

大學叢書

人類生理學

下 冊

蔡 翹 著

商務印書館出版

大學叢書
人類生理學

下 冊

蔡 翹 著

商務印書館出版

叢大
書學

人類生理學(全三冊)

(原名 生理學)

著者 蔡 翹

出版者 商務印書館

上海河南中路二二一號

發行者 中國圖書發行公司

三聯中華商務印書館聯合總發行
北京法界線胡同六十六號

發行所 三聯書店 中華書局
商務印書館 開明書店
聯營書店 各地分店

印刷者 商務印書館印刷廠

★版權所有★

1929年7月初版
1947年10月第1版(第三次增訂) 定價人民幣60,000元
1951年8月第7版

上海(滬)11001-14000

第六篇 循環系統

第二十九章 循環作用通論

循環作用之要旨 溯自威廉哈維 (William Harvey) 氏於 1628 年發現血液循環之後，我人乃知血液之流動係循一定的方向而進行，自右心至肺，由肺再至左心，又由左心遍達全身，然後再由各部回歸入心。當時因毛細管尚未發現，故哈氏假定動脈向組織之空洞開口，然後回流入心。此雖為一種錯誤，然在當時似乃不可避免者。迨至 1661 年馬爾披枝 (Malpighi) 發現肺臟毛細管之後，生理學對於組織中循環之途徑始得大白。

血液為液體，故有流動性，然非有一種動力驅策之，斷不能發生流動。驅策之方向尚需特殊的機構以引導之。心臟之作用為噴射血液沿一方向進行，故循環作用完全起源於心臟；血液及血管雖能影響循環之速率及分量，然斷不能變更循環之性質。

心臟與血管相聯，倣若血管之放大部分。其四壁肌肉特別發達，且能自動伸縮；其肌肉之所以特別發達者，因其唧筒作用需要極大的力量故也。心臟之收縮使循環液體噴入血管，舒張時又吸引外邊的血液入心腔。心臟收縮時變小，結果其中的液體壓力較血管為大，故心腔中液體向外周噴出。收縮之後繼以寬息，寬息時其大度增加，故腔中壓力較血管為小，血液遂得由外邊流入。

上述之流動並不能視為循環，蓋循環之意義乃係表示循一定方向流動者。心臟之使血液循一定方向流動者，因其中有活瓣 (Valve)。圖 242 中 *A* 及 *B* 代表心臟通血管處的活瓣，當心臟縮小時，*A* 活瓣洞開，*B* 活瓣緊閉，故液體僅能由 *A* 噴出，向 *D* 流動；反之，當心臟伸張時，*A* 活瓣緊閉，*B* 活瓣洞開，結果 *E* 管中血液向心流動，同時 *D* 管中的血因 *A* 活瓣之緊閉，不能再從原路回流，故血液祇能從 *A* 至 *C* 管，再由 *E* 管入心。

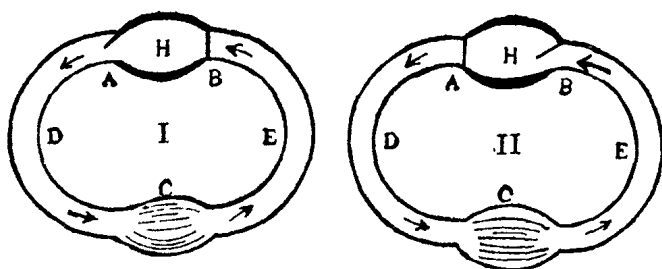


圖 242 比喻最簡單的循環系統。I, 心縮態; II, 心舒態; A 及 B, 心腔瓣; D, 動脈管; C, 毛細管, E, 靜脈管。(做自 Burton-Oritz)

在循環系統中, 血管之輸血離心者名爲動脈管, 血管之輸血歸心者名爲靜脈管。離心最近的大動脈管爲主動脈管(或稱總動脈)(Aorta)及肺動脈管; 離心最近的大靜脈管爲腔靜脈管(或稱總靜脈)(Vena cava), 奇靜脈管(Azygos vein)及肺靜脈管。主動脈管及肺動脈管向外分爲動脈管(Artery), 動脈管再分爲小動脈管(Arteriole), 最後小動脈管更分爲很多毛細管(或稱微血管)(Capillary)。毛細管爲極短細的血管, 長約一毫米, 直徑約 8-12 微米(Micron), 在顯微鏡下始能見之。毛細管逐漸匯集而爲小靜脈管(Venule), 小靜脈更匯合而成靜脈管(Vein), 最後很多靜脈管集合爲上下腔靜脈管, 奇靜脈管, 或肺靜脈管而入心。由此觀之, 循環的輪迴管可分爲三部: 即動脈管, 毛細管, 及靜脈管, 以血管之口徑大小及血液流動之方向爲立場, 血管更可細分爲主動脈管或肺動脈管, 動脈管, 小動脈管, 動脈毛細管(Arterial capillary), 毛細管正部(Capillary proper), 靜脈毛細管(Venous capillary), 小靜脈管, 靜脈管及腔靜脈管或肺靜脈管。小動脈管亦有直接與小靜脈管相聯合者(不經過毛細管), 此爲動靜脈連接(Arteriovenous anastomosis); 此外尚有數處如肝、脾、腎、及骨髓, 小動脈直接通至似血竇(Sinusoid)。似血竇壁爲特種細胞所構成, 頗類同普通毛細管。似血竇匯集而入小靜脈。

根據上節所述, 動脈管及靜脈管之意義係完全以血液流動之方向爲定; 凡血管輸血離心者皆稱爲動脈管, 凡輸血歸心者皆稱爲靜脈管。在體循環中, 動脈管中的血含氧較多, 現鮮紅色, 稱爲動脈血, 靜脈管中的血含氧較少, 現暗赭色, 稱爲靜脈血; 但在肺循環中, 動脈管含靜脈血, 靜脈管則含動脈血。

血液之循環 以心臟為中心點，血液之循環可分為兩部：(1)體循環 (Systemic circulation)，或稱大循環 (Greater circulation)，由左心至身體各部組織，再由後者回歸右心。(2)肺循環 (Pulmonary circulation)，或稱小循環 (Lesser circulation)，由右心至肺，再由肺入左心。體循環起於左心室，由左心室出主動脈，經過動脈，小動脈，而至身體各部之毛細管，再由毛細管至小靜脈、靜脈、腔靜脈或奇靜脈而入右心耳，以至右心室。肺循環起於右心室，由右心室出肺動脈，而入肺泡之毛細管，再由後者至肺靜脈，以入左心耳而至左心室。血液至左心室後又再作體循環。圖 243 指示血液循環之路徑。

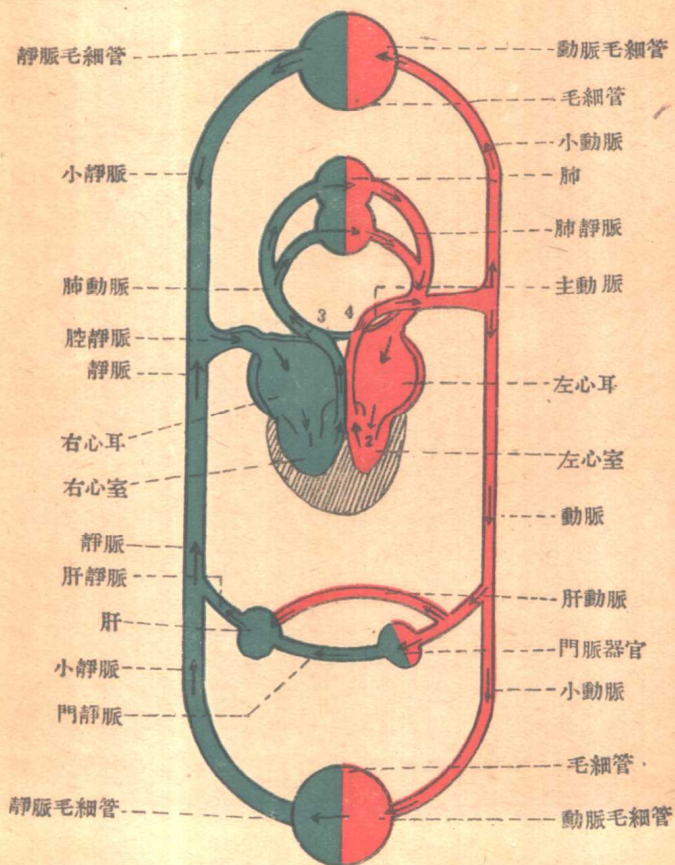


圖 243 血液循環之途徑。1, 2, 3, 4 表示心活瓣之位置。

血液循環之功用，一方面爲運輸氧氣及養料由肺及消化管至身體各部，另一方面又將組織中所產生的廢物運至各排泄器官。氧及二氧化碳之運輸由肺循環及普通體循環行之，前節已述之矣。至於養料之運輸，因門脈循環(Portal circulation)頗爲特殊，誠有特別敘述之必要。門脈爲一粗大的靜脈，由胃、腸、胰、及脾等處之靜脈匯合而成。動脈血由主動脈之腹腔部經過腹動脈(Coeliac artery)及腸系動脈(Mesenteric artery)以達於門脈器官(即腸、胃、胰、脾等)。在普通體循環中，動脈血經過毛細管後即流入小靜脈，再由腔靜脈以入右心耳。門脈器官之靜脈血則匯集入門靜脈(Portal vein)而至肝。門靜脈逐漸分支，在肝中與肝動脈血相匯而入

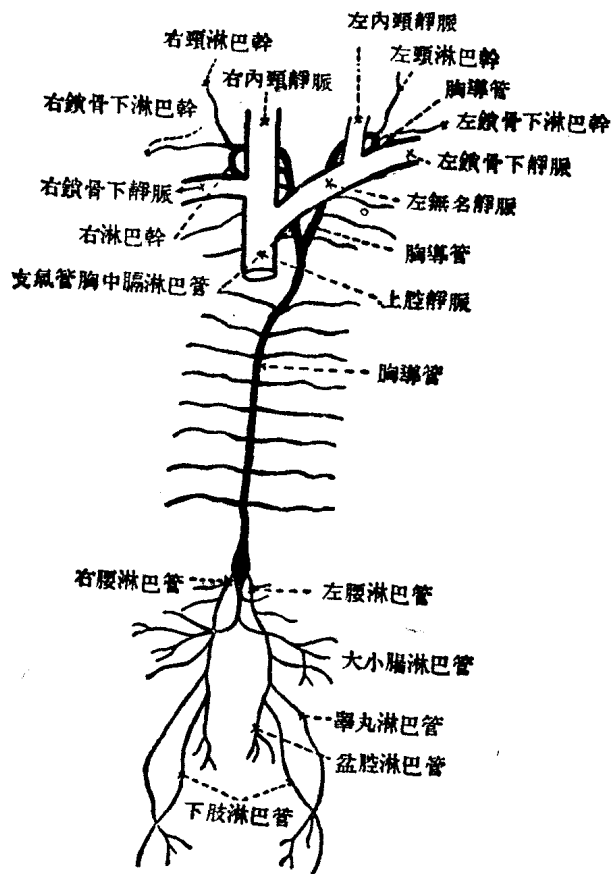
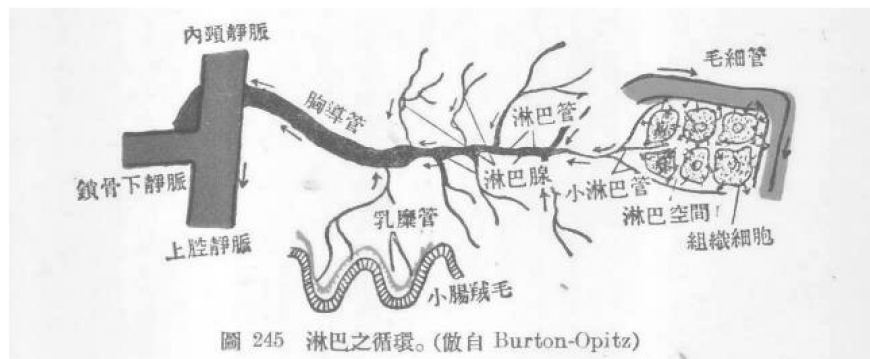


圖 244 人類淋巴管之分佈。(取自 Cunningham's Anatomy)

似血竇。肝臟之似血竇與其他器官之毛細管類同，惟其壁為不分化的細胞所構成。似血竇的血流入肝小靜脈，肝靜脈，以至下腔靜脈而入右心耳。此種循環殊有生理意義，蓋如此乃得將吸收的食物先行至肝，俾肝臟得及早措置之。

淋巴循環 細胞間之組織液匯集而透入淋巴毛細管，淋巴毛細管集合而成淋巴管，淋巴管再合而入胸導管及其他大淋巴管，以至靜脈管。胸導管在左側內頸靜脈(Internal jugular vein)與鎖骨下靜脈(Left subclavian vein)相匯處入血管。胸導管長約一尺半，口徑約三四毫米，位於脊柱與胸主動脈之左側。兩腿，腹腔器官，及胸部左邊全部及右側下半部之淋巴管皆匯入胸導管。胸部右側上半部另有支氣管胸中膈淋巴管(Broncho-mediastinal lymphatic duct)。頭部，頸部，及肩部之小淋巴管則匯於左右兩頸淋巴幹(Right and left jugular trunks)及左右兩鎖骨下淋巴幹(Right and left subclavian trunks)。支氣管胸中膈淋巴管，右頸淋巴幹，及右鎖骨下淋巴幹互相匯合而成右淋巴管(Right lymphatic duct)，於右側內頸靜脈及鎖骨下靜脈之交匯處入體循環。左頸淋巴幹及左鎖骨下淋巴幹則與胸導管同入體循環。圖 244 指示人類淋巴管之分佈。

小淋巴管細而透明，肉眼不易尋見，惟在腸系膜中，當小腸吸收脂肪時，小淋巴管現乳白色，故極顯現。



淋巴液之流動方向已如上述，但淋巴何以能從一定方向流動？此處不能不考慮及之。第一、組織液係由毛細管滲透出來，故淋巴空間（即組織空間）之壓力雖比毛細管稍低，然仍有 15-20 毫米汞柱。胸腔大靜脈管中的壓力常較大氣壓為低（約負五毫米），故淋巴得向靜脈管流動。第二、橫紋

肌之收縮將淋巴管壁壓擠，故淋巴液被擠而向前流動。第三、若干淋巴管中有活瓣，僅能向通靜脈處開放，故淋巴受肌肉收縮之影響，僅能向靜脈流動而不致逆流。第四、主要淋巴管入靜脈之位置幾成一直角，或近直角；此種構造極利於靜脈之虹吸作用(Siphoning)。

第三十章 心臟之生理

一. 內部的機構

心臟之結構 心臟位於胸腔之左中部，從身體之上下而言，牠位於第三肋骨至第六肋骨之間；由左右而言，其尖端略偏於左側，與第五及第六肋骨間之胸壁相接觸。心之大度約與本人拳頭相等。心臟之外邊包圍一層薄膜，名曰心包膜（或名心圍膜）（Pericardium）。心包膜與心臟間充滿液體，即所謂心包膜液是也。

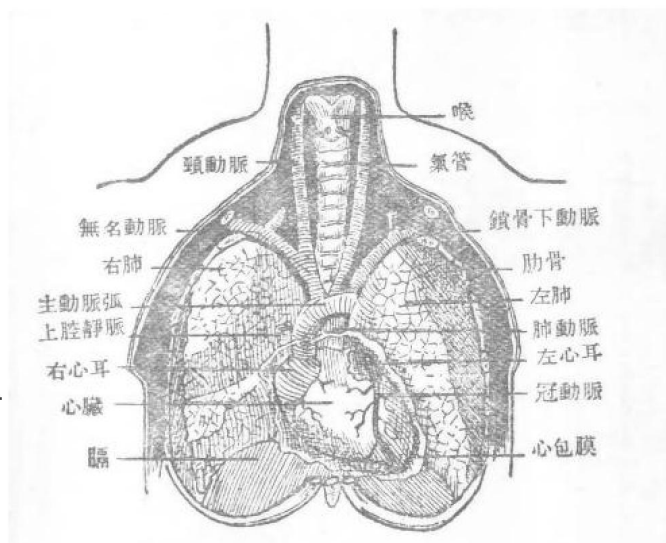


圖 248 胸腔器官之胸面圖，指示心臟之位置。心包膜已移去一半。（取自 Burton-Opitz）

心包膜液之功用係使心臟於移動時不致與胸壁相磨擦。心臟為三層組織所構成，即心外膜（Epicardium），心內膜（Endocardium）及心肌層（Myocardium）。心肌層大部為心臟肌，惟尚有少量結締組織，神經，及血管等。

心臟由縱膈（Longitudinal septum）分成為左右兩半部。縱膈亦為心外膜，心內膜及心肌層所組成。每半部又由活動橫膈（Transverse septums）分成上下兩腔，上腔名為心耳（Auricles）（或名心房），下腔名為心室（Ventricles）。橫膈起源於肌肉層的纖維縱環，並不完全成膈，故上下腔互相溝通，惟有活門，可隨時開閉。總言之，心臟具有四腔；左右各兩腔，左側為左心耳及左心室，右側為右心耳及右心室。左心耳通肺靜脈，左心室通主動脈，右心耳通

上下兩腔靜脈及奇靜脈，右心室通肺動脈。心耳與心室間及心室通肺動脈及主動脈處皆有活瓣(Valves)，隨心臟各部之伸縮而關閉。活瓣之結構及動作很重要，往後當再詳述之。

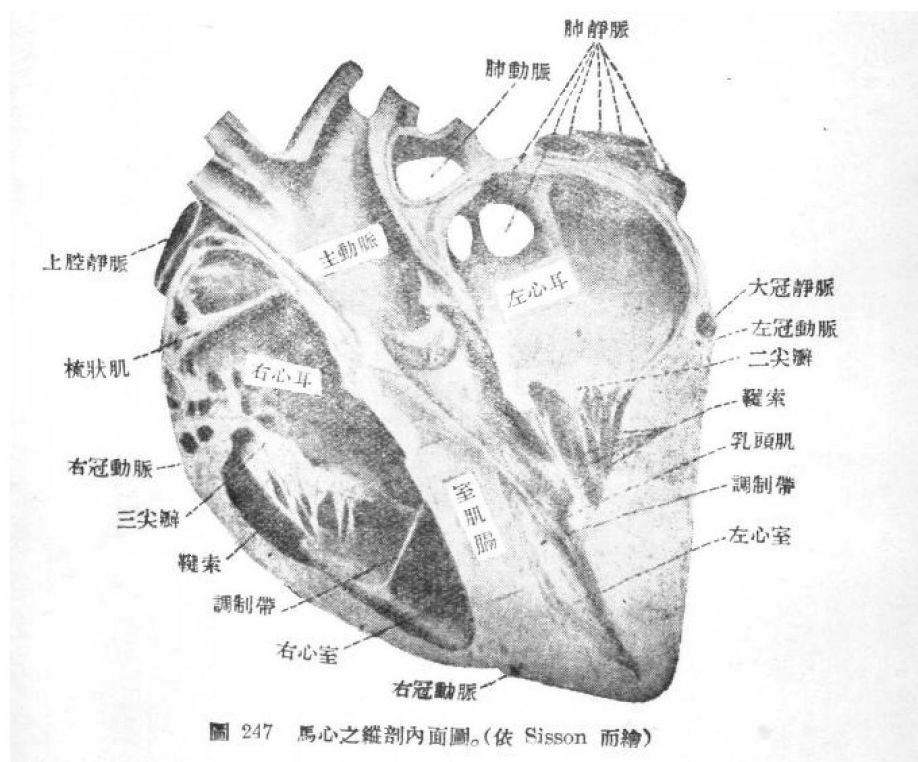


圖 247 馬心之縱剖內面圖。(依 Sisson 而繪)

心臟肌之顯微構造前已述過，為方柱形細胞互相聯接而成(名為 Syncytium)。心耳肌肉極薄，心室則極厚，尤以左心室為然，其肌層比右心室約厚四倍，比心耳約厚一二十倍。由於肌肉之多寡及厚薄，我人即不難推知左心室，右心室，及心耳各個收縮之力量(所發生之張力)。左心耳與右心耳之肌肉互相聯續；心耳之表層肌肉橫過其全部而包圍之，此乃保障兩心耳之必同時收縮及寬息之一種設備。心耳尚有一深層肌肉，與表層橫行的肌肉叢成直角。右心室與左心室之肌肉亦皆互相聯絡，然與心耳之肌肉則由纖維縫環隔開，名為耳室環(Auriculo-ventricular ring)，無收縮及傳導之功。

心室肌可分為表裏兩層，兩層中又因肌肉之趨向及路徑而各分為兩種如下：(1)表耳螺旋系(Superficial bulbo-spiral system)(圖 248BS)，起於動脈圓錐(Conus arteriosus)，主動脈左側及耳室環，斜走至心尖，然後盤旋進入左心室，終止於室肌腸及乳頭肌。(2)表竇螺旋系(Superficial sino-spiral system)(圖 248SS)，起源於耳室環之右背面，斜走至心室尖端，由是向內轉，造成心渦(Vortex 之前角)，終止於右心室乳頭肌。(3)深耳螺旋系(Deep bulbo-spiral system)(圖 248BS')，圍繞左心室，終止於主動脈背面。(4)深竇螺旋系(Deep sino-spiral system)(圖 248SS')，由耳室環之左背面起始，入右心室，然後向上轉而入心底(Base)。

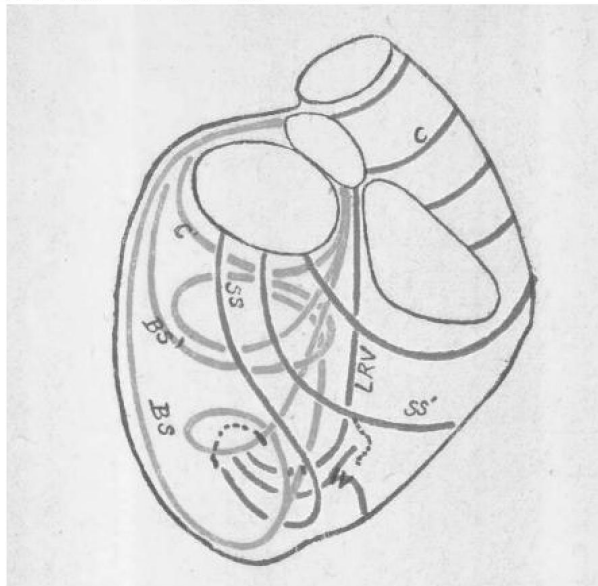


圖 248 心臟背面，表示兩種肌肉所取之途徑。紅線代表耳螺旋系；藍線代表竇螺旋系。BS，表耳螺旋系；BS'，深耳螺旋系；SS，表竇螺旋系；SS'，深竇螺旋系。C，圍繞動脈圓椎的環行肌；C'，圍繞主動脈及左心耳的環行肌；LRV，由縱膈至右心室的縱室束；IV，室間層或乳頭肌層。(由 Mall)

心臟有數處肌肉具特別機能，蓋其已變成爲傳導組織矣。第一處爲竇耳結 (Sino-auricular node)，在上腔靜脈及右心耳相接處，即心耳之頂，爲蘊藏於纖維組織中之精細肌肉叢 (Keith and Flack, 1907)。此特種肌肉叢之大度約爲二厘米長及二毫米闊 (人類)。第二處爲耳室結 (Auriculo-ventricular node)，起自近冠脈竇 (Coronary sinus) 毗鄰的耳室隔，像互相交錯之肌纖維 (Tawara, 1906)。由此肌纖維爲媒介，心耳肌與心室肌乃得發生聯繫；在他處，心耳及心室肌肉皆由耳室環隔開。耳室結通過耳室環後成爲喜斯 (His) 束 (亦名 His-Tawara bundle 或耳室束) 而入室間膈 (Interventricular septum)，由此分成左右兩支 (左右心室束) 而分配於兩心室。往下每支成爲極精細之肌纖維叢，散布於心內膜，由是向外而達各肌肉細胞。此名爲巴金字纖維 (Purkinje fiber)。此一系統極爲重要，因除耳室結外，其興奮能及傳導能比普通心肌高，故由心耳傳下的衝動皆由此系統擴佈而至心肌，各心肌幾同時接受由此傳下之衝動。心耳肌與心室

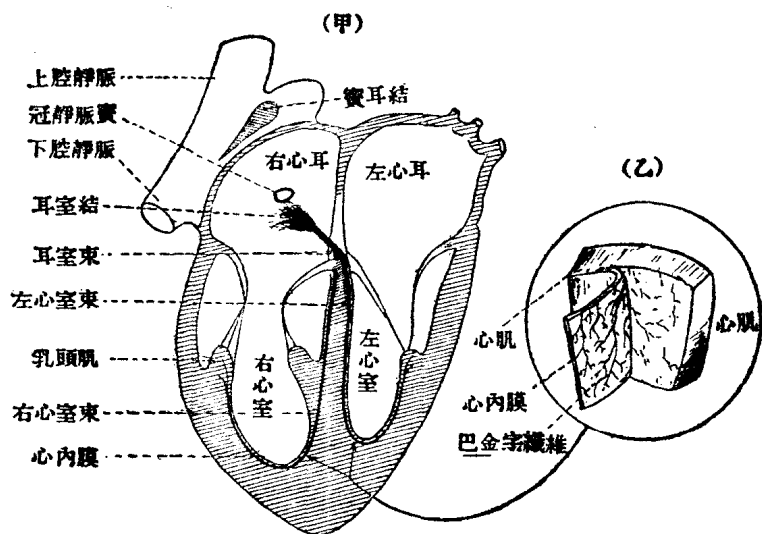


圖 249 心臟傳導組織之位置及分配。(甲)代表縱剖面；(乙)將一塊心肌內膜撕開，以示巴金字纖維分配於內膜之下。

肌由耳室環隔開，耳室環為結締組織所構成，其傳導能極低，故興奮波由心耳傳至心室必經由耳室結行之。假使心耳之興奮能直接散播入心室肌，則心底肌肉必先心尖肌肉而收縮，欲求心室各肌肉同時一致之收縮，殊不可能。但由此種特別組織之傳導，因其傳導率極高，每秒鐘可達四五米，且其纖維分佈於心室之每一肌肉組織，故能收全部心室幾近同時興奮之功。

心耳與心室間及心室與大動脈(主動脈及肺動脈)間各有活瓣：右心

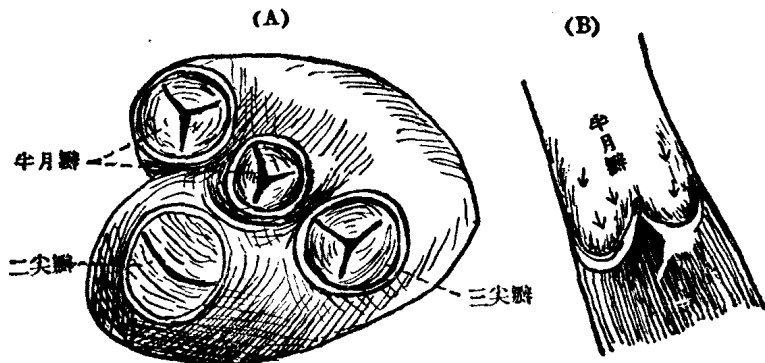


圖 250 心活瓣圖。A, 由上俯視；兩心耳已移去；B, 主動脈半月瓣之縱剖面。

耳及右心室間之活瓣爲三瓣膜所構成，名爲三尖瓣 (Tricuspid valve)；左心耳及左心室間之活瓣則爲兩瓣膜，故名爲二尖瓣 (Bicuspid valve)，或稱僧帽瓣 (Mitral valve)；心室與大動脈間之活瓣爲三個向動脈開口的杯形袋，名爲半月瓣 (Semilunar valve)。此可由圖 250 表明之。心臟活瓣皆爲兩層心臟內膜摺合所構成，中含少量結締組織。與心內膜相連處之結締組織較多，故較厚。活瓣中雖亦有寥寥可算的血管及平滑肌，然與其開閉無關。

三尖瓣及僧帽瓣下面近邊緣處有腱索 (Chordae tendinae)，連至心室內壁上之乳頭肌 (Papillary muscles)。

心動週期 (Cardiac cycle) 人類心跳之頻率可由按脈(如桡動脈)而探知之。當站立時，成年男子每分鐘心跳約七十次，婦女及孩童略高；前者每分鐘約八十次，後者約九十次。運動、發熱、感情作用等可以增加之，休息、睡眠、及坐臥等可減少之。平均言之，心跳一週期所需之時間約爲五分之四秒。

心動週期包括心縮(Systole)及心舒(Diastole)兩態。心縮包括心耳縮及心室縮。兩心耳同時收縮，兩心室亦同時收縮；心耳先收縮，收縮後約十分之一秒鐘，心室即起收縮。心室縮佔時約十分之三秒。生理學者常辨別心耳縮及心室縮，但在應用醫學上，通常所謂心縮者乃指心室縮，心耳縮不預焉。心縮之後即隨以寬息(或稱舒張)，此時肌肉舒張，心腔放

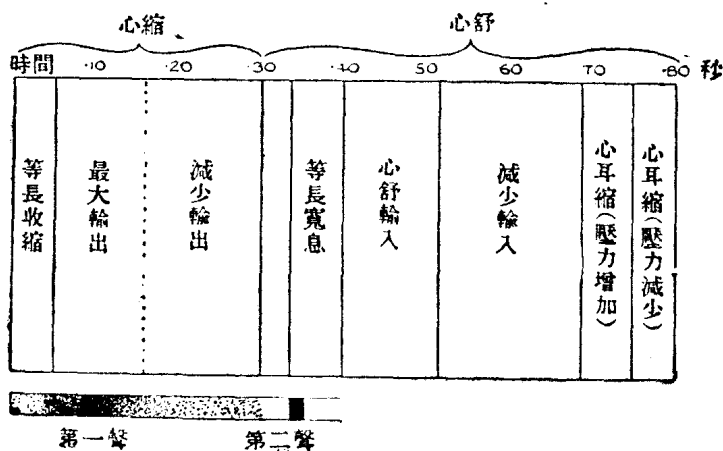


圖 251 每一心動週期之時間分析。

大，故名心舒。心縮及心舒之時間約相等，各為十分之四秒。合兩者而言為一心動週期，每週期佔時約十分之八秒鐘。圖 251 表明每一週期中各態所需之時間。

心動週期由心耳同時收縮起首。心耳收縮時色略變白，形略變小。心室收縮時形色亦變小而白，以指觸之（指實驗動物），覺心肌變硬。此時主動脈亦見脹大，心尖且向胸牆移動。心尖與第五及第六肋骨間的組織相接

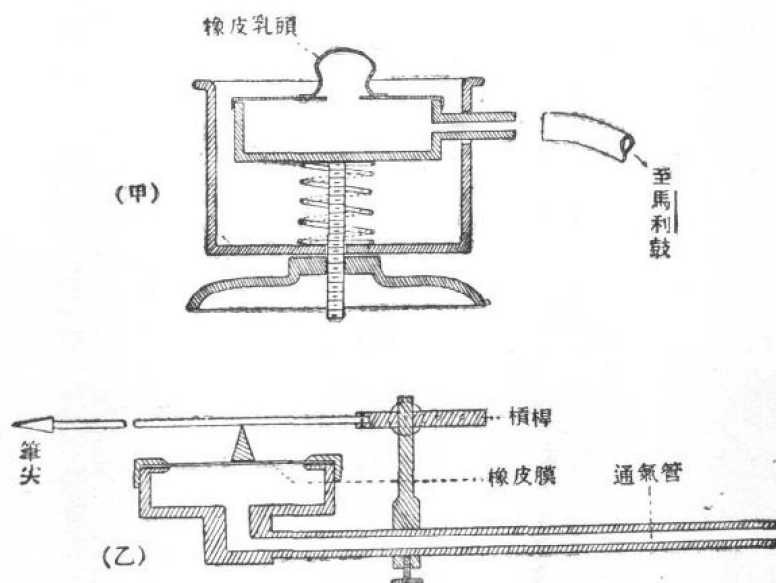


圖 252 心尖記錄器，(甲)及馬利鼓，(乙)之縱切面。

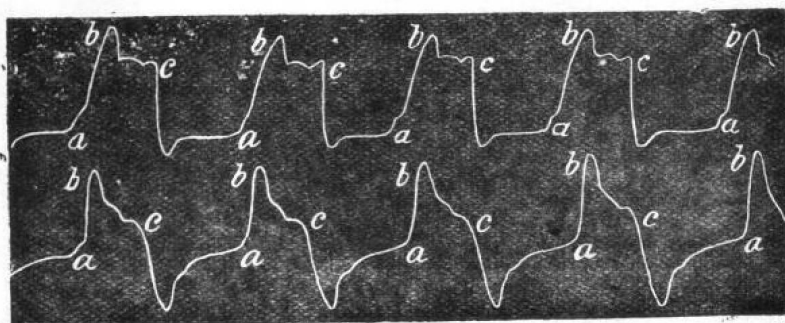


圖 253 心衝動之記錄。a，心縮之開始；b-c，心縮之維持。(由 Marey)

觸，移動時使肋間組織向外突出。此名爲心衝動 (Cardiac impulse)，或心尖跳 (Apex beat)。心耳及心室寬息時肌肉變軟，血液灌注入心，故此時心脹大。圖 253 爲心尖跳之記錄。

心跳之起源及傳佈 心臟在適宜環境中可離體而跳動，且各部能獨立收縮。先以蛙心爲例，靜脈竇跳動之頻率最高，心耳次之，心室最低，故整個心跳之頻率完全與靜脈竇一致。此可見靜脈竇爲心跳之發源地 (英文名曰 Pace-maker)。哺乳動物雖沒有靜脈竇，然其竇耳結亦有同等功用。試將與絃線電流計相連的電極置於心臟各部之表面而測定心臟各部興奮之先後。據路易斯 (Thomas Lewis) 及多人實驗之結果，心跳從竇耳結發端，然後擴播至心耳，最後至心室。如將竇耳結冷卻，心跳頻率即降低；同時心臟他處溫度之高低並不能發生同樣影響。又如再將竇耳結移去，或用藥麻痺，以後心跳將由耳室結起始，而心跳頻率乃較前降低。反之，刺激竇耳結 (電流，溫度或藥品均可)，心跳頻率將增加。根據種種事實，竇耳結之控制心跳頻率，似已無可懷疑。

蛙心之竇耳結中及其左近有神經節。哺乳動物之竇耳結中雖無神經細胞，然其附近有副交感神經節及節後纖維。曩昔學者有以此種神經爲心跳衝動之創造者，現已證明其錯誤矣。例如將神經細胞一一割除，心耳仍照常跳動，且跳動之頻率並不因此而變更。至於離體心室之獨立跳動亦與其中之神經細胞無關，蓋一片不含神經之心室肌肉仍能跳動。其實，胚胎心跳之發現遠在神經節 (指在其心內) 生長之前。換言之，心跳之起源於竇耳結及心室之能獨立收縮，皆與心肌中之神經細胞無關。

心跳之興奮作用起源於竇耳結，已如上述。然則，竇耳結之興奮何由產生，此爲饒有興趣之問題。據最近波茲拉氏 (Bozler) 研究的報告，身體各種收縮發源地似均具有相同的電況。先以輸尿管言，在其近腎臟之一端，常現遲緩而上升的負電位，有時且現有規則的電擺動。此種電位並不能傳播，但當發長至一定高度時即發出一個針形電位而傳導至其毗鄰，此即所謂興奮波。針形電位發現之際，不傳導的遲緩負電位乃下降。惟往後又復逐漸上升，以至次一針形電位。動物竇耳結之電況與輸尿管之情形頗相似，亦表現遲緩上升而不傳導的負電位，負電位上升至某一高度即放發針形電位。負電位之發生或可視爲其興奮況，興奮況達最高峯時即能發出衝動。

竇耳結之興奮律最高，故能控制全心。起自竇耳結之興奮波傳佈至兩心耳，心耳即起收縮。由竇耳結至心耳各部之興奮波之速率約為每秒鐘一米，故在時間上，兩心耳各部之興奮幾同時發生（相差不過百分之三四秒）。興奮波由心耳肌肉再傳佈至耳室結，此處衝動略為延攔（因耳室結傳導較緩）。耳室結之興奮迅速擴佈至喜斯束，然後傳及巴金字纖維以至兩心室之全部。喜斯束及巴金字纖維之傳導較快，每秒鐘約五至六米。因其傳導比普通心肌快，且巴金字纖維又分佈於全部心室肌肉，故興奮波達兩心室之各肌肉幾近同時（相差不過百分之五秒）；兩心室之各肌肉所以同時收縮者，此之故也。

如將竇耳結設法移去，或使之麻木，以後興奮作用將發源於耳室結，由是再擴佈至兩心室，惟從前心耳及心室有次序而合步的收縮已不復存在。由此觀之，心臟似有四個節律區（Rhythmic areas），即竇耳結，耳室結，心耳肌及心室肌。竇耳結之節律最高，耳室結次之，心耳肌又次之，心室肌最低。在正常情況之下，由竇耳結所發啓之興奮作用循序傳播全心，故心臟各部（心耳及心室）皆循序作合步收縮。如興奮波肇始於另一節律區，結果將為變常節律（Ectopic rhythm）。

將喜斯束設法箝住（Erlanger），使衝動不能由心耳傳至心室，心耳及心室之跳動頻率將不一律。倘壓住極緊，心耳及心室之動作將完全不發生關係；此時心耳之跳動率雖仍為竇耳結之節律所控制，然心室之節律則已非竇耳結所能控制，亦非耳室結所能影響矣。此種現象名為心傳導阻滯（Heart block）。在此種情形之下，心室跳動極為遲緩，甚者可以完全停止，危險極矣。倘阻滯不完全，即一部份的竇耳結衝動仍能越過障礙，此時將見心耳跳與心室跳之比例為 2：1，3：1，或 4：1 等，要以傳導阻滯之程度如何為定。人類病理學上亦有此種現象，如患斯亞氏病（Stokes-Adams' disease）者，每兩次，三次，或四次的心耳跳僅有一次的心室跳（半阻滯）；有時心室跳之頻率極低，且與心耳跳無一定之比例（完全阻滯）。又有患支束阻滯（Branch block）者，即喜斯束（心室束）之一支發生阻滯；左支阻滯者左心室之收縮率減低，且與右心室不同時；倘右支發生阻滯，受其影響者為右心室。

心臟之傳導頻率固有一定限度（因有極長的乏興奮期），超過一定限度之外，即不能傳導。在正常情況之下，竇耳結所發出的衝動，心臟各部