

# 振動の生体機能に及ぼす影響について

## 第1編：呼吸器系について

昭和34年3月24日受付

東京歯科大学生理学教室（主任：伊藤秀三郎教授）

相 田 孝 信

## Studies on the influence of vibration to the physiological function of living thing

### Part 1: On the respiratory system

Takanobu Aida

Department of Physiology, Tokyo Dental College

(Director: Prof. H. Itow)

### I 緒 言

交通機関の発達に伴ない船舶、汽車、自動車、昇降機或いは人工衛星のロケットと云う様に次第にその速度が増大し、その生体に対する影響も又日を追つて著しくなっている。扱て、振動の生体に対する影響に関し戦車衛生試験の際、河野及び大森<sup>①</sup> (1928) は体温上昇、脈搏増加並びに尿中蛋白を証明しているがその原因を換気不充分と見ている。永野<sup>②</sup> (1930) は乗客に及ぼす客車動揺の影響について研究し、皮膚毛細管機能の増進、血圧の亢進、脈搏の増加、肺活量の変化、呼吸数の増加、腎機能の変化、即ち排泄の遅延等を認め、この原因に対し肺のガス交換の不良並びに肺胞内圧の増加による肺鬱血、並びに肺胞内ガス含量の増加による肺毛細血管内の機能減退等を考慮したが、三半規管並びに視覚の働きも無意識に亢進し、自律神経緊張も大いに関係すると発表している。又、加藤<sup>③</sup> (1933) は自動車の長途旅行が体重の減少、体温の増加、血圧の亢進、血色素の減少、白血球の増加を認めるが、赤血球沈降速度及び視力は不変で聴力は良好になる事を主張し、長谷川<sup>④</sup> (1948) は動物に加速度を伴なつた動揺を加え種々なる機能の変化を観察している。即ち43 cm の距離を固定した昇降板が、1分間に63回上下する連続昇降装置を使用し動物に直線運動による動揺病を起させることに成功した。この昇降運動の加速度は上端では約2g、下端では1gであると報告している。末田<sup>⑤</sup> (1937) は家兎に列車振動と同様な斜傾動（振幅4mm、振動数<sup>140</sup>/分）分を連続的に与え、体重の減少、糞量の増加、呼吸数の減少、心搏数の増加及び生存期間の短縮がみられたと述べ、古川（隆）<sup>⑥</sup> (1936) は血液細胞について、遠藤<sup>⑦</sup> (1940) は血漿について研究し、赤血球沈降速度を測定した。古川（林）<sup>⑧</sup> (1941) は連続的直線運動（上下及び前後）即ち1mの上下前

後運動及び廻転運動を10秒前後家兎に加え、呼吸運動の変化を観察し、呼吸数の増加及び呼吸振幅の増大を認めている。高井<sup>⑨</sup> (1943) は前記、長谷川氏の装置を使用し、家兎の血圧並びに脈搏の変化を観察し、血圧上昇と速脈を報告し、柴田<sup>⑩</sup> (1943) は胃並びに腸の運動を観察し昇降中胃腸運動の抑制が起ることをみている。伊藤<sup>⑪</sup> (1943) は血漿について血中カルシウム量並びに血液凝固時間を、1時間昇降運動を行つて観察し、カルシウム量の減少、凝固時間の促進を認めた。前田（豊）<sup>⑫</sup> (1944) は尿について詳細な観察を行い、尿量の減少、比重の増加、尿の酸性化傾向、総窒素量の増加、糖の排出を認めた。以上の様な加速度の生体に及ぼす変化は、何れも迷路破壊並びに、交感神経摘出に依つて起らなくなると報告し、加速度の伴なつた動揺は先ず第一に迷路を刺激し交感神経緊張性に働くと結論している。川島<sup>⑬</sup> (1949) は家兎に水平運動（30cm<sup>20</sup>/分）及び振子運動（40cm<sup>20</sup>/分）を加え腸運動の抑制を観察し、一方同様な動揺を人体に加え過半数に於て血圧上昇を認めてはいるが脈搏は不変であると報告した。大川内<sup>⑭</sup> (1951) は同様な装置を使用し1～5分間家兎に上下運動を行い、嘔吐現象を観察し加速度刺激による嘔吐現象の起る事を観察した。中島<sup>⑮</sup> (1953) は家兎に水平動揺運動（10cm<sup>93</sup>/分）を加え血圧の変動を観察し、迷路は刺激興奮をうけ、その反射として血圧上昇を招来すると述べ、迷路興奮が交感神経緊張性に作用すると結論した。更に長谷川門下は、直線加速度のみならず角並びに遠心加速度を加えた特殊廻転装置（廻転数毎分45, 60, 及び90回、廻転角度60度、運動距離60cm）、を使用し、長尾<sup>⑯</sup> (1955) は成犬を使用して血中アドレナリン量の変化を更に分泌量の増加を認め、王<sup>⑰</sup> (1955) は家兎及び成犬を使用し副腎皮質ホルモンの一過性向上を

認め、松山<sup>13)</sup> (1955) は家兎に 1 分間 47 往復の振動を 3 分間くわえ呼吸運動を観察し、正常家兎に於て呼吸の増加、振幅の増大を認め廻転停止後も尚比較的長時間にわたつて其れが認められ、両側迷路破壊家兎及び両側頸部交感神経切断家兎では呼吸運動の変化は比較的軽度であると報告した。後藤<sup>14)</sup> (1955) は長期間加速度刺激の生体に及ぼす影響(慢性加速度病に関する研究)を吟味、加速度廻転刺激を長時間家兎に加えると疲労衰弱、反射の鈍麻又は消失、瞳孔の散大、眼裂開大、食慾並びに体重の著明な減少及び糞尿量の減少する事を認め、谷口<sup>15)</sup> (1956) は成犬で、血漿中ビタミン A の一時的増加を、前田<sup>16)</sup> (1956) は成犬で、血中総コレステリン量の一時的減少並びに家兎血清粘稠度の著明な一過性減少を、上善<sup>17)</sup> (1956) は成犬で、血清カルシウム量の減少を、前川<sup>18)</sup> (1956) は家兎で、成犬のビタミン B<sub>1</sub> の多少の増加を、山川<sup>19)</sup> は家兎で、心臓の搏動増加、収縮伸展の増大を認めている。又、堀内<sup>20)</sup> (1957) は加速廻転刺激による血液水分に及ぼす影響を観察した。岡村<sup>21)</sup> (1956) はラットを用い血液 Sludge 現象を認めている。今居<sup>22)</sup> (1955) は下大動脈からの採血により、血糖量の増加を認めている。窪田<sup>23)</sup> (1955) はエビバン麻酔犬で、血中 V. C 量を比色定量し、刺激直後其の値最も低下し、其の後次第に上昇し、刺激停止 1 時間後に正常にもどると報じている。一方工科方面を考えると、鉄道車輛、自動車、飛行機等乗物の振動緩和、乗心地改善の要求に応じ、松平<sup>24)</sup> (1951) の振動感覚に関する実験が行はれ、又、ドイツでは、Meister<sup>25)</sup> (1931) がアメリカでは、Jacklin<sup>26)</sup> (1936) 及び Olley<sup>27)</sup> (1934) 等が同様な研究を行っている。最近アメリカの S. A. E. 乗心地研究委員会で、Janeway<sup>28)</sup> (1948) は各研究者の実験結果を検討し、車輛の安全限界なるものを提案し、安全限界ならば生理学的にも生体に対し、たいした影響のないことを指摘し、松平<sup>24)</sup> は飛行機塔乗員につき主観的実用上差支えない場合の振幅と振動数は振動速度に比例する事を、亦、山本<sup>29)</sup> (1956) は自動車振動の生理的障碍を実験的立場から報告している。Koffman<sup>30)</sup> (1957) は振動と騒音の生体に及ぼす影響について観察し、数種の式を提示した。一方労働衛生方面を考えると、大島<sup>31)</sup> (1953) は 20 名の人間について全身振動感覚の程度を主観的に不愉快を覚える限度を六段階に分けて研究をし、振動による呼吸障碍の存在も報告した。以上の様に振動の生体に対する影響は工学方面では、比較的高速度振動のもので人間の主観を主として観察され、生理学方面では、比較的低速度振動のものでその機能変化が観察されている。

著者は鉄道技術研究所の振動台を使用し、振幅(全振幅)は 0.1mm より 20.0mm まで、振動数は 60rpm より 1,000rpm までとし、上下及び水平振動を家兎に加え、呼吸運動を観察したところ大体一定の成績を得たのでここに報告する次第である。

## II 実験方法

実験動物には体重 2~3kg の主として雄性成熟家兎を用い、鼓膜、向位反射、代償性眼瞼位、廻転性眼球震盪及び跳躍準備反射等に異常のない事を確め、実験前少なくとも一週間著者が飼育し、実験前日一度固定台に緊縛し手術箇所の剃毛を行い、可及的手術操作に馴れさせ、尚手術は全て無麻酔で行った。

### A 気管切開法

平板固定台上に背位に固定し軽く腹帯をかけ通法により気管切開をし、T 字型ガラス製カニューレーを気管に挿入し、木綿糸をもつて固く結紮し、側管には長さ 1m の肉厚ゴム管でマーレー氏のタンブールに連結し、キモグラフの円筒に貼られた、アート紙上にインクをもつて呼吸運動を描記出来る様にし<sup>32)</sup>、他端は直径 3.5mm のゴム管を直結し、大気を吸入出来る様にし、全実験を通して同一の太さを保つ様にした。尚その太さで長時間呼吸せしめても、呼吸運動には著しい変化のないことを確めた。尚呼吸振幅及び呼吸数の数値はキモグラム上で測定した。

### B 迷路破壊法

外耳道より切開を加え中耳腔を開放し、卵形窓、鼓室岬及び正円窓を露出し、歯科用ラウンドバー、エナメルバー等を使用し振盪するのであるが、眼球震盪等の迷路破壊症状を確認した後初めて実験に供することにした。

### C 頸部交感神経摘出法

頸部正中線上に舌骨より胸骨上部に至る皮膚切開を施し、気管に沿つた頸動脈の内方、迷走神経のやや下方にこれの三分の一位の太さの二条の神経があり、一方は交感神経で一方は大動脈神経である。これを鉗的に分離しつつ、上方に辿ると舌骨の高さ外頸動脈起始部後方に上頸神経節を認める。下方に辿ると中頸神経節更に下方少しく胸郭に入つた所には星状神経節を認める。これら神経節並びに神経を連ねたまゝ摘出するが、星状神経節の摘出は非常に困難である。

### D 迷走神経切断法

上述の如く頸部皮膚切開すると、迷走神経は認められるので之を上喉頭神経との分岐部より尾側に於て切断する。

#### E 大動脈神経切切法

上述の如く露出後それを頭側に向い進み、上喉頭神経、迷走神経から出る隅角を求めると、迷走神経から2本、上喉頭神経から1本計3本の枝が出、後、合して胸部に向っているのを認めるのであるが、切断部位としては2枝の合せた部分より尾側をえらんだ。

#### F 頸動脈体摘出法

頸部前正中線に於て皮膚切開し、皮膚と浅在頸筋膜を開き、胸鎖乳頭筋と胸骨舌骨筋との間に入つて両側総頸動脈を求め、極力周囲の神経の損傷に留意しながら、頭側に向い両側総頸動脈を求めると内外頸動脈が、三又状になつておる。内外頸動脈間に存在する頸動脈体を含んだ是等周囲の結締組織を充分に剝離し一括して、出来得る限り広範囲に切除した。尚頸動脈体の摘出確認のため、化学的受容器を介し呼吸運動強盛を招来する化学物質たるNCNを体重1kg当り0.3mgの割合に耳静脈より注射することにした。

#### G 各種麻酔剤使用法

麻酔は麻酔剤を耳静脈内に注射し、動物を第四度麻酔に落ち入せることにした。麻酔深度の判定には坂本<sup>28)</sup>の記載に従い瞳孔、角膜、呼吸（あらかじめ気管切開し、呼吸運動を描記しながら麻酔する）の変化に注意し、出来るだけ第四度麻酔（頭部に対する整位反射の消失はあるが、角膜反射は幾分存在する。呼吸型は変化するが乱調ではない）を惹起する様に努めた。尚第四度麻酔を起す効力量が、動物の個々によつて必ずしもkg当り一定量でないので、常に量を加減しつつ等麻酔度を得る様にした。

1. チオバルビタールナトリウム（ラボナール）、は間脳に働きこの部に存在する睡眠中枢に作用し、この附近を麻酔すると云われている。深麻酔の場合諸反射が消失する。1.5%溶液として3~5cc静注することにした。

2. ウレタンは大腦皮質中枢と同時に、脳幹諸中枢を麻酔すると云われている。1~2g/kgの割合に皮下注射し30分経過した後観察を行った。

3. アヘンアルカロイド製剤は、中枢麻酔作用を有し、大腦灰白質の疼痛感受性を撰択的に麻酔すると共に、諸種反射の興奮、亢進を来すと云われる。オピアル注（1cc中阿片アルカロイド20mgを含む）を

0.05cc/kgの割合で静脈注射を行い麻酔を行った。

4. D-Tubocurarine は撰択的に運動神経末端装置を麻酔し、先づ四肢の運動麻痺を来とし、次に軀幹、横隔膜を侵かすとされる。0.1cc/kgの割合に反覆静注した。

#### H 交感神経遮断剤

自律神経遮断たるインダリン（山之内製薬）を家兎に対し5mg/kgの割合に皮下注射することにした。

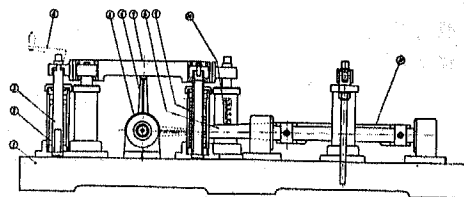
#### I 血漿炭酸ガス測定法

振動中も採血可能にするため、直径1mmのポリエチレン管を頸動脈に挿入し、其の管より血液が空気と接触することなく、直接試験管内流動パラフィン下に注入し、遠心し血漿を得る様にした。得られた血漿はEKDS微量血液中ガス分析装置により炭酸ガス量を2回づつ測定、その平均値をもつて測定値とした。

#### J 振動装置

振動装置としては国鉄の鉄道技術研究所車輛運動研究室のクランク式振動台第1図を使用した。

第1図 クランク式振動台組立図

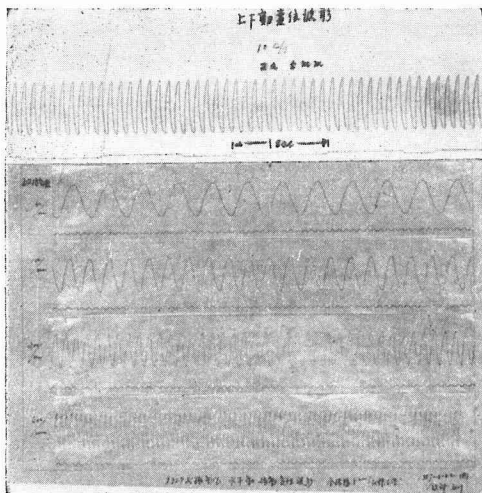


- (註) ① 基礎台  
 ② 調整スプリング  
 ③ 圧力調整軸  
 ④ 圧力調整ハンドル  
 ⑤ 加振器  
 ⑥ クランク  
 ⑦ 上下振動板  
 ⑧ 左右動用クランク連結杆  
 ⑨ 自動受スプリング  
 ⑩ 圧力表示目盛  
 ⑪ 板左右動振動板

この振動台の用途は各種振動計の特性検定、計器類、電気部品、機械部品の耐振試験等に使用せられ、その特徴とするところは振動運転中でもハンドル操作により振幅及び振動数を任意に変化出来、取扱ひも非常に簡便で振動波形も割合良好なものである。

その要目を列記すれば次の如くである。1) 振動方向上下又は水平, 2) 駆動方式クランク式, 3) 載重量100kg, 4) 振動盤の大きさ450×60mm, 5) 振動数0.5~20cps, 6) 振幅0~10mm(半振幅), 7) 振動加速度 $\pm 2.5g$ , 8) 使用電動機, 可変速交流電動機3HP, 振幅2a(mm)はダイヤルゲージにより振動数f(rpm)は廻転計により振動中でも正確に読みとることが出来る。それ等の変位波型を示すと第2図の如く変位が一定であることが認められる。

第2図 クランク式振動台上下及び水平動変位波型



使用した各種振動の振幅, 振動数を加速度で表はすと  $a \pm a = a (2\pi n)^2 / g$  であるからその数値を示すと第1表の如くである。

第1表 振動の加速度

2 a mm	a cm	N n	(60)	(120)	(240)	(600)	(1000)
			1	2	3	10	16.67
(20)	1		0.0462	0.1613	0.648	4.02	10.31
(10)	0.5		0.0201	0.0807	0.324	2.01	5.16
(5)	0.25		0.01005	0.0404	0.162	1.005	2.58
(1.0)	0.05		0.00201	0.0081	0.0324	0.201	0.516
(0.1)	0.005		0.000201	0.0008	0.00324	0.0020	0.552

(註)  $g: 980\text{cm/sec}^2$

a: 振動半振幅 (cm)

n: 毎秒振動数

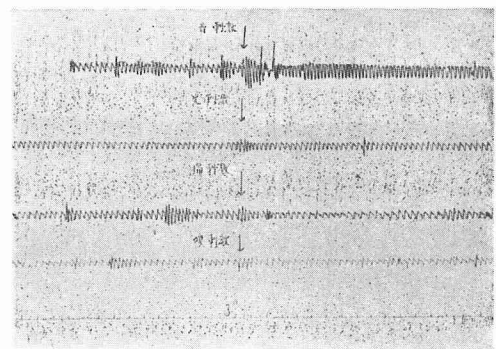
a: 振動加速度

## K 予備実験

### 1. 非迷路性刺激の呼吸運動に及ぼす影響

呼吸運動の様な機能は種々なる条件により明らかに複雑なる影響を受けるものであるが, 本実験に於て是等の影響を総て除外, 若しくは限定することは非常に困難である。そこで非迷路性刺激たる音, 光, 痛及び嗅等の知覚刺激を生体と与え呼吸運動に及ぼす影響を観察した。その結果は第3図の如くである。第3図に示される様に音, 光, 痛及び嗅等の刺激による呼吸運動の変動は不規則, 不定, 短時間のものであつて, 明らかに迷路性のものと相違し明確に区別することが出来ると考えられた。

第3図 音, 光, 痛嗅刺激による呼吸運動の変化



### 2. 記録装置の呼吸運動に及ぼす影響

同一条件下に於て死亡直後の家兎に上下及び水平振動を加え書尖の動きを観察したところ, 振幅2a=10mmに於て, 上下振動で振動数f=600rpmに於ては3.0mm, f=1.000rpmに於ては4.0mm, 体軸に平行

な水平振動では  $f=240\text{rpm}$  にては  $4.0\text{mm}$ ,  $f=400\text{rpm}$  にては  $5.0\text{mm}$ , 体軸に直角水平振動では  $f=600\text{rpm}$  にては  $3.0\text{mm}$ , 共振することを認めた。斯くて或る振動数以上になると共振する恐れあることを知った。従つて本実験の際にはこの共振現象を特に考慮することにした。

### Ⅲ 実験成績

此の場合の呼吸運動曲線に於て下降は吸息上昇は呼息を意味している。

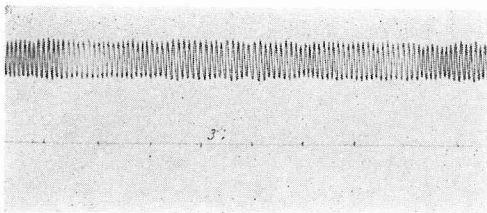
#### A 正常家兎呼吸運動曲線

家兎の正常呼吸運動曲線を Kymogramm として描記すると、第4図の様で同一の振幅をもつて規則的に反復している。

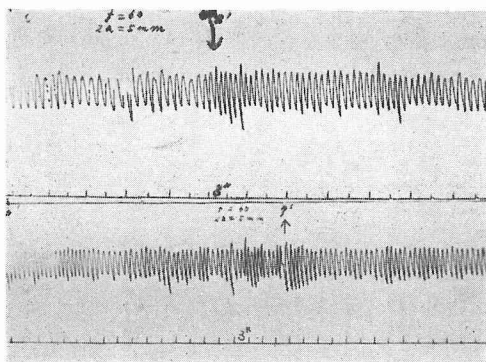
#### B 線振動と呼吸運動曲線

上述の方法で固定した家兎を振動台上にのせ、正常

第4図 正常呼吸運動曲線



第5図



(証) 家兎 No.3 (♂) 2.4kg  
実験日 5/1 室温  $21.0^{\circ}\text{C}$   
湿度 65%

振動の種類 上下振動

振 幅  $5\text{mm}$  ↓振動附与  
振 動 数  $600\text{rpm}$  ↑振動停止  
振動時間 5分間  
時 標 3秒

呼吸運動曲線を描記しつゝ振動を加えた。

#### 1. 振動数を変化した場合

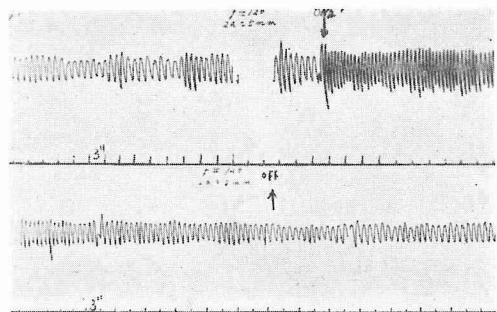
##### a 振幅 $5\text{mm}$ , 振動数 $60\text{rpm}$ , 5分間振動

此の場合の状態を図示すると第5図の如くである。第5図で判る様に振動と同時に呼吸数の増加と振幅の増大が認められるが、30秒以内にやゝ減少し、振動中その状態を持続する。振動停止と同時に呼吸数、振幅共に減少し、次第に正常に復する。

##### b 振幅 $5\text{mm}$ , 振動数 $120\text{rpm}$ , 5分間振動

此の場合の状態を図示すると第6図の如くである。第6図で判る様に振動と同時に強い吸気と共に呼吸数及び、振幅の増大を来とし、1分後にはやゝ減少するが、正常より増加した状態を持続し、振動停止と同時にただちに正常に近い呼吸数及び呼吸振幅を示すが、数例に於ては正常よりやゝ減少した状態を示し、数10秒にして正常にもどつた。

第6図 振動数  $120\text{rpm}$  の場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.3 (♂) 2.4kg  
実験日 5/1 室温  $21^{\circ}\text{C}$   
湿度 65%

振動の種類 上下振動

振 幅  $5\text{mm}$  ↓振動附与  
振 動 数  $120\text{rpm}$  ↑振動停止  
振動時間 5分間  
時 標 3秒

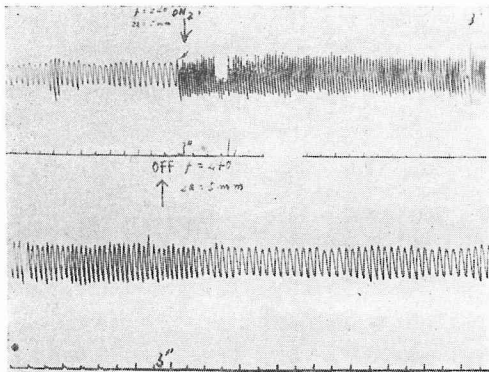
##### c 振幅 $5\text{mm}$ , 振動数 $240\text{rpm}$ , 5分間振動

此の場合の状態を図示すると第7図の如くである。第7図で判る様に振動と同時に強い吸気と共に呼吸運動は変化し、呼吸数及び振幅の著しい増加を示し、振動3分目位から増加の状態のまゝ規則正しい呼吸運動となる。振動停止直後に於て呼吸数及び振幅共に、正常よりやゝ減少した状態で時間の経過と共に正常にもどる。停止後10分に於ては正常に回復した。

##### d 振幅 $5\text{mm}$ , 振動数 $600\text{rpm}$ , 5分間振動

此の場合の状態を図示すると第8図の如くである。第8図で判る様に振動と同時に激しい呼吸運動の増大

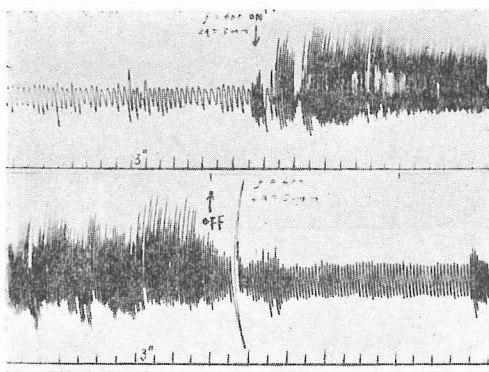
第7図 振動数 240rpm の場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.3 (♂) 2.4kg  
 実験日 5/1 室温 21°C  
 湿度 65%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
 振 幅 5mm ↑振動停止  
 振 動 数 240rpm  
 振動時間 5分間  
 時 標 3秒

第8図 振動数 600rpm の場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.3 (♂) 2.4kg  
 実験日 5/1 室温 21.5°C  
 湿度 68%

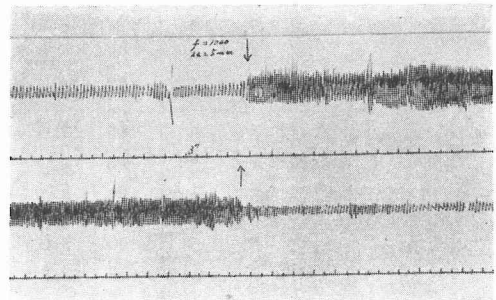
振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
 振 幅 5mm ↑振動停止  
 振 動 数 600rpm  
 振動時間 5分間  
 時 標 3秒

を示し振動中その状態が持続された。振動停止と同時に呼吸数及び振幅共に急激に減少するが、正常よりは呼吸数の増大を示し、10分後に於てほぼ正常にもどつた。

e 振幅 5mm, 振動数 100rpm, 5分間振動

此の場合の状態を図示すると第9図の如くである。第9図で判る様に振動と同時に著明な呼吸運動曲線の変化を来し、振動中その状態は持続される。振動停止と同時に呼吸数、振幅共に急激に正常に近くなるが、乱れた状態は数10分間持続された。この程度の振動では加速度の増大のため、腹部の共振、固定台の跳上り、頭部の動揺及び描写杆の共振等が起つて確実な記録は比較的困難である。

第9図 振動数 100rpm の場合の呼吸運動曲線



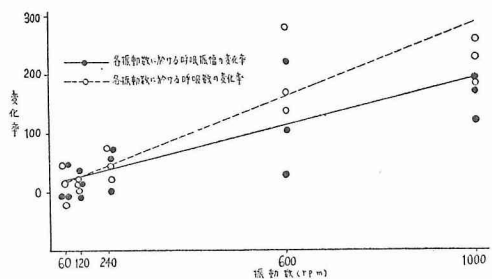
(註) 家兎 No.8 (♂) 2.4kg  
 実験日 5/1 室温 21.5°C  
 湿度 68%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
 振 幅 5mm ↑振動停止  
 振 動 数 100rpm  
 振動時間 5分間  
 時 標 3秒

扱て、各振動数に於ける呼吸運動の変化の数値を一括して示すと第2表の如くである。

今振動数による呼吸運動の変化を図示すると第10図の如くである。

第10図 振動数の変化に因る呼吸運動の変化



## 2. 小 括

以上の14例を総括すると多くの例に於て、振動1分目に於て呼吸運動の変化が比較的大きく時間の経過と

第2表

振動数の変化に因る呼吸運動の変化

振動数	家 兎 No. 性別	振動前		振動1分目		振動5分目		停止直後		停止後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅 (mm)	数	振幅 (mm)	数	振幅 (mm)	数	振幅 (mm)
60 r.p.m.	1 ♂	112	5.0	183	8.0	176	5.0	130	5.0	125	6.0
	3 ♂	68	5.0	70	5.5	61	5.5	62	5.0	64	4.5
	4 ♂	52	7.0	59	10.5	62	11.0	55	10.0	56	10.0
120	1 ♂	127	8.0	160	7.5	160	8.0	135	7.0	110	7.0
	3 ♂	52	8.0	89	13.0	56	11.0	50	9.5	58	8.0
	4 ♂	53	4.5	64	6.0	62	5.5	51	4.0	53	5.0
240	3 ♂	52	9.0	116	15.0	74	14.0	60	10.0	54	10.0
	4 ♂	54	5.0	68	5.5	64	5.0	51	4.5	64	5.0
	6 ♂	88	4.0	173	6.0	156	7.0	100	6.0	102	6.0
600	3 ♂	60	7.0	170	19.0	160	22.0	130	11.0	63	7.0
	4 ♂	60	5.0	140	11.0	138	6.0	85	5.0	66	5.5
	5 ♂	54	8.0	158	25.0	204	16.0	70	10.0	54	7.0
1000	3 ♂	50	5.0	142	15.0	162	13.0	110	12.0	55	5.0
	5 ♂	48	3.5	146	10.0	168	10.0	63	5.0	58	3.5
	8 ♂	60	6.0	105	18.0	125	13.0	75	5.0	60	6.0

共に安定し、5分目に於て安定した増加状態を示した。振動停止と共に急激に減少したが、数例に於ては振動直後正常値より少ない呼吸数及び振幅を示し、時間の経過と共に次第に正常に復し、10分後に於て何れも正常に復した。振動5分目の呼吸数の平均変化率をみると、振動数60rpmでは22.2%，振動数120rpmでは16.8%，振動数240rpmでは46.0%，振動数600rpmでは190.0%，振動数1000rpmでは194.1%と振動数の増加と共に呼吸数が増加することを示している。

亦振動5分目の呼吸振幅の平均変化率をみると振動数60rpmでは22.4%，振動数120rpmでは18.5%，振動数240rpmでは43.5%，振動数600rpmでは108.1%，振動数1000rpmでは155.0%を示し呼吸数と同様振動数の増加と共に振幅の増大を示した。

### 3. 振幅を変化した場合

此処では振動数並びに振動時間を一定とし、振幅の異なる振動を生体に与へ呼吸運動に対する影響を吟味したが、今、振幅0.2mmの場合と20.0mmの場合を図示すると第11図の如くである。

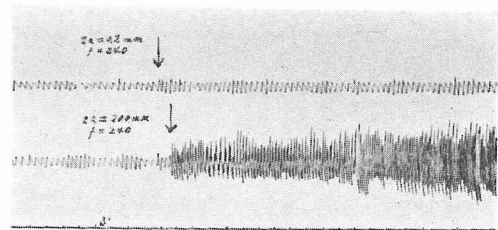
次にその数値を示すと第3表の如くである。

尚5分目の数値をグラフで示すと第12図の如くである。

### 4. 小 括

振幅の変化の呼吸運動に対する影響については振幅5分目の平均変化率を示すと、呼吸数に於ては振幅

第11図



(註) 家兎 No. 28 (♂) 2.5kg

実験日 9/10 室温 23°C

湿度 57%

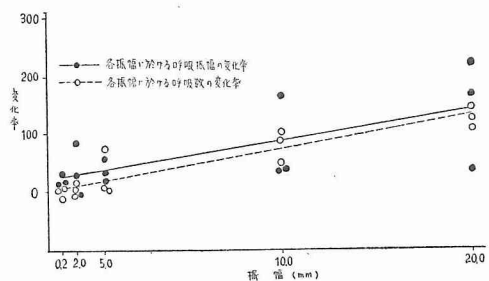
振動の種類 上下振動 ↓ 振動附与  
振 幅 0.2mm~20.0mm

↑ 振動停止

振動数 240rpm

振動時間 5分間

第12図 振動振幅の変化に因る呼吸運動の変化





第 3 表 振動振幅の変化に因る呼吸運動の変化

振 幅	家 兎 No. 性別	振 動 前		振 動 1 分 目		振 動 5 分 目		停 止 直 後		停 止 後 10 分 目	
		数	振 幅 (mm)	数	振 幅 (mm)	数	振 幅 (mm)	数	振 幅 (mm)	数	振 幅 (mm)
0.2 mm	4 ♂	86	3.0	110	4.0	84	4.0	82	3.0	72	3.0
	17 ♀	55	3.5	62	4.0	60	4.0	54	3.5	55	3.5
	28 ♂	100	8.0	110	10.0	110	9.0	100	8.0	100	8.0
2.0	4 ♂	76	4.5	91	6.0	82	6.0	68	5.0	72	5.0
	17 ♀	60	3.5	70	7.0	69	6.5	59	4.0	60	4.0
	28 ♂	110	6.0	120	8.0	110	6.0	110	6.0	110	6.0
5.0	4 ♂	80	9.0	110	13.0	88	12.0	70	6.0	84	8.0
	17 ♀	75	3.5	100	7.2	80	5.6	60	5.5	55	4.0
	28 ♂	90	7.0	150	11.0	160	10.0	95	8.0	90	7.0
10.0	4 ♂	90	5.0	165	10.0	180	7.0	106	5.0	84	6.0
	17 ♀	80	3.5	145	9.0	120	9.0	85	4.0	84	4.0
	28 ♂	95	7.0	175	14.0	180	13.0	95	7.0	98	7.0
20.0	4 ♂	76	4.5	170	15.0	160	12.0	73	4.0	75	5.0
	17 ♀	65	5.0	150	18.0	156	16.0	80	7.0	58	4.0
	28 ♂	100	100.0	200	19.0	220	13.0	130	11.0	106	11.0

第 4 表 振動時間の変化に因る呼吸運動の変化

時 期 呼吸運動因子 振動時間(分)	振 動 前	振 動 1 分 目		振 動 5 分 目		振 動 10 分 目		振 動 30 分 目		振 動 60 分 目		停 止 直 後		停 止 後 10 分 目	
	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm	数 振 幅 mm
2a = 10mm f = 600rpm	5	53 4.0	154 19.0	92 23.0								118 5.0	62 5.0		
	10	60 5.0	132 20.0	218 18.0	184 15.0							119 5.0	60 4.0		
	30	52 4.0	124 23.0	182 18.0	214 17.0	114 20.0						46 2.0	43 5.0		
	60	46 5.0	96 23.0	152 13.0	150 12.0	94 17.0	60 6.0					41 3.0	43 5.0		
2a = 5 f = 600	6	54 8.0	158 35.0	204 25.0								136 10.0	54 7.0		
	10	47 8.5	191 35.0	224 15.0	230 15.0							111 8.0	53 5.0		
	30	59 5.0	200 20.0	150 15.0	148 15.0	246 10.0						104 5.0	53 5.0		
	60	54 6.0	177 18.0	163 18.0	220 13.0	210 12.0	170 7.0					133 4.0	51 5.0		
2a = 10 f = 240	5	57 6.3	145 10.7	141 10.5								64 9.3	54 5.0		
	10	78 5.7	168 13.5	196 11.5	189 13.5							74 4.3	50 5.6		
	30	56 3.5	60 9.0	65 5.0	92 6.0	112 6.0						104 4.0	56 4.5		
	60	55 3.5	118 7.0	98 5.0	90 6.0	120 7.0	65 7.0					48 4.5	52 5.5		

0.2mm では 5.6%, 振幅 2.0mm では 7.6%, 振幅 5.0mm では 31.2%, 振幅 10mm では 79.8%, 振幅 20.0mm で 123.5%。

呼吸振幅に於ては, 振幅 0.2mm では 20.0%, 振幅 2.0mm では 39.6%, 振幅 5.0mm では 45.4%, 振幅 10.0mm では 94.3%, 振幅 20.0mm では 138.9% で呼吸振幅の増大と共に呼吸数及び呼吸振幅の増大がみられた。

#### 5. 振動時間を変化した場合

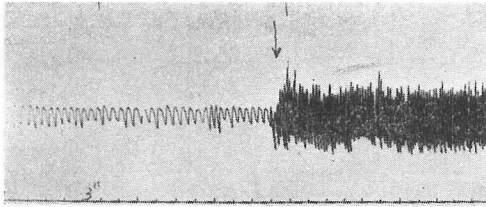
3種類の下振動 (2a=10mm, f=240rpm, 2a=10mm, f=600rpm, 及び 2a=5mm, f=240rpm,) を 5, 10, 30, 及び 60 分間生体に加え, 呼吸運動の変化を吟味したがその数値を示すと第 4 表の如くである。

今振動振幅 5mm, 振動数 600rpm の場合の呼吸運動変化の様相を示すと第 13 図 (1~5) の如くである。

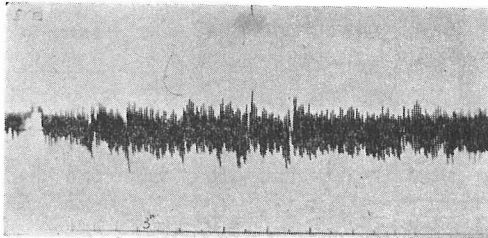


第13図 60分振動の場合の呼吸運動変化

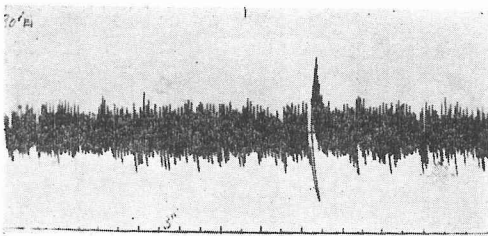
↓ 振 動 1



振動5分目 2



振動30分目 3



尚上図の変化の状態を図で示すと第14図の如くである。

#### 6. 小 括

振動時間変化の呼吸運動に対する影響について云えば、振動開始1～5分間の間に最大値を示し、時間の経過と共にその影響は次第に減少し、停止直後の状態も長時間振動のものは、多くの場合正常値より少ない呼吸運動を示し、回復も又比較的長い時間を要した。

#### 7. 振動方向を変化した場合

振動方向（上下、水平、体軸に平行と直角）を変え行つた場合の呼吸運動の状態を図示すると第15図の如くである。

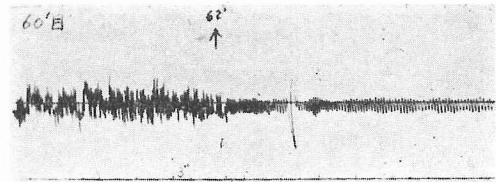
その数値を示すと第5表の如くである。

尚図で示すと第16図の如くである。

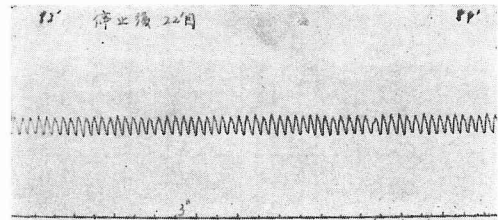
#### 8. 小 括

振動数及び振幅が同一の場合、呼吸運動に対する影響は上下振動より水平振動の場合の方が大きい、水平

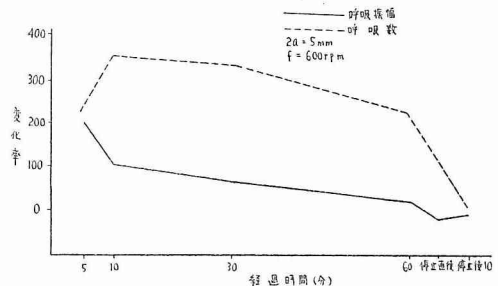
振動60分目 4



停止後22分目 5



(註) 家兎 No.10 (♀) 2.5kg  
 実 験 日 4/24 室温 18.5°C  
 湿度 89%  
 振動の種類 上下振動  
 振 幅 5mm  
 振動時間 60分  
 時 標 3秒

第14図 振動に因る呼吸運動の変化  
(振動時間変化の場合)

振動の場合でも体軸の振動の方が腹部内臓が動揺し、横隔膜が上下させられ呼吸振幅が乱れるので振動の影響が大きくなると考えられる。

#### 9. 振動を反覆した場合

上下振動 ( $2a=5\text{mm}$ ,  $f=240\text{rpm}$ ) を10分間隔で5分間宛加えた場合の数値を示すと第6表の如くである。

その変化を5分目の値について図示すると第17図の如くである。

#### 10. 小 括

5分間振動を10分間隔で繰返へした場合、1, 2回

第 5 表

振動方向の変化に因る呼吸運動の変化

振動の種類	時 期 呼吸運動因子	振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止後10分目		変化率%	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
2a=5mm f=240rpm	上下振動	86	9.0	124	11.0	94	9.0	76	5.0	72	5.0	9.3	0
	水平直角	72	6.0	140	12.0	134	9.0	72	6.0	84	7.0	86.2	50.4
	水平々行	78	8.0	134	12.0	116	10.0	72	6.0	72	7.0	48.7	25.0
2a=10 f=240	上下振動	106	6.5	177	11.0	178	8.0	86	4.0	80	8.0	68.0	23.1
	水平直角	74	6.0	170	14.0	220	8.0	80	5.0	68	7.0	197.5	33.3
	水平々行	83	6.0	248	13.0	254	9.0	76	6.0	74	7.0	206.0	50.0
2a=20 f=240	上下振動	100	8.0	196	8.0	240	6.0	200	6.0	72	7.0	140.0	25.0
	水平直角	78	6.0	230	10.0	280	6.0	197	5.0	74	5.0	259.0	0
	水平々行	76	6.0	196	14.0	150	6.0	76	6.0	84	7.0	97.5	0

第 6 表

分間隔分間振動附与の場合の呼吸運動の変化

時 期	回数 呼吸運動因子	1		2		3		4		5		6		7	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
振 動 前		68	7.0	68	7.0	68	7.0	68	7.0	68	7.0	98	7.0	68	7.0
振 動 1 分 目		190	10.0	160	8.5	190	11.0	150	9.5	152	10.0	168	9.0	153	9.5
振 動 5 分 目		250	8.0	260	8.0	220	8.0	170	9.7	190	9.0	215	9.0	200	9.0
停止後10分目		90	6.5	68	5.5	68	5.0	65	4.5	64	5.0	62	5.5	62	5.0

(註) 家兎 No.36 (♂) 2.8kg

実 験 日 9/26 室温 23°C

湿度 56%

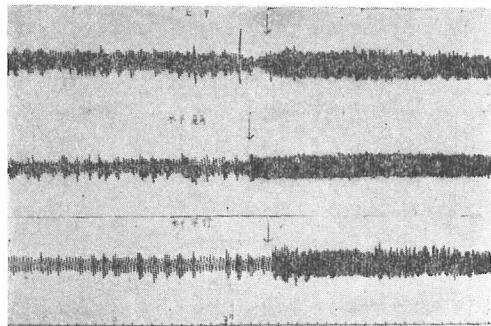
振動の種類 上下振動

振 幅 5mm

振 動 数 240rpm

振動時間 5分間振動10分間隔

第15図 振動方向変化の場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.5 (♂) 2.1kg

実 験 日 6/5 室温 23.0°C

湿度 63%

振動の種類 上下及び水平振動

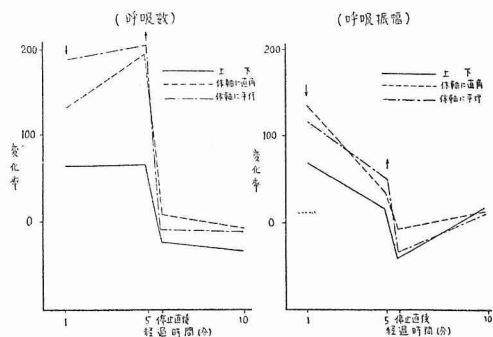
振 幅 5mm

振 動 数 240rpm

振動時間 5分間

時 標 3秒

↓振動附与

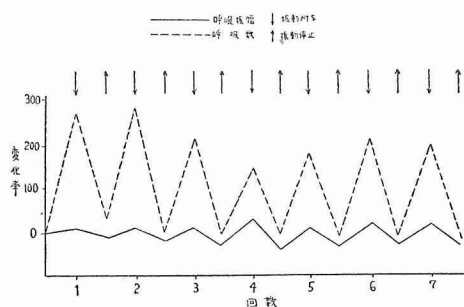
第16図 振動に因る呼吸運動の変化  
(振動方向変化の場合)

目が最も大きな変化を示し、其の後大体同様な変化を示し、何れも正常値より増加の状態を示したが停止30分後に始めて正常に復した。

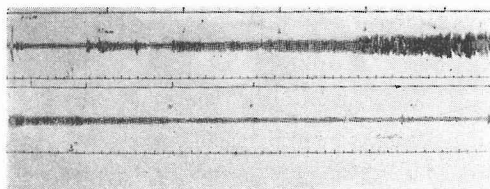
11. 振幅を徐々に変化した場合

此処では振動数を60, 120, 240, 400, 600及び1000 rpm として, 振幅を徐々に増加或いは減少させた場

第17図 反覆上下振動に因る呼吸運動の変化  
(5分間振動10分間隔)



第18図



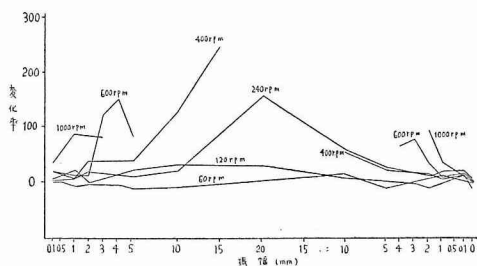
(註) 家兎 No.83 (♂) 3.0kg  
 実験日 10/23 室温 21°C  
 湿度 62%  
 振動の種類 上下振動  
 振幅 0.1~5.0mm  
 振動数 600rpm  
 時標 3秒 数字は振幅 mm

合の呼吸運動の変化を観察した。今, 1例として  $f = 600\text{rpm}$  の様相を図示すると第18図の如くである。

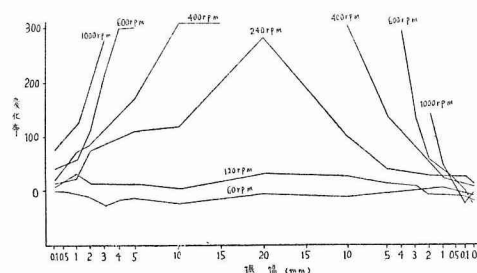
各振動数に於て振幅を漸増或は漸減した場合の呼吸運動の変化の数値を示すと第7表の如くである。

その数値を呼吸数及び呼吸振幅について図示すると第19図の如くである。

第19図 振幅漸増漸減に因る呼吸運動の変化  
(呼吸数)



振幅漸増漸減に因る呼吸運動の変化  
(呼吸振幅)



第7表 各振動数に於て振幅を漸増或は漸減した場合の呼吸運動の変化

振動数 呼吸運動因子	1000rpm		600		400		240		120		60	
	数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常	43	5.0	44	4.6	42	4.0	40	3.5	44	4.4	31	8.0
0.1mm	58	8.8	53	6.6	44	4.8	48	6.6	44	5.0	32	7.0
1	81	11.7	50	7.4	46	6.8	44	4.5	53	6.0	39	7.0
2	75	17.0	49	10.0	57	7.5	50	6.0	44	5.0	30	7.0
5			78	18.5	59	11.0	46	7.4	54	5.0	28	7.0
10					96	16.5	50	7.6	60	4.6	29	6.2
20							103	13.4	59	6.0	33	7.8
10					65	16.4	63	7.0	50	5.8	38	7.2
5					55	9.6	54	5.0	46	5.0	30	7.7
2	85	12.5	60	7.2	50	6.2	47	4.6	42	4.2	35	8.0
1	61	7.5	50	6.6	47	5.2	48	4.6	44	4.2	36	8.3
0.1	47	3.9	50	4.6	48	4.6	48	4.6	50	4.0	31	8.0
停止直後	43	4.5	41	3.8	42	4.2	41	3.8	43	3.8	31	7.4
停止後10分目	42	4.8	40	4.0	42	4.0	45	4.6	45	3.5	32	6.5

## 12. 小 括

振幅を次第に変化した場合の呼吸運動の変化を考へると振動数 60~120rpm に於ては、なだらかな変化曲線を示すが、振動数 240rpm の場合 10mm からはいげしい変化がみられ、振動数 900rpm に於ては 3.0mm、振動数 1000rpm に於てはすでに 1.0mm に於て、はげしい変化がみられた。各、振動数に於ても加速度が 1g を越えると、物体の浮上り及びタンブールの共振等が起り従つて正しい描記は困難である。

## 13. 体位変換の場合

背位に固定し気管切開を行い呼吸運動の安静になるのを待ち、頭部を上にして体を鉛直に振動台に固定すると、経過数分後耳介チアノーゼが起り呼吸困難が起るのである。従つて数分間背位に復し呼吸の整つた後、再び体位を鉛直にして実験を行つた。今各体位に於ける数値を示すと第 8 表の如くである。

その変化の状態を図示すると第 20 図の如くである。

## 14. 小 括

体位を鉛直にして数分間保持すると呼吸困難の状態

第 8 表 各体位による呼吸運動の変化  
(呼吸数)

体位	時期	正常	振動 1分目	振動 5分目	停止 直後	停止後 10分目	停止後 30分目
腹 位		60	120	100	59	61	
背 位		59	110	95	60	59	
横位右側下		60	134	159	117	64	
横位左側下		62	150	94	94		
鉛 直		55	122	116	60	44	
頭 下		57	61	92	81	80	84

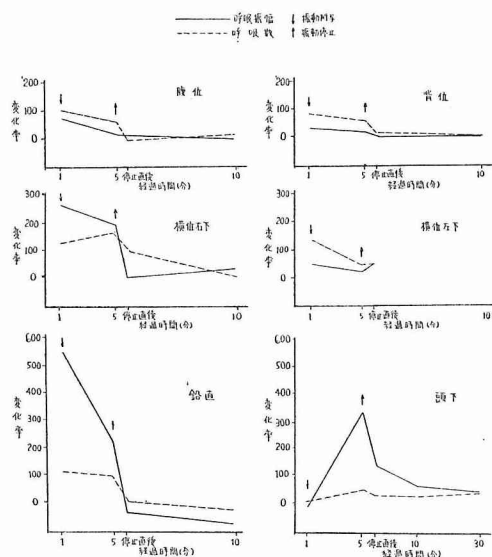
各体位による呼吸運動の変化  
(呼吸振幅)

体位	時期	正常 (mm)	振動 1分目	振動 5分目	停止 直後	停止後 10分目	停止後 30分目
腹 位		5.5	10.0	6.5	6.0	5.5	
背 位		5.5	7.5	6.5	5.5	5.5	
横位右側下		3.0	11.0	9.0	3.0	4.0	
横位左側下		4.0	6.0	5.0	6.0		
鉛 直		3.0	20.0	10.0	2.0	1.0	
頭 下		4.0	4.0	18.0	10.0	7.0	6.0

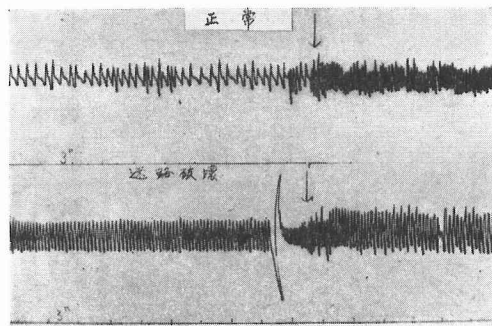
(註) 家兎 No. 19 (♂) 3.0kg  
実験日 7/17 室温 25.0°C  
湿度 81%

振動の種類 上下振動  
振幅 10mm  
振動数 240rpm

第 20 図 体位変換の場合の呼吸運動の変化



第 21 図 正常家兎と両側迷路破壊家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No. 7 (♂) 3.5kg  
実験日 6/26 室温 23.0°C  
湿度 80%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振幅 10mm  
振動数 240rpm  
時標 3秒

を起し、背位にもどると急激に呼吸数及び呼吸振幅は回復する。背位及び腹位に於て振動を加えた場合の変化は前述の上下振動の場合と同様な変化を示す。体位鉛直にすると正常呼吸は次第に振幅を減少し呼吸運動は減弱する。振動を加えると急激に振幅及び振動数を増加するが時間の経過と共に次第に変化の程度は少なくなる。振動停止と同時に再び呼吸運動は減少し、次第に呼吸困難の状態となる。頭下の場合呼吸運動は次第に減弱し、振動を加えると次第に呼吸運動は増強し

振動停止と共に再び減弱された状態となる。横位の場合は、左側下側の場合が右側下側の場合より変化の度は少なく認められた。

### C 異常家兎呼吸運動曲線

#### 1. 両側迷路破壊家兎

両側迷路破壊家兎について上下振動を加え、その際に於ける呼吸運動の変化を観察するのであるが、先づ気管切開を施した後呼吸運動が安静に復するのを待つて、上下振動を加え破壊前の呼吸運動を観察し、その後手術的に迷路を破壊し呼吸運動の調整になるのを待ち同様な振動を加え呼吸運動を観察した。代表例を示すと第21図の如くである。

その数値を表に示すと第9表の如くである。  
変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	148.9%	37.5%
迷路破壊家兎	0 %	17.4%

他の一群に於て迷路破壊24時間後に気管切開を施し呼吸運動の安定するのを待つて、上下振動を加え呼吸運動の変化を観察した。その代表例の様相を示すと第22図の如くである。

その数値を表に示すと第10表の如くである。

変化率は次の如くである。

呼 吸 数	0 %
呼 吸 振 幅	24%

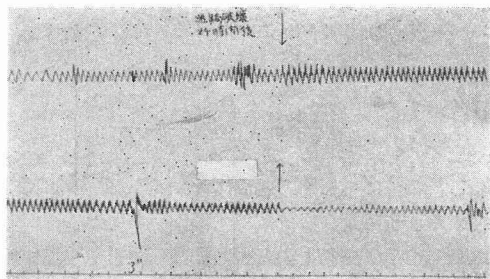
第 9 表 迷路破壊家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止 後10分目	
		数	振 幅 (mm)	数	振 幅	数	振 幅	数	振 幅	数	振 幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240rpm	45	8.0	124	8.0	112	11.0	45	8.0	45	8.0
迷 路 破 壊 家 兎	上下 2a=10 f=240	160	11.5	170	14.0	160	13.5	124	11.0	150	11.0

第 10 表 迷路破壊24時間後の家兎

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止 後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
迷 路 破 壊 家 兎	上下 2a=10 mm f=240rpm	52	5.0	52	7.2	52	6.2	48	4.5	50	5.0

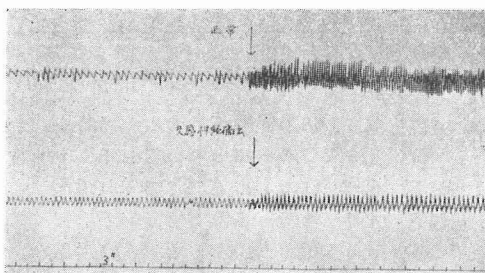
第22図 両側迷路破壊時間後家兎との呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.18 (♂) 2.8kg  
実 験 日 1/15 室温 18°C  
湿度 56%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm ↑振動停止  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

第23図 正常家兎と交感神経摘出家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.114 (♂) 2.5kg  
実 験 日 1/13 室温 20°C  
湿度 58%

動の種類上 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

## 2. 両側頸部交感神経節状索摘出家兎

両側頸部交感神経を摘出した家兎について上下振動を加え呼吸運動の変化を観察した。即ち気管切開を施し安静呼吸になるのを待つて、上下振動を加え呼吸運動を観察した後、上頸節中頸節を連ねたまま摘出する。呼吸運動の調整を待ち上下振動を加え呼吸運動の変化を観察した。代表例の変化の様相を示すと第23図の如くである。

其の数値を表に示すと第11表の如くである。

変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	180%	187.5%
交感神経摘出家兎	20%	88.9%

## 3. 両側迷走神経切断家兎

両側迷走神経を頸部で切断した家兎に於て上下振動を加えて呼吸運動の変化を観察した。迷走神経切断と同時に呼吸は著明に深く緩徐となり特有の呼吸型を示す。振動を加えると数の増加と共に振幅も増大される。振動停止30分後に於ても失調状態は持続する。その代表例の様相を示すと第24図の如くである。

その数値を表に示すと第12表の如くである。

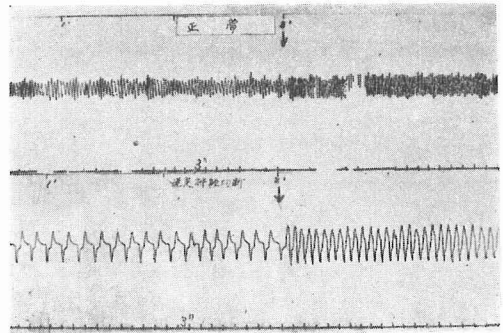
変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	30.6%	-7.7%
迷走神経切断家兎	134.5%	6.7%

## 4. 両側頸動脈体除去家兎

気管切開後呼吸運動の調整になるのを待つて、上下振動を加え正常状態を観察し、KCN 体重 1kg 当り 0.3mg 静脈注射し、過呼吸の起るのを観察し、直ちに

第24図 正常家兎と両側迷走神経切断家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.4 (♂) 2.3kg  
実験日 5/29 室温 20.5°C  
湿度 79%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

両側内外頸動脈の分岐部を露出し頸動脈体を除去し、更に KCN 溶液静脈注射し呼吸運動変化の起らない事を確かめた後、上下振動を加え呼吸運動を観察した。呼吸型に於ては正常家兎との差は認められない。代表例の様相は第25, 26図の如くである。

其の数値を表に示すと第13表の如くである。

変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	58.3%	100%
頸動脈体除去家兎	83.3%	75%

第 11 表 交感神経摘出家兎と正常家兎との比較

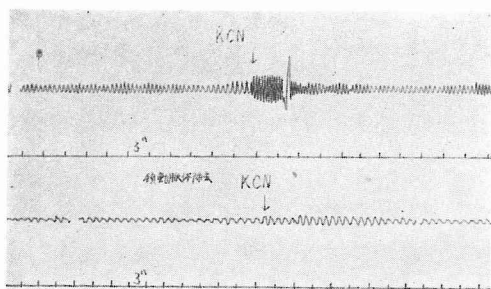
条 件	時 期	呼吸運動因子									
		振動の種類									
		振動前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10 mm f=240rpm	50	4.0	170	11.0	140	11.5	80	4.5	60	4.0
交感神経摘出家兎	上下 2a=10 f=240	50	4.5	52	8.0	60	8.5	90	4.0	90	4.5

第 12 表 迷走神経切断家兎と正常家兎との比較

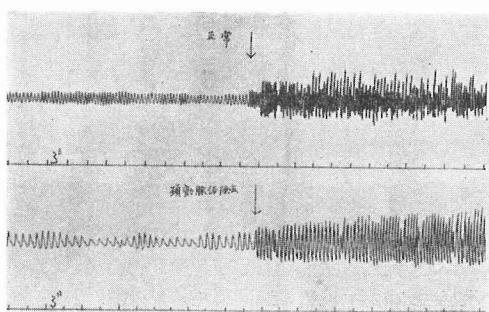
条 件	時 期	呼吸運動因子									
		振動の種類									
		振動前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240rpm	72	6.5	106	8.0	94	6.0	72	5.0	72	6.5
迷走神経切断家兎	上下 2a=10 f=240	15	15.0	29	17.0	34	16.0	29	10.0	33	10.0



## 第25図 KCN 負荷試験



第26図 正常家兎と頸動脈体除去家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.117 (♂) 2.3kg

実験日 1/12 室温 19.5°C

湿度 56%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与

振 幅 10mm

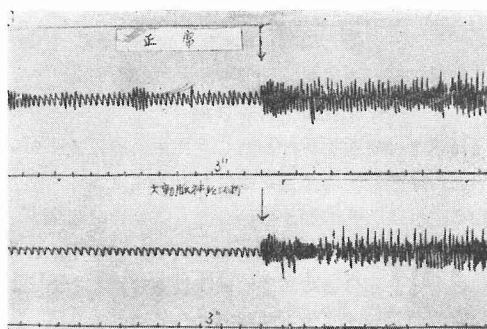
振動数 240rpm

時 標 2秒

## 5. 両側大動脈神経切断家兎

気管切開後呼吸運動が安静になるのを待って、上下振動を加え呼吸運動を観察し、更に大動脈神経を前述の方法により切断し、同様呼吸運動を観察した。切断家兎に於ては呼吸数、振幅共にやゝ減少の傾向がみられた。其の後振動を加えると呼吸運動は次の様な変化を示した。その代表例を示すと第27図の如くである。

第27図 正常家兎と大動脈神経切断家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.106 (♂) 2.7kg

実験日 12/11 室温 19.5°C

湿度 60%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与

振 幅 10mm

振動数 240rpm

時 標 3秒

その数値を表に示すと第14表の如くである。

第 13 表

頸動脈体除去家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期		振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止後10分目	
	呼吸運動因子	振動の種類	数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下	2a=10mm f=240rpm	120	5.0	170	15.0	190	10.0	120	4.0	110	4.5
頸動脈体除去家兎	上下	2a=10 f=240	60	8.0	120	17.5	110	14.0	68	5.5	70	6.5

第 14 表

大動脈神経切断家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期		振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止後10分目	
	呼吸運動因子	振動の種類	数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下	2a=10mm f=240rpm	68	5.5	125	12.8	131	11.0	64	4.8	61	5.8
大動脈神経切断家兎	上下	2a=10 f=240	58	3.8	190	11.5	168	8.5	80	4.4	62	4.0



変化率は次の如くである。

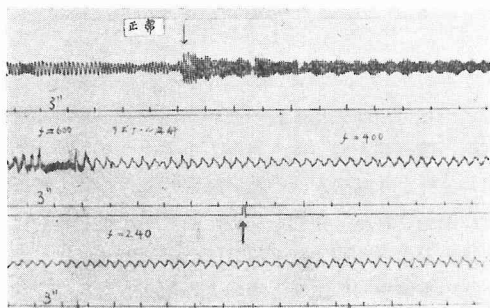
	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	92.6%	100.0%
大動脈神経切断家兎	189.7%	123.7%

## 6. 麻酔家兎

### a ラボナール麻酔家兎

正常家兎を気管切開し呼吸の調整がなるのを待つて振動を加え、正常状態の変化を観察した後、間脳麻酔剤である1.5% ラボナール水溶液3~5ccを耳介静脈より注射し、完全な麻酔発現後振動を行い呼吸運動の変化を観察した。完全に麻酔の効力が現われると呼気は直線的に、吸気は階段的に緩徐となる。代表例の様相を示すと第28図の如くである。

第28図 正常家兎とラボナール麻酔家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.31 (♂) 2.1kg  
実験日 8/14 室温 30.0°C  
湿度 79%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm ↑振動停止  
振動数 420rpm  
時 標 3秒

其の数値を表に示すと第15表の如くである。

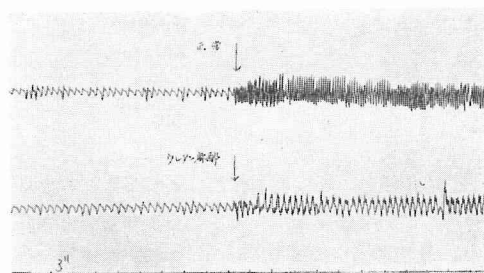
変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	87.5%	60%
ラボナール麻酔家兎	22.6%	0%

### b ウレタン麻酔家兎

ウレタンは血圧及び呼吸運動に及ぼす影響は少なく一般に使用されるものである。Pick は最初脳幹麻酔剤と考えたが、その後皮質麻酔剤とする説もあり現在の処一定していない。中島<sup>(15)</sup>は大脳皮質中枢と同時に視丘及び脳幹諸中枢を麻酔するといっている。25%ウレタン溶液の皮下注射を行い呼吸数の減弱を認めると共に第四度の麻酔状態を示した。その家兎に上下振動を加え呼吸運動の変化を観察した。その代表例の様相を図示すると第29図の如くである。

第29図 正常家兎とウレタン麻酔家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.114 (♂) 2.5kg  
実験日 1/12 室温 20°C  
湿度 62%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 420rpm  
時 標 3秒

其の数値を表に示すと第16表の如くである。

変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	18.0%	187.5%
ウレタン麻酔家兎	16.7%	60.0%

### c アヘンアルカロイド麻酔家兎

塩酸アヘンアルカロイドを1cc中20mg含有するオピアル注(三共製薬)を使用した。本剤はモルヒネと同様、胃の運動並びに分泌を亢進し、腸管に対しては

第15表 ラボナール麻酔家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期  呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動 1 分 目		振動 5 分 目		停止直後		停止 後 10 分 目	
		数	振 幅 (mm)	数	振 幅	数	振 幅	数	振 幅	数	振 幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240rpm	160	5.0	280	10.0	300	8.0	180	4.0	160	5.0
ラボナール麻酔家兎	上下 2a=10 f=240	44	4.5	59	6.0	54	4.5	48	5.5	48	7.5

第16表

ウレタン麻醉家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動1分目		振動5分目		停止直後		停止後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240 rpm	50	4.0	170	11.0	140	11.5	80	4.5	60	4.0
ウレタン麻醉家兎	上下 2a=10 f=240	60	5.0	70	9.5	70	8.0	60	3.5	60	4.0

第17表

オピアル麻醉家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動1分目		振動5分目		停止直後		停止後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240 rpm	50	6.5	110	13.0	100	11.0	80	9.0	50	7.0
オピアル麻醉家兎	上下 2a=10 f=240	80	9.0	110	15.0	120	16.0	80	9.0	80	9.0

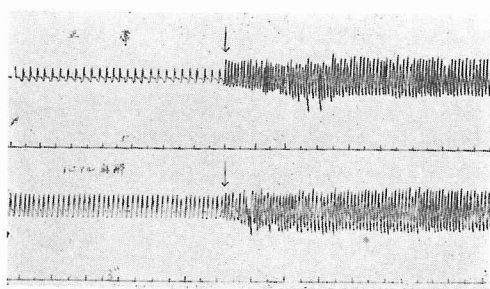
抑制的に作用し、呼吸抑制作用はモルヒネより弱く、反射興奮性の上昇は却つてモルヒネより強いとされている。麻醉に当つては0.05~0.1cc/kgを使用した。オピアル麻醉を来たすと正常家兎よりも呼吸運動はやゝ促進状態が見られた。振動を加えた場合の正常家兎との比較を示すと第30図の如くである。

その数値を表に示すと第17表の如くである。

変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	100.0%	69.2%
オピアル麻醉家兎	66.6%	77.8%

第30図 正常家兎とオピアル麻醉家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.136 (♂) 2.5kg  
実 験 日 9/8 室温 24.5°C  
湿度 74%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

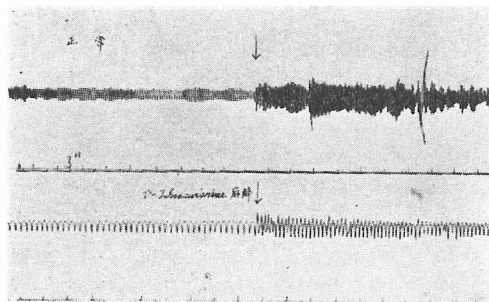
d D-Tubocurarine は所謂神経節遮断剤であつて、その作用は先づ四肢の運動麻痺を来とし後次第に軀幹、横隔膜を侵かすとされ、兎家に0.03cc/kgの反覆静注により麻醉を行つた。麻醉の進行と共に呼吸運動は減弱される。振動を加えた場合の呼吸運動変化を正常のものと比較すると第31図の如くである。

その数値を表に示すと第18表の如くである。

変化率は次の如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	50.0%	33.3%
D-Tubocurarine	30.0%	80.0%

第31図 正常家兎と D-Tubocurarine 麻醉家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.136 (♂) 2.5kg  
実 験 日 9/8 室温 24.5°C  
湿度 74%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

第 18 表

D-Tubocurarine 麻酔家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止 後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240 rpm	200	6.0	320	12.0	300	8.0	100	3.0	200	6.0
D-Tubocurarine 麻 酔 家 兎	上下 2a=10 f=240	100	5.0	140	9.0	130	9.0	100	7.0	100	5.0

第 19 表

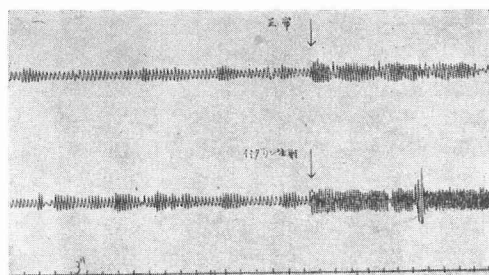
イミダリン注射家兎と正常家兎との比較

条 件	時 期 呼吸運動因子 振動の種類	振 動 前		振動 1 分目		振動 5 分目		停止直後		停止 後10分目	
		数	振幅 (mm)	数	振幅	数	振幅	数	振幅	数	振幅
正 常 家 兎	上下 2a=10mm f=240 rpm	94	3.6	127	6.5	167	7.5	101	3.5	88	3.6
イミダリン注射家兎	上下 2a=10 f=240	90	4.5	143	7.0	150	3.4	87	3.8	88	4.8

## e イミダリン注射家兎

自律神経遮断剤として2%イミダリン溶液0.5cc/kgを皮下注射し30分後に呼吸運動の変化を観察した。代表例の様相を示すと第32図の如くである。

第32図 正常家兎とイミダリン注射家兎との場合の呼吸運動曲線



(註) 家兎 No.99 (♂) 2.8kg

実験日 11/24 室温 18.5°C

湿度 62%

振動の種類 上下振動 ↓振動附与  
振 幅 10mm  
振動数 240rpm  
時 標 3秒

その数値を表に示すと第19表の如くである。

変化率は次に示す如くである。

	呼吸数	呼吸振幅
正 常 家 兎	72.7%	108.2%
イミダリン注射家兎	66.6%	86.7%

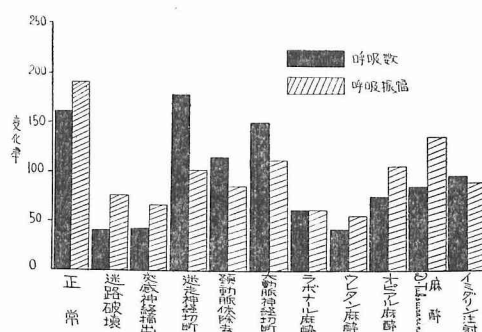
であつて、振動による呼吸運動変化はやゝ減弱される。

## D 小 括

以上10種類の異常家兎についてヒストグラムとして図示すると第33図の如くである。図で明らかな様に呼吸振動に対する振動の影響は、迷路破壊、交感神経摘出、ウレタン麻酔、ラボナール麻酔家兎に於て少なく、迷走神経切断、頸動脈体除去、大動脈神経切断、オビアル麻酔、D-Tubocurarine 麻酔、イミダリン注射家兎に於て、正常家兎と大差のないことが認められた。

第33図 正常家兎と異常家兎に於ける振動時呼吸運動変化の比較

(振動振幅 10mm, 振動数 240rpm, 5分間振動)



## E 振動の血漿炭酸ガスに及ぼす影響

飢餓状態の健康なる体重2kg以上の雄性家兎を使用し、血漿炭酸ガス定量に当つては遠心沈澱によつて得た血漿0.03ccについて、EKDS微量ガス分析装置を用いて測定した。採血は頸動脈より行い、ポリエチレン管を用い、空気に接触せぬ様直接試験管内流動パラフィンの下層に注入し遠心して採血を得た。振動としては上下振動で振幅10.0mm、振動数240rpm、5分間を加え、振動前、振動1分目、停止直後、停止後10分目、同30分目、同60分目と6回採血して測定した。

先づ対照として採血によるCO<sub>2</sub>の変動を観察した一群と、振動を加えて上記時間毎に採血し測定した一群とを観察した。その数値を示すと第20表の如くである。

その数値を図に示すと第34図の如くである。

## F 小 括

血漿炭酸ガスの変化を観察すると正常群に於ては6分目採血にやゝ減少をみるにすぎないが、振動を加えた群に於ては振動直後のものが最減少し、その後、に於て時間経過と共に回復している。

## 総 括

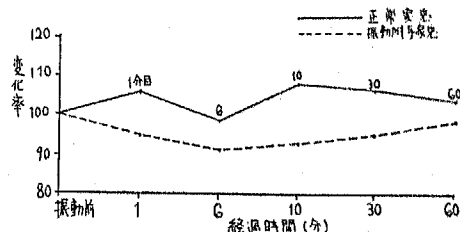
鉄道技術研究所のクランク式振動台を使用し家兎に

気管切開を行い、各振動を与え、振動中、振動後の呼吸運動について観察した。

固定台上に家兎を背位固定し気管切開を施し1時間以上安静にした後、先づ上下振動を5分間加え振動数を変化させてみた。多くの場合最初の1分目に最大の変化を示し5分目には比較的安定した状態となるので、5分目の値について増加状態を観察した。振動後呼吸数、呼吸振幅共に急激に減少して次第に正常に回復するものと、尚増加の状態を示し次第に正常に復するものがあるが、10分後に於てはほぼ正常に近づき何れも30分後には正常状態に復した。

振動数を変化した場合振幅5mmに於て呼吸数の変化率は振動数60rpmの場合は22.2%、振動数120rpm

第34図 血漿CO<sub>2</sub>変動  
(平均値：正常時を100とする)



第20表 正常時採血による血漿CO<sub>2</sub>の変動 (容積%)

家兎 No.性別	体重	室 温	時 期					
			正 常	1分目	6分目	10分目	30分目	60分目
89 ♂	2.8 kg	21.5°C	41.2	43.3	42.9	49.9	45.0	42.6
96 ♂	2.8	17.5	40.1	40.6	38.4	46.1	45.9	44.8
97 ♂	2.2	18.0	50.7	54.5	48.8	49.5	50.3	50.3
平 均			44.0	46.1	43.4	47.6	47.2	45.9
比 率			100.0	104.6	98.5	108.0	107.0	104.0

正常時血漿CO<sub>2</sub>の変動 (容積%)

家兎 No.性別	体重	室 温	時 期					
			振動前	振 動 1分目	停 止 直 後	停止後 10分目	停止後 30分目	停止後 60分目
69 ♂	2.1 kg	21.5°C	52.8	51.8	49.0	47.7	48.0	49.0
70 ♂	2.2	21.5	50.0	50.6	48.0	47.0	51.9	49.5
71 ♂	2.1	21.8	50.0	46.0	46.0	48.0	48.3	49.8
90 ♂	3.4	17.0	54.9	53.6	44.3	46.5	45.8	47.4
91 ♂	3.0	17.5	64.5	55.6	58.8	58.8	63.3	67.2
平 均			54.5	51.5	42.9	49.6	51.4	52.6
比 率			100.0	95.0	90.5	91.5	94.5	97.0

の場合は16.8%, 振動数240rpmの場合は46.0%, 振動数600rpmの場合は190%, 振動数1000rpmの場合は194.1%で, 呼吸振幅の変化率は振動数60rpmの場合は22.4%, 振動数120rpmの場合は18.5%, 振動数240rpmの場合は43.5%, 振動数600rpmの場合は1081%, 振動数100rpmの場合は155.0%で振動数の増加と共に呼吸数及び呼吸振幅いづれも増大することが知られた。

振幅を変化させた場合振動数240rpmに於て呼吸数の変化率は振幅0.2mmの場合は5.6%, 振幅2.0mmの場合は7.6%, 振幅5mmの場合は31.2%, 振幅10.0mmの場合は79.8%, 振幅20.8mmの場合は123.5%で呼吸振幅の変化率は振幅0.2mmの場合は20.6%, 振幅2.0mmの場合は39.6%, 振幅5.0mmの場合は45.4%, 振幅10.0mmの場合は94.3%, 振幅20.0mmの場合は138.9%で呼吸数及び呼吸振幅共に振動の増大と対応した増加状態を示した。

振動時間を変化させた場合は1分目から5分目に最大の変化を示し, 10分目30分目と次第に変化の状態は減少し, 60分目に於て更に少なくなり振動停止直後に於ては正常値よりも少ない呼吸振幅を示すものが多く見受けられた。その回復も振動時間の長いもの程多くの時間を要した。

振動方向を変化させた場合の呼吸運動の変化は何れの例に於ても上下よりも水平振動に多くの変化がみられた。

振動を反覆した場合, 即ち10分間隔で5分間振幅を7回繰返へした場合代表例について云えば, 呼吸数は1回目, 2回目最も変化がはげしく, 3回目, 4回目や減少し, 6回目, 7回目に再び頻度を場した。呼吸振幅は1回目, 2回目に於て変化少なく, 回を増す毎に疲労の様子がみられた。

振幅を徐々に変化させた場合, 振動数600rpmあるいは120rpmでは呼吸数の変化は振幅の変化に対し著明でなく, 240rpmでは振幅が10.0mmを越すと突発的にはげしい変化がみられた。呼吸振幅に於ても振動数60rpmあるいは, 120rpmに於ては顕著な変化はないが, 240rpmに於ては0.2mmから, 400及び600rpmに於ては10.0mmから, 1000rpmに於ては0.1mmからかなりのはげしい変化がみられた。

体位を変えて振動を加えた場合は頭上の場合が最も変化がはげしく, 右側下の場合も最も少ない変化がみられた。

次に両側迷路破壊1時間後の家兎では正常時148.9%増加した呼吸数も振動1分目では6.25%増加, 5分目では殆んど増加せず, 停止直後は減少さえ示した。迷

路破壊24時間後の家兎では, 振動による呼吸数の変化はみられず呼吸振幅に於ては24%の増加を示した。

両側頸部交感神経摘出家兎では, 正常時呼吸数180%増加したものが, 20.0%となり, 呼吸振幅でも正常時187.5%増加したものが, 88.9%と変化率の減少をみた。

両側迷走神経切断家兎では正常時呼吸数72回のもものが, 迷走神経を切断すると14.5回と甚しく減少し, 呼吸振幅に於ても6.5mmのもものが15.0mmと甚しく増大した。尚振動を加えると正常時30.6%増加を示したものが, 134.5%と増加を示し呼吸振幅では正常時5分目に7.7%減少したものが6.7%の増加を示した。

両側頸動脈体除去家兎では, 正常時の呼吸数120, 呼吸振幅5mmのもものが呼吸数60, 呼吸振幅8mmとなつた。振動を加えると正常家兎の呼吸数58.8%増, 呼吸振幅100%増に対して呼吸数83.3%増, 呼吸振幅75.0%増で呼吸数に於てやゝ多い変化を示した。

大動脈神経切断家兎では正常時呼吸数68, 呼吸振幅5.5mmのもものが呼吸数58, 呼吸振幅3.8mmと減少を示し, 振動時呼吸振幅100%のもものが切断時123.7%と振動による影響はやゝはげしくなることが知られる。

ラボナール麻酔家兎では正常時呼吸数160, 呼吸振幅5mmのもものが, 呼吸数44, 呼吸振幅4.5mmとなり甚しく呼吸数は減少し, 振動を加えると正常時呼吸数87.5%増加したものが麻酔時22.6%増加, 正常時呼吸振幅60.0%, 増加, 麻酔時0%と麻酔時は振動の影響は甚しく減少した。

ウレタン麻酔家兎では正常家兎に対し呼吸数, 呼吸振幅や増加を示し, 振動時には正常家兎呼吸数180.0%増加したものが, 麻酔家兎呼吸数16.7%, 正常家兎呼吸振幅187.7%増加したものが, 麻酔家兎60.0%増加とその影響は減少された。

オビアル麻酔家兎では一般には呼吸数の減少を来すと云はれるが, 此の場合麻酔家兎に於て, 正常時よりも呼吸数及び呼吸振幅の増大を来した。振動を附与した場合正常時呼吸数100.0%, 呼吸振幅69.2%の変化率を示したものが, 呼吸数66.6%, 呼吸振幅77.8%となつて大差ないことを示した。

D-Tubocurarine 麻酔家兎では, 麻酔深度が増すにつれ呼吸運動は減弱され呼吸数の減少が見られたが, その変化率は正常時呼吸数50.0%, 呼吸振幅33.3%に対し, 麻酔時には呼吸数30.0%, 呼吸振幅30.0%で大きいなる差異を示さなかつた。

イミダリン注射家兎では正常家兎呼吸数72.7%, 呼吸振幅108.2%増加に対し, イミダリン注射家兎では

呼吸数66.6%, 呼吸振幅87.6%増加となり振動の影響はやゝ減弱された。

亦頸動脈より採血し血漿  $\text{CO}_2$  変動を EKDS 微量ガス分析装置により測定したが正常家兎では、振動時採血と同様な時間に採血を行うと、10分目、30分目にやゝ増加を示し、60分目にはほぼ正常にもどつた。併るに振動附与の値は停止直後減少し時間の経過と共に正常に近くなるが、60分目に於ても尚やゝ減少を示した。

### 考 察

振動の生体に及ぼす影響、特に呼吸との関係については、Sjöberg, Spigel は犬、猫で上下振動による呼吸の増加、振幅の増大を認め迷路刺激でもこの現象が起ることを記載している。永野<sup>(2)</sup>は客車動揺の乗客に及ぼす影響を研究し、肺活量の変化、呼吸数の増加を認め、末田<sup>(3)</sup>は列車動揺と略同様の上下振動を連続的に家兎に与え呼吸数の減少を認めている。古川<sup>(4)</sup>は連続的直線運動、即ち 1m の急激な上昇運動の後、家兎呼吸運動の変化を観察し再び急激に下降せしめて観察し、又連続的に数回上下運動を行い、更に水平に前後運動を行い観察し、その結果運動開始と同時に、呼吸運動は吸気が深く呼気が浅く、呼吸数は増加し吸気性呼吸促進を示し、呼吸振幅は多数例に於て短縮を来たし、その後には於て増大し昇降運動持続中呼吸数の増加及び、振幅の短縮を来たすと報告している。猪<sup>(5)</sup>は同一人について呼吸、脈搏、精神電流現象 (PGR) の 3 自律神経現象を電氣的に同時に連続記録し、自律神経緊張状態の個人差、並びに時間的動揺を追求し、刺激の高まつた時には呼吸、脈搏の促進、PGR 反射の出現を認め、迷路刺激はその強烈な場合には交感神経刺激性に働き、弱刺激の場合は副交感神経刺激性に作用するものであることを証明し、松山<sup>(6)</sup>は廻転角度 75°, 廻転距離 60cm, 1 分間 47 往復の加速廻転運動を各 3 分間家兎に与え廻転中呼吸数の増加、振幅の増大を認め廻転停止後も比較的長時間にわたつて変化し、両側迷路破壊及び両側頸部交感神経切断家兎では、呼吸運動の変化が比較的軽度認められるのみであると述べ、以上の様な呼吸の変化は加速度廻転刺激が交感神経を刺激し誘発されるものであると結論している。

著者は我々が屢々遭遇する乗物の振動に近い振動<sup>(4)</sup>を再現し、更にその程度を強めそれが家兎の呼吸運動に如何なる影響を与えるかを観察した。実験動物に振動を与えると最初の数秒間非常に敏感に反応するため振動時間は 5 分間とした。尚人間の鉛直方向に於ける直線運動の閾値は、4cm/sec<sup>2</sup> (B, Bouren)<sup>(7)</sup>で、水

平方方向に於けるものは 2-2cm/sec<sup>2</sup> (B, Kunze)<sup>(8)</sup>とされ、大島<sup>(9)</sup>は上下振動で振幅 0.1mm に於ては振動数 111/分 で、振幅 0.65mm に於ては 89/分 が閾値であつて、この程度の振幅の範囲内では振動速度に関係すると報告し、尚其の実験に於て呼吸障碍の起ることも報告している。著者は振動に於ける加速度として 0.005-5.16g の間を使用した。

さて呼吸運動のような機能は諸種の非迷路性外来刺激により種々複雑な影響が及ぼされることは明らかなことで、これらの影響を極力除外し実験動物たる家兎は前述のように充分に堅く緊縛し、振動中振動台等から発する音や、周囲の光の影響をさけるため注意して行つた。尚皮膚からの反射を少なくし振動による内臓其の他の動揺を少なくするため腹部には特に腹帯を施し、可及的迷路以外の刺激を僅少にする様努力した。その結果は、上下、水平何れの方でも振動がある閾値以上になると家兎に感じられ、その呼吸運動は多くの場合増大し、その変化の程度は振動数、振幅、何れが増加しても増大した。振動時間の影響は振動の頭初変化がはげしく、同一振動を長時間加えると、次第に呼吸運動の変化が少なくなることが認められた。又停止後の恢復も振動時間の長いもの程長時間を要し、上下振動と水平振動では水平振動に優位の変化がみられた。この事は中島<sup>(10)</sup>が家兎血圧について報じていることと一致した。振動の反覆ではその回数が増すと次第に呼吸運動の変化も少なくなつた。亦振動振幅を次第に増減した場合、即ち振幅の変化により加速度を変化した場合、振幅の変化に平行して呼吸運動の変化がみられた。体位を変化した場合、鉛直の場合が正常時呼吸運動と振動時のものとの変化差がはげしかつた。併し何れの体位でも振動を与えると呼吸運動の変化が認められた。

扱て、上下及び水平振動により生ずる加速度が家兎の如何なる部位で如何に感受され又それが如何にして呼吸運動に対し影響をもたらしものであるかを考えるのであるが、身体の動揺が種々な生理的变化をもたらし原因に関しては、既に 1874 年 Mach と Brauer が頭位の変化の耳石に働く重力の方向変化により、直線運動の際には耳石に働く慣性により、又廻転運動の際には半規管の内淋巴流動がクブラに作用することにより、迷路神経終末部が刺激せられて起ると報告され、それ以来、迷路は位置、運動の感覚に関与する器官であると考えられている。全脊椎動物の前庭迷路は前庭と半規管とよりなり、前庭は卵形嚢と球形嚢に分かれ半規管は半円形の管で、円口類では 1 個又は 2 個、魚類以上では略々互に直角に空間の三平面を代表した連

絡のある3個の管からなっている。この2個の囊及び3個の管に夫々前庭神経の終末装置がある。これは前庭では平面をなした平衡斑、卵形囊斑、球形囊斑で、神経上皮細胞層の上に平衡砂膜(耳石膜)と云う無構造膠様物質があつて、その表面には炭酸石灰の斜方晶系に属するアラゴニットである平衡砂がのつている。半規管では管の一端が膨れた膨大部の中にある膨大稜で、この表面に神経上皮層がありクブラがついている。これらの囊及び管は互に連絡しその中に内淋巴が満たされている。正常頭位では概ね卵形囊斑は水平に球形囊斑は垂直に位置している<sup>43)</sup>。

1921年 R. Magnus & de Kleyn は海猿の高速度遠心廻転によりその平衡砂膜をはがし位置の変化は前庭を、直線運動及び廻転運動は三半規管を刺激すると結論し、亦、広川<sup>44)</sup>はコカインで三半規管の機能と平衡斑の機能を分離実験し、直線運動に於ける迷路反射は平衡反射であることを立証し、長谷川<sup>45)</sup>は直線運動の場合には四足獣では体軸方向の直線運動は卵形囊で背腹軸方向の直線運動は球形囊で行はれると主張した。従つて前庭神経の終末装置の興奮は次の伝導路を通り眼筋、軀幹四肢筋及び植物神経支配の諸臓器に達すると考えられている。即ち前庭迷路の平衡斑及び膨大稜より出て、第八脳神経の内枝となり延髄に入り、その大部分は延髄にある前庭神経に終り、一部は直接小脳及び脊髄に至っている。

この様に前庭迷路の前庭神経終末装置は位置変化及び運動に対しての感覚器官として作用し、直線運動時に於ける加速度は迷路に対し位置反射又は力学的迷路反射として、軀幹筋に種々の緊張をおこさせ、或いは植物神経性迷路反射として植物神経支配下の諸臓器に種々の変化をもたらすものであることは明らかである。

著者も前述の如く正常家兎に上下及び水平の加速度刺激を加えると直ちに呼吸運動に於ける振幅及び呼吸数の増大を認め、加速度が増加すると呼吸運動の変化も又増大することがうかがわれた。振動停止後は直ちに呼吸数及び振幅の減少を来し、その状態は正常時よりも減少値を示し、時間経過と共に正常値にもどる事がうかがわれた。亦、手術的に迷路を破壊した場合、両側迷路が全く同程度に破壊されれば、眼球震盪、頭震盪及び眼球偏位は起らず呼吸数は正常家兎よりも減少し、振動を加えた場合の変化の状態も正常家兎のものとは大なる差違を示した。

両側頸部交感神経節状索摘出した家兎の場合には振動を附与した場合正常家兎に比し著しく変化が少なくなる事が認められた。

両側迷走神経切断家兎に於ける観察では、頸部迷走神経切断により呼吸運動は障害され吸息は長くなり呼吸数は著しく減少し、正常呼吸と比較することは困難であつたが、迷走神経切断家兎に振動を加えた場合呼吸運動にも変化を来し呼吸数及び呼吸振幅の増大を来し、その増加及び減少の状態は正常家兎のように顕著でなく、変化の状態も緩慢であつた。

次は頸動脈体摘出家兎における観察であるが、頸動脈体が呼吸運動に於ける一つの反射源である事は日笠<sup>46)</sup>によつて述べられ、其の摘出は呼吸数のやゝ減少をうながしたが、振動による呼吸運動の変化は正常家兎に比しその変化率がやゝ大であつた。

大動脈神経切断家兎に於ては、大動脈神経が大動脈弓なる血管壁即ち頸動脈体と同様な作用を持つといはれる。大動脈のあるところから出て迷走神経に入り反射的に呼吸運動に対し作用する反射経路の一部分である故、正常家兎と比較してみると振動時変化はがけしい事が観察された。

次に各種麻酔薬の影響を観察したが、ラボナール麻酔家兎に於ては麻酔の度が進むにつれ振動の呼吸運動に対する影響は少なくなり、第4度麻酔に於て高度の振動数に於ても殆んど呼吸運動変化はみられなかつた。

ウレタンについて沼波<sup>47)</sup>は20%ウレタン溶液0.5 g/kgの静注により、前庭眼振の消失を認め、中島<sup>48)</sup>は20%溶液0.5~0.9 g/kgの静注、1~2 g/kgの皮下注射により第3~第4度の麻酔に於て、迷路性血圧上昇を認めなくなることにより、大脳皮質中枢と同時に視丘及び脳幹諸中枢を麻痺するものであると考えた。著者の実験に於てもウレタン深麻酔時には振動による呼吸運動の変化が非常に減弱されることがうかがわれた。

モルヒネは中枢麻酔作用を持つているが、他の麻酔剤と異なり大脳灰白質の疼痛感受性を撰択的に麻痺し、大量使用に於ては大脳機能の麻痺を来し、同時に諸種反射の興奮、亢進状態を認めるとされている。

中嶋<sup>49)</sup>は1%溶液0.02, 0.05及び0.1 g/kgの静注により、散瞳、呼吸緩徐、徐脈等を認め迷路性血圧上昇、反射の亢進を認めた。著者は1cc中塩酸アヘンアルカロイド2mgを含むオピアル注(三共製薬)を0.05%の割に家兎に静注し、麻酔しても正常家兎と同様振動による呼吸運動の変化を認めた。

D-Tubocurarine は神経節遮断剤であつて、また撰択的に運動神経末端装置を麻酔するが、血行器、知覚神経末梢及び脊髄等には影響を与えないとされ、温血動物に於ては先づ四肢の運動麻痺を来し、後、次第



に軀幹、横隔膜を侵かすとされておる。中嶋<sup>⑭</sup>は D-Tubocurarine 0.001g/kg の量を 5~10 分間隔で反覆静注し、迷路性血圧上昇を認めている。著者は D-Tubocurarine Chloride 0.001g/kg の反覆静注を試み、運動麻痺と呼吸運動の減少を認め、其の後家兎に振動を加えたが呼吸数及び呼吸振幅の変化を認めた。併し更に深麻酔にすると呼吸運動も麻痺状態になり、振動による変化も認められなくなつた。

次に自律神経遮断剤として、交感神経の刺激伝達を妨げる作用を有するものを用い、注射前と注射後に於ける振動の呼吸運動に及ぼす影響を観察した。即ち 2% イミダリン溶液を 0.5cc/kg 皮下注射し、其の 30 分後の呼吸運動の変化を観察した所、正常動物のものと大差ないことを認めた。

更に呼吸運動の変化に対し最も影響の大きいとされている血中  $\text{CO}_2$  張力について振動に関し観察を試みた。扱て遠藤<sup>⑦</sup>は血漿アルカリ貯蔵量の測定を行い、正常時 30~50 vol% のものが加速度が働くとき平均 19.3 vol% となり、アチドージスが起こると報告し、安保<sup>④</sup>は胸部及び腹部圧迫による動脈血中  $\text{CO}_2$  を測定し、圧迫時呼吸数は増加するも血中  $\text{CO}_2$  量は正常時と大差ないことを認めている。動脈血について著者は、EKDS 微量ガス分析装置を使用し正常群と振動附与群とを比較し、その変化率について振動群の振動直後に於て、 $\text{CO}_2$  vol% が最も減少し、時間経過と共に正常にもどることを観察した。この事は振動停止直後多数例に於て呼吸数、呼吸振幅の減弱を来たすことと一致するように思はれる。

従つて以上実験成績より振動による生体の呼吸運動の変化は迷路の存在は特別な意義を有することが考えられ、その刺激が交感神経を介し呼吸中枢の興奮をよびおこし、呼吸運動の増強を来たすのであり、化学受容器よりの反射は有意性に乏しく、又麻酔薬を使用し時の吟味では、ラボナール、ウレタン麻酔の際、その一定量即ち一定麻酔度以上に於て振動による呼吸運動の変化は認められなくなり、塩酸アヘンアルカロイドとか D-Tubocurarine による神経節切断ではその変化が認められることから、振動による呼吸運動の変化の発現は脳幹諸中枢が主働となり、大脳皮質機能はあまり重要な意義を有さないものと考えられる。一方動脈血中  $\text{CO}_2$  変化よりしても血中  $\text{CO}_2$  張力の変化よりも反射としての影響の方が本変化には有意義であると思はれる。

## 結 論

鉄道技術研究所のクランク式振動台により家兎に上

下及び水平振動を加え呼吸運動を観察した。

- 1) 正常家兎に振動を加えると呼吸数の増加、呼吸振幅の増大を来たす。
- 2) 呼吸運動の変化の程度は振動の大きさにより変化する。
- 3) 両側迷路破壊家兎及び両側頸部交感神経切断家兎では、振動による呼吸運動の変化は比較的軽度である。
- 4) 頸動脈体除去家兎及び大動脈神経切断家兎では、振動による呼吸運動の変化は正常家兎と大差は認めない。
- 5) ラボナール麻酔、ウレタン麻酔では、振動による呼吸運動の変化はみられなくなるが、オビアル注(アヘンアルカロイド)麻酔、D-Tubocurarine 麻酔では、振動による呼吸運動変化がみられた。
- 6) 振動時血漿  $\text{CO}_2$  の変化は正常時と大差のないことが認められた。

以上により振動による呼吸運動の変化は、振動による刺激が迷路反射として交感神経を介して行はれるものと考えられる。

## 文 献

- ①河野正次・大森東一郎：軍医団誌 179, 551, 1928.
- ②永野 達：鉄道協会誌 18, 1932.
- ③加藤俊男：慶応医学 13, 7, 959, 1933.
- ④長谷川高敏：加速度病 1948.
- ⑤末田 祇：京都府大誌 21, 1357, 1937, 1938.
- ⑥古川隆俊：大日耳鼻 43, 10, 1570, 1937.
- ⑦遠藤純一：大日耳鼻 46, 1, 36, 1940.
- ⑧古川林三郎：日耳鼻 47, 12, 1264, 1949.
- ⑨高井 徹：日耳鼻 49, 5, 374, 1943.
- ⑩柴田精郎：日耳鼻 49, 1108, 1943.
- ⑪伊藤文雄：大日耳鼻 46, 851, 1940.
- ⑫前田 豊：日耳鼻 50, 4, 326, 50, 9, 734, 1944.
- ⑬川島四十三：京都府大誌 44, 6, 410, 1949.
- ⑭大川内勝治：日耳鼻 54, 1, 50, 1951.
- ⑮中嶋卓磨：日耳鼻 56, 2, 96, 1953.
- ⑯長尾政明：日耳鼻 58, 480, 1955.
- ⑰王経州：日耳鼻 58, 746, 1955.
- ⑱松山三千録：日耳鼻 58, 458, 1955.
- ⑲後藤孝彦：日耳鼻 58, 942, 1955.
- ⑳谷口武彦：日耳鼻 59, 3, 263, 1956.
- ㉑前田春雄：日耳鼻 59, 3, 346, 1956.
- ㉒上善敏雄：日耳鼻 59, 4, 533, 1956.
- ㉓前川彦右衛門：日耳鼻 59, 4, 561, 1956.
- ㉔山川嘉明：日耳鼻 59, 6, 699, 1956.
- ㉕堀内邦夫：日耳鼻 60, 11, 1684, 1957.
- ㉖岡村八郎：日耳鼻 59, 8, 1213, 1956.
- ㉗今居太郎：日耳鼻 58, 515, 1955.
- ㉘窪田博之：日耳鼻 58, 1046, 1955.
- ㉙松平 精：機械学会報告別刷 1951.

- ③⑩F. I. Meister: Akust ZS, 2, (筒井俊正) 1937.  
 ③⑪H. M. Jacklin: 松平報告より引用 1936, ③⑫M.  
 Olley: 松平報告より引用 1934. ③⑬R. N. Jane-  
 way: 松平報告より引用 1948. ③⑭松平 精: 振動  
 (航空学術研究報告書) 205, 1946. ③⑮山本峰雄: モ  
 ーターマガジン 35, 1956. ③⑯J. L. Koffman:  
 Automobile Enginier, Feb 1957. ③⑰大島正光:  
 鉄鋼労働衛生 2, 1, 1953. ③⑱坂本 馨: 福岡医大  
 誌 29, 11, 2491, 1936. ③⑲猪 初男: 新潟医学会誌  
 63, 12, 778, 1949. ④⑩電気学会技術報告: 1958.  
 ④⑪B. Bourden: 脳の生理学 35, 1914. ④⑫B.  
 Kunze: 脳の生理学 35, 1928. ④⑬後藤光治・本庶  
 正一: 日耳鼻全集 132, 1957. ④⑭広川 護: 大日  
 耳鼻 29, 9, 1133, 1927. ④⑮日笠頼則: 最新医学  
 46, 348, 1949. ④⑯沼波重夫: 耳鼻臨 27, 22, 99,  
 1918. ④⑰安保正憲: 歯科学報 58, 11, 1, 1958.  
 ④⑱相田孝信: 歯科学報 58, 11, 7, 1958.