

高地トレーニングを考える

柳澤 昭夫

1. 高所は酸素の摂取に苦勞する

高所登山は、冒険的要素を内包したスポーツである。ヒマラヤ登山者の死亡率は、日本隊について言えば2.5%、他に類をみない危険なスポーツである。事故要因は雪崩遭難が50%、転滑落30%、高山病7%、その他13%（HAJ山森氏）である。

しかし、ヒマラヤ登山者の基本的技術にそう問題点がないとするならば、高所障害による判断力・体力の低下、疲労等が高所登山における遭難事故に大きく関係していると推測される。

言うまでもなく高所は低圧環境である。もちろん日本における3,000m級の山も低圧環境であり、シーレベルより確実に4分の1から3分の1は低圧になる。5,000mで約半分になり、8,000mではシーレベルの3分の1しかない。

気圧の低下に伴い、酸素分圧も低下する。身体活動、身体機能のエネルギー源は全てATPと呼ばれるもので、これはグリコーゲンや脂肪から酸素により合成される。酸素が不足すると十分にエネルギーが合成されず、身体活動が低下したり、身体機能が十分に働かない（高所障害）。

酸素は呼吸により取込まれ肺胞から動脈の血液中のヘモグロビンと結合し、体の隅々の細胞まで運ばれ、そこでヘモグロビンから離れてATPを合成する。酸素が空気から血液、そして細胞へと移行するのは極めて単純で物理的だ。酸素は圧力の高い方から低い方へと圧力差で移行する。身体は肺胞内空気より血液中の方が、酸素圧が低いのである。高所に登ると大気の酸素量が低くなり身体内の酸素圧との差が小さくなるから酸素が身体内に入りにくくなる。当然ATPの合成量が減少するので、身体機能、活動が低下する。機能が低下して起こる障害が高所障害である。

高所登山の最大の問題は、酸素の取り入れが難しくなった低圧環境で如何に高所障害を防ぎ、高所にうまく適応するかにある。高所障害や高所順応は、まだまだ不明な事柄も多いが、高所に適応するには酸素の取込量をできるだけ低下させないことと、取り入れた酸素を最大限に活用することである。消極的には酸素の消費量を減らすことである。

呼吸数と呼吸量を増加すると、一回の酸素の取込量が減少しても単位時間内には増量することができる。ただし、呼吸筋が消費する酸素量も増量するので効率低下し、最大呼吸に近づくと取り入れる酸素の増量分をほとんど呼吸筋が使用する。同じように心拍数、量ともに増加し、血流量を増すと計算上は細胞まで同量の酸素がいくが、そのために心臓が消費する酸素量も急増して効率は悪くなる。高地に滞在すると3日目位から赤血球が増え、血液の酸素運搬能力が向上する。しかし、赤血球が増えると血液の粘性が増し血流が悪くなるので、心臓にかかる負担が増える。

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

血液中の酸素量が減少しても細胞レベルで酸素の取込能力が高いと、少ない酸素を有効に利用できる。抹梢の毛細血管網が発達し、細胞内のミトコンドリアの増加など細胞レベルでの摂取能力が高いと、最も効率よく高所に適応できると言えよう。事実、高所登山終了者の調査でその事実は確認されている。

呼吸機能、心機能に優れたものは、それだけ酸素摂取量に余裕があり、乳酸耐性の高い者（運動強度を高めても疲労物質である乳酸の発生しにくい者）は酸素を効率よく利用しているので、高所で他の者より有利になる。因にメスナーの最大酸素摂取量は普通であったが、乳酸耐性は素晴らしく高かったとの報告もある。

非常に個人差があるが、上手にやれば大部分の人は高所に順応できる。順応の原則は、ゆっくりと新しい高度に到着することである。しかし、私達が求めるのは高所での行動力である。結局、心肺機能と細胞レベルでの酸素の有効利用能力の高い者が強い。

2. 腹が減っては戦ができぬ

身体運動のエネルギーは全てATPと呼ばれる高エネルギー磷酸塩であるが、ATPそのものは極めて少量しか体内に存在しないので、人体はグリコーゲンや脂肪と酸素を化合させ、ATPを再合成している。したがって、とれだけ酸素を体内に取り入れることができるかという酸素摂取能力がATPというエネルギー源を作る能力であり、スタミナを決定する。

低地も高所も同じ運動をするには同じエネルギーと酸素が必要であるから、高所に登って気圧が低下し、肺胞内から血液に酸素が移行しにくくなると、同じ酸素量を確保するために呼吸量と血液の流量を増加させ、細胞には同じ量の酸素をとどける。ちょっと乱暴な言い方だが、気圧が3分の1低下すれば呼吸と血流量を3分の1増加しなければ低地と同じ運動はできない。仮に低地で1分間に40回の呼吸で心拍数が100の運動を高地でするなら呼吸数は53に、心拍数は133に増加する。肺の呼吸機能と血液を運ぶ心臓と血管に負担がかかる。したがって、心肺機能に優れ、毛細血管網が発達し、細胞ではミトコンドリアの増加等酸素の取り込み能力が優れた者ほど多量のエネルギーを作り出すことができる。つまり、スタミナがあることになる。

登山研修所の調査によれば冬山研修会で1日4,000~5,000カロリー、唐沢岳幕岩の登攀でも同様に4,000~5,000カロリーを消費した。行動時間の長い5月の山や、ラッセルが続く冬山ではもっと増加するだろう。苛酷とされるフルマラソンのエネルギー消費量は2,400カロリーと言われているが、登山は毎日フルマラソンを走るほどのエネルギーを使っている。消費エネルギーが大きいのは、荷重を背負って坂道を登るといった負荷の大きい運動を高地で長時間するからである。低地と高所では筋肉にかかる負担は同じでも、高所では呼吸筋や心臓に大きな負荷がかかる。又、肺に吸入された空気は加温と飽和状態まで加湿され、呼気とともに排出される。高所では呼吸量が増大しているので、呼気が持ち出す水分とエネルギーは膨大な量になる。

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

エネルギー源はグリコーゲンや脂肪である。たんぱくも利用されるが、グリコーゲンや脂肪の潤渇が問題である。体内に貯蔵されるグリコーゲンの量は、肝臓に約250グラム、1グラム4カロリーとして約2,000カロリー貯蔵している。比較的強度の高い運動ではグリコーゲンが使われ、脂肪は利用されない。強度の低い運動が長時間行われるとき脂肪が利用される。乳酸が発生するような比較的強い運動では、グリコーゲンの潤渇がスタミナ切れになる。腹が減っては戦ができぬとはまさにグリコーゲンの潤渇である。

良くトレーニングを積んだ者は、体内グリコーゲンの貯蔵量を約2倍に増加させることができるのでスタミナがある。しかし、登山のように数日に渡る運動では、炭水化物食で十分エネルギーを補給できず脂肪も動員する。脂肪が燃焼する場合は、グリコーゲンより酸素が少しよけいに必要である。又、トレーニングを積んだ者は積まない者より上手に脂肪を利用するので「バテ」ないが、日頃トレーニングをしていない者は運動強度を落としても脂肪を上手に利用できずに「バテ」てしまう。

実際の登山食は貧しく、摂取カロリーに満たない事が報告されている。一泊以上の山行になると炭水化物でグリコーゲンを補給することができず、体内に貯蔵されている脂肪を消費する。例えば1日2,700カロリー不足すると300グラムの脂肪を消費する。1ヶ月の海外登山では体重(脂肪)が9キロ減ることになる。

行動エネルギーはグリコーゲンでまかなうことが望ましく、毎日炭水化物食で4,000～5,000カロリー補給できれば理想的である。となると食料の半分がグリコーゲンになるような効率の良い食事でも、1日2キロの食糧になる。

結局、山で「バテ」ないためには十分トレーニングを積み、酸素摂取能力を高めるとともに十分炭水化物を取るようになる。やっぱり、よく喰う奴は強い。

3. 高地トレーニング

中距離から長距離、マラソンまで、次々と世界記録を塗りかえた中国の馬家軍団と呼ばれるアスリート集団、日本勢でも、ダイハツの女子マラソン選手が、高地トレーニングによって大きな成果を挙げた。全てが高地トレーニングによるのではないが、成功要因の一つである。一般にトレーニングは、身体に刺激(負荷)を与え、その刺激に身体が反応する結果、心身の運動能力が向上することを目的としたものである。日常生活では必要としない特別な運動をすることによって、通常にはない大きな刺激(負荷)を身体に与え、トレーニング後の休息中の身体の回復過程で超回復、つまり、トレーニング以前に持っていた能力以上にレベルアップする効果を期待している。トレーニングとその成果は、トレーニングという特殊な運動刺激(負荷)を与え休息中にその大きな刺激(負荷)に身体が適応するところにある。したがって、どのような質と量の刺激を身体に与えることが最適であるのかというトレーニングの内容と十分な適応効果を得ることができる休息、栄養補給等にある。同じレベルの刺激には同じレベルの反応を示すのであるから、同じトレーニングを重ねてもそのレベルを維持

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

はするが向上はしない。

運動競技者は一般の人よりも運動能力は高いレベルにあるので、より大きな能力を獲得しようとするならば、より大きな刺激（負荷）を与えなければならない。登山者にとって、登山そのものは目的であるとともに、登山に必要な運動能力を得るトレーニングでもある。しかし山行を繰り返しているだけでは、それに見合うところのレベルを維持するだけにすぎず、より大きな能力を発揮しようとするならば、それ以上にハードなトレーニングをしなければならない。登山内容がよりハードになって行く過程は、より大きなパワーを獲得する過程である。しかし、高水準に達した者は、何らかの方法でより大きな刺激（負荷）をかけるトレーニングを実施しなければ、その高水準を超えたより高いレベルを獲得することができない。

一定以上のレベルにある者がより大きな成果を得るには、異なった方法で高負荷をかけるトレーニングを実施する必要がある。

ウェイトトレーニングは通常の登山にはない大きな重量や大きな抵抗を負荷して筋肉の活動能力を高めようとする運動である。

しかし、登山に、ハイパワーを発揮する筋肉の力も時には必要であるが、主として、登山は長時間に渡り、筋肉に酸素とエネルギーを供給する持久力が必要である。

高所登山をめざす者にとって気圧が $\frac{1}{2}$ 以下になる、高所、低圧、低温環境に適応する能力とそうした低圧環境下での長時間の活動能力が必要である。

高地トレーニングは酸素圧が低い高所環境を利用して、持久力（酸素摂取能力）を高め、できれば、高所適応能力をも同時に高めようとするものである。

酸素摂取能力を高めるための持久的トレーニングも高レベルの者になると通常の運動では、限界に達して、酸素摂取能力、心肺機能をさらに高めるような負荷をかけることができない。同じ運動でも常圧下ですると $\frac{1}{2}$ 気圧下でするのは筋肉にかかる負荷は同じでも、酸素摂取能力（心肺機能）にかかる負荷は単純に2倍になるわけではないだろうが大きな負荷をかけることができる。つまり、低圧環境を利用して同じ運動で、心肺機能には大きな負荷をかけ、酸素の必要量が供給量を上回る状況におい込んで、供給量を増加させる効果を得ようとするものである。非常に苦しいトレーニングになる。

どのくらいの高度で高所トレーニングをすれば適切な負荷になるだろうか。さまざまな研究が行われているが明確になったとは思われない。当然の事ながら高度が低過ぎると負荷が小さく、高過ぎると負荷が大き過ぎる。

高地トレーニングによって、換気量が増大し、ヘモグロビンが増加すること等が知られているが、運動強度が強いトレーニングでは、高度2,500mを超えると急激に換気量が増大するといわれている。通常環境下で行われるスポーツでは、1,600mから2,400mの間で高地トレーニングが実施され効果を

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

上げている。このあたりでの高地トレーニングは、登山者にとっても効果的ではなかろうか。浅野先生の研究では、低圧室を用いて、4,000～7,000m高度相当でトレーニングを実施し、赤血球等の増加、高所耐性、動脈血酸素飽和度の上昇等の効果がみられた。低圧室が必要なので、誰でも簡単にできるトレーニングはないが、高所にでかける時、高所に順応し、高所障害を予防する上で効果的である。

最近、紹介された方法であるが、フィンランドでは、主としてスキーマのノルディックの選手がアルプスルームと呼ばれる、住居内に窒素を送り込み、相対的に住居内の酸素分圧の低い室で生活し、常圧下でトレーニングを行い効果を上げていると報告されている。

高地低圧室のトレーニングは主として心肺機能に大きな負荷をかけるための方法である。トレーニング効果を上げるには、休息、疲労回復の過程が同じように大切である。疲労回復や休息の過程が十分でないとトレーニング効果を挙げるができない。低圧室を用いたトレーニングは、常圧下で疲労回復過程に入ることができるし、低圧環境を思うように設定できる。それ故に過負荷に落ち入る危険もある。誰もが簡単に、長期に渡って行うことができないのが難点である。

アルプスルームは、休息、生活環境で低酸素刺激を受けて、低圧環境に適応し、常圧下でのトレーニングにより効果を上げる方法である。日常ハードトレーニングを行い、週末はさんちゅうでのんびり過ごす方法を試みてはどうだろうか。高地トレーニングは、休息も生活環境も高地であり、低圧刺激を常に受けているので、期間を区切るなり、トレーニング負荷に注意しないとオーバートレーニングに落ち入り、疲労状態におい込まれることになる。トレーニング終了後、ガモフバック等を持参し、環境より、高圧下で休息を取るという方法もある。すでにこうした試みは、原真さんらがアコカグア登山で高圧タンクを持ち込み成果をあげている。

高圧タンクやガモフバックを誰もが使用するわけにはいかないが、週末2日間を高地トレーニングを行い、あとは日常トレーニングを繰り返す方法、或は週末車を利用して低地から高地へ出かけ、高地でトレーニングを行い、低地で休息するトレーニング方法も考えられる。高所登山をめざす者ならば、年間60日から100日は山行している。思い切ってこの日数を高地トレーニングに当てるのも効果的な方法ではないだろうか。

いずれにせよ、楽して成果を得ることはできない。高地トレーニングは、大きな成果が期待されるが、まだまだ未知の領域である。より困難な登山をめざす者であるならば、トライしてみる価値は十分にある。とは言え、日常ハードトレーニングを積んでいない者にとっては害あって、益なしである。

(文部省登山研修所)