

【報告】



2017年度箱根駅伝強化プロジェクト報告書

両角 速 (体育学部競技スポーツ学科) 西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科)

両角 駿 (大学院体育学研究科) 八田有洋 (体育学部生涯スポーツ学科)

山下泰裕 (体育学部武道学科) 宮崎誠司 (スポーツ医科学研究所)

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

The Reports on the Project of Hakone Ekiden in 2017

Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Shun MOROZUMI, Arihiro HATTA, Yasuhiro YAMASHITA,
Seiji MIYAZAKI and Tamotsu TERAOKA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of build-up running in a hypobaric hypoxic environment on the autonomic nervous system during a conditioning period in long-distance runners. The subjects exercised for 30-40 minutes on a treadmill in hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude (30HE). The following parameters were measured during exercise; arterial oxygen saturation (SpO_2), HR, the autonomic nervous system (HF normalized unit; HFnu) and RPE.

The results are as follow:

- 1) the SpO_2 during exercise in 30HE showed 63.3-80.7 %.
- 2) the HR during exercise in 30HE showed 165-193 b/min.
- 3) the HFnu during exercise in 30HE showed 19.1-50.5 %.
- 4) the RPE during exercise in 30HE showed 15-19.

These results suggest that build-up running in a hypobaric hypoxic environment at 3000 m simulated altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system during a conditioning period in long-distance runners.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 30, 45-50, 2018)

2017年度は、箱根駅伝の総合優勝（最低でも総合3位）を目標に、人工的高地環境システム（低圧室）を利用した高地トレーニング（標高3000m）および自然環境を利用した高地トレーニング（夏期高地合宿4週間）を加えた相乗効果による競技力向上について医科学データを基に検討した。本研究では、低圧室におけるトレーニング中から、選手一人ひとりの心拍数と動脈血酸素飽和度（ SpO_2 ）を計測した。 SpO_2 は、選手ごと

の生体負担度、さらにはトレーニング効果などを判断した。箱根駅伝5区の“山登りスペシャリスト”を選出・強化するために、夏期高地合宿において、特別トレーニングメニューとして白樺湖および霧ヶ峰周辺の登坂道路で5区に類似したコースを利用してトレーニングを行わせた。また、実際の箱根駅伝5区のコースを想定した試走トレーニングも行わせた。

そこで、本研究では、箱根駅伝前の調整期にお

ける起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランス）および低圧低酸素環境下のランニング効果（ SpO_2 、HR、HFnu および自覚的運動強度の変化）と競技成績にどのような影響を及ぼすかについても検討した。

1. 2017年夏期 全体第1次白樺高原合宿（白樺湖、女神湖、車山高原、霧ヶ峰高原）

距離走、クロカン、ロード起伏による走り込みを中心とした脚づくりなどを身に着けるための第1次白樺高原合宿が、白樺湖・池の平ホテル（標高1450 m）を拠点に、周辺のアップ・ダウンコース（白樺湖周回コース、霧ヶ峰高原クロカンコース；標高1670 m、女神湖；標高1500 m など）でトレーニングを実施した（8泊9日）。本合宿では、3つのグループに分けた（グループ1；距離重視型、グループ2；登り坂重視型、グループ3；スピード重視型）。初日は、霧ヶ峰高原クロカンコースを利用して、各自16 km のジョギングを行った。ジョギング中（2名）の SpO_2 は、平均値；88 %（最低値；74）と87 %（最低値；81 %）であった。2日目のグループ1及び2を対象（31名）とした白樺湖30 km（4分/km～3分50秒/km）走では、個人差がみられ、83～95 %の範囲で低下した。グループ3を対象（6名）としたホテルと女神湖（1周）往復（12 km）走（4分/km）では、終了直後の SpO_2 が85～89 %、女神湖グランド8000 m（3分30秒/km）+800 m+400 m のランニングでは、終了直後の SpO_2 が77～89 %の範囲でそれぞれ低下した。この方式のトレーニングでは、70 %台の選手もみられた。4日目のグループ1および2を対象（31名）とした芝広場から霧ヶ峰GS往復ジョギングでは、終了直後の SpO_2 が84～95 %の範囲で低下した。5日目の霧ヶ峰クロカン10 km 走の終了直後に1000 m のタイムトライアル（37名）では、 SpO_2 が76～89 %の範囲で低下した。ベスト4の選手の中で70台が3名もみられた。6日目のグループ2を対象（2名）とした諏訪市元町東信号からころぼっくる間の15 km 走は、79 %と83 %に

まで低下した。グループ1（G1A；13名、G1B；18名）および3（4名）を対象とした女神湖グランド走（G1A；1000 m×15、R=90秒、2分59秒、G1B；1000 m×15、R=90秒、3分03秒、グループ3；1000 m×12、R=90秒、2分56秒）は、G1Aが77～89 %、G1Bが75～91 %、グループ3が80～84 %の範囲で低下した。9日目の白樺湖32 km 走（29 km以降車山方面登りフリー：約2.8 km）は、トップでゴールした選手が最も低い値（83 %）を示し、ラストでゴールした選手が最も高い値（93 %）を示した。

本合宿には、低酸素テントも導入した睡眠を実施した。テント内の酸素濃度を2800 mと同じ環境で、体調を考慮して指名した4名の選手が睡眠をとった。睡眠中の SpO_2 は、平均値が84.92～91.09 %（最低値が；68.30～83.10 %）の範囲であった。なお、本合宿中には、“長距離選手の運動生理学”についての講義（3回）を実施した。

2. 2017年夏期選抜 高峰高原合宿（日本インカレ強化合宿）

高地トレーニングと距離走による体力と脚づくり、日本インカレ対応などを目的に、インカレ出場選手8名を対象に高峰高原（標高2000 m）合宿が高峰高原ホテルを拠点に、高峰高原林道コースを利用してトレーニングを実施した（6泊7日）。2日目の午前中8 km のジョギングでは、終了直後の SpO_2 が83～90 %の範囲で低下した。午後の16 km ジョギング+200 m 坂ダッシュ×5回のトレーニングでは、終了直後の SpO_2 が79～86 %の範囲で低下、最高心拍数が190拍/分以上が3名もみられた。4日目のファルトレク（1分fast：2分slow×15、20回）では、終了直後の SpO_2 が78～87 %の範囲で低下、さらに最高心拍数が200拍/分以上の選手もみられた。本合宿（標高2000 m）では、選手ごとに生体負担度の大きいことが考えられた。

6日目にもファルトレク（1分fast：2分slow×10、15回）を実施した。終了直後の SpO_2 が81～92 %の低下、さらに最高心拍数が166～204拍/

分の範囲で変化がみられた。標高2000 mにおける睡眠中の SpO_2 は、平均値が92.25～95.17 %（最低値が；74.40～87.90 %）の範囲であった。さらに、この合宿の食事については、5段階評価（5：十分食欲あり～1：全く食欲なし）の3～5が大半を示した。体調（5：最良～1：最悪）では、3と4であった。疲労感（5：全く疲労なし～1：非常に疲労あり）では、2～4であった。安静時のヘモグロビン濃度は、14.4 g/dl～16.4 g/dlの範囲を示した。起床時の SpO_2 は、93～97 %の範囲であった。自然環境を利用した標高2000 mでの高地合宿は初めてであったが、初期の目的である“高地順応と脚づくりなどの身体能力の強化”は種々の科学的データやコンディションチェックシートの値などから図られたと考える。

3. 2017年夏期選抜・強化 第2次菅平高原合宿

高地トレーニングと距離走による体力と脚づくり・地形、ペース変化による揺さぶり対応、集団力強化、選抜・強化の振り分け、日本インカレ対応などを目的に、高地合宿が菅平高原（コア、ベルニナ）を拠点に周辺のランニングコース（標高1248 m）、サニアパーク陸上競技場（標高1303 m）、峰の原クロカンコース（標高1500 m）などでトレーニングを実施した（7泊8日）。2日目の峰の原クロカン22 km ロード走〔（2 km コース×11周）+1000 m R= 3分〕では、1000 m 終了直後の SpO_2 が75～89 %の範囲で低下した。4日目の1600 m×8回（R= 2分）では、8回終了直後の SpO_2 が81～88 %の範囲で低下した。1600 m×4回+300 m×5回（R= 全2分）では、終了直後の SpO_2 が85～88 %の範囲で低下した。5日目の峰の原クロカン20 km ロード走〔（7分50秒～8分/2 km コース×10周）+1000 m R= 3分〕では、1000 m 終了直後の SpO_2 が80～89 %の範囲で低下した。7日目400 m 走〔（69秒～70秒）×25回 R= 200 m jog（70秒）〕では、終了直後の SpO_2 が83～91 %の範囲で低下した。（1600 m+1200 m+800 m+400 m）×2回（R= 3分-4分）

では、終了後の SpO_2 がいずれも79 %、1200 m+2×（600 m+400 m+300 m+200 m）+1200 m（R= 3分）では、79～83 %の範囲で低下した。タイムトライアル終了直後の SpO_2 は、最大79 %の値を示すなど、低酸素耐性の向上もみられた。本合宿では、睡眠中（低酸素テントなし）の SpO_2 を測定した。睡眠中の SpO_2 は、平均値が94.6～96.0 %（最低値が；85.6～88.6 %）とほぼ平地の値であった。

2次合宿の食事については、5段階評価（5：十分食欲あり～1：全く食欲なし）の3～5であった。体調（5：最良～1：最悪）では、3と5であった。疲労感（5：全く疲労なし～1：非常に疲労あり）では、2と3であった。安静時のヘモグロビン濃度は、14.5 g/dl～16.2 g/dlの範囲を示した。起床時の SpO_2 は、95～97 %の範囲であった。

今回の第2次合宿において、上記の最終目的は、種々の科学的データやコンディションチェックシートの値などから図られたと考える。

4. 2017年夏期選抜 第3次白樺高原合宿

高地トレーニングと距離走による体力と脚づくり・地形、ペース変化による揺さぶり対応、集団力強化、選抜・強化の振り分け、秋季レースに向けての準備などの目的で第3次白樺高原合宿が、白樺湖・池の平ホテル（標高1450 m）を拠点に、周辺のアップ・ダウンコース（白樺湖周回コース、霧ヶ峰高原クロカンコース；標高1600 m、女神湖；標高1500 mなど）でトレーニングを実施した（7泊8日）。2日目の25 km 走（ジョギング）では、終了直後の SpO_2 が88～92 %の範囲で低下した。4日目の日本インカレ（5名）を対象とした女神湖グランド走〔3000 m×4（9分15秒、9分15秒、9分10秒、9分） r= 5分〕では、3名の運動終了後の SpO_2 がそれぞれ88 %、84 %、74 %に低下した。他の2名の〔1600 m（4分40秒）×4+300 m（45秒、43秒、42秒、41秒、40秒）×5回〕では、1600 m 終了直後の SpO_2 が78 %、79 %、300 m 終了直後の SpO_2 が82 %、

85 %とそれぞれ低下がみられた。他の選手に対する [3000 m×5 (9分15秒、9分15秒、9分10秒、9分10秒、フリー) r=5分] では、終了後の SpO₂がそれぞれ75 %~84 %、[3000 m×5 (9分20秒、9分20秒、9分15秒、9分15秒、フリー) r=5分] では、79 %~91 %にそれぞれ低下した。6日目の箱根駅伝5区の候補選手2名を対象とした15 km トライアル (ホテル→ころぼっくる→霧ヶ峰→ころぼっくる) は、終了直後の SpO₂が79 %、83 %とそれぞれ低下がみられた。

本合宿では、睡眠中 (低酸素テントなし) の SpO₂を測定した。睡眠中の SpO₂は、平均値が96.0 % (最低値が; 84.3 %) であった。

5. 長距離選手の競技力向上を目的とした高地 (低圧) トレーニング

人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧 (高地) トレーニング (スポーツ医科学研究所・低圧室) : 対象は、箱根駅伝候補選手とした。

(1) 年間のトレーニング時間

東海大学湘南キャンパス15号館のスポーツ医科学研究所に設置されている低圧室を利用し、高地トレーニングと同じ効果を得るために気圧、温度、湿度などの環境を調整し、低圧トレーニングを行った (標高; 3000 m)。低圧トレーニングは、



写真1 人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧 (高地) トレーニング (標高3000m)
Photo 1 The training in hypobaric hypoxic environment at 3000 m simulated altitude.

2017年4月1日から2017年12月31日までに計73回実施した (1回2時間)。各選手の年間利用時間は、最も多い選手で40時間であった。

(2) トレーニング内容と SpO₂の変化

2017年度の低圧トレーニング内容は、各選手のレース日程およびコンディションを考慮し、全身持久力は基より、ラストスパート時に必要な無気的能力、トップスピードの持続力の強化などをそれぞれ図った。今年度は、ビルドアップ方式におけるランニング中に計測した各選手の SpO₂の最低値が60.8 %、65.8 %、63.3 %、71.0 %、66.8 %、68.5 %、65.9 %と低くなる選手が多くみられた。運動中の HFnu は、15 %~55 %の範囲であった。

2017年度も寮での睡眠時に「低酸素テント」を使用した。テント内の酸素濃度を標高3000 mと同じ環境に調節し、体調や試合日程を考慮して指名された選手が睡眠をとった。睡眠中の SpO₂の平均値は、87 %程度で、睡眠中も適度な低酸素負荷がかかり、高地順応力の向上がみられた。

夏期高地合宿 (白樺湖、女神湖、車山高原、霧ヶ峰高原、菅平高原) や、日常、低圧室を利用したトレーニング及び低酸素テントを利用した睡眠等で高地における適応能力が向上していたことが示唆される。

6. 出雲駅伝および全日本大学駅伝

陸上競技部駅伝チームは、出雲駅伝において2007年の3連覇を果たして以来の10年ぶり4回目の優勝を果たした。出雲駅伝では、現地で最終ポイント練習 (1000 m×2回) を実施した。終了直後の SpO₂は、81~91 %の範囲であった。好成績を収めた選手は、80 %台であった。

全日本大学駅伝は、出雲駅伝に続く、2冠目を目指したが、あと一步健闘及ばず準優勝でフィニッシュした。全日本大学駅伝の調整合宿中には、8000 m ビルドアップおよび1000 m×1回のポイント練習を実施した。8000 m ビルドアップ終了直後の SpO₂は、83~93 %、1000 m×1回終了直後の SpO₂が81~93 %の範囲でそれぞれ低下がみられた。SpO₂の低下度が大きい選手の方が区間賞、

又は区間 2～3 位と好成績を収める傾向がみられた。

7. 調整期（レース前日まで）における起床時の CVRR および HFnu の変化

12月30日から1月1日までの調整期に、箱根駅伝出場予定の11名を対象に起床時の CVRR（自律神経活動の指標）および HFnu（副交感神経活動の指標）の変化を測定した。その結果、CVRR は、5.11～12.44 %、HFnu が46.66～88.16 % の範囲であった。いずれの選手も個人差はあるが起床時 HFnu の数値が高く、極端に低い値を示した選手はみられなかった。仮に、この値が大きく変化して、低い値を維持するようであれば、自律神経のバランスとして、交感神経活動優位の状態を意味することになる。これは、生体にかかる負担度が大きく、睡眠の質や疲労の回復力が下がり、コンディションにも悪影響を及ぼすことが考えられる。調整期も各選手で良好なコンディションを維持することができたと示唆される。なお、1名の選手は、レース当日の起床時も測定を行った。その結果、HFnu：33.95 %、CVRR：20.71 %と、レース当日は HFnu 値が大きく低下し、逆に、CVRR が増加の傾向がみられた。昨年度も1名の選手がレース当日も測定を行った。その結果は、HFnu：54.42 %、CVRR：6.67 %と、レース当日も良好なコンディションを維持し、区間賞を獲得した。レース当日の良好なコンディションを維持することが重要な課題であると考えられる。調整期における良好なコンディションとともに、レース当日のコンディションの良否が最も重要となる。すなわち、レース当日は、不安と過剰な緊張、さらには、レース中（とくに前半）、沿道の大勢の人達による応援に対する興奮と力みすぎなどで、交感神経の過剰な亢進が起これば、副腎髄質からアドレナリン分泌が亢進し、体内のグリコーゲン分解（血糖上昇）が促進され、体内のグリコーゲンの消耗を早めることになる。その結果、グリコーゲンの枯渇からレース後半の失速に繋がることも考えられる。

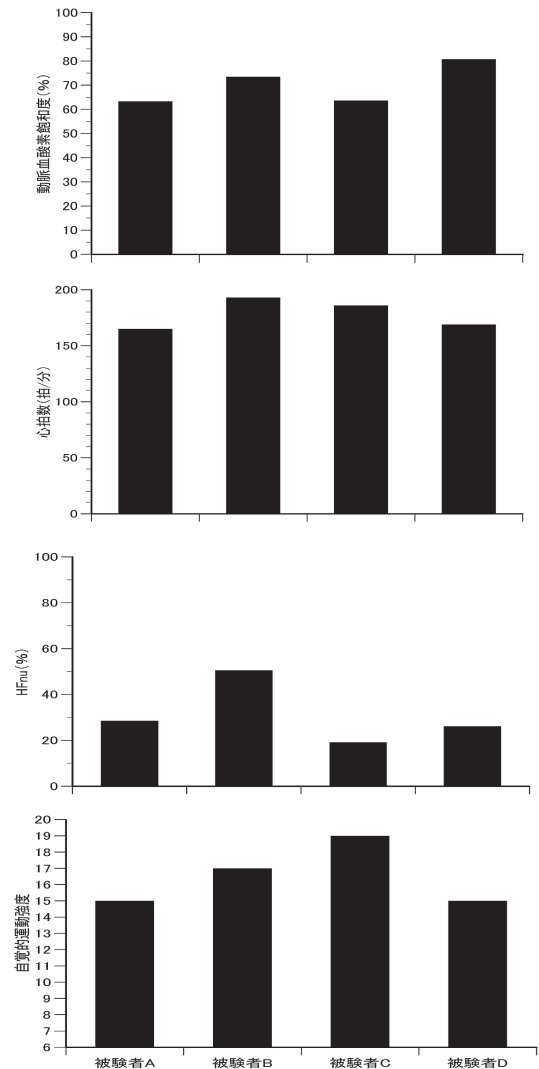


図1 調整期における低圧低酸素環境下のランニング中の SpO₂、HR、HFnu および RPE の変化

Fig. 1 Changes of SpO₂, HR, HFnu and RPE during running in hypobaric hypoxic environment during conditioning period.

8. 調整期における低圧低酸素環境下のランニング中の SpO₂、HR、HFnu および自覚的運動強度 (RPE) の変化

本研究では、競技大会前の調整期に、低酸素刺激を与えるため、トレッドミルを用い、ビルドアップ走、または二段階走（一定のペース後、速度を上昇）により、生体負担度の指標である SpO₂ の低下度が大きくなるようランニング速度を調整した（対象：4名）。なお、ランニング時間に関

しては、各選手の自主的な判断に委ねた（30～40分程度）。各選手の SpO_2 （最低値）は、63.3 %、73.5 %、63.6 %、80.7 %であった。HR（最高値）は、165拍 / 分、193拍 / 分、186拍 / 分、169拍 / 分、HFn_u が28.5 %、50.5 %、19.1 %、26.1 %であった。RPE は、15、17、19、15であった。

9. 調整期（レース前日まで）におけるポイント練習終了直後の SpO_2 および RPE の変化

8 km ビルドアップ走（3分10秒～2分50秒、最後の400 m は自由）では、 SpO_2 が83～95 %、自覚的運動強度 RPE が14～18の範囲であった。レース前日は、1000 m × 1回、又は2回のポイント練習（自由選択）を実施した（往路候補選手のみデータ）。1回のみを行った選手では、 SpO_2 ; 92 % および RPE ; 19、 SpO_2 ; 86 % および RPE ; 14、 SpO_2 ; 89 % および RPE ; 16、 SpO_2 ; 82 % および RPE ; 14であった。2回行った選手では、 SpO_2 ; 90 % および RPE ; 14、 SpO_2 ; 85 % および RPE ; 14、 SpO_2 ; 80 % および RPE ; 15、 SpO_2 ; 87 % および RPE ; 15であった。 SpO_2 は、選手ごとの生体負担度、つまり一つの練習でどれだけ自分を追い込むことができたのかを判定できる。さらに、各選手がそれぞれの状況で感じる「19 非常にきつい」、「15 きつい」、「11 楽」などの RPE も貴重なデータとなる。そこで、1回のみを行った選手（箱根駅伝出場選手）のデータでは、 SpO_2 ; 92 % および RPE ; 19、すなわち、自分を追い込むことができなくて、自覚的に“非常にきつい”と感じていたと判断することができる。

10. 箱根駅伝の競技成績

箱根駅伝の競技成績は、往路について、1区の選手（3年生）、2区の選手（2年生）は、ともに区間7位で、3区の選手（2年生）にタスキがつながり、前半、落ち着いたスタートを切ると、後半にスピードを上げて区間3位に入り、総合6位へと順位を押し上げた。4区の選手（4年生）は、区間12位ながらも総合6位で5区の選手へと

タスキをつないだが、初の山登りで苦しい走りとなり、3つ順位を落とし、総合9位（区間12位）でゴールテープを切った。2日の往路で9位となり上位進出を目指して臨んだ復路では、6区の選手（2年生）が前半の登り坂からハイペースでレースを展開し、チーム史上最高タイムとなる58分36秒の好タイムで区間2位に入り、総合順位を5位へと押し上げた。7区の選手（4年生）は、区間10位ながら、総合5位でタスキが8区の選手へとつないだ。8区では、序盤で前を走る4位の法政大学を抜くと、さらに好走を続け、15 km 付近で早稲田大学も抜き、総合3位（区間2位）で9区の選手にタスキをつないだ。9区では、強い向かい風をもろともしない力強い走りでもって区間5位、総合3位を守ってタスキを10区につないだ。アンカーの選手は、前半、中半で好走したが後半で失速し、ラスト3 km で2チームに抜かれ、総合5位（区間16位）でゴールした。復路合計タイムの順位は4位であった。