

高度に対する個人内および個人間での適応状況の違いを考慮した 低酸素トレーニング処方成功事例ー自転車ロード競技選手を対象としてー

清水都貴¹⁾, 安藤隼人²⁾, 黒川剛³⁾, 山本正嘉⁴⁾

¹⁾鹿屋体育大学体育学部(現:チームブリヂストン・アンカー)

²⁾鹿屋体育大学大学院(現:ミウラ・ドルフィンズ(株))

³⁾鹿屋体育大学学生課

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

キーワード: 自転車競技, 低酸素トレーニング, 高所トレーニング, 常圧低酸素室,
living low-training high

【概要】

K 大学自転車競技部のロード選手は, 過去数年間, 常圧低酸素室を用いて living low-training high 方式の低酸素トレーニングを行ってきた. このうちの1名 (MS) は, 大学入学後の1年次から3年次まで, 3年間連続でこのトレーニングを行ったが, その効果は1年次が最も大きく, その後は年々小さくなっていった. その原因として, 高度を毎年, 2000m 相当の酸素濃度に設定していたために, 低酸素環境に対する馴れが生じ, トレーニング刺激が弱まったことが考えられた. そこで4年次には, トレーニング期間中に生じる低酸素環境への適応状況にあわせて, 高度を上昇させるというガイドラインを作成・導入した. その結果, MS は再び1年次のような大きなトレーニング効果を得ることができた. またこのガイドラインを他の4名の選手にも適用したところ, いずれの選手にも良好な結果が得られた. 以上の結果から, 低酸素トレーニングにおいて高度設定を行う際にも, 一般的な持久力や筋力のトレーニングと同様, 過負荷および個別性の原則を考慮することが重要であると考えられた.

スポーツパフォーマンス研究, 2, 259-270, 2010 年, 受付日:2010 年 9 月 30 日, 受理日:2010 年 12 月 1 日

責任著者:山本正嘉 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 鹿屋体育大学 yamamoto@nifs-k.ac.jp

Individualized training altitude prescription in “living low-training high” method by using a normobaric hypoxic room -Case studies for road cyclists-

Miyataka Shimizu¹⁾, Hayato Ando²⁾, Tsuyoshi Kurokawa³⁾, Masayoshi Yamamoto⁴⁾

¹⁾ Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

(presently Team Bridgestone Anchor)

2) Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

(presently Miura Dolphins KK)

3) Student Section, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

4) The Center for Sports Training Research and Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: road bicycle racing, hypoxic training, high altitude training, normobaric hypoxic chamber, living low-training high method

[Abstract]

For the past several years, the road racing cyclists of the K University bicycle racing team have been conducting hypoxic training with a living low-training high method, using a normobaric hypoxic chamber. One of them (MS) trained this way for the first 3 years after entering the university. Although the effect was large in the first year, it became smaller year after year. It was thought that because the oxygen concentration was always set to an altitude of 2000 m, his body had adapted to the hypoxic conditions, thus weakening the effects of the training. In his fourth year, following a new guideline, the altitude set was raised in relation to any adaptation to the hypoxic conditions that had occurred during earlier training. After that, the effect that MS obtained from the training was as large as in his first year. Moreover, when this guideline was applied to four other cyclists, all of them also obtained excellent results. The present results suggest that when setting the altitude for hypoxic training, it is as important in cycling as it is in general endurance and strength training to consider the principle of overload and the individual's adaptation to the training.

1. 緒言

K大学自転車競技部では、1999年から常圧低酸素室を用いた低酸素トレーニングを導入し、競技力の向上を図ってきた。そして試行錯誤の結果、競技会直前の2～5週間、高度2000m相当の低酸素室内で、1日に30分間の高強度運動を週3回程度行う、というliving low-training high方式での高所トレーニング(注1)を、通常環境でのロードトレーニングと並行して行うと、競技能力の改善に効果があることがわかってきた。また生理応答の測定結果からも、このようなトレーニングによって最大下運動時における乳酸蓄積の抑制をはじめ、換気量、酸素摂取量、心拍数の低下といった改善が起こりうることも明らかになった(狩野ら2001, 前川ら2004)。

自然の高地に長期間滞在して行う従来型の高地トレーニングでは、体調を崩しやすい、トレーニングの質や量が低下しやすい、といった欠点が指摘されてきた。しかし著者らが用いているトレーニング方式の場合、低酸素環境に曝露される時間が非常に短いため、体調を崩す危険性が小さい。また短時間に限って高強度運動を行うので、質の高い高所トレーニングを行える。さらに、余った時間で通常環境でのトレーニングもこなすことができ、十分なトレーニング量の確保もできる、といった様々なメリットがある(山本2000)。

著者の1人(MS)は自転車競技選手として、大学入学後の1～3年次(2000～2002年)まで、3年間連続で同じ競技会(全日本学生選手権個人タイムトライアル)に向けて、この低酸素トレーニングを行ってきた。その際のトレーニング高度(注2)は、毎年2000m相当に設定していた。その結果、1～2年次はトレーニング効果を体感でき、競技会でも2年連続で優勝できた。しかし3年次になると、低酸素トレーニングの効果を十分に体感できず、競技会でも準優勝にとどまった。

そこで、3年間の低酸素トレーニング時の生理データを検討した結果、年々その効果が小さくなっていることが明らかとなった(事例1)。選手としての主観でも、3年次のトレーニング時には、低酸素の負荷が物足りないという感覚を持った。また同様の意見は、この低酸素トレーニングを複数回体験した他の選手たちからも聞かれた。

そこで、4年次となる2003年には、一連の低酸素トレーニング期間の中で、低酸素の負荷が不足していると感じたり、生理応答に改善傾向が見られた場合には、設定高度を上げる(酸素濃度を下げる)こととした。その結果、MSには再び大きなトレーニング効果が現れて競技会でも優勝することができ、また同じ方針で低酸素トレーニングを行った他の4名の選手についても好結果が得られた(事例2)。

本稿では、この2つの事例について報告し、低酸素トレーニング時に高度の設定を行う際にも、通常の持久力や筋力のトレーニングと同様、「過負荷」および「個別性」の原則を適用することの重要性を述べるとともに、その具体的なガイドラインについて紹介するものである。

2. 方法

事例1. MS選手を対象とした3年間の低酸素トレーニングのモニタリング

被験者は、K大学の自転車競技部員1名(MS)で、全国大会での優勝経験を多数持ち、国内で

はトップレベルの選手であった。MSは1年次に初めて低酸素トレーニングを行い、以後3年次まで、3年間連続でこのトレーニングを行った(図1)。

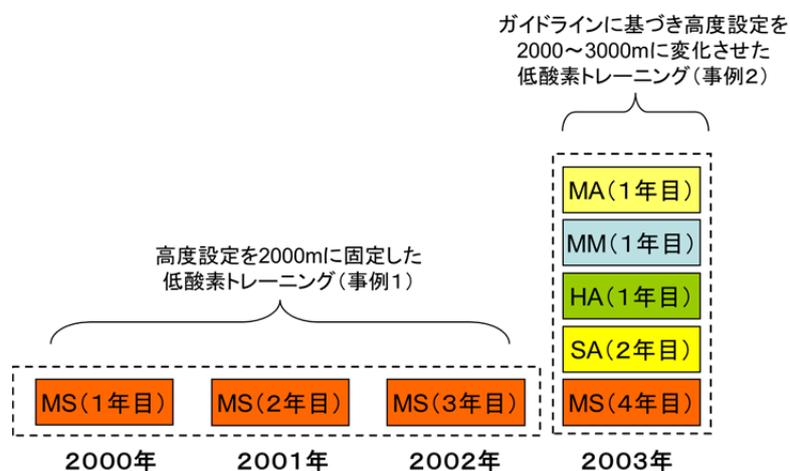


図1. 本研究の概要 ()内は各被験者の低酸素トレーニングの経験年数を表す。

低酸素トレーニングは、毎年6月下旬に開催される全日本学生選手権(個人タイムトライアル)に照準を合わせて行った。被験者は、高度 2000m 相当(酸素濃度 16.4%)に設定した常圧低酸素室(トレーニング環境シミュレータ, エスペック社製)の中で、自身の競技用自転車を用い、3本ローラー一台の上でペダリング運動を行った(図 2-a)。

1回の運動時間は30分間、頻度は週3回、期間は5週間で、合計15回のトレーニングを行った。運動強度は、トレーニング前に通常酸素環境下で多段階運動負荷試験(後述)を行い、その際に得られた最高心拍数(HRmax)をもとに図 2-b のように設定した。すなわち、30分間のトレーニングのうち0~5分では80%HRmaxまで徐々に運動強度を上げ、5~10分では80%HRmaxを維持、10~15分では90%HRmaxまで徐々に運動強度を上げ、15~20分では90%HRmaxを維持、20~25分では95%HRmaxまで徐々に運動強度を上げ、25~30分では95%HRmax以上の運動強度で行った。

トレーニング中は、心拍計(S710, Polar社製)を用いて心拍数を、パルスオキシメーター(Pulsox-3Si, Minolta社製)を用いて動脈血酸素飽和度(SpO₂)をモニタリングした。ペダルの回転数は80~140rpmの範囲内で行い、ギア比を変えることによって目標心拍数に到達するようにした。

なお、低酸素トレーニングの実施期間中にも、通常環境でのロードトレーニングは並行して行った。その内容は、朝練習で1時間半(50km)程度、午後練習で2時間(80km)程度であり、低酸素トレーニングを行う日には朝練習の部分を差し替えて行った。

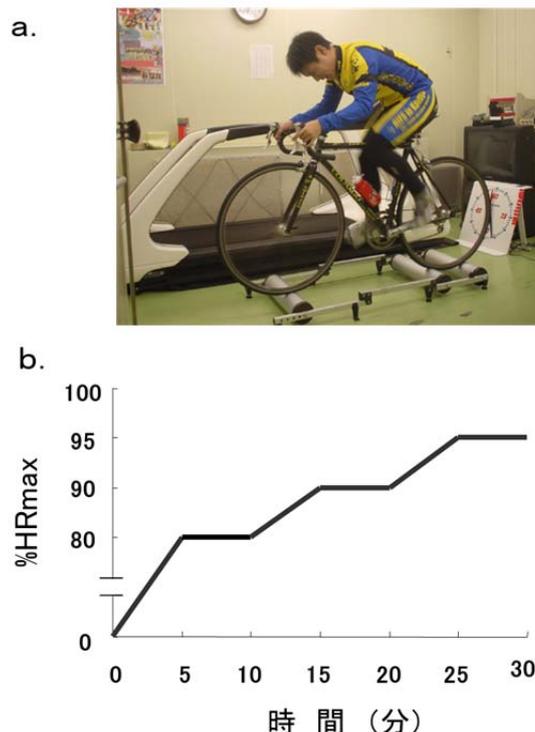


図2. 低酸素室内での3本ローラー台を用いたトレーニング(a)と、最高心拍数に基づいて決めた30分間のトレーニング負荷(b)

トレーニング効果を見るために、その前後に通常酸素環境下で、自転車エルゴメーター(818E, Monark 社製)を用いて多段階運動負荷試験を行い、血中乳酸濃度(La)を測定した。Laは、安静時、運動中の各段階の終盤、および運動終了直後に手指から微量の血液を採取し、自動乳酸分析装置(Biosen5040L, EKF 社製)を用いて分析した。また、オールアウト時の最大作業強度も記録した。

なお多段階運動負荷試験は、1, 2年目はペダルの回転数を90rpmに固定し、1kpから1分毎に0.5kpずつ(2kp以降は0.25kpずつ)増加させた。また3年目では、ペダルの回転数を70rpmに固定し、1.5kpから1分毎に0.5kpずつ(3kp以降は0.25kpずつ)増加させた。なおオールアウトとは、規定のペダル回転数に対して、30秒以上追従できなくなった時点とした。

事例2. MSを含む5選手に対する低酸素トレーニング処方の改善

被験者は、事例1で対象としたMSのほかに、K大学の男子自転車競技部員4名(SA, MA, HA, MM)を加えた計5名であった。後者の4名も、全国大会での入賞経験を持ち、大学生のレベルで優秀な選手であった。このうちでMS以外に低酸素トレーニングの経験を持つ者はSA(2年目)のみであり、残りの3名は初めての経験であった(図1)。

低酸素トレーニングおよび通常環境でのトレーニングは、事例1と同様、2003年6月下旬に開催された全日本学生選手権に向けて基本的に同じ方法で行ったが、以下の2点が異なっていた。

第1の相違点は、事例1では15回の低酸素トレーニングを行ったが、この年度は目標とする大会

の日程が変更されたため、トレーニング頻度は週3回、トレーニング期間は3週間、合計9回と減らさざるを得なくなったことである。事例1では各年度とも5週間の低酸素トレーニングを行ったが、これに比べて6割という短期間であった。

第2の相違点は、事例1では高度を常に2000m相当に固定して行っていたが、この年度はトレーニング処方改善を意図して、高度を毎回柔軟に変化させたことである。すなわち1回目のトレーニングは全員が2000m相当で行うが、2回目以降は前回のトレーニングにおける被験者の主観や生理的なデータに応じて、低酸素の負荷が足りないと判断した場合には、高度を500m刻みで上昇させることとした。

表1は、各人の設定高度を決めるために用いたガイドラインである。これは、著者の1人であるMSが、過去3年間の低酸素トレーニングの経験を元にして、他の選手の意見も取り入れながら作成したもので、2種類の生理的な指標(SpO₂, HR)および3種類の主観的な指標(主観的運動強度、自転車をこいでいる時の感覚、低酸素負荷に対する感覚)に基づき、総合的に判断するようにした。なお、①1回目のトレーニングは全員が2000m相当高度で行う、②最後のトレーニングは、試合直前の調整の意味で、その直前に行った高度から500m下げて行う、③体調が悪いときには必ず休ませる(低酸素トレーニングは身体に大きなストレスを与えるので体調管理には細心の注意を払う)、という3点にも配慮した。

表1. 低酸素トレーニング時の高度設定のガイドライン

①～⑤を総合して高度を決めるが、客観的な指標である①、②と、主観的な指標である③、④、⑤とが対立する場合には、後者をより重視する。また後者の中でも⑤>④>③の順で重視することとした。

	指 標	高度を上げる	高度を維持する	高度を下げる	備 考
①	動脈血酸素飽和度(SpO ₂)	90%以上の場合	70～90%の場合	70%以下の場合	SpO ₂ が高くても実際にはきつい場合などもあるので、臨機応変に判断する
②	心 拍 数 (HR)	目標心拍数に余裕を持ってついていける場合	目標心拍数についていける場合	目標心拍数についていけない場合	HRが低くても実際には脚がきつい場合などもあるので、臨機応変に判断する
③	主観的運動強度(RPE)	5～10分目で12以下の場合	5～10分目で15程度の場合	5～10分目で18以上の場合	5～10分目の値で判断する
④	自転車の負荷の感じ方	最大のギア比にしても負荷が足りないと感じる場合	ちょうどよいと感じる場合	異常に負荷がづらいと感じる場合	心拍数が上がらない場合は、ギア比を下げて、回転数を上げるように指示する
⑤	選手の総合的な感覚	低酸素の負荷が足りないと感じる場合	ちょうどよい～づらいと感じる場合	非常にづらい、もしくは無理だと感じる場合	低酸素トレーニングなので、多少のつらさは我慢するよう指示する

トレーニング効果の判定のための多段階負荷試験は、ペダルの回転数を90rpmに固定し、1.5kpから2分毎に0.5kpずつ(3kp以降は0.25kpずつ)オールアウトに至るまで負荷を漸増し、Laと最大作業強度を測定した。なおMSは、事例1から通算して4回の試験を行ったことになるが、負荷の上げ方については事情により毎年同じとすることができず、1年目と2年目のみが同じで、3年目と4年目ではそれぞれ異なる方法で行うこととなった。

3. 結果

事例1. MS 選手における3年間の低酸素トレーニングのモニタリング結果

図3は、被験者 MS の1～3年目までの低酸素トレーニングにおいて、その前後に行った運動負荷試験時の La を示したものである。1年目には、同一運動強度に対する La の値はトレーニング後に、特に中～高強度の運動強度において著しく低下した。また2年目にも同様な傾向は見られたが、その度合いは前年度よりも小さかった。そして3年目になると、トレーニングによる変化はほとんど見られなかった。

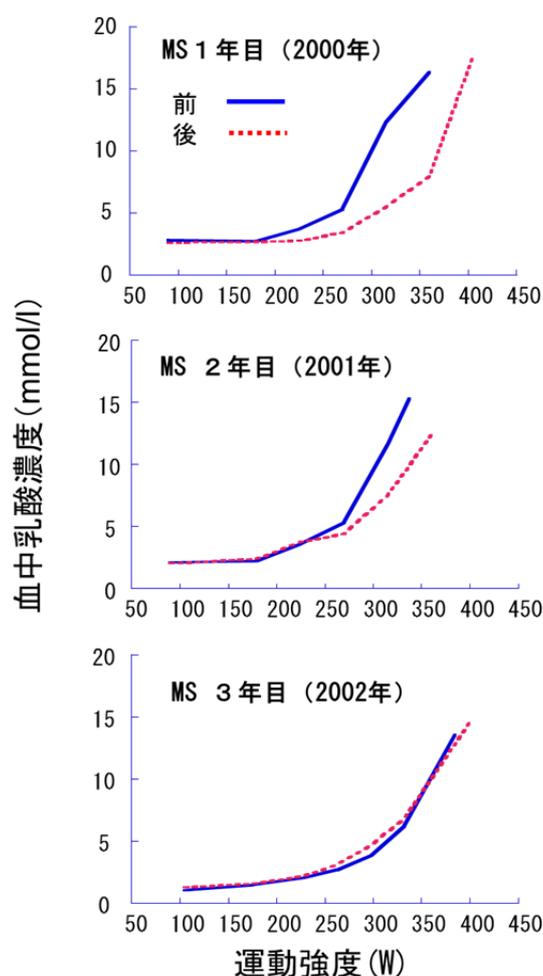


図3. MS の3年間の低酸素トレーニング前後における運動負荷試験時の血中乳酸濃度
(注: 運動負荷の上げ方は, 1, 2年目は同じだが, 3年目は変更している)

表2は、3年間の運動負荷試験時の最大作業強度を示したものである。トレーニング後の増加率は、1年目が13%、2年目が7%、3年目が5%であり、年々小さくなっていった。

目標としていた全日本学生選手権個人タイムトライアルでの成績については、1年目は40分台で優勝、2年目は41分台で優勝、3年目は42分台で準優勝と、年々タイムは遅くなる傾向にあり、3年目には優勝を逸することとなった。

MSの主観としても、1年目は最も大きなトレーニング効果を実感できたが、その効果は年々小さくなっていく感覚を持った。特に3年目の低酸素トレーニングでは、低酸素の負荷が物足りず、その効果も小さかったと感じた。

表2. MSの3年間の低酸素トレーニング前後における最大作業強度の変化

	MS (2000年)	MS (2001年)	MS (2002年)
トレーニング前	360W	338W	385W
トレーニング後	405W	360W	403W
変化率	+13%	+7%	+5%

事例2. MSを含む5選手に対する低酸素トレーニング処方改善結果

表3は、表1のガイドラインに従って、9回の低酸素トレーニングを行った際の、MSを含む5選手の設定高度を示したものである。たとえばMSについては、初回のトレーニングですでに2000m相当高度の低酸素負荷では足りないと感じたため、2回目では2500mに上昇させた。さらに、4回目では2500mにも馴れたと感じたため、5回目では3000mに上昇させた、その後は4回とも3000mでトレーニングを行い、最終回では調整のため2500mに下げて行った。

表3. ガイドラインに基づく5名の選手の高度設定

★は低酸素トレーニングの経験者、他は未経験者。表内の数値は、低酸素トレーニングを行った環境に相当する高度(m)を表す。高度2000m, 2500m, 3000mとは、常圧低酸素室の酸素濃度をそれぞれ16.4%, 15.4%, 14.5%に設定している。また空欄の部分は、体調を考慮して高所トレーニングは行わなかったことを意味する。

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目
★MS	2000	2500	2500	2500	3000	3000	3000	3000	2500
★SA	2000	2500	2500	2500	2500	3000	3000	3000	2500
MA	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2500		2000
MM	2000	2000		2000	2000	2000	2500	2500	2000
HA	2000	2000		2000	2500	2000		2500	2000

その他の選手についても、各人の状況に応じて高度を変化させた。高所トレーニング経験のあるSAでは、MSと同様、最終的には3000mまで高度を上げた。また高所トレーニングが初めてのMA, MM, HAの3名については、2500mが最高高度となった。またこの3名については、9回の低酸素トレーニングのうちの1~2回分は、体調を考慮して行わなかった日もあった。

図4は、MS の4年目の低酸素トレーニング前後に行った、運動負荷試験時の La を示したものである。同一運動強度に対する La は、運動の中～後半にかけて1年目(図3の上段)に匹敵するような大きな改善が見られた。また最大作業強度の増加も 13%と大きかったが(表4)、これは1年目と同じ改善率であった(表2)。競技会については、過去3年間出場していた全日本学生選手権よりもさらにレベルの高い、全日本選手権個人タイムトライアル(学生選手権と同じコースで同日開催)に出場したが、40 分台のタイムで他の選手に大差をつけて優勝することができ、レース内容についても満足すべき結果であった。

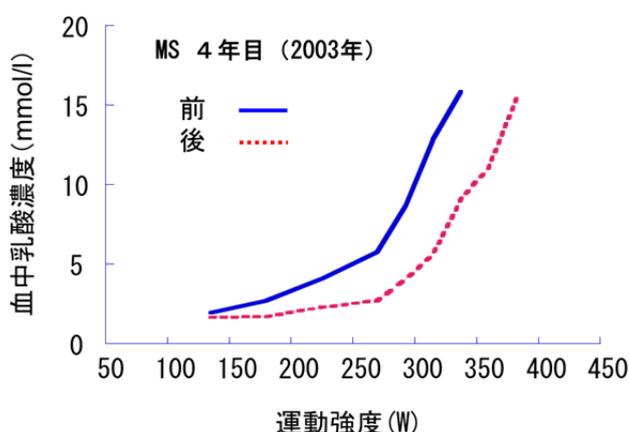


図4. MS の4年目の低酸素トレーニング前後における運動負荷試験時の血中乳酸濃度
(注: 負荷の上げ方は図3に示した1~3年目の方法とは異なる)

表4および図5は、MS 以外の4人の選手について、トレーニング前後での多段階運動負荷試験時の最大作業強度と La を示したものである。MA, HA, MM の3名については、運動後半における乳酸の蓄積が抑制されるとともに、最大作業強度も 7~14%の増加が見られた。また SA については、最大作業強度の変化は見られなかったものの、運動の中盤から後半においては乳酸蓄積の抑制が見られた。さらに彼らの競技成績についても、チームタイムトライアルで準優勝することができたことをはじめ、個人タイムトライアルに出場した者も好成績をあげることができた。これらの成績はいずれも、トレーニングで目標としていたレベルもしくはそれを上回るものであり、良好な結果であった。

表4. MSを含む5名の選手における低酸素トレーニング前後での最大作業強度の変化

	MS (2003年)	MA (2003年)	MM (2003年)	HA (2003年)	SA (2003年)
トレーニング前	338W	315W	338W	315W	360W
トレーニング後	383W	360 W	360W	338 W	360W
増加率	+13%	+14%	+7%	+7%	0%

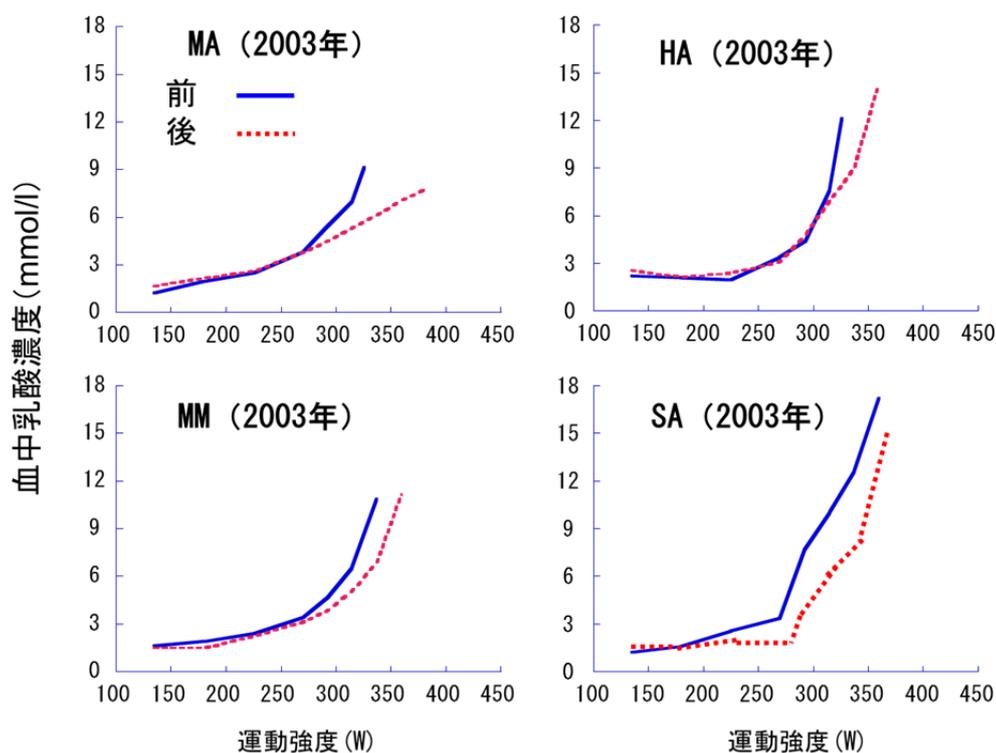


図5. MS 以外の4名の選手における低酸素トレーニング前後での運動負荷試験時の血中乳酸濃度

4. 考察

事例1. MS 選手における3年間の低酸素トレーニングの効果

MS は3年間連続して、高度 2000m 相当の環境で低酸素トレーニングを行った。運動強度の設定も、各年度に行った多段階負荷試験から得られた最高心拍数を基準として、相対強度が同じとなるようにした(図2-b)。またトレーニングの頻度や期間も、週3回、5週間と毎年同じに設定していた。

それにもかかわらず、図3に示すように、運動時のLaの蓄積状況により評価したトレーニング効果の度合いは、年々小さくなっていった。競技会での成績についても、1,2年目は優勝できたが、3年目には準優勝にとどまった。タイムについても、年々低下傾向にあった。これらの結果は、トレーニングを重ねるごとに低酸素の負荷に対して物足りなさを感じるようになり、特に3年目にはトレーニング効果をあまり感じられなかった、というMSの内省報告とも一致する。

以上の結果は、低酸素トレーニングの回数を重ねるにしたがって、たとえ生理的な運動強度(高度や運動時の%HRmax)は同じに設定されていても、身体への低酸素刺激は弱まり、トレーニング効果も小さくなることを示唆する現象と考えられる。このメカニズムについては不明であるが、高所トレーニングを行うスポーツ選手や(小林 2004, 杉田と川原 2004)、高所で活動する登山者の間では(Hultgren 1997, 山本 2002)、初めて高所を体験する時には大きなストレスを感じるが、何度も高所を経験するに従い、高所への適応もより速やかになることが経験的に指摘されている。

この現象を別の視点から見ると、同じ低酸素負荷を与えても、高所トレーニングの経験が少ない

者ほど大きなトレーニング刺激となりうるが、高所の経験を積むにつれて、その刺激が小さくなる可能性が考えられる。

事例2. MS を含む5選手における低酸素トレーニング処方 of 改善とその成果

1) MS における低酸素トレーニングの改善効果

事例1から、毎年同じ高度で低酸素トレーニングをしていると、トレーニング効果が小さくなる可能性が示された。そこで、「過負荷の原則」に立ち返って、高所に対する適応状況に合わせて、トレーニング高度を上昇させる方がより効果的である、という仮説を立てた。そして表1のようなガイドラインを作成し、表3に示すように1シリーズのトレーニング期間中であっても、徐々にトレーニング高度を上げていくようにした。

その結果、La については1年目と同様の大幅な改善が見られ(図4)、最大作業強度も1年目と同じく13%という大きな増加率を示した(表4)。また目標とした競技会での感覚も、低酸素トレーニングの効果を実感でき、その成績も満足できるものであった。

なお4年目のトレーニングに関する特記事項として、過去3年間は合計15回(5週間)行っていたものが、大会日程の変更によりやむを得ず9回(3週間)しか行えなかったことがあげられる。このような短期間のトレーニングでも、1年目と同程度の大きな効果が得られたのは、ガイドラインに基づいた負荷設定をすることで、負荷の不足や過剰に陥らず、毎回のトレーニングにおいて最適な低酸素負荷をかけられたからといえるかもしれない。

2) MS 以外の4選手における低酸素トレーニングの効果

これまで K 大学の自転車競技部では、MS によらず他の選手も、各人の高所に対する適性や、低酸素トレーニングの経験などは考慮せず、全員が高度 2000m 相当という一律の設定でトレーニングを行っていた。その結果、効果が得られる場合もあるが、得られない場合もあり、成功率が十分に高いとは言えない状況であった。

従来から、高所トレーニングの効果には個人差が大きく現れるということが、しばしば指摘されてきた(小林 2004, 杉田と川原 2004, Wilber 2008)。そして、トレーニング効果が小さい者に対しては、高所への適性が低いから、という説明がなされがちであった。しかし著者らはこの理由について、事例1を含めたこれまでのトレーニング経験から、各人の高所への適応状況やその日の体調の違いを無視して、全員に一律の高度を課しているために、その低酸素負荷が大きすぎたり、あるいは小さすぎたりすることが原因ではないかと考えた。

そこでこの年度のトレーニングでは、「個別性の原則」に立ち返って、表1のガイドラインを他の選手にも適用し、毎回のトレーニングでは選手ごとに高度設定を変え、各人に対して常に適正な低酸素負荷がかかるように配慮した。

その結果、MA, HA, MM の3名については多段階負荷試験時の後半でLaの低下が起こるとともに(図5)、最大作業強度も改善した(表4)。またSAについては最大作業強度の変化は起こらなか

ったが(表4), 多段階負荷試験時の中盤から後半において La の低下が見られた(図 5). したがって, 高度に対する個人の適応状況を考慮して高度設定を柔軟に変化させるトレーニングは, 全ての選手に対して効果的であったといえる.

なお MS および SA は, 過去に低酸素トレーニングを経験していたが, MA, HA, MM はその経験が初めてであった. 表3を見ると, 前者の方が高度を上昇させるタイミングがより早いことが読み取れる. これについては前述したように, 高所トレーニングの経験を積むことによる馴れの影響が現れたものと考えられる. また, この低酸素トレーニングは1年に1回しか行っていないことを考えると, その効果の一部は少なくとも1年間に残存するともいえる.

MA, HA, MM の3名については, 表3に示したように, 9回のトレーニングを全て行うのではなく, 疲労が蓄積してきたと判断された日には, 低酸素トレーニングを行わないようにした. 高地で活動する登山者の間では, 高度に対する適応性には大きな個人差があることが知られている. また同じ人であっても, 高地を訪れる度に適応の状況が異なることが知られている. さらに, 高地に到着した直後の最も体調を崩しやすい時期を過ぎ, いったんはその高度に順応したように見えても, 突然体調が崩れることもある(Hultgren 1997, 山本 2002).

今回の低酸素トレーニングにおいても, 上記のような性質を考慮し, 選手ごとにその日の体調を注意深く観察して, 場合によってはトレーニングを中止した. このような配慮は, 体調を崩したりオーバートレーニングに陥ったりすることを避けるのに寄与したと考えられる. 低酸素トレーニングを一部で中止した MA, HA, MM の3名は, 高所トレーニングを初めて行う選手であった. したがって, このような選手に対してはとりわけ慎重に低酸素負荷を与えていくことが重要と考えられる.

なお, 本低酸素トレーニングのように, トレーニング期間中に高度を日々変えること, 同じ日のトレーニングであっても選手によって高度を変えること, 選手の体調によっては低酸素環境には曝露しないこと, といった対応は, 高地に滞在して行う従来型のトレーニングでは実施が難しい. このような, 高度設定に対する臨機応変なトレーニング処方, 常圧低酸素室を用いたトレーニングの大きなメリットといえよう.

5. まとめ

常圧低酸素室を利用して, living low-training high 方式の高所トレーニングを行う場合, ある特定の高度(酸素濃度)に固定して行っていると, トレーニング効果を十分に引き出せない可能性がある. これに対して, 過去のトレーニング経験, 低酸素環境に対する各選手の適応状況, およびその日の体調などを考慮して, 高度設定を柔軟に変えてトレーニングを行うことによって, より成功率が高まると考えられる. その高度設定にあたっては, 本研究で提示した, 客観的(生理的)および主観的な指標を用いた5つのガイドラインが有用と考えられる. 結論として, 低酸素トレーニングの高度設定に際しても, 通常持久力や筋力のトレーニングと同様, 過負荷および個別性の原則に配慮することが重要であると考えられる.

注1:本研究では,自然の高地で行われるトレーニングを「高地」トレーニング,疑似高地ともいえる常圧低酸素室内で行われるものを「低酸素」トレーニングと表記する.また両者を含め,酸素分圧の低い環境下で行うトレーニングを総称した概念として「高所」トレーニングと表記する.

注2:正確には,常圧低酸素室で設定した酸素濃度(酸素分圧)に相当する高度ということであるが,本稿では単純化した表現として「高度」という用語を用いることとした.

付記:本研究は,鹿屋体育大学 Top Athlete Support System(TASS)プロジェクトの支援を受けて行われたものである.

<参考文献>

- ・ Hultgren, H. N. (1997) High Altitude Medicine. Hultgren Pub., Stanford, California, pp.212-320.
- ・ 狩野和也,前川剛輝,大村靖夫,山本正嘉(2001)常圧低酸素室を用いた“living low, training high”方式の高所トレーニングが自転車競技選手の身体作業能力に及ぼす効果.トレーニング科学, 13: 81-92.
- ・ 小林寛道(2004)陸上長距離選手について;中国昆明より飛驒御嶽へ.浅野勝己,小林寛道編集,高所トレーニングの科学,杏林書院,東京, pp.44-59.
- ・ 前川剛輝,安藤隼人,清水都貴,山本正嘉(2004)自転車ロード競技選手に対するピーキングを目的とした低酸素トレーニングの実践事例;2000・2001 年度全日本学生個人ロードタイムトライアル優勝者の場合.トレーニング科学, 15: 187-196.
- ・ 杉田正明,川原 貴(2004)高所トレーニングにおけるコンディショニング.浅野勝己,小林寛道編集,高所トレーニングの科学,杏林書院,東京, pp.200-206.
- ・ Wilber, R. L. (2008) 高地トレーニングと競技パフォーマンス(川原 貴・鈴木康弘監訳),講談社サイエンティフィック,東京, pp.88-91, 230-231.
- ・ 山本正嘉(2000)21世紀の高所トレーニングへの提案.トレーニング科学, 12: 61-68.
- ・ 山本正嘉(2002)日本人8000m峰登頂者へのアンケート調査;体力,高所順化,高所技術に関して.日本山岳会高所登山研究委員会編,8000m 峰登頂者は語る,日本山岳会,東京, pp.1-135.