

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

動物之呼吸

(上)

小久保清治著

舒貽上譯

商務印書館發行

動物之呼吸

(上)

小久保清治著

舒貽上譯

萬有文庫

第貳集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

# 目次

## 第一章 呼吸作用 ..... 一

### 第一節 呼吸作用之意義 ..... 一

### 第二節 研究呼吸之歷史 ..... 二

## 第二章 呼吸與氣體 ..... 一五

### 第一節 以爲呼吸物質之水 ..... 一六

#### 一 水中之氣 ..... 二〇

#### 二 水中之碳酸氣 ..... 二六

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 第二節 | 以爲呼吸物質之空氣····· | 三四 |
|-----|----------------|----|

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 第三章 | 關於呼吸生理之研究····· | 二六 |
|-----|----------------|----|

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 第一節 | 研究氣體代謝之方法····· | 三七 |
|-----|----------------|----|

|   |               |    |
|---|---------------|----|
| 一 | 密閉式測定呼吸法····· | 四〇 |
|---|---------------|----|

|   |               |    |
|---|---------------|----|
| 二 | 流通式測定呼吸法····· | 六〇 |
|---|---------------|----|

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 第二節 | 研究呼吸機構之方法····· | 六五 |
|-----|----------------|----|

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第四章 | 動物之呼吸····· | 六七 |
|-----|------------|----|

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| 第一節 | 呼吸法之進化····· | 六七 |
|-----|-------------|----|

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 第二節 | 各種動物之呼吸器官及其功用····· | 七二 |
|-----|--------------------|----|

|   |           |    |
|---|-----------|----|
| 一 | 原生動物····· | 七二 |
|---|-----------|----|

二 海綿動物及腔腸動物 ..... 七三

三 棘皮動物 ..... 七六

四 扁蟲類及圓蟲類之呼吸器官 ..... 八四

五 環蟲類之呼吸器官 ..... 八五

六 軟體動物之呼吸器官 ..... 八九

七 節足動物之呼吸器官 ..... 九六

子 甲殼類之呼吸器官 ..... 九六

丑 昆蟲類之呼吸器官 ..... 一〇二

八 魚類之呼吸器官 ..... 一〇八

## 第五章 呼吸與血液 ..... 一一一

### 第一節 呼吸色素 ..... 一二一

動物之呼吸

四

|             |     |
|-------------|-----|
| 一 血色質 ..... | 一二二 |
|-------------|-----|

|             |     |
|-------------|-----|
| 二 血綠素 ..... | 一二三 |
|-------------|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| 三 氯化血餅質 ..... | 一二五 |
|---------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第二節 血液之輸氧作用 ..... | 一二六 |
|-------------------|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第三節 呼吸物質中氧之張力與動物體內氧之消耗 ..... | 一三七 |
|------------------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第四節 血液輸送碳酸氣之作用 ..... | 一四一 |
|----------------------|-----|

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第五節 血液或體液之 pH 變化及其意義 ..... | 一四五 |
|----------------------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| 第六章 呼吸係數 ..... | 一五五 |
|----------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| 第七章 無氣呼吸 ..... | 一六三 |
|----------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第八章 呼吸之調節 ..... | 一七〇 |
|-----------------|-----|

一 血液所行之調節作用.....一七四

二 因神經作用而起之調節.....一七八

甲 迷走神經作用.....一七八

乙 起自腦中高位之衝動.....一七九

## 第九章 呼吸與動物之適應環境.....一八三

一 肺通氣量之增加.....一八四

二 血色質濃度之增加.....一八四

三 肺毛細管中氧之分泌作用.....一八七

## 第十章 范斯賴克式血液氣體分析器.....一九四

一 范斯賴克血液氣體器之要領.....一九四

|          |     |
|----------|-----|
| 二 試藥     | 一九六 |
| 三 器械之使用法 | 一九七 |
| 四 再吸收係數  | 二〇二 |
| 五 C 補正   | 二〇三 |
| 六 氣體之分析  | 二〇四 |
| 參考書目     | 二〇六 |

# 動物之呼吸

## 第一章 呼吸作用

### 第一節 呼吸作用之意義

大凡生物恆自外界攝入氧氣，並將體內碳酸氣排出外界，於是消耗營養物質以生能量，謂之呼吸作用。當研究呼吸作用時，得從質與量分別考察生物體內所行物質代謝作用，固無論矣。就動物言，有必行顯著之呼吸運動，方可達此換氣之目的者，至若身體構造既經發達之高等動物，則其呼吸運動多因體內氣體之情況而起顯著之變化，足見二者之間恆有密切之關係存焉。因此之故，凡欲研究呼吸者，匪惟必先研究換氣作用，以明體內物質代謝之意義，且非研究所以換氣之呼吸

運動不爲功也。

試就多數動物之種種生理作用，加以考察，則呼吸爲最顯著之生活現象，彰彰明甚。例如人類抑或近乎人類之動物，藉令斷絕飲食至二三日之久，絕無招致危殆影響之虞，獨有呼吸則片刻不容停頓。就人類言，大致中止呼吸之時間苟逾一分有半者，致命之險象立見，甚至慣於水中呼吸之魚類，一經出水，呼吸卽生障礙，多有因而窒死於俄頃之間者。此等情形既屬顯而易見，故人類夙有關乎呼吸之見解，嘗以呼吸之行止，爲生死之象徵焉。

## 第二節 研究呼吸之歷史

唯其有此關係，故所謂呼吸生理一門引起學者之注意，爲時特早；西歷紀元前三百年時，希臘之亞理士多德（Aristotle）關乎動物之呼吸，早已有所發揮。氏於所著〔動物學史〕（Historia Animalium）中，嘗謂鯨與海豚雖生活於水中，然皆有肺，用以呼吸空氣，故與魚類、軟體類、甲殼類等用鰓以呼吸水者截然有別。此種見解誠屬高明，顧其解釋呼吸現象之言論，却極幼稚，竟言呼吸

之行也不論所呼吸者爲氣抑爲水至其目的則一要在圖使血液化冷而已。雖然當時學者關乎溫血動物與涼血動物之生理，知識尙極蒙昧，故亞氏所爲解釋或爲見信於當世之名論亦未可料。厥後有柳納多·達·尹西（Leonardo da Vinci, 1452—1512）其人者，出倡空氣能助火熱之說，謂火之燃燒必賴空氣相助，因而推知動物之生活亦非依賴空氣不可，假使置身於不能熱火之空氣中，動物自亦不能生活。既而至一六六六年時，又經波伊爾（Robert Boyle）氏應用其時業經發明之空氣唧筒，從事研究，結果竟憑實驗得以證明，凡百生物之生活莫不依賴空氣，下至蟲魚之屬，亦以空氣爲生活上不可須臾缺少之物云。未幾，復由麥若（J. Mayow, 1673）首先暗示呼吸與燃燒爲相似之現象。伯爾勞利（J. Bernoulli, 1690）前後又從而實驗之，因以發明水熱而沸之理，謂所騰起之氣泡實卽既經溶於水中之空氣，試取業經煮沸以致排盡所含空氣之水，養魚於其中，魚必不能生活，由是觀之，魚棲水中亦復時在呼吸，既溶於水之空氣也明矣。厥後既經研究實驗之結果，魚類呼吸水中空氣之理，始克見信於世焉。

雖然，在十八世紀中葉以前，迭經學者證明者不過關乎動物呼吸所以必需空氣之學理而已。

及至一七七四年時，始由普里斯特列 (J. G. Priestley) 發明氧氣一物，因而推想呼吸或有化學作用。又如空氣一經動物呼吸即成污濁，而植物呼吸反使空氣化為潔淨，此中學理亦經普氏首先發明。至一七七七年時，氏復發明魚類呼吸足使水中空氣化成污濁。既而幾經研究，卒至發見動物呼吸之所需厥為空氣中之某種成分，得由植物造成者，名之曰「精提空氣」 (Dephlogisted air)。惟呼吸足以造出碳酸氣之事實尙未經發明耳。厥後又有拉佛哲 (A. L. Lavoisier, 1743—1794) 者出而注重化學上之氧化現象，因創氧氣 (Oxygen) 之名稱，用以改稱普里斯特列 (Priestley) 所發明之「精提空氣」 (Dephlogisted air)。其時又有布拉克 (J. Black, 1755) 其人者，發明動物呼吸後所生氣體，與普通空氣全然不同，稱之曰「凝固空氣」 (Fixed air)。惟拉佛哲 (Lavoisier) 獨具慧眼，知所謂「凝固空氣」者實即碳氣之氧化物，更就動物呼吸施以定量研究，從以闡明動物體溫，要不外乎物質既經氧化之結果，終乃主張「生命實即化學作用」之新說。

然拉佛哲 (Lavoisier) 所研究之動物，僅以哺乳類及鳥類為主；既而又經施帕蘭札尼 (L.

Spallanzani, 1729—1799) 另就其他各種動物，分別加以研究，下至涼血動物亦經涉獵殆遍，因而闡明呼吸，乃普及凡百動物之現象，而吸收氧氣與夫排出碳酸氣之作用又爲一切動物所同具者。達維 (H. Davy) 專就魚之呼吸有所研究，席爾威斯特 (Sylvestre) 亦嘗研究魚類呼吸，報告水中所溶空氣業經證明，在魚類生活上實屬不可須臾缺少之物，且無時不爲魚類所消耗。至若其時專門研究涼血動物之呼吸者，當推修謨波爾特及普洛文卡勒 (F. H. A. Humboldt and Provencal) 二人爲最著，一八〇九年時，嘗共同研究魚類，既經確實證明水中空氣與呼吸之關係，且曾報告另一重要發明，據稱水中空氣所含氧氣反較普通空氣爲多，既而關於所吸收之氧氣與夫所排出之碳酸氣，又經測定其分量，終乃涉及呼吸係數 (respiratory quotient) 之問題。是外尚有列納德 (P. Regnard) 其人者，聲言嘗取一定分量之水，盛以嚴密封閉之器皿，置魚其中以測呼吸，詎料氧氣量始終不一，相差頗著，故其正確結果終不可得云。厥後格列漢特 (N. Grehant, 1886) 所新發明實驗魚類之方法，却於此一難點，有所改進，良以彼嘗設計使供呼吸之水循環流轉，俾魚恆處一定氣體條件之下，以資實驗故耳。繼之而起者，厥爲庫因誇德 (M. Quin-

guard)嘗就多種魚類，實驗消耗氧氣之情形，據稱單位體重所需之氧量，無關乎魚之種類，寧視魚之大小而異，故小魚消耗之氧爲量特多，超過大魚所需之量甚遠云。

既而又經約利耶與列納德 (E. Jolyet and P. Regnard, 1876) 同就魚類呼吸生理，繼續努力研求，所知益富，首先改良歷來所用器械，俾有一定分量之空氣，流通水中，循環不絕，一方隨時補充既經消耗之氧氣，一方利用吸收藥品，藉以吸收同時發生之碳酸氣，竟能使魚恆保常態，以供實驗，較前巧便多矣。未幾，波尼阿勒 (J. P. Bounhiol, 1905) 始行比較研究，法先設定自由與拘束兩種狀態，依次置魚其中，以觀其變，據其實驗報告內稱，在拘束狀態中則見呼吸係數 (respiratory quotient) 增大云。研究既經如此與年俱進，而實驗方法亦復精益求精，泊夫曾支與克勞特 (N. Zunn and K. Knauth, 1900—1901) 之研究告成，關於魚類呼吸生理，研究乃克漸近完成之域，水中生物呼吸之研究實驗至是始劃一新紀元。以言此種研究，所包既廣，規模尤大，殆經涉及魚體代謝作用之全部，宜其精密結果至今猶爲多數學者所引證不置也。其時之研究猶不止此，巴格利翁 (S. Baglioni, 1907) 亦嘗設計，專就魚鰓所行呼吸，有所實驗，法將一魚置器械

中，使穩定不稍移動，夫而後插一金屬小管 (Cannula) 入魚口中，通水灌流鰓內，藉以測驗單由鰓部呼吸之狀況。尹特修太 (H. Winterstein, 1908) 使用類此之實驗方法，亦獲精密之結果。耶基與克洛 (R. Ege and A. Krogh, 1914) 却用同法，專就既經麻醉之魚，測其所消耗之氧量。當是時也，加德納輩 (J. A. Gardner etc., 1914—1923) 亦嘗公布若輩研究實驗之結果。至其研究方法，大致仍係設一嚴密封閉之器械，通入呼吸之水於其中，並使空氣循環流動，固不足奇，惟其力求手續化爲簡便，故與前述曾支 (Zunz) 所設實驗裝置相較，此則便利多矣。時至最近，霍爾 (F. J. Hall, 1929) 仍倣巴格利翁 (Baglioni) 或克洛 (Krogh) 所用方法，遍及一般生理學方面，研究海產魚類耗氧速度與夫水中所含氧量之關係，且經報告饒有興趣之實驗成績。

前文所紀述者大都屬於氣體代謝之研究，至若關乎魚之呼吸運動，首先提出實驗報告者，厥爲唐康與霍泊·瑟勒 (C. Duncan and F. Hoppe-Sevler, 1893) 據稱水中氧量一經減少，則呼吸之次數與深度立見增加，不寧唯是，且經提示呼吸運動當屬中樞神經之節制云。惟修恩萊

茵與威廉 (K. Schoenlein and V. Willem, 1895) 所提出之報告，適得其反，竟稱呼吸運動非屬自律性質，實即反射運動因末梢神經感受刺激而起者。伯特 (A. Bethe, 1906) 又從而和之。雖然，反對斯說之人終佔優勢，威斯特隆 (A. Westerlund, 1906) 憑其實驗鮪魚之經驗，首先反對斯說。洛伊斯 (H. Reuss, 1911) 既經研究魚類呼吸與水中碳酸氣之關係以後，對於反射運動之說亦嘗加以抨擊。不特此也，枯里阿布昔 (A. Kulabko, 1907) 專就鯉魚施行有趣實驗之餘，亦嘗從以證明中樞之存在，自時厥後，呼吸運動由末梢神經感受刺激而起之說，不攻自破，旋即完全消滅於無形矣。

以涼血動物與溫血動物相較，呼吸代謝究竟有何差別？次就動物中以空氣為呼吸物質者與夫以水為呼吸物質者，比較其呼吸代謝，又當有何不同之點？此等問題自古夙為學者研究之的，第以魚類顯屬涼血動物，而又棲息於水中，故歷代學者為研究比較生理或動物生理之關係計，多取魚類以供研究實驗之資料，前已略言之矣。然有更當大書特書於茲者，厥為關乎高等溫血動物之研究，昔有胡克 (R. Hook, 1667) 其人者，嘗就一犬從事實驗，既經剖開胸壁，抉去其橫隔膜，則