

日本生理學雜誌

第10卷 第8, 9號

昭和23年2月20日發行

編輯幹事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 謙・福田邦三

原 著

- 吉井直三郎：犬の條件行動の反復による變化と覺醒アミンの影響225
- 吉井直三郎・志水 敏：無報酬による連鎖條件行動の變化に就て234
- 志水 敏：白鼠の行動潛時について238
- 高田文夫：アミノ酸の遊離エネルギー論的研究 (VI) 1-(+)-Glutamin酸=NH⁺Cl系の酸化還元電位242
- 日笠頼則：低酸素空氣吸入時に於ける肺の酸素瓦斯交換に就て (人體の特殊狀件下に於ける肺胞空氣の研究 I)247
- 日笠頼則：低酸素空氣吸入時に於ける精神作業能と肺胞空氣の關聯性に就て (人體の特殊狀件下に於ける肺胞空氣の研究 II)253
- 福田邦三・加藤 保・石川 康・高島 巖：迷走神經刺激による呼吸停止及び之に伴ふ血壓變動に就て258
- 日笠頼則：防毒面着用時に於ける肺胞空氣の變化に就て (人體の特殊狀件下に於ける肺胞空氣の研究 III)266

大日本生理學會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.



帝國臓器のホルモン

天然卵胞ホルモン

オバホルモン

(注) 1 萬iu ・ 1 千iu ・ 5 百iu
(錠) 5 百iu (バスタ) 1 千iu

副腎皮質ホルモン

インテレニン

脳下垂体前葉ホルモン

ヒポホルリン

男性ホルモン

エナルモン

男性生殖腺ホルモン

スペルマチン

脳下垂体後葉ホルモン

アトニン

合成女性ホルモン

スロロン

東京都港区芝南佐久間町2の11 帝國臓器製薬株式会社



Prae-Hormon

脳下垂体前葉ホルモン

プレホルモン

男女生殖腺及び生殖器官發育乃至機能不全、月經異狀乳汁分泌寡小症、早産兒哺育、妊娠悪阻、老衰現象ニ對スル賦活

包裝價格

注射用 一〇〇單位 五管 一三、〇〇

五〇單位 五管 一二九、七五

五〇單位 五管 三九、二五

五〇單位 五管 三九、二五

(溶解用滅菌生理食塩水)

二cc入 添付

錠劑 三〇錠 一一、三一

一〇〇錠 三三、〇〇

塩野義製薬株式会社

大阪市東區道修町三丁目

第二十五回日本生理學會總會

昭和二十三年年度本會總會を左記により開催致します

會員各位の多數の御出席を希望致します

一、期日 昭和二十三年五月六日(木) 七日(金) 八日(土) 三日間

一、會場 新潟醫科大學生理學教室講堂

和文抄録集を學會に間にあわせるため、和文抄録(四〇〇字以内、圖版なし)を四月五日まで當方に必ず着くように送ること。

歐文抄録(和文抄録の長さに準ず)は學會當日まで必ず提出のこと。

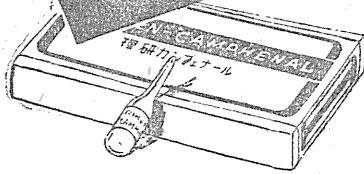
エピソード用の圖は、ハガキ縦寸法大、手札大、大名刺大の三種に限る。

當番幹事 高 木 健 太 郎

強心呼吸興奮劑 カンフル新誘導體

理研カンフェナール

包装 1cc 10管入 50管入



製造元
理研栄養薬品株式会社

本社 東京都文京区駒込上富士前
工場 本郷 志村 大島 豊登 柏崎

VITAMIN B₆

合成ビタミン B₆ 鹽 酸鹽の水溶液にして
蕁麻疹 濕疹 皮膚炎 汗疹 口内炎 妊
娠悪阻等に特異の効果を認められる
(包装) 1cc 2mg 及び 10mg の二種

理研アデルミン注

新發費

百日咳注腸剤

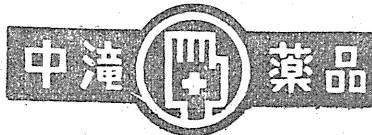
スパスローゼ

本剤は従来鎮咳剤として使用せられ、痙攣發作に
俥効を奏する硫酸マグネシウムと呼吸及血管系に
障害を起す事なくして血脈を充進し呼吸中樞を興
奮せしめる作用を有し、催眠、鎮靜の爲に屢々小
兒科疾患に使用せられ居るウレタンとの合劑なり
本剤は百日咳の咳發作を抑制し、痙咳期を著し
く短縮す

【適應症】

百日咳・小兒夏期瘧疾・喘息・舞蹈病
其他小兒科領域に於ける一般鎮咳鎮痙

包装 500 C. C.



中村瀧製薬株式会社

東京都中央区日本橋本町三ノ五
大阪市東區伏見町二丁目 伏見ビル

犬の條件行動の反復による變化と覺醒アミンの影響 612.821.31

(文部省科學研究費の補助による)

大阪大學醫學部第二生理學教室

吉井直三郎

Yoshii - Naosaburo

(昭和22年9月4日受付)

I. 緒 言

腦疲勞の本態は未だ究明されてゐない。同一行動を反復することによつて「倦き」を生ずることは、日常經驗する所である。「倦き」は腦疲勞の一面であると考へられる。私は條件行動を反復することによつて之を研究せんと企て、同時に除倦亢奮劑として使用せられる、覺醒アミンの藥理學的研究に資せんとした。覺醒アミンに關しては私は嘗つて共同研究者と共にこれが犬唾液條件反射に及ぼす影響を檢査して報告したことがある。

II. 實 驗 方 法

本實驗には6乃至8kgの犬を2匹使用した。實驗室は周圍と隔絶したる建築物中にあり。實驗中は四圍の通行を禁止したから實驗には支障を來たさない程度に靜肅を保持することが出來た。動物は第1圖の如き實驗台上に載せ、A室にて鐘を1回叩きたる後、通路Bを通つてC室に入り、食餌を攝り、咀嚼し終ればBを通つてAに戻り再び鐘を1回叩く如く訓練した。即ち叩打、歩行、攝食、咀嚼の4運動を1對1の對應に組合はせたる行動を條件付けた。餌は現時配給用の乾麵麩を用ひ、これを回轉食事台によつて與へた。犬は首環に付けたる紐によつて固定せるも、紐は充分長きためその行動は殆んど制限せられない。實驗台の周圍は簡單に板を以つて圍み、犬の行動は上方及び前方より鏡を利用して觀察した。叩打はタンプールにより記録し、確實、不確實なる叩打に分けた。

III. 實 驗 成 績

實驗は強化(1行動の終りに食餌を與ふる事により條件行動を強化する方法)及び消去(食餌を與へず即ち動物は叩打歩行の2運動の後に攝食する事なし、その結果これを反復すれば條件行動は終りに消失するに至る。但し時に空の皿を舐める如き食餌運動が現はれる事あり)を反復し、その時の行動の變化を觀察し、次いで此れに及ぼす覺醒アミンの影響を檢索した。

A. 強化反復による行動の變化

強化を反復する事により條件行動は第1表に示す如き變化を示した(數字は1分間に表はれたる各運動の回數を示す。

第1表

實驗時間	往復回数	平均所要時間	叩打回数	攝食回数	平均咀嚼時間	備考
1(分)	3	6(秒)	3	3	15(秒)	
2	4	5	4	4	9	
3	3	6	3	3	16	
4	3	6	3	3	18	
5	3	6	3	3	15	
6	3	7	3	3	20	
7	2	20	2(1T)	2	20	A室で坐る。
8	2	13	2	2	20	餌を残す。
9	2	15	2	1	22	前回は餌を残すし後回は喰べず。
10	0		0	0		B室で坐る。
11	0		0	0		臥す。
12	0		0	0		睡眠姿勢「ヒーヒー」啼く。
13	2		2	0		
14	2		3	0		
15	0		0	0		坐る。
16	0		0	0		睡眠姿勢。
17	0		0	0		〃
18	0		0	0		〃
19	0		0	0		〃
	脱 制 止					(約3分間睡眠後、實驗臺を叩く。犬は覺醒後、直ちに叩打、歩行、運動を示したが攝食せず。
20	2	12	3	0		
21	0		0	0		「ヒーヒー」啼く、B室で坐る。
22	0		0	0		右廻り1回。
23	0		0	0		「ヒーヒー」啼く、固定姿勢。
24	0		0	0		臥す、睡眠姿勢。
25	0		0	0		〃

第1表について説明すれば、強化反復により始めの6分間は叩打、歩行、攝食共に1對1の對應を保持したまゝ、毎分3乃至4回の行動を示したが、第7分より各運動回数は減じ（主として歩行時間延長に歸因し、咀嚼時間は略不變なり）第7分には不確實なる叩打運動現はれ、第8分より餌を残し（食餌糧は減少するが咀嚼時間は不變）、第9分より攝食運動も消失し、第10分以後3運動は共に消失する。即ち約3分間動物は靜止し、1時間睡眠姿勢を示し、その後再び叩打、歩行の2運動が表はれたが終に攝食する事なく、再び睡眠姿勢を示した。約5分後外部より刺戟を與へて覺醒せしむる時は、叩打、歩行の2運動は對應が破れた状態に於て出現したが尙攝食運動は出ない。

本項に於ける成績を小括すれば次の如くなる。

- 1) 強化反復により睡眠現はる。
- 2) 睡眠前期に於ては歩行時間延長、叩打不確實となり攝食運動は消失する。かくして
- 3) 各運動時間の1對1の對應は破れる。
- 4) この對應の破壊は睡眠を脱制止する時はその直後著明にあらはれる。
- 5) 咀嚼時間は殆んど變化しない。

B. ヒロポン注射後の強化反復による行動の變化に就いて

強化反復による行動の變化が前述の成績を示す事を確めたる後、この變化に及ぼす覺醒アミンヒロポンの効果を檢べた。その成績は第2表に示す。

この成績を前項と比較して注目すべき點は、ヒロポン注射後は對照に比し

- 1) 叩打運動が増加し且不確實となり、その結果

第2表

	實驗時間	往復回数	平均所要時間	叩打回数	食餌回数	平均咀嚼時間	備	考
強化	1(分)	4	5(秒)	4	4	11(秒)		
	2	4	5	4	4	7		
	3	5	4	5	5	7		
	4	5	4	5	5	10		
	5	4	5	4	4	13		
	6	3	5	3(1T)	3	18		
ヒロポン 0.7cc 注射後 40分								
反復	1	4	6	4(3T)	4	9		
	2	5	5	5(1T)	5	6		
	3	6	5	9(1T)	6	6		
	4	5	5	7(1T)	5	8		
	5	1		1	1	6	Bにて坐る。	
	6	0		0	0		逃避せんとす。Bで坐る。	
	7	0		0	0		〃	
	8	0		0	0		指導するも無動。「ヒーヒー」啼く。	
	9	0		0	0		叩打、歩行に運動は現はれないがパンを出すや喰べた。	
	10	0		0	0		静止。	

- 2) 各運動の對應は亂れる。
- 3) 咀嚼時間が短縮する。
- 4) 各運動の制止が現れた時、一時的に逃避的動作を認めた。即ち動物は實驗台より外に出んとした。かくの如き動作は一般には現れないものである。
- 5) 叩打、歩行の2運動が現れない時も食餌運動は残る。
- 6) 條件行動の連絡ある行動は對照に比し速かに消失するも各運動中樞は抑制を受けて居るのではない。

C. 消去による行動の變化

消去實驗を反復して現れる行動の變化は第3表に示す如くである。

第3表

實驗時間	歩行回数	平均所要時間	叩打回数	食餌回数	平均咀嚼時間	備	考
1(分)	5	4(秒)	6	5	4(秒)	初め1分間強化す。	
以下 消去實驗							
1	6	7	16	0			
2	6	13	12	0			
3	4	16	5	1	3	空皿を舐める。	
4	3	11	12	1	3	〃	
5	3	14	7	0			
2 回強化後 消去實驗							
1	5	14	9	0			
2	3	25	9	0			
3	2		4	0			
4	0		0	0		Bで坐る。	
5	1	29	3	0			
6	2	19	5(1T)	0			

3 回強化後 消去実験

(第2表つゞき)

1	3		5	2	6	Bにて坐る。空皿を舐める。
2	0		0	0		
3	2	10	2	1	4	空皿を舐める。
4	3	19	6	0		
5	2	36	4	0		
6	3		6	1	8	Bにて坐る。
7	0		0	0		Bにて坐る。
8	0		0	0		舐をかむ。
室外では舌打ちをする(脱制止)						
9	2	32	5	0		
10	3	12	7	0		

これを小括すれば

- 1) 歩行運動は次第に消去されるが叩打運動は著明に増加。
- 2) その結果は1対1の對應が亂れて叩打3乃至4に對し歩行1となる。
- 3) 歩行時間が延長した如く見えるが、歩行運動が不活潑になつたのではない。A室に於て叩打後又はB室に於て靜止したためである。
- 4) 食餌運動が現れる事がある(叩打運動が著明なる時に現はれ易い)。但しこの場合餌が無いが空皿をなめる所の運動である。その時間は咀嚼時間に近似する。
- 5) 消去により叩打及び歩行回数が減少するも、強化後は再び回復する。然かも消去するに従ひ運動の消失は速に且その強化後の回復は不充分となる。

D. ヒロボン注射後の消去実験

ヒロボン注射後は消去実験が如何に影響されるかを注射したヒロボン量を變へて詳細に觀察した。第4表は消去実験が前述の如き行動の變化を示す事を確めたる後ヒロボン0.3cc注射の影響を示す。

第4表

實驗時間	往復回数	平均所要時間	叩打回数	食餌回数	平均咀嚼時間	備考
1(分)	3	5(秒)	3	3	24(秒)	1分間強化する。
以下 消去実験						
1	5	8	9	2	7	空皿を舐める。
2	3	23	9	2		
3	3	21	8	2		
4	3	24	8	2		
5	3	15	6	2		
6	1	59	3	2		以後強化する。
ヒロボン 0.3cc 注射後20分						
1	4	7(秒)	4	4	12	1分間強化する。
以下 消去実験						
1	5	8	6(1T)	1	5	空皿をなめる。
2	3	10	6(1T)	1		
3	2	16	2	1		
4	3	24	3	1		
5	3	18	5(2T)	1		

同 1 時間半後

(第4表つゞき)

1	3	10	3	3	9	1 分間強化.
以下 消去實驗						
1	4	3	10	2	4	空皿を舐める.
2	2	16	4	2		
3	1	35	4	2		
4	2	36	4	2		

消去反復による行動變化に及ぼすヒロポン少量注射の効果は

1) 歩行運動は殆んど消去されない。叩打運動も對照時に比し増加しない。それ故1對1の對應は余り亂れない。

2) 對照時(消去實驗の前に強化した時)の咀嚼時間に比し空皿を舐める時間は減少する。

次にヒロポン 0.5cc 注射の場合は第5表に示す如くである。

第5表

實驗時間	歩行回数	歩行時間	叩打回数	食餌回数	食餌時間	備 考
1(分)	2	7(秒)	2	2	17(秒)	1 分間強化.
以下 消去實驗						
1	2	6	4	2	25	空皿をなめる.
2	2	9	9	1	28	
3	2	25	8(1T)	1	8	
4	2	18	5			
5	2	36	4(2T)			
6	1	25	5			
7	2	19	3			
8	2	38	7			

ヒロポン 0.5cc 注射 1 時間後消去實驗

	0		0			B 室に靜止したまゝ。 (指導したる後には往復運動現はるゝも叩打食事運動は現れず。	
2	1	15	0				
3	1	34	0				
4	1	40	0				
5	3	18	0				
6	4	9	0				
7	12	4	0				
8	5	11	0				
9	3	13	0				
10	2	20	0				
11	5	5	0				
	8	7	0				
	10	5	0				
12	12	4	0	2	5		強化.
13	4	9	2	3	4		消去.
14	3	5	3				
15	10	6	4(1T)				
16	13	4	2(1T)				
17	12	4	3(1T)				

ヒロポン 0.5cc 注射 2 時間後

1	3	8	3	3	5	1 分間強化する.
以下 消去實驗						
1	6	10	7	1	2	空皿をなめる.
2	5	12	5			

(第5表つゞき)

3	3	11	2			
4	6	12	2			
5	7	9	2	1	2	空皿をなめる.
6	5	12	4			
7	4	15	9			
8	4	15	3			

1) 始めは全然運動を認めない。條件行動を指導した (ここに指導とは条件づけの最初の訓練をほどこす事を意味する)。

2) その後に於て歩行運動のみが現れ、次第に増加した。叩打運動は初め認めないが、著明になつた後不確實に現れた。

3) 対照ヒロボン注射後2時間に於て歩行叩打運動は対照(強化)時に比し著明に増加してゐる。次にヒロボン注射量を1ccに増量すれば第6表に示す如くである。

第6表

實驗時間	歩行運動 回	平均所要 數時	叩打回数	食餌回数	食餌時間	備 考
1(分)	2	10(秒)	3	2	26	1分間強以下.
以下 消去實驗						
1	1		0	0		消去すれば直ちにB室にて坐る.
2	1		0	0		右廻り1回.
3	0		0	0		睡眠姿勢.
4	0		0	0		"
5	0		0	0		"
6	0		0	0		"
7	0		0	0		" 自然覺醒.
8	2	32	5	0		「ヒューヒュー」啼く.
9	1	35	2	0		坐る.
10	1		2(2T)	0		"
11	0		0	0		靜止.
12	0		0	0		睡眠姿勢 以下強化.

ヒロボン 1.0cc 注射後30分 消去實驗

1	6	7	9	0	
2	7	8	0	0	
3	10	6	6	0	
4	11	5	6	0	
5	8	7	4	0	
6	6	10	0	0	
7	3	22	0	0	
8	2	33	0	0	
9	7	7	1	1	
10	10	5	1	1	
11	13	4	0	0	
12	9	7	0	0	
13	5	14	0	0	

ヒロボン注射後2時間15分

4	8	3	3	7(秒)	1分間強化.
---	---	---	---	------	--------

以下 消去實驗

9	6	3	0	
7	7	4	0	
6	7	11	0	
7	6	5(IT)	0	
3	6	13	0	
4	7	12(IT)	0	
6	4	12	0	

(第6表つゞき)

7	6	8	0
7	6	14(1T)	0
5	9	12(1T)	0

1) 歩行運動は増加して消去され難く、叩打運動は初めは増加するも不確實にして後には消去の傾向を示す。それ故兩者の對應は歩行2對叩打1の程度に破壊さる。

2) ヒロポン効果が不著明となれば叩打運動が著明に増加して兩者の比は逆となる。

3) 攝食運動は現はれない (この検査のためには食餌を犬の眼前に出す)。

更にヒロポンを2.0ccに増量すれば第7表に示す如くである。即ちヒロポン1.0ccの場合と類似するが叩打食餌運動の制止は更に著明であつて、之れを小括すれば

第7表

實驗時間	歩行回数	歩行時間	叩打回数	食餌回数	食餌時間	備考
1(分)	3	5(秒)	3	3	18	1 分間強化。
以下 消去實驗						
1	5	7	10(1T)	3	5	空皿をなめる。
2	2	17	8	1	22	
3	4	10	14(2T)			
4	4	11	16(3T)			
5	3	8	13	1	7	
ヒロポン2mm ³ 注射後30分 消去實驗						
1	10	6	0			B 室にて坐る。 "
2	11	5	0			
3	11	4	0			
4	1	39	0			
同 2 時間 消去實驗						
1	10	5	0			B 室にて坐る, 脱制止する。 B 室にて坐る。
2	5	7	0			
3	2	14	0			
4	5	7	0			
5	3	7	0			
6	7	6	0			
7	9	6	0			
8	1		0			
9	0		0			
10	1		0			
同 3 時間 消去實驗						
1	4	16	0			坐る。 " 固定姿勢。 " " " " "
2	4	11	0			
3	4	15	0			
4	2	9	0			
5	1		0			
6	0		0			
7	1		0			
8	3	19	0			
9	3	21	0			
10	3	20	0			
11	3	23	0			
12	1		0			
同 4 時間後 消去實驗						
1	1	29	0			食餌出すも喰へず。 B 室にて静止する。
2	2	44	0			

(第7表つゞき)

3	2	29	0		
4	2	23	0		
5	2	30	0		
同 5 時間後 消去実験					
1	3	16	1		食餌出すも喰はず。 実験室外でパンを喰べる。
2	2	16	0		
3	2	20	1 (1T)		
4	4	15	0		
5	3	20	0		
6	5	10	2		
7	3	26	2		
同 6 時間後 消去実験					
1	10	5	8 (1T)		食餌を喰はず。 B 室にて臥す、直ちに起きる。
2	3	10	2		
3	0		0		
4	3	10	1 (1T)		
5	2	14	0		
6	3	20	2 (2T)		
7	5	10	2		
8	5	8	3		
9	3	20	3		
10	2	12	2		
11	0		0		
12	1	18	0		

- 1) 初め歩行運動は増加し叩打運動は現れず。
- 2) 歩行運動が減少しヒロポン効果が消退する頃叩打運動が現れる。
- 3) 叩打歩行兩運動が回復せる時に於ても食餌運動は現れず。

IV. 考 察

本論文に於て犬の條件行動を回復した時の變化を詳細に記載したが、結局に於て犬は睡眠に移行し、叩打、食餌、歩行の3運動の消失となつた。その前後（嘗つて私はこの時期の脳活動の状態を睡眠前期と稱して報告したことがある）に於て3運動の對應の亂れを特徴とする。この場合に於ける行動の變化を觀察するに、歩行運動は緩漫となり、又叩打運動は不確實になり、攝食運動は不充分となり、食餌を残す程度より食餌を拒否するに到り、逐には3運動共に消失するに至る。換言すれば3運動の中樞に於ける相互連絡は分離し、各中樞は獨立的な局所的興奮を示す前に皮質中樞に於ける制止の發生を認めねばならない。然かも睡眠前期に於て咀嚼時間が殆んど變化しない事も睡眠が皮質中樞に於ける制止より始まつたことを一應認めねばならないであらう。然るに覚醒アミンの投與が各運動間の對應の破壊を招く事は同じく各中樞の分裂を來たした結果としても、逃避行動の出現、叩打運動の増加等より中樞興奮を認めねばならない。このことは又咀嚼時間の短縮により裏書きされると考へられる。覚醒アミン投與後運動中樞の興奮と各運動中樞間の對應の破壊される事實より觀れば、覚醒アミンは決して行動中樞の分裂状態を調整する爲には有効でないと考へられる。然しながら一般に條件行動の回復によつて静止、睡眠に移行すべきものが覚醒アミンの投與によつて、運動中樞の興奮により1運動の頻數なる出現が見られる。これが或る場合には疲労除去、疲労回復と解されるのであらう。この事は消去実験に於ても當てはまることである。消去実験

の特徴は歩行運動が消去され易く叩打運動は逆に増加して對應の破壊を觀るのであるが、覺醒アミン投與後の消去實驗はもとより量的關係により複雑化せられるが、咀嚼時間の短縮、歩行運動の頻數、更に叩打運動の増加等を認め、之が大量投與の場合に於ける抑制は最も著明に攝食運動、叩打運動に於て認めらる。覺醒アミンによつて咀嚼時間が短縮する如き點より考へるならば、咀嚼運動中樞の亢奮も亦認めねばならぬ。歩行及び咀嚼運動の如きは所謂無意識的な反復運動に屬し、叩打及び攝食運動の如きは所謂意識的な運動に屬すると解するならば、覺醒アミンは皮質下中樞の亢奮、皮質運動中樞の獨立的局所的興奮及び各中樞相互間疎通障礙を生ずるものと解すべきである。其の他の複雑な現象の一部は感應現象即ち一中樞の亢奮が著明なる時は感應的に他中樞を抑制する如き現象を以て解釋さるべきものもあらう。

前論文によつて私は覺醒アミンが唾液分泌中樞を刺戟せず、條件反射量の増加は知覺中樞の亢奮（大量の場合は制止）を示す事を報告した。本論文に於て記載した條件行動とは犬が實驗台上に上つた時その環境より來る刺戟を感受して、叩打、歩行、食餌の各運動に結びついた運動性の條件反復である。それ故この環境より來る刺戟を覺醒アミン投與後強く感受するならばその行動は強大となるべく、又この感受が覺醒アミンの大量投與により減弱されるならば、動物の行動は制止せられる事も當然の歸結であらう。將又覺醒アミンの大量投與による無目的なる運動の頻數と、目的となる運動の抑制現象は中樞に於ける感應現象を以て解釋さるべきである。

V. 總 括

叩打、歩行、攝食の3運動を1對1の對應に於て條件付けたる犬を使用して、強化反復及消去實驗を行う。此等各行動の變化を觀察し、覺醒アミンの効果を檢索して腦疲労の研究に資せんとした。

(1) 強化反復すれば歩行運動は次第に靜止を交へ、叩打は不確實となり、攝食運動は消失する。即ち對應の破壊、不確實運動、靜止、睡眠の順に現はる。

(2) 消去實驗に於ては歩行運動は消失し易く、叩打は反對に増加し、叩打3乃至4對歩行1の關係を示す。叩打著明になれば食餌運動(空皿をなめる)現れ、且つその時間は咀嚼時間に近似する。

(3) ヒロポンは大量に失すれば各運動の制止を招く事及び感應現象のためその効果は混亂せしめらるるも、歩行運動の頻數(強化反復時には逃避運動を示すことあり)、叩打運動の増加と對應の破壊、咀嚼時間の短縮を示す點より見れば、各皮質運動中樞、咀嚼中樞の局所的獨立的な興奮と中樞相互間の疎通障礙を招來するものである。

(4) 覺醒アミンの運動中樞刺戟作用により、強化反復消去實驗時に觀る變化に拮抗する時、除倦効果を認めらるものである。

(5) 各運動の對應破壊と云ふ點より觀ればアミンは疲労恢復の効果なく、反對に悪影響あるべきを考慮すべきである。

本論文の要旨は一部昭和19年10月大阪醫學會總會並に昭和21年11月日本生理學會に於て發表した。尙研究費用の一部は文部省科學研究費の補助によつた。

文 獻

- 1) 吉井直三郎・陰山以文・藤堂 清(昭和18年) 大阪醫學會誌 42, 1962, 1971
- 2) 吉井直三郎・陰山以文(昭和19年) 條件反射

- 11~12輯, 7
- 3) 吉井直三郎(昭和22年) 腦研究 第1號

無報酬による連鎖條件行動の變化に就て 612, 821, 31

(文部省科學研究費の補助による)

大阪大學醫學部第二生理學教室

吉井直三郎・志水敏

Yoshii - Naosaburo · Shimizu - Satoshi

(昭和22年9月4日受付)

I. 緒言

我々は條件行動を研究するに當つたバヴロフの考へ方から出發して行かうと考へ、先ず制止過程を取上げた。本實驗に於ては食餌を報酬として完成された條件行動が突然無報酬とする事によつて如何に變容するかを觀察した。この場合發生する制止はバヴロフの分類に従へば内制止に屬する。

II. 實驗方法

使用動物は白鼠で、80乃至130gのもの4匹を用ひた (No. 107 (♂ 130g) No. 121 (♀ 80g) No. 122 (♀ 80g) No. 124 (♀ 100g))。

條件行動としてはランシュレイの跳躍法により明暗辨別跳躍を行ひ、更に $1.2 \times 0.7m^2$ の机上を走つてその端で餌を得る如く訓練した。明暗辨別跳躍に用ひた灰色紙は岩城製30段階のもので、本實驗では明側に跳込む如く條件付けた。跳躍距離は15cmである。

辨別跳躍に當つて鼠を跳躍台に乗せてから跳び込む迄の時間を跳躍潜時と名付けた。

明暗辨別能力は正しく反應する明暗差の範圍内に於て、正しい反應の回數と試行回數との比で表される。走行は跳込んでから30秒以内に机上を走つて餌に達した場合を走行 (+) とし、若し跳躍後30秒を經過するも走らない時は走行 (-) として次の跳躍の準備のため机より下ろして傍の丸椅子の上に移した。

訓練が完成した後 (100~150回後全ての鼠は訓練完成したのであるが) に於ては鼠がある程度の空腹状態であれば跳躍潜時は一定した短い値 (3~6秒) を示し、辨別能力も左右の灰色紙の番號差 (D) が7では90%以上正確に辨別し得る程度に安定し、走行率も常に100%といふ恒常な條件行動を示した。

かくの如く條件行動が充分完成すると次に無報酬實驗を行つた。これは次の如き系列で實施した。

(強化5回—無報酬試行 10—30回)—(強化—無報酬)……

無報酬試行の反復による行動の變容は主として跳躍潜時、明暗辨別能力、走行率の3點に就いて觀察した。

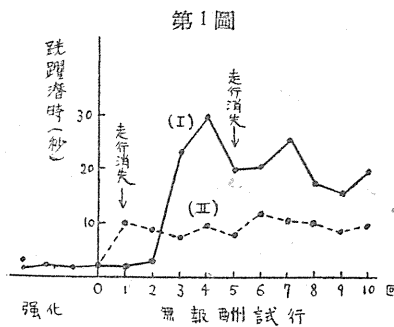
III. 實驗成績

(I) 基本實驗

無報酬試行の反復によつて、完成された条件行動は次の變化を示した。但しこの實驗に於ては試行間隔を1分とした。

a) 跳躍潜時の變化：跳躍潜時は前述の如く条件付けの完成した後に於ては強化時大約3~6秒である。無報酬とすることにより次第に延長するが、跳躍がなくなる事はない。その値の變化は1つの峯を作つて後不定な動搖を示しつゝ、Plateauを呈する。

かゝる無報酬實驗を10日間以上も繼續すると峯の高さは先づ低くなり、次でその出現も早くなり、更にそれに續く Plateau の高さも減少する (第1圖)。



1. (實線) は無報酬實驗の第3回目
2. (破線) は無報酬實驗の第38回目

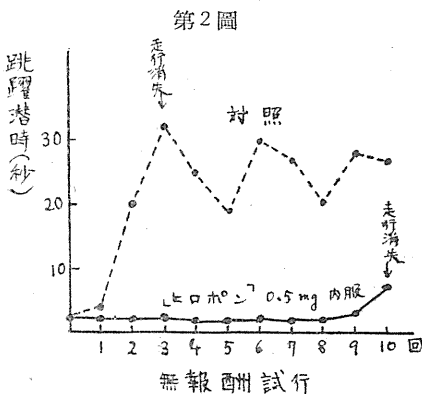
b) 明暗辨別能力：明暗辨別能力は無報酬試行の反復によつて明かな低下を示す事がある (第1表)。しかしこの

第1表

鼠	日時	明暗差	強化	無報酬	強化	無報酬
No.107	19/II	7	9/10	6/10	8/10	4/10
"	25/II	7	9/10	6/9	6/10	
No.124	12/V	5	9/10	6/9	10/10	
"	24/V	5	9/10	8/10	10/10	8/10
No.125	22/V	5	8/10	8/10	9/10	
"	24/V	5	10/10	10/10	4/6	3/5
No.121	25/V	4		7/10	10/10	9/10

變化はむしろ不定であつて、或る場合 (殊に本實驗を多數回實施した後) には強化時と無報酬時の間に差異を認め得なくなる。この事は前の跳躍潜時の變化と同様な傾向を示すものと考へられるのである。

c) 走行率：強化實驗の後無報酬とした時最初の數回の試行は無駄な走行を繰返すが、その後はもはや走らなくなり、跳躍箱内にうすくまる。時には箱の上へ昇つたり、箱をかちつたりする動作が現れる。無報酬を續けていても時々走行が出る事がある (自然回復)。無報酬實驗を繼續すると此の走行の消失は次第に早くなる。この成績も跳躍潜時の場合と同様な傾向にあるものと考



第2表

試行間隔	跳躍潜時	走行發現率
1 (分)	13.0 (秒)	25 %
3	11.2	30
5	10.6	60
10	4.0	100

(註) 跳躍潜時は40回の無報酬試行に於ける平均値、走行發現率はこの間に於いて走行の現れたである。

この場合には鼠の条件行動は無報酬によつて殆んど影響を受けず行動の變容は著しく抑制される (第2圖)。

(III) 試行間隔の問題

へられる (第2圖)。
(II) ヒロポン投與實驗
實驗前15分に市販の
覺醒アミンヒロポンを
0.5mg 内服させて前回
同様の實驗を行つた。

前述の實驗は總て試行間隔1分で實施したのであるが、本實驗に於ては無報酬時の試行間隔を3分、5分、10分で行つた。第2表によれば跳躍潛時並に走行率が無報酬によつて受ける變化は試行間隔が大きくなるに従つて不著明となる。即ち試行間隔3分の時は自然恢復が殆んど認められないが、試行間隔10分では完全に自然回復を示し無報酬の影響は殆んど見られなかつた。

第3表

27/Ⅱ No. 107

跳躍潛時	走行	備考
5"	+	強化
4"	+	"
8"	+	"
6"	+	×
4"	+	以下全て無報酬
20"	-	
18"	+	
16"	-	
13"	+	
20"	-	
40"	-	
35"	-	
13"	-	
17"	-	脱制止(水道を出す音)
6"	+	
14"	-	
25"	-	
9"	+	
10"	-	
6"	+	脱制止(米10粒)
6"	-	"(米1粒)
4"	+	"(米10粒)
5"	-	"(米1粒)
4"	+	"(米10粒)
7"	-	"(米1粒)
8"	-	"(米10粒)
25"	-	
6"	-	脱制止(米1粒)
14"	-	

(Ⅳ) 脱制止の實驗

無報酬試行を反復して跳躍潛時は Plateau を示し走行も消失してゐる時期に Extra の刺戟を與へると、抑制されてゐた条件行動が突然復活する。この場合脱制止刺戟が充分強ければ条件行動の完全な復活があるが、脱制止刺戟が弱い場合は跳躍行動のみが促進され、走行の出現を伴はない事があつた(第3表)。

又脱制止刺戟の効果は刺戟直後が最も確實であり、3分後に於てはその効果は不確實であつた。

(Ⅴ) 満腹時に於る行動

(Ⅰ)の實驗を鼠の食欲のない満腹時に行ふ時は跳躍のみ起り走行が現れない。跳躍潛時の大きさ及びその経過は無報酬時のそれに類似してゐる。

この場合明暗辨別能力は空腹時より低下してゐる。

(Ⅵ) 走行→跳躍→走行とした場合に於ける無報酬の影響

跳躍台の代りに机(1.2×0.7m²)を用ひこの上を走つた後跳躍する様に訓練した。その後で無報酬とすると第1走行に要する時間は次第に伸びるが、實驗(Ⅰ)に於ける跳躍潛時と同様の経過を辿つて1つの峯を作つて後 Plateau を呈する。

(註) 強化は机上で米2粒を與へた。脱制止刺戟は丸椅子の上で別に米を與へた。

跳躍は殆んど影響されない。之に反して第2の走行は數回の後消去される。ここに於ても第1走行及跳躍行動が現れてゐるが第2走行が消失した状態が見られた。

Ⅳ. 考 察

以上の成績から無報酬實驗を續けると、制止の發生が次第に速かになる事實(實驗Ⅰ)、試行間隔が長くなれば制止からの恢復が認められる事實(實驗Ⅲ)、脱制止刺戟の効果が時間と共に減少する事實(實驗Ⅳ)等はパヴロフが犬の唾液反射に於て得た成績とよく一致する。

しかし實驗(Ⅰ)に於て第2行動たる走行が消失しても跳躍が残つてゐる事實、及び實驗(Ⅵ)に於ても第1走行及び跳躍が残る第2走行が消去される事實、及び實驗(Ⅳ)に於て弱い脱制止刺戟を使用した場合は既に抑制されてゐた跳躍を促進して脱制止効果を現はすに拘らず、走行を復活せしめなかつた事實は注目すべきである。即ち初め動物は跳躍と走行の少くとも2行動を結合した状

態に於て条件付けられたのであるから、この状態は走行のみが強く制止された状態であり、結合された行動が分離された状態であると見做される。この分離は2つ以上の行動の連鎖から成る条件行動に於て制止が発生した時、その実験の初期に於ては制止は全ての行動に擴延するのであるが、後期に於ては一行動に限局される所の現象と解釋されるのである。これを我々は假りに「分離の法則」と呼ぶこととする。此の法則は正常の學習過程に於て、失敗がすべての行動の制止を意味しないといふ點で重大な生物學的意義をもつものと考へられる。次に明暗辨別能力につき一考するに明暗辨別能力は吉井によると皮質亢奮性と重大なる關係にあり、亢奮性が高い時は辨別能力も亦良好であると云ふ。然らば無報酬実験の初期に於て明暗辨別能力が抑制されるのに對し、後期に於ては大なる影響を認められない成績も、制止の擴延と集中（分離を前提とした制止の集中）とによつて理解出来るであらう。

同様に満腹時に於ては辨別能が低下する事も理解出来るのである。

V. 結 び

白鼠の跳躍と走行を結合した連鎖条件行動に於て、無報酬による行動の變化を追求した。この場合の發生せる制止過程は、バヴロフの犬唾液条件反射に於ける成績と一致して擴延する狀況が認められるが、制止が行動に及ぼす影響は連鎖行動を構成する各個の行動については一様ではなく、その結果「行動の分離」が認められる點が特異である。と云ふのはバヴロフは擴延した制止過程が次で集中すると考へるのに對して、吾々は行動中樞の結合が分離されて、制止が集中した如き現象を示したと考へるのである。

本論文の要旨は昭和21年11月日本生理學會總會に於て發表した。尙研究費の一部は文部省科學研究費の補助によつた。

白鼠の行動潜時について 612.821.31

(文部省科學研究費の補助による)

大阪大學醫學部第二生理學教室

志 水 敏

Shimizu - Satoshi

(昭和22年9月4日受付)

白鼠の走行行動について條件制止の實驗を實施中、行動潜時に關して新しい假説に想到したので、ここに報告する。

I. 實驗方法

動物は4匹の白鼠(♂, 140~160g)を用いた。實驗装置は極めて簡單であつて、長さ120cm、幅70cmの机の一端に小箱があり、他の端には餌台がある。鼠は小箱から出發して机の上を走り餌台で餌(米粒)を得るように訓練された。次にメトロノーム(120叩打/分)を陰性刺戟として、即ちメトロノームが鳴つてゐる時には走つても餌を與へないことによつて條件制止を形成しようとした。試行間隔は1分である。

II. 實驗成績

このような訓練を續けると、約1週間後からメトロノームの効果が現れ始める。即ちメトロノームが鳴つてゐない時には、鼠は小箱の中に置かれたならば、2秒乃至8秒で出發するが、メトロノームが鳴つてゐる時には、この走行潜時(小箱内に置かれてから出發するまでの時間)が1分以上にも延びる。そこで先づメトロノームを鳴らさずに餌を與へつゝ5回走らせ(以後強化と呼ぶ)、次にメトロノームを鳴した時に走行潜時が強化時に比してどの程度に延長するかを測定し、制止の程度を知らうとした。然るにこの條件制止の成績は甚だ不確實であつて、或る日の實驗ではメトロノームによつて走行潜時が著しく延びるが、その翌日はメトロノームは全然無効果であるといふような状態が續いて、2ヶ月實驗を續けたが遂に確實な條件制止を形成する事が出来なかつた。

そこでメトロノームが有効である爲の條件を求めて統計的處理(2×2Table, Fischerの直接確率計算法)を施した結果、2%前後の危険率で次のような事が言へる事を知つた。

「強化時の走行潜時の平均値が5秒以上である時はメトロノームによつて潜時が延長するが、この値が5秒以下の時にはメトロノームは全然無効果である」(第1表)。

これは一見すると奇妙な事實である。更に奇

第1表

No. 130

強化時の潜時 \ トロノームの効果	+	-	計
$t \geq 5''$	4	1	5
$t < 5''$	0	6	6
計	4	7	11

Pr=0.02

他の鼠については

No.124 Pr.=0.03

No.128 Pr.=0.01

No.129 Pr.=0.04

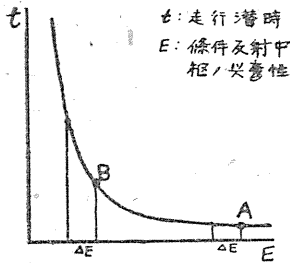
妙な事には、強化時の潜時が短かく、メトロノームが無効果であつた時、引續いてメトロノームを鳴らしつゝ無報酬試行を繰返すと、走行潜時は2秒、2秒、3秒、70秒といふような経過をとる。即ち無報酬試行を數回繰返した後に急に走行潜時が延長するのである。

何故この場合、潜時が次第に伸びないで、このように突然延長する如く特異な経過をとるのであらうか？

Ⅲ. 假 説

この2つの奇妙な事實から私は、走行潜時と條件反射中樞の興奮性（圖参照）の間に第1圖のような関係があるのではなからうかと言ふ假説を抱くに到つた。この假定を基として考へるならば、

第1圖



上の2つの事實は次のやうに説明される。

今第1圖に於て、條件反射中樞の興奮性が高く、従つて強化時の走行潜時が短いやうな状態Aに鼠があつたとする。この時制止刺戟メトロノームが興へられた爲に條件反射中樞の興奮性Eが ΔE だけ低下したとする。しかしAの附近に於けるE-t曲線の傾斜はゆるやかであるから興奮性の低下 ΔE に對應する潜時の延び Δt は極めて僅である。然るにEが低く、強化時の潜時が稍長い状態Bにある時、メトロノームが興へられた爲に興奮性が同じ ΔE だけ低下したとすれば、この場合の潜時の延び Δt は極めて大きい。これが第1の事實に對する説明である。

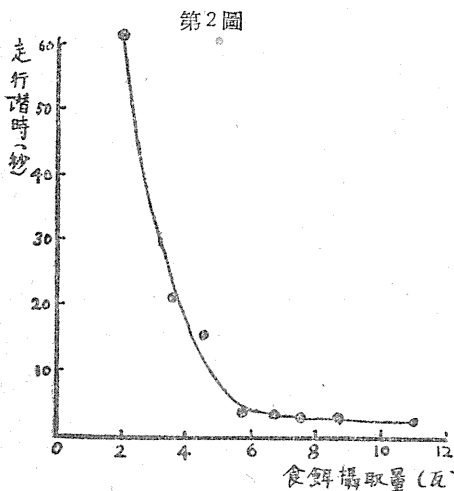
次に同じ圖について消去過程に於ける潜時の経過を考へて見よう。今鼠の條件反射中樞の興奮性Eが高く、強化時の潜時が短い状態Aにあるとする。次いで無報酬試行の度毎に興奮性が ΔE づつ低下するとすれば、その時の走行潜時は始めの數回は殆ど變りなく、曲線の傾斜が急峻な部分にさしかゝるや否や急に大きな値となる。これが第2の事實に對する説明である。即ちかゝる假定を導入する事によつて、一見奇妙に思へた2つの實驗結果を無理なく説明し得るのみならず、この2つを同じ種類の現象として理解しうるのである。

Ⅳ. 假定の實驗的檢討

しかしながら上の假定に含まれてゐる條件反射中樞の興奮性Eは直接測定し得ない量であるから實驗的にこの假定の檢討を行ふ爲には、實測しうる量の中でEと關係の深い量を選び、これと走行潜時との關係を求めて見なければならぬ。私がこの目的の爲に選んだ量は實驗直後1時間自由に餌（碎米）を喰べさせた時の食餌攝取量であつた。何となればこの條件行動は元來食餌行動であるから、この條件反射中樞の興奮性Eと食餌攝取量との間には大まかに言つて平行關係があると考へたからである。

そこで或日の實驗に於ける強化時の潜時の平均値を縦軸に、その日の食餌攝取量を横軸によつて實驗曲線を作つて見ると第1圖のE-t曲線と全く同様の形となつた（第2圖）。

この結果は上の假定の正しさを支持するものと考へる。但し私は食餌攝取量と中樞興奮性Eとの



第2圖

間のくわしい函数關係については何も知つてゐないのであるから論證は定性的な範圍に止まる。

次に第1圖から、消去過程に於て潜時の急激な延長を來すに要する無報酬試行回数 R の値は E が高い程大きいことが豫期される。そこで再び、中樞興奮性 E と食餌攝取量との間に平行的關係があるとすれば、前述の R は食餌攝取量が多くなるにつれて大きくなる事が豫想される。これは直接實驗的に求めうる關係であつて、實驗の結果はこの豫想の正しいことを示した (第2表)。

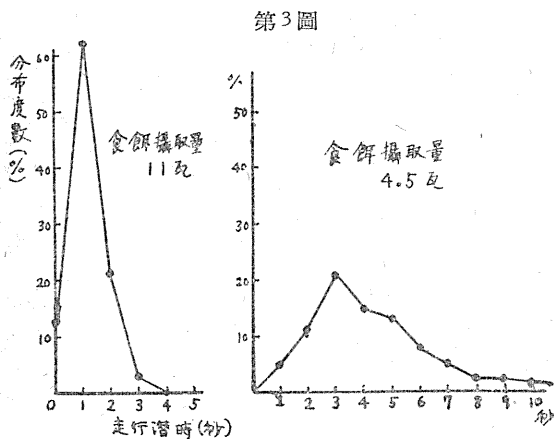
更に或る日の實驗に於ける潜時の度數分布を第1

圖について考へて見よう。今その日の實驗に於て E がかなり高い値、例へば A を中心として動揺し、その分布は假に正規分布に近い形であつたとする。この時の

第2表

食餌攝取量 (1時間)	2g—6g—7g—8g—9g—10g
消去される迄の 走行回数	\bar{R} (平均値) 1.0 2.8 4.1 4.6 5.4

E の動揺に對應する t の動揺は極めて小さく、従つて t の度數分布曲線は鋭い山を描くであらう。



第3圖

ところが E が可成り低い値、例へば B を中心として同様の分布をしたとすれば、この時の t の度數分布曲線は廣い範圍に亙り、且つ B の附近では E が小になるにつれて曲線の傾斜が著しく急峻となるから、この分布曲線は左へ尾を引いた非對稱の形となる事が豫想される。實驗的に求められた潜時の度數分布曲線の形は上の推論から豫想された形とよく一致する (第3圖)。

V. 結 び

以上この假定は私の實驗結果を説明する上に極めて便利であつたし、少くとも今のところ實驗的検討に堪へてゐる。その精密化と適用範圍の限界については今後の實驗に俟たねばならない。

終りに臨み吉井助教授の懇篤なる指導校閱を深謝する。

(註) 「條件反射中樞の興奮性」について

この概念は次のような生理學的な像から導き出されたものである。即ち、今一定の條件刺激が與へられた時、中樞神經の中には、これに對應して或特定の變化が起るであらう。(この變化は局在說に従つて腦の一定部位に起るとしてもいいし、或は局在說のない或特定の性質をもつ變化としても

差支へない)。

そしてこの變化が或一定の強さの閾に達した時に行動が始るとする。さうすれば條件刺激が興へられ始めてから行動が始る迄の時間、即ち行動潜時は明らかにこの變化に關係する中樞神經機構の活動状態 E の函數であらう。この E を私は假に「條件反射中樞の興奮性」と呼んだのである。

本論文の要旨は昭和22年4月日本生理學會總會に於て發表した。尙研究費用の一部は文部省科學研究費の補助によつた。

アミノ酸の遊離エネルギー論的研究 (VI)

l-(+)-glutamin酸 = NH₄Cl 系の酸化還元電位

大阪大學醫學部生理學教室 (主任久保教授)

高 田 文 夫

Takata - Fumio

(昭和22年9月8日受付)

I. 緒 言

生理學者が合成とよんでみる反應は、遊離エネルギーの増加を伴ふものである。有機物質が自發的に分解するときその反應の方向は、炭酸瓦斯、水、硝酸鹽のやうなより安定な物質への方、即ち初の物質に較べて終産物質のもつ遊離エネルギー量は遙かに小さいものであるやうな方向に進む。即ち、合成のあるところ、 $\Delta F > 0$; 分解のあるところ、 $\Delta F < 0$ の條件が満足されねばならぬ。ところが、遊離エネルギーと酸化還元電位 E との間には、 $\Delta F = -nFE$ なる一次的關係が存在する。従つてアミノ酸がどのエネルギー準位にあつて合成、分解の平衡状態にあるべきかを生物化學的に定める重要なキーポイントが酸化還元電位によつて與へられることとなる (3)。本編はこの意味に於て l-(+)-Glutamin 酸について比較的強力で純粹な酵素系を以てその準位を定めんとしたものである。

勿論、われわれの教室に於ても既に、鎌倉・和田 (2) がアセトン腎の抽出酵素とコ・フェルメントからなる比較的純でない酵素系を以てして、l-(+)-Glutamin酸の E_o' の價が rHo として20以上である事を報告してゐる。此の價はアラニン、フェニールアラニン、ロイチンなど他のアミノ酸の E_o' に較べて遙かに高い準位にあつて特異の相を示してゐる意味に於て、他方酸素の供給に鋭敏な中樞神経系に於ける Glutamin 酸の位置に思ひあはすとき、更に純酵素を以て追試確定することが極めて重要と思はれる。

II. 實 験 方 法

アポ酵素 ; Euler, Harrison (1) 法によつた。牛のアセトン肝臓を4倍量の水で抽出、遠心分離液を N/10 醋酸液を以て pH 5.6 に傾け、生じた遊離の蛋白を除去、對流水透折一晝夜、遠心分離液を 1% 硫酸アンモンに對して 5~6 時間透折したのち沈澱を除去し、pH 6.7 で硫酸アンモンを飽和させ一晝夜氷室内に置く。沈澱を初の半量の溜水に溶解させ 1% の硫酸アンモンに對して 5~6 時間透折、遠心沈澱の上澄液に硫酸アンモンを半飽和し沈澱を同量の水に溶解する事を 3 回繰り返した後、1% 硫酸アンモンに對して 12 時間透折し、次に對溜水透折一晝夜、遠心分離上澄液を以て酵素液とする。この酵素 1cc はアセトン肝 0.25g に相當する。そして 1cc に硫酸アンモンの 0.3mg を

含有してゐる。

コ・フェルメントはパン酵母より抽出した Green による Ba 鹽, 1-(+)-Glutamin 酸は NaOH にて中和。

實驗は色素法と電気法とを合せて行つた。前の場合は H 型 Thumberg 管, 後の場合では Borsook 管を用ひたことは云ふまでもない。

III. 實驗成績

A. 色素によつて

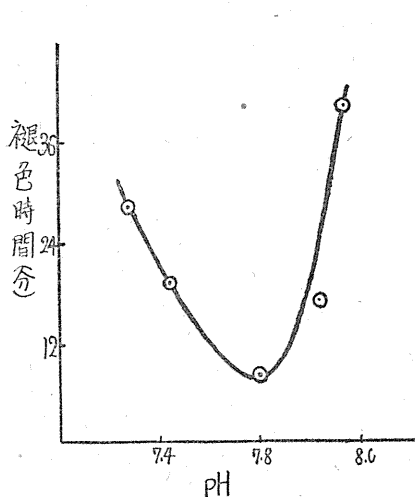
a. 酵素液とコ・フェルメントの純度の検査 ; メチレン青褪色時間を指標として, 酵素液とコ・フェルメントの純度を検査した成績が第 1 表である。

第 1 表 酵素液とコ・フェルメントの純度

ツンベルグ管 番號	酵素液 cc	コ・フェルメント 0.1cc 中 50r cc	M/10 1-(+)-Glutamin 酸 cc	10^{-3} M メチレン青 cc	M/15 ホスファート 緩衝液 pH(7.6) cc	溜水 cc	色素褪色時 間
1°	0.5	0.1	0.2	0.1	1.5	—	26'
2°	0.5	—	0.2	0.1	1.5	0.1	>5h
3°	0.5	0.1	—	0.1	1.5	0.2	>5h

第 1 表の成績から, 酵素液單獨では色素を還元しないこと, コ・フェルメントと酵素液が共存してゐても, アミノ酸の缺くときは矢張り色素の還元が認められないことがわかる。これから使用する酵素液の純度はこのオーダーである。

b. メチレン青褪色に對する此の酵素系の至適 pH



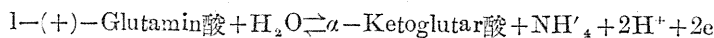
反應性の組成

M/15 磷酸鹽緩衝液	1.0cc
酵素液	0.5cc
コ・フェルメント	0.1cc (50r)
M/10 1-(+)-Glutamin 酸	0.2cc
10^{-3} M メチレン青	0.1cc

38°C

得た成績を要約すると圖のやうになる。圖からこの酵素系とメチレン青褪色の速さに關する至適 pH は略々 7.8 にあることを知る。

c. 酵素系 1-(+)-Glutamin 酸系の脱水素反應に對するアンモン鹽濃度の態度 ; この酵素によるアミノ酸分解には, すくなくとも脱アミノ酸化であらうことを側面から確める方法として, 反應系へあらかじめ加へるアンモン鹽の濃度を變へ, メチレン青の還元される速さを検査した。その理由は云ふまでもなく脱アミノ酸化であれば,

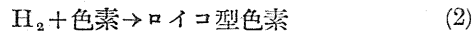


なる反應に従つて、左より右への反應が NH_4^+ 濃度の増につれて抑制されることを質量作用の定律が要求するからである。成績を表示すると第2表のやうになる。但しこの時の反應系の組成は酵素液 0.5cc; コ・フェルメント 0.1cc 10^{-3}M メチレン青液 0.1cc; M/10 Glutamin酸 0.2cc; M/15 ホスファート緩衝液 1.0cc (pH7.8); 之には追加した NH_4Cl の量を X mg としてある。第2表は X の値とそれに對應した時の色素褪色の速さを示したものである。

第2表 追加 NH_4Cl 量と色素褪色時間 (38°C)

追加 NH_4Cl (X)mg	色素還元褪色時間
0	24'
1.34	33'
13.4	52'
67.0	>180'

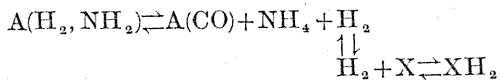
この測定値について



なる連鎖反應の定量的な物理化學的檢索は必ず行はねば確實とは云へないのであるが大體 NH_4Cl の追加に依つ

て (1) の反應速度は鈍るとすると、(2) の反應も鈍るだらう。このやうな中ば定量的な推論も許されるだらう。この嚴重な理論的檢索は稿を改めて論じ度いと思つてゐる。兎も角、上の成績から脱アミノ基反應が干與してゐると云へるだらう。

d. 酵素系 = l-(+)-Glutamin酸 = 色素系に於ける色素の還元褪色時間と共存色素の E'_{00} ; 一般に酸化還元可逆性色素は酸化還元電位の指標でありうる (4)。今、電位を知り度い酸化還元系の還元型濃度をアミノ酸の場合 $\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2)$ とし、その酸化型を $\text{A}(\text{CO})$ とする。この混合液へ少量の色素の酸化型 X を加へ適當の酵素の共存の下に、平衡状態にはいらせたとする。 $\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2)$ の少量は酸化されて、色素では $\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2)$ が酸化された量だけ XH_2 が増すこととなる。即ち、



平衡状態では兩方の酸化還元系について、その電位は共通で等しい筈である。これを E_{he} とすると、

$$E_{he} = E_{d'0} - 0.03 \log \frac{[\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2)]}{[\text{A}(\text{CO})][\text{NH}_4]} = E_{a'0} - 0.03 \log \frac{[\text{XH}_2]}{[\text{X}]}$$

そこで若し、色素の $E_{a'0}$ が $E_{d'0}$ に比しずつと高いと即ち、 $E_{a'0} > E_{d'0}$ であると $[\text{NH}_4]/[\text{X}]$ の項がずつと大きくなると E_{he} に達し得ない。従つて色素は殆ど全部還元されて眼に見られなくなる。若し、 $E_{a'0} < E_{d'0}$ であるならば $[\text{XH}_2]/[\text{X}]$ が小さくならねばならぬ。従つて色素の還元褪色は起り得ない。こゝで、色素還元褪色の度合が、 $\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2) \rightleftharpoons \text{A}$ の $E_{d'0}$ のあり場所を示すこととなる。もし、 $E_{d'0} \doteq E_{a'0}$ なる色素を用ひると、 $\text{A}(\text{H}_2, \text{NH}_2)$ と $\text{A}(\text{CO}), \text{NH}_4$ との量的比によつて、一定の色調をもつこととなる。兎も角、共存色素の $E_{a'0}$ と褪色の如何とが密接なる關係にあることが認められる。こゝに一連の色素列を以て、アミノ酸の平衡点を推定しうる根據が出来るわけである。この見地から次の組成の反應と種々の色素との混合系をつくつて、色素褪色の限界を求めたのが本項の成績である。

表示すると第3表の如くなる。

第3表 共存色素の E'o と色素褪色時間

共存色素	pH7.8での E'o (mv)	色素褪色時間 (分)
メチレン青	-14	48'
インデゴテトラズルフオナート	-77	54'
インデゴトリズルフオナート	-114	61'
インデゴチズルフオナート	-160	93'
ニール青	*-192	102'
フェノサフラニン	-268	∞
	*推定値	

反応系の組成

酵素液	0.7cc
コ・フェルメント	0.1cc
M/101-(+)-Glutamin酸	0.2cc
10 ⁻³ M色素液	0.1cc
NH ₄ Cl量	13.4mg
M/15ホスファート緩衝液 (pH7.8)	1.0cc

第3表から平衡系の電位はニール青からフェノサフラニンの中間にあるだろうと推定される。

B. 電位測定法によつて

第4表 1-(+)-Glutamin 酸の平衡電位

加へた NH ₄ Cl量	0mg	2.68mg	6.7mg	
Eh (mV)	實測値	-207	-179	-159
		-193	-180	-163
		-199	-182	-164
	平均値	-200	-180	-163

反応系の組成

酵素液	1.5cc
コ・フェルメント	0.2cc
M/101-(+)-Glutamin酸	0.4cc
10 ⁻³ Mニール青	0.2cc
M/15ホスファート緩衝液(pH7.8)	2.0cc
これに NH ₄ Cl 2.68mg 又は 6.7mg を加ふ	
37°C	

但し上の組成中のアミノ酸と NH₄Cl を除いた反応系では Eh は +166mV であつた。

第4表の測定から rHo, E'o を次のやうに算出する。

$$1) \quad rHo = \frac{Eh}{0.03} + 2pH - \log \frac{\pi A}{AH_2} \quad \pi: \text{酸化生成物質の積を示す}$$

ニール青の rHo を 9.2 とする

pH 7.8 Eh = -200mV (平均) では

$$\log \frac{A}{AH_2} = \frac{-0.200}{0.03} + 2 \times 7.8 - 9.2$$

$$= -0.266$$

$$\therefore \frac{A}{AH_2} = 0.54$$

10⁻³Mニール青 0.2cc の g 分子数は $0.2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-7} (= A + AH_2)$

$$AH_2 = 1.3 \times 10^{-7} \quad A = 0.7 \times 10^{-7}$$

M/101-(+)-Glutamin酸 0.4cc の g 分子数は $147 \times 0.4 \times 10^{-3} / 147 = 4 \times 10^{-4}$

NH₄Cl: 酵素液 1.5cc 中に含有する硫酸アンモン 0.45mg は NH₄Cl 0.36mg に相當する。

その g 分子数は $0.36 \times 10^{-3} / 53.5 = 6.7 \times 10^{-6}$

$$A(H_2, NH_2) = (40000 - 13) \times 10^{-8} = 39987 \times 10^{-8}$$

$$A(CO) = 13 \times 10^{-8}$$

$$NH_4 = 6.7 \times 10^{-6}$$

$$rHo = \frac{Eh}{0.03} + 2pH - \log \frac{A(CO) NH_4}{A(H_2, NH_2)}$$

$$= \frac{-0.200}{0.03} + 2 \times 7.8 - \log \frac{13 \times 10^{-8} \times 6.7 \times 10^{-6}}{39987 \times 10^{-8}}$$

$$= -6.666 + 15.6 + 9.261$$

$$= 18.2$$

$$E'o = 0.03rHo - 0.06pH$$

$$= 0.03 \times 18.2 - 0.06 \times 7.8$$

$$= 0.078 \quad \text{従つて} \quad rHo = 18.2$$

$$E'o = 78mV$$

2) $Eh = -180mV$ の場合も (1) と同様にして,

$$rHo = 17.7$$

$$E'o = 64mV$$

3) $Eh = -163mV$ も (1) と同様にして,

$$rHo = 18.4$$

$$E'o = 84mV$$

IV. 總 括

1-(+)-Glutami 酸 = 酵素系の無酸素メヂウムに於ける酸化還元電位を測定し、そしてその $E'o$ の算出に Glutamin 酸と Keto--Glutar 酸との間に平衡が成立するものとして立てた電位の式からすると、 $E'o$ の値が pH7.8 で 70~80mV、 rHo として大体18があげられる。Glutamin酸のこの分解についてその生成物の化學的研索を果した上でないこの値をして直ちに脱アミノ基酸化のみによる $E'o$ 即ち Glutamin酸-Ketoglutar 反應のエネルギー準位であるとは云へないが、第2表に示した NH_4Cl の増すにつれて色素褪色に時間を要する事實はその項にも述べた通り脱アミノ基反應が多少とも起つてゐると考へてもよからうと思ふ。

更に、今の反應系が平衡電位に達したあとで Decarboxylase を働かせ、その時到達する平衡電位が Aldehyd としての電位式が成立するかどうかを検討して見たいと思つてゐる (5)。

文 献

- | | |
|--|--|
| 1) Enler & Harrison (1931) Biochem J. 25, 1016 | 4) 久保秀雄:酸化還元電位 43 |
| 2) 鎌倉勝夫・和田照子 (1939) 大阪醫學會雜誌 58, 19 | 5) Rapkine (1929) C. R. Ac. Sc. 189, 171 |
| 3) 久保秀雄:酸化還元電位 6 (南條書店版) | |

低酸素空氣吸入時に於ける肺の酸素瓦斯交換に就て 612.222

〔人體の特殊條件下に於ける肺胞空氣の研究 Ⅰ〕

京都大學醫學部生理學教室(正路教授)

日 笠 賴 則

Hikasa - Yorinori

(昭和22年9月10日受付)

Ⅰ. 緒言及び文獻

肺胞に於ける血液と肺胞空氣との間の瓦斯交換が單なる物理的現象なる擴散によるものなるか、將亦肺胞上皮の特殊機能が之に關與するものなるかに就ては、1871年より1873年の間に互るPflügel門下の研究即ち擴散說主張以來種々論争あり、其後 Bohr (3 1890) 及び Haldane (9 1896~1913) 等は肺胞上皮の特殊機能說を主張固執せるも、1910年に行へる有名なる Krogh (11) の動物實驗により、更に1920年 Barcroft (1) が自己の人体實驗に基づき之れが擴散現象として充分に説明且理解し得る事を實證するに及び斯かる疑義は消滅せるものにして、肺胞空氣と肺胞の血液との間に於ける瓦斯交換は擴散現象により非常に菲薄なる肺胞の呼吸上皮層及び肺毛細管の内被細胞層を自由に透して行はれ、従つて肺胞の血液と肺胞空氣との間に於ける瓦斯交換は一般に容易且迅速に行はれるものと解釋せらるるに至つた。斯くして吾人は一般には瓦斯交換が肺に於ては殆ど完全に行はれるものとして、肺胞空氣の酸素張力を測定する事により動脈血中の酸素含有量を推算した。實際に先人の實驗に基づく實測値を見るに、正常且安靜時には肺胞空氣の酸素張力は約100mmHg内外を示し、其動脈の酸素張力亦約100mmHg内外を示して居る。而して大体に於て肺に於ける酸素瓦斯交換が完全に行はれ、酸素は平衡状態に達したる後身体各臟器組織に運び去られるものと思考せられ居られたるも、近時之れに對し肺胞空氣の酸素張力は約100mmHg内外を示せるに拘らず、實際其動脈血の酸素張力を測定せる所によれば100mmHg内外を示す事なく、約20~25mmHg程度肺胞空氣の其より小さく、即ち75~80mmHg程度なりと云ふ結果が報告せらるるに至つた。斯かる20~25mmHg程度の差異を兩者間に生ずる原因としては Haldane と Priestley (9) は上記の肺に於ける空氣の不均一なる分布状態に基因するものとなせるも、更に Vet; Dill; Henderson(15) 等は酸素の擴散する速度緩徐にして肺胞空氣と肺の血液との間の酸素瓦斯交換が充分行はれざる内に血液が肺毛細管内を流れ去る事に基因するものなりと云ひ、又斯かる原因の説明としては幾分かの酸素が肺に於て消費される爲なりと云ふものあり、或は肺に血管の吻合が存在し幾分なりとも靜脈血の動脈血中への流入を許すものと疑ひ、又一部の靜脈血が心臟に於て直接 Foramina Thebesii

を介して左心室に歸る爲なりとも云はるるも、何れにせよ現在肺胞空氣は、正常空氣吸入且安靜時に於ては其酸素張力は約 100mmHg 内外にして一方動脈血の酸素張力は 75~100mmHg 内外と一般には認められて居るのである。

更に進んで、低酸素環境即ち高山上又は航空時等に於ては果して如何なる過程によつて瓦斯交換が行はるるかに關しては、Haldane は假令正常状態に於ては肺上皮細胞の特殊機能なるものなしとするも少くも酸素缺乏状態下、即ち酸素缺乏空氣吸入時或は過度の酸素消費を示すが如き筋肉労働に於ては其特殊機能が發現するものと主張し就中彼及び Douglas (7) が1912年に行へる實驗報告によれば酸素缺乏即ち筋肉労働時、一酸化炭素中毒時、更に酸素缺乏空氣吸入時に際し肺上皮の特殊機能が認められ、動脈血中の酸素張力は肺胞空氣の酸素張力より高き結果を得たる旨記述し居る。然し乍ら Hartridge (10) が1912年 Haldane の行ひしと同一なる實驗を全く同一の方法を使用追試せる所、上述の Haldane の云ふが如き結果は全々認められざりし旨報告して居る。更に Barcroft (1) が1920年酸素缺乏著しき條件に於て行ひたる實驗報告によれば、やはり安靜状態に於ても或は労働に際しても何等肺上皮の特殊機能説を認むべき根據は見出されず、動脈血中の酸素張力は肺胞空氣の其と全く一致せりと報告して居る。更に彼が其より稍以前1912年(2)に行ひたる Peru の高山上に於て行ひたる實驗に於ても、動脈血中の酸素張力は決して肺胞空氣の其より高き事はなく、寧ろ主として其より低き値を示せりと報告して居る。更に C. W. Green 及び C. H. Green (6) が1921年犬に就て行ひたる實驗に於ても酸素缺乏空氣を吸入せしむるも動脈血中の酸素張力は常に肺胞空氣の其より低き結果を得た。更に最近に至り Dill; Christensen; Edwards (4) が1936年 Chilian Andes 山上の實驗に於て 4.70~6.14km の高地に於て肺の酸素瓦斯交換の状態を調査せる結果を見るに、斯かる高地に於てすらも即ち低酸素状態著しき環境に於てすらも Haldane 一派の云ふが如き肺上皮の特殊なる分泌機能は認められず、酸素の瓦斯交換は殆ど完全に擴散によりて行はるのであつて、動脈血中の酸素張力は肺胞空氣の其と良く一致するを認めた。然れ共斯かる登山に於て行ひたる實驗は相當の日數を要する關係上、其間に於ける人間の高地馴化の存在を考慮せねばならぬは勿論である。

近時航空の發達に伴つて急速上昇即ち急速に低酸素環境に至る時、果して上記登山實驗に於て得られたると同一の酸素瓦斯交換の状態が認められるかと云ふ點に關しては、Matthes (12) が1936年に行ひたる實驗結果によれば正常空氣吸入時には約 30mmHg 内外肺胞空氣の酸素張力は動脈血の其より大にして肺に於ける酸素瓦斯交換は不完全なるに拘らず低酸素空氣吸入時(急速に低酸素環境に至る時)には其兩者間の差異は殆ど僅少となり肺に於ける酸素の瓦斯交換は殆ど完全に行はるるに至るものなりと報告して居る。

以上述べたる諸實驗に採用せられたる實驗方法は、全て酸素張力を指標として肺胞空氣と肺の血液間の酸素瓦斯交換の状態を検討したるものである。之に對して本實驗に於ては酸素張力を指標とせず血液の酸素飽和度を指標として肺に於ける酸素瓦斯交換の状態を検討した。即ち從來行はれし、

法は動脈血中の酸素飽和度炭酸瓦斯含有量並びに動脈血の水素イオン濃度を測定し、其酸素飽和度に相當する酸素張力に換算せる上、肺胞空気の之と比較せるものであるが、本研究では之れに反し硝子トノメーターを使用する事により完全に肺胞空気に平衡せしめたる血液即ち平衡血の酸素飽和度と實際の動脈血中の酸素飽和度を測定し、此兩者を比較検討する事により肺に於ける酸素瓦斯交換の状態を究明した。

II. 實驗方法

被檢者は31才の健康なる男子である。先づ被檢者を静坐せしめ約20~30分後身体が充分安靜状態となるに及び、正常空気を吸入時に於ける肺胞空気並びに動脈血を採取した。次いで豫め準備調製せし5001入のゴム引絹布製氣囊中の低酸素空気を吸入せしむ、約20~30分後肺胞空気及び動脈血中の酸素含有量が一定なるに及び其肺胞空気並に動脈血を同時に採取した。肺胞空気は吉村氏法(16)により採取せるも、本實驗にては原法の自動装置に代へて手動法を用ひた。動脈血は豫め温湯にて充血せしめたる耳葉の皮膚切創より流動パラフィン下に採取(13)せるものを用ひ、且其分析には齋藤式微量血液瓦斯分析機(14)を使用した。更に本實驗にては肺胞空気と平衡せしめたる被檢者の血液瓦斯含有量を、其肺胞空気採取と同時に採取せる動脈血の瓦斯含有量と比較する必要がある爲自分は次の如き實驗方法を採用した。即ち適當なる活栓付硝子トノメーター中にて先きに採取せる動脈血の一部を、其と同時に採取せる肺胞空気(血液の約20倍容積)と接觸せしめ、之を37°Cの恒温槽中に約20~30分間廻轉して其血液を完全に肺胞空気と平衡せしめたる後、此平衡血の瓦斯含有量を前と同様にして測定した。又平衡後のトノメーター中の氣體の組成に就ては數回實測したが、動脈血を使用せる關係上差異を認めざりし爲、其後は之を省略した。猶血液凝固を防止する爲に採取血液に約0.2%の割合にて蔞酸加里を加へた。

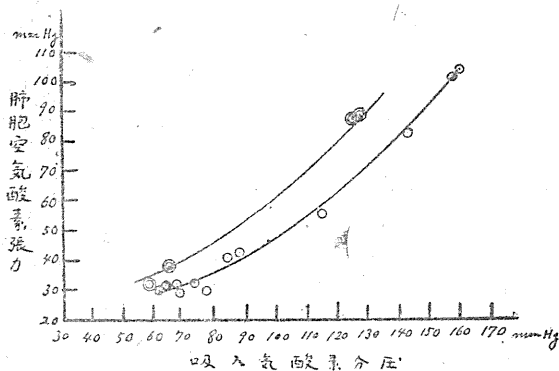
III. 實驗成績及び其考察

本實驗に用ひたる低酸素空気は酸素18.80%より8.25%に至る間の1種である。即ち地上より高度約7200mに至る間の種々の高さに相當せる低酸素空気を吸入せしめ、其際に於ける肺胞空気の酸素張力と吸入氣の酸素分壓の關係、並びに肺の酸素瓦斯交換の状態に就き検討を加へたるものにして、其實驗數値は本文末の實驗記録に示す。

肺胞空気の酸素張力と吸入氣の酸素分壓との關係は、既にHaldane(8)を始めとしLutz; Schneider; Clark; 更に本教室の藤本(5)吉村(16)等多數の報告あり、本實驗の成績も此等先人の業跡と大同少異にして、吸入氣の酸素分壓63mmHgに至る迄は第1圖に示す如く直線に近き滑かなる曲線を示したが、先人の實驗結果を綜合して見る時は、多少の個人的差異を此曲線に認め得た。次いで低酸素空気に約1~2%の割合に炭酸瓦斯を添加せる場合は、之れを添加せざる場合に比し若干肺胞空気の酸素張力の上昇を見た。之れは、呼吸數は殆ど變化せざるも主として呼吸の深さの増大により其換氣量を著しく増加する事に基づくものなる事は明らかである。

肺の酸素瓦斯交換に關しては上述せし如く、肺胞空気の酸素張力は動脈血の其れよりも20~25

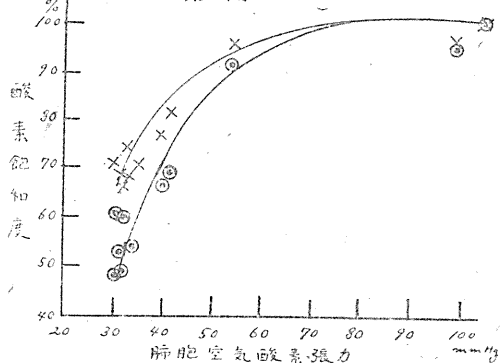
第1圖



は殆ど完全なる酸素瓦斯交換の成立するを認めて居る。

次に低酸素空気が吸入時に於て殊に航空状態下の如き酸素分圧の急速低下に際しても亦、本實驗の結果を綜合したる第2圖を見る時は、從來云はれたる如き動脈血と肺胞空気の酸素分圧の差は認められずして、吸入氣の酸素分圧120~140mmHg迄は肺に於て酸素の瓦斯交換は殆ど完全に行はれて居る事が認められるも、其より更に吸入氣の酸素分圧が低下する時は其酸素瓦斯交換の状態は不完全となり、動脈血の酸素飽和度と平衡血の酸素飽和度との間に10~20%の差異を生じ、後者は前者よりも明らかに大なる事を認め得た。即ち此差異の説明には肺上皮細胞の特殊機能の假定を用ふるの要なく、之れを兩者間の酸素の擴散が不完全にして未だ平衡状態に達せざるものとして之れを理解し得る。然らば何故に斯くの如き高度の低

第2圖



酸素空気が吸入時に肺胞壁に於ける酸素瓦斯の擴散が不完全となるか、理由を考ふるに、肺胞空気の酸素張力低くなれば其に伴ひ擴散速度も小となるものであり、之れに加へて既知の如く低酸素空気が吸入時に際しては、血流速度は促進し、少量の酸素を可及的速かに身体各組織に送らんと努むる適應現象が其處に顯はるる爲に、肺胞空気中の酸素が未だ充分に肺毛細管内の血液中に擴散移行せざる内に、即ち完全なる瓦斯交換が行はれざる内に、血液が肺を流れ去る爲なりと思考せらるるものにして、斯かる點よりして、正常空気が吸入時又は軽度の低酸素空気が吸入時に際しては酸素の肺に於ける瓦斯交換が完全に行はるるにも拘らず高度の低酸素の状態下に於ては不完全なる状態に陥るものと見て差支へなきものである。然るに吸入氣の酸素濃度と其瓦斯交換の不完全さの間の關係に付いては吸入氣の酸素分圧低き程其不完全さが増大する傾向著明ならざるは、主として人体の適應現象の顯はれによるものにして、即ち低酸素空気が吸入に際しては、Barcroft其他の諸氏が云ふ如く、既に血流を有する肺の血管は總て擴張するのみならず正常時には閉鎖し居れる豫備毛細血管も亦擴張

して血流を生じ其處に肺の充血を起して酸素の血液中への移行を容易にせんとする代償的機能が行はれるものである。

更に吸入氣に 1~2% 程度の割合に炭酸瓦斯を添加する事の效果は、正常空氣又は輕度の低酸素空氣吸入時には之を認め難いが、非常に高度の低酸素空氣吸入時には之れを添加せし場合は然らざる場合に比し肺胞空氣の酸素張力上昇し、其擴散速度又稍促進し、血液との間の酸素瓦斯交換は良好となる傾向あるを認めた。

以上の如く、酸素張力を指標とせし從來の研究に於ては正常空氣吸入時に於ては酸素の瓦斯交換は 20~25mmHg 程度の不完全さを示すも、低酸素の環境に於ては殆ど完全なる酸素交換が行はると云ふ結論に反し酸素飽和度を指標としたる本實驗に於ては酸素瓦斯交換は正常空氣吸入時には完全であるに拘らず高度の低酸素環境に於ては不完全となると云ふが如き從來と逆の結果を得るに至りたるは何故なるか、之れは結局血液の酸素解離曲線の圖型が其最大原因と考ふる他はあるまい。即ち此現象は酸素張力が比較的大なる間は血液酸素飽和度を示す曲線の酸素分壓に伴ふ低下は緩徐であるが、酸素張力の低下が進むと共に急峻となるによるものと考へらる。換言すれば酸素張力を指標とする時は酸素張力大なる領域に於ては、一定度の酸素張力の差に對應する血液の酸素飽和度の差は小なる爲に從來の研究結果に顯はれたる肺胞空氣と動脈血間の酸素張力差異は本實驗に於ては著明に認められざるも、酸素張力低下するに伴ひ小なる酸素張力の差に對應する血液酸素飽和度の差は著しく大となる爲に、從來の研究報告に於て認められざりし肺胞空氣と動脈血間の酸素張力の差が本實驗に於ては著明なる血液酸素飽和の差として顯はれたものと考へらる。

IV. 結 論

(1) 肺胞空氣の酸素張力と低酸素吸入氣の酸素分壓との關係は、多少の個人的差異あれど、直線に近き滑かなる曲線を示し炭酸瓦斯添加により呼吸數は殆ど變化せざるも、主として呼吸の深さの増大により其換氣量を著しく増加し、其結果肺胞空氣の酸素張力の上昇を來す。

(2) 血液酸素飽和度を指標として觀察する時は肺胞壁に於ける肺胞空氣と血液間の酸素瓦斯交換は正常空氣吸入且安靜なる状態下に於ては殆ど完全に行はるるものと認めらる。然るに酸素張力 120~140mmHg 程度以上の高度の低酸素空氣吸入時には此酸素交換は不完全なる状態に陥り平衡血と動脈血の酸素飽和度間に 10~20% 程度の差を生ずる。但し更に低酸素の度を強くするも、此酸素交換の不完全の度が増大する傾向は著明でない。此の理由は主として肺循環の増進によるものと考へらる。

(3) 低酸素空氣に 1~2% の炭酸瓦斯を添加吸入しむる時は、之れを添加せざる場合に比して肺胞空氣の酸素張力上昇するのみならず、吸入氣の酸素分壓非常に低き時は酸素瓦斯交換の状態も稍良好となる傾向がある。

(4) 何れにせよ正常空氣吸入時は勿論低酸素空氣吸入時に於ても肺胞空氣と血液との間の酸素交換には肺上皮細胞の特殊機能説を採用するが如き余地なく、擴散現象を以て充分之れを説明し得る

ものである。

(5) 従來の如き酸素張力を指標とする研究結果と本實驗の如く血液の酸素飽和度を指標とする實驗結果との間に本文中に詳述せし如き不一致を認むる理由は、血液の酸素解離曲線の圖型の性状に基因するものとして之れを理解し得る。

實驗記錄

吸 氣		肺胞空氣 酸素張力 (mmHg)	相當高度 (m)	吸氣吸 入時間 (分)	血 液 瓦 斯				平 衡 血		平 衡 血 動 脈 血 較 差			
CO ₂ %	O ₂ %				動 脈 血		平 衡 血		酸素量 (vol%)	酸素飽 和 度 (%)	酸素量	酸素飽 和 度	酸素量	酸素飽 和 度
					酸素量 (vol%)	酸素飽 和 度 (%)	酸素量	酸素飽 和 度						
0.03 (0.2)	20.93 (160.6)	104.4	0 (地上)	—	15.6	98.7	15.6	98.7	0.0	0.0				
0.03 (0.2)	20.93 (158.5)	99.3	0 (地上)	—	17.5	96.1	17.6	96.7	0.1	0.6				
0.03 (0.2)	20.93 (158.5)	103.0	0 (地上)	—	16.7	98.8	16.1	95.3	-0.6	-3.5				
0.00 (0.0)	18.80 (142.3)	83.8	900	30	16.0	90.4	16.1	90.5	0.1	0.1				
0.00 (0.0)	15.30 (116.0)	53.3	2550	30	14.2	87.1	15.8	96.9	1.6	9.8				
0.00 (0.0)	11.70 (88.3)	41.4	4650	30	11.6	69.0	13.7	81.5	2.1	12.5				
0.00 (0.0)	10.92 (82.6)	40.3	5150	30	11.3	66.9	12.6	74.5	1.3	7.6				
0.00 (0.0)	10.05 (77.1)	32.7	5450	22	9.3	60.8	10.5	68.6	1.2	7.8				
0.00 (0.0)	9.70 (73.5)	34.1	6050	30	9.3	53.4	12.4	71.2	3.1	17.8				
0.10 (0.8)	9.16 (69.5)	31.8	6450	30	8.5	48.8	11.5	66.1	3.0	17.3				
0.00 (0.0)	9.10 (68.6)	32.9	6500	30	9.7	59.5	12.3	74.2	2.6	14.7				
0.00 (0.0)	8.70 (65.8)	31.9	6850	22	9.6	52.8	12.5	68.6	2.9	15.8				
0.00 (0.0)	8.25 (62.9)	30.7	7200	17	7.6	47.5	11.4	71.2	3.8	23.7				
1.80 (13.7)	16.20 (123.5)	86.0	2050	29	15.7	88.7	15.9	89.8	0.2	1.1				
2.10 (14.9)	9.15 (65.1)	38.3	6450	30	12.0	69.0	13.8	79.3	1.8	10.3				
1.10 (8.38)	7.77 (59.2)	29.3	7600	17	5.7	35.6	7.6	47.5	1.9	11.9				

[吸氣 () 内は酸素及碳酸瓦斯張力を示す]

文 献

- 1) Barcroft, Cock, and Hartridge. (1920) *J. Physiol.* 53, 450
- 2) Barcroft. (1912) *Lancet.*
- 3) Bohr. (1890) *Skand. Arch. f. Physiol.* 2, 236
- 4) Dill, Christensen, and Edwards (1936) *Am. J. Physiol.* 115, 530
- 5) 藤本富太郎 (昭和14年) *京都醫學誌* 34, 406
- 6) Green, C. W. and C. H. Green (1921) *Am. J. Physiol.* 59, 442
- 7) Haldane, and Douglas, (1912) *J. Physiol.* 44, 306
Haldane, Douglas, Henderson, and Schneider. *Proc. Roy. Soc.* 35, 65
- 8) Haldane, and Priestley, (1905) *J. Physiol.* 32, 225
- 9) Haldane, and Priestley, (1935) *Respiration.* New Edition. Oxford. (1896) *J. Physiol.* 20, 506
(1898) *J. Physiol.* 22, 233
- 10) Hartridge. (1912) *J. Physiol.* 44, 170
- 11) Krogh, (1910) *Skand. Ar. f. Physiol.* 23, 200
Skand. Ar. f. Physiol. 23, 248
- 12) Matthes, (1936) *Ar. f. exper. Pathol. u. Pharmacol.* 181, 630
- 13) Saito, K. (1937) *J. Bjoch.* 25, 89
- 14) 齊藤幸一郎 (昭和12年) *日本生理誌* 2, 213
- 15) Yet, Dill, and Henderson. (1930) *J. Physiol.* 68, 277
- 16) 吉村正太 (昭和19年) *日本生理誌* 9, 71, 312

低酸素空氣吸入時に於ける精神作業能と肺胞空氣の關聯性に就て 612.222:612.821.2

〔人體の特殊條件下に於ける肺胞空氣の研究 II〕

京都大學醫學部生理學教室(正路教授)

日 笠 頼 則

Hikasa - Yorinori

(昭和22年9月10日受付)

I. 緒 言

近時航空醫學の目覺しき發達に伴ひ低酸素環境に於ける問題が種々論議せられ注目せられつつあるが、其に伴ひ人體が低酸素空氣を吸入する機も多くなり、殊に飛行による急速上昇、更に高々度に於ける成層圏航空機の與壓室破壊等により人體が急速に低酸素環境に持來たらされると云ふ事も往々にして見られ、其際急速なる酸素缺乏を來たし肺胞空氣の酸素張力低下更に大脳機能低下遂には意識喪失行動不能と云ふが如き結果を招來し不慮の災害も決して少なしとはしないのである。本研究は大脳の精神機能が低酸素空氣吸入時には如何なる状態を示すか精神作業能の方面から研究し同時に、之と肺胞空氣並に吸入氣の酸素分壓との關係を調査せるものである。

低酸素空氣吸入時に於ける肺胞空氣の研究は1905年初めて Haldane (2) が報告して以來多數の研究報告あり、本教室にても既に藤本 (1) 吉村 (5) の報告あれど、何れも主として吸入氣の酸素分壓と肺胞空氣の酸素張力との關係を論じたるに過ぎず。吸入氣の酸素分壓と意識或は機能方面との關聯性を論じたるものとしては、Strughold 及び其他の研究者 (4) が低酸素空氣を突如吸入し始めてより意識喪失以前に何等かの機能障碍の現はる迄の時間を“Zeitreserve”と名付け、之と低酸素空氣の關係を論じ、其後正路 (3) は意識存続の限界時間と低酸素空氣との關係を報告して居る。急速なる低酸素空氣吸入に際しては人體の酸素缺乏の症状は先づ大脳の精神作業能の低下として顯はれ、然る後に嘔吐痙攣等の肉體的障碍を發現するものにして、斯かる大脳の精神作業能の低下を防ぎ之れを正常に維持する爲には動脈血の酸素飽和度並びに之れを規正する肺胞空氣の酸素張力を一定限界以上に保つ事を要するは勿論である。本研究に於ては吸入氣の酸素分壓と肺胞空氣の酸素張力並びに精神作業能の三者の相關關係に付いて研究を行つた。

II. 實 驗 方 法

本實驗は59才、31才及び25才の健康なる3人の男子を被檢者として行へるものにして、先づ被檢者は靜座し身體が充分に安靜状態になりたる後、呼吸辨の口片に含みて、正常空氣を呼吸し、ゴム栓を以て鼻孔を閉鎖して呼吸辨を経て行ふ呼吸が定常状態になるに及び、吸入氣を切換へて豫め作りたる所望の低酸素空氣を吸入せしめた。此低酸素空氣は適當に窒素瓦斯を混入して製し、之をゴ

ム引絹布製氣囊中に客れて使用した。肺胞空氣は前報告と同様の吉村氏法の變法を用ひ、低酸素空氣吸入初期は5~10分毎に、其後は10~20分毎にこれを採取した。

精神作業能検査法としては正路の創案による新法を採用した。次に其測定法の大略を示す。

即ち4, 5, 6, 7, 8, 9の6種の數字のゴム印を使用して總計30個の數字を其配列の順序を種々不規則に縦に紙上に印刷し被檢者をしてこれを上方より順次累積加算して、其結果を各數字の右側に記入せしめ、實驗施行者は其加算開始より至數字30個の總和を記入して了ふ迄の時間を測秒時計にて測定する。毎實驗の始めに正常空氣呼吸状態に於て之を3回連續反復測定し、其平均値を以て當該實驗時に於ける精神作業能の正常値(1.00)とす。其値は少しく之を習熟する時は約40秒内外となり、練習により之以上著しく短縮せず又日を異にするも大略一定の値を興へる。酸素缺乏状態下に於ては上記の加算所要時間は漸時延長するのみならず往々加算誤謬を生ずる。此時の精神作業能は便宜上次式にて算出するものとする。

$$\text{精神作業能} = \left(\frac{\text{所要時間の正常値}}{\text{實驗状態下に於ける所要時間}} \right) \times \left(\frac{30 - \text{誤謬數}}{30} \right)$$

斯くして精神作業能は肺胞空氣採取と同時に毎回追跡測定した。

Ⅲ. 實驗成績及び其考察

本實驗に於ては、相當高度4kmより7kmに亘る間の酸素缺乏空氣を吸入せしめたるものにして、其實驗成績は本文末尾に記載した。

先づ精神作業能は低酸素空氣吸入に際しては如何なる變化を示すかを検討するに、第1表に示す如く、低酸素状態下に於て精神作業能を長く正常に維持し得られざる場合には、若干時間正常不變に保たれたる後漸次低下を示し、其不變に保たれる時間は低酸素の度強き程短縮する。

第1表

吸 氣			精 神 作 業 能										傾 向	
O ₂ %	O ₂ 分壓 mmHg	高 度 km	5'	10'	15'	20'	30'	40'	50'	60'	90'	120'		
12.74	95.6	4.0		1.38		1.06	1.00	1.01						不變 不變
11.76	88.3	4.6	1.05	1.02	1.02	0.95	1.04	0.95	1.01	1.01	1.02			
11.29	85.1	4.9	0.80	1.02		0.95	0.98	1.02	1.02	0.87	0.85	0.76		稍低下
11.00	82.0	5.1	1.04	1.05		1.16	0.86	0.90	0.90	0.82	0.81	0.45		低下
10.97	83.0	5.2		1.04		1.00	1.01	1.06	0.71	0.75	0.76	0.73		稍低下
10.26	76.6	5.6	1.04	0.96		0.94	0.98	0.89	0.69	0.85	0.65	0.56		低下
9.00	66.3	6.6	1.09	0.67	0.66	0.70	0.31							低下
8.80	66.3	6.8	0.96	0.87	0.77	0.49	0.51							低下

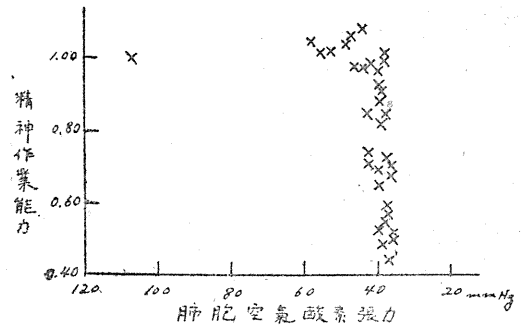
一方低酸素空氣吸入時に際して肺胞空氣の酸素張力は如何なる経過をたどるかを見るに、低酸素空氣吸入直後の數分内(5~6分)に急に低下するも、其後漸次多少の動搖を示し斯くして20分以後は略一定値を示すに至るを以て、肺胞空氣の酸素張力は低酸素空氣吸入後20分にして充分且完全に平衡状態に達するものと見て差支へない。従つて精神作業能が正常に維持し得られざる時は若干時間後漸次低下し遂には意識喪失に陥るが、其以前に種々の酸素不足症狀を發して精神作業の遂行を困難ならしむるに至る故に、或る一定の低酸素状態が精神作業能に障礙を及ぼすや否やを検するには

長時間精神作業能を追跡する代りに、低酸素空気吸入開始後 40~50 分後の被檢者の精神作業能を検する事により之れを判定し得るものである。

肺胞空気の炭酸瓦斯張力は低酸素空気吸入後 5 分にして略一定に達すると認めた。従つて本實驗に於ては其平衡に達する迄に要する時間は酸素に比し著しく速かであつた。然れ共個人的差異ありて、人によりては略一定値に低下したる後猶若干の動搖を示す事あり、爲に肺胞空気の炭酸瓦斯張力は酸素張力よりも稍不安定にして精確なる一定の平衡値を認め得ぬ事が多い。

大脳に於ける精神作業能を正常に維持するには肺胞空気の酸素張力を一定の限界以上に保つ事が必要である。第 1 圖は酸素分壓 95.6mmHg より 66.3mmHg に及ぶ間の 8 種の低酸素空気を吸入せし際に於ける精神作業能と肺胞空気の酸素張力との關係を圖示せるものにして、本圖標より明らかなる如く、被檢者甲に於ては、精神作業能は肺胞

第 1 圖



空気の酸素張力 40mmHg を明確に限界として 40mmHg 以上なれば精神作業能は殆ど正常を維持するも、40mmHg 以下にては精神作業能の著明なる低下を示すものである。即ち精神作業能を正常に維持し得る限界は明らかに肺胞空気の酸素張力に於ては 40mmHg なりと云ひ得る。然らば此肺胞空気の酸素張力を約 40mmHg に維持して

精神作業能を正常に維持し得る吸入氣の酸素分壓は如何なる値なるか。之れは實驗結果よりして大体 86mmHg となるのであつて、斯かる限界は被檢者乙、丙に付いても同様の限界が存し、被檢者乙に於ては第 2 表に示す如く吸入氣の酸素分壓 88mmHg、肺胞空気の酸素張力は 40mmHg 被檢

第 2 表

精神作業能維持に要する限界			
被檢者	吸入氣 O ₂ 分壓 (mmHg)	相當高度 (km)	肺胞空気の酸素張力 (mmHg)
甲	86	4.9	40
乙	88	4.7	40
丙	75	5.9	36

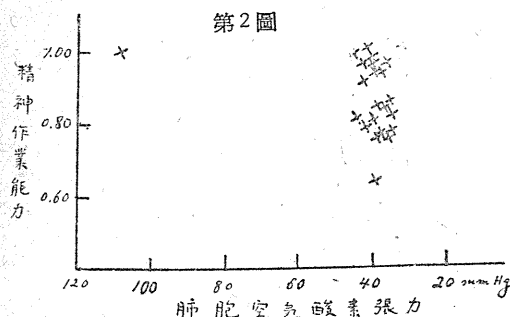
者丙に於ては前者が 71mmHg 後者は 36mmHg にして多少の個人的差異を認めた。而して斯かる精神作業能を正常に維持し得る限界値小なる程航空醫學上に云ふ上空耐性は強きものなる事當然である。

次に吸氣中の酸素分壓 70mmHg 程度の低酸素空気に約 1.0~2.5% の間で 6 種の濃度の異なる炭酸瓦斯を添加したる酸素缺乏空氣を吸入せしめた場合に、炭酸瓦斯の添加量小にして吸入氣の酸素分壓と之に添加する炭酸瓦斯の分壓との和が炭酸瓦斯

第 3 表

吸 氣					精 神 作 業 能							
酸 素		炭 酸 瓦 斯		兩分壓の和 (mm)	10'	20'	30'	40'	50'	60'	90'	傾 向
O ₂ (%)	O ₂ 分壓 (mm)	CO ₂ (%)	CO ₂ 分壓 (mm)									
9.50	71.7	0	0	71.7	1.00	1.02	0.65	0.62				低下
9.20	69.5	0.90	6.8	76.3	0.91	0.77	0.83	0.76				低下
9.50	71.3	1.40	10.5	81.8	0.95	1.02	0.87	0.87	0.84	0.77		稍低下
9.32	70.0	2.00	15.0	85.0		0.93	0.80	0.95	0.81	0.84	0.66	稍低下
9.24	69.9	2.18	16.5	86.4		1.06	1.10	0.87	0.98	0.90	1.00	不變
9.32	70.4	2.20	16.6	87.0	0.99	1.00	0.81	1.01	0.81	0.93	0.99	不變

を添加せずして精神作業能を不變に保ち得る 86mmHg 又は其以上に及ぶ時は、精神作業能は平常に維持せらるる事が判明した (第3表参照)。



肺胞空気の酸素張力と精神作業能との關係も添加炭酸瓦斯量の如何に拘らず 39mmHg を限界として、其以上では精神作業能の低下を示さず、39mmHg 以下に及ぶ時は著明なる低下を示し、炭酸瓦斯を全く添加せざる時の限界値約 40mmHg と大略一致するを認めた (第2圖参照)。

上述の如き關係は單に酸素張力が 70mmHg を示す場合のみに限らず、如何なる酸素張力の場合にも亦大体適用し得る事は第4表により明らかである。

第4表

精神作業能維持の限界				
吸入氣			肺胞空氣	
O ₂ 分壓 (mmHg)	CO ₂ 分壓 (mmHg)	兩分壓の和 (mmHg)	O ₂ 張力 (mmHg)	CO ₂ 張力 (mmHg)
83.4	0.8	84.2	43.3	36.2
74.7	12.6	87.3	45.0	35.9
69.9	16.5	86.4	39.9	39.1
64.0	21.3	85.3	41.4	37.8

以上の關係は乙、丙の2名の被檢者に於ても亦證明せられた (實驗記録省略)。斯く 1.0~2.0 % 程度の炭酸瓦斯を吸入氣に添加する時は、其量に従ひて呼吸量を増大する事は勿論なれど、肺胞空気の炭酸瓦斯張力は不變なるか

又は寧ろ若干の低下を示し、従つて此程度の炭酸瓦斯添加では一般に信ぜらるるが如く炭酸瓦斯の呼吸促進作用が血液の炭酸瓦斯の増加によりて呼吸中樞を刺戟するに因るものと考へられず、其他の作用機轉の存在を想像し得る。然し乍ら 2.0% 以上炭酸瓦斯を添加する時は、肺胞中の炭酸瓦斯張力の増加を來たし、呼吸中樞を刺戟して呼吸増進作用を發現するもの如くである。斯くして炭酸瓦斯が有効なる理由は、其呼吸増進作用によりて、肺胞空気の酸素張力延いては動脈血の酸素飽和度を上昇せしむるによるものと思はれる。又一面低酸素環境にありては肺胞空気の炭酸瓦斯張力も若干低下するを以て、吸入氣に炭酸瓦斯を添加する事が之れを代償する事も亦炭酸瓦斯添加の有効なる一因と考へ得る。然し乍ら其添加炭酸瓦斯量の適量に就ては分壓 15~30mmHg を最も良しとする。本實驗の結果によれば此範圍以下なる時は著効少し、又此範圍以上となる時は呼吸増進過大となりて自覺的に努力乃至苦痛感を生じ、精神作業遂行の障礙となるによる。

以上の結果より見る時は、酸素分壓は 50~70mmHg 程度の低酸素空気が吸入する場合には其空氣の一部を炭酸瓦斯を以て置き換ふる事は有利と認めらるる。

IV. 結 論

(1) 肺胞空気の酸素瓦斯張力は、低酸素空気が吸入後初めの數分内に急速に低下し、約20分にして大略完全に一定の平衡値に達する。

(2) 急速なる低酸素空気が吸入時に於ける障礙は、先づ精神作業の低下として顯はれ、其後に嘔吐痙攣等の肉体的障礙を生ずる。而して精神作業能を正常に維持し難き程度の低酸素空気が吸入時には、

精神作業能は若干時間後漸次低下する。

(3) 低酸素空気吸入時に際しては其精神作業能を正常に維持する爲には、動脈血の酸素飽和度を規正する肺胞空気の酸素張力を一定の限界以上に保つ事を制する。此の限界値は個人の耐高性の強弱により異なる。

(4) 低酸素空気吸入をなすに際し、精神作業能が漸次低下する時は、其吸入氣に若干の炭酸瓦斯を加ふる事により其低下を防止し得るものにして、前所要添加炭酸瓦斯の分壓は吸入氣の酸素分壓に従ひて異なれど、兩分壓の和が常に炭酸瓦斯を添加せずして精神作業能を維持するに必要な吸入氣の酸素分壓の限界以上なる事を要する。而して其添加炭酸瓦斯量は 15~30mmHg を最も可とする。

(5) 上述の結果よりして、酸素分壓 50~70mmHg 程度の低酸素空気を吸入する場合には、其の空氣の一部を炭酸瓦斯を以て置き換ふる事は有利と認めらるる。

文 献

- 1) 藤本富太郎 (昭和14年) 京都醫學誌 34, 406
- 2) Haldane, and Priestley, (1905) *J. Physiol.* 32, 225
- 3) 正路倫之助・齊藤幸一郎・井上章 (昭和19年) 航空醫學誌 1, 147
- 4) Strughold. (1938) *Luftfahrtmed.* 3, 55
Luftfahrtmed. (1938) 5, 66
Landschek. (1938) *Luftfarthmed.* 3, 12
- Becker-Freyseng, Loeschcke, Luft, u. Opitz. (1939) *Luftfahrtmed.* 4, 31
- Hann. (1940) *Luftfahrtmed.* 4, 318
- Kornmüller, u. Strughold. (1941) *Luftfahrtmed.* 5, 161
- Tiffel. (1940) *Luftfahrtmed.* 4, 328
- 5) 吉村正太 (昭和19年) 日本生理誌 9, 311

迷走神経刺戟による呼吸停止及び之に伴ふ血圧變動に就て 612.816:612.215.3
612.816:612.146

東京大學醫學部生理學教室

福田 邦三・加藤 保・石川 康・高島 巖

Fukuta-Kunizo・Kato-Tamotsu・Ishikawa-Yashushi・Takashima-Iwao

(昭和22年9月25日受付)

吾々はこゝ數年來、呼吸中樞及び循環中樞の性質に就て研究を續けて來たが、或る目的の爲に迷走神経の中樞側切れ端を刺戟する必要があつた。その際、例のかねて問題になつてゐる迷走神経刺戟による呼吸停止が、吸息性に出るか、呼息性に出るかと言ふ問題に就ても注意を向けた。この問題は Hering-Breuer 反射(1368)が呼息への切換へのみであるか、原著者の言ふ様に吸息への切換へをも營むものであるかと言ふ長年に亙る争點にも關聯がある。

古い文献にはすべて Hess (1931) にゆづつて省略するが、刺戟の方法として Induktorium が適當でない事は最近我國でも佐藤(昭.18)が指摘した通りである。この論文に於て佐藤は約1.25g/kgの Urethan を皮下注射したカヒウサギに就て兩側迷走神経を切斷した上、左側の中樞側切れ端を刺戟した時に起る横隔膜の運動の様子を直接バナタンボールにうけ空氣傳導の方法で描記した成績を述べてゐる。

刺戟としては Induktorium の二次回路に眞空管 UZ-42 を直列に入れて開放電撃だけを有効に利用した場合と、眞空管をシャントして閉鎖電撃をも有効ならしめた場合とを比較して觀察した。その結論は普通に Induktorium で刺戟する時に見られる強刺戟の際の呼息性呼吸停止は制戟の強さに關係するものでなくて刺戟頻度に關するもので、強刺戟の際には閉鎖電撃も亦有効になるので有効刺戟頻度が倍になるのだと言ふにあつた。

刺戟頻度が小さい時には吸息性停止、大きい時には呼息性停止が起ることは眞空管その他を利用して刺戟を行つた近代の研究者(Rice 1938, Wyss 1934, 1935, Sommer 1940)が既に述べて居り、高木及池(昭.17)も追証してゐる。

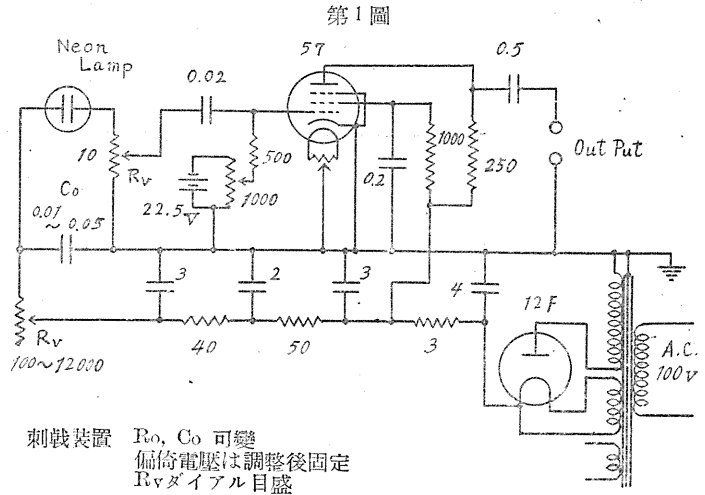
Wyss は刺戟の強さは呼吸停止が吸息性であるか、呼息性であるかに關係がないと言つてゐるが、之に對し佐藤(昭.19)は一般に刺戟の強さと頻度とが此の問題に何の様な影響を與へるものであるかを檢索し、(i) 弱刺戟に對しては常に呼息性停止が起り、(ii) 適當に強い刺戟に對しては、50/秒以下の頻度では吸息性停止、50/秒以上に對しては呼息性停止が起ることを見た。此の結論の内 Wyss の言ふ所は吾々の觀察に照して必ずしも正確でなく、又佐藤の言ふ(i)の所見は吾々の觀察してゐる所とは全く反對であるので、こゝに簡単に吾々の所見を報告したい。

方 法

吾々の実験条件の内特別に記載の必要があるのは、刺戟の方法と呼吸描記装置である。刺戟の方法としては石川の考案により、

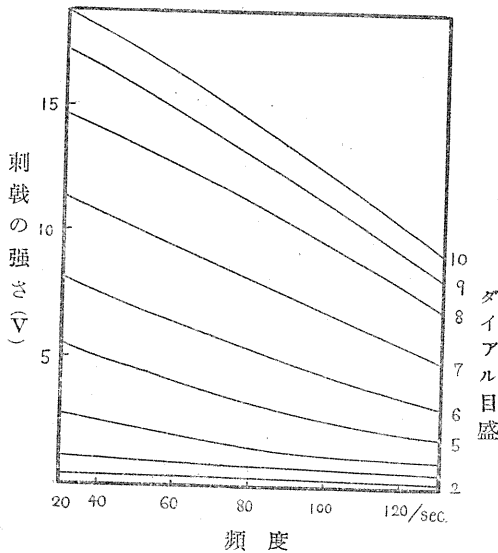
刺戟の頻度と強さを広い範囲に互つて互に可なり獨立に變化し得る新しい刺戟装置を作つた(第1圖)。この装置は一般的目的に對しては必ずしも充分満足ではないが、當面の必要は充分満足することが出來た。

刺戟の強さは、調節ダイヤル(Rv)の目盛による人為的單位を用ひて言ひ表したが、横河製電



磁オツシログラフによつて刺戟電壓の頂價を見ると刺戟頻度に從ひ第2圖の様になつてゐる。呼吸

第2圖 各頻度に對するダイヤル目盛による刺戟の強さ



停止に關する限り通例1單位では刺戟の閾より下2單位(2Eと記號する)では閾より上であつた。

呼吸描記装置に就ては既に發表した加藤(昭.22)を参照されたい。

実験成績

吾々は刺戟の頻度と強さを種々に變へて呼吸に如何なる變化が來るかを調べた。同時に頸動脈壓を直接法で描記して置いた。呼吸に關する實驗結果は普通の意味では何等の註釋を要しない程簡單明瞭なものであつた。

一つの實驗例に就て吾々の實驗の進行を記載しよう。

昭和20年1月29日、家兎 No. 26 s 1.6kg 0.5g/kg

Urethan皮下注射後35分から描記を始め、3時間15分に互つて實驗。刺戟を始める前(麻醉劑注射後45分)から既に呼吸水準の動搖が現はれて居り、之に伴ふ血圧動搖(加藤, 昭.22)が認められるが其に就てはこゝに觸れない。

I. 片側迷走神経を切り中樞側切れ端を刺戟した場合。

(1) 刺戟の強さ 1E, 頻度種々 (28, 48, 95, 123/秒)とした場合(圖版A)。

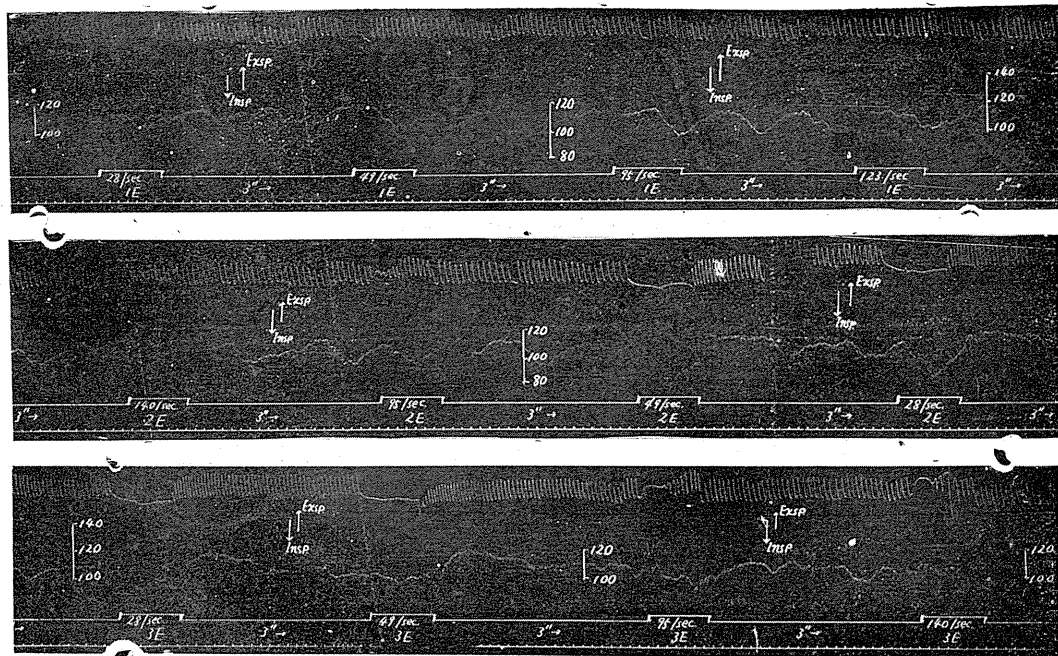
刺戟によつて1回の呼吸運動脱落が起る事があるが(これは嚥下呼吸の形式を以て現はれる),呼吸停止は起らない。呼吸頻度は僅かに速くなる。呼吸水準の動搖及び之に伴ふ血圧動搖は刺戟操作

によつて抑壓されない。

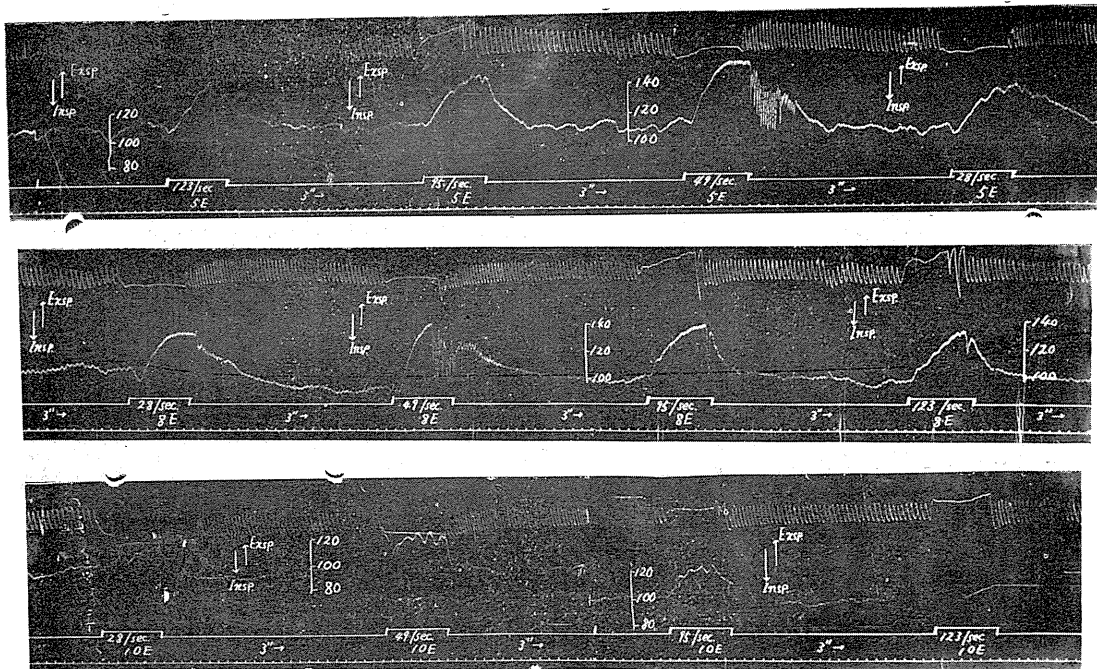
(2) 刺戟の強さ 2E 又は 3E, 頻度種々とした場合.

低頻度では吸息性呼吸停止, 95/秒 以上の高頻度では呼吸水準が呼息側にすれ, 且つ停止に傾く

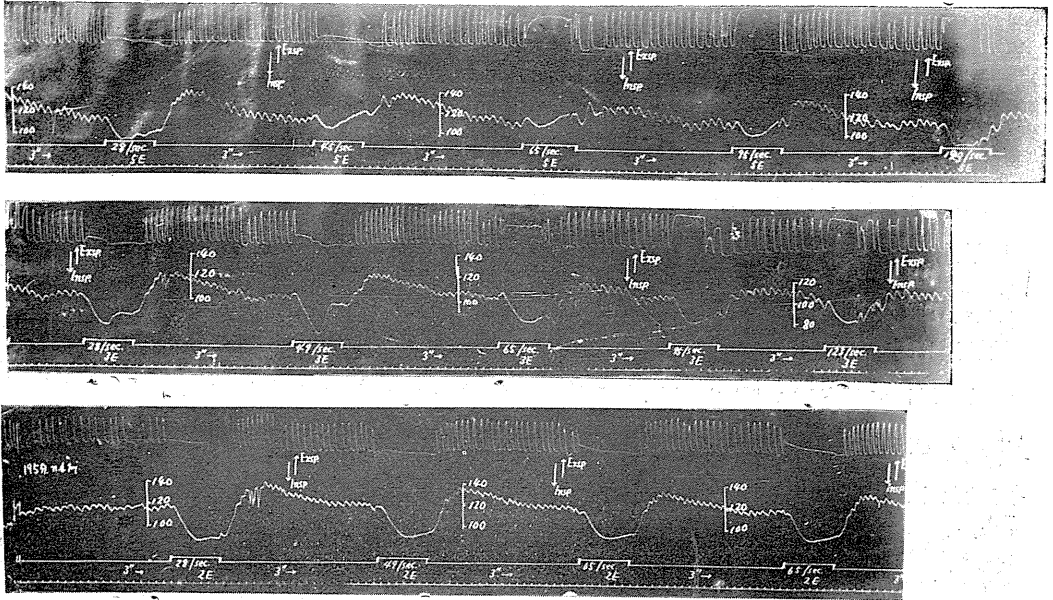
A



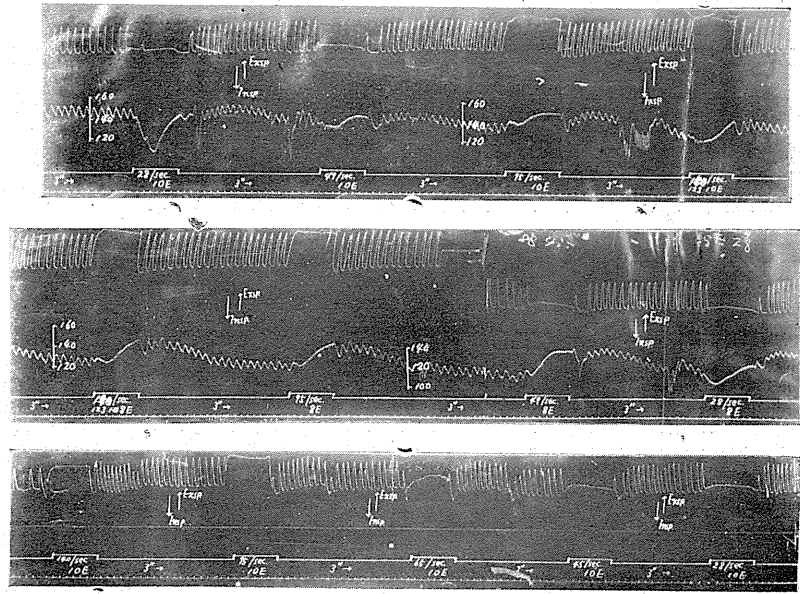
B



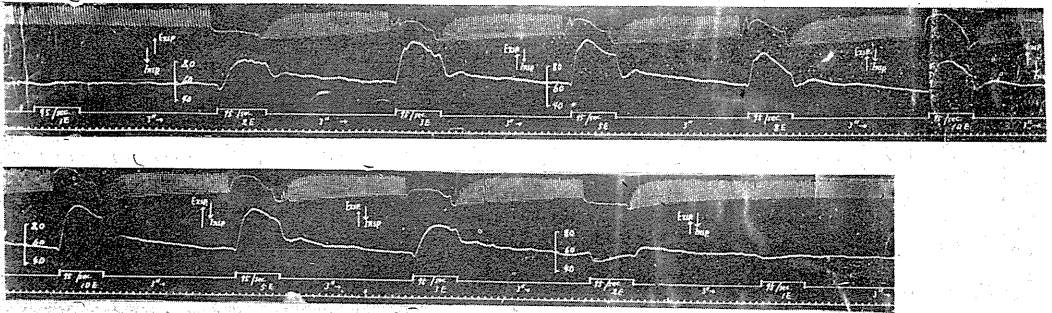
C



D



E



が、2E では停止とまでは行かず、3E では初め停止してゐるが呼吸運動の抑壓は完全ではなく中途から呼吸運動が始まる。刺激が止んだ時呼吸停止が解消する際には呼吸の頻數化が見られる。又呼吸の幅は一時に回復しないで徐々に次第に回復する。

刺激によつて血圧は下がる傾きがある。

(3) 5E で頻度を種々とした場合 (圖版 B).

123/秒, 95/秒 では呼吸は呼息性停止, 49/秒, 28/秒 では呼吸は吸息性停止.

血圧は刺激初期に一時僅かに低まるが直ぐに著しい高まりに移行する。49/秒 の際刺激中止後一過性の激しい血圧不安が起つた。

(4) 8E で頻度種々とした場合.

23/秒 では吸息性停止, 49/秒 では吸息性停止に始まるが、刺激中止の際先づ始まるのは吸氣運動ではなくて呼氣運動であつた。95/秒, 123/秒 は呼氣性停止.

血圧は 5E の場合と略々同様。49/秒 の刺激中一過性の激しい血圧不安が起つた。

(5) 10E で頻度種々とした場合.

28/秒, 49/秒 吸氣性呼吸停止。95/秒, 123/秒 呼氣性停止.

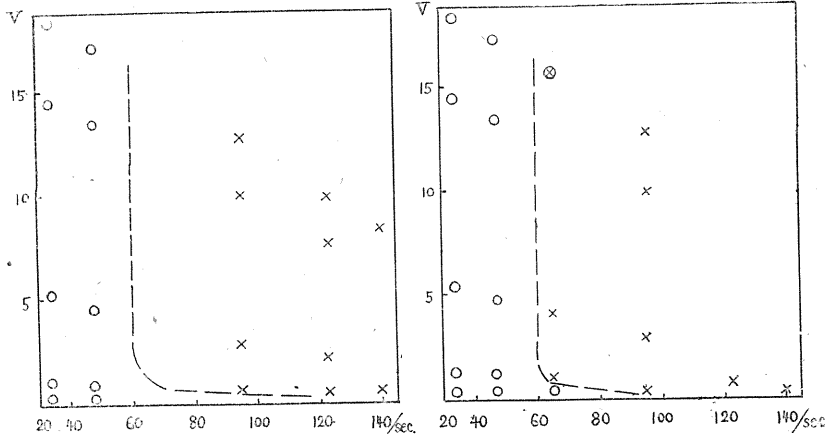
血圧は 8E の場合とほぼ同様で一般に高まるが、小波状の第三級變動が呼吸停止中に見られた。49/秒 刺激の際には此の血圧動搖が呼吸再開後までも少し續いた。最後に 123/秒 刺激の頃には血液の凝固のため血圧描記が不正確となつた。

II. 兩側の迷走神経を切り、片側の迷走神経の頸側切れ端を刺激した場合.

刺激の強さと頻度とを種々に變へた場合、呼吸停止が呼氣性に出るか吸氣性に出るかと言ふ關係は、片側迷走神経切斷の場合と大体に於て同様である (圖版 C, D). Wyss の所見と反して特に注意に値するのは、65/秒 で 3E 及び 2E 刺激の場合の比較である。2E のときには停止は吸氣性であるのに 3E のときには呼氣性である。其等の關係を 2 つの圖に示す (第 3 圖 A, B).

第3圖 第3圖A 迷走神経片側切斷の場合

第3圖B 迷走神経兩側切斷の場合



○ 吸氣性呼吸停止 × 呼氣性呼吸停止 ⊗ 兩者の中間停止
点線は吸氣性及び呼氣性停止の岐れ目の推定

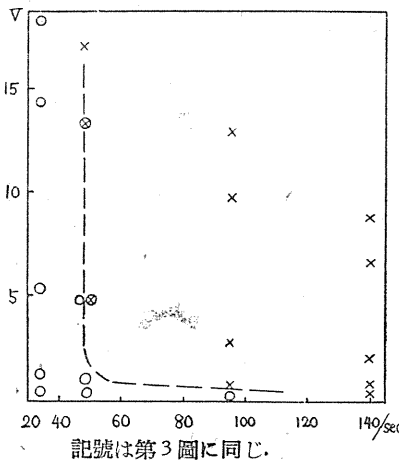
兩側迷走神経切斷後には刺激が血圧に及ぼす影響は少し變つて來た。即ち刺激によつて血圧は一般に低まる傾向が大きく、高まる傾向が少ない。この點が先行した片側切斷の實驗例と對照をなしてゐる。併し弱刺激のと

き低まりが明かで刺戟の間中持續するのに對して、強い刺戟の時にはたとへ一旦低まつても刺戟が續いてゐる間に血壓が上昇へ向ふのが常である。迷走神経刺戟によつて血壓が上るか下るかは條件によつて異ると見なければならぬが、他の條件が同じ時に刺戟頻度が少ない事は血壓下降を促し、高頻度であることは血壓上昇を促すと言ふ事が總括的に言へる。

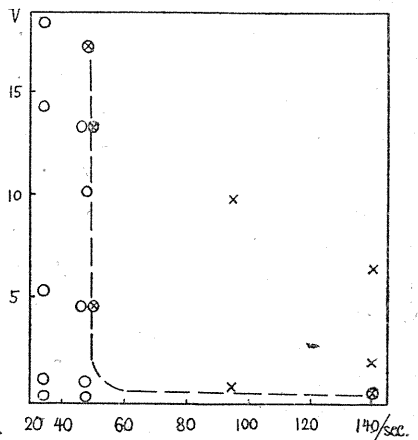
更に1つ定型的な實驗例(昭和19年8月30日、家兎 No. 23 Urethan 1.5g/kg 皮下注射)を擧げると、刺戟の強さと頻度とが呼吸停止を來すときの有様が次の様(第4圖 A, B)になつた。媒紙記録の一部を圖版 E に示す。

これで明らかに示されてゐる通り、95/秒の頻度で刺戟した時先づ有効な呼吸停止は呼氣性に出る。刺戟が強くなれば呼氣性の傾向が著しくなる。即ちこの實驗例では Wyss の

第4圖 第4圖A 迷走神経片側切斷の場合



第4圖B 迷走神経兩側切斷の場合



記號は第3圖に同じ。

結論が當つてゐない事が明らかに示されて居る。因みに血壓は此の圖版の場合にも強刺戟に對しては上昇性に反應し、弱刺戟に對しては上昇が弱いか下降性に出るかする。

考 察

迷走神経から求心性に刺戟を送つた時に現はれる呼吸停止が電氣的刺戟の強さと頻度とによつて如何なる態度をとるかと言ふ問題に就て、吾々の答は上の第3及び第4圖に示す通りで、殆んど註釋の必要がない位はつきりしてゐる。

吾々のこの成績は從來の文獻に現はれた所見の殆んど凡てを肯定し得る。それらは實驗條件に従ひ、何れも吾々が上に明かにした事實の一部を指摘したものとして理解する事が出来る。たゞ佐藤(昭、19)の成績は弱刺戟の際頻度の如何に拘らず呼氣性停止を來すといふ點で特異である。吾々は呼吸器をなるべく iutakt の状態で觀察しようとして、呼吸運動の記録法にも其の様に心掛けたが、佐藤は腹腔を開き横隔膜に直接バネタンプルを當てがつてゐる。此の方法の差異以外には、結果が一部分反對に出る事の原因に就いて吾々は何等の可能性も思ひ付かない。

血壓變動と呼吸停止とが時を同じうして起る事を説明するために兩者の關係を考察しなければならない。

(a) 呼吸停止が原發であり血壓變動が其の結果起る二次的効果であると考へる事は困難である。何となれば呼吸停止の結果血液の Venosity が高まつた故だとすれば、血壓上昇のある型は説明出

來るにしても、圖に示した中にある様な、いきなり上昇する血圧の説明は出來ない。まして血圧下降の説明や刺戟中止と共に速やかに血圧が従前の水準に恢復する事の説明は出來ない。呼吸中樞から二次的に neural に循環中樞が影響されると考へる事も無理である。何となれば、それならば呼吸曲線の變動を起す條件（刺戟の強さと頻度との組合せ）と血圧曲線の變動を起す條件（弱刺戟では下降の傾向、強刺戟では上昇の傾向）とが互ひにくい違つてゐるからである。

(b) 上に擧げたと同じ理由により循環中樞からする血圧變動が呼吸停止の原因となると考へる事も困難である。Heymans (1933) が血圧上昇による呼吸停止が起り得る事を示してゐるけれども其のメカニズムが此の場合に働いてゐるとは思はれない。何となれば Adrenalin 等を用ひて此の程度の血圧上昇を起しても、吾々の用ひた實驗條件では決して呼吸停止を來さないからである。

即ち吾々が此所に記載した呼吸停止と血圧變動とは相伴つて起るが、互ひに原因結果の關係にあるとするわけには行かない。どちらも迷走神経中樞端を刺戟した事の結果である。

肺臓迷走神経内は含まれてゐる求心性纖維によつて呼吸から血圧への反射が起る事が知られて居り、Frédéricq (1832) は呼吸性血圧變動が動物の種類によつて多少づつ異なる事を原因解折的に説明したが、上に得た所見から吾々は血圧變動が迷走神経を通つて求心性に送られた刺戟の強さによつて大いに影響される事を知つた。従つて Frédéricq の古典的な説明も又この新しい所見に立つて再検討されなければならない。

結 論

上に示した様な實驗を繰り返した結果により、吾々は次の様に言ふ事が出来る。Urethan 0.5~1.5g/kg 程度の皮下注射によつて麻酔した兎に於ては迷走神経の中樞端を刺戟する事により、

- (1) 刺戟頻度が充分少ない時には強さが閾値以上ならば常に吸氣性呼吸停止が出る。
- (2) 刺戟頻度が充分大きい時には閾値以上の刺戟に對しては常に呼氣性呼吸停止が出る。
- (3) 中等度の刺戟頻度では、刺戟の強さが弱ければ吸氣性停止、強ければ呼氣性停止が見られる。

この中等度頻度と言ふのは必ずしも固定した頻度の數字で表はれない。之に相當する反應は實驗例により約50/秒、65/秒、100/秒に互る種々な頻度に對して現はれる。

- (4) 以上の陳述は迷走神経が片側性に切つてあつても兩側性に切つてあつても同様に當てはまる。

(5) 呼吸停止をもたらした刺戟の効果は刺戟中止の後までも呼吸潮汐の幅の減少と言ふ形で暫く續く事が多い。併し呼吸回数の減少と言ふ形はとらないのみか、刺戟の後では却つて呼吸が頻數化する傾向がある。

(6) 上述の刺戟により血圧は一般に弱刺戟の時には低まり、強刺戟の時には高まる傾向を示す。之等の何れの場合にも呼吸の停止が起つてゐるのであるから Asphyxia による血圧上昇として片附けるわけには行かない。又此の場合の呼吸停止を血圧上昇に由來するものとして説明する事は無理である。

- (7) 吾々がこゝに記載した迷走神経の中樞側切れ端の刺戟で起る呼吸停止と血圧の變動とは相伴

つて起るけれども、互ひに原因結果の關係にあるのではない。どちらも刺戟によつて起つた神経衝動が夫々の中樞に至つて之等を刺戟した結果と見なければならぬ。

文 献

- | | |
|---|---|
| <p>1) Frédéricq L. (1882) Arch. de Biol. 3, 55</p> <p>2) Hering-Breuer (1868) Sitzsber. Akad. Wiss. Wien Abt. 2 58, 909</p> <p>3) Hess (1831) Die Regulierung der Atmung. Leipzig</p> <p>4) Heymans C., J. J. Bouckaert, P. Reyniers; (1933) Le Sinus carotidien de la Zone Homologae Cardio-aortique. 141</p> <p>5) 加藤 保 (昭和22年) 日本生理誌 10, 151</p> | <p>6) Rice (1938) Amer. J. Physiol. 124, 535</p> <p>7) 佐藤謙助 (昭和18年) 日本生理誌 8, 185</p> <p>8) 佐藤謙助 (昭和19年) 日本生理誌 9, 255</p> <p>9) Sommer (1940) Z. Biol. 100, 164</p> <p>10) 高木健太郎・池 留雄 (昭和17年) 日本生理誌 7, 303</p> <p>11) Wyss (1934) Pflüger's Arch. 233, 762</p> <p>12) Wyss (1635) Pflüger's Arch. 242, 215</p> |
|---|---|

防毒面着用時に於ける肺胞空氣の變化に就て 612.222

〔人體の特殊條件下に於ける肺胞空氣の研究 Ⅲ〕

京都大學醫學部生理學教室 (正路教授)

日 笠 頼 則

Hikasa - Yorinori

(昭和22年10月10日受付)

Ⅰ. 緒言及び文獻

通氣抵抗による人體の呼吸の變化に關しては、臨床上氣管支喘息發作時或は最近に至り防毒面による通氣抵抗等を對稱として多數の報告あれど、何れも瓦斯代謝、呼吸數及び呼吸の深さ、並びに換氣量等を研究したるものにして、其内肺胞空氣の組成を論じたるものは數氏を數ふるに過ぎぬ。即ち Morawitz und Siebeck (4), Haldane (2), Killick (3) 及び吉村 (6) にして、然かも通氣抵抗負荷作業時に於ける肺胞空氣の研究に關する文獻は乏しく、吉村の報告も僅かに2例に止まるに過ぎぬ。又單なる作業時の肺胞空氣の研究に關しては別に Dill, Talbott and Edwards (1) の報告あれど充分なるものではない。

以上の如き従來行はれた實驗結果に徴するに、通氣抵抗時殊に其大なる時は、炭酸瓦斯張力の上昇、酸素張力の僅かの低下を示せるに反し、抵抗小なる時は炭酸瓦斯張力の低下を示す事ありとも記述せられて居るのであつて、又通氣抵抗負荷作業時に際しては單に通氣抵抗時に示された變化は更に著明となり、炭酸瓦斯張力の上昇及酸素張力の低下は一層強く顯はれるものと云はれて居る。

本實驗に於ては自轉車勞作計を使用し或は重量荷を擔ひて歩行を行ひ、市民用直結防毒面及び連結式軍用防毒面を着用し、其等による通氣抵抗負荷作業時に見られる肺胞空氣の變化を時間的に追究すると共に、今後の改良すべき點を肺胞空氣の上から研究した。本研究は1945年に行ひたるものであるが、現在の本邦に於ても尙ほ防毒面の撰擇並びに改良は鑛山等に於て其用ありと考へらるるにより其參考となる結果を茲に報告するものである。

Ⅱ. 實驗方法

本研究は健康なる32才の男子を被檢者として行ひたるものにして、此被檢者は呼吸實驗には充分馴れ且理解あるものである。作業負荷には自轉車勞作計を使用し、之れに種々なる荷重 (バネ秤による摩擦抵抗) をかけた。而して其廻轉速度は毎分60廻轉の割合で以てペダルを踏み勞作を行つた。重量荷擔歩行實驗はリュックサツクに適當の重量物 (砂) を入れ、之れを脊負ひて毎分約114歩の歩速にて足踏を行つた。而して室温は常に恒温を使用し、之れを約18°Cに保つた。

防毒面には吉村氏法を原理とせし肺胞空気採取装置 (7) を取付け、分別採取法により自動装置を使用せず手動により肺胞空気を採取した。血液瓦斯分析は齊藤式微量血液瓦斯分析機 (5) により行つた。尚ほ本實驗に使用せる軍用防毒面は軍用九八式防毒面である。更に作業の持続限界時間は苦痛に耐え切れざる状態迄作業を持續し、活動筋に著しき疼痛、痙攣を生ずる程度を以て作業を中止すると云ふ主觀的方法を採用した。概ね其際の脈数は 160 以上に達した。

Ⅲ. 實驗成績及び其考察

(A) 自轉車勞作計による實驗

(1) 肺胞空気の防毒面着用による影響

市民用直結式防毒面を着用して安靜状態を維持する時其防毒面により生ずる通氣抵抗に基因する肺胞空気の變化を見るに、着用初期には 1 時的 $CO_2\%$ の低下並びに 1 時的 $O_2\%$ の上昇を示すも、時間の経過と共に元の状態に復するを見る。之れは防毒面着用により 1 時的に反射による呼吸促進状態を起したるに基因するものと思はれるが、吉村の云ふ抵抗小なる時の肺胞空気の變化に一致するを以て、本防毒面の通氣抵抗は比較的小なるものにして、安靜状態にては左程の防毒面着用による換氣障碍は生來せざるものと考へらるる (第 1 表参照)。

第 1 表

條 防毒面	件 負荷量 (kg)	時 間	肺胞空氣組成	
			$CO_2\%$	$O_2\%$
市結面 民式着 用防用 直毒	0	着用前	5.40	14.90
		10'	5.10	16.05
		30'	5.22	15.78
		60'	5.68	15.32
		90'	5.40	15.50

(2) 作業負荷時に見らるる肺胞空気の變化

自轉車勞作計を使用し、之れに 4.7, 4.0, 3.8kg の荷重を負荷し、夫々に就き時間的に其肺胞空気の變化を追求するに、肺胞空気の $CO_2\%$ は常に減少し、

$O_2\%$ は上昇を示すが、其等の減少並びに上昇は負荷量大なる程早期に現はれ、且其程度も著しきを見る。而して作業持續可能時間も負荷量大なる程短縮するは勿論にして、負荷量に相當して呼吸を促進し、以て最大限の肺の換氣を行ふ様に努むるわけである。斯くして筋作業に基づく急激なる酸毒症を防がんとする一方、活動筋群に必要な酸素を供給せんと努むるものである。此等の肺換氣促進に基き、 $CO_2\%$ の低下と $O_2\%$ の上昇を來たすものである。而して負荷量大なる程筋肉の活動大にして、其處に必要な酸素需要量も大となり、従つて共に伴ふ有機酸の生成蓄積も可速度的に増加するが、其を代償せんとする呼吸促進作用の現はれも亦早期にして且大なるも、遂には其代償も不十分となるに及び、酸毒症の状態に陥り作業持續不可能となるものにして、従つて負荷量大なる程肺胞空気の $CO_2\%$ の低下と $O_2\%$ の上昇も早期に顯はれ乍らも、其作業持續可能時間は短縮するわけである。

第 2 表

條 防毒面	件 負荷量 (kg)	時 間	肺胞空氣組成	
			$CO_2\%$	$O_2\%$
着 用 セ ズ	4.7	0'	6.10	14.61
		5'	4.40	16.78
		13'	4.62	16.60
		回復 2'	4.60	17.00
		20'	4.80	15.00
		0'	6.00	14.44
	4.0	10'	4.96	15.97
		20'	4.80	15.94
		回復 3'	6.00	16.80
		20'	4.50	15.50
		0'	5.50	15.31
		15'	5.50	15.60
3.8	30'	4.80	16.22	
	回復 3'	5.10	16.52	
	20'	5.20	14.42	

有機酸の生成蓄積も可速度的に増加するが、其を代償せんとする呼吸促進作用の現はれも亦早期にして且大なるも、遂には其代償も不十分となるに及び、酸毒症の状態に陥り作業持續不可能となるものにして、従つて負荷量大なる程肺胞空気の $CO_2\%$ の低下と $O_2\%$ の上昇も早期に顯はれ乍らも、其作業持續可能時間は短縮するわけである。

(3) 防毒面着用作業負荷時に見られる肺胞空気の變化

第3表に示す如く、其實験成績を見るに、市民用直結式防毒面を着用作業を行ふ時は肺胞空気のCO₂%の増加は著明にして、其に反しO₂%は減少を示す。之を着用せざる時の結果と比較する時は防毒面着用による炭酸瓦斯の蓄積著明にして酸素量は之に反し非常に不足の状態に陥る事を認める。而して其作業持続可能時間も着用せざる時に比し著しく短縮するは勿論である。更に防毒面着用時に於ても其荷重との關係を見るに、荷重大なる程其作業持続時間は短縮し、炭酸瓦斯の蓄積も早期且其程度も大に顯はるる。之に伴ひて酸素張力の低下も早期に顯はれ、其度合も著しい。従つて酸素不足の程度は一層著明となる。換言すれば、荷重の大なる程呼吸促進も早期且大きく顯はれ、以て代償に努めんとすれど、其肺の換氣は不充分にして明らかなる換氣障礙を來たす事が認められる。而して荷重大なる程換氣障礙は早期且著明に其影響を及ぼすものにして、全身組織細胞の産生する炭酸瓦斯及び筋活動により生ぜし乳酸を處理せんが爲に、重炭酸緩衝系より遊離せし炭酸瓦斯を充分に排泄する事能はず、同時に活動筋群への酸素供給も亦不充分に陥る爲に酸毒症は先づ活動筋群に起り、次に非活動筋群、更に血液に及び、遂には全身急激なる酸毒症に陥り、作業繼續不可能となるものと思せられる。然も此際肺胞空気中の炭酸瓦斯蓄積によりて呼吸中樞を刺戟し、呼吸を盛んならしめんとするも、呼吸抵抗が之を抑制し被檢者に大なる苦痛を與ふる事も亦作業繼續を不可能ならしめる一因となるものと考へられる。以上の點は又連結式軍用防毒面に於ても見られる現象なるも唯本防毒面を着用する時は其作業開始初期には著しき急激なる肺胞空気のCO₂%の上昇を示すも數分にして最高値に達したる後、呼吸促進による代償作用により或程度の肺換氣は行はれ、CO₂%

第3表

條 件 防毒面	負荷量 (kg)	時 間 (分)	肺胞空氣組成	
			CO ₂ %	O ₂ %
直 結 式 市 民 用 防 毒 面 着 用	5.3	0	6.10	14.50
		4	8.40	13.80
	5.0	0	5.70	15.15
		3	7.20	15.00
		5	8.32	13.58
		回復 4	5.60	16.65
	4.5	20	4.60	15.55
		0	6.08	14.52
		5	6.90	14.61
		9	7.45	14.15
	4.0	回復 2	6.10	16.79
		20	4.80	14.90
		0	5.65	15.15
		5	6.70	15.15
	3.8	13	6.55	15.95
		回復 2	6.00	15.86
		20	5.50	14.90
		0	5.70	14.90
	3.3	5	6.60	14.50
		14	6.80	14.10
18		6.40	14.50	
回復 4		5.40	16.70	
	20	5.40	16.30	
	0	5.30	14.50	
	5	6.70	15.00	
	15	6.10	14.95	
	25	6.00	15.20	
	35	5.75	15.40	
	回復 4	5.10	16.30	
	20	4.97	15.73	

第4表

條 件 防毒面	負荷量 (kg)	時 間 (分)	肺胞空氣組成	
			CO ₂ %	O ₂ %
連 結 式 軍 用 防 毒 面 着 用	5.0	0	5.10	15.40
		3	6.59	14.91
		6	6.73	14.05
		回復 3	4.53	16.27
		10	4.30	16.43
		20	4.50	16.00
	4.7	0	5.30	15.10
		3	6.38	14.92
		9	6.40	14.50
		回復 3	4.70	16.95
		10	4.90	15.44
		20	5.25	14.40
	4.5	0	5.39	14.81
		3	6.35	14.55
		15	5.90	14.65
		回復 3	5.40	16.76
		10	4.20	16.29
		20	4.90	15.18
	4.0	0	5.60	15.05
		3	6.72	15.34
10		6.50	15.46	
20		6.21	15.67	
回復 1		5.20	16.30	
3		4.50	16.70	
	10	4.05	15.42	
	20	5.50	15.00	

は防毒面着用による炭酸瓦斯の蓄積著明にして酸素量は之に反し非常に不足の状態に陥る事を認める。而して其作業持続可能時間も着用せざる時に比し著しく短縮するは勿論である。更に防毒面着用時に於ても其荷重との關係を見るに、荷重大

なる程其作業持続時間は短縮し、炭酸瓦斯の蓄積も早期且其程度も大に顯はるる。之に伴ひて酸素張力の低下も早期に顯はれ、其度合も著しい。従つて酸素不足の程度

は一層著明となる。換言すれば、荷重の大なる程呼吸促進も早期且大きく顯はれ、以て代償に努めんとすれど、其肺の換氣は不充分にして明らかなる換氣障礙を來たす事が認められる。而して荷重大なる程換氣障礙は早期且著明に其影響を及ぼすものにして、全身組織細胞の産生する炭酸瓦斯及び筋活動により生ぜし乳酸を處理せんが爲に、重炭酸緩衝系より遊離せし炭酸瓦斯を充分に排泄する事能はず、同時に活動筋群への酸素供給も亦不充分に陥る爲に酸毒症は先づ活動筋群に起り、次に非活動筋群、更に血液に及び、遂には全身急激なる酸毒症に陥り、作業繼續不可能となるものと思せられる。然も此際肺胞空気中の炭酸瓦斯蓄積によりて呼吸中樞を刺戟し、呼吸を盛んならしめんとするも、呼吸抵抗が之を抑制し被檢者に大なる苦痛を與ふる事も亦作業繼續を不可能ならしめる一因となるものと考へられる。以上の點は又連結式軍用防毒面に於ても見られる現象なるも唯本防毒面を着用する時は其作業開始初期には著しき急激なる肺胞空気のCO₂%の上昇を示すも數分にして最高値に達したる後、呼吸促進による代償作用により或程度の肺換氣は行はれ、CO₂%

は以後同一の状態を持続するか又稍低下を示すに至る。即ち軍用防毒面の方が市民用防毒面に比し肺換氣の状態は良好と云ひ得る。

(4) 血液瓦斯に於ける變化

安靜状態に於て防毒面着用の影響を見るに、動脈血の炭酸瓦斯量は、之を着用せざる時は47.9vol%を示せるも、市民用直結式防毒面を着用する時は40分後には44.5vol%を示し、80分後には44.1vol%を示した。即ち防毒面着用により3vol%内外の低下を示すが之は着用後に於ける肺胞空気の炭酸瓦

第5表

防 毒 面	條 件 負 荷 量 (kg)	動脈血炭酸瓦斯 vol%			動脈血酸素飽和度 %		
		作 業 前	作 業 後	回 復 (20~25分)	作 業 前	作 業 後	回 復 (20~25分)
着用せず	5.2	48.4	28.8	24.9	98.0	96.0	82.7
	4.7	48.8	23.5		90.0	88.0	
	4.5	51.2	25.7		97.0	95.0	
	4.0	47.8	26.4		95.0	98.0	
	3.8	47.3	30.0		99.0	97.0	
直結式市民用防毒面着用	5.0	48.0	29.8	39.2	100.0	96.0	96.0
	4.5	48.3	25.6	40.8	93.0	86.0	84.0
	4.0	46.2	30.5	39.4	92.0	92.0	89.4
	3.8	46.0	32.2	38.0	93.0	98.0	95.0

斯張力の低下と一致して居り、着用による呼吸促進作用に基くものである事は明らかである。然かも此際の肺の換氣障碍は殆ど無きものと考へられる。尙動脈血の酸素飽和度も亦變化を見なかつた。

次に作業を行へる時を見るに、防毒面を着用せざる時には負荷量の如何に拘らず著しき炭酸瓦斯量の低下を呈し、明らかなる呼吸促進作用を示して居り、負荷量大なる程其低下の度は大である。酸素飽和度に於ては、肺胞空気の酸素張力が上昇するに拘らず、動脈血の解離曲線の關係上著變を認めぬ。防毒面を着用する時は、肺の換氣障碍により肺胞空気の酸素張力は低下するも、動脈血の酸素飽和度は血液酸素解離曲線の關係上肺胞空気の酸素張力の低下の割合に著しき低下を示さず、負荷量大なる時に僅かに低下するの傾向を認むるに止まる。而して此程度の僅少の低下は或程度迄は血液循環機能の促進等により代償し得るものと思はれるも、之に對し血液中炭酸瓦斯量は呼吸促進作用により炭酸瓦斯を排泄せんと努むるも、防毒面を着用せざる時に比し稍蓄積する傾向を認むるものにして、肺胞空気に見られる程の着用時と非着用時との差異は著明ならざるも、尙防毒面着用により肺換氣障碍の存する事は明らかに認められる。

(5) 回復状態

防毒面着用作業後の回復過程を見るに、防毒面を着用せざる時は肺胞空気に炭酸瓦斯の蓄積なき爲、作業中呼吸促進作用により低下せる肺胞空気の炭酸瓦斯は作業後漸増して元に復するも、防毒面を着用する時は、肺の換氣障碍によりて蓄積増加せる炭酸瓦斯は作業著しき低下を示したる後再び漸増作業前の状態に復する。此傾向は負荷量大なる程著明である。

(B) 重量荷擔歩行實驗

實驗成績を見るに、防毒面を着用せざる時は歩行時に於ても肺胞空気の炭酸瓦斯並びに酸素共に著變なし。又之を着用せる時も前實驗程の著しき炭酸瓦斯蓄積を認めず、又酸素の低下も左程でない。従つて其回復も速かである。故に此頻度の作業にては防毒面着用による肺の換氣障碍は著明でない。

第6表

防毒面 負荷量 (kg)	着用セズ		直結式市民用防毒面着用			
	時間	肺胞空気組成 CO ₂ % O ₂ %		時間	肺胞空気組成 CO ₂ % O ₂ %	
50	安静	4.52	15.48	安静	5.50	15.21
	0'	4.45	16.05	0'	4.80	15.70
	3'	5.10	15.40	2'	4.50	16.55
	7'	5.20	15.20	6'	6.00	14.99
	15'	5.10	15.60	回復 3'	5.70	15.95
	回復 3'	5.20	15.50	15'	4.45	15.75
	20'	4.80	15.60			
40	安静	5.70	14.30	安静	5.32	15.62
	0'	5.10	16.90	0'	4.80	15.85
	4'	5.10	16.00	3'	5.72	15.03
	10'	5.60	15.20	10'	6.00	14.80
	20'	5.20	15.10	20'	5.70	15.05
	30'	5.40	15.10	回復 3'	5.49	15.71
	回復 3'	5.80	14.50	15'	5.35	15.92
20'	5.80	14.75				
30	安静	5.00		安静		
	0'	5.00	15.60	0'	5.00	16.35
	20'	5.75	14.95	3'	6.20	15.16
	40'	5.65	15.55	10'	5.79	16.48
	回復 2'	5.80	14.66	20'	6.45	14.25
	15'	4.55	15.65	35'	5.90	15.05
				回復20'	4.35	16.65

IV. 總 括

吾人が筋作業を行ふ時は必然的に炭酸瓦斯の排泄増加の存する事は當然であり、斯くして呼吸促進作用により肺の換氣を良好ならしめ、可及的筋作業を繼續せんと努むるのであるが、其等の代償作用不十分となり全身の酸毒症を招來する時は、作業繼續不可能に陥る。又此際酸素供給の不十分になる事も作業繼續を不可能ならしむるは勿論である。而して筋作業に際しては肺胞空気の炭酸瓦斯量の低下と其酸素量の増加を起すわけであつて、之が自然の姿なのであるが、一度防毒面を着用する時は自然と全く逆の現象が見られる。即ち肺胞空気の炭酸瓦斯量の増加

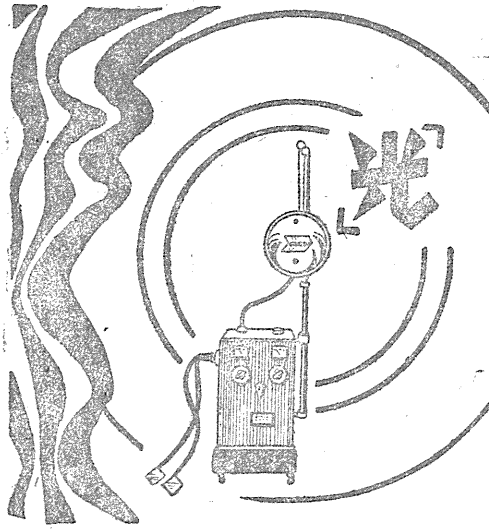
と酸素量の低下が起る。之は、呼吸は促進して代償に努むるも、斯かる現象を招來するものであり、従つて作業繼續の不可能なる状態の發現も一層早められる事は當然である。之は換言すれば、防毒面着用により肺の換氣不十分となるに基因するものであり、防毒面着用により吸気管の通氣抵抗、呼吸弁の存在による呼吸の制限及び通氣が其原因と考へられる。更に防毒面着用により肺換氣上其無効容積（死腔）の増大も亦其1因となるものと考へられる。斯かる呼吸制限並びに無効容積の増大なる2原因は、其作業強度の弱き時及び作業せざる時は著しき影響を及ぼさぬのであるが、作業強度大となる時は其に伴ひ呼吸促進大となり益々其影響は大となる。従つて防毒面着用作業時に其作業能を良好ならしむる爲には、防毒面着用による無効容積を可及的に縮少すると共に、呼吸制限を除去せんが爲其吸気管及び呼吸弁に基く通氣抵抗を可及的に小ならしむる事が必要である。

V. 結 論

- (1) 防毒面を着用する時は肺胞空気の炭酸瓦斯の低下及び酸素の僅少の増加を認む。之は防毒面の通氣抵抗が比較的小なるによる現象であつて、而して此場合には肺の換氣障碍は殆ど認められぬ。
- (2) 防毒面を着用して作業をなす時は肺胞空気の炭酸瓦斯量の上昇並びに酸素量の低下を示し、明らかなる換氣障碍を起す。之は主として防毒面着用による無効容積の増大並びに通氣抵抗による呼吸制限に由來するものである。
- (3) 重量荷擔歩行實驗の如き比較的軽度の作業にては防毒面を着用するも著しき肺換氣障碍を認めぬ。

文 獻

- 1) Dill, Talbott and Edwards, (1930) J. Physiol. 69, 267
- 2) Haldane, Davies and Priestley, (1919) J. Physiol. 53, 60
- 3) Killick, (1935) J. Physiol. 84, 162
- 4) Morawitz and Siebeck, (1909) Dtsch. A. klin. Med. 97, 201
- 5) 齊藤幸一郎 (昭和12年) 日本生理誌 2, 213
- 6) 吉村正太 (昭和19年) 日本生理誌 9, 319
- 7) 吉村正太 (昭和19年) 日本生理誌 9, 71



HARMON \ 光

超短波治療器

太陽燈コンビネーション
超短波 出力250W、波長6M
太陽燈 自動發火 6AMP
説明書贈呈

特長 同時に二人の患者に施療出来る。
設備費半額、耐久力大、効果絶大。

發賣元
西川精機工業株式會社
東京都文京區本郷2の4
電話小石川 (85) 2628・5879

生理學器械

基礎醫學研究用器械

製作販賣

東大醫學部 御指定
勞働科學研究所

高橋商店

高橋延雄

東京都文京區
湯島兩門町一番地

昭和23年2月15日印刷
昭和23年2月20日發行

編輯發行者 **戶塚武彦**
東京都文京區本郷元富士町
東京大學醫學部生理學教室
電話小石川(85)5588番

印刷者 **芳賀鐵太郎**
鶴岡印刷株式會社
山形縣鶴岡市馬場町甲三番地

印刷所 **鶴岡印刷株式會社**
山形縣鶴岡市馬場町甲三番地
電話 4 1 6 番

日本生理學雜誌 第10卷 第8,9號

定價 40円

發行所 **大日本生理學會**
事務所 東京大學醫學部生理學教室
振替東京 86450 番
電話小石川(85)5588 番
會員番號 B104025 番

配給元 **日本出版配給株式會社**
東京都千代田區神田淡路町二丁目九番地

三
SANKYO
共

登録商標

急性、亞急性熱性諸症

スチミン

非特異全免疫元の應用

注射薬（皮下、筋肉）

適應症：

チフス、流行性感冒、肺炎、敗血症、丹毒、フランクローゼ、
中耳炎、産褥熱、ロイマチス、その他原因不明の熱症等に奏効
を期待されます。

東京・日本橋・室町2/2 三共株式会社

表在性・内在性
化膿症新治療劑



新發賣



腸チフス菌培養濾液を主劑とせる活性新化學療法劑
細菌濾液に特殊の作用がある事が發見されたのはペ
ニンリン發見と同じ1928年であるが、最近に至り腸
チフス菌に依るものに種々の特性があること、即ち
消炎性・乾燥性・制痒性が他に比し顯著であり、且
つ耐熱性・保存性・安定性が大である事が確認され
て來た。本劑は 此の腸チフス菌培養濾液に化學療
法劑を混和し、兩者の藥理的相乘作用を強化する事
に成功した活性新化學療法劑であり、炎症性並に化
膿性疾患に著效のある注目さるべき新劑である。

チフォ・ゲリオン注射液

東京・大阪 山之内製藥株式会社 福岡・札幌