

## 健常者の背臥位および座位運動における 呼吸・心臓血管系応答の比較

宮下 智・毛利 光宏・古川 順光・大森 圭  
内田 勝雄

### Difference in Respiratory and Cardiovascular Functions between Sitting and Supine Exercise in Healthy Subjects

Satoshi MIYASHITA, RPT, Ph.D., Mitsuhiro MOURI, RPT, M.A.,  
Yorimitsu FURUKAWA, RPT, M.A., Kei OMORI, RPT, B.A.,  
Katsuo UCHIDA, Ph.D.

**Abstract :** Exercise testing in supine posture is increasing in needs especially for disabled and elderly persons. However, practical evaluation of supine exercise testing is still insufficient compared with established ordinary seated testing. In the present study, 45 healthy young males had two exercise tests using supine bicycle ergometer as well as ordinary seated ergometer. Supine exercise was more local exercise than sitting exercise with restricted muscle activity. Maximal oxygen uptake and maximal work capacity in supine testing were lower by 20% than those in seated testing. Restriction of the muscle activity in supine position seems to be a more dominant factor than the reflex of baroreceptor to limit the exercise performance. Maximal cardiac output and maximal heart rate were not different between the two postures, indicating the increase in venous return. We conclude that such a difference in mechanical characteristics is critically important to produce lower maximal oxygen uptake in the supine exercise than in the sitting exercise.

#### 序 論

運動負荷テストは、トレッドミル、踏み台など  
労作機器を用いて立位運動で測定する方法や自転  
車エルゴメーターのサドルに座りペダルを漕ぐ直  
立座位運動（以下、座位）で測定することが一般  
的である。一方、心臓リハビリテーションの現場  
や脳卒中片麻痺等の発症により立位姿勢や座位姿  
勢を維持することが困難な老人や障害者に対する  
運動負荷テストでは、座位での運動は血液循環に

及ぼす重力の影響や姿勢維持の努力など、運動以  
外の要因が測定値に多大なる影響を及ぼす。背臥  
位運動には、このような要因を排除できる利点が  
ある。臨床応用の前段階として、背臥位運動にお  
ける健常者の呼吸・心臓血管系応答を理解してお  
くことが必要であるが、背臥位運動負荷テストの  
研究は、背臥位エルゴメーターの開発と同様にき  
わめて遅れている。我々は、これまでに運動姿勢  
を自在に変えられるエルゴメーター（スペースサ  
イクル SSR-FC）を開発し<sup>1)</sup>、この機器を使用して  
最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\max$ ）の50%以下の背臥位  
運動と背もたれを60°に設定した長座位運動中  
の呼吸・心臓血管系応答を比較検討してきた<sup>2,4)</sup>。

理学療法は身体運動を重力との関係から捉え、

山形県立保健医療短期大学理学療法学科  
〒990-2212 山形市上柳260番地  
Yamagata School of Health Science  
260Kamianagi, Yamagata-shi, 990-2212 Japan

運動の質的向上のみならず、持久性向上も重視する。しかし、障害の程度によっては、抗重力位姿勢をとることができない患者も多数いるため、背臥位等の姿勢で対応せざるを得ない。呼吸・心臓血管系機能応答から考えると、背臥位は心臓と下肢が同じ高さになるが、座位および立位では下肢が心臓よりも低い位置になるため、静脈還流に違いが生じることが考えられる。また運動を行う際には、体幹筋の固定作用など運動に対する筋の参加量にも違いが生じることが考えられる。このことから姿勢の違いが運動時の呼吸・心臓血管系機能に及ぼす影響を明らかにすることは、理学療法において重要である。

運動姿勢が  $\dot{V}O_2\max$  に及ぼす影響についての先行研究では Åstrand と Saltin (1961)<sup>5)</sup> の最初の報告と、その後 Bevegard ら (1966)<sup>6)</sup>、Stenberg ら (1967)<sup>7)</sup>、Eiken ら (1987)<sup>8)</sup>、Lorgeril ら (1990)<sup>9)</sup> の追試があり、背臥位運動の  $\dot{V}O_2\max$  が座位運動より約 10% 程度少ないことが明らかにされた。しかし、これらの研究ではそれぞれ被験者が 10 人前後と少ないこと、背臥位運動と座位運動における  $\dot{V}O_2\max$  の差が不明確であること、最大下運動中の呼吸・心臓血管系応答の特性については十分に結論づけられていない。

本研究では多数の一般健常若年男子を対象に漸増負荷試験を行い、異なった姿勢における呼吸・心臓血管系応答を求め、all-out に至る過程の中で酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) の差がどの程度存在するかを明らかにすることを目的とした。また、その差が運動姿勢に依存する静脈還流量の相違に起因するのか、運動様式の違いによる活動筋量の相違に起因するのかを関連する生理学的パラメーターを用いて検討した。

## 対象と方法

### 1. 対象

被験者は、研究の意義、方法について十分な説明を受け、理解、同意を得た上で参加した健常男子 45 名、平均年齢は 23.6 (SD = 55) 歳であった。

### 2. 方法

背臥位運動にはスペースサイクル SSR-FC (TS Health Systems 社製) を、座位運動にはエレクトロニック・エルゴメーター 829E 型 (モナーク社製) を使用した。

背臥位運動で使用したスペースサイクル SSR-FC は、0° から 90° まで設定可能なクライニング型背もたれ付きのエルゴメーターである。背臥位運動では、背もたれを 0° にし、車軸を心臓の高さに合わせた。上肢は左上肢肩関節を 30° 外転位とし、心臓の高さに合わせて台上に固定し、左手中指に血圧計 (Finapres, Ohmeda, CO, USA) を装着した。右上肢は主観的運動強度 (RPE) が書かれたボードを指で示せるように腹上に置かせた。座位運動では背臥位運動と同様に、左上肢を心臓水準に合わせた台上で血圧計を装着し、右上肢はハンドルを持たせた。臀部とペダルの距離は、背臥位運動、座位運動ともに一側下肢が最大伸展時に膝関節屈曲 10° であるように設定した。ペダリング頻度は 1 分間 60 回とした。被験者は、最初に行う運動を座位運動とするグループと背臥位運動とするグループに半数ずつ分け、3 時間以上の休憩時間を設け 2 種類の運動を同一日に実施した。各姿勢での安静時値を測定するため、運動開始前に座位および背臥位で各 5 分間の安静を維持した。運動負荷は 50Watts (以下、W)、100 W、150 W の漸増負荷運動とし、運動時間は背臥位と座位で各 5 分ずつ行った。 $\dot{V}O_2\max$  の測定は 150 W 負荷終了後、1 分間に 25 W ずつ負荷をあげて all-out に達するまで行った。all-out の基準は、 $\dot{V}O_2$  のレベリングオフ、予測最大心拍数 (HRmax) の達成、Borg の旧尺度を日本語表示に置き換えた小野寺、宮下の方法<sup>10)</sup>で「非常にきつい」とする、RPE (rating of perceived exertion) 19 以上のいずれかを示した時とした。また、不整脈及び心電図上での危険性が認められた時は、運動を直ちに停止することにしたが<sup>11)</sup>、本研究で該当者はなかった。運動負荷試験施行については、運動処方指針 (原著第 4 版)<sup>12)</sup>で示す手続きに従った。

換気量は、breath-by-breath 換気量測定器、フライッシュ型ニューモタコグラフ (共に WESTRON 社製) で測定した。呼気ガス分析は、同社の 180° 磁場型複式コレクター方式の総合呼気ガス分析装置 RL-600 を用い、一呼吸毎の酸素、二酸化炭素濃度を測定した。換気量とガス分析の結果は、インターフェイスを通して 32 ビットパーソナルコンピュータに入力し、測定中はリアルタイム管理をした。換気量 (STPD: Standard Temperature Pressure Dry) と各ガス濃度から  $\dot{V}O_2$ 、二酸化炭素

排出量, 呼吸交換率 (呼吸商), 酸素摂取率, 二酸化炭素排出率を算出した<sup>13)</sup>。心拍数 (HR) は ECU-10 (フクダ電子社製) を用い, 胸部誘導心電図法で測定し毎分毎の平均を記録した。また血圧は 1 分毎の平均値を記録した。測定で使用した Finapres は, 左手中指の動脈容積を一定にするように中指に巻かれたカフの圧力を, 継続的に光センサーによってフィードバック調節することで動脈血圧を知る機器であり, 動脈の拍動毎に収縮期と拡張期の血管壁圧の変化を正確に反映し, 橈骨動脈の血圧値とほぼ同等値を出力すると報告<sup>14,15)</sup>されている。各測定値は, 各運動負荷ステージ中の 4 分値と all-out 時の値を採用した。心拍出量 (Q) は各運動ステージの終了 30 秒前に, アセチレン-アルゴンガス再呼吸法により測定した。ガス分析には総合呼気ガス分析装置 RL-600 (WESTRON 社製) を用い, Q の決定は, Bonde-Petersen ら<sup>16)</sup>の方法に従った。

また以下に示すパラメーターについては計算で求めた。

- a) 一回心拍出量 (SV) =  $Q/HR$
- b) systemic 動静脈酸素濃度較差 ( $avDo_2$ ) =  $Vo_2/Q$
- c) 総末梢血管抵抗 (TPR) = 平均血圧 / Q
- d) 脈圧 = 収縮期血圧 (SBP) - 拡張期血圧 (DBP)
- e) 平均血圧 =  $DBP + 脈圧 / 3$
- f) 相対的運動強度 = 座位運動 (背臥位運動) の各運動負荷ステージでの  $\dot{Vo}_2 \times 100 /$  座位運動 (背臥位運動) の  $\dot{Vo}_2max$

なお  $avDo_2$  については, 本論文では計算上で求めており, その値は局所的なものではなく全体の状況を示すので, systemic  $avDo_2$  として使用する。

測定値の統計処理は, 最大運動 (all-out 時) の結果については, 対応のある t 検定を行った。また最大下運動 (安静時, 50 W, 100 W, 150 W 運動時) の結果については姿勢と運動強度を要因とする 2 要因分散分析 (2 要因とも反復測定) を用い, それぞれの主効果と交互作用を求めた。姿勢による主効果と交互作用が認められた場合は, 下位検定として, 運動強度における姿勢要因の単純主効果を求めた。また有意水準はそれぞれ 5% とした。

## 結 果

各測定値の平均値と標準偏差を表 1 に示す。

1. 被験者の  $\dot{Vo}_2max$  の平均は, 座位運動で 60.4 ml/kg/min, 背臥位運動では 47.5 ml/kg/min であり, 運動姿勢間に有意差 ( $t = 2.93, df = 44, p < 0.05$ ) が認められた。背臥位運動の  $\dot{Vo}_2max$  は, 座位運動に比較して 21.4% の低下が認められた。
2. all-out 時の仕事量は, 座位運動で 245 W, 背臥位運動では 215 W であり, 両者間に有意差 ( $t = 6.38, df = 44, p < 0.05$ ) が認められ, 座位運動と比較して背臥位運動の仕事量は, 12.2% の低下が認められた。
3.  $\dot{Vo}_2max$  に対する最大下運動中の各運動負荷ステージの相対的運動強度は, 座位および背臥位運動で差が生じなかった。
4. 最大下運動中の  $\dot{Vo}_2$  については, 姿勢の主効果 ( $F(1, 43) = 6.57, p < 0.05$ ) および, 姿勢と運動強度の交互作用 ( $F(3, 129) = 7.92, p < 0.05$ ) が認められた。100 W と 150 W でそれぞれ単純主効果 ( $F(1, 129) = 4.46, p < 0.05, F(1, 129) = 22.01, p < 0.05$ ) が認められたが, 安静時および 50 W では差を認めなかった。このことは運動強度が強くなるほど姿勢の影響が強いことを示している。
5. HR は, 運動強度の増大とともに増大したが ( $F(3, 129) = 1120.36, p < 0.05$ ), 姿勢の主効果 ( $F(1, 43) = 3.80$ ) は認められなかった。姿勢と運動強度の交互作用 ( $F(3, 129) = 15.7, p < 0.05$ ) について認められ, 150 W における単純主効果 ( $F(1, 129) = 4.01, p < 0.05$ ) が認められた。
6. Q は, 運動強度の増大とともに増大し ( $F(3, 93) = 183.63, p < 0.05$ ), 姿勢の主効果 ( $F(1, 31) = 15.18, p < 0.05$ ) も認められたが, 姿勢と運動強度の交互作用 ( $F(3, 93) = 0.60$ ) は認められなかった。
7. SV は, 運動強度の増大とともに増大し ( $F(3, 93) = 24.44, p < 0.05$ ), 姿勢の主効果 ( $F(1, 31) = 20.61, p < 0.05$ ) も認められたが, 姿勢と運動強度の交互作用 ( $F(3, 93) = 1.63$ ) は認められなかった。
8. Systemic  $avDo_2$ , SBP, DBP は, 運動強度の増大とともに増大するが ( $F(3, 62) = 13.97, p$

Table 1 運動強度と姿勢の違いによる各パラメーターの測定値

	安静時	50 W	100 W	150 W	all-out
仕事量 (W)					244.7 ± 39.0 214.9 ± 44.7**
相対的運動強度 (%)		30.1 ± 13.0 34.9 ± 7.2	52.4 ± 16.2 53.4 ± 10.5	76.1 ± 18.0 75.3 ± 14.0	
Vo <sub>2</sub> (ml/kg/min)	5.2 ± 1.8 5.0 ± 0.8	15.6 ± 6.6 15.9 ± 2.4	28.6 ± 11.3 24.4 ± 3.8*	44.1 ± 21.9 34.7 ± 6.0*	60.4 ± 20.2 47.5 ± 8.3**
HR (beats/min)	86.7 ± 14.3 83.9 ± 15.6	107.3 ± 14.7 111.1 ± 14.6	137.5 ± 16.2 133.2 ± 15.2	167.4 ± 16.6 160.9 ± 15.6*	183.0 ± 15.7 181.9 ± 16.0
Q (L/min)	6.2 ± 1.0 8.4 ± 2.7	10.6 ± 2.5 13.5 ± 4.4	14.3 ± 2.6 16.6 ± 4.6	18.0 ± 3.8 19.5 ± 6.3	
SV (ml)	71.0 ± 15.9 102.0 ± 32.7	101.6 ± 26.7 122.5 ± 38.4	106.4 ± 21.7 126.5 ± 39.0	109.9 ± 25.7 122.4 ± 39.0	
systemic avDo <sub>2</sub> (vol%)	6.0 ± 2.0 5.0 ± 2.0	9.0 ± 4.0 9.0 ± 3.0	13.0 ± 4.0 11.0 ± 3.0	16.0 ± 12.0 13.0 ± 4.0	
SBP (mmHg)	132.6 ± 13.9 132.2 ± 14.4	157.3 ± 20.0 158.4 ± 20.0	175.4 ± 21.9 178.8 ± 21.0	188.0 ± 20.6 198.0 ± 24.5	197.9 ± 30.2 219.9 ± 30.4
DBP (mmHg)	81.4 ± 10.9 75.5 ± 12.0	86.8 ± 15.0 82.8 ± 12.8	91.8 ± 18.3 88.6 ± 13.4	100.5 ± 16.9 96.0 ± 15.2	109.2 ± 22.7 103.1 ± 19.3
TPR (index)	16.6 ± 3.8 12.3 ± 4.6	10.8 ± 3.1 8.6 ± 2.9	8.5 ± 2.0 7.5 ± 1.8	7.4 ± 2.0 7.0 ± 1.7	

各項目の上段：座位運動, 下段：背臥位運動

平均値±標準偏差

\* 印は単純主効果での有意差 ( $p < 0.05$ )

\*\* 印は t-test での有意差 ( $p < 0.05$ )

$< 0.05$ ,  $F(3, 132) = 2824.41$ ,  $p < 0.05$ ,  $F(3, 132) = 1414.87$ ,  $p < 0.05$ ), 姿勢の主効果および姿勢と運動強度の交互作用は認められなかった。(F(1, 31) = 4.07, F(3, 62) = 0.51), (F(1, 44) = 1.63, F(3, 132) = 2.65), (F(1, 44) = 3.99, F(3, 132) = 1.43)。

9. TPR は、運動強度の増大とともに減少したが (F(3, 99) = 129.88,  $p < 0.05$ ), 姿勢の主効果および姿勢と運動強度の交互作用は認められなかった。(F(1, 31) = 4.07, F(3, 62) = 0.51)。

## 考 察

本研究の目的は姿勢と運動強度の違いによる呼吸・心臓血管系応答を明らかにすることであり、座位と背臥位運動で、安静時、50 W、100 W、150 W、all-out の各運動負荷ステージ毎に各パラメーターを求めた。運動強度については漸増負荷を行った結果、最大下運動中における相対的運動強度は、座位運動と背臥位運動ではほぼ同等であり、50 Wで約30%、100 Wが約50%、150 Wは約75%の運動強度であった。トレーニング時に使用される強度として、本研究から得られた強度は、50 W

は軽度、100 Wは中等度、150 Wは強度に分類される負荷と考えることができる。

最大運動については、作業量と運動時間が座位運動と背臥位運動では異なるために、本考察では、最大下運動と最大運動に分けて検討することにした。

### 1. 最大下運動中の呼吸・心臓血管系応答

100 W・150 Wの各運動負荷ステージでの $\dot{V}_{O_2}$ は、座位運動の方が背臥位運動よりも有意に高かったが、 $\dot{V}_{O_2}$ と相関するとされる心拍数は、150 Wの運動時にのみ座位運動で有意に大きかった。心臓の高さと血液還流という生理的特徴から考えて、背臥位運動では静脈還流量(前負荷)が増す結果、ベインブリッジ反射が働き座位運動と比較してHRが増大することが予測される。しかし、150 Wの運動時には、既にHRが大きく、ベインブリッジ反射が除脈に働いたと考えられる。100 Wの運動時に両群でHRに有意差がなかったことは、この運動強度ではベインブリッジ反射の効果よりも、両運動姿勢に共通な運動時交感神経緊張の効果の方が大きいことが示唆された。姿勢の違いによるHRの減少は、150 W運動負荷時、すなわち相対的

運動強度の約75%の時に認められた。 $\dot{V}_O_2$ , SVは、姿勢の主効果および運動強度の主効果は求められるものの、交互作用が認められなかったことについては、運動強度が増大するという要因と姿勢の違いによる要因が独立して作用している可能性がある。

Eikenら<sup>8)</sup>は、背臥位運動の脚部運動筋血流量は座位よりも低いと報告している。また、脚運動筋への血流量が座位よりも背臥位で低ければ、 $\dot{V}_O_2$ およびQから算出され、末梢での酸素利用度を示すavDo<sub>2</sub>は背臥位運動で大きくなるはずであると説明している。本研究で求めたsystemic avDo<sub>2</sub>は、背臥位運動では座位運動と比較し同等もしくは低値を示したことから、脚部運動筋の血流量は、むしろ背臥位運動で確保されていたことが推察された。

Bevegardら<sup>6)</sup>は局所運動の方がavDo<sub>2</sub>は小さくなると報告していることから、100 W, 150 W負荷運動時には、背臥位運動は座位運動と比較して、より局所的な運動になっていたと考えることができる。systemic avDo<sub>2</sub>の結果は、運動強度が増強するに従い、座位運動がより全身運動に近くなったことを示唆している。背臥位運動は座位運動に比べ活動筋が限られており、運動の持続に集中的な脚部運動筋血流量が必要であったと考えられる。座位運動で体重をかけるペダリングを許可したことによって、100 W以上の座位運動がより全身運動に近かったのに対し、背臥位運動では運動に参加する当該活動筋の筋量が少なく、制限された脚の筋運動となっていたものと考えられる。座位運動では左上肢を血圧測定のために台上に置かせたが、右上肢でハンドルを握ることを許可したため、運動強度が増強するにつれ、上半身が運動に参加しやすかったのに対して、背臥位運動では上半身が体重により背もたれに固定され、運動への参加が難しく、脚部のみによる運動に近かったと考えることができる。100 W運動負荷以上で $\dot{V}_O_2$ が背臥位運動より座位運動で有意に高値を示したことは、座位運動での上半身の参加が100 W運動負荷から顕著になっていると考えることができる。そして運動強度が高まるほど、座位運動との差が拡大するのは、背臥位運動では参加する活動筋群が比較的限られているのに、座位運動では運動強度がまずにつれて、運動の継続と姿勢維持のために運動

に参加する筋群が増加するためと考えられる。

背臥位運動は座位運動と比較して、下肢と心臓が同じ水準であり、重力に対する全身の血流環流という点で静脈還流量（前負荷）が大きく、運動への上半身の参加が難しいという点で動脈圧（後負荷）が大きい（TPRが大きい）運動になりやすいと解釈できる。

## 2. 最大運動での呼吸・心臓血管系応答

背臥位運動による $\dot{V}_O_2$ maxは、座位運動に比較して約20%低く、有意な差であった。この背臥位運動による $\dot{V}_O_2$ maxの減少は、先行研究<sup>5-9)</sup>を支持するものであったが、低下率はこれまでの報告の10%以下に対し、約2倍の大きさであった。また背臥位運動のall-out時仕事量(W)も座位運動より約10%減少していた。両群ともにHRmax(220-年齢)にほぼ到達し、RPEは19以上を示した。すなわち最大努力の客観的指標<sup>17)</sup>の2項目を満たしていたことから、両姿勢での運動は最大運動の状態に到達していたものと考えられる。

Eikenら<sup>8)</sup>の研究では、姿勢による最大運動能力の差は、末梢運動筋への環流圧の差であると結論している。背臥位運動では脚部の静水圧が低く、運動筋の環流圧が低いために、十分な血流の供給が行えないことが原因としている。しかし、本研究では最大下運動時の結果からも推察できるように、血流量の供給だけの問題とは考えにくい。むしろall-out時の収縮期血圧が背臥位運動で高く、交感神経緊張により全身の血圧を増加させ、運動筋の環流圧を維持する働きがあらわれたものと解釈できる。最大運動時には、運動に参加する当該活動筋量が背臥位運動と座位運動で差が生じることから、背臥位運動で $\dot{V}_O_2$ maxが有意に低くなったものと考えられる。

## 結 論

背臥位運動では座位運動に比べ静脈還流量が大きくなるのが期待されるが、本研究の結果から、最大下運動から最大運動に到達する過程では、運動筋の動員が背臥位運動では困難になるという機械的な運動形式の効果がより大きく反映することが示唆された。このような一般健常成人の漸増負荷試験時、運動姿勢の違いによる呼吸・心臓血管系応答を理解した上で臨床に臨むことの必要性が示された。

## 参考文献

- 1) 川久保清, 郡司篤晃・他: エルゴ SSR 開発およびその実用化に関する基礎的研究報告. 東京大学医学部保健学科保健管理学教室エルゴ SSR 開発・実用化研究会資料, 1990.
- 2) Miyashita, S., Haruna, Y. et al: Effects of posture on cardiorespiratory responses during mild exercise. *J Phys Ther Sci.* 7: 21-25, 1995.
- 3) 宮下 智: 直立位と臥位の姿勢の違いが最大下及び最大運動中の呼吸・心臓血管系に及ぼす影響 (第1報). 第28回日本理学療法士学会誌 P33, 1993.
- 4) 宮下 智: 運動強度と姿勢の違いによる呼吸・心臓血管系応答の比較 (第2報). 第29回日本理学療法士学会誌 P407, 1994.
- 5) Åstrand, P. O., B. Saltin: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16, 977-981, 1961.
- 6) Bevegard, S., U.Freychuss, et al: Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J. Appl. Physiol.* 21 (1): 37-46, 1966.
- 7) Stenberg J, Åstrand, P. O. et al: Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J. Appl. Physiol.* 22, 61-70, 1967.
- 8) Eiken, O., H. Bjurstedt.: Dynamic exercise in man as influenced by experimental restriction of blood flow in the working muscles. *Acta Physiol Scand* 131, 339-345, 1987.
- 9) Lorgetil, M., J. Laurier. et al: Computerized determination of lactate threshold during three modes of exercise. *Heart Vessels.* 5 (2), 76-80, 1990.
- 10) 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性運動における主観的運動強度と客観強度の対応性, - Rating of perceived exertion の観点から - . *体育学研究*, 26: 680-686, 1976.
- 11) 郡司篤晃 監修: 健康運動指導者必携キーワード. 医道の日本社, 東京, P.44. 255, 1991.
- 12) 日本体力医学会体力科学編集委員会 編: 運動処方指針 (原著第4版). 南江堂, 東京, 1993.
- 13) 鈴木洋児: 質量分析計の人体生理学への応用. フクダ電子資料, 1981.
- 14) Imholz, B. P. M., G. A. van Montfrans, et al: Reliability of Finapres device during the Valsalva manoeuvre. *Cardiovasc. Res.* 22: 390-397, 1988.
- 15) Wesseling, K. H., J. J. Settels et al: Effect of peripheral vasoconstriction on the measurement of blood pressure in a finger. *Cardiovasc. Res.* 19: 139-145, 1985.
- 16) Bonde-Petersen, F., P. Norsk. et al: A comparison between freon and acetylene rebreathing for measuring cardiac output. *Aviat. Space and Environ. Med.* 11: 1214-1221, 1980.
- 17) 山地啓司: 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院, 東京, P.14-17, 1994.

—1999.12.22. 受稿, 2000.1.14. 受理—

## 要 約

背臥位運動は、障害者や高齢者の運動負荷試験として必要性が増している。本研究では背臥位運動の臨床応用に関する基礎データを得るために、健常若年男子45名が通常用いられる自転車エルゴメーターと、背もたれがあり背臥位運動可能なエルゴメーターを用いて運動した時の呼吸・心臓血管系応答を比較した。その結果、100W、150W、all-out時の背臥位運動における酸素摂取量は座位運動における値より有意に減少していた。座位運動に比べ背臥位運動では、最大仕事量および最大酸素摂取量が約20%低下した。背臥位運動は、使われる共同筋が制限された運動形式であり、部分的運動(局所運動)になりやすく、主動作筋の疲労が座位運動より低い負荷で生じてしまったためと考えられる。一方、心拍出量は、座位運動と背臥位運動の間で有意な差がなかった。心拍数は150Wの運動時のみ背臥位運動の方が有意に小さかった。酸素摂取量が座位運動よりも背臥位運動で小さかったにもかかわらず、心

宮下 智, 他: 健常者の背臥位および座位運動における呼吸・心臓血管系応答の比較

拍出量および心拍数に両群で有意差がなかったことは、背臥位運動では運動筋の動員が困難となるという運動様式の影響も考慮する重要性が示唆された。

キーワード: 背臥位運動, 座位運動, 呼吸・心臓血管系応答