

No. 310

(昭和十九年九月發行)

急激なる氣壓變動の生體に及ぼす影響

機體第四部 所員 淡路圓治郎
囑託 八木 晁

目次

I. 序.....	200
II. 急激なる氣壓の減少——動物實驗.....	200
A. 急激なる氣壓減少を蒙りたる動物(マウス)の行動、症狀經過の觀察	
1. 實驗條件及び手續	
2. 實驗結果——質的考察	
(イ) 到達高度 8 籽の場合の症狀經過	
(ロ) 到達高度 10 籽の場合の症狀經過	
(ハ) 到達高度 12 籽の場合の症狀經過	
3. 質的結果の考察	
B. 急激なる氣壓減少を蒙りたる動物(マウス)の示す諸症狀の 時間的趨異に就いて.....	202
1. 實驗條件及び手續	
2. 實驗結果	
3. 結果の考察	
(イ) 上昇時間と症狀發現との關係	
(ロ) 到達高度と症狀發現との關係	
(ハ) 死亡率	
(ニ) 平均値の偏差、散布度に就いて	
(ホ) 其他	
C. 附加實驗、溫度條件による氣壓急變の効果.....	207
III. 氣壓の急減少に對する對策としての急復壓(急降下)に就いて.....	209
A. 下降實驗 1	209
1. 實驗の目標	
2. 實驗條件及び手續	
3. 下降實驗 1 の質的結果	
4. 數量的結果	
B. 下降實驗 2	211
1. 實驗の目標及び方法	
2. 質的結果	
3. 數量的結果	
C. 兩實驗の比較と考察.....	212
IV. 急激なる氣壓變動の人體に及ぼす影響——特にその機械的作用に就いて..	213
A. 實驗の目標	213
B. 實驗の條件及び手續	213
C. 實驗結果の代表例	214
D. 實驗結果の綜括とその一般的考察.....	215

I. 序

高々度飛行中に何等かの原因、例へば與壓室の被弾による破損又は與壓器の故障等により急激に搭乗員が低壓に露呈せられた際に、該搭乗員は急速に酸素欠乏症に陥ると共に更に氣壓の減少そのものによつて諸種の機械的影響を蒙る可能性が考へられる。かくの如き危機的事態に就いては、今まで航空醫學に於いて所謂「豫備時間」又は「限界時間」の問題として採り上げられ、實驗的に種々検討せられてゐるところであるが、しかしこれらの研究では主として酸素欠乏による機能障害が中心課題となつてゐて、氣壓變化の機械的作用はむしろ常に第二次的に取扱はれてゐる觀がある。一般にかくの如き研究を遂行するに當つて、その實驗條件として低壓室實驗に於いても先づ酸素吸入を行ひながら所定高度にまで上昇し、しかる後に酸素吸入を停止し外氣を呼吸せしめたり、又常壓に於いて種々なる低酸素分壓の空氣を吸入せしめたりして、その際に現はれる機能障害を検討し、更にその障害初發時までの時間を計測したりしてゐる。しかしながら上述の如き危機的事態にあつては、具體的に酸素欠乏と機械的作用とが同時的に生體に影響を及ぼし、しかもその際の氣壓の變動が極めて急速であるため、それだけ益々機械的影響を考慮する必要があるとも考へられる⁽³⁾。そこで我々の研究は、先づ動物を被檢體として、この方向に沿つて進められた。

II. 急激なる氣壓の減少——動物實驗

A. 急激なる氣壓減少を蒙りたる動物(マウス)⁽⁴⁾の行動・症狀經過の觀察

1. 實驗條件及び手續。

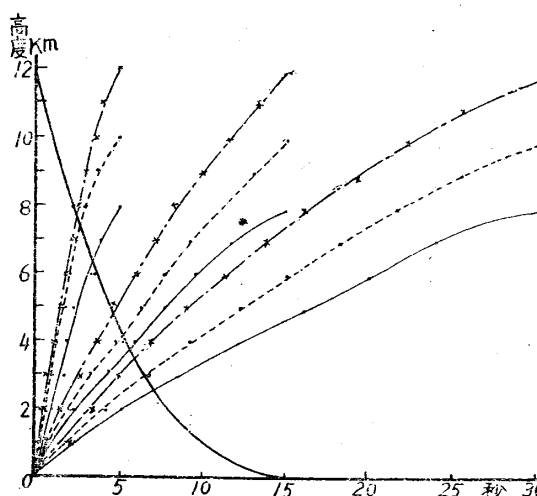
- (イ) ガラス製の小型低壓實驗筒にマウスを入れ、次いで豫め低壓にせる別の更に大なる低壓槽との連結活栓を開き、所定の條件下に被檢體を置く。
- (ロ) 到達すべき所定高度：8 杆，10 杆，12 杆。
- (ハ) 各所定高度にまで上昇（減壓）するに要する時間：5 秒，15 秒，30 秒。（第1圖參照）
- (ニ) 低壓筒を設置せる實驗室内の溫度（常壓）：14°～18°C（主として 15°～16°C）。
- (ホ) 被檢體：獨逸マウス，體重 15～20 gr.（生後 3ヶ月以上）。
- (ヘ) 被檢體が所與の實驗條件に 15 分間耐へ得た場合には、生存し得たものとして實驗を終了する。

- (1) Ruff, S. und Strughold, H. : Grundriss der Luftfahrtmedizin. (1939) S. 59 u. 84. Strughold, H. : Die Zeitreserve nach Unterbrechung der Sauerstoffatmung in grossen Höhen. I u. II, Luftfahrtmedizin, 3 (1938) u. 5 (1940).
- (2) 正路倫之助, 齋藤幸一郎, 井上章:「超高々度又ハ高々度ノ低酸素空氣ヲ吸入スル時ノ意識存續ノ限界時間並ビニ其時間内ニ於ケル酸素吸収狀況ニ就テ」, 航空醫學 1 卷, 2 號 (昭和 19 年)。
- (3) この兩要因の聯關は「高空耐性と上昇速度の關係」なる問題に於いて考究されてゐるが、しかし一般にかくの如き諸研究に於けるその條件としての上昇速度は、我々が問題にしようとしてゐるやうな事態に比して、比較的緩徐であるから、機械的要因はそれ程問題にされてゐないのが普通である。
- (4) 低壓實驗に於いて被檢體としてマウスを選んだ主なる理由は、この動物が他に比して諸種の低壓性症狀を明確に示し、外部よりの觀察に極めて好都合であるためである。

2. 實驗結果——質的考察.

(イ) 到達高度 8 籽の場合の症狀經過.⁽¹⁾

減壓するにつれて被檢體はその固有の生態的行動に變化を示し、一種の緊張感を現示する。この際、多くは腹部の膨張を來たし、明白に腸内ガスの膨張即ち鼓腸症狀が察知される。而して“蹲り姿勢”を執るとか或は二三度全身的に廻轉を行ひ、漸次的に昏倒状態に入り、一種の早期虚脱の状態となる。次いで全身の痙攣が發現するが比較的微弱である。この全身の痙攣出現率は第 1 表に示す如くであつて、これは上昇速度と直線的關係を有してゐないが、上昇所要時間 30 秒では他に比して著しくその率が僅小であるから、或る程度以上に急速なる上昇速度は痙攣出現に何らかの効果乃至影響を與へ



第 1 圖 上昇曲線及び下降曲線

第 1 表 全身の痙攣出現と するものと考へられる。

上昇所要時間 (秒)	痙攣出現率 (%)
5	50
15	70
30	20

上昇速度との關係. 到達高度 8 籽. (被檢體數 10)

次いでこの症狀の後に謂はゞ代償時相とも名付くべき時期が介在し、こゝでは或る個體は間歇的に歩行を行ふこともあるが、多くは匍伏位⁽²⁾にある。而してこの時期に呼吸の變化が見られ、最初は淺く且つ急速となり、代償作用の働く典型的様相を呈する。その後の呼吸變化の様相には個體差が見られるが、いづれにせよ 8 籽の到達高度に於いては全被檢體は 15 分間以内に死亡することはなかつた。

(ロ) 到達高度 10 籽の場合の症狀經過.

減壓直後に於いては、(イ)の場合と大略同様の症狀經過をとるが、この高度では 8 籽で觀察されたやうな「蹲り姿勢を執つて昏倒状態に陥る」と云ふよりはむしろ「轉倒する」と表現した方が適切なる行動を示す。かく轉倒した個體は無呼吸となり、この虚脱、無呼吸の状態が暫時續き、而して突發的に卒中様の激しい全身性の強直性搐搦性痙攣が出現する。多くは無呼吸のまま腹背をかまはず跳躍し、時には腹位のまゝ跳びはねる。これと同時に放尿、脱糞をなす。この時期に次いで所謂代償時期に移る。先づ呼吸運動が再發し、漸次それが速かになつてくる。かくの如き状態が暫く繼續してから、背位にある個體の或るものは反射的に腹位又は匍伏位に歸り、又或る個體では歩行を行ふこともある。かくの如き行動様相を示す個體は、代償作用により既に危険域を脱したとも考へられる。しかし他方に於いて、この代償作用が十全的に働き得なかつた個體では、やがて呼吸も過度に遅くなり (Oligopnoe), 更に重篤なるものでは「喘ぎ狀呼吸」(Schuappatmen) が出現するに到る。これに續いて現はれる症狀は部分的痙攣、多くは後肢 (臀筋) の痙攣であつて、これは最初は輕微であるが漸次

(1) こゝでは典型的な症狀經過を述べるに止める。その時間的經過に就いては後述に譲る。

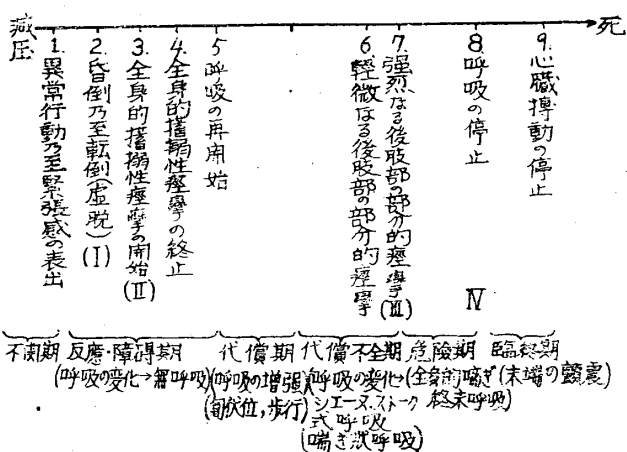
(2) 腹部全體を地上につけて匍伏せる姿勢を便宜上かく名付けて置く。

強烈となつてくる。これに伴ひ呼吸も益々痙攣性、喘ぎ状態となり、次いで終末呼吸に移る。この際、或る被検體では尾端、肢端の強直、或は又尾端、肢端、口鬚部等の如き末端部位に震顫(Tremor)性の痙攣が現はれる。これは呼吸停止後にも繼續することが多い。尚ほ、一般に呼吸停止後にも心臓は暫時搏動を續けてゐる。

(ハ) 到達高度 12 籽の場合の症状経過。

(ロ)の場合の症状と本質的な相異はないが、一般的に云つてその諸症状が急激且つ強烈に生起する。特に痙攣は甚しい。又一般に代償時相が殆んど見られないが、しかし一應無呼吸の時相に次いで呼吸が再び現はれる。だがこれも直ちに終末呼吸に移行する。

以上の諸症状を、正確なる時間的關係を無視し且つ當實驗条件下に於いて觀察し得た主要なる症状経過をも含めて、圖式的に示せば、第2圖の如くなる：



第2圖 急激なる減壓後の症状経過

3. 質的結果の考察。

以上の諸症状の觀察結果は、後で時間的経過の計測結果を述べる際に再び詳細に検討することにして、こゝでは二三氣付いた點に就いて述べて置く。先づ第一に擧ぐべき特徴的事實は、上昇時間が短くなればなるほど、且つ又到達高度が高くなればなるほど、痙攣發作が激しくなるといふことである。この痙攣は搐搦性即ち間代性である。松丸氏等に依れば、窒息死に到る前に發現する痙攣は間代性ではなく、むしろ

歩行様の交替性痙攣であり、今まで間代性とされてゐたのは、これまでの實驗では動物を緊縛する結果であると云つてゐる。しかし我々の場合には動物を何ら緊縛せず、自由に低壓筒の中に放置したのであつて、しかも間代性即ち搐搦性痙攣が見られた。次に上記の圖式を Strughold の圖式と比較すれば、我々の場合には所謂不調期は極めて短く、直ちに昏倒、痙攣、無呼吸等の症状を呈示し、彼の云ふが如き反應期を明瞭に示さず直ちに障碍期に入るが如くである。しかして無呼吸の状態が暫時持續してから、再び呼吸が再開し、背位にあつた動物は反射的に腹位又は匍伏位に復し、こゝに代償機能が働きはじめる。この點、Strughold の云ふ症状の趨異と稍々異つた経過を示す。これは被検體の相異に歸し得るとも考へられると同時に、これらの時期又は閾を決定する基準症状の異なることにも依存するかも知れない。

B. 急激なる氣壓減少を蒙りたる動物(マウス)の示す諸症状の時間的趨異に就いて

1. 實驗條件及び手續

A に述べた諸症状は如何なる時間的経過を辿るかを議るために、上述の諸症状の中比較的明確に把握しうる症状を標識として採用し、その時間を計測した。

採擇せる症状は次の如くである。

(1) 松丸忍, 名和精, 濱田昇: 「大黒鼠及家兔 = 於ケル窒息痙攣 = 就テ」, 條件反射 9~10 卷. (昭和19年)

- I. 昏倒乃至轉倒時.
- II. 全身的の搐搦性痙攣の開始時.
- III. 後肢部の搐搦性痙攣の開始時
- IV. 呼吸の停止時.

上昇高度及びその所要時間は A. に於いて記述せる如く、合計 9 通りの實驗條件(第 1 圖グラフ参照)を設定す。被檢體數は 8 籽では 10 (♂♀同數), その他では 20.

2. 實驗結果

第 2 表 到達高度 8 籽 (減壓開始時より症狀 I, II, III, IV の現出までの時間を示す)

症 狀 上昇時間 (秒)	I 昏 倒	II 全身的痙攣の開始	III 後肢痙攣の開始	IV 呼吸停止	死 亡 率 %
5	8.8±1.64* σ=4.35 ^(9/10) **	21.0±7.6 σ=9.78 ^(5/10)	—	—	0
15	13.5±1.52 σ=2.02 ^(10/10)	31.1±10.21 σ=14.88 ^(7/10)	—	—	0
30	45.0±20.2 σ=21.88 ^(7/10)	46.5±3.5 σ=3.53 ^(2/10)	—	—	0

* 單位は秒, ±1.64 は M. V.

** ()内の分母數は當實驗系列に参加の個體數, 分子は當該欄の症狀を呈示した個體數即ち數値に參與した數

第 3 表 到達高度 10 籽

症 狀 上昇時間 (秒)	I 昏 倒	II 全身的痙攣の開始	III 後肢痙攣の開始	IV 呼 吸 停 止	死 亡 率 %
5	7.7±0.83 σ=3.62 ^(20/20)	13.9±1.95 σ=3.97 ^(20/20)	164.7±87.26 σ=99.21 ^(16/20)	205.6±109.89 σ=125.01 ^(16/20)	80
15	14.7±1.42 σ=1.86 ^(20/20)	20.2±3.23 σ=4.20 ^(20/20)	204.8±106.75 σ=114.76 ^(12/20)	266.0±133.5 σ=199.24 ^(12/20)	60
30	24.6±1.97 σ=2.50 ^(20/20)	33.6±4.78 σ=4.57 ^(20/20)	242.6±90.31 σ=101.67 ^(16/20)	286.7±102.69 σ=119.99 ^(16/20)	80

第 4 表 到達高度 12 籽

症 狀 上昇時間 (秒)	I 昏 倒	II 全身的痙攣の開始	III 後肢痙攣の開始	IV 呼 吸 停 止	死 亡 率 %
5	7.5±0.75 σ=0.97 ^(20/20)	11.8±2.11 σ=2.84 ^(20/20)	29.5±6.6 σ=8.38 ^(20/20)	49.3±8.22 σ=10.3 ^(20/20)	100
15	12.2±0.94 σ=1.29 ^(20/20)	16.0±1.35 σ=1.75 ^(20/20)	37.5±5.9 σ=5.56 ^(20/20)	54.8±8.55 σ=9.74 ^(20/20)	100
30	18.1±1.96 σ=2.36 ^(20/20)	24.9±1.05 σ=1.58 ^(20/20)	47.7±7.9 σ=8.85 ^(20/20)	61.6±6.44 σ=9.17 ^(20/20)	100

第 2, 3, 4 表は各上昇所要時間に於いて、夫々 8, 10, 12 籽に到達せる際に上記の I, II, III, IV の諸症狀が現出するまでの(減壓開始時よりの)時間の平均値(その M. V. と σ)及び死亡率を示す。

第5表 到達高度8 籽 (當高度に到達してから各症状の發現するまでの時間)

症 状 上昇時間 (秒)	I	II	III	IV
5	3.8	16.0	—	—
15	-1.5	16.1	—	—
30	15.0	16.5	—	—

第6表 到達高度10 籽

症 状 上昇時間 (秒)	I	II	III	IV
5	2.7	8.9	159.7	200.6
15	-0.3	5.2	189.8	251.0
30	-5.4	3.6	212.6	256.7

第7表 到達高度12 籽

症 状 上昇時間 (秒)	I	II	III	IV
5	2.5	6.8	24.5	44.3
15	-2.8	1.0	22.5	39.8
30	-11.9	-5.1	17.7	31.6

第5, 6, 7表は各上昇時間に於いて、夫々の所定高度に達してから、症状發現までの時間の平均値であり、表中の—は所定高度に達する前に症状の現れたることを意味する。

第8表 上昇所要時間5秒

症 状 高 度 (籽)	I	II	III	IV
8	3.8	16.0	—	—
10	2.7	8.9	159.7	200.6
12	2.5	6.8	24.5	44.3

第9表 上昇所要時間15秒

症 状 高 度 (籽)	I	II	III	IV
8	-1.5	16.1	—	—
10	-0.3	5.2	189.8	251.0
12	-2.8	1.0	22.5	39.8

第10表 上昇所要時間30秒

症 状 高 度 (秒)	I	II	III	IV
8	15.0	16.5	—	—
10	-5.4	3.6	216.6	256.7
12	-11.9	-5.1	17.7	31.6

第 8, 9, 10 表は 5, 6, 7 表を各上昇時間に應じて纏めなほしたものである。

3 結果の考察

(イ) 上昇時間と症状發現との關係 上昇時間の相異による症状發現時點の趨異は、第 2, 3, 4 表に表記せるが如くであつて、高度が同一であつても上昇時間が短いほど、症状は早期に現はれる。しかしこれは減壓開始時よりの時間であつて、所定の高度に到達してからの時間はむしろ症状 I, II に於いては逆の傾向を示してゐる。(5, 6, 7 表)。即ち所定高度到達時より見れば、上昇が急速なるほど症状 I, II は概して遅く現はれる。かくの如き事實は、主として肺胞内の残留酸素の呼出喪失の程度に關係を有するものであらう。(尚ほ高度 8 秆に於いては、被檢體數も少なくその上に症状の質的様相が他と比して稍々異なるためか、一義性を欠いてゐる)。

第 5, 6, 7 表中の 一 の數値を示した結果を第 1 圖の上昇曲線に基いて、その相當高度に書き更めれば第 11 表の如くなる。これによれば、10 秆、12 秆ともに上昇時間の異なるほど、低高度に於いて症状 I が發現してゐる。又同じく所要時要が 15 秒であつても、到達

第 11 表

到達高度 (秆)	上昇所要時間 (秒)	減壓開始時より症状 I の 發現までの時間 (秒)	左欄の時間點の相當高度 (秆)
8	15	13.5	約 7.7
10	15	14.7	約 9.9
	30	24.6	約 8.7—8.8
12	15	12.2	約 10.4
	30	18.1	約 8.7—8.8

高度の高いほど症状の發現する高度は高い。但し 30 秒では殆ど同高度である。これらの事實は、恐らく急速な上昇では肺胞内の残留酸素が症状發現を左右し、比較的緩徐であればそれほど問題とならなくなることを示すものであらう。

次に興味のあるのは、症状 III, IV の發現時點の趨異であるが、(6, 7 表)、到達高度 10 秆の場合では上昇時間の小なるほど當該高度に達してからの時間は小であるに反して、12 秆では明白に逆の傾向を示してゐる。この事實を考察するためには、先づ 12 秆では代償領域が殆んど無いに拘らず、10 秆では一般に症状 II と III との間には代償作用が營まれてゐるといふ事實を考慮すべきであらう。而して 12 秆に於いては肺胞内及び體内の酸素残留乃至保有量が、代償時相の欠除のために、これらの症状發現に直接に影響を及ぼすものと考へられ、従つて上昇時間の小なるほど症状は遅れて現はれるのであらう。しかるに 10 秆では比較的長期に亘る代償期が症状 II と III との間に介在するため、残留酸素が直接に III, IV の症状に殆んど影響を與へないと考へられる。従つて上昇速度の急激なるほど症状發現が遅れることはない。しかしながら、かく考察しても、何故に 10 秆では上昇が急速なるほど症状 III, IV の出現時が早くなるかの疑問は解消されない。茲で問題となると思はれるのは、上昇速度そのものゝ作用又は影響である。速度が或る限界以上に急速となれば、それだけ生體に何等かの悪影響を與へるものと考へられるが、高度 12 秆では急速なるほど症状發現は遅れてゐるのであるから、上述の影響が作用するとすれば代償機能に作用すると解すべきか

と思はれる。

(ロ) 到達高度と症状發現との關係 到達高度の相異に基づく症状發現の時間的経過は、8, 9, 10 表に明らかな如く、一般に各上昇時間ともに高度の大なるほどその出現が早い。この事實は殊更考察を加へるまでもないであらう。但し 8 粒に於いては稍々一義性を欠くが、これに就いては既述せる理由に基くのであらう。

(ハ) 死亡率 死亡率に關しては、2, 3, 4 表に表記せる如く、12 粒では 100 %、10 粒では 70 %、8 粒では 0 %であつた。しかし上昇時間の大小による一義的傾向は認められなかつた。⁽¹⁾

(ニ) 平均値の偏差、散布度に就いて、1, 2, 3 表に附記せる平均偏差は高度の大なるに従つて小である。今、大體の傾向を察知するために、上昇時間を無視し、各高度の各症状發現時點の平均偏差を平均すれば、第 12 表の如くなる。この表によれば、高度が高まるほど數値は小であり、且つ一般的に云つて症状 I より II が、II より III が、III より IV が

第 1 2 表

症 状		I	II	III	IV
高 度					
8 粒		7.79	7.13	—	—
10 粒		1.41	3.32	94.77	115.36
12 粒		1.22	1.50	6.8	7.74

大である。又 2, 3, 4 表に附記せる σ も同様の傾向を示してゐる。参考のため標準誤差 m ⁽²⁾ を算出すれば第 13 表の如くなる。この表からもやはり同様のことが云ひ得られる。而して 10 粒に於いては特に症状 III, IV は、他の症状と比較しても、又 12 粒の症状 III, IV と比較しても、極めて大なる數値を示し、一方 12 粒では症状 III, IV は症状 I, II と比

第 1 3 表

高 度	症 状		I	II	III	IV
	所要時間					
8 粒	5 秒		± 1.54	± 4.89	—	—
	15		± 0.67	± 6.08	—	—
	30		± 8.93	± 3.53	—	—
10 粒	5		± 0.83	± 0.91	± 25.62	± 32.28
	15		± 0.43	± 0.96	± 34.60	± 60.07
	30		± 0.57	± 1.05	± 26.25	± 30.98
12 粒	5		± 0.22	± 0.65	± 1.92	± 2.36
	15		± 0.30	± 0.40	± 1.28	± 2.23
	30		± 0.54	± 0.34	± 2.03	± 2.10

(1) 被検體を更に増加すれば、或は一義的傾向が見られるかも知れない。

(2) 一般には $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ であるが、當實驗條件では n が小なる故、Bessel に従ひ $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$ により計算した。

べれば少々大ではあるが、前者ほどに大ではない。これは10 籽に於いては代償機能が働き、しかもそれに大なる個體差があることを物語るものであらう。又この事實は12 籽ではこの代償機能が左程まで重要な働きをしてゐないことを示すのであらう。

(ホ) 其他. 當實驗に關係ある二、三の事項に就いて。

所謂「豫備時間」乃至「限界時間」の研究に於いては、既述の如く(1)最初は酸素吸入をしながら所定高度まで上昇し、然る後に吸入を停止して外氣を呼吸せしめるとか、(2)常壓に於いて種々なる低酸素分壓の混合氣體を吸入せしめるとかの方法が一般に採用せられてゐる。かゝる場合と我々の場合とは、(1)に於いては酸素、(2)では低壓の機械的作用なる點に於いて異つてゐる。換言すれば(1)に於いては肺胞従つて又組織も、所定高度の空氣に曝されるまでは、或る程度充分なる酸素を補給せられてゐるわけであり、これに反し我々の場合では氣壓の低下と共に酸素分壓は漸次減少してゐる。又(2)の場合に於いても氣壓の減少を伴はぬのであるから、自然の呼吸に伴つて酸素分壓の平衡即ち生體内の酸素分壓の低下を來たすに過ぎず、従つて我々の場合の如く外氣壓の低下による酸素の強制的呼出を見ることはない。故に當實驗條件に於いて「豫備時間」又は「限界時間」を測定すれば、恐らく今までの諸研究の結果よりも一層時間は短縮するものと期待される。

今まで屢々關説せる低壓そのもの、機械的作用に就いては、當實驗の結果の範圍内では何ら確定的な決論を下し得ないが、一般に急激なる減壓に際して考慮すべき作用としては(1)臟器及體腔内ガスの膨張、(2)エンボリーの發生、(3)肺胞の靜脈性充血、(4)腦背髓壓の上昇、(5)關節部の弛張、(6)横隔膜舉上による肺活量の低下、(7)内耳及び前額洞等に及ぼす氣壓の作用等の種々なる作用が考へられる。我々の實驗條件下に於いて、これらの作用がいかなる機轉を以て作用し影響し合ふかに就いては今後の問題として殘されねばならぬ。

當實驗と特に關聯を有する研究として、高度耐性と上昇速度との關聯を取り扱つた研究は比較的が多いが、特に直接参考すべきはGraffの實驗⁽¹⁾である。彼は被檢體としてマウスを用ひ、1 籽につき1/4、1/2、1、2、3、4、5、10及び15分の上昇速度で減壓し、痙攣發現を標識としてその時點を測定してゐる。而して上昇速度の緩徐なるに従ひ痙攣發現の遅れること即ち危險高度の高まることを指摘し、それを高度順應に歸してゐる。しかし彼の結果に於いても1 籽1/4分の上昇速度の場合のみは、1/2分の場合よりも高度耐性が約500米も高まつてゐて、これは所謂高度順應によつては説明し得ず、故に彼も又この事象は生體内の酸素保有量のためと斷定してゐる。我々の實驗條件は、彼の最も急速なる系列よりも更に急激であり、従つて上述せる如く生體の酸素保有量⁽²⁾が主要なる役割を果してゐると考へられる。

C. 附加實驗. 温度條件による氣壓急變の効果.

高度耐性の要因の一つとして温度條件が擧げられてゐる。そこで既述の症狀發現經過が温度條件⁽³⁾の變化により如何に變つて行くかを検討する目的で、實驗室内(常壓)の温度を23°

- (1) Graff, W. D.: "Die Abhängigkeit der Höhenfestigkeit von der Aufstiegs geschwindigkeit im Tierexperiment." Luftfahrtmedizin, Bd. 1 (1937), S. 351~354.
- (2) 本實驗は系統的に施行せられたものでなく、従つて種々なる點に於いて不備な點も多く、又條件變化系列も少ない故に、こゝに附加的に記述してをくに止める。
- (3) 低壓にすると温度は下降する。故にこゝでは便宜的に常に低壓筒の設備せる實驗室内の温度を一定に保持して實驗を行つた。尙ほ被檢體は實驗開始前少くとも30分間、所定の温度に置いてから實驗を行つた。

~24°C に高めて、同様の実験を施行した。到達高度は 10 籽, 12 籽, 上昇所要時間は 5 秒及び 15 秒。その結果は第 14, 15 表に示した通りである。

當表から判明する如く, 10 籽, 12 籽共に温度条件の變化は症状 I, II に何等の影響を及ぼしてゐないが, 症状 III, IV はいづれも温度が高くなれば數値が小, 換言すれば早く危険

第 14 表 到達高度 10 籽

上昇時間(秒)	温度	症 状				死亡率
		I	II	III	IV	
5	15° 16°	7.7±0.86 (¹¹ / ₁₉)	14.0±2.95 (¹⁹ / ₁₉)	144.8±53.17 (¹⁵ / ₁₉)	186.6±94.45 (¹⁵ / ₁₉)	79 %
	23° 24°	8.4±1.48 (⁸ / ₈)	15.6±2.03 (⁸ / ₈)	103.0±16.00 (⁸ / ₈)	157.3±61.70 (⁸ / ₈)	100 %
15	15° 17°	14.5±1.29 (¹⁹ / ₁₉)	20.0±3.16 (¹⁹ / ₁₉)	190.2±100.56 (¹¹ / ₁₉)	226.7±102.25 (¹¹ / ₁₉)	58 %
	23° 24°	16.8±1.44 (¹⁰ / ₁₀)	22.5±3.20 (¹⁰ / ₁₀)	127.2±60.68 (¹⁰ / ₁₀)	157.6±60.12 (¹⁰ / ₁₀)	100 %

第 15 表 到達高度 12 籽

上昇時間(秒)	温度	症 状				死亡率
		I	II	III	IV	
5	14° 15°	7.5±0.75 (²⁰ / ₂₀)	10.8±1.95 (²⁰ / ₂₀)	29.5±6.6 (²⁰ / ₂₀)	49.3±8.22 (²⁰ / ₂₀)	100 %
	23° 24°	6.6±1.8 (¹⁰ / ₁₀)	10.9±2.4 (¹⁰ / ₁₀)	18.9±4.0 (¹⁰ / ₁₀)	40.4±8.0 (¹⁰ / ₁₀)	100 %
15	17° 18°	12.2±0.94 (²⁰ / ₂₀)	16.0±1.35 (²⁰ / ₂₀)	37.5±4.4 (²⁰ / ₂₀)	54.8±8.97 (²⁰ / ₂₀)	100 %
	23° 24°	12.3±1.30 (¹⁰ / ₁₀)	16.2±1.60 (¹⁰ / ₁₀)	23.9±5.3 (¹⁰ / ₁₀)	42.4±6.14 (¹⁰ / ₁₀)	100 %

域に入り而して早期に死亡する。特に 10 籽に於いて明白にこの傾向が示されてゐる。死亡率に關しては 12 籽ではいづれの場合も 100 % なるも, 10 籽ではより高温の際には 100 % であるが, これに對して標準温度附近では少々この率は低い。これらの事實から結論的に推断するならば, 當實驗条件の範圍内に於いては高温は代償的生理作用を減退せしめるもので

- (1) 温度条件を變化せる系列の被檢體數は 10 であつたが, その中 1 疋は 9 分 30 秒, 他の 1 疋は 8 分 30 秒生存して後死亡したのであつて, これを計算に加へることは, いたづらに平均値を紊し, 且つ M. V. を増大させるから除外した。又これと同じ理由で標準温度の場合も 8 分以上生存したものを計算から除外した。故にこの表は第 3 表の數値とは異なつてゐる。

あるらしく思はれる。

III. 氣壓の急減少に對する對策としての急復壓 (急降下)に就いて

A. 下降實驗 1.

1. 下降實驗の目標

生物が急激なる氣壓の減少(酸素分壓の減少をも含めて)を蒙りたる際に考へられる主なる障碍は、酸素欠乏によるものと氣壓そのもの、機械的作用によるものとに大別される。これが具體的なる對策としては、次の如きものが考へられるであらう。

- (イ) 急降下(機體そのものによる場合と落下傘により脱出する場合)
- (ロ) 酸素の補給。
- (ハ) 氣密服乃至は氣密面の着用。
- (ニ) 氣壓減少に對する工學的處置。

氣壓の急減少に際し具體的に生起し得る可能なる事態は、その時の機體破損の程度、機體の大小、外氣壓その他に依存し、種々なる場合が發生し得る。また急降下を行ふにしてもその際の航空機そのもの、性能により一定の限度がある。我々は今こゝで、條件を簡單にするために次の如き想定をなし條件を定めた。與壓氣密室を裝備せる機體(内壓0米相當氣壓を保持)が高度12千を飛行中、該機體が何らかの原因で比較的大なる破損乃至破壊を蒙り、既に急性高空病が發現しつゝあると想定し、而して急降下を行ふ場合に如何なる症狀が現れるまでに下降を行ふべきであるか、そしてそれは如何なる速度で、如何なる高度まで下降すべきであるか。我々はかくの如き問題を考察して行きたい。

2. 實驗條件及び手續

II に於いて既述せる如く、被檢體として使用したマウスは急激なる氣壓の減少を蒙ると種々なる高空病の症狀を示す。こゝに於いてその諸症狀發現の如何なる時期までに、如何なる高度まで復壓(加壓)すれば、その被檢體は救助し得るやを、先づ具體的の課題として採り上げる。これがために、まづ次の如き實驗條件を設定した。

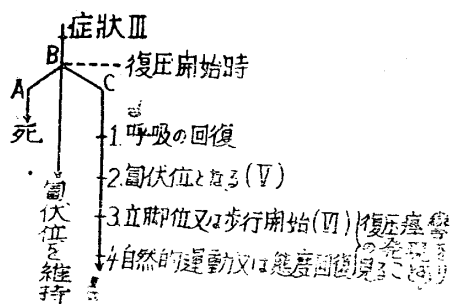
- 條件 (イ) 12千まで5秒間にて減壓し(第1圖)、35秒間滯留の後、急降下即ち復壓する。
- (ロ) 復壓條件:
- (i) 12千より0米まで。所要時間15秒。
 - (ii) 12千より4千まで。所要時間5.4秒。
 - (iii) 12千より6千まで。所要時間3.7秒。
 - (iv) 12千より8千まで。所要時間2.3秒。(第1圖復壓曲線参照)
- (ハ) 復壓終了後10分間生存しつゞけた被檢體は生存と判定する。

滯留時間を35秒と定めた理由は次の如し。即ち12千5秒の上昇後の被檢體の示す症狀に就いては詳細にII及びIIIに於いて既述したところであるが、その時に症狀III及びIVの出現時點は12千到達後夫々平均24.5秒及び44.3秒であつた。この兩時點の中間即ち35秒を以て當實驗の滯留時間と定めたわけである。

3. 下降實驗1の質的結果

減壓を行ふと、昏倒；全身的痙攣；呼吸の一時的回復；次いで呼吸の逼迫及び困難；後

肢の痙攣；或は終末呼吸の發現があり、一般にこの時期に於いて復壓即ち急降下が行はれる。下降中に於いては既に發現を見てゐた痙攣は消滅することなく、むしろ未だその發現を見なかつた生體に於いても下降と同時に痙攣が生起する場合が多く、氣壓の變化そのものが何等かの痙攣誘發の刺戟となる觀があつた。この痙攣は所定の下降到達高度に達して後も（0米に於いても同様）なほ繼續してゐることが多い。（イ）0米に下降し終つた場合には、一般に無呼吸の状態に陥つてゐた生體は漸次呼吸を回復し、急速となり、次第に正常に復する。而して今まで背位にあつて轉倒してゐたものでは反射的に匍伏位となり、又横倒れ又は四肢を伸して轉倒してゐたものでも反射的に四肢を縮め匍伏位となる（但しこの姿勢は未だ正常ではなく、やはり腹部を地につけたまゝの状態である）。その後呼吸は益々急速になり、少しく軀幹や頭部を動かすやうになつてくる。次いで四肢で立ち上り、所謂立脚位となり、同時に歩行を行ふ。しかしかくの如き経過を経て、すべての被檢體は完全に回復してしまふわけではなく、多くは「蹲り姿勢」を執つたまゝで比較的の不活潑であり、時には時々全身を顫はせ恰も惡寒に似た症狀を發現する摸様が觀察せられ、Schubert の云ふ復壓痙攣（Rekompressionskrämpf）が見られる。（ロ）4 糎及び（ハ）6 糎に下降せる場合も略々同様の症狀を示すが、（ニ）8 糎まで下降の場合には、後述する如く、殆んど被檢體の半數は後肢痙攣後呼吸の回復を見ずに死亡し、而して死亡せざるものにあつても呼吸の回復は或る程度見られるものゝ立脚位に復することは少なく、殆んどすべてが匍伏位のまゝに止つてゐる。



第3圖 復壓開始後の症狀経過

を見ずに死亡し、而して死亡せざるものにあつても呼吸の回復は或る程度見られるものゝ立脚位に復することは少なく、殆んどすべてが匍伏位のまゝに止つてゐる。

以上の症狀経過を圖式化すれば、第3圖の如く三型に分れる。

4. 數量的結果

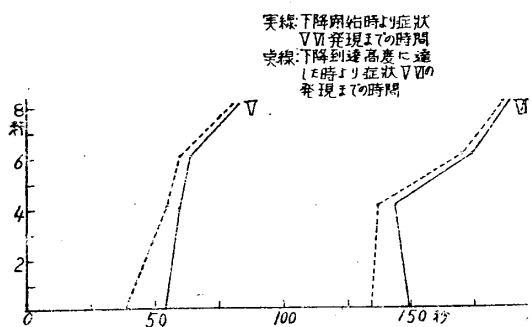
實驗條件の差異による回復の程度を考察するために、症狀経過の時間的關係を媒介とする。そこで比

第 1 6 表

下降高度及びその所要時間	症狀	下降開始時より匍伏位(V)となるまでの時間(秒)	下降開始時より立脚位(VI)となるまでの時間(秒)	死亡率	症狀點	症狀		
						I	II	III
0米 15.0秒		53.9 ± 10.6 (16/20)	149.3 ± 19.73 (13/20)	35%	上昇12糎まで5秒の時の諸症狀點	7.4 ± 0.17 (20/20)	10.4 ± 0.42 (20/20)	30.3 ± 1.58 (20/20)
4糎 5.4秒		60.4 ± 15.57 (14/20)	143.7 ± 28.15 (15/20)	20%		7.5 ± 0.18 (20/20)	9.9 ± 0.25 (20/20)	28.5 ± 1.58 (18/20)
6糎 3.8秒		64.4 ± 5.96 (13/20)	175.4 ± 31.87 (7/20)	35%		8.2 ± 0.26 (20/20)	10.1 ± 0.31 (20/20)	23.6 ± 1.74 (20/20)
8糎 2.3秒		83.7 ± 20.04 (6/20)	190.0 ± 25.45 (2/20)	65%		7.3 ± 0.62 (20/20)	10.7 ± 0.50 (20/20)	30.3 ± 1.86 (19/20)

(*) ±の後の數値は標準誤差 ($m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$)

- (1) 一種の對體立直り反射 (Body rightening reaction upon the body).
- (2) Schubert, G.: "Das Verhalten des Zentralnervensystems bei rascher Rückkehr aus kritischem Unterdruck." Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie. 231 (1933), S. 1~19.



第 4 圖

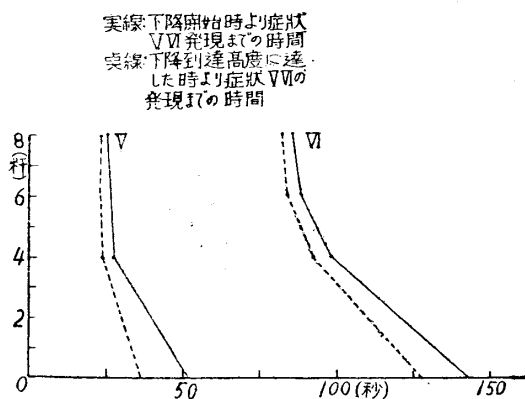
第 17 表

下降高度	症 状	V	VI
0 米		38.9 ^秒	134.3 ^秒
4 米		55.0	138.3
6 米		60.6	171.6
8 米		81.4	187.7

この表によれば、症状 V, VI は下降すべき高度の低いほど、速かに現れる傾向を示してゐる。尚ほ 8 米では平均値に參與せし被檢體数が僅小であるため、他とは同列に論じがたい。死亡率に關しては 8 米が最大、他は略々大差がなかつた。

第 17 表は所定の下降高度に達してから、症状 V 及び VI の發現するまでの時間である。(第 4 圖点線曲線)。各高度によつて復壓作用時間が異なるのであるから、この相異が症状發現を變化させる重要な條件となるとも考へられたので、一應この時間を除いたのであるが、かくしても尚ほ一層下降すべき高度が低いほど早期に症状が現はれることが明らかである。

以上の結果を綜括的に見れば、かくの如き条件下ではなるべく低い高度にまで急降下を行つた方が救助の目的に好都合であることが分かる。しかし乍ら、必ずしも 0 米まで下降する必要はない。蓋し、より低高度まで下降することにより、氣壓の變化が大となり且つ復壓作用時間が延長するわけであるから、これによる逆影響をも考慮すべきものと考へられるからである。



第 5 圖

件は前實驗と同じである。

較的明確に觀察し得る症状、「反射的に匍伏位となる」時點(これを症状 V と名付けて置く)及び「立脚位又は歩行開始」時點(症状 VI)とを計測した。その結果は第 16 表及び第 4 圖(實線曲線)の如くである。

尚ほ参考のために 12 米滞留中に發現せる症状 I, II, III の時點(上昇開始時より計測)を附記して置いた。實驗條件の設定に際し豫期せる如く、後肢部の痙攣(III)は略々 30 秒前後であつた。

この表によれば、症状 V, VI は下降すべき高度の低いほど、速かに現れる傾向を示してゐる。尚ほ 8 米では平均値に參與せし被檢體数が僅小であるため、他とは同列に論じがたい。死亡率に關しては 8 米が最大、他は略々大差がなかつた。

第 17 表は所定の下降高度に達してから、

B. 下降實驗 2.

1. 實驗の目標及び方法

前實驗に於いて急降下を行ふ時には、殆んど大部分の被檢體は既に危險期に入つてゐた。そこでこの危險閾に達するや否や——各個體差を慮つて——直ちに復壓すれば、如何なる結果となるか、この實驗で考究せられる。II.(第 2 圖)に於いて、我々は暫定的に後肢の痙攣發現時を危險閾と定めて置いたから、各被檢體がこの時點に達するや否や急降下を行ふことに實驗條件を設定した。他の條

第 18 表

下降高度及び所要時間	症状	下降開始時より匍伏位(V)となるまでの時間(秒)	下降開始時より立脚位(VI)となるまでの時間(秒)	症状	I	II	III(下降時点)
0米 15秒		51.3±8.79 (²⁰ / ₂₀)	142.7±15.23 (¹⁹ / ₂₀)	上昇12秒	7.5±0.15 (²⁰ / ₂₀)	9.8±0.12 (²⁰ / ₂₀)	30.8±1.08 (²⁰ / ₂₀)
4秒 5.4秒		27.8±0.95 (¹⁹ / ₂₀)	98.2±15.45 (²⁰ / ₂₀)	まで5秒	7.6±0.68 (²⁰ / ₂₀)	10.7±0.48 (¹⁹ / ₂₀)	29.6±1.73 (²⁰ / ₂₀)
6秒 3.7秒		26.9±2.37 (²⁰ / ₂₀)	88.3±6.52 (²⁰ / ₂₀)	時の諸	7.5±0.27 (²⁰ / ₂₀)	11.1±0.39 (²⁰ / ₂₀)	30.3±1.19 (²⁰ / ₂₀)
8秒 2.3秒		25.9±4.31 (²⁰ / ₂₀)	85.4±12.16 (⁵ / ₂₀)	症状時点	7.5±0.20 (²⁰ / ₂₀)	10.8±0.32 (¹⁸ / ₂₀)	26.4±1.29 (²⁰ / ₂₀)

2. 質的結果

前実験と殆んど同様の症状経過を示すが、たゞこゝで明瞭に氣付かれたことは、發現を見た後肢部の痙攣は復壓と同時に特に強化される傾向を示した。

3. 数量的結果

第18表、第5圖の結果を概観して直ちに判明することは、前実験結果とは逆の傾向を示してゐることである。即ち下降した高度が高いほど、標識として採擇した症状 V, VI が早

第 19 表

下降高度	症状	V	VI
0米		36.3 ^秒	127.7 ^秒
4秒		22.4	92.8
6秒		23.1	84.6
8秒		23.6	83.1

く發現する。第19表は復壓作用時間を夫々の高度に就いて除いた結果であるが(第5圖の點線曲線)、こゝに於いても大略同様の傾向が見られる。

尚ほこの表に死亡率がなく、且つ平均値に參與した数は殆ど全被檢體(8秒, 症状 VI を除く)であつた理由は、症状 III の發現と同時に下降したため殆んど死亡しなかつたが故である。但し如

何なる場合にも死亡しなかつたわけではなく、死亡した場合にはこれを當系列から除外した。その理由は次の如き處にある。即ち後肢の播擲性痙攣の發現と同時に復壓するとは云へ、この痙攣發現前に前驅的な微弱な痙攣が生ずることがあり、これが下降時点の決定を誤らせることがあるので、死亡した際には果してこの下降時点決定の錯誤のためか又は被檢體の高空適性が弱かつたためか不明であることが多い。かゝる意味で、死亡せる時にはこれを結果より除き、下降により救助されたものゝみの結果を表記したのである。しかし一般的に見て、前実験に比して死亡率は低かつたことは争へない。

C. 兩實驗の比較と考察

綜括的に云へば、實驗1の条件下では下降し到達すべき高度が高いほど症状時点は大であつたが、實驗2では高度が低いほど大であつた。換言すれば、これらの症状を回復の標識と見做しうるならば、前者では高度が高いほど回復がおくれ、後者では高度が高いほど回復は速やかである。

復壓・下降に際して考へられる主なる要因は二つある。

- (イ) 氣壓の機械的效果(氣壓變化とその作用時間)。
- (ロ) 酸素分壓の效果。

殊更指摘するまでもなく、復壓するにつれてこの兩要因が生體に作用を及ぼすわけであるが、特に急降下に於いては生體の回復につれて氣壓の機械的要因(M-要因と假稱)は悪い方に、酸素分壓の要因(O-要因)は良い方に働くこととなる。兩實驗に於いて得られた曲線の反對傾向は、これらの要因の作用する生體の内部的生理諸狀況の相異により、これ等の兩要因の働き方が相異なることを示すものと考へられる。具體的にこの觀點から結果を考察して見よう。實驗1では多くの場合危険期に入つてからの下降であるために、O-要因を實驗2の條件の場合に比して過大に必要とし、それ故にM-要因がたとへ悪影響を及ぼすとは云へ、より低高度まで下降した方が生體の回復に好都合であるが、他方實驗2では危険閥に達するや否や下降するために前者ほどにO-要因をば必要とせず、その結果はむしろM-要因の働く作用時間の長なるほど即ち低高度に下降するほど回復がおくれるのであらう。但しこれは單に推定的假説に過ぎず、更に詳細なる實驗に俟たねばならない。

IIIに於いて施行された實驗結果より結論しうることは、(1)酸素欠乏の甚しい場合には、より低高度まで急降下すべきである。但し實用上は、或る高度の限度内では酸素を補給すればよい。(2)それほど高空病の著しくない場合には、さまで低高度にまで下降する必要はなく、しかもその下降速度はあまり急激でない方が好ましい。但しエンボリー、腸内ガスの膨張等による障碍の發現を見る場合には、これらの障碍を除去し得る程度にまで下降する必要がある。

IV. 急激なる氣壓變動の人體に及ぼす影響

—特にその機械的作用に就いて—

A. 實驗の目標

我々は既にIIに於いて、動物を被檢體として用ひて、種々なる程度の急激なる氣壓の減少(酸素分壓の減少を含む)に際しての症狀經過を考察し、且つその時間的趨異を明らかにし、更に進んでIIIに於いてその一対策として急降下即ち復壓の問題を採り上げた。これ等の實驗に於いては、常に酸素欠乏と氣壓の機械的作用とが分離されずに取り扱はれたのであるが、既に幾多の諸研究に於いて人體に及ぼす酸素不足の影響に關して種々研究が重ねられてゐる故に、こゝでは特に氣壓急變に際しての氣壓そのもの、機械的作用に就いて人體實驗を施行し、その影響を検討し、進んでその対策を考慮したい。

B. 實驗の條件及び手續

實驗を大別し、次の3實驗群を施行。

1. 豫備實驗群(第1實驗—第6實驗): 高度0米より10呎まで上昇; 平均上昇時間は82.5秒—19秒/1呎。
2. 第1本實驗群(第7實驗—19實驗): 高度3呎より8呎まで上昇; 平均上昇時間は、14秒→1.9秒/1呎
3. 第3本實驗群(第20實驗—23實驗): 高度0米より10呎, 3呎より12呎及び13呎,

(1) M-要因がいかなる場合にも悪い方にばかり働くとは限らない。エンボリーや腸内ガス膨張等による障碍にとつてはむしろ逆であらう。故に悪い方と云つても、むしろこれは當實驗で標識として採用した症狀發現をおくらせるといふ意味に限定してをくべきかも知れない。

6 糎より 12 糎まで上昇, 平均上昇時間は 2.84 秒~2.7 秒/1 糎.

一般的條件: (1) 0 米以外の高度より上昇する実験にあつては, その高度まで約 100 秒/1 糎の速さで上昇し, その高度に暫時滞留して後所定の實驗速度にて減壓. (2) 氣壓變化の影響のみを検討する目的なるが故に, 實驗開始前に酸素マスクを着装し, 酸素を十分に補給(毎分 2.6~4.5 l) しながら減壓. (3) 所定高度に上昇, 到達後は, 所定の實驗を終了すれば直ちに復壓.

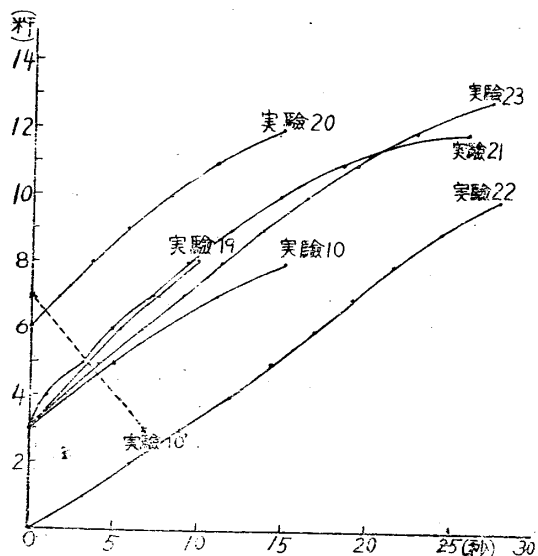
C. 實驗結果の代表例

實驗は全部で 23 回施行したが, この中代表的なる實驗の諸條件及びその結果を詳述しよう.

〔例 1〕 實驗 6. Vpu. Y., S.

條件: 0 米→10 糎, $dp.t./km = 19.1$ 秒⁽¹⁾

徵候及び内觀: 上昇中たえず斷續的鼓膜音が聞える. 10 糎附近にて腹部に壓迫感を覺へたが, 腸内ガスの排出により何らの障碍なし. 下降時に於いて Vp. Y は右耳に疼痛あり, 有意的に耳管(歐氏管)の開口を企圖せるも通氣不可能となり, 滞在, 再上昇を繰返す. (註, Vp. Y. の當日の健康状態は風邪氣味なり).



第 6 圖

〔例 2〕 實驗 10. Vp. K.

條件: 3 糎→8 糎, $dp.t./km = 3$ 秒; 7 糎→3 糎, $dp.t./km = 1.7$ 秒(第 6 圖参照).

徵候及び内觀: 上昇開始時に鼓膜音が聞えたのみで, 他に何等の徵候を認めず. 下降時に於いては有意的に 3 回耳管通氣を行ひしためか, 殆んど悪影響を認めず.

〔例 3〕 實驗 19. Vpu. Y., S.

條件: 3 糎→8 糎, $dp.t./km = 1.9$ 秒(第 6 圖参照).

徵候及び内觀: 8 糎附近にて腹部の膨張を覺えたるも, 耐へられぬことはない. 但し前屈姿勢をとれば息苦し. 兩 Vpu. 共に上昇開始

直後に輕微なる全身的衝擊を覺ゆ. 鼓膜音は兩 Vpu. 共に上昇開始直後に 1 回のみ. 但し平均 52 秒/km の速さで 0 米→3 糎上昇中には Vp. S. (右耳) では 8 回, Vp. Y. (左耳) では 32 回の鼓膜音あり.

血壓: Vp. Y.

- (1) 以下これに準じて記する時間は, こゝに記載された高度間を上昇するに要した時間を, 高度(單位糎)にて除したる數値, 即ち 1 糎を上昇するに要する平均時間.
- (2) 氣壓の減少に伴ひ鼓膜が外方に張り出すことになるが, 耳管よりの通氣により中耳内壓と外氣壓とが平衡し, 鼓膜は平常に復する. その際中耳内に"コポツ"と云ふ一種の音がする. これを便宜上鼓膜音と名付けてをく.

0 米: 110 mmHg. } O_2 なし. 8 米: 110 mm Hg. } O_2 補給.
 3 米: 109 mmHg. } 3 米: 106 mm Hg. }

〔例4〕 實驗 20. Vp. K.

條件: 6 米→12 米(壓差 209 mmHg.) dp.t./km = 2.45 秒(第6圖参照).

徴候及び内観: 上昇後短時間ではあるが腸に急性の痙攣性疼痛を覺えたれど、腸内ガス排出とともに止む.

〔例5〕 實驗 21. Vp. K.

條件: 3 米→12 米(壓差 487 mmHg), dp.t./km = 2.84 秒(第6圖参照). 實驗 20 に引續き施行した.

徴候及び内観: 實驗 20 に比して鼓腸の度も少なく樂であつた. これは前實驗に於いて既にかなりのガスが排出されてゐたためであらう. 但し 12 米到達後極く僅か乍ら後頭部に「痲痺」を感じたが、或は酸素マスクのバンドの緊縛のためかも知れぬ.

〔例6〕 實驗 22. Vpu. Y., S.

條件: 0 米→10 米(壓差 562 mmHg.), dp.t./km = 2.76 秒(第6圖参照).

徴候及び内観: 兩 Vpu ともに可なりの鼓腸あり. 稍々息苦し. (註, 當實驗は中食後約2時間半後に施行せるものなり). 鼓膜音は Vp. Y. 1 回; Vp. S. 3 回.

〔例7〕 實驗 23. Vpu. Ku., Y.

條件: 3 米→13 米(壓差 403 mmHg.) dp.t./km = 2.7 秒(第6圖参照).

徴候及び内観: Vp. K.: 既に 3 米滞在中に腸内ガス放出され, その後上昇中にも 13 米到達後にも 3 回ばかり排出, しかもなほ稍々腹部の壓迫感あり. 上昇後, 齧齒に疼痛. Vp. Y.: 13 米まで一度も腸内ガスの排出なく, 上昇中に次第に壓迫感が増大し來り, 腹部及び胃部は膨張す. 13 米到達後, 有意的に 2 度排出したれど, 横隔膜の舉上もあり, 息苦しく耐へ難き感あり. 脈搏を自ら計測せんとすれど脈搏不明にて(弱化?)測定し得ず. (註, 中食後約1時間半にて實驗を施行, 滿腹状態なり. 尚ほ實驗終了數時間後——夕食後急性胃腸病となる).

		0→3 米 (dp.t./km = 30 秒)	3 米→13 米	
鼓膜音數	{ Vp. Ku. (右耳):	9	1 ~ 2	
	{ Vp. Y. (右耳):	6	2	
		0 米	3 米	13 米
脈搏數 (20秒に付き)	{ Vp. Ku.:	24	24	27
	{ Ap. Y.:	21	25	—

D. 實驗結果の綜括とその一般的考察

(1) 上述の如き條件の下に於いては, 急激なる氣壓の減少(酸素欠乏を伴はず)は心身状態正常なる限り殆んど大した障碍を惹起することはなく, 又一般の動作にも特記すべきほどの悪影響を及ぼさない. 當實驗に於いて採用せる減壓速度以上の速度にても, 單なる氣壓のみの變化減少は人體に致命的影響なしと豫想せられる.

(2) もし何らかの特殊條件により, 人體に障碍を生ずるとすれば, 次の如きものであらう.

(イ) 胃腸系統. 胃腸疾患, 満腹時, 腸内排泄物の蓄積せる場合等には, 胃腸内ガスが減壓に應じて排出しがたくなるため, 腹部・胃部が膨脹し更に鼓腸による横隔膜挙上のために, 呼吸量が減少(呼吸困難)し或は腹部に走行する主要血管を壓迫することも考へられ, 更に胃の膨脹により肺臓, 心臓その他が壓迫される懸念も生ずる. 又これが機縁となつて胃腸障害が誘起せられる可能性も考へられる. しかしかくの如き障害は餘程悪条件の場合に於いてはじめて惹起するのであつて, 既述の如く普通の条件下では左程懸念する必要はない.

これが対策として, ①胃腸系統の健全性の保持, ②薬物による胃腸内ガスの吸着又は吸収, ③飛行前の食餌の選擇, ④生理的排泄等が考へられるであらう. (尙ほ鼓腸軽度なるときは, その際の體位・姿勢の變更, ガスの有意的排出の努力等によつて比較的簡単に鼓腸は軽減される).

(ロ) 耳鼻系統その他. 周知の如く咽頭腔に開く耳管は減壓に際して内外の氣壓の平衡を維持するために, 一定以上の壓差になれば開口する. 而して普通には一度開口せる耳管は再び閉ぢ, 更に又必要に應じて開口する. しかし或る減壓速度以上に達すれば開口し續けるものと考へられる. この事實は當實驗に於いて常に見られたことであつて, 減壓當初に鼓膜音が一度乃至二度きこえるだけであつたが, 一定速度以下になると斷續的にきこえた. この速度閾には個體差があると考へられるが, Vp. Y. では大略 10秒/km であつた. しかし, 耳管狭窄者, その他咽頭炎, 中耳炎等に罹患せる者にては, 耳管が必要に應じて開口を妨げられるために, 種々なる障害を蒙るであらう. 故にかゝる疾患のある場合には, 豫め收斂劑を用ひてその豫防に力めるとか, 有意的に開口を企てるべきである. ①その他何らかの障害が存する場合には, 前頭洞や上顎洞に疼痛が生じることもあり, 又結膜の出血, 齧齒の痛が生ずる可能性もある. 併しいづれにせよ致命的ではなく, 健全者にては殆んど懸念する必要はない.

(ハ) エンボリーに就いて. 壓比 $1/2$ 以上の場合にはエンボリー發生の可能性ありとされてゐるが, 我々の實驗條件(壓比 $1/4$)にてはその主觀的徴候を認め得なかつた. これは所定高度に短時間しか滯留しなかつたためかも知れないが, 我々の實驗目的たる與壓室破壊に際しては少くともそれに對處すべき何等かの處置(例へば急降下)が採られ得ると考へられるが故に, この問題は一應考慮外に置いて差支へないと思はれる. しかしこれに關しては未だ理論的にも實驗的にも解明されない點が多いのであるから, 充分の注意を拂ふべきものと考へられる.

(3) 當實驗に於いてはいつれの場合にも酸素を常に補給したから, 酸素欠乏症に關しては常に考慮外に置かれてゐた. しかしもし酸素を補給してゐなかつたならば, 當然酸素欠乏症の發現を見る. 故に與壓室破壊等の可能性があるやうな事態に際會すれば, 事前に少くとも酸素マスクを着装すべきであつて, かくしてをけば, かなり急激なる氣壓の變動, 減少を蒙つても殆んど人體に悪影響を及ぼすが如きことはないであらう.

酸素を補給せざる場合の氣壓の減少は, 所謂無壓差での豫備時間乃至限界時間と比較照合

- (1) 有意的換氣は特に復壓・加壓の場合に必要である. この最も簡單なる方法は嚔下を繰返すことであるが, 「まづ出きる限り息を吐き出してから, 口と鼻孔を閉ぢて, 唾液をのみこむ」と一層有効に簡略なる換氣がなされる.
Lampert, H., : "Maneuver for the Relief of Acute Aero-Otitis Media." Aviation Medicine, 12 (1941), P. 153~168.

して考察すべきであらうが、しかし無壓差の場合よりも有壓差の方が當然その豫備時間は短縮されると考へられる。この點に關しては可能なる限り人體實驗を施行の上検討すべきであらう。

(4) 急激なる復壓に就いて。周知の如く復壓又は加壓時に於いては、減壓時に於けるが如く、耳管は外氣との平衡を保つために不隨意的に開口しがたく、緩徐なる復壓に際しても屢々耳部の疼痛を訴へることがある。従つて急激なる復壓は中耳の疾患を生起せしめる危険が多分に存在する。この點に關する系統的な人體實驗は試みなかつたが、適宜耳管通氣に留意すれば、或る程度の急復壓は左程の障礙を惹起しないことは確められた。即ち實驗10に於いて7籽より3籽まで約6.8秒にて急降下したのであるが、何等の障礙をも認め得なかつた。しかしこの事實を一般に敷衍することは飽くまでも避くべきであると思はれる。蓋し復壓時に於ける耳管の機能、従つて中耳の通氣には大なる個人差があり、しかもその際の身體條件がこれを左右する所が極めて大であるからである。