

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

高地トレーニング・低酸素トレーニングの実践と成果について 高所トレーニングの最前線

山 地 啓 司

I. はじめに

高所トレーニングの優位性は1960年のローマ・オリンピックのマラソンでエチオピアのアベベ選手が当時の世界最高記録で優勝することによって実証され、さらに、1964年に次期オリンピック大会がメキシコシティで開催されることと決定してから科学的に究明され始めた、といえる。そして、1968年のメキシコシティで開催された国際会議で二つの点が確認された。一つは、高所でレースが開催される時には、事前に高所トレーニングを行うことが不可欠である。二つは、低所で試合（レース）が開催される時には高所トレーニングが有効であるか否かについては明らかではない。ただ、高所トレーニングを行う際には一週間高所で、続いて一週間低所で、また一週間高所で……というように一週間ごとに高所と低所のトレーニングを繰り返すことが望ましいであろう、という点である。その後、低所での試合に備えて、あるいは年間のスケジュールの中で、高所トレーニングが水泳、陸上長距離・マラソン、クロスカントリー・スキー、登山等のスポーツで実施される一方、科学的な研究が続けられてきた。しかし、高所トレーニングの優位性について統一された見解は今だに得られていない。その主な原因には、(1)高所トレーニングの成果に個人差が大きいこと、(2)トレーニングの実験期間が一般のトレーニング期間（4～20週間）に比べ短期間（1～4週間）であること、(3)被験者はすでに十分トレーニングされていて、個人の持つ潜在能力の大部分が改善されている者であること、等が挙げられる。しかし、高所民族といわれるケニア、エチオピア、メキシコ等の選手の陸上の長距離・マラソンにおける活躍は誰も否定できない。さらに、これらの種目の世界ランキングの上位を占める数少ない低所民族の多くが何らかの形で高所トレーニングを実施していることも事実である。高所トレーニングの優位性は否定し難い事実となってきた。

II. Living High—Training Low (LH—TL) 方式の誕生

1990年に入って高所トレーニングに関する科学的研究に新風が吹き始めた。アメリカ・テキサス州ダラス市にある運動と環境医学研究所のLevine博士らの研究グループが、従来の高所に滞在し高所でトレーニングする、いわゆる“Living High—Training High (LH—TH)”方式よりもむしろ高所に住み低所でトレーニングする、いわゆる“Living High—Training Low (LH—TL)方式の方がより効果が大きいことを発表した。博士らの研究グループはその後も長距離ランナーを対象に、1500mや5000mの記録あるいは最大酸素摂取量に有意 ($p < 0.05$) な改善が認められたことを矢つぎ早に発表した。彼らの方法は高所 (2500m) に滞在しながら、毎日低所 (1500m) に移動してトレーニングを実施するものであった。この方法は高い山の存在が不可欠である。そこでこのような高地が存在しないフィ

2. 登山者の体力とトレーニング(Ⅱ)

ンランドで人工的な低酸素室 (altitude house) を作成し、そこで生活しながら外でトレーニングする方法をクロスカンントリー・スキーやスケート選手を対象に実施した。この方式はキャンピング・カーに低酸素システムを搭載することによって移動が可能である。従来のLH-TH方式が高い山を利用した山岳型(自然型)であるのに対してLH-TL方式は生活地やトレーニング地がどこへでも移動可能な移動型、あるいは低酸素室は都市の中心部でも建設可能なことから都市型(人工型)といえる。わが国でも専修大学の前嶋氏が塩化ビニール製の折りたたみが可能な低酸素室を作成した。そして、1999年の春にはわが国で最初の本格的な低酸素室が富山県にある文部省登山研修所に建設され、同年に鹿屋体育大学内にも低酸素室が建設された。これらの施設は標高0mから6000mまでの酸素濃度の変動がコントロールされ、6000m以上の登山を目的としたクライマーの高所順化のための施設としても利用できるようになっている。さらに2年後に建設が予定されているナショナル・スポーツ科学研究所(仮称)にも酸素濃度がコントロールできる宿泊施設が計画されているという。また、シドニー・オリンピックを来年にひかえた地元オーストラリアでも低酸素室を利用した高所トレーニングが積極的に実施されている。このように、LH-TL方式の高所トレーニングが世界的に普及し始めている。

Ⅲ. LH-TL方式の誕生の背景

1. 血液性状からみた問題点の解消

現在世界で活躍している高所民族の出身地は2000m~2500mの高所に限定されている。たとえば、3000mの高所に生活している人口は世界で約1500万人いる。しかし、これらの高所民族の中で現在スポーツ界で活躍している人は皆無である。それはなぜであろうか。

高所で生活しトレーニングした場合、酸素不足を補うために急性の適応として呼吸量が多くなり、血液の循環量を多くする。さらに、2~3日後には骨髄の増血作用を促進するエリスロポエチンの分泌が最高になり、それに伴って幼若赤血球(レティクロサイト)が増加する。そして恒久的な適応(順化)として赤血球やヘモグロビン(Hb)が増加し、ヘマトクリット値(Hct値)が高まる。その結果、血液粘性が増す。この血液粘性は血液の循環速度を鈍らせ、心臓への帰還血液量を減少させ、結果的に1回抽出量や心拍出量を減少させる。それだけでなく組織での酸素の受け渡しもスムーズにいかなくなるということが知られている。したがって、赤血球やヘモグロビン量が多くなればなるほど酸素の組織への運搬量が多くなるというのではなく、至適な量というのが自ずから存在する。特に陸上競技の1500mや5000mのレースは最大酸素摂取量が発現する水準近くの激しい運動強度であることから、血流抵抗が少ない状態で血液を循環させる方が心臓への負担は軽減することが十分予想できる。よって、1500mや5000mの記録改善は1日12~16時間の低酸素呼吸による赤血球やヘモグロビン量の増加の程度で十分であると考えられる。ただ、この考えはまだ推測の域を出ていない。

2. トレーニング強度不足の問題の解消

全身持久性のトレーニングで最も大切なのはトレーニング強度である。高所ではこのトレーニング

2. 登山者の体力とトレーニング（Ⅱ）

強度がどうしても不足する。たとえば、2000mの高所ではインターバル・トレーニングの強度は低所に比べて約15%低下する。あるいは、インターバル・トレーニングのような激しいトレーニングを行うと低所に比べて4倍の回復時間を要する。このようにレースに必要な強度（ランニング・スピード）の確保が高所でできないことはⅡaやⅡbタイプの速筋線維の筋肉の萎縮を生じさせたり、心肺機能への刺激も不十分となる。そのため、高所から低所に下山した後、何週間かおいてレースに参加するようにしないとベストコンディションでレースに臨めなくなる。このようなレースに必要なトレーニング強度の不足は高所トレーニングの致命傷でもある。これを補うトレーニング方法がLH-TL方式である。すなわち、低所でトレーニングするため、レースに必要なスピードのトレーニングも十分行うことが可能である。

蛇足になるが、筆者がコロラド大学（ボルダー）を訪れた際、大学の長距離のコーチが次のように語った。「ボルダーは1500～1600mの中高所にあり、低所でのレースに必要な質（ランニング・スピード）と量（ランニング・距離や時間）のトレーニングを同時に確保できる最適の地である。」その言葉は当時の高所トレーニングが高所と低所の一週間ごとの繰り返しを念頭に置いた話ではあったが、一考に値する貴重な話であったような気がする。

3. TH-TL方式の利点

先に述べたように、TH-TH方式の最大の短所はレースに必要な強度が十分確保できないことにある。そこで、TH-TH方式の長所を生かし短所を補うTH-TL方式が考え出された。すなわち、一日の生活の中では12～16時間低酸素を呼吸することによって赤血球やヘモグロビンの増加を図る一方、低所環境下でのトレーニングは低所でのレースに必要なトレーニングの質と量を確保する。TH-TL方式は、自然環境下では高所（2500m）と低所（1500m）の交互移動が余儀なくされるため時間と労力を要する。それを解決するために低酸素室が建設された。従来の減圧室は低圧・低酸素であったため室への出入りに時間を要するだけでなく、環境条件が変化することから科学的実験を行ったり、実用化のための利用は困難であった。そこで、比較的出入りが自由で一定の酸素環境が保たれる常圧・低酸素室が建設されるようになった。その結果、生活を常圧・低酸素室で、トレーニングを屋外の普通の環境下ですることが可能となった。低酸素室の開発は普段の生活地で高所トレーニングを可能にすることから生活密着型ともいえる。

もう一つの高所トレーニングとして、トレーニングを高所で行い生活を低所で行う方式、すなわち、“Living Low-Training High (LL-TH)”方式がある。この方式は高所環境でのトレーニングによる疲労を低所の酸素を呼吸する生活環境で速やかに回復させることを意図したものである。しかし、LH-TH方式の短所である競技に必要な強度を確保することは困難であり、また、自然環境下では高所と短所の移動によって時間と労力を要し、普段の生活をしながらのトレーニングの実施は難しい。さらに、減圧室を利用する場合には、自由に出入りしたり、自分一人で気圧をコントロールするこ

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

とが難しく、また、狭い室で運動が行われるため自転車エルゴメーターやトレッドミル等の限られた運動形態になる。そのため、選手のトレーニング内容が制限されるだけでなく、精神的にも苦痛を伴うため望ましいトレーニング方式とはいえない。

とすると、LH-TL方式は現在考えられる方式としては最も望ましい高所トレーニングの方法といえる。ただ、夏季の暑さを避けること、あるいはトレーニングにバリエーションをつける意味からはLH-TH方式が有効な時もある。また、マラソン等の超持久性トレーニングではLH-TL方式よりもむしろLH-TH方式の方が脚の負担を軽減し、しかも心肺機能への刺激を十分与える上でも好都合である。

4. LH-TL方式のトレーニング実験結果から

今年(1999年)3月に文部省登山研修所に低酸素室が建設された。そこで富山大学陸上競技部員12名を対象に8月には7泊8日、9月には4泊5日、10月には1週間ごとに2泊3日(金曜～日曜日)の合宿を3回、計17泊22日のトレーニングを行った。このいずれの実験においても、低酸素グループとコントロールグループに作業成績や生理学的応答に有意な差($p < 0.05$)が認められなかった。しかし、低酸素グループではトレーニング前後にエリスロポエチンに有意($p < 0.05$)な改善が、また血中乳酸発現に遅延が認められた。さらに、被験者全員の1500mや5000mの競技記録に改善が認められた。

以上のことから、低酸素室を利用した高所トレーニングが多くの被験者に少なくともマイナスに作用しないことが明らかとなった。ただ、これらの被験者に認められた競技記録の改善が低酸素室を利用した高所トレーニングによるものか、普段よりもトレーニングの質が増加したことによるものかについてはさらに検討を要する。

5. まとめにかえて

LH-TH方式の高所トレーニングでは赤血球やヘモグロビンの増加に伴う血液の粘性の高まり、それによる帰還血液量や心拍出量の減少、ひいては酸素運搬能力の減退、またトレーニング強度の不足等によってかならずしも低所でのレースの記録を更新できるとは限らない。その短所を補う方法としてLH-TL方式が考え出され、さらに、生活密着型の高所トレーニングを可能にする低酸素室の建設がなされるに至って、低酸素室を利用した高所トレーニングが世界的に普及しつつある。LH-TL方式は競技者の酸素運搬能力や作業成績を高めることが数多くの研究者によって報告され、21世紀の新たなトレーニング方法として注目されている。

しかし、LH-TL方式が多くのスポーツ種目により効果的に採用されるためには、1500mや5000mだけでなくサッカーやバスケット等の球技や陸上の短距離種目にも応用できるか否か、ピーキングを意図したトレーニング内容とトレーニング後何日間で最高の心身の状態で試合に臨めるのか等々についてさらに検討が必要であろう。いずれにしろ、現段階ではLH-TL方式が高所トレーニングの一つの有効な方法であることは疑いのない事実であろう。

(富山大学教育学部)