

自転車エルゴメーター作業中の呼吸循環機能に及ぼす作業姿勢の影響

中京大学体育学部運動生理学研究室

朝比奈 一 男・角 田 直 也
湯 浅 景 元・福 永 哲 夫

The effect of posture on cardiorespiratory responses to bicycle exercise

Ten healthy and well motivated male subjects (19-33years of age) of average fitness participated in this study.

The subjects performed leg exercise using Monark bicycle ergometer at submaximal and maximal work loads in three different postures; A, sitting position; B, horizontal supine position; and C, supine position with legs 45° up. The results obtained from the present study were summarized as follows:

- 1) The significant high correlation coefficient was found in all three different postures between oxygen uptake and heart rate for submaximal work loads. This result indicates that the almost same relationship was obtained between oxygen uptake and heart rate and muscle mass involved were identical irrespective of the type of exercise.
- 2) The exhaustion time in horizontal position and in supine position with legs 45° up were on the average 24% and 29% shorter than the exhaustion time in sitting position respectively.
- 3) The $\dot{V}O_2$ max in sitting position, horizontal position and supine position with legs 45° up were 3.00, 2.84, and 2.62 ℓ/min respectively. The significantly higher $\dot{V}O_2$ max was obtained from sitting position.
- 4) It may be suggested that local fatigue limits work performance before central circulation maximally engaged in both horizontal position and supine position with legs 45° up in maximal leg exercise. Moreover, change of hemodynamic responses with postural change may influence work performance.

目 的

作業姿勢が作業中の呼吸循環機能に及ぼす影響については多くの研究がなされており、作業姿勢が変わることによって呼吸循環機能の変化に異なった様相を示すことが明らかに

されている。たとえば、ÅstrandとSaltinは¹⁾自転車エルゴメーターを用いて座位及び仰臥位で脚作業を行なわせた結果、仰臥位での最大酸素摂取量は座位に比較して約15%低い値を示したことを報告している。Bevegårdら^{5) 6)}は座位と仰臥位で腕及び脚作業を行なわせ

作業姿勢が変わることによって循環機能の応答に差異が生じたことを明らかにしている。

そこで本研究においても、自転車エルゴメーターによる脚作業中の呼吸循環機能の応答が作業姿勢によってどのような差が生じるのかを明らかにするために、座位、仰臥位に下肢挙上位を加えた3つの異なった姿勢を設定し最大及び最大下テストを実施し比較検討を行なった。

方 法

a) 被検者

本実験に用いた被検者は、スポーツ選手の経験をもつ健康な成人男子10名である。

表1に、被検者の年齢と身体的特徴を示した。

Table 1. Characteristics of subjects.

Subj.	Age (yrs.)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	Body Surface Area (m ²)
FUJ	20.4	170.0	68.0	1.78
FUK	33.8	167.3	68.0	1.72
HIR	30.3	174.7	63.4	1.72
KOB	25.3	172.8	64.0	1.69
MAT	23.0	170.0	60.2	1.65
MIY	25.8	184.1	72.0	1.89
TSU	22.8	160.8	53.0	1.50
YAM	19.8	174.7	63.0	1.70
YAT	20.5	174.4	69.0	1.74
YUA	28.5	167.6	63.5	1.67
Mean ±S. D	25.02 ±4.43	171.64 ±5.84	64.81 ±5.47	1.71 ±0.09

b) 作業姿勢

本実験の作業姿勢を次頁の図1に示した。すなわち、座位(Sitting)、仰臥位(Horizontal)及び下肢挙上位(Supine+45°)の3つの異なった作業姿勢を規定してそれぞれの姿勢について自転車エルゴメーターによる最大と最大下の脚作業を行なわせた。Sittingは自転車エ

ルゴメーターにおける一般的に用いられている作業姿勢である。Horizontalでは、伸展脚側の転子点と果点を結ぶ直線が床面と水平となるように、Supine+45°ではこの直線が床面と45°をなすように自転車エルゴメーターを設置し、さらに上体の移動を防ぐために両肩を固定して姿勢の維持を図った。

c) 実験手順

被検者は最大及び最大下テストの前に作業姿勢と同じ姿勢で30分間安静にし、最後の5分間に酸素摂取量、血圧、心拍数、呼吸数を測定して安静値を求めた。

最大下テスト：Sittingでは360、720、1080 kpm/min、HorizontalとSupine+45°では360、540、720 kpm/minの各強度を設定してそれぞれの強度について25分間の作業を行なわせた。酸素摂取量、心拍数、血圧、呼吸数は各強度での作業中の4分から5分までの1分間に測定した。機械的効率次式より算出した。

$$\text{機械的効率} = \Delta \text{仕事量} \times 100 / \Delta \text{酸素摂取量} \times 4.9 \times 427$$

$$\Delta \text{仕事量} = 1 \text{ 分間当りの仕事量 (kpm/min)}.$$

$$\Delta \text{酸素摂取量} = 1 \text{ 分間当りの酸素摂取量 (l/min)} \\ - \text{安静時酸素摂取量}$$

最大テスト：いずれの姿勢においても最初の2分間は360 kpm/minの強度で脚作業を行ない、それ以後は2分毎に180 kpm/minづつ強度を増して行く負荷漸増法により Exhaustion (60rpmの速度につけなくなった時)に至るまで運動をつづけさせた。酸素摂取量、心拍数、血圧、呼吸数はExhaustionに至る3分前から連続的に測定した。

呼気ガスはDouglas Bag法により採集し、酸素及び炭酸ガス濃度はショランダー微量ガス分析器により分析した。

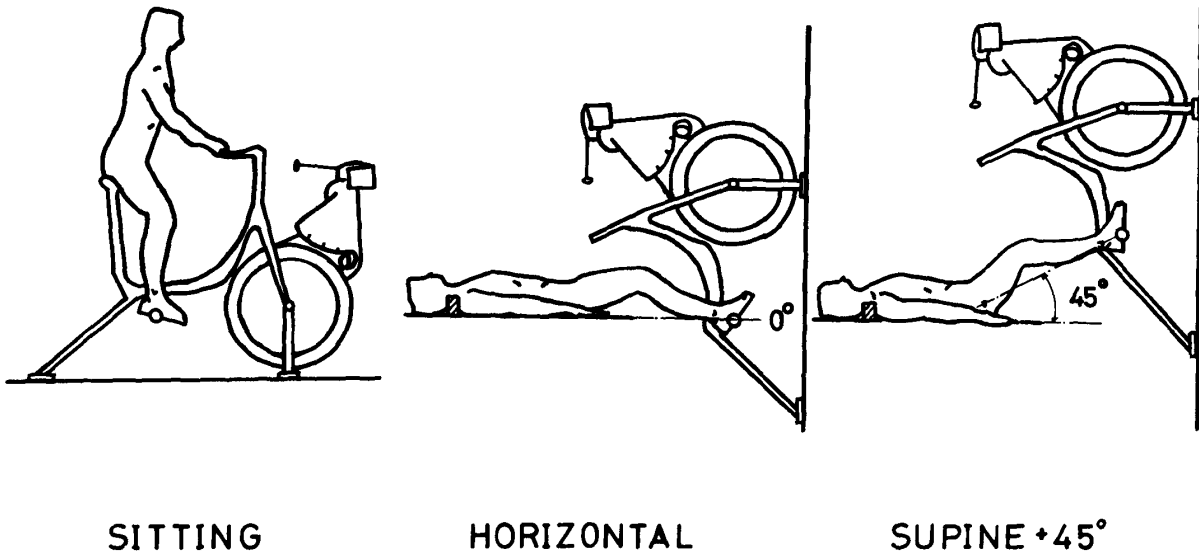


Fig. 1 The three experimental positions during bicycle exercise.

心拍数は胸部双極誘導法を用いて得られた心電図のR-R間隔から求めた。また、呼吸数は採気マスク内に設置したサーミスターより呼吸曲線を記録して求めた。血圧はリバロッチ型血圧計を用い聴診器を肘部橈骨動脈上にゴムバンドで固定し、収縮期圧及び拡張期圧の測定を行なった。また、肺機能検査は安静時および最大下と最大作業テスト終了直後にフクダ製スパイロメーターを用いて測定した。

結 果

最大下及び最大作業での肺機能測定の結果をみると図2に示したように吸気予備量(IRV)は3つの作業姿勢とも作業強度の増加ともなって減少する傾向がみられ、しかも、いずれの強度においてもSittingが最も低い値を示している。一回換気量(V_T)は作業強度の増大に伴って増加していく傾向がみ

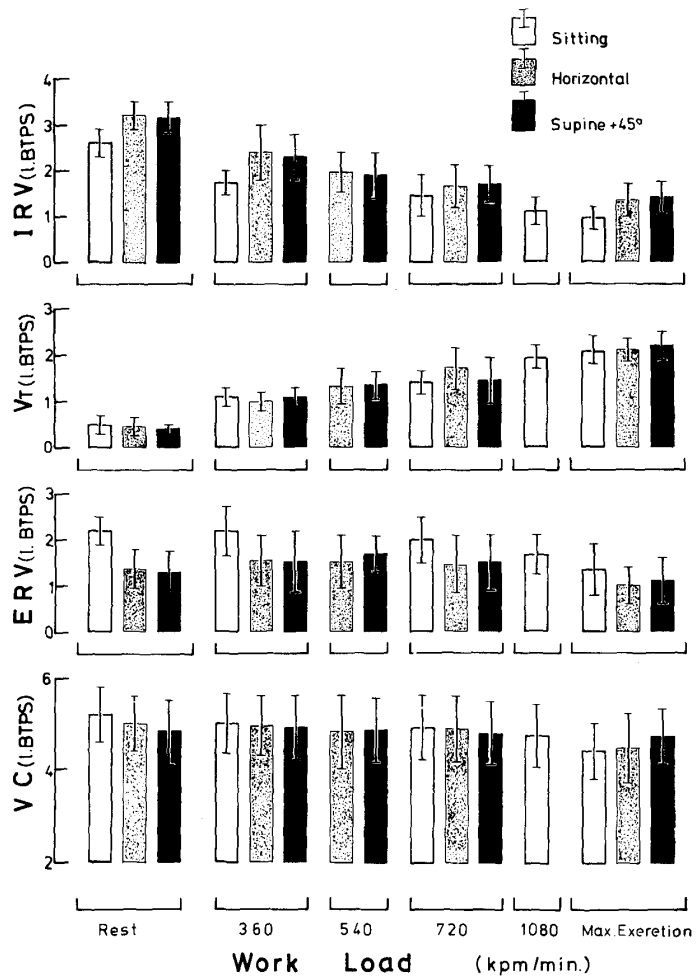


Fig. 2 Pulmonary functions related to work load.

Table. 2 Individual values for $\dot{V}O_2$, HR, \dot{V}_E and f during submaximal leg exercise in the three different body positions. (Si: sitting, Ho: Horizontal, Su: Supine +45°)

Subj.	Item work load positions	$\dot{V}O_2$ (ℓ/min)					HR (beats/min)				
		Rest	1 kp	1.5kp	2 kp	3 kp	Rest	1 kp	1.5kp	2 kp	3 kp
FUK	Si	0.30	0.96	—	1.78	2.75	70.4	86.8	—	118.0	161.6
	Ho	0.27	1.10	1.43	1.88	—	54.0	88.4	106.8	127.2	—
	Su	0.21	0.84	1.32	1.84	—	56.0	78.6	101.2	122.4	—
YUA	Si	0.21	1.14	—	1.75	2.67	72.8	102.4	—	139.2	179.6
	Ho	0.23	1.08	1.58	2.12	—	53.6	106.4	124.0	154.8	—
	Su	0.23	0.98	1.60	2.19	—	56.8	104.0	117.6	144.0	—
HIR	Si	0.33	1.08	—	2.08	—	92.0	128.0	140.0	168.0	—
	Ho	0.32	0.84	1.55	1.57	—	79.6	119.6	141.2	164.8	—
	Su	0.24	0.53	1.55	2.19	—	80.8	118.5	140.0	169.6	—
TSU	Si	0.23	1.12	—	2.19	—	70.4	110.0	158.8	176.0	—
	Ho	0.23	1.06	1.46	2.22	—	60.8	118.4	144.0	173.2	—
	Su	0.15	1.02	1.51	2.20	—	61.6	122.8	144.4	177.6	—
YAT	Si	0.30	0.94	—	1.86	3.01	69.6	90.8	—	120.0	169.2
	Ho	0.30	1.00	1.64	2.25	—	57.2	97.6	108.8	133.6	—
	Su	0.27	0.97	1.36	1.97	—	44.0	63.6	94.0	128.0	—
MIY	Si	0.32	1.04	—	1.93	3.01	88.4	108.4	—	154.8	190.0
	Ho	0.26	1.02	1.58	2.01	—	60.4	103.2	127.2	147.2	—
	Su	0.28	1.12	1.60	2.18	—	75.2	104.0	126.6	144.8	—
KOB	Si	0.30	1.02	—	1.85	2.87	76.0	99.2	—	135.0	154.0
	Ho	0.18	0.87	1.59	1.92	—	49.6	88.8	112.0	123.2	—
	Su	0.23	0.75	1.67	1.88	—	45.5	86.0	97.6	116.8	—
MAT	Si	0.32	0.96	—	2.10	2.80	71.2	98.4	—	136.0	162.4
	Ho	0.27	0.97	1.42	2.11	—	59.6	93.6	108.4	134.4	—
	Su	0.23	1.02	1.55	2.10	—	53.6	95.2	108.4	133.6	—
YAM	Si	0.31	1.01	—	2.24	2.89	92.4	120.0	—	149.2	185.6
	Ho	0.29	1.03	1.51	2.23	—	64.0	114.0	129.6	162.0	—
	Su	0.24	0.95	1.50	2.26	—	76.0	116.0	133.2	154.8	—
FUJ	Si	0.26	1.14	—	2.01	2.97	84.0	110.0	—	145.6	176.8
	Ho	0.31	1.15	1.68	2.31	—	78.4	102.0	120.4	152.0	—
	Su	0.31	1.29	1.56	2.13	—	99.2	112.4	134.8	144.0	—
Mean S. D.	Si	0.288 ±0.04	1.041 ±0.07	—	1.979 ±0.16	2.724 ±0.31	78.72 ±8.98	105.40 ±11.96	—	144.18 ±17.79	172.32 ±10.74
	Ho	0.266 ±0.04	1.012 ±0.09	1.544 ±0.08	2.062 ±0.21	—	61.72 ±9.51	103.20 ±10.85	122.24 ±12.78	147.24 ±16.16	—
	Su	0.239 ±0.04	0.947 ±0.20	1.522 ±0.10	2.094 ±0.14	—	65.81 ±16.10	101.01 ±17.30	119.87 ±17.62	143.56 ±18.68	—

\dot{V}_E (BTPS. ℓ /min)					f (breath/min)				
Rest	1 kp	1.5kp	2 kp	3 kp	Rest	1 kp	1.5kp	2 kp	3 kp
11.01	30.54	—	55.52	100.86	14.8	24.8	—	32.0	36.0
9.35	32.77	46.96	62.55	—	16.8	28.4	31.6	29.6	—
9.58	28.35	39.53	64.22	—	14.8	25.6	27.2	34.0	—
6.30	32.53	—	58.61	95.20	12.8	19.2	—	31.2	40.0
6.94	32.41	46.91	66.89	—	10.8	29.6	30.4	34.4	—
9.49	30.84	44.55	67.87	—	12.4	21.6	25.6	32.8	—
12.35	38.89	52.11	79.77	—	16.0	33.6	34.4	38.0	—
12.24	34.31	54.56	62.45	—	16.0	31.2	37.6	48.4	—
11.22	22.07	55.32	87.30	—	14.8	30.0	28.0	38.4	—
9.57	34.99	60.30	92.79	—	16.8	31.6	55.2	46.8	—
8.91	36.59	52.73	88.02	—	16.0	38.0	42.8	56.8	—
7.55	36.24	54.07	97.71	—	16.8	32.8	43.6	58.0	—
11.85	31.40	—	63.95	109.83	19.2	32.8	—	44.0	56.8
11.53	34.68	50.12	69.62	—	24.0	39.6	41.6	44.0	—
9.10	29.91	39.54	61.14	—	19.6	22.8	34.8	42.8	—
8.96	28.34	—	50.31	78.07	10.4	24.0	—	28.8	30.0
7.97	25.65	40.10	49.30	—	10.4	16.4	26.4	32.4	—
9.39	27.95	38.27	54.58	—	11.2	23.2	26.4	34.2	—
9.97	29.59	—	50.17	80.02	17.2	24.0	—	30.0	29.6
7.13	25.07	43.26	57.58	—	9.6	22.0	30.0	30.0	—
8.11	29.14	48.82	57.00	—	14.8	24.8	28.0	30.8	—
10.92	30.62	—	52.56	70.52	16.4	21.2	—	30.0	26.8
7.73	26.36	34.53	54.22	—	8.0	18.0	22.8	30.0	—
8.17	25.84	39.82	56.19	—	9.2	23.6	30.0	29.2	—
9.80	29.33	—	59.01	113.39	13.2	24.4	—	28.8	60.0
9.72	32.78	46.15	72.40	—	12.8	31.2	28.4	40.0	—
9.25	31.46	47.37	71.99	—	14.8	24.0	33.2	44.4	—
8.23	31.17	—	62.43	93.39	13.2	16.8	—	30.0	29.6
8.91	31.43	49.70	72.59	—	8.0	21.6	29.6	30.0	—
8.93	37.30	45.47	64.74	—	10.0	30.4	26.8	28.8	—
9.896 ±1.698	31.738 ±2.958	—	62.512 ±13.013	92.725 ±14.416	15.00 ±2.47	25.24 ±5.44	—	34.44 ±8.13	39.36 ±11.11
9.043 ±1.672	31.205 ±3.862	46.322 ±5.601	65.562 ±10.461	—	13.24 ±4.75	27.60 ±7.53	32.12 ±6.18	37.56 ±8.98	—
9.079 ±0.962	29.910 ±4.276	45.276 ±5.835	68.274 ±13.353	—	13.84 ±3.02	25.88 ±3.61	30.36 ±5.25	37.34 ±8.55	—

られたが、姿勢間の差はほとんど認められなかった。

呼気予備量(ERV)は各作業姿勢とも最大下ではほとんど変化はみられないが、Exhaustion時にわずかに低下している。いずれの強度でもSittingが最も大きなERVを記録した。肺活量(VC)は各作業姿勢とも強度の増加に伴ってわずかに減少する傾向がみられた。

次に3つの作業姿勢での最大下テストより得られた作業強度と呼吸循環機能変化の関係を平均値について示したのが表2と図3である。酸素摂取量($\dot{V}O_2$)についてみると、安静時ではSitting $0.29 \pm 0.04 \text{ l/min}$ 、Horizontal $0.27 \pm 0.04 \text{ l/min}$ 、Supine+45° 0.24 ± 0.04

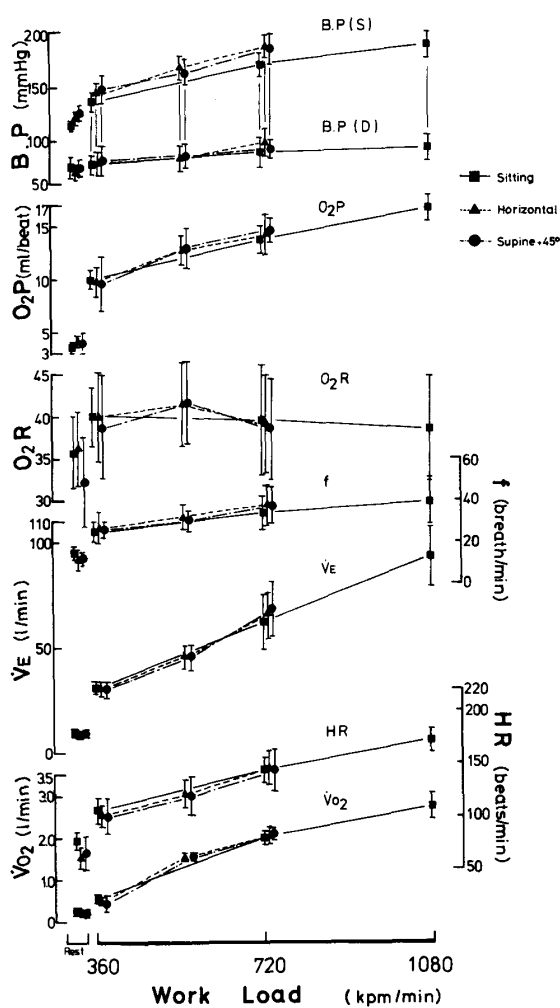


Fig. 3 Cardiopulmonary responses related to work load.

l/min 、360 kpm/minの作業強度ではSitting $1.04 \pm 0.07 \text{ l/min}$ 、Horizontal $1.01 \pm 0.09 \text{ l/min}$ 、Supine+45° $0.95 \pm 0.20 \text{ l/min}$ 、720 kpm/minではSitting $1.98 \pm 0.16 \text{ l/min}$ 、Horizontal $2.06 \pm 0.21 \text{ l/min}$ 、Supine+45° $2.09 \pm 0.14 \text{ l/min}$ を示し、3姿勢とも作業強度の増加にともなって $\dot{V}O_2$ も増加する傾向がみられた。しかし、作業姿勢による $\dot{V}O_2$ の差は認められなかった。また、毎分換気量(\dot{V}_E)と呼吸数(f)も $\dot{V}O_2$ と同様に作業強度の増加にともなって増加する傾向を示し、作業姿勢による差異もほとんど認められなかった。心拍数(HR)、酸素脈(O_2P)についても $\dot{V}O_2$ と同様の傾向がみられた。

血圧(BP)では作業強度の増加にともなって収縮期圧、拡張期圧ともに上昇する傾向を示した。姿勢間についてみると収縮期圧においてSittingの値は他の2姿勢よりも低い値を示しているがこれは有意な差ではなかった。

図4は酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と心拍数(HR)の関係を示した図である。いずれの姿勢でも、

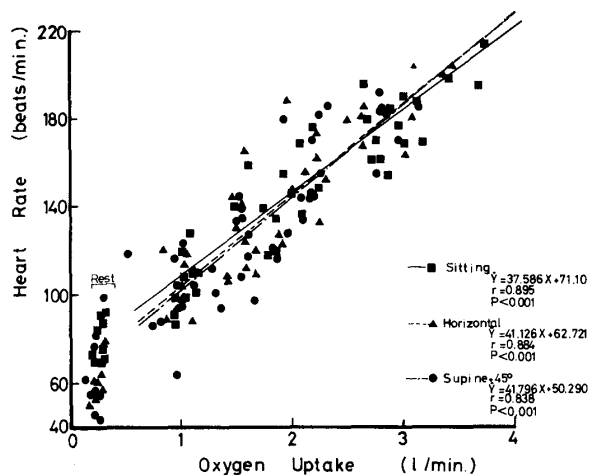


Fig. 4 Relationship between heart rate and oxygen uptake in the three different body positions.

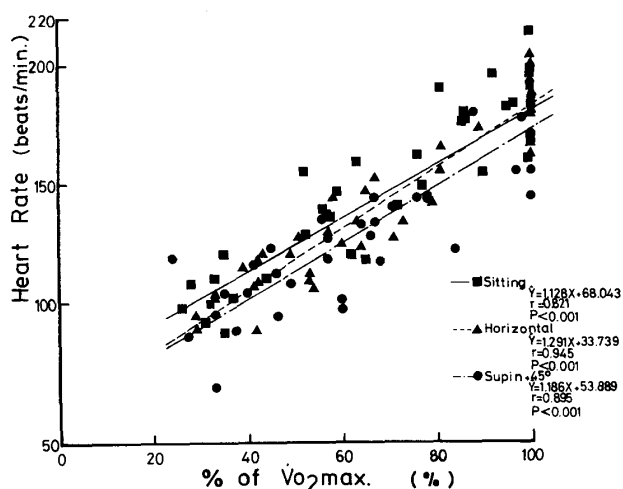


Fig. 5 Heart rate in relation to % of $\dot{V}O_2$ max during leg exercise with three different body positions.

$\dot{V}O_2$ とHRの間には1%水準で有意な相関関係が得られた。また、それぞれの回帰式を求めると Sitting $\hat{Y}=37.586X+71.10$ 、Horizontal $\hat{Y}=41.126X+62.721$ 、Supine+45° $\hat{Y}=41.796X+50.290$ となり、作業姿勢による差異は認められなかった。

酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と血圧(BP)との関係は図6に示したようになる。すなわち、収縮期血圧、拡張期血圧ともに酸素摂取量の増加につれて高くなる傾向が得られたが、とくに収縮期血圧ではそれが顕著であった。また、拡張期血圧は姿勢による影響はほとんどみられないが、収縮期血圧では同じ酸素摂取量での

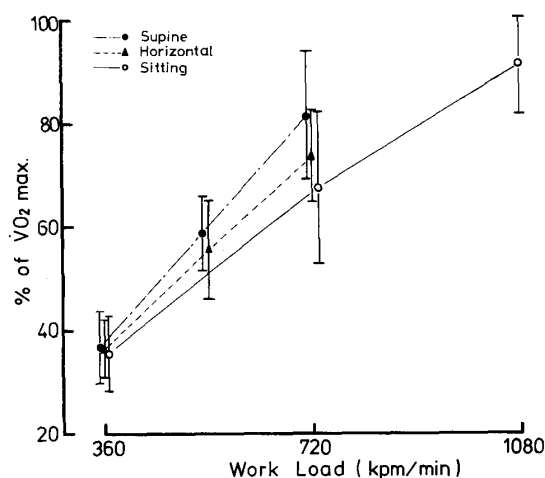


Fig. 7 Increase of % of $\dot{V}O_2$ max to work load in the different body positions.

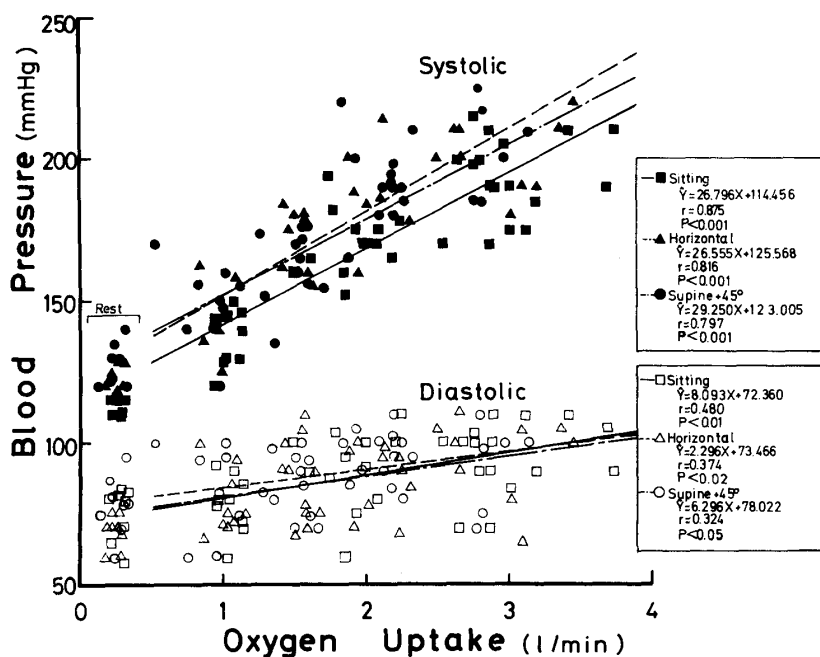


Fig. 6 Relationship between blood pressure and oxygen uptake in the three different body positions.

値はSittingが他の2姿勢よりも低くなる傾向がみられた。

図7は、作業強度と各作業姿勢での% of $\dot{V}O_2$ maxの関係を示したものである。その結果をみると360 kpm/minでは作業姿勢による差異はほとんど認められなかったが、720 kpm/minではSittingに比較してHorizontal及びSupine+45°ともに% of $\dot{V}O_2$ maxは高くなる傾向が認められた

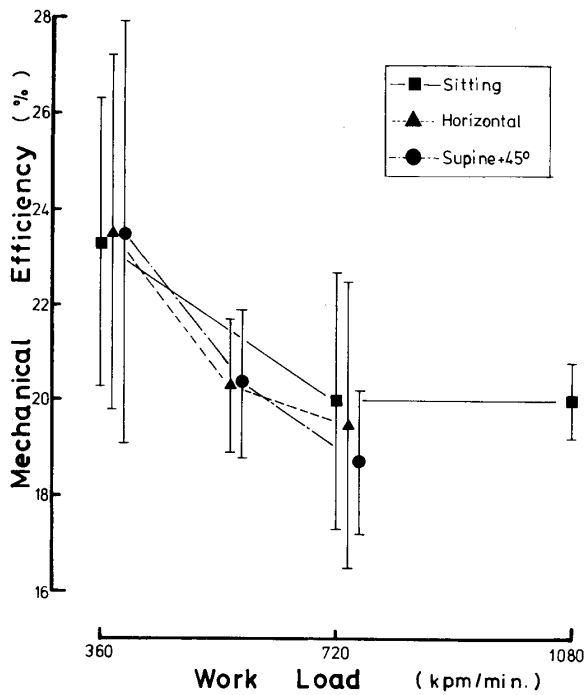


Fig. 8 Mechanical efficiency in relation to work load in the three different body positions.

次に作業強度と機械的効率との関係を見ると図8のようになる。360 kpm/minではいずれの作業姿勢とも機械的効率約23.5%を示した。しかし、720 kpm/minではSittingの20%に対してHorizontalでは19.5%、Supine+45°では18.7%とSittingよりやや低い値を示したがこれは有意な差ではなかった。

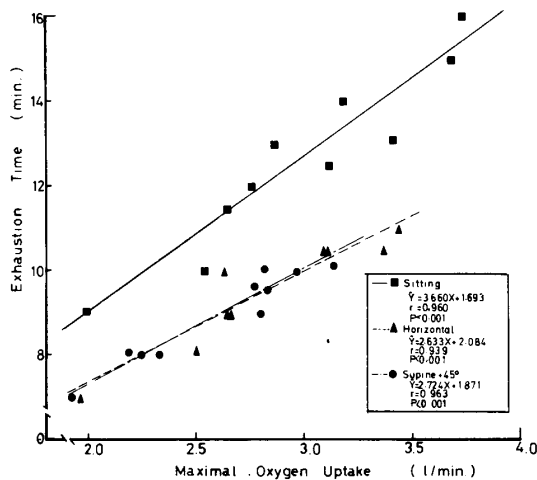


Fig. 9 Relationship between exhaustion time and maximal oxygen uptake in the three different body positions.

最大作業における3つの作業姿勢での最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)とExhaustion Timeとの関係は図9のようになる。各作業姿勢での両者の相関係数はSitting $r=0.963$ $P<0.001$ 、Horizontal $r=0.939$ $P<0.001$ 、Supine+45° $r=0.960$ $P<0.001$ といずれも高い有意な相関関数がえられた。また、同一 $\dot{V}O_2\max$ におけるExhaustion TimeについてみるとSittingに対してHorizontal及びSupine+45°は低い値を示した。

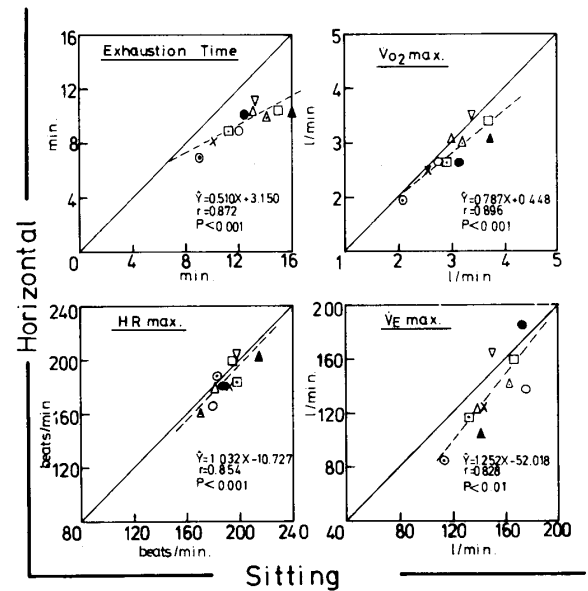


Fig. 10 Exhaustion time and maximal values for oxygen uptake, heart rate, ventilation during maximal leg exercise in the sitting position compared with corresponding values during maximal leg exercise in the horizontal position.

図10は、各被検者について、Exhaustion Time、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)、最大心拍数(HRmax)、最大換気量($\dot{V}_E\max$)のそれぞれについてSittingとHorizontalとを比較したものである。この図にみられる様に、Exhaustion Time、 $\dot{V}O_2\max$ 、HRmax、 $\dot{V}_E\max$ ともにSittingの方がHorizontalより高い値を示した。

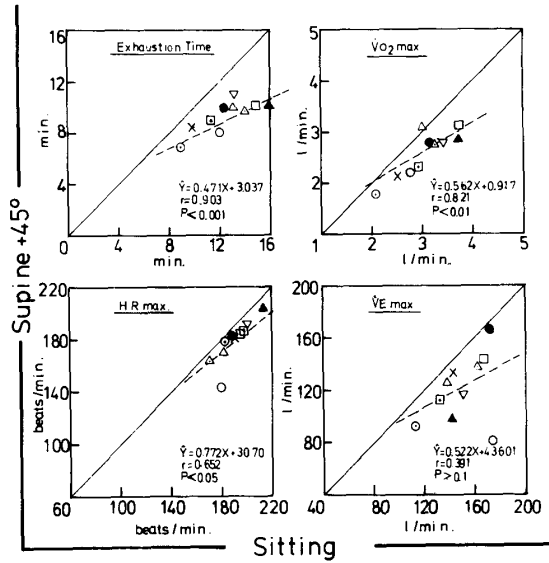


Fig. 11 Exhaustion time and maximal values for oxygen uptake, heart rate ventilation during maximal leg exercise in the sitting position compared with corresponding values during maximal leg exercise in the supine position with legs 45° up.

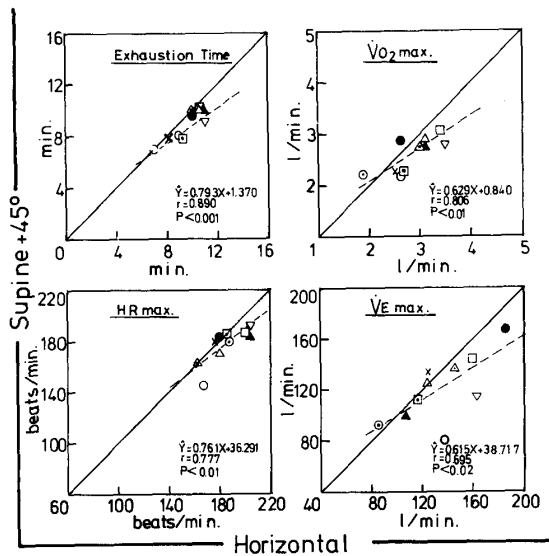


Fig. 12 Exhaustion time and maximal values for oxygen uptake, heart rate, ventilation during maximal leg exercise in the horizontal position compared with corresponding values during maximal leg exercise in the supine position with 45° up.

同様にSittingとSupine+45° についてみたのが図11である。前述の4項目ともSittingの方がSupine+45°より顕著に高い値を示した。また、HorizontalとSupine+45°との関係を見ると4項目とも45度ライン上にプロットが位置する傾向がみられているが、わずかにHorizontalの値の方がSupine+45°の値に比較して高い傾向を示している。(図12)

Positions Item	Sitting	Horizontal	Supine +45°
$\dot{V}O_2$ max (l/min)	3.00 ± 0.44	2.84 ± 0.43	2.62 ± 0.33
HRmax (beats/min)	189.6 ± 11.3	185.0 ± 13.7	177.1 ± 13.4
$\dot{V}E$ max (l/min)	149.04 ± 18.63	134.58 ± 28.16	121.45 ± 24.90
Exhaustion Time (min)	12.6 ± 2.0	9.6 ± 1.2	8.9 ± 1.0

Table 3. Maximal values during maximal leg exercise in the three different body positions.

作業姿勢別にExhaustion Time, $\dot{V}O_2$ max, HRmax, $\dot{V}E$ maxを平均値と標準偏差で示したのが表3及び図13である。この表3及び図13からわかるように各測定値ともにSittingが最も高い値を示し、次いでHorizontal, Supine+45°と低くなる傾向がみられた。そこでSittingを100%として各作業姿勢での値をパーセントで示すと図14のようになる。

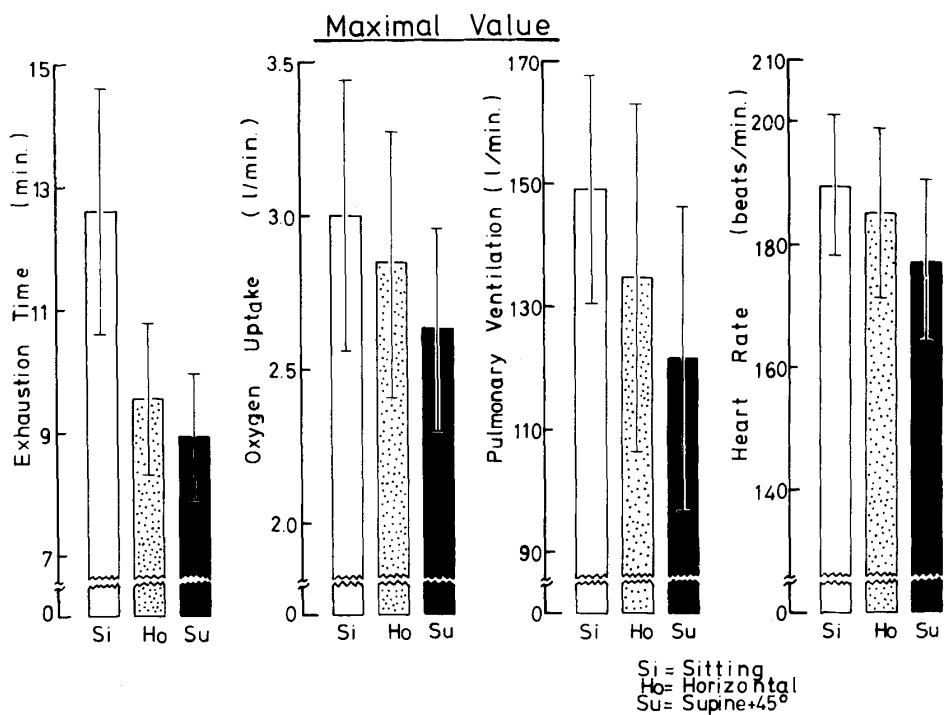


Fig. 13 Comparison of maximal value during maximal leg exercise with three different body positions.

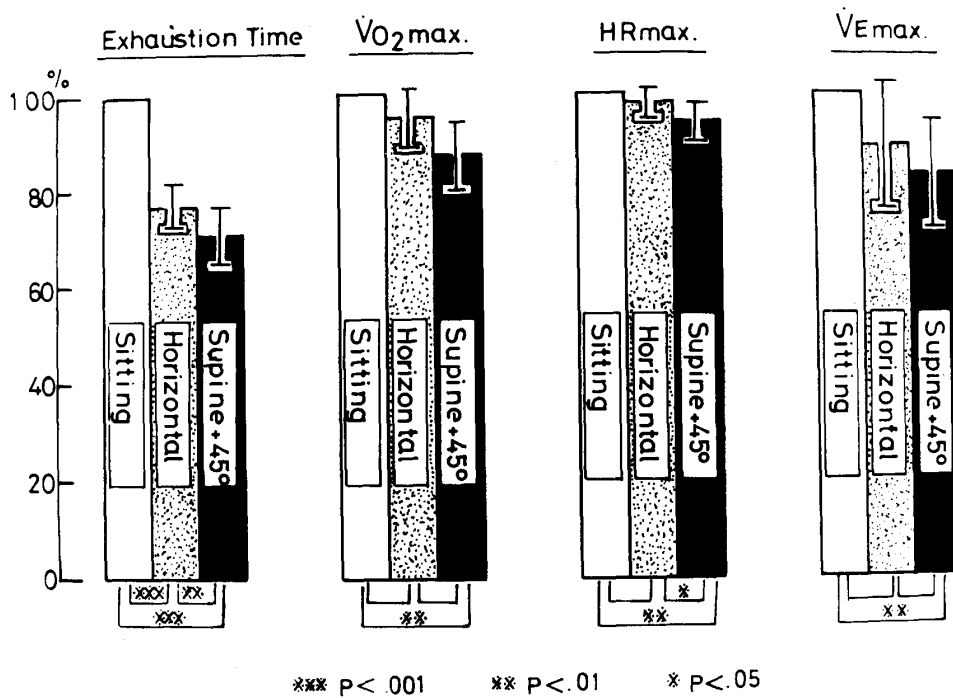


Fig. 14 Comparison of maximal values in the horizontal and supine with 45° up positions to maximal values in the sitting position.

Exhaustion TimeはSittingの100% に対してHorizontalでは76%、Supine+45° は71%とそれぞれ有意に低い値を示した($P<0.01$)。また、 $\dot{V}O_2\max$ についてもSittingの100%に対してSupine+45° は88%、HRmaxはSupine+45° で93%、 $\dot{V}E\max$ はSupine+45° が88%といずれも1%水準で有意な差が認められた。

論 議

本研究では座位(Sitting)、仰臥位(Horizontal)及び下肢挙上位(Supine+45°)の異なった3種の作業姿勢で自転車エルゴメーターによる最大及び最大下の脚作業を行なわせて作業姿勢が呼吸循環機能の応答に及ぼす影響を比較検討した。

肺機能検査の結果をみると、作業直後の吸気予備量(IRV)はいずれの作業強度においてもSittingが最も低く、逆に呼気予備量(ERV)ではSittingが最も高くなっている。これは、姿勢が変わることによって横隔膜に作用する重力が変化するために生じたものと思われる⁷⁾¹⁰⁾。

最大下作業中の酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と心拍数(HR)の関係を見ると3種の作業姿勢とも高い相関を示し、しかも作業姿勢間の差はほとんどみられない。これはÅstrandら¹⁾²⁾やHermansen⁸⁾が作業様式が異なっても酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と心拍数(HR)との関係はほぼ類似しているという報告と一致するものである。また、最大下作業中の呼吸循環機能の変化は作業姿勢間にはほとんど差はみられなかったが、これは姿勢が変化しても作業に参加する筋量がほぼ同じであったことを示唆するものである。

最大テストでの結果をみると、Exhaustion TimeはSittingを100%としたときHorizontalでは76%、Supine+45° では71%と後者の2姿勢ではかなり短い時間でExhaustionに至っていることがわかる。Exhaustion時の酸素摂

取量、心拍数、換気量をみるとSittingに比較して他の2姿勢は低い値であった。このことはHorizontalとSupine+45°の2姿勢では局所的な疲労が主な制限因子となり、呼吸循環機能にかなりの余裕を残してExhaustionに至ったものと思われる。また、その他に姿勢が変わることによって血液動態(Hemodynamics)に変化が生じその影響によってExhaustion Timeに差が生じたとも考えられる。

結 論

健康な成人男子10名(19~33才)について座位(Sitting)、仰臥位(Horizontal)及び下肢挙上位(Supine+45°)の3種の異なった作業姿勢により最大下及び最大脚作業を行なった結果、次のことが明らかになった。

1) 最大下作業において酸素摂取量と心拍数との間には3種の作業姿勢とも高い有意な相関関係がみられ、しかも、いずれの作業姿勢においても差異は認められなかった。これはÅstrandら¹⁾²⁾の $\dot{V}O_2$ とHRの関係は作業様式が異なってもほぼ同じ傾向を示すという報告と一致している。また最大下テスト中の呼吸循環機能の変化は姿勢が変わってもほぼ同一であるが、これは最大下では姿勢がかわっても運動に参加する筋量はほぼ同じであることを示唆するものである。

2) Exhaustion TimeはSittingに比較してHorizontalでは24%、Supine+45°では29%それぞれ低い値を示し、いずれも1%水準で有意であった。

3) 最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)はSittingでは3.00l/min, Horizontalでは2.84l/min, Supine+45°では2.62l/minであった。Sittingに比較してHorizontal及びSupine+45°はそれぞれ5%及び12%低い値であった。HRmax, $\dot{V}E\max$ もSittingよりSupine+45°の方が有意に低かった($P<0.01$)。

4) 最大作業テストでのExhaustion Time

や呼吸循環機能の応答に差が生じた原因として、HorizontalやSupine+45°では局所疲労が早く生じたこと、あるいは姿勢変化にともなう血液動態(Hemodynamics)の影響を考慮することができる。

REFERENCES

- 1) Åstrand, P. O., and B. Saltin: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16:977-981, 1961.
- 2) Åstrand, P. O., et. al.: Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J. Appl. Physiol.* 20(2): 253-256, 1965
- 3) Åstrand, P. O. and Rodahl, K.: *Textbook of work physiology.* 1970.
- 4) Albert B. Graiy, Jr.: Effect of position on expiratory reserve volume of the lungs. *J. Appl. Physiol.* 15(1): 59-61, 1960.
- 5) Bevegård, B. S. and John. T. Shepherd: Regulation of the circulation during exercise in man. *Physiol. Rev.* 47:178-213, 1967.
- 6) Bevegård, B. S., et. al.: Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J. Appl. Physiol.* 21(1):37-46, 1966.
- 7) Francisco Moreno and Harold A. Lyons: Effect of body posture on lung volumes. *J. Appl. Physiol.* 16(1): 27-29, 1961
- 8) Hermansen, L., and B. Saltin.: Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 26:31-37, 1969.
- 9) Vrijens, J. P. Hoekstra, J. Bouckaert and P. Van Uytvanock: Effects of training on maximal working capacity and haemodynamic response during arm and leg-exercise in a group of paddlers. *Europ. J. appl. Physiol.* 34, 113-119, 1975
- 10) Greenne, R. et. al.: Regional lung volumes during water immersion to the xiphoid in seated man. *J. Appl. Physiol.* 36(6): 734-736, 1974.
- 11) Vokac, Z. H. Bell, E. Butz-holter, and K. Rodahl: Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J. Appl. Physiol.* 39(1): 54-59, 1975.