

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13165

研究課題名(和文)常圧低酸素環境の特性を生かした新たなスポーツトレーニング方法の開発

研究課題名(英文)Development of new sports training method which is used by characteristics of normobaric hypoxic condition

研究代表者

森 寿仁(MORI, Hisashi)

兵庫県立大学・環境人間学部・講師

研究者番号：90794298

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究で、吸気酸素濃度を容易に変化させられる常圧低酸素環境の特性を利用した新たな低酸素トレーニングの方法を開発する上での知見を得ることを目的とした。実施した2つの研究成果から、内分泌応答および生理応答は血中よりも骨格筋内の酸素飽和度の影響を受けやすいため、それを考慮した吸気酸素濃度の設定が低酸素トレーニングを実施する上で重要であること、反復性スプリント運動の休息中における5分程度の通常酸素吸入では、その後の運動パフォーマンスおよび生理応答に好影響も悪影響も及ぼさないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、低酸素トレーニングを実施する際に一律の酸素濃度で実施するよりも、個人の運動時における筋内の酸素飽和度をモニタリングしながら吸気酸素濃度を設定することによって効果の高い低酸素トレーニングが実施できる可能性を示すものである。また、全スプリント運動の休息時における通常酸素の吸入が発揮パワーや生理応答に影響を及ぼさなかったことは、トレーニング中は低酸素室内に滞在しても、滞在しなくても運動パフォーマンスおよび身体への生理的負荷は変わらないことを示す結果と言える。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study was to develop a new hypoxic training method using characteristics of normobaric hypoxia, which can change easily hypoxic levels. On the first study, endocrine and metabolic responses during aerobic exercise were affected by muscle oxygenation (i.e. StO₂) rather than blood oxygenation (i.e. SpO₂). This result suggests that muscle oxygenation level should be monitored when setting hypoxic levels during training. On the second study, we concluded that resting in either hypoxia or normoxia between two sessions of repeated sprint exercise in hypoxia, maximal power output and metabolic responses were similar. These results suggest that there are no positive (i.e. increase training intensity) or negative (i.e. decrease metabolic stress) effects whether resting in hypoxia or normoxia when repeated sprint training is performed.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：常圧低酸素 個人差 酸素飽和度 有酸素性トレーニング スプリントトレーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年開発された常圧低酸素室は、室内の酸素濃度を自由に設定することができ簡便性に優れている。しかし、常圧低酸素室は実際の高地の代替手段として考えられ、その利点を生かしたスポーツトレーニング方法に関してはこれまでのところ検討が行われてこなかった。したがって、その特性をうまく利用した低酸素トレーニング方法は、従来から実施されているすべての対象者が低酸素室内に滞在して実施するトレーニング方法よりも効果を最大化できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、常圧低酸素環境において自由に酸素濃度を変えられるという特性を生かした新たなスポーツトレーニング方法を開発することを目的とした。研究の目的を達成するために、2つの研究を実施した。研究1として、低酸素環境におけるトレーニング効果の個人差が、血中および骨格筋内の酸素飽和度の個人差と関連しているだろうという仮説を検証するために、同一酸素濃度環境下における有酸素性運動時の血中および骨格筋内の酸素飽和度が生理応答および内分泌応答に及ぼす影響を明らかにした。研究2として、短時間高強度運動においてエネルギー基質として多く利用されるクレアチンリン酸の回復が酸素濃度依存적であるということから、低酸素環境における短時間高強度運動を2セッション実施する際のセッション間における通常酸素気の吸入が、発揮パワーおよび生理応答に及ぼす影響を検証し、トレーニング機会の中で吸気酸素濃度を変化させることによる効果を明らかにした。

3. 研究の方法

【研究1】成人男性12名を対象に、60% $\dot{V}O_{2max}$ 強度での60分間のペダリング運動を通常酸素環境(酸素濃度: 20.9%)および低酸素環境(酸素濃度: 14.5%)で実施した。運動前から運動終了180分後にかけて採血し、血中乳酸濃度、pH、血中酸素分圧、二酸化炭素分圧、血清成長ホルモン、コルチゾール濃度を測定した。また、運動中には動脈血酸素飽和度(SpO_2)、血中酸素含有量(CaO_2)および筋酸素飽和度(StO_2)を評価した。

【研究2】大学運動部に所属する男子学生10名を対象に、ハイパワーエルゴメーターを用いた反復性スプリント運動をランダムに3条件実施させた。その内訳は、運動中、休息中ともに通常酸素(酸素濃度: 20.9%, NN条件)または低酸素(酸素濃度: 13.6%, HH条件)を吸入する条件(つまり、トレーニング中に酸素濃度は変化しない条件)、運動中は低酸素、休息中は通常酸素を吸入する条件であった(HN条件)。運動プロトコルは、(6秒間の全力スプリント運動 - 30秒間の休息) × 8本 × 2セッション(セッション間は6分間の休息[内5分間はダグラスバックに溜められた通常酸素気または低酸素気を吸入])であった。測定項目はペダリング時の発揮パワー、酸素摂取量、二酸化炭素排出量、血中乳酸濃度などであった。

4. 研究成果

【研究1】 SpO_2 と CaO_2 の間には有意な正の相関関係が認められたが($r=0.732$, $P=0.007$)、 StO_2 と SpO_2 ($r=0.167$, $P=0.605$)および CaO_2 ($r=0.101$, $P=0.754$)の間には有意な相関関係は認められなかった。つまり、血中における酸素飽和度が低かったとしても骨格筋内における酸素飽和度は必ずしも低くはならないことが明らかとなった。次に、 SpO_2 、 CaO_2 および StO_2 と各種測定項目の相関関係をみたところ、 StO_2 と血中pHの間には有意な正の相関関係が認められたが($r=0.605$, $P=0.037$)、その他の指標との間に有意な関連は認められなかった。以上のことから、筋の酸素飽和度は低酸素環境において内分泌応答(特に筋内での代謝)に影響する可能性があり、筋酸素飽和度を考慮した吸気酸素濃度の設定がトレーニング効果を高める上で重要である可能性があることが示された。

【研究2】すべての条件間で1セッション目および2セッション目の平均発揮パワーに有意な違いは認められなかった(1セッション目 NN条件: 697 ± 137 W, HN条件: 693 ± 129 W, HH条件: 685 ± 121 W; 2セッション目 NN条件: 666 ± 118 W, HN条件: 654 ± 107 W, HH条件: 646 ± 91 W)。一方、2セッション目終了直後の血中乳酸濃度は、NN条件と比較して、HNおよびHH条件が高値を示し、HN条件とHH条件の間には有意差は認められなかった(NN条件: 14.4 ± 2.4 mmol/L, HN条件: 17.7 ± 2.3 mmol/L, HH条件: 17.5 ± 3.8 mmol/L)。以上のことから、低酸素環境における反復性スプリント運動は、通常酸素環境で実施する同トレーニングと比較して、機械的なストレスは同等でありながら代謝的なストレスは高く、それはセッション間の休息時に通常酸素気を吸入したとしても変化がないことが示された。

本研究は2つの研究で構成されているが、言及できる内容には限界がある。今後は、運動種目、運動強度、酸素濃度、休息时间などを変えながら、様々な状況下における異なる酸素濃度の吸引条件について検討する必要がある。しかし、現時点における以上の研究成果をまとめると、低酸素環境下における筋での代謝的な刺激を高めるのであれば、筋酸素飽和度をモニタリングしながら、個人に合わせた酸素濃度を個別に選択するトレーニング方法が良い可能性があり、短時間の休息であれば通常酸素環境でも低酸素環境のどちらで休息を行ったとしても、機械的(すなわち、発揮パワー)および代謝的(すなわち、血中乳酸濃度)な運動刺激は変わらない可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Katayama Keisho, Goto Kazushige, Ohya Toshiyuki, Iwamoto Erika, Takao Kenji, Kasai Nobukazu, Sumi Daichi, Mori Hisashi, Ishida Koji, Shimizu Kaori, Shiozawa Kana, Suzuki Yasuhiro	4. 巻 51
2. 論文標題 Effects of Respiratory Muscle Endurance Training in Hypoxia on Running Performance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 1477-1486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1249/MSS.0000000000001929	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森寿仁, 笹子悠歩, 山本正嘉	4. 巻 38
2. 論文標題 富士山山頂における夜間睡眠時の動脈血酸素飽和度 (第2報) ; 山頂における高所順応および脱順応過程に着目して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 登山医学	6. 最初と最後の頁 109-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤雄太, 森寿仁 (責任著者), 小山田和行, 藤田英二, 山本正嘉	4. 巻 10
2. 論文標題 補助トレーニングとして行う自転車エルゴメーターを用いた高強度インターバルトレーニングは柔道競技に必要とされる持久力を向上させる	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 175-187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤雄太, 森寿仁, 奥島大, 小山田和行, 藤田英二, 山本正嘉	4. 巻 9
2. 論文標題 間欠的な全力ペダリングテスト時の発揮パワーによる柔道選手の瞬発力および持久力の評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 227-237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yatsutani H, Mori H, Ito H, Hayashi N, Okazaki K, Goto K
2. 発表標題 Erythropoietin Response to Endurance Exercise under Heat and Hypoxic Conditions
3. 学会等名 67th ACSM Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayashi N, Yatsutani H, Mori H, Ito H, Goto K
2. 発表標題 Effects Of Endurance Exercise Under Heat And Hypoxia On Hcpidin Responses
3. 学会等名 67th ACSM Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森寿仁, 八津谷陽香, 伊藤宏人, 林七虹, 後藤一成
2. 発表標題 低酸素環境下における運動時の血中および筋酸素動態と内分泌応答の関係
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林七虹, 八津谷陽香, 森寿仁, 伊藤宏人, 後藤一成
2. 発表標題 暑熱・低酸素環境での持久性運動がヘプシジンの分泌応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八津谷陽香, 森寿仁, 伊藤宏人, 林七虹, 岡崎和伸, 後藤一成
2. 発表標題 暑熱・低酸素環境での持久性運動に対するエリスロポエチンの応答
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森寿仁, 笹子悠歩, 山本正嘉
2. 発表標題 富士山山頂における夜間睡眠時の動脈血酸素飽和度(第2報); 山頂における高所順応および脱順応過程に着目して
3. 学会等名 第38回日本登山医学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mori H., Hwang H., Goto K.
2. 発表標題 The relationship between inter-individual variation of SpO2 and endocrine responses under moderate hypoxic condition
3. 学会等名 22nd Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森寿仁, Hwang Hyejung, 後藤一成
2. 発表標題 低酸素環境下での運動時の動脈血酸素飽和度の個人差が内分泌応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片山敬章, 岩本えりか, 大家利之, 後藤一成, 高尾憲司, 笠井信一, 角大地, 石田浩司, 清水香, 後藤歌奈子, 森寿仁, 鈴木康弘
2. 発表標題 呼吸筋活動の増加に対する血圧応答; 低酸素環境での呼吸筋トレーニングによる影響
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mori H., Goto K.
2. 発表標題 Influence of blood and muscle oxygenation levels during exercise in hypoxia on endocrine regulations
3. 学会等名 2nd International seminar of sports science between Japan and Korea (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----