HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	低圧実験家兎の腦波及び心電図について
Author(s)	九里, 正一
Citation	低温科學, 8, 103-132
Issue Date	1951-12-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17511
Type	departmental bulletin paper
File Information	8_p103-132.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Shoichi KUNORI 1951 On the Electroencephalogram and the Electrocardiogram of Rabbit under Low Atmospheric Pressure. *Low Temperature Science* **8** (With English résumé p. 132)

低壓實驗家兎の腦波及び心電圖について

九　里　正　一

(低溫科学研究所　医学部門)

(昭和25年12月受理)

I. 緒　　論

航空医学の研究目的は，低圧環境に於ける精神的並に肉体的影響を究明し，更にこれらの影響によつて生ずべき各種障碍の予防及び除去の手段を考究するにあると思われる。

従つてこの目的を達するためには先ずもつて之らの影響の発生する原因を明かにする必要がある。かゝる線に沿うての研究は近時極めて活潑に行われ既に発表せられた内外の文献は多数に上つている。

さて高度の低圧環境に於て生体は種々の影響を蒙るが，就中心臓機能の受ける変化には注目すべきものが少くない。即ちこの方面に関しては Giene-Gibert[1], Borgard[2], Opitz-Tilman[3], Schuetz[4], Tigges[5], Koch-Albers[6], Kuntz-Hammonda[7], 松尾[8], 望月[9], 田中[10], 佐野・岩橋[11]等の機能的或は組織学的研究がみられている。

又低圧環境に於て屢々精神障碍の発生することは人体実験上から周知の事実となつている。従来この方面の検索には主として心理学的な検査法が用いられて来たが，もつと客観性のある有力な科学的研究方法が要望せられて，最近では脳機能を標示すると考えられる処の脳波を応用した研究がかなり多くなつて来た。即ち Kornmüller-Noel[12], Gibbs-Lennox[13], Gibbs-Davis[14], Berger[15], 本川[16], 藤森[17], 只埜[18], 原[19], 中等[20]が之である。一方低圧環境に於ては脳に重篤な組織学的変化を生ずることは Büchner-Luft[21], Rotter[22], 安保・中村[23]等によつて報ぜられている処である。従つてかゝる形態学的変化と機能的変化との関係を明かにすることも重要な問題である。

私は低圧実験に於て最も重要な影響を蒙ると考えられる脳機能並に心臓機能の変化を知る目的で，同一家兎について脳波並に心電図の同時撮影を行つた。従来脳波と心電図の同時記録を行つたものは藤森の研究[17]があるのみである。

次いで之等の影響が如何なる機構で発生するか，又如何にすれば耐高性増強に役立つかを検討するために，諸種薬物を投与してみた。即ち酸素，葡萄糖，Vitamin P, Methylene blue を与えた場合の低圧死の状態を脳波並に心電図によつて観察したのである。猶之等の薬剤の

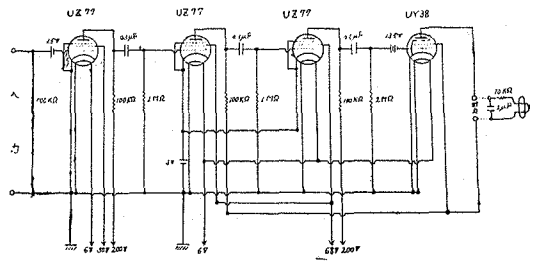
耐高性に及ぼす影響については，さきに中村及び私[24]が廿日鼠について実験し，症状初発氣圧，致死氣圧並に生存時間等からその効果のあることをみとめている。今回は更に家兎について然も特に腦機能及び心臟機能を対象として檢討したものである。

II. 実 驗 方 法

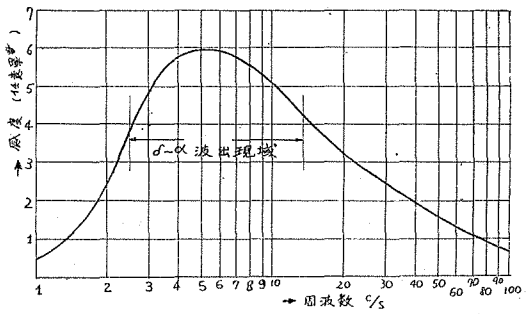
実驗には健康な成熟家兎を用い，体重毎瓩宛1gの割に Urethan を皮下注射して麻醉しておいた。Urethan 注入30分後に家兎を背位固定のまゝ硝子製低圧槽（内容約50ℓ.）に入れ槽内溫度をほゞ 15°C に保ちながら，眞空ポンプを用いて排氣した，即ち毎分平均高度300m上昇に相当する減圧速度で排氣を続け漸次低圧の度を高めて遂に動物を死に至らしめた。その間の経過中体溫の測定と共に腦波並に心電図の同時連続描記を行つた。

腦波撮影法

腦波の誘導は全般的推移を求めるため，Area praecentralis 及び Area striata の一定部位より行つた。電極には画鋲を用い頭蓋を貫いて硬腦膜に達する程度に挿入して固定した。殊に誘導部位を常に一定にする必要上，一方の電極は Area striata にて Sutura lambdoidea と Sutura sagitalis の合する点より斜に 0.3cm 離れた点におき，他極は Area praecentralis にて眼窠緣より 0.4cm 離れた点においた。腦波の増幅には抵抗結合四段増幅器を用い，記錄には電磁型「オツシログラフ」を用いた。増幅器の配線図は第1図に示す通りで，UZ6C6 3段，UY38 1段より成り，H型振動子を働作させるに充分な増幅を行つている。感度特性は第2図に示すようで，一見周波数特性が悪いように見えるが，これは本実驗では家兎の腦波の中に突発的変動とも云うべき非常に周波数が低く電圧の大きい波の混入して来ることがある。之とδ波とを分離する目的で特に低周波域の利得を下げたのである。猶本装置に於ては入力と出力との間に充分満足すべき直線関係のあることを確認した。又感度較正は各実驗の前後に必ず行い，60μV の電圧で 1.3cm の振れを生ずるようにした。



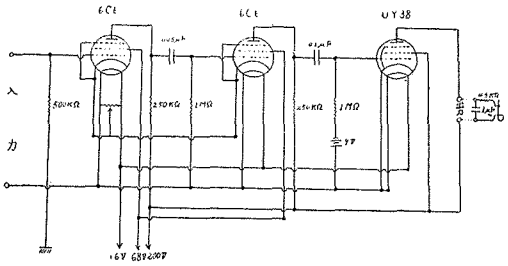
第 1 図　抵抗結合四段増幅機結線図



第 2 図　周波数特性（腦波用増幅器）

心電図撮影法

心電図の誘導には，心尖部を剃毛して直径 1cm 位の銀板を食塩糊で固定し，他極は腦波用の前部電極を利用した。

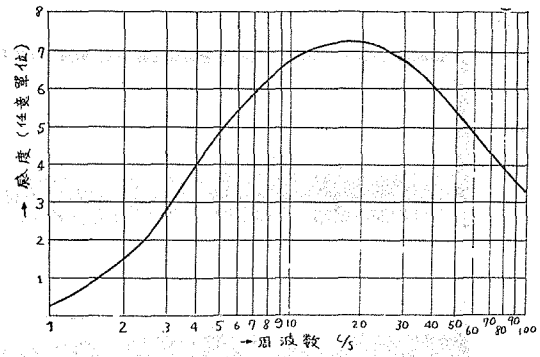


第 3 図　抵抗結合三段増幅機結線図

図に示す通りである。

以上のような装置によつて，平圧より開始して漸次減圧し遂に低圧死に至るまで全経過に亘り（但し都合により400kmまでは省いた），1km毎に腦波と心電図の同時撮影を行つた。

此の誘導は人体に於ける第4誘導に近い形となる。心電図の増幅には3段より成る増幅器を用い(第3図参照)，之を腦波と同様に電磁「オツシログラフ」H型振動子に導いた。本増幅器の周波数特性曲線は第4



第 4 図　周波数特性（心電図用増幅器）

Ⅲ. 実 験 成 績

（Ⅰ）対 照 実 験

前記の方法で正常家兎の低圧実験を行い，次の各種薬剤投与の場合の対照とした。得られた腦波及び心電図の所見は第5図及び第1表A，Bに示す如くで，その成績を綜括すれば次の通りである。

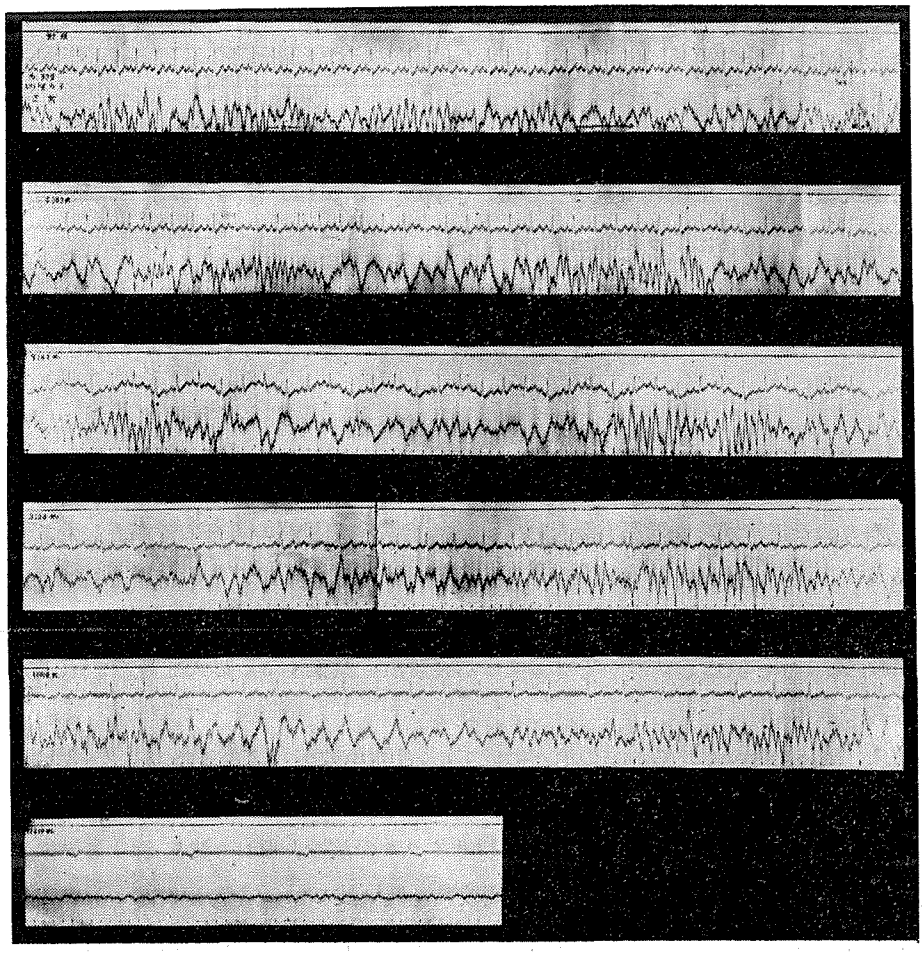
1) 呼 吸 数：減圧と共に一時増加するが後急激に減少する。最大呼吸数を示す高度は8km前後である。

2) 体 温：4kmより僅かずつ徐々に低下し，10km前後では平圧時より2～3°C低くなる。

3) 腦 波：腦波の変化は α 波（12～13サイクルの波で，仮にα波と称する）の質的変化とその消失及び δ 波（α波よりはるかに周波数の低い波で仮に δ 波と称する）の出現を主なめやすとして観察した。猶質的変化とは周波数，振幅，連続度等の変化を意味する。α 波の周波数は平圧時には 12.5 サイクルで 4～5km までは変化なく，6km を越えるとやゝ増加し9km を過ぎると急激に減少する。猶周波数の算定は適当な 20～30個の波を数えその平均を求めた。

振幅は平圧時に平均71μVあつたものが減圧と共に漸次減少し，6km で最低 57μV となり，その後再び増加し 10km ではほゞ平常値に戻る。連続度は平圧時より 4km までは 1″～1.5″ であつたものが 6～7km で一時増すが，後漸次減少し又不規則となる。α波の消失は11～13 km平均 11.7kmで突然に起る。

δ波の出現時期は比較的明瞭で，その高度は6～8km 平均6.8kmである。周波数はほゞ4サイクル程度でその変化は著しくない。振幅は6～7kmでは72μVで，8kmを越えると漸次減少し，12km 前後で完全に消失する。連続度はδ波出現の当初は不定で，30秒間に3～5個の割で連続して現われるが，8 km 附近では連続性はかなりよくなり，9～10km では又不定となる。一般にα波の消失後もδ波は存在するがδ波の消失とほゞ時を同じくして動物は低圧死に至る。



第 5 図　対　照　実　験

4) 心電図： 刺戟生成 (P—P)，刺戟傳達 (P—Q)，興奮傳播 (QRS，S—T) の時間の変化，搏動数の変動及び各種 Arythmia の出現を主な規準として検討した。搏動数 (P—P 時間の逆数) は 8km までは著変なく，9km を越えると急激に減少する。P—Q 時間及び S—T 時間も搏動数とほゞ同様に何れも9km を越えると急激に増大した。このように心電図にP—P，P—Q，S—T 等の時間的変化の急激に現われる高度を仮に心臓障碍臨界高度と呼称することにする。即ち本実験に於ては心臓障碍臨界高度は 8～10km 平均 9km である。

第 1 表 A　　対　照　実　験　　(腦　波)

高度	No. 317 1.85kg ♂ 白								No. 344 2.4kg ♀ 白								No. 309 1.95kg ♀ 白								No. 308 1.85kg ♂ 白								No. 345 2.4kg ♀ 白							
	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅
		°C	c/s	μv		〃	c/s	μv		°C	c/s	μv		〃	c/s	μv		°C	c/s	μv		〃	c/s	μv		°C	c/s	μv		〃	c/s	μv		°C	c/s	μv		〃	c/s	μv
Om	41	35	12.4	84.5	—	1.2	—	—	32	36	11.0	86.5	—	1	—	—	56	35	12.5	71.0	—	1 1.2	—	—	32	34	10.7	63.0	—	1.6 1.5 0.6	—	—	24	36.5	12.0	121	—	1 0.9 1.1	—	—
4000	44	34.5	12.0	64.0	—	—	—	—	48	35.9	11.4	87.5	—	0.5 0.7	—	—	64	34.8	12.5	69.0	—	2.2	—	—	40	34	11.4	60.0	—	1.6	—	—	36	36.2	—	—	—	1.3	—	—
5000	48	34.3	12.8	67.5	—	1.1 0.7	—	—	50	35.9	11.6	88.0	—	1.1	—	—	68	34.8	12.9	60.0	—	2.4 1.1	—	—	44	34	10.4	94.0	—	1.8 1.6	—	—	36	36	12.5	120	—	1.5	—	—
6000	54	34.2	12.8	95.0	—	1.2	3.2	69	64	35.5	11.0	90.0	—	1	—	—	77	34.5	13.0	57.0	—	3	4.2	72	48	33.9	10.0	73.0	—	1.0	—	—	36	36	12.5	110	—	1.6 1.0 0.9	—	—
7000	60	34.2	11.4	66.0	—	1.3 1.1	3.3	79	66	35.5	11.8	107.8	—	0.5 0.8	—	—	90	34.4	12.9	78.0	—	3 2.3	4.3	70	52	33.8	10.3	60.0	—	1.5 1.1	—	—	40	35.9	13.0	110	—	1.1 1.1	—	—
8000	60	34.0	12.8	98.5	—	4.4	—	—	68	35.2	12.3	85.0	—	1.1 0.5	—	—	92	34.1	12.3	86.0	—	2.1	4.3	55	48	33.5	11.9	69.0	—	1.6	3.2	70	40	35.3	12.5	109	—	1.6	4	80
9000	60	33.7	12.6	121.0	—	2.9	3.3	92	68	35.0	10.4	75.0	—	1.2	—	—	84	34	12.0	80.0	—	2.1	3.5	60	56	33.4	10.7	92.0	—	2.6	4.0	93	32	35.2	11.2	82	—	1.1 1.5	4	60
10000	45	33.7	12.2	96.0	—	1.6 1.0	—	—	76	34.8	11.0	87.0	—	0.9 0.7 1.4	—	—	60	33.9	11.5	69.0	—	2.4	3.9	40	46	33.1	10.9	83.0	—	1.2	5.0	80	32	35	11.3	116	—	3.9 1.6 1.1 0.9	4.5	90
11000	—	33.0	9.6	91.0	—	—	—	—	80	34.2	10.0	45.0	—	1.7 1.1	3.5	93	cs	33.5	—	—	—	—	3.9	40	28	32.9	10.7	83.0	—	1.9	5.0	75	24	34.5	10.9 11.1	125 58	—	2.3	—	—
12000	—	—	—	—	—	—	2.6	69	80	34.2	—	—	—	—	3.5	90	—	—	—	—	—	—	—	—	28	32.9	—	—	—	2.0	4.0	60	22	34.5	10.0	87	—	2 3.4	4.9	90
13000	—	—	—	—	—	—	—	—	cs	33.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

α波　消失高度：11000 ～ 13000m平均 11700m
δ波　出現高度：6000 ～ 8000m 〃 6750m
δ波　消失高度：11000 ～ 13500m 〃 12300m

第1表B　対照実験　電氣心仂図

高度(m)	No. 345 2.4kg 우白 呼吸数	直温(c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘(mv)	R棘(mv)	S棘(mv)	T棘(mv)	摘要	No. 317 1.85kg 令白 呼吸数	直温(c)	心搏棘	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘(mv)	R棘(mv)	S棘(mv)	T棘(mv)	摘要
0	24	36.5	275	24.8	6.9	10.3	0.30	0.55	0.45	0.40		41	35.0	226	26.5	8.6	15.2	0.35	0.11	0.45	0.40	
4000	36	36.2	270	22.2	6.9	11.5	0.33	0.40	0.50	0.40		44	34.5	226	26.5	8.6	14.7	0.35	0.11	0.25	0.35	
5000	36	36.0	265	22.2	6.9	11.5	0.33	0.40	0.50	0.50		48	34.3	208	28.7	8.6	15.3	0.35	0.11	0.25	0.35	
6000	36	36.0	261	22.6	6.9	11.5	0.33	0.40	0.50	0.35		54	34.2	212	28.4	8.6	15.0	0.35	0.11	0.25	0.35	
7000	40	35.9	260	23.0	6.9	11.5	0.33	0.50	0.20	0.40		60	34.2	212	28.5	8.6	15.3	0.35	0.11	0.25	0.35	
8000	40	35.8	260	23.0	8.0	11.6	0.23	0.60	0.15	0.40	ST下降洞性不整PQ時延長	60	34.0	184	32.6	8.6	15.5	0.35	0.11	0.20	0.35	
9000	32	35.2	261	22.6	8.6	11.6	0.20	0.60	0.15	0.38	〃　〃	60	33.7	164	36.6	9.3	15.9	0.30	0.11	0.20	0.35	
10000	32	35.0	217	33.5	8.6	14.5	0.20	0.70	0.28	0.30	〃（+）〃T2相化	45	33.7	127	47.2	10.0	18.7	0.25	0.13	0.20	0.25	P～Q時延長STノ下降
11000	24	34.5	179	40.5	8.2	13.8	0.23	0.68	0.25	0.30	〃　〃　〃	—	33.0	64	93.0	10.7	27.3	—	—	—	—	心室性期外収縮(11700m)
12000	22	34.5	148	33.5	8.2	13.9	0.20	0.60	0.10	0.30	心室性期外收縮(1分間14カ)	—	33.0	46	128.0	—	—	—	—	—	—	靜脈竇性不整脈房室不完全分離
12800	—	34.0	179	33.5	8.2	11.0	0.15	0.63	0.10	0.85	心室自仂(1分間28カ) R波逆轉、T波高ク尖鋭	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13000	—	—	—	48.5	—	11.0	—	—	—	—	重篤ナ心筋障碍	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

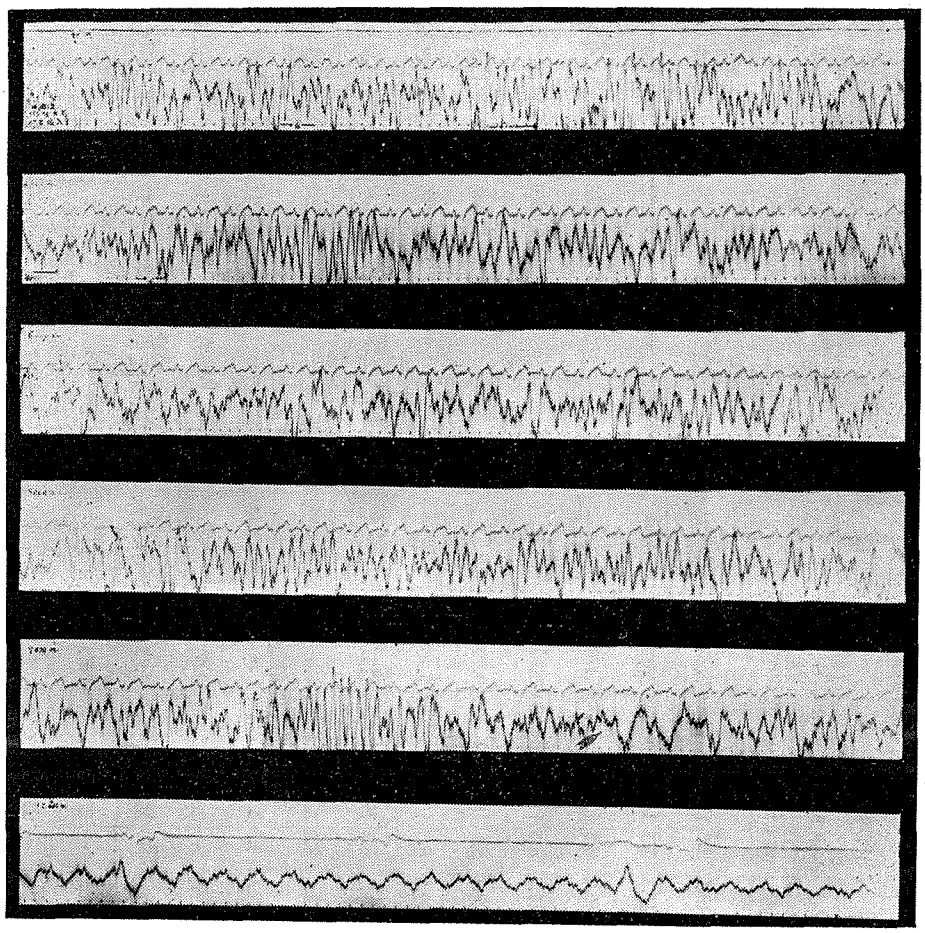
第 1 表 B　対照実驗　電氣心仂図

高度	No. 308 1.85kg 白 呼吸数	直温(c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要	No. 309 1.95.k 白 呼吸数	直温(c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mV)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mV)	摘要
0	32	34.0	218	28.3	8.5	15.5	0.25	0.83	0.95	0.23		56	35.0	300	20.0	8.0	10.6	0.25	0.90	—	0.25	
4000	40	34.0	228	26.3	8.5	15.8	0.25	0.85	0.90	0.23		64	34.8	272	22.0	8.0	10.6	0.25	0.75	—	0.25	
5000	44	34.0	228	26.3	8.5	15.8	0.25	0.83	0.90	0.23		68	34.8	272	22.0	8.0	12.6	0.25	0.63	—	0.20	
6000	48	33.9	234	25.6	8.5	15.8	0.23	0.83	0.90	0.23		77	34.5	270	22.1	8.0	12.0	0.23	0.65	—	0.20	
7000	52	33.8	207	29.7	8.5	15.8	0.23	0.83	0.90	0.20		90	34.4	265	22.6	8.0	11.3	0.23	0.50	—	0.23	
8000	68	33.5	213	28.2	8.5	15.7	0.20	0.83	0.90	0.20		92	34.1	236	25.3	8.0	11.3	0.23	0.58	—	0.20	
9000	56	33.4	72	83.0	8.3	19.0	0.20	0.80	1.0	0.2	洞性不整脉 ST降下，T 2 相性P～Q時不現則	84	34.0	196	30.6	8.6	14.9	0.20	0.58	—	0.20	ST降下
10000	46	33.1	84	71.0	8.2	22.3	0.20	0.85	1.0	0.2	洞性不整脉ST降下	60	33.9	167	36.0	8.6	14.9	0.10	0.58	—	0.1	ST降下洞性不整脉 P波扁平化
11000	28	32.9	150	42.6	8.5	23.0	0.20	0.90	0.9	0.2	洞性不整脉ST降下	—	33.5	49	—	—	11.8	0	0.45	—	−0.15	心室自仂P波消失，T波陰性
12000	28	32.5	72	83.0	—	20.3	0.20	1.0	0.6	0.2	P～Q時更ニ不規則，P波消失散見房室不完全分離	—	33.3	104	—	—	11.9	0	0.55	—	0.2	脚杜塞P波消失，T波陽性
13000	—	—	58	103.0	—	20.9	0	1.0	0.75	−0.4	P波完全消失房室完全分離 S～T下降セズ，P波陰性ニ相性	—	—	40	—	—	—	—	0.43	—	0.33	P波消失，QRST不変形
14000	—	—	55	108.0	—	20.3	0	1.1	0.25	0.15	心室性自仂，ST分離下降 S～T時延長	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R ノ下降脚結節（脚杜塞）
15000	—	—	58	112.0	—	21.6	0.20	0.9	0.5	0.15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16000	—	—	62	—	—	24.6	0	1.25	0.7	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Arythmia は毎常出現し，その出現高度は8～13km 平均10.4km であつた。種類は Sinus-arythmia, Sinus block, Ventricular extrasystole, 房室不完全分離等である。

5) 腦波と心電図の所見を対比してみるに，異常波である δ 波が平均 6.7 km で現われ，次いで心臓障碍臨界高度 (9km) に達し，やがて Arythmia が出現し (10.4km)，更に高度の進むにつれ α 波の消失を来し (11.7km)，最後に δ 波の消失 (12.3km) と云う経過を辿つて遂に低圧死に至る。

(II) 酸素吸入実験　予め30分間平圧下で酸素を吸入させておき，次いで減圧操作に移り，対照実験で減圧の際空氣を注入した代りに之を酸素でおきかえて対照と同一減圧速度で



第 6 図　酸 素 吸 入 実 験

吸入させた。その成績は第 6 図及び第 2 表A., Bに示す通りで，之を要約すると次の如くである。

1) 呼吸数：5～6km より漸次増加し，8km で最高に達し，10km を越えると急激に減少した。

第 2 表 A　O_2 吸 入 実 験 腦 波

高度	No. 312 1.75kg 牡 白								No. 321 2.2 牝 褐								No. 316 2.2kg 牝 褐								No. 313 2.0kg 牡 白							
	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅
		°C	c/s	μv		7.9″	c/s	μv		°C	c/s	μv		1″	c/s	μv		°C	c/s	μv		1.4	c/s	μv		°C	c/s	μv			c/s	μv
0m	48	33.5	12.0	120	—	2.1	—	—	36	36.5	10.7	127	—	1.7	—	—	33	34.8	10.9	132	—	2.6	—	—	44	34.8	11.3	126	1	1″	—	—
4000	44	33	13.0	112	—	1.1″ 1.4	—	—	44	—	11.6	123	—	1.7″	—	—	40	34.8	—	—	—	—	—	—	48	34.6	11.3	120	—	—	—	—
5000	48	33	13.0	106	—	4.7″	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	30	34.8	—	—	—	—	—	—	48	34.5	12.3	135	—	2.6″	—	—
6000	56	32.8	11.5	115	—	5.2″	—	—	60	—	12.8	95	—	0.6″ 1.4″	—	—	32	34.5	11.0	122	—	0.5″	—	—	52	34.2	11.8	115	—	4.5″	4	60
7000	56	32.7	11.0	104	—	—	—	—	56	—	11.0	130	—	1.6″ 0.6	—	—	32	34.5	10.9	110	—	1.6″	—	—	52	34.2	—	—	—	4.5″	—	—
8000	60	32.4	13.0	114	—	8.5″	2.6	110	78	—	12.3	120	—	1.1″	4.0	80	32	34.2	10.7	115	—	1.1″	—	—	62	34.2	12.0	105	—	—	—	—
9000	52	32.4	12.0	98	—	1.1″	2.6	110	74	—	12.6	140	—	1.6″	—	—	32	34.2	11.3	140	—	1.2″	3.0	80	56	34	11.8	113	—	—	—	—
10000	60	32	10.4	106	—	1.5″ 2	2.7	110	72	—	12.3	132	—	1.0″	4	80	34	34.2	11.5	110	—	1.1″	3.9	80	60	34	11.3	205	—	1.4″ 2.5″	—	—
11000	42	31.5	10.6	83	—	—	3.0	100	48	—	12.5	254	—	0.6″ 0.5 1.0	4	82	40	34.2	9.2	87	—	—	—	—	160	34	11.5	270	—	2.1	—	—
12000	—	—	—	—	—	—	3.5	40	60	35.5	11.6	135	—	—	—	—	64	34	9.0	70	—	1.8″	3.2	80	160	34	10.4	175	—	—	3.5	40
13000	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	11.2	114	—	—	3.6	80	—	—	—	—	—	—	3.7	75	—	—	—	—	—	—	—	—
14000	—	—	—	—	—	—	—	—	64	—	11.0	82	—	—	3.0	80	cS	33.2	—	—	—	—	3.9	70	—	—	—	—	—	—	—	—
15000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.9	70	—	—	—	—	—	—	—	—

{ α波　消失高度：11000～14000m平均　12500m（対照＝比シ＋ 800m）
{ δ波　出現 〃 ： 8000～ 9000m 〃　8300m（対照＝比シ＋1550m）
{ δ波　消失 〃 ：12100～14500m 〃　13300m（対照＝比シ＋1000m）

第 2 表 B　　O_2 吸入実驗　電氣心仂図

高度 (m)	No. 316 2.2kg 우霜降 呼吸数	直温 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv(	摘要	No. 313 2.0kg 谷白 呼吸数	直温 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要
0	33	34.8	200	30	9.6	11.5	0.23	0.5	1.0	0.15		64	34.8	214	28.0	8.3	14	0.25	0.90	0.33	0.20	
4000	40	34.8	200	30.0	10.1	11.5	0.23	0.55	1.0	0.15		48	34.6	214	28.0	8.3	14	0.25	0.85	0.53	0.20	
5000	30	34.8	200	30.0	10.1	11.5	0.23	0.55	1.0	0.15		48	34.5	203	29.5	8.3	14	0.25	0.85	0.25	0.20	
6000	32	34.5	195	30.5	10.1	11.5	0.23	0.5	0.95	0.15		52	34.5	214	28	8.3	14	0.25	0.85	0.25	0.20	
7000	32	34.5	198	30.4	10.1	11.5	0.2	0.5	0.9	0.15		52	34.2	187	32	8.3	14	0.25	0.85	0.25	0.20	
8000	32	34.2	192	31.4	10.1	11.5	0.2	0.5	0.9	0.15		52	34.2	187	32	8.3	14	0.25	0.85	0.25	0.20	
9000	32	34.2	195	30.9	10.1	11.5	0.2	0.5	0.85	0.15		56	34.0	187	32	8.3	14	0.25	0.85	0.25	0.18	
10000	34	34.2	188	32.0	10.1	11.5	0.2	0.53	0.85	0.15		60	34.0	187	32	8.3	16	0.23	0.85	0.23	0.15	
11000	40	34.2	184	32.4	10.1	12.9	0.2	0.5	0.9	0.15		160	34.0	140	43	10.0	16	0.20	0.30	0.20	0.18	
12000	64	34.0	132	42.3	10.9	15.0	0.2	0.5	0.9	0.15	靜脉竇性不整脉(1分間28ヶ), T波扁平(12400m)	160	34.0	87	102	0	18	0	— 0.20	0.20	— 0.20	P波消失R波逆轉, 心室自仂, T波逆轉, R波杜塞
13000	—	—	58	113.0	10.9	16.6	0.1	0.5	0.8	— 0.15	STノ下降, T波逆轉R脚杜塞	—	—	120	50	—	18	—	— 0.7	—	0.3	QRS時延長, 心室自仂
13400	—	—	40	150.0	10.9	17.0	0.15	0.58	0.85	— 0.15	P波消失(13700m)	—	—	115	59	0	14	0	0.20	0.63	— 0.3	
14000	—	—	48	123.0	0	22.5	0	0.25	0.3	— 0.25	R波二相性逆轉	—	—	82	74	13.0	25	0.10	0.75	—	—	單相性心室波 心筋障碍, P～Q延長
15000	—	—	49	135.0	39.0	22.4	0.15	0.1	0.8	— 0.1	房室完全分離 P波小サクS波深イ	—	—	82	74	—	25	—	—	—	—	心筋障碍 房室不完全分離

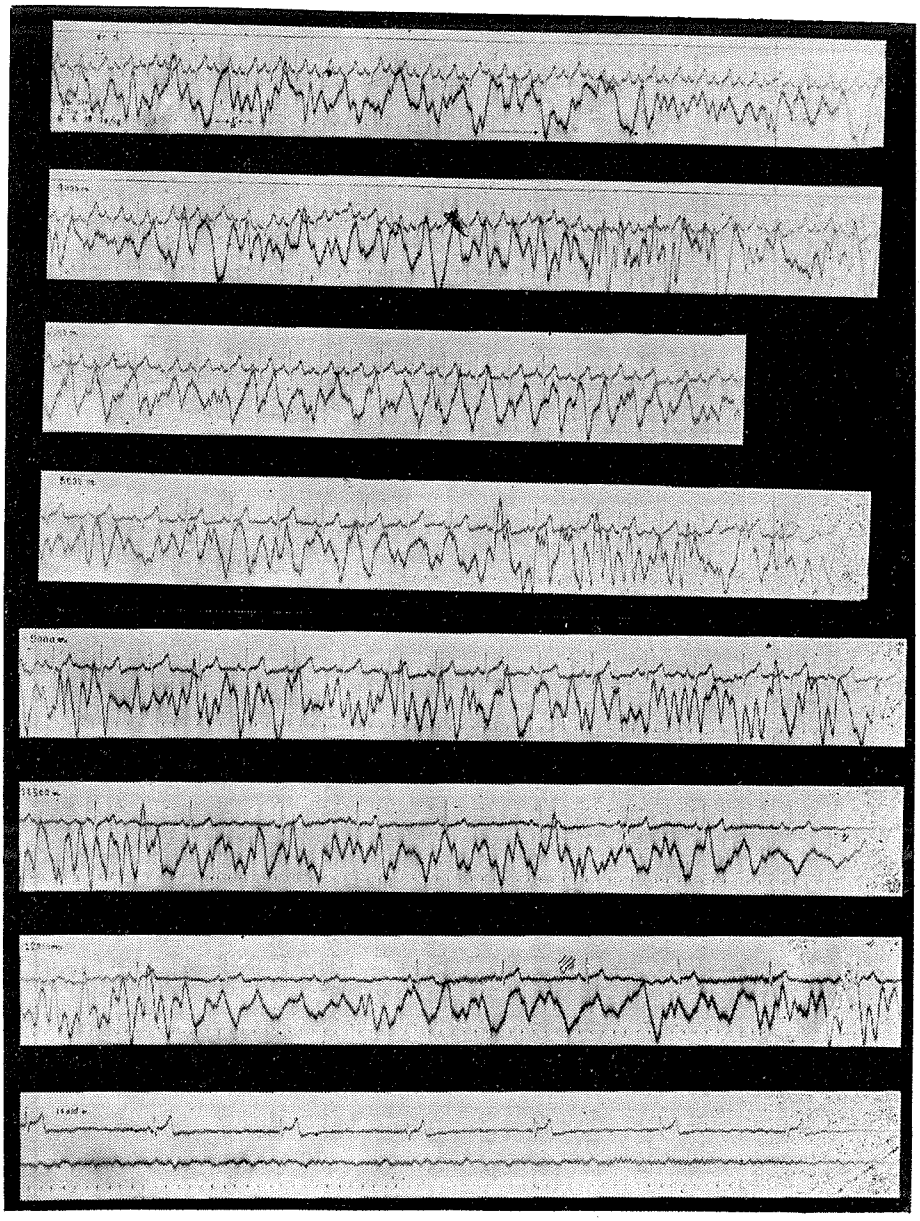
第 2 表 B　O_2 吸 入 実 験　電 氣 心 仞 図

高度 (m)	No. 321 2.2kg 우 褐 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P (mv)	R (mv)	S (mv)	T (mv)	摘要	No. 312 1.75kg 令 白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P (mv)	R (mv)	S (mv)	T (mv)	摘要
0	36	35.1	215	27.8	8.8	14.4	0.2	0.7	1.3	0.2		48	34.5	223	26.9	8.3	12.8	0.25	0·9	0.9	0.4	
4000	44	34.8	220	27.3	8.8	14.4	0.2	0.78	1.3	0.2		44	33.0	183	32.0	8.3	15.4	0.25	1.0	0.9	0.4	
5000	50	34.8	220	27.3	8.8	14.4	0.2	0.55	1.3	0.2		48	33.0	182	33.0	8.3	15.4	0.25	1.0	0.9	0.4	
6000	50	34.5	215	27.7	8.8	14.4	0.2	0.53	1.15	0.2		56	32.8	166	36.0	8.3	15.4	0.25	0.9	0.85	0.4	
7000	52	34.2	215	27.8	8.8	14.4	0.2	0.58	1.08	0.2		56	32.7	154	39.0	8.3	15.4	0.25	0.93	0.85	0.4	
8000	48	34.2	208	28.8	8.8	14.5	0.2	0.55	1.08	0.2		60	32.4	152	39.6	8.3	15.4	0.2	0.9	0.9	0.3	
9000	46	34.2	208	28.8	8.8	15.0	0.2	0.55	0.95	0.2		52	32.3	152	39.6	8.3	16.6	0.2	0.9	0.9	0.3	
10000	48	34.2	211	28.4	8.8	16.0	0.2	0.5	0.75	0.2		60	32.0	114	52.8	9.6	19.8	0.2	0.9	0.8	0.2	ST下降
11000	46	34.2	204	29.3	8.8	16.7	0.15	0.5	0.65	0.1		42	31.5	88	66.0	10.2	21.6	0.1	0.78	0.78	0.2	靜脈竇性不整脉,T波扁平時々逆轉(1分10ケ)
12000	60	34.0	150	40	8.8	21.2	0.15	0.55	0.65	0.15	ST ノ変形(Kort昏狀) T波扁平, 靜脈竇性不整脈(1分間30)	—	—	54	111.1	10.0	20.0	0.1	0.78	0.65	— 0.15	心筋障碍ST下降著明, T波逆轉
13000	72	33.4	78	77	6.7	10.3	0.08	0.53	1.03	0.1	靜脈竇性不整脈, QRS時延長	—	—	20	300.0	10.0	29.0	0.1	0.76	0.73	— 0.2	T波逆轉
14000	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	QRS時延長P～Q時延長R波杜塞, T波逆轉 R波ノ杜塞 ST ノ変形著明

2) 体　溫：6km より漸次低下する傾向を示すが比較的軽度で致死時 1.35°C の降下にすぎない。

3) 腦　波：減圧の進むに従い δ 波の出現，α 波の消失，更に δ 波の消失の順にみられることは対照と同様である。且薬物投与のいずれの例に於ても同様である。

α 波の周波数は減圧と共に軽度ながら増加の傾向を示し，8～9km で最高に達し，後徐々に減少して平圧時と等しくなり11～14km 平均12.5km で突然消失する。振幅は高度を増す



第 7 図　葡萄糖注射実驗

第 3 表 A　葡萄糖注射実験

高度	No. 336 2.2kg 令白								No. 334 2.3kg 우白								No. 332 2.1kg 우白								No. 333 2.0kg 우白							
	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅
		°C	c/s	μv			c/s	μv		°C	c/s	μv						°C	c/s	μv						°C	c/s	μv				
0m	36	35.5	11.5	98	—	1.1″	—	—	56	35.8	10.6	125	—	1.6″	—	—	44	35.8	10.5	105	—	1″ 2″	—	—	52	36	10.4	89	—	2″ 1.3″	—	—
4000	40	35.	11.8	80	—	1.6″ 1.5″	—	—	60	35.3	11.5	104	—	1″	—	—	64	35.2	10.7	104	—	1.5″ 1.6″	—	—	68	35.5	11.0	85	—	0.8″ 2.2″	—	—
5000	36	35	11.8	85	—	1.7″	—	—	64	35	10.4	100	—	1.2″	—	—	60	35	10.7	105	—	2″	—	—	76	35	10.5	74	—	—	—	—
6000	46	34.8	10.5	97	—	—	—	—	64	35	10.3	100	—	1.2″	—	—	80	35	10.5	103	—	1.8″	—	—	112	35	10.7	71	—	—	—	—
7000	44	34.8	11.5	99	—	—	—	—	64	35	9.2	94	—	1″ 1.2″	—	—	84	34.8	10.5	97	—	1.6″	—	—	104	35	10.5	88	—	1.1″ 2.1″	—	—
8000	40	34.3	11.8	105	—	1.3″	—	—	66	35	9.7	82	—	1.2″	—	—	80	34.5	11.0	110	—	1.1″ 1.5″	—	—	104	35	9.7	78	—	1″ 2.2″	—	—
9000	44	34.3	10.4	132	—	4.1″ 1.2″	—	—	56	34.8	9.2	87	—	—	—	—	92	34.2	11.6	125	—	2″ 2.6″	—	—	120	34.8	9.5	77	—	2″	—	—
10000	40	33.8	9.8	85	—	1.0″	—	—	56	—	8.9	69	—	—	3.2	80	88	34	11.2	79	—	1.5″	—	—	92	34	7.6	64	—	1.8″	3.7	60
11000	40	33.4	9.8	99	—	0.8″	3.3	88	48	34.5	9.0	89	—	1.1″	—	—	52	33.5	11.2	81	—	2″	—	—	68	33.8	7.6	58	—	0.4″	3.6	60
12000	—	33.2	9.9	56	—	2.3″	3.1	84	42	—	8.7	92	—	—	3.1	80	40	33.2	9.8	58	—	1.5″	4	65	88	—	—	—	—	0.7″ 0.9″	3.7	40
13000	cs	33.2	—	—	—	—	3.5	20	—	—	—	—	—	—	—	—	cs	—	7.0	50	—	0.7″	4	60	—	—	—	—	—	—	3.4	28
14000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5	20	—	—	—	—	—	—	—	—

{ α波消失高度　12300～13500m 平均 12700m (対照比+1000)
δ波出現高度　10000～12000m 平均 10660m (〃 +3910)
δ波消失高度　13100～13500m 平均 13200m (〃 + 900)

第 3 表 B　葡萄糖注射実験　電氣心仂図

高度 (m)	No. 336 2.2kg 令白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P σ	P-Q σ	S-T σ	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要	No. 334 2.3kg 우白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P σ	P-Q σ	S-T σ	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要
0	36	35.5	262	23.1	7.6	10.4	0.30	1.05	0.25	0.46		56	35.8	271	22.1	10.0	12.0	0.25	0.82	0.25	0.15	
4000	40	35.0	257	23.1	7.6	11.1	0.30	7.05	0.25	0.55		60	35.3	271	22.1	10.0	11.3	0.25	0.80	0.25	0.15	
5000	36	34.8	240	25.0	7.6	12.8	0.30	7.00	0.25	0.55		64	35.0	271	22.1	10.0	10.7	0.25	0.75	0.10	0.15	
6000	46	34.8	211	28.5	7.6	12.8	0.30	7.00	0.25	0.42		64	35.0	236	25.4	10.0	12.7	0.25	0.75	0.20	0.15	
7000	44	34.8	159	31.7	8.1	12.5	0.30	7.00	0.25	0,55		64	35.0	225	26.6	10.3	13.3	0.20	0·75	0.10	0.15	
8000	40	34.5	147	40.6	8.7	15.4	0.30	1.00	0.25	0.55		66	35.0	215	28.0	10.3	13.3	0.20	0.70	0.15	0.15	
9000	44	34.3	134	44.2	8.7	14.4	0.30	0.95	0.25	0.55		56	34.8	182	33.0	10.6	14.7	0.20	0.75	0.10	0.12	
10000	40	33.8	96	62.5	9.3	16.8	0.25	0.98	0.25	0.51	T波二相性 ST ノ下降著明	56	34.6	104	57.5	10.6	24.6	0.20	0.90	0.25	0.20	R棘高ク T波二相性 S-T ノ下降
11000	40	33.4	94	64.0	9.3	18.5	0.25	1.05	0.15	0.50		48	34.5	93	65.8	11.3	25.0	0.15	0.95	0.15	0.22	P-Q時延長ST時延長
11500	24	33.4	91	66.1	9.3	18.6	0.20	0.88	0.25	0.35		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12000	—	33.2	72	83.0	9.7	18.8	0.20	0.88	0.20	0.30		42	—	96	62.5	12.7	29.3	0.25	0.95	0.15	0.22	
12500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	T波逆轉	—	—	82	73.2	13.6	20.0	0.15	0.90	0.15	— 0.20	靜脈竇性不整脉(1分間40カ)
13000	—	33.2	69	86.0	9.8	15.5	0.18	0.75	0.10	— 0.20		—	—	100	60.0	12.6	20.6	0.10	1.30	0.30	— 0.10	心室性期外収縮(1分間40カ)
14000	—	33.1	62	96.5	0	12.8	0	0.65	0.15	0.55	P波消失, ST-Korth 盆狀, 房室不完全分離心筋障碍	—	—	35	16.9	0	18.7	0.80	0.90	0.25	— 0.50	P波消失T波逆轉, 房室完全分離
15000	—	33.1	67	89.0	0	10.4	—	0.75	0	0.35	P 波消失, 房室完全分離	—	—	57	104.5	0	—	0	1.30	0.10	— 0.10	房室完全分離
16000	—	—	48	125.0	12.9	17.4	0.10	0.70	0.40	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	房室完全分離 房室不完全分離

第 3 表 B　葡萄糖注射実験　電 氣 心 仂 図

高度 (m)	No. 332 2.1kg 우 白 呼吸数	直温 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P 棘 (mv)	R 棘 (mv)	S 棘 (mv)	T 棘 (mv)	摘要	No. 333 2.0kg 우 白 呼吸数	直温 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P 棘 (mv)	R 棘 (mv)	S 棘 (mv)	T 棘 (mv)	摘要
0	44	35.8	240	25.0	8.7	10.0	0.25	0.75	0.60	0.25		52	36.0	250	24.0	7.7	14.5	0.30	0.75	0.58	0.40	
4000	64	35.2	240	25.0	8.7	10.6	0.25	0.63	0.60	0.25		68	35.0	254	23.6	7.9	15.5	0.23	0.65	0.75	0.35	
5000	60	35.0	243	24.3	8.7	11.9	0.25	0.60	0.50	0.25		76	35.0	234	25.6	7.5	12.2	0.25	0.53	0.75	0.30	
6000	80	35.0	275	21.8	8.7	11.9	0.25	0.60	0.60	0.25		92	35.0	240	25.0	7.9	11.8	0.20	0.45	0.50	0.23	
7000	84	34.8	200	30.0	8.7	12.4	0.25	0.65	0.50	0.25		104	35.0	195	31.5	7.7	15.6	0.25	0.75	0.80	0.45	
8000	80	34.5	160	37.5	8.7	12.4	0.15	0.73	0.50	0.25		104	35.0	152	39.5	8.5	16.0	0.30	1.03	0.75	0.50	
9000	92	34.2	163	36.8	8.3	15.0	0.20	0.65	0.40	0.20		120	34.8	135	44.5	9.2	18.4	0.25	0.96	0.75	0.50	靜脉竇性不整脉1分間50 房室不完全分離1分間30
10000	88	34.0	161	37.0	9.4	15.3	0.15	0.50	0.35	− 0.10		92	34.8	120	50.0	9.5	18.4	0.15	0.90	0.65	0.30	不整脉(1分間30)
11000	52	33.5	146	41.3	11.0	15.4	0.15	0.70	0.50	0.15		88	33.8	116	52.0	9.4	22.3	0.15	0.80	0.80	0.25	靜脉竇性不整脉(1分24) S-Tノ下降
12000	40	33.2	67	87.3	9.3	15.6	0.10	0.60	0.40	0.10	靜脉竇性不整脉(1分間35ケ)	88	—	134	44.6	8.5	21.0	0.15	0.70	0.65	0.20	心室性期外收縮 房室不完全分離
12500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		60	33.5	90	60.5	—	17.7	0.10	0.60	0.25	0.15	靜脉竇性不整脈 T波扁平
13000	—	—	70	85.0	9.3	18.7	0.10	0.50	0.25	0.10	心室性期外收縮 (1分間3ケ)	—	—	93	64.5	7.2	14.5	0.10	0.40	0.23	0.05	
13500	—	—	60	99.5	—	18.7	0.05	0.30	0.25	− 0.10	P波消失, T波逆轉房室不完全分離	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14000	—	—	64	94.0	—	13.7	0	0.25	0.30	− 0.10	房室完全分離, T波逆轉	—	—	—	77.0	7.9	20.4	0.05	0.25	0.75	0.05	T波痕跡 S波深クナル
15000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

につれて減少し6kmで最低となるが，その後次第に増加しα波消失前に再び減少する。連続度は初期に減少し，6kmで増大する。

δ波は8.3kmで出現し，13.3kmで消失した。周波数はほゞ3サイクルでその変化は著しくない。振幅は6～8kmでは平均82μvであるが10kmを越えると多少減少し13km前後で完全に消失する。

之を対照群に比較するにα波消失高度は12.5kmで対照より0.8km高く，δ波の出現は8.3kmで1.5km高く，消失高度は13.3kmで1kmだけ高い。

4)　心電図：　搏動数は低圧の進行と共に漸次減少し，10kmを越えると急激に減少する。心臓障碍臨界高度は平均11.3kmである。P—Qは9kmまでは特別な変化はないが，それ以後急激に延長した。S—TもP—Qと殆ど同様の経過を示した。

Arythmia出現高度は平均12kmで主としてSinus Arythmiaがみられ，心筋障碍に移行するものが多かつた。之を対照群に比較すると，心臓障碍臨界高度は2.3km高く又Arythmia出現高度は1.6km高かつた。

5)　腦波と心電図との関係に於ては，δ波出現高度は8.3kmで心臓障碍臨界高度は11.3kmであり，やゝ遅れてArythmiaは12kmに出現し，更に之より0.5km高度でα波消失し(12.5km)，最後にδ波の消失を来した(13.3km)。

即ち対照群に比し，種々の病的変化の出現高度が高かつた。

(III)　葡萄糖注入実験

減圧開始30分前に葡萄糖を体重毎kg1g宛靜脈内に注入した。その成績は第7図及び第3表A，Bに示す通りである。

1)　呼吸数：　9kmまでは漸次増加するがその後急激に減少した。

2)　体　溫：　末期には1.3～3.8°C平均2.4°Cの低下を示した。

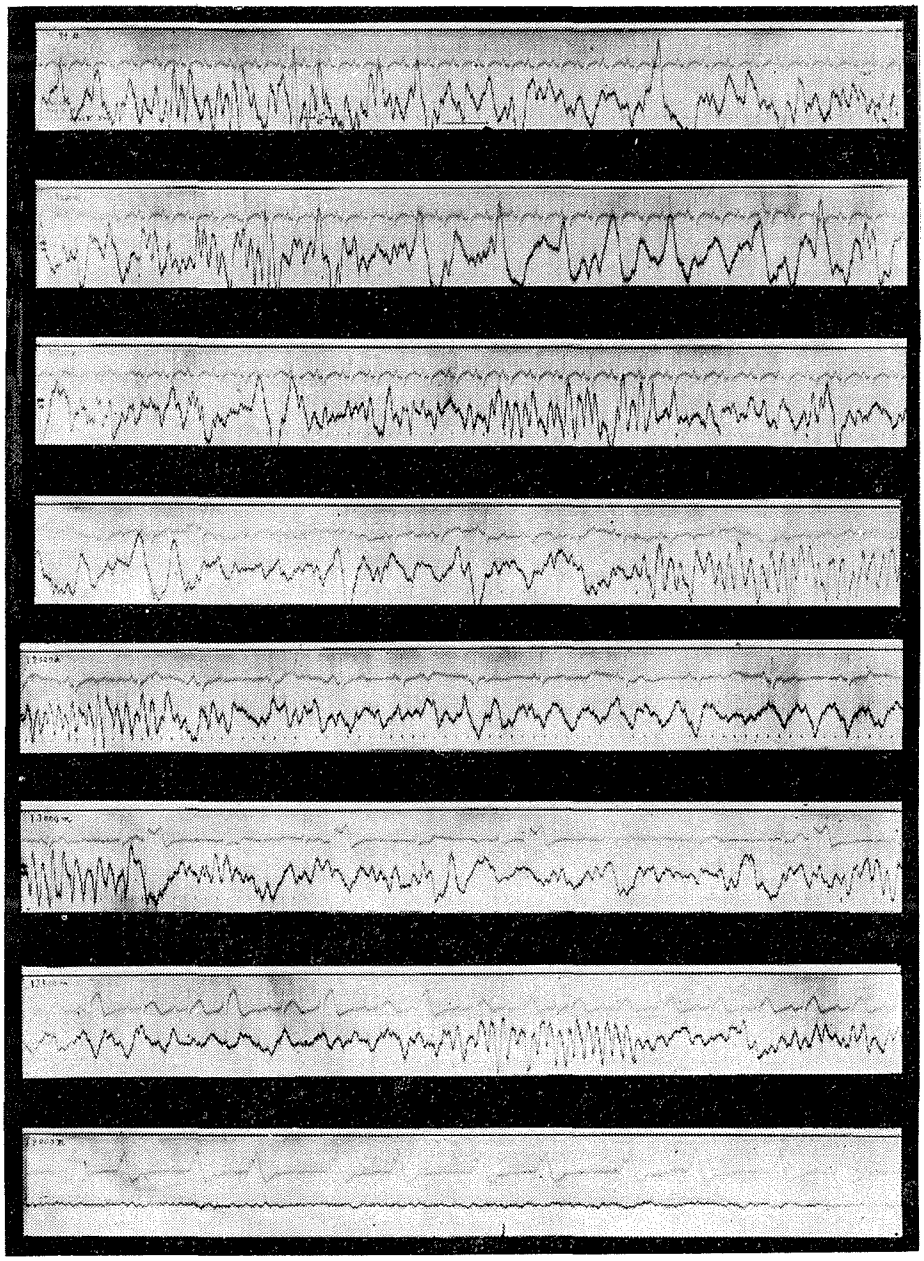
3)　腦　波：　α波の周波数は低圧の進行と共に一時(7～9km)減少するが又増加し，やがて再び平圧時と同程度となり12～13kmで突然消失する。振幅は8～9km附近で一時増大するが之を過ぎると次第に減少する。連続度には一般に著変は認められない。α波の消失は12.3～13.5km平均12.7kmで対照群に比し1km，酸素吸入群に比し0.2kmの延長がみとめられた。

δ波の出現高度は10～12km平均10.7kmで対照に比し3.9km，酸素吸入群に比し2.4kmの延長を示した。周波数は殆ど不変で3.5サイクル程度であつた。振幅は漸次減少の傾向があつた。δ波の消失高度は13.～13.5km平均13.2kmで対照群に比し0.9kmの延長，酸素吸入群に比してはほゞ同程度であつた。要するに病的波の出現高度が対照群よりも高かつた。

4)　心電図：　搏動数は漸次減少し9kmを過ぎると一般に急激に減少する。心臓障碍臨界高度は10～12km平均10.5kmで対照群に比し1.5kmの延長を示した。P—Qは10kmまでは著

変はないがそれを過ぎると急激に延長し，S—T も9km を越える頃から急に延長を来した。Arythmia は11.4kmより現われ，Sinus arythmia, Ventricular extrasystole, P 棘の消失，房室不定全分離或は完全分離等がみられた。Arythmia 出現高度は対照群に比し1.5km の延長を示した。

5) 脳波と心電図との関係では，δ 波出現高度（10.7km）と心臓障碍臨界高度（10.5km）



第 8 図　　Hesperin 注 射 実 験

第 4 表 A　　Hesperin 注射実験　　腦　　波

高度	No. 327 1.75kg 谷白								No. 329 1.8kg 우白								No. 326 1.7kg 우白								No. 331 2.1kg 우白							
	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅	呼吸数	直温	α波 周波数	α波 振幅	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数	δ波 振幅
		°C	c/s	μv			c/s	μv		°C	c/s	μv			c/s	μv		°C	c/s	μv			c/s	μv		°C	c/s	μv			c/s	μv
0m	40	36	12.3	94	—	1.2″	—	—	32	35	10.3	134	—	1.7″ 1.6″	—	—	64	35.8	10.3	89	—	0.8″	—	—	40	35.5	10.4	98	—	1.8″ 1.5″	—	—
4000	44	35.8	11.3	116	—	1.0″	—	—	36	34.5	10.2	117	—	2.2″ 2.1″	—	—	60	35.5	10.3	105	—	0.8″	—	—	52	35.3	10.8	90	—	2.1″	—	—
5000	52	35.4	11.5	100	—	1.2″	—	—	40	34.5	10.8	108	—	1.8″ 1.8″	—	—	80	35.5	10.3	91	—	0.9″	—	—	60	—	10.5	86	—	2.2″	—	—
6000	50	35.3	10.6	117	—	1.0″	—	—	44	34.5	11.3	120	—	2″	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—	64	35	10.5	92	—	2.0″	4.9	68
7000	64	34.8	10.0	122	—	0.9″	3.3	80	56	34.3	10.4	107	—	3.7″	—	—	84	35	9.7	108	—	1.5″	—	—	80	35	10.3	104	—	1.4″ 2.0″	—	—
8000	68	34.5	9.3	134	—	1.2″	—	—	64	34.3	10.6	94	—	1.8″ 4.6″	4	60	76	34.5	9.6	115	—	1.9″	—	—	72	35	8.5	115	—	2.1″	4.1	52
9000	72	34	9.7	115	—	1.2″	4.0	60	64	34.3	9.0	114	—	1.5′ 1.4″	5.2	80	72	34.5	9.5	107	—	0.8″	4	100	60	35	—	—	—	—	3.5	60
10000	44	34	9.5	87	—	2.2″ 1.8″	4.6	80	60	34	8.9	149	—	1.8″ 3.9″	3.5	80	48	34.5	9.3	103	—	0.9″	—	—	52	34.8	8.6	60	—	2.5″ 2.2″	3.3	60
11000	60	33.8	9.4	81	—	1.2″	4.4	60	52	34	8.8	89	—	4.4″ 3.5″	3.0	88	56	34.5	9.3	96	—	0.9″	4.3	100	—	—	8.4	60	—	—	3.4	60
12000	112	33.8	9.7	73	—	1.4″ 1.2″	4.6	84	46	34	8.5	72	—	1.6″ 2.8″	2.7	80	60	34.5	9.7	87	—	0.9″	2.9	20	cS	33.5	8.7	69	—	—	3.5	50
13000	cS	—	—	—	—	—	—	—	32	33	—	—	—	5.1″	2.8	50	cS	34.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

{ α波　消失高度：　12000～13700m 平均 12700m (対照比+1000m)
{ δ波　出現高度：　 6000～12000m 平均 8800m (対照比+2050m)
{ δ波　消失高度：　12800～13700m 平均 13200m (対照比+ 900m)

第 4 表 B　Hesperin 注射実験　電 氣 心 仂 図

高度 (m)	No. 327 1.75kg 令白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P–P (σ)	P–Q (σ)	S–T (σ)	P 棘 (mv)	R 棘 (mv)	S 棘 (mv)	T 棘 (mv)	摘要	No. 329 1.8kg 우 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P–P (σ)	P–Q (σ)	S–T (σ)	P 棘 (mv)	R 棘 (mv)	S 棘 (mv)	T 棘 (mv)	摘要
0	40	36.0	206	29.0	7.0	12.5	0.25	1.05	0·60	6.45		32	35.0	225	26 7	9.3	14.6	0.30	0.95	0.25	0.15	
4000	44	35.8	226	26.5	7 0	13.0	0.25	1.05	0.45	0.43		36	34 5	221	22.1	9.3	16.0	0.30	1.00	0.25	0.15	
5000	52	35.4	214	28.0	7.5	13.0	0.20	1 05	0.45	0.30		40	34.5	223	27.0	9.3	16.0	0.25	1.00	0.25	0.15	
6000	50	35.3	175	35.0	7.5	14.0	0.20	1.05	0.45	0.30		44	34.4	215	28.0	9.3	16.0	0.25	1.00	0.25	0.15	
7000	64	34.8	152	39.5	7.5	16.5	0.20	1.05	0.48	0.30		56	34.3	215	28.0	10.0	16.7	0.25	1.00	0.25	0.15	
8000	68	34.5	114	52.5	8.0	17.0	0.15	1.05	0.45	0.30		64	34 3	196	30.6	10.0	17.3	0.25	0.95	0.25	0.15	
9000	72	34.0	107	56.0	8.0	19 5	0.15	1.00	0.45	0.33	T波二相性	64	34.3	192	36.3	10.0	18.0	0.25	0 95	0.28	0.15	
10000	44	34.0	99	60.5	8.0	20.0	0 15	0.85	0.55	0.30	STノ下降	60	34.0	136	44.0	11.3	22.6	0.25	0.95	0.25	0 15	STノ下降
11000	60	33.8	78	77.0	8.0	22.0	0.15	1.00	0.50	0.20	T波陰性ノ場合アリ且又扁平ナルモアリ	52	34.0	136	44.0	11.3	22.1	0.25	1.00	0.25	0.15	
11500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	34.0	102	58.7	11.3	22.6	0.25	1.00	0.25	0.15	靜脈竇性不整脈(1分20ヶ)
12000	112	33.8	64	94.0	—	22.0	—	1.00	1.00	— 0.15	P波消失，T波逆轉	46	34.0	88	68.0	10.0	23.3	0.15	1.00	0.25	0.15	心室性期外收縮(1分8ヶ)
12500	172	33.8	82	73.5	—	22 0	—	0.90	0.90	— 0.10		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13000	—	—	200	30.0	0.80	14.0	0.15	0.80	1.80	— 2.00	P波出現，T波逆轉 S波深シ	32	33.0	89	69.0	10.0	24.0	0 15	0.90	0.20	— 0.15	P波消失，QRS 延長，心室性期外收縮(1分40)，S–T 変形房室不完全分離
13500	—	—	71	84.0	—	14.0	—	0.80	0.20	2.0	心室性期外收縮(1分間20ヶ) P波消失	—	—	120	49.5	15.8	18.2	0 15	0.80	0.20	0.50	心室性期外收縮 (1分40) P–Q時延長，R二相性
14000	—	—	—	—	—	—	—	—	0.20	—	QRS時延長，P波再現	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

第 4 表 B　Hesperin 注射実験　電氣心仂図

高度 (m)	No. 326 1.7kg 우白 呼吸数	直溫 (°c)	心搏数	P–P (σ)	P–Q (σ)	S–T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要	No. 331 2.1kg 우白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P–P (σ)	P–Q (σ)	S–T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要
0	64	35.8	277	20.9	8.0	12.6	4.45	0.9	0.4	0.27		40	35.5	214	28.0	9.3	12.7	0.25	0.75	0.35	0.20	
4000	60	35.5	275	21.7	8.1	13.4	0.45	1.0	0.4	0.27		52	35.3	225	26.6	9.3	12.7	0.25	0.75	0.35	0.20	
5000	80	35.5	262	23.0	8.1	13.3	0.40	0.95	0.4	0.25		60	—	220	27.3	9.3	13.3	0.25	0.75	0.35	0.20	
6000	80	35.2	240	25.0	8 0	13.7	0.40	1.0	0.4	0.25		64	35.0	200	30.0	9.3	14.0	0.25	0.68	0.25	0.20	
7000	84	35.0	223	27.0	8.1	13.3	0.40	1.0	0.4	0.25		80	35.0	182	32.7	9.3	15.0	0.20	0.68	0.25	0.20	
8000	76	34.5	202	29.8	8.0	13.8	0.40	0·9	0.4	0.22		72	35.0	154	38.6	9.3	15.3	0.15	0.75	0.25	0.20	
9000	72	34.5	165	37.3	8.0	17.4	0.40	0.95	0.35	0.20		60	35.0	134	46.0	10.0	19.3	0.15	0.75	0.25	0.20	靜脉竇性不整脉 (1分80ヶ) T波扁平
10000	48	34.5	126	47.8	8.6	17.3	0.40	1.0	0.25	0.17	ST↗下降, T波扁平	52	34.8	80	75.0	10.0	24.0	0.15	0.75	0.35	0.10	靜脉竇性不整脉 (1分40ヶ)
11000	56	34.5	118	50.6	8.5	31.5	0 40	0.9	0.25	逆轉	心室性期外收縮 (1分52ヶ)T波逆轉	48	—	66	90.5	10.5	23.3	0.10	0.70	0.35	— 0.15	T波逆轉
12000	60	34.5	91	65.5	9.8	16.6	0.25	0.7	0.25	〃	T波逆轉, R波杜塞	40	33.5	48	122.0	10.0	20.0	0.10	0.25	0.35	0.15	R波杜塞
13000	—	34.0	45	—	—	16.7	—	0.75	0.35	〃	P波消失. T波逆轉	—	—	48	122.0	—	20.0	0.20	0.90	0.20	— 0.15	心室期外收縮 (1分20ヶ) P波消失
14000	—	—	36	65.0	1.1	16.0	—	0.75	0.4	陽轉	QRS延長 T波陽性	—	—	120	—	—	—	—	—	—	—	T波二相性, R波高小 S波深シ
15000	—	—	36	—	—	—	—	—	—	—	心筋障碍	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	P波消失

とは略等しく，Arythmia 出現（11.9km）α波の消失（12.7km），δ波の消失（13.2km），の順に起つた。之等各種変化の出現高度及び順序は対照群とは明かに，又酸素吸入群とも多少異つている。兎に角一般に病的変化の出現高度の高いことがみとめられた。

(IV) Vitamin P 投与実験

Vitamin P（武田製 Hesperin）を毎kg 5mg 宛家兎の靜脈内に注入し，30分後対照と同様にして低圧実験を行つた。

その結果は第8図及び第4表A，Bに示す通りである。

1) 呼吸数：7～9kmでは一時増加し，次いで急激に減少して死に至る。

2) 体　溫：低圧の進行と共に徐々に低下し，死期には1.8～2.8°C 平均 2.15°C まで下つた。

3) 腦　波：α波の周波数は7kmまでは著変なく其後軽度ながら減少した。振幅は 9km までは殆ど不変であるがその後やゝ減少し最後に突然消失した。連続度は 8km までは不変で9～10kmに一時増強し，11kmを越えると減弱した。α波の消失は12～13.7km平均12.7km で対照群に比し1kmの延長である。

δ波の出現高度は6～12km 平均で8.8km対照群に比し2km 延長し，消失高度は 12.8～13.7 km平均13.2kmで対照群に比し0.9km 延長している。周波数は9kmまでは著変なく之を越えると多少減少して来た。振幅は周波数と反対に9kmを越えると増大して来た。一般に腦波の所見では対照群より異常波の出現高度が高かつた。

4) 心電図：搏動数は9km までは漸次減少するが之を越えると急激に減少した。心臟障碍臨界高度は8～10km，平均9kmで対照群と同様である。P—QはP—Pとほゞ同様であり，S—Tも亦10km で急激に増大した。Arythmia は 11.5km より出現し，主として Sinus arythmia, Ventricular extrasystole が見られた。猶 S—T の変形もしばしば認められた。

5) 腦波と心電図との関係では，δ波の出現は 8.8km で，心臟障碍臨界高度もほゞ同程度の9km である。次いで Arythmia の出現（11.5km），α波の消失（12.7km），δ波の消失の順に続く，各種変化の出現高度及び順序は対照群とは明かに異り，又酸素吸入群，葡萄糖注入群とも多少相違している。とにかく一般に対照群に比し病的変化の出現高度の高いことがみとめられる。

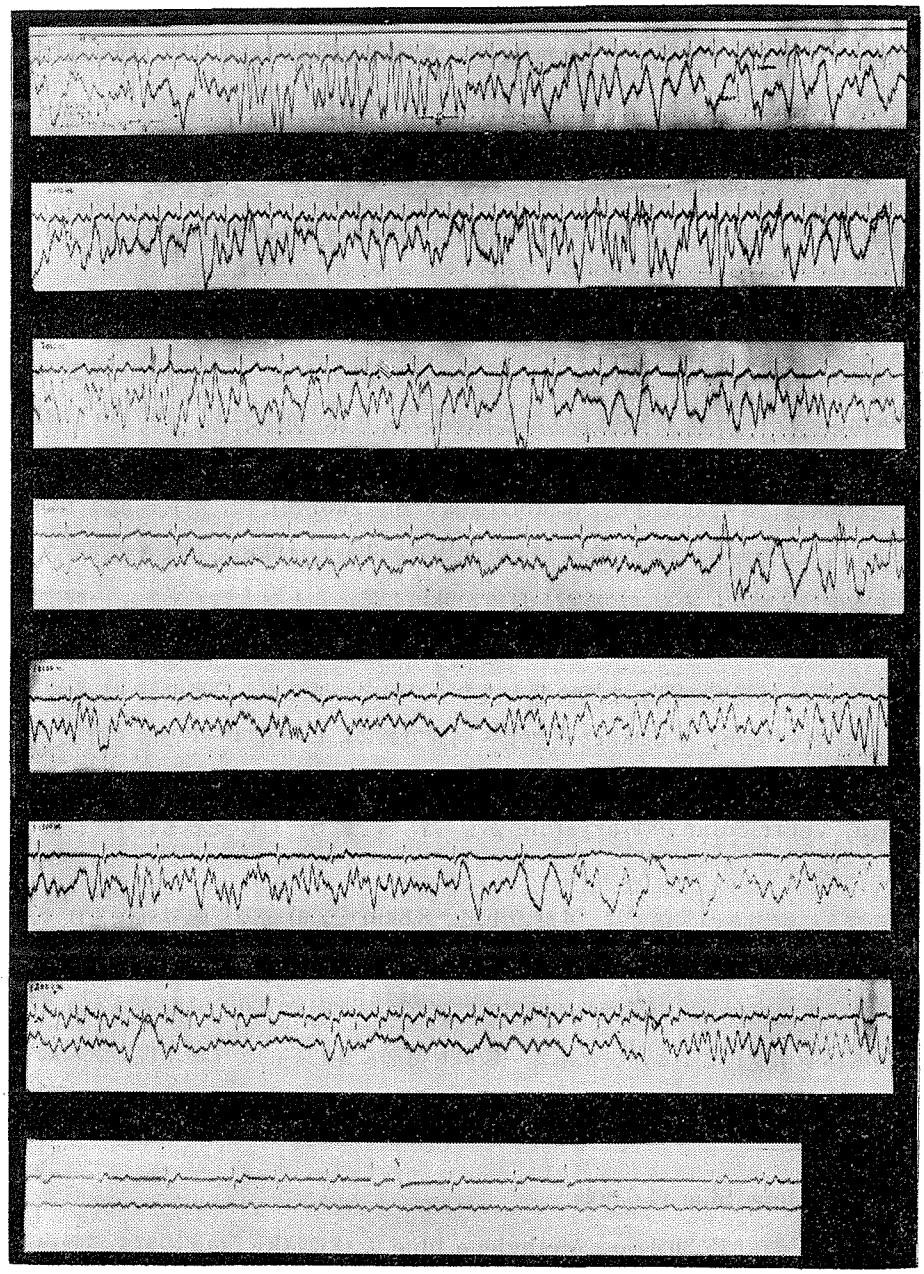
(V) Methylene blue 投与実験

前実験同様，減圧開始30分前に Methylene blue を体重毎kg 5mg の割に靜脈内に注入した。その成績は第9図及び第5表A，Bに示す通りである。

1) 呼吸數：7kmまでは漸次増加するがその後減少する。

2) 体 溫： 減圧と共に軽度ながら低下し，最後に1.7～2.5C°平均2.17C°だけ低下した。

3) 腦 波： α波の周波數は7～8kmまでは殆ど変化なく，9kmから徐々に減少した。振幅は6～7kmで1時減少し，8～9kmで多少増大し，その後再び減少した。連続度は7～8kmまでは変らないが，その後多少増す傾向を示した。α波の消失は11.5～12.4km平均11.9



第 9 図 Methglene blue 投與実驗

第 5 表 A　　Methylene blue 注射実験　腦　波

高度	No. 339 2.5kg 우白 呼吸数	直溫 °C	α波 周波数 c/S	α波 振幅 μv	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数 c/S	δ波 振幅 μv	No. 337 1.9kg 수白 呼吸数	直溫 °C	α波 周波数 c/S	α波 振幅 μv	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数 c/S	δ波 振幅 μv	No. 341 2.7kg 우白 呼吸数	直溫 °C	α波 周波数 c/S	α波 振幅 μv	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数 c/S	δ波 振幅 μv	No. 340 2.3kg 우白 呼吸数	直溫 °C	α波 周波数 c/S	α波 振幅 μv	α波 頻度	α波 連続度	δ波 周波数 c/S	δ波 振幅 μv
0m	68	36	11.7	110	—	2.2″ 1.4″	—	—	40	34	10	109	—	1.0″ 1.2″	—	—	48	37	11.3	105	—	1 6″ 0.6″	—	—	60	36	10.3	82	—	2.4″	1	1
4000	72	35.8	11.6	117	—	2.4″	—	—	54	33.6	10.4	119	—	2.6″	—	—	76	36.8	11.5	103	—	0.6″	—	—	92	—	11	78	—	0.8″	1	1
5000	80	35.8	—	—	—	—	—	—	54	33.5	10.7	100	—	2.2″ 2.6″	—	—	96	36.5	10.4	109	—	0.8″ 1.6″	—	—	92	35	—	—	—	1.3″	1	1
6000	80	35.7	10.6	83	—	—	—	—	60	33.5	10.5	98	—	2.2″	—	—	98	36.5	10.7	93	—	—	—	—	48	—	10.6	84	—	0.9″	1	1
7000	96	35.7	11.8	87	—	1.5″ 0.9″ 0.9″	—	—	48	33	—	—	—	—	—	—	120	36	10.7	100	—	—	—	—	80	34	11.5	70	—	0.8″	3.9	60
8000	72	35	11.9	93	—	1.4″ 1.4″ 1.6″	—	—	44	33	10.3	87	—	1.1″	—	—	100	36	10.7	100	—	1.8″	—	—	72	—	10.7	95	—	1.9″ 2.3″	3.8	60
9000	100	34.7	10.0	95	—	4.5″	44	60	48	32.8	8.8	125	—	1.4″	—	—	84	34.8	9.3	93	—	1.1″	—	—	68	—	10.2	85	—	1.2″	4	60
10000	76	34.5	10.0	90	—	6.4″	—	—	48	32	—	—	—	—	3.4	70	100	34.6	9.3	81	—	0.6″	—	—	68	—	—	—	—	—	3.3	50
11000	80	34.3	9.3	94	—	3.4″ 1.8″	—	—	42	31.5	7.4	114	—	2.6″	3.4	70	100	34.5	8 7	50	—	1.2″	4.0	60	64	—	8.5	73	—	3″	2.9	60
12000	56	—	10.7	72	—	3.9″ 3.0″	3.0	50	cS	—	—	—	—	—	2.9	70	150	34.2	—	—	—	—	4.2	60	—	—	—	—	—	—	—	—

α波　消失高度：　11500m～12400m　平均　11900m　(対照比＋ 200m)
δ波　出現高度．　7000m～11000m　平均　9300m　(対照比＋2.8km)
δ波　消失高度：　11700m～12900m　平均　12300m　(　　±　　)

第 5 表 B　Methylene blue 注射実験　電氣心仂図

高度 (m)	No. 337 1.9kg 令白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要	No. 339 2.5kg 우白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P-P (σ)	P-Q (σ)	S-T (σ)	P棘 (mv)	R棘 (mv)	S棘 (mv)	T棘 (mv)	摘要
0	40	34.0	265	22.6	7.7	11.3	0.20	0.20	0.15	0.25		68	36.0	255	23.5	7.6	12.9	0.25	0.70	0.50	0.40	
4000	54	33.6	246	24.4	7.7	11.3	0.20	0.55	0.20	0.20		72	35.8	284	21.2	7.6	12.4	0.25	0.73	0.50	0.30	
5000	54	33.5	219	27.4	7.7	12.5	0.20	0.70	0.20	0.25		80	35.8	269	26.9	7.6	12.8	0.25	0.73	0.50	0.30	
6000	60	33.5	168	35.7	7.7	14.3	0.20	0.83	0.20	0.20		80	35.7	235	23.6	7.6	12.4	0.25	0.73	0.45	0.30	
7000	48	33.0	131	45.9	7.7	14.9	0.15	0.83	0.25	0.20	靜脈竇性不整脈 (1分24ヶ)	96	35.7	167	36.4	7.6	12.4	0.25	0.80	0.30	0.30	
8000	44	33.0	120	30.0	8.3	17.9	0.15	0.63	0.25	0.15	靜脈竇性不整脈 (1分32 STノ軽度下降)	72	35.0	154	39.0	7.6	17.1	0.20	0.65	0.30	0.30	
9000	48	32.8	102	48.7	8.3	16.9	0.10	0.75	0.15	0.15	靜脈竇性不整脈 (1分30ヶ)	80	34.7	124	52.7	7.0	20.0	0.15	0.63	0.20	0.30	STノ下降
10000	48	32.0	96	62.0	10.5	19.6	0.08	0.63	0.2	0.10	P波扁平，靜脈竇性不整脈(1分30ヶ，STノ下降)	76	34.5	124	48.3	7.6	14.7	0.15	0.55	0.25	0.20	靜脈竇性不整脈 (1分30ヶ)
11000	42	31.5	75	81.5	8.9	21.2	0.10	0,65	0.2	0.10	心室性期外收縮 (1分20ヶSTノ下降)	80	34.3	79	74.1	—	16.5	0.10	0.55	0.20	0.20	靜脈竇性不整脈 (1分30 ST下降)
11500	—	31.4	93	64.0	8.9	19.0	0.06	0.6	0.2	0.15	心室性期外收縮 (1分24)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12000	—	—	89	67.0	8.3	19.0	0.15	0.6	0.2	0.10	復活シテ不整脈ナシ P～P時不等 (800～400)	56	34.2	150	40.0	0.8	15.3	0.10	0.50	0.40	— 0.20	心室性期外收縮 1分20カ 房室不完全分離 T波逆轉
12500	—	31.2	24	25.0	—	19.2	—	0.4	0.2	— 0.10	P波消失，心室自仂 T波逆轉	—	—	122	48.5	0.8	15.4	0.15	0.50	0.30	0.35	心室性期外收縮 房室不完全分離

第5表 B　Methylene blue 注射実験　電氣心仂図

高度 (m)	No. 341 2.7kg ♀ 白 呼吸数	直溫 (c)	心搏数	P–P (σ)	P–Q (σ)	S–T (σ)	P 棘 (mv)	R 棘 (mv)	S 棘 (mv)	T 棘 (mv)	摘要
0	48	37.0	295	20.3	7.1	10.3	0.35	0.50	0.40	0.40	
4000	76	36.5	295	20.3	7.1	10.7	0.30	0.50	0.40	0.40	
5000	96	36.5	307	19.5	7.1	11.3	0.30	0.55	0	0.35	
6000	98	36.5	307	19.5	7.1	11.3	0.25	0.55	0	0.40	
7000	120	36.0	250	24.0	8.3	11.8	0.25	0.55	0.10	0.40	
8000	100	36.0	182	33.0	7.1	14.3	0.25	0.90	0.10	0.40	
9000	84	34.8	132	45.0	6.5	17.0	0.15	0 85	0	0.75	T波二相性大
10000	100	34.8	120	50.0	8.3	13.0	0.20	0.95	0.15	0.50	P–Q時不等
11000	100	34.5	120	50.0	6.5	18.0	0.15	0.80	0.10	0.45	
11500	—	—	127	47.0	4.7	18.0	0.10	0.85	0.10	0.30	
12000	80	34.2	143	42.3	5.3	18.4	0.15	1.05	0	0.40	T波 扁平 心室性期外收縮 (1分間8ヶ)
12500	—	—	186	32.2	10.5	13.3	0.20	0.85	0.15	0.40	
12800	—	—	114	52.6	—	—	—	—	—	—	
13000	—	—	102	58.5	—	—	—	—	—	—	P波消失, QRS延長 T波單相性

kmで対照群とほゞ同様であつた。

δ波の出現は7～11km平均9.3kmで対照群に比し2.5km 延長し，又消失は11.7～12.9km平均 12.3km で対照と同程度であつた。周波數は最後まで不変であつた。振幅にも著変は認められない。一般に腦波の所見では対照郡とほぼ同様な変化を示し，僅かにδ波の出現高度が高かつたにすぎない。

4) 心電図： 搏動數は始め著変なく7～8kmから急激に減少し，心臓障碍臨界高度は7～9km平均7.5km であつた。P—Q は始め変りなく8kmを過ぎると延長を来し，S—T は6～7 kmから急に延長した。Arythmia は7～12km 平均9.7km より出現し，Sinus arythmia, Ventricular extrasystole, 房室不完全分離，P 波消失，T波の單相性等種々のものがみられた。即ち Arythmia は他の実験群より比較的早く出現し，且つその種類が多岐に亘つていた。

5) 腦波と心電図の所見を綜合するに，先づ心臓障碍臨界高度が 7.5km を示し，次いでδ波が9.3kmで出現し，Arythmia はほゞ同高度 (9.7km) で現われた。又α波の消失は 11.9 km δ波の消失は12.3kmであつた。之を対照群に比較するとα波及びδ波の消失高度はほゞ同高度で，δ波の出現高度が多少高い程度であるが，心臓障碍臨界高度や Arythmia 出現

高度は対照群よりむしろ低く，心臓の変化は明かにみとめられた。

IV. 總括並に考按

以上の成績から，平圧時より低圧死に至るまでの全経過に亘り，先づ脳波について綜括してみるのに，減圧開始後4kmまではα波（12～19サイクルの速波）の周波數，振幅，連続度は殆ど変らない。その後周波數は一時增加し，3～10kmあたりから減少する。振幅は最初減少し，やがて一時增大するが最後に再び減少する。連続度にも多少の変動がみとめられる。α波は対照に於て11.7km，各種処置群で11.9～12.7kmの間に消失する。δ波（α波より周波數の低い徐波）は対照群で6.8km，各種処置群で8.3～10.7kmの間に出現し，周波數，振幅等に多少の変動をみせながらも何れも死の殆ど直前に消失する。

さて只埜は家兎の低圧実験に於て2～3kmにて振幅の增大，それ以後に於て振動數，振幅の減少をみとめている。原は家兎を9km高度の低圧に置くに斃死しないものでは脳波に著明な変化なく，斃死するものに於てのみ仮死呼吸出現後に著明な変化をみとめると云う。又藤森[17]は家兎を毎分1kmの速度で上昇すれば11km附近で痙攣を起し，速かに弛緩性麻痺狀態に陷るが，その場合脳波は終末痙攣発作後特異な形態を示しつゝ消失すると云う。中[20]は人についての3km，8km，11kmの滯留試験で，比較的早期より脳波に変化をみとめ，特に周期，振幅の変化を基準として3つの時期を区別している。更に本川[16]は低圧時の人の脳波の変化は低圧初期より現われるが，之は恐らく大脳皮質の酸素欠乏に対する抵抗力が人に於ては動物よりも低いのであると述べている。いづれにせよ低圧時に於ける各種症狀の出現狀態は低圧の程度，減圧の速度等によつて左右されるものと考えられるから，実験の条件を等しくしなければ，その成績を直接比較することは困難である。とにかく私の場合，α波消失，δ波出現及び消失に重点をおいてみる時は，上記のように終末時以前に於て脳波に明かな変化がみとめられるのである。特にかゝる観点から脳機能を検討すれば，各種の処置による耐高性の程度を比較するのに甚だ便宜である。

次に心電図についてみるに，低圧時の家兎心搏動數は4kmより漸次減少を来し，9kmを過ぎると急激に減少する。一般に低圧時に於ける心臓機能は初期に陽性の変化特にInotropieが著明で，之は心臓交感神経の緊張亢進によるものと思われるが，その後低圧の進行と共に陰性の心機能変化が起る。之は心臓迷走神経緊張亢進によるものと云われている[18),25)]。私の場合3kmまでの観察を省略したので初期心搏動數增加はみとめられなかつたが，その後の搏動數減少は恐らく迷走神経緊張亢進によるものと思われる。次に私の心機能障碍臨界高度と称する時期に達するが，之は單に迷走神経の作用のみによるのでなく，心臓に器質的な変化が起つたためと考えられる。更に此の時期を過ぎると，心機能に高度の病的所見がみとめられる。即ち Arythmia として現われる病像は必ずしも一定の型をとらず各種各様のものがみいだされる。

猶こゝで心電図の波形の変化，或は振幅の変化等をも論ずべきであるかもしれないが，波形の変化については人体実験に於て体位，誘導方法等を可及的正確に保つて測定した場合でもかなり複雑であつて，その変化を一義的に説明することは困難である。

まして動物に於て，私の実験の場合の如く，たとい固定はしてあつても，あばれによつてある程度体位を変動し得る状態では，單に位置の移動によるものか，又は眞に病的な波形であるのか，判定には相当の困難がある。

振幅についても亦同様の難点が考えられるわけである。従つて本論文に於ては此の点について論及することをさし控え，單に測定値を表示するに止める。

さてこゝで腦波と心電図の主な所見，即ちα波消失，δ波出現及び消失，心臓障碍臨界高度，Arythmia出現等の事項を規準として，諸種薬物投与の成績を整理してみると第6表及び第10図のようになる。

第 6 表　腦波と心電図との関係（各種変化の出現高度）

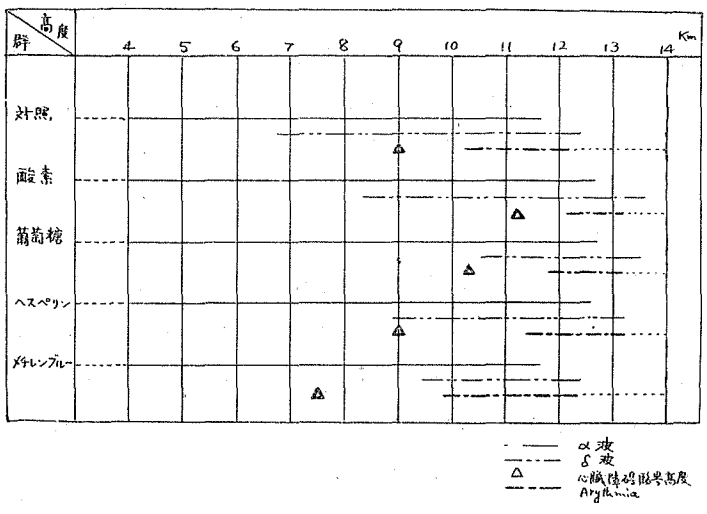
群＼平均高度(km)	腦波			心電図	
	α波消失	δ波出現	δ波消失	心臓障害臨界	Arythmiaの出現
対照	11.7	6.8	12.3	9	10.4
酸素	12.5 (+0.8)	8.3 (+1.5)	13.3 (+1.0)	11.3 (+2.3)	12 (+1.6)
葡萄糖	12.7 (+1.0)	10.7 (+3.9)	13.2 (+0.9)	10.5 (+1.5)	11.9 (+1.5)
Vitamin P	12.7 (+1.0)	8.8 (+2.0)	13.2 (+0.9)	9.0 (±0)	11.5 (+1.1)
Methylene hlue	11.9 (+0.2)	9.3 (+2.5)	13.3 (±0)	7.5 (−1.5)	9.7 (−0.7)

（±）は対照に対する増減を示す。

先づα波の消失では葡萄糖，Vitamin P が最も延長し，酸素が之に次ぎ，Methylene blue は対照群とほゞ同様であつた。

δ波の出現に於ては葡萄糖は最も遅れ，以下 Methylene blue，Vitamin P，酸素の順でいづれも対照群より遅れている。

又δ波の消失は酸素，葡萄糖，Vitamin P はほゞ同高度であり，Methylene



第　10　図

blue のみが対照に等しい。

今 α 波，δ 波の出現或は消失高度の延長を以て，脳機能の耐高性増強の一指標と見做すことが出来るならば，前記の投与量では葡萄糖が最も耐高性増強に役立ち，酸素，Vitamin P が之に次ぐものと考えてよいであろう。CO 中毒の解毒[26]に，又低圧時のガス代謝[27]に効があると云われる Methylene blue が余り有効でなかつたのは，私の場合医薬用の Methylene blue を用いず，染色用のものを使用したためであるかもしれない。

次に心臓障碍臨界高度を見るに，酸素，葡萄糖ではかなりの延長を示すのに，Vitamin P では対照と一致し，Methylene blue ではむしろ対照よりも低い。Arythmia 出現高度では酸素，葡萄糖，Vitamin P の順でいづれも対照に比しかなり延長しているのに反し，Methylene blue のみは明かに対照よりも低い。従つて心臓機能についても脳の場合と同じような仮定が許されるならば，酸素が耐空性増強に最も効果的であり，次いで葡萄糖もかなりの効果を示す。又 Vitamin P も僅かに有効であるが，Methylene blue のみはむしろ有害的に作用しているかのような結果となつている。即ちこの場合にも Methylene blue の質的性状が問題であつたかもしれない。

以上脳機能と心臓機能について，耐高性増強に対する効果を目標として論じたが，要するに両機能に於ける効果が各薬剤によつて同一でないことが明かとなつた。即ち脳機能に対しては葡萄糖が最も効果的で，酸素，Vitamin P が之に次ぎ，Methylene blue は殆んど無効である。又心臓機能に対しては酸素が最も効果的で葡萄糖が之につぎ，Vitamin P では僅かの効果が，そして Methylene blue では反つて有害であることがみとめられた。

さて低圧環境に於ては大脳のエネルギー代謝が著しく低下することは既に知られている。[23] 従つて葡萄糖投与が脳機能に対し有効であるのは，葡萄糖が榮養素としてエネルギー代謝促進に役立つからであろうと思う。又さきの中村及び私の廿日鼠の実験[24]に於ても葡萄糖が耐高性増強に有効であることをみとめている。

次に酸素吸入の場合については，低圧症の重要な原因が酸素欠乏に基くものであり，且心臓は酸素欠乏によつて極めて敏感に影響を蒙るものであることより考えれば，低圧時の酸素補給によつて心臓機能が促進され，ひいては脳の血行増強をもたらし，結局耐高性増強に役立つことが想像される。

Vitamin P については既に安保，中村[23]によつて発表せられ，Vitamin P の投与は低圧による脳組織の変化を軽減すると云うことである。又吾々の廿日鼠の実験に於ても明かに耐高性増強がみとめられた。今回の実験に於ては脳波については相当の効果をみとめたが，心機能に対してはそれ程の効果がみとめられなかつた。これは Vitamin P が脳血管に対してのみ選択的に作用するものであるのかもしれない。

最後に Methylene blue については予想に反して効果がみとめられなかつたが，之は前述のような実験の不備によるものとおもわれる。

V. 結　　論

家兎を用いて上昇速度毎分300mの低圧上昇実験を行い，死に到るまでの腦波並に心電図を同時記錄し，特に酸素，葡萄糖，Vitamin P, Methylene blue 等の耐高性に及ぼす影響について檢討した。

先ず対照について，減圧経過に伴う各種所見をみるに，呼吸数は一時增加し後減少する。体温は徐々に低下し死期には2～3°C下る。腦波では α 波の周波数，振幅，連続度が時期によつて多少変動し，11.7kmに達すると α 波は消失する。δ 波は6.8kmに出現し，周波数，振幅等に矢張多少の変動があるが，12.3kmには消失し，間もなく動物は死ぬ。心電図ではP—P, P—Q, S—T が9kmで急激に增大し（之を心臟障碍臨界高度と称する），Arythmia (Sinus arythmia, Sinus block, ventricular extrasystole，房室不完全分離等の変化）が10.4kmで出現する。

次に酸素・葡萄糖・Vitamin P Methylene blue 等の各種処置群に於ても概ね同じような所見がみられるが，特に腦波に於ては α 波の消失と δ 波の出現及び消失，又心電図に於ては心臟障碍臨界及び Arythmia 出現等の各高度を指標として，腦機能並に心臟機能の耐高性に及ぼす影響を比較するとき，各種処置によつて同一でないことがみとめられた。即ち腦機能に対しては葡萄糖が最も効果的で，酸素・Vitamin P が之に次ぎ，Methylene blue は殆ど無効である。又心臟機能に対しては酸素が最も効果的で葡萄糖が之につぎ，Vitamin P では多少の効果がみられ，Methylene blue ではむしろ有害であることがみとめられた。

文　　献

1) Giene-Gibert 1921 Arch. int. Med. **27**, 515.
2) Borgard 1934 M. M. W. **81**, 556.
3) Opitz Tilman 1936 Luftfahrtmed. **1**.
4) Schuetz 1938 Ibid. **2**, 142.
5) Tigges 1936 Z. Kreislaufforsch. **28**, 11.
9) Koch-Albers 1940 Ibid. **32**.
7) Kuntz-Hammonda 1932 Amer. Heart J. **8**, 259.
8) 松尾　海軍軍醫誌 **27**, 616.
9) 望月　1924 福岡醫大誌 **22**, 2102.
10) 田中　1933 日本航空学会誌 **2**, 975.
11) 佐野・岩橋　1943 日本病理学会誌 **33**, 195.
12) Kommüller-Noel 1944 Pflüger Arch., **247**, 685.
13) Gibbs-Lennox 1937 Arch. int. Med., **60**, 160.
14) Gibbs-Davis 1935 Amer. J. Physiol., **113**, 49.
15) Berger 1934 Arch. f. Psychyat., **102**, 538.

16) 本川 1947 腦波.
17) 藤森 1943 航空醫学, **2**, 70.
18) 只埜 1944 海軍軍醫誌, **31**, 991.
19) 原 1943 同誌 **32**, 442.
20) 中 1944 航空醫学, **1**, 280, **2**, 72.
21) Büchner-Luft 1936. Beitr. Path. Anat., **96**, 549.
22) Rotter 1938 Ibid., **102**, 22.
23) 安保・中村: 日本病理誌, **29**, 470, (昭14), **30**, 606, (昭15), **31**, 106, (昭16).
24) 中村・九里 1943 航空醫学, **1**, 92.
25) Borgard 1943 Med. KliniK. **29**, 1711.
26) 高見 1942 北海道醫誌, **20**, 1995.
27) 田中・岩橋 1943 日本病理誌, **33**, 200.

Résumé

The effects of oxygen, glucose, vitamine P and methylene blue on the high altitude resistance of body were studied by means of electroencephalograph and electrocardiograph using rabbit at the ascending velocity of 300 m/min until the fatal instant.

Our results showed that the glucose is most effective on the brain functions, and next come O_2 and V. P, but methylene blue has very little effect. For the cardiac functions, O_2 is most effective, the glucose is also effective and V.P has more or less effects, but methylene blue is not effective but rather toxic.