

京都大学ヒマラヤ医学学術登山隊で用いられた 登山用酸素補給器について —特に節約型酸素補給器のヒマラヤでの有用性の検討—

中島道郎
大阪府済生会泉尾病院

最近実地臨床の場において、節約型酸素補給器の実用化が検討されて来ているが、これが登山の場でも有用であるか、そして、本当に酸素使用量が節約出来るのか、ということ京都大学ヒマラヤ医学学術登山隊（以下KUMREX'90）において試してみた。

装置：酸素貯蔵囊付鼻カニューラ(NCOR)、コンピューター制御式吸気同調型酸素補給器(SISOS) 2種、ならびにビニール製顔マスク（コントロール）。

試験：安静時の試験は、ベースキャンプのテントの中で坐位で、行動時の試験は、前進ベースキャンプで後背地の斜面を利用して行なった。

評価法：指先脈波酸素飽和度(SpO₂)の上昇度、ならびに登坂歩行速度の改善度で評価。

その結果であるが、安静時酸素補給毎分0.5 l、5分後のSpO₂上昇の程度は、NCOR、SISOSともに約10%前後で、これが30分後まで続いた。それに対し、ビニールマスクは、5分後は2%しか上昇せず、30分後にやっと9%の上昇が得られた。また、NCORおよびSISOSを用いて後背地の斜面を登攀すると、無酸素補給の場合より約30%の時間短縮が得られた。しかし、この試験中にSISOSは全部故障し、使用不能となった。要するに、これらの装置はヒマラヤの安全登山のためには有用である。NCORは高所での睡眠用に良い。しかし、SISOSはもっと頑丈に作られないと登山の実用に供され得ない。

1 はじめに

これは Journal of Wilderness Medicine に投稿した論文の日本語版である。

近年、多くの素人登山家、時には高齢者ですら、ヒマラヤの高峰を目指すという風潮が強まってきている。しかも、1978年、メスナーとハーベラーがいわゆる「無酸素」でエヴェレスト登頂を果たして以来、ヒマラヤは「無酸素」で登ることが常識となり、それがそのままこれら素人登山家にも影響してきている。しかし、たとえエリート登山家といえども、本来高所低酸素環境は人間生存には不適であり、危険な環境であることを無視すべきではない。海拔8,000m以上の山に安全に登って帰って来るには酸素は必要である。登山自体が危険なスポーツであり、安全を考えていたのでは始

めから登山は成り立たない、とする反論も強いが、危険が予想されるスポーツであればこそ、予め安全対策をたててかかるのが筋というものである。ところが、登山用酸素は高価な上に輸送の費用と手間は莫大なので、酸素の準備は経済的に不可能、というのが現状である。せめて酸素を節約して使う方法はないのか、という希望に対しても、高性能の登山用酸素補給装置の開発、特に酸素補給効率を高め、酸素使用量を節約することが出来る装置の開発とその医学的な裏付け研究は世界的にはほとんどなく、今のところ満足すべき回答は見付かっていない。

最近、呼吸困難症患者の社会活動を支援するための酸素補給装置の開発が進んできている。これは宿命的に、限られた容量の酸素ボンベを出来る

だけ長く使用させねばならず、必然的に節約型の酸素補給装置の開発となるため、我々の要求に一致する。然らば、現在実地臨床の場で実用化されている装置が、ヒマラヤのような過酷な条件下でも実地使用に耐えうるものなのかどうか、KUMREX' 90に参加した機会にそれを試してみた。

ヒマラヤという厳しい自然条件下での医学研究には限界があり、ほとんどの場合同じ実験を繰返すことは困難である。本論でもたった一回きりのデータを元に論を構成しているため、その論旨はもともと統計学的な批判に耐え得るものではない。それを承知で敢えて掲げにするのは、この手の研究は登山の世界には絶対に必要であるにもかかわらず、世界にほかに例が無く、よってこれをもってこの分野に一石を投ぜんとするものである。意のあるところをお汲み取り頂きたい。

2 実験器具と方法

器具

節約型酸素補給装置として以下2種3品目について試験した。

1)酸素貯蔵嚢付鼻カニューラ(NCOR)。

(商品名オキシマイザー・ペンダント。)

2)コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置(SISOS)。

吸気を感知するセンサーの原理の違いから次の2型に分類される。

a)温度感知型(商品名シンクオキシ)

b)圧感知型(商品名サンソーバー)

NCORはもうかなり以前から臨床的に使用されてきているし、SISOSも最近市販の域に達している。しかし両方ともヒマラヤで使用されたという報告はまだ無い。いずれも酸素は鼻管を介して補給される。

なお対照には、従来から用いられている、ビニール製顔マスクをあてた。

1)酸素貯蔵嚢付鼻カニューラ(NCOR)

これは[図, 1]のような形のもので、既に長年臨床的に使用されている。酸素補給管の途中に酸素貯蔵嚢を内蔵した箱を付け、これをペンダントとして首から下げる。嚢は約50mlの容量を有する。呼気相の酸素はこれに一時貯蔵され、その次の吸気時に吸気相の酸素と一緒に補給される。その分濃い酸素となるので、同じ濃度を保つなら、その分酸素流量を減らせばよく、それだけ酸素が節約出来るという理屈である。この約

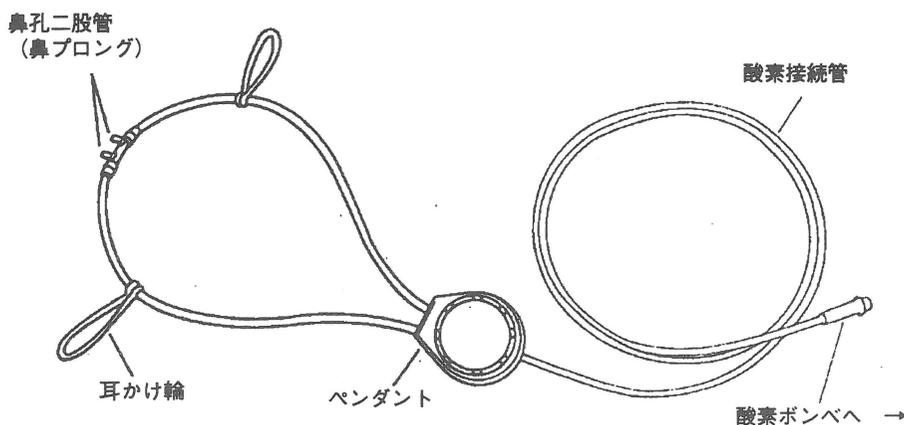


図1 呼気時酸素貯留嚢付き鼻カニューラ(NCOR)

呼気時の酸素は途中のペンダントの中の貯留嚢に貯められ、その次の吸気時に、その分だけ高濃度の酸素として供給される。高濃度にしようとしなければ、その分だけ酸素流量を落としたらよいので、使用酸素総量は節約される。

50mlという容量から考えると、分時換気量に限界があるため、換気量がそれほど多くない睡眠用には適していると思われるが、換気量の増大する行動時には酸素補給量を上げねばならないので、無駄に流れる酸素の量も増え、結局それほど酸素節約的には働かないのではないかと想像される。しかし実際に行動時に使用してみると、その予想に反し、かなり有望ではないかと思われる結果が得られた。

2) コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置(SISOS)

この装置の原理は〔図、2〕に示す。これは吸気に応じて酸素補給弁が開き、呼気時には閉じるので、酸素が放出しのものに比べるとかなり酸素使用量が節約出来る、というものである。吸気同調的に酸素が補給される、という点では、古典的なデマンドバルブ式酸素マスクも同じであるが、酸素補給弁が、後者は吸気時の陰圧が直接に作用するのに対して、SISOSは電磁弁で動き、これをコンピューターで制御するところが新しいのである。この考えは以前からあった^{2,3,4)}が、この間の

コンピューターの進歩により、初期のものに比べると非常に小型・軽量化されて携帯に便利になり、取扱いも簡単になった。

電磁弁開閉の引き金になる信号は、鼻カニューラの鼻孔二股管(鼻プロング)に設置されたセンサーからマイクロプロセッサーを介してもたらされる。このセンサーには温度感知式と圧感知式の2種あり、ともに鼻孔のところを出入りする空気の温度、または圧、の微妙な変化を感知する。このあたりの機構と作用については、Mecikalski⁴⁾、慶長⁵⁾、芳賀⁶⁾、佐藤^{7,8)}などの報告を参照されたい。

この装置の組立図は〔図、3〕に示す。

成績評価

この装置の酸素補給効果の評価は、

- 1) 安静時における指先脈波酸素飽和度(SpO₂)の上昇程度。
 - 2) 行動時における歩行速度の改善度。
- で行なった。

指先脈波酸素飽和度(SpO₂)というのは、右示指を流れる血液の中の酸素の飽和度をミノルタ製の

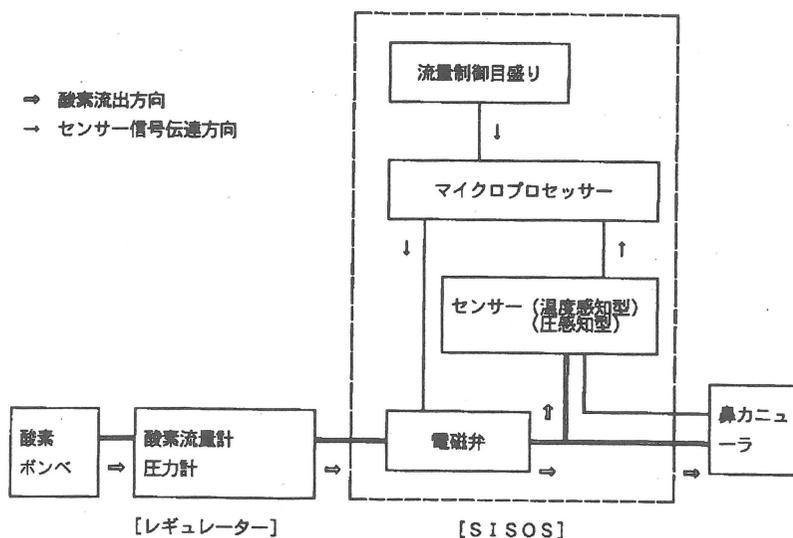


図2 コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置(CISOS)の原理

鼻カニューラの二股管(プロング)に設置されたセンサーが、鼻孔を出入りする空気の温度、又は気圧の微妙な変化を感知し、信号をマイクロプロセッサーに送ると、決められたとおりに電磁弁が開閉し、吸気時だけ酸素が供給される。これで、1本のボンベを流し放しの2~3倍永く使用出来る。

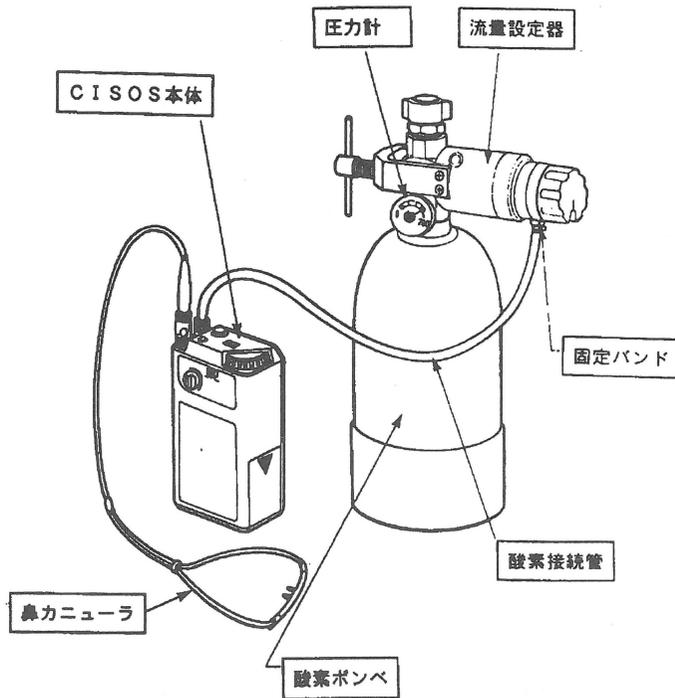


図3 コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置 (CISIS)

鼻カニューラの鼻孔二股管 (鼻ブロンク) に取り付けられたセンサーが吸気を感じ、コンピューター制御により、電磁弁が開き、酸素が供給される。同様に呼気時には酸素の供給が遮断される。これによって呼気時に無駄に流出する酸素が節約される。

パルスオキシメーターで測定したもので、正確には測れないが、大体の傾向は読める。安静座位での測定は睡眠時のその代用である。オキシメーターの原理については島田⁹⁾の解説が参考になる。

隊員 8名 (23歳~59歳、平均38歳、含女性1名) がベースキャンプ(5,020m,410torr)のテントの中に輪になって座り、思い思いに4種の装置の一つを使って酸素を吸入する。酸素流量は0.5 l/分。そして、5分毎のSpO₂の読みを記録する。

行動時の酸素補給の効果はSpO₂では評価出来ないで、登攀歩行速度の改善で見てみようと考えた。前進ベースキャンプ(5,640m,380torr)の後背地をなす傾斜約20度の斜面上、高度差40mの地点に到達点を設置し、出発点から到達点迄の所要時

間を測定する。著者59歳が被験者で、無酸素、NCOR、SISOS それぞれの場合の成績を比較した。残念ながら、測定中にSISOS は次々に故障し、繰り返しのデータは得られなかった。しかし、ここに得られたデータは将来何かの参考になると考え、紹介しておく。

3 実験成績

安静時酸素補給効果の装置別比較

座位・安静時におけるNCORとSISOS の酸素補給効果を、高所登山の現場で今なお一般に広く支持されている、ビニール製顔マスクのそれと比較した。

SpO₂の読みそのものは個人差が大きく標本数も少なすぎるため、直接比較が出来ない。そこで

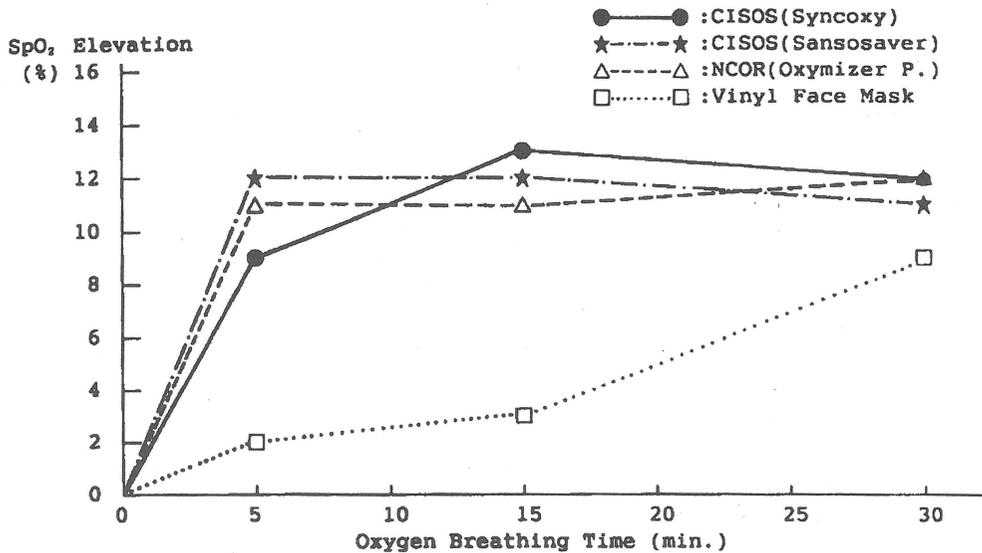


図4 安静時酸素補給効果の装置別比較 座位、酸素流量 0.5 l/分
シシャバンマ・ベースキャンプ(5,020m, 410torr), Apr, 19, 1990.

節約型酸素補給器はNCOR(特許済「オキシマイザー」)、SISOS(温度感知式シフコ料シ(圧感知式サソセバ)いずれも酸素補給5分後にはSpO₂が始めの値より平均12%上昇した。それに対し、従来型のビニール顔マスクは15分後でも3%しか上昇せず、30分後でやっと9%になった。

とりあえず、SpO₂の値が酸素吸入前から吸入後に何%高くなったか、で見てみた。これを [図, 4] に示す。すなわち、NCORも、SISOSも2種とも、流量 0.5 l/分の酸素補給で、5分後には10%前後のSpO₂上昇が見られ、続く30分間はその水準が維持された。また装置間の差はほとんどなかった。それに対し、ビニール顔マスクの場合は5分後はまだ2%、15分後3%、30分後になってやっと9%になるという、明らかな補給効果の差が認められた。これは多分、0.5 l/分という酸素流量が、顔マスクの死腔量をカバーするのに少なすぎた、ということであろう。30分後には全部ほとんど同じ水準に並ぶので、睡眠用に使用する場合の優劣の差はもっとほかの指標で比較する必要があると思われる。

高所行動時における、NCORとSISOSの酸素補給効果

高所における酸素補給の有無が登攀歩行速度に如何に影響するかをしらべたのがこの実験である。それを [表, 1] に示す。

無酸素で歩いた場合約5分半要した距離を、NCORでは約4分半、SISOSでは約4分ないし4分半で歩くことが出来た。これは厳密な比較の対象にはなりえないが、酸素補給によっていづれも速度が速まっている点が、所見として重要なのである。また呼吸数の回復も早かった。ただし、2種のSISOSの間の成績の違いは意味があるのかどうか、何とも言えない。また、この結果を見ると、NCORも行動中に使用して効果があるように思われる。更なる追試が望まれる。

4 考案

高所登山における酸素補給の必要性

登山家には、尖鋭的な登山家と余暇的な登山家の二つのタイプがある。尖鋭的な登山家は常により

表1 行動時における各種酸素呼吸器の効果の比較 (斜度20度・高度差40mの歩行) (1例報告)

装置		所要時間	呼吸数		
			前	直後	2分後
酸素補給なし		5分 22秒	25	60	43
NCOR		4分 28秒			27
SISOS	シンクオキシ	4分 38秒			
	サンソセーバー	3分 55秒		43	21

前進ベースキャンプ(5,640m,382torr)の後背地、斜度20度、高度差40mを歩いて登るのに要した時間で酸素補給の効果判定した。NCOR、SISOS共に「酸素補給なし」に比べると速度は速く、呼吸数の回復も早かった。ただし、シンクオキシとサンソセーバーの間の違いは、意味があるのかどうか分からない。

困難なる登攀を目指し、酸素補給などは邪道として軽蔑する。彼らは信念によってそうしているので、他人がそれに介入する必要はない。しかし余暇の登山家にはそのような信念は必要でなく、彼らの真似をすべきでない。8,000m以上の高い山に登るつもりなら、酸素を用意するほうがよい。酸素が高所登山にいかにか大事か、を説いた論文、書物は枚挙にいとまがない^{10,11,12)}が、KUMREX '90の出水¹³⁾も高所キャンプでの酸素補給の効果性を論じ、C4(7,430m,309torr)では、睡眠中にSpO₂は大体50%ほどにも低下していたが、それより更に高いC5(7,700m,302torr)で、毎分1lの酸素を吸って寝た場合は、それが80%に回復しており、これは、C1(5,850m,372torr)まで下って寝た時と同じ成績であったという。高所登山における睡眠用酸素補給の重要性を見事に証明して見せた好論文である。91年夏の第11回日本登山医学シンポジウムで、日本を代表する尖鋭的登山家の一人が講演したところによれば、彼はエヴェレストのサウスゴルを登っていて、1隊の「ゾンビ」集団が下山してくるのを見て、突如として酸素補給の重要性を理解したという。彼の言うように、尖鋭的登山家といえども、安全に登山して帰ってくるには、酸素は必要なのである。少なくとも、睡眠用には用意すべきである。そしてそのためにも、よ

り確実にして経済的な、節約型酸素補給装置の開発が急がねばならないと思うものである。

従来型登山用酸素補給装置について

この辺で、しからばこれまで高所登山に使用されてきた酸素補給装置としてはどんなものがあり、どの程度有用であったか、振り返ってみたいと思う。

驚いたことには、1970年代以降、この主題に関する医学論文は、日本語はもちろん、英語の文献すら、全く見出せない。例えば、Roach,Hakett,Houston編集、"Bibliography of High Altitude Medicine¹⁴⁾"なる文献集でも、2,555編の文献中、このような主題について論じた論文は1題もない。低酸素環境生理学、低酸素障害、といった主題による論文ばかりで、酸素補給の効果とか、どういう装置が登山に適しているかとか、どの高度ではどれくらいの酸素が補給されて然るべきか、といったことを論じた論文はないのである。そういうことが主題になる時代はとうに過ぎてしまっているらしい。戦後間もなくの頃のヒマラヤ登山、例えば1953年エヴェレスト、1955年カンチェンジュンガ、1956年マナスル等々ではすべて酸素が大々的に使用されたが、その医学的成果について論じたものはほとんどないに等しい。著者は、Gippenreiterから数年前贈られた登山医学の教科書¹⁵⁾の中に、彼が登山用酸素補給器の発展の歴史について述べているのを見付けたが、いかんせんロシア語なので、何が書いてあるのか全く理解できないでいる。

要するに、世界中の登山関係の医師たちはそのほとんどが登山用酸素補給器の進歩発展に参画することも寄与することもなく、そして、酸素補給に関する権威ある知識を授かることもなく、今日に至っているのである。恐らくこれから先もしばらくはこの状態が続くのではあるまいか。

現在のところ、もしもある登山隊が登山行動用に酸素補給装置を持って行きたいと考えた場合、それを手に入れるには、これら古典的な装置をその製造元に直接注文するしか方法はない。しかも折角そうして手に入れた特別注文品も、実際はいかにも不満足な装置なのである。著者はそれを今回のKUMREX'90でつくづく実感した。

合わせて開く弁の働きで吸気時だけ酸素が供給されるようになっていいる。一種の節約型酸素補給器ではあるが、この弁はシリコンゴム製の顔マスクが顔面に密着している時だけ作動する。然るに、顔とマスクの間は頻繁に隙間が生じるので、その度に酸素供給が停止される。その上、この弁には低地では気にならぬ程の僅かな吸気抵抗があるが、それがこの環境では明らかな呼吸障害感となる。1981年のアメリカ・エヴェレスト医学登山隊 (AMREE'81) を指揮したWest¹⁶⁾ によれば、彼らは1963年のアメリカ・エヴェレスト隊のHombeinの装置と、1971年隊のRobertshaw-Blumeの装置を比較してみると、Hombein式の方が使い勝手が良かった、ということである。呼吸生理学の泰斗たるWestにして、酸素装置の優劣を使い勝手で評価し、それだけですましているのは、著者の理解に苦しむところである。当時既に20年昔のものであった装置に、これ以上のものはない、とした認識はそれから10年後の今も世界を支配している。しかし、誰が何と言おうと、とにかくこれは不愉快極まりない装置である。この装置が登山に使われるよう

になって既に半世紀、多くの工夫が重ねられたとはいえ、いまだに、根本的な改良はなされていない。半世紀間これほど進歩のない装置といえば、ほかには蒸気機関車くらいしかあるまい。しかも、この装置を使えば吸気の酸素濃度はいくらに上がるのか、あるいは、常用酸素流量は、毎分2lが常識とされているが、誰がいつ、何の根拠でそう決めたのか、曖昧である。そういう不愉快な代物にSISOS がとって代わり得るか、というのが今回のこの実験の目的であったが、残念ながら期待したほどの性能は得られなかった。

睡眠用は単純な使い捨てのビニール製顔マスクである。マスクは安価でも、酸素が流し放しになる点が不経済である。また、マスクの内面に呼気中の水分が結露し、時には凍結するので非常に不愉快である。さらに、死腔の関係で、なかなか血中酸素濃度が上らないのは [図, 4] で見たとおりである。それではマスクはやめて、鼻カニューラならどうかというと、それを論じた臨床的な文献もいくつかあるが^{17,18)}、要するに鼻が詰まった場合は役に立たない。このことがあるので、

表2 節約型酸素補給装置の長所・短所

種類	長所	短所
酸素貯蔵囊付 鼻カニューラ (NCOR)	廉価 軽量 別に技術は要らない 故障することはない ポンベの多人数同時使用可	吸気酸素濃度が一定しない 濃度に上限あり 酸素節約の程度が不明で予測出来ない
コンピューター 制御式吸気 同調型酸素補 給器 (CISOS)	吸気酸素濃度がより高く明確 酸素流量一定化 酸素節約の程度が予測し得る	高価 器具の知識や慣れが要る 乾電池が必要 器具自体に重さあり、400g 故障し易い ポンベの共用不可

NCOR、SISOS それぞれに一長一短あり。登山用に使用可能か否かという観点からそれぞれの問題点を挙げると、以下に要約される。
NCORは酸素流量と吸気酸素濃度の関係が不明で、果たして酸素が節約出来るのかどうか確信がつかない。SISOSは現在のところ、繊細で、すぐ壊れてしまっ使い物にならない。

NCORは睡眠用に有用だとは思いますが、単純には普及しないのではないかと想像される。睡眠用には、[図, 5]で見ると、分岐管を使って1本のボンベから同時に数人が酸素を吸入することが出来るので、ボンベ輸送の手間が省けて便利であるが、多人数にそれぞれ吸気時にだけ酸素を供給するという事は不可能なので、根本的な酸素節約方策を得るには発想の転換が必要であろう。

節約型酸素補給装置の長所、短所

今回の実験に用いた2種3品目の酸素補給装置を、登山道具という観点から見た場合の長所と短所を[表, 2]にまとめた。

NCORの長所は、廉価、軽量、単純で故障せず、使用簡便、1本のボンベを数人で分けて使用するにも差し支えないことである。

その短所は、供給酸素濃度が不確定で、あまり高くはならないこと。酸素流量と吸気酸素濃度の関係が不明なため、どの程度酸素の節約が期待出来るか、また実際に出来ているのか全く分からないこと。鼻カニューラ式なので、鼻閉には使えないことなどである。

SISOSの長所は、酸素濃度がより高くなり得ること。流量を規定することが出来るので酸素の節約の程度とか血中酸素濃度の上昇の程度をある程度推定出来ることなどである。

その短所は、高価で重く、操作に知識と慣れを要し、繊細にして壊れやすいこと。1装置につき1本のボンベが要るので、数人が分け合う方式の睡眠用には全く不向き。鼻閉には使えない。

この、壊れやすい、という欠点はSISOSにとって致命的である。多分電磁弁の所が一番の問題点かと想像するが、とにかくこんなに簡単に壊れるようでは、呼吸困難症の患者用という本来の使命すらおぼつかない。患者はこれに命を託しているのである。ぶつけても壊れないくらいの堅牢さが必要である。もしそこまで改良されれば、ヒマラヤの登山にも耐えられる。近い将来、酸素ボンベも個人装備のうち、という登山隊が必ず出現するであろうから、そうなると、この装置は威力を発揮する。そういう時代が来た時にはいつでも間に合うという態勢に早くなっていて貰いたいものである。

ヒマラヤ登山における酸素補給の真の意義

登山行動中の酸素補給は、それによって楽に行動出来る、と一般には思われているが、著者の経験では、主観的には少しも楽になったとは感じられなかった。登山中はとにかく精一杯行動するので、補給された酸素は無意識に行動の増加に消費されてしまい、呼吸困難感は変わらないのである。しかしその結果として速度が上がる。Ward, Milledge and Westの"High Altitude Medicine and Physiology¹⁹⁾"にも、登攀中の酸素補給による登高速度の改善が挙げられているが、この、行動速度の亢進こそ、ヒマラヤ登山における酸素補給の真の意義だと思われる。登攀速度が上がれば、高所滞在時間が短縮される。それは酸素補給によって得られる、精神的な機能の改善と行動の持続ということ以上に、登山の安全にとっては重要な要素である。

申すまでもなく、睡眠中の酸素補給の効果は大きい。それによって熟睡出来、食欲は増進し、水分摂取と排泄量は増加し、疲労が癒される。高所キャンプで酸素補給下に睡眠することは低地キャンプに下がるのと同じ効果があることは出水¹³⁾の報告に見るとおりである。ただし、酸素補給によって高所衰退を防ぐことは出来ないので、速やかに登って、速やかに下りて来ることこそ安全登山の要諦である。

酸素は、安全登山のための一つの『道具』である。

5 結語

京都大学ヒマラヤ医学学術登山隊(KUMREX '90)において、現在臨床的に使用されつつある節約型酸素補給装置、NCORとSISOSがヒマラヤ登山にも応用出来るか、またそれによって、どれくらい酸素が節約出来るか、という観点から実験を試みた。

その結果、一応可能性はある、特にNCORは睡眠用に勧められる、ということは言えると思われたが、SISOSは今のところまだ繊細で、すぐに壊れてしまったので、これはもっと堅牢に作って貰わねば実用的でない、と言わねばならない。堅牢性は実地臨床の場でも重要な要件である。

何か結論めいたことを言うには今回の実験はデータが少なすぎる。機会をとらえて、更に実験を重ねてゆく所存である。

参考文献

- 1) Tjep BL, Belma M, Mittman C, Phillips R, Otsap B. A new pendant storage oxygen-conserving nasal canula. *Chest* 87:381-383,1985.
- 2) Auerbach D, Flick MR, Block AJ. A new oxygen canula system using intermittent demand nasal flow. *Chest* 74:38-44,1978.
- 3) Block AJ. Intermittent flow oxygen devices—technically feasible but rarely used [Editorial]. *Chest* 86:657-658, 1984.
- 4) Mecikalski M, Shigeoka JW. A demand valve conserves oxygen in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 86:667-670,1984.
- 5) 慶長直人、工藤翔二、植竹健司、平山雅清、井口万里、木村 仁、在宅酸素療法下の慢性呼吸不全患者におけるデマンド型酸素供給弁の酸素節約効率有用性、呼吸 7:608-612,1988.
- 6) 芳賀敏彦、町田和子、工藤翔二、岡村 樹、木村謙太郎、大畑一郎、呼吸同調酸素供給調節器サンセーバーの臨床試験、薬理と治療 18:1329-1343,1990.
- 7) Sato T., Okazaki N., Hasegawa T., Fujii K., Sakamoto H. Patienttriggered insufflation, Synchronized oxygen insufflation in the open system inhalation apparatus. *M.A. News* 4:1-5,1983.
- 8) 佐藤 暢、斎藤憲輝、岡崎直人、藤井勝正、高野和潔、佐々木孝夫、呼吸同調式酸素吸入装置の開発、*Medical Way* 4:81-86,1987.
- 9) 烏田康弘、指先脈波型O₂飽和度計、呼吸 5:398-403, 1986.
- 10) Houston CS. *Going Higher*. Little Brown. Boston, 1987.
- 11) Heath D. Williams DR. *High-Altitude Medicine and Pathology*. Butterworths, London, 1989.
- 12) Hultgren HN. High altitude medical problems. *West J Med* 131: 8-23,1979.
- 13) 出水 明、高所での不眠と動脈血酸素飽和度、ヒマラヤ学誌 2:65-73,1991.
- 14) Roach R.Hackett P. Houston C.eds. *Bibliography of High Altitude Medicine 1990*. Colorado Altitude Research Institute,Keyston, Colorado.1991.
- 15) Gippenreiter E. *Oxygen Provision of Mt.Everest Expedition. Physiology of Man at High Altitude*. Nauka, Moscow. 402-454, 1987.(in Russian).
- 16) West, JB. *Everest, The Testing Place*, McGraw-Hill Book Co. New York, NY. 1985.
- 17) 奥津芳人、マスク、鼻カテーテル、鼻prongとFiO₂、呼吸 2:78- 83,1983.
- 18) 斎藤憲輝、鼻カニューラによる開放系酸素投与の検討、呼吸 6: 760-771,1987.
- 19) Ward MP. Milledg JS. West JB. *High Altitude Medicine and Physiology*. Chapman & Hall, London pp 363,366, 1989.

Summary

Oxygen delivery systems, Especially Oxygen-conserving systems for the Himalayan Expedition

From the Experience of Kyoto University Medical Research Expedition to Xixabangma 1990 (KUMREX'90).

Michiro Nakashima, M.D.
Saiseikai Izu Hospital

It was examined at Kyoto University Medical Research Expedition to Xixabangma in 1990 that the recently developed oxygen-conserving delivery devices can be really usefull or oxygen conservable at high altitude. [Methods] Devices; Nasal cannula with oxygen reservoir(NCOR), two types of Computer-controlled inspiration synchronized oxygen delivery system(CISOS) and vinyl face mask as the control.

Tests; It was performed at rest at Base Camp (5,020m, 410torr) and on exercise at Advanced Base Camp(5,640m, 380torr).

Evaluation; Elevation of SpO₂ and improvement of climbing rate.

[Results] After 5 minutes of 0.5 l/min. of oxygen breathing at rest, average SpO₂ by NCOR or CISOS elevated around 10% from the starting levele. The SpO₂ by face mask elevated only 2% after 5 minutes then 9% after 30 minutes. The climbing rate using NCOR or CISOS was improved about 30% from that without devices. All of CISOS were disordered during the latter tests.

[Conclusion] These devices are usefull for safer Himalayan climbing. NCOR is good for sleeping on extremely high camps. But CISOS should be improved tougher than the present models.