

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

活機器

(下)

希爾著

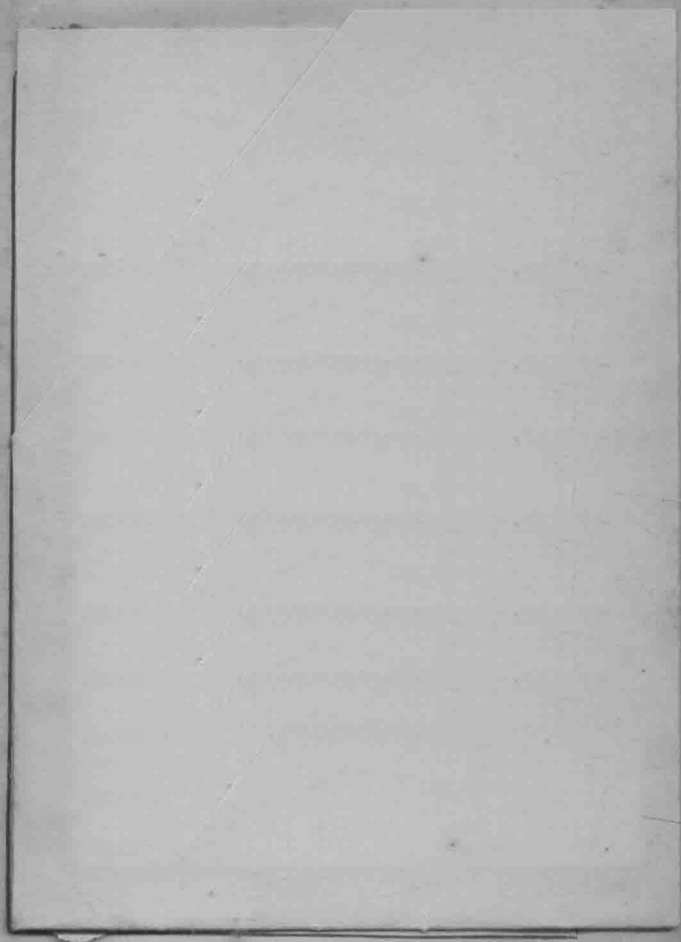
薛以恆譯

商務印書館發行

活 機 器

(下)

著 爾 希
譯 恆 以 薛



萬有文庫

第二集七百種

總編輯
王雲五

商務印書館發行

第四講 肺與血液 肌肉獲得空氣及燃料之方法

一切機器，均需能 energy 以成機械工作，蓋機械工作亦能之一種也。尋常用以工作之機器，均由燃料之燃燒而直接或間接以獲得能量。在蒸汽機中，用煤、木柴，或油類以煮水使沸，使其所生蒸汽推動處於圓筒中之活塞，或鼓動機輪之葉而使之以高速度旋轉。煤氣機、油類機及汽油機，則由因爆發而造成之高壓力以推動圓筒中之活塞。電動機之推動雖由於電流，然電流之造成由於發電機，而發電機之轉動，則須需用燃料之另一機器。即電動機之用蓄電池發動者，其蓄電池中在先所用之電流，亦為自煤及油類之燃燒中獲得之能所造成。其他種類之機器，當然亦屬可能：如日光之熱力，可以蒸發水份而擡起活塞，或使空氣因受熱之故，移動而成風，風則可用之於風車而工作。因太陽蒸發水份而造成雲與雨，雲與雨為河流之源；河流則可以轉動水車或機輪而以機械能供給吾人。再如以銅或鋅及硝酸所製成之電池，亦可用以轉動電動機。故機器所需之能，並非必

由於燃料之燃燒，亦可自他物而來。然在工商業上具有大規模用途之各種機器（註一），則其性質均為燃燒機，在此等機器中，燃料與空氣中氧氣化合而成碳酸（二氧化碳）及水，由是以釋出能量。肌肉亦然，其所獲能量之全部，俱自吾人所食食品之燃燒而來。故苟考慮肌肉之活動，則其供給燃料及氧氣之方法，顯然為最重要者也。

昔日之生理學者恆以為因呼吸動作而納入肺部之氧氣，即用之於肺中，以燃燒由血液攜來

之物質。此種觀念，實為錯誤。當肺部因

橫膜及其他司呼吸肌肉之動作而擴

張時，空氣由支氣管注入而充滿之，支

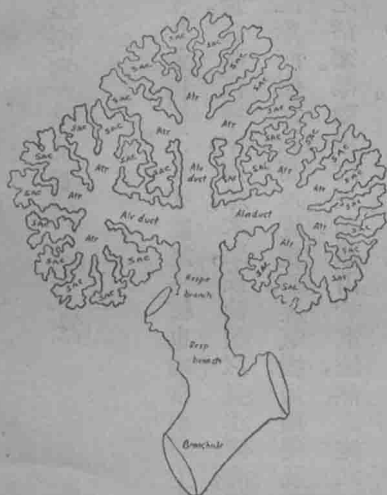
氣管漸分成較細之空氣路徑，最後則

成小氣管 bronchioles。空氣由小

管而入『呼吸小氣管』 respiratory

bronchioles，『細胞管』 alveolar

圖 三 十 五

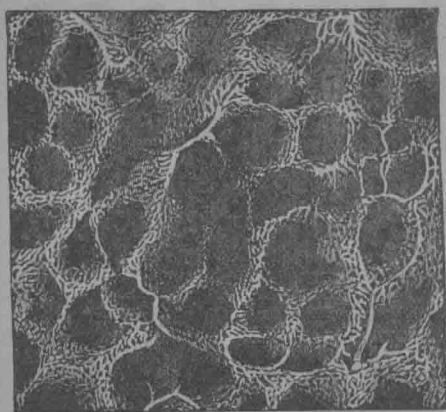


肺之葉片，內有小氣管，呼吸小器管，細胞管，氣室，及氣包。

ducts『小氣室』atria 與『氣包』air sacs (圖三十五)氣包爲一種空穴，其四壁由空氣細胞 alveoli or air-cells 所組成。細胞之表面，有網形之微血管絡之(圖三十六)血液經其間而突進，於經過時，自氣包中之空氣採取氧氣而放棄碳酸。肺爲數千小葉片所成，(圖三十五示此種小葉片之三)緊砌於一處，有無數血管自各方來與之相交接。當司呼吸之肌肉弛放，則肺部因其自有之伸縮性而虛陷，空氣亦即流出。

肺之自身所用氧氣極微，其大部均經過，空氣細胞之薄膜(圖三十五)而入微血管(圖三十六)當血液流過微血管時，氧氣即入於血球，血球則血液之主要成份也。氧

圖 三 十 六



人肺中縱橫交錯之微血管，圖中所示爲一片肺葉(如三十四圖所示)之橫斷面。氣包之表面有一層最細之微血管，血球經其中一一魚貫而過。

氣不能溶解於水中，實爲動物之不幸事。在尋常空氣中，氧氣約居百分之二十一；在肺部內空氣中，則因氧氣之流入血液頗速，故祇約百分之十七。苟吾人血液不具紅血球（每一人體中大約有25,000,000,000,000枚），則一加侖之氧氣，須三百加侖之血液以負荷之。人於工作時，每分鐘或需要氧氣達一加侖（四公升半）之多，故苟不具紅血球，則其心臟每分鐘須能激起三百加侖之血液，使之循環人體，然後方足以供給其所需之氧氣。

人之體重苟在一百七十磅左右者，其身中全部血液量，大約爲一又四分之一加侖，如不具血球以負載氧氣，則血液每分鐘須循環二百四十次，或每秒鐘循環四次。此種狀況，於事實上當然爲完全不可能者；蓋無論若何強大之心臟，決不能激起如許血液也。一切動物，除極渺小者外，咸具一同樣之方法，以解決此項難題。（最渺小之動物，能自其身體之外界，以擴散傳播之法而直接獲得氧氣。）其法爲利用血球素（或相類之物質）（註二）即血液中之色素。血球素能與氧氣化合，故其負荷氧氣之量，遠勝於單純之溶液。

在全部自然界中，一切具有生命之細胞內，幾無不含有的一種物質曰細胞素 cytochrome 者；

其量雖屬極微，然可因其顏色及光譜以辨別之。細胞素由一個原子之鐵質附帶於一種頗爲複雜之化學物質而成，且似與細胞利用氧氣之實際機械作用有關。此種物質能與氧氣相化合而後再釋出之。與之相連絡者，則有血球素，血球素者，殆造物於萬物進化中，歷悠久之『試探及錯誤』程序，而後造成者也。在下等動物之體中，血球素有分散溶解於血液內者，而在較高等之動物中，則其溶液極爲濃厚，且處於血球中。在人體中，血球作圓片狀，其外表爲微妙之薄膜，血球素則居膜內。血球極易彎曲，故易於通過狹隘之微血管。其直徑約三千分之一英寸而厚則不過一萬二千分之一英寸而已。血球素之在人體血液中的者，爲量頗多，苟自指上取血一滴而和之於大量之水中，可使數百倍於血液自身之水呈紅色，其量之多，即此可見。血球素亦爲鐵質之化合物，與細胞素同。其每一分子含有一個原子之鐵質而能與一個分子（即兩個原子）之氧氣相化合。血液中所含血球素之量，人各不同。尋常人體內，每具有血球素之血液一百分大約能負荷氧氣二十分。人之習居高處者——如久居安第斯山或西藏之人——則其血液中血球素之量較多而負荷氧氣之能力亦較高。患貧血證者，其血球素之量較少，故其血液負荷氧氣之力亦較低，故其人當運動時，不久即覺喘。

息。血球素之於吾人，實爲一極大利益。具此則止須五加侖左右之血液，卽能負載一加侖之氧氣，苟血液不具血球素，則需三百加侖方克臻此也。人體肌肉，當血液每次經過時，苟能盡行吸收其中所含之氧氣，則賽跑者如每分鐘需氧氣一加侖，止須使五加侖之血液於一分鐘內循環其體足矣。實際上肌肉不能盡行採取血液中之氧氣，當血液還至肺部時，其中仍有若干氧氣存留。然如欲得一加侖之氧氣以供給肌肉，至多亦祇須使七加侖之血液循環遍體，倘血液中不具血球素，則其量仍須四十倍以上於此也。於一分鐘間，使七加侖血液循環人體一週，對於心臟，可稱艱巨之工作，但苟心臟良好而有力，則殊非不可能，故人體可以獲得其所需之供給。吾人血液中，苟無血球素之存在，則雖終日靜臥床上而心臟已竭其全力，所得氧氣，尙不能達吾人所需者之半或三之一也。

治生理學者曾經計算而謂如尋常人體中肺部內之氣包，苟可以全部平置而量之，其面積約等於一千方碼，或等於大起坐室中承塵及四壁面積之和。血液必與空氣相混合，然後方能自空氣中吸收肌肉所需之氧氣，並放棄肌肉所造成之碳酸。若肺量不充足，則血液經過其微血管時勢必極速，而不能在其過程中，獲得收集氧氣之時間，因之不能攜全額之氧氣以達於肌肉。故作長時間

之劇烈運動，必須具大而良好之肺部。人之習於作苦者，其肺部往往有擴大之傾向，而競走者，划船者，及游泳者等運動家尤甚。肺部之有效量，可以用量氣計 *gas-meter* 以簡單方法測知之。受測驗者祇須盡力吸氣入肺，然後經量氣計而盡力吐之，即可知其呼出之容量。此種容量，謂之肺之『活動量』 *vital capacity*。有力之運動家，其肺之活動量大約可達五公升，尋常人則自二公升至四公升。著名賽跑家某君，曾於多次長距離競賽中獲勝，其體重雖祇一百三十磅左右，而肺部之活動量，則達五・四公升之巨。大抵運動家之心臟跳動必較尋常人為遲，而其肺部之活動量則較大，雖不能即以此為萬無一失之定理，然多居戶外而健康之人，其肺量實恆較大於不甚活潑而習處戶內者。若吾人延致若干友人，均令其受各種測驗而使之互相比較，實至足發生興趣。然當知吾人雖已盡力呼氣，肺中必尚有若干空氣存留，但呼氣量與活動量大致成為比例而吾人可由之以知肺之有效部份之大小。

尚有一原素，亦與肺部相關，而欲加以測驗，則殊非易事。氧氣由肺中氣包而達血液，不僅恃肺內部之表面及其吐納之程度，而亦有賴於氧氣透過氣包膜之舒暢性。此種程序，全恃一種所謂

『擴散傳播』diffusion 者，擴散傳播爲一種純粹屬於物理上之程序。卽兩種氣體，或兩種液體，或一氣體及一液體，因其自身中分子之永久活動而作緩而漸之混合是也。劍橋大學巴克洛夫教授 Prof. Barcroft 及其同事者最近之工作已曾作有力之啓示，謂人因居高地而患高山病 mountain-sickness 者，則氧氣透過其肺膜之『擴散定量』必屬微弱，不患此證者則擴散之定量必高。苟此種定量可於最偉大之長距離運動家體中研究之，（若此等運動家願受巴克洛夫教授及其同事之測驗，則亦殊無不可能之理由。）吾人必能發見其肺膜爲易使氧氣透過者。故吾人對於運動之能力，及忍受高地居住而不感困苦，肺部須具良好之呼吸量，且須有一種較爲微妙而不易測驗之性質，即使氧氣易於透過而達於血液者是也。

氧氣透過肺膜而入血後，血液卽載之而以高速度流過動脈而至微血管，在微血管中，血球一魚貫而過，與受其供給之肌肉，作密切之接觸。肌肉中有吾人所稱『氧氣真空』oxygen vacuum 存在，至少於肌肉工作時爲然，故有高壓力推動氧氣，使之脫離血液而入需要氧氣之肌肉。當工作時，活動之肌肉中微血管之實際開張而使血液可以通過者，其數必大增，故每一分鐘內在循

環中之血液量，雖高於人體靜止時，然其流過微血管並不較速，或竟較緩於在靜止之人體中。惟其如此，故可獲有充分時間以放棄其氧氣，而血液由微血管之末經靜脈以返達於心臟者，所含氧氣，不過其全額中百分之三十左右而已。血液之來自自然活動之肌肉者，其所含氧氣，或尙不足全額之百分之三十，蓋吾人止能就還至心臟之混合血液以定其所含氧氣之量，然此混合血液之一部份，則係來自人體中不甚活動之肌肉及器官者也。血液還至心臟之右方後，復經肺部而入心臟之左方，由此受激升起而再入循環。

欲完全通曉此等事實，無論如何，須先具人體解剖學之基本知識。附圖十三a示人體模型之攝影，此模型則係置於演講室中以作表演之用者也。模型具有可以逐段分開之便利點，而在附圖十三b中，其頭部之半，兩臂之一，及身體之前部，業經卸去，以顯示其內部之器官。體腔之上部爲肺，肺之下爲橫膜及肝臟，再下則爲腸。卸下之各部，均置於其側之椅上。附圖十三c中，心與肺已取出而置於模型前之椅上。附圖十三d，則肝，橫膜，胃，脾臟及腸均已除去。將此種模型先拆之使成片段，然後再集合之，實爲極有興味之練習。由此獲得之智識，對於無論何人均極適用，蓋吾人理當注意

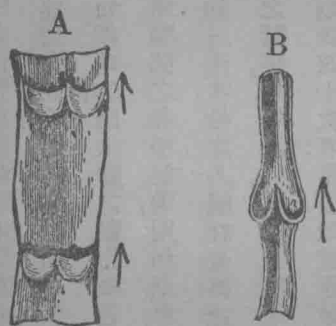
自身中所發生之一切，然苟非略知其構造，則殊難期了解此等構造中所發生之程序也。

血液對於在活動中之肌肉，須盡雙重之職責：供給氧氣之外，尚須除去肌肉中因燃燒而發生之碳酸。此項碳酸雖為血液所負載，然並不與血球素相化合，惟其負載之法則與血球素頗有相關處而已。碳酸自血液以入於肺，可於自肺中吐出之空氣內發見之。吸入肺部之空氣，幾絕不含有碳酸，而呼出之空氣內，則有碳酸約百分之五。吾人苟屏息若干時，則碳酸集於肺部內之空氣中而血液之流至腦部者，所攜碳酸亦多於平時適當之量；因之腦部之呼吸中心 *respiratory center* 即感受刺激而發出有力之衝動以達司呼吸之肌肉，最後則吾人因感受其壓力而復呼吸如常。苟用人為的方法，使吾人吸入之空氣內所含碳酸，較尋常為高而達百分之三或百分之四，則血液之離開肺部者所載碳酸必至太多，或亦可謂因血液不能放棄適當量之碳酸之故而然。於是腦中呼吸中心遂處於興奮狀態中，而吾人呼吸之速率亦隨之而增加，且其深度亦成過度。反之，而於肌肉並不發生多量碳酸時，作深度之呼吸，則因所放棄之碳酸過多，致血液之經過腦部呼吸中心者由所含碳酸量太少而鹼性太重，因之呼吸中心停止其工作而不再發施弛張之命令以達司呼吸之肌肉。

於是吾人可以屏息而歷時較久，於屏息比賽，欲獲勝利，則於事前作長時間之深呼吸以放棄其血液中所含碳酸之一部份，實為最佳之方法。此種實驗，為之極易，但不可行之太過，否則其結果或足使人頗覺不適也。

人體雖具造物所賦最佳之方法（即血球素之功用），然當人從事於努力工作時，其所需氧氣，仍須為量頗多之血液，循環其體而供給之。故心臟之負擔，殊不為輕，但在健康之人體中，心臟極能勝任。況心臟之努力，尚有另一重要原素以助之，即人體之動作是也。肌肉之高速度動作，傾向於使血液循由微血管集合而成之小靜脈前流，再循較大之靜脈而返達心臟；此種靜脈內，有向心臟開放之瓣膜，以助人體動作時血液之還流。故人體之動作，實能激動血液，使向前行。吾人苟作劇烈之努

圖 三 十 七



靜脈中使血液流向心臟之瓣膜。此等瓣膜且能阻止血液之回流而入肢體。

A示靜脈一面剖開之圖以示相對之二瓣。B示中間剖開之靜脈以示此瓣膜關閉時之狀。

力而身體僵硬不移動，如舉起重物或在健身房中曲臂懸身使起時，則因無若何動作發生，故血液有停頓於大小靜脈中之傾向；血液不以其可能速度還達心臟，則肌肉因所得氧氣太少，致疲勞之來極速。其他各種運動，如賽跑、跳躍，及戶外遊戲如網球等，因人體之動作極速，故大有助於血液之還流，且能由此而增高其循環之速率。尚有介乎兩類間之各種運動，則如划艇等是。划艇運動中，其動作雖極有力（註三），然比較遲緩，每分鐘划動約三十次，較之心臟在最高速度時之循環，爲六與一之比。故在此種運動中，心臟自身肌肉所感受之緊張，頗覺過劇，實際上氧氣消耗量之最高記錄，乃得之於一划艇運動員之於機器上每分鐘作划動四十次者；蓋作此種運動時身體動作之速度，不足以在血液循環中與心臟以助力，而心臟自身須負擔全部之工作也。故划艇運動員之心臟，較之其他各種運動員，爲更易發達太過，當遇有困苦時，殊須留意焉。

尋常之食物，均可見用於人體以成肌肉工作，如以重量單位計算，脂肪類所能供給之能量，實超過任何其他食物兩倍以上。然在肌肉自身中，則糖質爲直接見用之燃料，人體當用其他食物以成肌肉工作時，或須先令其他器官將食物化成糖質而後可。在事實上，現時學者對此頗有爭執，然

無論如何，縱使肌肉本身亦能採用其他食物，其所用燃料之大部份，必爲糖質。此種糖質，舍得之於肝臟及其他器官以蛋白質及脂肪所造成者外，尙可於吾人所食食物中採取之。而其來自蕃薯、米及麵包等物中之澱粉者尤多。澱粉於消化程序中，分裂而成葡萄糖 *glucose*，葡萄糖被吸收而入血液後，則或直接見用於人體，或如在肌肉中，再化成臟粉而成肌肉工作時所需燃料之直接貯藏品。臟粉之在肝臟中者，爲量亦頗多，當肌肉中缺乏此項供給時，肝臟中之臟粉再化成糖質，經由血液以達肌肉而備肌肉之用。

今且先研究此種葡萄糖之性質。血液中常有此種糖質存留，其量約爲血液之千分之一。在患糖尿症者之血液中其濃厚之程度較高，而久未進食者之血液中，則爲量較少。此爲極有價值之物質，其所具能量頗高。葡萄糖所造成之臟粉每一克 *gram* 中所含能量，足於燃燒時使一公升之水熱度升高達攝氏三·八度，或可舉起一噸之重量至五英尺之高，或則能使重約一百七十磅左右之人體，升起達七十英尺之鉅。因此之故，糖質爲動物體中儲藏能量之絕妙方法，吾人苟加以測驗，則可見動物體中糖質之以臟粉方式儲藏者，達其體重百分之一左右。此種臟粉，用之於人體工作