

高所登山と心拍数, 血圧の変化

堀井昌子

高所医学を知るには、高所環境が如何なるものを先ず知らなければならない。高所では大気中の酸素濃度、気圧、温度、湿度、風など我々が生活している海面レベルとは大きく異なっている。このうち循環器系で最も関係があるのは酸素濃度である。大気中の空気は主として窒素と酸素の混合体で、その組成は海面からの高さとは無関係に、窒素79%、酸素21%である。海面レベルで大気圧は760ミリメートル水銀柱 (mmHg) であるから、酸素の圧力は $760 \times 0.21 = 160\text{mmHg}$ となる。すなわち海面レベルでの酸素の分圧は160mmHgということになる。一方、空気は質量を持っているから高度が上がるに従って体積当たりの質量は少なくなる。すなわち高度が上がるほど気圧は低くなる、そして体積当たりの酸素の比率は21%と変わらない。これが「高所で酸素がうすくなる」理由である。この酸素分圧は呼吸によってガス交換が行われる肺胞に達するまでの間に、水蒸気で飽和されたり組織に摂取されたりして、肺胞では約三分の二の100mmHgとなる。すなわち平地における動脈血の酸素分圧 (PaO₂) は約100mmHgである。

肺胞から全身の毛細血管まで酸素を運搬しているのが血液中のヘモグロビン (Hb) で、このHbが酸素と結合しているものの百分率を動脈血の酸素飽和度 (SaO₂) という。図1は横軸に酸素分圧を、縦軸に酸素飽和度をとるとS字型を示すいわゆる酸素解離曲線で、いろいろな山の高さがどのような条件にあるかを示している。図に見るように高度4000m程度まではHbは90以上の飽和度を保ち得るが、この高度以上になると酸素飽和度は急速に

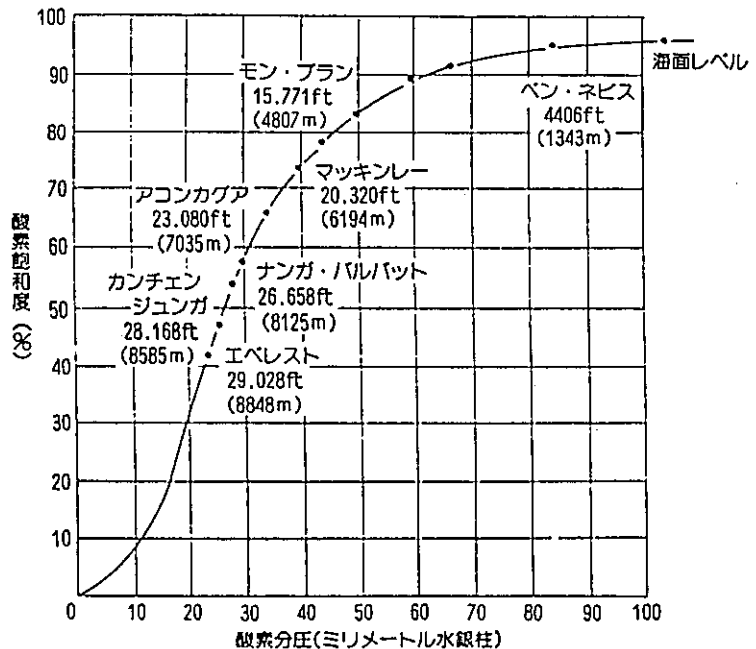


図1 種々の山の高さに相当する条件下での血中酸素飽和度
 (「高所医学」マイケル・ウォード著, 御手洗洋, 中島寛訳より)

低下し、高度6000mでは動脈血の酸素分圧の値に近くなってしまふ。その上、運動時は酸素を多量に必要とするため、6000m以上の高所で登山活動を行う場合、酸素分圧は15-20mmHgまで低下すると言われている。高所ではこのような低酸素、低圧に加えて寒冷、乾燥、強風などがあるが、周知のように気温は1000メートル上がると摂氏6.5度下がり、風があれば体感温度は著しく低くなるのである。

高所における心拍数の変化

高所の低酸素状態で最も早く現れる循環系の変化は脈が速くなること、すなわち頻脈で、これは、一回拍出量（一回の心臓の収縮で押し出される血液の量）を変えずに心拍出量（1分間に心臓から拍出される血液の量）を増加させようとする反応である。低圧環境が3000メートル以上($\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$, $\text{SaO}_2 < 90\%$)となると、頸動脈体、大動脈体にある化学受容器が興奮し呼吸数および振幅が増大し換気量が増大するが、一方、化学受容器からのインパルスは心における受容体を刺激する交感神経を賦活して心拍数の増加をもたらすとされている。低圧室の実験でも安静時の心拍数は3000m高度相当までは有意の増加を示さないが、4000m相当以上の高度になると増加すると報告されている。

1) 安静時心拍数

ガルワルヒマラヤ登山の女子隊員の場合、自己測定による覚醒時の心拍数は、4000メートル附近で平地の約30%、6000メートル附近で約50%の増加がみられる。また、高度に順応すると心拍数は減少するとされ、副交感神経が優位になった結果、あるいは心肺系に対する順応の結果であるとされているが、この場合もその傾向が認められた。高所登山において覚醒時に脈拍数を測定することは、順化の状況を知る一つの方法として有用であると思われる。

2) 長時間心電図記録による心拍数の変化

近年、軽量化した携帯用心電計の開発により、心電図の長時間にわたる連続記録が可能となっている。これはアメリカのNorman J.Holterという理学博士が開発したもので磁気テープに心電図を連続記録するものである（以下Holter心電図）、そして、ヒマラヤなどの高所登山においては1979年頃から数時間の記録が報告されるようになり、登山中あるいは睡眠中の心拍数を観察する方法としても使用されている。

著者は、ヒマラヤなどの登山隊員10名（男7、女7、平均年齢34.0才）の4400~7800m（平均5450m）の高度におけるHolter心電計による16~24時間連続記録より得られた心拍数の変化について検討したが、登山活動を含めた覚醒時と睡眠時に分けて、かつ平地のそれと比較すると、いずれの場合も、平均、最大、最小心拍数とも高所において有意に大であった。また、年齢の一致した非登山隊員との平地における比較では、登山隊員の覚醒時平均心拍数は有意ではないが小であった。（表1）

5. 高所医学, 運動生理

(表1)

Heart rate variability in nonalpinist and alpinists

	Age (yrs)	Mean heart rate				Maximum heart rate				Minimum heart rate			
		Awake		Asleep		Awake		Asleep		Awake		Asleep	
		S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
Nonalpinists (n=10)	34.5±1.3	85.0±2.0	—	61.7±1.3	—	128.2±4.5	—	84.9±2.8	—	56.8±1.9	—	51.7±1.5	—
Alpinists (n=14)	34.2±1.7	76.3±2.1	94.0±4.9 ^a	61.6±2.1	74.6±6.7 ^a	125.0±4.4	143.7±4.8 ^a	86.4±3.3	109.1±6.2 ^b	58.2±1.8	69.4±5.3	49.8±1.6	61.8±5.0 ^a

Abbreviations: S=sea level; H=high altitude; mean±SE=(beats/min).

^a p<0.05.

^b 0.01<p<0.02.

なお、平均心拍数とはその時間帯の1分間の心拍数の平均を、最大(最小)心拍数とはその時間帯の最大(最小)心拍数で、最低2分以上続くものを意味する。

さらに、Holter心電図の記録から一日の心拍数の変動のパターンを知ることが出来る。同一被験者で平地および高所における記録について、心拍数は異なるものの、変動のパターンはほぼ相似の形を示す(図2)、しかし同じパターンを呈さないケースも認められた、図3は、カンチェンジュンガ峰登山における33才男性の24時間の記録を平地のそれと比較したものであるが、高所において、昼夜での明確な差異がみられない。行動日誌によれば特別な症状もなく、睡眠もほぼ良好であったという。高所に順応した登山家あるいは高所住人では基礎代謝率が10~20%増加しているために睡眠中も脈がはやい、あるいは、高所においては昼間の活動中の酸素負債を夜間に返済しているため夜間に頻脈となる。などがその理由として考えられるが、自律神経系の関与も大きいと思われる。

次に、Holter心電

計により4ないし5日間連続記録を行った場合の心拍数の変化について述べる。被験者は高所登山の経験のある38才男性で、1988年4~5月のエベレスト(8848m)登山隊に参加し、5000m以上の高度において約一ヶ月

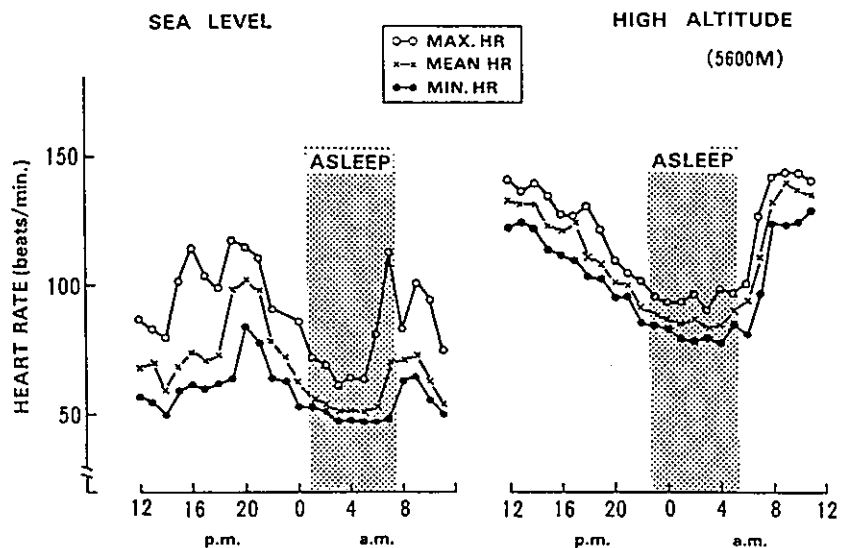


図2 平地および5600mの高度における1時間ごとの最大・平均・最小心拍数トレンド

たのち、5350mから

(堀井昌子: 高所における循環器系の変化, 臨床スポーツ医学, 4:637, 1987, より)

7980mの間を高度を上げつつ5日間行動し、この間Holter心電図の連続記録を行った。さらに、1990年8月に崑崙山系のムズターク峰(6638m)登山では約10日間の高所滞在ののち、4180mから6320mの間を高度を上げつつ行動した4

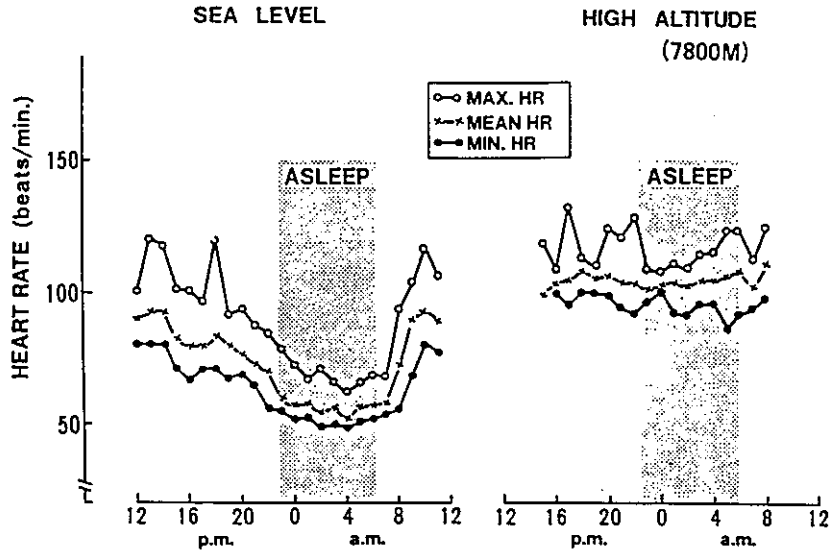


図3 平地および7800mの高度における1時間ごとの最大・平均・最小心拍数トレンドの記録を行なった。(堀井昌子: 高所における循環器系の変化, 臨床スポーツ医学, 4:637, 1987, より)

(表2)

Heart rate variability in Everest mountaineering (1988)

	all day			daytime(awake)			nighttime(asleep)		
	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
No 1	79	124	50	92	124	56	66	111	50
2	80	124	47	92	124	57	68 ^{(66)*}	120	47
3	82	132	48	94	132	58	67	113	48
4	95	138	53	102	138	53	81	120	53
5	102	163	51	115	163	92	74 ^{**}	125	51
control	56	132	39	62	132	44	44	82	39

Altitude : No. 1 5350m No. 2 6000m * O₂: 1.5~2.0 l/min
 No. 3 6000m No. 4 6700m ** O₂: 0.5 l/min
 No. 5 7400m Control 0m

その結果(表2), 覚醒時では、平均および最大心拍数は高度上昇と共に増加し、最小心拍数は最高高度に達した5日間では差がない。睡眠時では、平均および最大心拍数は高度上昇と共に増加するが、その程度は覚醒時に比して小であり、最小心拍数については変化をみなかった。なお、5日間の平均心拍数が毎分74と減少しているが、これは、睡眠中に酸素吸入(毎分0.5リットル)をおこなっていることによると思われる。記録した5日間の最小心拍数の変動が少ないこと、心拍数の日内変動のパターンがほぼ同一であることにより、高度に順応し、かつ安定した状態であったことが推察される。ムズターク峰の場合(表3)は平均心拍数, 最大, 最小心拍数とも覚醒時, 睡眠時いずれの場合も高

5. 高所医学, 運動生理

度の上昇に伴って増加を認めた。また、心拍数の日内変動パターンもエベレストの場合と同様いずれも相似の形を示した。

(表3) Heart rate variability in Muztagh mountaineering (1990)

	all day			daytime(awake)			nighttime(asleep)		
	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
No 1	68	120	38	78	120	54	50	83	38
2	81	135	42	94	135	55	55	93	42
3	102	146	55	123	146	89	72	93	55
4	89	132	53	95	132	64	80	98	53
control	62	142	35	63	142	38	49	66	35

Altitude : No. 1 4180m No. 2 4960m No. 3 5860m
No. 4 5860m Control 0m

高所における心電図の変化

高所においては低酸素の影響で肺動脈の圧が高くなり、従ってこの肺動脈に血液を送る右心室に負担がかかる。高所住人あるいは高所に数日以上滞在した人（登山者）の心電図には右心室に負担がかかった所見が出現し、後者の場合は平地に戻るとこの変化は消失して元に戻るということが1960年頃より報告されている。著者が記録した高所の心電図でも約40%の頻度で上記の心電図所見がみられ、平地に戻った時点で消失している。このような心電図所見は酸素吸入によって変わらなかったという報告、あるいは元に戻ったという報告など様々で、従来より議論のあるところである。しかし、高所における心電図に変化がみられない、あるいは変化が軽度のケースと、変化が明瞭に出るケースを比較すると、印象としては、心電図変化と高度順化の良否とは関係がないように思われた。

高所における血圧の変化

アンデス地方など高所住人の血圧は平地の住人より低く、高血圧症は稀であるといわれている。その理由は推論の域を出ないが、高所の影響の他に種族、食餌などが関与している可能性もある。高所環境の影響として、慢性の低酸素血症による末梢血管抵抗の低下、血管平滑筋の弛緩による血管拡張および末梢血管の発達などが考えられる。一方、高所において骨髄機能が亢進するためにおこる多血症は血液の粘稠度を高め、末梢血管抵抗を増加させて拡張期圧を上げる可能性がある。

1967年から1973年にかけてペルーの平地住人について血圧測定を行ったところ、収縮期圧160mmHg以上の男性は平地においては高所の12倍あり、拡張期圧についても差がみられたという。この他、チベット人70名のうち165/90mmHg以上の高血圧者は僅か4%であった。北東ネパールのシェルバ族、天山、パミールの住人には高血圧者はいない、等の報告がある一方、チベット住人特にラサ周辺に高血圧者が多く、バター茶に入れる食塩が原因であろうというレポートもみられる。また、平地住人は高所に一年ほど住むと血圧が下降するという報告もある。しかしながら、高所環境がヒトの血圧に及

ぼす影響についての大規模な研究は未だなされていない。

以上は高所住人についてであるが、低酸素への急性暴露、すなわち高所登山の場合は、4600mの高さまでは血圧の変動はみられないという報告、高度順化した平地住人は拡張期圧が高くなって脈圧（収縮期圧と拡張期血圧の差）が小さくなるという報告などがみられる。著者が検討した登山隊員の場合、一過性に収縮期圧、拡張期圧共に亢進し、高度に順化するに従って元に戻るという傾向がみられた。近年、自動血圧計の軽量化、精度向上がみられており、高所における血圧値が低酸素に対する調整の指標となるならば、血圧をチェックすることは有用であると思われる。（日本山岳会員・医師）

高所登山における酸素補給の意義について

中 島 道 郎

1 はじめに

1953年, ヒラリーとテンジンが初めてエヴェレストの頂上に立った時, 彼等は酸素を吸いながら登ったが, 世間はそれを, 酸素がないと登頂出来ないと受け取り, 以後, ヒマラヤの高峰では酸素は補給するもの, が常識となった。筆者が関与した1958のチョゴリザでも, それには何事も経験という意味もあったが, その登頂に酸素が使用された。ところが1978年, メスナーとハーベラーが酸素補給なしで初めてエベレストの頂上を踏んでからというものは, 今度は一転して, 酸素補給なしで登るのが普通になり, 『無酸素登山』などと呼ばれて, 酸素を使用しながらの登山は低級な登山行為とする風潮が支配的となった。確かに, チョゴリザ程度の山で酸素を吸いながら登るのは贅沢と言ってもよいが, メスナーを真似て, エヴェレストに『無酸素』登頂するのは, 本当は無謀登山なのである。近頃では, 無酸素でそれに登頂した登山家の半数が下山途中で不帰の人となっていることが知れ渡ってきており, 敢えて無謀をおかす人はさすがに少なくなってきた。しかし, 登山の意味も内容も考えずに, 闇雲に無酸素登山を讃え, 登山の質を, ただ単に『無酸素』で登った否かで判断する風潮はまだ衰えていない。かつて筆者は日本山岳会の会報(90年11月)にその風潮について意見を述べたことがあるが, どうもその風潮というのは, 筆者が昨年シジャパンマに実際に酸素を使用しながら登頂した際に感じ, 考えたこととは少しずれているような気がしている。世界には, エヴェレストをはじめとした高峰に, 酸素を補給しつつ登頂した医師の数は, 今ではもう少ないのに, この点に関する, 彼ら自らの経験に基づいた医学的な意見は, 酸素補給肯定論にしる否定論にしる, 寡聞にして聞いたことがない。そこでこの紙面を借りて高所登山における酸素補給の意義について述べてみたいと思う次第である。

2 なぜ酸素補給か

エヴェレスト山頂(8848m)の高度では, 気圧は250mmHg前後つまり1/3気圧以下に低下する。実測に基づくウエストの推定によれば, ここでの動脈血中の酸素分圧は28mmHgであったという。病人がこの状態に陥ると, それは瀕死状態で, これを救命することは極めて困難であるが, 登山の場合だと, 健康人だということもあるが, こうなるまでにある一定期間をかけて, ゆっくり高所に順応しつつ登って来ているため, ただ生存するばかりでなく, 活動出来ている。しかし出来てはいても, 脳の働きは極端に鈍っており, 些細な行動の蹉跎で平衡を崩したり, 判断を誤って足を踏み外したりして転落することが少なくない。だから, 非常に微妙なバランスを必要とするような登山の場合は, 早目に酸素を使用することを考えた方がよい。

高所低酸素環境で酸素が補給されるとどう良いことがあるのか。先ず誰でも、登山行動時に酸素が補給されると、呼吸は楽になり、判断力は回復され、行動の持続が伸び、もっと登山の安全が確保されると考えることであろう。しかし実際に筆者が体験したところでは、主観的には、あまり楽にはならないのである。その理由は、第一に酸素補給装置に大きな問題がある。これはマスクと顔の間にしばしば隙間が出来、その都度酸素供給弁の作動が止まる。その上ゴム製の呼吸一方弁には吸気抵抗があり、かえって息苦しく、不快に感じる。第二に、我々登山家は、摂取しうる酸素は最大限に利用しつつ登攀するので、酸素供給量が増れば増えた分だけ無意識に行動量を上げているので、自分では決して楽になったとは感じていないのである。実際、7,000m以上高度における登山行動は、数歩前進しては立ち止まり、呼吸を整えてからまた前進の繰り返しであるが、酸素補給がされていると、この立ち止まりの間に、実は、本人の気付かぬうちに休息が得られていて、行動が持続するのである、筆者の場合、出発から登頂まで約6時間、一度も腰を下ろすことなく、ひたすら登攀を続けたが、それが酸素で楽になったおかげだとは全く意識していない、ただその結果として、登攀速度は速くなった。同時に無酸素登頂した隊員の2人は9時間を要した、筆者が無酸素だったらもっと要していただろう。つまり酸素補給の真の意義は、結果として登攀速度が増進するということである。それは後に実験によっても確かめた。安全登山の要諦は速攻にあり、山上滞在期間は短いほど安全である。したがって酸素は、登攀速度を早めることによって安全登山に寄与する道具であると言える。それを悟って筆者は、少し気が楽になった。これまでずっとヒマラヤ登山酸素補給必要論を唱えてきたものの、それは楽な登山を目指す墮落的思想とする非難を自分でも肯定する部分がまだ心の隅に残っていたのが、これなら自分でも納得出来ると思ったからである。

しかし、ヒマラヤ登山酸素補給必要論の本筋は、登攀用よりはむしろ睡眠用酸素補給の方である。高所キャンプで酸素を吸いながら眠ると、熟眠出来て、翌朝いかにも疲れがとれたという感じがすっきりと目が覚める。食事は美味しく、水分摂取量、ひいては尿量が増加し、顔の浮腫は消えている。シジャパンマ隊の出水博士は、7,700mの第5キャンプで酸素を毎分1リットル吸入しながら眠った効果は、5,850mの第1キャンプに下って眠ったのとはほとんど同じであったと言っている。効果的な高所順応獲得方法である『日高・夜低』の原則は、これを酸素によって、下山したのと同等の効果にとって替わらせることが出来る。行動中に酸素補給することは、実際はなかなか実施困難なので、せめて睡眠中だけでも補給出来るならした方がよい。

では高度何米から酸素を補給すべきか、となると、人と場合で意見が異なるが、安全登山を目安にすれば、筆者が1970年の日本山岳会をエヴェレスト登山隊用に採用した。「睡眠用には7,000以上、登攀用には7,500以上」という基準は原則的には今でも生きていると思う。しかし、絶対的に必要なのは多分8,500以上であろう。

使用量は、睡眠用には毎分0.5ℓ、登攀用には毎分2ℓが基準で、事情と高度によって適宜増量する

5. 高所医学, 運動生理

が, そのあたりの基準は, 医学的にはまだ確立されているとは言い難い。

以上は生理学的見地に立った酸素補給必要論であるが, 環境保全論の立場はこれに真っ向から反対する。すなわち使用済みボンベの処理をどうするかと。これにはちょっと反論出来ない。せいぜい『使ったボンベは持ち帰ろう』と唱えるくらいが関の山。しかしそれは『言うは易く, 行ふは難し』。そこで酸素消費量を節約する装置について述べる。

3 節約型酸素補給装置について

これまでに述べてきたごとく, 生理学的には酸素は使いたい。しかし, 環境問題もあるし, 第一酸素は非常に高くつく。だから, なるべく酸素は使いたくないし, 使うとしても出来るだけ節約したい。そこで, 臨床的に酸素使用量を節約する目的で開発された装置について, その種類と信頼性の点から, これが高所でも役に立つかどうか考察してみよう。

筆者らがツシヤパンマで試用した節約型酸素補給装置は次の3種類である。

- A) 呼吸時酸素貯留囊付き鼻カニューラ
- B) コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置
 - a) 温度感知型
 - b) 圧感知型

以下, それらを簡単に紹介する。

A) 呼気時酸素貯留囊付き鼻カニューラ (NCOR)

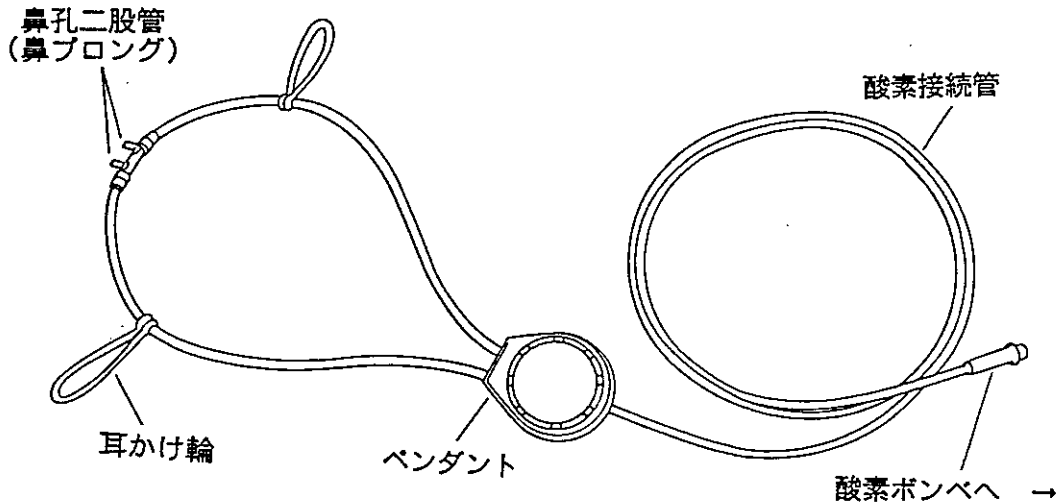
略称NCORは, Nasal Canula with Oxygen Reservoirに由来する。これは(図. 1)のようになっているが, 酸素接続管をペンダント状にし, その中に容量50mlのビニールを納める。呼気時の酸素をそれに貯留し, 次の呼気に際しその分だけ濃くなった酸素を吸入させる。濃度上昇を犠牲にすれば, その分だけ酸素流量が節約出来る。理屈はそのとおりであるが, 実際にどれほど酸素が節約出来るのか, まだあまり明らかでない。しかしながら, 従来からの「ビニール製顔マスク型酸素流しっぱなし方式」と, 指先で測った動脈血酸素飽和度で比べてみると, NSORの方がはるかに早く飽和度が上がるのが観察された。この装置は軽く安価で壊れないので, 各人一つずつポケットに持参し, 高所キャンプで睡眠時に酸素を吸う場合に利用するとよいと思われる。高度7,000m台では, 従来の方式で普通毎分0.5ℓのところ, 0.4ℓにすることは出来ると思う。もっとも, 登山用酸素装置に付いた流量調節弁は, もともとそれほど細かい調節は無理である。多少でも節約出来たらよい, という程度かと思われるが, 少なくとも従来方式よりは濃厚な酸素が吸入出来ることは確かで, それだけでも意味がある。鼻閉症のため口で息をする人には向かない。その場合は, ビニールマスクと併用することを考えたら宜しかろう。

高所での行動時には換気量が極端に増加するので, この装置では賄いきれない。これはあくまで睡眠用に適した装置と思われる。

[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, その次の呼気時に, 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。



B) コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置 (CISOS)

この略称はComputer-controlled Inspiration Synchronized Oxygen Delivery Systemに由来する。これには, 吸気を検知するセンサーによって2種に大別される。

- a) 温度感知型
- b) 圧感知型

これらは原理は全く同じで, ただ, 酸素供給弁の開閉の指令が, 温度変化によるか, 圧変化によるか, だけのさである。この装置の組み立ては(図. 2)のようになっている。鼻カニューラの鼻孔二股管の先端にこのセンサーが付いていて, 吸気に際し, 外の冷たい空気, あるいは気流による圧低下の情報がこの装置に伝えられ, コンピューター制御的に電磁弁が開き, 酸素が供給される。呼気の際には反対の情報が伝えられて, 電磁弁が閉まり, 供給が断たれる。この電磁弁は鋭敏で, 毎分60回の頻呼吸にも的確に作動する。ただし, 今回の実験ではすぐに壊れてしまったから, 未だ実用には程遠いと言わねばならない。それはともかく, 吸気の時だけ酸素が供給され, 呼気の時分だけ酸素は節約出来る。普通1回の呼吸において吸気と呼気に費やされる時間の比率は, 吸気時1:呼気時2であるから, 吸気時だけ酸素が供給されるならそれに要する時間は, 全体の1/3, 換言

5. 高所医学, 運動生理

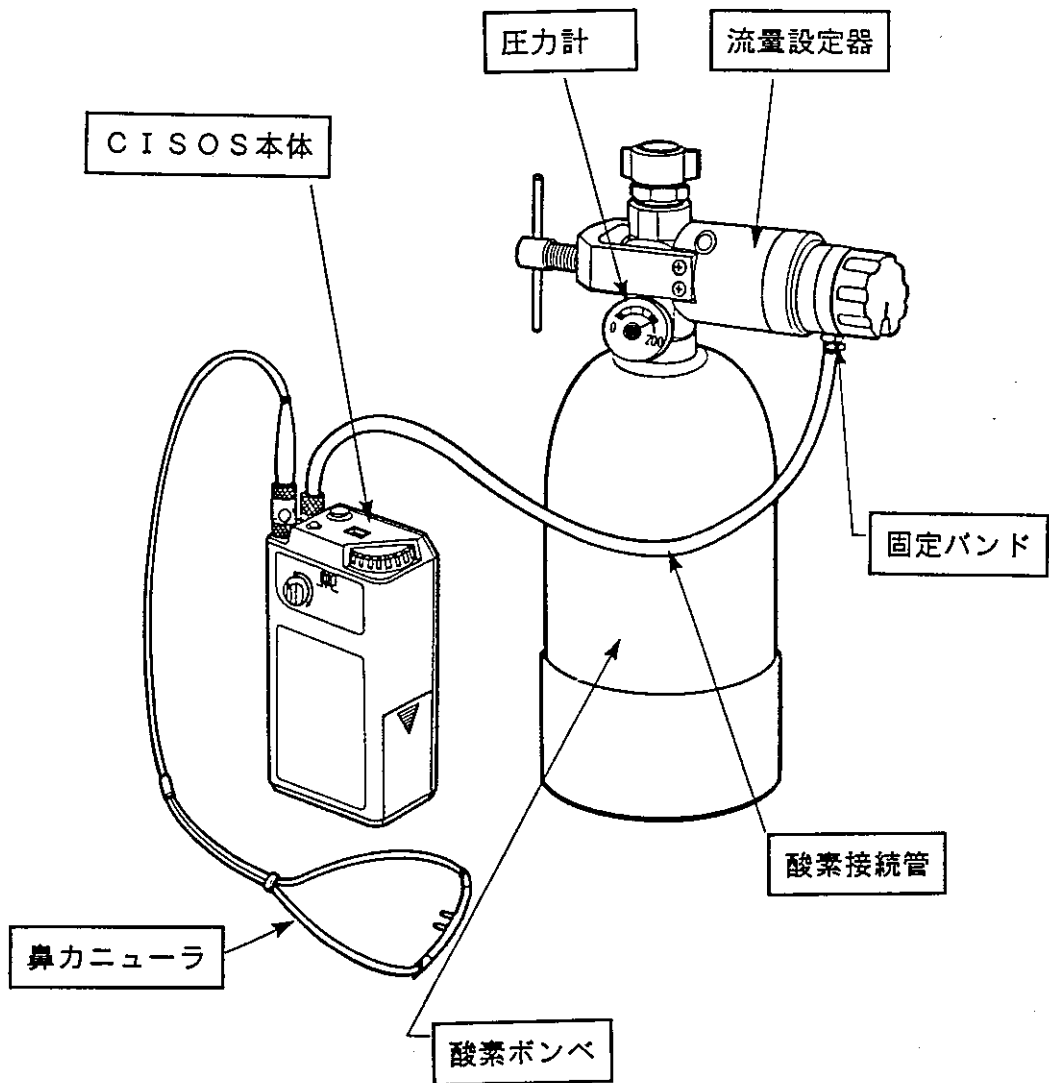
すれば1本のポンペを, 出しっぱなしに使用する場合の3倍時間使用出来るのである。臨床実験では理屈どおり3倍時間使用できたという報告もある。だから, もしこれが登山の実際に応用出来たなら, 大変な福音である。

この装置はポンペと一体になっており, 睡眠用に使用することは出来るが, その場合ポンペは個人使用に限られる。現在の高所登山の現状では, 普通1本のポンペを数人が分け合って吸入する方式がとられているが, その方式には使えない。だからこれはむしろ行動用に適していると思われる。もしこれが登攀に使えるように作られていれば, 無酸素では不可能な程の難しい登攀も可能になるかもしれない。しかし今のところ高価で, 電池駆動で重く, 操作もやや煩雑で, 今回はどの器械もすぐ壊れてしまったりして, 信頼性に乏しく, とてもまだ実用的とは言い難い。電磁弁の問題だと思われるが, 改良が望まれる。本装置は本来実地臨床使用の目的で開発されたものであるが, 患者さんの生命に関連することであるから, この堅牢性ということが先づ第一に配慮されるべきであろう。

[図. 2]

コンピューター制御式吸気同調型酸素補給装置 (CISOS)

鼻カニューラの鼻孔二股管 (鼻プロング) 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。同様にして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。



5. 高所医学, 運動生理

4 結 論

高所登山における酸素補給の意義は、楽に登山するためではなく、登攀速度を速め、山上滞在期間を短縮し、もって登山の安全を期すというものである。その意味から、これからの高所登山では、酸素の積極的使用によって『無酸素』では出来ないような、より困難なる登攀が目指されてよいと思う。しかし環境保全と経済性の問題があるので、酸素使用量を節約して使える装置の開発が望まれる。今回京大隊がシシャパンマで試用した新開発の装置はいつでも酸素節約の面では効果があったと認めるが、ヒマラヤのような過酷条件下で使用するには、堅牢性の面でかなりまだ難がある。その点が改良されれば、登山の進歩に貢献出来るものと期待される。(日本山岳会員・医師)