

活機卷



自然科學小叢書

活 機 器

A. V. Hill 著
薛 以 恆 譯

商務印書館發行

原序

當勃拉葛爵士(Sir William Brage)延致著者使作此聖誕演講後，著者即集家人而徵其意見。諸人對於作答無疑辭以爲宜可其請。願將以何者作講辭，則著者獲助殊少，惟十一齡之大衛有積極之主張。大衛或因憶及此演講係在聖誕後不久，宣述於少年人之前者，而聖誕則非但爲精神愉悅之時，且係物質豐阜之期，故以爲當演講「吾人如何嗜物」，著者未能實踐其言，良用歉然。然欲就此題作六小時之演講其事不易，且預期對此所作試驗及表演，必致發生惡感，蓋若僅用著者家人作嗜物（其物或爲美味）之試驗，則殆將使聽衆嫉妒而致家人於疾病，苟施之於全部聽衆，則皇家學會 The Royal Institute（即延著者作演講之團體）或竟因此而有破產之虞也。

因是著者祇可自定之，乃急演講極尋常之事物——人體之神經及肌肉，吾人如何能覺身體內外所發生之一切及以何方法而動作不息。

既已決計，而家人對其事即表示活動之興趣（著者嘗聲言彼等間亦同至試驗室中，「以資臂助」）彼等最佳之提議爲八歲之建納所作，創議令著者施試驗於其身，此說立爲餘人所贊同，而試驗之結果則可以本書中見之。

於此著者慮之愈深而愈覺其佳。所施試驗，必擇其極可畏者。若苞萊（方十二歲）則吾將顯示其心之跳動且將測量其肺葉，或竟表現其骨骼，並曝其情感於銀幕。大衛則使受電力感觸，務令手中爆發火花而後已；或令其登希馬拉雅山之最高峯而於其地轉動自由車（是地有自由車可稱異事）至於力竭；於是再與以氧氣而使立覺精神重振。建納胃臟之動作（近日少女全不知禮）將顯之銀幕以示聽衆。而七齡之毛理斯，則其心臟之聲，將使其高同於鎗砲，俾講堂中咸可得聞；或令自袋中呼吸奇異之氣體；然毛理斯不以是爲足，直至著者允其亦受電力感觸而後已。惜乎凡此種種，不能一一見諸事實，然其中固亦有可能者也。

大多數人對其自己之身體，所知極少，殊出乎常情。著者於十六歲時，有經典派之校長謂以肌肉非軟骨而爲紅色之肉；著者且因自聞其心臟跳動聲，恆幻想以爲必有疾病。是時對於「訓練」

有極滑稽之意見，謂訓練者不過竭力少飲水，不食番薯及麵點，餐後進效力偉大之藥品一匙，如是而已。吾人非特對於人體所知極少，對以其他機器亦然。具有汽車者，大都不知汽車之內容及其動作之道，具有良好之身體者，亦大都不解其機械作用及其各部份之意義及重要。在本書之六章中，著者將從事於使讀者略知人身二重要部份之工作：即使人身移動之肌肉，及佈置其移動之地方及方法之神經是也。讀者明瞭此二者，則所知已足使其欲知其他事物之一切矣。

目錄

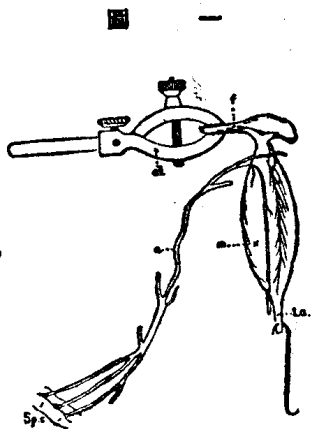
第一講	神經及其所傳之信息	一
第二講	肌肉及其動作之法	三七
第三講	心臟及其他數種肌肉	六九
第四講	肺與血液 肌肉獲得空氣及燃料之方法	一〇五
第五講	神經與肌肉之合作	一四七
第六講	速度力量及持久力	一七七
附錄一		二〇五
附錄二		二一〇

活機器

第一講 神經及其所傳之信息

吾人苟取一新死之蛙，去其皮而分裂其股上之肌肉組織，則得一白色線狀之物，自脊骨達於腓部，此卽蛙之體神經 *sciatic nerve* 也。附圖一甲所示爲人體臂部之神經，大致亦與此同，惟較爲粗而長耳。若此蛙死尙未久，則當此體神經受緊夾或被切斷時，蛙股猶能作蹶狀。苟將此神經留神取出，並仍使之與一部份肌肉相連（圖一），則可用以作若干時日之試驗，故吾人對此所知甚多。此體神經尙屬『生存』，且能於蛙已死之後，繼續生存若干時。或謂吾人何以能知其尙生，且何能於其主體已死之後猶生？此項問題，雖屢經學者之研究，而治生理學者尤爲努力，然因無人能知『生』與『死』之確切界說，故尙未能有完全之答覆。但吾人對於人體及一切生物，所知愈多，則

知人體實如集百萬士卒所成之軍旅，縱或因敗潰而不復成軍，其士卒固未必人人盡死於一役，大都敗後歷若干時而後死，間亦有經久而方歿者。被殺之蛙亦然，其身體各部多能繼續工作，適與蛙生時同。吾人所謂『生』，其全部意義，大略如此。故此髓神經仍能往來傳達消息，與蛙生存時深藏於肌肉中所任工作相同，然此種狀況，固不能持久不變，其所傳消息愈久而愈微弱，最後則完全停止，則此神經謂之已死。但當其未死之前，能工作若此之良好，而歷時又若此之長久，故吾人可用以作試驗而所知頗多也。



蛙之神經及肌肉組合。其骨(femur)以一夾子(cl.)執持之,與骨相連之腓部肌肉(gastrocnemius)則有鐵鉤貫其腱(t.a.),由是以測量及記錄其動作;自脊骨(sp. c.)而出者爲骱神經(n)之根株三,骱神經自其根株起以至進入肌肉之點止,已經剖出,惟除進入此肌肉之分株外,其餘分株,俱已割去。(根據 Foster)

若於顯微鏡下視察神經，則可見其爲數百長而極細之纖維所組成，每一纖維其粗約等於人

髮十分之一。附圖一乙爲體神經中一束之橫斷面，一丙亦然，但放大倍數較多。在吾人用以司感覺或傳達消息至肌肉之神經中，每一纖維成分外表及內部，與絕緣之電線相同。苟循此等纖維而上，則可見其經歷神經之全部，自在脊骨中之起點始，直至在肌肉中或在人體表面上之終點止。此種神經纖維，爲具有生命之細胞之分枝，每一細胞則如軍隊中之士卒，在其成羣之同儕中，自有其適當之地位，或在所謂脊髓中，或在深藏於髓骨內之神經系較高各部中。附圖二乙爲人腦中神經細胞之高度放大像，二丙爲脊髓中發動motor神經細胞（即傳達命令至肌肉者）之圖。此類細胞各方互相呼應，或內外受授消息，或循神經纖維而發施號令於肌肉。故此等細胞分之則爲獨立之生物，但其各個間之關係，至爲密切，故綜合之則成爲整個之動物。

動物之在元始時期，其形體不大，且無需極高之速度。當其體中某一部份，欲與其他一部份交通時，所用方法亦較遲緩，猶之郵遞而非電訊，先則欲與他處通信之一部發生一種物質而使其周遊於體內流質中，至到達其可以授與消息之地而後止。此種方法現仍用之，譬如吾人於急步登樓時，體中需要更多量之氧氣，以造成工作之能力，則吾人之肌肉中，即發生碳酸及乳酸，二者隨血液

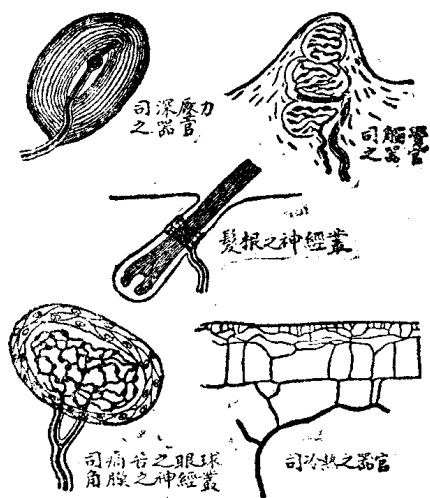
流轉，及其到達腦之一角，則傳達其所攜之信息，然後神經系發令於司呼吸之神經，而吾人之呼吸於焉遂較深而促。再如消化，當食物自胃中繼續前行而再受消化時，所與接觸之腸膜，即受其影響而分泌腸液 *secretin*。此種液質周流血液中，至於胰臟則胰臟立即發生酵質以繼續消化之工作，然此等方法猶之郵遞，終嫌遲緩，故動物進化，漸覺體中各部互通消息，必需較速之法，適如吾人因郵遞之遲緩而發明電信電話及無線電然。動物體中所獲得之法，則爲利用神經，以成細長而繼續不斷且具有生命之路徑，各種消息或衝動 *impulses* 則循此路徑以溝通各部。

曩昔吾人恆以爲神經之體中空，而內有液體流通，此種液質並能漲大與神經相連接之肌肉。實則絕無實質之物，循神經而往來，神經之作用適如電線，或如充滿無線電波之空間然；且肌肉於收縮時，非特不增大其體積，實反稍較小於平時。當聲波穿越空氣，固無有質之物與之俱來，而水面生波時，水之本身亦不隨波浪之方向而行。苟持一繩而搖之，則波浪循繩而動，然繩自身之地位則故未移。風吹田禾則生稻浪，而田禾仍居原地。在神經中亦然，僅有一種波浪通過，此種波浪絕不含實質，僅係神經中物質所發生之變化的波浪 *wave of change* 而已。波浪經過之大意，爲欲了

解近代物理學，工程學，及生理學者所不可或缺之知識；聲音，光線及無線電中，無不有波浪發生，而在活動之神經系中，其每秒鐘所發生之數，蓋不下數十萬次焉。

神經纖維之分佈與電話線無異。每一肌肉纖維，每一感覺器官，無不具有其神經纖維，適如每所房屋，有一電話線然。圖二示吾人以數種皮膚內之神經終點器官，及其相連之神經纖維，並其所傳之各種感覺。倘皮膚受刺激之面積極小，則各種感覺不能同時盡行發生，或祇覺痛苦，或祇感觸覺，或覺冷，或覺熱，皆視與受刺激處最近之器官而定，此種皮膚內之器官，在人體中分佈之密度不同，譬如吾人指端，其司觸覺之器官，多於臂之上部者凡三十倍。每種感覺，吾人因其所自來之器官而辨別之，並由注意此類器官中，何者正受刺激而定其地點。眼球角

圖 二



皮膚中之神經終點器官。

膜中，止有司痛苦之器官，故是處所發生之感覺，無論若何微弱，必覺痛苦。大概在普通狀況之下，每種刺激止能影響一種特殊之器官，惟刺激劇烈過度，則亦能波及及其他，故極熱之沐浴，非特刺激司熱之器官，並能引動司觸覺者，吾人於熱浴後，恆覺極癢者，職是故也。

試再以電話喻神經系，身體之每一部與其他各部，並不直接相連絡，猶電話用戶間無直接互相連絡之電話線，必經由接線處然後方可互相通話。而在人體中，則此等接線所，在其腦中或脊髓中，即所謂神經系也。附圖二甲爲人腦及脊髓之圖，苟除去吾人顱骨之後面及脊骨，則其狀如此。最上爲大腦及小腦，均分左右二面，下爲脊髓，神經之根株由此而出。脊髓爲兩部份所組成，其內部爲神經細胞所成之灰色質 grey matter，而其外部之白色質，則上下行之神經纖維也。消息之傳達，由外部之白色質司之，而接線所則在內部灰色質中。此等接線所大都均爲自動，若自動電話然，較平常電話尤爲迅捷。故吾人苟驟耀光於人之目前，則其目必瞬；忽作大聲，則其人必躍然而起；當其交股而坐時，輕擊其膝蓋下，則無論其人之意旨若何，足必向前蹴。蓋有一種信息，業經發出而至於接線所，或再由此而達其他接線所，其傳佈均由自動，故於一秒鐘之千份之幾時，即可喚起司瞬目，

跳躍，或蹴踢之肌肉，而使呈反應也。

人體中之神經纖維，數以百萬計，皮膚表面及內部各處靡不通達。接線所之引用，可省卻無數線路，亦與電話同。蓋人體之每一部，苟均與其他各部直接相連接，則人身舍神經而外，所餘殆將無幾。人體中之接線所，爲極纖巧而重要之物，經逐漸之進化發展而後成，故人體之神經系及腦爲世界上一切事物之最複雜可驚者。人體中之接線所雖大都仍爲自動。然經歷進化程序之後，已具有較純粹自動之作用，更爲複雜而重要之能力，即意識，智力，及自由意志是也。然其初亦發源於與電話接線所相同之器官。且吾人如不能自動的應付事物，而一切咸有待於命令及諮詢，則將處於非常困難之境矣。

茲再言循神經纖維而經過之消息。此種消息，其運行雖速，然遠不如無線電波之每秒鐘行十八萬六千英里，即較之聲波之每秒鐘行一千一百英尺，亦所弗逮。在人體神經中，消息之速度，每秒鐘約四百英尺，或每分鐘二百八十英里。其速度必須若此之高：蓋人體自足趾達於腦髓，每一往返，距離頗長，在體格較高者，此項距離約有四碼，如消息之速度每秒鐘止有二碼，（約略與吾人急步

而行之速度相等。則當其足趾被踐時，其人需時一秒鐘以完成移去其足之思想，復需一秒鐘以實行之。動物中之高大者，如長頸鹿、鯨魚及象等，苟其神經中消息運行不極速，則遇有不利事發生時，將因歷時過久而不能作適當之應付。冷血動物中之神經消息傳播固屬較緩，其速度亦視氣候而高下。然此類動物，其體格大都渺小，故尚無礙。處於室中之蛙，其神經中消息傳播之速度，大約每秒鐘自五十至一百英尺，若溫度增高則一切動作亦較迅速。故龜在烈日中爬行較速，吾人體中則常保持一定之體溫，（其代價頗不爲小）俾常可作迅速之動作。吾人體溫較之於蛙高出甚多，故神經中消息之傳播亦較速，大約自四倍以至八倍。

各種波浪速度表

無線電及光線

每秒鐘一八六〇〇英里

水中聲波

每秒鐘四八〇〇英尺

空氣中聲波

每秒鐘一一〇〇英尺

深水上之長波（一一〇碼）

每秒鐘一八至三六英尺

水上微波（二英寸）

每秒鐘一英尺

神經衝動之速度

人（攝氏三十七度時）

每秒鐘四百英尺

蛙（攝氏十八度時）

每秒鐘九五英尺

蛙（攝氏八度時）

每秒鐘五三英尺

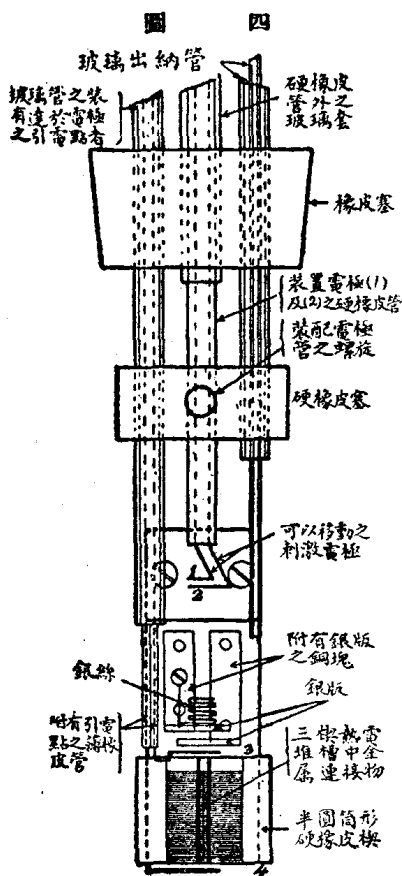
如欲求得神經中信息通行之速度，苟無須十分正確，則決非難事。取蛙之神經與肌肉組合（見圖一），而於其神經上不同之二地點加以刺激，一在最遠肌肉處，一在極近肌肉處，則後者肌肉之感應較速於前者，蓋其循此神經而傳達消息所需之時間為較短也。二者時間上之差別，可以計算而得（見圖三），既知神經受刺激二點之距離，則消息之速度不難推求而知。在人體中亦可作同樣之試驗，惟不能若是之準確耳。吾人可加電流感觸於人體之一點，而求得其作反應動作前所需之時間，然後用同一手續於另一地點，而再計其時，二者時間上之差，視兩地點間之距離而高下，但因速度極高，用此方法頗難求其準確。故尚有較佳之法。

循神經而經過之消息，大致確具有電之性質。但在意義上，並不如無線電及光線之波浪然，蓋其傳播之速度較低也。近代科學中有電化學 *electro-chemistry* 一門，專事研究化學物體之電的性質，通過神經之波浪，實為一種電及化學上變化之波浪 *wave of electro-chemical change*，即其性質一部份為電的，而一部份則為化學的。此種動作具有化學的一方面，現已成確定之事實，蓋每一神經，亦猶一切其他生物，咸具呼吸而需要氧氣；活動逾甚，則呼吸中所需氧氣亦逾多，蓋所以燃燒食品（蛋白質，脂肪，或糖質）而發生能量也。消息循神經而經過，必需若干能量，此可於神經受刺激時則熱度增高而知之。但計算熱度，實非易事，蓋在一神經中，即每秒鐘傳達消息至二百八十次之多，其增加之熱度，亦不過一萬四千分之一度而已。每一消息所增不過約略百萬份之一度。然其熱力雖極微，亦可

圖 三



同一肌肉所作兩次抽搐之記錄，此兩次抽搐，為由加同一電力感觸於神經上二不同地點（一近肌肉，而一則相去較遠）所造成。兩次抽搐間之時間距離，約一百五十分之一秒，即神經上二點間傳達消息所需之時間也。苟兩點間之距離為十公分，則消息之速度為每秒鐘十五公尺。圖之下方所示顫動線係每秒鐘震動一百次之音叉所成。



測量神經受刺激時熱度上升之儀器。

計算而知之。熱度之增高，其所表示者厥有二端：一爲當消息通過時神經中發生化學上之變化，二爲自活動後恢復原狀而發生化學上之變化。圖四示吾人以量熱度升降之儀器，其神經置於近底之槽中，而由在頂上之一二兩電極刺激之，槽中具有熱電堆（卽由兩種不同金屬連接而成之物質）三百枚，當此種連接品受熱時，卽有電流發生，可用極靈敏之電流計（能辨析至五千萬分之一安倍者）量之。全部儀器均在玻璃化驗管內，並置於真空瓶中，以保持其經常之溫度。