエアロビックプロセッサー (日本電気三栄、391) を用いて分析した。またローイング・エルゴメーターの負荷方法は、従来ベルト掛式によったが、設定負荷値を一定に維持させるには難点があったため、Test VI から電磁ブレーキ方式に切り替え、改良を加えている。したがって、今回は機械的な出力に関する項目は、ドラム回転数による比較にとどめた。

表 1. 測定時期、選手名およびエイトの競技成績

年	1983年	1984年		1985年		
Test No.	I	II	III	IV	V	VI
測定時期	8月 乗艇後期	4月 乗艇前期	11月 陸トレ初期	3月 陸トレ後期	6月 乗艇前期	11月 陸トレ初期
石田 幸順	●	●	●	●	●	●
加藤 勝行	●	●	●			
土淵 正信	●	●	●			
広田 岩幸	●	●	●	●	●	●
岡野 耕一	●					○
奥村 功	●	●	(●)			
槻木 栄一	●	●	●	●	●	●
八木 俊彦	(●)	●	●	●	●	●
和田 修		●	●	○	○	○
二瓶 進		○	○	○	○	○
及野 誠久				●	●	●
山中 貴幸			○	○	○	○
藤堂 晴久			○	●	●	●
丹野 文広			○	○		○
阿部 肇				●	●	●
前口 英明				●	●	●
森実 摂郎					○	○
エイトの戦績	朝日レガッタ 準決敗退 全日本社会人 実業団優勝 全日本選手権 3位	朝日レガッタ 全日本軽量級 世界軽量級選手権	決勝進出 優勝 9位/9ヶ国	朝日レガッタ 全日本社会人実業団 全日本選手権	優勝 優勝 優勝	

●：エイトの構成メンバー ○：その他のメンバー ()：測定に不参加

なお、形態および筋力の項目中、左右のある項目については、左右それぞれ計測しその平均値を求めた。

3. 測定結果

表 2 には、形態、筋力および呼吸循環機能の測定値を、各測定日別にエイトのクルーの平均値と標準偏差で示している。最大酸素摂取量は、6分間の最大ローイング中に得られた酸素摂取量のピーク値であり、酸素脈はその時点で得られた心拍数をもとにして求めている。

形態値の推移をみると、体重、除脂肪体重、胸囲、上腕囲、大腿囲などの量育および周育項目では、Test II で小さく、Test IV で大きい値を示しているが、全般的には漸増する傾向が認められる。筋力の推移をみると、背筋力は Test I での 172kg から次第に増加し、Test V で最高値の 200kg を示しているが、Test VI では 184kg に減少している。ローイング・ストレングスは、Test I での 171kg から漸減する傾向にあり、握力は 60kg 前後の値を示し、あまり変化していない。上腕屈筋力は Test III での 29.8kg が Test IV では

表2. 東レ滋賀エイトの体力値の推移

Test	No	I	II	III	IV	V	VI
測定年月		1983年8月	1984年3月	1984年11月	1985年3月	1985年6月	1985年11月
被験者人数(人)		7	8	7	8	8	8
年齢(歳)		20.1±1.07	21.3±1.04	21.0±0.82	21.9±1.81	22.0±1.69	22.0±1.69
身長(cm)		178.8±2.03	179.4±3.03	178.4±2.40	180.4±3.20	179.9±4.31	179.6±4.28
体重(kg)		74.1±5.56	72.9±2.86	76.4±4.15	78.8±4.04	77.1±5.83	76.7±5.54
胸囲(cm)		91.9±4.41	91.8±3.68	94.5±3.80	97.6±3.97*	94.7±2.44	96.5±6.17
伸展上腕囲(cm)		26.9±1.13	27.6±0.78	27.9±1.03	28.8±1.05	28.9±1.53	29.3±1.32
屈曲上腕囲(cm)		31.1±0.89	31.1±0.69	32.3±0.81	33.7±1.02	32.8±1.20	32.8±1.24
前腕囲(cm)		26.9±1.17	27.0±0.91	29.4±6.38	28.6±1.00	28.2±1.00	28.4±0.86
大腿囲(cm)		54.6±2.60	54.3±1.05	57.2±1.93	58.3±1.81	56.3±2.74	56.4±2.56
下腿囲(cm)		37.2±1.87	37.6±1.51	38.4±1.56	39.3±1.85	38.4±1.84	38.5±1.68
体脂肪率(mm)		11.6±1.90	10.8±0.79	13.6±1.93	13.1±1.82	11.5±1.46	11.4±1.34
除脂肪体重(kg)		65.5±4.04	65.0±2.60	66.0±3.46	68.5±3.66	68.2±4.52	67.9±4.24
握力(kg)		62.7±10.07	—	60.8±5.49	60.5±6.10	60.5±7.84	60.5±6.62
上腕屈筋力(kg)		—	—	29.8±4.37	33.6±2.93**	33.4±3.95	34.4±6.21
脚伸展力(kg)		—	—	63.3±12.9	57.6±8.98**	57.8±5.24	63.5±8.52
背筋力(kg)		172±22.6	—	174±17.0	193±17.6**	200±32.7	184±30.9
Rowing strength(kg)		171±22.9	—	160±19.6	—	—	152±11.1
最大酸素摂取量(l/分)		4.43±0.30	4.19±0.15	4.15±0.26	4.93±0.57*	4.78±0.36	5.04±0.34
体重当り(ml/kg/分)		59.9±4.88	57.5±2.95	54.3±3.68	62.0±5.82*	62.0±3.05	65.8±2.90
酸素脈(ml/拍)		24.0±1.36	23.3±0.81	22.6±1.16	26.8±3.32*	25.6±1.91	26.8±1.74
総酸素摂取量(l)		24.18±1.85	22.93±0.88	22.90±1.45	26.75±2.63*	26.50±1.83	27.18±1.65
最高心拍数(拍/分)		188±5.60	181±5.13	184±4.65	187±7.63*	190±5.23	191±6.29
最大換気量(l/分)		148±13.5	147±12.2	159±8.29	169±15.0*	168±10.1	171±8.43
総ドラム回転数(回)		3469±297	3849±197	3944±264	3561±302	3567±214	4419±242

* N = 7 ** N = 6

33.6kgと12.8%増加しているが、その後の伸びはみられない。呼吸循環機能の推移をみると、最大換気量は漸増傾向にあり、Test VIで最高値(171l/分)を得ている。最大酸素摂取量の絶対値および体重当りの値は、Test IIIで最低値(4.15l/分, 54.3ml/kg/分)であるが、Test VIでは最高値(5.04l/分, 65.8ml/kg/分)を得ている。総酸素摂取量および酸素脈は、最大酸素摂取量と対応した変化を示している。最高心拍数は、181拍/分から191拍/分の範囲で変動し、一定の傾向は示していない。

これら体力値の推移をトレーニング内容との関係でみると、Test IIでは世界軽量級選手権出漕をめざし、減量を開始した時期に相当し、体

脂肪率は10.8%と最低値を示している。

体重はTest Iに比べ1.2kg減少しているが、周囲項目には減少を伴っていない。しかし酸素摂取量、最高心拍数、酸素脈などの呼吸循環機能は、やや減少する傾向がみられる。Test IIIでは、乗艇シーズンが終了し、陸上トレーニングを開始した時期に相当し、Test IIに比べ形態値には増加傾向がみられるものの、呼吸循環機能の減少は持続的であり、最大酸素摂取量は最も小さい値を示している。Test IVでは、陸上トレーニングが終了し、乗艇練習を直前に控えた時期に相当し、ほとんどの項目が増加している。Test IVのTest IIIに対する増加率は、最大酸素摂取量が18.8%と最も高く、以下、酸素脈18.6%、

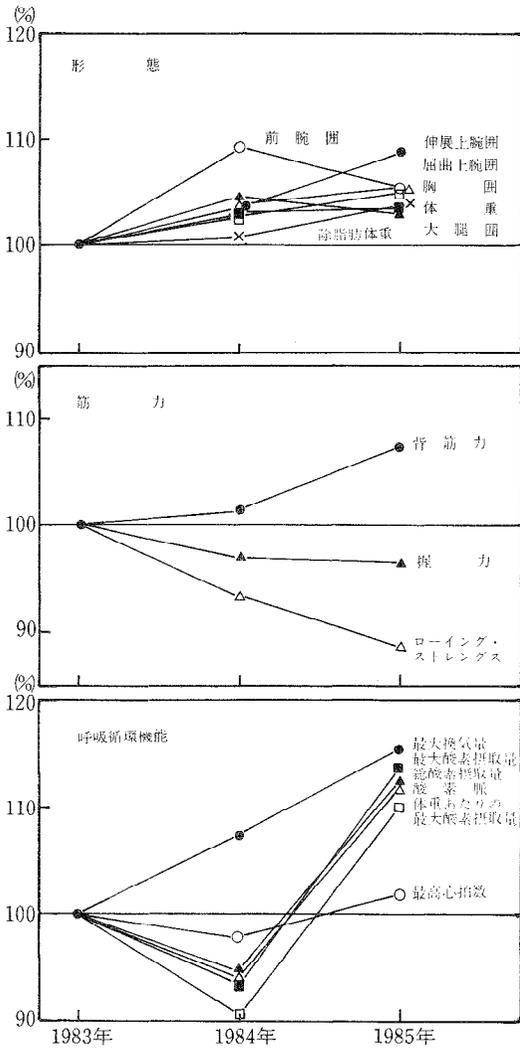


図1. 1983年のクルーに対する体力値の比率

総酸素摂取量16.8%，体重当りの最大酸素摂取量14.2%，上腕屈筋力12.8%，背筋力10.9%の順に大きい値を示している。この時の体力値をもとに1985年のエイトのメンバーが選考され、4名が入替わっている（表1）。Test Vではシーズンの前半が終了した時期に相当し、Test IVでの体力水準をほぼ維持している。Test VIではTest IIIと同じシーズン終了期に相当するが、とくに最大酸素摂取量はこれまでの最高値を示している。

図1には年度別クルーの体力値を比較するため、Test I (1983年)を100としたときのTest III

(1984年)およびTest VI (1985年)の相対値を示している。変動中の大きい項目についてみると、1984年のクルーでは、前腕囲(109.3)，最大酸素摂取量(107.4)，ローイング・ストレンクス(93.3)であり、1985年のクルーでは最大換気量(115.4)，最大酸素摂取量(113.8)，総酸素摂取量(112.4)，酸素脈(111.9)，体重当りの最大酸素摂取量(109.9)，伸展上腕囲(108.3)，背筋力(107.3)前腕囲(105.6)，屈曲上腕囲(105.5)，胸囲(105.0)，ローイング・ストレンクス(88.7)である。また、この図から1985年のクルーは1984年のクルーと比べて、形態値ではわずかに大きい程度であるが、呼吸循環機能では最高心拍数を除く多くの項目でかなり大きい値であることがわかる。

1985年のクルーの体力値急増の要因を詳しくみるために、図2には、おもな項目について、1984年から継続してレギュラーメンバーに選ばれた4名(継続組)の平均値をクルー全員(8名)の平均値とともに示し、比較している。継続組の平均値を1984年と1985年のそれぞれのクルー間で比較すると、1985年のクルーのローイング・ストレンクスには5%水準で有意な減少がみられるが、総酸素摂取量、体重当たりの最大酸素摂取量および上腕屈筋力には1%水準で有意な増加が認められ、酸素脈、最大換気量および最大酸素摂取量には5%水準で有意な増加が認められる。継続組の平均値は、それぞれが属する年度のエイトの平均値と比べると、呼吸循環機能の項目では1984年に大きく、1985年に小さい傾向がみられる。なお、図には示していないが、これらの項目について、1985年の継続組と新規加入レギュラーメンバー(新規組)と平均値の差を検討しているが、いずれの項目についても統計的には有意な差は認められなかった。

図3には、Test VIにおける最大ローイング中の最大酸素摂取量と総ドラム回転数との関係を示している。両者の関係は、 $r=0.908$ となり、0.1%水準で有意な正の相関関係が認められる。図中レギュラー選手は▲(継続組)と●(新規

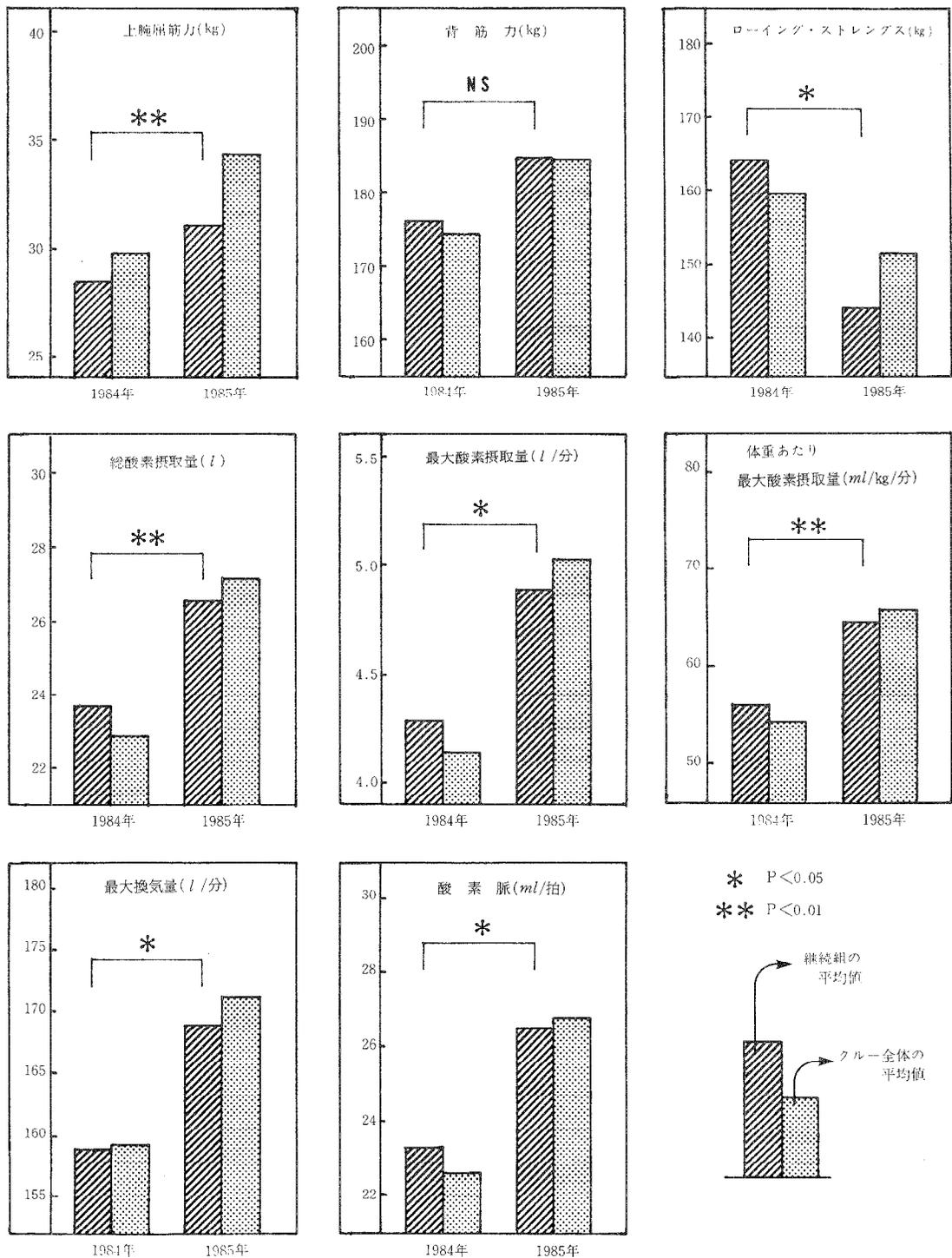


図2. 継続組における体力値の縦断的变化およびクルー全体との比較

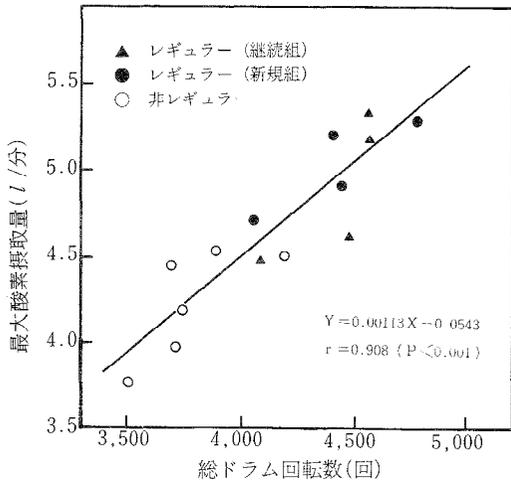


図3. Test VIにおける最大酸素摂取量と総ドラム回転数との関係

組)印で、非レギュラー選手は○印で示しているが、この図から、最大酸素摂取量が4.5l/分、総ドラム回転数が4,000回転のあたりで、レギュラー選手と非レギュラー選手とに、区分されていることが認められる。

4. 考 察

前報⁴⁾において、形態および呼吸循環機能の多くの項目が、冬期の陸上トレーニングによって有意に増加し、シーズン中の乗艇練習によって減少する傾向にあることを報告している。今回の東レイトの体力値の推移をみると、乗艇前期であるTest IIでは、形態値の一部の項目や呼吸循環機能の項目で、わずかに減少していたが、これは明らかに減量の影響によるものと考えられる。陸上トレーニング終了期であるTest IVでは、形態値および呼吸循環機能が著しく増加する傾向が認められ、前報⁴⁾と同様の結果を得た。これは、シーズン・オフにおける陸上トレーニングによって、身体資源が望ましい方向に改善された結果とみることができる。しかし、前報⁴⁾でみられたような重艇終了期の呼吸循環機能の低下傾向は、1985年のクルーにはみられず、最大酸素摂取量は、乗艇終了期にはむしろ向上していた。これは、Test Vがシーズン中間

期における体力面のチェックを目的としており、これらの結果をもとに配慮したトレーニング処方が、その後の乗艇練習に有効に生かされた結果とみることができる。

今回の筋力の推移についてみると、一定の傾向はみられなかった。継続者の平均値では陸上トレーニングの初期から後期にかけて上腕屈筋力が有意に増加し、ローイング・ストレンクスが有意に減少したが、握力、背筋力は余り変化がみられなかった。ボート選手の筋力トレーニングの効果について、佐藤ら⁵⁾は、オリンピックおよび世界選手権出場の2名の選手に対して、4年間継続して筋力の測定を行ない、握力は満1ヶ月を待たない内からあまり伸びなくなり、背筋力は経験2年の後に大体望ましい値に達したと報告しており、経験2年で飽和点に達する傾向のあることを示唆している。ボート選手の潜力に関わる筋力は、瞬間的に発揮される静的筋力よりも、大きい筋力を持続させる動的筋持久力のほうが要求されることから、これら静的筋力には、トレーニングの効果としては反映されなかったのかも知れない。それにしても、Test IからTest VIにかけてのローイング・ストレンスの遞減現象は減少率が89%と大きく、今後十分検討されなければならない重要な課題であろう。

年度別クルーの比較についてみると、1985年のクルーは、形態、筋力および呼吸循環機能のほとんどの項目で最も優れていた。とくに最大酸素摂取量では、絶対値で5.04l/分を示し、体重当たりの値においても65.8ml/kg/分とかなり大きかった。これらの値は、Hagermanら¹⁾が報告している外国一流選手の平均値(5.95l/分、67.6ml/kg/分)に比べて絶対値ではなお及ばないにしても、体重当たりではかなり接近している。この年のクルーは、Test IVの測定結果にもとづいて編成されたが、1984年からの継続組4名と新規組4名による構成であった。継続組の最大酸素摂取量の絶対値および相対値についてみると、1985年では1984年に比べて有意に増加しており、これらの1985年の新規組との対

比においては、有意差が認められなかった。したがって、1985年のクルーの高い有酸素能は、継続組のトレーニングによる効果と、有能な新規組の加入によってもたらされたと考えられる。

Jacksonら²⁾によれば、艇速は漕手の消費する酸素量と密接な関係にあることを明らかにし、最大酸素摂取能力の大小が競技成績を左右する重要な因子であることを示唆している。今回のTest VIでの最大ローイングにおいて、最大酸素摂取量とドラム回転数との間には有意 ($P < 0.001$) に高い正の相関関係が認められた。とくに、レギュラー選手では非レギュラー選手に比べて機械的な作業成績が優れており、最大酸素摂取量も高い。さらに、3ヶ年の推移からみても、有酸素能が競技力と密接に関わっていることが明らかとなった。このことは、ボート競技の競技時間が約6分であり、そのエネルギーの大半が有酸素的代謝でまかなわれることを示すものであり、ボート競技では酸素摂取能力がいかに重要であるかがわかる。

いずれにしても、1985年の東レエイトのクルーは、全日本を制覇するほどの卓越した競技力を有しており、わが国を代表する一流ボート選手の体力とみることができる。かれらの示した体力値は、体力トレーニングがめざす当面の目標となるであろう。

5. 要 約

全日本の一流クルーである東レ滋賀エイトの体的特徴を明らかにするため、1983年以来実施してきた体力測定の結果をもとに、おもに体力の推移から分析を試みた。結果の概要は以下のとおりである。

1) 形態値では、1984年の4月には軽量級世界選手権出漕をめざし、減量を試みていたため、一時期、低値を示したが、全体としては年々増加の傾向にあり、とくにシーズンオフの陸上トレーニングの終了期には増加量が大きかった。

2) 筋力では、背筋力が1983年8月には172kgから次第に増加し1985年6月には200kgの最高値を示したが、その後184kgに減少した。ローイ

ング・ストレングスは、1983年8月の171kgから漸減する傾向にあり、握力は60kg前後の値であり変化しなかった。

3) 呼吸循環機能では、1984年11月の陸上でのトレーニング開始直後に低値を示したが、1985年3月以降の増加量が大きかった。

4) 年度別のクルー間の比較では、形態値、呼吸循環機能ともに1985年のクルーが高値を示し、次いで1984年のクルーであった。

5) 1985年の東レ漕艇部全員の最大酸素摂取量とローイング・エルゴメーターの作業能力との間には、有意な正の相関関係が認められ、最大酸素摂取量が4.5l/分、ローイング・エルゴメーターのドラム回転数が4,000回転のあたりで、レギュラーメンバーと非レギュラーとに区分された。

文 献

- 1) Hagerman, F.C., M.C.Connors, J.A.Gault, G.R.Hagerman and W.J.Polinski : Energy expenditure during simulated rowing. *J. Appl.Physiol.*, **45**, 87—93, 1978.
- 2) Jackson,R.C. and N.H.Secher : The aerobic demands of rowing in two olympic rowers. *Med. Sic. Sports*, **8**, 168—170, 1976.
- 3) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂 : ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.4, 59—72, 1984.
- 4) 岡本 進, 寄本 明, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宮本 孝, 佐藤尚武, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 宇部 一 : ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究 (2)トレーニングに伴う1年間の体力推移, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.5, 94—102, 1985.
- 5) 佐藤良子, 石河利寛, 山川純 : ボート選手の体力推移について, 昭和37年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1—18, 1962.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(4) 日本の一流女子漕手の体力について

岡本 進 (滋賀県立短期大学)	寄本 明 (滋賀県立短期大学)
佐藤 尚武 (滋賀大学)	宮本 孝 (滋賀大学)
武部 吉秀 (京都大学)	清水 啓司 (伏見工業高校)
古川 宗寿 (東レ滋賀事業場)	堀内 哲 (東レ滋賀事業場)
吉田 瑞穂 (滋賀県立短期大学)	宇部 一 (精華女子短期大学)

1. はじめに

ボート競技では、漕手の発揮するエネルギー出力の大きさが漕能力を決定する重要な因子となる。ローイング・エルゴメーターを用いたローイング・テストは、その運動様式が実際の漕ぎに類似していることから、漕能力を定量的に測定できる方法として、近年広く利用されるようになった。

著者らは、これまでに滋賀県の男子漕手を対象に6分間の最大ローイング・テストを実施し、クルー別の体力特性⁵⁾やトレーニングに伴う体力の推移⁵⁾を明らかにしてきた。また、東レエイトの体力⁷⁾についての分析を試みてきた。これらの研究は、その後のトレーニング処方や選手の選考に際し、有用な示唆を与えてきた。

ところで、女子のボート競技は、男子に比べて普及が遅れており、国際競技会で女子の種目が正式に採用されたのは、オリンピックにおいては1976年のモントリオール大会からであり、アジア大会においては1986年のソウル大会からである。1985年には国際漕艇協会の国際競漕規則の改正に伴い、女子の距離が従来の1,000mから2,000mに延び、今まで以上に女子漕手にとっては高い持久力が要求されるようになった。しかしながら、わが国の一流女子漕手の体格や体力に関する科学的資料は乏しく、わずかに角田ら¹³⁾や山本ら¹⁴⁾にみられる程度である。

1985年、日本漕艇協会による第10回アジア

大会の女子選手選抜のための体力測定が、滋賀県スポーツ科学委員会生理学班のもとで実施された。今回は、これらの測定結果を報告するとともに、一流女子漕手の体力に着目して、その体力的特徴についての検討を試みた。

2. 測定方法の概要

(1) 漕手のプロフィール

測定の対象となった女子漕手は、第二次体力測定に全国から参加した17~21歳(平均19.1±1.2歳)の19名である。これらの漕手は、実業団に所属する15名と大学または高校に在学する4名とからなり、いずれもわが国を代表する一流女子漕手である。また、ほぼ同時期に男子漕手についても測定をおこなっている。男子漕手は、ロサンゼルス・オリンピック出場選手を含む19~26歳(平均22.9±1.5歳)の20名であり、いずれも実業団に所属する一流漕手である。

(2) 測定項目および測定方法

形態および身体組成では、身長、体重、座高、指極、上肢長、胸囲、伸展上腕囲、屈曲上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲および皮下脂肪厚を計測した。筋力では、握力、背筋力、上腕屈筋力、脚伸展力、ローイング・ストレンクスおよび垂直とびを測定した。敏捷性および柔軟性では、反復横とび、全身反応時間、伏臥上体反らしおよび立位体前屈を測定した。自転車エルゴメーターによる有気的お

よび無氣的パワーでは、PWC₁₇₀と最大無酸素パワーを測定した。最大ローイング・テストでは、6分間の最大ローイング中の心拍数、換気量、酸素摂取量及び仕事量を測定した。

これらの項目の大部分は、前報^{6,7,8)}に準じて測定しているため、その方法の詳細については省略する。握力、背筋力、垂直とび、反復横とび、伏臥上体反らしおよび立位体前屈は、スポーツテストの方法に準じた。全身反応時間は光刺激による方法で測定した。上腕屈筋力および脚伸展力は多用筋力測定装置(竹井機器)を用いて測定した。PWC₁₇₀の測定では、モナーク社製自転車エルゴメーターを用い、ペダル回転速度を男子では60rpm、女子では50rpmとし、12分間の運動を4分ごとに3段階に分けて負荷を漸増した。各負荷の終末1分間の心拍数とその仕事量との関係式を最小自乗法により求め、PWC₁₇₀を算出した。最大無酸素パワーの測定では、コンピ社製自転車エルゴメーター(Powermax-V)を用い、10秒間の最大ペダリングを120秒の休息を介して3段階の負荷強度で試行し、ピーク・パワー値を算出した。

最大ローイング・テストでは、Gamut型ローイング・エルゴメーターの改良型を用いた。心拍数、換気量および酸素摂取量は、エアロビックプロセッサ(日本電気三栄, 391)で測定した。仕事量の算出にあたっては、次の式を用いた。

$$W = F \times 2 \pi r \times N$$

W: 仕事量 (kgm)

F: ドラム外周面でのブレーキの大きさ
(女子では1.5kg, 男子では2.0kgとしたが、軸受け等における残留負荷0.07kgを加えた。なお、胴内スプリングに作用した仕事量は無視した。)

2πr: ドラムの外周距離 (m)

ドラムの半径 (r) = 0.184m

N: ドラム回転数 (回)

なお、これらの測定は、1985年11月から1986年3月にかけて滋賀県立スポーツ会館に

で行われた。測定時の室温は、20.4 ± 0.9℃であった。

3. 測定結果

(1) 形態および身体組成

表1には、形態および身体組成について示している。女子の平均値をみると、身長は166.8cm、体重は67.4kg、胸囲は89.8cm、座高は88.9cm、指極は166.4cm、上肢長は71.1cm、前腕囲は24.6cmである。これらの値は男子に比していずれも有意に小さく (P < 0.001)、男子の85-93%に相当している。伸展での上腕囲は28.5cmで、男子の96%に相当しているが、屈曲でのそれは30.0cmで、男子の90%となり、性差は大きくなっている。下肢の周囲項目では、大腿囲が59.3cm、下腿囲が38.7cm

表1. 形態および身体組成

		女子 (N=19)	男子 (N=20)	女/男	p
身	長(cm)	166.8 (4.1)	181.8 (4.0)	0.92	***
	体	重(kg)	67.4 (5.2)	79.7 (5.8)	0.85
胸	囲(cm)	89.8 (4.6)	96.6 (3.7)	0.93	***
座	高(cm)	88.9 (3.0)	95.7 (3.1)	0.93	***
指	極(cm)	166.4 (4.8)	184.8 (4.9)	0.90	***
上肢	長(cm)	71.1 (2.2)	79.2 (2.6)	0.90	***
	伸展上腕囲(cm)	28.5 (1.9)	29.7 (1.7)	0.96	*
屈曲上腕	囲(cm)	30.0 (1.8)	33.4 (2.3)	0.90	***
前腕	囲(cm)	24.6 (0.8)	28.0 (1.3)	0.88	***
大腿	囲(cm)	59.3 (2.9)	58.3 (2.9)	1.02	NS
	下腿	囲(cm)	38.7 (1.5)	38.5 (2.0)	1.01
皮下脂肪厚(mm)					
上腕背部		17.8 (5.6)	6.3 (2.5)	2.85	***
	肩甲骨下縁部	14.8 (5.2)	9.4 (2.7)	1.58	***
体脂肪率(%)		23.4 (6.5)	11.6 (2.3)	2.01	***
除脂肪体重(kg)		51.4 (4.1)	70.3 (4.0)	0.73	***

数値は、平均値(標準偏差)を示している。

* p < 0.05, *** p < 0.001, NS: 有意差なし

であり、これらは男子との間に有意な差がみられない。

皮下脂肪厚は、上腕背部では17.8mm、肩甲骨下縁部では14.8mmであり、これらから推定された体脂肪率は23.4%である。女子の皮下脂肪厚は、男子に比して有意に高い値である ($P < 0.001$)。推定除脂肪体重は51.4kgであり、男子に比して有意に小さく ($P < 0.001$)、男子の73%に相当している。

(2) 筋力

表2には、筋力について示している。女子の平均値をみると、握力は39.7kg、背筋力は120.5kg、上腕屈筋力は21.9kg、脚伸展力は48.9kg、ローイング・ストレンクスは114.2kg、垂直とびは46.3cmである。これらの値は男子に比していずれも有意に小さく ($P < 0.001$)、男子の60~73%に相当している。

(3) 敏捷性および柔軟性

表3には、敏捷性および柔軟性について示している。女子の平均値をみると、反復横とびは40.5回、全身反応時間は0.309秒、伏臥上体反らしは60.1cm、立位体前屈は20.7cmである。これらの値を男子と比較すると、敏捷性では有意に劣るが、柔軟性ではやや優れている。

(4) 有気的および無気的パワー

表4には、有気的および無気的パワーについて示している。女子の平均値をみると、PWC₁₇₀は1,026kpm/min、体重当りのPWC₁₇₀は15.6kpm/kg·minである。最大無酸素パワーは748w、体重当りの最大無酸素パワーは11.1w/kgである。これらの値を男子と比較すると、いずれも有意に小さい ($P < 0.001$)。女子の有気的パワーの男子に対する割合は、絶対値では67%、体重当りの値では80%である。また、無気的パワーの絶対値では70%、体重当りの値では83%である。

(5) 最大ローイング・テストにおける呼吸循環機能と仕事量

図1には、6分間の最大ローイング・テストにおける呼吸循環機能および仕事量の経時

的变化を示している。女子の平均値についてみると、心拍数は1分目に164.1beats/minと急増し、その後も漸増しながら6分目に185.3beats/minの最高値を示している。換気量は1分目に63.4ℓ/minを示し、その後は漸増しながら6分目に最高値(109.5ℓ/min)に達する。酸素摂取量は2分目からほぼ

表2. 筋力

		女子 (N=19)	男子 (N=20)	女/男	P
握力	力(kg)	39.7 (4.7)	62.1 (6.5)	0.64	***
背筋力	力(kg)	120.5 (19.3)	189.2 (22.2)	0.64	***
上腕屈筋力	力(kg)	21.9 (3.9)	33.7 (4.1)	0.65	***
脚伸展力	力(kg)	48.9 (6.7)	73.4 (11.0)	0.67	***
ローイング・ストレンクス	(kg)	114.2 (14.3)	189.5 (18.2)	0.60	***
垂直とび	(cm)	46.3 (7.7)	63.8 (7.0)	0.73	***

数値は、平均値(標準偏差)を示している。

*** $p < 0.001$

表3. 敏捷性および柔軟性

		女子 (N=19)	男子 (N=20)	女/男	P
反復横とび	(回)	40.5 (3.4)	47.3 (3.4)	0.86	***
全身反応時間	(秒)	0.309 (0.035)	0.285 (0.031)	1.09	*
伏臥上体反らし	(cm)	60.1 (5.5)	56.7 (9.2)	1.06	NS
立位体前屈	(cm)	20.7 (4.9)	16.9 (7.2)	1.23	NS

数値は、平均値(標準偏差)を示している。

* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$, NS: 有意差なし

表4. 有気的および無気的パワー

		女子 (N=19)	男子 (N=20)	女/男	P
PWC ₁₇₀	(kpm/min)	1026 (182)	1537 (200)	0.67	***
体重当り	(kpm/kg·min)	15.6 (2.9)	19.4 (2.7)	0.80	***
最大無酸素パワー	(w)	748 (152)	1065 (90)	0.70	***
体重当り	(w/kg)	11.1 (2.0)	13.4 (1.1)	0.83	***

数値は、平均値(標準偏差)を示している。

*** $p < 0.001$

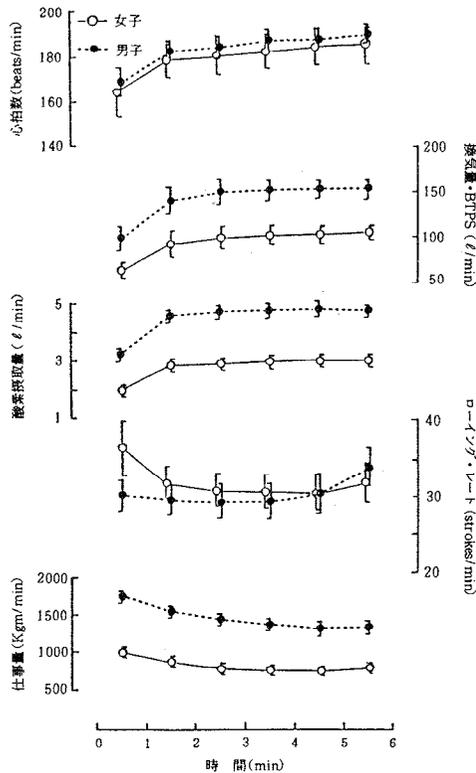


図1. 最大ローイング・テストにおける心拍数, 換気量, 酸素摂取量, ローイング・レートおよび仕事量の経時的変化

定常状態を示し, ピークは6分目 (3.023 l/min) にみられる. ローイング・レートは, 1分目に最高値 (36.4 strokes/min) を示し, 以後5分目まで漸減し, 最終の6分目にやや増加している. 仕事量は, ローイング・レートとよく似た変化を示し, 1分目に996.6 kgm/minの最高値を示しているが, その後は5分目にかけて漸減し, 6分目には778.7 kgm/minとやや上昇している.

これらの変動パターンを男子と比較すると, ローイング・レートにおいて, 女子の1分目の値が最も高いのが特徴的である. また, 酸素摂取量がピークに達する発現時間についてみると, 図2に示すとおりである. 男子では4分目から5分目にピークを示す漕手が多いのに比べ, 女子では最終6分目に圧倒的に多くみられる. これらを除けば, 量的な性差は

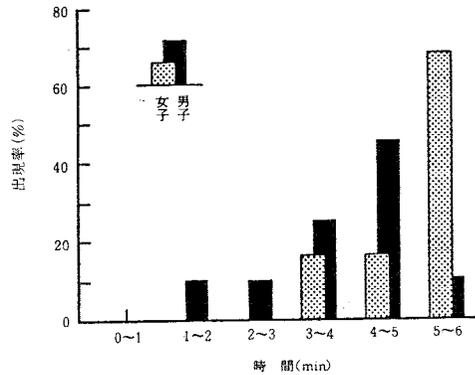


図2. 酸素摂取量の最大値が発現する時間

表5. 最大ローイング・テストにおける呼吸循環機能および仕事量

	女子 (N=19)	男子 (N=20)	女/男	P
最大換気量 (l/min)	109.9 (8.5)	159.4 (11.3)	0.69	***
最高心拍数 (beats/min)	185.1 (8.0)	188.8 (5.3)	0.98	ns
最大酸素摂取量 (l/min)	3.043 (0.220)	4.855 (0.233)	0.63	***
体重当り (ml/kg·min)	45.3 (1.3)	61.2 (1.2)	0.74	***
総酸素摂取量 (l)	16.71 (1.25)	26.86 (1.22)	0.62	***
総ストローク数 (回)	192.1 (13.4)	182.3 (11.8)	1.05	*
総仕事量 (kgm)	4905 (253)	8688 (371)	0.56	***
ストローク当りの 仕事量 (kgm/stroke)	25.6 (2.1)	47.8 (3.5)	0.54	***

数値は, 平均値 (標準偏差) を示している.

* p<0.05, *** p<0.001, ns: 有意差なし

認められるものの, 比較的良好なパターンを示している. 量的差異の顕著な項目は, 換気量, 酸素摂取量および仕事量であり, これらはローイングの6分間にわたっていずれも男子より有意に低くなっている (P<0.001).

表5には, 最大ローイング・テストにおける呼吸循環機能および仕事量について示している. 女子の平均値をみると, 最大換気量は109.9 l/min, 最高心拍数は185.1 beats/min, 最大酸素摂取量は3.043 l/min, 体重当りの最大酸素摂取量は45.3 ml/kg·min, 総酸素摂取量は16.71 lである. また, 総スト

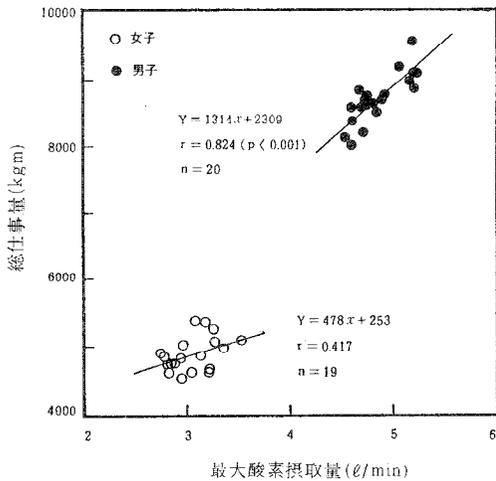


図3. 6分間の最大ローイングにおける総仕事量と最大酸素摂取量との関係

ローク数は192.1 strokes, 総仕事量は4,905 kgm, ストローク当りの仕事量は25.6 kgm/strokeである。これらの値を男子と比較すると, 最高心拍数と総ストローク数を除き, いずれも有意に小さい ($P < 0.001$)。女子の男子に対する割合は, 最大酸素摂取量では63%, 体重当りの最大酸素摂取量では74%, 総酸素摂取量では62%, 最大換気量では69%, 総仕事量では56%, ストローク当りの仕事量では54%である。

図3は, 6分間の最大ローイングにおける総仕事量と最大酸素摂取量(酸素摂取量のピーク値)との関係を示している。両者の相関係数を求めると, 男子では $r = 0.824$, 女子では $r = 0.417$ が得られ, 男子では有意な相関関係が認められる ($P < 0.001$)。

4. 考 察

女子漕手の形態や機能の特徴を明らかにするために, 一流女子競技選手(ロサンゼルス・オリンピック出場選手の値)⁴⁾との対比で検討してみると, 図4および図5に示すとおりである。ここでは, 一般女子(日本人19歳の標準値)¹⁰⁾の値を100とした時の指数で示している。形態値についてみると(図4), ボート選手の指数の大きい項目は量育項目に多く,

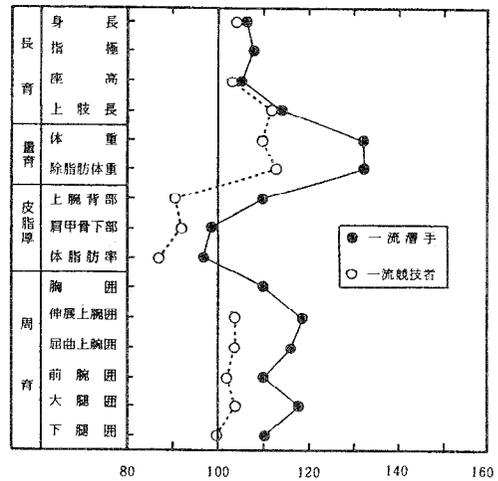


図4. 形態測定値の比較(19歳女子の値¹⁰⁾を100とした時の比較である。)

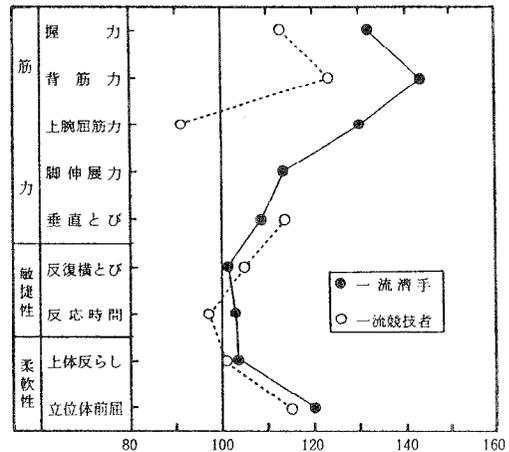


図5. 機能測定値の比較(19歳女子の値¹⁰⁾を100とした時の比較である。)

次いで周育項目, 長育項目の順で, それぞれ132~133, 110~119, 105~114の範囲にあった。これらの項目ではいずれもオリンピック出場女子選手よりも大きく, とくに体重および除脂肪体重では著しく上回っていた。機能値についてみると(図5), 全ての項目でボート選手は一般女子を上回り, とくに筋力では大きく, 114~144の範囲にあった。オリンピック出場女子選手との比較においては, 筋力では大きく上回っているものの, 柔軟性や敏捷性ではあまり差がみられなかった。

これらのことから, 女子ボート選手では量育項目と周育項目で大きい値を示すとともに,

筋力値が優れており、ボート競技の特性を反映する結果とみることができよう。

PWC₁₇₀からみた有酸素パワーについてみると、佐藤ら⁸⁾の報告による一般女子(18~22歳)の絶対値は、597.5kpm/minであり、体重当りの値は11.67kpm/kg.minである。また、黒田ら⁴⁾によるロサンゼルス・オリンピック出場女子選手のそれらは、1,069kpm/min、19.7kpm/kg.minである。これらの成績と比較すると、ボート選手では一般女子に対して絶対値で72%、体重当りの値で34%それぞれ上回っていた。しかし、オリンピック出場女子選手に対しては絶対値で6%、体重当りの値で21%それぞれ下回っていた。ボート選手の体重当りでの下回り率が絶対値に比べてかなり大きかったことは、体重の大きさに起因しているが、これらの成績からは必ずしも最大下の有酸素能に優れているとは評価できないであろう。

最大無酸素パワーについてみると、石井ら²⁾は各競技種目の選手の最大無酸素パワーを測定し、女子の最大無酸素パワーの最も高い種目は、絶対値ではハンドボール(583w)であり、体重当りの値では体操競技(10.6w/kg)であると報告している。本研究のボート選手で得られた絶対値(748w)は、ハンドボール選手より28%も大きい値であった。最大無酸素パワーは、体重と比例関係にある²⁾ことから、体重で17%優る本研究のボート選手を考慮すると、当然の結果かもしれない。また、体重当りの値と比較すると、ボート選手のそれは11.1w/kgであり、体操競技選手を上回っていた。このことから、ボート選手では大きな無酸素パワーを有していることを特徴としてあげることができよう。

ところで、漕手の男女差についてであるが、女子の一流漕手の体力は、多くの項目で男子よりかなり劣る傾向が認められた。性差の顕著な項目をみると、ストローク当りの仕事量(54%)、総仕事量(57%)、ローイング・ストレングス(60%)、総酸素摂取量(62%)、

最大酸素摂取量(63%)、握力(64%)、背筋力(64%)、上腕屈筋力(65%)、脚伸展力(66%)、PWC₁₇₀(67%)、最大換気量(69%)および最大無酸素パワー(70%)の順であった。このように女子の男子に対する割合からみた性差には、機械的出力値、筋力、パワーおよび作業能力に関する項目がとくに劣っており、形態、柔軟性、敏捷性にはあまり性差がみられなかった。

一般に、筋力の性差は60%程度であり、その差は筋の量的な差異によることが知られている。本研究の筋力値は、いずれも絶対値では約65%であり、体重当りの値では約76%、除脂肪体重当りの値では約87%であり、その性差が短縮される傾向がみられる。

最大酸素摂取量の性差について、石河³⁾は、女子の男子に対する割合を、絶対値では60%、体重当りの値では70%、除脂肪体重当りの値では85%であると報告している。本研究のボート選手での割合は、絶対値では63%、体重当りの値では70%、除脂肪体重当りの値では86%となり、ほぼ石河の報告と一致する成績であった。PWC₁₇₀の性差について、佐藤ら⁸⁾は、一般青年の女子の男子に対する割合は、絶対値では66.7%、体重当りの値では77.4%、除脂肪体重当りの値では83.9%であり、体格や体組成を考慮することによって、性差は小さくなると報告している。本研究のボート選手の割合は、絶対値では67%、体重当りの値では80%、除脂肪体重当りの値では91%となり、佐藤ら⁸⁾の成績と同様の傾向を示した。

国内外の一流女子漕手の体格と体力についてであるが、山本ら¹⁰⁾の報告によると、1983年の日本漕艇協会指定女子漕手6名の身長と体重の平均値は、それぞれ164.1cm、62.9kgであり、韓国女子漕手6名のそれらは170.7cm、71.7kgである。本研究の女子漕手の体格は、これら日本の強化選手をわずかに上回っていたが、韓国女子漕手に対しては身長で98%、体重で94%と、やや劣る傾向が認められ

た。一流漕手の最大酸素摂取量については、角田ら¹⁰が全日本女子シングルスカル優勝者の値は3.2ℓ/minであると報告している。山本ら¹¹の報告によれば、1983年の日本漕艇協会指定強化女子漕手6名の平均値は2.87ℓ/minであり、韓国女子漕手6名のそれは3.23ℓ/minである。Hagermanら¹²による外国の一流女子漕手40名の平均値は、4.1ℓ/minである。今回得られた3.04ℓ/minの値は、これまでの日本の一流漕手にはほぼ近いが、外国選手より低い値であった。Hagermanら¹²の報告する外国一流女子漕手の最大酸素摂取量は、3分間の最大ローイングによって得られた値であるが、本研究の値は、これら外国女子漕手の74%にすぎず、かなり有酸素能力で劣っていることが指摘されよう。

山川ら¹³は、競技力の異なる男子漕手の筋力と競技成績との関係について検討している。それによると、一部の項目を除いて両者に有意な相関関係を認めており、ボート競技では筋力の重要性を示唆している。本研究の女子漕手の各筋力値とローイング・エルゴメーターにおける総仕事量との相関係数を算出してみると、握力、上腕屈筋力、背筋力、脚伸展力、ローイング・ストレングスでは、それぞれ0.470, 0.184, 0.417, 0.353, 0.235が得られた。男子についてみると、それらの相関係数は、それぞれ0.268, 0.516, 0.349, 0.466, 0.303となった。女子では握力に、男子では上腕屈筋力と背筋力にいずれも5%水準の有意な相関関係が認められたにすぎなかった。角田ら¹⁰は、男子漕手15名の筋力測定の結果と総仕事量との間には有意な相関関係が得られなかったことを報告している。これらのことは、各筋力値は必ずしもローイングの仕事量を反映していないことが推察される。

女子のボート競技は、レースの距離が延長されたことによって、その競技力は従来より有酸素系のエネルギー出力に依存する割合が増すものと考えられる。Secherら⁹は、男

子2,000mのレースにおける所要タイムと漕手の最大酸素摂取量とは有意な相関関係があることを認めている。著者らは前報⁸において、6分間の最大ローイングで得られた最大酸素摂取量と総ドラム回転数には、0.1%水準で有意な正の相関関係を認めている。今回の成績においても、男子では最大酸素摂取量と総仕事量には、0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた。ところが、女子では、両者に有意な関係を導き出せなかった。両者の関係からみる女子の位置は、男子の回帰直線の延長線より低位に密集していることから、女子では男子に比べてローイングの技術水準が劣ることを示唆している。また、6分間の最大ローイング・テストにおいて、経時的変動パターンには大きな性差が見られなかったが、ピークの酸素摂取量が発現する時間帯が、ローイング終末に現れる漕手の割合が女子に多くみられた。これには、おそらく女子漕手にとっては6分間漕に不慣れのため、ペース配分に不安を抱くなどの心理的要因が関与したことも含まれよう。

いずれにしても、2,000mの距離で行われるボート競技のレースでは、スタートダッシュやラストスパートにみられるように無氣的パワーの要求される場合もあるが、基本的には有酸素パワーの発揮が競技成績を左右する重要な役割を持っている。したがって、ボート競技においては、最大酸素摂取量の高さと、その水準を維持する能力が重要な要素であると考えられる。これらのことから、日本の女子漕手が世界の漕手と肩を並べるような活躍をするには、大きな体格と強い筋力はいうまでもなく、有酸素的能力の水準を向上させる必要があろう。

5. 総 括

日本の一流女子漕手の女子19名(17~21歳)と男子20名(19~26歳)について、形態、身体組成、筋力、敏捷性、柔軟性、有氣的パワー、無氣的パワー、6分間の最大ローイング・テ

ストにおける呼吸循環機能および仕事量を測定し、女子漕手の体力について検討した。結果の概要は、以下のとおりである。

(1) 女子の形態の平均値では、身長166.8 cm、体重67.4 kg、胸囲89.8 cm、座高88.9 cm、指極166.4 cm、上肢長71.1 cm、前腕囲24.6 cmであった。これらは、男子の85~93%に相当していた。

(2) 女子の筋力の平均値では、握力39.7 kg、背筋力120.5 kg、上腕屈筋力21.9 kg、脚伸展力48.9 kg、ローイング・ストレンクス114.2 kg、垂直とび46.3 cmであった。これらは、男子の60~73%に相当していた。

(3) 女子の敏捷性および柔軟性では、反復横とび40.5回、全身反応時間0.309秒、伏臥上体反らし60.1 cm、立位体前屈20.7 cmであった。男子に比して、敏捷性では有意に劣り、柔軟性ではやや優れていた。

(4) 女子のPWC₁₇₀は、絶対値1,026 kpm/min、体重当り15.6 kpm/kg·minであった。男子に比して絶対値では67%、体重当りの値では80%に相当していた。

(5) 女子の最大無酸素パワーは、絶対値で748 w、体重当り11.1 w/kgであった。男子に比して絶対値では70%、体重当りの値では83%に相当していた。

(6) 6分間の最大ローイングで得られた女子の呼吸循環機能では、最大換気量109.9 l/min、最高心拍数185.1 beats/min、最大酸素摂取量3.043 l/min、体重当り45.3 ml/kg·min、総酸素摂取量16.71 lであった。これらは男子に対して、それぞれ69%、98%、63%、74%、62%であった。

(7) 女子の総ストローク数は、192.1 strokes、総仕事量は4,905 kgm、ストローク当りの仕事量は25.6 kgm/strokeであった。男子に対して総仕事量は56%に、ストローク当りの仕事量は54%に相当していた。

(8) これら女子ボート選手の体格および体力は、これまでの日本のオリンピック出場選手および世界の一流女子漕手と比較検討された。

文 献

- 1) Hagerman, F.C., G.R. Hagerman and T.C. Mickleison: Physiological profiles of elite rowers. *Physician and Sportsmedicine*, 7 (7), 74-81, 1979.
- 2) 石井喜八, 跡見順子, 浅野勝己, 小林寛道, 伊藤静夫: 無酸素的パワー・トレーニングと有酸素的パワー・トレーニングの相互作用に関する研究—第1報—, 昭和60年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. VII, 1-33, 1985.
- 3) 石河利寛: 男女の体力差(運動生理学からみた), *からだの科学*, No. 67, 110-114, 1976.
- 4) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 浅野友里, 高沢晴夫, 山田吉弥, 浅見良助, 清水孝雄, 木波節子, 石黒利恵子, 堀宮子, 広瀬芳江, 中嶋寛之, 川原 貴, 渡会公治, 高尾良英, 坂本静男: 第23回ロサンゼルス・オリンピック大会日本代表選手健康診断・体力測定報告, 昭和59年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No. VI, 1-62, 1984.
- 5) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1) クルー別にみた体力特性, 昭和58年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 59-72, 1983.
- 6) 岡本 進, 寄本 明, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宮本 孝, 佐藤尚武, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (2) トレーニングに伴う1年間の体力推移, 昭和59年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 5, 94-102, 1984.
- 7) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内哲, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研

- 究, (3)東レエイトの体力について, 昭和60年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 19-25, 1985.
- 8) 佐藤尚武, 宮本 孝, 玄田公子, 寄本明, 岡本 進: 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第4報 一般青年および長距離選手の PWC における性差, 昭和59年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.5, 103-108, 1984.
- 9) Secher, N.H., O.Vaage and R.C.Jackson: Rowing performance and maximal aerobic power of oarsmen. Scand.J.Sports Sci. 4 (1), 9-11, 1982.
- 10) 東京都立大学身体適性学研究室編: 日本人の体力標準値 第3版, 不昧堂, 1980.
- 11) 角田俊幸, 宮下充正, 浅見俊雄, 形本静夫, 山本恵三, 佐野裕司, 小島武次, 北川薫: 競技種目別体カトレーニング処方に関する研究 (第一報) III ボート, 昭和52年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 31-45, 1977.
- 12) 角田俊幸, 浅見俊雄, 宮下充正, 山本恵三, 鈴木正保, 金久博昭, 根本 勇, 桜井伸二: 競技種目別体カトレーニング処方に関する研究 (第三報) No.6 漕艇, 昭和54年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 107-111, 1979.
- 13) 山川 純, 石河利寛, 伊藤幸子: ボート選手の体力測定とその評価について, 昭和37年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1-11, 1962.
- 14) 山本恵三, 松尾彰文, 小野 晃, 福永哲夫: 漕艇選手の体力と技術特性 (トレーニングすべきポイント), 昭和58年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. II, 218-225, 1983.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(5) 日本とアメリカの一流女子漕手における体力比較

佐藤 尚武 (滋賀大学)	寄本 明 (滋賀県立短期大学)
山崎 元 (慶応大学)	古川 宗寿 (東レ滋賀事業場)
岡本 進 (滋賀県立短期大学)	玄田 公子 (滋賀県立短期大学)
吉田 瑞穂 (滋賀県立短期大学)	宮本 孝 (滋賀大学)
清水 啓司 (伏見工業高校)	武部 吉秀 (京都大学)

1. はじめに

国際競技会において女子のボート種目が正式に採用されたのは、オリンピックでは1976年のモントリオール大会からであり、アジア大会では1986年のソウル大会からである。国際的には女子ボート競技の歴史は浅いが、1985年には国際競漕規則が改正され、女子の距離は1,000mから2,000mに延長された。このルール改正によって、女子漕手にはこれまで以上に持久的能力が要求されることになった。

ところで、第10回のアジア大会(1986年)の女子派遣について、日本漕艇協会はナショナルクルーの編成を決定し、全国的な規模で女子漕手の体力値を把握しながらの選手選考を試みた。しかしながら、アジア大会の成績でみられるように、日本女子の漕力は中国、韓国に次いで位置し、国際的には決して高い競技力をもっているとはいえない。この背景には、競技人口あるいは選手養成システムなどで諸外国と異なる状況もあるが、わが国の女子漕手に関する科学的データは乏しく、競技力にかかわる体力科学的アプローチの遅れを見逃すことができない。

女子の競漕距離が男子と同様に2,000mとなり、女子漕手の競技力向上に新たな検討が求められる現状では、基本的には体力水準の検討が加えられる必要がある。今回は、国際的に高い競技水準をはこるアメリカと日本の漕手を比較することによって、日本の一流女子漕手におけるローイングパフォーマンス

にかかわる体力特性についての検討を試みた。

2. 測定方法の概要

日本の女子漕手は、18~21歳の大学および実業団所属の一流選手の22名である。これらの選手は、第10回アジア大会の第2次および第3次選考会において、形態および体組成の計測とともに、ローイングテストが負荷された。

このテストでは、Gamut型エルゴメーターの電磁ブレーキ式改良型が用いられ、1.5kgの負荷での6分間の最大ローイングが要求され、毎分の心拍数、換気量、酸素摂取量およびドラム回転数が測定された。心拍数、換気量および酸素摂取量はエアロビックプロセッサ(日本電気三栄, 391)で測定され、機械的出力値はドラムのブレーキ負荷量、ドラムの外周距離およびドラム回転数から求められた⁸⁾。なお、測定は1986年の3月から5月にかけて、滋賀県立スポーツ会館で実施された。測定時の室温は $20.4 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ であった。

アメリカの漕手は、1986年の世界選手権の最終選考会に参加した41名である。ローイングテストは、1986年の6月に、Hagerman, F.C.らによって、IthacaおよびPhiladelphiaで実施された。アメリカ漕手では、2.5kgの負荷での直線型エルゴメーターによる7分間の最大ローイングであった。生理的および機械的測定値は、山崎がアメリカのナショナルクルーの選抜方式の視察にあたって提供を受けた¹¹⁾

3. 成 績

日本の一流の女子漕手における形態、体組成および最大ローイングテストの成績が、表1にあげられている。これら22名の漕手の中には、アジア大会の第2次および第3次の両選考会で測定を受けた選手が含まれているが、ここでは、最大ローイングの機械的出力値の

大きい時期のデーターを選んでいる。No.1～11の漕手では1986年3月の測定値であり、No.12～22の漕手では1986年5月の測定値である。

表2には、形態、体組成および最大ローイングテストの成績について、日本とアメリカの漕手を平均値と比較している。日本漕手の身長(167.4cm)および体重(67.7kg)はい

表1. 日本の一流女子漕手における形態、体組成および最大ローイングテスト成績

No.	選手名(年齢)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	最高心拍数 (bpm)	最大換気量 (l/min)	最大酸素摂取量 (l/min)	平均酸素摂取量 (l/min)	平均 パワー (watt)
1	喜内 睦子(18)	173.2	74.4	22.4	57.7	185	121.1	3.513	3.251	138.7
2	志村 敦子(18)	166.5	77.1	38.7	47.3	175	108.7	3.265	2.923	138.3
3	田中あゆ子(20)	163.8	58.0	16.8	48.3	187	104.4	2.955	2.657	137.3
4	渡辺 清美(18)	163.0	64.8	24.1	49.2	101	120.8	3.340	3.113	135.9
5	久田 弘子(20)	161.0	61.6	18.7	50.1	185	105.9	2.735	2.465	133.8
6	森野 幸代(21)	163.4	69.2	25.9	51.3	182	108.3	2.772	2.539	132.3
7	斉藤 洋子(21)	175.4	67.5	19.7	54.2	182	108.6	2.833	2.665	129.9
8	松見しのぶ(19)	163.5	66.0	21.4	51.9	184	99.8	2.861	2.620	129.9
9	高橋 優子(19)	167.2	63.3	24.7	47.6	190	103.9	2.799	2.610	129.8
10	竹内久美子(19)	164.4	64.3	27.6	46.6	187	100.8	3.042	2.670	126.1
11	中村 高子(19)	168.0	68.4	27.8	49.4	174	95.9	2.933	2.695	124.0
12	奥 真由美(18)	169.4	75.2	26.5	55.3	178	138.9	3.622	3.277	169.9
13	桜井美恵子(20)	171.6	70.8	16.8	58.9	183	114.3	3.276	3.051	169.4
14	榎木小夜子(20)	167.4	67.2	19.2	54.3	184	102.9	3.114	2.820	157.2
15	数川ひとみ(18)	165.2	66.5	21.7	52.0	179	117.2	3.197	2.974	156.7
16	八島 有里(20)	165.9	65.0	20.6	51.6	182	121.1	2.993	2.787	156.7
17	藤森 悦子(21)	167.1	62.7	14.3	53.7	181	119.6	3.066	2.791	154.8
18	皆川美津子(18)	172.6	66.7	18.8	54.2	185	130.2	3.138	2.862	152.1
19	谷口加奈子(19)	165.1	65.0	17.0	53.9	182	119.9	3.330	3.054	151.0
20	川森 良子(21)	167.1	62.3	19.5	50.2	187	132.7	3.141	2.925	150.1
21	藤山 美紀(19)	170.3	78.7	25.6	58.6	188	111.9	3.212	2.904	145.7
22	宮川 洋子(19)	171.7	75.3	22.8	58.1	173	132.6	3.336	2.988	144.0

表2. 日本とアメリカの一流女子漕手における形態、体組成および最大ローイングテスト成績

	日本漕手 (n=22)		米国漕手 (n=41)
身長 (cm)	167.4±3.8	***	178.7±5.1
体重 (kg)	67.7±5.5	**	74.2±5.7
体脂肪率 (%)	22.3±5.3	**	18.5±4.9
除脂肪体重 (kg)	52.5±3.8	***	60.3±3.9
最高心拍数 (beats/min)	183.4±6.0	n s	190.5±7.9
最大換気最 (l/min, BTPS)	114.5±11.9	**	148.2±13.2
最大酸素摂取量 (l/min)	3.112±0.240	***	4.047±0.293
平均酸素摂取量 (l/min)	2.847±0.222	***	3.954±0.267
平均パワー (watt)	143.8±13.5	***	241.6±13.8

数値は、平均値±標準偏差である。* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

ずれもアメリカ漕手より有意に劣っており、身長で11cm、体重で6.5kgの差がみられる。体脂肪率では、アメリカ漕手に対して日本漕手の22.3%は有意に大きく、ほぼ4%の差がみられる。日本漕手の除脂肪体重の52.5kgは、アメリカ漕手より有意に小さく、日本漕手ではアメリカ漕手の87%に相当している。

最大ローイングで得られた最高心拍数は、日本漕手よりアメリカ漕手で高いが、両群には有意な差はみられない。最大換気量、最大酸素摂取量および平均酸素摂取量は、いずれもアメリカ漕手に比べて日本漕手で有意に小さく、最大換気量では33.7ℓ/min、最大酸素摂取量では0.9ℓ/min、平均酸素摂取量では1.1ℓ/minの差がみられる。表には示していないが、平均酸素摂取量の最大酸素摂取量に対する割合は、日本漕手では $91.5 \pm 1.6\%$ であるのに対し、アメリカ漕手では $97.6 \pm 1.0\%$ であり、両群には0.1%水準で有意な差がみられる。平均パワーでは、アメリカ漕手に対して日本漕手の143.8wは有意に小さく、日本漕手ではアメリカ漕手の59.5%にしかすぎない。

最大酸素摂取量を体重当りでみると、日本およびアメリカ漕手の平均値と標準偏差は、それぞれ 46.1 ± 3.4 および $54.8 \pm 4.5 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ であり、除脂肪体重当りのそれらは、それぞれ 59.5 ± 4.6 および $67.2 \pm 4.5 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ であって、日本漕手ではいずれも有意に劣っている。また、平均酸素摂取量をみると、日本およびアメリカ漕手の平均値と標準偏差は、体重当りでそれぞれ 42.2 ± 3.2 および $53.7 \pm 4.9 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ であり、除脂肪体重当りでそれぞれ 54.3 ± 4.0 および $65.6 \pm 4.1 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ であって、日本漕手ではいずれも有意に劣っている。

図1には、最大酸素摂取量および平均酸素摂取量におけるアメリカ漕手に対する日本漕手の割合を示している。最大酸素摂取量の絶対値での割合は76.9%であるが、体重当り(84.1%)あるいは除脂肪体重当り(88.5%)

ではその割合が高くなっている。また、平均酸素摂取量の絶対値では72.0%であるが、体重当り(78.6%)あるいは除脂肪体重当り(82.8%)ではその割合が高くなっている。これらの酸素摂取能力は筋の量的な背景を考慮すると、日本とアメリカの漕手との差が接近するものの、最大値では10%余りの差が、平均値では20%近くの差が残されている。

平均パワーと平均酸素摂取量との関係が、図2に示されている。これらには、日本漕手では1%水準で、アメリカ漕手では0.1%水

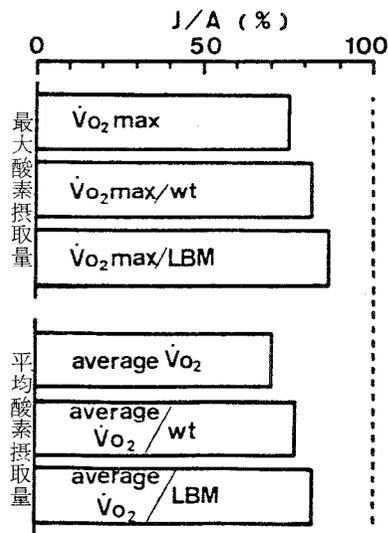


図1. 最大酸素摂取量および平均酸素摂取量におけるアメリカ漕手(A)に対する日本漕手(J)の割合 (Wt: 体重, LBM: 除脂肪体重)

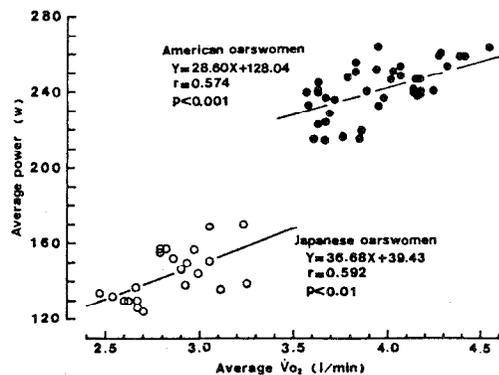


図2. 平均パワーと平均酸素摂取量との関係

準で、いずれも有意な正の相関関係がみられる。しかし、これらの関係には日本とアメリカ漕手では明らかなレベルの差が生じている。アメリカ漕手ではローイング中の高い酸素摂取水準が大きな機械的出力に反映されていることが認められる。

今回の日本漕手は18歳から21歳の年齢範囲に含まれるのに対し、アメリカ漕手の年齢は18歳から30歳にわたっている。アメリカ漕手の18～21歳では7例であって、最も少ない年齢層である。最も多い漕手の年齢層は22～25歳であって、21例がみられる。次いで、26～30歳の13例である。年齢を配慮した比較を試み

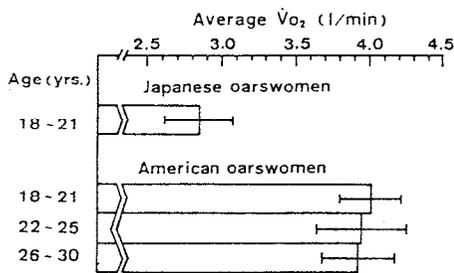


図3. 日本とアメリカ漕手における平均酸素摂取量の比較

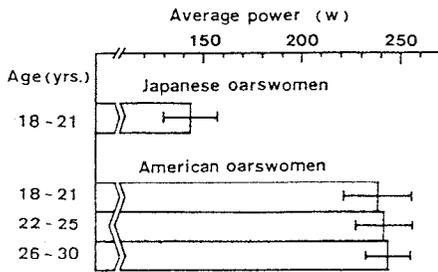


図4. 日本とアメリカ漕手における平均パワーの比較

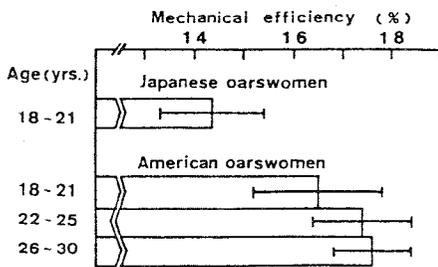


図5. 日本とアメリカ漕手における機械的効率の比較

るために、4歳ごとの年齢区分による最大ローイングにおける平均酸素摂取量、平均パワーおよび機械的効率を、それぞれ図3、図4および図5に示している。

平均酸素摂取量（図3）および平均パワー（図4）における日本とアメリカ漕手との同年齢層での比較では、いずれも日本漕手で有意に劣っている。アメリカ漕手の各年齢層における平均酸素摂取量の平均値は3.93～4.01 l/minの範囲にあり、平均パワーの平均値は238.4～242.9wの範囲にある。これらには年齢による差はあまりみられないものの、平均酸素摂取量では若い年齢の漕手ほど大きく、平均パワーでは高い年齢の漕手ほど大きい傾向がみられる。

機械的効率（図5）は、日本漕手の14.4±1.1%に対して、同年齢のアメリカ漕手では16.5±1.3%であって、両群には有意な差がみられる。しかし、アメリカ漕手ではこの若い年齢層の平均値が最も小さく、22～25歳では17.4±1.0%、26～30歳では17.6±0.8%となり、年齢が高くなるほど大きくなっている。これらの平均値には18～22歳と26～30歳との間に有意な差（ $p < 0.05$ ）がみられ、高い年齢の漕手ではすぐれた効率を示すことが認められる。

4. 考 察

著者らは、これまでにジュニアからシニアにわたる男子漕手の測定から、陸上におけるローイング動作をシュミレートさせたローイングエルゴメーターによる漕能力の評価の有効性を検討してきた^{5,6,7)}。男子の6分間の漕運動では70%近くが有酸素的エネルギーによっており⁹⁾、有酸素能力の高低が競技力を左右する要因となっている。ところで、女子漕手における3分間のローイングテストからは、その漕力に要するエネルギーの有酸素系に依存する割合が60～65%であり、無酸素系では35～40%であることが知られている³⁾。しかし、競漕距離が2,000mになると、アジ

ア大会の成績が示すように、舵手つきフォアで7'57"66、舵手なしペアで8'29"53であり、日本のトップ漕手では8分から8分30秒を要している。このことは、女子の漕運動では男子以上に有気的なエネルギー供給の占める割合が高くなり、有酸素能力の高低が競技水準を決定する大きな要因になる可能性を示唆している。

有酸素能力の指標として、ボート選手ではローイングエルゴメーターによる最大酸素摂取量が注日されてきた。Hagermanら²⁾による一流女子漕手では、4.1 l/minの最大酸素摂取量が報告されている。その後、Hagerman³⁾は2,000名におよぶ男女漕手のデータから、国際的に成功している女子漕手では、少なくとも最大酸素摂取量は4 l/minに達する必要があることを指摘している。この点からすると、今回のアメリカ漕手の平均値はほぼ4 l/minであって、4.4 l/minを超える漕手は6名みられ、かなりすぐれた資質をもつ漕手であることが伺える。日本漕手の最大酸素摂取量はアメリカ漕手よりほぼ1 l/min低く、アメリカ漕手の77%にしかすぎないことから、日本漕手の有酸素能力の低さが認められる。近年における日本の一流女子漕手の最大酸素摂取量をみると、1983年の日本漕艇協会強化指定選手(6名、5分間のローイングタンク漕)での2.87 l/min¹⁰⁾、1984年の国体優勝選手(4名、3分間のローイングエルゴメーター漕)での2.9 l/min⁴⁾、1986年のアジア大会出場選手(7名、6分間のローイングタンク漕)での3.09 l/min¹⁾がある。これらに比べて今回の3.11 l/minはいずれも高く、近年では最も大きい値が得られたことになる。

身長と体重で有意に劣る日本漕手では、最大酸素摂取量の絶対値に大きな差がみられることは充分予測できることであるが、絶対値での77%の割合は形態を考慮することによって接近するものの、除脂肪体重当りではほぼ10%の差がみられた。また、平均酸素摂取量を

みても、除脂肪体重当りで20%近くの差がみられた。これらのことから、日本漕手における有酸素能力には改善の余地が残されているように推察される。

ところで、ローイングパフォーマンスにかかわる日本とアメリカ漕手の相違は、ローイング中の酸素摂取水準にみられた。平均パワーと平均酸素摂取量との間には有意な相関関係が認められ(図2)、酸素摂取水準の高低がローイングパワーの大きさを反映しているが、この関係には日本とアメリカの漕手とではかなりの相違がみられた。アメリカ漕手の高い平均酸素摂取量は最大酸素摂取量の97.6%に相当していたのに対し、日本漕手では91.5%であった。したがって、酸素摂取容量の大きさばかりでなく、高い酸素摂取水準の維持の差がローイングパフォーマンスに反映されているようである。日本の一流漕手の男女比較では、女子の最大ローイングでの酸素摂取量のピーク値の出現が男子よりかなり遅れ、女子の70%近くが最終の6分目でみられている⁸⁾。このことから、日本の女子漕手では初期スパートの不充分さによって有気的代謝の亢進が速やかでないように考えられる。

また、機械的効率においても日本漕手ではアメリカ漕手より劣っていた。今回の効率は、測定機器の相違から単純に比較できないところがあるが、経験的にはGamut型よりアメリカ漕手の用いた直線引きのエルゴメーターで作業成績が上回ることが知られている。しかし、仮にそれらを考慮したとしても、両群にはあまりにも大きな差があり、これはスキルの差として評価すべきであろう。効率に関しては、アメリカ漕手の年齢による相違が注日される。すなわち、高い年齢層の漕手ほどすぐれた効率を示していた。若い漕手より高い年齢の漕手では平均酸素摂取量が低いにもかかわらず、ローイングの効率のよさによって高い平均パワーを生みだしていた。男子の一流漕手であるが、8年間にわたる最大ローイングテストの観察から、ローイングパワー

の増大には、有酸素能力にみられるわずかな向上によるよりも機械的効率の改善による貢献が大きいことが報告されている⁶⁾。したがって、熟練漕手のローイングではその動作をサポートする骨格筋の用い方や酸素の輸送システムなどに効果的な変化が生じ、すぐれた漕能力を発揮するように推察される。

今回の比較からは、日本漕手では形態ばかりでなく、体組成でも劣り、筋の量的な不足がみられた。最大ローイングにおいては、酸素摂取能力の最大値あるいは維持水準に明らかに低さがあり、漕運動のスキル面の悪さも伴って、ローイングパフォーマンスに大きな差をもたらしていた。これらのことから、日本の漕力は基本的には有酸素能力の改善なしには諸外国の漕力に接近することが困難であるように推察される。今後のトレーニングでは、少なくとも漕運動を高い酸素摂取水準で維持させることに主眼をおくとともに、効率のよいローイング技術を獲得させることが重要であろう。

5. 要 約

日本の一流女子漕手におけるローイングパフォーマンスの特性を検討するために、1986年のアジア大会の選考会に参加した22名(18~21歳)の最大ローイングテスト成績が、アメリカの一流女子漕手、1986年の世界選手権の最終選考会参加者41名(18~30歳)の成績と比較された。得られた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 日本漕手の身長(167.4cm)、体重(67.7kg)は、アメリカ漕手に比べて有意に小さく、身長で11cm、体重で6.5kgの差があった。アメリカ漕手に対して、日本漕手の体脂肪率(22.3%)は4%大きく、除脂肪体重(52.5kg)は87%に相当していた。

(2) 最大ローイングにおける最高心拍数には有意な差がみられなかったが、日本漕手の最大換気量(114.5ℓ/min)、最大酸素摂取量(3.112ℓ/min)、平均酸素摂取量(2.847ℓ/

min)および平均パワー(143.8w)は、いずれもアメリカ漕手より有意に劣っていた。平均酸素摂取量の最大酸素摂取量に対する割合は、日本漕手(91.5%)ではアメリカ漕手(97.6%)より有意に低かった。

(3) 平均パワーと平均酸素摂取量との間には、日本漕手、アメリカ漕手とも有意な正の相関関係がみられた。ローイングパワーの大きさには、酸素摂取水準の高低が明らかに関与していることが認められた。

(4) 機械的効率は、日本漕手(14.4%)よりアメリカ漕手(17.3%)で有意に大きかった。アメリカの高い年齢の漕手では、若い漕手より平均酸素摂取量が低いにもかかわらず、平均パワーが大きい傾向にあり、すぐれた機械的効率を示すことが認められた。

文 献

- 1) 福永哲夫, 山本恵三, 松尾彰文: 1986年アジア大会出場選手の最大パワー(オールのパワー等)及び、最大酸素摂取量, 昭和61年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—第10報—, No.17 漕艇, 298-299, 1986.
- 2) Hagerman, F.C., G.R.Hagerman and T.C.Mickelson: Physiological profiles of elite rowers. Physician and Sportsmedicine, 7, 74-81, 1979.
- 3) Hagerman, F.C.: Applied physiology of rowing. Sports Medicine, 1, 303-326, 1984.
- 4) 毛利良嗣, 山本博男: ジュニア女性漕手のローイングエルゴメーターにおける作業特性, 北陸体育学会紀要, No.23, 55-59, 1986.
- 5) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ポート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委

- 員会紀要, No.4, 59-72, 1984.
- 6) 岡本 進, 寄本 明, 玄田公子, 吉田瑞穂, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (2)トレーニングに伴う1年間の体力推移, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.5, 94-102, 1985.
- 7) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内哲, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (3)東レエイトの体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 19-25, 1986.
- 8) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内哲, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (4)日本の一流女子漕手の体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.7, 14-22, 1987.
- 9) 角田俊幸: 6分間ローイングのエネルギー需給関係, 昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.Ⅱ 競技種目別競技力向上に関する研究—第3報—, No.6 漕艇, 107-111, 1979.
- 10) 山本恵三, 松尾彰文, 小野 晃, 福永哲夫: 漕艇選手の体力と技術特性, 昭和58年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.Ⅱ 競技種目別競技力向上に関する研究—第7報—, No.14 漕艇, 212-225, 1983.
- 11) 山崎 元: 米国におけるナショナルクルー編成の選手選抜, 月刊漕艇, No.248, 15-18, 1986.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(6) 最大無酸素性パワーの競技水準別検討

佐藤 尚武 (滋 賀 大 学) 北村 裕一 (滋賀大学研究生)
八木佐知男 (彦根工業高校) 辻 延浩 (兵庫教育大学院生)
古川 栄寿 (東レ滋賀事業場) 堀内 哲 (東レ滋賀事業場)
岡本 進 (滋賀県立短期大学) 武部 吉秀 (京 都 大 学)

1. 緒 言

数秒間で疲労困ぱいに達する全身運動は、酸素の供給のないエネルギー発生機構によるため、無酸素的運動と呼ばれている。近年、その運動中に発揮される機械的パワーが測定されるようになり、その最大値が最大無酸素性パワー (Maximum Anaerobic Power : MAnP) として注目されている。石井ら⁵⁾は競技種目別の最大無酸素性パワーを調べ、体重当りのパワー値が競技時間の長短に関係なく、いずれの種目の選手でも高いことから、無酸素パワーがいずれの競技にも不可欠であることを指摘している。また、中村¹¹⁾の一流スポーツ選手の最大無酸素性パワーの種目別の比較からは、持久的競技であっても、一流競技者では無酸素性能力の寄与を見逃すことができないことを明らかにしている。

ところで、ボート競技における2,000mの漕運動では、有酸素性エネルギー供給機構に70~75%を依存していることが知られている³⁾。したがって、ボート競技では有酸素性能力が主要であって、これまでの研究^{13,14,15,16)}でも明らかかなように、酸素摂取水準がローイングの機械的出力と密接に関係している。しかしながら、ボート競技ではスタート時はもとより、ラストスパート時においても強いローイングが要求され、漕力にはパワーの大きさが反映されることが考えられる。

本研究では、ボート選手の最大無酸素性パワーを明らかにすることが目的であるが、最大無酸素性パワーをボート競技の競技水準別

に比較するとともに、最大無酸素性パワーと形態および体組成との関係あるいは漕力との関係についての検討を試みた。

2. 測定方法

(1) 被験者

被験者は、実業団および大学の男子ボート選手 (18~26才) の77名である。これらの選手を競技水準別にみた内訳は、実業団一流選手の9名 (東レエイトの選手)、大学シニア選手の27名 (関西の4大学における対校エイトの選手) および大学ジュニア選手の41名 (関西の5大学におけるジュニアエイトおよびエイト以外の種目の選手) である。

なお、今回のボート選手にはエイトのメンバーが68名含まれているが、クルーとしての1987年の競技成績をみると、東レ滋賀が全日本選手権の3位である。大学のシニアでは、同志社大学、滋賀大学および関西大学のクルーが関西漕艇選手権大会で上位に入賞している。

(2) 測定方法

身長、体重の計測後、除脂肪体重および脚筋骨量が測定された。上腕背部および肩甲骨下縁部の皮下脂肪厚を計測し、Nagamineら¹²⁾およびBrožekら¹⁾の式を用いて体脂肪率を求め、これをもとに除脂肪体重が算出された。脚筋骨量は、JonesとPearsonの方法⁶⁾が採用され、大腿部および下腿部の選ばれた計測点における周径囲、長さおよび皮脂厚の計測値から求められた。皮脂厚は、超音波皮脂厚測定器 (積水化学, T-5001) で測定された。

表1. 競技水準別の形態, 体組成および最大無酸素性パワー

	身 長 (cm)	体 重 (kg)	体 脂 肪 率 (%)	除脂肪体重 (kg)	脚 筋 骨 量 (ℓ)	最大無酸素性パワー (watt)
一 流 選 手 (n=9)	182.8 ± 4.5	79.7 ± 4.2	12.5 ± 4.0	69.7 ± 2.0	10.45 ±0.94	1,052 ±70
シニア選手 (n=27)	177.8 ± 4.5	73.8 ± 5.3	12.1 ± 2.1	64.9 ± 4.6	9.52 ±0.89	997 ± 102
ジュニア選手 (n=41)	173.7 ± 3.5	69.1 ± 4.6	12.2 ± 2.1	60.7 ± 3.8	8.81 ±0.70	891 ±91

数値は、平均値±標準偏差である。

最大無酸素性パワーの測定には、パワーマックス-V (コンビ) が用いられ、10秒間の全力ペダリングが120秒の休息をはさんでそれぞれ強さの異なる負荷強度で3回実施された。サドルの高さおよびハンドルの位置は被験者ごとに調節された。

なお、測定は1987年6月から12月にかけて、滋賀県立スポーツ会館で実施された。

3. 実験成績

表1には、競技水準別にみた形態, 体組成および最大無酸素性パワーをあげている。平均値では、一流選手の身長 (182.8cm), 体重 (79.7kg), 除脂肪体重 (69.7kg) および脚筋骨量 (10.45ℓ) が最も大きく、次いでこれらの項目はシニア, ジュニア選手の順になっている。これらの平均値には一流選手とシニア選手との間に1%水準で、一流選手およびシニア選手とジュニア選手との間に0.1%水準で、いずれも有意な差がみられた。体脂肪率は一流選手でシニアおよびジュニア選手よりやや大きい。これらの平均値の間には有意な差がみられなかった。

最大無酸素性パワーは718~1,159wの範囲にあって、その平均値と標準偏差は947±111wであった。競技水準別にみると、一流選手の1,052wが最も大きく、次いでシニア選手の997w, ジュニア選手の891wの順である。一流選手とシニア選手との間には有意な差がみられなかったが、これらの選手とジュニア

表2. 競技水準別の体格, 体組成からみた最大無酸素性パワー

	体 重 当 り (w/kg)	除脂肪体重当り (w/kg)	脚筋骨量当り (w/ℓ)
一 流 選 手 (n=9)	13.2 ± 1.1	15.1 ± 0.9	101.4 ±10.6
シニア選手 (n=27)	13.5 ± 1.0	15.4 ± 1.2	105.1 ±10.8
ジュニア選手 (n=41)	12.9 ± 1.1	14.7 ± 1.2	101.3 ± 9.2

数値は、平均値±標準偏差である。

選手との間にはいずれも0.1%水準で有意な差がみられた。

表2には、体重, 除脂肪体重および脚筋骨量当りの最大無酸素性パワーを競技水準別に示している。体重当りで最も大きい平均値はシニア選手 (13.5w/kg) にみられ、除脂肪体重当りでもシニア選手 (15.4w/kg) にみられる。これらのパワーは、次いで一流選手, ジュニア選手の順であり、シニア選手とジュニア選手の間には5%水準で有意な差がみられた。脚筋骨量当りではシニア選手の105.1w/ℓが最も大きく、一流選手とジュニア選手とはほぼ同じ値となっている。

最大無酸素性パワーと体重 (Weight), 除脂肪体重 (LBM) および脚筋骨量 (MBV) との関係が、それぞれ図1, 図2および図3に示されている。最大無酸素性パワーとの関係から得られる相関係数は、体重との間では $r=0.696$, 除脂肪体重との間では $r=0.714$,

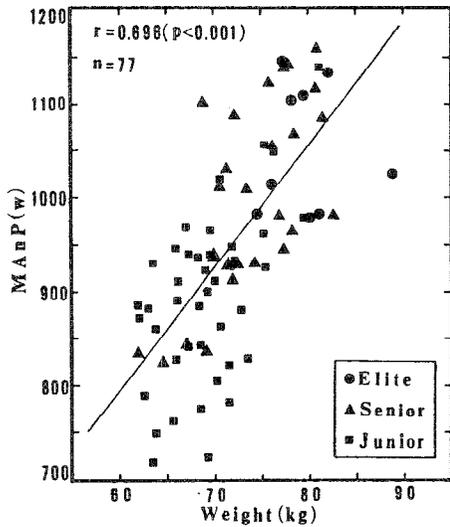


図1. 最大無酸素性パワーと体重との関係

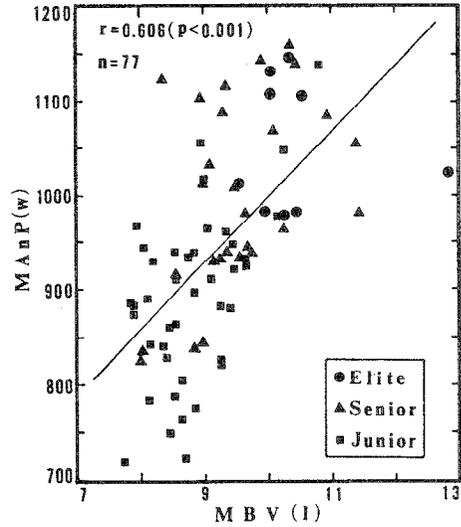


図3. 最大無酸素性パワーと脚筋骨量との関係

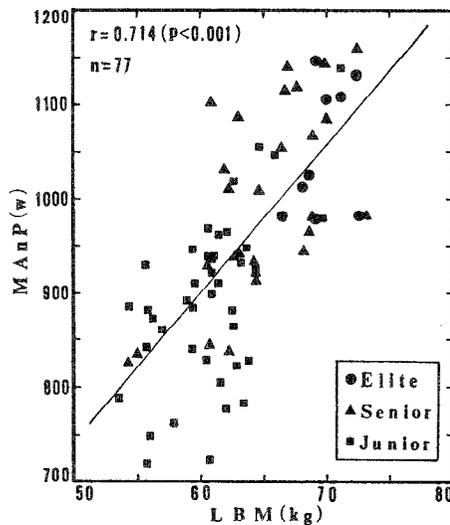


図2. 最大無酸素性パワーと除脂肪体重との関係

脚筋骨量との間では $r = 0.606$ であり、これらにはいずれも 0.1% 水準で有意な相関関係が認められる。

これらの関係を競技水準別に調べてみると、得られた相関係数は表3のとおりである。これらの相関係数は一流選手でいずれも小さく、体重および脚筋骨量では負の関係を示している。シニア選手では体重および除脂肪体重での相関係数より脚筋骨量での相関係数が小さ

表3. 最大無酸素性パワーと体重、除脂肪体重および脚筋骨量との関係(相関係数)

	体 重	除脂肪体重	脚 筋 骨 量
一 流 選 手	-0.020	0.363	-0.086
	※※※	※※※	※
シニア選手	0.667	0.616	0.453
	※※※	※※※	※※※
ジュニア選手	0.549	0.565	0.541

※ $P < 0.05$, ※※※ $P < 0.001$

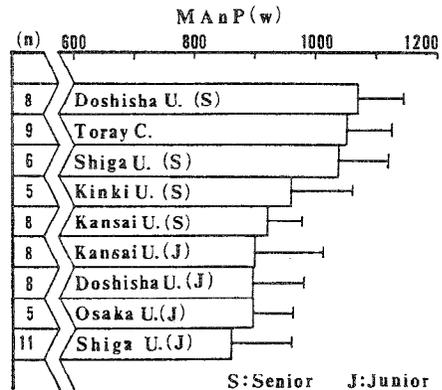


図4. エイトのクルー別にみた最大無酸素性パワー

くなっているが、いずれも有意な関係にある。ジュニア選手ではいずれもほぼ同じ相関係数が得られ、有意な関係にある。

最大無酸素性パワーをエイトのクルー別にみると、図4のとおりである。最も大きい平均値は同志社大学のシニアクルーでみられ、

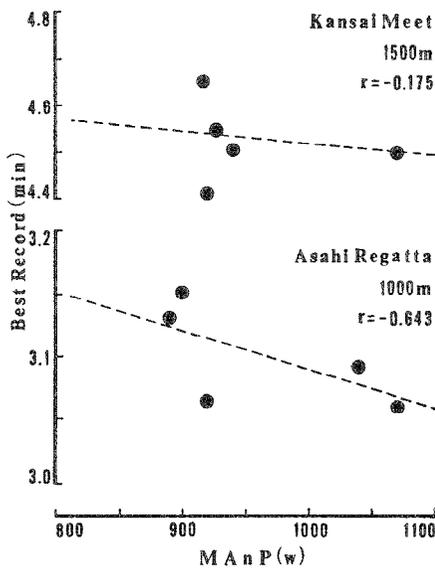


図5. エイトにおけるベスト記録と最大無酸素性パワーとの関係

次いで東レ滋賀、滋賀大学のシニアクルーの順であり、これら3クルーでは1,000wをこえている。910~960wの範囲には近畿大学および関西大学のシニアクルーがみられ、910w以下では大学のジュニアクルーで占められている。なお、同志社大学のシニアクルーでは1,000wに満たない6クルーに対して、東レ滋賀および滋賀大学のシニアクルーでは950wに満たない5クルーに対して、それぞれ有意に高いパワー値であった。

実際の競技成績に最大無酸素性パワーを対応させるために、朝日レガッタ(1987年5月)および関西漕艇選手権大会(1987年7月)のエイトに出場した選手の最大無酸素性パワーの平均値を求め、それらのレースにおけるベスト記録との関係を見ると、図5のとおりである。ここでのパワー値は実際に乗艇した選手から求めているので、図4で示したクルーの平均値とは必ずしも一致していない。朝日レガッタ(1,000m)では両者に有意でないが、負の関係($r = -0.643$)がみられ、ベスト記録の上位にあるクルーほど最大無酸素性パワーが大きい傾向がみられる。関西漕艇

選手権大会(1,500m)では負の関係($r = -0.175$)にあるものの、両者の関連性はあまりみられない。

4. 考 察

筋収縮のエネルギーは、アデノシン三リン酸(ATP)の分解によって得られる。筋肉中で減少したATPは、クレアチンリン酸の分解によって再合成される。この無気的なエネルギー発生過程では筋肉中に保有された磷原質(ATP-PC系)に依存し、その筋収縮の持続時間の限界は約8秒といわれている⁹⁾。この無酸素代謝によって発揮されるパワーは、Margariaらによる階段駆け上り法⁸⁾、生田らによる自転車エルゴメーター法⁴⁾などで検討されてきた。近年ではトレッドミルを用いた方法¹⁷⁾からも求められているが、一般には自転車エルゴメーターによる方法が多く採用されている。

本研究で測定された自転車エルゴメーターによるボート選手の最大無酸素性パワーは、718~1,159wの範囲にあったが、そのパワー値は競技水準によって差がみられた。すなわち、一流選手(1,052w)、大学のシニア選手(997w)、ジュニア選手(891w)の順であった。このことから、競技水準の高い選手ほど最大無酸素性パワーが大きいことが認められる。今回の一流ボート選手のパワー値を他の競技種目別にみた全日本一流選手のパワー値¹¹⁾と比較すると、短距離選手(1,042w)、ラグビー選手(1,080w)、サッカー選手(1,034w)と変わらない。しかし、体重当りのパワー値(13.2w/kg)では短距離選手(15.1w/kg)やサッカー選手(15.2w/kg)よりかなり劣り、ラグビー選手(13.2w/kg)と同じである。ボート選手とラグビー選手では、絶対値で最も小さい長距離選手の体重当りの値(13.7w/kg)より劣っている。ボートの漕運動はラグビー競技とは基本的に運動様式が異なっているが、ともに身体の大きさが要求されている競技の特性を反映しているように思われ

る。

最大無酸素性パワーは、体重との間に高い相関関係にあることが報告されている^{2,5)}。今回の測定では、体重、除脂肪体重および脚筋骨量の因子をとりあげ、最大無酸素性パワーとの関係を検討した。パワーはいずれの因子とも0.1%水準で有意な相関関係を示し、除脂肪体重との間でみられた相関係数が最も大きかった(図2)。無酸素性のエネルギー供給にかかわるATP-PCの貯蔵量は、筋量に比例すると考えられている¹⁰⁾。一般に全身の骨格筋は体重の42%の割合にあるが¹⁸⁾、実際には体脂肪率に差がみられるように、体重に占める筋量の割合は異なっており、むしろ除脂肪体重が体重よりも身体の筋肉量をより正確に表わすことになる。したがって、除脂肪体重と最大無酸素性パワーとの高い相関関係は、ATP-PC貯蔵量と最大無酸素性パワーとの関係を反映しているように推察される。

今回の最大無酸素性パワーは、自転車の全力ペダリングによって測定された。そのパワーの発揮には、大部分は下肢筋群の筋肉量に依存しているところが大きいように予測される。本研究では、下肢筋群の筋肉量の指標として脚筋骨量⁶⁾を採用したが、脚筋骨量は最大無酸素性パワーとの間に0.1%水準で有意な相関関係が認められた(図3)。今回測定されたボート選手の下肢筋群の筋線維タイプの割合あるいはトレーニング水準が近似していると仮定するならば、下肢筋群に貯蔵されるATP-PC量は脚筋骨量に比例すると考えられ、脚筋骨量は筋に貯蔵されるATP-PC量を間接的に表わす因子であることが推察される。

しかしながら、無酸素性パワーとこれらの因子との関係を競技水準別にみると、同じような関係がみられなかった。すなわち、大学のシニアおよびジュニアの選手でみられる最大無酸素性パワーと筋の量的な因子との有意な相関関係は、一流選手ではみられなかった。一流選手の例数が少ないこともあって、この差違を明確にすることは困難であるが、筋線

維の太さは体重がある程度をこえると、それ以上に大きくならないでかえって小さくなる報告⁷⁾があり、重量級の一流選手のパワーには必ずしも筋の量的な因子が反映されないのかも知れない。

ところで、漕力と最大無酸素性パワーとの関連性であるが、エイトのクルー別に最大無酸素性パワーをみたところ、競技会で上位にあるクルーではパワー値が大きい傾向にあり、大学のクルー間ではシニアのパワー値が大きい傾向がみられた(図4)。実際の競技会における記録との対応をみると、朝日レガッタ(1,000m)ではベスト記録に優れているクルーほど最大無酸素性パワーが大きい傾向がみられたが、関西漕艇選手権大会(1,500m)ではその傾向があまりみられなかった(図5)。これらのことは、競技水準の高いクルーほど大きな無酸素パワーを有しているが、この無酸素パワーの大小は競漕距離が短いほど競技成績に反映される可能性を示唆しているようである。

いずれにしても、ボート選手の競技力には最大無酸素性パワーは不可欠な要素であるが、このパワーが競技水準の高い選手ほど大きいことは、ボート競技ではパワーそのものの大きさが要求されていることになる。このパワーは形態、体組成とのかかわりを反映していることから、筋の量的な改善は重要である。また、無酸素性パワーの大きさが実際の漕力に関与している可能性を示唆しているようであるが、2,000m漕の競技時間を考えると、基本的に競技力には有酸素能力の水準の高さが重要である。このことを考慮すると、無酸素性パワーの大きさは速やかな有気代謝の亢進を生み出す強いローイング動作の発揮につながることを要求され、このことが競技力の向上にかかわっての重要なポイントになるように考えられる。

5. 総 括

実業団および大学の男子ボート選手77名を

対象に最大無酸素性パワーを測定し、これらを競技水準別に比較するとともに、最大無酸素性パワーの形態および体組成との関係あるいは漕力との関係が検討された。得られた結果を要約すると、次のとおりである。

(1) ボート選手の最大無酸素性パワーは、718~1,159wの範囲にあって、その平均値は947wであった。競技水準別にみると、一流選手(9名)では1,052w、大学のシニア選手(27名)では997w、ジュニア選手(41名)では891wであった。競技水準の高い選手ほど、大きな最大無酸素性パワーを有していることが認められた。

(2) 最大無酸素性パワーは、体重、除脂肪体重および脚筋骨量との間にいずれも0.1%水準で有意な相関関係を示した。これらの関係を競技水準別にみると、シニア選手およびジュニア選手ではいずれも有意な相関関係にあったが、一流選手では同じような関係がみられなかった。

(3) エイトのクルー別の最大無酸素性パワーは競技力の上位クルーで大きい傾向にあった。実際の競技会(1,000m漕)では、ベスト記録が優れているクルーほどパワー値が大きい傾向にあった。

文 献

- 1) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140, 1963.
- 2) Gerald, D. T., O. J. Glen and G. T. William: Measurement of anaerobic power and capacity in elite young track athletes using the Wingate test. *J. Sports Med.*, 24, 100-106, 1984.
- 3) Hagerman, F. C.: Applied physiology of rowing. *Sports Medicine*, 1, 303-326, 1984.
- 4) 生田香明, 猪飼道夫: 自転車エルゴメーターによる Maximum Anaerobic Power の発達の研究, *体育学研究*, 17, 151-157, 1972.
- 5) 石井喜八, 伊坂忠夫, 滝沢宏人, 高橋勝美: 競技種目別にみた10秒間自転車漕ぎ運動時の最大無酸素性パワー, *日本体育大学紀要*, 15, 51-57, 1986.
- 6) Jones, P. R. M. and J. Person: Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in young male and female adults. *J. Physiol.*, 204, 63-66, 1969.
- 7) 金久博昭, 近藤正勝, 角田直也, 池川繁樹, 福永哲夫: 体重制競技選手の体肢組成, *J. J. Sports Sci.*, 4, 699-704, 1985.
- 8) Margaria, R., P. Aghemo and E. Rovell: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.*, 21, 1162-1164, 1966.
- 9) Margaria, R.: Aerobic and Anaerobic energy sources in muscular exercise, Exercise at altitude. *Excerpta Medica Foundation*, 15-32, 1967.
- 10) Margaria, R. (金子公有訳): 身体運動のエネルギー, ベースボールマガジン社, 東京, 1978.
- 11) 中村好男: アネロビックパワーからみたスポーツ選手の体力, *J. J. Sports Sci.*, 6, 697-702, 1987.
- 12) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese youngmen and women. *Human Biol.*, 36, 8-15, 1964.
- 13) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 59-72, 1984.
- 14) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内

- 哲, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (3)東レエイトの体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 19-25, 1986.
- 15) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内 哲, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (4)日本の一流女子漕手の体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.7, 14-22, 1987.
- 16) 佐藤尚武, 寄本 明, 山崎 元, 古川宗寿, 岡本 進, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宮本 孝, 清水啓司, 武部吉秀: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (5)日本とアメリカの一流女子漕手における体力比較, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.8, 41-47, 1988.
- 17) Schnabel, A. and W. Kindermann: Assessment of anaerobic capacity in runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 52, 42-46, 1983.
- 18) Skelton, H.: The storage of water by various tissues of the body. *Arch. Int. Med.*, 40, 140-146, 1927.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(7) ローイング・テストの改善

佐藤 尚武 (滋 賀 大 学)

岡本 進 (滋賀県立短期大学)

古川 宗寿 (東レ滋賀事業場)

武部 吉秀 (京 都 大 学)

1. はじめに

ボート選手の競技力向上に対する方策としては、選手の身体的資質の適性に対する評価システムあるいは選手選抜のための適切なシステムの確立が必要である。ボート競技の先進諸国との比較からは、これらのシステム化の遅れが浮き彫りにされる。日本漕艇協会の強化部では、数年前からローイング・エルゴメーターによるテスト成績に注目し、近年のナショナルクルーの編成はこれらのテスト成績に基づいている。第10回のアジア大会(1986年)の女子において、ソウルオリンピック大会(1988年)の男子において、それぞれ従来の日本チームの漕力レベルを超えており、選手選抜における体力評価の重要性が明らかにされている。

ところで、滋賀県におけるローイング・テストは、1983年8月に滋賀大学教育学部で開始されて以来、1984年8月からは滋賀県立スポーツ会館で、1988年3月からは滋賀県立短期大学で継続されている。その間には、当初の測定方法¹⁾にいくつかの改善を加えながら、現在のテスト法を確立させるに至っている。とくに、エルゴメーターの機械的出力値の不安定さの解消には時間を要したが、その整備を1986年1月に終え、その後は測定項目の検討を加えながら、測定の自動化を図ってきた。今回は、これまでに改善された点を明らかにし、日本のボート選手の体力評価システムの開発にむけての標準的なテスト法としての位置づけを試みようとした。

2. ローイング・テストの改善

ローイング・テストは、ローイング動作をシミュレートさせたエルゴメーターによる漕運動を負荷し、その機械的作業成績とともに生理的項目を測定し、選手の漕能力の定量化をはかる方法である。2000mのレースを想定し、6分間の全力漕を標準としている。

(1) エルゴメーターの改良

各種のローイング・エルゴメーターが開発されているが、実漕によりフィットした漕運動であることが好ましいことから、従来よりGamut型エルゴメーター(新日本産業)を用いている。しかし、このエルゴメーターの負荷装置はベルト掛け式であるため、摩擦熱によって設定負荷値が変動しやすい難点を持っている。そこで、負荷装置を電磁ブレーキ方式に改良を加え、設定された負荷値が一定に維持されるように改善した(図1)。男子では2.0kg、女子では1.5kgの負荷値を標準としている。

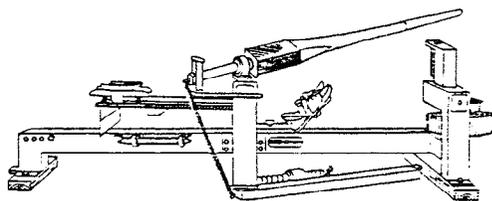


図1. Gamut型ローイング・エルゴメーター

(2) 測定項目の検討

ローイング・テストでは、エルゴメーターのドラム回転数(RPM)とともに、呼吸代謝

代 謝 測 定 初 期 画 面	
1	---- 測 定
2	---- ディスク読み出し
3	---- ファイル操作
	[]

[1] 測定の選択

測 定 日:	87/12/13
時 間:	10:25:19
氏 名:	広田
年 齢:	24
性別 1 (男) / 2 (女):	1
身 長 (cm):	179.2
体 重 (kg):	79.5
A 肩甲骨下縁部 (mm):	8.0
B 上腕背部 (mm):	6.0
体脂肪率 (%):	10.89
指 極 (cm):	183.3

次の項目から4項目を選択して下さい。

1	-----	$\dot{V}O_2$
2	-----	$\dot{V}CO_2$
3	-----	RQ
4	-----	$\dot{V}E$
5	-----	OPW
6	-----	METS
7	-----	EFF
8	-----	OPH
9	-----	HR

[], [], [], []

[F. 6] 初期画面へ

グラフ出力画面

総回転数を入力して下さい。

データをセーブしますか。

Y(1)	YES
N(2)	NO
P(3)	ファイル名のプリント

[]

データをセーブします。ファイル名を入力して下さい。(8文字、3文字まで)

[2] ディスク読み出しの選択

データの読み出しを行います。
準備できましたか?

Y(1)	YES
N(2)	NO
P(3)	ファイル名プリント

[]

ファイル名を入力して下さい。

M E N U 画 面

1	---	グラフ画面	出力
2	---	データ画面	出力
3	---	グラフ	プリント出力
4	---	データ	プリント出力

[]

[F. 6] 初期画面へ

[3] ファイル操作の選択

*** ファイル操作 ***

1	---	フォーマット
2	---	ファイル名の変更
3	---	ファイルの削除
4	---	ファイル名のプリント
5	---	初期画面へ

[]

1-5を選択して下さい。

図2. CRTにおける表示画面

機能が測定される。呼吸代謝項目としては、換気量(VE)、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、二酸化炭素産出量($\dot{V}CO_2$)、呼吸数(RR)および心拍数(HR)とし、これらの値から呼吸商(RQ)、体重あたりの酸素摂取量(OPW)、酸素摂取効率(EFF)、酸素脈(OPH)および生理的強度(METS)が算出されるようにした。これらの

項目の分析には、エアロビック・プロセッサ(日本電気三栄, 391)を用いている。

なお、機械的出力値の算出にあたっては、ローイング終了後の慣性によるドラム回転数を含めた回転積算計の計測値(総ドラム回転数)を採用し、プレーキの負荷量およびドラムの外周距離との積から求めている。

測定日	:	87/12/13
測定時	:	10:25:19
氏名	:	広田
年齢	:	24
性別	:	男
ID NO	:	013
身長	:	179.2 [cm]
体重	:	79.5 [kg]
肩甲骨下縁部	:	8.0 [mm]
腕背筋	:	6.0 [mm]
体脂肪率	:	10.89 [%]
指径	:	183.3 [cm]
総回転数	:	3779 [rpm]
FIO2	:	20.9 [%]

TIME	VO2 [ml]	VCO2 [ml]	RQ	VE [L]	OPW	METS	EFF	OPH [ml]	RR	HR [bpm]	RPM
0:30	2890	2568	0.88	97.0	36.0	10.3	2.9	18.0	66	161	318
1:00	4486	4148	0.92	127.6	56.0	16.0	3.5	26.3	62	170	300
1:30	4804	5500	1.14	144.0	60.0	17.1	3.3	27.2	60	176	298
2:00	5022	6280	1.25	155.8	62.6	17.9	3.2	28.2	62	179	289
2:30	4964	6172	1.24	153.4	62.0	17.7	3.2	27.8	60	180	275
3:00	5054	6232	1.23	157.4	63.0	18.0	3.2	28.0	58	180	264
3:30	5172	6264	1.21	161.2	64.6	18.5	3.2	28.4	60	182	270
4:00	5272	6284	1.19	168.0	65.8	18.8	3.1	28.9	62	183	266
4:30	5298	6142	1.15	167.2	66.2	18.9	3.1	29.1	62	183	262
5:00	5334	6128	1.14	169.8	66.6	19.0	3.1	28.9	62	184	256
5:30	5256	5898	1.12	168.6	65.6	18.7	3.1	28.5	66	184	263
6:00	4922	5402	1.09	158.4	61.4	17.5	3.1	27.0	64	184	251

図3. データプリント例

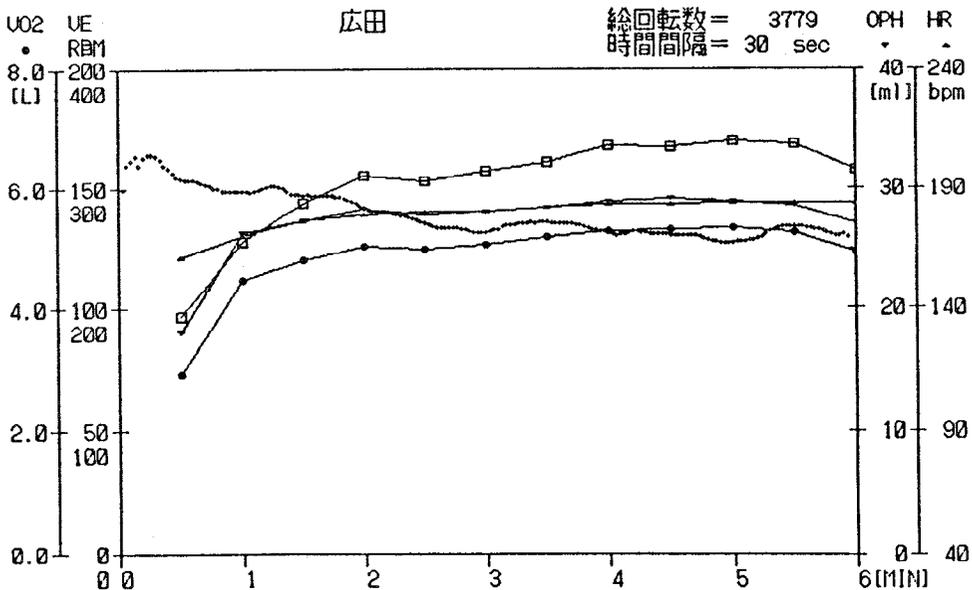


図4. グラフ画面の出力例

3. 自動入力システムの開発

測定データが自動的に入力されるシステムとするために、ローイング・エルゴメーターのドラム回転数の信号をエアロビック・プロセッサに入力させ、呼吸代謝データとともにパーソナル・コンピュータ (NEC PC-9801 VM21) に転送させるようにした。測定の開始にともなってモニタリングできるようにし、各測定項目の状況の把握と選手の安全管理を図るようにした。プログラムの概要は、図2に示すとおりである。

プログラムを起動させると、初期画面となる。初期画面の〔1〕測定の選択によって、基本的事項 (測定日、時間、氏名、年齢、性別) および形態項目 (身長、体重、皮下脂肪厚、指極) の入力画面となる。ここでは、体脂肪率の項目以外がすべてキーボードによる入力である。体脂肪率は、上腕背部と肩甲骨下縁部の計測値から算出されるようにした。

次画面では、グラフに表示させる項目の選択となる。ドラム回転数は常に表示されるようにしているので、呼吸代謝項目から4項目を選択することになる。測定の開始と終了は、エアロビック・プロセッサのスイッチで操作される。測定中はグラフ画面が表示され、リアルタイムでモニターができる。測定終了後はドラム総回転数の入力画面になり、回転積算計による回転数をキーボードによって入力する。次画面はデータ保存画面であり、ファイル名をタイプすることによってデータが保存される。

初期画面の〔2〕ディスク読み出しを選択すると、読み出し画面となる。保存してあるファイル名を入力すると、データが読み出される。MENU画面では、グラフ画面の出力、データ画面の出力、グラフプリント出力およびデータプリント出力が選択できる。

初期画面の〔3〕ファイル操作を選択する

と、フォーマット、ファイルの変更、ファイルの削除、ファイル名のプリントおよび初期画面が選択できる。

図3は、データプリント出力例を示している。これは、東レ滋賀の広田岩幸選手の例である。測定にあたっての基本的事項とともに、各形態値、総回転数、 FIO_2 が表示されている。 FIO_2 (%) は、エアロビック・プロセッサの測定開始時の大気中の O_2 分析結果である。呼吸代謝項目は30秒毎に表示され、いずれも分時データに変換されている。図4は、グラフプリントの出力例を示している。この画面は、 VO_2 、 VE 、 OPH および HR が選択されている場合である。実際には、これらが測定中にリアルタイムでカラー表示されている。

4. 今後の課題

ボート競技の漕能力の評価においては、実漕によりフィットした漕運動によるパフォーマンスを知り、それを支える身体的資質を明らかにすることが重要である。今回のローイング・テストの改善によって迅速な測定が可能となり、信頼されるデータが集積されるようになった。

これらのデータに基づいて、ボート選手のローイング・パワーの評価法を確立させるとともに、このテストから得られる生理的項目を用いて、体力の容量あるいは改善のプロファイルを作成することが重要な課題となろう。

文 献

- 1) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田 公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.4, 59-72, 1984.

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(8) 男子6分漕におけるローイング・パワーの評価基準

佐藤 尚武 (滋賀大学) 岡本 進 (滋賀県立短期大学)
 宮本 孝 (滋賀大学) 寄本 明 (滋賀県立短期大学)
 古田 瑞穂 (滋賀県立短期大学) 玄田 公子 (滋賀県立短期大学)
 古川 宗寿 (東レ滋賀事業場) 萬 俊一 (東レ滋賀事業場)
 武部 吉秀 (京都大学)

1. はじめに

著者らは、これまでに滋賀県のボート選手を対象とした研究^{1,2)}から、日本の一流選手を対象とした研究^{3,4)}に発展させてきた。これらの研究を通して、競技水準の高い選手ほどローイング・テストの作業成績に優れ、その機械的出力値が高い酸素摂取水準に支えられていることを明らかにしている。しかし、測定された出力値（ローイング・パワー）がボート選手としてどのような位置づけとなり、また目標値をどのように設定すればよいかは明らかになっていない。

今回は、最近の3年間にわたって測定された機械的出力値を用いて、男子漕手のローイング・パワーの標準化を試み、現場サイドにたった簡便な評価法を確立させることにした。また、この評価によって得られたローイング・パワーと実漕の競技成績との関係を求め、ボート選手の漕力を評価するためのローイング・テストの有用性を吟味することにした。

2. ローイング・パワーの標準化

ローイング・パワーの評価基準を設定するために、1986年1月から1988年3月にかけて測定された大学生および社会人の男子選手377名の機械的出力値が標準化に用いられた。これらのデータは、前報⁵⁾で明らかにされているように、電磁ブレーキ方式に改良されたGamut型エルゴメーターによって、2.0kgでの6分間の最大漕運動から求められた。

これらの選手の年齢は、18～28歳の範囲にあり、漕歴は0.3～11.9年の範囲にある。表1には、これらの度数分布を示している。年齢では19～21歳で72%を占め、漕歴では1.0～3.9年で59%を占めている。競技水準の程度からみると、これらの選手は国際大会出場選手(A群, 29名)、全日本大会の決勝進出選手(B群, 63名)、漕歴1.6年以上の選手(C群, 235名)および漕歴1.5年以下の選手(D群, 50名)に分けられる。なお、地域別にみると、関西の大学および実業団の選手が84.6%を占め、次いで東海の6.1%、関東の5.8%である。残りの3.5%は中国および北陸の選手である。

表1. 年齢および漕歴の度数分布

Age (yrs) (n)		Rowing Experience (yrs) (n)	
18	15	0 - 0.9	13
19	80	1.0 - 1.9	83
20	108	2.0 - 2.9	68
21	84	3.0 - 3.9	72
22	46	4.0 - 4.9	45
23	17	5.0 - 5.9	30
24	13	6.0 - 6.9	22
25	7	7.0 - 7.9	12
26	5	8.0 - 8.9	14
27	1	9.0 - 9.9	8
28	1	10.0 - 10.9	6
29	0	11.0 - 11.9	4

表2. 競技水準別にみた年齢および漕歴

Group	(n)	Age		Rowing Expe.	
		Mean	SD	Mean	SD
A	(29)	22.9	1.6	8.1	1.6
B	(63)	21.5	1.7	5.8	2.2
C	(235)	20.4	1.5	3.6	1.8
D	(50)	19.4	0.8	1.1	0.3

表3. 競技水準別にみた総ドラム回転数

Group (n)	Range	Mean ± SD
A (29)	3333 - 3984	3659 ± 159
B (63)	3017 - 3753	3479 ± 182
C (235)	2086 - 3653	2990 ± 285
D (50)	2123 - 3396	2953 ± 341

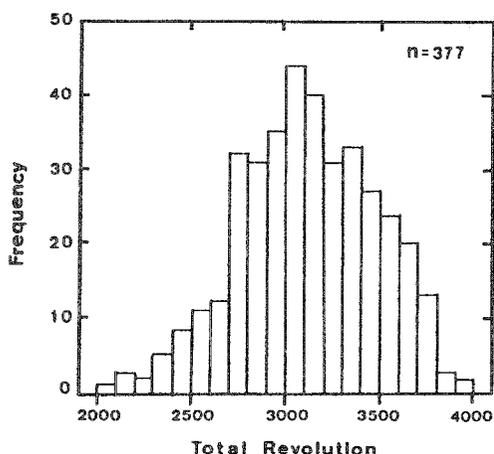


図1. 総ドラム回転数の度数分布

表2には、競技水準別にみた年齢および漕歴の平均値と標準偏差をあげている。A群の平均年齢は22.9歳で、平均漕歴は8.1年である。これらの平均値は競技水準が低くなるにしたがって小さくなり、D群では平均年齢が19.4歳で、平均漕歴が1.1年である。

377名の総ドラム回転数は、2086～3984回転の範囲にあった。その度数分布が100回転ごとに図1に示されている。中央値の3000回転に対してやや高い回転数に偏っている分布

であるが、正規性が確認されている。総回転数を競技水準別にみると、表3のとおりである。A群の平均値(3659回転)が最も大きく、A群より競技水準が低くなるにしたがってその平均値は小さくなり、また標準偏差が大きくなっている。

総ドラム回転数から換算されたローイング・パワーは136～254Wの範囲にあって、その平均値±標準偏差は203±24Wであった。ローイング・パワーを簡便に評価するために、平

表4. ローイング・パワーの評価基準

Power Score	Rowing Power(w)	Total Revolution (6min)
10	251 over	3845 over
9	239 - 250	3661 - 3844
8	227 - 238	3476 - 3660
7	215 - 226	3292 - 3475
6	203 - 214	3108 - 3291
5	191 - 202	2924 - 3107
4	179 - 190	2740 - 2923
3	167 - 178	2556 - 2739
2	155 - 166	2372 - 2555
1	154 below	2371 below

表5. パワー得点の競技水準別相対的度数分布

Power Score	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
10	6.9			
9	37.9	17.5		
8	44.8	33.3	3.4	
7	10.3	33.3	10.6	18.0
6		11.1	22.1	18.0
5		4.8	25.1	28.0
4			21.7	14.0
3			9.4	8.0
2			5.5	4.0
1			2.1	10.0

均値から0.5標準偏差で区分する評価基準を作成し、低いパワー値から1点とする10段階の評価基準を採用し、求められた段階点をパワー得点とした。パワー得点および評価基準は、表4に示すとおりである。表には、参考までにドラム総回転数による評価基準を示している。

表5には、パワー得点の競技水準別相対的度数分布を示している。A群ではパワー得点の8と9で82.7%を占め、B群では7と8で66.6%を占めている。C群では5をピークとし、1から8にわたる正規分布を示している。D群では5をピークとしているが、6以上で占める割合はC群と変らない反面、1で占める割合が高くなっている。

これらのことから、ローイング・パワーの標準化によって得られたパワー得点は、競技水準が上位にある選手ほど高くなることが認められる。また、漕歴1.5年未満の選手では、潜在的にかなり高い競技力を有する選手が含まれていることが推察される。

3. ローイング・パワーと競技成績との関係

ローイング・パワーと実漕の競技成績との関係を明らかにするために、最近の3年間における全日本大会（全日本選手権、全日本学生選手権、オックスフォード盾レガッタ）、関西選手権および朝日レガッタに出漕したエイトについて、その競技成績に実際に乗艇した選手のパワー得点の平均値を対応させた。これらの関係が、図2および図3に示されている。全日本大会は2000mで、関西選手権は1500m、朝日レガッタは1000mであり、これらの大会のレースの距離が異なっているが、いずれの大会とも競技成績が上位にあるクルーほど平均パワー得点が大きくなることが認められる。

これらの大会の優勝を10点とし、下位になるにしたがって1点を減じる点数化をはかり、その競技点と平均パワー得点との関係を調べると、全日本選手権（全日本学生選手権を含む）では17クルーから $r = 0.829$ ($p < 0.001$)、

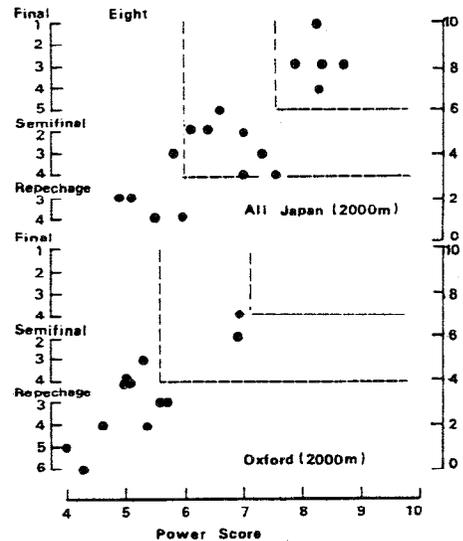


図2. エイトの競技成績とパワー得点との関係 (全日本選手権およびオックスフォード盾レガッタ)

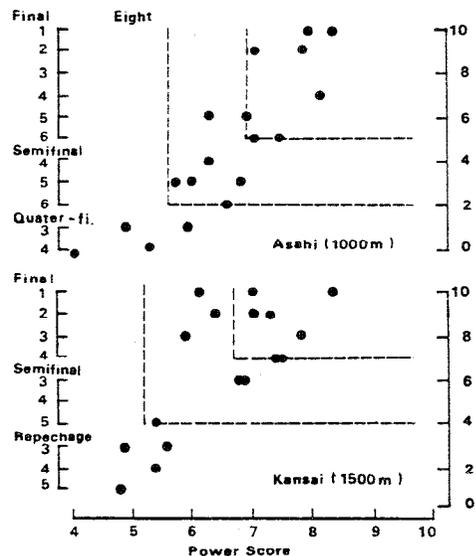


図3. エイトの競技成績とパワー得点との関係 (関西選手権および朝日レガッタ)

オックスフォード盾レガッタでは12クルーから $r = 0.843$ ($p < 0.001$)、関西選手権では17クルーから $r = 0.747$ ($p < 0.001$)、朝日レガッタでは18クルーから $r = 0.851$ ($p < 0.001$) が得られ、いずれも有意な相関関係にあることが認められた。

これらの関係から、各大会の決勝および準

決勝に進出するに要するパワー得点を求めると、表6に示すようになる。図2および図3には、これらの得点が点線で示されている。全日本選手権の決勝進出に必要なクルーの平均パワー得点は7.55で、準決勝では5.96となる。これらの得点は、他の大会に比べて最も高くなっている。各大会の決勝あるいは準決勝進出数が同じでないで、これらのパワー得点が必ずしも大会のレベルを示していることにならないが、上位進出の目安としては興味ある得点となろう。

表6. 各種大会のエイトにおける決勝および準決勝の進出に要する推定パワー得点

	Final P-Score	Semifinal P-Score
All Japan	7.55	5.96
Oxford	7.16	5.61
Kansai	6.69	5.21
Asahi	6.75	5.60

いずれにしても、求められたパワー得点は、実漕のローイング・パフォーマンスを簡便にしかも的確に表す指標となることを示唆している。今回はエイトの競技成績に注目したが、他の種目の競技成績にもローイング・パワーが反映されていることが推測され、種目別に検討することも必要となろう。

4. 総括

最近の3年間におけるローイング・テストの測定に基づいて、日本のトップレベルの選手からジュニア選手における機械的出力値をみると、377名の総回転数は2000から4000回転の範囲にあり、ローイング・パワーの平均値と標準偏差は $203 \pm 24W$ であった。このローイング・パワーの標準化によって得られるパワー得点は、選手の競技水準をよく反映し、エイトにおける競技成績とかなり密接な関係にあることが認められた。

これらのことから、ボート選手の漕力を評価するためのローイング・テストの有効性が

明らかとなり、ローイング・パワーは選手の漕力レベルの把握ばかりでなく、クルー編成にも有効な指標となることが示唆される。

なお、1986年1月から1988年12月までに測定された延609名の測定に基づいて、ローイング・パワーの測定年別ベスト50を掲げている(資料1, 資料2および資料3)。

文 献

- 1) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.4, 59-72, 1984.
- 2) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内 哲, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (3)東レエイトの体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 19-25, 1986.
- 3) 岡本 進, 寄本 明, 佐藤尚武, 宮本 孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内 哲, 吉田瑞穂, 宇部 一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (4)日本の一流女子漕手の体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.7, 14-22, 1987.
- 4) 佐藤尚武, 寄本 明, 山崎 元, 古川宗寿, 岡本 進, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宮本 孝, 清水啓司, 武部吉秀: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (5)日本とアメリカの一流女子漕手における体力比較, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.8, 41-47, 1988.
- 5) 佐藤尚武, 岡本 進, 古川宗寿, 武部吉秀: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (7)ローイング・テストの改善, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.9, 61-64, 1989.

資料1. 1986年におけるローイング・パワーの50傑

順位	測定期日 (月/日)	氏名	年齢 (歳)	所属	ドラム 回転数	ローイング・ パワー (W)	パワー 得点
1	3/8	福田 将成	23	トヨタ自動車	3984	260	10
2	3/8	松井 裕好	19	日本大学	3971	259	10
3	3/7	阿部 肇	23	マツダオート東京	3838	250	9
4	6/28	槻木 栄一	22	東レ滋賀	3831	250	9
5	3/8	坂田 昌弘	23	インテック	3830	250	9
6	3/8	共田 憲治	21	トヨタ自動車	3843	248	9
7	3/7	及能 誠久	25	東レ滋賀	3800	248	9
8	3/7	広田 岩幸	23	東レ滋賀	3798	247	9
9	3/8	荒井 和彦	23	東レ滋賀	3745	244	9
10	3/8	岩月 勝彦	21	トヨタ自動車	3735	243	9
11	3/8	白井 義明	20	日本大学	3727	243	9
12	3/8	田辺 保典	20	中央大学	3729	242	9
13	3/8	田辺 保典	19	中央大学	3714	242	9
14	3/7	三好 悟	22	マツダオート東京	3696	241	9
15	3/8	小林 真樹	20	中央大学	3683	240	9
16	3/8	堀田 弘司	23	トヨタ自動車	3682	240	9
17	6/28	森実 撰朗	24	東レ滋賀	3681	240	9
18	3/8	山田 隆	20	中央大学	3677	240	9
19	3/7	戸田 好治	21	関西大学	3675	239	9
20	3/7	前口 英明	26	東レ滋賀	3650	238	8
20	6/28	石田 幸順	23	東レ滋賀	3650	238	8
22	6/28	堀内 俊介	27	東レ滋賀	3632	237	8
23	3/7	今林 克朗	22	滋賀大学	3625	236	8
23	3/8	千原 誠治	22	トヨタ自動車	3625	236	8
23	5/11	天谷 武	22	京都大学	3625	236	8
26	3/8	藤竹 勉	26	トヨタ自動車	3623	236	8
27	3/7	黒田 士朗	21	滋賀大学	3611	235	8
28	5/11	長谷川 寛	19	京都大学	3607	235	8
29	3/8	坂井 弘美	23	トヨタ自動車	3599	235	8
30	5/11	中野 正則	21	京都大学	3598	234	8
31	3/8	斉藤 芳宏	19	中央大学	3588	234	8
32	3/7	山野 雅彦	22	マツダオート東京	3587	234	8
33	3/7	山田 伸浩	22	マツダオート東京	3582	233	8
33	3/7	岡野 知幸	23	マツダオート東京	3582	233	8
35	3/7	越田 智喜	21	京都大学	3580	233	8
35	3/8	酒井 孝夫	21	日本大学	3580	233	8
37	5/11	花井 淳一	20	京都大学	3575	233	8
38	5/11	岩崎 好寿	21	京都大学	3568	232	8
39	3/7	平田 明久	22	マツダオート東京	3546	231	8
40	5/11	尾城 徹雄	21	京都大学	3536	230	8
41	3/8	船坂 宏樹	24	中央電力	3511	229	8
42	3/8	渡部 博也	24	東京トヨペット	3497	228	8
43	3/7	八木 俊彦	24	東レ滋賀	3495	228	8
44	6/28	藤本 堂久	20	東レ滋賀	3488	227	8
45	7/3	高尾 正義	22	京都大学	3484	227	8
46	6/28	二瓶 進	22	東レ滋賀	3463	226	7
47	7/3	川上 和彦	20	京都大学	3462	226	7
48	3/7	中村 俊祐	23	同志社大学	3460	225	7
49	7/30	児玉 洋	22	京都大学	3453	225	7
50	3/8	五十嵐 正道	21	中央大学	3450	225	7

資料2. 1987年におけるローイング・パワーの50傑

順位	測定期日 (月/日)	氏名	年齢 (歳)	所属	ドラム 回転数	ローイング・ パワー (W)	パワー 得点
1	6/27	梶木栄一	23	東レ滋賀	3820	249	9
2	6/27	広田岩幸	24	東レ滋賀	3797	247	9
3	12/13	十河義寛	22	慶応大学	3757	245	9
4	6/27	荒井和彦	24	東レ滋賀	3730	243	9
5	12/13	森実撰郎	25	東レ滋賀	3708	242	9
6	6/7	星沢慎二	21	同志社大学	3657	238	8
7	6/21	中野克哉	22	関西大学	3607	235	8
8	12/6	福島周之	20	大阪大学	3590	234	8
9	6/27	八木俊彦	25	東レ滋賀	3582	233	8
10	6/7	坂本龍一	19	同志社大学	3578	233	8
11	12/13	石田幸順	24	東レ滋賀	3575	233	8
12	6/27	谷田部政明	19	中部電力	3573	233	8
13	6/27	堀川益夫	23	中部電力	3550	231	8
14	6/27	二瓶武進	22	東レ滋賀	3541	231	8
15	12/13	鍵山武治	21	慶応大学	3525	230	8
16	1/25	三俣太志	21	滋賀大学	3518	229	8
17	6/7	山下進	18	同志社大学	3512	229	8
18	12/13	田中淳司	19	東レ滋賀	3504	228	8
19	8/31	谷山健二	21	山口大学	3499	228	8
20	6/7	原一雅	22	同志社大学	3491	227	8
20	6/20	杉本豊三郎	21	龍谷大学	3483	227	8
22	1/25	杉本有生	22	滋賀大学	3476	226	7
23	3/6	安田学	21	京都大学	3469	226	7
23	6/21	中嶋辰夫	22	関西大学	3458	225	7
23	6/21	大塚剛	21	関西大学	3454	225	7
26	6/27	堀内俊介	27	東レ滋賀	3436	224	7
27	1/25	堀内田肇	21	滋賀大学	3433	224	7
28	12/7	佐藤弘康	20	大阪大学	3431	224	7
29	6/27	前口英明	26	東レ滋賀	3423	223	7
30	6/27	藤堂晴久	21	東レ滋賀	3414	222	7
31	6/7	島田恭典	20	同志社大学	3411	222	7
32	3/6	入野隆久	21	京都大学	3409	222	7
33	6/27	鈴木雅也	20	瀬田漕艇クラブ	3404	222	7
33	3/6	大島賢司	21	京都大学	3389	221	7
35	6/7	朝倉伸二	20	同志社大学	3384	221	7
36	6/21	須賀修二	21	関西大学	3365	219	7
37	3/6	高橋正浩	20	京都大学	3356	219	7
37	6/20	船引秀記	23	龍谷大学	3356	219	7
39	6/21	長谷川裕記	21	関西大学	3331	217	7
40	6/27	和田修	23	東レ滋賀	3322	216	7
41	10/25	西田利彦	20	同志社大学	3311	216	7
42	3/6	越田智喜	22	京都大学	3309	216	7
43	2/23	荒木裕次	19	京都大学	3291	214	6
44	1/25	小島之尚	22	滋賀大学	3281	214	6
45	3/6	長谷川寛	20	京都大学	3279	214	6
46	6/20	山本大志	21	大阪市立大学	3278	214	6
47	6/27	新谷清晃	18	立命館大学	3274	213	6
48	3/6	河野彦	21	京都大学	3267	213	6
48	3/6	木村広	21	京都大学	3267	213	6
50	9/15	吉田征幹	19	龍谷大学	3263	213	6

資料3. 1988年におけるローイング・パワーの50傑

順位	測定期日 (月/日)	氏名	年齢 (歳)	所属	ドラム 回転数	ローイング・ パワー (W)	パワー 得点
1	4/24	谷田部 政明	19	中部電力	3948	257	10
2	5/15	佐藤 将人	21	同志社大学	3860	252	10
3	6/15	桐山 正照	19	東レ滋賀	3844	250	9
4	6/15	森実 撰郎	26	東レ滋賀	3794	247	9
5	11/27	小野 良之	21	関西大学	3793	247	9
6	12/10	福島 周之	21	大阪大学	3733	243	9
7	5/28	相馬 祐人	21	京都府立医科大学	3726	243	9
8	5/8	大塚 剛	22	関西大学	3700	241	9
9	5/15	山下 進	19	同志社大学	3691	241	9
10	6/15	田中 淳司	19	東レ滋賀	3681	240	9
11	4/24	土居 芳太	22	中部電力	3679	240	9
12	11/26	荒木 裕次	21	京都大学	3671	239	9
13	5/15	村中 俊裕	25	タカラ酒造	3619	236	8
14	5/15	杉山 伸	19	同志社大学	3615	236	8
15	12/18	広田 岩幸	25	東レ滋賀	3607	235	8
16	4/24	堀川 益夫	24	中部電力	3597	234	8
17	5/8	島 孝治	22	関西大学	3593	234	8
18	5/15	岡田 太一郎	20	同志社大学	3589	234	8
19	5/8	須賀 修二	22	関西大学	3582	233	8
20	5/15	石橋 雅信	20	同志社大学	3572	233	8
21	12/18	石田 順幸	25	東レ滋賀	3562	232	8
22	4/3	比企 正樹	19	岡山大学	3561	232	8
23	4/3	橋上 重弘	20	岡山大学	3545	231	8
24	12/18	前谷 浩	26	米子漕艇クラブ	3507	229	8
25	5/8	内藤 右京	21	関西大学	3493	228	8
25	5/15	小原 隆史	19	同志社大学	3493	228	8
27	4/3	小林 正典	19	岡山大学	3491	227	8
28	7/20	平尾 好章	20	広島大学	3485	227	8
29	5/15	西田 智明	21	同志社大学	3488	227	8
30	4/3	大迫 健一	19	岡山大学	3480	227	8
31	5/15	内藤 正樹	20	同志社大学	3477	227	8
32	10/1	勝又 正二	20	滋賀大学	3469	226	7
33	5/15	島田 恭典	21	同志社大学	3460	225	7
34	6/15	二瓶 進	23	東レ滋賀	3456	225	7
35	12/18	鈴木 雅也	21	東レ滋賀	3447	225	7
36	5/15	喜多 隆博	21	同志社大学	3445	224	7
37	5/8	志方 智彦	20	関西大学	3443	224	7
38	6/15	八木 俊彦	26	東レ滋賀	3431	224	7
39	9/18	浜本 哲也	19	関西大学	3425	223	7
40	4/24	笹川 美晴	20	中部電力	3421	223	7
41	11/27	谷村 隆裕	22	関西大学	3417	223	7
42	12/10	前田 英明	21	大阪大学	3413	222	7
43	11/23	堀 泰弘	18	大阪市立大学	3408	222	7
44	4/3	坂本 篤信	20	岡山大学	3393	221	7
44	7/20	中屋 智克	20	広島大学	3393	221	7
46	5/8	岡本 達也	19	関西大学	3390	221	7
47	11/27	山内 雅裕	20	関西大学	3389	221	7
48	11/27	戎 清隆	23	関西大学	3388	221	7
49	5/15	田中 隆一	21	同志社大学	3383	220	7
50	4/3	岡田 健一	21	岡山大学	3377	220	7

ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究

(9) 男子ボート選手の体力評価の試み

佐藤 尚武 (滋 賀 大 学)

宮本 孝 (滋 賀 大 学)

古川 宗寿 (東レ滋賀事業場)

岡本 進 (滋賀県立短期大学)

寄本 明 (滋賀県立短期大学)

武部 吉秀 (京 都 大 学)

1. はじめに

ボート選手の競技力向上にむけての研究は、滋賀県内のボート選手の研究^{4,5,6)}から全国的なボート選手を対象とした研究^{7,8)}に発展してきた。これらの研究では、いずれもローイング・エルゴメータを用いた漕運動における生理的検討を加えているが、当初の測定方法⁴⁾に改善を重ねながら、測定の自動化を開発し¹⁰⁾、現在では簡便にしかも精度の高いデータが得られるようになってきている。このローイング・テストから得られる機械的出力値(ローイング・パワー)は、男子選手を対象に標準化が図られ¹¹⁾、今日では日本のボート選手のなかでの位置づけができるようになってきている。

ところで、ボート競技におけるエネルギー需給関係をみると、6分間の漕運動ではほぼ70%が有気的な機構に依存していることから¹²⁾、ボート選手の体力では有酸素性の能力が注目されるのである。国際的に成功しているボート選手の最大酸素摂取量は、男子では6 l / min、女子では4 l / minに達している²⁾。これらの値に比べて日本の一流選手ではかなり劣っているが、そのなかでは競技力の高いクルーほど最大酸素摂取量が高い水準にあることが認められている^{4,6)}。これらのことから、有酸素的エネルギー容量の大きさが競技力を左右する重要な要因となるように推察される。一方、無酸素的能力についてみると、競技力の水準の高いクルーほど最大無酸素性パワーが大きいことも確かである⁹⁾。したがって、一般的ではあるが、有気的および無気的パワーの絶対容量の大きい選手ほど漕力の発揮に有

利であることは間違いのないところであろう。

しかしながら、それらの容量が実際の運動場面でどのように生かされているかという視点を無視することはできない。つまり、有酸素的容量の大きさが漕力に決定的な要素になるとはいえ、実漕における有酸素的水準の維持能力あるいは効率の水準などによって、実際の漕力には差がもたらされるのである。著者ら⁸⁾によるアメリカの一流女子選手の体力分析からは、年齢の高い選手(26~30歳)は酸素摂取水準で若い選手よりも劣っているが、効率のよい漕運動によって若い選手より大きなローイング・パワーを生みだしていることが明らかにされている。このようなことから、競技力の向上には生理的絶対容量だけでなく、生理機能の相互関係あるいは形態との関係などの側面から体力を評価することも重要となる。また、漕力を支える各体力要素のバランスも考える必要があろう。

今回は、これまでに集積されているデータを用いて、男子ボート選手の体力像を明らかにするとともに、競技力やローイング・パワーの水準から体力の検討を加え、ボート選手の体力診断システムの構築を図ることにした。そのために、競技水準の高い選手群における形態および機能値をいくつかの体力領域に集約する分析を試み、それらに基づいて体力の評価項目を選択し、体力容量あるいは体力改善のためのプロフィールを作成した。

2. ボート選手の漕力を支える体力

(1) 平均的な体力像

6分漕によるローイング・パワーは、大学

生および社会人の男子選手377名を対象に標準化されていることから¹¹⁾、これらの選手の体力値を明らかにすることによって、日本のボート選手の平均的体力像を浮きぼりにすることができる。これらの選手の年齢は18～28歳の範囲にあり、漕歴は0.3～11.9年で、ジュニア選手から日本を代表する一流選手まで含まれている。

表1には、形態および機能値を示している。日本のボート選手の体力像は、これらの平均値でみると、身長で176.2cm、体重で72.0kg、除脂肪体重で62.6kgである。ここでの除脂肪体重は、皮下脂肪厚（上腕背部および肩甲骨下縁部）値からBrožekら¹⁾およびNagamineら³⁾の式を用いて体脂肪率を推定し、算出している。機能については全ての選手で測定されていないが、握力が56.3kg、背筋力が168kg、立位体前屈が14.2cmである。多用途筋力測定装置による上腕屈筋力は32.9kg、脚伸展力は68.4kgであり、ローイング・ストレンクスは165kgである。パワーマックスV（コンピ）による最大無酸素パワーは、960wattである。

表1. ボート選手の形態および機能値

項	目	N	平均値 ± 標準偏差
身	長 (cm)	377	176.2 ± 5.47
体	重 (kg)	377	72.0 ± 6.72
除	脂肪体重 (kg)	374	62.6 ± 5.77
握	力 (kg)	187	56.3 ± 7.39
背	筋力 (kg)	181	168 ± 28.4
上	腕屈筋力 (kg)	227	32.9 ± 4.67
脚	伸展力 (kg)	175	68.4 ± 12.2
ロー	イング・ストレンクス (kg)	169	165 ± 26.6
最大	無酸素パワー (watt)	191	960 ± 119
立	位体前屈 (cm)	172	14.2 ± 6.62

6分間の最大ローイングから得られる項目は、表2に示すとおりである。ローイング・パワーは136～260wattの範囲にあって、その平均値は203wattである。最大酸素摂取量は4.20 ℓ/minで、初期の1分値を除いた平均酸素摂取量は4.08 ℓ/minで、この平均酸

素摂取量の最大酸素摂取量に対する割合（酸素維持水準）は97.1%である。最大酸素脈は22.8ml/beatで、効率は13.7%である。なお、ここでの効率は初期の1分値を除いた機械的仕事量と平均酸素摂取量から求められた粗効率である。

表2. ボート選手の最大ローイング・テスト成績

項	目	N	平均値 ± 標準偏差
ロー	イング・パワー (watt)	377	203 ± 23.6
最大	酸素摂取量 (ℓ/min)	377	4.20 ± 0.519
平均	酸素摂取量 (ℓ/min)	377	4.08 ± 0.513
酸素	維持水準 (%)	377	97.1 ± 1.67
最大	酸素脈 (ml/beat)	377	22.8 ± 2.90
効	率 (%)	377	13.7 ± 1.02

(2) 競技力の水準からみた体力

377名の選手における実漕の競技力の程度をみると、国際大会出場選手（A群：29名）、全日本の決勝進出選手（B群：63名）、漕歴1.6年以上の選手（C群：235名）および漕歴1.5年以下の選手（D群：50名）で構成されている。これら競技力の水準別に体力をみると、表3のとおりである。

身長、体重ともA群で最も優れているが、これらはA群とB群ではあまり変わらない。この2群に比べて、C群およびD群の身長と体重はかなり劣っており、これらの差は有意であった。背筋力、ローイング・ストレンクス、立位体前屈の値はA群で最も大きく、これらはB群、C群、D群の順に小さくなっていく。背筋力および立位体前屈ではA群とB群がC群とD群に対してそれぞれ有意な差がみられ、ローイング・ストレンクスではいずれの群間とも有意な差がみられた。

最大無酸素パワーおよび最大酸素摂取量は、A群、B群、C群、D群の順に小さくなっていく。C群とD群との差を除いて、いずれも有意な差がみられた。効率はいずれの群とも平均値では変わらないが、A群では他の群と比べてその標準偏差が小さい特徴がある。

このように、実漕の競技力の水準が高い選手ほど優れた形態と機能値を有していること

表3. 競技力の水準別にみたボート選手の体力

	身長 (cm)	体重 (kg)	背筋力 (kg)	ローイング・ ストレンクス (kg)	立位 前屈 (cm)	最大無酸素 パワー (watt)	最大酸素 摂取量 (ℓ /min)	効率 (%)
A群	180.7 \pm 3.51 (N=29)	78.9 \pm 4.21 (N=29)	188 \pm 21.7 (N=21)	192 \pm 19.3 (N=23)	18.1 \pm 5.76 (N=21)	1086 \pm 96 (N=28)	4.95 \pm 0.308 (N=29)	13.6 \pm 0.64 (N=29)
B群	180.0 \pm 5.13 (N=63)	76.8 \pm 6.75 (N=63)	186 \pm 23.9 (N=46)	183 \pm 19.9 (N=46)	16.4 \pm 6.22 (N=38)	1014 \pm 85 (N=47)	4.66 \pm 0.357 (N=63)	13.8 \pm 0.98 (N=63)
C群	174.8 \pm 5.06 (N=233)	70.5 \pm 6.04 (N=234)	158 \pm 25.3 (N=86)	153 \pm 20.7 (N=80)	13.1 \pm 6.06 (N=95)	908 \pm 98 (N=89)	4.04 \pm 0.428 (N=234)	13.7 \pm 1.07 (N=234)
D群	175.0 \pm 4.92 (N=51)	69.2 \pm 5.07 (N=51)	152 \pm 24.5 (N=28)	142 \pm 16.5 (N=20)	10.6 \pm 7.52 (N=18)	907 \pm 112 (N=27)	3.95 \pm 0.428 (N=51)	13.8 \pm 0.96 (N=51)

が認められる。また、全日本クラスの選手の体力水準は高いものの、国際大会出場者に比べると、やはりいくつかの項目で劣っている体力像であることが明らかである。

(3) ローイング・パワーの得点からみた体力

377名の選手のローイング・パワーは、その平均値と標準偏差を用いて10段階の評価基準が設定されている¹¹⁾。このパワー得点別に形態および機能値をみると、図1、図2および図3のとおりである。

図1には、身長および体重をパワー得点別の平均値で示している。身長はパワー得点1から3にかけての選手ではあまり変わらないが、それより高い得点の選手ではパワー得点が大きくなるほど高くなり、パワー得点9の選手で最も高い(182.3cm)。体重はパワー得点の高い選手ほど大きくなっており、10点の選手で最も大きい値(81.5kg)である。

図2には、ローイング・ストレンクスおよび背筋力をパワー得点別の平均値で示している。ローイング・ストレンクスはパワー得点2の選手で最も小さいが、それを除くと1から4にかけての選手ではほぼ同じである。そ

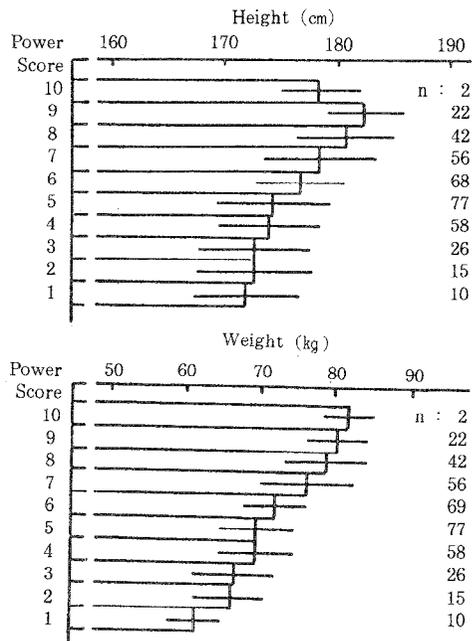


図1. パワー得点別にみた身長および体重

れ以上のパワー得点のある選手では、得点が高くなるほど大きくなり、10点の選手で最も大きい(207kg)。背筋力はパワー得点の上位にある選手ほど大きい傾向にあり、10点の選

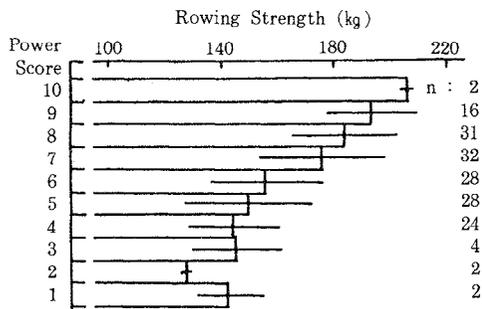


図2. パワー得点別にみたローイング・
ストレッチスおよび背筋力

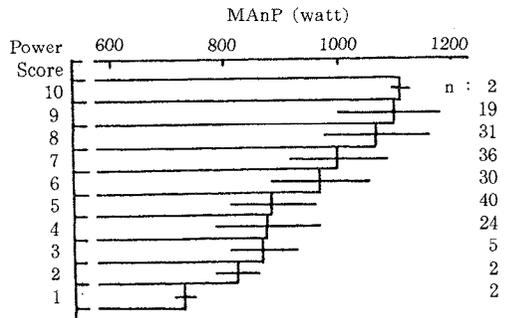


図3. パワー得点別にみた最大無酸素パワーおよび
最大酸素摂取量

手で最も大きい(205kg), 下位の得点にある選手では必ずしも得点の高さが大きさに対応していない。

図3には、無酸素的および有酸素的能力をパワー得点別の平均値で示している。最大無酸素パワーはパワー得点の高い選手ほど大きくなる傾向にあり、また最大酸素摂取量は明らかにパワー得点が高くなるにつれて大きくなっている。いずれの項目とも、10点の選手で最も大きい値である(1114wattおよび5.25 l/min)。

これらのことから、陸上でのエルゴメータによる作業成績には形態はもちろんのこと、筋力の大きさが反映されているとともに、無酸素的および有酸素的能力の高低が明らかに反映されているのである。

3. ボート選手の体力評価

(1) 体力構造の検討

ボート競技に要求される体力要素を検討するために、1986年のアジア大会の選手選考に先だって実施された日本漕艇協会主催の体力測定に、各所属団体の推薦をうけて全国から

集まったボート選手のデータが分析に用いられた。これらの選手の年齢は19~26歳の範囲にあり、大学生21名と社会人34名の計55名である。

これらの選手を対象に測定された項目は、①身長、②指極、③上肢長、④下肢長、⑤体重、⑥胸囲、⑦前腕囲、⑧上腕囲、⑨大腿囲、⑩下腿囲、⑪体脂肪率、⑫除脂肪体重、⑬握力、⑭背筋力、⑮上腕屈筋力、⑯脚伸展力、⑰垂直跳び、⑱ローイング・ストレッチス、⑲反復横跳び、⑳立位体前屈、㉑全身反応時間、㉒PWC170、㉓最大酸素摂取量、㉔最大換気量、㉕最大無酸素パワーである。これらの項目は、いずれも前報⁷⁾に準じて測定された。

これら25項目の基本統計量は表4に示すとおりであり、体力構造を明らかにするために因子分析法が適用された。因子分析にあたっては25項目の相関行列を求め、これに主成分分析を施し、固有値1.00以上の主成分に対して normal varimax 基準による直行回転を施し、因子を抽出した。

表5には、因子負荷量行列を示している。

表4. 25項目の基本統計量

項	目		平均値	標準偏差	最大値	最小値
1)	身長	(cm)	181.4	3.90	190.6	171.5
2)	指極	(cm)	183.5	5.27	199.9	170.0
3)	上肢長	(cm)	78.8	2.53	87.4	72.8
4)	下肢長	(cm)	85.5	3.16	96.5	79.2
5)	体重	(kg)	78.9	5.57	92.2	68.9
6)	胸囲	(cm)	95.5	4.22	106.5	85.5
7)	前腕囲	(cm)	27.6	1.40	30.6	23.9
8)	上腕囲	(cm)	29.1	1.76	33.0	24.4
9)	大腿囲	(cm)	57.9	2.60	64.7	53.4
10)	下腿囲	(cm)	38.7	1.62	43.0	35.6
11)	体脂肪率	(%)	11.5	1.64	19.6	8.4
12)	除脂肪体重	(kg)	69.8	4.26	77.9	61.4
13)	握力	(kg)	60.0	6.72	76.5	49.4
14)	背筋力	(kg)	189	21.5	232	145
15)	上腕屈筋力	(kg)	33.1	3.67	42.3	26.3
16)	脚伸展力	(kg)	70.6	13.35	110.6	44.6
17)	垂直とび	(cm)	63	6.7	88	52
18)	PWC 170	(kpm/min)	1514	183.3	2000	1189
19)	立位体前屈	(cm)	15.8	6.33	27.5	2.5
20)	反復横とび	(point)	47	3.23	53	34
21)	全身反応時間	(sec)	0.280	0.0291	0.392	0.219
22)	ローイング・ストレングス	(kg)	186	19.4	224	136
23)	最大無酸素パワー	(watt)	1063	88.0	1246	865
24)	最大酸素摂取量	(l/min)	4.73	0.341	5.30	3.95
25)	最大換気量	(l/min)	155	10.9	186	135

固有値が1.0以上を示した因子は5因子であった。第1因子では大腿囲、体重、上腕囲、除脂肪体重、体脂肪率、下腿囲、前腕囲、胸囲、最大無酸素パワーの順に因子負荷量が大きく、この因子は量周育因子と解釈できるが、最大無酸素パワーが含まれていることから、筋量を反映する因子であるように考えられる。第2因子では、指極、上肢長、身長、下肢長の順に因子負荷量が大きい。これは、長育因子と解釈できる。第3因子では、背筋力、上腕屈筋力、握力の順に因子負荷量が大きく、これは筋力因子と解釈できる。第4因子では、最大酸素摂取量および最大換気量の因子負荷量が大きく、有酸素能力因子と考えられる。

第5因子では、立位体前屈のみに高い因子負荷量が認められ、これは柔軟性因子と考えられる。

これら5因子による累積寄与率は90.2%であり、かなりの高率を示している。したがって、一流のボート選手の体力の構造的特性としては、量周育、長育、筋力、有酸素能力および柔軟性の5領域に集約されることになる。

(2) 体力の評価項目とプロフィール

ローイング・パワーは実漕の競技力をかなり反映していることから¹¹⁾、このパワー発揮に關与する要素の絶対容量による評価(体力容量)とともに、それらの要素のトレーナ

表 5. 因子負荷量行列

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
大 腿 囲	0.922	0.004	0.001	0.046	-0.032
体 重	0.918	0.240	0.162	0.046	-0.054
上 腕 囲	0.805	-0.202	0.219	0.068	0.001
除 脂 肪 体 重	0.795	0.279	0.322	0.136	-0.022
体 脂 肪 率	0.760	-0.047	-0.368	-0.230	-0.121
下 腿 囲	0.701	-0.009	0.129	0.193	-0.008
前 腕 囲	0.622	-0.224	0.507	0.244	-0.110
胸 囲	0.565	0.082	0.152	0.106	0.125
最大無酸素パワー	0.519	0.056	0.388	0.239	0.191
指 極	0.058	0.906	0.130	0.120	0.171
上 肢 長	-0.062	0.875	0.078	0.152	0.137
身 長	0.212	0.813	0.069	0.083	-0.107
下 肢 長	-0.095	0.708	0.086	-0.099	-0.124
背 筋 力	0.040	0.041	0.676	0.105	0.120
上 腕 屈 筋 力	0.320	0.130	0.669	0.079	0.041
握 力	0.109	0.265	0.664	0.049	-0.163
最大酸素摂取量	0.195	0.028	0.190	0.818	0.208
最大換気量	0.085	0.106	0.068	0.575	-0.049
立位体前屈	-0.112	0.042	-0.037	0.086	0.718
寄 与 率 (%)	42.4	20.6	12.1	8.5	6.6
累積寄与率 (%)	42.4	63.0	75.1	83.6	90.2

ピリティからの評価（体力改善）が重要である。ローイング・パワーは、基本的には有酸素および無酸素エネルギー容量の大きさ、つまりこれらを反映する能力でほとんど説明できるように推察される。また、体格（体組成）、筋力あるいはサイバネティックな要素の関与もあって、これらの要素は体力の全体像を表すためにも必要となる。しかし、これらの要素はできるだけ簡便な測定から評価できることが望まれる。

このようなことから、ボート選手の体力容量を表わす項目としては、最大酸素摂取量および最大無酸素パワーをベースに、身長、体重、握力および立位体前屈をとりあげることにした。これら6項目は、さきに示した一流ボート選手（55名）の体力構造において、量周育領域から2項目が選ばれ、長育、筋力、有酸素能力、柔軟性領域からそれぞれ1項目が選

ばれていることになる。なお、これら55名の選手における6項目を独立変数とし、それらのローイング・パワーを説明変数とする重回帰分析を試みているが、有意な重相関係数（0.746）が得られており、漕力はこれらの体力容量項目で説明できることが確かめられている。

また、体力の改善のための項目については、形態では筋の量的な背景から体重に対する除脂肪体重の割合を、握力では前腕囲あたりの相対値を、無酸素的および有酸素的能力では体重あたりの相対値を、循環系を配慮するために最大酸素脈を、スキルの面から効率をとりあげることにした。

これらの項目では平均値（表1および表2）をもとに1/2標準偏差で区分する評価基準を作成し、最も低い値から1点とする10段階の体力得点による評価を採用し、これらを用

いて体力容量および改善プロフィールを作成した。

図4には、異なるローイング・パワーを有する2選手の体力プロフィールを示している。図の上は坂田選手（インテック）の場合であり、ローイング・パワーの得点は9点である。下が戎選手（関西大学）の場合であり、パワーの得点は5点である。坂田選手はソウルオリンピック大会を始めとして多くの国際大会に出場しており、ボート選手の中では極めて優れた体力容量を有している。これらのプロフィールにはローイング・パワーを支える体力容量の大きさが反映されているとともに、体力の改善の余地も残されていることが認められる。

4. ボート選手の体力診断システム ボート競技の漕能力の評価では実漕にフィッ

トした漕運動からのパフォーマンスとともに、それを支える体力水準を明らかにすることが重要である。そのために、ローイング・パワーの評価とともに体力の容量あるいは改善のための適切な評価が必要となる。

前報¹⁰⁾で明らかのように、ローイング・テストでは測定の実自動化が図られている。すなわち、Gamut型エルゴメータ（新日本産業）およびエアロビック・プロセッサ（日本電気三栄，391）がパーソナル・コンピュータ（NEC，PC-9801，VM21）に接続され、機械的出力値および呼吸循環機能値が自動入力されている。ローイング・テストで直接に測定される項目以外は、測定に先立ってデータが入力される。

実際の測定では、測定日、測定時間、測定者名、年齢、性別を入力させ、形態項目とし

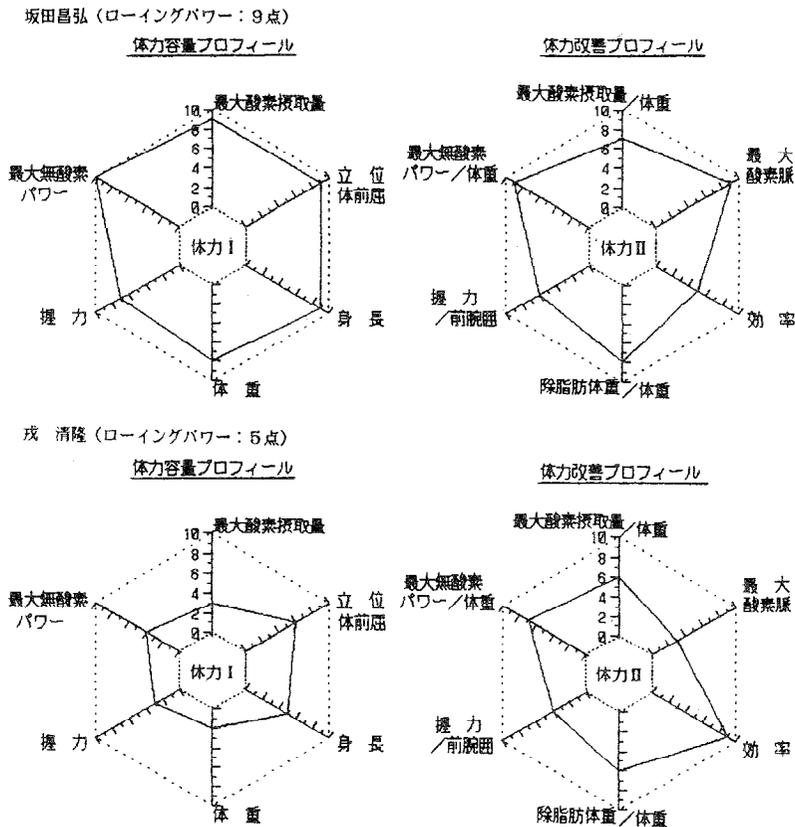


図4. 体力容量および改善プロフィール

て身長、体重、指極、皮下脂肪厚（上腕背部および肩甲骨下縁部）値が入力される。今回の体力評価を試みるためには、握力、上腕囲、立位体前屈および最大無酸素パワー値を新た

に入力させる必要が生じ、従来のプログラムソフトに改良を加えることによって、ローイング・テストにおける各選手のファイルから体力診断票が作成されることになる。

氏名	桐山正照
所属	東レ滋賀
性別	男
年齢	19
測定年月日	1989. 2. 4

ローイング・パワーの評価

項目	実測値	得点
総回転数 (rev.)	3864	10
パワー換算(watt)	252	

体力の評価

[体力I]

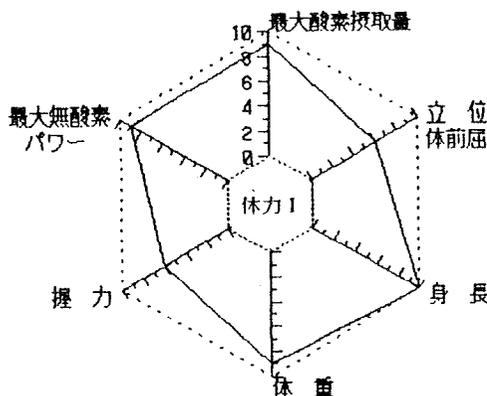
項目	実測値	得点
身長 (cm)	191.4	10
体重 (kg)	85.0	9
握力 (kg)	57.3	6
最大無酸素 パワー (watt)	1151	9
最大酸素 摂取量 (l/min)	5.016	9
立位体前屈 (cm)	14.5	6
体力I平均得点		8.2

[体力II]

項目	実測値	得点
体重当り 除脂肪体重 (%)	90.0	8
前腕囲当り 握力 (kg/cm)	2.04	7
体重当り最大 無酸素パワー (w/kg)	13.5	6
体重当り最大酸素 摂取量 (ml/kg/min)	59.0	6
最大 酸素脈 (ml/beat)	26.1	8
効 率 (%)	14.6	5
体力II平均得点		6.7

コメント

体力容量プロフィール



体力改善プロフィール

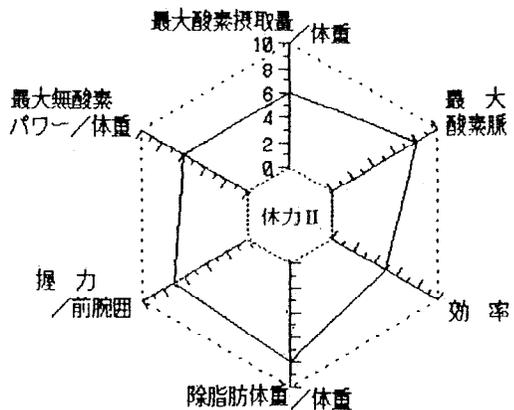


図5. 体力診断票の1例

図5には、このシステムによる体力診断票の1例(桐山選手:東レ滋賀)を示している。ローイング・パワーの評価とともに体力がIとIIで評価されている。体力Iの項目からは容量プロフィールが、体力IIの項目からは改善プロフィールが作成されている。ここで評価される得点は、日本のボート選手の中での位置づけとなり、その評価に基づいてトレーニング・アドバイスが加えられる。

この体力診断システムの開発によって、競技力向上にむけての選手の発掘あるいは育成を図る基盤が確立されたことになる。今回は男子の大学生および社会人を対象としているが、これらに準じて女子選手あるいはジュニア選手の評価法を確立させることができよう。また、血液性状、心電図所見などの健康管理を含めた項目を加えることによって、総合的体力診断システムを構築することを検討している。

5. 総 括

ボート選手のローイング・パワーを支える体力について、これまでに測定されたデータを用いて分析し、体力評価についての検討を試みた。

(1) 男子ボート選手の体力像が、377名の大学生および社会人の平均値で示された。これらの体力値は実漕の競技力およびローイング・パワーの水準の高い選手ほど多くの項目で優れていることが明らかにされた。

(2) 競技力の高い水準にある55名の選手における25項目の形態および機能値について、因子分析法を適用させたところ、量周育、長育、筋力、有酸素能力および柔軟性の5領域に集約された。

(3) 体力の容量を表わす項目は、身長、体重、握力、最大無酸素パワー、最大酸素摂取量および立位体前屈とした。また、体力の改善のための項目は、体重に対する除脂肪体重の割合、前腕囲あたりの握力、体重あたりの最大無酸素パワー、体重あたりの最大酸素摂

取量、最大酸素脈および効率とした。

(4) これらの項目は377名の平均値と標準偏差をもとに10段階に得点化され、体力容量および改善プロフィールとして作成された。

(5) これらの体力評価のために、従来のローイング・テストの自動化に改善が加えられ、体力診断システムが構築された。

文 献

- 1) Brožek, j., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 113-140, 1963.
- 2) Hagerman, F. C.: Applied physiology of rowing. Sports Medicine, 1, 303-326, 1984.
- 3) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese youngmen and women. Human Biol., 36, 8-15, 1964.
- 4) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 玄田公子, 吉田瑞穂: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (1)クルー別にみた体力特性, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 59-72, 1984.
- 5) 岡本進, 寄本明, 玄田公子, 吉田瑞穂, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 古川宗寿, 清水啓司, 宇部一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (2)トレーニングに伴う1年間の体力推移, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 5, 94-102, 1985.
- 6) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武部吉秀, 清水啓司, 古川宗寿, 堀内哲, 玄田公子, 吉田瑞穂, 宇部一: ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究, (3)東レエイトの体力について, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 6, 19-25, 1986.
- 7) 岡本進, 寄本明, 佐藤尚武, 宮本孝, 武

- 部吉秀，清水啓司，古川宗寿，堀内哲，吉田瑞穂，宇部一：ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究，(4)日本の一流女子漕手の体力について，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要，No.7，14-22，1987.
- 8) 佐藤尚武，寄本明，山崎元，古川宗寿，岡本進，玄田公子，吉田瑞穂，宮本孝，清水啓司，武部吉秀：ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究，(5)日本とアメリカの一流女子漕手における体力比較，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要，No.8，41-47，1988.
- 9) 佐藤尚武，北村裕一，八木佐知男，辻延浩，古川宗寿，堀内哲，岡本進，武部吉秀：ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究，(6)最大無酸素性パワーの競技水準別検討，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要，No.8，48-54，1988.
- 10) 佐藤尚武，岡本進，古川宗寿，武部吉秀：ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究，(7)ローイング・テストの改善，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要，No.9，61-64，1989.
- 11) 佐藤尚武，岡本進，宮本孝，寄本明，吉田瑞穂，玄田公子，古川宗寿，萬俊一，武部吉秀：ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究，(8)男子6分漕におけるローイング・パワーの評価基準，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要，No.9，65-71，1989.
- 12) 角田俊幸：6分間ローイングのエネルギー需給関係，昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No.Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究—第3報—，No.6漕艇，107-111，1979.

婦人体操クラブの活動における運動強度

佐藤 尚武・宮本 孝 (滋賀大学)
 岡本 進・寄本 明 (滋賀県立短期大学)
 武部 吉秀 (京都大学)

1. はじめに

現代生活における仕事や労働に伴なう作業の省力化は、日常生活全般にわたっての運動不足をますます増加させている。運動不足は単に活動水準の低下を招いているのではなく、今日では、運動不足に起因する疾病 (Hypokinetic Disease) をひきおこし、なかでも退行性の心臓血管系疾患の増加が指摘されている¹⁾。このことは、中高年における体力の退行過程では、基本的に呼吸循環系の刺激となる運動が望ましいことを示唆している。

ところで、運動が生体にどの程度の刺激を与えているかを知るには、運動中の酸素摂取量を測定することによって明らかとなるが、実際の場面ではかなり困難である。したがって、日常生活で実施されている運動は、ランニングや歩行などを除いて、その運動強度が明らかでない状態で続けられている場合が少なくない。有効な運動強度が規定されつつある反面、各種の複合運動で構成されている実際の場面では、運動処方にもその強度が必ずしも応用できていないのが現状であろう。

運動中の生体負担度を表わすには、運動中の心拍数と酸素摂取量には直線関係が存在することから²⁾、最近では心拍数の測定から酸素摂取量を推定し、最大酸素摂取量に対する相対的な強度がしばしば用いられる。近年の心拍数の測定機器の開発は、簡便に長時間にわたっての測定を可能にしている。今回は、家庭婦人を対象に、実際の体操クラブにおける活動中の心拍数を測定し、運動強度の推定を試みようとした。

今回の研究では、リズム体操を通して健康づくりに励んでいる野洲町の悠紀体操クラブにおける活動を取りあげた。160名の会員で構成されているこのクラブでは、野洲健康づくり体操研

究会を組織し、独自の指導法を研究しながら活動している。昭和59年度には、社会体育優良団体として文部大臣表彰をうけた。

2. 実験方法の概要

(1) 被験者

被験者は、野洲町在住の37~50才の家庭婦人10名である。これらの被験者は、悠紀体操クラブで、週1回の定例的な活動を続けている。定例的な活動には、1時間コース (Aグループ) と2時間コース (Bグループ) とがあり、指導的な立場にあるメンバーは1時間と2時間コースを継続して活動している (Cグループ)。今回の被験者は、3名がAグループに、4名がBグループに、3名がCグループに属している。被験者の体格および身体組成は、表1に示すとおりである。なお、体脂肪率 (%Fat) は上腕背部と肩甲骨下線部の皮下脂肪厚値を用いて、Nagamineら³⁾およびBrožekら⁴⁾の計算式から推定した。

表1. 被験者の身体特性

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Lohrer's index	%Fat (%)
K.S.*	37	161.0	51.5	123	17.8
A.I.*	39	152.0	56.0	159	32.4
E.D.*	50	154.0	59.5	163	28.4
E.K.**	37	164.0	54.0	122	21.1
T.T.**	37	164.0	56.0	127	26.1
K.S.**	44	153.0	52.5	147	17.8
M.N.**	45	151.5	47.5	137	17.8
H.S.***	42	155.0	49.0	132	19.5
N.I.***	43	161.5	54.0	128	14.9
N.N.***	47	148.5	43.5	133	15.1

* A group ** B group *** C group

(2) 活動中の心拍数の測定

定例的な活動は、Aグループでは9時から、Bグループでは10時から始まる。任意の活動日に、活動中の心拍数を測定した。心拍数は、胸部誘導によって心拍メモリ装置（竹井機器）に記憶させた。記憶させた心拍数は、ハートアナライザーを用いて、グラフィックプリンターに出力させた。

また、活動中には被験者の動きをVTR（ソニー、ベータマックス）に録画し、再生して運動分析に用いた。

なお、測定は、昭和59年11月1日の9時から12時にかけて、野洲町総合センターの児童館で実施した。測定時の室温は、17～19℃であった。

(3) 最大運動テスト

最大酸素摂取量および最大下の心拍数と酸素摂取量との関係式を求めるために、自転車エルゴメーター（モナーク社）を用いて、負荷漸増法による最大運動テストを実施した。

負荷を漸増する目安には、心拍数を用いた。すなわち、胸部誘導による心電図を監視しながら（三栄測器、モニタースコープおよびプルスインジケーター）、毎分の心拍数が100、130および160拍前後になるような3段階の運動を、回転数50rpmで4分間ずつ負荷した。その後は0.25kpずつ負荷を漸増させ、ペダリングがリズムにあわなくなる all-out 状態まで継続させた。

酸素摂取量の測定は、ダグラスバッグ法によった。呼気の採集は、運動開始3分、7分および11分目からのそれぞれ1分間と、12分以後は1分ごとに連続して採気した。呼気量は乾式ガスメーター（関西ガス、KB50）で測定し、呼気の分析はショランダー微量ガス分析装置によった。呼気ガス採気中には心電図を記録し、心拍数は1分間のR棘の全数から求めた。

なお、測定は、昭和59年10月27日の9時から12時にかけて、野洲町老人福祉センターで実施した。測定時の室温は、18～20℃であった。

表 2. 体操クラブにおける活動内容

時間(分)	プログラム	使用音楽
(9:00)	m: ミーティング	
16	W:ウォーミングアップ (ジョギング,レクダンス)	ユー・シュッド・ビー・ダンシング
24	A:エアロビクトレーニング (エアロビクダンス,3曲)	情熱物語 スターダスト・キッス マンマ・マリヤ
35	S:ストレッチング	レディ・レディ・レディ 愛のテーマ ベンのテーマ
44	M:筋力トレーニング (腹筋と背筋運動)	朝日のプロローグ ゲット・オン・ザ・フロア
52	R:心身のリラククス (レクダンス)	君たちキウィ・パパイヤ・マンガだね
56	m: ミーティング	
(10:00)	m: ミーティング	
(10:00)	m: ミーティング	
4	W:ウォーミングアップ (ジョギング,レクダンス,ストレッチング)	スーパー・フリーク 君たちキウィ・パパイヤ・マンガだね みじかくも美しく燃え
20	A:エアロビクトレーニング (エアロビクダンス,4曲)	ファンータ 情熱物語 スターダスト・キッス マンマ・マリヤ
35	M:筋力トレーニング (柔軟運動,腹筋と背筋運動)	ララのテーマ 恋はくせもの レディ・レディ・レディ 愛のテーマ
51	Cl:こん棒体操 (個人単位の基礎技術練習 グループ単位の部分技術練習 全員による作品練習)	チル・アウト
79	G:ゲーム (ハンカチとりゲーム)	ジョイ・スティック
95	R:心身のリラククス (レクダンス)	ユ・シュッド・ビー・ダンシング
102	Co:クーリングダウン	16小節の恋
111	m: ミーティング	
(12:00)	m: ミーティング	

3. 実験成績

(1) 活動中の心拍数変動

表2には、AおよびBグループの活動内容を示している。活動にはいづれも音楽が用いられ、参考までにプログラムごとの使用音楽を表にあげている。Aグループは、通常であれば9時に開始されるが、測定日には準備などで手間どり、実際の活動は9時16分からである。ウォーミングアップ(8分)後に、エアロビクトレーニング(11分)となり、次いでストレッチング(9分)、筋力トレーニング(8分)、リラクゼーション(4分)となり、総活動時間は40分である。

Bグループでは、ウォーミングアップが10時4分に始まり、クーリングダウンが11時51分に終了し、総活動時間は107分である。その内容は、エアロビクトレーニング(15分)から筋力トレーニング(16分)となり、次いでこん棒体操となる。こん棒体操では28分間所要しているが、個人の基礎技術練習、グループ単位での部分的な技術練習、全体としての作品練習から構成されている。そのあとは、ゲーム(16分)とリラクゼーション(7分)である。

Cグループでは、Aグループの活動とBグループの活動を継続して実施しており、総活動時間は147分である。

AおよびBグループにおける活動中の心拍数変動の1例を、それぞれ図1および図2に示している。AグループのK.S.では、エアロビクダンス中に最高心拍数(156拍/分)がみられ、ストレッチング中の心拍数が最も低い。平均心拍数は、117拍/分である。BグループのT.T.では、エアロビクダンス中に最高心拍数(155拍/分)がみられ、次いでウォーミングアップ中のレクダンス時に心拍数が高い。筋力トレーニング中のストレッチング時に心拍数は最も低く、平均心拍数は114拍/分である。

図3は、Cグループにおける活動中の心拍数変動の1例である。H.S.の心拍数は、Aグループでの活動時のエアロビクダンス中に最も高いレベルにある。Bグループでの活動時の筋力トレーニングの後半(ストレッチング)からこ

ん棒体操の前半(技術練習)にかけて、心拍数は最も低いレベルにある。Aグループでの活動時の平均心拍数は133拍/分で、Bグループでの活動時のそれは120拍/分である。また、147分間の活動中の平均心拍数は123拍/分である。

プログラムごとに各被験者の平均心拍数を求めると、表3のとおりになる。Aグループの活動では、いずれの被験者ともエアロビクダンス中の平均心拍数が最も高く、138~162拍/分を示している。次いで、リラクゼーションでのレクダンス中に高く、128~147拍/分を示している。Aグループで活動した6名の平均値でみると、ウォーミングアップでは117拍/分、エアロビクトレーニングでは151拍/分、ストレッチングでは107拍/分、筋力トレーニングでは118拍/分、リラクゼーションでは138拍/分である。

Bグループの活動をみると、平均心拍数はエアロビクダンス中に最も高く、130~167拍/分を示している。次いで、ウォーミングアップの平均心拍数が高い。多くの被験者では、筋力トレーニング中およびこん棒体操中の平均心拍数が低い。Bグループで活動した7名の平均値でみると、ウォーミングアップでは134拍/分、エアロビクトレーニングでは148拍/分、筋力トレーニングでは112拍/分、こん棒体操では113拍/分、ゲームでは115拍/分、リラクゼーションでは119拍/分、クーリングダウンでは120拍/分である。

(2) 活動中の運動強度の推定

表4には、自転車エルゴメーターによる最大下の運動でえられた心拍数と酸素摂取量を示している。3段階の負荷強度は心拍数を目安に設定されたが、各段階における心拍数は被験者によって必ずしも一定ではなく、とくに強い負荷の段階では個人による差が大きくなっている。また、表4には、最高心拍数と最大酸素摂取量をあげている。最高心拍数は、165~205拍/分の範囲で、かなり個人差がある。最大酸素摂取量は1.490~1.889 l/minの範囲で、体重当りで見ると、27.57~38.55ml/kg・minの範囲にあ

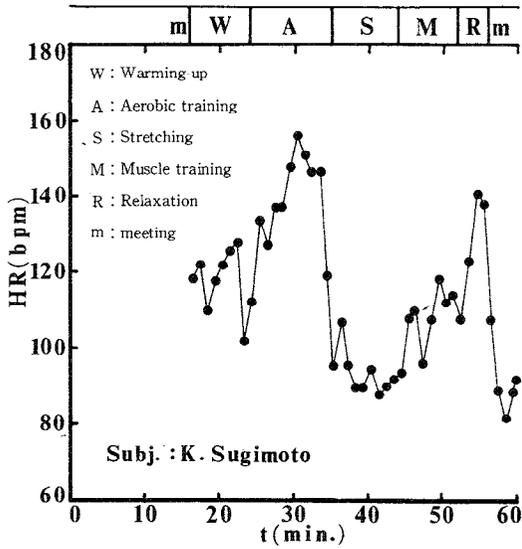


図1. 活動中の心拍数変動(Aグループ)

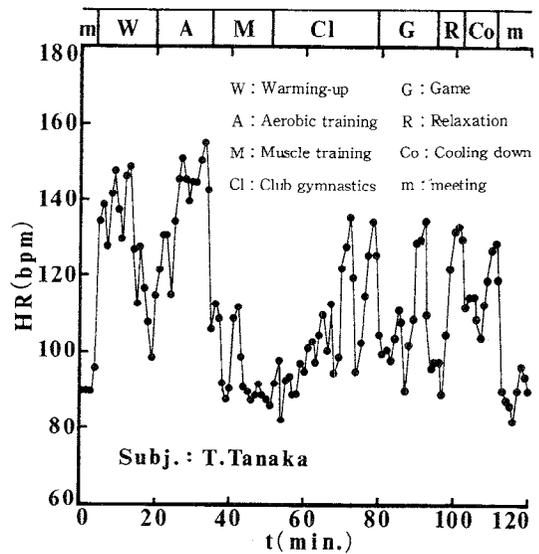


図2. 活動中の心拍数変動(Bグループ)

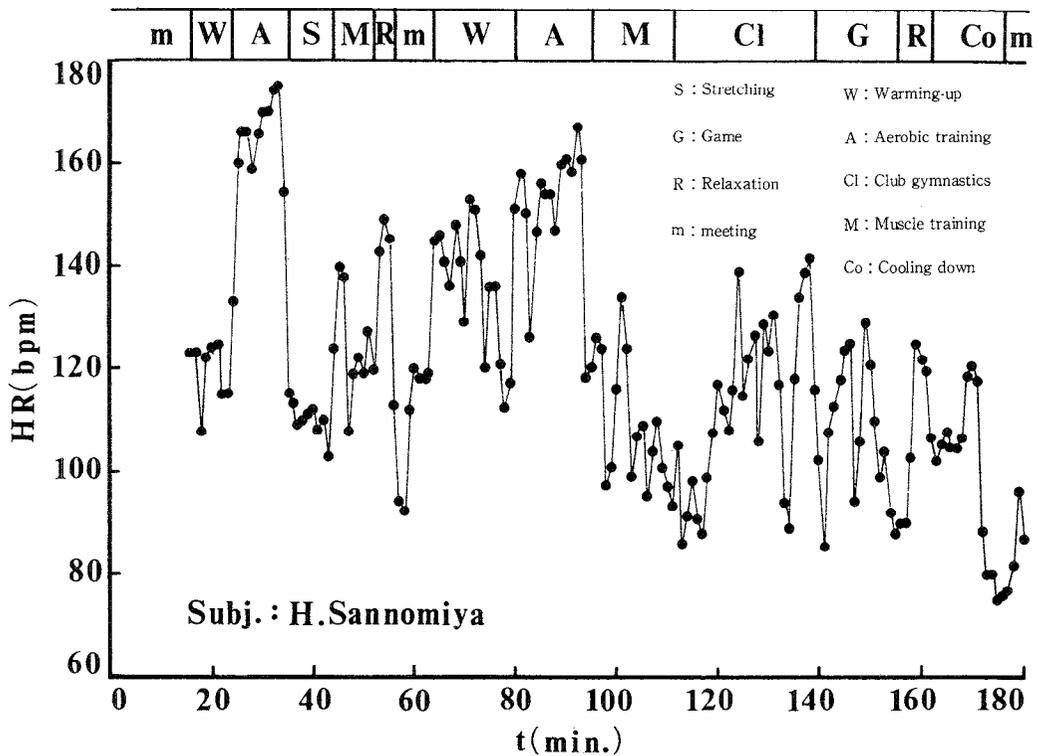


図3. 活動中の心拍数変動(Cグループ)

る。
最大下の定常状態における心拍数と酸素摂取量との関係を、図4に示している。1例(Subj:

M.N.)では、運動時の酸素摂取量に対する心拍数がかなり高いが、残りの9名では、ほぼ両者の関係が重なっている。この関係から、各被験

表 3. 活動中のプログラム別にみた平均心拍数

Group	Subject	Warm-ing up	Aerobic training	Stretch-ing	Muscle training	Relaxation		
A	K. S.	118	138	94	107	128		
A	A. I.	114	144	117	124	145		
A	E. D.	116	146	104	119	131		
C	H. S.	119	163	110	125	139		
C	N. I.	122	159	109	122	139		
C	N. N.	113	154	106	111	147		
	Mean	117.0	150.7	106.7	118.0	138.2		
	S. D.	3.3	9.6	7.6	7.4	7.5		

Group	Subject	Warm-ing up	Aerobic training	Muscle training	Club gym-nastics	Game	Relaxation	Cooling down
B	E. K.	124	130	105	110	115	109	110
B	T. T.	129	138	95	106	108	116	116
B	K. S.	115	133	101	97	100	103	104
B	M. N.	144	168	128	128	130	139	136
C	H. S.	136	151	110	112	109	105	109
C	N. I.	145	146	110	115	120	129	130
C	N. N.	148	167	134	121	124	134	136
	Mean	134.4	147.6	111.9	112.7	115.1	119.3	120.1
	S. D.	12.3	15.4	14.2	10.1	10.3	14.6	13.6

Values are mean heart rate (beats per minute).

者の任意の心拍数における酸素摂取量を推定することができる。

心拍数と酸素摂取量の関係からえられた回帰方程式を用いて、活動中の平均心拍数から推定した酸素摂取量は、表 5 のとおりである。運動強度は、その酸素摂取量が最大酸素摂取量の何%に相当しているかを% $\dot{V}O_2$ max であらわしている。Aグループにおける40分間の運動強度は53~64%の範囲にあり、その平均値は57.3%である。Bグループにおける107分間の運動強度は、34~46%の範囲にあり、その平均値は40.3%である。Cグループにおける147分間の運動強度は、52~61%の範囲にあり、その平均値は56.5%である。

表 6 には、プログラム別にみた運動強度を示している。Aグループの活動での運動強度は、最大酸素摂取量に対してエアロビックダンスでは69~84%の範囲にあって最も高い。次いで、

リラクゼーションのレクダンスで高く、64~77%の範囲にある。運動強度を6名の平均値で見ると、ウォーミングアップ(8分)で51.4%、エアロビックトレーニング(11分)で77.5%、ストレッチング(9分)で43.0%、筋力トレーニング(8分)で52.0%、リラクゼーション(4分)で70.2%となる。

Bグループの活動での運動強度は、最大酸素摂取量に対してエアロビックダンス中で53~86%の範囲にあって最も高い。次いでウォーミングアップで高く、42~72%の範囲にある。運動強度を7名の平均値で見ると、ウォーミングアップ(16分)では57%、エアロビックトレーニング(15分)では67%、筋力トレーニング(16分)では39%、こん棒体操(28分)では40%、ゲーム(16分)では41%、リラクゼーション(7分)では45%、クーリングダウン(9分)では46%である。

表 4. 自転車エルゴメーターによる運動負荷中の心拍数と酸素摂取量の変動

Subject	1st stage(3'~4')			2nd stage(7'~8')			3rd stage(11'~12')			Exhaustion		
	Load	HR	$\dot{V}O_2$	Load	HR	$\dot{V}O_2$	Load	HR	$\dot{V}O_2$	HRmax	$\dot{V}O_{2max}$	
	kp	bpm	l/min	kp	bpm	l/min	kp	bpm	l/min	bpm	l/min	ml/kg·min
K. S.	1.25	112	0.813	1.75	145	1.215	2.25	159	1.416	165	1.658	32.19
A. I.	1.25	105	0.728	2.0	156	1.328	2.5	175	1.459	175	1.544	27.57
E. D.	0.75	104	0.595	1.5	124	0.938	2.25	144	1.310	172	1.684	28.30
E. K.	1.25	119	0.769	2.0	138	1.111	2.75	159	1.506	182	1.845	34.17
T. T.	1.0	103	0.647	1.75	134	1.115	2.25	160	1.480	176	1.765	31.52
K. S.	1.0	111	0.620	1.5	124	0.872	2.25	148	1.223	181	1.673	31.87
M. N.	0.5	125	0.516	1.0	142	0.698	1.5	161	0.945	205	1.490	31.37
H. S.	1.0	109	0.810	1.75	140	1.172	2.5	177	1.573	196	1.889	38.55
N. I.	1.0	103	0.711	1.5	128	1.035	2.25	153	1.396	179	1.814	33.59
N. N.	1.0	112	0.696	1.5	131	0.886	2.0	154	1.110	186	1.587	36.48

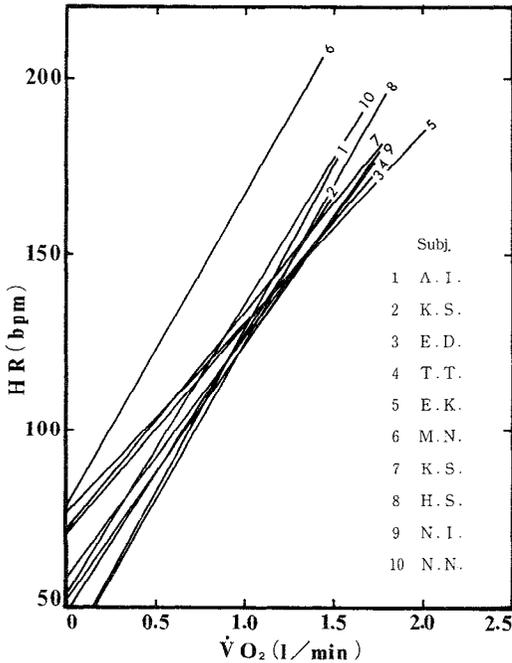


図 4. 心拍数と酸素摂取量との関係

図 5 および図 6 には、活動時の運動強度をプログラム別に平均値と標準偏差であらわしている。Aグループ(図 5)の活動では、最大酸素摂取量に対して70%以上の強度を示した時間は15分を占め、50%以上の強度は31分にわたっている。Bグループ(図 6)の活動では、65%以上を示した強度は15分間あり、50%以上の強度

表 5. 心拍数の変動から推定された運動強度

Group	Subject	Measured HR (bpm)	Estimated $\dot{V}O_2$ (l/min)	% $\dot{V}O_{2max}$
A	K. S.	117	0.871	52.5
	A. I.	128	0.981	63.5
	E. D.	124	0.940	55.8
	Mean	123.0	0.9307	57.27
	S. D.	5.6	0.0556	5.64
B	E. K.	114	0.676	36.6
	T. T.	114	0.810	45.9
	K. S.	107	0.567	33.9
	M. N.	138	0.668	44.8
	Mean	118.3	0.6803	40.30
C	S. D.	13.6	0.0997	5.95
	H. S.	123	0.976	51.7
	N. I.	128	1.040	57.3
	N. N.	133	0.961	60.6
	Mean	128.0	0.9923	56.53
S. D.	5.0	0.0420	4.50	

は31分を占めている。

4. 考 察

体操やダンスなどの運動は、もともと動きづくりにねらいがあって、巧緻性、敏捷性、柔軟性などのサイバネティックな要素が重視されてきた。したがって、これらの運動を通して、全

表 6. 活動中のプログラム別に見た運動強度

Group	Subject	Warm- ing up	Aerobic training	Stretch- ing	Muscle training	Relaxation
A	K. S.	53.6	68.5	34.8	45.2	76.9
A	A. I.	53.8	74.7	56.1	60.6	75.3
A	E. D.	47.6	79.9	34.7	51.0	63.5
C	H. S.	55.3	84.3	49.1	58.8	68.6
C	N. I.	53.1	81.4	43.4	53.0	65.7
C	N. N.	44.9	76.2	39.6	43.4	71.0
	Mean	51.38	77.50	42.95	52.00	70.17
	S. D.	4.13	5.62	8.45	6.96	5.28

Group	Subject	Warm- ing up	Aerobic training	Muscle training	Club gym- nastics	Game	Relaxation	Cooling down
B	E. K.	46.6	52.8	27.6	32.2	34.0	31.4	32.2
B	T. T.	58.4	65.5	30.6	39.2	40.8	47.4	47.6
B	K. S.	42.2	59.7	28.4	24.0	27.3	30.6	31.2
B	M. N.	49.8	68.2	37.5	37.2	38.9	45.9	43.6
C	H. S.	59.1	68.2	43.9	45.0	43.2	41.0	43.1
C	N. I.	70.9	71.6	44.3	48.3	51.5	58.4	59.5
C	N. N.	72.1	86.3	61.4	51.5	53.6	61.2	62.6
	Mean	57.01	67.47	39.10	39.63	41.33	45.13	45.69
	S. D.	11.59	10.43	12.03	9.58	9.26	11.95	12.13

Values are % of $\dot{V}O_2\max$.

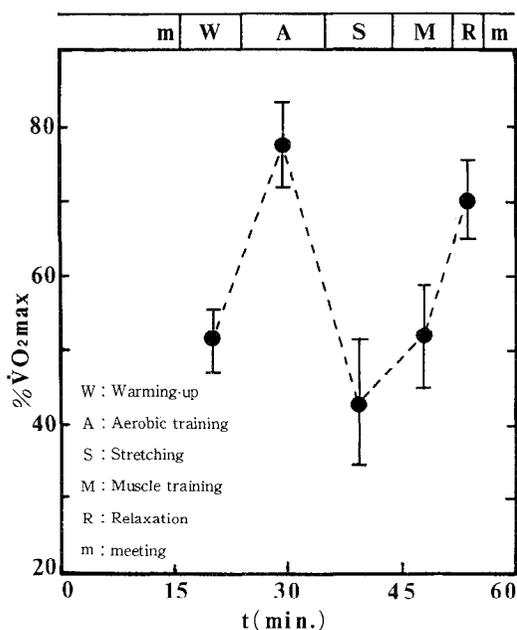


図 5. プログラム別に見た活動中の運動強度の変動(Aグループ)

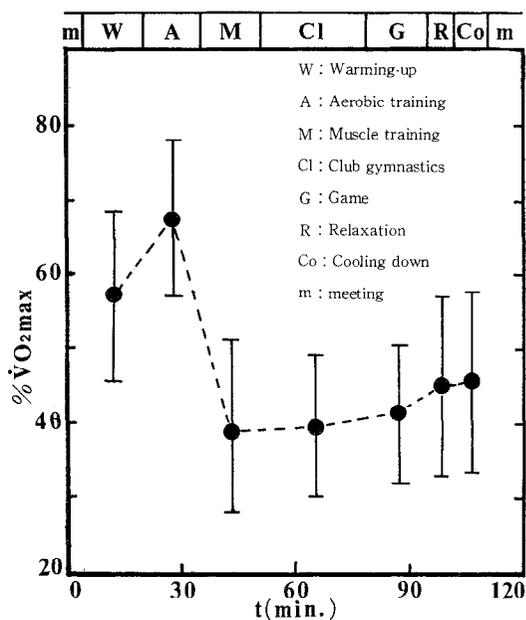


図 6. プログラム別に見た活動中の運動強度の変動(Bグループ)

身持久性の効果をねらいとした報告は少ない。しかしながら、近年のエアロビクスにみられるように、健康づくりに導入される体操やダンス系の動きは、リズム性はもちろんのこと、動きの全身性と持続性が強調されている。ジャズ体操については、山岡の報告¹⁴⁾がある。既製のジャンプ・ステップ系、柔軟系、筋力系、総合系における体操について、それぞれ5分間の運動強度を調べているが、これらの運動強度は最大酸素摂取量の60～82%にあたり、なかでも総合系の動きがかなりハードであることが確かめられている。

今回の活動において、エアロビックダンスはAグループの11分で77.5%の最大酸素摂取量にあたり、Bグループの15分では67.5%に相当し、全身的で持続的な動きの運動強度はかなり高いことがわかる。また、動き慣れたレクダンスがAグループではリラクゼーションに含まれているが、この4分間の運動強度は70%の最大酸素摂取量に相当している。BグループのリラクゼーションはAグループの内容とほぼ同じであるが、この場合には最大酸素摂取量の45%であり、本来のねらいとしている心身のリラックスになっているようである。しかし、Bグループでは動き慣れたレクダンスがウォーミングアップにも導入されており、それによってBグループのウォーミングアップの強度を高くしている(57%の最大酸素摂取量)。このように、リズムミカルな動き慣れたダンスでは、明らかにその強度が高くなることを示している。

全体の活動における運動強度は、Aグループの40分間では最大酸素摂取量の52～64%に相当し、Bグループの107分間では34～46%にあたり、Cグループの147分間では52～61%に相当している。Bグループの活動は他のグループに比較して低い強度であるが、この活動中には15分間にわたる70%近い運動強度が含まれている。したがって、いずれのグループとも運動強度と時間との関係は、体育科学センター方式¹¹⁾による全身持久力向上のための組み合わせを満たしており、ほぼ中程度の運動強度が確保されている。

青木ら¹⁾は、主婦のスポーツ教室における運動強度を調べている。それによると、90～120分の運動でテニスが最大酸素摂取量の57%、バレーボールが52%、卓球が52%である。また、伊藤ら⁷⁾の報告によると、女子大学生の体育授業における60～90分間の運動強度は、最大酸素摂取量に対してソフトボールでは65%、バレーボールでは64%、バドミントンでは57%、卓球では46%である。これらの運動はいずれも球技系であるが、平常の活動内容における運動強度を示している。これらの成績をみると、運動強度は屋内種目より屋外種目で高く、また身体移動の大きい種目ほど高くなる傾向にあるが、今回の婦人体操クラブの活動は球技系のスポーツ教材を内容とする活動に比較して、あまり変わらない運動強度が確保されているようである。

しかしながら、リズム体操を主体とする活動は、音楽のリズムに合わせて、プログラムされた所定の運動を実施するので、身体移動の大きさはあまり期待できないが、個人によってそれぞれの動きの大きさや動きやすさが異なってくる。プログラム別にみた運動強度には、いずれも個人差がかなりみられる。先にも述べたように、動き慣れたレクダンスでは運動強度が高くなる。また、Cグループのリーダー的立場の主婦では、AグループおよびBグループと同じ活動内容であるにもかかわらず、それぞれの運動強度は高くなる傾向にある。これらのことは、動きのダイナミックさの違いや習熟の度合いによって、運動強度が異なることを意味している。したがって、これらの点は実際の運動処方では留意する必要性が示唆される。また、一連の動きからみると、いずれのグループとも活動時の前半における強度が強い傾向にあり、プログラムの構成にあたって多少配慮する必要があるようである。

ところで、心拍数と酸素摂取量との関係は、運動に参加する部位とのかかわりで異なるようである。Stenbergら¹⁰⁾あるいはVokacら¹³⁾の報告は、同じ酸素摂取量に対する心拍数が、脚作業よりも腕作業で高くなることを示している。また、福永ら⁶⁾も各種の運動様式でこれら

の成績を確認しており、参加筋量が少ないほど1回拍出量が小さくなるとする Bevegard らの報告³⁾を支持している。今回の心拍数と酸素摂取量との関係は筋作業によって求められ、その直線性は確認されている。しかし、実際のリズム体操を主体とした活動では、上肢系の表現が多く要求されていることから、運動強度は実測値よりも推定値の方で多少高くなっている可能性が推測される。

いずれにしても、主婦が最大酸素摂取量の50～60%に相当する強度の活動を週1回継続することによって、加齢現象に起因する体力の低下をどの程度抑えることができるかは興味あるところである。Voigt ら¹²⁾によれば、女性の最大酸素摂取量は年平均3%の減少を示すという。佐藤ら⁹⁾の中老年女子における最大下の作業能では、年平均1%前後の低下がみられる。運動が呼吸循環機能の改善にかかわっては、強度と時間と頻度の関係が重要である。青木ら¹⁾は、2年間にわたってスポーツ教室に参加した主婦の最大および最大下の生理的反応には、週1回では必ずしも効果が認められないが、週2回になると、体力の低下を抑える可能性を示唆している。今回の体操クラブの活動は、週1回ではあるが、運動時間を異にする3つのグループからなっている。各グループの活動時間が、運動能力の向上と最大下の運動に対する心拍反応の改善にどの程度の違いをもたらすのかは、興味ある課題として残されている。

5. 要 約

婦人体操クラブにおける運動強度を明らかにするために、37～50才の家庭婦人10名について、任意の活動中における心拍数を調べ、自転車エルゴメーターによってえられた心拍数と酸素摂取量との関係から、活動中の酸素摂取量を求め、最大酸素摂取量に対する運動強度(% of $\dot{V}O_2$ max)が推定された。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) Aグループ(1時間コース, 3名)の活動時間は40分で、Bグループ(2時間コース,

4名)のそれは107分であった。Cグループ(3名)はAグループとBグループの活動を続け、活動時間は147分であった。

(2) 活動中の心拍数の平均値±標準偏差は、Aグループでは123.0±5.6拍/分であり、Bグループでは118.3±13.6拍/分であり、Cグループでは128.0±5.0拍/分であった。いずれのグループともエアロビクトレーニングでの心拍数が多く、その平均心拍数は、Aグループの活動者では138～163拍/分を、Bグループの活動者では130～167拍/分を示した。

(3) 最大酸素摂取量に対する活動中の運動強度は、Aグループでは52.5～63.5%、Bグループでは33.9～45.9%、Cグループでは51.7～60.6%の範囲にあった。

(4) プログラム別の運動強度ではエアロビクトレーニングで最も高く、Aグループの11分間は77.5%、Bグループの16分間は67.5%の最大酸素摂取量に相当していた。次いで高い活動は、レクダンスが用いられたりラクゼーション(Aグループ)とウォーミングアップ(Bグループ)であり、ストレッチングや筋力トレーニングの運動強度は低かった。

(5) プログラムごとの平均運動強度からみると、Aグループの活動者では最大酸素摂取量に対して70%以上の強度を占める時間は15分間で、50%以上の強度を占める時間は31分にわたっていた。Bグループの活動者では65%以上の強度は15分間あり、50%以上の強度は31分間を占めていた。

(6) 体操クラブの定例的な活動は、運動強度と時間の組み合わせからみれば、AおよびBグループでは中等度から軽い運動の範囲にあり、Cグループでは中等度から強い運動の範囲にあって、いずれも呼吸循環系の改善が期待できる運動強度が確保されていた。

本研究の被験者としてご協力いただいた悠紀体操クラブのメンバーと、実験にあたって多くの便宜をはかっていただいた野崎紀子チームリーダーに、厚く謝意を表す。

文 献

- 1) 青木純一郎, 石河利寛, 形本静夫, 川合武司: 主婦を対象としたスポーツ教室(2年間)の運動強度と生理的効果, 体育科学, **5**, 110-116, 1977.
- 2) Åstrand, P.O. and I. Ryhming: A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.*, **7**, 218-221, 1954.
- 3) Bevegard, S., U. Freyschuss and T. Strandell: Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J. Appl. Physiol.*, **21**, 37-46, 1966.
- 4) Brožek, F., Grande, J. T., Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140, 1963.
- 5) Craus, H. and W. Raab: Hypokinetic disease, Diseases produced by lack of exercise. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 1961.
- 6) 福永哲夫, 湯浅景元: 全身持久性トレーニング手段としてのテニス, サッカー, バレーボールの基本運動の強度, 体育科学, **6**, 90-95, 1978.
- 7) 伊藤稔, 伊藤一生, 北村栄美子, 小川邦子, 前田喜代子: 女子学生の体育実技授業中の心拍数の変動と運動強度の推定について, 体育科学, **6**, 65-76, 1978.
- 8) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15, 1964.
- 9) 佐藤尚武, 宮本孝, 岡本進, 寄本明, 玄田公子, 本郷節哉, 山田敏子, 河本由美, 猪飼光三郎, 岩井富喜子, 内山聡, 八隅清司: 県民の Physical Working Capacity に関する研究, 第3報 家庭婦人の PWC および一般健康者と定期的運動者との体力比較, 昭和58年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 4, 44-51, 1983.
- 10) Stenberg, J., P.O. Åstrand, B. Ekblom, J. Royce and B.K. Saltin: Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J. Appl. Physiol.*, **22**, 61-70, 1967.
- 11) 体育科学センター: 体育科学センター方式健康づくり運動カルテ, 講談社, 東京, 1976.
- 12) Voigt, A.E., R.A. Bruce, F. Kusumi, G. Pettel, K. Milson, S. Whitkanack and J. Tapia: Longitudinal variation in maximal-exercise performance of healthy, sedentary middle-aged women. *J. Sports Med.*, **15**, 323-327, 1975.
- 13) Vokac, Z., H. Bell, E. Bantz-Holter and K. Rodahl: Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J. Appl. Physiol.*, **39**, 54-59, 1975.

バスケットボールのゲームにおけるレフリーの運動強度

佐藤尚武 (滋賀大学)

筒井茂喜 (滋賀大学研究生)

菅井孝明 (野洲中学校)

1. はじめに

これまでに、各種のスポーツ活動時の心拍数の測定から、それらの運動強度が明らかにされてきた。これらに関する研究成果は、今日までにかかなり蓄積されており、枚挙に暇がないところである。運動強度を知ることは、スポーツ活動を専門的に実施している選手、あるいは健康や体力レベルの維持増進のために実施している一般者にとって、運動の質や量の目安になるなど、その意義は大きい。

運動強度は運動中の酸素摂取量を測定することによって明らかになるが、その測定は実際の運動場面では困難な場合が多い。したがって、運動中の心拍数の測定から酸素摂取量を推定し、その酸素摂取量の最大酸素摂取量に対する割合でもって、相対的な運動強度を推定することになる³⁾。

ところで、各種のスポーツにおいては、レフリーが重要な役割をもっている。ゲームの展開は、しばしばレフリーの対応によってその流れを変える場合がある。レフリーの適否はその技術で評価されることが多いが、基本的には集中性を含めた高い運動能力が要求されよう。今回は、バスケットボールのゲームにおけるレフリーの心拍数の測定から、その運動強度を明らかにし、異なるゲームでの運動強度の相違などについて検討を試みた。

2. 実験方法の概要

(1) 被験者

被験者は、18~27才の健康な青年男子4名である。表1には、被験者の身体特性を示している。これらの被験者のうち、2名は社会人であるが、いずれも日本公認審判員の資格を有し、

豊富なレフリー経験をもっている。残りの2名は、大学生である。うち1名は滋賀県公認審判員の資格をもち、3年間にわたって公式ゲームでのレフリーの経験を積んでいるが、他の1名は選手としての競技歴が7年間に及んでいるものの、レフリーの経験をもっていない。

表1. 被験者の身体特性

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	HRmax (bpm)	VO ₂ max (l/min)
H.Mz.*	27	167.0	58.1	198	3.542
S.T.*	25	168.3	62.3	206	4.367
M.T.**	24	162.9	67.5	202	3.983
H.My.	18	170.7	52.7	205	3.838

*日本公認審判員 **滋賀県公認審判員

(2) ゲーム中の心拍数の測定

レフリーの心拍数は、異なる3つの大会のゲームにおいて測定された。それらの大会は、滋賀県総合バスケットボールトーナメント(以下、滋賀総合)、野洲町バスケットボールカーニバル(以下、野洲カーニバル)および滋賀大学定期戦(以下、大学定期戦)である。滋賀総合は社会人チームを中心とした男女それぞれ8チームによる大会であったが、このうち男子の準決勝2試合の主審について測定された。野洲カーニバルは中学生、高校生、社会人チームの男女それぞれ5チームによる大会であったが、ここでは男子の2試合の主審について測定された。大学定期戦では、男女それぞれ1試合における主審および副審について測定された。

心拍数は、胸部誘導によって心拍メモリ装置(竹井機器)に記憶させ、それをハートアナライザーを用いて、グラフィックプリンターに出

力させた。

なお、測定は昭和60年11月下旬から12月の下旬にかけて、滋賀県立体育館、野洲町立北野小学校体育館および滋賀大学教育学部体育館で実施された。測定時の体育館内の温度は、14.5～17.5°Cであった。

(3) 最大下および最大運動負荷テスト

最大下における酸素摂取量と心拍数との関係および最大酸素摂取量を求めるために、トレッドミルによる勾配走を速度漸増法によって負荷させ、酸素摂取量と心拍数が測定された。最大下テストでは、傾斜を10%とし、100m/分から3分ごとに30m/分ずつ速度を漸増させ、被験者ごとに酸素摂取量と心拍数との関係式が最小二乗法で算出された。最大テストでは、180m/分で3分間の負荷後、2分ごとに速度を20m/分ずつ漸増させ、オールアウト状態になるまで継続させ、最大酸素摂取量および最高心拍数が求められた。

本電気三栄、391)を用いて1分ごとに連続的に測定された。心拍数は、胸部誘導によってカルディオスーパ(日本電気三栄、2E32A)に記録された心電図を用い、1分間のR波の全数から求められた。

なお、測定は昭和60年12月の初旬に、滋賀県立スポーツ会館の測定室で実施されたが、測定室の実温は15～17°Cに設定し、ゲーム中の心拍数の測定時の温度条件とあまり差がないように配慮した。

3. 実験成績

(1) ゲーム中の心拍数の変動

滋賀総合における男子準決勝の第1試合は滋賀教員対三洋電機であり、その試合時間は前半34分、ハーフタイム10分、後半36分の計80分であり、スコアは滋賀教員の76に対して三洋電機の83であった。第2試合は、松下エアコン対松風クラブであり、その試合時間は前半32分、ハーフタイム10分、後半29分の計71分で、スコアは松下エアコンの57に対して松風クラブの59であった。

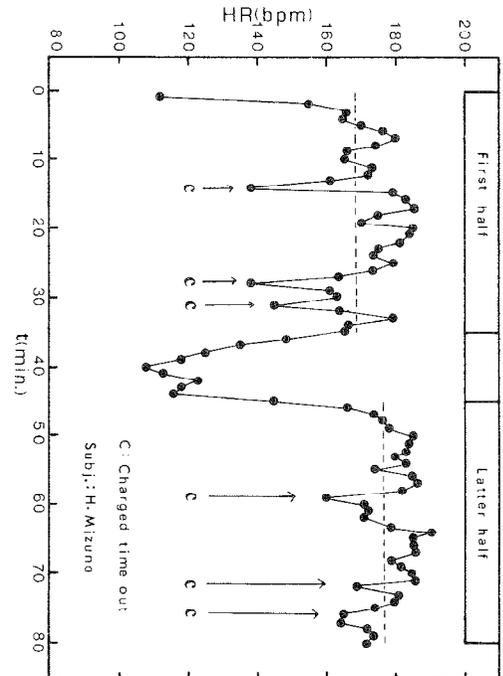


図1. レフリーのゲーム中の心拍数の変化(滋賀総合バスケットボールトーナメント、男子準決勝)

図1には、滋賀総合の第1試合のレフリー(H.Mz.)における心拍数の変動を示している。心拍数の変動範囲は108～190拍/分(bpm)であって、ゲーム中の低い心拍レベルはチャージド・タイム・アウト時にみられる。前半の平均心拍数は 167.6 ± 14.9 bpmで、後半のそれは 176.8 ± 9.2 bpmである。図には示していないが、第2試合のレフリー(S.T.)では124～185bpmの変動範囲を示し、前半および後半の平均心拍数は、それぞれ 165.7 ± 11.8 および 168.7 ± 10.0 bpmであった。図2には、ハーフタイム時を除いた前半と後半の試合時間を100%とした時のある一定範囲の心拍数の出現頻度の割合を示している。いずれのレフリーとも161～180bpmでの出現率が最も高く、H.Mz.では61%、S.T.では70%を占めている。

野洲カーニバルにおける第1試合はIBM対野洲高校で、その試合時間は前半24分、ハーフタイム5分、後半23分の計52分であり、スコアはIBMの60に対して野洲高校の22であった。第2試合は野洲中学対野洲北中学であり、その

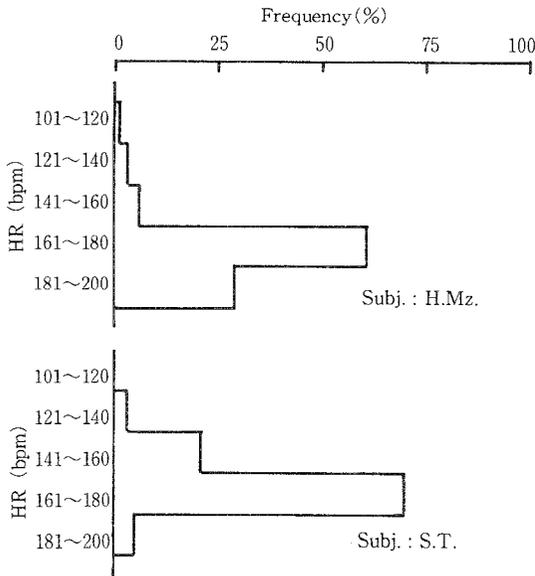


図2. レフリーのゲーム中の心拍レベルの出現率(滋賀県総合バスケットボールトーナメント, 男子準決勝)

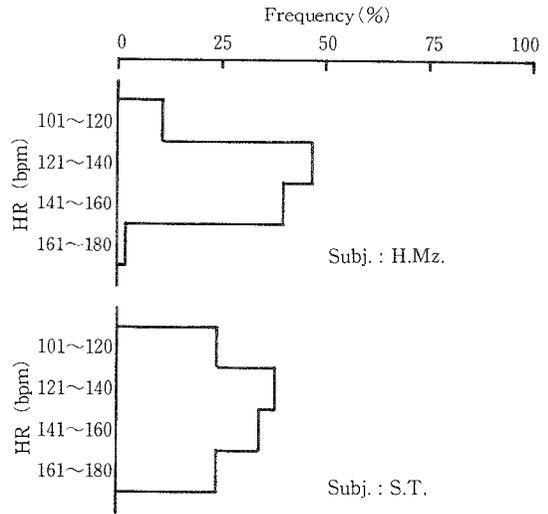


図3. レフリーのゲーム中の心拍レベルの出現率(野洲町バスケットボールカーニバル, 男子)

試合時間は前半27分, ハーフタイム5分, 後半31分の計63分であり, スコアは野洲中学の44に対して野洲北中学の63であった。

野洲カーニバルのレフリーは滋賀総合と同じメンバーであるが, 第1試合におけるレフリー(H.Mz.)の心拍数の変動範囲は110~167bpmであって, 前半の平均心拍数は 132.1 ± 14.4 bpmであり, 後半のそれは 142.3 ± 8.5 bpmであった。第2試合のレフリー(S.T.)では, 心拍数は107~173bpmの変動範囲を示し, 前半および後半の平均心拍数は, それぞれ 136.0 ± 16.2 および 143.0 ± 16.4 bpmであった。図3には, それぞれの試合における心拍レベルの出現率を示している。いずれのレフリーとも, 121~140bpmにおける出現率が最も高く, H.Mz.では47%, S.T.では38%を占めている。次いで, 141~160bpmでの出現率が高く, H.Mz.では40%, S.T.では34%を占めている。

大学定期戦の男子のゲームは滋賀大学の経済学部対教育学部であり, その試合時間は前半36分, ハーフタイム10分, 後半35分の計81分で, スコアは経済学部の56に対して教育学部の51で

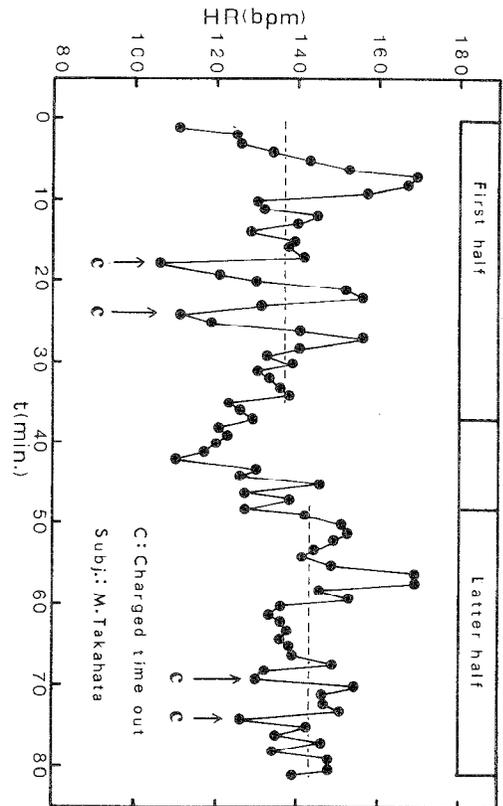


図4. レフリーのゲーム中の心拍数の変化(滋賀大学定期戦, 男子)

あった。女子のゲームは、滋賀大学の教育学部対滋賀県立短期大学であり、その試合時間は前半34分、ハーフタイム11分、後半33分の計78分で、スコアは滋賀大学の74に対して滋賀県立短期大学の34であった。

図4には、大学定期戦における男子のゲームでの主審(M.T.)の心拍数の変動を示している。心拍数の変動範囲は106~169bpmであって、前半の平均心拍数は 136.5 ± 13.9 bpmで、後半のそれは 143.2 ± 9.9 bpmである。図には示していないが、同じゲームにおける副審(H.My.)の心拍数は97~162bpmの変動範囲を示し、前半および後半の平均心拍数は、それぞれ 143.8 ± 9.9 および 139.6 ± 8.2 bpmであった。図5には、それぞれのレフリーの心拍レベルの出現率を示している。M.T.では、121~140bpmでの出現率が51%で最も高く、次いで141~160bpmでの38%である。H.My.では、141~160bpmでの出現率が61%で最も高く、次いで121~140bpmでの37%である。

大学定期戦における女子のゲームは男子のゲームと同じレフリーであるが、主審(M.T.)の心拍数の変動範囲は98~151bpmで、前半および後半の平均心拍数は、それぞれ 130.9 ± 10.5 および 120.8 ± 8.4 bpmであった。また、副審(H.My.)における心拍数の変動範囲は114~164bpmであり、前半および後半の平均心拍数は、それぞれ 146.6 ± 8.5 bpmおよび 140.7 ± 5.9 bpmであった。図6には、女子のゲームにおけるレフリーの心拍レベルの出現率を示している。M.T.では、121~140bpmでの出現率が最も高く、57%を占めている。H.My.では、141~160bpmでの出現率が最も高く、61%を占めている。

(2) ゲーム中の運動強度の推定

ハーフタイム時を除いた前半と後半のゲームでえられた平均心拍数は、表2のとおりである。これらの平均心拍数を用いて、トレッドミル走でえられた最高心拍数に対する割合(%HRmax)と、酸素摂取量と心拍数との関係式からえられた最大酸素摂取量に対する割合(% $\dot{V}O_2$ max)が、それぞれ表2にあげられている。

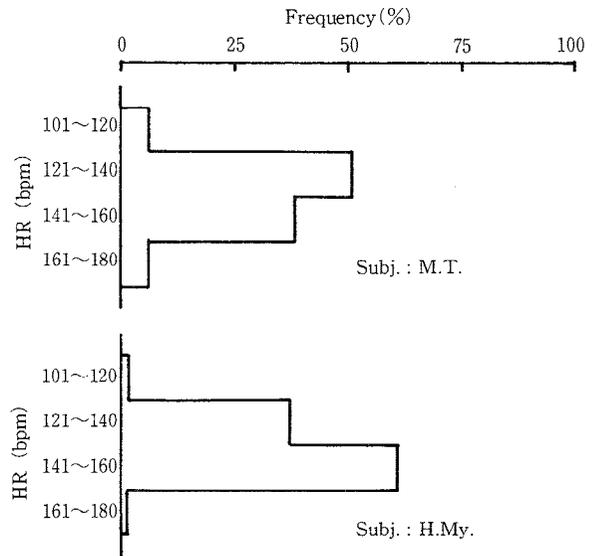


図5. レフリーのゲーム中の心拍レベルの出現率(滋賀大学定期戦, 男子)

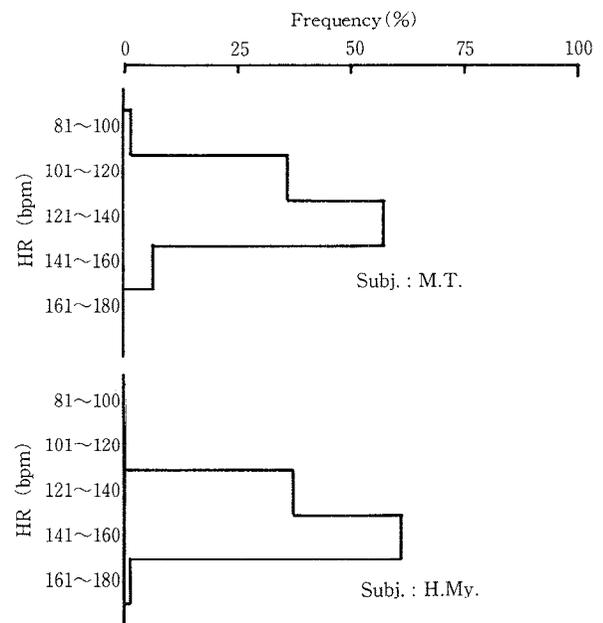


図6. レフリーのゲーム中の心拍レベルの出現率(滋賀大学定期戦, 女子)

ゲーム中の平均心拍数をみると、滋賀総合における2名のレフリーは170bpm前後であるが、これらのレフリーは野洲カーニバルでは140bpm前後を示している。大学定期戦の男子のゲームでの2名のレフリーでは140bpm前後を

表2. ゲームにおけるレフリーの運動強度

Subject	Competition	Game time (min)	Measured HR Mean \pm SD (bpm)	Estimated %HRmax	Estimated % $\dot{V}O_2$ max
H.Mz.	Shiga Tournament	70	172.3 \pm 13.1	87.0	83.5
H.Mz.	Yasu Carnival	47	136.9 \pm 12.8	69.1	53.5
S.T.	Shiga Tournament	61	167.1 \pm 11.0	81.1	65.2
S.T.	Yasu Carnival	58	139.7 \pm 16.6	67.8	50.0
M.T.	University, male	71	140.0 \pm 12.4	69.3	59.0
M.T.	University, female	67	126.0 \pm 10.7	62.4	50.6
H.My.	University, male	71	141.7 \pm 9.2	69.8	57.5
H.My.	University, female	67	143.7 \pm 7.8	70.8	60.3

Shiga Tournament (滋賀県総合バスケットボールトーナメント), Yasu Carival (野洲町バスケットボールカーニバル), University, male (滋賀大学定期戦・男子), University, female (滋賀大学定期戦・女子)

示し、両者に差はみられないが、女子のゲームになると、主審では126bpmで、副審では144bpmとなって、両者にかなりの差がみられる。

これらを%HRmaxでみると、62~87%の範囲にあるが、滋賀総合でのレフリーでは80%以上を示している。また、野洲カーニバルでは65~70%、大学定期戦では60~70%に相当している。% $\dot{V}O_2$ maxでみると、いずれのゲームにおいても50%以上の運動強度を示しているが、滋賀総合では65~85%、野洲カーニバルでは50~55%、大学定期戦では50~60%に相当する強度である。

4. 考 察

バスケットボールのゲームにおける選手の平均心拍数について、高校生の男子では152~172 bpmの報告⁹⁾があり、女子では161~169bpmの報告⁹⁾がみられる。大学の男子選手では160~170bpmで、80~85% $\dot{V}O_2$ maxに相当する報告¹⁾がある。女子選手では154~195bpmで、81~95% HRmaxに相当する報告⁹⁾がみられる。このように、ゲームではかなりハードな運動強度が選手に要求されているは確かであるが、実際のゲームにおける運動の質や量はゲームの内容によって左右される可能性がある。また、ポジション

によっても異なり、ローパー (185bpm) で最も高く、次いでガード (151bpm)、フオワード (143 bpm) の順であるという報告⁹⁾がある。しかし、最近のゲームの攻守では、オールメンバーを用いる場合が多く、あまりポジションによる運動量の差はみられないかも知れない。むしろ、技術の熟練度や体力のレベルによる相違によって、ゲームでの運動強度が異なる可能性が高いように考えられる。

ところで、今回3つの異なる大会のゲームにおいて、レフリーの心拍数を調べているが、滋賀総合のゲームでは、日本公認審判員の資格をもつ2名の平均心拍数は、167および172bpmを示し、先にのべた選手の平均心拍数とほとんど変わらない値である。この場合の運動強度は、65.2および83.5% $\dot{V}O_2$ maxに相当している。とくに、80%以上の強度を示した第1試合では、得点状況からもわかるように、かなり激しい緊迫したゲーム展開がみられ、そのレフリーにはかなりハードな動きが要求されていることが推測できる。

しかしながら、これら2名のレフリーは、野洲カーニバルでのゲームになると、140bpm程度の平均心拍数を示し、滋賀総合のゲームよりかなり低い心拍レベルとなり、50~54% $\dot{V}O_2$ max

の運動強度となっている。滋賀総合は社会人チームを主体とした滋賀県ではトップレベルの大会であり、野洲カーニバルは中学生や高校生を主体とした大会であり、両大会におけるレベルの相違がみられる。したがって、両大会におけるレフリーの運動強度にみられる差は、競技レベルが反映しているようである。

大学定期戦におけるレフリーの運動強度をみると、公認審判員の資格をもつレフリーでは、男子のゲームでは59% $\dot{V}O_2\max$ であるが、女子のゲームでは51% $\dot{V}O_2\max$ となり、男子と女子のゲームではレフリーの運動強度が10%程度低くなるようである。ところが、同じゲームにおけるレフリーの未経験者では、男子のゲームより女子のゲームで運動強度が多少高くなっている。このことは、おそらくレフリーとしての無駄な動きが未経験者には多くなることを示唆しているように思われる。

いずれにしても、バスケットボールのゲームにおけるレフリーの運動強度は、50% $\dot{V}O_2\max$ 以上を示しているが、この場合には年齢や性、あるいは競技レベルなどによって異なり、トップレベルのゲームになると、60分間にわたって70~80% $\dot{V}O_2\max$ の強度が要求される。したがって、バスケットボールのレフリーでは、高い有酸素的能力を有することが重要な資質であることが推察される。

5. 要 約

青年男子4名を対象に、バスケットボールのゲームにおける心拍数を、滋賀県総合バスケットボールトーナメント(滋賀総合)、野洲町バスケットボールカーニバル(野洲カーニバル)および滋賀大学定期戦の各大会において測定し、レフリーの運動強度を推定した。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 各ゲームにおけるレフリーの平均心拍数は126~172拍/分を示し、これらは最高心拍数に

対して62~87%に相当していた。また、最大酸素摂取量に対する割合(% $\dot{V}O_2\max$)でみると、50~84%の運動強度であった。

(2) レフリーの運動強度は、滋賀総合では65~85% $\dot{V}O_2\max$ に相当したが、同じレフリーでも野洲カーニバルになると、50% $\dot{V}O_2\max$ 程度となり、競技レベルやゲーム展開によって異なっていた。

(3) 大学定期戦でのレフリーは、50~60% $\dot{V}O_2\max$ の強度であった。レフリーの経験者では女子より男子のゲームでハードな強度になったが、未経験者では男女のゲームで差があまりみられなかった。

文 献

- 1) 加賀谷 潤彦：心拍反応からみたバスケットボールの特性，体力科学，**22**，77—78，1973.
- 2) McArdle, W.D., J.R. Magel and L.C. Kyvallos: Aerobic capacity, heart rate and estimated energy cost during women's competitive basketball. Res. Quart., **42**, 178—186, 1971.
- 3) 佐藤尚武, 宮本 孝, 岡本 進, 寄本 明, 武部吉秀：婦人体操クラブの活動における運動強度，滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No 5, 109—118, 1985.
- 4) 漆原 誠, 土屋典子, 小野武男, 本多宏子, 池田舜一, 吉沢茂弘：高校女子バスケットボール選手の体力とその変化について，体育の科学，**34**，831—836，1984.
- 5) Skubic, V. and J. Hodgkins: Relative strenuousness of selected sports as performed by women. Res. Quart., **38**, 305—313, 1967.
- 6) 塚越克己, 中西光雄, 笠井恵雄, 多和建雄：各種球技における心拍数の変化，その1. バスケットボール，体育学研究，**10**，4，1965.

児童のなわとびにおける運動強度と運動効果

佐藤 尚武 (滋賀大学) 北川 徳弥 (守山市立吉身小学校)
 橋本 悟史 (今津町立今津西小学校) 町沢 恵 (滋賀大学附属小学校)
 原 雅之 (彦根市立旭森小学校) 辻 延浩 (兵庫教育大学院生)

1. はじめに

なわとび運動は、短なわであっても、長なわであっても、それほど広い場所をとらず、とび方の難易や強弱を個人の能力に応じて選択できる特徴がある。なわとびは子どもの運動遊びとして古くから親しまれ、学校体育にも早くから取り入れられてきた。この運動は中心的教材としては扱われていないが、多くの学校体育の現場では積極的に展開されている実状にある¹⁾。

ところで、これまでのなわとび運動に関する生理学的な研究は必ずしも多くない。成人を対象とした研究には小川たち^{3,4,5)}の報告があり、児童・生徒を対象とした研究には加賀谷たち⁷⁾と榎木たち²⁾の報告がある。近年になって、各種の運動における体力的検討が多くなされているのに対して、なわとび運動の研究は少ない現状にある。

本研究では、児童を対象に、なわとびの基本的なとび方における心拍数の変動から運動強度を明らかにするとともに、継続的ななわとび運動が心拍数に及ぼす影響について検討を試みた。

2. 実験方法の概要

被験者は、大津市内のF小学校および守山市内のY小学校における第3学年の男子14名と、高島郡のI小学校における第5学年の女子6名である。被験者の年齢および体格は、表1に示すとおりである。これらの被験者は、それぞれの学年において活動的な児童であり、なわとび運動に比較的習熟している。

なわとび運動としては、短なわでの1回旋1跳躍前回旋のその場とびにおける両足と

び、かけ足とびおよびあやとびを選び、異なる3つの実験において心拍数を測定した。心拍数は、いずれの実験でも胸部誘導によって心拍メモリ装置(竹井機器)に記憶させ、グラフィックプリンターに出力させた。

表1. 被験者の身体特性

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
Third-year(male)			
A. N.	9	126.2	31.7
K. I.	9	124.3	25.8
K. K.	9	131.1	26.5
D. K.	9	131.9	30.6
K. H.	9	130.7	27.6
K. K.	8	134.8	29.6
T. U.	9	134.7	32.0
S. Y.	9	126.0	27.2
A. Y.	9	129.4	26.0
H. S.	9	140.0	29.6
T. M.	9	136.5	29.2
T. A.	9	132.0	26.6
T. Y.	9	128.6	25.0
M. S.	9	125.6	26.2
Mean	8.9	130.8	27.4
S. D.	0.3	4.6	3.2
Fifth-year(female)			
S. I.	11	134.1	32.8
Y. H.	11	143.8	47.8
M. Y.	10	127.0	26.2
T. I.	11	154.2	42.5
H. S.	10	137.2	29.5
S. S.	11	153.8	49.2
Mean	10.7	141.7	38.0
S. D.	0.5	11.0	9.8

実験(1) 各種のとび方による検討

11月の初旬に、第3学年の児童について、なわの回旋頻度を120回/分とし、両足とび、かけ足とび、あやとびの順に実施した。運動時間は、いずれも5分間で、15分間の休息をはさんで連続的に運動させた。15分間の休息は、運動後の心拍数が100拍/分以下に回復する目安として設定した。

実験(2) 各種の回旋頻度による検討

12月の初旬に、第5学年の児童について、両足とびにおける回旋頻度を120, 100, 138回/分の順に規定された場合と、その後に規定しないで自由に選択させた場合とを実施した。運動時間はいずれも5分間とし、15分間の休息をはさんで連続的に運動させた。

実験(3) トレーニングによる検討

第3学年の児童を対象に、トレーニング群と非トレーニング群に分け、トレーニング群では1ヶ月後および2ヶ月後に、非トレーニング群では2ヶ月後に、それぞれ実験(1)と同様のなわとび運動を負荷させた。トレーニン

グ群には、昼休みを含めた休憩時間になわとび運動を主体的に取り組ませた。とくに、この場合にはトレーニング群が含まれるクラス全体に指示された。非トレーニング群では、その間になわとびが意図的に取り除かれた。

なお、これらの実験の途中でなわが足にひっかかり、なわとび運動が一時停止した場合には、速やかになわとび姿勢をとらせ、継続させた。測定は、いずれも放課後に、対象とした児童の小学校における体育館で実施した。

3. 実験成績

(1) とび方の種類による心拍数の比較

図1には、120回/分の回旋頻度で、両足とび、かけ足とび、あやとびの順に、休息をはさんで運動させた場合の心拍数の経時的変化の1例(K.H.)を示している。運動前の座位安静状態での心拍数は90拍/分(bpm)前後であるが、両足とびによって急速に心拍数は上昇し、その後半には184~186 bpmを示し

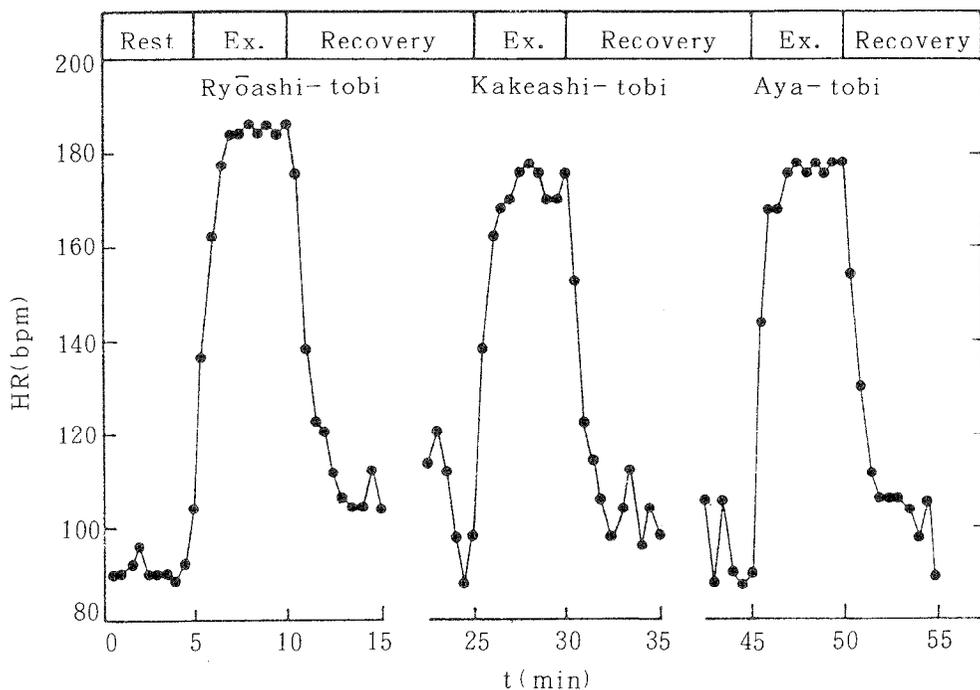


図1. 各種のとび方による心拍数の変化 (Subj.:K.H.)

ている。その後の心拍数は、かけ足とびの後半には170~178 bpm を示し、あやとびの後半には176~178 bpm を示している。心拍数は、いずれのとび方においても運動の2分後からはほぼ定常状態を示し、その心拍レベルにはとび方によって多少の高低がみられる。

表2には、なわとび運動中の5分間の平均心拍数および最高心拍数を14名の平均値と標準偏差で示している。平均心拍数は両足とびでは161~193 bpm の範囲にあり、その平均値は177.4 bpm である。かけ足とびでは156~195 bpm の範囲にあり、その平均値は174.8 bpm である。あやとびでは152~189 bpm の範囲にあり、その平均値は174.3 bpm である。

表2. 各種のとび方による平均心拍数および最高心拍数

Kind of rope skipping	HRmean (bpm)	HRmax (bpm)
Ryōashi-tobi	177.4 ± 9.5	185.4 ± 9.3
Kakeashi-tobi	174.8 ± 11.0	183.6 ± 10.8
Aya-tobi	174.3 ± 9.6	184.6 ± 9.5

Values are means ± standard deviation.

これらの平均値には、ほとんど差がみられない。最高心拍数の範囲は、両足とびでは170~202 bpm、かけ足とびでは168~204 bpm、あやとびでは162~198 bpm である。平均値で見ると、いずれのとび方においても185 bpm 前後にあって、とび方による違いはみられない。

(2) 回旋頻度による心拍数の比較

図2には、両足とびを回旋頻度120, 100, 138回/分の順に運動させた場合の心拍数の経時的変化の1例(H.S.)を示している。運動前の安静状態における心拍数は90bpm 前後であるが、両足とびの開始にともなって急速に心拍数は上昇し、2分以後にはほぼ定常状態にある。この状態での心拍数は、120回/分では172~178 bpm、100回/分では164~170 bpm、138回/分では156~162 bpm の範囲にある。

表3には、回旋頻度ごとにみた5分間の平均心拍数および最高心拍数を6名の平均値と標準偏差で示している。平均心拍数は100回/分では163~194 bpm の範囲にあり、その平均値は180.2 bpm である。120回/分では166~

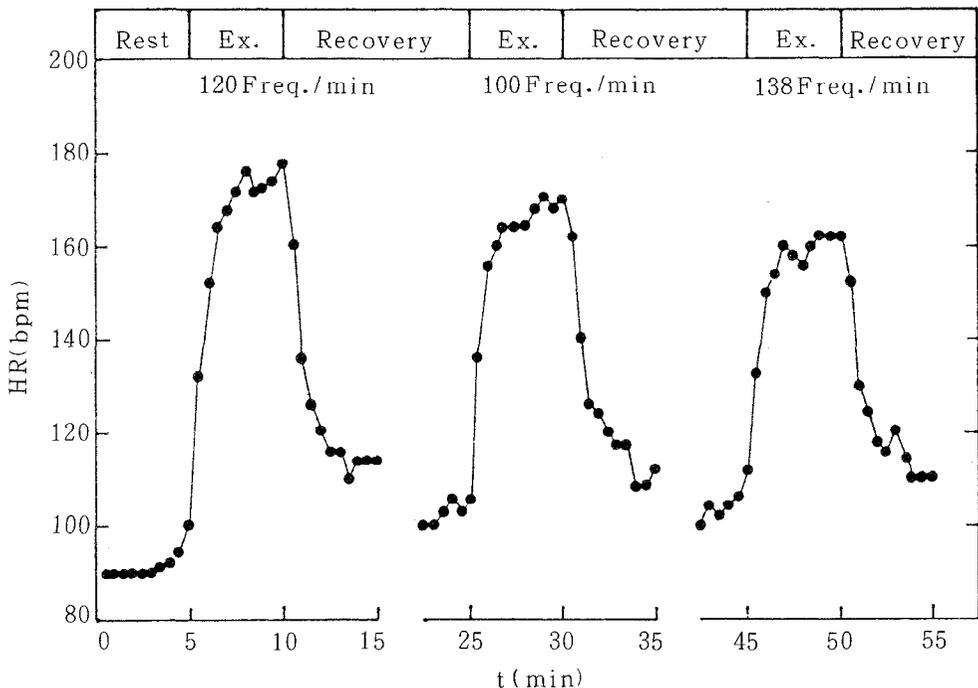


図2. 各種の回旋頻度による心拍数の変化 (Subj.:H.S.)

表 3. 両足とびの回旋頻度による平均心拍数および最高心拍数

Frequency (freq./min)	HRmean (bpm)	HRmax (bpm)
100	180.2±10.8	189.7±13.2
120	179.7± 9.6	191.3±11.3
138	173.9± 9.8	185.3± 9.4

Values are means±standard deviation.

表 4. とび易い回旋頻度による平均心拍数と最高心拍数

Subject	Frequency (freq./min)	HRmean (bpm)	HRmax (bpm)
S. I.	133	197	208
Y. H.	139	174	182
S. S.	136	164	178
M. Y.	132	176	186
T. I.	124	180	192
H. S.	141	157	166
Mean	134.2	174.7	185.3
S. D.	6.0	13.8	14.1

194 bpm の範囲にあり、その平均値は179.7 bpm である。138回/分では156~185 bpm の範囲にあり、その平均値は173.9 bpm である。100回/分と120回/分とで得られた平均値はほぼ同じであるが、これらに対して138回/分ではいずれも有意に低くなっている (P < 0.01)。最高心拍数を平均値でみると、120回/分で最も高く (191.3bpm)、次いで100回/分 (189.7bpm)、138回/分 (185.3bpm) の順になっている。これらの平均値の間には、有意な差はみられない。

回旋頻度を規定しないで、自由にとばせた場合の回旋頻度と心拍数の成績は、表 4 に示すとおりである。回旋頻度は124~141回/分の範囲にあり、その平均値は134.2回/分である。5分間の平均心拍数および最高心拍数の平均値は、それぞれ174.7および185.3 bpm である。平均心拍数は規定された120回/分でのそれより低く、138回/分でのそれより高くなっているが、これらの平均値の間には有意な差がみられない。最高心拍数は規定された138回/分の場合と比べてほとんど変わ

らないが、120回/分の場合と比べて有意に低くなっている (P < 0.05)。

(3) トレーニング前後の心拍数の比較

120回/分の回旋頻度で、両足とび、かけ足とび、あやとびの順に休息をはさんで運動させた場合のトレーニング群と非トレーニング群における心拍数の成績が、表 5 および表 6 に示されている。これらの被験者としては第3学年の14名が対象となったが、疾病や傷害によって測定が困難になった場合や、実験上の操作ミスによってデータが得られなかった場合が生じ、継続的に観察された児童は10名となった。

表 5 には5分間の平均心拍数を示しているが、トレーニング群ではいずれのとび方においても経月的に減少し、1ヶ月後では5 bpm、2ヶ月後では10 bpm 程度の低下となっている。両足とびおよびかけ足とびの2ヶ月後の平均値は、トレーニング前のそれに対していずれも有意に低くなっている。非トレーニング群では、いずれのとび方においても2ヶ月後には上昇しており、とくにあやとびでの上昇が大きくなっている。

表 6 には最高心拍数を示しているが、トレーニング群では経月的な減少傾向がみられる。トレーニング前に比べて1ヶ月後ではあまり変化がみられないが、2ヶ月後ではいずれのとび方においても10 bpm 前後の減少がみられ、両足とびの平均値の間には有意な差がみられる。非トレーニング群の最高心拍数は、平均心拍数でみられるように、いずれのとび方においても2ヶ月後では高くなっている。とくに、あやとびではその度合が大きくなっている。

4. 考 察

榎木たち²¹⁾の中学生と高校生を対象とした研究によると、110回/分での1回旋1跳躍の5分間における両足とびでは、終末の1分間に191~198 bpm の心拍数を得ている。このとび方をとび易いテンポ (100~130回/分)

表5. 平均心拍数におけるトレーニング前後の比較

Group (n)	Kind of lope skipping	Before	After	After
			1 Month	2 Months
Trained (6)	Ryōashi-tobi	171.9±11.7	166.9±12.5	161.5±10.5**
	Kekeashi-tobi	172.9±12.3	166.7±15.5	161.8±11.6*
	Aya-tobi	173.5± 6.7	168.9±14.4	164.8±13.3
Untrained (4)	Ryōashi-tobi	175.2±10.7	—	176.7±6.0
	Kekeashi-tobi	175.5±13.8	—	179.6±2.3
	Aya-tobi	172.6±16.2	—	181.7± 3.9

Values are means±standard deviation (bpm).

**p<0.01, *p<0.05.

表6. 最高心拍数におけるトレーニング前後の比較

Group (n)	Kind of lope skipping	Before	After	After
			1 Month	2 Months
Trained (6)	Ryōashi-tobi	183.0±10.0	183.0±16.6	171.7±12.8*
	Kekeashi-tobi	181.7±12.6	177.0±17.8	172.0±11.2
	Aya-tobi	184.7± 6.3	184.7±13.2	176.7±14.0
Untrained (4)	Ryōashi-tobi	186.0±12.5	—	189.0± 3.8
	Kekeashi-tobi	184.5±12.0	—	188.0± 2.3
	Aya-tobi	181.5±15.9	—	191.0± 3.8

Values are means±standard deviation (bpm).

*p<0.05

にすると、150～160 bpm になることを報告している。本研究では小学生について検討したが、120回/分での1回旋1跳躍の両足とびにおける5分間の平均心拍数は、3年生の男子児童では161～193 bpm を示し、その平均値は174.4 bpm であった。また、5年生の女子児童では166～194 bpm を示し、その平均値は179.7 bpm であった。加賀谷たち⁷⁾の6年生の男子児童を対象とした基本の4種類の組合せにおけるとび方によると、この場合の回旋頻度はとび易いテンポとなっているが、5分間の平均心拍数が160～190 bpm の範囲にあって、今回の成績ではこの範囲に含まれる心拍数が得られていることになる。

今回の測定では、1回旋1跳躍における両足とび、かけ足とび、あやとびの3種類について検討したが、120回/分の回旋頻度であれば、5分間の平均心拍数および最高心拍数にはほとんど差がみられなかった。この場合、

被験者ごとに平均心拍数が最も高くなるとび方をみると、両足とびでは4名、かけ足とびでは5名、あやとびでは5名となっていた。このことから、とび方の得手、不得手が心拍数に影響しているようには考えられず、基本的なとび方がある一定のテンポで繰り返される場合には、ほぼ同等の強度が得られるように推察される。小学生のトレッドミル走による心拍数と酸素摂取量の関係式⁶⁾を用いて、3年生児童の両足とびにおける平均心拍数から最大酸素摂取量に対する割合を推定すると、61～87%に相当していた。平均値では72%の最大酸素摂取量にあたり、なわとびはかなりハードな運動であることが認められる。

なわとび運動の強度は、回旋頻度に規定される。本研究では、両足とびについて異なる回旋頻度による心拍数の検討を試みたところ、100回/分と120回/分の回旋頻度では、平均心拍数および最高心拍数にほとんど差が

みられなかった。しかし、これらの回旋頻度より多くなる138回/分での心拍数はむしろ低下し、138回/分での平均心拍数は100および120回/分のそれらより有意に低くなることが認められた。このことは、なわとび運動には至適速度が存在することを示唆している。

回旋頻度を規定しないで、とび易いテンポで両足とびをさせたところ、その回旋頻度は124~141回/分の範囲を示し、かなり個人差がみられたが、その平均値は134回/分であった。この場合の平均心拍数および最高心拍数は、規定された100回/分および120回/分でのそれらより明らかに低く、138回/分でのそれらとほぼ一致していた。したがって、5年生の児童のなわとび運動では、平均的には135回/分前後に至適速度があり、その運動強度は175 bpm 前後にあると考えられる。

この場合、とび易い回旋頻度と心拍数との関係を見ると、回旋頻度と平均心拍数および最高心拍数との間にはいずれも有意でないが、負の関係が認められた。つまり、回旋頻度を多く選択する児童ほど心拍数の増加が少ない傾向を示した。このことは、回旋頻度の選択において、なわとび技術の習熟の差があらわれるとともに、運動効率の高低を反映させているように推察される。しかし、同一負荷に対する心拍応答は、持久性の優れている者ほど低くなることが一般に知られており、児童の持久的な能力の差も含まれている可能性がある。

ところで、Yoshizawa たち¹⁰は、中学生を対象に、自転車エルゴメーターを用いて、7分30秒の持続可能な強度で5分間のペダリングを13週間にわたって毎日続けさせているが、トレーニング群では最大酸素摂取量の増加傾向と、PWC₁₇₀の有意な増大を認め、対照群ではほとんど変化のないことを報告している。これらのことは、運動強度がそれほど強くなくても、継続的な運動であれば、明らかに有酸素的作業能力を向上させることを示している。今回の研究では、有酸素的作業能力を明

らかにするテストを用いていないが、規定された同じなわとび運動に対する平均心拍数と最高心拍数にみられた低下は、なわとび運動が呼吸循環器系の改善に有効な刺激となっていることを示唆している。Massicotte たち⁸¹は、小学生の持久力向上に必要な運動強度を170 bpm の心拍数で示し、これには12分間という運動時間との組合せが必要とされている。今回のトレーニング群には、学校生活のなかで自由になわとび運動を取り組ませたが、この場合にはとび易いテンポで運動していることになり、その強度は平均心拍数で170 bpm を超えていることになる。また、なわとびに費やした時間は正確に計測されてはいないが、学校生活の休憩時間のなかでの取り組みをみると、少ない児童でも15分近い運動時間をもっていた。したがって、今回のなわとび運動は Massicotte たち⁸¹の示した運動強度条件を十分に満たしていることになり、持久力を向上させる刺激となっていることが推察される。

なわとびは跳躍を主体とした全身運動であり、下肢の筋力はもちろんのこと、呼吸循環機能にも十分な発達刺激を与えることができる。なわとびでは、なわの回旋の仕方や跳躍の方法によって多種多様のとび方があり、今日では200種類を超えるといわれている⁹¹。基本的なとび方から応用的なとび方に発展させると、かなり高度な神経調整を必要とする。したがって、児童におけるなわとびは脚筋力を始めとして、巧緻性、敏捷性、平衡性などの調整力にかかわる体力要素を育成する運動になるとともに、今回の成績からも明らかのように、持久力向上に必要な運動強度条件を満たす運動として評価できる。

5. 要 約

小学生を対象に、なわとびの基本的なとび方による心拍数の測定から運動強度を調べるとともに、なわとび運動のトレーニング効果についての検討を試みた。

(1) 3年生の男子児童14名について、1回旋1跳躍の両足とびを120回/分の回旋頻度で5分間負荷させたところ、平均心拍数は161～193 bpmを示し、その平均値は174 bpmであった。最高心拍数の平均値は、185 bpmであった。かけ足とびおよびあやとびでの心拍数は、両足とびのそれとほとんど変わらなかった。

(2) 両足とびで得られた平均心拍数を用いて、これまでに報告されている小学生の心拍数と酸素摂取量との関係式から最大酸素摂取量に対する割合を推定すると、61～89%に相当しており、平均値では72%であった。

(3) 5年生の女子児童6名について、5分間の両足とびにおける回旋頻度を変化させたところ、100回/分と120回/分とで得られた平均心拍数は、平均値では180 bpm前後でほぼ同じであったが、これらに対して138回/分での平均心拍数はいずれも有意に低かった。最高心拍数も、平均心拍数と同様の傾向にあった。

(4) 回旋頻度を規定しないで、両足とびをとび易いテンポで負荷させたところ、その回旋頻度の平均値は134回/分であった。この場合の平均心拍数および最高心拍数は、それぞれ175および185 bpmであった。これらは規定された120回/分より低く、138回/分より高くなった。

(5) 2ヶ月間にわたって、学校生活のなかでなわとびを積極的に取り組ませたところ、5分間のなわとびにおける平均心拍数は、1ヶ月後で5 bpm、2ヶ月後で10 bpm程度の低下がみられた。とくに、両足とびおよびかけ足とびでは2ヶ月後に有意な低下となった。最高心拍数にも、平均心拍数と同様の傾向がみられた。これに対して、なわとびを意図的にとり除いた群では、2ヶ月後にはむしろ平均心拍数と最高心拍数に増加傾向がみられた。

文 献

- 1) 浅見俊雄, 広田公一, 古沢久雄, 青木邦男, 仲西駿策: 体育授業における「体操」の実施状況および「体操」に対する教師の考え方 — 埼玉県下小・中学校のアンケート調査から —, 体育科学, **9**, 94-99, 1981.
- 2) 榎木繁男, 渡辺和彦, 山地啓司, 手塚政孝: なわとびの運動効果, 体育の科学, **23**, 396-401, 1973.
- 3) 小川新吉, 古田善伯, 小原 繁, 小原達朗, 大谷和寿, 徳山薫平, 古屋三郎: 縄とび運動のエネルギー代謝について, 体力科学, **23**, 89-95, 1974.
- 4) 小川新吉, 古田善伯, 小原達朗, 徳山薫平: なわ跳び運動が中高年者の有酸素的作業能に及ぼす影響について, 体育科学, **3**, 68-75, 1975.
- 5) 小川新吉, 古田善伯, 三村寛一, 小原達朗: 成人女子のなわ跳び運動の運動強度, 体育科学, **6**, 54-64, 1978.
- 6) 加賀谷熙彦, 加賀谷淳子: 運動処方 — その生理学的基礎 —, 杏林書院, 東京, 1983.
- 7) 加賀谷熙彦, 野村幸代, 富田睦代, 久保寺光明: 児童の「なわとび」の運動強度, 体育科学, **12**, 72-79, 1984.
- 8) Massicotte, D.R. and R.B.J. Macnab: Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Med. Sci. Sports, **6**, 242-246, 1974.
- 9) 山市 孟, 田淵規矩夫: たのしいリズム なわとび, 不昧堂, 東京, 1981.
- 10) Yoshizawa, S.: The studies of the effect of training on aerobic work capacities in adolescents. Rep. Res. Cent. Phys. Ed., **1**, 14-23, 1973.

滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究

(1) 中学校における災害発生状況の推移

佐藤尚武 (滋賀大学) 宮本孝 (滋賀大学)
 寄本明 (滋賀県立短期大学) 玄田公子 (滋賀県立短期大学)
 岡本進 (滋賀県立短期大学) 武部吉秀 (京都大学)

1. はじめに

青少年のスポーツ活動による健康・体力づくりへの期待は大きく、学校教育では積極的な身体活動の推進がなされている。また、スポーツ少年団を始めとして、若年層における各種のスポーツクラブは盛況となり、スポーツ志向の低年齢化とともに、その技術背景には高度化がもたらされている。このような現状においては、スポーツ活動の安全性の追求がしばしば指摘されている。とくに、若年層にみられるスポーツ障害が注目され^{2,5,7,10,11)}、適切な健康管理の重要性が強調されている。発育期における身体活動は健全な発育発達を促すことにおいて、活動にともなって発生する傷害には、極めて重要な問題が含まれている。

ところで、1960年に日本学校安全会（現在は、日本学校健康会）が設立され、学校管理下における災害に対する医療費の給付が始まり、それらの給付状況から災害の実態が明らかになってきた。日本学校健康会の資料によれば、災害給付件数は毎年増加の傾向をたどり、1980年には全国で130万件を越え、1960年の3倍以上の給付を示すに至っている。これらの災害は中学生に多く発生し、また体育・スポーツ活動にともなって多発する傾向がみられ^{1,8)}、今日の学校教育において重大な側面をみせている。

本研究は、若年層におけるスポーツ障害とその予防に関する研究の一環として始められ、滋賀県の学校管理下における災害発生状況の推移を明らかにすることから着手された。したがって、災害発生状況の推移を通して近年の発生状況を把握し、体育・スポーツ活動に伴う傷害

発生状況の分析に発展させ、傷害予防にかかわる検討を試みようとしている。

今回の災害発生状況の推移は、日本学校健康会滋賀県支部から発行されている「学校安全」の創刊号から第24号にかけての統計資料に基づいて観察された。

2. 災害発生件数および発生率の推移

図1は、日本学校健康会（安全会）の設立以来の加入者数の推移を表わしている。加入者数は、1960年には50,000人弱であるが、1962年には63,000人を越え、その後は急激に減少し、1970年には40,000人弱となっている。1970年以降の

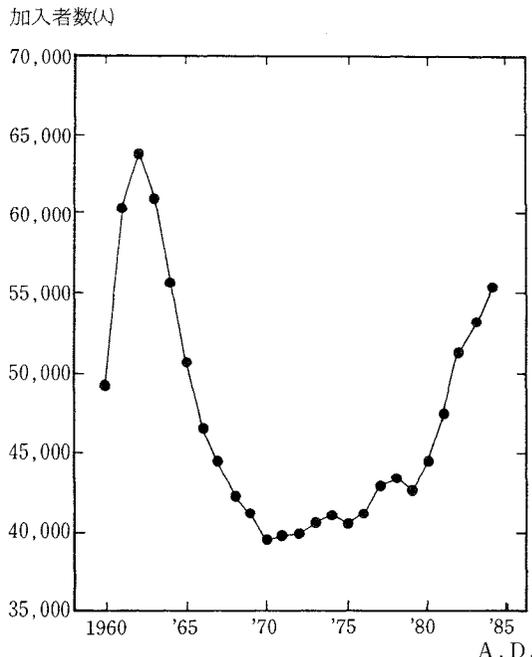


図1. 日本学校健康会における加入者数の推移

10年間ではわずかながらの増加傾向にあるが、最近の5年間では急激な増加を示し、1984年には55,000人を越えている。

図2には、25年間における災害発生件数の推移を表わしている。災害発生件数は1960年には1,114件であるが、その後2年間で2,000件を越

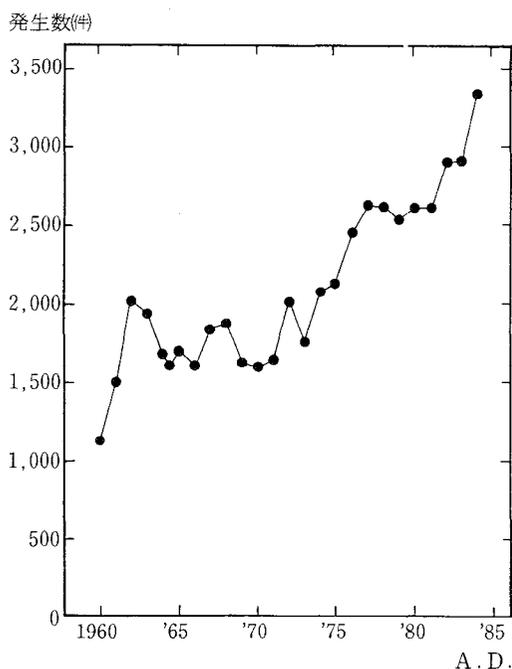


図2. 災害発生件数の推移

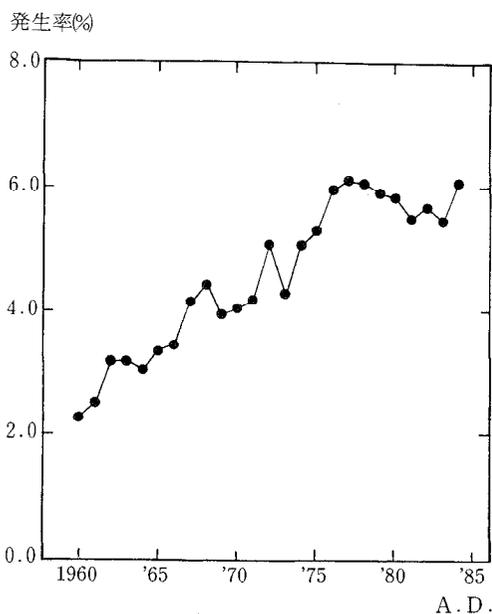


図3. 災害発生率の推移

えている。1962年からの10年間では、1,600件から2,000件の範囲での変動である。1975年からは急激な増加となって、2,500件前後まで増加するが、近年ではさらに増加し、1984年には3,000件を越えている。

図3は、災害発生率の推移を示している。発生率は、加入者数に対する発生件数の割合(%)で表わしている。1960年の発生率は、2.26%であるが、その後はほぼ直線的な上昇をたどって、1977年前後には6%を越えている。この間の上昇率は、年0.2%の上昇に相当している。その後は減少傾向にあって、1983年には5.46%となるが、1984年には再び上昇し、6.07%の発生率となっている。

3. 災害発生状況の推移

図4は、最近10年間における学年別発生率の推移を示している。発生率は2学年で最も高く、近年では40%前後を占めている。次いで1学年の発生率が高く、3学年では最も低いが、近年では1年生に増大傾向が、3年生には低下傾向がそれぞれみられる。

性別の発生率をみると、1974年における男子の発生率が64.1%を占め、最近の10年間においてはいずれも男子の発生が女子を上回っている。

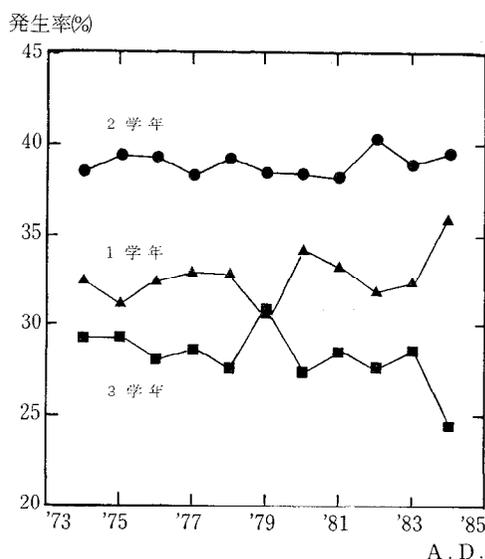


図4. 学年別発生率の推移

図5には、男子の女子に対する発生比率の推移を示している。1974年の男子の発生比率は女子の1.56倍であるが、その比率は年々高くなる傾向にあり、1981年には2.25倍となっている。その後の比率はやや低下傾向にあり、最近の3ヶ年では2.1倍前後となっている。

発生する傷害では、捻挫、骨折、打撲および挫傷が多く、これらの傷害は最近の10年間で79.4%~85.1%を占めている。図6には、傷害別発生率の推移を示している。1974年における発生率は、捻挫の36.8%が最も高く、次いで骨折の18.3%、打撲の11.2%、挫傷の13.5%の順である。これらの推移をみると、捻挫の発生率には直線的な低下がみられ、1984年には29.0%になるが、骨折では増大傾向がみられ、1984年には23.4%となり、近年における両者の差はかなり接近している。打撲および挫傷の発生率は、1979年からその差はほとんどみられないが、両者とも増加傾向にあって、近年ではそれぞれ15%を越えている。

図7は、場合別発生率の推移を表わしている。最近10年間における災害は、課外指導、各教科・道徳、休憩時、学校行事、特別活動、通学の場合順に多く発生し、この順位はほとんど変わらないが、場合別の推移には増大あるいは減少がみられる。課外指導での発生率は、1974年には30.7%であるが、1977年にかけて上昇傾向をたどり、39.9%を占めている。その後は減少と上昇がみられ、1984年には再び39.9%を占めている。各教科・道徳での発生率は、1974年に29%と、課外指導で占める割合とあまり変わらないが、その後は1981年にかけて直線的に減少し、近年ではほとんど変動していない。最近の5年間の平均発生率は、21.8%である。休憩時の発生率は、1974年には22.4%を占めているが、その後は減少してあまり変動がないものの、1981年から上昇に転じ、1984年には再び減少し、20.5%になっている。学校行事、特別活動および通学における発生率の推移には、あまり変動がみられない。最近10年間の平均発生率は、学校行事で10.0%、特別活動で5.1%、通学で

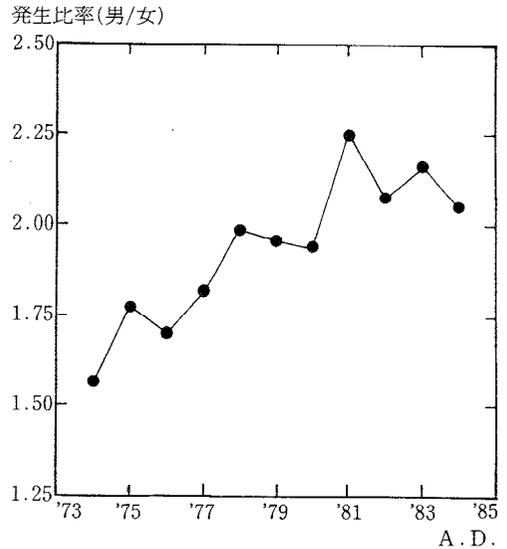


図5. 男子の女子に対する発生比率の推移

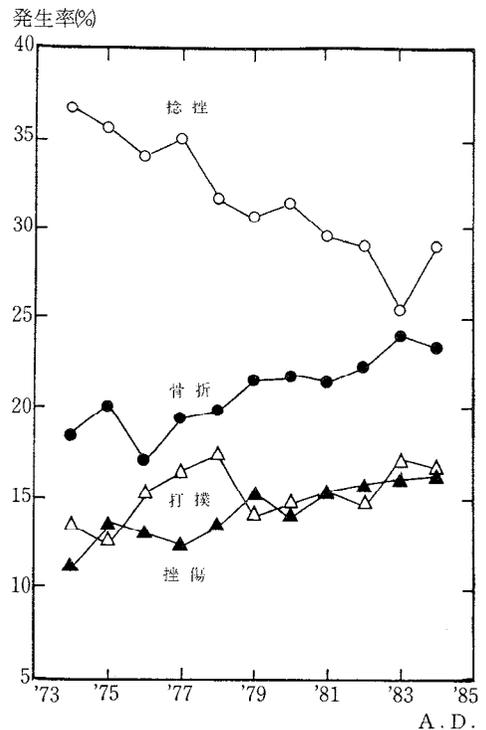


図6. 傷害別発生率の推移

2.6%である。

体育的活動による発生率の推移を、図8に示している。1974年の部活動では30.2%で、教科体育では26.8%であるが、その後は明らかな部

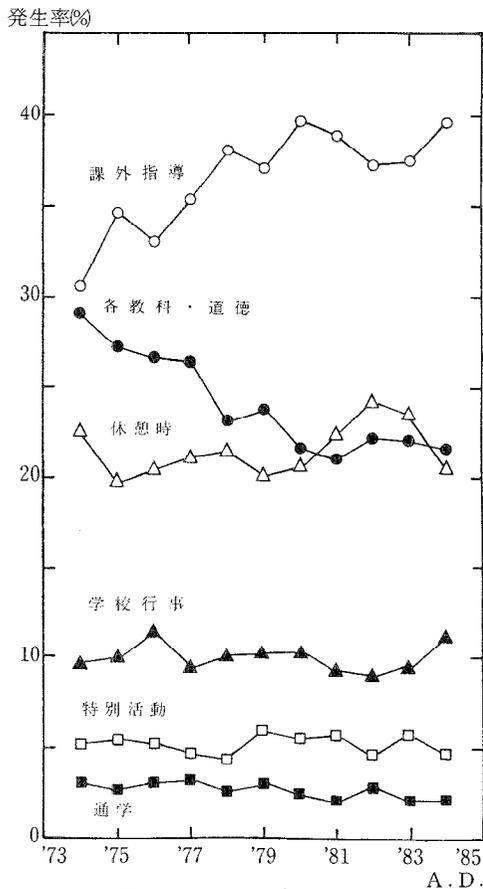


図7. 場合別発生率の推移

活動での上昇と教科体育での減少がみられ、1980年には部活動で38.7%，教科体育では19.0%になっている。1980年からは部活動での減少傾向と教科体育での一定傾向がみられ、両者の発生は抑えられている傾向にあるが、部活動では1984年に上昇に転じている。最近5年間の平均発生率は、部活動で37.8%，教科体育では19.1%である。体育的学校行事では、7.1～8.7%の範囲での変動であり、最近10年間の平均発生率は、8.0%である。

図9には、体育的活動の各場合別で占める割合の推移を示している。部活動での占める割合は高く、最近10年間では96.9～98.7%を占め、その推移には変動があまりみられない。教科体育では1974年に92.2%であるが、その後は減少と増大をくり返しなが、全体的には減少傾向をたどり、1984年では85.4%になっている。学校行事で占める割合には変動が大きく、1974年

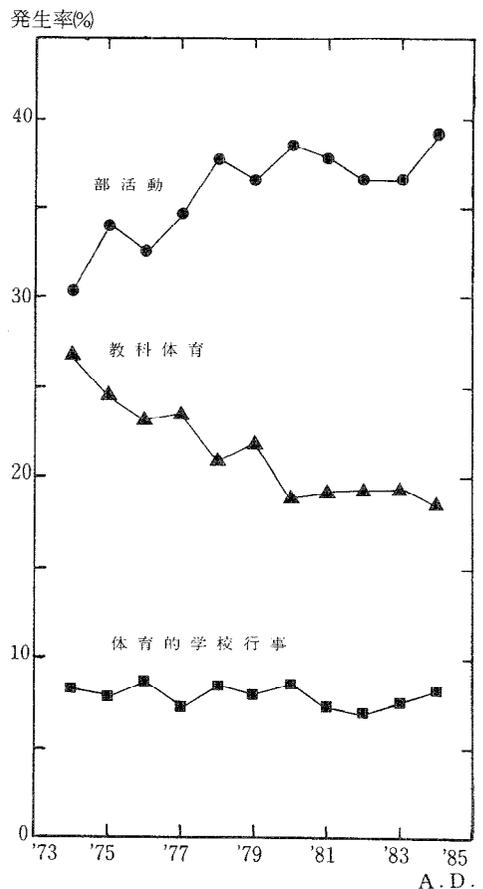


図8. 場合別の体育的活動における発生率の推移

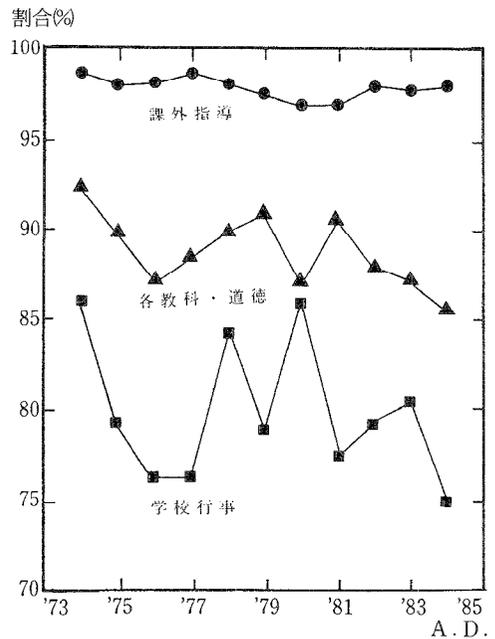


図9. 体育的活動の各場合で占める割合の推移

の86.1%が最も高く、1984年の75.0%が最も低い。最近の3年間における割合を平均値で見ると、78.3%となる。

4. 近年の災害発生状況の傾向と課題

1960年の1,000件余りの発生件数は、25年間にわたって年々増加し、1984年には1960年の3.02倍に達している。この増加の過程では、1975年前後を境にして異なった様相がみられる。まず、1975年までの増加過程であるが、1960年から1963年にかけて1.84倍に急増し、その増加には加入者数の増大（1.3倍）の影響を受けている。しかし、その後は加入者数の激減がみられるにもかかわらず、1975年にかけては多い年で1960年の2倍程度の増加がみられる。この15年間の発生率には直線的な上昇がみられ、1年で0.2%の上昇に相当している。次に、最近10年間における災害発生の増加であるが、近年の加入者数の増大にともなって発生件数が急増し、1984年には1960年の3.02倍に達している。この増加の過程で注目されるのは、1978年の給付基準の改定（医療費の2,500円未満の足切り）にともなって、その後3年間の増加の停滞傾向と、最近の加入者の増大に対応した急増傾向である。しかし、近年の発生率をみると、これまでに最も高い発生率（6.12%）を示した1977年以後は、むしろ低下傾向にあって、災害発生の増加は抑えられているように見える。ただ、1984年には発生率が再び6%を越え、この発生率は1960年から3.81%の増大となるが、一時的な現象かあるいは新たな展開となるのかは、予想が困難である。

このように、25年間にわたる災害発生の推移をみると、異なった様相をみせながらも増加し、最近の5年間では5.5～6.1%の発生率を示している。これらの災害は、医療費の給付をともなった場合で、とくに1978年以降ではその額が2,500円以上の場合であるから、これ以下のけがは当然学校現場で発生している。したがって、これらの傷害を含めると、かなり多くの傷害の発生が推察され、安全教育の重要性が指摘される。

ところで、災害発生状況には明らかな学年差と性差がみられる。学年別では2年生の発生率が最も高く、10年間の平均発生率は39.0%で、次いで1年生の32.8%、3年生の28.2%の順である。性別では、男子の発生が女子の1.5～2.1倍を示している。このような学年や性による発生率の相違には、学校生活における活動内容の質や量の差が反映しているように思われる。近年の傾向としては、3年生の発生率が減少しており、その背景には受験等の準備によって、早い時期から積極的な活動が抑えられている可能性が推察される。

多発している傷害は、捻挫、骨折、打撲、挫傷であり、これらの最近10年間の平均発生率は81.8%を占めている。近年の傾向としては、捻挫の減少と骨折の増大がみられ、これらの推移はいずれも直線的である。仮にこの傾向が続くとするならば、それぞれの年代と発生率から最小2乗法で求められる回帰式を用いて、1986年の発生率を求めると、捻挫では25.0%となり、骨折では24.9%となり、両者ではほとんど差がなくなる。このことから、数年先の発生率では骨折が捻挫を凌駕する可能性が推測される。近年の骨折の増加については、すでに全国的な規模で調査されており⁹⁾、1981年の学校管理下における骨折事故は、中学校で26.2%と最も高い発生となっている。この増加の原因は今のところ明らかでないが、正木ら⁴⁾が指摘するように、体力像の変化と相まってけがの傾向が変りつつあるのかもしれない。

場合別にみると、課外指導での発生率が最も高く、近年では1980年にかけてみられる増大傾向は抑えられているものの、40%近くを占めている。課外指導では、部活動による発生が圧倒的に多く、この部活動による発生率の変動が課外指導の推移に直接的に影響している。最近の10年間における部活動の課外指導で占める割合は98%前後で、しかもその変動がほとんどみられず、部活動における災害防止は極めて重要な課題である。また、死亡・廃疾事故調査^{3,9)}をみると、部活動で発生する割合が50%を越えてい

る。このような災害発生の背景には、機械器具の安全性はもちろんのこと、一般的には体力レベルにおける課題と、技術習得過程における課題とがあり、それらに加えて年齢による特性などの配慮が必要である。とくに、中学生の運動能力の高揚は必ずしも安全に対する認識の深まりと対応していないことなどを考えると、スポーツ活動における一層の安全性の追求が望まれるところである。

いずれにしても、部活動による発生に加えて、各教科・道徳における最近の低下傾向には、教科体育での減少によるところが伺えるが、それでも教科体育の各教科・道徳で占める割合は85%以上みられること、また体育的行事の学校行事で占める割合は75%以上みられることは、学校生活全般にわたっての体育的活動に伴う災害発生が注目される。しかしながら、これらの発生状況には運動種目による特性がある。近年の若年層にみられるスポーツ障害では、野球¹¹⁾、体操競技¹⁰⁾、サッカー⁷⁾、水泳⁵⁾、柔道²⁾などの種目で異なっている。したがって、各場合別の発生状況の特性を明らかにするとともに、そこの運動種目の特性や傷害の種類による特性などを詳細に分析することによって、傷害予防にかかわる検討が必要となろう。

5. まとめ

滋賀県の学校管理下における中学校の災害発生状況の推移を観察したところ、その概要は次のようにまとめられる。

(1) 発生件数は、1975年以後に急増の傾向を示し、近年では3,000件を越え、1984年の発生件数は1960年の3.02倍となった。

(2) 発生率は、1960年の2.26%が1977年にかけて直線的に上昇して6%を越え、その後はやや減少傾向にあった。近年では、再び上昇して6%台となり、1960年から3.81%の増大となった。

(3) 学年別の発生率では、2学年の発生が40%前後と高く、次いで1学年、3学年の順であった。近年では、1学年の上昇傾向と3学年

の減少傾向がみられた。

(4) 性別でみると、男性における発生が多く、男子の女子に対する発生比率は増大する傾向にあり、最近の3年間ではその比率が2.1倍前後であった。

(5) 多発している傷害は、捻挫、骨折、打撲であり、これらの傷害が最近の10年間で80%前後を占めた。そのなかでは、捻挫の発生率が最も高く、次いで骨折であるが、捻挫での減少傾向と骨折での上昇傾向から、近年では両者の差が接近してきた。打撲および挫傷では、わずかな増大傾向にあった。

(6) 場合別の発生率では、課外指導で最も高く、1977年にかけての上昇で39.9%となるが、その後は減少傾向をたどりながら、最近再び39.9%に上昇した。各教科・道徳では、1981年にかけて直線的に減少し、その後はほぼ一定となり、最近の5年間の平均発生率は21.8%であった。休憩時では、20%前後での多少の変動がみられた。学校行事、特別活動および通学ではほとんど変化はみられず、最近10年間の平均発生率は、それぞれ10.0%、5.1%および2.6%であった。

(7) 課外指導における部活動での占める割合は、最近10年間では98%前後にあった。各教科・道徳における教科体育では、1974年から減少傾向を示し、近年には85%台となった。学校行事における体育的行事では、近年には75%であった。

本研究の資料提供にかかわってご協力いただいた、日本学校健康会滋賀県支部の西澤涼子氏に厚く謝意を表す。

文 献

- 1) 藤井真実：事故防止のための指導管理上の留意点。体育の科学，34，268—271，1984。
- 2) 市川宣恭，谷口良樹：柔道における外傷，障害。臨床スポーツ医学，1，281—288，1984。
- 3) 岩間英太郎，松井秀治，石河利寛，高沢晴夫，加賀谷焜彦，石川 旦，池上康男：学校体育における機械器具の安全性。デザントス

- スポーツ科学, 2, 21-29, 1981.
- 4) 正木健雄, 小川貴志子: 最近の子どものけがの傾向. 体育の科学, 34, 272-275, 1984.
 - 5) 武藤芳照: 水泳による障害. 臨床スポーツ医学, 1, 272-280, 1984.
 - 6) 日本学校健康会編: 骨折事故調査報告書〔I〕, 1984.
 - 7) 大畠 襄, 高木俊男, 池田舜一, 鍋島和夫, 塩野 潔, 深谷 茂, 若山待久, 森本哲郎, 河野照茂: 少年サッカーでの障害. 臨床スポーツ医学, 1, 265-271, 1984.
 - 8) 斉藤歎能: 学校体育の事故に対する一つの提言. 体育の科学, 34, 264-271, 1984.
 - 9) 沢田美智子, 黒田善雄: 学校管理下における死亡事故に関する一考察. 保健の科学, 20, 423-428, 1978.
 - 10) 高沢晴夫: 体操競技における外傷, 障害. 臨床スポーツ医学, 1, 256-264, 1984.
 - 11) 吉松俊一, 土橋善蔵: 少年野球によるスポーツ障害. 臨床スポーツ医学, 1, 248-255, 1984.

滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究

(2) 体育・スポーツ活動時の場合別発生状況の分析

寄本 明 (滋賀県立短期大学) 岡本 進 (滋賀県立短期大学)
 吉田瑞穂 (滋賀県立短期大学) 宮本 孝 (滋賀大学)
 佐藤尚武 (滋賀大学) 武部吉秀 (京都大学)

1. 緒言

前報¹⁾において、著者らは滋賀県の中学校における災害発生の推移を観察したところ、災害発生件数は年々増加し、その発生率は1977年に6%を越え、高い水準であった。これらの災害発生率は、部活動と各教科・道徳で高く、いずれの場合も体育的活動時の占める割合が高かった。とくに、部活動では、近年40%近くの発生率で増加する傾向にあった。

学校教育での体育・スポーツ活動は、体力の向上、健康の保持増進および心身の調和的発達を目的としており、このような体育・スポーツ活動時の災害発生の増加は極めて重要な問題を含んでいる。中学生の体育・スポーツ活動は、大部分を学校教育に依存しており、学校管理下での災害発生の予防が望まれる。

本研究では、中学生における傷害発生の特性を明らかにするために、滋賀県の中学校における災害発生の観察から、体育・スポーツ活動に伴う傷害発生状況の分析に発展させた。今回は、昭和59年度に発生した体育・スポーツ活動に伴う傷害について、場合別発生状況の分析を試みた。

2. 調査方法の概要

調査は、日本学校健康会滋賀県支部に災害共済給付のため送付された災害報告書および医療等の状況報告書に基づいた。調査対象は、昭和59年度に県下102校の全中学校で発生した学校災害のうち、体育・スポーツ活動によって発生した傷害に限定した。学校管理下の体育・スポーツ活動は、教科としての体育(教科体育)、課外

指導の運動部活動(部活動)、特別活動として実施される学校行事の体育的行事および生徒活動の学級会活動・クラブ活動(特別活動)の場合でみられる。調査内容は、これらの場合で発生した傷害について、性、学年、月、場所、種目、状況、主因、傷害の種類、診療実日数別に大型計算機を用い集計処理した。

3. 調査結果

昭和59年度において、中学校での体育・スポーツ活動時の傷害発生数は、2,271件である。場合別にみると、部活動では1,313件(57.8%)で最も多く、次いで教科体育での622件(27.4%)、特別活動での336件(14.8%)である。

表1は、男女の発生件数を示している。男子の発生数は1,442件で、女子の829件を大きく上回り、男子では女子の1.7倍の発生である。いずれの場合においても、男子の発生件数は女子より多く、教科体育で2.0倍、部活動で1.7倍、特別活動では1.4倍であった。

表2は、学年別の発生件数を示している。2学年での発生数は最も多く、1学年より98件、3学年より340件多い。3学年では、他の学年に比べて、部活動での発生数は少なく、3学年に

表1. 性別発生件数

性別	教科体育	部活動	特別活動	合計	
				発生件数	発生率
男性	415	832	195	1442	63.5
女性	207	481	141	829	36.5

表 2. 学年別発生件数

学年	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
1 学年	186	509	110	805	35.4
2 学年	219	558	126	903	39.8
3 学年	217	246	100	563	24.8

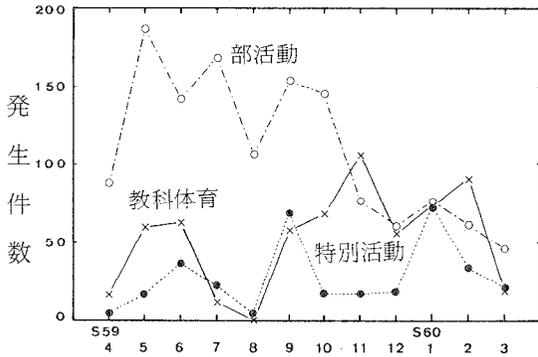


図 1. 月別発生件数の変動

おける部活動での発生率は、43.7%であるのに対し、1学年では63.2%、2学年では61.8%である。

月別にみた発生件数の変動を、図 1 に示している。部活動の発生数は、4～10月で多く、5月を頂点とし、その後は減少している。教科体育では、11月と2月に多くなっている。特別活動では、9月と1月を頂点とする山型の変動を示している。各場合とも共通して、4、8、12、3月の発生件数は少ない。総発生数では、9月が281件(12.4%)で最も多く、次いで5月の264件(11.6%)である。

表 3 は、場所別にみた発生件数である。教科体育は、体育館で最も多く、次いで運動場であり、両者で96%の発生である。部活動は、運動場で最も多く、次いで体育館で発生しているが、それ以外の場所でもひろく発生がみられる。特別活動は、運動場で最も多く、次いで山、体育館の順である。全体的には、学校内および学校外の体育館で46.4%、運動場で44.2%の発生で、両者では全発生の90%以上を占めている。

表 4 は、運動種目別の発生件数を示している。全体的には、バスケットボール(17.7%)、サッカー(14.7%)、バレーボール(12.0%)の順で

表 3. 場所別発生件数

場 所	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
(学校内)					
教 室	0	5	5	10	0.5
体 育 館	339	498	67	904	39.8
廊下・階段	0	27	1	28	1.2
その他校舎内	6	21	1	28	1.2
運 動 場	259	549	139	947	41.7
プ ー ル	11	11	6	28	1.2
その他校舎外	1	20	2	23	1.0
(学校外)					
体 育 館	1	119	30	150	6.6
運 動 場	3	49	5	57	2.5
道 山	2	13	1	16	0.7
山	0	1	79	80	3.5

表 4. 運動種目別発生件数

種目名	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
体 操	18	0	8	26	1.1
器 械 運 動	87	59	1	147	6.5
陸 上 競 技	92	74	55	221	9.7
バレーボール	51	198	23	272	12.0
バスケットボール	119	240	44	403	17.7
ハンドボール	10	19	1	30	1.3
軟 式 野 球	1	160	4	165	7.3
ソフトボール	8	80	20	108	4.8
サ ッ カ ー	121	186	28	335	14.7
ラ グ ビ ー	14	33	0	47	2.1
タッチフットボール	0	8	0	8	0.4
軟 式 庭 球	0	53	0	53	2.3
バドミントン	1	26	2	29	1.3
卓 球	0	47	1	48	2.1
水 泳	11	10	3	24	1.1
ボ ー ト	0	1	0	1	0.0
ダ ン ス	2	0	0	2	0.1
剣 道	2	28	1	31	1.4
柔 道	44	77	2	123	5.4
相 撲	0	1	0	1	0.0
ス キ ー	0	1	95	96	4.2
ス ケ ー ト	0	0	4	4	0.2
野 外 活 動	0	0	2	2	0.1
そ の 他	41	12	42	95	4.2

表 5. 状況別発生件数

状 況	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
試 合	172	222	142	536	23.6
練 習	428	958	160	1546	68.1
準備・後始末	17	61	7	85	3.7
休 憩	2	31	7	40	1.8
そ の 他	3	41	20	64	2.8

多くみられ、次いで陸上競技(9.7%)である。上位の3種目では、教科体育および部活動においても多発している。とくに、部活動では軟式野球を含めた上位4種目はいずれも球技系である。特別活動では、スキーによる傷害の多いことが特徴的である。

表5には、状況別発生件数を示している。全体における発生状況では、練習で68%と最も多く、次いで試合が多くなっている。準備・後始末、休憩およびその他の発生では、不注意やふざけあいによる傷害が多く含まれている。練習の発生件数は各場合別にみても多く、教科体育で68.8%、部活動で73.0%および特別活動で47.6%に相当している。しかし、特別活動では、試合での発生率(42.3%)が他の場合に比べて高くなっている。これらの発生状況における他人の関与の有無をみると、全体の69.4%において何らかのかたちで他人の関与が認められる。

表6には、主因別の発生件数を示している。傷害発生の主因は、着地ミス、補球ミスなど技術的ミスが意外と多く、次いで転倒、人あるいは物との衝突の順である。場合別においては、教科体育および部活動では技術的ミスが、特別活動では転倒が最も多い。

表7には、傷害の種類別発生状況を示している。各場合とも、捻挫が最も多く、次いで骨折、挫傷、打撲の順である。この4種類の傷害は、全体の89.8%を占めている。表には示してないが、傷害の部位は、捻挫では足関節と手指に多く、骨折では手指、前腕および下腿に多くみられる。

表8には、診療実日数別に発生件数を示して

表 6. 主因別発生件数

主 因	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
転 倒	145	293	143	581	25.6
衝 突	107	308	46	461	20.3
けられ・たたかれ	37	90	8	135	6.0
技術的ミス	308	529	111	948	41.7
そ の 他	25	93	28	146	6.4

表 7. 傷害の種類別発生件数

種 類	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
骨 折	167	302	93	562	24.7
捻 挫	200	466	130	796	35.1
脱臼	13	17	1	31	1.4
挫 傷	120	211	49	380	16.7
打 撲	85	174	43	302	13.3
切 傷	3	26	3	32	1.4
刺 傷	3	2	0	5	0.2
割 傷	1	10	0	11	0.5
裂 傷	11	39	3	53	2.3
擦 過 傷	0	11	4	15	0.7
火 傷	2	3	0	5	0.2
そ の 他	17	52	10	79	3.5

表 8. 診療実日数別発生件数

診療実日数	教科 体育	部 活動	特別 活動	合 計	
				発生件数	発生率
1日～5日	323	597	160	1080	47.6
6日～10日	138	333	78	549	24.2
11日～15日	62	153	46	261	11.5
16日～20日	42	75	16	133	5.9
21日～25日	18	65	13	96	4.2
26日～30日	15	37	8	60	2.6
31日～35日	5	20	2	27	1.2
36日～40日	3	7	7	17	0.7
41日～	16	26	6	48	2.1

いる。各場合において、ほぼ半数が5日以内の診療実日数であり、80%以上が15日以内である。診療実日数の最も多いのは、部活動では127日、教科体育では79日、特別活動では72日である。一方、入院した事例は、全体で64件あり、これ

は全体の2.8%に相当している。各場合別での入院事例の発生率は、教科体育で2.3% (14件)、部活動で2.6% (34件)、特別活動で4.8% (16件)であり、特別活動での入院事例の発生率が高い。

4. 考 察

昭和59年度の学校健康会への中学生の加入者は55,354人であり、中学校での災害発生数は3,360件で、発生率は6.07%であった⁶⁾。今回の対象となった体育・スポーツ活動時の傷害発生数は、2,271件であり、中学校での全災害発生件数の67.6%に相当していた。傷害の発生率を場合別にみると、課外の部活動が57.8%を占め、教科体育 (27.4%) や特別活動 (14.8%) よりはるかに高い。

男子の発生件数は、いずれの場合においても女子より多く、性差が認められる。このことは、中学校災害発生の全体についてもみられ、いずれの学年においても男子の発生が多く⁶⁾なっており、校内生活における男女の活動内容の質や量による差に起因すると推察される。

学年別の発生率は、2学年 (39.8%) で高く、3学年 (24.8%) で低い傾向にある。3学年で課外の部活動の発生率が減少していることは、受験準備などによるスポーツ活動参加への機会の減少によっているのであろう。

月別の発生件数では、各場合によってそれぞれの特徴がみられる。特別活動では、9月と1月に多発しており、体育祭やスキー教室等の体育的學校行事による影響がみられる。教科体育においては、各季節休暇に該当する月は非常に少なく、各学期の半ば過ぎの月に多く発生する傾向にあり、これらの時期の安全指導に適切な配慮が必要なことを示唆している。部活動では、シーズン中の1学期と2学期の発生が多く、オフシーズンではかなり少なくなる。

種目別では、いずれの場合も球技系の種目に多くみられ、身体接触の機会の多いことや、ボールの扱い方などからくる傷害の発生が注目される。球技系に傷害発生の多いことは、小学校や高等学校でも同じ傾向がみられる⁷⁾。また、特別

活動のスキーにおける傷害の多発は、野外活動での安全指導の充実が望まれる。

傷害の発生は各場合とも練習に多く、技術的ミスの主因による発生が多い。教科体育では基本的技能の未熟さからくる技術的ミスが多く、部活動では技能の応用および高度化からくるであろう衝突、技術的ミスがみられ、特別活動ではスキーによる転倒が注目される。また、傷害発生の誘因として、他人が関与する割合が高く、熱中しすぎでの状況判断の欠如などが考えられる。また、各場合には不注意やふざけあいによる傷害が多い。井関ら¹⁾は、運動中の外傷の誘因で不可抗力と思われるものはわずか20%にすぎず、大部分の傷害は十分な注意によって防止できる可能性があるとして強調しており、指導面での配慮が必要である。

以上は、中学校における体育・スポーツ活動に伴う傷害の発生状況であるが、課外指導における部活動での傷害の発生が多く、中学生のスポーツ指導における安全性の追究が望まれる。中学校における死亡・廃疾事故調査においても、課外の運動部活動での発生率が50%を越えている^{2,5)}。このような部活動における傷害の多発は、中学生になっての運動に対する競技志向が高まる状況のなかで、身体的発達は著しく、しかも発達段階の特徴をもった複雑な動きを示す反面、精神的にはかなりの幼稚性を残しており、この心身の不均衡が災害に結びつくことによると考えられている³⁾。とくに、中学生期の運動能力の獲得過程においては、必ずしも安全に対する認識の高揚が対応していないことが考えられ、指導者には身体的および精神的な発達過程の特性に応じた指導が要求されよう。

体育・スポーツ活動時の傷害は、体育・スポーツを止めることによって解決されるものではなく、指導者の管理体制を整えることによって解決することでもない。むしろ、健康管理や日頃の安全指導が必要であり、少なくともいずれの場合においても発生している不注意やふざけあいによる傷害を未然に防ぐ配慮は重要である。しかしながら、スポーツ傷害には、種目の特性

や傷害の特性などがあり、一面的な分析では防止策は明らかとならない。今回は、場合別における傷害発生状況の分析を試みたが、傷害予防の手がかりを得るためには、種目の特性や傷害の特性など詳細な分析を加えて検討する必要がある。

5. 要 約

昭和59年度に滋賀県下の中学校で発生した体育・スポーツ活動時の傷害、2,271件について、場合別による発生状況の分析を試みた。

(1) 場合別の傷害発生率は、課外の部活動が57.8%と高く、次いで教科体育の27.4%で、特別活動では14.8%であった。

(2) 男子の発生件数は、いずれの場合においても女子より多く、教科体育では2.0倍、部活動では1.7倍、特別活動では1.4倍であった。

(3) 月別にみると、教科体育では11月と2月に部活動では4～10月に、特別活動では9月と1月に多く発生した。

(4) 場所別では、いずれの場合も学校内の体育館と運動場で大部分の傷害が発生していた。

(5) 教科体育および部活動においては、バスケットボール、バレーボール、サッカーの種目に多く、特別活動においては、スキーに多かった。

(6) 傷害発生はいずれの場合とも、練習に多くみられ、発生状況には何らかのかたちでの他人の関与が69.4%を占めていた。

(7) 傷害の種類は、捻挫が最も多く、次いで骨折、挫傷、打撲の順であった。これらの発生

部位は、いずれの場合でも変らなかった。

稿を終えるにあたり、今回の調査に快く御協力頂いた日本学校健康会滋賀県支部、とくに多大な便宜をいただいた西澤涼子氏に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) 井関敏之, 黒田善雄, 宇佐美暢久, 村上正博, 上野正彦, 庄司宗介, 北村季軒: 運動中の事故防止, デサントスポーツ科学, 2, 7-20, 1981.
- 2) 岩間英太郎, 松井秀治, 石河利寛, 高沢晴夫, 加賀谷颯彦, 石川旦, 池上康男: 学校体育における機械器具の安全性, デサントスポーツ科学, 2, 21-29, 1981.
- 3) 斉藤敏能: 学校体育の事故に対する一つの提言, 体育の科学, 34, 264-267, 1984.
- 4) 佐藤尚武, 宮本孝, 寄本明, 玄田公子, 岡本進, 武部吉秀: 滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (1)中学校における災害発生状況の推移, 昭和60年度滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 6, 3-9, 1986.
- 5) 沢田美智子, 黒田善雄: 学校管理下における死亡事故に関する一考察, 保健の科学, 20, 423-428, 1978.
- 6) 日本学校健康会滋賀県支部編: 学校安全, No.24, 1985.
- 7) 藤井真美: 事故防止のための指導管理上の留意点, 体育の科学, 34, 268-271, 1984.

滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究

(3) 体育・スポーツ活動時の傷害発生の性差

寄本 明 (滋賀県立短期大学) 玄田 公子 (滋賀県立短期大学)
 岡本 進 (滋賀県立短期大学) 宮本 孝 (滋賀大学)
 佐藤 尚武 (滋賀大学) 武部 吉秀 (京都大学)

1. 緒 言

学校管理下における児童生徒の災害は、年々増加の傾向を示していることが報告されている⁵⁾。著者らは、滋賀県の中学校における24年間の災害発生の推移を観察したところ、発事件数および発生率とも増加し、体育活動時での発生の占める割合が高くなっていった⁶⁾。そこで、体育・スポーツ活動に伴う傷害に注目し、昭和59年度に滋賀県の中学校で発生した体育・スポーツ活動時の傷害を分析したところ、課外活動における部活動での発生が大半を占め、傷害の多くは練習時での技術的ミスを中心としていた⁸⁾。

このような傷害発生を予防するには、機械器具の安全性は勿論のこと、体力レベルにおける課題と技術習得過程における課題がある。それに加えて、年齢および性による特性などの配慮が必要となる。特に、中学生の運動能力の高揚は必ずしも安全に対する認識の深まりと対応していないことを考えると、身体的および精神的な発達過程の特性に応じた指導が要求されよう。

今回は、中学生の傷害発生における性差を分析し、男子と女子の傷害に関わる特性についての検討を試みた。

2. 調査方法の概要

調査は、日本学校健康会滋賀県支部に災害共済給付のために送付された災害報告書および医療等の状況報告書に基づいた。調査対象は、昭和59年度に県下102校の中学校で発生した学校災害のうち、体育・スポーツ活動に

よって発生した傷害に限定した。学校管理下の体育・スポーツ活動とは、教科の体育、課外指導における運動部活動、特別活動としての体育的・学校行事および生徒会活動(学級会活動・クラブ活動)である。調査内容は、学年、場合、月、場所、種目、状況、主因、傷害の種類、診療実日数であり、これらの項目と性との関係をクロス集計し、分析した。

3. 調査結果

昭和59年度において、中学校での体育・スポーツ活動時の傷害発生数は、2,271件であり、その内訳は男子が1,442件(63.5%)、女子が829件(36.5%)であった。

表1には、学年別の発生状況を示した。男女とも2学年での発生が最も多く、次いで1学年、3学年の順であった。男女における発生率は各学年ともほぼ同じであった。

表2には、場合別の発生状況を示した。男女とも部活動での発生率が最も高く、男子で57.7%、女子で58.0%であり、傷害発生の半数以上を占めていた。教科体育での発生率は男子が女子より3.8%高く、特別活動では女子が男子より3.5%高くなっていった。 χ^2 検定

表1. 学年別発生状況

学 年	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
1 学 年	501	34.7	304	36.7
2 学 年	562	39.0	341	41.1
3 学 年	379	26.3	184	22.2
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=4.717$ 有意でない

表2. 場合別発生状況

場 合	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
教 科 体 育	415	28.8	207	25.0
部 活 動	832	57.7	481	58.0
特 別 活 動	195	13.5	141	17.0
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=7.121$ P<0.05

表3. 月別発生状況

月	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
4	73	5.1	36	4.4
5	166	11.5	98	11.8
6	148	10.3	94	11.3
7	129	8.9	73	8.8
8	62	4.3	50	6.0
9	182	12.6	99	12.0
10	134	9.3	96	11.6
11	140	9.7	60	7.2
12	90	6.2	45	5.4
1	145	10.1	79	9.5
2	120	8.3	67	8.1
3	53	3.7	32	3.9
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=11.779$ 有意でない

の結果は、5%水準で有意な性差が認められた。

表3には、月別の傷害発生状況を示した。男女とも9月の発生率が最も高く、男子では12.6%、女子では12.0%であった。次いで、男子では5、6、1月の順であり、女子では5、10、6月の順であった。比較的発生の少ない月は、男女とも4、8、12、3月であった。月別の傷害発生には、統計的に有意な性差は認められなかった。

表4には、運動種目別の発生状況を示した。傷害発生の多い種目は、男子ではサッカー、軟式野球、バスケットボール、陸上競技、柔道、バレーボールの順であり、これらの6種目で男子の傷害発生の70.3%を占めていた。女子ではバスケットボール、バレーボール、

表4. 運動種目別発生状況

種 目	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
体 操	22	1.5	5	0.6
器 械 運 動	77	5.3	74	8.9
陸 上 競 技	127	8.8	94	11.3
バレーボール	106	7.3	166	20.0
バスケットボール	164	11.4	239	28.8
ハンドボール	20	1.4	10	1.2
軟式野球	165	11.4	0	0.0
ソフトボール	25	1.7	83	10.0
サッカー	332	23.0	3	0.4
ラグビー	47	3.3	0	0.0
タッチフットボール	8	0.6	0	0.0
軟式庭球	19	1.3	34	4.1
バドミントン	13	0.9	16	1.9
卓 球	32	2.2	16	1.9
水 泳	14	1.0	10	1.2
ボ ー ト	1	0.1	0	0.0
ダ ン ス	0	0.0	2	0.3
剣 道	24	1.7	7	0.9
柔 道	121	8.4	2	0.3
相 撲	1	0.1	0	0.0
ス キ ー	62	4.3	34	4.1
ス ケ ー ト	3	0.2	1	0.1
野 外 活 動	1	0.1	1	0.1
そ の 他	58	4.0	32	3.9
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=658.687$ P<0.001

陸上競技、ソフトボール、器械運動の順に多く発生し、これらの5種目で女子の傷害発生の79.0%を占めていた。 χ^2 検定の結果は、0.1%水準で有意であり、傷害発生の種目に性差が認められた。

表5には、場所別の発生状況を示した。男子では、運動場での発生が52.9%と半分以上を占め、次いで体育館の37.7%であった。女子では、体育館での発生が61.6%で、次いで運動場の29.1%であった。 χ^2 検定の結果は、0.1%水準で有意であり、発生場所に性差が認められた。

表6には、傷害発生の状況を示した。傷害

表5. 場所別発生状況

場 所	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
体 育 館	543	37.7	511	61.6
運 動 場	763	52.9	241	29.1
野 外	91	6.3	56	6.8
そ の 他	45	3.1	21	2.5
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=133.708$ P<0.001

表6. 状況別発生状況

状 況	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
試 合	355	24.6	181	21.8
練 習	953	66.1	593	71.5
準 備 後 始 末	61	4.2	24	2.9
休 憩	31	2.2	9	1.1
そ の 他	42	2.9	22	2.7
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=10.037$ P<0.05

表7. 主因別発生状況

主 因	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
転 倒	374	25.9	207	25.0
衝 突	321	22.3	140	16.9
け ら れ	110	7.6	25	3.0
技 術 的 ミ ス	551	38.2	397	47.9
そ の 他	86	6.0	60	7.2
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=39.658$ P<0.001

発生の状況は、男女とも練習時に最も多く、次いで試合時であった。準備および後始末での発生は、男子が4.2%と女子より1.3%高い発生率を示していた。 χ^2 検定の結果は、5%水準で有意な性差が認められた。

表7には、主因別発生状況を示した。男女とも技術的ミスが最も多く、次いで、転倒、衝突であった。女子における技術的ミスによる発生は男子より9.7%高くなっていた。 χ^2 検定では、0.1%水準で有意な性差が認められた。

表8には、発生した傷害における他人の関

表8. 関与の有無別発生状況

関与の有無	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
有	902	62.6	673	81.2
無	540	37.4	156	18.8
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=85.957$ P<0.001

表9. 傷病別発生状況

傷 病	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
骨 折	451	27.5	154	16.2
捻 挫	468	28.6	413	43.5
脱 臼	19	1.2	20	2.1
挫 傷	289	17.6	155	16.3
打 撲	245	15.0	117	12.3
切 傷	25	1.5	11	1.2
刺 傷	4	0.3	2	0.2
割 傷	10	0.6	1	0.1
裂 傷	51	3.1	17	1.8
擦 過 傷	15	0.9	11	1.2
火 傷	2	0.1	4	0.4
疾 病	57	3.5	43	4.5
そ の 他	2	0.1	2	0.2
合 計	1638	100.0	950	100.0

$\chi^2=92.301$ P<0.001

与の有無を示した。女子では他人の関与による発生が81.2%で、男子の62.6%に比べて18.6%高かった。女子での傷害の多くは、第三者がなんらかの形で関与しており、関与の有無には0.1%水準で有意な性差が認められた。

表9には、傷病別発生状況を示した。男子の発生率では、捻挫が28.6%で最も高く、次いで骨折、挫傷、打撲の順であり、これらの上位4種類で88.7%を占めていた。女子でも捻挫が最も高く(43.5%)、次いで挫傷、骨折、打撲の順であり、これらの4種類で88.3%であった。捻挫の発生率は、女子では男子より14.9%高く、骨折の発生率は、男子では

表10. 部位別発生状況

部 位	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
頭	94	5.7	26	2.7
目	95	5.8	38	4.0
耳	10	0.6	3	0.3
鼻	10	0.6	5	0.5
顔 面	37	2.3	19	2.0
口	17	1.0	7	0.7
歯	25	1.5	8	0.9
顎	36	2.2	26	2.7
鎖 骨	47	2.9	2	0.2
肩	34	2.1	18	1.9
上 腕	28	1.7	7	0.7
肘	55	3.4	38	4.0
前 腕	149	9.1	33	3.5
手 関 節	58	3.6	27	2.9
手	36	2.2	15	1.6
手 指	218	13.3	204	21.4
前 胸	21	1.3	4	0.4
背	10	0.6	2	0.2
腹	4	0.2	0	0.0
腰	25	1.5	26	2.7
骨 盤	12	0.7	4	0.4
股 関 節	19	1.2	12	1.3
大 腿	29	1.8	17	1.8
膝	140	8.6	84	8.8
下 腿	104	6.4	66	7.0
ア キ レ ス	2	0.1	5	0.5
足 関 節	214	13.1	219	23.0
足	66	4.0	23	2.4
足 指	39	2.4	14	1.5
そ の 他	2	0.1	0	0.0
合 計	1636	100.0	952	100.0

$\chi^2=163.716$ $P<0.001$

女子より11.3%高くなっていた。傷害の種類には0.1%水準で有意な性差が認められた。

表10には、傷害の部位別発生状況を示した。男子では手指が最も高く(13.3%)、次いで足関節、前腕、膝の順であった。女子では足関節が最も高く(23.0%)、次いで手指、

表11. 診療日数別発生状況

診 療 日 数	男 子		女 子	
	件数	%	件数	%
1 - 5 日	701	48.6	379	45.7
6 - 10 日	343	23.8	206	24.9
11 - 15 日	164	11.4	97	11.7
16 - 20 日	82	5.7	51	6.2
21 - 25 日	58	4.0	38	4.6
26 - 30 日	34	2.4	26	3.1
31 - 35 日	16	1.1	11	1.3
36 - 40 日	10	0.7	7	0.8
41 日 以 上	34	2.3	14	1.7
合 計	1442	100.0	829	100.0

$\chi^2=4.499$ 有意でない

膝、下腿の順であった。傷害の発生部位には、0.1%水準で有意な性差が認められた。発生部位を頭部、体幹部、上肢、下肢に分けてみると、下肢で最も高く(男子36.4%、女子45.0%)、上肢(男子33.3%、女子34.1%)、頭部(男子19.7%、女子13.8%)、体幹部(男子10.5%、女子7.1%)の順であった。

表11には、傷害の診療実日数別発生状況を示した。男女とも5日以内が最も多く、次いで6~10日であり、この両方で男子は72.4%、女子は70.6%となった。1ヶ月以上の者は男子で4.1%、女子で3.8%であった。診療実日数には、男女間に統計的に有意な差は認められなかった。

4. 考 察

中学生における災害発生の男子の女子に対する発生比率は年々高くなる傾向にあり、最近の3年間では、2.1倍前後であると報告されている⁶⁾。今回の調査では体育・スポーツ活動時に限定しているが、男子が女子より1.7倍多く発生していた。また、中学生の死亡および廃疾事故件数においては、男子が女子より3.6倍多く報告されている¹⁾。このように、傷害発生は男子に多くなっており、この性差の原因を探ることが、傷害を予防するうえで重要になると考えられる。

傷害発生の性差を学年別にみたところ、男女間に差は認められなかった。場合別の傷害発生をみると、男女とも課外における部活動での発生が半数を占めていたが、教科体育では男子に、特別活動では女子に多く発生していた。

傷害発生を月別にみると男女とも9月に最も多く、性差は認められなかった。しかし、傷害発生の場所および種目については、男女それぞれ特徴を示し、その性差が認められた。男子では運動場で、女子では体育館での発生が多くなっていった。男子の運動場での多発は、サッカー、軟式野球、陸上競技の種目に傷害発生の多いことに起因しており、女子の体育館での多発は、バスケットボール、バレーボールの種目に傷害発生の多いことに起因している。従って、傷害発生の場所別性差は、種目の特性の影響を受けているようである。

ところで、種目別の傷害発生はその種目を行う機会によって変動すると考えられるので、当該種目実施者数に対する傷害発生件数を検討する必要があるが、種目実施者数をつかむことは困難であり、本研究を含め多くの研究は傷害発生状況から検討している。種目別の傷害発生は、球技系の種目に多く、男子では屋外の球技種目、女子では屋内の球技種目でみられ、ボールの扱いや身体接触の機会の多いことが傷害発生に起因していると考えられる。男子のサッカー、軟式野球、女子のバスケットボール、バレーボールにおいては、適切な安全指導が望まれる。

傷害発生は男女とも練習時が多く、次いで試合時となっており、これはスポーツ活動時において練習に要する時間が多いためと考えられる。しかし、女子は男子に比べて練習での発生が5.4%も高く、女子の練習内容を考える必要がありそうである。さらに、傷害発生の主因においても、女子に技術的ミスによるものや第三者がその傷害に関与していることが多いことから、この時期では、女子に男

子とは異なったトレーニング内容やカリキュラムを充分考慮すべきであろう。

発生した傷害の種類は、男女とも捻挫、骨折、挫傷、打撲が多く全体の約80%を占めていた。しかし、男子は女子に比べて骨折が多く、捻挫が少ない傾向にあった。南ら²⁾によると、骨折の男女比は約7:3であり、男子に多くみられる。本研究でも、男女比は約7:3であり、同様な結果を得ている。このように骨折が男子に多いことは、運動種目との関わりが深いと考えられる。スポーツにおける骨折の発生は、ラグビー・柔道での鎖骨、肋骨、長管骨、野球・ソフトボールでの中手骨、指骨、下腿果部、サッカーでの下腿骨で多くみられ⁷⁾、いずれも男子が多く実施する種目である。従って、これらの種目における運動中の安全指導には留意しなければならないと推察される。

傷害発生の部位については、男女とも上肢と下肢に多く、上肢では手指、下肢では足関節の発生率が高い。女子では、この手指と足関節での発生が44.4%であり、男子の約1.7倍になっている。上肢と下肢における傷害に注意することは重要である。傷害の治療日数には性差はみられず、傷害の程度は男女とも同じであると考えられる。

体育・スポーツ活動時の傷害予防は、安全教育と安全管理を積極的に推し進めることが重要であり⁴⁾、日頃の健康管理や安全指導が必要となる。一方、傷害は、種々の要因からの影響を受けて複合的に発生しており、多角的な分析から指導する必要がある。中島³⁾は、女子の初潮以後は身体つきが女性的に変わるので、体型、体力の変化に応じて体育活動の内容を変更するよう示唆している。中学校の生徒は、心身の不均衡な発達段階であり、特に男子と女子においてその状況の異なることを確認し、実技内容の検討および能力相応の運動に留意すべきであろう。

5. 要 約

昭和59年度に滋賀県下の中学校で発生した体育・スポーツ活動時における傷害発生の性差を分析した。得られた結果の概要は、以下のとおりである。

(1) 学年別の傷害発生には性による差は認められず、男女とも2学年で最も多く、次いで1学年、3学年の順であった。

(2) 場合別の発生状況は、男女とも部活動での発生が半数を占めていたが、教科体育で男子に、特別活動で女子に高くなっていた。

(3) 月別の傷害発生は男女とも9月に最も多く、次いで5月であり、性差は認められなかった。

(4) 種目別の傷害発生は、男子では屋外の球技種目に、女子では屋内の球技種目に多くみられた。場所別は男子では運動場、女子では体育館で多く発生していた。

(5) 傷害発生の状況は、男女とも練習時に最も多く、次いで試合時であった。また、練習時の発生率は、女子の方が男子より高かった。

(6) 傷害発生の主因は、男女とも技術的ミスが最も多かったが、その発生率は女子の方が男子より高かった。

(7) 傷害の種類は男女とも約88%が捻挫、骨折、挫傷、打撲であった。捻挫の発生率は女子に高く、骨折の発生率は男子に高かった。

(8) 傷害発生の部位は、上肢と下肢に多く発生しており、男子では手指、女子では足関節の発生率が高かった。

参考文献

- 1) 岩間英太郎, 松井秀治, 石河利寛, 高沢春夫, 加賀谷熙彦, 石川 旦, 池上康男: 学校体育における機械器具の安全性, デザントスポーツ科学, **2**, 21-29, 1981.
- 2) 南 哲, 田中洋一, 菊田文夫, 中蘭伸二, 藤田大輔: 学童期骨折災害の発生機序に関する調査研究, 体育の科学, **36**, 961-966, 1986.
- 3) 中嶋寛之: 最近のスポーツ傷害の趨勢, 整形外科, **30**, 599-604, 1979.
- 4) 斉藤歎能: 学校における災害, 保健の科学, **21**, 152-155, 1979.
- 5) 斉藤歎能: 学校体育の事故に対する一つの提言, 体育の科学, **34**, 264-267, 1984.
- 6) 佐藤尚武, 宮本 孝, 寄本 明, 玄田公子, 岡本 進, 武部吉秀: 滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (1)中学校における災害発生状況の推移, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 3-9, 1986.
- 7) 杉浦保夫: スポーツ外傷と障害, スポーツ医学 (石河利寛, 松井秀治編), 413, 杏林書院, 1978.
- 8) 寄本 明, 岡本 進, 吉田瑞穂, 宮本 孝, 佐藤尚武, 武部吉秀: 滋賀県の学校管理下における中学生の傷害発生に関する研究 (2)体育・スポーツ活動時の場合別発生状況の分析, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.6, 10-14, 1986.

滋賀県の陸上長距離選手における最大酸素摂取量について

宮本 孝 (滋賀大学) 佐藤尚武 (滋賀大学)
岡本 進 (滋賀県立短期大学) 寄本 明 (滋賀県立短期大学)
武部吉秀 (京都大学) 川幡善勝 (比叡山中学校)
角 誠 (日本精工)

1. はじめに

陸上競技の長距離選手では、長時間を速いスピードで走りきる、つまり全身持久力が要求される。この全身持久力の指標として、しばしば最大酸素摂取量が用いられている。

ところで、優秀な長距離選手の最大酸素摂取量、とくに体重当りの値は、他のスポーツ競技選手と比較してかなり高い値を示している^{3,10)}。このことは、長距離選手における最大酸素摂取量がperformanceに大きく影響することを示唆している。

本研究では、滋賀県を代表する長距離選手の有酸素能力を明らかにするとともに、有酸素能力と競技力との関係などの検討を試みた。

2. 測定方法

(1) 被験者

長距離選手は、第27回関西実業団駅伝で4位に入賞したメンバー5名を含む20~31歳の男子実業団選手(日本精工)7名と、長距離選手としては比較的経験年数の少ない、16~17歳の男子高校選手(比叡山)4名である。また、長距離選手と比較するための対照群は、日頃あまり運動を行っていない22~24歳の男子一般成人(大学生および大学院生)5名である。

(2) 測定項目と方法

身長、体重および皮下脂肪厚の計測後、自転車エルゴメーター(モナーク社)による最大運動テストを負荷し、酸素摂取量および心拍数を測定した。

皮下脂肪厚は、栄研式キャリパーを用い、上腕背部および肩甲骨下縁部で計測し、Nagamine⁷⁾とBrožek²⁾の計算式から体脂肪率

を求めた。

最大運動テストでは、ペダル回転数を50rpmとし、負荷漸増法で疲労困憊に至るまでペダリングを継続させた。負荷は、運動開始から9分日までは3分毎に3段階で漸増し、その後は1分毎に0.5kpずつ漸増させた。

呼気ガスは、エアロビックプロセッサ(日本電気二栄, 391)によって30秒毎に分析し、酸素摂取量を求めた。また、心拍数は胸部誘導による心電図の記録から求めた。

なお、測定は1985年8月に滋賀県立スポーツ会館で実施した。測定時の室温は、25.3~25.7°Cであった。

3. 測定結果

表1には、身長、体重、体脂肪率、最大酸素摂取量および最高心拍数を示している。また、長距離選手では5000mの記録をあげている。5000mの記録は、1985年の3月から8月までの公認最高記録をあげているが、高校選手の2名については、公認記録がなかったため示していない。

身長では長距離選手と一般成人に差はみられないが、体重では長距離選手が一般成人より小さい傾向にある。体脂肪率では実業団選手が高校選手よりも有意に高い値を示している($P < 0.05$)。

実業団選手の最大酸素摂取量は、3.44~4.29 l/minの範囲にあり、平均値は3.76 l/minである。高校選手のそれは、3.02~3.70 l/minの範囲にあり、平均値は3.49 l/minである。一般成人のそれは、2.53~3.04 l/minの範囲にあり、平均値は2.82 l/minである。実業団選手の平均値は高

表1. 形態, 体脂肪率, 最大酸素摂取量, 最高心拍数および5000mの記録

被験者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	推定体 脂肪率 (%)	最大酸素摂取量 (l/min) (ml/kg/min)	最高心拍数 (beats/min)	5000m 最高記録
実業団選手							
M.T.	23	158.6	46.7	9.8	3.60	77.1	14'41"
M.O.	22	169.5	56.2	10.4	3.73	66.4	14'48"
M.U.	31	168.8	53.2	10.2	3.79	71.3	14'42"
K.U.	23	174.1	65.8	13.0	4.29	65.3	15'36"
M.N.	21	164.3	51.4	10.9	3.51	68.4	14'55"
N.O.	21	165.5	52.1	10.2	3.44	66.1	14'48"
K.M.	20	166.8	54.1	9.8	3.98	73.5	14'56"
Mean	23.0	166.8	54.2	10.6	3.76 ^{***a}	69.7 ^{***a}	14'55"
S.D.	3.7	4.8	5.8	1.1	0.29	4.4	19"
高校選手							
Y.Y.	16	172.6	57.3	9.7	3.70	64.5	—
S.T.	16	163.9	50.5	9.5	3.65	72.3	—
K.M.	17	168.5	55.8	8.6	3.57	64.0	15'35"
G.K.	16	162.8	49.2	8.6	3.02	61.4	15'43"
Mean	16.3	167.0	53.2	9.1 ^{*a}	3.49 ^{**b}	65.6 ^{***b}	15'39"
S.D.	0.5	4.5	4.0	0.6	0.31	4.7	5"
一般成人							
S.K.	24	162.0	51.9	—	2.53	48.8	—
O.K.	22	165.0	57.5	—	2.80	48.7	—
K.H.	24	165.5	62.8	—	3.04	48.4	—
A.Y.	24	176.0	63.0	—	2.86	45.4	—
A.H.	24	175.5	65.5	—	2.88	44.0	—
Mean	23.6	168.8	60.1	—	2.82	47.1	—
S.D.	0.9	6.5	5.4	—	0.19	2.2	—

* P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001, a: 実業団選手と高校選手あるいは実業団選手と一般成人との有意水準, b: 高校選手と一般成人との有意水準

校選手のそれより大きいですが, 両群の間には有意な差はみられない。また, これら長距離選手の平均値は一般成人に比べ, いずれも有意に高い値を示している。

体重当りの最大酸素摂取量の平均値は, 実業団選手が69.7ml/kg/minであり, 高校選手が65.6ml/kg/minである。また, 一般成人のそれは47.1ml/kg/minである。実業団選手の平均値は高校選手より大きいですが, 両群の間には有意差は認められない。実業団選手および高校選手では一般成人と比べて, いずれも0.1%水準で有意

に高い値となっている。

最高心拍数は, 実業団選手の平均値が174.1bpm, 高校選手のそれが178.3bpmである。これら長距離選手の最高心拍数は, 一般成人(183.6bpm) と比べて小さい値を示している。

図1には, 長距離選手の体重当りの最大酸素摂取量と5000mの記録との関係を示している。両者の間には5%水準で有意な負の相関関係が認められ, 競技力の高い選手ほど体重当りの最大酸素摂取量が大きくなっている。

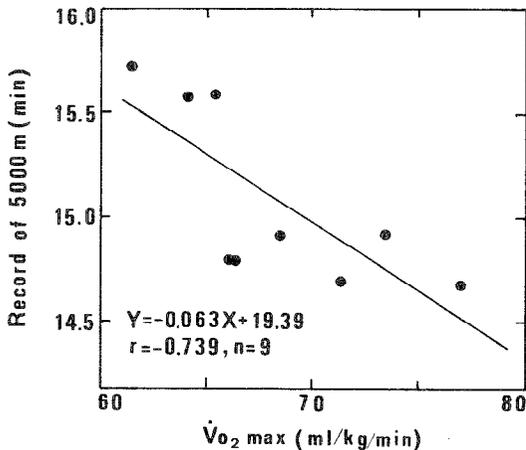


図1. 長距離選手の最大酸素摂取量と5000mの記録との関係

4. 考 察

一流長距離選手の身長、体重および体脂肪率を、ロサンゼルスオリンピック大会に出場した日本の男子長距離選手およびマラソン選手5名の平均値でみると、身長175.9cm、体重61.06kg、体脂肪率は9.7%である⁴⁾。今回の長距離選手の値とこれらの値を比較すると、身長と体重では小さく、体脂肪率ではあまり変わらない。このことから、今回の選手は日本のトップレベルの選手に比べて、比較的小柄な体格であることがわかる。

山地ら⁹⁾は、大学の中長距離選手と一般成人の最大酸素摂取量を比較し、大学の中長距離選手では統計的に有意に高い値を示すことを報告している。本研究においても、実業団選手と高校選手の最大酸素摂取量は一般成人に比べ、ともに有意に高い値を示しており、長距離選手ではすぐれた有酸素的作業能力を有していることが明らかである。この場合、体重当りの最大酸素摂取量でみると、一般成人に対して実業団選手では1.48倍であり、高校選手では1.39倍に相当している。

ところで、小林⁹⁾は、ジュニアの中長距離優秀選手と1年6ヶ月以上の比較的激しい持久カトレニングを積んだ16~17歳男子における1500m走の記録と体重当りの最大酸素摂取量には、

有意な負の相関関係を報告している。また、兩宮ら¹⁾は、中長距離選手19名の10000mの記録と体重当りの最大酸素摂取量には、5%水準で負の相関関係を認めている。本研究においても、5000mの記録と体重当りの最大酸素摂取量には、統計的に有意な負の相関関係が認められている。したがって、長距離走では体重の大きさが直接推進力を生みだすパワー源になるような種目と異なり、体重を負荷としての成果が求められており、体重当りの最大酸素摂取量がperformanceと密接に関係していることが認められる。

しかしながら、最大酸素摂取量が等しい場合でも競技力に差が生じることがある。その理由のひとつとして、Saltinら⁹⁾はランニング技術の差をあげている。三浦ら⁶⁾は、成人陸上競技選手を対象とした研究で、体重当りの最大酸素摂取量が同じであっても5000m走の記録に差が生ずるのは、主としてランニング中の歩幅のちがいと、身体重心の上下動にともなうエネルギーの損失量の差に起因すると報告している。したがって、各選手の競技力の高低には、基本的に有酸素的作業能力を反映するが、ランニング技術の差はもちろんのこと、ランニング中の酸素利用率や無酸素的エネルギー発生過程への依存度の差、あるいは心理的要因などが複雑に関与すると考えられる。

5. 要 約

滋賀県の長距離選手の有酸素能力を明らかにするために、滋賀県のトップレベルある実業団の男子長距離選手7名、男子高校選手4名および男子一般成人5名について、自転車エルゴメーターによる最大酸素摂取量を測定した。えられた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 身長および体重では、実業団選手と高校選手にほとんど差はみられなかったが、長距離選手では一般成人より体重が軽い傾向にあった。体脂肪率では、高校選手が実業団選手より有意に低かった。

(2) 最大酸素摂取量の平均値は、実業団選手の3.76l/minが高校選手の3.49l/minより大き

い値を示したが、両群の間には有意な差はみられなかった。また、一般成人の平均値は2.82l/minであった。実業団選手および高校選手と一般成人との間には、いずれも有意な差がみられた。

(3) 体重当りの最大酸素摂取量では、実業団選手の平均値は69.7ml/kg/minであり、高校選手のそれは65.6ml/kg/minであった。また、一般成人のそれは47.1ml/kg/minであった。実業団選手と一般成人、高校選手と一般成人の間には、いずれも0.1%水準で有意な差がみられた。

(4) 長距離選手の体重当りの最大酸素摂取量と5000mの記録には、有意な負の相関関係が認められた ($P < 0.05$)。

文 献

- 1) 雨宮輝也, 黒田善雄, 塚越克己, 伊藤静夫, 金子敬二, 松井美智子: 陸上中・長距離選手の心機能ならびに有酸素的作業能に関する縦断的研究—第1報—, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, No. IX, 1—15, 1982.
- 2) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., **110**, 113—140, 1963.
- 3) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 金子敬二, 松井美智子: 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量—第3報—, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, No. XIII, 1—20, 1977.
- 4) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 浅野友理: 第23回ロサンゼルスオリンピック大会日本代表選手健康診断・体力測定報告, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, No. VI, 1—43, 1984.
- 5) 小林寛道: 日本人のエアロビック・パワー, 杏林書院, 103—120, 1982.
- 6) 三浦望慶, 松井秀治, 袖山紘: 長距離走のスキルに関する実験的研究, 身体運動の科学, キネシオロジー研究会編, 杏林書院, 131—144, 1976.
- 7) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol., **36**, 8—15, 1964.
- 8) Saltin, B. and P.-O. Åstrand: Maximal oxygen uptake in athletes. J. Appl. Physiol., **23**, 353—358, 1967.
- 9) 山地啓司: 最大作業時の日本人一般成人と中長距離選手の呼吸・循環機能—心臓容積を中心として—, 体育学研究, **18**, 277—286, 1974.
- 10) 山地啓司: 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量, 体育学研究, **30**, 183—193, 1985.

滋賀県の高校陸上競技選手の体力について

宮本 孝 (滋賀大学) 佐藤 尚武 (滋賀大学)
寄本 明 (滋賀県立短期大学) 岡本 進 (滋賀県立短期大学)

1. はじめに

陸上競技は、長距離種目を除けば、スピードとパワーのスポーツであるといわれている¹⁾。また、陸上競技の競技力は、形態や機能と密接にかかわっていることが指摘されている²⁾。これらを考慮すると、陸上競技の選手では長身で、多くの筋肉量を持ち、しかも高い神経機能を有することが、スピードとパワーの出力にすぐれることになり、競技水準の高低にかかわって重要な要素となる。

ところで、滋賀県の高等学校における陸上競技の選手は、1985年度の全国高校陸上競技の100傑に39名(男子23名、女子16名)がランクされている⁵⁾。この人数は、都道府県別では30位に相当し、全国的には決して高い競技力の水準にあるとはいえない。種目別にみると、短距離種目で11名と最も多いが、投てき種目では3名であって、種目による選手層の薄さが現れている。競技力の向上にかかわってはいくつかの要因が考えられるが、基本的には選手の体力水準を明らかにし、トレーニング処方にかかわる手がかりを得ることが必要であろう。

本研究では、滋賀県の高校陸上競技選手の基礎体力の現状を把握するために、全日本の高校一流選手の形態および機能との対比から検討を試みた。

2. 測定方法の概要

(1) 被験者

被験者は、1985年度の滋賀県高校陸上競技で10傑内にランクされている48名(男子26名、女子22名)である。これらの選手は、その年度の冬季および春季高校陸上選抜合宿に参加した選手から選ばれた。種目特性からグルー

プ別に分けると、短距離群で17名(男子8名、女子9名)、跳躍群で12名(男子6名、女子6名)、投てき群で19名(男子12名、女子7名)である。

(2) 測定項目およびその方法

形態では、身長、体重、大腿囲および皮下脂肪厚を測定した。筋力では、握力、背筋力、上腕屈筋力、脚伸展力および垂直とびを測定した。フィールドテストとしては、一歩助走幅とびおよび立ち五段とびを測定した。

上腕屈筋力および脚伸展力の測定は、多用途筋力測定装置(竹井機器)を用いた。その他の項目については、日本陸連方式体力測定法⁴⁾によった。

なお、これらの測定は1985年の12月と1986年の3月に、滋賀県立スポーツ会館および皇子山陸上競技場で実施した。

3. 成績および考察

表1には男子選手について、表2には女子選手について、それぞれ本県選手の形態および機能の成績を個人別に示している。測定項目のなかで左右の値を測定した項目では、その平均値を代表させている。競技成績については、1985年における公認自己最高記録を示している。

これら本県選手の形態および機能値を全国の高校トップレベルの選手と比較するために、グループ別に平均値と標準偏差を求め、松井らの全日本値²⁾とともに、表3(男子)および表4(女子)に示している。

男子において、本県選手と全国高校一流選手とで統計的に有意な差がみられる項目についてみると、本県選手の短距離群では、体脂肪率(10.7%)が有意に大きく、これは全日

表1. 滋賀県高校陸上競技選手の形態および機能値(男子)

氏名	種目	記録	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	大腿囲 (cm)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	握力 (kg)	背筋力 (kg)	上腕屈筋力 (kg)	脚伸展力 (kg)	垂直とび (cm)	一步助走幅とび (m)	立ち五段とび (m)
(短距離)		秒													
木村 繁徳	100M	11.2	16	175.3	59.4	50.9	9.2	54.0	54.1	151	31.4	92.7	73	3.22	14.07
川妻 善久	100M	11.0	17	166.5	66.2	56.1	11.5	58.6	48.3	175	32.5	81.1	73	3.04	13.16
増田 富一	100M	11.2	17	169.6	58.2	51.2	8.9	53.0	43.2	131	28.0	64.2	74	3.15	12.86
松井 淳	200M	22.5	17	177.5	64.9	51.9	10.3	58.2	54.5	176	28.1	63.1	67	3.15	13.96
兵藤 哲也	200M	22.2	17	175.7	58.5	51.7	11.2	52.0	47.4	168	27.9	60.6	67	—	—
栗野 信行	200M	22.4	16	178.8	66.0	53.0	12.0	58.0	51.2	154	34.0	76.4	62	3.06	13.04
大西 賢一	400M	50.1	17	180.5	67.5	53.8	11.5	59.8	46.8	119	26.1	53.1	60	3.13	13.10
川瀬 恒義	400M	51.8	17	170.2	64.5	54.0	11.2	57.3	45.4	131	28.5	74.8	68	3.02	—
(跳躍)		m													
上林 裕	走高跳	1.85	16	170.7	64.1	50.8	11.2	56.9	47.2	136	26.6	79.8	60	3.01	13.57
岩田 浩二	走高跳	1.83	17	172.3	61.8	51.5	13.8	53.3	42.8	137	25.5	72.4	51	3.09	12.60
城野 真章	走高跳	1.80	17	165.9	61.8	51.6	7.5	57.2	60.3	193	34.2	66.5	75	3.20	13.50
松井 孝至	走高跳	1.94	17	173.4	59.9	51.6	9.7	54.1	42.7	112	27.1	74.4	71	3.15	13.45
神山 直樹	棒高跳	4.00	16	171.6	61.5	49.7	9.2	55.9	64.8	177	27.4	49.5	68	2.90	13.17
藤本 浩司	棒高跳	3.60	17	169.4	57.7	47.7	11.2	51.3	50.0	163	28.1	71.4	73	3.15	13.06
(投てき)		m													
比与森龍之	円盤投	39.54	16	175.8	67.3	51.4	10.3	60.4	47.6	148	30.0	83.8	58	2.89	13.34
澤村 武	円盤投	39.34	17	181.7	70.4	54.0	10.9	62.7	61.7	245	28.6	88.4	89	3.07	13.80
小森 研二	円盤投	38.78	17	174.9	69.0	57.1	13.8	59.5	50.0	184	22.5	59.4	63	2.78	12.03
松橋 祥次	円盤投	37.14	16	187.7	79.2	56.0	12.3	69.4	54.5	122	24.2	62.2	50	3.00	11.88
中村 英揮	円盤投	36.40	16	170.3	73.3	60.2	12.0	64.5	51.3	171	31.7	87.1	71	2.84	11.73
勝山 和俊	円盤投	37.06	17	179.4	70.8	53.7	10.6	63.3	58.2	187	30.2	85.5	68	3.16	13.79
矢野 善継	砲丸投	12.80	17	171.2	75.5	60.4	19.4	60.8	51.3	134	26.7	54.5	57	2.98	12.51
岡本 賢司	やり投	52.00	17	166.7	67.2	54.9	10.9	59.9	53.4	192	30.5	99.6	78	3.23	13.90
大平 幸夫	ハンマー投	39.16	17	174.1	83.1	61.8	14.1	71.4	65.6	192	33.8	79.5	68	3.10	13.15
中井 英雄	ハンマー投	39.00	17	167.5	73.6	57.9	17.9	60.4	—	187	29.2	78.2	56	2.76	12.47
多胡 勉	ハンマー投	34.12	16	170.5	73.4	56.2	16.7	61.1	54.1	174	29.0	82.1	52	2.86	12.58
市川 聡史	ハンマー投	38.84	17	167.1	81.6	62.2	27.4	59.3	52.2	174	42.8	104.1	59	2.54	11.68

本値の147%に相当している。跳躍群では、体脂肪率(10.4%)が有意に大きく、これは全日本値の127%に相当している。除脂肪体重(54.8kg)、脚伸展力(69.0kg)および一步助走幅とび(3.08m)はいずれも有意に小さい。これらは全日本値に対して、それぞれ

90%、72%、91%にあたる。投てき群では、身長(173.9cm)、体重(73.7kg)、除脂肪体重(62.7kg)、大腿囲(57.1cm)、握力(54.5kg)および脚伸展力(80.3kg)がいずれも有意に小さい。これらは全日本値に対して、それぞれ98%、90%、82%、94%、76%、73%にあ

表2. 滋賀県高校陸上競技選手の形態および機能値(女子)

氏名	種目	記録	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	大腿圍 (cm)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	握力 (kg)	背筋力 (kg)	上腕屈筋力 (kg)	脚伸展力 (kg)	垂直とび (cm)	一步助走幅とび (m)	立ち五段とび (m)
(短距離)		秒													
清水三千代	100M	12.9	17	164.8	56.8	53.0	19.1	46.0	41.7	90	21.4	51.7	46	2.51	10.16
柏木 仁美	100M	13.0	17	158.0	51.8	53.7	18.8	42.1	37.1	134	20.3	44.2	55	2.56	11.04
森 美子	100M	12.9	17	153.8	55.5	56.4	18.1	45.4	37.1	140	25.4	58.3	56	2.40	10.70
辻林 育子	200M	25.9	17	167.4	58.9	56.4	17.5	48.6	39.6	107	23.5	51.6	57	2.44	11.01
須見 友美	200M	26.4	17	158.1	55.8	55.2	17.5	46.1	44.0	98	28.7	53.5	58	2.62	11.00
坂田真由美	200M	26.6	16	161.1	55.7	52.8	16.2	46.7	31.8	84	22.9	47.3	45	2.31	10.11
内貴二三代	200M	25.9	16	165.9	58.0	55.9	18.4	47.3	34.3	94	22.6	—	43	—	—
山崎由美子	200M	25.9	16	176.5	59.8	51.9	14.5	51.1	36.2	91	18.7	59.4	50	2.55	11.42
園田 佳子	400M	60.4	17	156.5	48.8	51.4	17.5	40.3	26.0	89	19.3	51.2	52	2.43	10.30
(跳躍)		m													
小林 和子	走幅跳	5.12	16	170.0	53.3	51.0	14.9	45.4	35.2	96	18.5	43.5	52	2.65	11.10
大川 典江	走幅跳	5.20	17	161.5	55.2	54.8	21.4	43.4	35.4	112	20.6	51.2	50	2.68	10.66
吉里 久美	走幅跳	5.20	17	165.4	62.0	56.4	21.1	48.9	40.9	100	20.3	64.8	53	2.55	10.95
里中 朋子	走幅跳	5.10	17	160.0	56.5	55.0	20.1	45.2	37.8	103	18.6	56.3	53	2.56	10.60
北村ますみ	走高跳	1.50	16	163.4	53.3	52.2	20.7	42.2	30.8	103	19.4	49.5	54	2.43	10.76
牧野かよ子	走高跳	1.60	17	167.8	64.4	56.1	17.8	52.9	34.5	106	21.0	56.5	55	2.70	10.74
(投てき)		m													
馬場 亜弥	やり投	36.14	17	159.9	60.7	57.9	20.7	48.1	39.0	92	22.6	58.5	50	2.52	10.80
小西 牧子	砲丸投	9.59	17	158.9	64.3	61.4	31.3	44.2	42.0	152	17.0	48.3	46	2.22	10.05
川口 桂子	砲丸投	9.55	17	161.1	64.9	63.7	26.5	47.7	32.8	114	19.5	65.6	44	2.20	9.50
大辻紀代美	砲丸投	11.80	17	160.6	63.4	58.3	27.1	46.2	40.6	116	22.2	56.4	51	2.65	10.44
上林 薫	円盤投	34.42	16	167.3	63.7	57.8	27.1	46.4	35.2	103	19.5	48.8	50	2.60	10.83
宇都宮紀子	円盤投	29.16	16	169.2	62.4	56.5	37.6	38.9	35.1	102	16.5	44.3	46	2.46	9.90
野沢 朋美	円盤投	36.14	16	168.4	68.0	59.9	27.8	49.1	31.7	92	22.6	48.5	46	2.19	9.47

たる。

女子においては、本県選手の短距離群では、身長(162.5cm)、体重(55.7kg)および上腕屈筋力(22.5kg)がいずれも有意に大きく、これらは全日本値に対して、それぞれ103%、108%、135%にあたる。一步助走幅とび(2.48m)および立ち五段とび(10.72m)はいずれも有意に小さく、これらは全日本値に対して、それぞれ95%、93%にあたる。跳躍群では、体脂肪率(19.3%)および上腕屈

筋力(19.7kg)がいずれも有意に大きく、これらは全日本値に対して、それぞれ123%、122%にあたる。身長(164.7cm)、一步助走幅とび(2.60m)および立ち五段とび(10.80m)は、いずれも有意に小さく、これらは全日本値に対して、それぞれ97%、93%、92%にあたる。投てき群では、体脂肪率(28.3%)が有意に大きく、これは全日本値の134%に相当している。除脂肪体重(45.8kg)、握力(36.6kg)、脚伸展力(52.9kg)および垂直と

表3. 滋賀県男子選手と全日本男子選手との形態および機能の比較

グループ	身長 (cm)	体重 (kg)	大腿囲 (cm)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	握力 (kg)	背筋力 (kg)	上腕屈筋力 (kg)	脚伸展力 (kg)	垂直び (cm)	一步助走幅とび (m)	立ち五段とび (m)	
滋賀県	短距離	174.3 ±4.95	63.2 ±3.81	52.8 ±1.75	10.7*** ±1.15	56.4 ±2.93	48.8 ±4.05	150.6 ±21.78	29.6 ±2.74	70.7 ±12.83	68.0 ±5.18	3.11 ±0.072	13.37 ±0.515
	跳躍	170.6 ±2.66	61.1 ±2.15	50.5 ±1.54	10.4* ±2.16	54.8** ±2.32	51.3 ±9.25	153.0 ±30.01	28.1 ±3.08	69.0*** ±10.47	66.3 ±9.16	3.08** ±0.111	13.23 ±0.365
	投てき	173.9* ±6.45	73.7** ±5.30	57.1* ±3.43	14.7 ±5.02	62.7*** ±3.95	54.5*** ±5.33	175.8 ±31.73	29.9 ±5.09	80.3*** ±15.16	64.1 ±11.35	2.93 ±0.195	12.74 ±0.833
全日本 ²	短距離	171.2 ±4.5	63.0 ±4.8	51.6 ±2.5	7.3 ±1.8	58.2 ±5.5	51.6 ±6.5	137.0 ±19.4	26.7 ±4.5	84.9 ±23.4	68.4 ±4.9	3.3 ±0.3	14.2 ±0.9
	跳躍	172.7 ±3.9	63.5 ±5.1	51.5 ±2.5	8.2 ±0.7	60.6 ±3.9	56.1 ±6.2	154.9 ±16.7	26.7 ±4.2	95.3 ±13.2	67.1 ±8.0	3.4 ±0.2	—
	投てき	177.4 ±3.4	81.8 ±7.7	60.5 ±5.0	11.3 ±3.4	76.2 ±3.6	66.0 ±6.4	181.5 ±30.5	31.9 ±5.6	110.3 ±19.3	67.4 ±5.1	2.8 ±0.1	13.2 ±0.7

数値は、平均値±標準偏差である。 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

表4. 滋賀県女子選手と全日本女子選手との形態および機能の比較

グループ	身長 (cm)	体重 (kg)	大腿囲 (cm)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	握力 (kg)	背筋力 (kg)	上腕屈筋力 (kg)	脚伸展力 (kg)	垂直び (cm)	一步助走幅とび (m)	立ち五段とび (m)	
滋賀県	短距離	162.5* ±6.98	55.7* ±3.47	54.1 ±1.94	17.5 ±1.41	45.9 ±3.23	36.4 ±5.38	103.0 ±20.38	22.5*** ±3.13	52.2 ±5.08	51.3 ±5.61	2.48* ±0.101	10.72* ±0.481
	跳躍	164.7** ±3.80	57.5 ±4.68	54.2 ±2.19	19.3* ±2.54	46.3 ±3.96	35.7 ±3.38	103.3 ±5.43	19.7** ±1.06	53.6 ±7.31	52.8 ±1.72	2.60** ±0.102	10.80*** ±0.188
	投てき	163.6 ±4.46	63.9 ±2.26	59.3 ±2.48	28.3* ±5.14	45.8** ±3.42	36.6** ±3.96	110.1 ±20.72	20.0 ±2.59	52.9** ±7.45	47.6* ±2.70	2.41 ±0.199	10.14 ±0.567
全日本 ²	短距離	157.4 ±4.4	51.5 ±5.1	52.2 ±2.7	15.8 ±2.9	43.4 ±3.8	33.6 ±4.2	92.8 ±16.2	16.7 ±2.4	50.1 ±17.9	53.1 ±3.9	2.6 ±0.1	11.5 ±0.5
	跳躍	169.6 ±2.0	57.3 ±4.0	53.2 ±3.7	15.7 ±2.4	48.9 ±4.5	38.4 ±3.1	103.0 ±38.4	16.1 ±2.3	56.8 ±8.6	52.3 ±4.8	2.8 ±0.1	11.7 ±0.3
	投てき	164.9 ±4.6	64.9 ±7.9	57.2 ±3.7	21.1 ±4.9	53.3 ±3.4	44.5 ±6.2	111.1 ±19.2	21.9 ±4.3	75.5 ±17.9	51.3 ±3.6	—	10.7 ±0.1

数値は、平均値±標準偏差である。 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

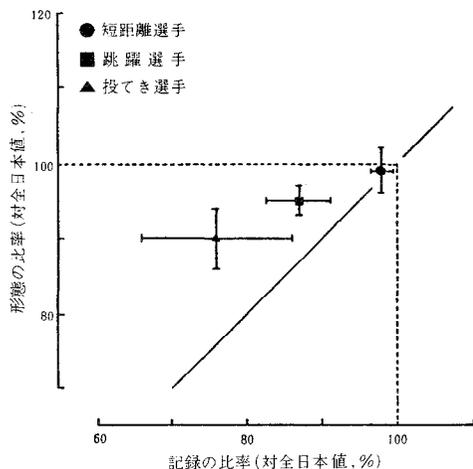


図1. 滋賀県男子選手の記録と形態との関係

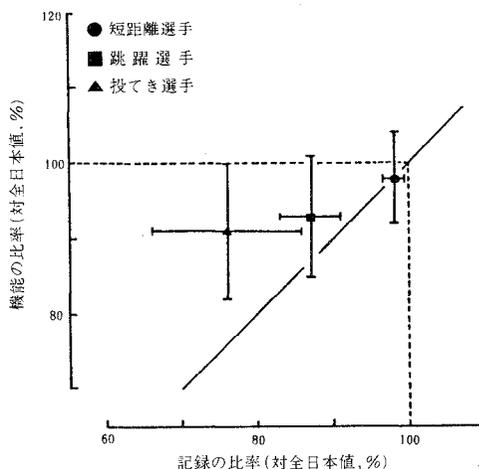


図3. 滋賀県男子選手の記録と機能との関係

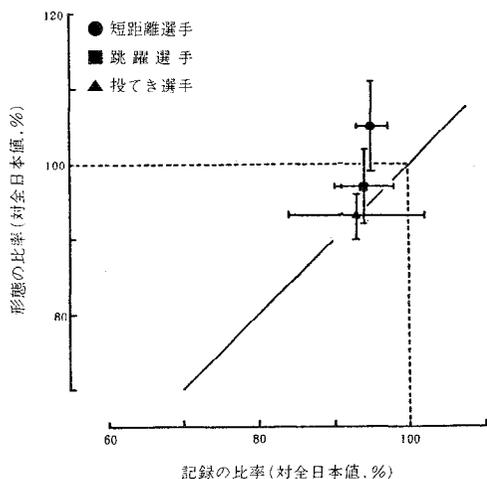


図2. 滋賀県女子選手の記録と形態との関係

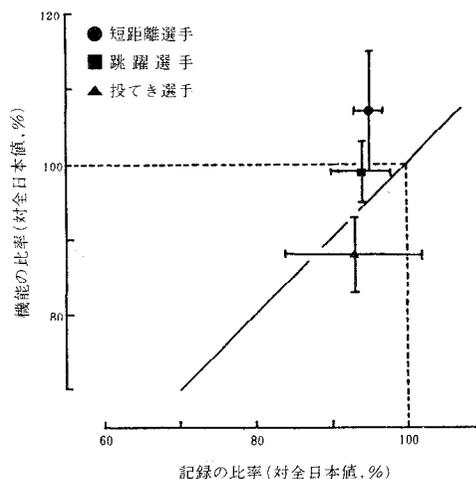


図4. 滋賀県女子選手の記録と機能との関係

び(47.6cm)はいずれも有意に小さい。これらは全日本値に対して、それぞれ86%、82%、70%、93%にあたる。

全国高校一流選手の記録と形態値を目標値として、それらに対する本県選手の記録と形態との関係が図1(男子)および図2(女子)にグループ別の平均値と標準偏差で示されている。記録はそれぞれの種目における全日本値に対する比率であり、形態は身長と除脂肪体重の全日本値に対する比率の平均値を用いている。

本県の男子選手においては、短距離群の記録は98%であるのに対し、形態は99%であっ

て、トップレベルに接近している。跳躍群の記録は87%であるが、形態は95%である。投てき群の記録は76%であるが、形態は90%である。両者の関係には、短距離、跳躍、投てき群の順にレベルが低下している。女子選手においては、短距離群の記録は95%であるが、形態は105%に達している。跳躍群の記録は94%であるのに対し、形態は97%である。投てき群の記録と形態は、ともに93%である。女子選手の記録と形態はいずれの群とも90%以上を示しているが、両者の関係には短距離、跳躍、投てきの順にレベルが低下している。

全国高校一流選手の記録と機能値を目標値

として、それらに対する本県選手の記録と機能との関係を見ると、図3（男子）および図4（女子）のとおりである。ここでの機能は、握力、背筋力、上腕屈筋力、脚伸展力、垂直とび、一步助走幅とびおよび立ち5段とびの全日本値に対する比率の平均値を用いている。

本県の男子選手においては、短距離群の記録および機能はともに98%であって、トップレベルに接近している。跳躍群の記録は87%であるのに対し、機能は93%にある。投てき群の記録は76%であるが、機能は91%である。両者の関係には、短距離、跳躍、投てきの順にレベルが低下している。女子選手においては、短距離群の記録が95%であるのに対し、機能は107%に達している。跳躍群の記録は94%であるが、機能は99%である。投てき群の記録は93%であるが、機能は88%である。両者の関係には、短距離、跳躍、投てきの順にレベルが低下している。

以上は、本県選手の形態および機能の全日本値に対する比較であり、記録と形態および機能との関係からの本県選手の水準についての概要である。今回は、競技種目特性からのグループ別の検討であるが、男子の跳躍群では走幅跳と三段跳の選手が含まれておらず、投てき群では男女ともやり投の選手が1名ずつしかみられず、必ずしも各群の種目にバランスがとれた構成とはなっていない。しかし、各群の平均値で見れば、滋賀県選手の競技力にかかわる形態や機能のレベルが総体的に浮きぼりにされよう。本県選手と全国高校一流選手との比較から注目されることは、男子において体脂肪率が高く、除脂肪体重が小さいことである。このことは、筋の量的な背景をともなって筋パワーの低下につながるようであり、脚伸展力で劣っている。とくに、跳躍群と投てき群で目立っている。また、フィールドテスト項目でも劣る傾向にあり、体重移動をともなうパワーの発揮が不十分であることが推察される。女子においても体脂肪率が高く、脚伸展力に劣る傾向があり、フィールド

テスト項目ではその差が著しくなっている。

本県選手の男子の記録は全日本値に対して76~98%にあたり、女子の記録は93~95%に相当している。これらの記録の背景をみるために、今回は形態では身長と除脂肪体重とで長育に伴う筋量の指標とし、機能では各筋力値とフィールドテスト値とを総合的な筋パワーの指標としてとらえ、記録との関係から本県選手の基礎体力レベルを把握する試みを用いた。短距離群の男子では形態と機能は全日本値の98~99%にあって、トップレベルに接近している評価ができるが、跳躍群では低くなり、投てき群ではさらに低く、90%前後の水準となっている。女子の短距離群では形態、機能とも全日本値を上回っているが、跳躍群では98%前後に、投てき群では93%前後にある。短距離群を除くと、形態と機能の比率は低く、記録の低さを反映しているであろう。短距離群では、形態と機能の比率からトップレベルに接近していることが伺える。

松井ら³⁾は、陸上競技選手の形態および機能の重要性を指摘している。日本と世界のトップレベルの選手の身長と体重に注目し、日本記録と世界記録の差は形態的な差にみられ、また優れた機能を有している選手ほど高い記録をマークしていることを示唆している。これらのことは、基本的にはジュニア選手にも通じるところがあり、種目による特性はあるものの、すぐれた体格と機能は競技力の高さを現すことになろう。佐久間⁶⁾は、ジュニア選手の育成にかかわる問題点について検討しているが、ジュニア選手の筋力不足が競技成績の向上につながらない要素のひとつとして指摘している。このようなことから、滋賀県の高校陸上競技選手の今後の課題として、筋の量的な背景をともなう体組成の改善と、筋パワーの増大をはかり、動的なパワーの発揮に発展させることが重要な課題であろう。

4. 要 約

滋賀県で上位にランクされている高校陸上

競技選手、男子26名と女子22名について、形態、筋力およびフィールドテストの測定を行い、全国高校一流選手と比較検討した。得られた結果を要約すると、次のとおりである。

(1) 本県の男子選手においては、全日本高校一流選手に比べ、短距離群では体脂肪率が有意に大きかった。跳躍群では体脂肪率が有意に大きかったが、除脂肪体重、脚伸展力および一步助走幅とびは有意に小さかった。投てき群では体脂肪率を除く形態値、握力および脚伸展力が有意に小さかった。

(2) 本県の女子選手においては、全国高校一流選手に比べ、短距離群では身長、体重および上腕屈筋力が有意に大きかったが、一步助走幅とびおよび立ち五段とびは有意に小さかった。跳躍群では体脂肪率および上腕屈筋力が有意に大きかったが、身長、一步助走幅とびおよび立ち五段とびは有意に小さかった。投てき群では体脂肪率が有意に大きかったが、除脂肪体重、握力、脚伸展力および垂直とびは有意に小さかった。

(3) 本県選手の記録は、全国高校一流選手の76~98%にあたるのに対し、形態および機能値は88~107%に相当していた。全国高校一流選手の記録と形態および機能を目標値と

して、本県選手の記録と形態および機能との関係が検討された。

文 献

- 1) 金原 勇：陸上競技のコーチング (I), 大修館, 73-74, 1976.
- 2) 松井秀治, 青木純一郎, 加賀谷潤彦, 金子公宥, 進藤宗洋, 杉浦保夫, 三浦望慶, 塚越克己, 小掛照二, 高橋 進, 渡辺勇夫: ジュニアからシニア (国際級) までの一貫性陸上競技トレーニングに関する研究 (その3), 昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II, 競技種目別競技力向上に関する研究-第3報-, No. 18 陸上競技, 333-351, 1979.
- 3) 松井秀治: 陸上競技の適性, 体育の科学, 28, 774-778, 1978.
- 4) 日本陸連科学委員会編: 日本陸連方式体力測定法, 講談社, 1975.
- 5) 陸上競技マガジン編: 陸上競技マガジン 1985年記録集計号, ベースボールマガジン社, 1986.
- 6) 佐久間和彦: 我国の陸上競技界におけるジュニア選手育成の現状と諸問題, 順天堂大学保健体育紀要, No.28, 39-47, 1985.

陸上競技選手の競技力に関する研究

その1. 短距離選手における最大無酸素性パワーについて

佐藤 尚武 (滋 賀 大 学)

富田 文裕 (滋賀大学 研究生)

北村 裕一 (滋賀大学 研究生)

八木佐知男 (滋賀県立彦根工業高校)

1. はじめに

陸上競技選手の競技力は、競技施設の質的条件や、気温、湿度、風速などの環境条件とともに、生理的あるいは心理的状态によって左右されるが、基本的には体力および技術背景の差として競技記録に反映されている。体力と技術の関連性はある水準まで明白でない場合が多いが、ある段階からは技術の獲得が体力水準によって支えられることは周知のところである。したがって、競技種目に要求される体力要素の水準を明らかにすることは、選手自身あるいは指導者にとってトレーニングの方向性を規定することになり、極めて重要な意義をもっている。本研究では、滋賀県における陸上競技選手の体力科学的分析を試み、競技力向上に有効となる手がかりを得るための基礎的研究を展開することにした。

陸上競技においては、短時間で大きなパワーを必要とする種目から長時間にわたって比較的小さなパワーを持続的に必要とする種目まである。これらのパワー発現には無氣的過程による場合と有氣的過程による場合とがあるが、短距離種目は短時間の敏速な体重移動運動であって、この走運動では無酸素的エネルギー供給機構によるパワーの大きさが要求される。したがって、スプリント能力の高揚には、疾走技術とともにパワー発現能力を追求することが重要であろう。

100Mあるいは200Mの疾走能力を支える生理的指標は、一般に酸素負債量の測定によって得られるが、この場合には運動後の酸素摂

取量の測定が必要であって、容易に知ることができない。近年、自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーを測定する方法が開発され、短時間の爆発的なパワーを簡便に知ることができるようになった。数年前から、短距離選手のスプリント能力を探求する一助とするために、自転車エルゴメーターによる最大無酸素性パワーを測定してきたが、今回はこのパワーを競技水準別に比較するとともに、競技記録との関係について検討することにした。

2. 測定方法

(1) 短距離選手のプロフィール

対象となった短距離選手は15~24才の男子127名であり、いずれも滋賀県登録の高校生(99名)および大学生(28名)である。専門種目別にみると、100Mの選手が61名(10"6~11"9)、200Mの選手が12名(21"8~24"1)、400Mの選手が34名(49"6~55"0)、110MHの選手が5名(14"8~15"9)、400MHの選手が15名(54"2~60"2)である。これらの選手の大多数は、過去4年間における国体強化合宿、高校および大学の強化合宿の参加者であるが、滋賀県のトップレベルの選手からジュニアにわたる選手で構成されている。

127名の選手は、専門種目における記録から競技水準によるグループ分けがなされた。競技水準の設定には、1985年度から1988年度における滋賀県10傑記録を参考とした(表1)。すなわち、100M、200Mおよび400Mにおけ

表1. 最近の4年間における滋賀県短距離種目の10傑記録

	100 M		200 M		400 M		110 MH		400 MH	
	Best1	Best10	Best1	Best10	Best1	Best10	Best1	Best10	Best1	Best10
1985年	10"7	11"1	21"5	22"4	48"3	50"9	14"6	16"2	54"6	58"2
1986年	10"7	11"0	21"4	22"1	49"4	51"1	14"5	16"2	54"3	57"4
1987年	10"6	10"9	21"2	22"3	49"5	50"5	14"6	16"3	54"2	56"9
1988年	10"6	10"9	21"6	22"3	49"2	50"6	14"9	16"0	54"2	57"7
平均値	10"65	10"98	21"43	22"28	49"10	50"78	14"65	16"18	54"33	57"55
基準記録	10"7	11"0	21"4	22"3	49"1	50"8	14"7 ^{a)}	15"0 ^{a)}	53"8 ^{b)}	55"5 ^{b)}

a) 100 Mの基準記録に4.0秒を加えている。

b) 400 Mの基準記録に4.7秒を加えている。

表2. 短距離種目における競技水準別評価尺度

	Aグループ	Bグループ	Cグループ	Dグループ
100M	~11"0 (0)	11"1 ~ 11"3 (0)	11"4 ~ 11"6 (0)	11"7 ~ 11"9 (0)
200M	~22"3 (3)	22"4 ~ 23"2 (4)	23"3 ~ 24"1 (5)	24"2 ~ 25"0 (0)
400M	~50"8 (6)	50"9 ~ 52"5 (7)	52"6 ~ 54"2 (8)	54"3 ~ 55"9 (3)
110MH	~15"0 (2)	15"1 ~ 15"3 (1)	15"4 ~ 15"6 (0)	15"7 ~ 15"9 (2)
400MH	~55"5 (1)	55"6 ~ 57"2 (6)	57"3 ~ 58"9 (6)	59"0 ~ 60"6 (2)

() 内は、ランクされた選手数を示している。

る4年間の1位および10位記録の平均値から基準値(記録)を求め、それらの差を各種目の競技水準の基準幅として用いた。10位の基準記録より優れている選手をAグループとし、劣っている選手については基準幅を下げるにしたがって、B、C、Dグループとした。110MHと400MHについては滋賀県の競技レベルが低いため、同年度における4年間の全日本100傑記録を参考にして設定した。全日本の100傑における110MHと100Mとの差の4年間の平均値は4.0秒であり、400MHと400Mとの差のそれは4.7秒であった。これらの差を100Mおよび400Mで設定された基準記録に加えた。各種目における競技水準の評価基準となる記録は、表2に示すとおりである。Aグループにランクされる選手は24名となり、B、CおよびDグループの選手はそれぞれ46、37および20名である。

なお、各選手の記録は測定年度におけるべ

スタタイムとしたが、電気計時による記録については100M、200Mおよび110MHでは0.24秒を、400Mおよび400MHでは0.14秒を用い、それぞれ手動計時に換算した記録を採用した。

(2) 測定方法

形態では、身長、体重および皮下脂肪厚が計測された。上腕背部と肩甲骨下縁部の皮下脂肪厚値から、Nagamineら¹²⁾およびBrožekら¹⁾の式を用いて、体脂肪率および除脂肪体重が算出された。また、多くの選手については脚筋骨量が測定された。脚筋骨量は、JonesとPearsonの方法⁶⁾を用い、大腿部および下腿部の選ばれた計測点における周径囲、長さおよび皮下脂肪厚の計測値から算出された。この皮下脂肪厚は、超音波皮脂肪測定器(積水化学、T-5001)で測定された。

最大無酸素性パワーの測定には、パワーマックス-V(コンビ社)が用いられた。10秒間の全力ペダリングが、120秒の休息をはさんでそれぞれ強さの異なる負荷強度で3回実施された。サドルの高さおよびハンドルの位置は選手ごとに調節され、両足はトゥグリップとバンドによってペダルに固定された。

なお、これらの測定は1985年12月から1988年12月にかけて滋賀県立スポーツ会館および滋賀大学教育学部で実施された。

表3. 競技水準別にみた形態, 体組成および最大無酸素性パワー

	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	除脂肪体重 (kg)	脚筋骨量 (ℓ)	最大無酸素性 パワー (W)
Aグループ (n=24)	172.9 ±5.2	63.4 ±4.3	9.77 ±1.00	57.2 ±3.6	8.32 ±0.64	929 ±117
Bグループ (n=46)	171.6 ±4.3	62.7 ±5.0	9.87 ±1.38	56.5 ±4.0	8.28 ±1.05	897 ±116
Cグループ (n=37)	171.3 ±5.0	61.9 ±4.7	10.12 ±1.38	55.6 ±3.9	8.11 ±0.80	857 ±88
Dグループ (n=20)	171.7 ±5.4	62.0 ±4.6	10.20 ±0.96	55.6 ±3.8	7.99 ±0.80	848 ±102

数値は、平均値±標準偏差である。脚筋骨量のn数は、A:16 B:38 C:31 D:18である。

3. 成績

表3には、短距離選手の競技水準別にみた形態, 体組成および最大無酸素性パワーの平均値をあげている。身長の前平均値では、Aグループが172.9cmで最も大きく、B、CおよびDグループが171cm台である。体重の前平均値では、Aグループが63.4kgで最も大きく、B、CおよびDグループが62kg台にある。体格ではグループ間に有意な差がみられないが、Aグループで優れ、Cグループでやや劣っている。体脂肪率は、A、B、C、Dグループの順に大きくなっている。除脂肪体重では、Aグループが57kg台で、次いでB、CおよびDグループの順になっている。脚筋骨量はAおよびBグループが8.3ℓ前後にあり、CおよびDグループが8.0ℓ前後にある。最大無酸素性パワーは、Aグループの929Wが最も大きく、次いでB(897W)、C(857W)、D(848W)グループの順である。AグループとCグループとの前平均値の間には1%水準で、AグループとDグループおよびBグループとCグループとの前平均値の間には5%水準で、それぞれ有意な差が認められた。

表4には、体重、除脂肪体重および脚筋骨量当りの最大無酸素性パワーを競技水準別の前平均値で示している。体重当りの値では、Aグループの14.6W/kgが最も大きく、次いでB(14.3W/kg)、C(13.8W/kg)、D(13.7

表4. 競技水準別にみた最大無酸素性パワーの相対値

	体重当り (W/kg)	除脂肪体重当り (W/kg)	脚筋骨量当り (W/ℓ)
Aグループ (n=24)	11.6 ±1.2	16.2 ±1.1	108.1 ±10.7
Bグループ (n=46)	11.3 ±1.3	15.9 ±1.1	107.9 ±10.7
Cグループ (n=37)	13.8 ±0.9	15.1 ±1.1	106.1 ±9.6
Dグループ (n=20)	13.7 ±1.1	15.2 ±1.3	101.9 ±10.0

数値は、平均値±標準偏差である。

脚筋骨量当りのn数は、A:16 B:38 C:31 D:18である。

W/kg)グループの順である。除脂肪体重当りの値では、Aグループの16.2W/kgが最も大きく、次いでB(15.9W/kg)、C(15.4W/kg)、D(15.2W/kg)グループの順である。脚筋骨量当りの値では、Aグループの108.1W/ℓが最も大きく、次いでB(107.9W/ℓ)、C(106.1W/ℓ)、D(104.9W/ℓ)グループの順である。脚筋骨量当りの前平均値にはグループ間に有意な差はみられなかったが、体重当りではAグループとCグループとの間に1%水準で、BグループとCおよびDグループとの間に5%水準で、それぞれ有意な差が認められた。除脂肪体重当りではAグループとCおよびDグループとの間に、BグループとCおよびDグループとの間にいずれも有意な差が認められた。

最大無酸素性パワー(MAnP)と体重(Wt)、除脂肪体重(LBM)および脚筋骨量(MBV)

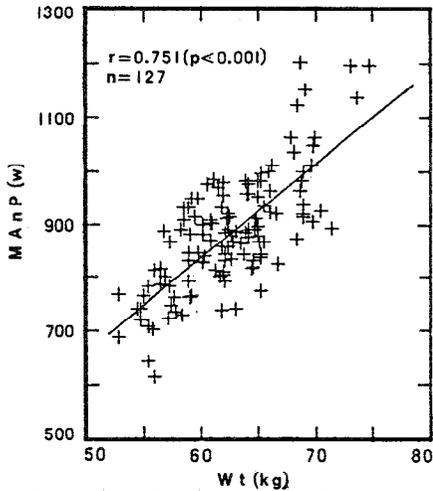


図1. 最大無酸素性パワーと体重との関係

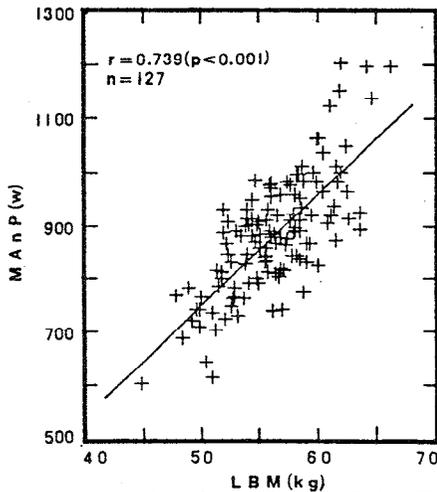


図2. 最大無酸素性パワーと除脂肪体重との関係

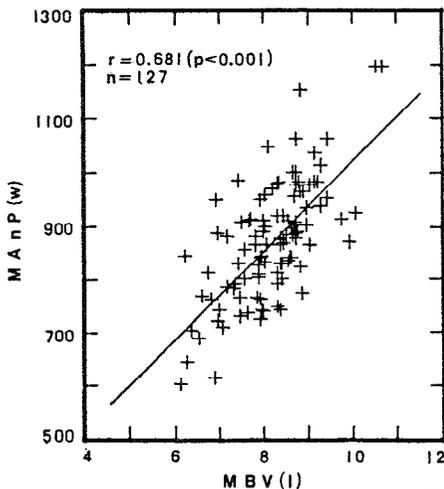


図3. 最大無酸素性パワーと脚筋骨量との関係

との関係が、それぞれ図1、図2および図3に示されている。最大無酸素性パワーは体重との間に $r=0.751$ 、除脂肪体重との間に $r=0.739$ 、脚筋骨量との間に $r=0.681$ が得られ、いずれも0.1%水準で有意な相関関係が認められる。

これらの関係を競技水準別に調べると、得られた相関係数は表5のとおりである。最大無酸素性パワーと体重および除脂肪体重の間には、いずれのグループとも0.1%水準で有意な差が認められる。最大無酸素性パワーと脚筋骨量との相関関係は、BおよびCグループでは0.1%水準であるのに対し、DおよびAグループではそれぞれ1%および5%水準の有意性となっている。

表5. 最大無酸素性パワーと体重、除脂肪体重および脚筋骨量との関係 (相関係数)

	体 重	除脂肪体重	脚筋骨量
Aグループ	0.803*** (n=24)	0.755*** (n=24)	0.560* (n=16)
Bグループ	0.740*** (n=46)	0.733*** (n=46)	0.731*** (n=38)
Cグループ	0.748*** (n=37)	0.725*** (n=37)	0.665*** (n=31)
Dグループ	0.762*** (n=20)	0.756*** (n=20)	0.621** (n=18)

*** $P<0.001$ 、** $P<0.01$ 、* $P<0.05$

表6. 短距離種目における体重当りの最大無酸素性パワーと競技記録との関係 (相関係数)

	専門種目の選手	全短距離選手
100 M	-0.420*** (n=61)	-0.125*** (n=89)
200 M	-0.480 (n=12)	-0.317** (n=66)
400 M	-0.081 (n=34)	-0.018 (n=55)

*** $P<0.001$ 、** $P<0.01$

実際の競技記録と最大無酸素性パワーとの関係を明らかにするために、各種目の記録を保持している選手について、そのベスト記録に体重当りの最大無酸素性パワーを対応させたところ、それらの相関係数は表6のとおりである。100Mの種目では、専門種目とする選手の場合(61名)、専門外の種目の選手を含めた場合(89名)、いずれも両者には0.1%水準で有意な負の相関関係にあることが認められる。200Mの種目では、専門外の種目の選手を含めた場合(66名)には1%水準で有意な相関関係が認められる。400Mの種目では、両者には負の関係があるものの、その関連性はみられなくなっている。

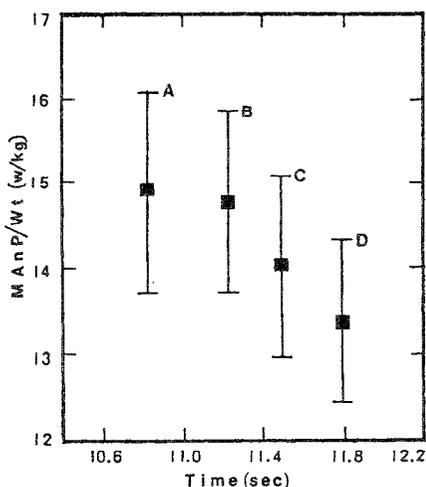


図4. 100Mにおける競技水準別の体重当り最大無酸素性パワー

図4には、100Mにおける競技水準別にみた体重当りの最大無酸素性パワーを平均値と標準偏差で示している。ここでは100Mを専門とする選手(61名)でみているが、DグループからBグループにかけては無酸素性パワーが記録の上昇にともなって直線的に増大していることがみられるが、Aグループのパワーはこの増大の延長線上になく、やや停滞した位置づけとなっている。

4. 考 察

短時間に大きなパワー発揮が要求される運

動では、パワー発現の直接的なエネルギーがアデノシン三リン酸(ATP)の分解によって得られるが、このATPの再合成は筋肉中に保有された磷原質(ATP-PC系)に依存し、その筋収縮の持続時間の限界は約8秒といわれている⁸⁾。この無酸素的代謝によって発揮されるパワーは、Margariaらによる階段駆け上がり法⁷⁾、生田らによる自転車エルゴメーター法⁴⁾などで検討されてきた。近年ではトレッドミルを用いた方法¹³⁾からも求められているが、自転車エルゴメーターによる方法で多くのスポーツ選手のパワー値が報告されている^{5,10,11,14)}。

本研究で測定された自転車エルゴメーターによる短距離選手の最大無酸素性パワーは、絶対値では603~1202Wの範囲にあり、体重当りの値では11.0~17.5W/kgの範囲にあった。これらのパワーを競技水準別にみると、絶対値においては、A(931W)、B(908W)、C(857W)、D(848W)グループの順であった。体重当りのパワー値においては、A(14.6W/kg)、B(14.3W/kg)、C(13.8W/kg)、D(13.7W/kg)グループの順であった。また、除脂肪体重および脚筋骨量当りでみたパワー値も同じ順であった。この場合、競技力の上位グループの体重あるいは除脂肪体重当りのパワー値が下位グループに対して有意に大きいことが認められた。これらのことから、競技水準の高い選手ほど相対的パワー値が大きく、無酸素的機構によるパワーの発揮能力にすぐれていることが伺える。

最大無酸素性パワーは、体重との間に高い相関関係にあることが報告されている^{2,5,14)}。今回は体重、除脂肪体重および脚筋骨量ととりあげ、最大無酸素性パワーとの関係を検討したが、これらにはいずれも0.1%水準で有意な相関関係が認められた。無酸素性のエネルギー供給にかかわるATP-PCの貯蔵量は、筋量に比例すると考えられており⁹⁾、体重および除脂肪体重と最大無酸素性パワーとの高い相関関係は、ATP-PC貯蔵量と最大無酸

素性パワーとの関係を反映しているように推察される。また、全力ペダリングによって出力されるパワーの発揮においては、下肢筋群に依存しているところが大きいように予測され、下肢筋群の筋肉量の指標として脚筋骨量を測定したのであるが、脚筋骨量と最大無酸素性パワーとの有意な関係は、下肢筋群のATP-PC量とパワー発揮能力との関係を間接的に示しているように考えられる。

しかしながら、無酸素性パワーとこれらの項目との関係を競技水準別にみると、グループによる特性がみられた。すなわち、最大無酸素性パワーが筋の量的な因子との間にはいずれも有意な相関関係が認められたが、AおよびDグループでは体重および除脂肪体重との関係より脚筋骨量との相関性が低くなっていた。これらの選手のパワー値に脚筋骨量があまり反映していないところには、下肢系のエネルギー発生に関与するATP-PC系の量的なことよりも、酵素活性の程度あるいは筋線維タイプの割合などとともに、神経系に個人差が生じているように推察される。

ところで、競技記録と最大無酸素性パワーとの関連性であるが、100M種目においては体重当りのパワー値とベスト記録との間には有意な負の相関関係が認められた。この場合には、100Mを専門とする選手、100Mを専門としない選手を含めた短距離選手全体のいずれにおいても有意な関係が認められた。これらのことから、100Mの競技力には体重当りの最大無酸素性パワーの大きさが深くかかわっていることが推察される。体重当りのパワー値は短距離の疾走能力の比較では有効な手段となることが指摘されている³⁾ことから、陸上競技選手では体重当りの値に注目すべきであろう。種目別にみた体重当りの無酸素性パワーと競技記録との関係においては、100M、200M、400Mになるにしたがい、両者の関連性が低くなった。このことは、距離が長くなると、エネルギー発生過程がATP-PC系よりも乳酸系に依存する割合が高くなるた

めであろう。100Mを専門種目とする選手の競技水準別にみた最大無酸素性パワーは、記録の上昇にともなって増大することが認められた(図4)。しかし、ほとんど10秒台の選手で占められるAグループでは、11秒台の選手でみられる直線的な増大に対して、頭打ち的現象がみられた。Aグループの選手のパワー値(14.6W/kg)は、全日本大会の出場選手の15.1W/kg(n=11)¹¹⁾あるいは全日本のジュニア選抜選手の報告¹⁰⁾から求めた14.5W/kg(n=5)とあまり変わらない。日本のトップレベルの選手の体重当りのパワー値は、15W前後にあるように推測される。

いずれにしても、短距離選手では最大無酸素性パワーは不可欠な要素であるが、このパワーは形態および体組成とのかかわりを反映していることから、筋の量的な改善は重要である。また、体重当りのパワー値は競技水準の高い選手ほど大きく、しかも競技記録に反映されていることから、無氣的過程におけるパワー発揮能力を高めることが、スプリント能力の向上にかかわる重要なポイントになることは明らかである。今回の機械的出力パワーを連続的な脚パワーとしてとらえると、スプリンターにはスタートにおける瞬発的パワーの大きさも要求される。スプリンターの競技力を適格に表す脚パワーの指標を検討することは、適性の評価やトレーニングの改善に有効な示唆を与えることになる。

5. 総 括

高校および大学の男子陸上競技短距離選手127名を対象に最大無酸素性パワーを測定し、これらを競技水準別に比較するとともに、最大無酸素性パワーの形態および体組成との関係あるいは競技記録との関係を検討した。得られた結果を要約すると、次のとおりである。

(1) 短距離選手の最大無酸素性パワーは、603~1202Wの範囲にあり、体重当りでは、11.0~17.5W/kgの範囲にあった。体重当りのパワー値を競技水準別にみると、Aグルー

プ(24名)では14.6W/kg, Bグループ(46名)では14.3W/kg, Cグループ(37名)では13.8W/kg, Dグループ(20名)では13.7W/kgであった。競技水準の高い選手になるほど無酸素性のパワー発揮能力に優れていることが認められた。

(2) 最大無酸素性パワーは、体重、除脂肪体重および脚筋骨量との間にいずれも0.1%水準で有意な相関関係を示し、短時間の爆発的なパワー発揮には筋の量的因子の関与が認められた。

(3) 体重当りの最大無酸素性パワーは、100Mのベスト記録との間に有意な負の関係を示したが、200M, 400Mになるにしたがい、その関連性がみられなくなった。無酸素性パワーは、スプリント能力に大きく関与していることが示唆された。

(4) 100Mを専門種目とする選手について、競技水準別に体重当りの無酸素性パワーをみると、11秒台の選手では記録の高い選手になるほどパワーの増大が直線的にみられるものの、最も競技力の高い選手(10秒台)のパワー値は15W前後であって、頭打ちの現象がみられた。

本研究は、滋賀陸上競技協会強化委員会の協力のもとに実施された。多くの強化コーチにご援助いただいたことを付記し、謝意を表します。

文 献

- 1) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140, 1963.
- 2) Gerald, D. T., O. J. Glen and G. T. William: Measurement of anaerobic power and capacity in elite young track athletes using the Wingate test. *J. Sports Med.*, 24, 100-106, 1984.
- 3) 生田香明, 渡部和彦, 大築立志: 50m疾

走におけるパワーの研究, *体育学研究*, 17, 61-67, 1972.

- 4) 生田香明, 猪飼道夫: 自転車エルゴメーターによるMaximum Anaerobic Powerの発達の研究, *体育学研究*, 17, 151-157, 1972.
- 5) 石井喜八, 伊坂忠夫, 滝沢宏人, 高橋勝美: 競技種目別にみた10秒間自転車漕ぎ運動時の最大無酸素性パワー, *日本体育大学紀要*, 15, 51-57, 1986.
- 6) Jones, P. R. M. and J. Pearson: Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in young male and female adults. *J. Physiol.*, 204, 63-66, 1969.
- 7) Margaria, R., P. Aghemo and E. Rovell: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.*, 21, 1162-1164, 1966.
- 8) Margaria, R.: Aerobic and Anaerobic energy sources in muscular exercise, Exercise at altitude. *Excerpta Medica Foundation*, 15-32, 1967.
- 9) Margaria, R. (金子公有訳): 身体運動のエネルギー, ベースボールマガジン社, 東京, 1978.
- 10) 松井秀治, 浅野眞, 青木純一郎, 有吉正博, 井街悠, 榎木繁男, 加賀谷照彦, 金子公有, 小林寛道, 進藤宗洋, 菅原秀二, 塚越し克己, 山地啓司, 横江清司: ジュニアからシニア(国際級)までの一貫性陸上競技トレーニングに関する研究(その9), 昭和60年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, そのII 種目別競技力向上に関する研究-第9報-, No.23 陸上競技, 343-365, 1985.
- 11) 中村好男: アネロビックパワーからみたスポーツ選手の体力, *J. J. Sports Sci.*, 6, 697-702, 1987.
- 12) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese

- young men and women. *Human Biol.*,
36, 8-5, 1964.
- 13) Schnabel, A. and W. Kinderman: Assessment of anaerobic capacity in runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 52, 42-46, 1983.
- 14) 佐藤尚武, 北村裕一, 八木佐知男, 辻延

浩, 古川宗寿, 堀内哲, 岡本進, 武部吉秀:
ボート選手の競技力向上に関する生理学的
研究, (6)最大無酸素性パワーの競技水準別
検討, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会
紀要, No. 8, 48-54, 1988.

陸上競技選手の競技力に関する研究

その2. ジュニア短距離選手における無氣的パワーのタイプについての検討

佐藤 尚武 (滋 賀 大 学) 北村 裕一 (滋賀大学 研究生)
八木佐知男 (滋賀県立彦根工業高校) 黒川 俊文 (栗東町立葉山東小学校)
富田 文裕 (滋賀県立草津東高校) 岡部 俊夫 (ヘルコム 21)

1. はじめに

陸上競技選手の競技力向上に有効となる手がかりを得るための基礎的研究として、アネロビックパワーの分析を試みている。前報⁸⁾では短距離選手の最大無酸素性パワーを調べたところ、競技力の高い水準にある選手ほどこのパワー値が大きく、とくに100mの競技記録にはこのパワーの大きさが反映されていることが認められた。これらのことから、スプリント能力は基本的に無氣的エネルギー供給機構によるパワーの発揮能力に左右されることが確かめられた。

ところで、自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーが簡便に測定できるようになり、スポーツ選手の無氣的パワー水準が明らかにされてきた^{2,3)}。また、一流のジュニア陸上競技選手についての無氣的パワー値も次第に明らかにされてきた^{4,5,6)}。しかし、これら従来の報告では無氣的パワーの水準の検討がほとんどであり、無氣的パワーをタイプの特長から検討している研究は少ない⁹⁾。

無氣的パワーの発現においては、選手によって小さい負荷に対する強さ、あるいは大きい負荷に対する強さのタイプがあり、このパワー特性は競技種目によっても異なってくる。したがって、このパワー特性を明らかにすることは相対的にスピード的パワーか力的パワーかを評価することになり、競技者にはトレーニングの改善の方向性を示唆することができるように考えられる。

本研究では、ジュニアの短距離選手を対象に無氣的パワーのタイプを表わす指標につい

て検討するとともに、このパワー特性が実際の競技力の水準とどのように関わっているのかを明らかにしようとした。とくに、100mと400mを専門種目とする選手にハードルの選手を加え、異なる専門種目の選手による比較からパワー特性の検討を試みた。

2. 測定方法

(1) 短距離選手のプロフィール

対象となった短距離選手は、15~17歳の男子ジュニア選手34名である。これらの選手は、いずれも滋賀県高体連陸上部の強化合宿に参加した高校生である。専門種目別の内訳(記録)をみると、100mの選手が12名(10"7~11"6)、400mの選手が13名(49"6~54"1)、110m Hの選手が4名(15"5~16"5)、400m Hの選手が5名(55"5~60"4)である。各選手の記録は測定年のベストタイムとしたが、電気計時による記録については100mおよび110m Hでは0.24秒を、400mおよび400m Hでは0.14秒を用いて、それぞれ手動計時に換算された。

これら短距離選手の身体特性は、表1に示している。

(2) 測定方法

形態では、身長、体重および皮下脂肪厚が計測された。上腕背部と肩甲骨下縁部の皮下脂肪厚値から、Nagamineら⁷⁾およびBrožekら¹⁾の式を用いて体脂肪率が算出された。

無氣的パワーの測定には、パワーマックスV(コンピ社)が用いられた。3.0、4.5、6.0、7.5および9.0 KPの5種類の負荷強度

表1. 専門種目別にみた形態および体組成

種目	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
100m (n=12)	170.7 ±4.2	61.3 ±3.9	9.83 ±1.01
400m (n=13)	170.0 ±3.7	60.3 ±4.8	10.88 ±2.57
110m H (n=4)	173.0 ±3.6	66.1 ±6.1	11.12 ±2.25
400m H (n=5)	168.9 ±6.4	60.3 ±3.2	11.01 ±1.40

における7秒間の全力ペダリングが120秒の休息をはさんで負荷され、各強度における最高回転数が測定された。サドルの高さおよびハンドルの位置は選手ごとに調節され、両足はトゥグリップとバンドによってペダルに固定された。また、各選手には全力を発揮しやすい姿勢で漕ぐよう指示された。

なお、これらの測定は1989年12月および1990年3月に滋賀県立スポーツ会館において実施された。

3. 成績

短距離選手の形態および体組成であるが、専門種目別の平均値でみると(表1)、身長は170cm前後であり、種目間ではほとんど差がみられない。体重は110m Hの選手で最も大きく(66.1kg)、他の種目の選手は60kg前後にある。体脂肪率はいずれの種目の選手とも10%前後にあるが、ハードルの選手で高い。これら平均値の間には、体重で110m Hと400m Hの選手に、体脂肪率で100mと400m Hの選手にそれぞれ有意な差がみられた。

図1には、各負荷強度における全力ペダリング中の最高回転数およびピークパワーについて、100mと400mの選手を平均値で比較している。最高回転数は、両群とも負荷強度の増大とともにほぼ直線的に低下している。軽い負荷では100mの選手が400mの選手を上回っているが、負荷が強くなるにつれ両群の差がみられなくなっている。この最高回転数から

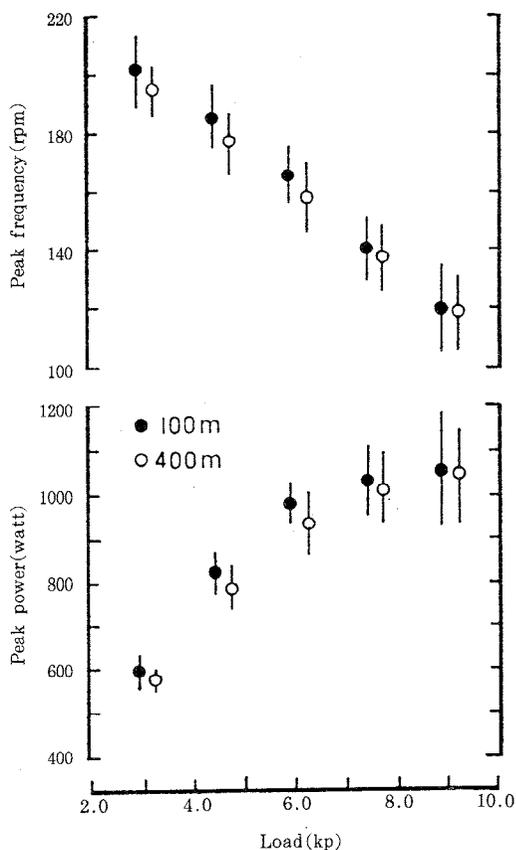


図1. 各負荷強度における最高回転数とピークパワー

表2. 専門種目別にみた最大無酸素性パワー

種目	絶対値 (watt)	体重当り (watt/kg)
100m (n=12)	1079 ±107	17.6 ±1.0
400m (n=13)	1055 ±115	17.5 ±1.2
110m H (n=4)	1149 ±165	17.4 ±1.4
400m (n=5)	1022 ±48	17.0 ±0.2

求められたピークパワーは負荷の増大とともに上昇しているが、強い負荷になるほどその上昇の程度が小さくなり、また両群の差もみられなくなっている。

これら5段階の強度に対する最高回転数からパワー理論を応用して求められた最大無酸

素性パワーは、専門種目別に平均値で表2に示されている。絶対値では110m H選手の1149w (watt, 以下wと記す。)が最も大きく、次いで100m, 400m, 400m Hの選手の順であるが、いずれも1000w以上である。体重当りのパワー値では100mの選手の17.6w/kgが最も大きく、次いで400m, 110m H, 400m Hの選手の順であって、いずれも17w/kg以上を示している。これらの平均値の間には、いずれも有意な差は認められなかった。

全力ペダリング中の最高回転数は負荷強度の増大とともにほぼ直線的に低下していたが(図1), その低下傾向は専門種目によって異なり、また個人によっても異なっていた。そこで、最高回転数(y)を負荷強度(x)に対する一次回帰式 $[y = ax + b]$ に近似させた場合の回帰係数aおよび定数bを選手ごとに求め、aをbで除した値(a/b)を算出した。ここではa/bは負の値になるが、この値が0に近づくほど負荷の増大に対するパワーの低下の度合いが小さくなるので、力型の無氣的パワーに相対的に優れ、その逆の場合はスピード型の無氣的パワーに相対的に優れているとみることができる。また、定数bは外挿による理論的初期回転数に相当するが、この水準を相対的に表わすためにbを体重で除した値(b/Wt)を算出した。

図2には、100mおよび110m Hの選手におけるa/bとb/Wtとの関係を示している。両者の間には0.1%水準で有意な負の相関関係が認められ、100mの選手は110m Hの選手に比べてスピード型の無氣的パワーに相対的に優れている傾向がみられる。図3には、400mおよび400m Hの選手におけるa/bとb/Wtとの関係を示している。両者の間には0.1%水準で有意な負の相関関係が認められるが、この関係には種目による特性が明らかでない。

これらの指標を実際の競技記録との関係で見ると、図4および図5のとおりである。今回の短距離選手のなかでは100mの競技記録

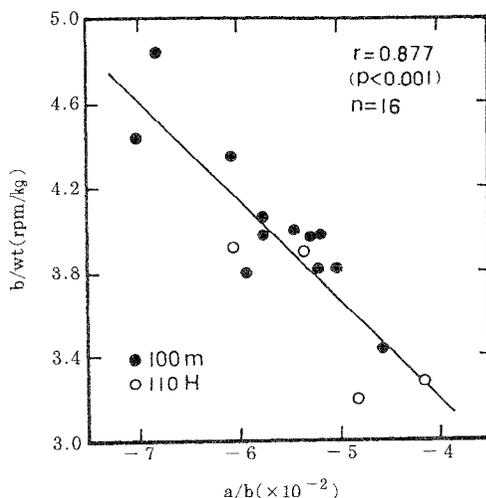


図2. a/bと体重当りのbとの関係

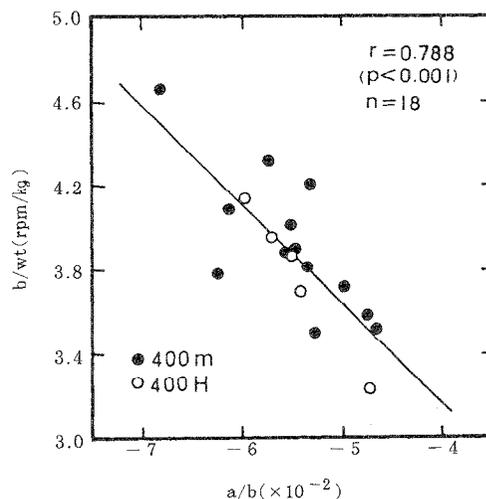


図3. a/bと体重当りのbとの関係

を有している選手が21名いるが(図4), これらの選手ではa/bとb/Wtとの間に0.1%水準で有意な負の関係が認められる。ここでは、100mの記録を10秒後半, 11秒前半, 11秒後半に区分しているが、それぞれの平均値でも明らかなように、競技記録の上位にある選手ほどスピード型の無氣的パワーに相対的に優れている位置にあることが認められる。400mの記録を保持している選手19名においては(図5), 同様に両者の間には有意な負の相関関係が認められる。ここでは記録を49~50秒, 51~52秒, 53~54秒に区分している

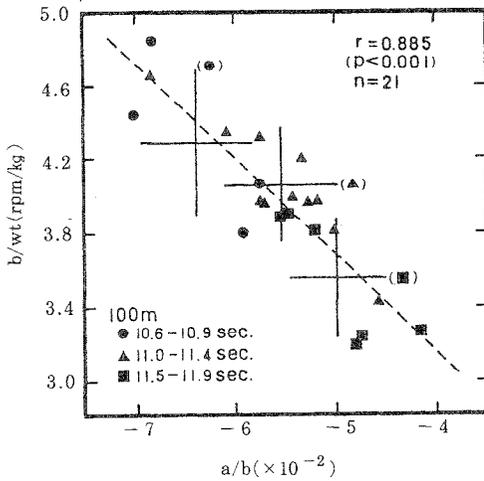


図4. a/bと体重当りのbとの関係(100mの選手)

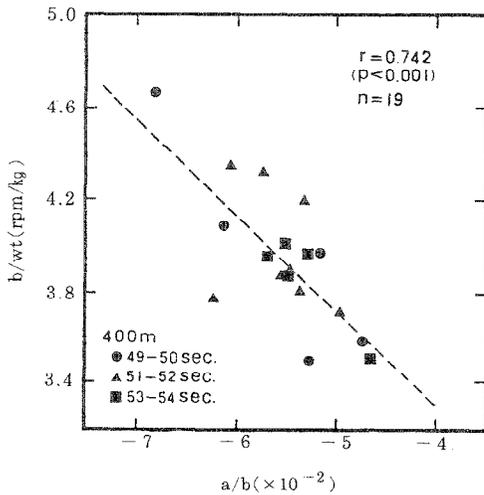


図5. a/bと体重当りのbとの関係(400mの選手)

が、100mの場合とは異なり、記録の上位にある選手では相対的にスピード型かあるいは力型かの無氣的パワーに優れている位置にあることが認められる。

4. 考 察

本研究ではジュニアの短距離選手を対象に短時間の全力ペダリングによる無氣的パワーを調べたのであるが、得られた最大無酸素性パワーの水準には専門種目による差がみられなかった(表2)。今回得られた最大無酸素性パワーは、従来の測定値⁸⁾よりおよそ10

%程度高くなっていた。従来はパワーマックスVによるテストプログラム(3点法)を用いていたが、今回は5点法によるマニュアルプログラムで測定されており、回転数の増大に対する負荷修正が加えられない機械特性のために、テストプログラムで測定された場合よりも回転数の増大が生じている。今回は短距離選手のパワー水準を従来の成績と比較することはできないが、数種類の負荷に対する無氣的パワー発揮から短距離選手のパワーのタイプに着目したのである。

5段階の負荷強度の増大とともに最高回転数はほぼ直線的に低下しており(図1)、最高回転数を負荷強度に対する一次回帰式に近似させることができる。高松ら⁹⁾はこの場合の係数(a)と定数(b)を用いて、負荷強度に対する最高回転数の減少における能力差を消去するためにa/b値を求め、a/bとbとの関係からラグビー選手のパワー特性を論じている。著者らもこの指標を用いて検討したが、短距離選手では両者に必ずしも明らかかな関係を見いだすことができなかった。そこで、b値に影響を及ぼす要因を消去するために体重当りのb値を求め、a/bとb/Wtとの関係から無氣的パワーのタイプの検討を試みたのである。

このa/bとb/Wtとの関係においては、a/b値が小さく、b/Wtの値が大きい場合には、負荷強度の増大に対する回転数の低下の度合いが大きくなるが、軽い負荷強度でのペダリング能力に優れているので、スピード型の無氣的パワーに相対的に優れているとみなすことができる。逆に、a/bの値が大きく、b/Wtの値が小さい場合には、軽い負荷強度でのペダリング能力は劣っているが、負荷強度の増大に対する回転数の低下の度合いが小さいので、力型の無氣的パワーに相対的に優れているとみなすことができる。

この関係から短距離選手の無氣的パワーのタイプをみると、100mの選手は100mHの選手よりもスピード型の無氣的パワーに相対的

に優れていた(図2)。同様の関係を400mと400mHの選手でみた場合、種目によるパワーのタイプに明らかな相違はみられなかった(図3)。100m種目も110mH種目もスピードの要求される種目であるが、110mH種目ではハードリング動作が含まれていることからより力強いパワーが必要であり、110mHの専門選手の方が100mの専門選手よりも力型のパワーに優れていることを現わしているように推察される。それに対して400mおよび400mH種目ではその競技時間からATP-PC系によるパワーに依存する割合が低いこと、あるいはハードルの高さが低いことなどによって、両種目の選手の無氣的パワーのタイプに差が現われなかったように推察される。

ところで、 a/b と b/Wt との関係に実際の競技記録がどのように関わっているのかを、今回は100mおよび400m種目で検討したのであるが、100m種目では競技記録が上位にある選手ほどスピード型の無氣的パワーに相対的に優れていた(図4)。100m競技では無氣的パワーの大きさがその記録に反映されていること⁸⁾を考えると、100m種目では無氣的パワーの大きさとともにスピード型であるパワーが競技力の水準に関与しているように推察される。400m種目では、競技記録が上位にある選手では相対的にスピード型か力型かの無氣的パワーに優れていた(図5)。このことは、400m種目ではスピード型のパワーが必ずしも高い競技力を支えているのではないことを示唆している。今回測定された無氣的パワーは非乳酸性の供給機構によるパワーであることから、当然のことかも知れない。むしろ400m種目ではスピード持続性、つまり乳酸性パワーが重要となる。

いずれにしても、スプリンターでは無氣的パワーが競技力を支える重要な要素であって、このパワーの水準の高さとともにパワーのタイプを明らかにすることが、競技力の向上に有効な手がかりとなるように考えられる。今回は a/b と b/Wt との関係から無氣的パワー

のタイプを検討したが、この関係が競技水準を反映する指標となっていることから、短距離選手のパワー特性の評価に用いることができるように推察される。とくに、スプリンターではスピード型の無氣的パワーであることが明らかにされたことから、この無氣的パワーのタイプの評価が選手のトレーニング内容の方向性を示唆することになる。

5. 総 括

男子ジュニア短距離選手34名を対象に、パワーマックスVを用いた全力ペダリングによる5種類の負荷強度(3.0~9.0 kP)での最高回転数が測定され、負荷強度と最高回転数との関係から無氣的パワーのタイプについて検討された。得られた成績を要約すると、次のとおりである。

(1) 各負荷強度における最高回転数は負荷強度の増大にともないほぼ直線的に減少した。最高回転数(y)を負荷強度(x)に対する一次回帰式 $[y = ax + b]$ に近似させた場合の回帰係数 a および定数 b を選手ごとに求め、 a を b で除した値(a/b)と b を体重で除した値(b/Wt)との関係から無氣的パワーのタイプについて検討した。

(2) 100mの専門選手は110mHの専門選手よりスピード型の無氣的パワーに相対的に優れている傾向にあった。400mと400mHの専門選手の間には、無氣的パワーのタイプには種目的特性が明らかでなかった。

(3) 100m種目においては、競技記録の上位にある選手ほどスピード型の無氣的パワーに相対的に優れていた。400m種目においては、競技記録の上位にある選手ほどスピード型か力型かのいずれかの無氣的パワーに相対的に優れていた。

(4) 短距離選手の無氣的パワーのタイプを表わす指標として、 a/b と b/Wt とを用いることは有効であることが示唆された。

文 献

- 1) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140, 1963.
- 2) 石井喜八, 伊坂忠夫, 滝沢宏人, 高橋勝美: 競技種目別にみた10秒間自転車漕ぎ運動時の最大無酸素性パワー, *日本体育大学紀要*, 15, 51-57, 1986.
- 3) 中村好男: アネロビックパワーからみたスポーツ選手の体力, *J. J. Sports Sci.*, 6, 697-702, 1987.
- 4) 松井秀治, 浅野眞, 青木純一郎, 有吉正博, 井街悠, 榎木繁男, 加賀谷熙彦, 金子公有, 小林寛道, 進藤宗洋, 菅原秀二, 塚越克己, 山地啓司, 横江清司: ジュニアからシニア(国際級)までの一貫性陸上競技トレーニングに関する研究(その10), 昭和61年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, そのⅡ種目別競技力向上に関する研究—第10報一, No.2 陸上競技, 33-63, 1986.
- 5) 松井秀治, 浅野眞, 青木純一郎, 有吉正博, 井街悠, 加賀谷熙彦, 金子公有, 小林寛道, 進藤宗洋, 菅原秀二, 塚越克己, 福田潤, 山地啓司, 横江清司: ジュニアからシニア(国際級)までの一貫性陸上競技トレーニングに関する研究(その11), 昭和62年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, そのⅡ種目別競技力向上に関する研究—第11報一, No.13 陸上競技, 205-224, 1987.
- 6) 松井秀治, 浅野眞, 青木純一郎, 小林寛道, 進藤宗洋, 有吉正博, 井街悠, 塚越克己, 福田潤, 加賀谷熙彦, 金子公有, 山地啓司, 横江清司: ジュニアからシニア(国際級)までの一貫性陸上競技トレーニングに関する研究(その12), 昭和63年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, そのⅡ種目別競技力向上に関する研究—第12報一, No.16 陸上競技, 253-268, 1988.
- 7) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese youngmen and women. *Human Biol.*, 36, 8-15, 1964.
- 8) 佐藤尚武, 冨田文裕, 北村裕一, 八木佐知男: 陸上競技選手の競技力に関する研究, その1. 短距離選手における最大無酸素性パワーについて, *滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要*, No.9, 72-79, 1989.
- 9) 高松薫, 佐藤芳弘, 宮坂雅昭, 高森秀蔵: 無氣的パワーにおける“力型”と“スピード型”のタイプからみたラグビー選手の特性, *体育学研究*, 34, 81-88, 1989.

高齢ゲートボール愛好者の体力と ゲーム中の運動強度の検討

佐藤 尚武(滋 賀 大 学) 武部 吉秀(京 都 大 学)
吉田 瑞穂(滋賀県立短期大学) 寄本 明(滋賀県立短期大学)
岡本 進(滋賀県立短期大学) 宮本 孝(滋 賀 大 学)
沢 淳一(滋賀県立スポーツ会館) 森地 純(滋賀県教育委員会)
北村 裕一(滋賀大学 研究生) 八木佐知男(滋賀県立彦根工業高校)

1. 緒 言

わが国の老年人口（65歳以上）の比率は昭和30年代から高まり、昭和60年には10%をこえ²¹⁾、近年になって急速な高齢化が進んでいる。20年後には、その比率が20%近くになることが予測されている¹¹⁾。滋賀県の老年人口をみると、昭和62年10月には13万人をこえ¹⁹⁾、その比率は11.2%に達している。滋賀県の高齢化の特徴については、全国平均に対して現在の高齢化率は高い現状にあるが、今後の高齢化の進展がゆるやかであること、高齢化の地域間格差が大きいことなどが分析されている²⁰⁾。高齢化社会の出現は多方面にわたって影響をもたらすが、基本的には個人の健康問題が重要な課題であろう。高齢者では加齢に伴って生体機能が低下するが、この退行速度を少しでも遅らせ、活性のある状態を維持させることが重要である。少なくとも自分のことは自分でできる活力があり、可能ならば生活圏を広め、積極的に文化的、体育的な社会生活を通して、豊かな生きがいを求められることが高齢者に望まれるところであろう。

高齢者における生きがいを充実感を含めた精神衛生的側面からみると、体力や意欲などにかかわる「士気」と最も関連しているのは主観的健康状態であることが確かめられている⁵⁾。したがって、高齢者のいざく自己の健康や体力に関する主観的評価は、その個人をとりまく社会的、心理的および身体的状況と広く関与しているものの、生きがい感にかか

わって有効な指標になる可能性があろう。また、高齢者の加齢に伴なう身体機能の低下は、生活機能の喪失につながる。したがって、ある体力レベルが日常生活の身辺自立能力を規定する。この能力は、おそらく下肢系の機能を基礎としているように思われる。ところが、高齢者の体力についての研究は少ない現状にあり、60歳以上の高齢者については全国的な規模で実施されている体力テストはみられない。高齢者の体力テスト項目の検討はもちろんのこと、各体力値の把握が必要であるが、身辺自立能力にかかわる体力の評価尺度についての検討が必要となろう。

ところで、高齢者のスポーツとしては、ゲートボールが全国的に普及しており、その競技人口は400万人に達しようとしている¹⁵⁾。滋賀県ではゲートボール連盟が昭和60年の6月に発足し、その9月には日本ゲートボール連合に加盟している。昭和62年4月現在の登録者は14,215人で、県内の65歳以上の総人口に対して10%以上を占めている。実際には、登録していない愛好者が相当数見込まれ、ゲートボールが高齢者スポーツとしてかなり定着している状況である。ゲートボールの健康と体力に関しては、ゲートボールと老人医療費調査¹⁶⁾に興味をもたれる。ゲートボールが非常に普及している地域における老人医療費が、相対的にみて全国平均を大幅に下回っていることである。このことは、適度な運動が高齢者の健康生活における重要な因子になっていることを示唆している。

いずれにしても、高齢者の日常生活における身体活動量は不足がちとなり、加齢とともに体力はしだいに低下してくるが、適度な運動の定期的な実践によって退行の速度を抑えることが期待できる。しかしながら、実際に高齢者に運動を処方する場合には、その運動様式や運動内容（運動強度、持続時間、頻度）における安全性と有効性が保証されている必要がある。これらの観点は、高齢者の健康と体力をアプローチする場合に極めて重要な課題であろう。今回の研究では、高齢者の健康と体力に関する研究の一環として、ゲートボール愛好者を対象に、健康や体力に関する意識の実態とともに体力値をとらえ、ゲートボールにおけるゲーム中の心拍数から運動強度の検討を試みた。

2. 研究の方法

(1) 被験者

研究の対象に選ばれた高齢者は、甲賀郡甲南町に在住する健康なゲートボール愛好者の38名である。このうち、男性は65～78歳の23名（平均年齢、72.3歳）で、女性は63～74歳の15名（平均年齢、67.7歳）である。表1には、被験者の年齢とともに、ゲートボールの経験年数、週当りの実施回数および1回当りの活動時間を示している。

これら38名の被験者は、8月下旬に2日に分かれて甲南海洋センターの研修室に集まり、意識調査と体力測定を受けた後、隣接する屋外のゲートボール場に移動した。このうち32名については、ゲーム中の心拍数が測定された。

(2) 意識調査

調査は、10名前後のグループによる集合調査法でなされた。調査の内容は、健康の自己評価とその観点、体力の自己評価とその観点、運動の必要性、運動への期待感およびからだに対する留意点などである。

(3) 体力測定

体力については、身長、体重、皮下脂肪厚

（上腕背部、肩甲骨下縁部）、肺活量、握力、垂直とびおよび立位体前屈が測定された。身長と体重からカウプ指数が求められた。皮下

表1. 被験者の年齢およびゲートボール歴

氏名	性	年齢 (歳)	ゲートボール歴		
			年数	回/週	分/回
木○勇○	男	65	5	3	180
服○稔○	男	66	5	6	180
木○治○	男	68	8	3	180
森○久○	男	70	10	4	180
山○治○	男	70	5	2	240
中○四○	男	70	5	6	180
林○善○	男	71	6	2	180
吉○勲○	男	71	10	6	180
山○喜○	男	72	5	2	120
木○勝○	男	72	2	3	180
吉○利○	男	72	7	2	240
田○正○	男	72	15	2	240
勝○与○	男	73	10	3	180
杉○芳○	男	73	6	6	180
倉○伝○	男	73	7	4	180
吉○源○	男	73	6	4	180
木○竹○	男	74	5	3	180
中○周○	男	74	10	4	100
竹○信○	男	74	14	2	360
森○喜○	男	75	7	3	180
木○与○	男	78	6	3	180
松○弥○	男	78	10	3	180
岩○清○	男	78	8	2	360
平均値		72.3	7.5	3.4	197.4
標準偏差		3.3	3.1	1.4	59.8
木○ス○	女	63	1	2	180
望○と○	女	64	1	3	360
倉○と○	女	64	1	2	180
服○志○	女	65	3	4	180
山○武○	女	65	3	3	180
青○ま○	女	66	6	3	180
吉○良○	女	67	5	4	180
吉○ふ○	女	67	6	5	180
松○実○	女	69	6	3	180
望○妙○	女	69	4	3	180
杉○夕○	女	70	6	6	180
中○ま○	女	70	1	2	180
中○ゆ○	女	71	5	2	180
森○と○	女	72	7	2	360
木○た○	女	74	8	3	180
平均値		67.7	4.2	3.1	204.0
標準偏差		3.3	2.4	1.2	63.3

脂肪厚は栄研式皮脂厚計を用いて計測され、体脂肪率が算出された^{3,14)}。肺活量は肺活くん(チェスト)で測定され、その他の体力項目は通常の方法でなされた。

(4) ゲーム中の心拍数測定

心拍数の測定では、ハートメモリ装置(竹井機器)を用いて、1分毎の心拍数を記憶させ、ハートアナライザーを介して分析された。また、万歩計を装着させて、ゲーム中の歩数が計測された。ゲーム中の移動距離は、あらかじめコート上の20mを歩くに要した歩数から1歩当りの距離を求め、その距離と歩数から算出された。なお、第1日目では1ゲーム(30分間)についての測定であったが、第2日目では休憩をはさんで2ゲームの測定であった。

なお、これらの測定はいずれも午前中になされたが、体力測定時の室温は26~28℃であり、湿度は68~76%であった。ゲーム時の天候は晴と曇で異なっていたが、外気温は27~28℃、湿度は70~76%であって、両日にはあまり差がみられなかった。

3. 結果と考察

(1) 健康および体力に関する意識について

現在の健康の状態については、表2に示すように、男女ともおよそ80%が「普通」と答えている。体力の状態については、男女とも70%以上が「普通」と答えている。健康および体力を、「かなり良好」あるいは「かなりある」と評価しているのは男性だけであり、それぞれ13%を占めている。表には示していないが、体力を「かなりある」と答えた者は何らかのかたちで仕事に携わっており、「あまりない」と答えた者には仕事との携わりがみられなかった。

表3には、健康および体力に対する評価観点を示している。健康の評価観点をみると、全体では「多少の無理がきくか、きかないか」が34%で最も多く、次いで「よく眠れるか、眠れないか」である。男性では「よく眠れる

表2. 健康および体力の状態に関する自己評価

現在の健康の状態	男性	女性	計
1) かなり良好	13.0%	0%	7.9%
2) 普通	78.3	86.7	81.6
3) あまり良好でない	8.7	13.3	10.5
現在の体力の状態	男性	女性	計
1) かなりある	13.0%	0%	7.9%
2) 普通	78.3	73.3	76.3
3) あまりない	4.3	20.0	10.5
4) 不答	4.3	6.7	5.3

か、眠れないか」および「多少の無理がきくか、きかないか」でそれぞれ35%を占め、次いで「元氣よく活動ができるか、できないか」であり、30%を占めている。女性では「仕事に疲れても休息や睡眠で回復するか、しないか」が40%を占め、次いで「多少の無理がきくか、きかないか」の33%、「運動感覚が衰えたか、衰えてないか」の27%の順である。

体力の評価観点をみると、全体では「長時間の肉体作業に耐えられるか、耐えられないか」および「重い物が持てるか、持てないか」がいずれも29%で最も多くなっている。男性では「長時間の肉体作業に耐えられるか、耐えられないか」が最も多く、30%を占めている。次いで「運動後の疲労が回復するか、しないか」、「運動が長く続けられるか、続けられないか」および「重い物が持てるか、持てないか」であり、いずれも26%となっている。女性では「重い物が持てるか、持てないか」が最も多く、33%を占めている。次いで「体が柔らかいか、かたいか」および「長時間の肉体作業に耐えられるか、耐えられないか」であり、いずれも27%となっている。

これらの体力の評価観点を、疲労感、回復力、持久力、筋力、柔軟性、運動感覚、スポーツ成績でまとめてみると、男性では持久力を基準としている者が61%と最も多くなり、次いで筋力と回復力での26%、疲労感での17%、運動感覚とスポーツ成績での13%、柔軟性で

の4%となる。女性では持久力が40%で最も多く、次いで筋力での33%、柔軟性での27%、回復力での20%、運動感覚での13%、疲労感での7%となる。

表4には、運動の必要性和運動への期待感をあげている。運動の必要性は、男女とも全

ての者が感じており、60%以上の男女は「大いに必要」と答えている。運動への期待感では、男女とも「運動は気持ちよく、さわやかで、ストレスの解消になる」を最も多くあげ、男性では48%、女性では87%を占めている。次いで、男性では「筋力や持久力をつけ、敏

表3. 健康および体力に対する評価の観点

健康の評価観点 (2項目選択)	男性	女性	計
1) 元気に活動ができるか、できないか	30.4%	13.3%	23.7%
2) 仕事に疲れても休息や睡眠で回復するか、しないか	13.0	40.0	23.7
3) 運動感覚が衰えたか、衰えてないか	21.7	26.7	23.7
4) 食欲が旺盛であるか、ないか	21.7	13.3	18.4
5) よく眠れるか、眠れないか	34.8	20.0	28.9
6) 病気にかかることが多いか、少ないか	13.0	13.3	13.2
7) 多少の無理がきくか、きかないか	34.8	33.3	34.2
8) 不答	4.3	6.7	5.3
体力の評価観点 (2項目選択)	男性	女性	計
1) 疲労感があるか、ないか	17.4%	6.7%	13.2%
2) 運動後の疲労が回復するか、しないか	26.1	20.0	23.7
3) 長時間の精神活動に耐えられるか、耐えられないか	4.3	6.7	5.3
4) スポーツのゲーム成績がよいか、わるいか	13.0	0	7.9
5) 運動が長く続けられるか、続けられないか	26.1	6.7	18.4
6) 運動で思い切った大きな動作ができるか、できないか	4.3	6.7	5.3
7) 体が柔らかいか、かたいか	4.3	26.7	13.2
8) 運動が速く器用にできるか、できないか	8.7	6.7	7.9
9) 重い物が持てるか、持てないか	26.1	33.3	28.9
10) 長時間の肉体作業に耐えられるか、耐えられないか	30.4	26.7	28.9
11) 不答	13.0	20.0	15.8

表4. 運動の必要性和運動への期待感

運動の必要性	男性	女性	計
1) 大いに必要	60.9%	66.7%	63.2%
2) 少しは必要	39.1	33.3	34.8
3) 不必要	0	0	0
運動に期待していること (2項目選択)	男性	女性	計
1) 高血圧、心臓病、糖尿病などを予防する	30.4%	13.3%	23.7%
2) 運動は気持ちよく、さわやかで、ストレスの解消になる	47.8	86.7	63.2
3) 均整のとれた身体になる	8.7	6.7	7.9
4) 筋力や持久力をつけ、敏しょう性や柔軟性もよくする	39.1	0	23.7
5) 精神的な強さを身につける	8.7	13.3	10.5
6) 社交性をつけ、ひっこみ思案を解消し、協調性をつける	21.7	40.0	28.9
7) 運動療法のためにスポーツをする	26.1	33.3	28.9
8) 不答	4.3	0	2.6

表5. からだに対する留意点

からだのために実行していること (複数回答)	男性	女性	計
1) 食事の質や量に注意する	65.2%	53.3%	60.5%
2) たばこをさける	21.7	20.0	21.1
3) 運動不足にならないようにする	43.5	80.0	57.9
4) 健康診断を定期的に受ける	47.8	33.3	42.1
5) 軽症のうちに医者にかかる	17.4	40.0	26.3
6) 過労をさけて積極的に休養する	39.1	80.0	55.3
7) 睡眠時間に注意する	43.5	53.3	47.4
8) 体力測定を定期的に受ける	13.0	6.7	10.5
9) 生活を規則的にする	34.8	53.3	42.1
10) 不答	4.3	0	2.6

しょう性や柔軟性もよくする」、「高血圧、心臓病、糖尿病などを予防する」の順であり、これらは30%以上を占めている。女性では、次いで「社交性をつけ、ひっこみ思案を解消し、協調性をつける」、「運動療法のためにスポーツをする」の順であり、これらは30%以上を占めている。

表5は、からだに対する留意点を示している。全体で50%以上を占める留意点は、「食事の質や量に注意する」、「運動不足にならないようにする」および「過労をさけて積極的に休養する」である。男性では「食事の質や量に注意する」が最も多く、65%を占めている。次いで「健康診断を定期的に受ける」、「運動不足にならないようにする」、「睡眠時間に注意する」の順に多く、これらは40%以上を占めている。女性では「運動不足にならないようにする」および「過労をさけて積極的に休養する」がいずれも80%を占め、次いで「食事の質や量に注意する」、「睡眠時間に注意する」および「生活を規則的にする」となっており、これらは53%を占めている。

以上が調査の概要であるが、ゲートボール愛好者の意識の特性を明らかにするために、これまで報告されている健康と体力に関する意識調査との比較から検討すると、井川ら⁶⁾の報告では「よく眠れるか、眠れないか」が加齢とともに増加し、60歳以上の健康の評価基準として睡眠の程度が最重要基準になる

ことが指摘されている。次いで、「元気に活動できるか、できないか」があげられている。今回の高齢者では、睡眠の程度は第2位であって、第1位には「多少の無理がきくか、きかないか」をあげており、むしろ積極的な活動性に健康の評価基準をおいていることが注目される。これらを性別にみると、男性では無理のきく程度と睡眠の程度とがともに第1位であり、女性では第1位に疲労の回復程度を、第2位に無理のきく程度をあげ、男女とも無理のきく程度に着目していることが認められる。

体力の評価基準においては、各年代層とも上位には「日頃の疲労感」および「仕事・スポーツ後の疲労回復」があげられ、加齢とともに疲労感が増加し、疲労の回復力は減少することが報告されている⁶⁾。しかしながら、今回の高齢者では疲労の回復力は第3位にあって、上位には長時間の肉体作業の持続性と筋力とがあげられ、これらは男女とも共通的にみられた。このことは、体力の評価基準を疲労現象よりも、むしろ特定の体力要素でとらえる傾向を意味している。体力の評価項目を体力要素からみると、男性では持久力で61%を占め、次いで筋力であった。女性では、持久力で40%を占め、次いで筋力、柔軟性の順であった。今回の高齢者のゲートボール実施状況は、1週間で平均3.3日、1回当りでは平均3.3時間であり、ゲートボールの実施

が生活のなかで比較的大きな位置を占めていることから、体力の評価基準の選択では運動生活を想定しているように伺える。一般社会人^{6,13,25)}では、健康と体力の評価基準として疲労現象に関する項目の占める割合が高いことに比べると、今回の高齢者では健康の評価基準を無理のきく程度あるいは睡眠の程度、体力の評価基準を持耐力あるいは筋力としてとらえ、一般社会人とは異なった観点で評価しているところに、定期的な運動としてゲートボールを愛好している高齢者の特性がみられるようである。

次に、運動への期待感であるが、男女とも多く的高齢者が運動によって心身ともストレスから解放されることを支持していた。次いで、男性では身体機能の保持増進を期待する者が多いが、女性では社交性をあげる者が多くみられた。女性では、運動が身体機能に直接寄与することよりも、精神的に社会生活を円滑にする手段として期待しているようである。ところが、井川ら⁶⁾の報告をみると、女性では社交性をあげている割合はかなり少なく、今回の調査とは異なっている。この反応は、居住地区の人間関係によっても異なるのではないかと思われるが、むしろ女性のゲートボールに対する期待感を反映しているように推察される。

高齢者の健康感の自己評価に関連する要因の検討からは、自覚的健康感が良好なほどモラルや自信度が高い傾向にあることや、自覚的健康感が不良なほど体力の加齢指数が高い傾向にあることが報告されている²²⁾。このことは、主観的自己評価に健康状態や体力レベルが反映されていることを示唆している。したがって、高齢者の健康や体力に関する意識を明らかにすることは、生きがい感とのかかわりだけでなく、健康や体力の客観的評価とのかかわりからみても重要であると考えられる。

(2) 体力について

体力測定の結果は、表6および表7にそれぞれ男女別に示している。男性における形態の平均値は、身長162.9cm、体重57.9kg、カウプ指数21.9、体脂肪率15.7%、体脂肪量9.2kgである。機能の平均値は、肺活量2,434ml、握力35.2kg、垂直とび21.2cm、立位体前屈-3.0cmである。女性の平均値をみると、身長147.7cm、体重50.7kg、カウプ指数23.2、体脂肪率20.6%、体脂肪量10.8kg、肺活量1,561ml、握力22.2kg、垂直とび15.7cm、立位体前屈8.3cmである。これらの形態と機能の関係においては、男性では、身長と肺活量 ($p<0.01$) および握力 ($p<0.001$) との間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められ

表6. 男性における体力測定結果

		平均値	標準偏差	最大値	最小値
身	長 (cm)	162.9	5.5	174.3	150.9
体	重 (kg)	57.9	6.2	67.5	48.5
カ	ウ	21.9	2.7	28.7	17.4
ウ	プ 指 数				
皮	脂 肪 上 腕 背 部 (mm)	6.2	2.2	9.5	3.0
	肩 甲 骨 下 縁 部 (mm)	11.4	4.0	20.0	5.5
体	脂 肪 率 (%)	15.7	3.8	23.2	10.2
体	脂 肪 量 (kg)	9.2	2.9	15.5	4.9
肺	活 量 (ml)	2,434	809	3,730	1,140
握	力 右 (kg)	35.4	8.4	51.1	22.0
	左 (kg)	34.9	6.3	45.0	25.0
	平 均 (kg)	35.2	7.3	48.1	24.3
垂	直 と び (cm)	21.2	8.4	35.5	7.0
立	位 体 前 屈 (cm)	-3.0	7.9	13.2	-15.8

表7. 女性における体力測定結果

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
身長 (cm)	147.7	5.9	156.5	136.4
体重 (kg)	50.7	9.6	63.5	34.5
カウプ指数	23.2	3.5	29.5	18.5
皮脂厚上腕背部 (mm)	11.7	5.5	22.0	4.0
肩甲骨下縁部 (mm)	17.1	7.9	27.0	5.5
体脂肪率 (%)	20.6	7.0	31.9	10.9
体脂肪量 (kg)	10.8	5.4	20.2	3.8
肺活量 (mℓ)	1,561	382	2,170	1,110
握力 右 (kg)	22.9	4.9	29.0	14.0
左 (kg)	21.5	4.6	27.5	12.0
平均 (kg)	22.2	4.5	28.0	13.8
垂直とび (cm)	15.7	4.5	24.5	9.0
立位体前屈 (cm)	8.3	7.9	20.4	-8.5

たが、女性では認められなかった。体重では、男性において立位体前屈 ($p < 0.01$) との間に負の相関関係が、女性において肺活量 ($p < 0.001$) および立位体前屈 ($p < 0.05$) との間にそれぞれ正の相関関係が認められた。カウプ指数では、男性において肺活量 ($p < 0.05$) および立位体前屈 ($p < 0.05$) との間にそれぞれ負の相関関係が認められ、女性において肺活量 ($p < 0.001$) との間に正の相関関係が認められた。

図1, 図2および図3には、5歳ごとの年齢区分による握力、垂直とびおよび立位体前屈の成績を示している。これらの図には男女別に平均値と標準偏差で示しているが、斜線

で示した範囲は小林ら⁹⁾の報告による一般健康者の平均値±標準偏差を表わしている。握力(図1)では、70~74歳の女性を除き、ゲートボール愛好者と一般健康者とはほぼ同じレベルにある。男女とも加齢に伴って低下する傾向がみられるが、高い年齢層では標準偏差が大きくなる傾向がみられる。垂直とび(図2)では、一般健康者に比べてゲートボール愛好者の高年齢層で低いレベルを示しているが、いずれも加齢による低下がみられる。男性では、年齢の増加に伴って標準偏差が大きくなっている。立位体前屈(図3)では、ゲートボール愛好者は一般健康者に比べてやや低いレベルにある。男性では加齢に伴う

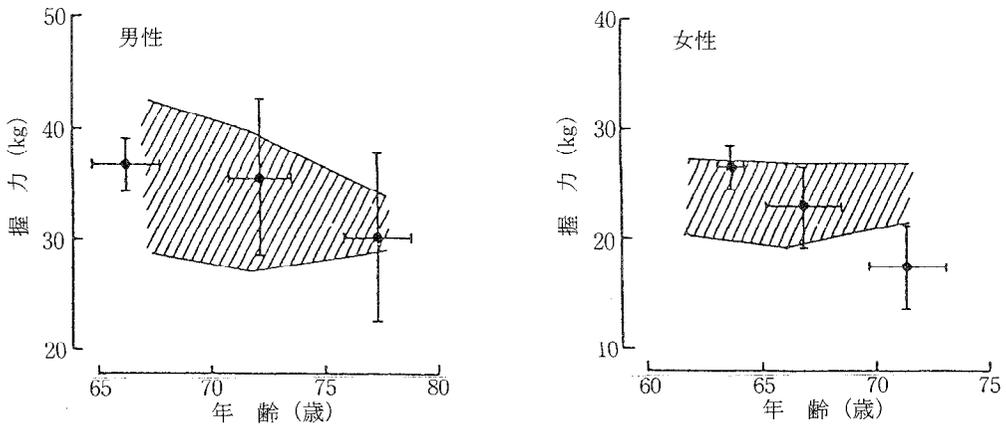


図1. 年齢区分別にみた握力

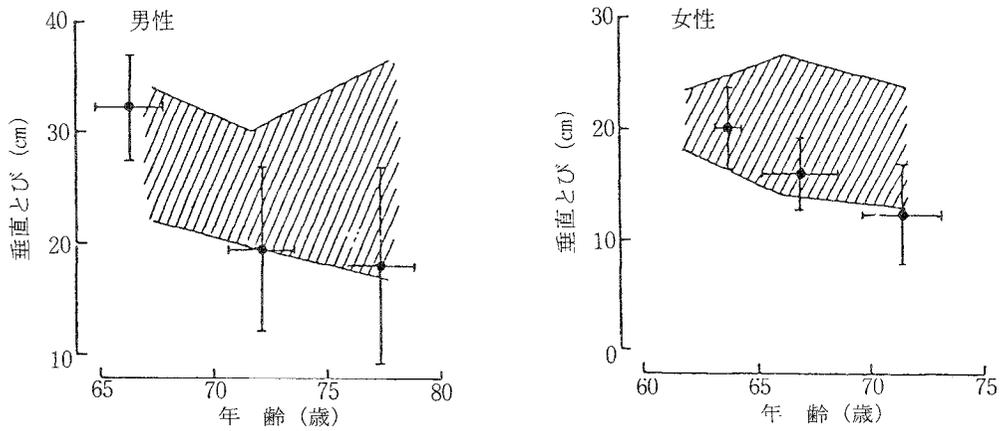


図2. 年齢区別にみた垂直とび

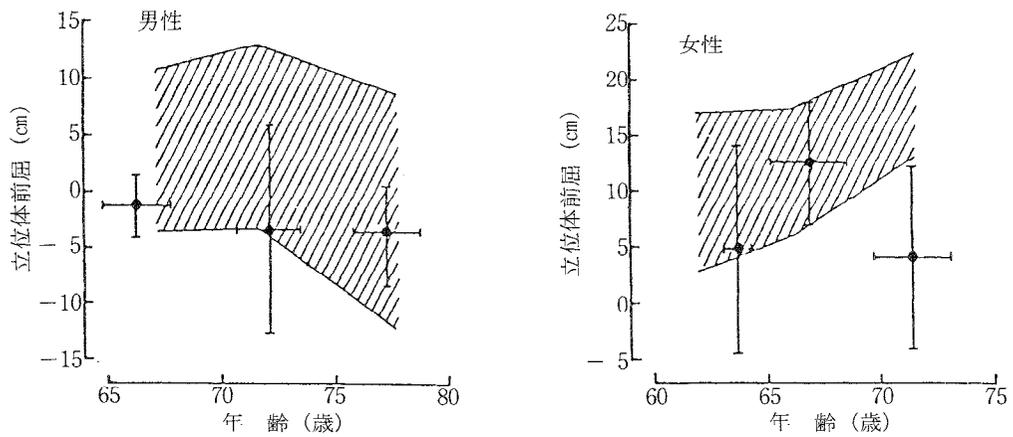


図3. 年齢区別にみた立位体前屈

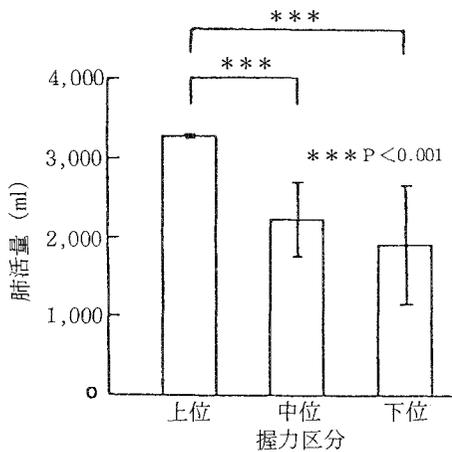


図4. 握力区別にみた肺活量 (男性)

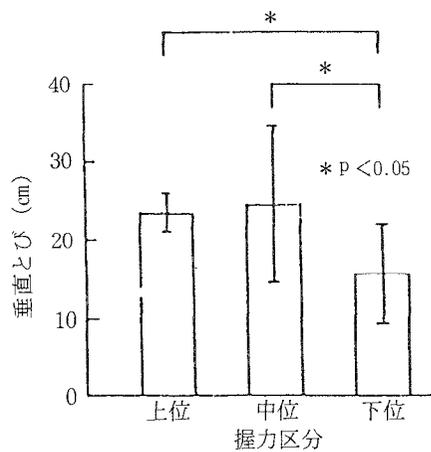


図5. 握力区別にみた垂直とび (男性)

低下傾向がみられるが、女性ではその傾向があまりみられない。

握力値によって3群に分けられた場合の肺活量と垂直とびの男性の成績が、図4と図5に示されている。握力の区分では、平均値±0.5標準偏差の範囲内を中位群とし、それ以上を上位群、それ以下を下位群としている。男性の肺活量(図4)では、握力の上位群が中位群および下位群に比べていずれも0.1%水準で有意に大きな値を示している。男性の垂直とび(図5)では、握力の上位群が下位群に比べて5%水準で、中位群が下位群に比べて5%水準で、いずれも有意に大きい値を示している。図には示していないが、女性の垂直とびにおける握力の上位群では、下位群に対して5%水準で有意に大きな値を示していた。しかし、女性の肺活量においては握力区分による有意な差はみられなかった。

今回の高齢者の身長および体重は、70歳以上の一般健康者¹²⁾の男性における157.2cmおよび53.3kg、女性における143.6cmおよび46.3kgに比べ、男女ともいずれも大きな値を示していた。これらの形態から求められたカウプ指数は、体脂肪率との間に男女とも0.1%水準で有意な相関関係にあり、高齢者におけるカウプ指数は体組成を反映していることが認められる。しかし、形態と機能との関係においては、相関関係が認められる項目があるものの、その関係が男女によっては逆の関係を示したり、必ずしも一定の傾向がみられなかった。このことから、高齢者の体力水準は形態からの影響をあまりうけないように推察される。機能を年齢区分でみると、握力および垂直とびでは加齢に伴う低下がみられたが、これらの標準偏差は加齢とともに大きくなる傾向にあった。このことは、体力の個人差が年齢とともに増大することを示唆している。

高齢者の体力測定の結果はあまり報告されていない現状にあり、一般健康者の平均的な体力値は必ずしも明確であるように思われない。今回は、小林ら⁹⁾による健康指導教室の

参加者の体力測定値を用いて比較を試みたが、75歳以上の例数は少なく、高い年齢層における体力値の比較では充分でないところがある。

小林ら⁹⁾の体力値を一般健康者の体力としてみると、今回のゲートボール愛好者は一般健康者と体力レベルにあまり差がないようである。塚越ら²³⁾のゲートボールの体力測定における一般健康者との比較においては、握力と体重当りの最大酸素摂取量でわずかに高いことが認められている程度である。このことは、ゲートボールが必ずしも高い体力値をもたらす運動ではないように思われる。

ところで、高齢者の体力項目では、日常活動能力とのかかわりから、握力と閉眼片足立ちの有用性が指摘されている¹⁸⁾。本研究では、握力値の上位群、中位群、下位群についての肺活量と垂直とびを検討したところ、握力値の大きい者ほど肺活量と垂直とびの値が大きいことが認められた。このことは、握力が他の機能を反映することを示唆している。高齢者の体力測定項目としては、安全で簡便であることが重要であることから、握力は高齢者にとって有用な体力評価の指標になると考えられる。しかしながら、高齢者の体力には安定した足どりと余裕のある歩行を支える能力が重要である。とくに、下肢系の能力の衰えは、日常生活行動における身辺自立能力に反映する。これらの能力は、下肢筋群における神経調節とかわる無酸素性の機能と、呼吸循環系を含めた有酸素性の機能に依存するように思われる。これらの体力要素を配慮した簡便な体力評価の検討が必要であろう。

(3) ゲーム中の心拍数変動について

ゲートボールのゲーム中における心拍数変動の1例(72才の男性)が、図6に示されている。この被験者は、休憩をはきんで2回のゲームを実施している。測定開始後の歩行を伴う移動では、10分間の平均心拍数が92拍/分である。第1ゲームでは心拍数が83~117拍/分の範囲で変動し、その30分間の平均心拍数は99拍/分である。その後の椅座位によ

る休憩では心拍数は低下し、その46分間の平均心拍数は83拍/分である。第2ゲームでの心拍数は91~114拍/分の範囲で変動し、その30分間の平均心拍数は99拍/分である。

表8には、男性の19例におけるゲーム中の心拍数および推定移動距離を示している。安静時心拍数は、体力測定に先だて調べられた測定値が用いられているが、54~88拍/分の範囲にあって、その平均値は70.9拍/分である。ゲーム中の平均心拍数の平均値は99.6拍/分であり、高い者では120拍台にあり、低い者では70拍台にある。ゲーム中の最高心

拍数および最低心拍数の平均値は、それぞれ114.1および88.7拍/分である。安静時心拍数に対するゲーム時平均心拍数の比は1.14~1.69の範囲にあり、その平均値は1.40である。ゲーム時の推定移動距離の平均値は253mであるが、133~437mの範囲にあって、かなり個人差がみられる。

表9には、女性における成績(13例)を示している。安静時心拍数の平均値は67.3拍/分で、男性よりやや低いが、変動範囲は男性とあまり変わらない。ゲーム中の平均心拍数、最高心拍数および最低心拍数の平均値は、そ

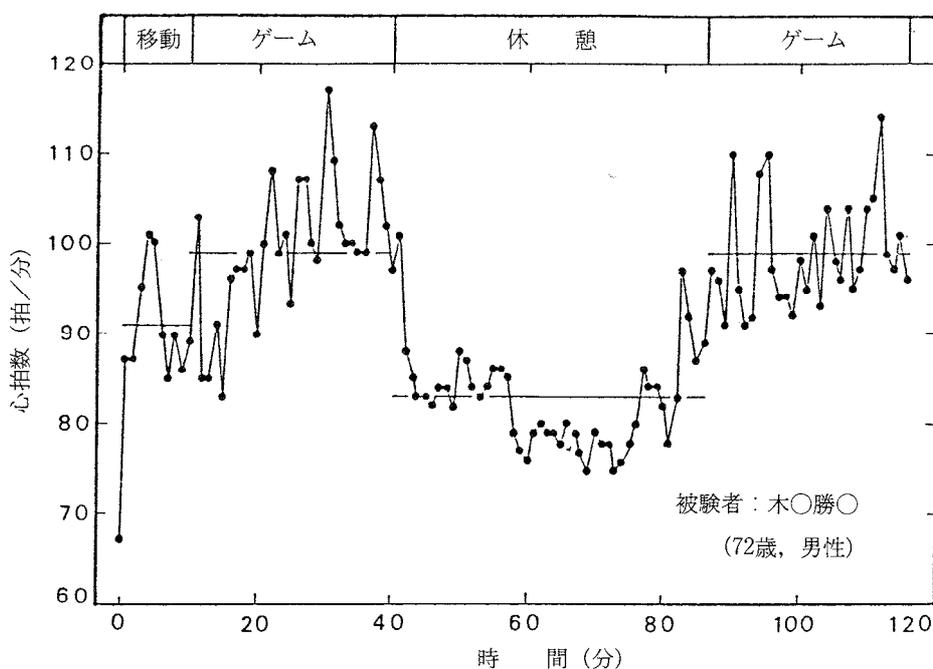


図6. ゲートボールのゲーム中における心拍数の変動

表8. 男性におけるゲーム中の心拍数と移動距離(19例)

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
安静時心拍数 (拍/分)	70.9	9.8	88	54
ゲーム中の平均心拍数 (拍/分)	99.6	16.4	124	74
最高心拍数 (拍/分)	114.1	19.3	145	77
最低心拍数 (拍/分)	88.7	15.0	115	66
心拍比 (ゲーム時/安静時)	1.40	0.15	1.57	1.16
ゲーム時推定移動距離 (m)	253	95	437	133

表9. 女性におけるゲーム中の心拍数と移動距離(13例)

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
安静時心拍数 (拍/分)	67.3	8.3	86	51
ゲーム中の平均心拍数 (拍/分)	90.9	11.3	116	78
最高心拍数 (拍/分)	109.3	13.5	137	86
最低心拍数 (拍/分)	79.8	7.7	98	70
心拍比 (ゲーム時/安静時)	1.36	0.19	1.55	1.24
ゲーム時推定移動距離 (m)	147	58	274	93

れぞれ90.9, 109.3および79.8拍/分であつて、いずれも男性より低くなつてゐる。これらの女性の最大値はいずれも男性より7~8拍小さくなつてゐるが、最小値ではむしろ女性の値が大きくなつてゐる。心拍比は1.24~1.55の範囲にあり、その平均値は1.36である。ゲーム時の推定移動距離の平均値は147mであり、男性よりかなり小さくなつてゐる。推定移動距離の男女の平均値には、統計的に1%水準で有意な差がみられた。

男女32名におけるゲーム中の平均心拍数の平均値±標準偏差は、96.1±15.1拍/分である。また、ゲーム中の心拍比のそれらは1.38±0.13である。ゲーム時平均心拍数の各心拍レベルにおける出現率を、図7に示している。出現率は80および90拍台で最も高く、それぞれ25.0%を占め、次いで110拍台の21.9%である。100拍台の出現率が6.3%と低いことから、平均心拍数は90拍/分前後と115拍/分前後をピークとする2相性の出現率を示すようである。図8には、心拍比における出現率を示している。1.40台が28.1%と最も高く、次いで1.20台、1.30台の出現率が高くなつてゐる。これら1.20から1.40台の出現率は、全体の75%を占めてゐる。

ゲーム中の歩数から求められた推定移動距離の32例の平均値と標準偏差は206±96.3mであつて、かなり個人差がみられる。これらの移動距離とゲーム中の心拍数との間には明らかな関係がみられなかつた。しかし、これらの移動距離を心拍比との関係でみると、図9にみられるように、移動距離が長い者ほど

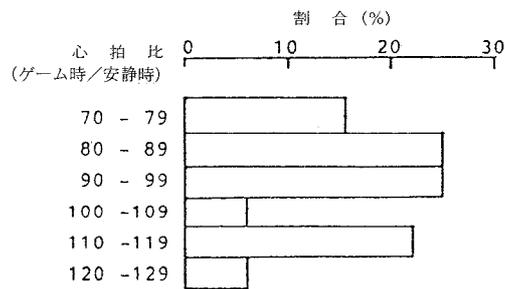


図7. ゲーム時平均心拍数の出現率

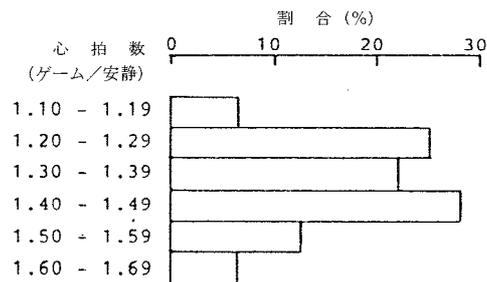


図8. ゲーム時心拍比の出現率

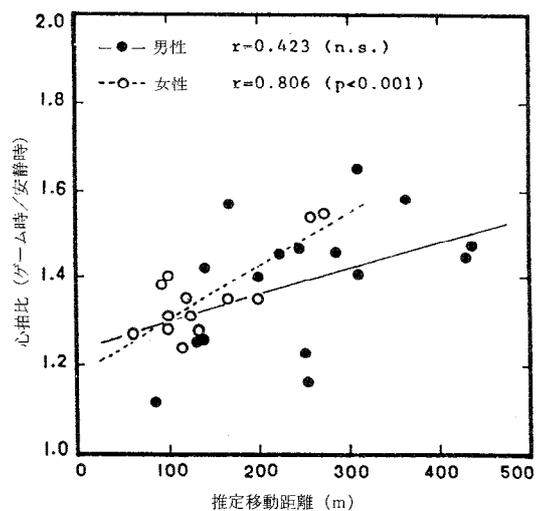


図9. ゲーム時心拍比と推定移動距離との関係

心拍比が高い傾向がみられる。とくに、女性では両者に0.1%水準で有意な相関関係が認められる。

ゲートボールの心拍数に関する研究には、塚越ら²³⁾の報告がある。これによると、65～75歳の男性8名による延18ゲームにおけるプレイヤーのゲーム時平均心拍数は、5例が80拍台、7例が90拍台、6例が100～120拍台にあり、80～90拍台では67%を占めている。今回の測定における平均心拍数は、80～90拍台で占める割合が50%みられ、高い水準にある者でも120拍台(2例)であり、32例の平均値は96拍/分であった。また、18例については休憩をはきんで2回のゲームにおける心拍数を測定したが、第1ゲームの平均心拍数は98.4±16.3拍/分で、第2ゲームのそれらは92.5±16.6拍/分であり、第1ゲームより第2ゲームでは心拍数が低い水準にあった。また、男性の10例の3ゲームによる平均心拍数は、第1ゲームでは103拍/分、第2ゲームでは103拍/分、第3ゲームでは98拍/分と報告されている¹⁾。このようなことから、ゲーム中の平均心拍数は100拍/分前後にあることは間違いのないところであろう。

ゲーム中に移動した推定移動距離の平均値は206mであったが、93～437mの範囲にあった。このことは、1分当りの移動距離にすると、少ない者では3mであり、多い者では15mということになる。この移動距離は、万歩計による歩数から推定されているので、ゲーム中には通常の歩行に近い移動よりも、むしろ小さな歩幅での移動がかなりを占めていることが考えられ、実際には今回のゲームで推定された移動距離を下回る可能性がある。このことは、コートの縮小図に移動軌跡をトレースして求められたゲーム中の移動距離の60～102m²³⁾との比較からも予測される。いずれにしても、ゲートボールでは実質的な運動量はあまり期待できないようである。

今回のゲーム時平均心拍数を安静時心拍数に対する比で見ると、その平均値は男性では

1.40であり、女性では1.36であった。これらの比は推定移動距離が長くなるほど高くなり(図9)、とくに女性では有意な相関関係がみられた。このことは、ゲーム中の推定移動距離が心拍水準の高低を反映していることになろう。したがって、推定移動距離にみられた有意な性差が、平均心拍数における男性の99.6拍/分と女性の90.9拍/分の差をもたらしているように推察される。しかしながら、ゲーム中の単位時間当りの推定移動距離から心拍数をみると、ゲートボールでは高い心拍水準にあるように思われる。おそらく、第1ゲート通過しなければ実質的にはゲームに参加できないこと、あるいは10秒以内に正確な打撃が要求されていることなどによって、ゲーム中の心拍数が高められていることが考えられる。今回の測定における最高心拍数の最大値は、男性では145拍/分、女性では137拍/分を示していた。とくに、男性では推定移動距離が心拍レベルの高低を必ずしも反映していなかったことは、ゲームにおける勝敗のこだわりが男性に強く表われることを示唆している。河野ら¹⁰⁾の報告をみると、男性4例のうち2例ではゲーム中の平均心拍数が10分間の80m/分の歩行時平均心拍数と変わらない。これらのことは、ゲートボールの心拍反応には精神的な緊張がかなり反映されていることを示唆している。

ところで、運動中の平均心拍数から運動強度の推定が可能である。通常、最大運動があらかじめ負荷されて、最大酸素摂取量あるいは最高心拍数が測定され、それらに対する相対的強度として表わされる¹⁷⁾。今回の高齢者では、最高心拍数が求められていない。最高心拍数の年齢による低下率は、 $-0.7拍/分/年$ ^{2,26)}を示すようであるが、ここでは日本人を対象にしている小林らの報告^{7,8)}から最高心拍数を算出すると、男性の平均年齢からは159.7拍/分が得られ、女性のそれからは152.7拍/分が得られる。これらを用いて、ゲーム中の平均心拍数の最高心拍数に対する

割合を求めると、男性では62.7%、女性では59.4%となる。このことから、ゲートボールの1回のゲームにおける運動強度は、平均的には60%前後の心拍水準であることが推定される。この心拍水準はおよそ40%の酸素摂取水準に相当することが予測される²⁴⁾。ゲートボールでは1回のゲームの運動強度はあまりないが、2回あるいは3回のゲームが繰り返されることによって、呼吸循環器系への運動刺激になる可能性があるだろう。

しかしながら、高齢者の心拍数には個体差が大きくなることがよく知られている。今回の安静時心拍数はほぼ同じ条件下で測定されているにもかかわらず、男性では54~88拍/分、女性では51~86拍/分にあり、およそ30拍の違いがみられた。これらの値は、ゲーム終了に伴う休憩（座位）の30分以上の経過後の心拍数とあまり変わらないことが確かめられている。したがって、単に心拍数の高低から生体負担度を評価することは適切ではない。その意味で、今回は安静時心拍数に対する心拍比を用いたが、安静時心拍数はその条件により変動する可能性があることから、むしろ基礎時心拍数に対する比で運動強度を明らかにするのが好ましいのかも知れない。今日の運動強度の評価では、最高心拍数あるいは最大酸素摂取量に対する割合が採用されているが、高齢者における最大運動からの評価は決して好ましいことではない。高齢者に対する実際的な運動処方にかかわっては、生理的評価尺度を再検討する必要があるだろう。

高齢者にとっての運動は、全身の酸素摂取量の増加に伴う心筋の酸素摂取量の上昇が少ないこと、つまり身体の負荷に比較して心臓への負担が小さいことが重要であることが指摘されている⁴⁾。したがって、運動の安全性からは歩行や走行などの日常的に用いる大筋群を伴う運動形態が好ましいことになる。ゲートボールのゲーム中の心拍反応には、精神的な緊張による上昇が推測される。したがって、勝敗へのこだわりは心筋への負担をかける

ることになり、ゲームではよりリラックスされた楽しい活動になることが望まれる。また、ゲーム中の推定移動距離からは、ゲートボールの運動量は充分ではないことが認められる。ゲームを始める前の段階では、少なくとも5分から10分間にわたる運動プログラムを用意し、急歩やジョギングを主体とした運動様式のなかで、筋の緊張と関節の可動性を高める運動を加えることが重要であろう。

4. 総 括

高齢者の運動処方の検討にかかわって、ゲートボール愛好者の体力とゲーム中の運動強度を明らかにするために、8月下旬に甲南町に在住する65~78歳の男性23名と63~74歳の女性15名について、健康および体力に関する意識調査と体力測定を実施した後、ゲートボールのゲーム中の心拍数を測定した。得られた成績は、以下のとおりに要約される。

(1) 健康と体力に関する意識調査では、健康の状態を男女ともおよそ80%が普通と評価し、体力については70%以上が普通と評価していた。健康の評価観点においては、男性では「よく眠れるか、眠れないか」と「多少の無理がきくか、きかないか」を最も多くあげ（35%）、女性では「仕事に疲れても休息や睡眠で回復するか、しないか」を最も多くあげていた（40%）。体力の評価観点においては、男性では「長時間の肉体作業に耐えられるか、耐えられないか」で最も多く（30%）、女性では「重い物が持てるか、持てないか」で最も多かった（33%）。

(2) 運動の必要性は全ての者が感じており、その60%以上が大いに必要と感じていた。運動への期待感においては、男女とも「運動は気持ちよく、さわやかで、ストレスの解消になる」で最も多く、男性では48%、女性では87%を占めていた。次いで、男性では「筋力や持久力をつけ、敏しょう性や柔軟性もよくする」をあげ（39%）、女性では「社交性をつけ、ひっこみ思案を解消し、協調性をつけ

る」をあげていた(40%)。からだに対する留意点としては、男性では食事の質や量が65%、女性では運動不足と過労の防止が80%を占め、最も多くみられた。

(3) 体力測定における形態および機能の平均値をみると、男性では身長が162.9cm、体重が57.9kg、カウプ指数が21.9、肺活量が2,434ml、握力が35.2kg、垂直とびが21.2cm、立位体前屈が-3.0cmであった。女性では、身長が147.7cm、体重が50.7kg、カウプ指数が23.2、肺活量が1,561ml、握力が22.2kg、垂直とびが15.7cm、立位体前屈が8.3cmであった。

(4) これらの形態値と機能値との間には一定の傾向がみられず、機能水準は形態の影響をうけていないようであった。5歳ごとの年齢区分でみると、機能の平均値は加齢に伴う低下がみられ、また年齢の増大とともに標準偏差が大きくなる傾向がみられた。握力の平均値と標準偏差からの上位、中位および下位群による体力比較において、握力の上位群が男性では肺活量と垂直とびで、女性では垂直とびで、それぞれ有意に高い値を示した。

(5) ゲートボールのゲーム時平均心拍数の平均値(32例)は、96.1拍/分であった。これらの平均心拍数は、80および90拍台で50%を占めていた。ゲーム時平均心拍数の安静時心拍数に対する心拍比は、平均値では1.38であった。これらの心拍比は、1.20~1.40台に75%の出現率であった。ゲーム中の歩数から求めた推定移動距離の平均値は206mであったが、かなりの個人差がみられた。

(6) 男性(19例)の平均心拍数は99.6拍/分で、女性(13例)の90.9拍/分より高かった。また、心拍比も女性より男性で大きかった。心拍比はゲーム中の推定移動距離が長い者ほど高く、女性では両者に有意な相関関係がみられた。これらのゲーム中の心拍数から運動強度が検討されるとともに、高齢者の運動処方における安全性と有効性の観点からゲートボールについての検討が加えられた。

稿を終わるにあたり、本研究のために早朝からご協力いただいた甲南町のゲートボール愛好者の皆様に厚く謝意を表します。また、ゲーム中の心拍数の測定と分析にあたっては、滋賀大学教育学部の陸上競技部員の援助が得られたことを付記し、謝意を表します。

文 献

- 1) 青木純一郎, 吉野貴順: ゲートボールの心拍数, 体育科学, 11, 72-76, 1983.
- 2) Barnard, R. J., G. K. Grimditch and J. H. Wilmore: Physiological characteristics of sprint and endurance Master runners. Med. Sci. Sports, 11, 167-171, 1979.
- 3) Brožek, J., F. Grandc, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 113-140, 1963.
- 4) de Vries H. A. and G. M. Adams: Effect of the type of exercise upon the work of heart in older men. J. Sports Med., 17, 41-47, 1977.
- 5) 藤田利治, 簗野脩一, 大塚俊男, 谷口幸一, 朝倉隆司: 長寿と「生きがい」, 医学のあゆみ, 132, 981-986, 1985.
- 6) 井川幸雄, 松井秀治, 南谷和利, 沼尻幸吉, 鈴木慎次郎, 高沢晴夫, 臼谷三郎, 山本隆久, 山岡誠一, 寄金義則, 生田香明: 体力・運動・健康に関する基礎的調査, 体育科学, 4, 221-240, 1976.
- 7) 小林寛道, 北村潔和, 豊島進太郎, 水野義雄, 長沢 弘, 松井秀治: 健康成人女子および女子スポーツ選手のAerobic Power, 体育学研究, 24, 237-246, 1979.
- 8) 小林寛道, 北村潔和, 松井秀治: 一般成人男子および中高年スポーツ愛好者のAerobic Power, 体育学研究, 24, 313-323, 1980.
- 9) 小林寛道, 近藤孝晴: 高齢者の運動と体力, 朝倉書店, 東京, 1986.

- 10) 河野 真, 徳田 清, 斉藤正三, 佐藤公一, 佐藤文男, 渡辺信行, 飯田武志, 佐藤宏継: 高齢者の健康と体力に関する研究(第3次報告), 神奈川県体育センターレポート, No.10, 89-99, 1983.
- 11) 厚生省人口問題研究所: 日本の将来推計人口, 研究資料No.24, 46-47, 1987.
- 12) 厚生統計協会編: 国民衛生の動向, 厚生 の指標, 34, 426, 1987.
- 13) 南谷和利: 体力調査に関する研究, 一般社会人の体力・運動・健康に対する意識調査, 体力テストおよび健康診断の結果について, 体育科学, 5, 253-260, 1977.
- 14) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol., 36, 8-15, 1964.
- 15) 日本ゲートボール協会編: ゲートボール入門, 梧桐書院, 東京, 1984.
- 16) 大浦辰雄: ゲートボールと健康, マネジメント社, 東京, 1987.
- 17) 佐藤尚武, 宮本 孝, 岡本 進, 寄本明, 武部吉秀: 婦人体操クラブの活動における運動強度, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.5, 109-118, 1985.
- 18) 柴田 博: 高齢者の体力測定とその評価, 体育の科学, 37, 658-661, 1987.
- 19) 滋賀県企画部: 市町村別年齢・性別人口季報, 1987(10).
- 20) 滋賀県厚生部: 活力と生きがいのある長寿県をめざして, 滋賀県における高齢化対策のあり方と基本方向, 8-12, 1986.
- 21) 総務庁統計局: 昭和60年国勢調査報告, 2, 8-9, 1986.
- 22) 谷口幸一: 在宅高齢者の健康・体力意識とその関連変数, 鹿屋体育大学研究紀要, No.1, 7-19, 1986.
- 23) 塚越克巳, 黒田善雄, 川原 貴, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 松井美智子: 高齢者の健康に関するスポーツ医科学的研究, 3. ゲートボールの運動強度と男子高齢ゲートボーラーの体力, デサントスポーツ科学, 5, 34-40, 1984.
- 24) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館, 東京, 1981.
- 25) 山岡誠一, 前川輝昭, 有賀みさか, 水上 載子, 永田久紀: 主婦の健康調査, 体格・血圧・血液性状ならびに健康・体力に対する関心, 体育科学, 6, 254-262, 1978.
- 26) Wolthuis, R. A., V. E. Froelicher, J. Fischer and J. H. Triebwasser: The response of healthy men to treadmill exercise. Cir., 55, 153-157, 1977.

高年婦人におけるリズム体操クラブでの 運動強度と有酸素能力

寄本 明 (滋賀県立短期大学)
佐藤 尚武 (滋賀大学)
小川 朋子 (甲西町リズム体操連合会)
南 和江 (甲西町総合体育館)

1. はじめに

高年者の体力は加齢により低下するが、日常の適度な身体活動によって、その退行速度を遅らせ、体力レベルを維持あるいは向上させることができると考えられている。近年、高年者の運動への取り組みは盛んになり、地域では各種のスポーツ活動が活発に行われるようになるとともに、全国健康福祉祭のように全国的な規模の大会が開催されるようになっている。高齢者スポーツとしてはゲートボールが盛況であるが、女性を対象としたスポーツ活動ではリズム運動を主体とした活動に人気が集まっている。

ところで、高齢者の運動処方においては、運動強度、持続時間、頻度の三条件から安全性と有効性が保証される必要があり、特に運動強度は重要な因子と考えられる。中高年女性における運動強度については、 $\%V_{O_2max}$ ^{1,2,7,9,10,17}、 $\%HRmax$ ⁶、 RMR ¹²、エネルギー消費量¹⁴、AT水準¹⁸による規定が試みられている。

高齢者の健康と体力に関する研究の一環として、これまでにゲートボール愛好者について報告してきた¹⁵。今回はリズム体操クラブで活動している高年婦人を対象に、その運動強度および活動量を明らかにし、これらをすでに報告している中年女性¹⁶との比較から検討するとともに、有酸素能力の年齢による差異について検討を加えた。

2. 研究方法

(1) 被検者

被検者は、甲西町ミノール体操クラブで活動している60歳から65歳 (61.9 ± 1.7 歳)の女性10名 (O群)である。これらの対象としては、野洲町悠紀体操クラブの37歳から50歳 (42.1 ± 4.6 歳)の女性10名 (M群)である。これらの被検者は、週1回の定期的なリズム体操を主体とした活動を実施しており、1回の活動時間はO群では1.5時間であり、M群では1~3時間である。

(2) 形態および有酸素能力の測定

形態では身長、体重、皮下脂肪厚を測定した。皮下脂肪厚は右上腕背部と肩甲骨下角部を測定し、体脂肪率を算出^{3,11}した。

最大酸素摂取量および最大下の心拍数と酸素摂取量との関係式を求めるために、自転車エルゴメーター (モナーク社) を用いて、負荷漸増法による最大運動テストを実施した。

このテストでは回転数を50rpmとし、最大下の3段階の負荷を3分毎に漸増し、その後は毎分負荷を漸増し、exhaustionに達するまで継続させた。テスト時には心電図、血圧をモニターし、安全確保に留意した。呼気ガスはエアロビックプロセッサ (日本電気三栄、391) により分析し、酸素摂取量を求めた。また、心電図を連続的に記録し、心拍数は1分間のR棘全数から求めた。

(3) 活動中の心拍数測定

体操クラブ活動中の心拍数は、胸部誘導によって携帯用心拍記憶装置 (ヴァイン) に1分毎に記憶させ、活動終了後出力させた。これらのデータから、最高心拍数、最低心拍数および平均心拍数を求めた。

表1. 被検者の形態値, 最大酸素摂取量, 最高心拍数

Group	Subject	Age	Height	Weight	%Fat	V _{O₂} max		HR max
		(yrs)	(cm)	(kg)		(ℓ/min)	(ml/kg/min)	(b pm)
Middle age	K. S.	37	161.0	51.1	17.8	1.658	32.19	165
	E. K.	37	164.0	54.0	21.1	1.845	34.17	182
	T. T.	37	164.0	56.0	26.1	1.765	31.52	176
	A. I.	39	152.0	56.0	32.4	1.544	27.57	175
	H. S.	42	155.0	49.0	19.5	1.889	38.55	196
	N. I.	43	161.5	54.0	14.9	1.814	33.59	179
	K. S.	44	153.0	52.5	17.8	1.673	31.87	181
	M. N.	45	151.5	47.5	17.8	1.490	31.37	205
	N. N.	47	148.5	43.5	15.1	1.587	36.48	186
	E. D.	50	154.0	59.5	28.4	1.684	28.30	172
	Mean	42.1	156.45	52.31	21.09	1.6949	32.561	181.7
SD	4.6	5.65	4.69	5.92	0.1324	3.351	11.7	
Old age	M. H.	60	155.5	43.6	14.6	0.914	20.96	153
	H. S.	60	144.2	43.6	18.4	0.796	18.26	137
	S. M.	61	149.5	44.0	15.4	1.023	23.25	147
	Y. S.	61	157.9	65.0	21.2	1.421	21.86	138
	K. I.	61	147.9	49.9	18.1	0.816	16.35	144
	T. N.	62	148.5	46.7	16.2	0.848	18.16	140
	S. W.	62	155.0	56.4	22.2	0.969	17.18	151
	S. I.	63	148.9	49.7	21.4	0.980	19.72	152
	S. H.	64	145.1	56.0	23.9	1.243	22.20	153
	H. H.	65	155.4	46.0	20.3	0.867	18.85	143
	Mean	61.9	150.79	50.09	19.17	0.9877	19.679	145.8
SD	1.7	4.79	7.05	3.12	0.2001	2.306	6.3	
t	-12.907	2.416	0.829	0.907	9.322	10.015	8.574	
p<	0.001	0.05	-	-	0.001	0.001	0.001	

表2. 体操クラブ活動時の心拍数, 運動強度, エネルギー消費量

Group	Subject	Heart rate (bpm)				%V _{O₂} max	Energy expenditure	
		max	min	mean	SD		(kcal/hr)	(kcal/kg/hr)
Middle age	K. S.	156	88	116.9	19.1	52.5	264.4	5.134
	E. K.	145	84	114.1	14.7	36.6	205.7	3.809
	T. T.	155	82	113.9	19.3	45.9	243.1	4.341
	A. I.	173	103	127.7	16.9	63.5	299.0	5.339
	H. S.	175	85	123.4	23.0	51.7	301.2	6.146
	N. I.	169	86	127.5	18.3	57.3	320.1	5.927
	K. S.	152	81	106.8	17.1	33.9	167.8	3.196
	M. N.	181	107	137.5	18.5	44.8	205.7	4.331
	N. N.	179	101	133.2	19.0	60.6	262.7	6.039
	E. D.	159	97	123.6	17.8	55.8	279.7	4.700
	Mean	164.4	91.4	122.46	18.37	50.26	254.93	4.8962
SD	12.5	9.6	9.52	2.13	9.85	49.06	0.9957	
Old age	M. H.	151	77	105.2	19.6	47.9	113.4	2.601
	H. S.	111	76	91.6	8.8	46.5	99.4	2.279
	S. M.	135	76	97.9	15.8	50.9	123.1	2.797
	Y. S.	85	55	68.0	6.4	26.8	92.3	1.420
	K. I.	121	75	92.8	11.4	35.0	106.0	2.125
	T. N.	125	74	91.1	9.9	35.9	86.1	1.844
	S. W.	116	62	87.1	13.7	36.4	98.5	1.746
	S. I.	110	70	84.1	7.8	26.0	71.7	1.443
	S. H.	133	77	97.2	13.1	28.8	78.6	1.403
	H. H.	112	74	89.8	9.8	48.5	115.1	2.503
	Mean	119.9	71.6	90.48	11.63	38.27	98.43	2.0161
SD	17.8	7.4	9.90	4.00	9.52	16.55	0.5199	
t	6.452	5.161	7.363	4.706	2.768	9.559	8.109	
p<	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05	0.001	0.001	

3. 結 果

被検者の形態値，最大酸素摂取量および最高心拍数を表1に示した。身長の平均値ではO群がM群に比べて5.7cm低く，この差は有意 ($p < 0.05$) であった。しかし，O群の体重および体脂肪率の平均値はM群より小さいが，両群には有意な差がみられなかった。O群の最大酸素摂取量は，絶対値ではM群の58.3%にあたり，体重当りの値では60.4%に相当し，いずれも両群には有意な差 ($p < 0.001$) がみられた。O群の最高心拍数はM群の80.2%であり，両群の平均値の間には有意な差 ($p < 0.001$) がみられた。

表2には，活動時の心拍数，運動強度およびエネルギー消費量を示した。最高心拍数はO群では85~151bpmの範囲にあり，その平均値は119.9bpmであった。M群では145~181bpmの範囲にあって，その平均値は164.4bpmであった。両群の平均値の間には有意な差 ($p < 0.001$) がみられた。最低心拍数の平均値では，O群の71.6bpmがM群の91.4bpmより有意に低かった ($p < 0.001$)。活動時の平均心拍数と標準偏差は，O群で 90.5 ± 11.6 bpm，M群で 122.5 ± 18.4 bpmであり，これらはO群で小さかった ($p < 0.001$)。

運動強度は，活動中の平均心拍数を用いて算出された酸素摂取量の最大酸素摂取量に対する割合 (% Vo_2max) で示した。O群では26.0~50.9%の範囲にあり，その平均値は38.3%であった。M群では33.9~63.5%の範囲にあり，その平均値は50.3%であった。活動時の運動強度は，O群がM群より有意に小さかった ($p < 0.05$)。

エネルギー消費量は，活動時の心拍数から Vo_2/HR 方式⁵⁾によって算出された。O群では71.7~123.1kcal/hrの範囲にあり，その平均値は98.4kcal/hrで，4名が100kcal/hr以上であった。M群では167.8~320.1kcal/hrの範囲にあり，その平均値は254.9kcal/hrであった。1名を除いて，いずれも200kcal/hr以上であった。両群の平均値の間には有意な

差 ($p < 0.001$) がみられた。体重当りの値では，O群の2.016kcal/kg/hrがM群の4.896kcal/kg/hrより有意に小さかった ($p < 0.001$)。活動中のエネルギー消費量では，O群がM群の40%に相当していた。

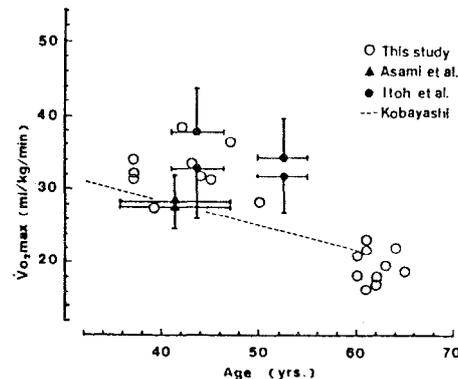


図1. 年齢と酸素摂取量との関係

図1には，年齢と体重当りの最大酸素摂取量との関係を示した。本研究の被検者は○印で示したが，小林¹⁰⁾による回帰直線を点線で示すとともに，伊藤(●印)⁶⁾と浅見(▲印)¹⁾によるトレーニング前後の平均値(同年齢の下段プロットがトレーニング前，上段がトレーニング後の値)をプロットした。最大酸素摂取量は年齢の増加にともなって減少し，O群の最大酸素摂取量は小林の回帰式の延長に位置していた。しかし，小林による60~69歳の平均値は 16.8 ± 7.55 ml/kg/minであって，これに比べると今回のO群は高いレベルにあった。また，M群の最大酸素摂取量は同年齢の一般女子に比べて大きな値を示していた。

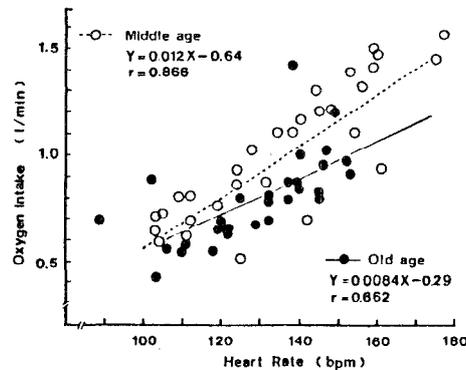


図2. 心拍数と酸素摂取量との関係

図2には、最大下における心拍数と酸素摂取量との関係を示した。両群とも0.1%水準で有意な直線関係が認められた。O群の回帰直線はM群のそれより傾きが小さく、同じ酸素摂取量ではO群の心拍数が高いレベルにあった。なお、O群、M群ともに1例についてはそれぞれの回帰直線から離れて位置しており、特異な反応を示すケースがみられた。

4. 考 察

定期的に体操クラブの活動を続けている中・高齢者について、活動中の心拍数を調べたところ、平均心拍数はO群で 90.5 ± 9.9 bpm、M群で 122.5 ± 9.5 bpmであった。運動強度を $\% \dot{V}O_{2max}$ でみると、O群で $38.3 \pm 9.5\%$ 、M群で $50.3 \pm 9.9\%$ であった。一般に有酸素能力の向上に効果のある運動強度は $70\% \dot{V}O_{2max}$ 以上で、その持続時間は5分以上と考えられている⁸⁾。中年女性の有酸素能力の向上においても、 $70\% \dot{V}O_{2max}$ 以上の負荷が必要であるとする報告が多い^{1,2,7)}。 $70\% \dot{V}O_{2max}$ 以上の運動強度では運動時間が5~10分程度で充分であるが、1~2時間にわたる運動ではこの運動強度を対応させることはできない。Kilbom⁹⁾は30分の運動を $50 \sim 60\% \dot{V}O_{2max}$ で、進藤ら¹⁶⁾は1時間の運動を $50\% \dot{V}O_{2max}$ で、それぞれ運動の効果を報告している。運動が1時間にわたる場合は $50\% \dot{V}O_{2max}$ 程度で効果的な運動強度となることから、M群の運動強度は有酸素能力の改善に期待できる強度であるといえる。しかし、高い年齢層を対象とした研究例はみられず、適切な運動強度については明確にされていない。O群の強度は $38.3\% \dot{V}O_{2max}$ でM群より小さかったが、これは活動の内容で有酸素的な運動のリズムがゆるやかであったり、ストレッチングなどの運動が多くを占めていたことに起因している。

近年、エネルギー消費量によって運動処方試みられている。Rogersら¹⁴⁾によれば、適度な運動としては運動強度を $65\% HR_{max}$

程度で、運動時間を目標のエネルギー消費量、すなわち4 kcal/kgに達するまでとしている。この処方では無理なく運動ができ、しかも効果が認められている。この規定されたエネルギー消費量としての4 kcal/kgは、冠動脈性心疾患の発生を抑制する水準である¹³⁾とされている。今回のM群では 4.9 ± 1.0 kcal/kg/hr、O群では 2.0 ± 0.5 kcal/kg/hrであり、実際の活動時間を考慮すると、Rogersら¹⁴⁾の指摘した値に比べてM群では大きく、O群では同程度かやや下回る値となる。このようにエネルギー消費量からみると、M群、O群ともに適切な活動量が確保されているように考えられる。

両群における活動中の最高心拍数の標準偏差は、最低心拍数および平均心拍数のそれらに比べて大きく、個人差が大きいことを示している。M群においては170bpm以上の者が4名おり、この値は $83 \sim 98\% HR_{max}$ に相当し、O群においては130bpm以上が3名おり、 $82 \sim 97\% HR_{max}$ に相当していた。このことは、一時的なことではあるが、高い運動強度が加わっており、心臓血管系への負担が推察される。しかし、同じO群であっても活動中の最高心拍数が85bpm ($40\% HR_{max}$)の者がおり、運動刺激が充分でない場合もみられる。これらのことから、高齢者を対象とする場合には、個人差を十分に把握した上での処方が必要になってくると考えられる。

加齢による有酸素能力の変化は、最大酸素摂取量の低下にみられるように減退する。しかし、その生理的メカニズムは十分に解明されていない。図2にみられるように、心拍数と酸素摂取量の関係では高年者の傾きが小さくなっていった。このことは、高年者において同一酸素摂取量に対する心拍数が中年者に比べて多くなることを示している。Fickの原理によると、酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) = 一回拍出量 (SV) × 心拍数 (HR) × 動静脈血酸素較差 ($a-vO_2 \text{diff.}$) となり、高年者では1回拍出量や動静脈血酸素較差の低下が考えられる。

Yousef⁹⁾はこの低下を心拍出量の低下、動静脈血酸素較差の減少とともに、心臓血管系の反応性への神経ホルモン刺激の減少によると報告している。また、Flegら⁴⁾は筋肉量の指標である尿中クレアチニン排泄量を測定し、加齢による $\dot{V}O_2\max$ の低下は筋量の減少によることを指摘している。しかし、今回のM群とO群の体重および体脂肪率にはあまり差がみられず、筋量の観点からはその影響を確認できなかった。

中高年者の運動による有酸素能力の向上は、図1にみられるように、M群の水準が一般の健康者より高かったことや、他のトレーニング実験の報告^{1,2)}によって認められる。中高年者のトレーニングによる最大酸素摂取量の増大は一回拍出量の増加に起因する^{17,19)}といわれており、心臓系への改善が期待される。いずれにしても、有酸素能力は健康な生活の基盤となる重要な体力の構成因子であり、この能力は加齢にともなって減少していくが、高齢者にとって活力ある生活水準を維持させるためには、身体活動によってその退行速度を遅らせることが重要であろう。

5. 要 約

高年婦人における体操クラブ活動時の運動強度と有酸素能力を明らかにするために、高年群(10名, 61.9±1.7歳)における活動時の心拍数および最大酸素摂取量を測定し、中年群(10名, 42.1±4.6歳)との比較から検討するとともに、有酸素能力の年齢による差異について検討を加えた。

得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

(1) 体操クラブ活動時の運動強度は、高年群で $38.3 \pm 9.5\% \dot{V}O_2\max$ となり、中年群の $50.3 \pm 9.9\% \dot{V}O_2\max$ より有意に小さかった($p < 0.05$)。

(2) 運動量をエネルギー消費量からみると、高年群が $2.016 \pm 0.520 \text{ kcal/kg/hr}$ で、中年群が $4.896 \pm 0.996 \text{ kcal/kg/hr}$ であり、両群には

有意な差($p < 0.001$)がみられた。

(3) 最大酸素摂取量においては、高年群が $19.7 \pm 2.3 \text{ ml/kg/min}$ で、中年群が $32.6 \pm 3.4 \text{ ml/kg/min}$ であり、両群の間には有意な差($p < 0.001$)がみられた。

(4) 高年および中年群の最大酸素摂取量は、同年齢の一般人の値より大きく、定期的運動実践者における有酸素能力の向上が推察された。

(5) 心拍数と酸素摂取量との関係では、高年群の回帰直線の傾きが中年群に比べて小さく、高年者における運動時の一回拍出量および動静脈血酸素較差の低下が示唆された。

文 献

- 1) 浅見俊雄, 北川薫, 山本恵三, 生田香明, 佐野裕司: トレッドミルおよび自転車エルゴメーターによる中年女性の持久性トレーニング効果とその特異性について, 体育科学, 3, 49-57, 1975.
- 2) 跡見順子, 伊藤克子, 宮下充正: 中高年女子にみられる有酸素的作業能のトレーニング効果, 体育学研究, 18, 253-260, 1974.
- 3) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 113-140, 1963.
- 4) Fleg, J. L. and E. G. Lakatta: Role of muscle loss in the age-associated reduction in $\dot{V}O_2\max$. J. Appl. Physiol., 63, 1147-1151, 1988.
- 5) 橋本勲, 青木純一郎, 進藤宗洋, 小林寛道, 佐藤祐: 日本人の身体的活動量の低下状況とその改善手段に関する研究, 国立栄養研究所報告, 32, 53-60, 1983.
- 6) 伊藤一生, 柴真理子, 伊藤稔, 森淑子, 廣藤千代子, 武内ひとみ: 年齢別にみた成人女子の全身持久性のトレーナビリティに関する研究, デサントスポーツ科学, 7, 44-54, 1986.

- 7) 伊藤稔, 伊藤一生, 八木保, 川初清典, 森淑子, 前田喜代子: 歩行トレーニングによる中高年女子の最大酸素摂取量の増加について, 体育科学, 3, 41-48, 1975.
- 8) 加賀谷熙彦, 加賀谷淳子: 運動処方—その生理学的基礎—, 杏林書院, 東京, 230-239, 1984.
- 9) Kilbom, A.: Physical training with submaximal intensities in women. (I) Reaction to exercise and orthostasis. *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 28, 141-161, 1971.
- 10) 小林寛道, 北村潔和, 豊島進太郎, 水野義雄, 長沢弘, 松井秀治: 健康成人女子および女子スポーツ選手の Aerobic Power, 体育学研究, 24, 237-246, 1979.
- 11) Nagamine, S. and S. Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, 36, 8-15, 1964.
- 12) 小川新吉, 古田善伯, 内野欽司: 中年女子を対象とした3週間トレーニングの効果について, 体育科学, 2, 218-224, 1974.
- 13) Paffenbarger, R.S., R.T. Hyde, A.L. Wing and C.C. Hsieh: Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Engl. J. Med.*, 314, 605-613, 1986.
- 14) Rogers, F., M. Juneau, C.B. Taylor, W.L. Haskell, H.C. Kraemer, D.K. Ahn and R.F. DeBusk: Assessment by a microprocessor of adherence to home-based moderate-intensity exercise training in healthy, sedentary middle-aged men and women. *Am. J. Cardiol.*, 60, 71-75, 1987.
- 15) 佐藤尚武, 武部吉秀, 吉田瑞穂, 寄本明, 岡本進, 宮本孝, 沢淳一, 森地純, 北村裕一, 八木佐知男: 高齢ゲートボール愛好者の体力とゲーム中の運動強度の検討, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 8, 87-101, 1988.
- 16) 佐藤尚武, 宮本孝, 岡本進, 寄本明, 武部吉秀: 婦人体操クラブの活動における運動強度, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No. 5, 109-118, 1985.
- 17) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原繁: 自転車運動による50% $\dot{V}O_2\max$, 60分間トレーニングが成人女子におよぼす影響, 体育科学, 3, 58-67, 1975.
- 18) 山本義春: 成人病予防のための運動処方の新しい展開, よぼういがく, 18(12), 3-22, 1988.
- 19) Yousef, M.K.: Heat tolerance and exercise capacity in old age. in Hales, J.R. S. and D.A.B. Richards (eds) "heat stress: Physical exertion and environment", 367-382, Elsevier Science, New York, 1987.

高年者の生活活動水準に関する研究

寄本 明 (滋賀県立短期大学) 佐藤 尚武 (滋賀大学)
 武部 吉秀 (京都大学) 岡本 進 (滋賀県立短期大学)
 古田 瑞穂 (滋賀県立短期大学) 兼高 明生 (矢倉診療所)

1. はじめに

高年者の運動への取り組みは、近年盛んになってきている。高年者スポーツとしてはゲートボールが盛んであり、このゲーム中の運動強度について検討を試み¹⁰⁾、また、高年女性のリズム体操での運動強度についても明らかにしてきた¹¹⁾。とくに、高年婦人のリズム体操クラブでは、トレーニング効果の期待できる運動強度が確保されており、同年齢の一般女性よりも高い有酸素能力が認められた。このように高年者が適度な身体活動を行うことによって、加齢による体力の退行現象を遅らせることが出来ると考えられる。

ところで、身体の活動量を論議する場合は運動時のエネルギー消費量だけでなく、1日のエネルギー消費量を評価する必要もある。しかし、高年者の1日エネルギー消費量についての報告は少なく³⁾、その実態については充分研究されていない。

そこで、今回は、簡便でかつ被検者への負担が少ない心拍数の測定からエネルギー消費量を算出する方法を用いて、活動的な生活を送っている高年者と非活動的な生活を送っている高年者の1日エネルギー消費量を求め、高年者の生活活動水準についての検討を試みた。

2. 研究方法

(1) 被検者

被検者は59歳から82歳の健康な男性14名であり、これらの被検者の身体的特徴を表1に示した。被検者の測定日における生活は普段どおりとしたが、当日の生活活動状況によ

表1 被検者の身体的特徴

Group	Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	%fat (%)	
Non-activity (n=6)	K.O.	66	164.6	54.87	13.2	
	R.K.	82	163.2	53.96	9.3	
	T.N.	62	164.6	64.99	12.5	
	K.M.	77	155.9	44.60	12.3	
	M.K.	72	167.4	59.51	10.7	
	G.N.	69	168.7	60.08	10.2	
	Mean	71	164.1	56.34	11.4	
	SD	7	4.1	6.38	1.4	
Activity (n=8)	Tennis	T.Y.	69	164.8	60.67	17.9
	Tennis	R.T.	67	163.4	58.60	12.0
	Gateball	T.H.	64	160.0	51.24	11.8
	Sports	Y.M.	71	168.7	69.10	13.7
	Sports	M.S.	59	162.0	70.00	24.4
	Sports	U.A.	62	161.6	73.20	23.9
	Sports	T.I.	68	156.6	62.70	12.5
	Work	S.M.	69	164.3	77.79	16.0
	Mean	66	162.7	65.41	16.5	
	SD	4	3.6	8.67	5.1	
	t	1.813	0.678	-2.156	-2.368	
	P<	---	---	---	0.05	

て、活動群と非活動群に分けた。

活動群はスポーツ活動者および身体的作業者(59歳から71歳, 8名)であり、非活動群はそれらの活動を行っていない者(62歳から82歳, 6名)である。活動群における活動状況は、テニス実施者は2.5~3.5時間、ゲートボール実施者は1.5時間、スポーツ教室参加者は軽スポーツを2.5時間、身体的作業者は大工仕事を4.5時間、それぞれ実施していた。

(2) 24時間心拍数の測定

24時間の心拍数は、胸部誘導によって携帯用心拍記録装置(ヴァイン社)に1分間単位で記憶させ、24時間の測定後出力させた。これらのデータから24時間における最高心拍数、最低心拍数、平均心拍数、総心拍数を求めた。

(3) 心拍数からエネルギー消費量の推定

エネルギー消費量は、心拍数と酸素摂取量

との相関関係から、その回帰式を用いて推定する $\dot{V}O_2$ /HR方式^{1,2,3)}によって算出した。心拍数とエネルギー消費量(酸素摂取量)との関係は模式化した図1に示したように、睡眠時から安静時にかけての直線(A)と身体活動時の直線(B)の2本から成り立っている。この回帰直線を用いることによって、心拍数からエネルギー消費量を推定することが可能になる。

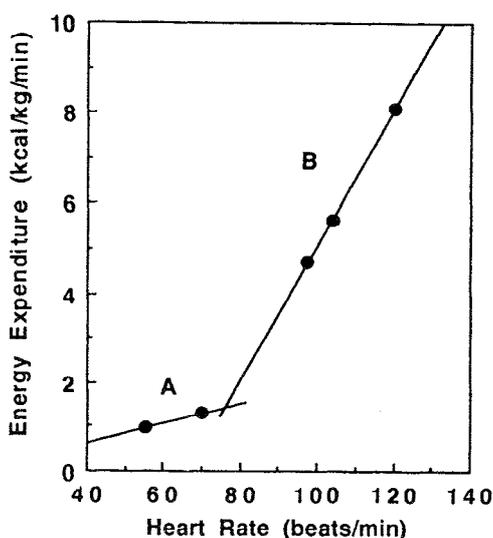


図1 $\dot{V}O_2$ /HR方式における心拍数とエネルギー消費量との回帰直線

睡眠時におけるエネルギー消費量は体表面積から求められた推定値であり、心拍数は睡眠時の実測値である。安静時のエネルギー消費量および心拍数は、椅座位安静の30分後に測定した。身体活動時のエネルギー消費量および心拍数は、自転車エルゴメーターを用いた最大下の3段階の負荷強度での運動時に、それぞれ測定した。

1日のエネルギー消費量は、各被検者ごとに、24時間の毎分心拍数記録から先の回帰直線を用いてエネルギー消費量に変換し、算出した。

3. 結 果

図2～5には、24時間の心拍数変動について、非活動群(図2, 3)および活動群(図4, 5)の代表例をそれぞれ2例示した。

図2は非活動群の被検者K.O.であり、24時間での最高心拍数は散歩中に記録された90拍/分、最低心拍数は睡眠中の49拍/分、平均心拍数は64.0拍/分であった。測定日には労働や強い運動は実施しておらず、午前および午後の散歩のみの軽運動であった。また、睡眠時と覚醒時における心拍数の水準に明瞭な差がなく、やや覚醒時に高い程度であった。

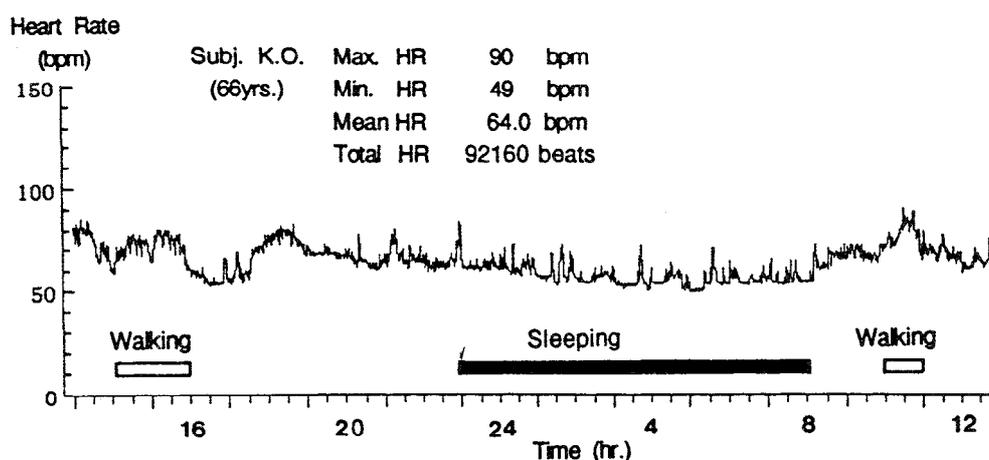


図2 非活動群の被検者K.O.における24時間心拍数変動

Heart Rate	Subj. K.M.	Max. HR	91 bpm
(bpm)	(72yrs.)	Min. HR	39 bpm
		Mean HR	56.5 bpm
		Total HR	81342 beats

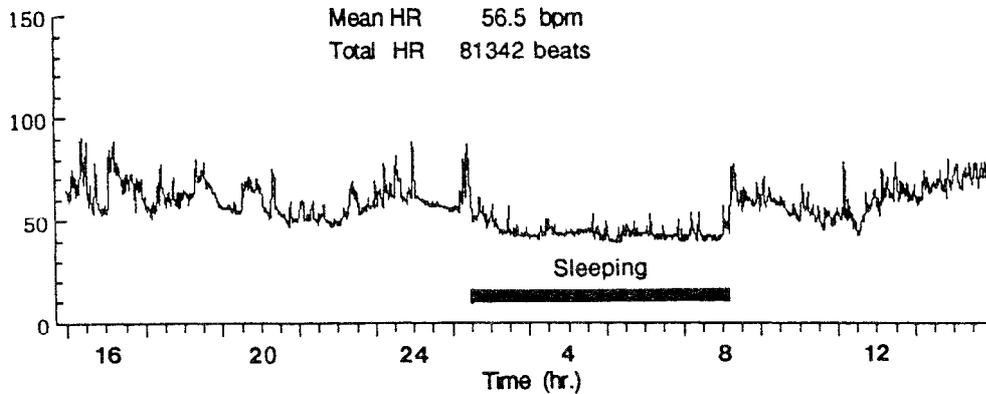


図3 非活動群の被検者K.M.における24時間心拍数変動

Heart Rate	Subj. T.Y.	Max. HR	131 bpm
(bpm)	(69yrs.)	Min. HR	48 bpm
		Mean HR	68.8 bpm
		Total HR	99123 beats

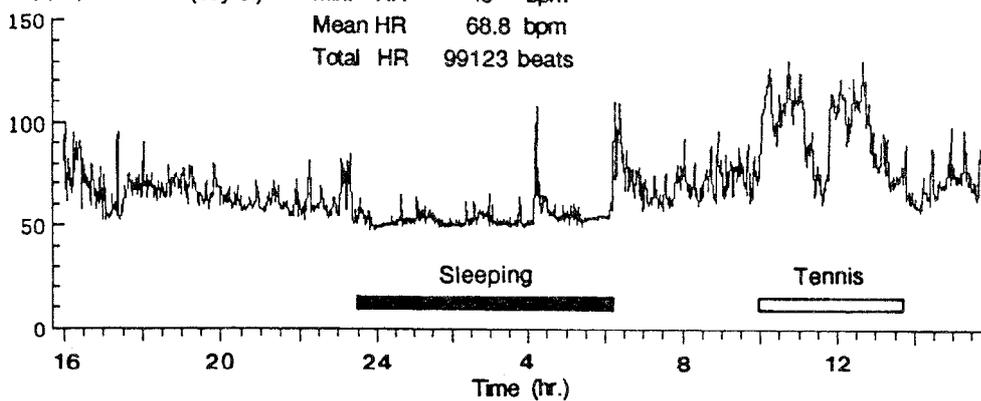


図4 活動群の被検者T.Y.における24時間心拍数変動

Heart Rate	Subj. U.A.	Max. HR	136 bpm
(bpm)	(62yrs.)	Min. HR	61 bpm
		Mean HR	86.9 bpm
		Total HR	125203 beats

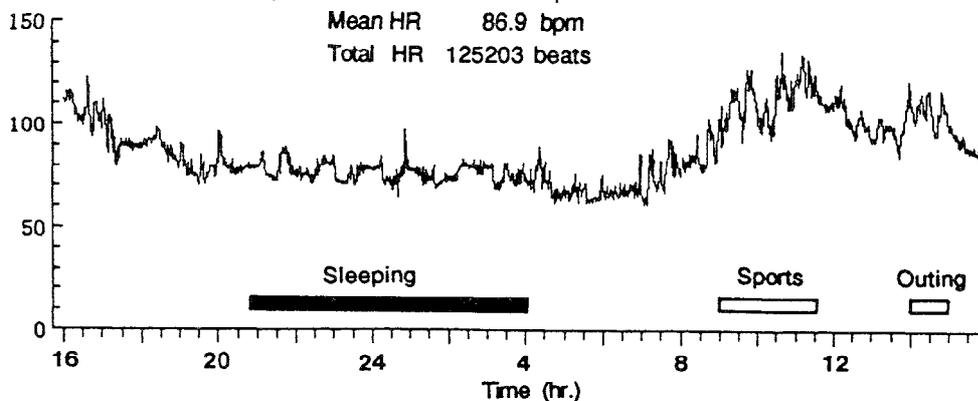


図5 活動群の被検者U.A.における24時間心拍数変動

図3は非活動群の被検者K.M.であり、24時間での最高心拍数は外出中の91拍/分、最低心拍数は睡眠中の39拍/分、平均心拍数は56.6拍/分であった。先の被検者と同様に、この被検者も測定日には労働や運動を行っておらず、おもにテレビを見て過ごしていた。1日の総心拍数は81,342拍であり、今回測定した被検者14名の中で最も少ない心拍数であった。

図4は活動群の被検者T.Y.であり、活動内容はテニスを3.5時間(昼食時間60分を含む)実施していた。24時間の最高心拍数はテニス活動(ゲーム)中の131拍/分、最低心拍数は睡眠中の48拍/分、平均心拍数は68.8拍/分であった。この被検者はテニスを定期的に行っており、測定日も通常どおり活動していた。睡眠中の心拍数で午前4時頃に急に上昇しているのは、一時起床して動いたことによるものである。

図5は活動群の被検者U.A.であり、活動内容は中高年スポーツ教室で軽スポーツを2.5時間実施していた。24時間の最高心拍数は

スポーツ教室活動中の136拍/分、最低心拍数は読書中の61拍/分、平均心拍数は86.9拍/分であった。スポーツ活動時以外の心拍数で100拍/分を越えていたのは外出中であった。

表2には、24時間の最高、最低、平均、総心拍数およびエネルギー消費量を示した。

24時間における最高心拍数は、非活動群では90~135拍/分の範囲にあり、90拍/分台の者が2例見られた。活動群では111~147拍/分の範囲にあり、いずれも110拍/分以上であった。しかし、両群の間には有意な差は認められなかった。また、24時間の最低心拍数についても、両群の間に有意な差は認められなかった。平均心拍数は、活動群が非活動群より平均値で11.7拍/分多く、両群の間には5%水準で有意な差が認められた。24時間の総心拍数でも、活動群が非活動群より平均値で16,734拍多く、両群の間に5%水準で有意な差が認められた。

心拍数記録から $\dot{V}O_2$ /HR方式によって求められた1日のエネルギー消費量は非活動群

表2 24時間の最高、最低、平均、総心拍数およびエネルギー消費量

Group	Subjects	24hr. Heart rate (bpm)			Total heart rate (beats/day)	Energy expenditure	
		max.	min.	mean		(kcal/day)	(kcal/kg/day)
Non-activity (n=6)	K.O.	90	49	64.0	92,160	1,547	28.19
	R.K.	135	44	65.3	94,014	1,956	36.25
	T.N.	105	46	61.9	89,074	2,656	40.87
	K.M.	91	39	56.5	81,342	1,609	36.08
	M.K.	129	59	74.9	107,802	1,994	33.51
	G.N.	129	57	78.7	113,314	2,553	42.49
	Mean	113	49	66.9	96,284	2,053	36.23
	SD	19	7	7.6	10,955	424	4.70
Activity (n=8)	Tennis T.Y.	131	48	68.8	99,123	2,626	43.28
	Tennis R.T.	114	59	79.1	112,374	3,329	56.81
	Gateball T.H.	111	62	80.2	115,462	3,347	65.32
	Sports Y.M.	118	63	87.3	125,732	3,528	51.06
	Sports M.S.	133	51	73.3	105,563	2,663	38.04
	Sports U.A.	136	61	86.9	125,203	3,913	53.46
	Sports T.I.	147	54	83.1	119,702	3,353	53.48
	Work S.M.	117	51	70.1	100,990	3,072	39.49
Mean	126	56	78.6	113,019	3,229	50.12	
SD	13	6	7.2	10,382	432	9.29	
t	-1.525	-2.075	-2.940	-2.916	-5.082	-3.330	
p <	—	—	0.05	0.05	0.001	0.01	

が $2,053 \pm 424 \text{ kcal/day}$ 、活動群が $3,229 \pm 432 \text{ kcal/day}$ であり、両群の間には0.1%水準で有意な差が認められた。体重当りの1日エネルギー消費量は非活動群が $36.23 \pm 4.70 \text{ kcal/kg/day}$ 、活動群が $50.12 \pm 9.29 \text{ kcal/kg/day}$ であり、両群の間には1%水準で有意な差が認められた。

図6には、エネルギー消費量の加齢による変動を示した。図中の実線は厚生省の第三次改定日本人の栄養所要量⁵⁾による生活活動強度別にみた日本人男子のエネルギー所要量であり、生活活動強度はI(軽い)、II(中等度)、III(やや重い)、IV(重い)の4段階に区分されている。非活動群は、この生活活動強度ではIの軽いからIIIのやや重い強度に分布しており、活動群はIIIのやや重いからIVの重い強度に分布していた。

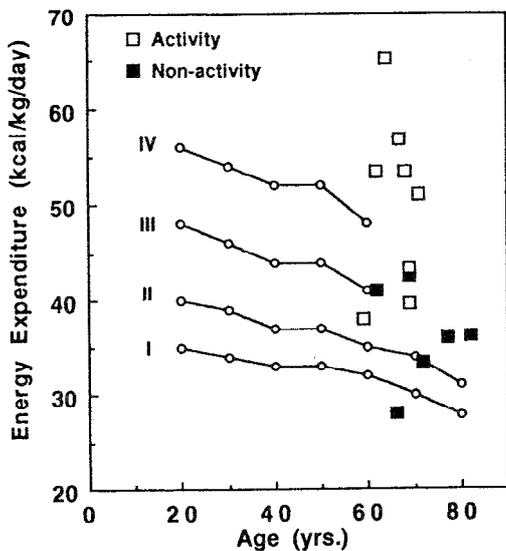


図6 生活活動強度別のエネルギー消費量

1日の総心拍数とエネルギー消費量との関係を非活動群については図7に、活動群については図8にそれぞれ示した。非活動群の総心拍数とエネルギー消費量との間には有意な関係は認められなかったが、活動群においては両者の間に1%水準で有意な相関関係が認

められた。また、被検者全体でみた場合は $r = 0.817$ で0.1%水準で有意な相関関係が認められた。

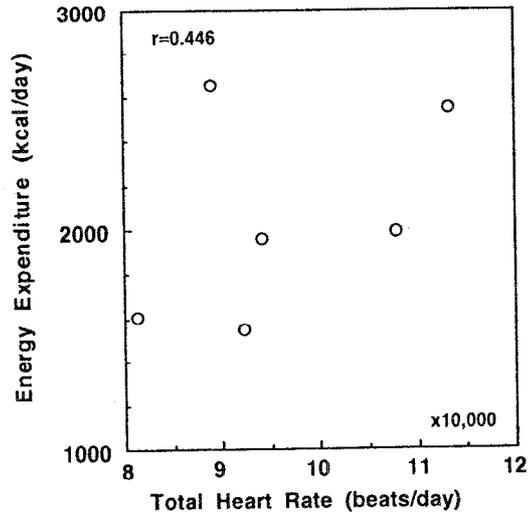


図7 非活動群における総心拍数とエネルギー消費量との関係

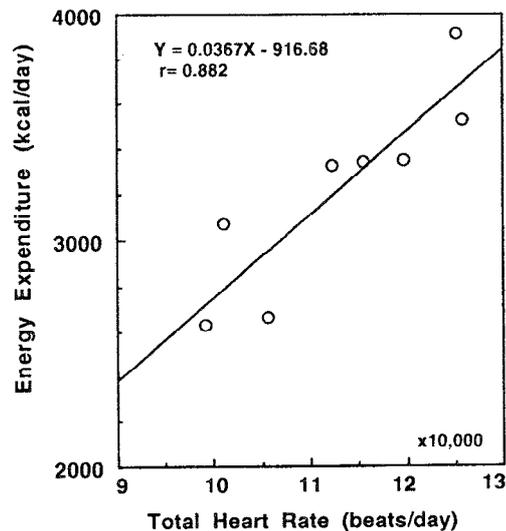


図8 活動群における総心拍数とエネルギー消費量との関係

4. 考 察

心拍数は物理的作業強度や酸素摂取量と高い相関関係を示し、身体の活動水準を知る適切な指標となる。24時間の心拍数記録から非活動群および活動群の生活活動水準を比較してみると、最低心拍数および最高心拍数には両群に有意な差は認められなかったが、平均心拍数および総心拍数はそれぞれ両群の間に5%水準で有意な差が認められた。このことは、非活動群においも一時的に活動群と同程度の高い心拍水準に上昇するが、この高い心拍水準は活動群のように持続することがないことを示している。また、非活動群のうち66歳と77歳の2名の被検者は24時間の最高心拍数が90および91拍/分と極端に少なく、この値は老人ホーム入居者(78±4歳)の107±17拍/分³⁾よりも低い水準となっていた。このように非活動群においては、高い心拍水準を長く持続させるような身体活動が必要であると考えられるが、高年者では急激なあるいは一時的な心拍の上昇は心臓へ与える影響が大きいため、実際の運動では十分な配慮が必要である。特に、神田ら⁴⁾によると、心肺機能の衰えている老人にとっては体位変換や食事動作でも心拍数上昇が大きいと報告している。

1日のエネルギー消費量では、平均値で活動群が非活動群に比べて1,176kcal/day大きく($p < 0.001$)、体重当りの値でも活動群が13.9kcal/kg/day大きく($p < 0.01$)になっていた。これは、生活活動内容において、1日のうち1.5~4.5時間の身体活動を行ったことによるものである。橋本ら²⁾は中高年男子の仕事日と運動日の1日エネルギー消費量を比較し、運動日は仕事日より約1,200kcal多く消費されていたことを報告しており、今回の非活動群と活動群の差もほぼこの値と等しくなっていた。すなわち、高年者において、運動を実践することにより通常日のエネルギー消費量より約1,200kcalを増加させることは容易であると考えられる。

非活動群のエネルギー消費量は、老人ホーム入居者(78±4歳)³⁾の1,330±220kcal/day、25.0±2.1kcal/kg/dayより有意に大きく($p < 0.01$)、また、Salvosaら⁹⁾による施設居住高齢者の32.6kcal/kg/dayよりもわずかに大きかった。このことから、同じ非活動的な生活者であっても在宅生活者の方が施設入居者より1日のエネルギー消費量が多いと考えられる。

エネルギー所要量からみた生活活動強度は、非活動者ではⅠ(軽い)からⅢ(やや重い)に相当し、活動者ではⅢ(やや重い)からⅣ(重い)に相当していた。生活活動強度に基づいた1日の付加運動による消費エネルギー量の目安⁵⁾は、男性の場合、Ⅰ(軽い)では200~300kcalであり、Ⅱ(中等度)では100~200kcalとされており、非活動者は現在の生活よりも100~300kcalのエネルギー消費量を付加させるようにする必要がある。一方、活動者においては、ほぼ十分な消費エネルギー量に達しており、この消費エネルギー量を維持するとともに局所の運動に片寄らないように注意し、スポーツ等の身体活動を続けていくことが望まれる。

積算心拍数と運動量、酸素摂取量との関係に関する研究^{6,7,8)}は従来より行われてきているが、1日の総心拍数とエネルギー消費量の関係を報告したものは少ない。活動群においては両者の間に1%水準で有意な相関関係が認められ、被検者全体でみた場合にも0.1%水準で有意な相関関係が認められた。これらのことから、総心拍数を測定することによってエネルギー消費量を推定することが可能であると考えられる。ただし、非活動群において有意な関係が認められず、今後例数を増やして検討する必要がある。

5. 要 約

身体活動量の異なる高年者の生活活動水準を明らかにするため、59歳から89歳の健康な男性14名を対象に、24時間の心拍数を記録し、

$\dot{V}O_2$ /HR方式を用いて1日エネルギー消費量を求めた。得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

(1) スポーツ活動等を行っている活動群(6名)およびそれらの活動を行っていない非活動群(7名)の24時間における最高心拍数および最低心拍数は、両群の間に有意な差は認められなかった。

(2) 24時間の平均心拍数は、活動群が非活動群より11.7拍/分多く、その差は有意であった($p < 0.05$)。24時間の総心拍数でも、活動群が非活動群より16,734拍多く、その差は有意であった($P < 0.05$)。

(3) 1日のエネルギー消費量は、活動群が $3,229 \pm 432 \text{ kcal/day}$, $50.12 \pm 9.29 \text{ kcal/kg/day}$ で、非活動群の $2,053 \pm 424 \text{ kcal/day}$, $36.23 \pm 4.70 \text{ kcal/kg/day}$ より大きく、その差は有意であった($P < 0.001$ および $p < 0.01$)。厚生省の第三次改定日本人の栄養所要量に基づいてエネルギー消費量を評価すると、生活活動強度は非活動群がⅠ(軽い)からⅢ(やや重い)に相当し、活動群がⅢ(やや重い)からⅣ(重い)に相当していた。

(4) 24時間の総心拍数とエネルギー消費量との間に0.1%水準で有意な相関関係が認められた。この両者の関係から、総心拍数の測定によってエネルギー消費量を推定することが可能であると考えられる。

文 献

- 1) 橋本薫, 青木純一郎, 進藤宗洋, 小林寛道, 佐藤祐: 日本人の身体的活動量の低下状況とその改善手段に関する研究, 国立栄養研究所報告, 32, 53-60, 1983.
- 2) 橋本薫, 山川喜久江, 小林修平, 長嶺晋吉: 運動習慣が中高年男子のエネルギー消費量と栄養状態に及ぼす影響に関する研究, 体育科学, 14, 123-136, 1986.
- 3) 橋本薫, 樋口満, 山川喜久江, 小林修平: $\dot{V}O_2$ /HR方式による老人ホーム入居者の1日のエネルギー消費量測定に関する研究, 体育科学, 14, 166-169, 1986.
- 4) 神田清子, 瀬戸正子, 正田美智子: 特別養護老人ホーム入所者の生活時間構造および24時間心拍数変動, 日本看護科学会誌, 7, 18-28, 1987.
- 5) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編: 第三次改定日本人の栄養所要量, 第一出版, 東京, 1987.
- 6) 黒田善雄, 北嶋久雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 松井美智子: 積算心拍数と運動量との関係について, 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.X, 1-12, 1976.
- 7) 黒田善雄, 塚越克己, 伊藤静夫, 雨宮輝也, 金子敬二, 松井美智子: 積算心拍数と運動量との関係について—第2報—, 昭和52年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.X, 1-8, 1977.
- 8) 松井美智子, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 白鳥金丸: 積算心拍数と運動量との関係について—第3報—, 昭和53年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.X III, 1-9, 1978.
- 9) Salvosa, C.B., P.R. Paxne and E.F. Wheeler: Energy expenditure of elderly people living alone or in local authority homes. Am. J. Clin. Nutr., 24, 1467-1470, 1971.
- 10) 佐藤尚武, 武部吉秀, 吉田瑞穂, 寄本明, 岡本進, 宮本孝, 沢淳一, 森地純, 北村裕一, 八木佐知男: 高齢ゲートボール愛好者の体力とゲーム中の運動強度の検討, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.8, 87-101, 1988.
- 11) 寄本明, 佐藤尚武, 小川朋子, 南和江: 高年婦人におけるリズム体操クラブでの運動強度と有酸素能力, 滋賀県体育協会スポーツ科学委員会紀要, No.9, 118-123, 1989.