

Title	高所順化状態の残留について
Sub Title	Remainig state acclimatized to high altitude environment
Author	辰沼, 広吉(Tatsunuma, Hirokichi)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	1974
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.14, No.1 (1974. 12) ,p.1- 9
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00140001-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

高所順化状態の残留について

辰 沼 広 吉*

I. 緒	論
II. 方	法
III. 結	果
IV. 考	察
V. 結	論

I. 緒 論

7,000~8,000m 級山岳登高の際に経験者と未経験者との間には自覚的に差異のあることが一般に認められている。高所を経験した後、1カ年後の再登高に際して順化の様相があるにもかかわらず、特に平地での静止状態では他覚的に著しい差異が認められないのが普通である。

高所に関する未経験者は登高中生命的危険におちいることのある事実と合せ考えると、経験者と未経験者との間には行動様式の差異はあるにしても何らかの形で順化能力の残留があるように思える。

しかし高所順化の原則として生体の構造上の変化、機能上の変化はあるにしても、数カ月間の高所登高のみで、これらの変化が数年にわたり保持されることは考えにくいのである。もしあるとすれば低酸素環境が与えられた時の反応態度の差異が生体に記憶されているのではなからうか。

この推定にそって心機能の心電変化におけるT波の変動ならびに血液中無機物質の変動等⁽¹⁾を合せ考え、酸素とエネルギーの関係について追求することを試みた。

一般に高所での危険は著しい高度(8,000m)では酸素補給を行うので生理的に比較することが稍困難であり、実際には6,000m 近傍での登高時に差異をみるのが普通であり、また危険もこの附近にひそんでいるのが常である。そしてこの生理的危険はスポーツとして絶対に避けなければならないものであり、ここにあってその理論的根拠を求める理由があるわけである。

* 慶應義塾大学体育研究所教授

II. 方 法

高所で問題となるのは酸素の低減である。これに関連して有酸素下並びに無酸素下におけるエネルギー産生に注目すべきであるが、この両者を同時に考え、また、各部分をそれぞれ抽出する事も極めて困難な仕事である。従ってこの場合低酸素環境下におけるエネルギー産生過程として水素伝達系全体の様相をうかがうために実験が進められた。

方法的にはすでに古典的なものに属するが、マウス、dd系、♂、6週間目、平均体重 23gr、36匹についての肝臓を使用した。

順化期間と方法にはいくつかの問題があるが実際に人間の登高方法に相似の形式をとり、人間の 1/30 として低酸素負荷を与えた。

高度についてはマウスの場合、実験により人間と比較して大きな差をみない。すなわち正常赤血球数平均 (7.7~12.5 百万) であり、6,000m 高度までは個体差を除いて充分耐え得る。

1日1時間宛 3,000m、4,000m、5,000m と順次上昇せしめ以後1日3時間宛 5,000m (405mmHg) に1週間 (人間29日間に担当) の低圧負荷を与え順化状態を形成させた。対照群 10匹、順化群24匹、酵素添加群 4匹について比較した。

軽度エーテル麻醉のもとに腹部を切開し横隔膜下で切断し、肝臓 (平均 1.15gr) を摘出し生理的食塩水で洗滌、後に細切し乳鉢で細胞を破壊し 38°C の M/10 磷酸塩緩衝液 (pH7.0) 5.0c.c に浮かべ振盪後、遠心分離 (3,000 回転 60分) して得た抽出液を小容器にとり、これに白金電極ならびに甘汞標準電極を浸して 38°C のデンケーターに全部を入れ 100mmHg (PO_2 20mmHg) に減圧し、60分間電位下降を自記記録した。(久保、鎌倉、荻原の原法)⁽¹⁾⁽²⁾

得られた電位曲線につき初期電位、下降電位、最終電位をそれぞれ求め、平均して比較をした。

III. 結 果

平均値の比較は表 1 に示す。順化群についての死亡例は下降電位は少なく最終電位も高いのは特異であるが実際の登高中死亡例と比較して検討の余地がある。

低酸素負荷直後及び 4 時間後とともに最終電位が著しく低い。

1 週間後 (半年相当)、3 週間後 (1 年半相当) は、下降電位は少なく最終電位は高く保たれているが、2 週間後 (1 年相当) は稍低調な結果となっている。5 週間後 (2 年半相当) には下降電位は 117mV、最終電位は 74mV に良く維持されていた。

高所順化状態の残留について

なお順化の一つのパラメーターとして赤血球数は順化群で平均 970,000 個の増量を示しているが人間の場合の様な比率では増加しない。

非順化マウス群の肝臓抽出液に還元グルタチオン 0.01gr を酵素賦活剤として添加したものは(図1) 下降電位は変わらないが最終電位は 30mV に保たれている。ウマの心筋から抽出されたチトクローム c 1.5mg を酸化還元系の構成要素の増強という意味で添加したもの(図2) は、下降電位は大きく最終電位も低く、非順化群と大差は認められないが、曲線に下降をこぼ

表 1

		例数	初期電位	下降電位	最終電位
			(mV) t=1.58	(mV) t=2.9	(mV) t=3.9
非順化群	無処置	10	128	138	-15
	グルタチオン	2	157	127	30
	チトクロームc	2	180	217	-37
順化群	死亡後	3	168	71	90
	直後	3	126	140	-50
	4時間後	2	37	168	-30
	1週間後	4	160	92	68
	2週間後	4	150	135	15
	3週間後	4	182	95	88
	5週間後	2	191	117	74

図 1

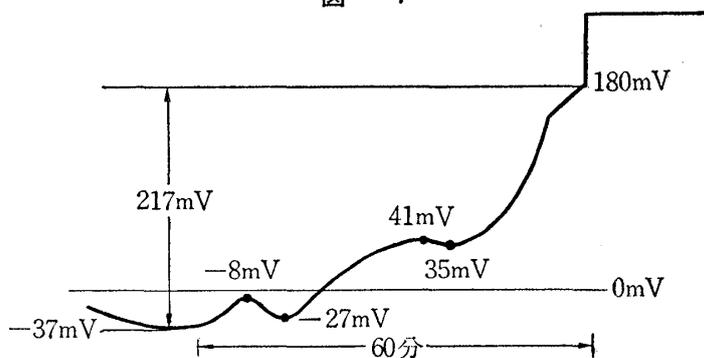
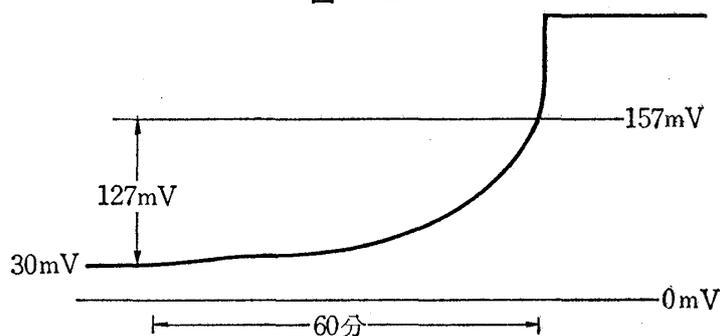


図 2



むような隆起 (+41mV, -8mV) がみられる特徴がある。

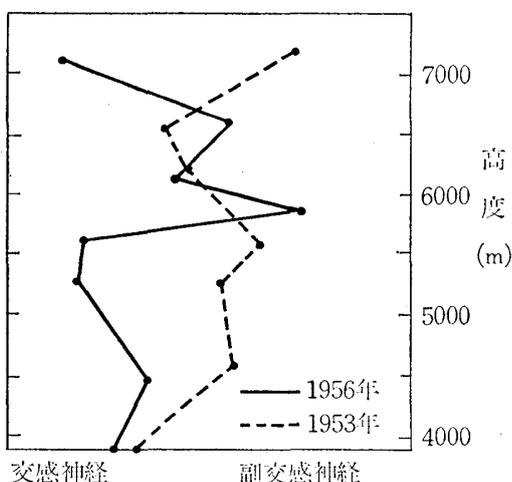
IV. 考 察

ヒマラヤ登山の場合一般には第一回登山から第2回の登山の間は1年あるいはそれ以上の期間が置かれるのが常である。したがってこれだけの期間、生理的順化状態が残留するかどうかという問題にしばられる。

第一に生体の構造的順化が高地住民のそれと異なり著しい変化が残留していることは事実上考えられない。第2は生体に低酸素という刺激が加わったときと化学的機能的反応の態度をみると自覚的に差異をみるのである。したがってその様相の一端を察知するためにエネルギーの点から、いわゆる酵素順化の有無を動物実験に移したわけである。

しかし前述第1, 第2の点について従来の成績から今一度吟味する必要がある。生体の全体的変動として高所での自覚症を自律神経の機能面から経験者と未経験者を統計的に比較してみると、図3のごとく明らかにその差異が認められる。⁽³⁾

図3 発現症状を自律神経からみた高度分布% (1953~1956)

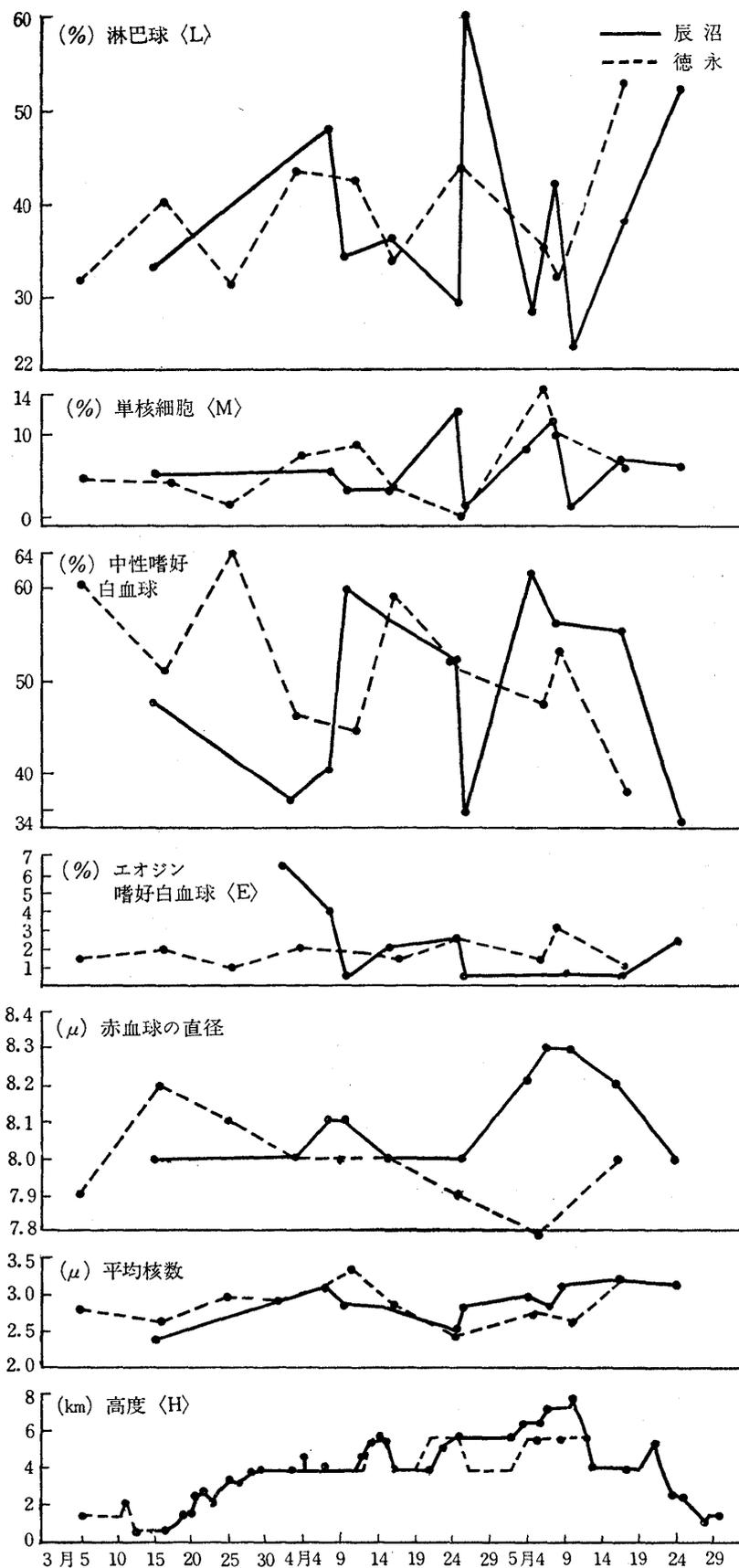


1953年の未経験者群 (実線) では 4,500m, 5,900m, 6,600m の高度に交感神経緊張の状態があり、その前後は副交感神経緊張状態が続く。1956年即ち3年後の経験者群 (破線) は比較的安定している。すなわち交感神経領域が増加している。ただし7,200mでは酸素補給が加わっている所以その効果がうかがわれている。

また図4のごとく赤血球の大きさ並びにエオジン嗜好性白血球にも明らかに差異が認められる。しかしこれらは低酸素という刺激が加わった場合の生体反応の変動であって平地での静止状態では特に差異をみないのである。同様に高所経験者の代表的なシェルパについて平地では

高所順化状態の残留について

図 4 白血球百分率の時間的変移 (1956)



高所順化状態の残留について

図5 誘発脳波

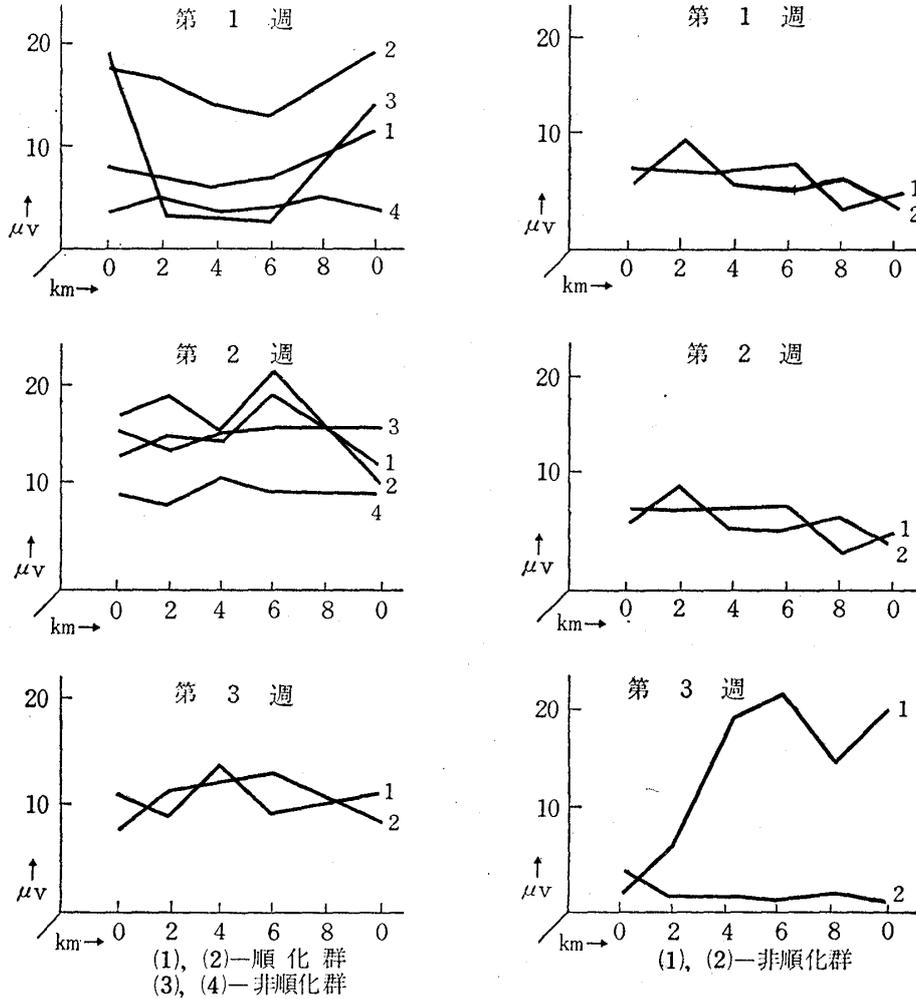
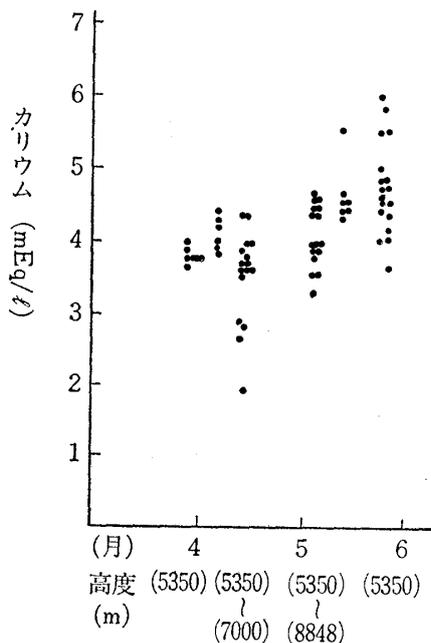


図6 血清カリウムの変動



血液百分率その他赤血球の大きさには有意の差を見出し得ない。

また順化の記憶を察知するためにマウスに低酸素環境を反復負荷し順化の状態を作り、これに光刺激を与えて脳皮質の対応領域における誘発脳波を加算し対照と比較検討すると、図5のごとくである。

酸素消費量の大きい神経系の反応態度は意味のあることであり順化状態の残留が記憶されているか、あるいは順化の現象であるかは決めがたいが、とにかく反応態度には順化状態と非順化状態では差異のあることが認められる。

1970年エヴェレスト登山での人間での実測によると図6のごとくで、Kの増量が認められる、即ち滞在期

高所順化状態の残留について

間と平行して血清カリウムは上昇傾向を示し、滞在期間2ヵ月後には平均5 mEq/l で正常値3.6~4.8mEq/l をうわまわる値を示した。

低酸素に最も直接に関係をもつ心臓の機能変化についてみるに、心電図のT波の変動が血中酸素の変動、迷走神経反射による血圧の変動、Kの増加、心垂位への変化、肺の伝導度増大等があげられるが、いずれにしても心臓における一時性の結成に無条件刺激体として一方では迷走神経の球中枢に第一に定型的に作用する酸素欠乏状態、他方では主として心臓の終末装置に作用するアトロピン刺激を考えるのが自律神経の態度、誘発電位等からの成績からも一応納得出来る。またいずれにも関係をもつ血漿中のK濃度を高めた場合、T波は尖鋭、増高しT/R比は増大する。Rは低減しPは低減拡大消失する。更にインシュリンによる低K血症ではSt低下、Tの平低化、T/Rの減少がみられる(表2)。

表2 エベレスト登山隊員における心電図所見の変動——まとめ

		BC (5350m) およびそれ以前に出現		BC以後に出現		合計
			カトマ ンズ		C ₁ にて	
rS _T ' ; V ₂		23	7	2	0	25
T 平低化		15	6	10	3	25
T逆転 ; V ₁ ~V ₃		25	7	9	3	34
Deep symm		0	0	4	2	4
肺性 P ; II		7	0	16	8	23
QRS 軸	右軸偏位	4	0	8	5	12
	左軸偏位	7	4	12	10	19
	正常範囲内					18*

* 同一人で右軸偏位も左軸偏位も出現した者が多いのでこの変化の合計は39以上になる。

これらの事実から血漿中Kの増量の持続は心機能への危険な影響その他の関連事項を総括考察するに能動輸送のエネルギー問題をとりあげなければならない。その意味からこの実験はエネルギー⁽⁶⁾産生と酸素に関係をもつ水素伝達系の様相をうかがう意味で行われたが、人体実験は不可能なので動物実験に移された。しかしこの場合マウスを順化処理後死亡させて肝臓を摘出しているので生命体としての合目的性は失われるかもしれない。

順化方法は従来の方法とくらべて軽度であるが人間の登高方法による時間を平均算出しこれの1/30をマウスに適用したものであって、この方法にはいくつかの問題もあろうかと思うが実際の登高を中心に考えたわけである。

順化中死亡例の電位曲線は順化群と特に変りないのかかわらず死亡しているのは、おそらく電解質系並びに調節系の障害によるものであり同時に個体差のあることが実際登山中の人間

高所順化状態の残留について

の死亡例と合わせ考えられるが、証明されるには至っていない。

順化操作直後並びに4時間後の例では最終電位が著しく下降しているのは、人間がヒマラヤ登山直後平地での自覚的変動の出現並びに他覚的に血液淋巴球の反応的增加から酸素分圧の急激な増加による一つの失調状態ではないかと推察される。

1週間後、3週間後、5週間後に下降電位、最終電位が良く保たれているのは、肝臓摘出しているので生命体としての記憶との関係は断たれているにもかかわらず、肝臓それ自身の酵素系に順化の残留があったと考えられる。

従って今後記憶に関しては順化完了している動物に再び低酸素の負荷刺激を与えた後、生命体のままで酸化還元電位の消長の測定をするべきであろう。しかし方法的に未だ十分なものが考察されていない。

運搬体系であるフラビン系、ピリジン系と基準体系であるアスコルビン酸、グルタチオンとは下降電位曲線の様相に相違がみられる。しかし両系についてはそれぞれ質及び量の問題があり、さらに生体内の複雑な機構との関連を考えなければならないが、この場合は肝臓を摘出してあるので順化条件、実験条件を揃えてのうえでの個体差がみられるはずである。⁽⁷⁾⁽⁸⁾

還元グルタチオン、チトクロームcを添加したものは電位下降曲線には下降を阻止するようなそれぞれ特異な型を示すが実際の登高中これらの物質並びに副腎皮質系の物質を人間に投与しても特に自覚的効果は認められなかった。事実高所で酸素補給の効果と比較すると自覚的には大きな差があるのは、酸素の電子親和力の点で量的効果の差があるのであろう。

V. 結 論

酵素順化の問題は古くから言われているが、この事実は、この実験条件で不安定ではあるが存在するものと思われる。

順化成立直後は酵素系に何らかの混乱または不安定性があり、1週間後(半年相当)、3週間後(1年半相当)、5週間後(2年半相当)には酵素順化がなお残留しているものと認められる。

しかし生命体としての生体酸化還元電位を考える場合には順化完了動物を生肝の状態で低酸素負荷を加えて電位曲線の様相を追求しなければならない。

参考文献

- (1) 久保秀雄：酸化還元電位，昭和25年，p. 142.
- (2) 鎌倉勝夫・鎌倉徹郎：赤血球，カチオン輸送におよぼすウレタン効果とその機序，日本生理学雑誌，35巻，8，9号，1973，p. 397.
- (3) 辰沼広吉：高所に於ける医学的考察，慶應義塾大学体育研究所紀要，第1巻，第1号，p. 63.
- (4) 浅野均一，辰沼広吉，森下孝，木村正一：順化状態における適応作用，慶應義塾大学体育研究所紀

高所順化状態の残留について

要, 第8卷, 第1号, p.63.

- (5) 日本山岳会：高所医学，エヴェレスト登山隊報告書 II, 1972, p.9.
- (6) Sjoerd L. Bonting: Sodium-potassium activated adenosine triphosphatase and cation transport, Membranes and Ion transport, Vol. 1, 1970, p.257.
- (7) Katsumi Asano: The Influence of Hypoxia and exercise on Ascorbic Metabolism, J. Physical Fitness Japan, 1972, p.69.
- (8) Wolf H. Weihe: Some Examples of Endocrine and Metabolic Functions in Rats during Acclimatization to high Altitude, The Physiological Effects of high Altitude, 1964, p.33.