

氏名(本籍)	お <sup>が</sup> わ <sup>たけ</sup> <sup>し</sup> 小 川 剛 司 (岐阜県)		
学位の種類	博 士 (体育科学)		
学位記番号	博 甲 第 4448 号		
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	急性低圧下における高強度運動時の運動パフォーマンスおよび呼吸循環応答に関する研究		
主 査	筑波大学助教授	教育学博士	西 保 岳
副 査	筑波大学教授	学術博士	西 平 賀 昭
副 査	筑波大学助教授	医学博士	征 矢 英 昭
副 査	筑波大学教授	医学博士	鯨 坂 隆 一

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

#### (目的)

高地トレーニングは、平地および高地での運動パフォーマンスの向上を目的として、運動競技者の間で用いられてきた。しかしながら、高地トレーニングによって平地での競技パフォーマンスが向上したことを報告する研究がいくつもある一方で、効果がなかったとする報告も少なくない。したがって、トレーニング効果がより高くかつ科学的な裏付けのある高地トレーニング法を開発することは体育・スポーツ科学に科せられた重要な課題である。しかしながら、急性低圧下における運動時の呼吸循環応答のメカニズムについても明らかであるとは言えず、特に、運動トレーニング法として用いられるような、間欠的な短時間高強度運動時の低圧下での運動パフォーマンスや呼吸代謝応答はほとんど明らかでない。また、有酸素能力の指標である最大酸素摂取量 ( $VO_{2max}$ ) が低圧下で低下する機序も明らかであるとは言えない。低圧下での  $VO_{2max}$  低下の程度には、換気量 (VE) が関係することが考えられている。しかしながら、運動時の換気調節に関連があると考えられる化学感受性や気道や肺における機械的な抵抗といった要因が低圧下での高強度運動時の換気調節に関係するかは明らかでない。そこで本研究では 1) インターバル運動中の運動パフォーマンスや呼吸代謝応答に対する低圧の影響と、2) 低圧下での  $VO_{2max}$  に対する換気量調節機序の影響に関して検討することを目的として 5 つの実験課題を設定した。

#### (対象と方法)

本研究では、陸上中長距離選手および健康な男性を被験者として、高強度運動を標高 2,500m 相当の低圧下と常圧下において行い、このときの運動パフォーマンスや呼吸循環応答を調べた。

#### (結果・考察)

実験 I-1 では、陸上中距離選手において、MART (20 秒の漸増負荷走運動を 100 秒の休息を挟んで繰り返す) を低圧下で行い、運動パフォーマンスを調べた。別に行った  $VO_{2max}$  テストにおいて、 $VO_{2max}$  は低圧下において大きく低下したものの (18.1%)、MART において、運動パフォーマンスの指標である  $V_{max}$  は両環境下

で有意な差は見られなかった。これらの結果から、陸上中距離選手において、MARTのような漸増負荷による間欠的な短時間運動では、有酸素能力が低下するような中程度の低圧下でも、運動パフォーマンスは常圧下と同程度発揮できることが示唆された。

実験 I-2 では、低圧下において MART を行い、そのときの呼吸代謝応答を調べた。その結果、低圧下で常圧下よりも  $VO_2$  は低値を示し、酸素借は高値を示した。これらの結果から、MART のような漸増負荷による間欠的な短時間運動時のパフォーマンスは低圧下において、無酸素代謝が有酸素代謝の低下分を補償することにより維持できることが示唆された。

実験 II-1 では、安静時に常圧下において、吸気酸素または二酸化炭素濃度を徐々に変化させていき、その時の換気応答を調べることで低酸素および高二酸化炭素呼吸化学感受性酸素 (HVR および HCVR) を評価した。また、常圧下と低圧下において  $VO_{2max}$  テストを行った。その結果、HVR と低圧下での  $VO_{2max}$  の低下の程度、 $VE \cdot VO_2^{-1}$  および動脈血酸素飽和度 ( $SaO_2$ ) との間にそれぞれ相関関係が見られ、低酸素に対する呼吸化学感受性は中程度の低圧下での  $VO_{2max}$  および運動中の呼吸循環応答に影響を及ぼすことが示唆された。一方で、HCVR と低圧下での  $VO_{2max}$  および運動中の呼吸循環応答の間に有意な関係は見られなかった。

実験 II-2 では、安静時および運動時に HVR を測定した。また、常圧下と低圧下において  $VO_{2max}$  テストを行い、運動時の HVR と低圧下での  $VO_{2max}$  の低下の程度や呼吸循環応答との関係を検討した。その結果、HVR は運動強度が高くなるにつれて高くなった。また、安静時および運動時の HVR は、それぞれ低圧下での  $VO_{2max}$  低下の程度と関係が見られ、運動によって呼吸化学感受性が高くなっても、低圧下での有酸素能力との関係は変化しないことが示唆された。

実験 II-3 では、通常空気 (Air) とヘリウム混合ガス ( $HeO_2$ ) のそれぞれを吸入した条件において、低圧下で  $VO_{2max}$  テストを行った。その結果、低圧下での  $VE_{max}$ 、 $VO_{2max}$  および  $SaO_2$  は  $HeO_2$  吸入時において Air 吸入時よりも高くなった。これらのことから、機械的な呼吸抵抗は、低圧下での高強度運動時の  $VE_{max}$  の制限要因であることが示唆され、低圧下の  $SaO_2$  および  $VO_{2max}$  に影響を及ぼすことが示唆された。

以上、本研究の結果から、1) 低圧下での漸増負荷による短時間のインターバル運動時には、常圧下よりも無酸素代謝が多く動員されることによって、有酸素代謝の寄与の低下分を補償し、運動パフォーマンスが維持されることや、2) 呼吸化学感受性や機械的な呼吸抵抗は、低圧下での最大運動時の呼吸循環応答に影響を及ぼし、 $VO_{2max}$  低下と関係することが示唆された。これらの結果は、高地トレーニング計画の立案などをおして、高地トレーニングの効果を高めるためにも有用な知見であると考えられる。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、急性低圧下での高強度運動時の運動パフォーマンスや呼吸循環応答に関して、特に 1) 低圧下での間欠的な運動時の運動パフォーマンスおよび呼吸代謝応答、2) 低圧下での有酸素能力低下の生理学的機序を明らかにすることを目的として、5つの実験から構成されていた。実験 I の 2つの実験では、漸増負荷による間欠的な短時間運動時の運動パフォーマンスおよび呼吸代謝応答に対する低圧の影響について検討がなされ、低圧下においても、常圧下よりも無酸素代謝が多く動員されることによって、有酸素代謝の寄与の低下分を補償し、漸増負荷による間欠的な短時間運動時の運動パフォーマンスは維持されることが示唆された。実験 II の 3つの実験では、低圧下での高強度運動時の呼吸循環応答に対する低酸素呼吸化学感受性 (HVR) および、気道や肺における呼吸抵抗の影響について検討がなされ、安静時および運動時の HVR は、低圧下での最大運動時の呼吸循環応答に影響を及ぼし、最大酸素摂取量 ( $VO_{2max}$ ) の低下の程度と関係することが示唆された。また、呼吸抵抗は、HVR とは別に、低圧下での最大運動時の換気量の制限要因となり、

VO<sub>2max</sub>を制限することが示唆された。これらの一連の知見は、特に、鍛錬者における低圧下での運動パフォーマンスおよび呼吸代謝応答について明らかにし、低圧下での有酸素能力の低下に換気調節機序が関与することを示唆し、さらに効果の高い高地トレーニング法の開発についても示唆を与えられる重要な論文として専門委員会で高く評価された。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資質を有するものと認める。