

カナディアンカヌー競技選手を対象とした低酸素環境下での 高強度インターバルトレーニングの効果とその問題点

一箭フェルナンドヒロシ¹⁾, 實川英樹²⁾, 山本正嘉³⁾

¹⁾鹿屋体育大学大学院

²⁾鹿屋体育大学体育学部

³⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育センター

キーワード: 低酸素トレーニング, カナディアンカヌー, 常圧低酸素室

【概要】

競技力の高い大学男子カナディアンカヌー選手1名を対象として, 公式記録会直前の約5週間, 通常環境下でのトレーニングと並行して, 低酸素トレーニングを行った. その内容は, 高度2000m相当に設定した常圧低酸素室内で, 週に2~3回, 1回あたり20~30分間, カヌーエルゴメータを用いて500m漕を5セット行うというものであった. トレーニングは2期に分け, 前期では休息インターバルを3分間としたが, 後期では負荷を高めるために2分間とした.

その結果, トレーニング後には, 最大運動時の作業強度と最高酸素摂取量が増加するとともに, 最大下運動時では同一運動強度に対する換気量, 血中乳酸濃度, 心拍数が低下した. 試合結果についても, 前年度の同一大会と比較して順位が向上し, 選手の自省報告も満足度が高かった.

ただし, トレーニング前期では前述のような改善が明瞭に見られたが, 後期では改善が小さかった. この原因としては, 後期では休息インターバルが短縮されたことによって, 運動時の強度が保てなくなり, そのため動脈血酸素飽和度を十分に低下させられず, 低酸素トレーニングとしての負荷が前期よりも軽減された可能性が考えられた.

スポーツパフォーマンス研究, 2, 153-164, 2010年, 受付日:2010年4月28日, 受理日:2010年10月18日
責任著者:一箭フェルナンドヒロシ 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1 鹿屋体育大学 m096002@sky.nifs-k.ac.jp

High intensity hypoxic training for a Canadian-canoe athlete

Fernando Hiroshi Ichiya¹⁾, Hideki Jitsukawa²⁾, Masayoshi Yamamoto³⁾

¹⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ The Center for Sports Training Research and Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: hypoxic training, Canadian canoe, normobaric hypoxic chamber

[Abstract]

The participant in the present study was a male university student who was a Canadian-canoe athlete with high competitive power. He underwent hypoxic training in parallel with normal training for five weeks just before an official record meeting. The content of the hypoxic training was 5 sets of 500 rows using a canoe ergometer for 20-30 min per time, 2-3 times per week in a normobaric hypoxic chamber adjusted to 2000 m altitude. The training was divided into two phases; in the first phase, the resting interval was three min, whereas in the second phase, it was reduced to two min in order to increase the load. After this training, his work intensity and peak oxygen uptake during the maximal exercise increased, and his ventilatory volume, blood lactate concentration, and heart rate decreased to the same exercise intensity as under the maximum exercise. In the competition, his ranking improved compared to the same event the previous year. Also, his introspective reports indicated higher satisfaction. Although in the first period, improvements were obvious, as described above, in the second period, improvements were more limited. It is possible that in the second period, by shortening the resting interval, the intensity of the exercise could not be maintained, and so the arterial oxygen saturation could be not reduced sufficiently, resulting in reducing the load of hypoxic training in comparison to the first period.

I. 緒言

高所トレーニングは従来、自然の高地に長期間滞在して行う living high-training high (LH-TH) 方式により行われてきた。しかし最近、安全性と簡便性に優れる常圧低酸素室が開発されたことにより、これを用いた高所(低酸素)トレーニングも増えてきている。後者の場合、living high-training low (LH-TL) 方式で生活・睡眠用に用いる方法や、逆に、living low-training high (LL-TH) 方式で運動に用いる方法など、多様な取り組みがなされている (Bonetti et al, 2009; Fulco et al, 2000; Wilber, 2001, 2007)。

著者らもこれまで、常圧低酸素室を用いて LL-TH 方式の低酸素トレーニングを行ってきた。その特徴としては、低地での通常のトレーニングを主トレーニングとしつつ、これと並行して低酸素トレーニングを補助トレーニングとして行う、という点があげられる (山本 2000, 2004, 2009)。過去に、カヌー (平山・山本, 2007)、自転車競技 (狩野ほか 2001; 前川ほか, 2004)、ウインドサーフィン (国分ほか, 2003) などの種目で、競技会の直前に 2~5 週間、このような低酸素トレーニングを週あたりで 3~6 回行い、競技力の向上に関して良好な結果を得てきた。

本事例もこの方針に従い、競技力の高い 1 名の大学男子カナディアンカヌー競技選手を対象として、常圧低酸素室内で、500m のレースを想定した高強度のインターバルトレーニングを行った。その際、これまでにはない新しい試みとして、トレーニング期間を前期・後期に分け、後期ではより負荷を高めることを意図して、休息インターバルを短くした。

その結果、5 週間のトレーニングを全体として見た場合には、様々な生理応答の改善や作業能力の向上が見られ、試合結果についても満足できるものであった。しかし、前期と後期に分けて見た場合、前期では順調に改善が見られたが、後期ではトレーニングの負荷を高めたにもかかわらず、その改善が小さい、という問題点も観察された。

そこで本報告では、このトレーニング全体を通しての効果について報告するとともに、前期、後期に分けた場合のトレーニング効果についても検討し、より効果的な低酸素トレーニングの方法について考察した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、大学のカヌー競技部に所属し、8 年間にわたりカナディアンカヌー種目を専門に行っている男子部員 1 名とした。被験者には、本研究の目的や方法、それに伴う危険性を文書および口頭で説明し、本研究に参加する同意を得た。選手の年齢は 20 歳、身長は 172cm、体重は 71.1kg であった。なお、約 5 週間の低酸素トレーニング期間を通じて、選手の平均体重は 70.7kg であり、最大値は 71.3kg、最小値は 70.4kg と 1% 程度の変動にとどまっており、体調は良好であった。

2. トレーニング

(1) 概要

この低酸素トレーニングは、2009 年 3 月下旬に行われた 2009 カヌースプリント海外派遣選手選考会 (公式記録会) に向けて、試合の 6 週間前から、試合当日の 10 日前まで、約 5 週間にわたりトレーニングを行った。期分け上では、試合期におけるレーススピードを獲得するためのトレーニングとして位置づけ

られた。

図1は、実験のスケジュールである。トレーニング期間を2期に分け、前期の3週間では週に2~3回(計7回)、後期の2週間では週に3回(計6回)の低酸素トレーニングを行った。そして、トレーニング前(Pre)、前期の終了後(Post1)、後期の終了後(Post2)で多段階運動負荷試験、および500m漕と1000m漕のタイムトライアルを行い、生理応答やパフォーマンスの変化を観察した。



図1. 実験スケジュール

なお、この期間には以下に示すように、通常環境下でのトレーニング(通常トレーニング)も並行して行った。低酸素トレーニングは、その実施回数や漕距離の点から、通常トレーニングに対して補助(補強)的なトレーニングと位置付けて行った。また、低酸素トレーニングを行っている期間中、通常トレーニングの量や質を下げるということとはしなかった。

トレーニング前期における水上トレーニングの週間漕距離は80km程度で、その内容はロング漕やインターバル漕を中心に行った。また、低酸素環境でのエルゴメータトレーニングの週間漕距離は5~6km程度であった。この他に、試合の準備期に行うレジスタンストレーニングも行った。

トレーニング後期での水上トレーニングの週間漕距離は、トレーニング前期と同様80km程度であり、その内容はインターバル漕、ペース漕、タイムトライアルを中心に行った。また、低酸素環境でのエルゴメータトレーニングの週間漕距離は8~9km程度であった。この他に、試合期に行うレジスタンストレーニングも行った。

(2) 低酸素トレーニングの内容

低酸素トレーニングは、常圧低酸素室(トレーニング環境シミュレータ, エスペックエンジニアリング社製, Japan)内で行った。高度は2000m相当(酸素濃度:16.4%)に設定した。

低酸素トレーニングの内容は、一回あたり20~30分間とし、5週間で合計13回行った。エルゴメータは、カナディアンカヌー(Paddle lite 社製, Germany)とし、牽引の重さ(空気調節1設定)とパドルの長さ(シャフトより126cm)を規定して行った。モニタのキャリブレーション設定は1.000とした。また被験者は、個人用のカボック(膝当て)を使用し、ポジションが実際の艇と同じとなるように調節して行った。

図2は、1回のトレーニング時の内容を示したものである。被験者は常圧低酸素室に入室し、10分間のウォーミングアップ(W-up)後、主運動である500m漕を5セット繰り返すというインターバルトレーニングを行った。トレーニングは、事前の多段階運動負荷試験から得られた、通常酸素環境下での

100% $\dot{V}O_2\max$ に相当する強度で行うこととした。休息インターバルは、トレーニング前期では 3 分間としたが、トレーニング後期では負荷をより高めることを意図して 2 分間と短縮した。

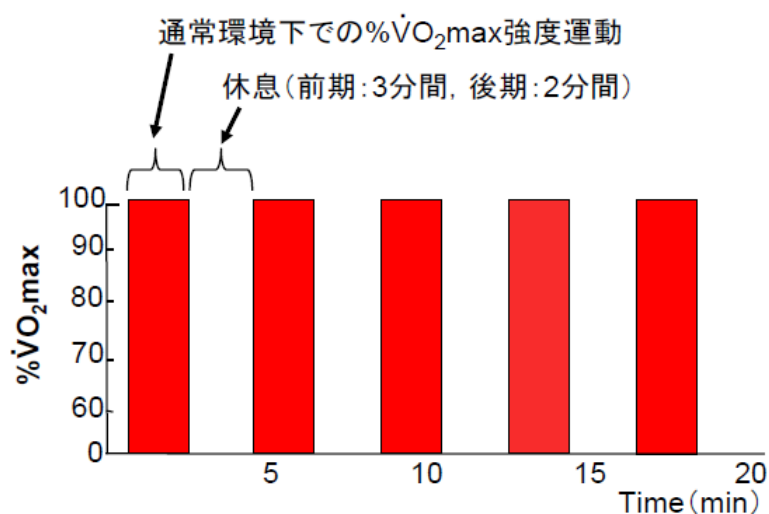


図 2. トレーニング前期および後期に行ったインターバルトレーニングの負荷設定

3. 測定項目

(1) 低酸素トレーニング中の測定

毎回のトレーニング時には、パフォーマンスの指標として 5 セットの 500m 漕の平均タイム、生理指標として心拍数(HR)や動脈血酸素飽和度(SpO₂)を記録した。HR は小型の心拍計(RS800CX, Polar 社製, Finland)を用いて、5 セットの運動中(休息中は除く)の平均値を測定し、SpO₂は小型のパルスオキシメーター(Pulsox-3Si, Minolta 社製, Japan)を用いて、セット間の休憩中の値を測定した。

(2) トレーニング前後での測定

① 多段階運動負荷試験

Pre, Post1, Post2 で、カヌーエルゴメータを用いた多段階運動負荷試験を行った。まず 10 分間の W-up を行い、その後に 5 分間の安静を挟んでから運動を開始した。最初の負荷を 60W とし、4 分毎(運動 3 分 + 休息 1 分)に 20W ずつ漸増する運動を疲労困憊に至るまで行った。ピッチは自由設定とした。なお、指定された負荷値を維持できなくなった時点をオールアウトの目安とした。

測定項目は、呼気ガス、HR、血中乳酸濃度(La)、主観的運動強度(RPE)とし、各段階の最後の 1 分間または終了直後に測定した。呼気ガスはダグラスバッグ法により、各段階の最後の 1 分間を対象として、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と換気量($\dot{V}E$)を算出した。La は指先より微量の血液を採取し、小型の乳酸分析器(Lactate Pro, Arkray Factory 社製, Japan)を用いて分析した。

② 500m 漕と 1000m 漕のタイムトライアル

カヌーエルゴメータを用いて、500m と 1000m のタイムトライアルを実施した。被験者には、あらかじめ十分な W-up を行わせ、実際のレースを想定して最初から最後まで全力で漕ぎきるように指示した。なお、この測定は Pre と Post1 で行ったが、Post2 では選手の試合前のコンディショニングを優先したため、行

わなかった。

4. 統計処理

測定値は、平均値と標準偏差で表した。トレーニング前期(計7回)とトレーニング後期(計6回)で得られた測定値間で有意差検定を行う場合は、対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5%未満 ($P < 0.05$) とした。

III. 結果

1. トレーニング時の状況

図3は、13回のトレーニング中における漕パフォーマンスおよび生理指標の推移を示したものである。5セット行った500m漕の平均タイムは、9回目までは135秒程度、10回目以降は147秒程度で推移した。心拍数は5セットの運動中(休息中を除く)の平均値を示したものであるが、トレーニングの前後期とも155bpm程度で推移した。SpO₂(各セットの運動終了直後の休息中の値)は、8回目までは80%程度、9回目以降は83%程度で推移した。

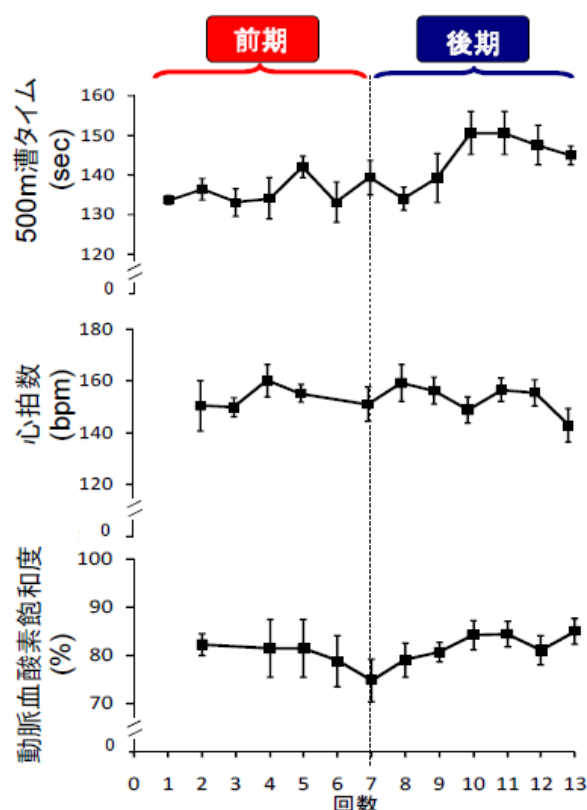


図3. 13回のトレーニング中におけるパフォーマンスおよび生理指標の推移

図4は、図3をもとにして、トレーニングの前期と後期とに二分して、漕パフォーマンスと生理指標を比較したものである。タイムは前期が 136 ± 3 秒、後期が 145 ± 8 秒となり、後期の方が有意に遅かった。HRは前期が 153 ± 4 bpm、後期が 153 ± 4 bpm で、有意差は見られなかった。また SpO₂ は前期が $80 \pm 2\%$ 、後

期が $82 \pm 3\%$ となり, 後期の方が有意に高い値であった.

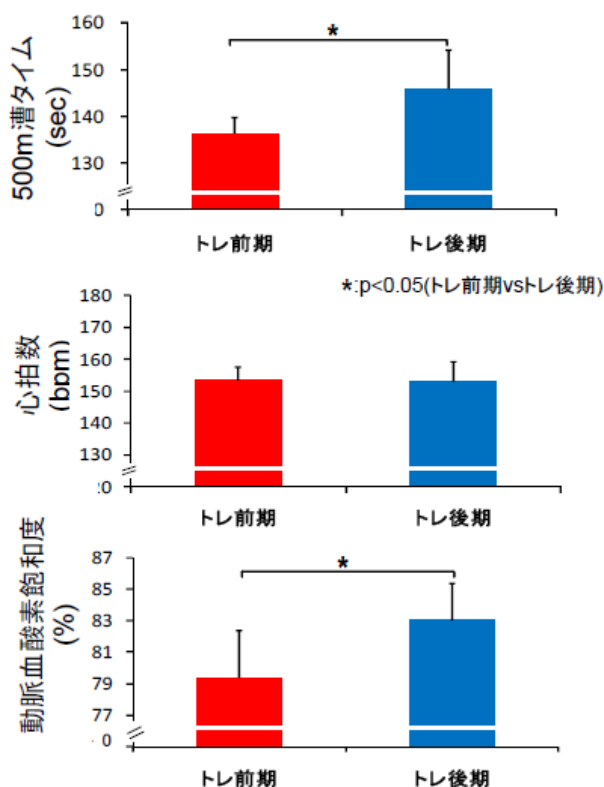


図4. トレーニングの前期と後期で比較したパフォーマンス指標と生理指標

2. 多段階運動負荷試験の結果

表1は, Pre, Post1, Post2における多段階運動負荷試験において, 最大運動時に得られた結果を示したものである. 最大作業強度は, Preの147WからPost1では+13%, Post2では+18%と大きく増加した. また最高酸素摂取量は, Preの3.95 l/minからPost1では+3%, Post2では+4%と増加傾向が見られた. 最高換気量は, Preの126.49 l/minから, Post1では-8%, Post2では-10%と大きく低下した. 最高心拍数と最高血中乳酸濃度については, 目立った変化は見られなかった.

図5a, bは, Pre, Post1, Post2における多段階運動負荷試験の各種生理応答を示したものである. 最大下運動時の同一運動強度に対する $\dot{V}O_2$ は, Preと比較してPost1, Post2でともに低下した. VEも, Preと比較して, 80W以降の運動強度においてPost1, Post2でともに低下した. HRは, Preと比較して, Post1では差は見られなかったものの, Post2では低下した. LaはPreと比較して, 60W以降の運動強度においてPost1, Post2でともに低下した.

表1. Pre, Post1, Post2における多段階運動負荷試験の最大運動時の結果

()内の値は, Pre の値に対する変化率を表す

最大運動時	Pre	Post1	Post2
最高運動強度 (W)	147	166 (+13%)	174 (+18%)
最高酸素摂取量 (l/min)	3.95	4.09 (+3%)	4.12 (+4%)
最高換気量 (l/min)	126.4	116.2 (-8%)	114.4 (-10%)
最高心拍数 (bpm)	174	179 (+3%)	174 (±0%)
最高血中乳酸濃度 (mmol/l)	13.0	14.6 (+12%)	10.8 (-17%)

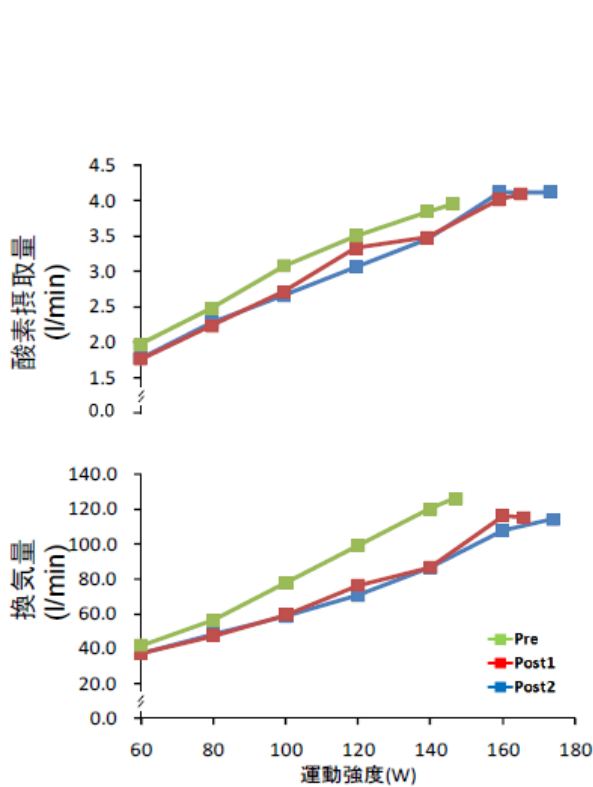


図 5a. 多段階運動負荷試験時における酸素摂取量と換気量の応答

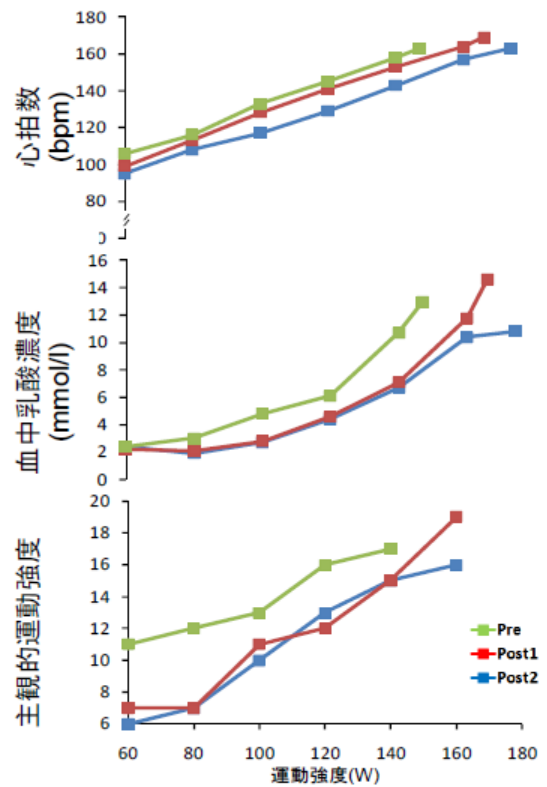


図 5b. 多段階運動負荷試験時における心拍数, 血中乳酸濃度, 主観的運動強度の応答

3. 500m 漕および 1000m 漕のタイムトライアルの結果

図 6 は, Pre および Post1 で行った, 500m 漕と 1000m 漕のタイムトライアルにおける, 100m ごとのラップタイムと総合タイムを示したものである (Post2 の測定は前述の理由で行わなかった).

500m 漕では, Pre の 127.96 秒から Post1 では 122.20 秒へと, -5.76 秒(-5%)の短縮がみられた. また, ラップタイムも 200m 以降では常に短縮していた. 1000m 漕では, Pre の 276.69 秒から Post1 では 260.73 秒へと, -15.93 秒(-6%)の短縮がみられた. また, スタートからゴールまでのラップタイムも Post1

では常に短縮していた。

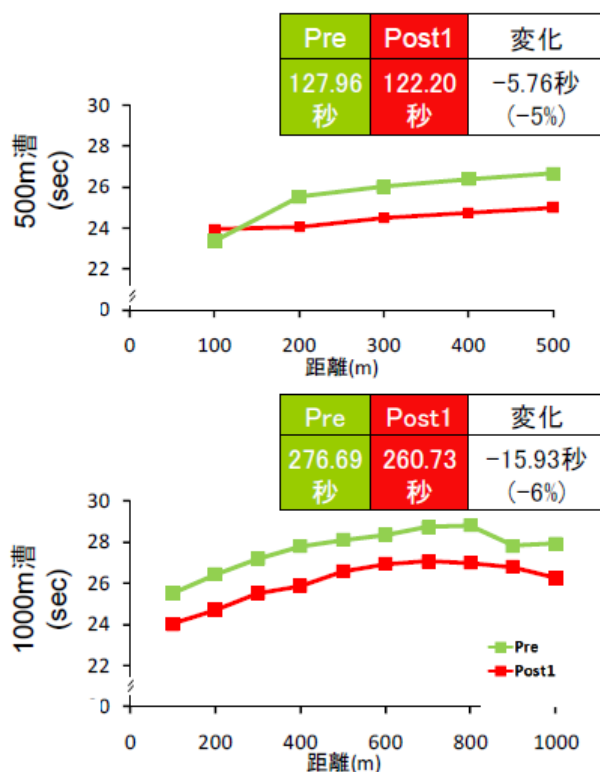


図6. PreおよびPost1における500m漕と1000m漕タイムトライアルの結果
 グラフは100mごとのラップタイム, 右側の表はタイムを著す

4. 公式記録会の結果と選手の内省報告

表2は, 本トレーニングを行った後, 2009年3月に行われたレースの順位と, その前年度の3月に行われた同一大会での順位を示したものである. 前年度と比べて, いずれの競技でも順位が向上した。

表2. 低酸素トレーニングを行った2009年3月の順位と, その前年度の3月に行われた同一大会の順位

種目	2008年		2009年
カナディアンシングル 1000M	10位	➡	8位
カナディアンシングル 500M	13位	➡	12位
カナディアンペア 1000M	4位	➡	2位
カナディアンペア 500M	5位	➡	2位

表3は, 低酸素トレーニング, およびその後に行われた公式記録会に関する被験者の内省報告を示したものである. 低酸素トレーニングについては, 「トレーニングを始めたことによって, 水上での通常トレー

ニング中でも力強く漕げるようになった」, 「低酸素トレーニング開始時と比較して, トレーニングを重ねるごとに呼吸が楽になった」といった, トレーニング効果を伺わせる報告であった. ただし, 「トレーニング後期で休憩インターバルが2分になってからは, 精神的にも身体的にもきつかった」とも報告していた.

公式記録会については, 「前年と比較して, スタートで出られるようになった」, 「風があっても, 力強く漕ぎ切ることができた」, 「中盤でも体がよく動いた」と述べており, いずれも肯定的な報告であった.

表 3. 低酸素トレーニング, およびその後に行われた公式記録会における内省報告

低酸素トレーニング	公式記録会
<ul style="list-style-type: none"> ・低酸素トレーニングを始めたことによって, 水上での通常トレーニング中でも力強く漕げるようになった. ・低酸素トレーニング開始時と比較して, トレーニングを重ねるごとに呼吸が楽になって, 体も動くようになった. ・トレーニング後期で休憩が2分になってからは, 精神的にも身体的にもきつかった. ・期間はちょうどよかった. 長くなると集中が持たなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ・低酸素トレーニングをしたことにより, 自信を持ってレースに臨めた. ・前年度と比較して, スタートで出られるようになった. ・予選・準決勝は風があつたが, しっかりと最後まで力強く漕ぎ切ることができた. ・中盤でも体がよく動いたので, 後半のラストスパートのために, 体力を温存しながら漕ぐことができた.

IV. 考察

1. 低酸素トレーニングの効果について

本トレーニングの最終目標であった公式記録会では, 全ての種目で前年度よりも順位を上げることができた(表 2). カヌー競技のレースでは, タイムが風や波などの環境条件に大きく左右されるので, 漕能力の改善をタイムから評価することは難しい. しかし, 表 2 に示した順位の向上や, 選手の内省報告を見ても満足度が高かったことから(表 3), 今回行ったトレーニングは, 総合的に見れば成功であったと考えられる.

トレーニング前後で測定した運動パフォーマンスや生理指標を見ると, 最大運動時には最高運動強度や最高酸素摂取量の増加, 最高換気量や最高血中乳酸濃度の低下が観察できた(表 1). また, 最大下運動時の同一運動強度に相当する, $\dot{V}O_2$, VE, La, RPE が低下した(図 5a, b). これらの結果は, 有酸素性作業能力の向上や, 運動効率の改善を示唆するものであるが, 著者らがこれまでに行った低酸素トレーニングにおいても, 同様な結果が観察されており(平山・山本, 2007; 前川ほか, 2004), 本研究でも先行研究を支持する結果が得られたといえる.

この被験者は, 身体作業能力が高度に発達している日本一流レベルのカヌー選手であるが, 本トレーニングにより, 試合前の短期間(5 週間)で, 身体作業能力やそれに関わるさまざまな生理指標が改善した. このような一流選手が通常環境でのトレーニングのみにより, 短期間でこのようなトレーニング効果を得ることは, 本選手が所属するカヌー一部では過去にないことであった. したがって, 今回実施した低酸素トレーニングが, 高い効果をもたらした可能性は高いと考えられる.

選手の内省報告を見ると(表 3), 「低酸素トレーニングを始めたことによって, 水上でのトレーニング中でも力強く漕げるようになった」と報告している. また「低酸素トレーニングを重ねるごとに, 呼吸が楽にな

り、身体も動くようになった」とも述べている。つまり、低酸素トレーニングを行ったことで、試合前の通常トレーニング時における漕能力が、短期間のうちに改善したことが窺える。このため水上での乗艇トレーニング時に、より高強度で、しかも技術を意識しながら行うことができ、試合にも自信を持って望むことができたといえる。そしてそれらが総合されて、試合で好成績を上げることができたと考えられる。

なお、この被験者はレースにおいて「前年と比較して、スタートから出られるようになった」とも述べている(表 3)。これは無酸素性パワーの改善を窺わせるものである。本研究では無酸素性パワーの指標については測定していないが、常圧低酸素室を用いた LL-TH 方式のトレーニングによって、無酸素性パワーが改善したという報告はいくつかある(平山・山本, 2007; 伊藤・川原 2005; 杉田, 2005)。したがって、本低酸素トレーニングは、有酸素性作業能力や運動効率の他に、無酸素性作業能力の改善にも効果をもたらした可能性もある。

2. 本トレーニングの問題点と今後の課題

本研究では、トレーニングを 2 期に分け、後期では休息インターバルを短くすることによって運動の負荷を高め、より大きな効果を得ようとした。しかしトレーニング効果は、前期の方が顕著であり、後期では期待したほどの改善は見られなかった(図 5a, b)。以下、この問題について考察する。

1) トレーニング強度の問題

図 4 を見ると、後期に休息インターバルを短くしたことで、運動期における漕タイムは前期よりも有意に遅くなっていた。また、後期の SpO₂ は有意に高くなり、低酸素負荷のかかり方は前期よりも弱くなっていた。一方 HR のレベルは、前期も後期も同程度であり、これと対応するかのように後期のトレーニングでは、HR のみが改善された(図 5b)。

以上のことから、低酸素トレーニングで高い効果を得るためには、ある程度高い運動強度を保ち、HR を一定のレベル以上に保つこと(この被験者の場合、運動時の平均 HR が 153bpm 程度)と同時に、SpO₂ を一定以下のレベル(この被験者の場合、各セットの運動終了直後の平均 SpO₂ が 80% 以下)に保つことが重要な条件ではないかと考えられる。

選手の自省報告を見ると(表 3)、「休憩が 2 分になってから、精神的にも身体的にもきつかった」と述べている。つまり低酸素環境下で、限度以上の高強度トレーニングを行うと、かえって十分な負荷をかけられなくなってしまうと考えられる。あるいは今回のような、休息インターバルを 3 分から 2 分に短くする、という負荷の上げ方が急激すぎた可能性もあるかもしれない。

したがって今後、同様なトレーニングを行う際には、運動強度と休息时间について、毎回のトレーニング時に発揮される仕事率、生理応答、選手の感想も考慮した上で、トレーニングプログラムを作成すべきであると考えられる。

2) トレーニング高度の問題

著者らの先行研究(山本, 2009)では、高度に順応するにつれて高度を徐々に上げた方が効果が高い、という結果を得たケースもある。これに対して本研究では、5 週間にわたり、高度を 2000m 相当に固定してトレーニングを行った。ただしその代わりに、トレーニング後期では前期よりも休息インターバルを短く

することで、運動強度の増加を図ろうとした。

しかし実際には、1)でも述べたように、選手がその負担の増加についていけなかった。トレーニング中のSpO₂を見ても、後期では前期ほど下がっておらず、低酸素トレーニングとしての負荷はむしろ低下してしまっていた(図4)。このようなことを考えると、今後は、トレーニングの回数を重ねるに従って、休息インターバルを短くするよりも、高度を徐々に上昇させ、より大きな低酸素負荷をかけた方が、効果的であるかもしれない。

3) トレーニング期間の問題

本研究における5週間というトレーニング期間は、著者らの先行研究では2~5週間程度で作業能力や生理応答の改善を得ていること(平山・山本, 2007; 狩野ほか, 2001; 国分ほか, 2003; 前川ほか, 2004)に基づき選択したものである。これに関する選手の内省報告は、「トレーニング期間はちょうどよかった、長くなると集中力は持たなかった」というものであった。したがって、このトレーニング期間は妥当なものであったと考えられる。

ただし前述のように、本研究では前期の3週間のトレーニングによって能力が明瞭に向上したが、後期の2週間では改善が小さかったことを考えると、このようなトレーニングは3週間のみでもよい、という考え方も成り立つかもしれない。その一方で、2)で述べたように、後期の2週間については、高度の上昇等による負荷の増加によって、さらに能力が向上する可能性もある。このような2つの選択肢のどちらが妥当かについては、今後の検討課題といえる。

参考文献

- Bonetti, D. L. and W. G. Hopkins (2009) Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia; a meta-analysis. *Sports Med.*, 39:107-127.
- Fulco, C. S., P. B. Rock, and A. Cymerman (2000) Improving athletic performance: is altitude residence or altitude training helpful? *Aviat. Space Environ. Med.*, 71:162-171.
- 平山祐, 山本正嘉 (2007) 常圧低酸素室を利用したカナディアンカヌー競技選手の高所トレーニングの効果. 第20回日本トレーニング科学会大会, 東京大学, (抄録集, p.60)
- 伊藤穰, 川原貴 (2005) 低酸素トレーニングの新たな可能性; 無酸素性パワーの向上に関する取り組み. *トレーニング科学*, 17:167-173.
- 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.
- 国分俊輔, 楠本恭介, 三森絵里, 千足耕一, 山本正嘉 (2003) ウインドサーフィン(ミストラル級)の競技特性をもとに考案した陸上での補強トレーニングの効果; ナショナルチーム入りを果たしたE.M.選手の事例. *スポーツトレーニング科学*, 4:57-61.
- 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 (2005) 短距離選手における低酸素トレーニングについて. トレーニング科学, 17:153-159.
- ・ Wilber, R. L. (2001) Current trends in altitude training. Sports Med., 31:249-265.
- ・ Wilber, R. L. (2007) Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. Med. Sci. Sports Exer., 39:1610-1624.
- ・ 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 (2004) 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, 21:31-37.
- ・ 山本正嘉 (2009) 高所トレーニングのこれまでとこれから; 増血パラダイムからの転換を考える. トレーニング科学, 21:339-356.