

#### 第四章 結 驗

人の網膜耳鼻側を各個に照射した場合の瞳孔反応時間を測定して次の如き興味ある結果を得た。

- 1) 黄斑部を照射した場合が最も瞳孔反応時間は短い。
- 2) 網膜鼻側半部を照した場合には、直接反応時間の方が間接反応時間に比し約 0.1 秒短い。
- 3) 網膜耳側半部を照射した場合には間接反応時間の方が直接反応時間に比し約 0.1 秒短い。
- 4) 直接反応のみに就き考へると鼻側を照射

した場合の方が耳側照射時に比し約 0.15 秒短い、網膜の鼻側、耳側の感受性を考慮に入れるとやはり其の差は 0.1 秒となる。

5) 而して以上 2), 3), 4), の時間差 0.1 秒は各反射弓のノイロンの数が一個だけ異なるためか或は又一側の瞳孔線維が両側の動眼神経核に連なるところの線維数の差異かどちらかに依るものと思はれる。

本論文要旨は昭和 23 年 10 月第 41 回中国四国眼科集談会及び昭和 24 年 10 月中国四国生理学談話会にて発表した。

稿を終るに当り御指導御高閲を賜りたる林教授に深謝致す。

#### 主 要 文 献

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Wolff : Zeitschrift. f. Augenheilk. Bd. 12, S. 644, 1904.</li> <li>2) Hess : Archiv f. Augenheilk. Bd. 59, S. 143, 1908,</li> <li>3) Bahr : Zentralbl. f. Ophthalm. Bd. 29, S. 658. 1933.</li> <li>4) Engelking : Zeitschrift. f. Sinnesphysiolog. Bd. 50, S. 319. 1921. Klin. Monatbl.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Auge. Bd. 66, S. 707, 1921.</li> <li>5) Bernheimer : Archiv f. Ophthalm. Bd. 47, S. 1, 1899.</li> <li>6) Best : Archiv. f. Augenheilk, Bd. 61, S. 319, 1908.</li> <li>7) Bach : Zeitschrift. f. Augenheilk. Bd. 11, S. 105, 1904.</li> <li>8) 奥山美佐雄 : 岡山医大欧文学府, 第 1 巻第 1 号.</li> </ol> |
|--|---|

## 動物の高空耐性に関する実験的研究補遺

### 第 1 編

#### 動物の酸素消費量と高空耐性との関係に就て

岡山医科大学生理学教室 (指導 故 生沼教授)

西 田 勇

[昭和 27 年 4 月 15 日受稿]

#### 第 1 章 緒 言

茲に云ふ高空とは、温度、湿度、を度外視して単に種々なる高度に対応せる、気圧についてのみを云ひ、従つて酸素の稀薄なる空気を呼吸して、生命を維持し得る能力、即ち、

低気圧時に於て、其の正常なる生理的機能を、営み得るや否やは別問題とし、単に生命を維持し得る能力を、高空耐性と云ふ事とす。一般に、新陳代謝の緩慢なる動物換言すれば、酵素の消費量少き動物程、其の高空耐性の大なる事は想像に難くない。而して、一

一般的に云へば、高等なる動物程、新陳代謝速度の大なる事は、Krogh (1914) を始め諸大家の、つとに証明せる所なり。故に下等なる動物程一般的には、高空耐性大なるものと考へ得るものにして、R. Plaut, O. Kestner によれば  $O_2$  缺乏の明かなる症状を表はす気圧として、蛙, 100mmHg, 家兎, 200mmHg, 犬, 250mmHg, 猫, 270mmHg, 猿, 300mmHg, 人, 350mmHg, 鳩, 350mmHg, の如き成績を挙げて居るが、未だ新陳代謝と其の高空耐性との関係について詳細なる研究は、殆んど知られざる現状なり。

J. A. Campbell (1939) は低気圧に耐へ得る食餌として、Histidin, 及び Arginin の含量少き蛋白体なる Zein, 或ひは大根, 人蔘を挙げ、かかる食物は、鼠に於ては低気圧に対する抵抗力を増大する事、及び人間にも応用し得る事を述べて居る。我が生理学教室の諸先輩も人体実験をなし、かかる食餌では  $O_2$  消費量の減少を来す事及び此の  $O_2$  消費量の減少する一つの理由として、蛋白質(脂肪)の制限により燃焼に要する  $O_2$  の節約し得る事を証明して居る。而して Campbell の実験に於けるかかる食餌により鼠は体重を可成減少して居る故一種の栄養不足を来して居る事も明かにして、もし栄養不足のため饑餓状態となれば当然  $O_2$  消費量は減少するものにして、此の事は E. Voit 等のつとに証明せる所なり。故に酸素消費量の減少のため高空耐性を増大し得たと云ふ事も考へられる事である。余は廿日鼠, 鳩, 鶯, 雀, 蝙蝠, 蛙, につき其の酸素消費量と高空耐性との関係を研究し、其の知見を述べんとす。

## 第2章 実験方法

### 第1節 低気圧装置及び操作方法

動物の高空耐性を測定するには動物を広口硝子瓶に入れ、「水流ポンプ」により瓶内の空気を排出しつつ、他の口より適当に空気を入れて、換気を行へる如くせり。動物の高空耐性を決定するには、種々なる条件が関係するものにして、殊に減圧速度、滞在時間、温

度、湿度が其の外的条件の主なるものなり。

減圧速度の高空耐性に及ぼす影響については、Schneider, の研究あり。彼は酸素減少により毎分 1270 呎の上昇速度に匹敵させる場合、被験動物の高空耐性は 29800 呎であり、次の日毎分 725 呎の上昇速度にては 27500 呎、更に其の翌日毎分 265 呎の上昇速度では 22450 呎なりと云ひ、Armstrong 等も動物を用ひ、毎分 100~30000 呎の上昇速度の範囲にて実験を行ひ高空耐性と減圧速度との間には密接な関係のある事を実証して居る。

余は気圧が 260mmHg までは 3 分を要し、260mmHg 以下にては毎分 30mmHg の割合にて低気圧となせり。而して以後別にことわり無き限りは、此の速度にて低気圧となし、動物が横倒れになる時の気圧を以て高空耐性の限度とせり。此は動物が低気圧の爲め横倒れになる時は、蛙, 蝙蝠を除いては、倒れる直前、動物は非常な苦悶の症状を示し、或ひはそれまでちつと静止せるものが走り廻り痙攣を起して倒れるため標準をここに置く事の便利にして又かくして倒れた動物は直ちに復圧するか、或ひは復圧后人工呼吸を行へば蘇生する事多きため、同一動物を用ひて種々の比較実験を行ひ得る便あり。特に鳩に於ては、低気圧に対する症状著明にして多くの場合 250mmHg 前後にて体が動揺し始めて更に低気圧となると坐はり込んで来る。更に低気圧となすと急に、立ち上つて苦悶の状態明かとなり急に転倒して砂囊中の食物を吐出するのが通則にして、この転倒する気圧を以て高空耐性の限度とせり。蝙蝠の高空耐性は廿日鼠, 鳩, 等に比し其の測定上甚だ不明瞭にして気圧を次第に減じて行く際急に転倒或は痙攣を惹起する事稀なるため、低気圧の度進むにつれ次第に呼吸数減じ遂ひに大きく口を開きて後呼吸運動殆んど停止する時を以て高空耐性の限度となせり。

### 第2節 酸素消費量の測定方法

動物を容れ呼吸気を採集す可き容器は、鳩を除いては容積約 1500cm<sup>3</sup> を有する広口瓶にして動物を容れたる後密栓にて閉ち、栓の中

央より毛细管を一本出し、この管の先端には「ゴム管」をつけ、其の「ゴム管」の先端を必要に応じて開閉出来る如くせり。

鳩の場合は容器の大きさ約 10l の大なるものを用ひる如く、動物により多少は、容器を適当に選定せる事は勿論なり。瓦斯分析器は労研式瓦斯分析器を用ひたり。

第3章 実験成績

種類、形、大きさ、の異なる動物について O<sub>2</sub> 消費量を体重の割合にて表はす事は比較する上に於て当を得ぬ点多く又、蝙蝠、雀、蛙、等について体表面積にて表はしても果して相互を比較する上に於て、理論的な関係表面積となるや否やは大なる疑問あるも、単に比較的なる標準となす意味に於てはむしろ体表面積にて表はす方が理論的に勝るため体表面積にて表はす事とせり。

体表面積を算出するには

$$O = KP^{\frac{2}{3}}$$

O = 体表面積 cm<sup>2</sup>

P = 体重 gram

K = 常数

なる式を用ひ、廿日鼠、蛙、のKの値としては Rubner によりそれぞれ 11.4 及び 4.6 なる値を用ひ、鳩、蝙蝠については実測をなし、雀、鶯、については、鳩と同じ値を用ひて計算をなせり。

実験動物の中、蝙蝠については、其の酸素消費量が、季節により、実験温度は殆んど等しきにもかかはらず、可成の差異を示し、4 月下旬より5月上旬にかけてのものは 100cm<sup>2</sup> につき毎時平均 2.5c.c. なりしも、11 月初旬のものは平均 10c.c. なり。故に両者の平均を実験回数割合にて算出して第1表には、平均値をかかげたり。

蛙は7~8月頃の「とのさま蛙」を用ひたり。諸種動物の酸素消費量は第1表の如し。かかる酸素消費量の異なる各動物が有する高空耐性も第1表に同時に示す。

第1表に示す如く、蛙の高空耐性は非常に大にして、蛙は、低気圧の度甚だしくなると、

第1表 各種動物の酸素消費量

動物	O <sub>2</sub> 消費量 cc/100cm <sup>2</sup> /時	K
鶯	147	11.3
鳩	135	11.3
雀	129	11.3
廿日鼠	102	11.4
蝙蝠	5	50
蛙	3.8	4.6

O = KP<sup>2/3</sup>    O = 体表面積  
P = 体重  
K = 常数

第2表 動物の高空耐性

動物	高空耐性の限度 mmHg	実験温度
鶯	200	15°C
鳩	185~190	15~17
雀	170~185	33
廿日鼠	155~160	20~25
蝙蝠	50	17
蛙	10 以下	21~25

全身膨隆し、舌は内部より押し出されたかの如く口一杯に拡がり丁度口に栓をした如くなり、20mmHg 位になると、殆んど肺による呼吸運動は認められなくなり、しかもかかる気圧に 10 分以上も放置した後、複圧すれば、今まで失つて居た活動性を次第に取りもどすものである。「水流ポンプ」にては、余の場合 10mmHg 以下にする事不可能なりしたため、蛙の高空耐性は 10mmHg 以下とせり。種々なる実験を総合するに、蛙に於ては全然酸素なき場合に於ても、温血動物の如く直ちに死に到る事はなき故、余の如き方法による高空耐性測定にては測定不能と云ひ得べし。各種動物の高空耐性の測定は必ず、酸素消費量の測定を行ひしと同一個体につき行ひたり。

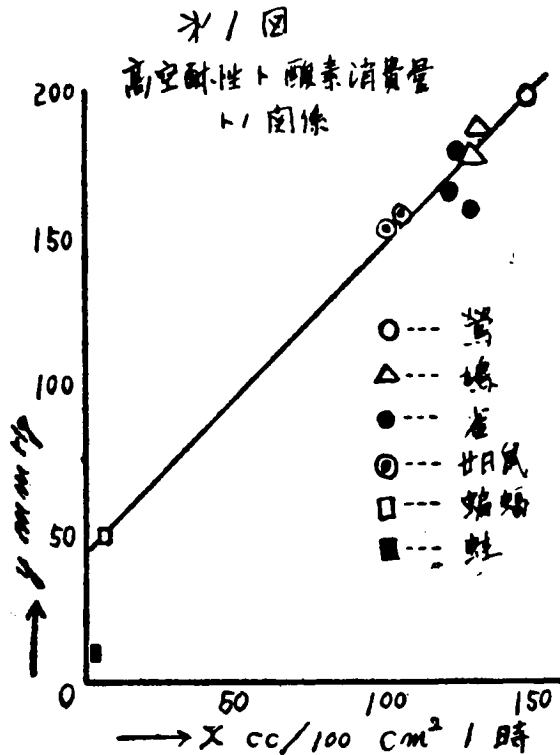
蝙蝠に就ては前述の如く季節により酸素消費量異りたる如く、高空耐性に於ても其の差異は若干ありたるも、個体差とみなし得る範圍を越える事は稀なるため酸素消費量の場合と同様に其の平均を取りたり。

其の他の動物に於ても、個体差可成りあり、特に廿日鼠に於ては、高空耐性の最大なるものとしては 100mmHg にて 6 分間生きて居た

一例あるも、多数の平均としては155~160 mmHgなり。其の他の動物に於ても、鶯は単に一匹についての平均値なるも他は総て、多数の平均値を示せり。

第4章 考 按

動物の高空耐性は其の測定方法により非常に差異ある事は既に述べたる如きなるも、余の取れる方法、即ち気圧が260mmHgになる迄に要する時間は常に3分間にして爾後毎分30mmHgの割合にて低気圧となし動物が横倒しになる時を以て、其の限度とし、此の時の気圧を以て高空耐性の限度となす方法にては、実験成績にて明かなる如く、酸素消費量



文

1) 佐藤, 奥田 那須: 岡医雑, 第53年, 第2号.  
2) E. Voit: Z. f. Biologie 41, P.113.  
3) M. Rubner: Die Gesetze d. Energieverbrauch bei d. Ernährung.

の少き動物程其の高空耐性は大なり。而して、酸素消費量 c.c./1000cm<sup>2</sup>/時を x にて表はし、其の高空耐性の限度 mmHg を y にて表はす時は、蛙を除き、第1図の如く殆んど

$$y = x + a \quad a \text{ は常数}$$

なる直線的関係を有する事を知る。

鶯, 雀, 鳩, 鶉, 鼠, 蝙蝠, の如く, 種類, 形, 体重等の異なるは勿論, 其の酸素消費量も可成異なる動物についても, 一般に

$$y = x + a$$

なる関係式にて表はし得る事は興味ある事なり。蛙に於ては、変温動物であり、上述の如き方法にては高空耐性の測定不可能と云ふ可き程にして、酸素の全然ない場所に於ても直ちに死に到る事なく、其の呼吸器の見地より見ても、皮膚, 肺の両方にて呼吸をなし、他の被験動物と同一に論ず可きものに非ざるため、上式の適合せざるは又当然と云ふ可し。

第5章 結 論

余は動物の酸素消費量と高空耐性との関係を研究し次の如き結果を得たり。酸素消費量を x c.c./100cm<sup>2</sup>/時 高空耐性の限度を Y mmHg にて表はせば、

- 1) 一般に酸素消費量の少き動物は多き動物に比し高空耐性大なり。
- 2) 鶯, 鳩, 雀, 鶉, 鼠, 蝙蝠, については近似的に  $y = x + a$  なる関係あり。

但し a は常数

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りたり恩師生沼教授並に林教授に謹みて感謝の意を表す。

献

4) R. Plaut W. O. Kbstner: Handb d. vergleichend Physiologie I. 2, P.922.  
5) 航空研究所航空心理部編者. 航空と人間, 昭和17年ヨリ引用.