

## ソフトボールの投手におけるエネルギー代謝に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-05-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 章, 渡辺, 功 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00008360">https://doi.org/10.14945/00008360</a>

# ソフトボールの投手における エネルギー代謝に関する研究

## A Study on Energy Metabolism of Softball Pitching in Male Subjects

山 本 章・渡 辺 功

Akira YAMAMOTO・Isao WATANABE

(昭和49年10月11日受理)

### 1. 緒 言

エネルギー代謝に関する研究は主として労働科学の一分野として行なわれてきたが、今日では運動あるいはスポーツの科学的分析の方法の一つとして採用され、山岡<sup>1)</sup>、浅野<sup>2)</sup>、高木<sup>3)</sup>らを初め多くの研究者によってスポーツのエネルギー代謝に関する研究が報告されている。その結果、各個人については運動時の酸素摂取量、最大酸素摂取量ならびに最大酸素負債量を知ることにより、その運動の持続時間を推算し、記録の予想を立てることができるようになり、全体としてはある運動を行なうのにどれくらいのエネルギー量が必要であるかということが分かるようになった。しかし、すべての運動について報告されたわけではなく、未だ検討されていなかったり、検討されていても十分でないスポーツ種目もある。ここで取り上げたソフトボールもその中の一つであり、特に最近では普及がめざましく、競技人口も著しく増加している現状であり検討の必要に迫られているといえよう。

そこで今回はソフトボール競技の中で技術面からみて試合にかなりのウエイトを占め、しかもその負担が多いと考えられる投手にスポットをあて、投球時のエネルギー代謝を測定したので、その結果を報告する。

### 2. 対象および方法

#### 1) 被検者

静岡県ソフトボール協会に登録されている現役選手(投手)で、技術的にはAクラスに入ると見られる26才~31才の健康男子6名であり、表1に示したような身体特性の持主であった。

表1 被検者の特性

被検者	年齢	身長 cm	体重 kg	体表面積 m <sup>2</sup>	基礎代謝量 ml	経験年数
A	26	163	63.0	1.693	212	2
B	31	165	63.5	1.715	214	3
C	30	174	73.0	1.885	236	5
D	26	167	57.0	1.652	207	3
E	28	173	64.5	1.786	224	2
F	29	169	71.0	1.826	229	3

## 2) 測定期間および場所

昭和48年5月と9月の2ヶ月間であり、静岡大学の体育館で実施した。

## 3) 実施内容

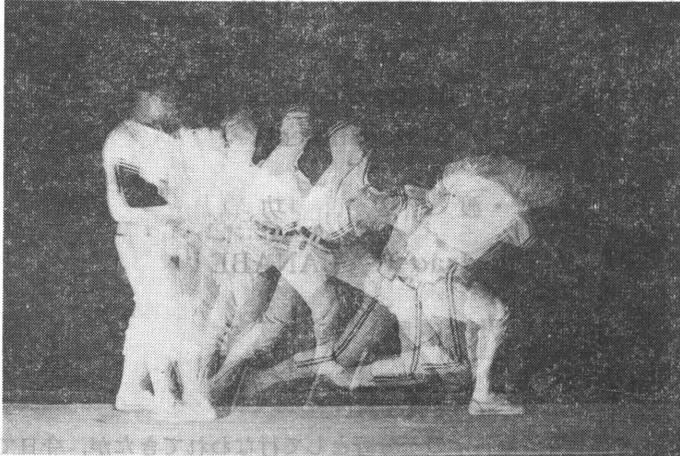


Fig. 1. スリングショット投法

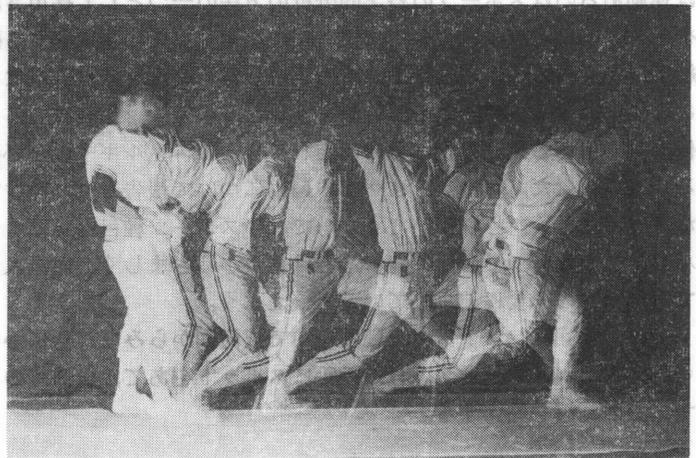


Fig. 2. ウインドミル投法

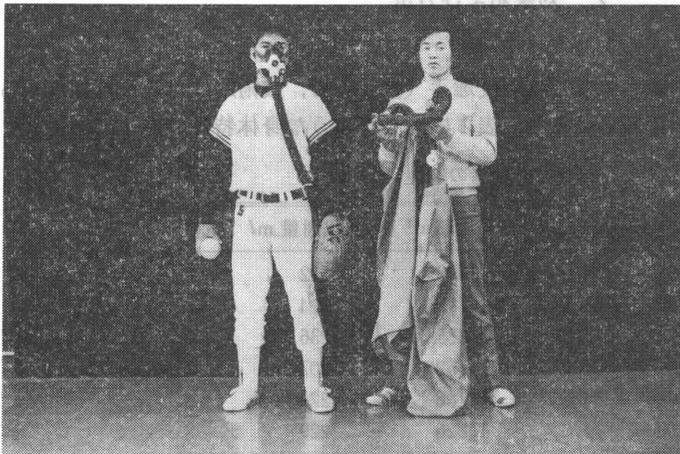


Fig. 3. 採気マスク及び  
ダグラスバッグの装着

① スリングショット投法——従来最も基本的な投法として行なわれてきたもので、いったん腕を身体の後方に大きく引き、その反動を利用して直ちに腕を前方にスイングしてボールを投げる半円弧型の投法である。(Fig. 1)

② ウインドミル投法——1934年の全米選手権で初めて公式に用いられ、ユニークさとボールに変化をつけやすいという特性から打者に対する効果が大きいので、代表的な投法の一つとなり、現在日本でも多くの投手がこの投法を採っており、名のとおり腕を風車のように一回転してボールを投げる円弧型の投法である。(Fig. 2)

①②の各投法ともソフトボールのルールに規定されている 14.02 m (男子) の距離に捕手をつけ、検者の合図にあわせて被検者に投球させた。投球間隔は10秒、投球数は100球であった。

#### 4) 採気過程

図1に示したとおりであるが、被検者に軽いウォーミング・アップをかねて20球～30球の投球練習をさせた後に採気用マスクを装着し、椅坐位で15分間以上安静を保たせ、脈拍数が一定の値を示すようになったのを確かめて、まず、安静時代謝として5分間、呼気ガスを採集した(バッグ No. 1)。次に、運動時代謝として投球時の呼気を採集したが、100球に要する投球時間が17分10秒とかなり長いので、25球投げ終わるごとにダグラス・バッグを交換した。交換のために要した時間は10秒であり、採気時間は最初のバッグが4分10秒(バッグ No. 2)で、残りのバッグは4分20秒であった(バッグ No. 3, 4, 5)。投球終了後は直ちに椅坐位で安静を保たせ、回復時代謝として、2分、3分、5分、5分、5分、5分、5分と計30分間、呼気ガスを採集した(バッグ No. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)。このようにして採集した呼気については直ちに品川製作所製の T-5 号乾式ガスメーターで呼気量を測定し、それと同時に、5%硫酸入りサンプリングチューブに呼気サンプルを採り、これを労研式大型ガス分析器で分析し、酸素量と二酸化炭素量を求めた。

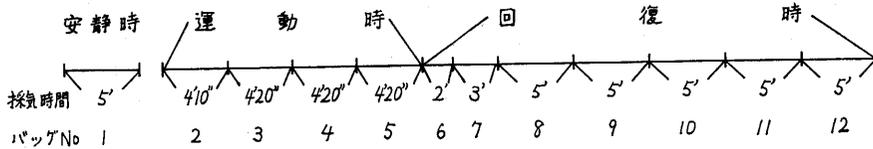


図1 採気過程

なお、基礎代謝量は身長と体重をもとに高比良の式(体表面積(m<sup>2</sup>)=身長(cm)<sup>0.725</sup>×体重(kg)<sup>0.425</sup>×72.46)から体表面積を算出し、昭和44年に栄養審議会から発表された体表面積当たりの基礎代謝表より求めた。

### 3. 結 果

ソフトボールの投手の投球には実施内容の項ですでにふれたように、大きく分けるとスリングショット投法と呼ばれるものとウインドミル投法と呼ばれるものがあるので、今回は各々の投法をマスターした3名ずつの被検者にそれぞれの投法を実施し、そのエネルギー代謝を測定した。測定結果の一覧は表2に示したとおりである。

#### 1) スリングショット投法

表2に示したように、被検者はスリングショット投法をマスターしたA, B, Cの3名であった。

表2 ソフトボール投手のエネルギー代謝一覧表

投 法	被検者	運動時間	O <sub>2</sub> 需 要 量			需 要 熱 量			R. M. R.
			l	l/min	ml/kg/min	Cal	Cal/min	Cal/kg/h	
スリング ショット	A	17'10''	23.03	1.34	21	113.13	6.59	6.28	6.33
	B	17'10''	24.88	1.45	23	120.99	7.05	6.66	6.77
	C	17'10''	22.73	1.32	18	109.99	6.41	5.27	5.61
	平均	17'10''	23.55	1.37	21	114.70	6.68	6.07	6.24
ウインドミル	D	17'10''	25.16	1.47	26	122.37	7.13	7.50	7.08
	E	17'10''	26.67	1.55	24	129.34	7.53	7.01	6.94
	F	17'10''	24.29	1.41	20	118.72	6.92	5.85	6.18
	平均	17'10''	25.37	1.48	23	123.48	7.19	6.79	6.73

## ① 酸素需要量

まず、投球によって安静時のレベルよりも増加した酸素の量、即ち酸素需要量についてみると、表2に示したようにAは23.03 l、Bは24.88 l、Cは22.73 l、平均では23.55 lであった。運動時間（投球時間）を考慮し、単位時間（分）あたりに換算すると、Aは1.34 l/min、Bは1.45 l/min、Cは1.32 l/min、平均では1.37 l/minであった。さらに被検者の体格を考慮し、体重 kg あたりに換算すると、Aは21 ml/kg/min、Bは23 ml/kg/min、Cは18 ml/kg/min、平均では21 ml/kg/minであった。

## ② エネルギー需要量

次に、投球により安静時よりも増加した酸素の量をエネルギー量 (Cal) としてみると、表2に示したようにAは113.13 Cal、Bは120.99 Cal、Cは109.99 Cal、平均では114.70 Calであり、単位時間（分）あたりに換算すると、Aは6.59 Cal/min、Bは7.05 Cal/min、Cは6.41 Cal/min、平均では6.68 Cal/minであった。さらに体重 kg あたりに換算すると、表2・図2に示したようにAは6.28 Cal/kg/h、Bは6.66 Cal/kg/h、Cは5.27 Cal/kg/h、

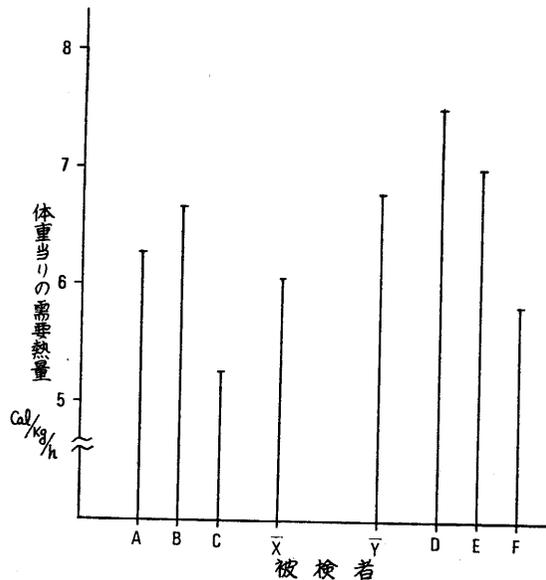


図2 ソフトボール投手の投球時のエネルギー需要量

平均では 6.07 Cal/kg/h であった。

### ③ R. M. R. (Relative Metabolic Rate)

最後に、古沢により昭和11年に提案され、今日では運動強度を表わす指数として広く一般的に用いられており、労働代謝量が基礎代謝量の何倍に当たるかを示す R. M. R. をみると、表 2・図 3 に示したように A は 6.33, B は 6.77, C は 5.61, 平均では 6.24 であった。

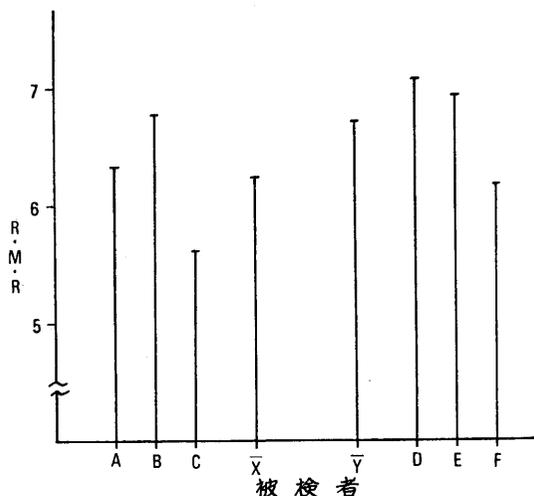


図3 ソフトボール投手の投球時の R. M. R.

## 2) ウインドミル投法

表 2 に示したように、被検者はウインドミル投法をマスターした D, E, F の 3 名であった。

### ① 酸素需要量

表 2 に示したように D は 25.16 l, E は 26.67 l, F は 24.29 l, 平均では 25.37 l であり、単位時間(分)あたりに換算すると、D は 1.47 l/min, E は 1.55 l/min, F は 1.41 l/min, 平均では 1.48 l/min であった。さらに体重 kg あたりに換算すると、D は 26 ml/kg/min, E は 24 ml/kg/min, F は 20 ml/kg/min, 平均では 23 ml/kg/min であった。

### ② エネルギー需要量

表 2 に示したように D は 122.37 Cal, E は 129.34 Cal, F は 118.72 Cal, 平均では 123.48 Cal であり、単位時間(分)あたりに換算すると、D は 7.13 Cal/min, E は 7.53 Cal/min, F は 6.92 Cal/min, 平均では 7.19 Cal/min であった。さらに体重 kg あたりに換算すると、表 2・図 2 に示したように D は 7.50 Cal/kg/h, E は 7.01 Cal/kg/h, F は 5.85 Cal/kg/h であり、平均では 6.79 Cal/kg/h であった。

### ③ R. M. R.

表 2・図 3 に示したように D は 7.08, E は 6.94, F は 6.18 であり、平均では 6.73 であった。

## 4. 考 察

ソフトボールのエネルギー代謝に関する研究は山岡ら (1956)<sup>4)</sup> により中学生の一連のスポーツ運動時のエネルギー代謝の項目の一つとして報告されているが、高度な技術をマスターしたソフトボールの投手について投球時のエネルギー代謝を調べた報告は未だ見当たらず、投球

のために必要なエネルギー量や投球の運動強度等については未だ十分な検討がなされていない。そこで今回はソフトボールの投手の代表的な投法であるスリングショット投法とウインドミル投法を取り上げ、それぞれの投法をマスターした投手について投球時のエネルギー代謝を測定し、そのエネルギー量や運動強度を調べた。

まず、酸素需要量についてみると、これはすでに述べたように、投球をすることによりどれだけ安静時よりも多くの酸素を必要としたかを示したものである。単位時間(分)当たりにしたのは同じ投球を行なっても投球時間が長くなれば酸素需要量も多くなるからであり、さらに体重 kg 当たりにしたのは同じ投球を行なっても体格の大きな者は小さな者よりも多くの酸素を必要とするからである。体重 kg 当たりの酸素需要量については D. B. Dillら (1930)<sup>9)</sup>が同じ動作をしたときの鍛練の度合を知る指数・スキルインデックスとして報告しており、W. P. McCerら (1960)<sup>6)</sup>の報告もある。

次に、エネルギー需要量(需要熱量)についてみると、これは酸素需要量とはほぼ同じ意味を持っているのだが、1 l の酸素を消費すると何 Cal のエネルギーを消費したことになるのかを二酸化炭素との関係、即ち R. Q. をもとにして求め、投球をすることによりどれだけ安静時よりも多くのエネルギー量を必要としたかを示したものである。単位時間当たり、体重 kg 当たりには換算したのは酸素需要量の場合と全く同じ理由からである。沼尻 (1970)<sup>7)</sup>はその著書「労働の強さと適正作業量」の中で「近時欧米ではエネルギー代謝の大小を体重当りの Cal で示す方法がとられ、日本でもその傾向に向いつつある…」と述べており、今日エネルギー代謝の大小は体重当りの Cal で示されている。しかし、沼尻は同じ本の中で「同一人であれば作業の強度がエネルギーの大小で表現できるとしても、人を異にした場合のエネルギー代謝の恒常性については問題があり、今後の研究に待たれる。」とも述べており、運動強度を示す場合には R. M. R. で示すのが我国では広く一般的である。

そこで最後に R. M. R. についてみると、古沢 (1949)<sup>8)</sup>が筋運動時の酸素需要量は基礎代謝量に比例し、酸素需要量を基礎代謝量で割ると個人差がなくなると報告したように、運動内容が一定であれば、体格が大きくても小さくても R. M. R. はほぼ同じ値を示すので、運動強度を表わす場合に広く用いられている。(しかし、同じ運動であっても、行なう動作や条件、あるいは習熟度などが異なればその R. M. R. も異なるので、どんな運動でも R. M. R. で示せば一定の値になるというわけではない。この点について、山岡 (1952)<sup>12), 9)</sup>は身体重心の水平移行の動作では体重当たりの需要エネルギーよりも R. M. R. の方が個人差が少なく、上下移行の動作では体重当たりの需要エネルギーの方が R. M. R. よりも個人差が少ない。従って運動の形式により、R. M. R.、体重当たりの需要エネルギーなどの指標を吟味して用いる必要がある、と報告している。

以上の点を考慮し、今回の結果をみると、エネルギー需要量 (Cal/min)、体重当たりのエネルギー需要量 (Cal/kg/h)、そして R. M. R. の中で最も個人差が少なかったのはスリングショット投法においてもウインドミル投法においてもエネルギー需要量 (Cal/min) であり、R. M. R.、体重当たりのエネルギー需要量 (Cal/kg/h) がこれに続いた。従ってソフトボールの投手の投球についてだけいえば、運動強度はエネルギー需要量 (Cal/min) で示すのが最適であろう。この結果は山岡 (1952)<sup>10)</sup>がスポーツ時のエネルギー需要量の個人差をなくす指標としてあげた「エネルギー需要量そのままの値」に相当し、ソフトボールの投手の投球動作は運動の形式でいうと野球の投手の動作とほぼ同じで「外的に同一の荷重を与える様な運動」であると考えられる。しかし、エネルギー需要量で運動強度を表わしたとしても個人差がまっ

たかくなるわけではなく、今回の結果についてみても、R. M. R. や体重当たりのエネルギー需要量よりは少ないが、エネルギー需要量にも個人差が認められた。例えば、スリングショット投法での被検者Cやウインドミル投法でのFは体格的にはむしろ他の被検者よりも大きいにもかかわらず、エネルギー需要量は低い値であった。この理由は今回のデータ者だけからでは明らかにすることはできないが、C、Fともソフトボール投手としての経験が豊富であり、円熟味を増していることから、習熟度が他の被検者より高く、より少ないエネルギー量で、より有効な投球を行なったのではないかと推察される。次に、体重当たりのエネルギー需要量ならびにR. M. R. からソフトボール投手の投球の運動強度をみると、硬式テニスの基本動作の一つである80 m/min 歩行<sup>2)</sup>、ダンスの基礎運動の一つであるテンポ80でのその場体波動<sup>11)</sup>、バスケットボールの基本動作の一つである2~3 m/秒走<sup>12)</sup>にほぼ相当した。R. M. R. 6~7は1969年の栄養審議会の区分(表3)では重い労作であり、白井(1956)<sup>13)</sup>の報告によれば、比較的長時間にわたって持続しうる作業の限界値に近い。

以上のことから、高度の技術をマスターしたソフトボールの投手の投球時のエネルギー量は約7 Cal/minで、R. M. R. では6~7前後であり、かなり強い運動であることがわかった。

表3 栄養審議会の労作区分  
(1969)

強 度	R. M. R.
軽 い 労 作	0.0~0.9
普 通 の 労 作	1.0~1.9
やや重い労作	2.0~3.9
重 い 労 作	4.0~6.9

## 5. 要 約

本研究は高度な技術をマスターしたソフトボールの投手の投球に必要なエネルギー量とその運動強度を調べたものである。

被検者は静岡県ソフトボール協会に登録された26才~31才の男子6名であった。

実施内容はスリングショット投法とウインドミル投法であり、10秒に1回の間隔で、100球投げさせ、投球時のエネルギー代謝を測定した。呼気ガスの採集はダグラス・バッグ法により、分析には労研式大型ガス分析器を用いた。

測定結果は以下の通りである。

1. スリングショット投法のエネルギー需要量は6.41~7.05 Cal/minで平均6.68 Cal/minであり、体重当たりのエネルギー需要量は5.27~6.66 Cal/kg/hで平均6.07 Cal/kg/hであり、R. M. R. は5.61~6.77で平均6.24であった。

2. ウインドミル投法のエネルギー需要量は6.92~7.53 Cal/minで平均7.19 Cal/minであり、体重当たりのエネルギー需要量は5.85~7.50 Cal/kg/hで平均6.79 Cal/kg/hであり、R. M. R. は6.18~7.08で平均6.73であった。

3. ソフトボールの投手の投球時のエネルギー代謝の中で最も個人差が少ないのはエネルギー需要量そのもの(Cal/min)であり、R. M. R.、体重当たりのエネルギー需要量(Cal/kg/h)がこれに続いた。

以上の結果から、ソフトボールの投手の投球動作は運動の形式としては「外的に同一の荷重

を与える様な運動」であり、エネルギー需要量は約7 Cal/minであり、運動強度としてはR. M. R. が6~7とかなり強い運動であることがわかった。

#### 謝 辞

稿を終わるに当たり、被検者としてご協力願った静岡県ソフトボール協会の投手の皆様と、測定ならびにデータ整理にご尽力いただいた中山友男氏、それに終始ご懇切な助言をたまわった伊藤二郎教授に深謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 山岡誠一 (1952) 体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究, I. 全身運動時のエネルギー需要量の個人差. 日本生理学雑誌, 14, 327~334.
- 2) 浅野辰三 (1956) 庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究 (第1報) 庭球試合におけるエネルギー需要量——男子の部. 体育学研究, 2(3), 122~125.
- 3) 高木公三郎, 木内一生, 伊藤稔, 吉岡文雄 (1958) バドミントンにおける女子学生のエネルギー代謝について. 体育学研究, 3(3), 61~69.
- 4) 山岡誠一, 嶋本達夫, 蒲田邦男 (1956) 中学生の遊びのエネルギー代謝 (スポーツのエネルギー代謝に関する研究第7報). 体育学研究, 2(3), 117~121.
- 5) Dill, D. B., Talbott, J. H. and Edward, H. T. (1930) Response of several individuals to a fixed task. *J. Physiol.*, 69, 267~305.
- 6) McCer, W. P. & Bolinger, R. E. (1960) Caloric expenditure of normal and obese subject during standing work test. *J. Appl. Physiol.*, 15, 197~200.
- 7) 沼尻幸吉 (1970) 「エネルギー代謝に関しての補遺」, 労働の強さと適正作業量, 労働科学研究所, pp. 276~280.
- 8) Furusawa, K. (1949) Relative metabolic rate of work, I. Its definition and introductory remark. *Hyogo J. Med. Science*, 1, 21~30.
- 9) 山岡誠一 (1952) 体育運動のエネルギー代謝に関する研究, 11. 局部運動および静的運動時のエネルギー需要量の個人差とその強度指標. 日本生理学雑誌, 14, 395~400.
- 10) 山岡誠一 (1952) スポーツのエネルギー代謝について, 京都学芸大学学報, B No. 2, 74~80.
- 11) 浅野辰三, 三室清子 (1959) ダンスのエネルギー代謝に関する研究 (第2報) ダンスの基礎運動におけるエネルギー代謝について. 体育学研究, 4(1), 117.
- 12) 広田公一, 和泉貞男, 伊藤良子, 浅見俊男, 山本隆久, 田中純二, 豊田博, 吉井四郎, 広沢昭男 (1961) バスケット・ボール・ゲームのエネルギー代謝に関する研究. 体育学研究, 6(1), 111.
- 13) 白井伊三郎 (1956) 体力保持増強の側からみた運動質量の怒限界について. 体力科学, 5, 219~225
- 14) 山本章, 伊藤二郎 (1972) 合気道のエネルギー代謝に関する研究. 静岡大学教育学部研究報告 (自然科学篇). 第23号, 99~108.