

4-3. 少年期の柔道が身体に及ぼす影響に関する研究

第二報 少年柔道における呼吸循環機能と練習強度について

東京学芸大学	貝 瀬 輝 夫
"	渡 辺 雅 之
"	小 野 三 嗣
上石神井中学校	浅 野 哲 男
多摩高校	久 永 哲 男
小平西高校	長 津 平 二
東京慈恵会医科大学	小野寺 昇
講道館	菅 原 正 明

I 緒 言

著者らは少年柔道鍛練者の体力的特徴について第1報に述べた。すなわち、小学校5, 6年から中学1, 2年へ学年が上がるにつれて長育, 量育とも柔道をやっている子どもの方がサッカーや野球を行っている子ども達よりもすぐれること, 体格が大きいがゆえに筋力や肺活量も他よりすぐれるが敏捷性という面でも従来指摘されてきた, いわゆる柔道選手の鈍さが否定され, 他の群よりやすぐれることなどであった。しかし, 循環系の能力については著しく劣る傾向も認められた。

これらのことから, 柔道という運動刺激によって高められる要因もあるが, 逆に低下する要因も考えなければならないことが示唆された。

柔道練習における生体の関与は有酸素的な面と無酸素的な面との割合によって決定される。有酸素的な能力をみるために最大酸素摂取量がよく用いられるが, 少年期の柔道練習によって子ども達の有酸素的作業能力はどのような影響をうけているのであろうか。体重があるため, しかも体脂肪の割合も多いので持久性という意味で柔道鍛練者は劣っているのであろうか。

今回, 柔道鍛練者の最大酸素摂取量を測定し, 呼吸循環能について検討するとともに, 日頃一般的に行われている柔道の練習方法の運動強度について知見を得ようとした。

II 実験方法

被験者は小学5, 6年生及び中学1年生が各5名, 中学2年生6名の計21名であった。被験者としての基準は, 小学生では柔道経験が3年以上で少なくとも週4日以上練習し, よく鍛練されていること, 中学生では, 東京都の大会で上位に入る実力を有し, よく練習する者, であった。結果として, 中学2年生の被験者のうち3名は全国大会優勝チームのレギュラーであった。

まず被験者の形態計測を第1報と同様の方法と項目について行った。すなわち, 身長, 体重, 座高, 頸囲, 胸囲, 腹囲, 腰囲, 手頸囲, 前腕囲, 上腕囲(伸展, 屈曲), 足頸囲, 下腿囲, 大腿囲の13項目である。

最大酸素摂取量と心拍数の関係式を得るために, 自転車エルゴメーターを用いて最大作業を行わ

表1 被験者の形態計測結果の比較

	身長 cm	体重 kg	体高 cm	頸高 cm	胸囲 cm	腹囲 cm	腰囲 cm	前腕囲		上腕			手腕囲		大腕囲		下腕囲		足頸囲			
								(右) cm	(左) cm	(右伸) cm	(左伸) cm	(右) cm	(左) cm	(右) cm	(左) cm	(右) cm	(左) cm	(右) cm	(左) cm			
小学5年生	\bar{X}	44.9	79.9	30.6	76.0	69.0	73.4	22.1	22.0	23.2	25.0	23.1	24.7	15.0	15.0	47.0	46.9	31.6	31.9	20.6	20.6	
	SD	3.76	6.80	2.66	1.92	5.60	5.50	7.40	0.93	1.22	1.90	1.72	2.30	0.84	0.84	4.92	4.48	2.02	1.74	1.81	1.67	
第1報の成績	\bar{X}	145.2	40.0	77.9	30.1	71.1	62.5	65.4	21.4	21.4	21.8	23.7	21.5	23.2	14.6	14.7	44.5	43.6	30.7	30.8	19.9	19.7
	SD	4.98	8.55	2.58	1.92	7.36	8.19	7.86	1.56	1.69	2.34	2.51	1.96	2.17	0.75	0.76	4.36	4.02	2.83	2.93	1.65	1.65
全国平均	\bar{X}	137.4	32.0	74.3	27.6	66.4	57.0	66.1	19.1	18.2	19.7					37.6				26.5		
	SD	5.84	5.42	3.18	1.30	5.06	3.96	4.06	1.18	1.36	1.59					2.08				1.75		
小学6年生	\bar{X}	155.1	61.9	82.3	35.1	88.7	83.9	87.1	25.5	25.2	27.6	29.1	27.5	29.3	16.4	16.4	55.7	55.8	37.1	37.1	22.7	22.9
	SD	4.04	15.60	2.73	2.74	11.00	12.76	13.20	2.23	2.20	3.63	3.86	3.85	3.69	0.97	0.91	6.98	7.06	4.55	4.50	1.91	1.81
第1報の成績	\bar{X}	152.8	47.3	81.5	31.4	76.5	66.2	66.3	23.5	22.9	23.7	25.1	23.1	24.8	15.8	15.8	47.3	46.2	31.6	32.1	21.1	20.9
	SD	10.35	12.23	6.21	2.32	7.62	7.29	7.57	2.36	2.66	3.12	2.67	2.91	2.95	1.29	1.30	6.20	5.92	4.89	2.90	2.10	1.79
全国平均	\bar{X}	142.7	35.5	76.7	27.7	68.9	58.7	68.4	19.5	18.4	19.9					42.4				27.2		
	SD	6.47	6.54	3.46	1.28	5.67	4.26	4.14	1.28	1.54	1.60					4.31				2.06		
中学1年生	\bar{X}	163.7	70.2	87.7	36.5	92.1	82.6	86.7	27.0	26.8	29.7	31.6	29.6	31.9	17.9	17.6	56.5	55.9	39.2	39.1	23.6	23.7
	SD	3.18	9.52	2.30	0.80	8.09	7.16	7.03	1.32	1.18	2.82	3.00	2.82	3.72	0.62	0.30	6.90	5.57	3.80	2.74	1.71	1.80
第1報の成績	\bar{X}	163.5	58.9	87.2	34.9	84.1	72.2	73.8	24.9	24.9	25.7	28.9	25.9	28.2	16.2	16.2	50.7	50.2	36.2	34.8	22.3	22.0
	SD	7.61	10.05	3.95	1.68	6.56	8.41	7.82	1.62	1.87	2.94	2.57	2.69	2.34	0.82	0.79	4.08	3.50	4.34	2.39	1.08	1.19
全国平均	\bar{X}	150.7	41.3	79.6	29.1	72.5	60.1	70.8	20.4	19.8	21.3					42.2				28.6		
	SD	7.97	7.95	4.78	1.48	6.35	4.06	4.02	1.25	1.39	1.62					4.38				2.15		
中学2年生	\bar{X}	171.2	67.5	91.6	37.1	92.7	75.4	78.2	26.7	26.1	28.7	31.4	28.4	30.9	17.0	16.8	54.7	54.6	36.8	36.7	22.8	22.8
	SD	6.95	9.91	3.44	1.63	2.74	6.60	7.66	1.14	1.23	2.39	1.86	2.28	2.11	0.42	0.48	3.49	3.44	2.82	2.72	0.80	0.93
第1報の成績	\bar{X}	167.2	67.0	90.3	35.9	89.0	76.7	79.6	26.5	26.1	28.4	31.2	27.9	30.1	16.7	16.9	55.5	54.9	37.5	37.3	22.7	22.5
	SD	5.26	12.53	2.79	2.28	6.61	8.98	9.80	1.90	1.78	3.35	3.13	3.26	3.28	1.31	1.10	5.78	5.51	3.78	3.16	1.73	1.27
全国平均	\bar{X}	157.8	47.0	83.1	30.9	76.0	62.7	76.4	21.6	21.0	22.9					43.7				29.9		
	SD	7.66	8.16	5.23	2.15	5.82	4.59	5.55	1.66	2.02	2.22					4.62				2.36		

せた。負荷方法は、小学生の場合1.0kp でスタートして2分毎に0.5kp 増加し、6分経過した後1分毎に0.5kp 漸増して exhaustion に到らせた。中学生の場合、2.0kp よりスタートした点以外、小学生と同様であった。常法通りダグラスバッグ法により呼吸を採取し、 O_2 、 CO_2 濃度は三栄測器製瞬時ガス分析装置によって求めた。胸部誘導より得られた心電図より R-R 間隔から心拍数を求め、ガスマスク内に取り付けられたサーミスターより得られた呼吸曲線から呼吸数を求めた。

日頃行っている練習として次のような内容のものをモデルとした。受身は4秒に1回のテンポで立位から後方を2分、横と前回りをそれぞれ1分ずつ行った。打ち込みは大腰、体落、背負投、大外刈の各技を4秒に1回のテンポで1分間ずつ行わせした後、更に各技について30秒間ずつできる限りの速さで正確に行わせ、同時に施技回数も記録した。乱取りでは、立技を3分2本、寝技2分を2本行い、掛り稽古では1分を2本行った。

柔道練習中の心拍数の記録には、日本光電製ライフスコープ8を用い、無線搬送した。こうして得られた心拍数を自転車エルゴメーターによる最大作業時の酸素摂取量一心拍数関係式に挿入して、柔道練習の運動強度を $\% \dot{V}O_2 \max^1)$ で表わした。

III 結果と考察

本研究の被験者の形態計測結果を表1に示した。各学年毎に本研究の被験者、第1報の被験者、そして全国平均の順で比較した。表からも明らかなように、本研究の被験者は全国平均とはもちろんのこと、第1報の被験者よりも全ての測定項目において優位的であった。このような大体格の少年柔道鍛練者は第1報で指摘したように、練習量や技能などからみて選出されたのであって、いわゆる「柔よく剛を制す」とは言えない傾向にあることは否定できないようである。

表2には最大作業時の呼吸循環系の生体応答について各学年別に比較してみた。最大酸素摂取量は体重1kg 当りで見ると小学5年生が46.3ml/kg/分、6年37.5、中学1年生49.3、2年50.8となり、小学生全体では中学生の方が大きな値であった。最大換気量 $\dot{V}E \max$ や酸素脈 $O_2 \text{ pulse}$ 、 $O_2 \text{ removal}$ では中学年の方が小学生よりはるかに優位であるから、1分間当りの最大酸素摂取量も中学生の方が大きい。しかし、小学生の平均体重53.4kg に対し、中学生68.9kg となっており、

表2 最大作業時の呼吸循環系の生体応答

		$\dot{V}O_2 \max$		HR max 拍/分	$\dot{V}E \max$ ℓ/分	FR max 回/分	O_2 removal ml/ℓ	O_2 pulse ml/拍	Tidal Volume ℓ/回	Time to exhaustion 分' 秒"	Work load kpm
		ml/分	ml/kg/分								
小学5年生	\bar{X}	2053.8	46.3	196.4	66.6	63.0	30.8	10.4	1.16	11' 02' 51	7326.8
	SD	205.70	4.56	8.01	5.07	5.80	1.49	0.83	0.103	30' 26	228.79
小学6年生	\bar{X}	2207.1	37.5	199.2	69.5	64.4	31.9	11.1	1.09	12' 15' 30	8284.8
	SD	156.51	7.89	6.05	6.44	8.52	2.49	1.08	0.102	1' 42' 49	1151.28
中学1年生	\bar{X}	3430.2	49.3	191.6	90.0	63.0	38.2	17.9	1.43	14' 54' 72	18636.6
	SD	297.82	6.51	7.70	9.04	4.00	2.13	1.98	0.141	37' 80	1176.84
中学2年生	\bar{X}	3390.2	50.8	188.8	95.9	69.0	35.5	18.1	1.40	14' 28' 80	17385.0
	SD	376.91	5.60	10.25	12.53	7.59	2.45	2.82	0.203	1' 00' 48	1910.27

この差のため体重当りでそれほど小、中学生間でひらきがなくなったのであろう。

この値を石河⁶⁾の成績と比較すると、小学生が約40.2ml/kg/分、中学生が42.6で本研究の中学生の値はかなり大きいものと言える。また、生山ら⁵⁾の成績によると中学生で53.5ml/kg/分を得ており、これよりは本研究のそれは低い。石河の被験者は身長及び体重が全国平均値に近似する者であり、生山らのはバスケット部、体操部に所属する者である点が異なり、これらの差違があらわれたものと言えよう。用いられた負荷法はいずれも自転車エルゴメーターによるものであった。

小学生の時期では、それほど柔道の練習といっても呼吸循環系に対する負担が少ないように考えられるために最大酸素摂取量に差が出なかったと考えられる。

図1に最大作業時の生体反応の一例を示した。中学生とはいえ6.5kpで2分間の最大作業を遂行し得た割合に心拍数は約180拍/分と高くなっていない。呼吸数の増加傾向はほぼ妥当と思われる。

この心拍数と酸素摂取量との間には直線的な関係が認められ、図2にそれを示したが、これに柔道練習中の心拍数を外挿して相対的な練習強度を求めた。

柔道練習中の心拍応答については小学生を図3に、中学生を図4に平均値で学年別に比較してみた。

小学生では5、6年生の間に全く差が見出せなかった。受身では170~180拍/分、打込の前半が受身と同様で後半から立技の乱取まで190拍/分前後まで上昇し、寝技の乱取に入ってから大きく低下し、最後の掛り稽古では200拍/分にも達した。

これらの値は江崎²⁾が報告しているものより、概ね10拍程高くなっている。江崎らの場合、この小学生は全国レベルにあるので練習も相当激しいと思われるが、本研究の小学生の方が心拍数が高くなった理由は見出しにくい。

中学生となると、1、2年生の間で若干異な

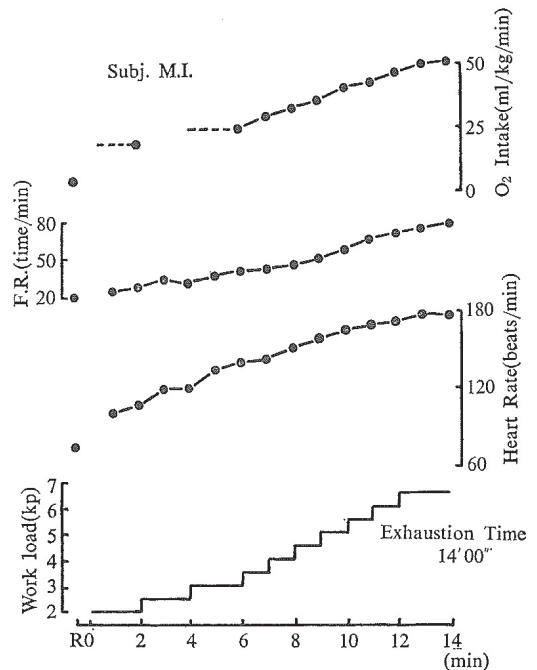


図1 最大作業時の生体応答

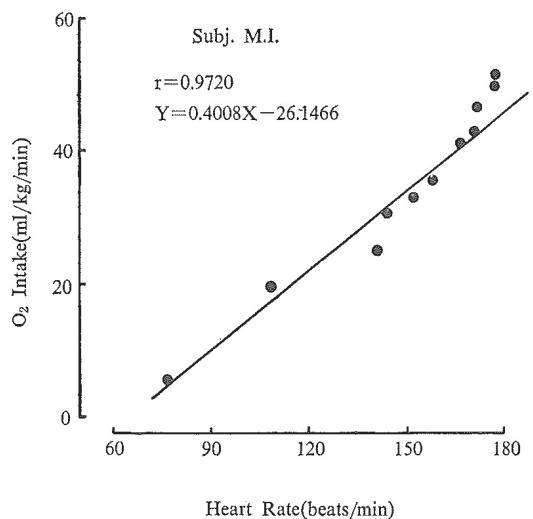


図2 心拍数-酸素摂取量関係

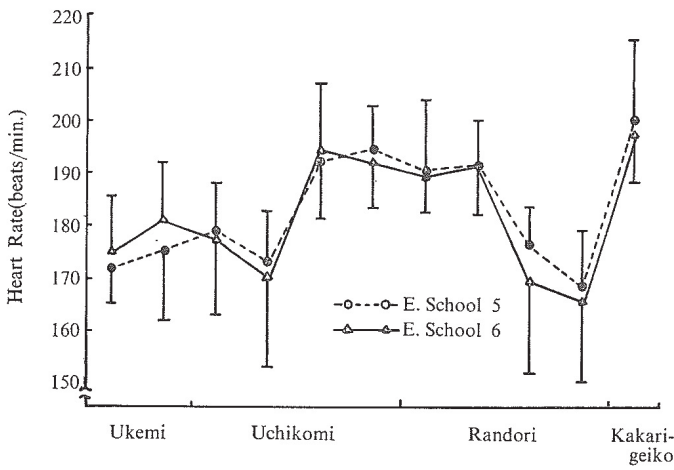


図3 柔道練習中の心拍数応答(小学生)

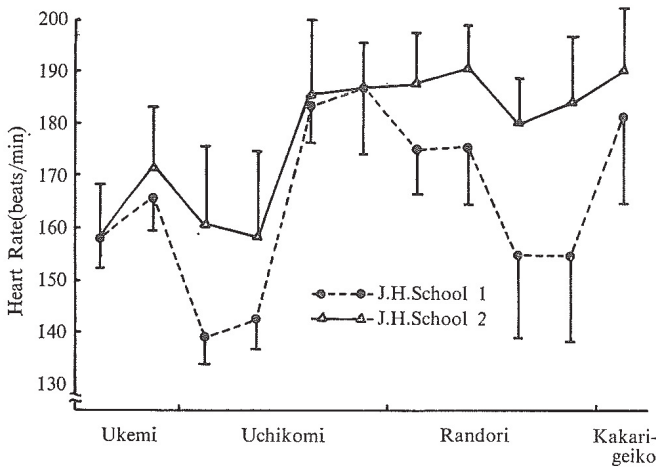


図4 柔道練習中の心拍数応答(中学生)

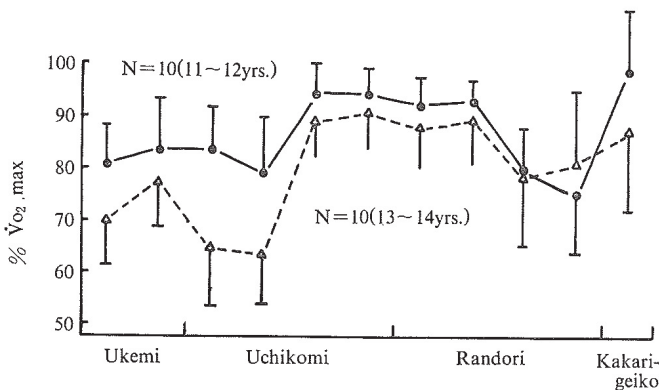


図5 柔道練習の相対的運動強度の小、中学生での比較

ってくる。受身では両学年に大差は無いが打込の前半では1年生は急速に低下して140拍/分程度となった。打込の後半では一致してくる。しかし乱取に入るとまたもや1年生は低下しはじめた。立技で170~180拍/分、寝技で150~160拍/分となり、2年生の190拍/分前後と比較するとはなはだ大きな差である。掛り稽古でも中1は中2に及ばない。同時に同一内容の練習であるにもかかわらず両学年間でこれほどの差が生じた理由は不明である。

柔道練習の相対的な強度について、小、中学生の比較を図5にあらわした。どの練習項目をとっていても中学生より小学生の方が高い強度となっていることがわかる。特に受身や打込の前半(各技を4秒に1回のテンポで行わせた)で小学生は最大酸素摂取量の80%に相当する強度(80% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ とする)と高いにもかかわらず、中学生では60~70%の範囲であった。こうした大きな差が生じたのはおそらく習熟度の違いと考えてよさそうである。久永ら³⁾も中学1~3年生にほぼ同様な練習内容を負荷し低学年の方が高い強度となったことを報告している。本研究の場合、小学生の練習では、リラクゼーションがうまく行われているとは言えず、ただしゃにむに柔道を行っていると考えられる。そして、やが

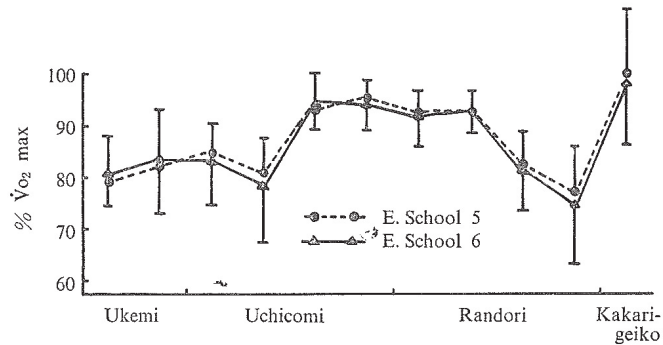


図6 柔道練習の相対的運動強度(小学生)

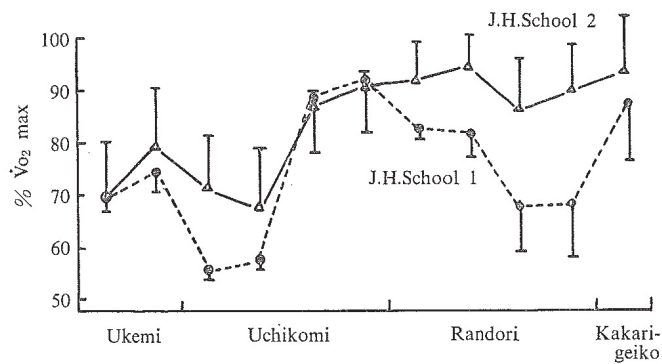


図7 柔道練習の相対的運動強度(中学生)

て学年も進んでくるとだんだん無駄な動作が少なくなり、うまくなっていくのであろう。さらに久永ら⁴⁾の高校生及び大学生における練習強度でも同様の結果となっていた。

打込の後半(各技をできるだけ速く、正確に行う)や乱取(立技)では、小中学生とも90% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 前後に達しており、相当激しいものであることがわかった。ところが、寝技の乱取に入るとたん小中学生とも大きく低下してしまった。柔道経験者によれば、寝技はかなり苦しい練習であるはずであるという。この低下した理由の一つに心拍数の無線発信機による練習のさまたげがあるように感じる。体に装置を固定したが、被験者としてはじゃまになっていた可能性が考えられる。

最後の練習である掛り稽古では小学生がほぼ100% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ に近いが、中学生では90% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ にも達していない。この差違として小学生は夢中になってただ多く技をかけて最後の練習を行ったのに対し、中学生はより試合に近い練習であるため、相手の出方をうかがいながら技をかけたり、呼吸を保ったりしていると考えた。

小学5, 6年生の間の差違を図6に示したが、心拍応答からみても(図3)非常に似かよっている結果は当然と言える。

図7には、中学生の被験者間における差違を示した。小学5, 6年生の場合と異なり、かなり大きな差が生じた項目がみられる。打込の前半にしても乱取にしても中学1年生の方が相当低いので小中学生間の差違を習熟度で説明したが、ここではそのような解釈は成立しない。とすればその原因はどこにあるのであろうか。この原因として中1, 中2の被験者構成を考えてみた。中1の被験

者は東京都のトップにある中学校の5名が選出されたのであるが、中2の場合東京都の大会で決勝を争う中学校同士から3名ずつ選出されていたのである。したがって、中1の場合にはどちらかといえばマンネリ化した、緊張度の足りない練習になっていたと思われ、一方中2では相当対抗意識を燃やしていたために、白熱した練習になっていたと思われるのである。

IV 摘要

少年柔道鍛練者の呼吸循環能について着目し、発育期の柔道の影響をみようとした。また、日頃行っている練習の強度を最大酸素摂取量に対する相対的な強度であらわした。得られた結果は以下の如くである。

- 1) 本研究の被験者となった小、中学生の柔道鍛練者は、きわめて大体格の者であることがわかった。
- 2) 小学生の最大酸素摂取量は一般のそれと大差ない値であった。
- 3) 中学生の最大酸素摂取量は比較的大きいものであった。
- 4) 小学生の練習強度は中学生に比較して高いが、それは心拍出量が増大する形よりも、精神的興奮の方が多いように思われた。
- 5) 中学生の練習強度は小学生より低く、習熟度が高いための結果であった。

参考文献

- 1) Åstrand, P. O. and K. Rodahl; Textbook of work physiology. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 1964
- 2) 江崎利昭：「小学生の柔道練習後の疲労について」柔道52-4：53-65. 1981
- 3) 久永哲雄，他：「中学生柔道における練習中の呼吸循環機能について」第28回日本体育学会大会号 248. 1977
- 4) 久永哲雄，他：「高校生・大学生の柔道鍛練者における呼吸循環機能及び練習強度について」武道学研究 11-2, 1978
- 5) 生山 匡，他：「最大酸素摂取量からみたステップテスト負荷運動時間の検討（若年齢を対象として）」体力研究 23：34-46. 1972
- 6) 石河利寛：「自転車エルゴメータによる Ergometry に関する研究」昭和43年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 1~6. 1968