

## 中学生の中長距離走選手を対象とした低頻度の低酸素トレーニングの効果

森寿仁<sup>1)</sup>, 宮崎喜美乃<sup>1)</sup>, 米徳直人<sup>2)</sup>, 山本正嘉<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学大学院

<sup>2)</sup>始良市立帖佐中学校

<sup>3)</sup>鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード: 低酸素トレーニング, 常圧低酸素, 長距離走, 中学生, クロストレーニング

### <論文概要>

中学生の中長距離走選手11名(男子8名, 女子3名)を対象に, 通常練習に加え, 海拔3000m相当に設定した常圧低酸素室内で, 週1回の頻度で, 計4回の低酸素トレーニングを行った. 毎回のトレーニングにおいて, 主運動の前にはコントロールテストとして, 同一強度で15分間の自転車ペダリング運動を行った. 次いで主運動として, 主観的運動強度(RPE)が13-14程度となるように調整された強度で, 15分間の自転車ペダリング運動を, 15分程度の休息をはさみ3セット行った. その結果, 各週のトレーニング開始前に同一強度で運動を行ったコントロールテストでは, 心拍数, 動脈血酸素飽和度には変化が認められなかったが, 心肺と脚のRPEには有意な低下がみられた. また主運動については, ほぼ同一のRPEで行っていたにもかかわらず, トレーニングを重ねるごとに運動強度は有意に増加し, それに伴い心拍数も増加した. トレーニング前後に低地で行った1000m走の記録は, トレーニング後に平均で6秒短縮し, その変化は有意であった. したがって, 中学生の中長距離走選手の走パフォーマンスを改善させる上で, 低地での通常トレーニングと並行して行う, 低頻度の低酸素トレーニングは有効である可能性が示唆された.

スポーツパフォーマンス研究, 5, 41-54, 2013年, 受付日:2012年4月5日, 受理日:2013年1月16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

-----

### **Effects of low frequency hypoxic training on performance of junior high school middle-long-distance runners**

Hisashi Mori<sup>1)</sup>, Kimino Miyazaki<sup>1)</sup>, Naoto Yonetoku<sup>2)</sup>, Masayoshi Yamamoto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> Aira City Chosa Junior High School

<sup>3)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: hypoxic training, normobaric hypoxic chamber, long-distance run,  
junior high school students, cross training

**[Abstract]**

Eleven junior high school middle-long-distance runners (8 boys, 3 girls) were given hypoxic training once a week for 4 weeks in a normobaric hypoxic chamber equivalent to 3000 meters above sea level, in addition to the usual training. In each training session, a bicycle pedaling exercise was performed for 15 minutes with the same intensity as in a control test done before the primary exercise. The primary exercise was 3 sets of bicycle pedaling exercises for 15 minutes with a break of about 15 minutes, with the intensity adjusted so that the subjective intensity of the exercise (RPE) was 13 - 14. The results of a control test performed before the start of the training each week did not show changes in heart or arterial oxygen saturation, but a significant decrease was found in the cardiopulmonary and leg RPE. In spite of the primary exercise having been carried out with almost the same RPE, the exercise intensity increased significantly from one training session to the next, and the participants' heart rate also increased. The time of a 1000-meter run performed before and after the training at a low altitude was reduced after the normobaric training by 6 seconds on the average, which is a significant change. These results suggest that a few sessions of hypoxic training are an effective addition to low altitude training for improvement of running performance of junior high school middle-long-distance runners.

## I. 緒言

自然の高地や人工的な低酸素環境を利用したトレーニングは、通常環境に比べて持久力をより大きく改善できる可能性がある(Wilber 2001; 山本 2004; 山本 2009, 2012). 中でも、1990年代に開発された常圧低酸素室を用いた低酸素トレーニングは、自然の高地に長期間出かけて行うトレーニングに比べて、時間的・経済的な面で負担が少なく、簡便性や安全性にも優れるというメリットがあり、一般にも普及しつつある。

低酸素室を用いた低酸素トレーニングにも、大別して living high-training low 方式(山地 1999) および living low-training high 方式(山本 2004)の2種類がある。その中でも後者は、低酸素環境への出入りが簡単な常圧低酸素室を用いることで、曝露時間や高度を自由にコントロールすることができ、取り組みやすい方法として注目されている。特に山本(2004, 2009, 2012)は、低酸素トレーニングを単独で行うのではなく、低地での通常トレーニングに対する補助トレーニングとして行うことで、低地でのトレーニング効果をより大きくできるとし、living low-training low + training high 方式を提案している。

実際に、このようなトレーニングの成功例はすでに多く報告されているが、それらの多くは「高強度」および「高頻度」(週に3回以上)で行われている(安藤ら 2004; 平山ら 2011; 一箭ら 2011; 狩野ら 2001; 前川ら 2004; 前嶋 2001). しかし最近では、試合前の補助トレーニングとして「低強度」で行っても(長谷川ら 2011; 宮崎ら 2012), また「低頻度」(週に1-2回)で行っても(荒木ら 2011; 長谷川ら 2011; 宮崎ら 2012), 持久力が向上するという報告も現れるようになった。一般的に低酸素トレーニングは、全身持久力の改善を狙いとして行われるが、この能力は心臓や肺の重量が急速に発達する中学生期ごろに著しく発達する(猪飼ら 1964). また全身持久力に対するトレーニング効果も、身長発達速度が最大となる時期を境に大きくなるとされている(Kobayashi et al. 1977; 小林ら 1979). したがって、中学生期に低酸素トレーニングを行うことで、全身持久力の大きな改善も期待できる。

一方で、低酸素トレーニングを行える施設は、現在のところ限られており、中学生の部活動において頻繁に低酸素トレーニングを行うことは、現状では難しい。また、中学生が課外活動に充てられる時間が限られていることも考えあわせると、低酸素トレーニングを週に1回程度、補助トレーニングとして導入することでパフォーマンスの向上が起ころうであれば、有力なトレーニングの選択肢となりうる。そして、上述のように全身持久力の発達が著しい中学生期であれば、このような低頻度であっても低酸素トレーニングの効果が生じる可能性も考えられる。

そこで、著者らは中学生の中長距離走選手に対して、自転車エルゴメータを用いて低頻度(4週間で3回)の低酸素トレーニングを試みた(宮崎ら 2012). そして、運動を行う際の適切な運動強度や生理的負担度についての検討を行い、動脈血酸素飽和度が80%台前半、主観的運動強度が「ややきつい」程度の運動であれば、安全性が高く、しかも効果が期待できることを示唆した。さらに、実際に自転車エルゴメータを用いてトレーニングを行う際の具体的な負荷値を、男女別に提案した。

本研究は、この先行研究にもとづき、中学生の中長距離走選手を対象として、1週間に1回の頻度で、4週間(計4回)の低酸素トレーニングを行った。そして、トレーニング時の生理応答の変化、およびトレーニング前後での走パフォーマンスの変化について検討することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は、K 体育大学の研究協力校である C 中学校の陸上競技部中長距離ブロックに所属する生徒男子 8 名、女子 3 名の計 11 名(年齢:14.1±0.7 歳)であった。表1は、被検者の身体特性を示したものである。

表 1. 被検者の身体特性

被検者	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
T.M	M	14.0	162.0	50.8
Y.J	M	13.4	142.0	33.0
K.F	M	13.3	145.2	36.4
H.M	M	13.8	154.0	42.5
T.T	M	14.8	168.0	52.3
T.S	M	14.9	173.8	64.1
R.H	M	14.8	177.0	67.9
H.Y	M	14.3	158.9	49.6
N.K	F	13.5	161.2	47.4
R.K	F	13.5	156.1	41.2
S.K	F	15.0	162.8	46.4
平均値		14.1	160.1	48.3
標準偏差		0.7	10.7	10.6

本実験計画は、所属機関の倫理審査委員会の承認を受けた上で本実験を実施した。実験計画承認後、すべての被検者とその保護者には、本実験の目的、方法、およびそれに伴う危険性などについて文書、および口頭で説明を行い、実験への参加に同意を得た上で行った。

### 2. トレーニング方法

#### (1) トレーニングの概要

図 1 は、低酸素トレーニングの概要を示したものである。低酸素トレーニングは週 1 回の頻度で 4 週間(計 4 回)実施した。なお、低地での練習も通常通り行うこととし、週 6 回行う練習のうちの 1 回を低酸素トレーニングに置き換えて行った。

低酸素トレーニングは、9:00-12:00 までの 3 時間、海拔 3000m 相当の酸素濃度(14.5%)に調整された常圧低酸素室内(トレーニング環境シミュレータ、エスペック社製、Japan)に入室して行った。被検者は低酸素室に入室後、15 分間の安静を保った後、自転車エルゴメータ(Aerobike75XLⅢ、Combi 社製、Japan)を用いた 15 分間のペダリング運動を 4 セット行った。セット間の休息は 15 分程度とした。4 セットの運動のうち 1 セット目を、ウォーミングアップを兼ねたコントロールテスト、2-4 セット目を主運動とした。

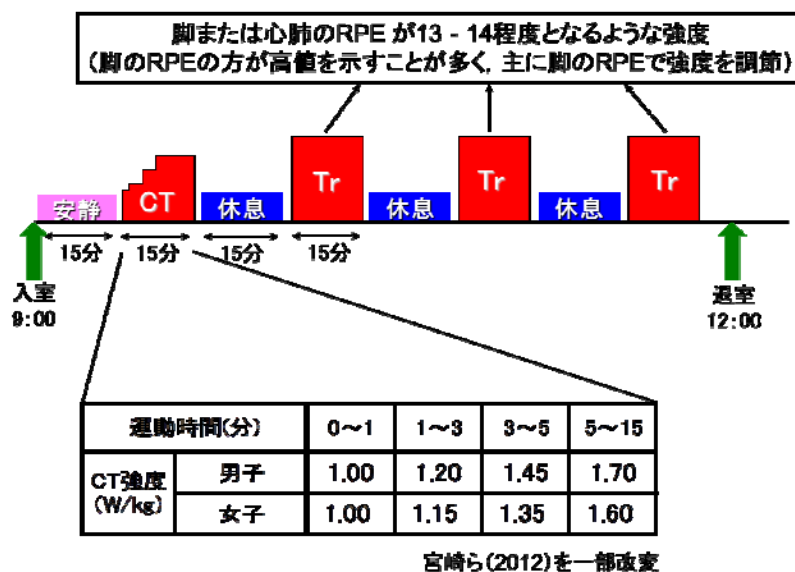


図 1. トレーニングの概要

## (2)コントロールテスト(CT)

1セット目はウォーミングアップを兼ねたコントロールテスト(CT)と位置づけ、4週とも同一強度でペダリング運動を行った。運動強度の設定は、宮崎ら(2012)の報告を参考にした。すなわち、15分間の運動の最初の5分間をウォーミングアップとして強度を漸増させた後、5-15分の10分間を男子は1.7W/kg、女子は1.6W/kgの負荷で運動を行った。

## (3)主運動(Tr)

2-4セット目は主運動(Tr)と位置づけ、脚か心肺のいずれかの主観的運動強度(RPE)のうち、高い方の値が13-14(ややきつい)となるように強度を調整し運動を行った。この運動強度の調整は、3分ごとに検者が、被検者の脚と心肺のRPEを確認し、検者が被検者の同意のもと、設定強度範囲内(RPEが13-14)となるように2-5Wの範囲で調整した。

## 3. 測定項目

### (1)CT

- ①生理応答(動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub>), 心拍数): 小型のパルスオキシメーター(Pulsox-3Si, Minolta社製, Japan)を指尖に装着し、運動中のSpO<sub>2</sub>を記録した。また脈拍数も記録し、これを心拍数の指標とした。いずれも、測定値は5-15分間の同一強度運動中の最後の1分間の平均値を採用した。
- ②心理応答(主観的運動強度(RPE)): Borg et al.(2010)の報告に基づいて、主観的運動強度を脚の疲労(脚)と息苦しさ(心肺)の2種類に分けて尋ねた。測定値は5-15分間の同一強度運動中の最後の1分間の値を採用した。

## (2) Tr

- ①運動強度:3分間に1回, 検者が被検者に脚と心肺の RPE を尋ね, 13-14 となるように運動強度を調整した. そのセッションを5回繰り返し, 15分間の Tr を行った. 各セッションの負荷値を平均し, 1 セットの運動強度として採用した. さらに, 3 セットの平均値を各週の Tr 時の運動強度とした.
- ②生理応答(動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub>), 心拍数):CT と同じ方法で, 運動中の SpO<sub>2</sub> と心拍数を記録した. 測定値はいずれも, 3分間に1回, 各セッションの最後の1分間の平均値を記録した. なお, 各セッションで記録した値を平均し, 1 セット分の値として採用した. さらに, 3 セットの平均値を各週の Tr 時の値とした
- ③心理応答(主観的運動強度(RPE)):CT と同じ方法で測定した. 測定値は3分間に1回, 各セッションの最後の1分間の値を記録した. なお, 各セッションで記録した値を平均し, 1 セットの脚と心肺の RPE として採用した. さらに, 3 セットの平均値を各週の Tr 時の脚と心肺の RPE とした.

## (3) 走パフォーマンス

C 中学校内の 200mトラックにおいて, トレーニング期間の前後に 1000m タイムトライアルを実施した. なお, この 200m トラックは土であり, 測定は比較的風がなく, グラウンドコンディションの良い日に行われた.

## 4. 統計処理

測定値は, すべて平均値±標準偏差で表した. 各週の CT, および Tr 時の生理応答の値に対して, 繰り返しのある一元配置分散分析を用いて検定を行い, 有意な差が認められた場合には, Post-hoc tests として Tukey 法を用いて多重比較検定を行った. また, トレーニング前後の走パフォーマンスの評価には対応のある t 検定を用いた. 危険率は, すべて 5%未満を有意とした.

## Ⅲ. 結果

### 1. 低酸素トレーニングおよび通常練習の状況

本研究は通常練習を週 5 回, 低酸素トレーニングを週 1 回行うというものであった. **表 2** は, その練習メニューの詳細を示したものである. なお, この期間, 数名の選手にはシンスプリント, 腰痛, 足底筋膜炎などの症状がみられたものの, 症状の程度は通常練習にまったく参加できないものではなかった. そして, これらの選手も低酸素トレーニングは支障なく参加することができた. 本トレーニング後の, 通常環境での練習中や競技会における内省報告では, 多くの選手から「きつくなっても脚が動く」「呼吸が楽になった」などの意見が得られた.

表 2. 低酸素トレーニング期間中の 1 週間の練習メニュー

月	ペース走 (5km)
火	ロングインターバル (1000m × 3-4)
水	ビルドアップ (5-8km)
木	ロングジョグ
金	ミドルインターバル (300m × 8-10, 400m5-6)
土	低酸素トレーニング
日	レスト

## 2. 低酸素トレーニング中の体調

各週のトレーニング前に体調不良を訴えている選手はいなかった。低酸素トレーニング中、あるいはトレーニング後には頭痛を感じた選手が数名みられたが、トレーニングを中断するほどの重症ではなかったため、本人の意向と検者の判断によりトレーニングを継続した。なお、頭痛の症状がみられた選手は、低酸素室から一度退出し、常酸素環境下にて休息を行った。その頭痛は、常酸素環境下で15分程度の休息を行うことで消失する程度であった。また、頭痛の症状がみられた選手には、改めて詳しい体調について尋ねたところ、トレーニング当日に睡眠不足であったとの声が聞かれた。なお、トレーニング後に頭痛以外の体調不良を訴えた選手はいなかった。

## 3. CT 時の生理および心理応答

図 2 は、SpO<sub>2</sub> および心拍数が、4 回のトレーニング経過に伴い、どのように変化したかを表したものである。両指標ともトレーニング期間を通じて有意な変化は認められなかった。

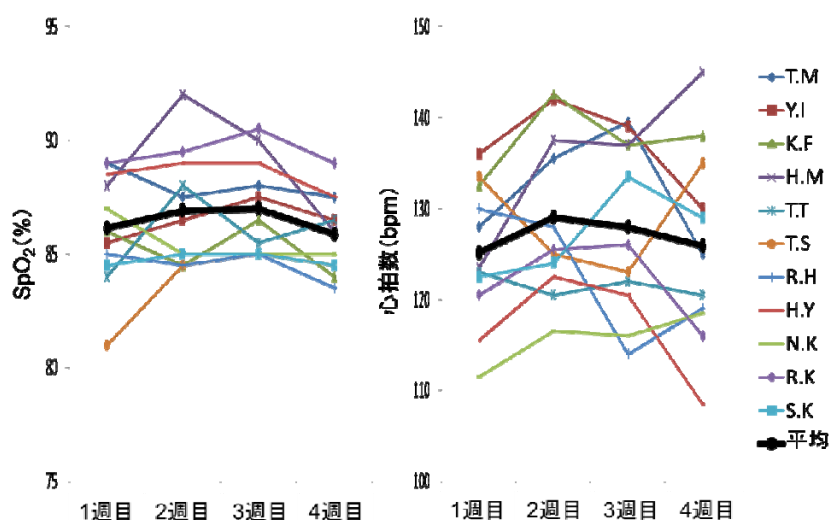


図 2. CT 時の SpO<sub>2</sub> と心拍数のトレーニング経過にともなう変化

図 3 は、同じく脚と心肺の RPE の変化を表したものである。両指標とも、1 週目と比較して 4 週目に有意な低下が認められた(脚:12→11, 心肺:12→11)。

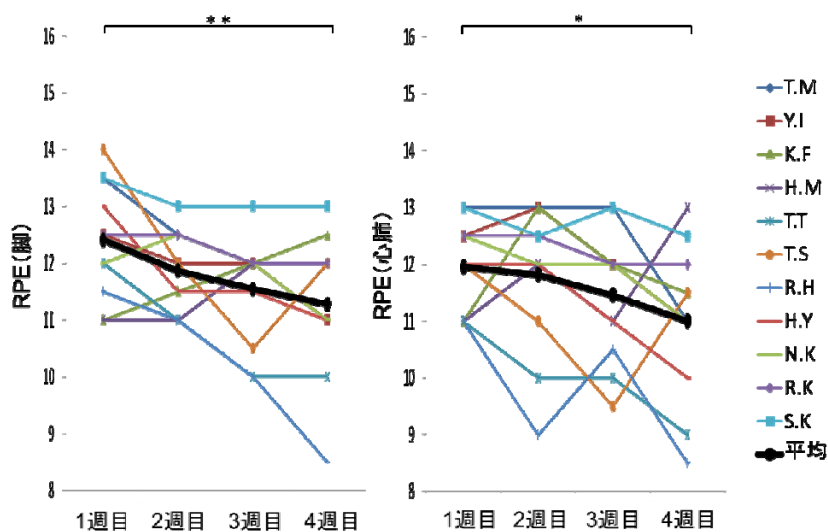


図 3. CT 時の脚と心肺の RPE のトレーニング経過にともなう変化 (\*:P<0.05, \*\*:P<0.01 )

#### 4. Tr 時の生理および心理応答

図 4 は、主運動である Tr 時の運動強度が、トレーニング経過に伴いどのように変化したかを表したものである。絶対値については、1 週目が 80W, 2 週目が 95W, 3 週目が 97W, 4 週目が 101W となり、週を重ねるごとに値は上昇した。また、体重当たりの値についても、1 週目 (1.64W/kg), 2 週目 (1.93W/kg), 3 週目 (1.98W/kg), 4 週目 (2.05W/kg) と値の上昇がみられた。なお、絶対値、体重当たりの値とも、1 週目と比較して 2 週目, 3 週目, 4 週目には有意な増加を示した。

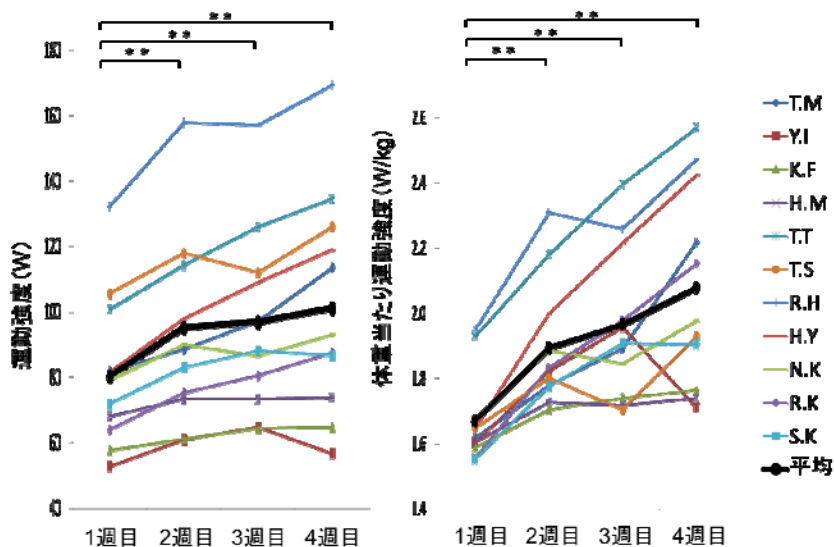


図 4. Tr 時の運動強度のトレーニング経過にともなう変化 (\*\*:P<0.01)



図5は、同じく心拍数と SpO<sub>2</sub> の変化を表したものである。心拍数は運動強度と同様、1週目(142bpm)と比較して2週目(150bpm), 3週目(152bpm), 4週目(149bpm)に有意な増加がみられた。一方, SpO<sub>2</sub>については、1週目(86%)と比較して4週目(85%)では統計上有意に低い値を示し、4週目の低下は3週目(85%)と比較しても有意に低い値を示した。

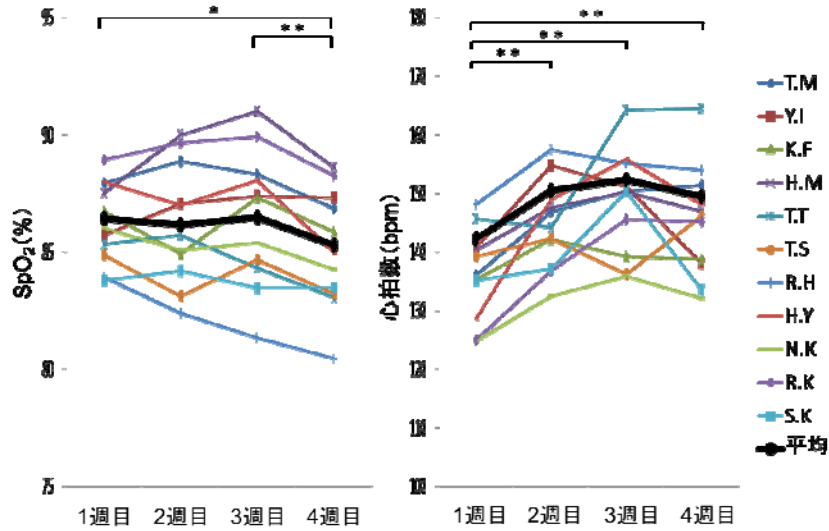


図 5. Tr 時の SpO<sub>2</sub> と心拍数のトレーニング経過にともなう変化 (\* : P<0.05, \*\* : P<0.01 )

図6は、同様に脚と心肺の RPE の変化を表したものである。脚の RPE については、トレーニング期間を通じて有意な変化はみられなかったが、心肺の RPE は1週目と比較して4週目に有意な上昇がみられた(13→14)。

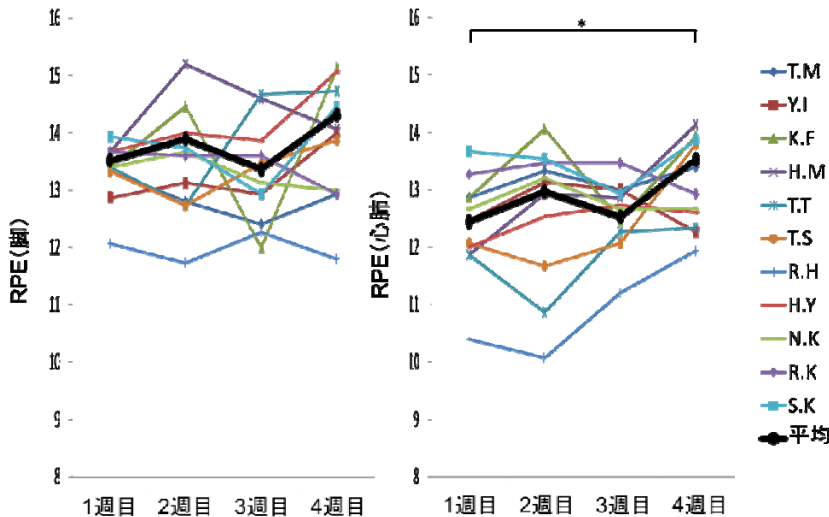


図 6. Tr 時の脚と心肺の RPE のトレーニング経過にともなう変化 (\* : P<0.05)

## 5. 走パフォーマンス

図7はトレーニング前後の1000mタイムトライアルの走記録の変化を示したものである。11名中8名に記録の短縮がみられ、そのうち3名が自己ベスト記録であった。また平均値で見ると、トレーニング前と比較して6±7秒短縮し、その変化は統計的に有意であった。

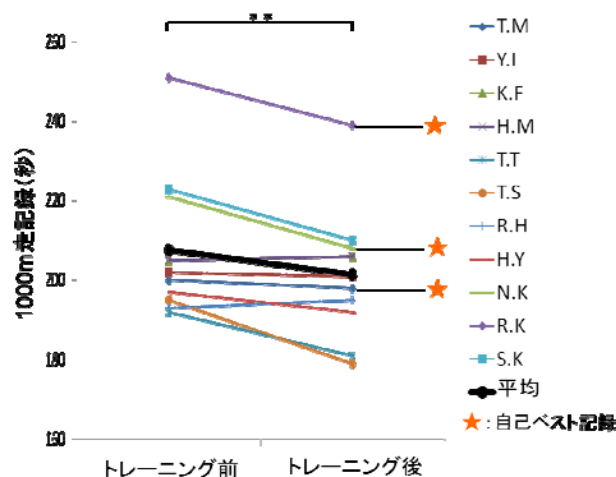


図7. 低酸素トレーニング前後での1000mタイムトライアルの走記録の変化 (\*\*: P < 0.01)

## IV. 考察

### 1. 低酸素トレーニング中の体調

本トレーニングの最中、あるいはトレーニング後に頭痛を訴えた選手は数名みられたが、トレーニングを中止するほどの症状ではなかった。また、トレーニング中に頭痛を訴えた選手に尋ねてみると、トレーニング当日に睡眠不足であったと報告していた。同様の結果は、中学生の中長距離走選手を対象とした宮崎ら(2012)の研究でも報告されている。

したがって、頭痛の原因は主として睡眠不足で本トレーニングを行ったことにあると考えられる。本研究で用いたような比較的軽度な低酸素トレーニング(RPE=13-14)の場合、睡眠を十分に取るなど体調に十分留意すれば、中学生の選手に対しても比較的安全に行えるものと考えられる。

### 2. 同一強度運動時の生理応答

同一強度で行われたCTでは、トレーニングの経過に伴い、SpO<sub>2</sub>、心拍数には変化がみられなかったが(図2)、1週目と4週目とで比べた時、脚と心肺のRPEには有意な低下が認められた(図3)。このような、低酸素環境下における同一強度でのRPEの低下は、低地での走パフォーマンスの向上にも有利に働く可能性が考えられる。

実際に本トレーニング後には、通常環境での練習中や競技中に、「呼吸が楽になる」、「苦しくなっても脚が動く」等の内省報告が得られた。先行研究でも、長谷川ら(2011)や、宮崎ら(2012)は、本研究と同様に低頻度かつ比較的低い強度での低酸素トレーニングを試み、トレーニング後の通

常環境での練習中や競技中に、上記と同様な内省報告が得られたと報告している。

### 3. 主運動中の運動強度と生理応答

主運動中の運動強度と生理応答をみると、1週目と4週目との間で心肺のRPEに有意差が見られたものの(それぞれ $13 \pm 1$ ,  $14 \pm 1$ ), 脚あるいは心肺のRPEの最高値が13-14, という設定はおおむね行うことができていた(図6). 一方, トレーニング強度は1週目から4週目にかけて21W(26%)の増加がみられ(図4), これと同期して心拍数も増加していた(図5). つまり, 同レベルのRPEで運動していても, トレーニングを重ねるに連れて, より高い強度で運動ができるようになったことがわかる。

長谷川ら(2011)は, 大学生の長距離選手を対象として, 本研究と同様な低頻度, 低強度の低酸素トレーニングを行っている. その結果, トレーニング後の同一強度の心拍数や酸素摂取量などには被検者間で共通した変化が得られなかったが, 血中乳酸濃度とRPEは全被検者で低下したと報告している. 本研究でも, 心拍数や $SpO_2$ といった生理応答には変化がみられなかったが, RPEが13-14と心理応答を一定にして運動をしていても, より高い強度で運動できるようになっていた. このような変化は, 低地での走パフォーマンスの改善にも有利に働く可能性が考えられる。

一般的に13-14というRPEは, 乳酸閾値に相当する運動強度とされている(Stoudemire et al. 1996)ことを考えると, 本研究でも乳酸閾値の改善が起こり, 同一のRPEレベルでの運動強度が増加した可能性が考えられる. ただし, 本研究では血中乳酸濃度の測定を行っておらず, さらに負荷の設定方法もRPEという心理的な指標で行っているため, この点を実証することは今後の課題といえる。

### 4. 本トレーニングによる長距離走パフォーマンスへの効果

本トレーニング中の生理応答を見ると, RPEが13-14程度で行われ, 心拍数も140-150bpmと, 長距離選手がトレーニングをする強度としてはそれほど高くないレベルであった. 一方で, トレーニング中の $SpO_2$ は85%前後まで低下していた。

通常環境下で低-中強度運動を行う場合,  $SpO_2$ が90%以下になることはほとんどない. また, 最大努力で運動を行った場合でも90%を下回することは少ない(Williams et al. 1986; Nielsen 2003). したがって, 本低酸素トレーニングは, 心拍数, RPEからみれば中強度の運動と言えるが,  $SpO_2$ からみると, 通常環境では経験できないような低酸素刺激を受けながら運動していたことになる。

本研究では, このような特徴を持つ低酸素トレーニングを, 週に6回の通常練習のうち, 1回分だけ差し替えて負荷した. その結果, 1000m走のタイムは11名中8名で短縮し, 平均では6秒の改善がみられた. 本研究では対照条件を設けていないため, 通常練習だけを行った場合のトレーニング効果との比較はできない. しかし, 4週間で6秒という記録の向上は, 中学生期の長距離走選手にとっては, 一般的に言って容易に起こりにくいレベルである. したがって, 本研究における走能力の向上には, 一部で低酸素トレーニングの効果が寄与している可能性があると考えられる. この

点については今後、対照条件を設けた追加検討の必要がある。

## 5. 本トレーニングの意義

本研究で実施した低酸素トレーニングは、週 5 回の通常練習に加えて 1 週間に 1 回という低頻度で行われた。しかもランニングではなく、自転車ペダリング運動を用いて行われた。それにもかかわらず走パフォーマンスが顕著に向上した。

本トレーニングは、週に1回という低頻度で行われていることから、低酸素トレーニング単独の効果であるとは考えにくい。このことについて山本(2004, 2009, 2012)は、低酸素トレーニングをウェイトトレーニングと同様な概念と位置づけることで説明できるとしている。すなわちウェイトトレーニングのように週に数回程度、低地での通常練習の補助トレーニングと位置づけて低酸素トレーニングを行うことにより、通常環境でのトレーニング効果を増幅するような効果があると述べている。

実際に、このような考え方に基づいて、通常トレーニングと並行し、週に 1-2 回の低酸素トレーニングを補助トレーニングとして取り入れることで、効果が得られたとする報告がいくつかある(荒木ら 2011;長谷川ら 2011;宮崎ら 2012)。本研究の結果は、これらの先行研究を支持するとともに、中学生期の中長距離走選手であっても、このようなタイプの低酸素トレーニングが有効である可能性を示唆するものといえる。中学生は、課外活動等の時間が限られている。したがって、本トレーニングは、このような状況でより大きな効果をあげるための、新たな選択肢になりうると考えられる。

また、本研究のトレーニング様式はランニングではなく、自転車ペダリング運動であったにもかかわらず、走パフォーマンスが向上したことも興味深い。実際、本研究でも下肢のランニング障害を有する選手がいたが、これらの選手でも本トレーニングは支障なく行うことができた。このことは、本トレーニングが中長距離走選手のクロストレーニングとしても有効であることを示唆している。

クロストレーニングとは、「専門とするスポーツの競技力向上のために、専門種目とは異なるスポーツ(あるいはトレーニング)を行うこと」と定義されている(Gary et al. 2010)。吉岡ら(2005)はランニングの一部を自転車トレーニングに代えるクロストレーニングは、ランニングのみのトレーニングと同様、有酸素的能力を向上させると報告している。本研究も吉岡らの報告を支持する結果であったが、加えて低酸素環境下で自転車ペダリング運動をクロストレーニングとして行うことで、大きなパフォーマンスの向上が期待できる、ということを示唆するものである。

クロストレーニングはまた、障害の予防やリハビリテーションの目的で行われることが多い。長距離ランナーの障害は下肢に多く、主に疲労骨折やアキレス腱炎といったオーバーユースによる傷害がほとんどを占めている(林ら 2007)。自転車ペダリング運動は着地衝撃がないことから、ジュニア中長距離走選手の障害予防に配慮したクロストレーニングとしても価値が高いと考えられる。

## V. 参考文献

- ・ 荒木就平, 山本正嘉:高校生自転車競技選手を対象とした3年間のトレーニング効果;5名の未経験者全員がインターハイに出場した事例. スポーツパフォーマンス研究, 3:81-99, 2011.

- 安藤隼人, 山本正嘉: Living low - training high 方式の高所トレーニングにおける血液性状の変化; トレーニング期間中の適応過程に注目して. 第7回高所トレーニング国際シンポジウム総集編, pp.46-47, 2004.
- Borg, E., Borg, G., Larsson, K., Letzter, M., Sundblad, B. M.: An index for breathlessness and leg fatigue. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 20: 644-640, 2010.
- Gary, T. M., H. M. George, (訳) 梅林 薫, 須田和裕, 畑山雅史, 競技力アップのクロストレーニング, 大修館書店, 東京, pp2-5, 2010.
- 長谷川淳, 松村勲, 山本正嘉: 長距離走選手を対象とした低強度かつ低頻度での低酸素トレーニングの効果; レース前の調整期に行った4週間のトレーニング事例. *スポーツパフォーマンス研究*, 3:31-48, 2011.
- 林光俊, 岩崎由純: ナショナルチームドクター・トレーナーが書いた種目別スポーツ障害の診療. 南江堂, 東京, pp2-11, 2007.
- 平山祐, 山本正嘉: カナディアンカヌー競技選手を対象とした通常酸素環境下および低酸素環境下でのカヌーエルゴメータ漕トレーニングの効果. *トレーニング科学*, 22:63-75, 2011.
- 一箭フェルナンドヒロシ, 中村夏実, 山本正嘉: 低酸素および高酸素環境下におけるカヤックパドルリング時のパフォーマンスと生理応答. *トレーニング科学*, 23:167-176, 2011.
- 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 加賀谷熙彦: トレッドミルによる青少年の運動処方に関する研究. 第1報 *体育学研究*, 7:99-107, 1964.
- 狩野和也, 前川剛輝, 大村靖夫, 山本正嘉: 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, 2001.
- Kobayashi K., Kitamura K., Miura M., Sodeyama H., Murase Y., Miyashita M., Matsui H.: Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J. Appl. Physiol.*, 44: 666-672, 1978.
- 小林寛道, 北村潔和, 大田順子, 早水サヨ子, 松井秀治: 縦断的測定からみた女子生徒の Aerobic Power の発達と, トレーニングの影響. *体育学研究*, 24:149-158, 1979.
- 前川剛輝, 安藤隼人, 清水都貴, 山本正嘉: 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, 2004.
- 前嶋孝: 低酸素環境を利用したトレーニングの実際. *体育の科学*, 51:227-280, 2001
- 宮崎喜美乃, 窪田幸雄, 山本正嘉: 中学生の長距離走選手を対象とした低酸素トレーニングの試み; 低強度, 短時間, 低頻度で行う補助トレーニングとしての有効性. *スポーツトレーニング科学*, 13:1-7, 2012
- Nielsen, H. B.: Arterial desaturation during exercise in man: implication for O<sub>2</sub> uptake and work capacity. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 13: 339-358, 2003.

- Stoudemire, N. M., Wideman, L., Pass, K. A., McGinnes, C. L., Gaesser, G. A., Weltman, A.: The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28: 490-495, 1996.
- Williams, J. H., Powers, S. K., Stuart, M. K.: Hemoglobin desaturation in highly trained athletes during heavy exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18: 168-173, 1986.
- Wilber, R. L.: *Altitude Training and Athletic Performance*. Human Kinetics, Champaign, 2004. (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, 2008)
- 山地啓司:新高所トレーニングの理論と実際. *日本運動生理学雑誌*, 6:73-81, 1999.
- 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: 31-37, 2004.
- 山本正嘉: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, 2009.
- 山本正嘉:低酸素室を利用したトレーニング; 競技力向上. *体育の科学*, 62:711-717, 2012.
- 吉岡利貢, 篠田知之, 鍋倉賢治:ランニングパフォーマンスに及ぼすクロストレーニングの効果; 中・高強度自転車運動の導入. *トレーニング科学*, 17: 57-68, 2005.