

原 著

常酸素および低酸素環境下における相対強度運動時の 心拍数と血中乳酸 —低および中強度に着目して—

久米大祐*1 山形高司*2 脇本敏裕*3 長尾光城*3 松枝秀二*4 長尾憲樹*3

要 約

本研究では、健康成人男性8名を対象とし、常酸素および低酸素環境下における相対強度運動時の心拍数(HR)と血中乳酸(BLa)を低および中強度から比較検討した。被験者は常酸素および常圧低酸素環境下(酸素濃度14.4%)において自転車エルゴメータを用いた漸増運動テストを行い、その後、それぞれの環境下において40%および60%最高酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)強度での40分間の定常運動テストを行った。実験の結果、漸増運動テストの40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ においてHR、BLaともに環境間で有意差はみられなかった。同様に、40% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおいても両パラメータに環境間で有意差はみられなかった。しかしながら、60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおいてはHRに環境間で有意差がみられなかったにも関わらず、BLaは低酸素環境で有意に高値を示した。本研究から、中程度の相対強度による定常運動時ではBLaは低酸素環境で高値を示すことが明らかとなった。また、このことは事前に行う漸増運動テストからは推測することが困難であることが示唆された。

1. 緒言

近年、常圧低酸素システムを利用した低酸素環境の普及が進み、多くの人々が運動トレーニングの場として低酸素環境を利用できるようになった。これまでに、低酸素環境下における運動トレーニングに関する研究が多数報告されており、持続的アスリートのパフォーマンスにとって有益なトレーニング効果をもたらすことが示されている¹⁻³⁾。また、最近では低酸素トレーニングによる生活習慣病改善・予防の可能性も見出されつつある⁴⁻⁶⁾。そのため、今後はアスリートの運動トレーニングのみならず、健康増進や疾病予防を目的とした運動処方などにも低酸素トレーニングが導入されることが考えられ、低酸素環境の幅広い利用が予想される。

運動トレーニングや運動処方を進める上で、運動強度の設定は極めて重要な要素である。生理学的指標の中でも、最大もしくは最高酸素摂取量(以下 $\dot{V}O_{2max}$ 、 $\dot{V}O_{2peak}$)に対する割合(以下% $\dot{V}O_{2max}$ 、

% $\dot{V}O_{2peak}$)は体力科学領域において運動強度の指標としてその中核に位置付けられている。運動強度の設定とトレーニングの実施については、漸増運動テストより得られた測定値に基づいてターゲットとする運動強度(% $\dot{V}O_{2max}$ 、% $\dot{V}O_{2peak}$)を算出し、その強度による定常運動を負荷することが一般的である。

しかしながら、呼気ガス測定には非常に高価な測定機器が必要であり、測定を行うことができるのは大学や研究所あるいは一部の医療機関などに限られてしまうのが現状である。現場においては測定の簡便さや測定機器の技術的進歩⁷⁾から心拍数(以下HR)あるいは血中乳酸(以下BLa)が運動強度の指標として中心的な役割を担っている。これらの生理パラメータは常酸素環境のみならず低酸素環境においても使用されており、低酸素トレーニングに関するいくつかの先行研究では、常酸素群と低酸素群のトレーニング時のHRもしくはBLaを同値に合わ

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 *2 浦和大学 総合福祉学科

*3 川崎医療福祉大学 健康体育学科 *4 川崎医療福祉大学 臨床栄養学科

(連絡先) 久米大祐 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: w8509001@kwmw.jp

せることで環境間のトレーニング強度を同一に揃えたと仮定している^{8,11)}。

一方で、運動強度の指標として常酸素環境において用いられてきたこれらの生理パラメータを、低酸素環境においても同様に使用することが不適切であることを指摘する報告もみられる^{12,13)}。Friedmannらは長距離ランナーを対象として常酸素環境と酸素濃度15%の低酸素環境下でトレッドミルによる漸増運動テストを行った際、Individual Anaerobic Threshold (以下IAT, 約 $80\dot{V}O_{2max}$ 相当)においてHRは低酸素環境で有意に低値を示したと報告している¹²⁾。さらに、Friedmannらは同環境下においてIAT強度での60分間の定常運動を行ったところ、HRは低酸素環境で有意に低値を示したが、BLaは有意ではないものの低酸素環境で反対に高値を示す傾向があったと報告している¹³⁾。これらの研究結果から、各環境において相対的に同じ強度で運動を行った場合、HRとBLaの環境間に差異が生じるものと推察できる。先行研究では長距離ランナーを対象としていたが、前述したように今後は運動処方などにも低酸素トレーニングが取り入れられる可能性があるため、持続的アスリートではない健康成人を対象とした研究が望まれる。

そこで、本研究では、健康成人の運動処方を想定し、常酸素および低酸素環境下における相対強度運動時のHRとBLaを低および中強度から比較検討した。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は健康成人男性8名(年齢 24 ± 4 歳, 身長 171.0 ± 4.5 cm, 体重 65.3 ± 6.9 kg)であった。被験者には口頭と書面にて研究の目的, 方法, 起こりうる危険性を十分に説明し, 参加の同意を得た。実験の条件として被験者には, 実験前日の飲酒, 実験当日のカフェイン類の摂取および激しい運動を禁止した。尚, 本研究は川崎医療福祉大学倫理委員会の承認(承認番号90)を得た後に実施した。

2.2 実験の進行

最初に, 常酸素および常圧低酸素環境下(酸素濃度14.4%)において漸増運動テストを行った。その後, それぞれの環境下において40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストを行った。実験はそれぞれ異なる日の同時刻に行い, 実施順序は被験者ごとにランダムとした。

2.3 常圧低酸素システム

被験者への低酸素暴露は, 酸素分離膜(PRISM Nitrogen Membrane PA4030-P1-4A-00; Air

Products)を利用した自作の装置によって低酸素ガスを発生させ, それをビニール製のミキシングチャンバー内で水蒸気と混合し, 呼吸マスクを介して吸引させるものとした。同システムを用い酸素濃度のみを変化させ, 全ての実験において被験者には実験環境を明かさず, ブラインドした状態で行った。

2.4 漸増運動テスト

運動には自転車エルゴメータ(Aerobike 75XL; COMBI)を使用し, 多段階漸増負荷法を用いた。ミキシングチャンバー内のガスの吸引と同時に自転車エルゴメータ上での5分間の座位安静を開始した。安静終了後, ウォーミングアップとして90Wでの運動を4分間行い, 以降は2分ごとに30Wずつ負荷を漸増し, 疲労困憊に至るまで運動を継続させた。ペダル回転数は60rpmとした。呼気ガスは呼吸マスクを介して各運動負荷ステージの終盤30秒間にダグラスバッグに採気し, 呼気ガス中の酸素濃度と炭酸ガス濃度は質量分析計(model WSMR-1400; WESTRON), 呼気ガス量は乾式ガスメータ(DS-5; SHINAGAWA)を用いて測定した。HRはハートレートモニター(S610; POLAR), 動脈血酸素飽和度(以下 SpO_2)は左手指尖部にプローブを装着してパルスオキシメータ(OLV-2100; NIHON KOHDEN)によって測定した。BLaは右手指尖部から微量採血を行い, BLa測定器(Lactate Pro, ARKRAY)を用いて測定した。HR, SpO_2 , BLaについても各運動負荷ステージの終盤30秒間に測定した。

2.5 定常運動テスト

各環境における40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での40分間の定常運動をそれぞれ行った。漸増運動テストと同様にガスの吸引と同時に自転車エルゴメータ上での5分間の座位安静を開始し, 安静終了後, 40分間の定常運動を行った。測定項目はHR, BLaおよび SpO_2 とし, 安静時と運動中は5分ごとに測定した。

2.6 統計処理

測定値は全て平均値 \pm 標準偏差で示した。漸増運動テストにおける測定値の環境間の差の検定には, 対応のあるt検定を用いた。定常運動テストにおける測定値の環境間の差の検定には, 環境条件と時間を要因とする二元配置反復測定分散分析およびBonferroniの多重比較を用いた。統計処理にはSPSS 15.0 for Windowsを用い, 有意水準はいずれも5%未満とした。

3. 結果

3.1 漸増運動テスト

漸増運動テストの最大運動時における各測定値を表1に示した。最高作業能力（以下PPO）は低酸素環境で有意に低値を示した。最高換気量（以下 $\dot{V}E_{peak}$ ）には環境間で有意差はみられなかったが、 $\dot{V}O_{2peak}$ は絶対値、体重当たりの相対値ともに低酸素環境で有意に低値を示した。最高HR（以下 HR_{peak} ）と最高BLa（以下 BLa_{peak} ）には環境間で有意差はみられなかった。SpO₂は低酸素環境で有意に低値を示した。

表1 漸増運動テストの最大運動時における各測定値

*は条件間の有意差を示す

Variables	Normoxia	Hypoxia
PPO (W)	270.0 ± 32.1	236.3 ± 25.0*
$\dot{V}E_{peak}$ (L/min)	118.2 ± 19.3	111.4 ± 19.5
$\dot{V}O_{2peak}$ (L/min)	3.18 ± 0.36	2.50 ± 0.31*
$\dot{V}O_{2peak}$ (ml/kg/min)	49.3 ± 4.5	38.3 ± 4.1*
HR_{peak} (beats/min)	189.6 ± 9.2	186.6 ± 12.0
SpO ₂ (%)	95.5 ± 4.0	82.0 ± 4.7*
BLa_{peak} (mmol/L)	12.1 ± 1.7	11.8 ± 2.0

漸増運動テストの40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ における各測定値を表2に示した。作業能力（以下PO）と $\dot{V}O_2$ は両強度ともに低酸素環境で有意に低値を示した。一方で、HRとBLaには環境間で有意差はみられなかった。

表2 漸増運動テストの40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ における各測定値

*は条件間の有意差を示す

Variables	40% $\dot{V}O_{2peak}$		60% $\dot{V}O_{2peak}$	
	Normoxia	Hypoxia	Normoxia	Hypoxia
PO (W)	82.4 ± 18.7	66.8 ± 15.5*	143.3 ± 22.2	120.6 ± 18.0*
$\dot{V}O_2$ (L/min)	1.28 ± 0.15	1.00 ± 0.12*	1.92 ± 0.23	1.50 ± 0.18*
HR (beats/min)	106.3 ± 9.7	112.0 ± 11.0	139.9 ± 11.6	138.7 ± 10.8
BLa (mmol/L)	1.7 ± 0.4	2.0 ± 0.6	3.2 ± 0.5	3.5 ± 0.8

3.2 定常運動テスト

40% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおけるHR、BLaおよびSpO₂の経時的変化を図1に示した。HRおよびBLaは環境間で有意差はみられず、同様に推移した。SpO₂は安静時から運動時を通じて低酸素環境で有意に低値を示した。

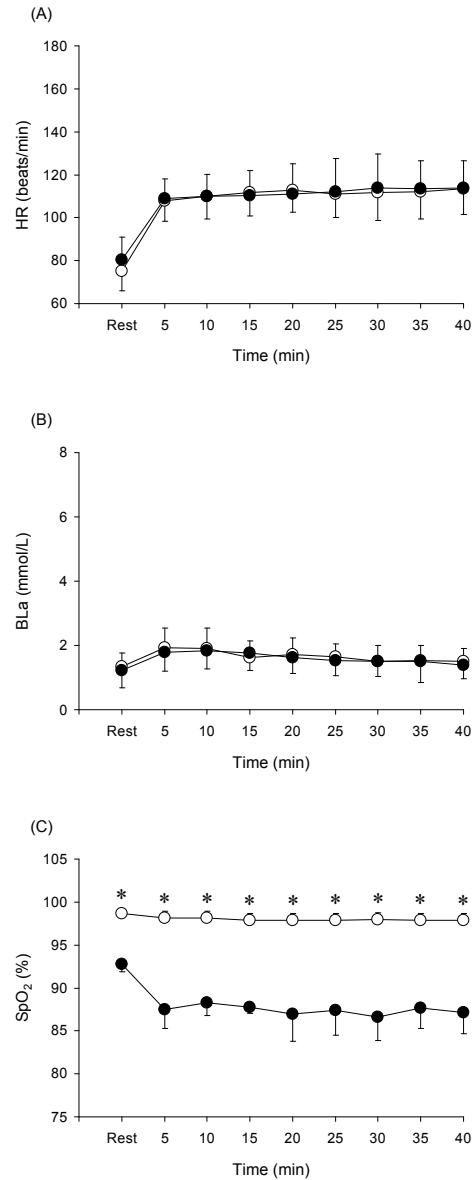


図1 40% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおけるHR (A)、BLa (B) および SpO₂ (C) の経時的変化
○は常酸素、●は低酸素を示す
*は条件間の有意差を示す

60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおけるHR、BLaおよびSpO₂の経時的変化を図2に示した。HRは環境間で有意差はみられず、同様に推移した。一方で、BLaは運動開始20分以降において低酸素環境で有意に高値を示した。SpO₂は安静時から運動時を通じて低酸素環境で有意に低値を示した。

4. 考察

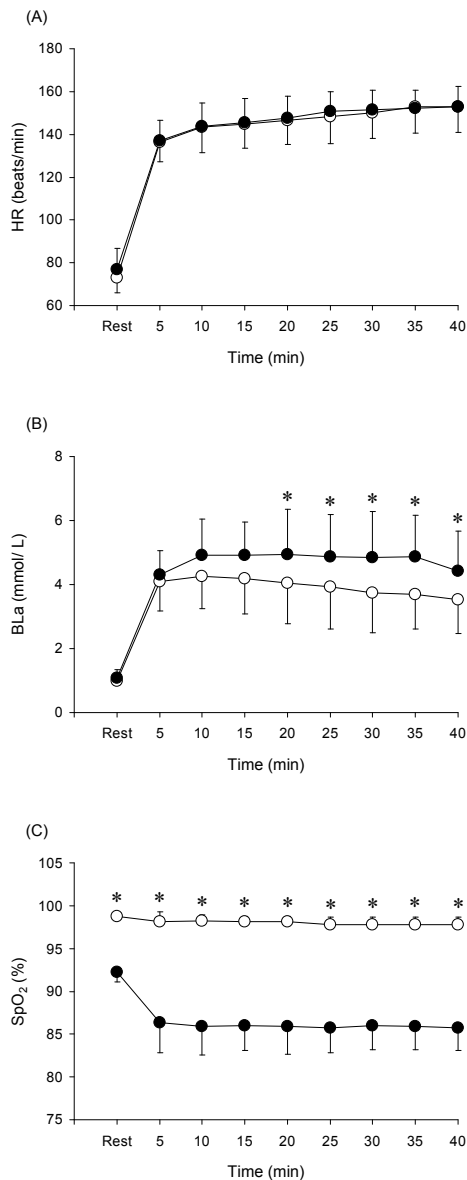


図2 60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおけるHR (A), BLA (B) および SpO₂ (C) の経時的変化
○は常酸素, ●は低酸素を示す
*は条件間の有意差を示す

本研究の漸増運動テストの結果に関して、40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ ともにHRに環境間で有意差はみられなかった。これはIAT (約80% $\dot{V}O_{2max}$ 相当)においてHRが低酸素環境で有意に低値を示したFriedmannらの研究結果¹²⁾とは異なるものであった。この要因として比較した運動強度が異なることがあげられたため、本研究においても80% $\dot{V}O_{2peak}$ から検討を行ったが環境間で有意差はみられなかった(167.6±11.9 vs 163.1±10.5beats/min; 常酸素 vs 低酸素)。何故、このような違いがみられたのかについては、最大運動時のHRに環境間で違いがある

か否かが関与していると推測する。すなわち、本研究ではHR_{peak}に環境間で有意差がみられなかったのに対し、Friedmannらの報告ではHR_{max}は低酸素環境で有意に低値を示しており¹²⁾、このことが最大下相対強度のHRに反映したものと考えられる。低酸素暴露による最大運動時のHRの低下には有酸素能力レベルが関与し、常酸素環境下での $\dot{V}O_{2max}$ が高い者ほど低下しやすい傾向があることが報告されている¹⁴⁾。本研究に参加した被験者は活動的な生活習慣を有してはいたが習慣的に持続的なトレーニングは行っておらず、常酸素環境における $\dot{V}O_{2peak}$ も高水準ではなかった(表1)。先行研究¹²⁾では長距離ランナーを対象としており、この点に違いがあった。これらのことから、最大運動時のHRに環境差がなければ、漸増運動テストにおける最大下相対強度のHRの値にも環境間で違いが生じない可能性が示唆される。

本研究では漸増運動テストの40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ ともにBLAに環境間で有意差はみられなかった。この結果は先行研究¹²⁾を支持するものであり、BLA_{peak}に環境間で有意差がみられなかった本研究の結果に関しても、多くの研究¹²⁻¹⁵⁾と一致するものであった。

本研究の定常運動テストの結果に関して、40%および60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度ともにHRに環境間で有意差はみられなかった。Friedmannらは長距離ランナーを対象とし、各環境においてIAT強度での60分間の定常運動を行ったところ、HRは低酸素環境で有意に低値を示したと報告している¹³⁾。この研究結果は本研究と異なるものであるが、事前に行った漸増運動テストにおいてHR_{max}は低酸素環境で有意に低値であった¹³⁾。そのため、前述したように最大運動時のHRの環境間の違いが最大下相対強度での定常運動時のHRにも影響したものと推察する。本研究の結果から、最大運動時のHRに環境間で違いがなければ、最大下相対強度による定常運動時のHRにも環境差は生じない可能性が示唆される。

本研究では40% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストにおけるBLAに環境間で有意差はみられなかった。一方で、60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度ではHRに環境間で有意差がみられないにも関わらず、運動開始20分以降で低酸素環境において有意に高値を示した。40% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度においてBLAに環境差がみられなかったのは、運動強度が低く各環境ともにBLAの上昇がわずかだったためだと考えられる。60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度の結果は先行研究の傾向¹³⁾と類似したものであり、BLAがある程度上昇するような運動強度ではその値は低酸素環境で高値を示す傾向があるものと推察する。運動

時における乳酸の代謝に関して、運動時に活動筋から産生された乳酸は血中へ放出され、その後、その他の骨格筋（主に遅筋線維）や心筋によって取り込まれ酸化されることが知られている^{16,17}。したがって、BLaは単に活動筋からの乳酸の産生量を表しているのではなく、産生とその他の組織による取り込みのバランスを反映していることとなる。このように運動時の乳酸代謝は複雑であり、本研究の60% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度での定常運動テストで生じたBLaの環境差についての詳細なメカニズムをここで明らかにすることはできない。しかしながらそのメカニズムは何であれ、本研究の結果は、健常成人男性を対象として各環境において中程度の相対強度による運動負荷を行う場合、運動強度のモニタリングに同一BLaを用いると⁹⁻¹¹低酸素環境下での運動強度を過小評価してしまう可能性があることを示唆するものである。また、興味深いことに、本研究の漸増運動テストの結果からは（表2）このことを推測することは困難であった。先行研究から、同一負荷であっても漸増運動時と定常運動時ではBLaの値に差異が生じ、定常運動時において有意に高値を示すことが報告されている^{18,19}。そのため、短時間（本研究では2分）で負荷を漸増した際に得られた測定値では長時間の定常運動時の動態を必ずしも把握することができず、それは常酸素環境よりも低酸素環境でより顕著であると考えられる。

本研究の結果は低酸素環境下での運動強度の設定やそのモニタリングを行う際に有用な基礎的資料と

して期待できるが、いくつか考慮すべき点があるもの事実である。第一に、低酸素トレーニングを実施する際の酸素濃度は一様ではなく、本研究の実験環境（酸素濃度14.4%）以外の環境下においては傾向が異なる可能性が考えられる。第二に、漸増運動テストのプロトコールは実施者によって多種多様であり、プロトコールが異なれば得られる測定値にも差異が生じるため²⁰、この点についても考慮しなければならないだろう。第三に、低酸素環境下における運動時のBLaは短期間で変化する可能性が見出されているため^{11,21}、本研究で得られた知見は低酸素トレーニングの導入初期段階においてのみ有用なものになると考える。今後、現場で研究成果を応用するためには更なる検討を行い、数多くのデータを蓄積することが必要不可欠である。

5. まとめ

本研究では、健常成人男性を対象とし、常酸素および低酸素環境下における相対強度運動時のHRとBLaを低および中強度から比較検討した。その結果、中程度の相対強度による定常運動時ではHRに環境間で違いがみられないにも関わらず、BLaは低酸素環境で高値を示すことが明らかとなった。また、このことは事前に行う漸増運動テストからは推測することが困難であることが示唆された。

稿を終えるに際して、本研究に被験者として参加して頂いた皆さんに深く感謝致します。

文 献

- 1) Hendriksen IJ and Meeuwse T : The effect of intermittent training in hypobaric hypoxia on sea-level exercise: cross-over study in humans. *European Journal of Applied Physiology*, **88**(4-5), 396-403, 2003.
- 2) Dufour SP, Ponsot E, Zoll J, Doutreleau S, Lonsdorfer-Wolf E, Geny B, Lampert E, Flück M, Hoppeler H, Billat V, Mettauer B, Richard R and Lonsdorfer J : Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, **100**(4), 1238-1248, 2006.
- 3) Roels B, Bentley DJ, Coste O, Mercier J, Millet GP : Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, **101**(3), 359-368, 2007.
- 4) Haufe S, Wiesner S, Engeli S, Luft FC and Jordan J : Influences of normobaric hypoxia training on metabolic risk markers in human subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **40**(11), 1939-1944, 2008.
- 5) Netzer NC, Chytra R and Küpper T : Low intense physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia. *Sleep Breath*, **12**(2), 129-134, 2008.
- 6) Wiesner S, Haufe S, Engeli S, Mutschler H, Haas U, Luft FC and Jordan J : Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight to obese subjects. *Obesity (Silver Spring)*, **18**(1), 116-120, 2010.
- 7) Pyne DB, Boston T, Martin DT and Logan A : Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, **82**(1-2), 112-116, 2000.

- 8) Burtescher M, Nachbauer W, Baumgartl P and Philadelphia M : Benefits of training at moderate altitude versus sea level training on amateur runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **74**(6), 558–563, 1996.
- 9) Vogt M, Puntschart A, Geiser J, Zuleger C, Billeter R and Hoppeler H : Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *Journal of Applied Physiology*, **91**(1), 173–182, 2001.
- 10) Geiser J, Vogt M, Billeter R, Zuleger C, Belforti F and Hoppeler H : Training high–living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *International Journal of Sports Medicine*, **22**(8), 579–585, 2001.
- 11) 脇本敏裕, 三秋欣彦, 中嶋雅子, 長尾光城, 松枝秀二, 長尾憲樹 : 短期間の低酸素吸入を伴う運動負荷と10日間の脱トレーニングが有酸素的作業能力および運動中の血中乳酸応答に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌, **15**(2), 455–461, 2006.
- 12) Friedmann B, Bauer T, Menold E and Bärtsch P : Individual Variation in the Reduction of Heart Rate and Performance at Lactate Thresholds in Acute Normobaric Hypoxia. *International Journal of Sports Medicine*, **26**(7), 531–536, 2005.
- 13) Friedmann B, Bauer T, Menold E and Bärtsch P : Exercise with the Intensity of the Individual Anaerobic Threshold in Acute Hypoxia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **36**(10), 1737–1742, 2004.
- 14) Benoit H, Busso T, Castells J, Geysant A and Denis C : Decrease in peak heart rate with acute hypoxia in relation to sea level $\dot{V}O_{2max}$. *European Journal of Applied Physiology*, **90**(5–6), 514–519, 2003.
- 15) Benoit H, Busso T, Prieur F, Castells J, Freyssenet D, Lacour JR, Denis C and Geysant A : Oxygen uptake during submaximal incremental and constant work load exercises in hypoxia. *International Journal of Sports Medicine*, **18**(2), 101–105, 1997.
- 16) Brooks GA : Lactate: link between glycolytic and oxidative metabolism. *Sports Medicine*, **37**(4–5), 341–343, 2007.
- 17) 八田秀雄 : 乳酸は疲労物質ではなく酸化基質. 体育の科学, **59**(3), 162–167, 2009.
- 18) Foxdal P, Sjödin A and Sjödin B : Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, **17**(5), 360–365, 1996.
- 19) Bourgois J and Vrijens J : Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **77**(1–2), 164–169, 1998.
- 20) Gullestad L, Myers J, Bjornerheim R, Berg KJ, Djoseoland O, Hall C, Lund K, Kjekshus J and Simonsen S : Gas exchange and neurohumoral response to exercise: influence of the exercise protocol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **29**(4), 496–502, 1997.
- 21) 山本正嘉 : 常圧低酸素室を利用したLiving Low-Training High方式の高所トレーニング : その有効性とトレーニングの実際. 臨床スポーツ医学, **21**(1), 31–37, 2004.

(平成23年5月27日受理)

Heart Rate and Blood Lactate During Relative Intensity Exercise in Normoxia and Hypoxia: Focus on Low and Moderate Intensity

Daisuke KUME, Takashi YAMAGATA, Toshihiro WAKIMOTO, Mitsushiro NAGAO, Shuji MATSUEDA and Noriki NAGAO

(Accepted May 27, 2011)

Key words : hypoxic training, relative intensity, heart rate, blood lactate

Abstract

The purpose of the present study was to investigate heart rate (HR) and blood lactate (BLa) during relative intensity exercise in normoxia and hypoxia in healthy males, especially focused on low and moderate intensity. Eight subjects performed the incremental exercise tests using a cycle ergometer in both normoxia and normobaric hypoxia (O_2 14.4%). Afterwards, they performed the constant-load exercise tests for 40-min at the intensity corresponding to 40% and 60% of peak oxygen uptake ($\dot{V}O_{2peak}$) in both conditions. At 40% and 60% $\dot{V}O_{2peak}$ during the incremental exercise tests, both HR and BLa were not significantly different between each condition. Also, both parameters were not significantly different between each condition during the constant-load exercise tests at 40 % $\dot{V}O_{2peak}$. However, during the constant-load exercise test at 60% $\dot{V}O_{2peak}$ in hypoxia, BLa was significantly higher than that of in normoxia, even though HR was not significantly different between each condition. These results suggest that during the constant-load exercise at relative moderate intensity in each environment, BLa is higher in hypoxia than normoxia. Moreover, this phenomenon could not be presumed by the preliminarily performed incremental exercise test.

Correspondence to : Daisuke KUME

Doctoral Program in Health Science

Graduate School of Health Science and Technology

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-Mail : w8509001@kwmw.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.21, No.1, 2011 87–93)