

高所登山・トレッキングのための高所順化トレーニングマニュアル —小型の常圧低酸素テントを利用する場合—

山本 正嘉¹⁾，鳥賀陽信央²⁾

¹⁾ 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

²⁾ 鹿屋体育大学大学院

1. はじめに

著者らはこれまで、ヒマラヤ等の高所で登山やトレッキングを行う人が日本を出発する前に、常圧低酸素室を用いて行う事前順化トレーニング法を開発してきた。またこの方法をベースにしたトレーニングシステムの普及を目指して、登山ツアー会社等に設置されている小型の低酸素テントを用いて行える方法を検討してきた。本稿では、これらの研究や実践から得られたノウハウを紹介するものである。

本稿は、民間の登山ツアー会社が商業ベースで、このトレーニングシステムを運用することを想定して作成した。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 大型の低酸素室ではなく、図1のような小型のビニールテントを利用すること
- (2) 社会人や学生といった、自由時間が少ない人でも取り組めること
- (3) 生理学に関して高度な知識を持たなくてもシステムを運用できること

- (4) 利用者(登山者)は、慣れれば一人でもトレーニングに取り組めること

2. トレーニングの前に行うこと

(1) 利用者の登山経験と高所経験のチェック

利用者にはまず別添資料1のようなアンケートに記入してもらうとともに、過去の高所経験を尋ねる。そしてaランク(高所経験があり基礎体力もある人)、bランク(一般的な人、体力はあるが高所経験はない人、高所経験はあるが体力がない人など)、cランク(高所経験もなく体力もない人など)、の3つに分ける。

(2) インフォームドコンセント

アンケートの内容をチェックし、以下の3点について確認する。

- ①日常生活において健康であること(健康診断で問題はないか、血圧は正常か、など)

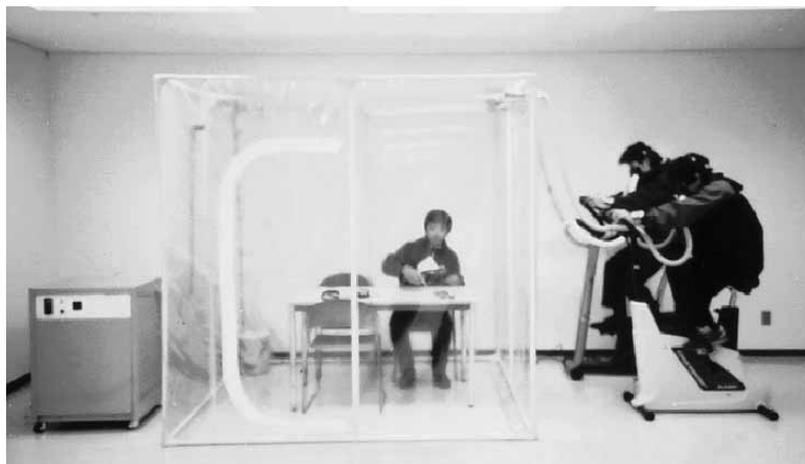


図1. ビニール製の常圧低酸素テント

利用者が自分でジッパーを開閉し、自由に入退室できる。運動をするときには、テント内で行うと二酸化炭素が過剰に蓄積するので、右側に見えるように低酸素空気をホースでテント外に取り出し、マスクで吸引しながら行う。左側に見えるのは低酸素空気発生装置で、特殊な高分子膜に空気を通し、一部の酸素を取り除くことにより1気圧の低酸素空気を作り、テント内に送り込んでいる。(アミューズトラベル(株)提供)

②普段のトレーニングおよび登山の際に特に身体的トラブルがないこと

③低酸素トレーニング当日の体調も良好であること

次に、利用する施設、トレーニング方法、期待できる効果、危険性など、このトレーニングシステムについての説明を行う。そして最後に、自己責任でこのトレーニングを行うことを確認した上で、同意書に書名をもらう。

3. トレーニング処方

(1) 高度の設定

a および b ランクの人には高度4000m相当から、c ランクの人には3000～3500m相当からトレーニングを始める。そしてトレーニングが進行して低酸素環境に慣れてきたら、少しずつ高度を上げていく。なお4000m相当の高度は日本には存在しない。したがって、この高度を体験することは心理面でも大きな効果があるので、最終的には経験しておくことが望ましい。

(2) トレーニングの時間と頻度

①1回につき1時間のトレーニング(30分の安静+30分の運動)を行うことを基本とする。事情が許せばさらに長時間行ってもよいが、商業施設で多数の人が利用することも想定して、1時間を1トレーニング単位と考える。

②このトレーニングを合計で4～6単位行うことで、ある程度の高所順化が得られる(ただしこの施設の特性上、得られるのは低酸素に対する順化であって、低圧に対しては順化しないことは覚えておく必要がある)。実施方法は、毎日1単位ずつ行ってもよいし、午前と午後に1単位ずつ計2単位行ってもよい。

たとえば計6単位行う場合、1日に1回ずつ3日間続けて行い、1日休み、また3日間続けて行う、あるいは1日で午前・午後の2回行い、これを毎日あるいは1日おきに計3日間行う、などさまざまな方法がある。ただし集中してたくさん行う(1日で6単位まとめて行うなど)よりも、上記のように日

数をかけて何度も行う方が効果は高い。

時間がない等の事情で1回しかトレーニングできない場合でも、高所での身体反応を体験したり、呼吸法の練習をするといった点では大きな意義がある。また高所が初めての人の場合は、1回だけのトレーニングでも大きな順化反応が起こることも多い。また1～4回目くらいまでは、急速に効果が現れる傾向がある。したがって回数をこなせない場合でも、「1回でも2回でも、やればやっただけの効果がある」と告げて自信を持たせるとよい。

(3) 運動の方法

運動は30分間行うが、小さなテント内で運動をすると二酸化炭素が過剰に蓄積してしまう。このため図1(右側)のように、ホースでテント内から低酸素空気を取り出し、マスクで吸引しながら運動を行う。

なお使用するエルゴメーターは、自転車、トレッドミル、階段などさまざまな選択肢が考えられる。自転車エルゴメーターを使う場合ならば、回転数を毎分50～60回転に保ち、負荷重量はその人の基礎体力や順化状況に応じて変える。トレッドミルの場合は、水平面で走るよりも、上り坂にして登山に類似した歩行を行う方がよい。これで物足りない人はザックを背負うとよい。

目標とする運動強度は、以下の①～③の指標を参考にして決める。それぞれの基準を利用する際には、一つの指標だけではなく3つの指標を総合して決めるが、①②と③が一致しない場合には①②の方をより重視する。

①動脈血酸素飽和度(SpO₂)

70%台～80%台を目標にする。65%以下には下げないようにする。また90%台では効果が小さい。

②主観的運動強度(RPE)

この指標を表1に示した。11(楽)～13(ややきつい)の付近で行う。15(きつい)以上にはしないようにする。

③心拍数または脈拍数(HRまたはPulse)

最高心拍数(220-年齢)の60～70%程度を目

表1. つらさ指数

主観的運動強度 (RPE)	
20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽
10	
9	かなり楽
8	
7	非常に楽
6	

} 適正領域

表2. 年代別の目標心拍数

20歳代	120～140拍程度で行う (150拍は超えないこと)
30歳代	115～135拍程度で行う (145拍は超えないこと)
40歳代	110～130拍程度で行う (140拍は超えないこと)
50歳代	105～120拍程度で行う (130拍は超えないこと)
60歳代	100～110拍程度で行う (120拍は超えないこと)
70歳代	90～105拍程度で行う (115拍は超えないこと)
80歳代	85～100拍程度で行う (110拍は超えないこと)

標にする。ただし75%は超えないようにする。

最高心拍数は年齢により異なるため、表2にその早見表を示した。

なお上記の基準は、高度4000m相当で低酸素トレーニングを行う際の初期、つまり低酸素環境に未順化の人に適用するものである。トレーニングが進んで順化がある程度得られた段階ではさらに負荷を上げてよい。

(4) トレーニングを行う時期

このトレーニングは、高所登山・トレッキングに出かける直前に行ったときに最も効果が高くなる。逆に、出発前の最終のトレーニングから現地に赴く

までに2週間以上の期間が空いてしまうと効果は小さくなる。ただし出発直前は準備等であわただしく、心身のストレスも大きくなるだけに、体調管理には十分注意する(風邪気味の時などは悪化しやすいので、トレーニングは避ける)。

4. 具体的なトレーニング手順

(1) 低酸素室に入る前に行うこと

- ①通常環境で椅子に座り、パルスオキシメーターを手の指に装着する。
- ②パルスオキシメーターの使い方、数値の見方を教える。低酸素室に入ると動脈血酸素飽和度(SpO₂)が下がることや、呼吸法(深呼吸や腹式呼吸)によって値が上昇することなども教える。呼吸法は高所では重要な技術だが、現地に行ってから練習してもできない人があるので(10人に2～3人はできないといわれる)、低酸素トレーニングの段階で指導する。

(2) 安静による低酸素トレーニング(30分間)

- ①低酸素室に入室する。
- ②しばらく安静にして低酸素環境の感覚を体験する。
- ③頭痛や吐き気等の自覚症状をチェックし、異常があれば退室する。
- ④その後、呼吸法(深呼吸や腹式呼吸)の練習や、それによって実際にSpO₂が上がることを確認してもらい、高所で自分の身体がどのように反応するかを体験する。
- ⑤30分の滞在時間のうち、最後の10分は完全安静とする。つまり意識的な呼吸や会話などはせずに、通常呼吸の状態であ静を保つ。そしてこのときのSpO₂の平均値を目分量で記録する。なおトレーニングの初期では、SpO₂や心拍数が周期的に変動する場合もあるので、そのような場合には最高値と最低値も記録しておく。

(3) 運動による低酸素トレーニング(30分間)

- ①低酸素室から出てマスクをつける。
- ②エルゴメーターの運動方法、主観的運動強度

(RPE)、心拍数の測り方を教える。

- ③運動開始から5分間は、ウォーミングアップとしてRPEが11(楽)の運動を行う。
- ④その後はRPEが11~13付近となる範囲で自由に運動する。
- ⑤途中できつくなったら、無理をせずに運動強度を落とすか、運動を一時中止する。
- ⑥適宜、呼吸法の練習も行う。
- ⑦頭痛や吐き気等の自覚症状をときどきチェックし、異常があれば中止する

なお(1)~(3)のデータは、できるだけ利用者自身で別添資料2に記入してもらおうようにする。これによって、パルスオキシメーターの使い方はじめ、SpO₂、RPE、Pulse (HR)といった指標に対する理解、またそれを記録して自己の体調を管理するという意識も身につく、というメリットがある。

5. 注意事項

- (1) 疲れていると体調を崩しやすい(たとえば風邪を引きやすい)。また風邪気味の時などに行くと悪化しやすい。登山の出発直前に行うトレーニングなので体調管理には十分に注意する。
- (2) 低酸素室は乾燥しており、のどの痛みや風邪などを起こしやすいので、必要ならば加湿器を入れる。
- (3) 狭い部屋の空気を吸うため、複数の人が同時に利用する場合や、交代で利用する場合には、空気感染に気をつける。
- (4) 利用者の身体に異常が見られた場合には直ちに通常環境に戻る。また緊急時に酸素吸入器を常備する。

6. 高所登山・トレッキング中に行うこと

現地に出かけてからは、毎日、参加者自身で別添資料3に記入してもらおう。これをツアーリーダーがチェックすることで利用者の体調管理ができる。また利用者自身も自分の体調管理に意識が向くというメリットもある。

7. 高所登山・トレッキングが終わってから行うこと

登山・トレッキングが終わったら、参加者にその状況や高所トレーニングの反省等について、別添資料4に記入してもらい回収する。

8. おわりに

3~5で述べたような低酸素トレーニング時の記録ばかりではなく、2、6、7で述べたようなトレーニング前後での記録もあわせてとることで、体力チェック→トレーニング処方→トレーニングの実行→本番の登山・トレッキング→反省→トレーニング処方の改善、といういわゆるトレーニングサイクルの過程がデータとして明らかとなり、資料としても残せることになる。これは本人にとっても、また後に続く人にとっても、より合理的なトレーニングを考える上での有力な手がかりとなる。現時点ではこのようなデータは少ないので、データを蓄積させていくことは重要である。多くのデータが蓄積されれば、それを分析することで有意義な知見が加えられ、トレーニング方法もより洗練されていくだろう。

9. 参考文献

以下に、著者らが執筆したもので、本稿の参考となる文献をあげた。

1. 山本正嘉：『登山の運動生理百科』、東京新聞出版局、2000
* 日本における一般的な登山から高所でのトレッキング・登山まで、安全・快適・健康的に行うための生理学の知識やトレーニングの方法を述べた。
2. 宮村実晴編著：『高所—運動生理学的基礎と応用』、ナッパ、2000。
* p 198-209に、特に8000m峰での無酸素登山に関する生理学やトレーニングの方法を述べた。
3. 日本山岳会高所登山研究委員会編：『8000m峰登頂者は語る』(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、2002
* 日本人の8000m峰登頂者117名へのアンケート

- 調査をまとめたもので、高所登山のノウハウの集大成となっている。低酸素トレーニングについてのコメントも掲載されている（ただし常圧低酸素室ではなく、低圧低酸素室に関しての意見が主である）。
4. 浅野勝己，小林寛道編：『高所トレーニングの科学』，杏林書院，2004
* p 141～151に，常圧低酸素室を用いた登山者向けの高所順化トレーニングの効果や方法論をまとめた。
 5. 山本正嘉：高所登山家のための低酸素トレーニング；常圧低酸素室の有効性に関する検討。トレーニング科学，17：175－182，2005。
* 同上
 6. 烏賀陽信央，山本正嘉：常圧低酸素室を用いた短期間かつ短時間での高所順化トレーニング法の開発。登山医学，22：83－90，2002。
* 本稿で述べたような，1日に1時間で効果の得られる低酸素トレーニング法の効果について述べた。
 7. 烏賀陽信央，山本正嘉：常圧低酸素室を用いた短時間かつ短期間での高所順化トレーニング法の開発（第2報）。登山医学，23：63－70，2003。
* 同上
 8. 許斐真由子，三浦豪太，山本正嘉：登山者，スポーツ選手，一般向けに開発した常圧低酸素／高酸素トレーニング施設とその運用システム。登山医学，25：63－70，2005。
* 本稿で紹介したトレーニングを，民間の施設において商業ベースで運用するシステムについて述べた。
 9. 山本正嘉：高所登山期間短縮の可能性を探る；新型低酸素室を利用したアコンカグアのスピード登山。岳人，682：142－149，2004。
* 常圧低酸素室でのトレーニングにより，従来の高所登山期間を大幅に短縮することに成功した実験登山の記録。
 10. 山本正嘉：常圧低酸素トレーニングがもたらす高所登山の新たな可能性；スピード化と快適・安全化を追求した三つの実験登山。岳人，701：142－148，2005。
* 同上
 11. 西菌秀嗣編著：スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法－トレーニング科学の活用テクニック。大修館書店，東京，2004，4。
* p 120－127に，高所トレーニングの効果を測るための機器，方法，データの解釈の仕方などについて解説した。

<別添資料1>健康・体力・トレーニング状況に関するアンケート調査

このアンケートは、より安全・快適なツアーを実施するための資料として利用させていただきますので、お手数ですがご協力をお願いいたします。選択肢のところではあてはまる番号に○印を、下線部のところでは数字か文字を記入して下さい。

◎あなたの氏名をお書き下さい _____

◎あなたの年齢は？ _____ 歳， 身長は？ _____ cm， 体重は？ _____ kg，

◎あなたの性別は？ 1. 男 2. 女

◎登山を始めてからの年数は？ 約 _____ 年， ただしその間に中断が 1. ない， 2. ある (計 _____ 年)

◎これまでの最高到達高度は？ _____ m， その山の名前は？ _____ 山

◎現在あなたが行っている登山の形態は？ あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

1. ハイキング・軽登山 (ほぼ2000m以下の四季折々の山)， 2. 無雪期縦走 (ほぼ2000m以上の山とします)，
 3. 雪山縦走 (ほぼ2000m以上の山とします)， 4. 山スキー， 5. 沢登り， 6. 伝統的なロッククライミング，
 7. フリークライミング・スポーツクライミング， 8. アイスクライミング， 9. 雪山のミックス壁クライミング，
 10. 海外のトレッキング， 11. 海外での高所登山， 12. その他 (具体的に： _____)

◎どれくらいの割合で山に行きますか？

1. 毎週1回以上， 2. 2週間に1回程度， 3. 3週間に1回程度， 4. 1ヶ月に1回程度， 5. 2ヶ月に1回程度，
 6. 半年に1～2回程度， 7. 1年に1～2回程度， 8. その他 (具体的に： _____)

◎1年間の山行日数を合計すると、どれくらいになりますか？ 約 _____ 日

◎現在の自分の体力に対して、どの程度の自信がありますか？

1. 自信がある， 2. 少し自信がある， 3. どちらともいえない， 4. あまり自信がない， 5. 自信がない

◎現在、持病を持っていますか？ あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

1. 心臓病， 2. 高血圧症， 3. 低血圧症， 4. 糖尿病， 5. 胃腸病， 6. 肝臓病， 7. 白・緑内障， 8. 腰痛，
 9. ヒザ関節痛， 10. その他 (具体的に： _____)，
 11. 特に持病はない

◎登山をしたときにどの程度の疲労が起きますか？

1. ほとんど疲労せずいつでも快調に歩ける， 2. 多少は疲労するが行動に支障をきたすことはない，
 3. 行動の支障となるような疲労がときどき起こる， 4. ひどい疲労が毎回のようになり、行動にもしばしば支障をきたす

◎登山をしたときによく悩まされるトラブルは？ あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

1. 他の人に比べてバテやすい， 2. 登りでひどく息切れしたり肺や心臓が苦しい， 3. 脚力不足で軽快に歩けない，
 4. 下りで脚がガクガクになる， 5. ふくらはぎやふとももの筋肉がけいれんする， 6. ヒザが痛む， 7. 腰が痛む，
 8. 肩がこる， 9. ザックの背負いベルトで腕がしびれる， 10. 足首をねんざしやすい， 11. 靴ずれが起こる，
 12. 筋肉痛になる， 13. 顔や手がむくむ， 14. その他 (具体的に： _____)，
 15. トラブルはほとんど起こらない

◎下界で登山を意識した体力トレーニングや運動をしていますか？

1. している， 2. していない

◎上の質問で「している」と答えた方へ。

a. 1週間に何回トレーニングをしていますか？ 約 _____ 回くらい

b. 1回あたりのトレーニング時間はどれくらいですか？ 約 _____ 時間くらい

c. トレーニングの内容は？ あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

1. ウォーキング (歩く)， 2. ジョギング (走る)， 3. 水泳， 4. サイクリング (自転車)， 5. 階段の昇降，
 6. 筋力トレーニング (スクワット・腹筋運動・腕立て伏せ・ダンベル体操・チューブ体操など)， 7. ストレッチング，
 8. クライミングウォールでクライミング， 9. その他 (具体的に： _____)

d. 上記のトレーニングをどのようにしていますか？ お手数ですが具体的に書いて下さい (たとえばランニングならば距離や時間、筋力トレーニングならば種目や負荷や回数など、トレーニングの質・量がある程度わかるように記して下さい)。

＜別添資料2＞低酸素トレーニング時の体調管理表

氏名：_____ 年齢：_____ 歳， 性別：男・女， 過去の登山での最高到達高度 _____ m

＜1回目＞ 実施日：_____ 月 _____ 日， 低酸素室の設定高度（_____） m

トレーニング内容	記録を取る時間帯	動脈血酸素飽和度 (SpO ₂)	脈拍数 (PULSE)	つらさ指数 (RPE)	備考 (頭痛, めまい, 吐き気などの異常があれば記入)
入室前	低酸素室の外で測る	%	拍		
低酸素室で安静 (30分間)	後半 (自然な呼吸の時に)	%	拍		
低酸素室で運動 (30分間)	中盤 (15分目頃)	%	拍		
	終盤 (終了直前)	%	拍		

＜2回目＞ 実施日：_____ 月 _____ 日， 低酸素室の設定高度（_____） m

トレーニング内容	記録を取る時間帯	動脈血酸素飽和度 (SpO ₂)	脈拍数 (PULSE)	つらさ指数 (RPE)	備考 (頭痛, めまい, 吐き気などの異常があれば記入)
入室前	低酸素室の外で測る	%	拍		
低酸素室で安静 (30分間)	後半 (自然な呼吸の時に)	%	拍		
低酸素室で運動 (30分間)	中盤 (15分目頃)	%	拍		
	終盤 (終了直前)	%	拍		

＜3回目＞ 実施日：_____ 月 _____ 日， 低酸素室の設定高度（_____） m

トレーニング内容	記録を取る時間帯	動脈血酸素飽和度 (SpO ₂)	脈拍数 (PULSE)	つらさ指数 (RPE)	備考 (頭痛, めまい, 吐き気などの異常があれば記入)
入室前	低酸素室の外で測る	%	拍		
低酸素室で安静 (30分間)	後半 (自然な呼吸の時に)	%	拍		
低酸素室で運動 (30分間)	中盤 (15分目頃)	%	拍		
	終盤 (終了直前)	%	拍		

＜4回目＞ 実施日：_____ 月 _____ 日， 低酸素室の設定高度（_____） m

トレーニング内容	記録を取る時間帯	動脈血酸素飽和度 (SpO ₂)	脈拍数 (PULSE)	つらさ指数 (RPE)	備考 (頭痛, めまい, 吐き気などの異常があれば記入)
入室前	低酸素室の外で測る	%	拍		
低酸素室で安静 (30分間)	後半 (自然な呼吸の時に)	%	拍		
低酸素室で運動 (30分間)	中盤 (15分目頃)	%	拍		
	終盤 (終了直前)	%	拍		

＜注意＞

- ・「記録を取る時間帯」になったら、自分でパルスオキシメーターや心拍計をしばらく見て、平均的な値をこの表に記入してください。目分量でかまいません。
- ・安静時のSpO₂とHRについては、変動が激しい場合もあるので、そのようなときには最高値と最低値も記録しておいてください。
- ・運動中にパルスオキシメーターに表示されるHRは当てにならないので、自転車エルゴメーターに表示される値を採用してください。
- ・「備考」欄には、特記事項（頭痛がする、めまいがする、気分が悪いなど）があるときに記入してください。

＜別添資料4＞低酸素トレーニングの効果に関するアンケート

今回の低酸素トレーニングについて、利用後に実際に高所登山・トレッキングに行かれた方には、その効果がどのようなであったかをお尋ねしています。今後の改善のための参考とさせていただきますので、以下のアンケートにご協力頂ければ幸いです。

☆低酸素室の利用期間と回数は？

_____年_____月_____日から_____月_____日まで_____回利用

☆トレーニング後に出かけた山・コースとその成果は？

時期_____年_____月_____日から_____月_____日まで

山名 _____

☆登山の成否

A：登頂成功 B：登頂失敗（最高到達点：_____m）

☆高山病の影響

A：まったく影響はなかった B：あまり影響はなかった
C：ある程度苦しんだ D：非常に苦しんだ

☆低酸素室トレーニングの効果はあったと思いますか？

A：明らかにあったと思う B：あったような気がする C：なかったと思う
D：低酸素トレーニングや高所登山の経験が少ないのでよくわからない
E：その他（_____）

☆そのほかに、今回の低酸素室トレーニングや高所登山・トレッキングについて、お気づきの点がありましたら何でも結構ですのご記入下さい。

氏名_____