

## 高所登山に必要な体力とそのトレーニング方法

—特に最大酸素摂取量以外の能力に関して—

山本正嘉

### 1. はじめに

高所登山能力にかかわる体力要素として、これまで最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) の重要性が指摘されてきた<sup>1,2)</sup>。その背景となっているのは、 $\dot{V}O_2\text{max}$ に優れていれば身体にたくさんの酸素を取り入れることができるので、低酸素環境でも高い登山能力を発揮できるという考え方である。実際に島岡<sup>3)</sup>は、高所登山における登頂成功率と $\dot{V}O_2\text{max}$ との間に関連がみられることを報告している。

筆者は昨春チョーオユー (8,201m) で無酸素登山を行った (詳細は文献14~16を参照)。5,000mを超える高所登山は14年ぶりなので、高所登山を行うための身体能力はほぼ白紙に近い状態と考えられる。そこで登山の前に $\dot{V}O_2\text{max}$ を高めるトレーニングを可能な限り行って、それがどの程度有効かということを試してみた。

2ヶ月間にわたる登山活動の末、登頂には成功した。しかし同時に、 $\dot{V}O_2\text{max}$ を高めるだけでは不十分ではないかという疑問も抱いた。本稿ではこの体験も交えながら、 $\dot{V}O_2\text{max}$ 以外にどのような能力をトレーニングすべきかということについて私見を述べてみたい。

### 2. チョーオユー無酸素登山の体験— $\dot{V}O_2\text{max}$ の改善だけでは不十分

この登山は小西浩文氏 (33歳)、筆者 (37歳)、シュルパ1名 (51歳) の3名で行った。筆者以外の2名は毎年1~2回程度の高所登山を行っており、8,000m峰の無酸素登山も数多く経験していた。

登山に出かける前、筆者は $\dot{V}O_2\text{max}$ を高めることをトレーニングの主目標とし、サイクリングや坂道の歩行、走行などを週に4~5回の割合で行った。トレーニング期間は約5ヶ月間であった。その結果、体重当りの $\dot{V}O_2\text{max}$ は52.6mlから57.2mlまで増加した。世界および日本の一流高所登山家の $\dot{V}O_2\text{max}$ の平均値は、それぞれ59.5ml<sup>4)</sup>および57.1ml<sup>5)</sup>と報告されている。したがって後者の水準には達したわけである。

ところがチョーオユーでの登山が始まると、筆者だけが微熱、頭痛、食欲不振、吐き気、嘔吐、下痢といったさまざまな高所障害に悩まされた。特に食欲不振が著しく、栄養不足のため筋量が激減してしまった。このため体力も大幅に低下した。帰国後に $\dot{V}O_2\text{max}$ を測定したところ48.8mlにまで低下していた。

高所障害は体内の酸素不足、もう少し具体的にいえば、動脈血が運搬する酸素の量が低下することにより起こる<sup>6)</sup>。図1は、パルスオキシメーターを用いて、BCにおける3人の動脈血酸素飽和度 ( $SpO_2$ ) と心拍数 (HR) を測定したものであるが、筆者だけ著しく値が悪いことがわかる。

出発前に $\dot{V}O_2\max$ をかなり高めておいたにもかかわらず、現地では、 $SpO_2$ の低下→高所障害→栄養不足→筋量の低下という道筋をたどって、結局は折角高めた $\dot{V}O_2\max$ もトレーニングを始める以前の値にまで低下してしまったのである。 $\dot{V}O_2\max$ を改善するだけでは高所登山のトレーニングとして不十分なのではないか、という疑問を抱いたのはこのためである。

また次のような考え方もできるだろう。筆者は結局 $\dot{V}O_2\max$ が非常に低い（おそらく50mlを割った）状態で頂上アタックを行い、そ

れに成功したわけであるから、8,000m峰の無酸素登山は $\dot{V}O_2\max$ が50ml未満であっても可能ということである。またOelzら<sup>1)</sup>は、世界の一流高所登山家6名（論文に記載された頭文字から判断してR.メスナー、M.ダッハー、D.スコット、P.ハーベラー、H.エングル、F.ムーチュレヒナーと考えられる）の $\dot{V}O_2\max$ を測定しているが、その中でも最も優れた高所登山歴をもつメスナーの $\dot{V}O_2\max$ が最も低く、わずか48.8ml（興味深いことに筆者の登山後の値と全く同じである）であったと報告している。これらのことは $\dot{V}O_2\max$ だけが高所登山能力を決定する要因ではないことを示唆している。

### 3. 高所で体内を酸素不足にさせない能力の重要性

Oelzら<sup>1)</sup>によれば、メスナーは他の一流登山家に比べて $\dot{V}O_2\max$ が低いかわりに、低酸素下での $SpO_2$ の低下が著しく低いという。筆者の場合も、登山後に $\dot{V}O_2\max$ は大幅に低下していたが（-15%）、「高所ベッド」と呼ばれる新しく開発された小型の低圧チェンバー<sup>2)</sup>を用いて低酸素暴露試験を行ったところ、図2に示したように $SpO_2$ の低下は登山前に比べてかなり小さくなっていった。

これらのことは、高所登山能力により直接的に関わる能力は、 $\dot{V}O_2\max$ ではなく、低酸素下で $SpO_2$ の低下を小さく食い止める能力であることを示唆している。 $\dot{V}O_2\max$ がどんなに優れていても、高所で

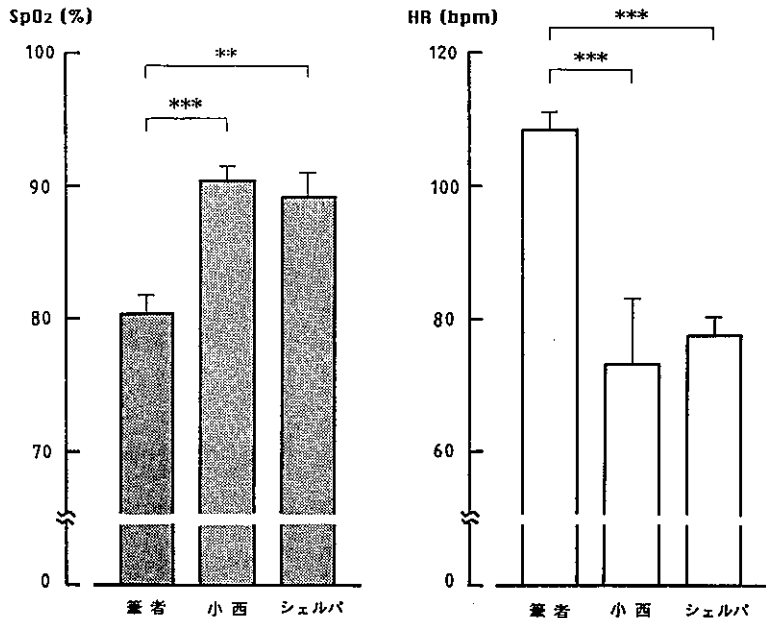


図1 チョーオユーのBC (5,700m) における3人の動脈血酸素飽和度 ( $SpO_2$ ) と心拍数 (HR)。安静時に測定した数回分の平均値を示した。\*は有意差があることを示す。筆者はトレーニングによって $\dot{V}O_2\max$ を日本人の一流高所登山家と同じレベルにまで高めておいたにもかかわらず、他の2人に比べて著しく値が悪く、さまざまな高所障害にみまわれた。（山本, 1995<sup>3)</sup>）

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

SpO<sub>2</sub>が大きく低下してしまっは宝のもちぐされとなり、結局低い登山能力しか発揮できない。むしろ $\dot{V}O_2\max$ があまり高くなくても（低すぎでは問題外だが）、SpO<sub>2</sub>の低下を小さく抑えられる方が相対的に高い登山能力を発揮できるものと考えられる。

Oelzら<sup>10)</sup>の報告をみると、メスナー以外の一流高所登山家5名の $\dot{V}O_2\max$ は56.1~65.9ml（平均値は61.7ml）となっている。これらの値も、メスナーに比べればかなり高いといえるが、下界の持久スポーツの選手（たとえば男子の一流マラソン選手は80ml前後である）に比べれば明らかに低い。

またチョーオユーで以下のような実験をした。我々の隊のシェルパは51歳であるにもかかわらず驚くほど高い登山能力を発揮し、登頂にも非常にあっさりとして成功した。また我々と同時期に登山活動をしていたドイツの公募登山

隊（R.ドゥイモビッツ隊長）は、21名中15名という高い率で無酸素登頂に成功したが、登頂成功者の中には56歳の男性を筆頭として40~50歳台の中老年登山家が多く含まれていた。 $\dot{V}O_2\max$ は年齢とともに低下し、40~50歳台になるとその低下がはっきりと目立つようになる。しかしこのような中高年者でもチョーオユー程度の8,000m峰の無酸素登山は十分に可能なのである。

筆者自身もチョーオユーで登山を行って次のことを強く感じた。すなわち高所での登高スピードは通常の登山の2分の1以下であり、物理的にみた運動強度はかなり低いということである。したがって登山中の酸素摂取量のレベルもかなり低いことが予想される<sup>10)</sup>。高所登山が苦しいのは運動強度が高いから（高い酸素摂取量を要求されるから）ではなく、運動強度自体は低いが（要求される酸素摂取量は低い）、それをごくわずかな酸素で行わなければならないからである。

以上のことから筆者は、高所登山を行う上である程度の $\dot{V}O_2\max$ をもっていることは重要だが、極端に高い $\dot{V}O_2\max$ は必要ではないと考えるようになった<sup>10)</sup>。重要なことは、その「ある程度」の能力を

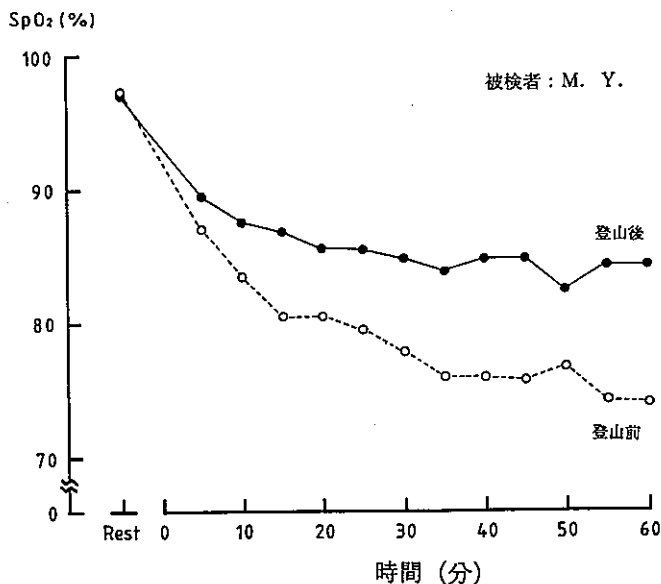


図2 チョーオユーの登山前後で、高所ベッドを用いて低圧暴露試験（4,000m相当気圧で60分間）を行ったときのSpO<sub>2</sub>の応答。登山前は $\dot{V}O_2\max$ が高いのに（57.2ml）SpO<sub>2</sub>の低下が大きい。反対に登山後は、 $\dot{V}O_2\max$ が大きく低下したにも関わらず（48.8ml）SpO<sub>2</sub>の低下は小さい。高所登山能力は当然のことながら高所順応を獲得した登山後の方が高いということ考えると、高所登山能力により直接的に関わる能力は、 $\dot{V}O_2\max$ ではなく、低酸素下でSpO<sub>2</sub>を低下させない能力の方であると考えられる。

（山本，1995<sup>10)</sup>）

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

高所でもできるだけ低下させずに発揮させるような能力であり、その能力がつまりSpO<sub>2</sub>を低下させない能力なのではないかということである。この能力を身につけたものであれば、中高年者であっても、また筆者のように専門的な高所登山家ではなくても、チョーオニーのような8,000mをわずかに超える高度までの無酸素登山ならば十分可能であるように思える。

### 4. 高地トレーニングの必要性

低酸素環境でSpO<sub>2</sub>を低下させないようにする能力は、 $\dot{V}O_2\max$ を高めるトレーニングを積み重ねれば改善されるわけではないように思える。図3は、長距離走選手と一般健康人とを対象として、高所ベッドを用いて低酸素暴露試験を行ったときのSpO<sub>2</sub>の応答を比べたものである。前者は $\dot{V}O_2\max$ が70ml以上、後者は50ml前後と $\dot{V}O_2\max$ には大きな差があるにも関わらず、低酸素下でのSpO<sub>2</sub>の低下には差がみられない。この結果は、 $\dot{V}O_2\max$ とSpO<sub>2</sub>を低下させない能力とが独立した関係にあることを示唆している。

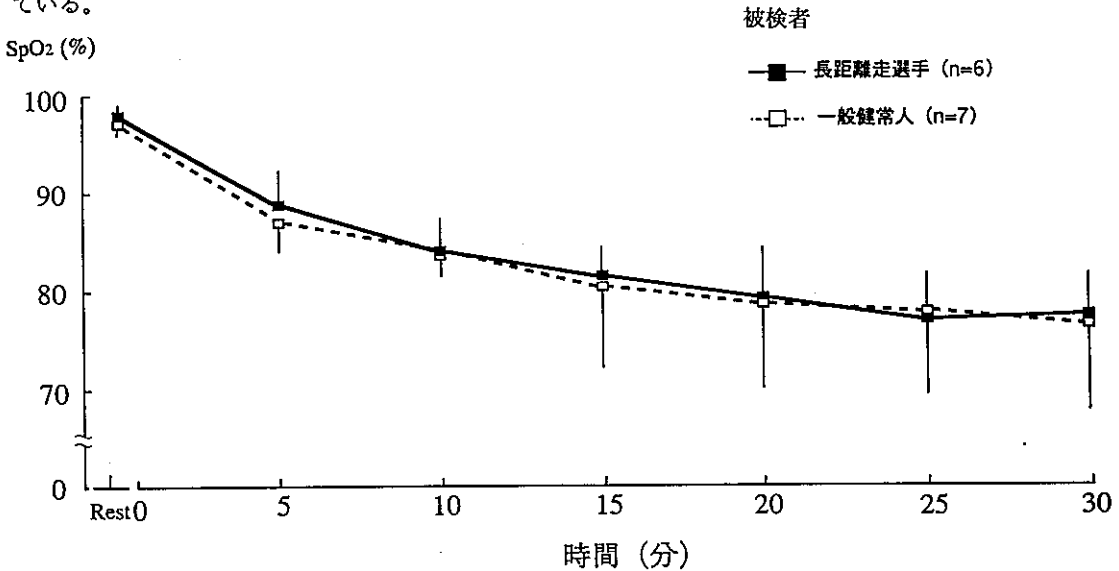


図3 長距離走選手(6名)と一般健康人(7名)を対象として、高所ベッドを用いて低圧暴露試験(4,000m相当気圧で30分間)を行ったときのSpO<sub>2</sub>の低下状況。両者の低下の度合には有意差がない。この結果は、低酸素下でSpO<sub>2</sub>を低下させないようにする能力は、 $\dot{V}O_2\max$ を高めるトレーニングによっては身につかないということを示唆している。(山本資料)

低酸素環境で体内を酸素不足にさせない(すなわちSpO<sub>2</sub>を低下させない)ようにする能力は、どのようなトレーニングを行えば獲得できるのだろうか。トレーニングには「特異性」と呼ばれる原則がある。これは「トレーニングで与えた刺激に対応する能力は向上するが、それ以外の能力は向上しない」ということである。この原則を考慮すると、低酸素に対応する能力は、酸素の濃い下界でいくらトレーニングをしても獲得されず、やはり低酸素環境に身体を曝すことによってしか獲得できないように思える。

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

低酸素環境で行うトレーニングのうちで、特殊な施設（低圧室など）を必要としないのでできるのが高地トレーニングである。陸上や水泳競技など下界のスポーツにおいても、近年高地トレーニングが盛んに行われている。しかしそれらは下界での競技力の向上を狙いとしたものなので、その原則を高所登山にそのままあてはめることはできないだろう。一方、高所登山のための高地トレーニングをどのように行えばよいかということについては、科学的な研究がほとんどない。そこでこれまでの登山家の報告を基にして、以下に筆者の個人的な意見をまとめてみた。

登山に先だって3,500m～5,000mの高地に長期滞在した場合には効果が高いと考えられる。たとえば、5,000m前後のチベット高原に1ヶ月以上滞在した後にエベレストに単独で無酸素登頂したメスナーの例（1980年）や、ネパールのクムジュン（3,800m）で越冬し酸素を用いてではあるが抜群の強さを発揮してエベレストに登頂した植村直巳の例（1970年）などがある。4,000m前後の高度で生活しているシュルバが高所で非常に強いということも、この考え方の妥当性を裏付けているだろう。

一方、マカルー登山に先だって5,800mの高所に「銀の小屋」を建てて越冬したイギリスの登山隊（1960～61年）は、高所に順応するどころかかえって衰退してしまったという有名な話がある<sup>9</sup>。人間の定住限界は約5,200mとされているが、それ以上の高度での長期滞在は逆効果をもたらすと考えられる。

3,500m以下の高度ではどうだろうか。たとえば日本の山は富士山だけが4,000mに近いが、他の山は高いものでも3,000mをわずかに超える程度である。日本の登山家は当然日本の山で多くの登山を行っているが、富士山以外の山に多く登ったことによってヒマラヤで調子がよかったという話は聞かない。下界のスポーツの場合は、2,000m前後の高度で高地トレーニングを行うことが多いが、高所登山の場合は3,000m以下の高度でトレーニングをしても目立った効果はないように思える。

以上のことをまとめると、高所登山のための高地トレーニングは、3,500m～5,000m程度の高度で行うのが最も効果的であり、それより高すぎても低すぎても効果が小さくなるのではないかと考えられる。

### 5. 高地トレーニングの方法

高地トレーニングに最も適する3,500m～5,000mの高度とは、人体にとってどのような意味をもつのだろうか。図4に示したようにSpO<sub>2</sub>は高度の上昇にともない低下し、3,500m以上の高度になると80%を割り込むようになる。この80%という値は、医療機関において急性の呼吸障害患者を扱う際、酸素治療を行う目安とされている（ただし慢性の患者の場合はこれよりも低くても許容される）。また登山においても、下界の住人が急に高所に行くと高山病が起こるが、それは3,500mを超える高所で特に多発する。

このように、急性に近い状態でSpO<sub>2</sub>が80%を割り込む状況は、人間の身体にとって危機的な状況であると考えられる。したがって高所登山を行う際、SpO<sub>2</sub>が80%前後となる3,500m～4,000m付近の

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

高度において、あらかじめ十分に身体を順応させておくことはきわめて重要なことと考えられる。いわば慢性の呼吸疾患患者のように、 $SpO_2$ が80%以下でも支障をきたさないような身体をつくっておくのである。

日本でこのようなトレーニングができる山は富士山しかない。富士山を登るとき、山頂に近づくとそれまでとは異質な苦しさを感じずることは、多くの登山家が認めるであろう。富士山頂に長期滞在することは難しいので、通常は繰り返し登らなければならない。どの程度の頻度で登れば有効かということについての科学的なデータはないが、小西氏をはじめ実際に富士山を利用してトレーニングを行っている高所登山家の意見によると、1ヶ月に3回以上の登山を行うとはっきりと効果を自覚できるという人が多い。

図5は、富士山を2日間のうちに2回登り降りするというトレーニングを行い、その前後で高所ベッドを用いて低酸素下での $SpO_2$ の応答がどのように変化したかを観察したものである。1名の被検者の例でしかないが、登山後に $SpO_2$ の低下が小さくなっていることがわかる。

$SpO_2$ を低下させない能力を身につけるといえることは、高所順応を獲得することと同義である。これまで高所順応は、目的の山に行ってからルート作業や荷上げを兼ねてその山に登り降り（順応行動）しながら獲得するものと考えられてきた。しかしここで問題となるのは、

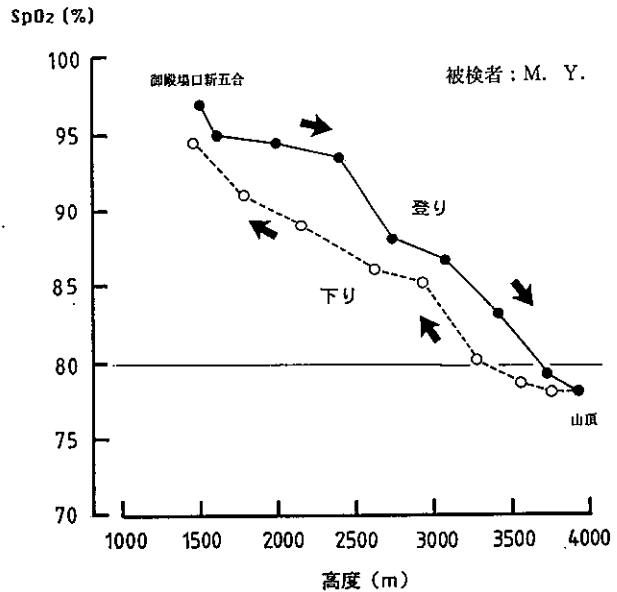


図4 御殿場口から富士山に登った時の高度と $SpO_2$ との関係。3,500m前後の高度で $SpO_2$ が80%を割るようになる。登りと下りで折れ線の位置がずれる（同一高度でも下りの方が $SpO_2$ は低くなる）ことも興味深い。（山本資料）

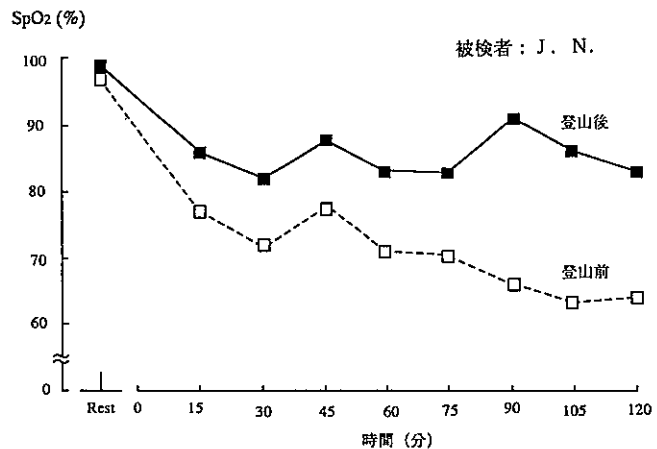


図5 富士山を2日間のうちに2回登り降りする（御殿場口より）というトレーニングを行い、その前後で高所ベッドを用いて低圧暴露試験（4,000m相当気圧で120分間）を行ったときの $SpO_2$ の応答。登山後には改善がみられる。（山本資料）

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

通常の高所登山が1～2ヶ月以内という短期間のうちに行われていることである。トレーニング科学の立場からみると、どんな身体の機能でもトレーニングの効果が現れるまでには最低1～2ヶ月はかかる。低酸素下でSpO<sub>2</sub>を低下させない能力もその例外ではないとするならば、高所登山にとって最も重要なこの能力の獲得という点からみて、通常の高所登山はきわめて余裕の乏しい状態で行われているといわざるをえないのである。

$\dot{V}O_2\max$ は下界での持久トレーニングによって強化が可能であるのに対して、SpO<sub>2</sub>を低下させない能力は低酸素環境でトレーニングをしない限り身につかない。また、 $\dot{V}O_2\max$ を向上させるためには長期間のトレーニングが必要なように、SpO<sub>2</sub>を低下させない能力の改善にも長期間が必要である。このように考えると、先に紹介したメスナーや植村直巳、あるいはシェルパの例のように、登山に先だってできるだけ長期間高地に滞在することが、高所登山を成功させるための唯一かつ確実なトレーニング方法といえるのではないだろうか。現実的なトレーニング方法としては、登山期間を可能な限り長くとり、登山に先だって現地のしかるべき高度(3,500m～5,000m)でトレッキングをするとよいであろう。

## 6. 呼吸技術のトレーニング

原<sup>1)</sup>は以前から、高所において呼吸を意識的にコントロールすることによって、登山能力の低下や高所障害を予防あるいは改善できるということを、経験的な立場から指摘していた。また増山<sup>2)</sup>は最近、過呼吸を行うことによってSpO<sub>2</sub>が改善することを、パルスオキシメーターを用いて客観的なデータで示している。筆者もチョーオユーで小西氏から薦められて腹式呼吸を実践してみたが、図6のようにSpO<sub>2</sub>や心拍数が顕著に改善することがわかった。SpO<sub>2</sub>の低下が登山能力の低下や高所障害をもたらす元凶なのであるから<sup>3)</sup>、高所に適した呼吸法を身につけているものはそうでないものに対して非常に有利な立場に立つといえよう。

呼吸法のトレーニングは体力トレーニングというよりは技術のトレーニングといえよう。このトレーニングも高所に行って、どのような呼吸法を行うとどの程度SpO<sub>2</sub>が改善するかということを実験しながらトレーニング

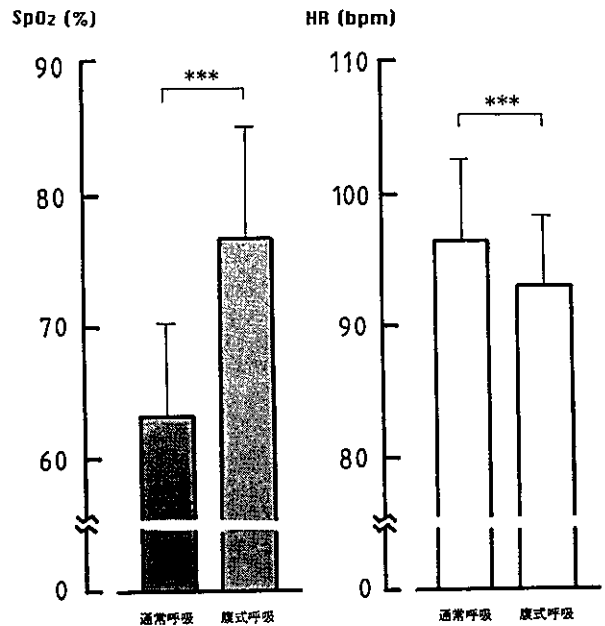


図6 筆者がチョーオユーのBCで、通常呼吸と腹式呼吸を行ったときのSpO<sub>2</sub>とHRの比較。起床時に臥位で測定した(16日分の平均値)。\*は有意差があることを示す。腹式呼吸を行うと値が改善することがわかる。(山本資料)

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

グするのが最も効果的だろう。しかしこの訓練は下界でも実行できるし、また下界でも絶えず訓練するくらいでなければ身につかないともいえる<sup>14, 15</sup>。小西氏やメスナーは、下界の日常生活においても絶えずこの訓練を行っているとのことである。

呼吸法を行うと $SpO_2$ が上昇する理由は次のように説明できる。下界での普段の呼吸は無意識のうちにわれ、小さく息を吐いたり吸ったりして空気を肺に取り入れている(図7の左側)。このとき、肺の中には古い空気がかなり残っているの、新しく入ってきた空気はこれと混ざり合い、肺胞内の酸素の分圧(量)は大きく低下してしまう(図8の実線)。下界では酸素の量が多いのでそれでも酸素不足をきたすことはないが、高所ではもともと外気の酸素量が少ないので、下界と同じような呼吸をしていると酸素不足になり(つまり $SpO_2$ が低下し)、登山能力の低下や高所障害を起こすことになる。

高所では、 $SpO_2$ を低下させないようにするために、無意識のうちに呼吸量を大きくする防御反応も起こるが、それだけではまだ酸素不足を解消するには不十分である。意識的な呼吸法によって古い空気をできるだけ吐き出してから新しい空気を大きく吸うことにより、肺胞内の酸素分圧をさらに増加させることができる。その結果 $SpO_2$ も上昇し、登山能力の低下や高所障害の発生をより効果的に防止できると考えられる(図8の破線)。

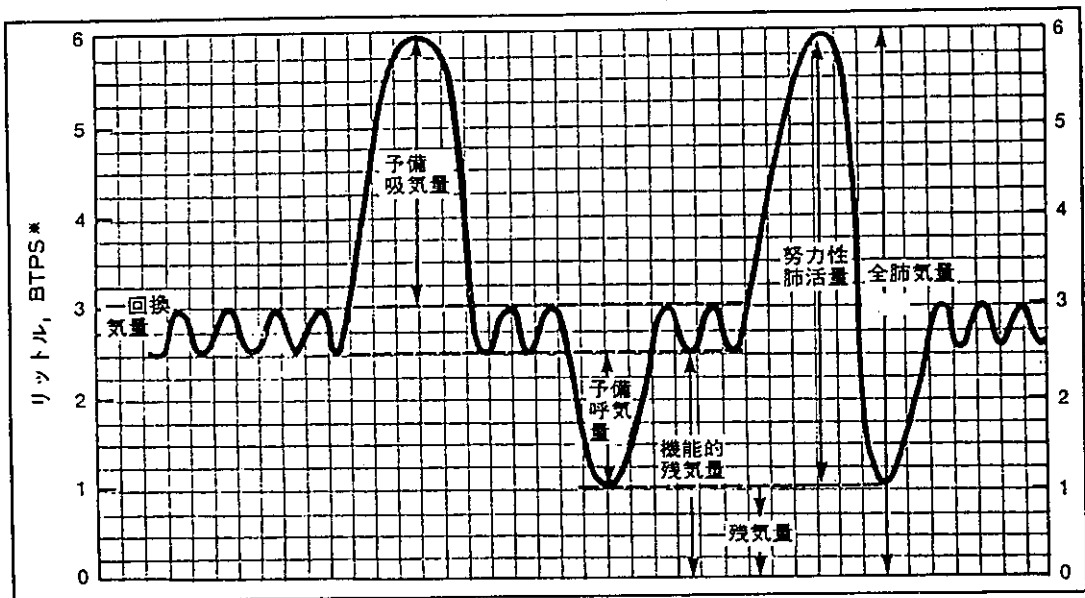


図7 肺における呼吸パターンの概念図。小さく吐いて小さく吸うという通常の無意識な呼吸(図のいちばん左側)の場合、外気から取り入れた新しい空気は肺の中に多量に残っている古い空気(機能的残気量)と混ざり合うため、肺胞内の酸素分圧は大きく低下してしまう。意識的に古い空気を大きく吐き出してから大きく吸えば、新しい空気の混ざり割合が大きくなるため、酸素分圧の低下を小さく抑えることができると考えられる。

(McArdleら, 1992<sup>1)</sup>より)



## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

図9は高所ベッドの中で様々な呼吸法を行ったときの $SpO_2$ の応答を示したものである。無意識な呼吸から意識的な呼吸法に切り替えると、 $SpO_2$ の値が急上昇し、呼吸法をやめると急下降することがわかる。高所でガモフバッグに入ると高度を2,000m下げたことと同じになると言われているが、この図を見ると、適切な呼吸法を行うことによってこれに劣らぬ効果が期待できるといえよう。

呼吸疾患に関する医学書<sup>4), 8), 9)</sup>には、

「呼吸訓練」という項がある。呼吸疾患の患者は、酸素の濃い下界であっても十分な酸素を取り入れることができないので、意識的な呼吸の管理が必要となる。低酸素環境で登山を行う高所登山家も、呼吸疾患の患者と非常によく似た立場に

置かれているといっ  
てよい。したがって呼吸管理の技術を習得しておくことは非常に有益であろう。これらの医学書には、腹式呼吸、息をゆっくり長く吐く呼吸、口をすぼめる呼吸などさまざまな呼吸法や、身体をリラックスさせ酸素消費を減らす訓練などが解説されている。それらの内容

酸素分圧 (トール)

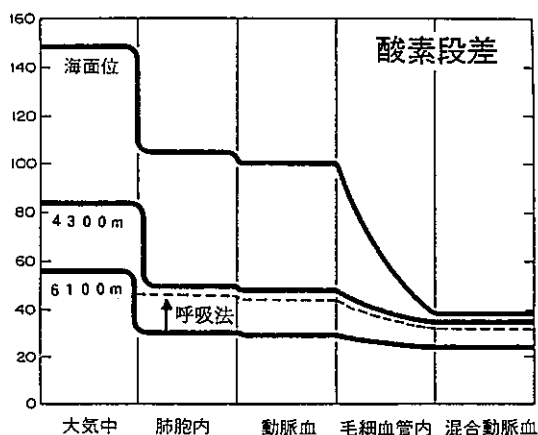


図8 大気中から細胞に至るまでの酸素分圧の勾配 (酸素段差)。大気中から肺胞内に新しい空気が入るとき、古い空気と混ざり合って酸素分圧は大幅に低下する。酸素の濃い下界では支障はないが、もともと酸素の薄い高所では、高所障害や登山能力の低下を引き起こすレベルにまで $SpO_2$ が低下してしまう。破線で示したように、意識的な呼吸法によって大気中と肺胞内の酸素段差を小さくしてやれば、これらのデメリットを最小限に抑えることができると考えられる。(Houston, 1986<sup>9)</sup>に一部追加)

被検者: Y. O.

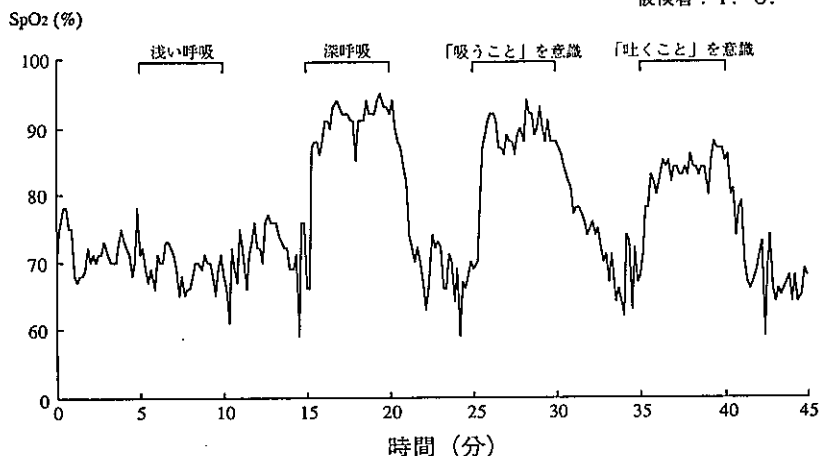


図9 高所ベッド(4,000m相当気圧)の中で、通常呼吸の他にさまざまな意識的呼吸法を行ったときの $SpO_2$ の応答。5分間の通常呼吸の間にはさんで、各種呼吸法を5分間づつ計45分間行っている。深呼吸等を行うことにより $SpO_2$ は急激に上昇するが、通常の呼吸に戻ると再び低下してしまうことがわかる。(山本資料)

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

は、これまで高所登山家<sup>1), 2), 10)</sup>が経験的な立場から提唱してきた高所での呼吸技術と非常によく似ているのである。

### 7. まとめ

高所登山を行う際、目的とする高度に対して完全な高所順応を獲得することができるならば、登山能力は下界の持久スポーツと同様、 $\dot{V}O_2\max$ の大小によって決まるだろう（酸素ポンペを潤沢に利用する登山でも、同じことがいえるかもしれない）。

しかし人間は5,200m以上の高度では完全な順応を獲得することはできない。つまり $SpO_2$ が低下して登山能力が低下することは不可避である。このような状況でどれだけの登山能力を発揮できるかということには、 $\dot{V}O_2\max$ がどれだけあるかということ以前に、 $SpO_2$ の低下をどれだけ食い止められるかという能力の方が重要となってくる。

$SpO_2$ を低下させない能力は、 $\dot{V}O_2\max$ を向上させるトレーニングによっては改善されない。 $\dot{V}O_2\max$ は下界での持久トレーニングによって強化が可能であり、またその方法も確立しているのに対して、 $SpO_2$ を低下させない能力はおそらく低酸素環境でトレーニングをしない限り身につかず、またその方法も確立されていない。近年多くの登山家が体力の重要性を認識し、 $\dot{V}O_2\max$ の改善を中心としたトレーニングを行うようになってきているが、あわせて低酸素環境で $SpO_2$ を低下させない能力をトレーニングすることも重要であることを強調したい。

### 引用文献

- 1) 原 真：高所順応の方法 岩と雪62：34-41, 1978.
- 2) 原 真：すべては呼吸に始まる 岳人571：138-139, 1995.
- 3) Houston, C.S. (中島道郎訳)：高みをめざせ；高所への挑戦の物語 岩と雪119：74-85, 1986.
- 4) 北島政樹, 藤村龍子編：臨床外科看護各論, 医学書院, 1995, pp.73-74.
- 5) 増山 茂：高山・高地とパルスオキシメーター 登山研修7：141-151, 1991.
- 6) 増山 茂：高所医学と生体酸素化の測定；戦後の歩み 登山研修8：116-123, 1992.
- 7) McArdle, W.D.ほか (田口貞善ほか訳)：運動生理学 杏林書院, 1992, pp.195-242.
- 8) Moser, K.M. (栗原直嗣訳)：慢性呼吸器病の日常管理 金芳堂, 1985, pp.47-50, 69-73.
- 9) 織田敏次ほか編：呼吸管理・RCU, 永井書店, 1979, pp.369-376.
- 10) Oelz, O. et al.：Physiological profile of world-class high-altitude climbers. J. Appl. Physiol. 60：1734-1742, 1986.
- 11) 尾形好雄：高所登山と体力 登山研修10：39-43, 1995.
- 12) 島岡 清：高所登山と体力 臨床スポーツ医学4：657-664, 1987.
- 13) Ward, M.P. et al.：High Altitude Medicine and Physiology (2nd. Ed.). Chapman & Hall Medical, 1995, pp.557-571.

## 5. 高所登山と低圧環境トレーニング

- 14) 山本正嘉：八千メートル峰，登山タクティクス解明への試み 岳人578：119-125, 1995.
- 15) 山本正嘉：運動生理学の成果と陥穽 山と溪谷721：234-237, 1995.
- 16) 山本正嘉：8,000m峰無酸素登山の体験；死の地帯の運動生理Ⅰ，Ⅱ  
体育の科学45：909-914, 985-990, 1995.
- 17) 山本正嘉：新しく開発された「高所ベッド」の概要とその中での人体の生理的応答  
登山医学15：85-90, 1995.

(国際武道大学体育学部)