

Time-study 方式による R.M.R. 算出の再検討

笹 本 正 治

ま え が き

1936年、古沢¹⁾は筋労作の強度を示す指数としてエネルギー代謝率(Relative Metabolic Rate, R.M.R. と略記)を提案した。次式がそれである。

$$\text{エネルギー代謝率 (R.M.R.)} = \frac{\text{作業時消費熱量} - \text{安静時消費熱量}}{\text{基礎代謝値}}$$

これは労作の種類により一定したもので、個人差のないものとされている。その後、R.M.R. に基づいての数多くの研究がなされ、労務のエネルギー管理や労務者の栄養所要量の算定にまで活用されるようになった。しかし、これは比較的単調な職業的労作に限られていた。

山岡は、従来、実測を困難視されていた複雑なスポーツの練習、試合時のエネルギー代謝量の測定も、かかる方法によって間接的に算出することが可能であろうと考えた。しかしながら、スポーツは一般の職業的労作と異って、その動作が複雑で変化に富み、さらに重心移動を主としているため、R.M.R. の仮定をそのまま適用するには、一応実験的に確かめる必要があるとして、その研究に着手したのである²⁾。そして、1952年、一連のスポーツ運動(試合または練習)について、その動作を分析し、これにそれぞれの動作に適したR.M.R. を適用して、エネルギー需要量を算出した場合(Time-study)と実測した場合との比較検討をおこない、その結果について報告している³⁾。すなわち、実測値とTime-study 値との差は5~6%程度であって、普通の場合は一般的にR.M.R. を用いることが可能であるというのである。

以来、Time-study 方式による研究報告は少くない。主なものを列挙すれば、スキー(石河ほか)⁴⁾、水泳(山岡)⁵⁾、ランニング(山岡ほか)⁶⁾、乗馬(浅野ほか)⁷⁾、鉄棒(佐々木、照屋)⁸⁾、バドミントン(高木ほか)⁹⁾、ダンス(渡辺ほか)¹⁰⁾、庭球(浅野)¹¹⁾、ラグビー(山岡ほか)¹²⁾、バスケットボール(広田ほか)¹³⁾などがある。

しかし、筆者は、R.M.R. に関する提案を認める立場に立つとしても、Time-study 方式によるR.M.R. 算出には若干の疑念を抱くのである。その根拠は、R.M.R. は一個人においても、疲労、環境、運動条件、意欲などによって左右され、体格、体力、熟練度、年齢、性別などの個人差によっても変化が生ずるのではないだろうかという疑問にある。沼尻¹⁴⁾もR.M.R. の恒常性に影響を与える因子として、作業条件、習熟度、性差、疲労などを挙げている。かかる意味から、出発点に戻った状態で、実測値とTime-study

値の関係について実験を試みようとしたのである。

今回の実験においては、焦点を次の諸点にしぼって進めた。

- ① 体型, 体力, 習熟度などの個人差による R.M.R. の変動。
- ② 運動条件による R.M.R. の変動。
- ③ 個人の同一運動における R.M.R. の変動。
- ④ 実測値と Time-study 値における R.M.R. の比較。

実 験 方 法

(1) 被 験 者

被験者は、金沢大学一年次女子学生でバスケットボール部員 6 名である。被験者の身体特性およびバスケットボールの経験は表 1 に示した。

表 1 被験者の身体特性とバスケットボールの経験

	身 長	体 重	体表面積	基 礎 代 謝 量	安 静 時 代 謝 量	バスケットボールについての 経験年数
T.K.	160.0	53.5	1.552	0.182	0.218	
M.K.	160.0	48.0	1.488	0.175	0.210	高等学校以来 3 年
K.M.	154.0	49.5	1.460	0.172	0.206	中学校以来 6 年
S.I.	166.0	56.0	1.632	0.192	0.230	中学校の 3 年
Y.T.	160.0	57.0	1.602	0.188	0.226	高等学校以来 2 年
A.U.	152.0	49.0	1.446	0.170	0.204	中学校以来 6 年

(2) 測 定 種 目

バスケットボールの基本的な技術で、個人差による変動が少なく、また、狭隘な実験室でも実施可能という立場から以下の種目を選んだ。

(a) バスケットボールの壁パス (pass と略記)

3 m の距離から、壁に対してチェスト・パスをし、ワン・バウンドではね返ってくるボールをキャッチして、このパスをつづける。速度は毎分 30 回。使用球は 7 号 (以下同じ)。

(b) バスケットボールのドリブル (dribble と略記)

移動せず、その場でドリブルする。ドリブルの高さは膝の高さで、回数は毎分 120 回。

(c) サイド・ステップ (step と略記)

80 cm の間隔の 3 本の線をサイド・ステップで移動する。足はクロスさせない。1 分間 120 のリズムで行う。

(d) pass→dribble→step (P—D—S と略記)

上記の(a)(b)(c)をその順序に連続して行う。

(e) step→dribble→pass (S—D—P と略記)

上記の(a)(b)(c)の逆順に行う。

(3) 実施期間

昭和43年6月19日から8月14日にわたり、午前9時より正午までの午前中に行ない、できるだけ条件の同一を考えた。

(4) 測定方法

適当なウォーミング・アップを実施してから椅坐して休み、ガス・マスクを装着して心拍数を測り、正常数になった時に運動を開始させた。運動中、ダグラス・バックは補助者が保持した。運動終了後、再び椅坐させ、心拍数が復元するまで呼気を採取した。

採気の分析は sholander の微量ガス分析器によって実施し、誤差が0.05%以内の分析値2個以上の平均をとって、その分析値とした。

実験結果と考察

測定数 (dribble 21, pass 20, step 18, S—D—P 16, P—D—S 27) が十分とはいえないので即断は許されないが、設問にしたがって、実験結果を掲げ考察を加えてみよう。

(1) 体重と R.M.R. (体型的なものの代表として)

表2は、その結果を示したものである。

表2 体重と R. M. R.

		体 重	dribble	pass	step	実測 $\left(\begin{matrix} S-D-P \\ P-D-S \end{matrix}\right)$	
大 グ ル ー プ	Y. T.	57.0	O ₂ の需要量 R. M. R.	1.055 1.871	1.009 1.781	5.753 10.204	7.863 4.647
	S. I.	56.0	O ₂ の需要量 R. M. R.	1.079 1.872	1.186 2.059	6.227 10.810	8.162 4.723
	平 均		O ₂ の需要量 R. M. R.	1.067 1.871	1.097 1.920	5.990 10.507	7.512 4.685
小 グ ル ー プ	K. M.	49.5	O ₂ の需要量 R. M. R.	0.884 1.713	1.000 1.937	5.506 9.797	7.338 4.741
	A. U.	49.0	O ₂ の需要量 R. M. R.	0.601 1.177	1.192 2.337	5.271 10.100	7.735 5.055
	平 均		O ₂ の需要量 R. M. R.	0.742 1.445	1.096 2.137	5.153 9.948	7.536 4.898
差 (大)-(小)			O ₂ の需要量 R. M. R.	+ 0.325 + 0.426	+ 0.001 - 0.217	+ 0.837 + 0.559	- 0.024 - 0.213

重心の移動の伴わない pass においては、体重のO₂の需要量に対する影響が殆どなく、重心の移動を伴う step において大きい(14%)という傾向を示しているのは当然といえ

よう。また、step における R.M.R. も同様に影響 (5%) されているが、この程度の相違は許されてよいだろう。しかし、全般的にみれば、どの項目においても、体重が R.M.R. に明らかに影響を及ぼしているとはいえない。

(2) 背筋力と R.M.R. (筋力的なものの代表として)

表 3 は、その結果を示したものである。

表 3 背筋力と R. M. R.

		背筋力		dribble	pass	step	実測
大グループ	Y.T.	118.0	O ₂ の需要量	1.055	1.009	5.753	7.863
			R.M.R.	1.871	1.781	10.204	4.647
	T.K.	113.0	O ₂ の需要量	0.851	1.380	5.425	7.173
	R.M.R.		1.559	2.527	9.937	4.379	
平均			O ₂ の需要量	0.953	1.194	5.589	7.518
			R.M.R.	1.715	2.154	10.072	4.513
小グループ	A.U.	80.0	O ₂ の需要量	0.601	1.192	5.251	7.735
			R.M.R.	1.177	2.337	10.100	5.055
	S.I.	100.0	O ₂ の需要量	1.079	1.186	6.227	8.162
	R.M.R.		1.872	2.059	10.810	4.723	
平均			O ₂ の需要量	0.840	1.189	5.739	7.948
			R.M.R.	1.524	2.198	10.455	4.839
差 (大)-(小)			O ₂ の需要量	+ 0.113	+ 0.005	- 0.150	- 0.430
			R.M.R.	+ 0.191	- 0.044	- 0.383	- 0.376

背筋力における両グループの開きが余りにも小さいためか、上表の結果からは、背筋力と R.M.R. との間の関係は殆んど推測することはできない。わずかに、背筋力の大きいものが R.M.R. が小さいという徴候がうかがわれる程度である。

(3) Harbard Step Test と R.M.R. (持久力的なものの代表として)

表 4 は、その結果を示したものである。

表 4 Harbard Step Test と R. M. R.

		H.S.T.		dribble	pass	step	実測
大グループ	A.U.	84.9	O ₂ の需要量	0.601	1.192	5.251	7.735
			R.M.R.	1.177	2.337	10.100	5.055
	K.M.	73.8	O ₂ の需要量	0.884	1.000	5.056	7.338
	R.M.R.		1.713	1.937	9.797	4.741	
平均			O ₂ の需要量	0.742	1.096	5.153	7.536
			R.M.R.	1.445	2.137	9.948	4.898
小グループ	Y.T.	52.6	O ₂ の需要量	1.055	1.009	5.753	7.863
			R.M.R.	1.871	1.781	10.204	4.647
	S.I.	58.8	O ₂ の需要量	1.079	1.186	6.227	8.162
	R.M.R.		1.872	2.059	10.810	4.723	
平均			O ₂ の需要量	1.067	1.097	5.990	7.512
			R.M.R.	1.871	1.920	10.507	4.685

差 (大)-(小)		O ₂ の需要量 R.M.R.	- 0.325 - 0.426	- 0.001 + 0.217	- 0.837 - 0.559	+ 0.024 + 0.213
--------------	--	-------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

上表の結果からみると、dribble, step においては大グループが O₂ 需要量, R.M.R. 共に小さく、実測値においては逆の様相を示している。このような事象が偶然の結果であるのか、あるいは、なんらかの意味を持つものであるかは今後に残される問題であろう。しかし、一般的にいえば、R.M.R. に対する影響は殆どないものとみるべきである。

(4) バスケットボールの経験と R.M.R. (習熟度の代表として)

表5は、その結果を示したものである。

表5 バスケットボールの経験と R.M.R.

		経験		dribble	pass	step	実測
大 グ ル ー プ	K.M.	6年	O ₂ の需要量	0.884	1.000	5.056	7.338
			R.M.R.	1.713	1.937	9.797	4.741
	A.U.	6年	O ₂ の需要量	0.601	1.192	5.251	7.735
			R.M.R.	1.177	2.337	10.100	5.055
平均			O ₂ の需要量	0.742	1.096	5.153	7.536
			R.M.R.	1.445	2.137	9.948	4.898
小 グ ル ー プ	T.K.	0年	O ₂ の需要量	0.851	1.380	5.425	7.173
			R.M.R.	1.159	2.527	9.937	4.379
差 (大)-(小)			O ₂ の需要量	- 0.109	- 0.284	- 0.272	+ 0.364
			R.M.R.	+ 0.286	- 0.390	+ 0.011	+ 0.519

上表の結果からは、経験が R.M.R. に及ぼす影響は殆ど発見できない。

(5) 運動の配列と R.M.R. (運動条件の代表として)

次に、いくつかの運動を連続して実施する場合、その配列順序の変更が R.M.R. に影響を与えるものかどうかについて検討してみよう。表6は、S-D-P (R.M.R. の大、中、小に配列) と P-D-S (小、中、大に配列) を比較したものである。

表6 運動の配列と R.M.R.

		T.K.	M.K.	K.M.	S.I.	Y.T.	A.U.	平均
S-D-P	O ₂ の需要量	7.828	8.265	8.586	7.700	8.160	7.599	8.023
	R.M.R.	4.779	5.247	5.546	4.456	4.822	4.966	4.969
P-D-S	O ₂ の需要量	6.519		6.090	8.624	7.567	7.871	7.334
	R.M.R.	3.980		3.936	4.991	4.472	5.144	4.504
差 (S-D-P)- (P-D-S)	O ₂ の需要量	+ 1.309		+ 2.496	- 0.924	+ 0.593	- 0.272	+ 0.689
	R.M.R.	+ 0.799		+ 1.610	- 0.535	+ 0.350	- 0.178	+ 0.465

K.M. と T.K. においては、S-D-P の R.M.R. がそれぞれ 29%、17%と極めて大

きい。また S.I. と A.U. は逆に P-D-S の方が大きく現われたが、その差はそれぞれ 10%、3% と小さい。全体の平均においては 9% 弱の差となっている。しかし、この差を檢定すると、0.05 水準で有意の差は認められない。(F₉¹=5.129>0.694)

(6) 個人の同一運動における R.M.R. の変動

このことについては、比較的实施回数の多い T.K. と M.K. の場合について考えてみよう。表 7 は両者の各運動別の変動を示したものである。

表 7 個人の同一運動における R.M.R. の変動

		dribble		pass		step		実測	
		O ₂ の 需要量	R.M.R.	O ₂ の 需要量	R.M.R.	O ₂ の 需要量	R.M.R.	O ₂ の 需要量	R.M.R.
T.K.	\bar{X}	0.851	1.559	1.380	2.527	5.425	9.937	7.337	4.479
	S.D.	0.236	0.431	0.205	0.376	0.469	0.861	0.900	0.550
	$\frac{S.D.}{\bar{X}}$	0.277	0.276	0.148	0.148	0.086	0.086	0.122	0.122
	$\frac{\bar{X}}{n}$	5		4		4		8	
M.K.	\bar{X}	0.624	1.188	1.110	2.113	5.772	10.959		
	S.D.	0.038	0.069	0.244	0.466	0.520	1.005		
	$\frac{S.D.}{\bar{X}}$	0.060	0.058	0.219	0.220	0.090	0.091		
	$\frac{\bar{X}}{n}$	5		5		5			

T.K. の step, M.K. の dribble, step においては殆んど変動がないといえるが、その他においては $\frac{S.D.}{\bar{X}}$ が $\frac{1}{10} \sim \frac{3}{10}$ となる程度の変動がみられる。また、最も変動の大きい T.K. の dribble の場合の最端値 (2.164) と平均値 (1.559) の差は 1.40 であった。したがって、今回の結果からすれば、変動性は無視してもよい程度のものといえる。

さて、これまでの結果を全般的にみると、各要因の R.M.R. に対する影響の存在を否定することはできないが、いずれも明確なものとはいえない。そこで総体的な立場から、実測値と Time-study 値がどのような関係を示しているかについて考えてみたい。

(7) 実測値と Time-study 値の関係

表 8、表 9 は両者の比較を示したものである。

表 8 実測値と各個人の基礎資料による Time-Study 値の比較

		T.K.	M.K.	K.M.	S.I.	Y.T.	A.U.	平均
実測値	O ₂ の需要量	7.337		7.338	8.162	7.864	7.708	7.681
	R.M.R.	4.479		4.741	4.723	4.647	5.037	4.812
Time-study 値	O ₂ の需要量	7.656	7.506	6.940	8.492	7.817	7.044	7.575
	R.M.R.	4.674	4.753	4.482	4.913	4.618	4.538	4.663
差 (実測値) - (T.S. 値)	O ₂ の需要量	- 0.319		+ 0.398	- 0.330	+ 0.047	+ 0.664	+ 0.106
	R.M.R.	- 0.195 (4.1%)		+ 0.259 (5.4%)	- 0.190 (3.8%)	+ 0.029 (0.6%)	+ 0.499 (9.9%)	+ 0.149 (3.0%)

表9 実測値と平均 Time-study 値の比較

		T.K.	M.K.	K.M.	S.I.	Y.T.	A.U.	平均
実測値	O ₂ の需要量 R.M.R.	7.337 4.479		7.338 4.741	8.162 4.723	7.864 4.647	7.708 5.037	
平均 Time-study 値	O ₂ の需要量 R.M.R.			7.575 4.663				
差 (実測側) - (平均 T.S. 値)	O ₂ の需要量 R.M.R.	- 0.238 - 0.184 (3.9%)		- 0.237 + 0.078 (1.6%)	+ 0.587 + 0.060 (1.2%)	+ 0.289 - 0.016 (0.3%)	+ 0.133 + 0.374 (8.0%)	(3.0%)

表8によれば、実測値と Time-study 値の差は0.6%~9.9%であって、平均3.0%である。検定すると0.05%水準で有意の差は認められない ($F_9^1=5.129>0.346$)。また、表9は各個人の基礎資料による time-study 値の代りに平均 time-study 値を使用した場合の実測値との差を示したものであるが、これによると、その差は0.3~8.0%、平均3.0%である。この結果からみて、いずれの場合もほとんどその差はないといってよい。したがって、R.M.R. の有する実用的価値を減少する理由はないと結論してよい。

ま と め

今回の実験から次の点が考えられる。

- (1) 個人差(体型, 体力, 習熟度)の R.M.R. に及ぼす影響の存在を否定することはできないが、今回の被験者程度の差においては無視してもよいであろう。
- (2) 運動の配列が R.M.R. に及ぼす影響は多少みられるが、考慮する程度のもではないであろう。
- (3) 個人の同一運動における R.M.R. の変動は無視してもよいであろう。
- (4) 実測値と Time-study 値の R.M.R. の間にはほとんど差(3.0%)がないといってよい。

したがって、time-table の正確ということが条件にあるならば、Time-study 方式による R.M.R. の算出は十分実用に値するものであると認めるものである。しかし、筆者らは、正確な time-table 作成の困難さを痛烈に経験していることを明記しておきたい。

今後は time-table 作成技術の研究に意を注ぐ必要があることは当然だが、多くの場面に使用可能な実測装置の開発に、より一層の努力が望まれる。

文献

- 1) 古沢 一夫 (1936) 労働科学研究 13, 711
- 2) 山岡 誠一 (1952) 日本生理学雑誌 14, 327, 14, 395
- 3) 山岡 誠一 (1952) 日本生理学雑誌 14, 533
- 4) 石河 利寛ほか (1956) 体育学研究 2, 130
- 5) 山岡 誠一 (1958) 体育学研究 3の3, 42
- 6) 山岡 誠一ほか (1958) 体育学研究 3の3, 48
- 7) 浅野 辰三 (1958) 体育学研究 3の3, 53
- 8) 佐々木 隆 (1958) 体育学研究 3の3, 56
照屋 常吉
- 9) 高木 公三郎ほか (1958) 体育学研究 3の3, 61
- 10) 渡辺 俊男ほか (1958) 体育学研究 3の3, 76
- 11) 浅野 辰三 (1954) 体育学研究 1の7, 417
- 12) 山岡 誠一ほか (1954) 体育学研究 1の7, 425
- 13) 広田 公一ほか (1961) 体育学研究 6の1, 111
- 14) 沼尻 幸吉 (1966) 労働の強さと適正作業量, 労働科学研究所出版部, 23