トレーニング作業姿勢が有酸素的作業 能力に及ぼす影響

湯 浅 景 元 (中京大学体育学部)
福 永 哲 夫 (東京大学教養学部)
朝 比 奈 一 男 (中京大学体育学部)
角 田 直 也 (国土館大学体育学部)
平 田 敏 彦 (岡山県立短期大学体育科)
藤 松 博 (中京大学体育学部)
(昭和55年10月6日 受付)

Comparison of the Effect of Training in Different Postural Positions on Aerobic Work Capacity

Kagemoto Yuasa¹
Tetsuo Fukunaga²
Kazuo Asahina¹
Naoya Tsunoda³
Toshihiko Hirata⁴
Hiroshi Fujimatsu¹

Abstract

The purpose of this study was to determine the comparative effects of training in different postural positions on cardiorespiratory responses during exercise. The following three postural positions were taken for pedaling exercise in this study: the sitting (S), the horizontal supine (H) and the supine with legs elevated to 45° (E). Ten healthy males, aged 19-33 years, were assigned to one of the two training groups. One training group (S-training group) participated in the bicycle ergometer exercise in the S-position, and the other group (E-training group) in the E-position. Both groups trained three days in a week for 10 minutes during 20 weeks. The training intensities were corresponded to 80% of their maximal oxygen uptake obtained in the maximal test in the same postural position as in the training exercise. All groups performed submaximal and maximal tests on a bicycle ergometer in the three different positions before and

1 Chukyo University, Faculty of Physical Education, Tokodate, Kaizu, Toyota, Aichi (470-03)
2 University of Tokyo, College of General Education, Komaba, Meguro, Tokyo (153)
3 Kokushikan University, Faculty of Physical Education, Setagaya, Tokyo (154)
4 Okayama Prefectural Junior University, Ishima, Okayama, Okayama (700)

after training.

The absolute intensities of training for the S- and E-training groups were about 972 and 666 kpm/min, respectively. This difference was statistically significant.

The S-training group showed that submaximal oxygen uptake and heart rate decreased significantly at a higher work load in the S-test after training. In the E-training group, no significant differences in oxygen uptake and heart rate were noted between before and after training for either submaximal work load.

Maximal oxygen uptake and total work up to exhaustion for the S-training group were markedly improved only in the S-test after training. For the E-training group, however, significant increases of maximal oxygen uptake and total work were found in the S- and E-tests.

(Kagemoto Yuasa, Tetsuo Fukunaga, Kazuo Asahina, Naoya Tsunoda, Toshihiko Hirata, and Hiroshi Fujimatsu, "Comparison of the effect of training in different postural positions on aerobic work capacity", *Jap. J. Phys. Educ.*, 26-3 : 227-36, December, 1981)

緒 言

重力の影響下に存在する限り、姿勢変化は生体のhemodynamic responseに影響を及ぼす。たとえば、ある身体部位を挙上した姿勢をとるとその部位への血流量は減少する^{1), 6), 17), 18)}。また、水平仰臥位姿勢では座位姿勢のときよりも心臓への静脈還流は増加し²⁰⁾、その結果として一回拍出量は増大する²⁾。このような現象は安静時ばかりではなく作業中についてもみられることが報告されている⁵⁾。血流量²³⁾や一回拍出量^{8), 24)}は有酸素的作業能力を決定する重要な因子である。従来から有酸素的作業能力に及ぼす作業姿勢の影響をみた研究は多く報告されている。たとえば、自転車エルゴメーター脚作業を水平仰臥位姿勢や下肢挙上仰臥位姿勢で行なったときの最大酸素摂取量は、それぞれ座位姿勢のときの80—90%^{3), 9), 25), 26)}と70—80%²⁶⁾に相当することが明らかにされている。また、同一作業強度における一回拍出量は座位姿勢よりも仰臥位姿勢の方が大きいことが報告されている⁴⁾。しかし、有酸素的トレーニングを異なった作業姿勢で行なったときにトレーニング効果にどのような影響が及ぼされるのかを明らかにした研究はみられない。そこで、本研究では自転車エルゴメーター脚作業による有酸素的トレーニングを座位姿勢と下肢挙上仰臥位姿勢で行なわせて、トレーニング作業姿勢とトレーニング効果の関係を検討することにした。

方 法

(1) 被検者

被検者は、年齢19才から33才までの健康な男子10名である。被検者は体育学部に所属している学生と教員で構成されている。全員の被検者がかつては何らかの競技スポーツに参加した経験をもっている。しかし、いずれの被検者も本実験開始前の少なくとも数年間は、とくに有酸素的作業能力を高めるような系統的なトレーニングには参加していなかった。このような10名の被検者を5名ずつ2つのトレーニング群に分け、一方のトレーニング群は座位姿勢で、他方のトレーニング群は下肢挙上仰臥位姿勢で自転車エルゴメーター脚トレーニングを行なった。被検者の年齢、身長、体重およびトレーニング前の座位(S)、水平仰臥位(H)、下肢挙上仰臥位(E)姿勢での自転車エルゴメーター作業で得られた最大酸素摂取量はTable 1に示した。

(2) テストおよびトレーニング作業姿勢

トレーニング前後の最大下と最大テストでは、全員の被検者が自転車エルゴメーター脚作業を座位(S)、水平仰臥位(H)、および下肢挙上仰臥位(E)姿勢で行なった(Fig. 1)。トレーニング作業姿勢は、一方のトレーニング群(Sトレーニング群)はS姿勢であり、他方のトレーニング群(Eトレーニング群)はE姿勢であった。

S姿勢では、被検者ごとにサドル高とハンドル

Table 1 Age, height, weight and maximal oxygen uptake of subjects.

Training Group	Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Vo ₂ max before training(1/min)		
					S	H	E
S	Fuk	33.8	167.3	68.0	2.76	2.65	2.20
	Miy	25.8	184.1	72.0	3.74	3.10	2.81
	Tsu	22.8	160.8	53.0	2.54	2.50	2.25
	Yat	20.5	174.4	69.0	2.87	3.09	2.97
	Yua	28.5	167.5	63.5	3.12	2.63	2.82
	Mean	26.3	170.8	65.1	3.01	2.79	2.61
	S. D.	4.63	7.91	6.64	0.41	0.25	0.32
E	Fuj	20.4	170.0	68.0	3.42	3.45	2.80
	Hir	30.3	174.7	63.4	1.99	1.96	1.93
	Kob	25.3	172.8	64.0	3.19	3.02	2.77
	Mat	23.0	170.0	60.2	3.69	3.37	3.14
	Yam	19.8	174.7	63.0	2.65	2.66	2.33
	Mean	23.8	172.4	63.7	2.99	2.89	2.59
	S. D.	3.81	2.11	2.51	0.61	0.54	0.42

Fig. 1 Exercise postural positions and procedure for training experiment.

の位置を調節した。H姿勢では、伸展脚が最大に伸展したときにこの脚の大転子点と果点とを結ぶ

直線が水平になるように、そしてE姿勢ではこの直線が水平面と45度の角度をつくるように、被検者と自転車エルゴメーターの位置を調節した。また、HとE姿勢では作業中に被検者の上部が移動するのを防ぐために、被検者の両肩に支持台をあてがい姿勢の保持に努めた。

(3) トレーニング方法

10名の被検者を5名ずつ、Sトレーニング群かEトレーニング群のいずれかに分けた。いずれのトレーニング群についても、トレーニングの期間、頻度および時間は、それぞれ20週間、3日/週、そして1日10分間であった。トレーニング強度は、Sトレーニング群ではS姿勢での最大テストで得られた最大酸素摂取量の80%、そしてEトレーニング群ではE姿勢での最大テストで得られた最大酸素摂取量の80%に相当する負荷強度とした。

(4) トレーニング効果の判定法

トレーニング効果を判定するために、全員の被検者がトレーニング前後にS、H、およびE姿勢での最大下と最大テストを行なった。

S姿勢の最大下テストでは、360、720、および1080rpm/分の強度をそれぞれ5分間行なった。H

とE姿勢では、360, 540, および720kpm/分の3段階の5分間作業を行なった。いずれの作業姿勢テストにおいても、それぞれの作業強度の運動の間には30分間の休息を入れた。ペダル回転数は60回/分に規定した。各作業の最後の1分間の心拍数、酸素摂取量および換気量と機械的効率を測定した。

最大テストでは、いずれの作業姿勢についても最初の2分間は360kpm/分の強度で作業を開始し、その後はexhaustionに至るまで2分ごとに作業強度を180kpm/分ずつ漸増した。exhaustionの判定は、被検者が作業を持続することができないことを訴えたときか、規定のペダル回転数(60回/分)が維持できなくなったときとした。最大テストでは、最大酸素摂取量、最大換気量、最高心拍数、およびexhaustionまでに行なわれた総仕事量を測定した。

酸素摂取量は、Douglas bag内に採集した呼気ガス量を乾式ガスメーターで計り、呼気サンプルガス中のCO₂とO₂濃度をScholander微量ガス分析器で分析することによって求めた。

心拍数は、胸部双極誘導法で記録した心電図のR波間隔より求めて1分間値に換算した。

機械的効率は次式によって算出した²⁵⁾。

$$\text{機械的効率(\%)} = \frac{\dot{W} \times \frac{1}{427}}{(\dot{V}_{O_2}W - \dot{V}_{O_2}R) \times 4.9} \times 100$$

ここで $\dot{W}$ は作業強度((kpm/分)、 $\dot{V}_{O_2}W$ は5分間の最大下作業の最後の1分間に得られた酸素摂取量(ℓ/分)、 $\dot{V}_{O_2}R$ は安静時酸素摂取量(ℓ/分)である。そして、酸素摂取量1ℓは4.9Cal、および作業強度1kpm/分は427Calに相当するものとした。

実験時およびトレーニング中の室内環境温度は20.0—25.0°Cの範囲内であった。

実験の手順は模式的にFig. 1に示した。

結 果

本研究では、Sトレーニング群はS姿勢で、そしてEトレーニング群はE姿勢での自転車エルゴメーターテストで得られた最大酸素摂取量のそれぞれ80%に相当する負荷強度を求める方法でトレ

ーニング強度の決定を行なった。この方法で得られた絶対的トレーニング強度は、Sトレーニング群では972±144(平均値±標準偏差)kpm/分であり、Eトレーニング群では666±108kpm/分であった(表2)。両者の間には統計的に有意な差が認められた($p < 0.01$)。

最大下の同一負荷強度における酸素摂取量のトレーニング前後の比較はFig. 2に示した。Sトレーニング群では、Sテストでの1080kpm/分の強度についてのみ酸素摂取量がトレーニングによって有意な減少を示した以外は、いずれのテストについても有意な減少は認められなかった。一方、Eトレーニング群ではいずれのテストについても同一作業強度における酸素摂取量はトレーニングによって有意な低下は示さなかった。

機械的効率も酸素摂取量と同様の結果を示した(Table 3)。すなわち、Sトレーニング群ではSテストの1080kpm/分の最大下テストについてのみトレーニング後に有意な向上を示し、Eトレーニング群ではいずれのテストにおいてもトレーニング後に有意な向上をみることができなかった。

トレーニング前後の心拍数を同一作業強度について比較したのがFig. 3である。Sトレーニング群では、Sテストでの720と1080kpm/分の強度についてのみ有意な減少がトレーニング後に認められた。一方、Eトレーニング群では有意な低下をみることができなかったが、トレーニングによって最大下の同一作業強度における心拍数が減少する傾向が認められた。

最大テストの結果はTable 4に示した。トレーニングにともなう最大酸素摂取量の変化についてみると、Sトレーニング群ではSテストについてのみトレーニングにより統計的に有意な増加が認められた(増加率14.6%, $P < 0.05$)。Eトレーニング群では、SとEの両テストにおいてそれぞれ13.0%と14.8%の有意な増加がみられた($P < 0.05$)。

最大換気量と最高心拍数は、両トレーニング群ともいずれの作業テストにおいてもトレーニングによる差は顕著にはみられなかった。

exhaustionに至るまでに行なわれた総仕事量についてみると、Sトレーニング群ではSテストで

Fig. 2 Comparison of submaximal oxygen uptake between before and after training.

Solid line: before training

Dotted line: after training

Table 2 Absolute training intensity for two groups.

Training group	Subj.	Training intensity (kpm/min)
S	Fuk	900
	Miy	1,080
	Tsu	720
	Yat	1,080
	Yua	1,080
	Mean	972
E	S.D.	144
	Fuj	720
	Hir	540
	Kob	720
	Mat	810
	Yam	540
	Mean	666
	S.D.	108

23.7% ($P < 0.001$)の有意な増加がみられたが, 他の2姿勢のテストでは有意な増加をみることはできなかった。一方, Eトレーニング群ではトレーニング後のSテストで, 37.9% ($P < 0.05$), そしてEテストで27.6% ($P < 0.01$)と両テストで統計的に有意な増加を示した。

論 議

両トレーニング群についてトレーニング前の最大酸素摂取量の分散分析を行なったところ, いずれの作業テストにおいてもSとEトレーニング群の間での分散には統計的に有意な差をみることはできなかった。したがって, 両トレーニング群は最大酸素摂取量についてみたときは等質郡であったと考えられる。

トレーニングが最大下作業中の酸素摂取量と機

Fig. 3 Comparison of submaximal heart rate between before and after training.
Solid line: before training
Dotted line: after training

械的効率に及ぼす効果については、トレーニング後に最大下での同一作業強度における酸素摂取量は減少^{7),12)}したり機械的効率は向上^{10),21)}するという報告と、トレーニングによってほとんど影響を受けないという報告^{6),11),24)}とがある。本研究結果についてみると、いずれのトレーニング群においても、トレーニング前後の最大下同一作業強度における酸素摂取量と機械的効率の間には、統計的に有意な差をみることはできなかった。最大下作業に対する酸素摂取量と機械的効率の水準がトレーニングによって変化するか否かは、テストで用いる作業様式の経験の度合いが影響するといわれている¹⁴⁾。S姿勢での自転車エルゴメーター作

業については、いずれの被検者も本研究前にすでに何度か経験していたことから、S姿勢の自転車エルゴメーター作業に対しては習熟しており、このためにSテストの最大下酸素摂取量と機械的効率はトレーニングによって影響されなかったと考えられる。また、HとE姿勢の自転車エルゴメーター作業については、いずれの被検者もかつて一度も経験したことはなかった。しかし、HとEテストはSテストと同様の自転車エルゴメーター作業様式であることから、HとEテストについても、最大下酸素摂取量と機械的効率はトレーニングによって変化しなかったと考えられる。

最大下の同一作業強度における心拍数は、必ず

Table 3 Mechanical efficiency before and after training.

Training group	Test	Work load (kpm/min)	Before training				After training			
			360	540	720	1080	360	540	720	1080
S	S		22.9 (3.43)		21.3 (1.9)	20.1 (0.9)	23.7 (3.1)		23.7 (3.1)	22.5 (1.3)
	H		21.8 (1.6)	20.2 (1.2)	18.8 (1.5)		21.4 (2.3)	18.8 (1.1)	17.6 (0.6)	
	E		23.0 (3.1)	20.9 (2.1)	18.8 (1.6)		23.3 (2.8)	19.5 (1.8)	18.8 (2.4)	
E	S		23.6 (2.4)		18.7 (2.6)	20.0 (0.6)	20.5 (3.3)		22.9 (2.0)	21.8 (1.4)
	H		23.3 (1.8)	21.4 (1.7)	18.4 (1.0)		21.5 (1.9)	19.9 (1.9)	19.4 (2.7)	
	E		24.2 (5.7)	20.0 (0.6)	18.8 (1.4)		23.4 (3.1)	18.7 (1.3)	20.1 (3.2)	

Mean
(S.D.)

しもすべての作業強度でトレーニング前後の間に有意な差をみることはできなかったが、トレーニングによって低下する傾向はみられた。トレーニングによって最大下作業時の心拍数が低下することは、心肺系トレーニングに関する大部分の報告にみられる知見^{10),14),19),24)}と一致している。このように、トレーニングによって最大下作業中の心拍数が低下する原因としてトレーニングにともなう一回拍出量の増加が考えられる^{16),24)}。

最大テストの結果についてみると、Sトレーニング群ではSテストだけにおいて最大酸素摂取量と総仕事量に有意な増加がみられた。一方、Eトレーニング群ではSとEテストで最大酸素摂取量と総仕事量の有意な増加がトレーニング後に認められた。ここで、両トレーニング群のトレーニング強度についてみると、Sトレーニング群はSテストの最大酸素摂取量の80%に相当する負荷強度、そしてEトレーニング群はEテストの最大酸素摂取量の80%に相当する負荷強度を求める方法を用いた。その結果、SとEトレーニング群の絶対的トレーニング強度は、平均するとそれぞれ972kpm/minと666kpm/minとなった(Table 2)。

すなわち、Eトレーニング群はSトレーニング群よりも絶対的トレーニング強度が著しく低かったにもかかわらず、トレーニング後の最大酸素摂

取量や総仕事量の増加はSトレーニング群よりも顕著であったことになる。このような結果が得られた原因としてトレーニング姿勢の影響が考えられる。従来から、姿勢がhemodynamic responseに重要な影響を及ぼすことはすでに知られている^{15),17),18)}。たとえば、Hartlingら¹⁷⁾はS、H、およびE姿勢での安静時下肢血流量を測定したところ、S姿勢が最高値を示し、E姿勢ではS姿勢のほぼ1/3に相当する最低値となったと報告している。また、Folkow¹⁵⁾は律動的作業中に仰臥位姿勢から下肢を垂下した姿勢へと変換すると、腓腹筋血流量は60%の増加を示すことを明らかにした。このような姿勢変化によっておこる血流量配分の変化は一回拍出量に影響を及ぼすことが考えられる。たとえば、Bevegårdら⁵⁾はS姿勢とH姿勢での自転車エルゴメーター脚作業中の一回拍出量を測定し、H姿勢よりもS姿勢の方が著しく低いことを報告している。一回拍出量は心臓への静脈還流の量によって決まる^{2),13)}。したがって、S姿勢で一回拍出量が減少した原因として、S姿勢ではH姿勢よりも強く重力が血液に作用して下肢への血液貯溜と心臓への静脈還流の減少のおこったことがあげられる²⁰⁾。本研究におけるE姿勢では下肢を水平より45度上方に挙上したことから、下肢と心臓との間の静水力学的圧差は高くな

Table 4 Maximal values of oxygen uptake, ventilation, heart rate and total work before and after training.

Training group	Variables	Test	Before training	After training	$\Delta\%$	t-Test
S	$\dot{V}O_2\text{max(l/min)}$	S	3.01 ± 0.41	3.42 ± 0.36	14.6 ± 10.3	$p < 0.05$
		H	2.79 ± 0.25	2.85 ± 0.38	2.0 ± 10.4	n. s.
		E	2.61 ± 0.31	2.78 ± 0.26	7.7 ± 12.7	n. s.
	$\dot{V}E\text{max(l/min)}$	S	147.3 ± 14.4	156.3 ± 7.0	7.1 ± 11.3	n. s.
		H	122.6 ± 11.3	124.8 ± 15.0	2.6 ± 15.6	n. s.
		E	128.1 ± 29.9	132.4 ± 8.6	16.9 ± 35.8	n. s.
	HRmax(beats/min)	S	190.6 ± 12.1	190.5 ± 13.8	-0.1 ± 1.3	n. s.
		H	182.1 ± 12.0	176.9 ± 16.6	-2.9 ± 5.7	n. s.
		E	172.8 ± 15.0	171.9 ± 14.9	-0.3 ± 5.2	n. s.
	Total work(kpm)	S	$10,872 \pm 2,820$	$13,309 \pm 3,017$	23.7 ± 7.2	$p < 0.001$
		H	$6,847 \pm 1,012$	$6,570 \pm 1,188$	-2.9 ± 7.1	n. s.
		E	$6,296 \pm 1,000$	$6,560 \pm 1,088$	4.5 ± 8.1	n. s.
E	$\dot{V}O_2\text{max(l/min)}$	S	2.98 ± 0.60	3.32 ± 0.52	13.0 ± 10.5	$p < 0.05$
		H	2.89 ± 0.54	3.04 ± 0.42	6.4 ± 9.6	$p < 0.1$
		E	2.59 ± 0.42	2.96 ± 0.42	14.8 ± 9.0	$p < 0.05$
	$\dot{V}E\text{max(l/min)}$	S	144.5 ± 19.7	152.8 ± 21.8	6.5 ± 12.6	n. s.
		H	145.7 ± 31.4	147.2 ± 24.7	3.9 ± 16.5	n. s.
		E	118.7 ± 17.0	143.6 ± 28.8	20.6 ± 14.9	$p < 0.1$
	HRmax(beats/min)	S	188.5 ± 10.4	191.8 ± 11.3	1.8 ± 2.1	n. s.
		H	187.9 ± 14.6	185.6 ± 14.1	-1.2 ± 1.4	n. s.
		E	181.4 ± 9.8	178.6 ± 15.5	-1.6 ± 5.0	n. s.
	Total work(kpm)	S	$10,645 \pm 2,863$	$14,188 \pm 2,856$	37.9 ± 23.2	$p < 0.05$
		H	$6,775 \pm 1,525$	$7,420 \pm 1,164$	12.3 ± 14.2	$p < 0.1$
		E	$5,926 \pm 1,204$	$7,474 \pm 1,256$	27.6 ± 11.5	$p < 0.01$

り、心臓への静脈還流は増加して一回拍出量がSやH姿勢よりもさらに多くなることが考えられる。一回拍出量は最大有酸素的作業能力を決定する因子の1つである。さらにトレーニング中の一回拍出量の大きさは、有酸素的作業能力を向上させる重要な因子である²²⁾。したがって、Eトレーニング群はSトレーニング群よりもトレーニングの絶対的物理強度は低かったが、トレーニング中の一回拍出量がトレーニング効果を生じさせるに十分な大きさであり、このためにトレーニング後の最大酸素摂取量や総仕事量の増加がEトレーニングで顕著に現われたと考えられる。

ま と め

10名の健康な成人男子を5名ずつ2つのトレーニング群に分け、一方のトレーニング群はS姿勢で、他方はE姿勢で自転車エルゴメータートレーニングを行なわせ、トレーニング姿勢と有酸素的トレーニング効果との関係を検討した。その結果は次のようである。

① トレーニングと同一の作業姿勢テストで得られた最大酸素摂取量の80%に相当する強度をトレーニング強度とした。この方法で得られた絶対的トレーニング強度は、平均するとSトレーニング群は972kpm/分であり、Eトレーニング群は

666kpm/分となった。

② トレーニングにともなう同一作業強度での酸素摂取量の有意な低下や機械的効率の有意な向上は, S トレーニング群では負荷強度 1080kpm/分の S テストについてのみ観察された。一方, E トレーニング群ではいずれのテストについても有意な酸素摂取量の減少や機械的効率の増加はみられなかった。

③ S トレーニング群では, 720と1080kpm/分の S テストでの心拍数がトレーニングによって有意に減少した。一方, E トレーニング群では有意な低下をみることはできなかったが, トレーニングによって最大下の同一作業強度における心拍数が減少する傾向が認められた。

④ S トレーニング群は, S テストについてのみトレーニング後に最大酸素摂取量と総仕事量は有意な増加を示した。一方, E トレーニング群は, S と E テストで最大酸素摂取量と総仕事量がトレーニング後に有意な増加を示した。

引用・参考文献

- 1) Astrand, I., Guharay, A., and Wahren, J., "Circulatory responses to arm exercise with different arm positions," *J. Appl. Physiol.*, 25-5: 528-32, 1968.
- 2) Åstrand, P.-O. and Rodahl, K., *Textbook of work physiology*, 1st ed., McGraw-Hill Book Company: New York, 1970. pp.162.
- 3) Åstrand, P.-O. and Saltin, B., "Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity," *J. Appl. Physiol.*, 16-6: 977-81, 1961.
- 4) Bevegård, S., Holmgren, A., and Jonsson, B., "The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume," *Acta physiol. scand.*, 49: 279-98, 1960.
- 5) Bevegård, S., Holmgren, A., and Jonsson, B., "Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position," *Acta physiol. scand.*, 57: 26-50, 1963.
- 6) Brouha, L., "Physiology of training, including age and sex differences," *J. Sports Med.*, 2: 3-11, 1962.
- 7) Cotes, J. E. and Meade, F., "Physical training in relation to the energy expenditure of walking and to factors controlling respiration during exercise," *Ergonomics*, 2: 195-206, 1959.
- 8) Cumming, G. R., "Cardiac stroke volume: effects of athletic training," *J. Sports Med.*, 3-1: 18-24, 1975.
- 9) Diaz, F. J., Hagen, R. D., Wright J. E., and Horvath, S.M., "Maximal and submaximal exercise in different positions," *Med. Sci. Sports*, 10-3: 214-17, 1978.
- 10) Durnin, J. V. G. A., Brockway, J. M., and Whitchen, H. W., "Effects of a short period of training of varying severity on some measurements of physical fitness," *J. Appl. Physiol.*, 15: 161-65, 1960.
- 11) Ekblom, B., Åstrand, P. O., Saltin, B., Stenberg, J., and Wallstrom, B., "Effect of training on circulatory response to exercise," *J. Appl. Physiol.*, 24: 518-28, 1968.
- 12) Ekblom, B., "Effect of physical training in adolescent boys," *J. Appl. Physiol.*, 27: 350-55, 1969.
- 13) Faulkner, J. A., Roberts, D. E., Elk, R. L., and Conway, J. F., "Cardiovascular responses to submaximal and maximum effort cycling and running," *J. Appl. Physiol.*, 30-4: 457-61, 1971.
- 14) Flint, M. M., Drinkwater, B. L., and Horvath, S. M., "Effects of training on women's response to submaximal exercise," *Med. Sci. Sports*, 6-2: 89-94, 1974.
- 15) Folkow, B., Haglund, U., Jodal M., and Lundgren, O., "Blood flow in the calf muscle of man during heavy rhythmic exercise," *Acta physiol. scand.*, 81: 157-63, 1971.
- 16) Frick, M.H., Kontinen, A., and Sarajas, H.S.S., "Effects of physical training on circulation at rest and during exercise," *Am. J. Cardiol.*, 12: 142-47, 1963.
- 17) Hartling, O., Noer, I., and Trap-Jensen, J., "Leg muscle blood flow during reactive hyperemia, effects of different body positions, and of subatmospheric pressure," *Pflugers Arch.*, 366: 131-35, 1976.

- 18) Holling, H.E. and Verel, D., "Circulation in the elevated forearm," *Clin. Sci.*, 13:197-213, 1957.
- 19) Holmgren, A., Mossfeldt, F., Sjöstrand, T., and Ström, G., "Effect of training on work capacity, total pulse rate in recumbent and upright positions," *Acta physiol. scand.*, 50: 72-83, 1960.
- 20) 猪飼道夫, 「疲労」, 吉村寿人・高木健太郎・猪飼道夫(編), 協応協関の生理学, 生理学体系Ⅱ, 医学書院, 1974. Pp. 954.
- 21) Knehr, C. A., Dill, D. B., and Neufeld, W., "Training and its effects on man at rest and work," *Am. J. Physiol.*, 136: 148-56, 1962.
- 22) Pechar, G. S., McArdle, W. D., Katch, F. I., Magel, J. R., and Deluca, J., "Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training," *J. Appl. Physiol.*, 36-6: 753-56, 1974.
- 23) Saltin B., Blomqvist, G., Mitchell, J. H., Johnson, R. L., Wildenthal, Jr. K., and Chapman, C. B., "Response to exercise after bed rest and after training: a longitudinal study of adaptive changes in oxygen transport and body composition," *Circ.*, 38(suppl. 7): 1-78, 1968.
- 24) Vokac, Z., Bell, H., Bautz-Holter, E., and Rodahl, K., "Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing," *J. Appl. Physiol.*, 39-1: 54-59, 1975.
- 25) 湯浅景元・福永哲夫・角田直也・朝比奈一男・藤松博・平田敏彦「作業姿勢が最大下と最大作業中の酸素摂取量と心拍数に及ぼす効果」*体育学研究*25-1: 71-78, 1980.