

貴陽文通書局

惠贈  
癸卯年四月十日

大學叢書

機械人生

(生理學)

下卷

沈鴻英著

文通書局印行

15885 下

中華民國三十三年五月初版

機械人生(生理學)全二冊(卷下)

每部全三冊上下二卷定價國幣共十六元

著者 沈 瀛 淇

本叢書主編者

馬宗榮 謝永立 張六逸

行人 華問渠

貴陽松山路七十一號

刷所 文通書局

行所 文通書局

貴陽中環路五十二號

# 機械人生卷下

## 第八章 工作之能力

動作

動作之研究、始於普累爾利與未柏兄弟。繼之者杜盛又有更精確之討論。其造成、皆由於橫紋肌肉之收縮與舒張、牽動其相連之堅硬骨架、就關節而改變姿式。而動作之成功、又不外物理學中之槓桿、滑車、斜面、等之原理。因有此動作之可能、機器廠乃用之以應環境之需。然考察動作、必需精於解剖學之結構、始能詳見其動作之效。今僅可就最普通之動作、例舉而解釋之。

### 第一節 活動部分之聯絡

全廠肢體活動之處名為關節。關節皆為二骨銜接之處。故一骨可作支點。而另一骨、即可改變其銜接之角度、動作乃生。依菲克、關節可分為兩類。一為少動關節。如手、足之關節、在動作時、兩骨銜接之面、無大更改者。脊、肋等之軟骨結合之關節、亦屬於此類。二為活

關節之分類及作用

機械人生 工作之能力

動關節。其聯接之處、或如柱、或如球、可自轉動、不隨外力而轉移。故有能為平面之角度改變、或鉸鏈式之移動、如肘、膝之類。亦有為旋轉之作用者、如反掌、動作之肘關節、乃旋轉於一長徑線上。而肩、股之關節、則又為裝球入槽而任意旋轉者。是各關節皆有不同。而各有其專用、以行其動作之能。然關節之成、雖為兩骨之嚙接、而兩骨之面、又非適合如木匠所造成之榫以為接縫然。且兩骨亦並非緊連。而中間又隔以罅隙。故在此罅隙之間、兩骨面可有軟骨膜之墊。且關節之包膜、亦翻入而分泌滑液以潤澤其面、而免磨擦之澀力。至於關節何以能保存其連絡而不脫位、未柏以為由於空氣之力壓於其包膜所致。然韌帶之包圍、亦確有力。即肌肉之張力、亦不無小補。

### 第一節 牽動之繩索

關節之活動、即賴其四周附着之肌肉收縮力。有者繩索之牽扯。此肌肉乃為橫紋肌細胞纖維連聚成束或成片、起源於一骨之面上、或為直接之附着、或介以肌腱、則肌肉纖維平行而出。或長或短直連於另一骨之面。亦或收束漸小而亦聯於肌腱。故肌肉因收縮而減短、即牽動其附着骨之角度改變。橫紋肌肉不同於前述之心肌（見第三三頁）與平滑肌（見第二〇五頁）、

肌肉

其收縮之力強、而無自動收縮之節律。全恃每次之刺激以起一次之收縮。而刺激之來源、又多為

直接之電力、或機械刺激、亦或由其相聯之神經纖維傳來者。天然之刺激皆為神經之傳入。而

肌肉之收縮、又以其應激之能以反應於刺激。故肌肉之效能、可以極小之力刺激神經、而使肌肉

舉大重。是刺激所用之力。固不必與所生之力成正比例。直若鎗之擊射然、手指搬機之力、實遠

遜於子彈衝出之力。是力之發生、全由於收縮之力。而收縮之理、尤當視肌肉細胞之結構。肌肉

細胞為長柱形。顯有橫壁之紋。外包以極強健之肌膜。雖有力能撕斷細胞內之質、而肌膜仍不損

壞。膜內有無定數之橢圓核、環繞柱周。肌漿浸潤大量之肌原纖維、充塞細胞之內。顯微鏡

下之豎紋、即成束之肌原纖維之象。每一肌原纖維、呈深淺相間之段。每深段之中心有一更深之

線。稱為海頓罕膜。而每淺段之中、亦有較深之線、稱為克勞塞膜。兩克勞塞膜之間、即為一

肌片。故一肌片可分為一深、色之重屈折層、夾於兩牽淺、色之單屈折層之間。而顏色之深淺、

皆由返光度而生。然以分極光照於黑背景上、則顏色之深淺又正相反。據因格曼用固定正

交縮時肌肉纖維之觀察、肌原纖維在收縮時、深淺層皆顯扁而寬。而扁度以單屈折層更甚。是

重屈折層取單屈折層之水質、以增其體積。然朗費以將起收縮之肌肉纖維、不使之縮短而

肌肉之收縮

肌肉之組織

定之。見重屈折層扁，而單屈折層不改。同時且有肌原纖維外肌漿之增加。二理解釋正相反。而

其以重屈折層為收縮之主體、即同。後舍斐又見平行之小管、由單屈折層突入重屈折層。在收縮

時、小管因單屈折層之質流入而漲大。以致重屈折層顯扁而加寬。此理又似與因格曼之見解相近

。然無論如何、深淺之分層、並非收縮之必須。即不分層之平滑肌、亦能收縮。不過速度不同耳

。收縮以後、舒張又為返原之相反之收縮作用。而非純為被動者。至於所以成此收縮作用者、

或亦為物理化學之變化。馬克杜加爾想在重屈折層內、生有酸質。酸之於蛋白質、能促成如

膠性之膨漲而吸水。否爾特亦想重屈折層內之棒形質、為膨漲之源。皆由所生酸質之力。然

所生之乳酸、僅能使千分之一之蛋白質有相當酸度。即能有游離之氫游子生出、亦不易顯全部

氫游子濃度之改變。馬克多那爾亦想為鉀合蛋白質而增加滲透壓力、亦為吸水之能力變然。

表面張力之改變、亦曾引為解釋。然就希爾之計算、每次收縮所生之乳酸、即以單層分子排列於

肌肉纖維上、亦僅能遮四十分之一之面積。想乳酸之能影響於表面張力之能力、萬難至如此之大

。邁爾又以為在此重屈折層內、有平行之長索、為蛋白質相連而成。當收縮時、顯有攪亂此平行

排列之現象。故雖利契分肌肉收縮之理解、成以上之三類。而至今、則所以收縮之理、仍在恍惚

肌肉收縮之理

肌肉收縮之現

之中。是以應盡先注重其收縮之能力、與收縮之成功。

【一】肌肉之收縮、可分為兩類、一為肌肉纖維縮短、而其張力不改、稱為等張收縮、乃

動作之所由生。一為肌肉纖維並不縮短、而其內之張力大增、雖用力而不成動作、稱為等長收

等張收縮

縮。等張收縮之研究、可藉所生之電力、用光照於移動之映照匣內。而機械力亦可就其縮短

之能力、使之牽動輕質之槓桿。槓桿之擺動、即可描畫於移動之紙面上。最簡單之收縮、即為一

單獨之肌肉顫搐。經一次之刺激、乃有一電力之衝動、起於收縮之先、而終於收縮完畢之更前。

成複相之弧線（第四十八圖）。此衝動之電、發現最早、自加爾發尼已見此電。以後器械愈精、

而測量愈細。故以毛細管電流計、錄影電流計、鏡電流計、以及各式示波器、皆可顯出。凡此、

動作電流

皆足以擴大電流之動度、以便觀察。是電流乃因動作而生、遂稱為動作電流。連此類電流、亦須

用正負兩電極、以為接引。然平常之金屬電極、又易起局部極微之電流、以致成擾亂肌肉之小電

力。故常用無極電極、以免此擾亂。如此連接、則肌肉所生之電、即可通入電流計。電流計之擺

動、亦即可描畫於映照機內、而成弧線。不動之肌肉、無電流之可言。經一度之刺激、在刺激之

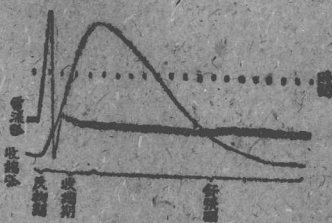
處、成負電位。電波行至一電極之處、此電極即受負電位之感應、而成負電極。其另一電極、即

機械人生 工作之能力

第四十八圖

肌肉反應與刺激所成之

弧形

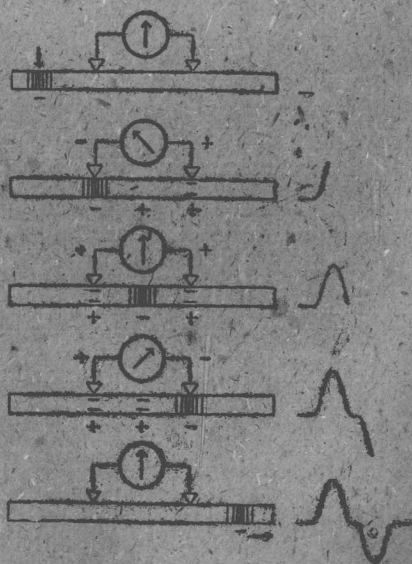


時間十分之一秒

改自  
Creed,  
Denny-Brown,  
Eccles,  
Liddell,  
與  
Sherrington,

第四十九圖

肌肉一端受刺激所生之電流衝動推行至另一端之經過  
右弧即電流計挪動所成之複相弧線



改自  
Fulton

成相對之正電極。電流計乃為之一擺。及電波行至兩極之間，則負電位居中，而兩極皆成正電極。電流計乃復原位。而至電波達於另一電極，電流計又生相反之擺動。是電流計有雙方之擺

動。遂描畫成復相之弧（第四十九圖）。受傷之肌肉、較之正常之處、外面顯負電位。故連以

電極、即有電流向傷處而行。稱分界電流。電流計亦因之擺離其正位。及在正常之端刺激、則又

生一電流以淆亂其既成之電位差，是以電波行至正常肌肉處之電極、兩極皆成負電位。而電流

計亦恢復其正位。及電波再前行、則兩極仍如無刺激前之景況、而電流計亦又返至於未刺激時

之原處。如此、則電流計僅向一方擺動。遂描畫成單相之弧（第五十圖）。故一正常肌肉受刺激

所生之顫搐、其電流圖、永為復相弧。弧之成、亦在一極短之期間。而肌肉收縮牽動槓桿所描畫

之弧線、則又不然。當一次之刺激生一簡單之顫搐時、所畫成之弧線、可分為三時期（第四十八

圖）。最初為潛伏期。乃由刺激之成時、至肌肉之開始收縮。平時之試驗、潛伏期實較肌肉原遲

誤之時間為長。蓋以機械之惰性使然。羅斯試驗冷血動物之腓腸肌。能使潛伏期低至一秒之萬分

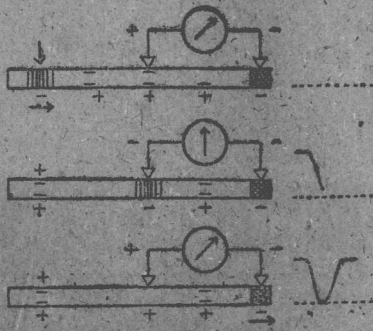
之四。次為收縮期。成弧形之上升肢。其勢陡、而於較短之時、達於頂端。然其時間之長、仍遠在

動作電流之復相弧完畢以後。過此、則為舒張期。成弧形之下降肢、更較緩於收縮時之上升。而

第五十圖

受傷之肌肉一端受刺激所  
生之電流進行至另一端  
之經過

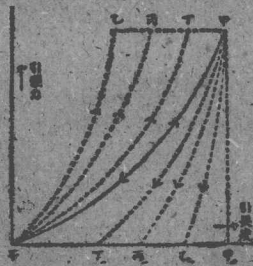
右弧即電流計擺動所成  
之單相弧綫



改自  
Mac eod

等五十一圖

肌肉因引張力而引長  
之關係



自  
Hartree  
與  
Hill

以極緩慢之增加或減少引張力、皆可  
循于甲弧線而改變肌肉之引長度。如  
速度增加、則增加引長度之弧線因其  
速率而向丁丙乙之方向移動。而減少  
引長度之弧線、亦因其速率而向丁  
丙乙之方向移動。且無還原之能  
力。其性能即等於子甲甲一之面積。  
假使增加重力於肌肉時較速、如弧線  
子丙、則工作之能力為子丙甲甲一之  
面積。而於減重、則又循弧線丙一甲  
。而其工作之能力、又為丙一甲甲一  
。確實之損失、為子丙甲甲一之面積  
。此損失即變為熱。

刺激力之反應

愈行愈緩。至於底線之面。其時間、恆倍於以至數倍於收縮期。三時期相銜接之弧形、即代表一

次肌肉反應於刺激之過程。然橫紋肌肉束之反應於刺激、恆以刺激力之大小而顯收縮之高低。最

清肺之試驗、為用感應電流移動其次流匝卷所生之不等電刺激力。如此則刺激力不足、肌肉並無

收縮之反應力。至刺激漸強、收縮力亦漸高、以至達於其最高度、則再增加刺激力、亦不見收縮

之更強。是至此、則全部肌肉皆收縮以反應於其刺激。就表面而觀、橫紋肌肉固不若心肌能守

包提赤之動靜極限律。殊不知此模範之試驗、又非橫紋肌肉之正常現象。普拉德等用精細之手術

、以刺激一單獨之肌肉纖維。其結果、則不繫於電力之大小、仍就範於動靜極限律。而肌肉束之

所以起不同之反應者、皆因刺激力小時、其力不足以達於所有之肌肉纖維。及刺激力漸增、纖維

之反應者、亦漸多、以致成此等級之現象。

肌肉無論收縮至若何程度、其體積較之舒張之時、極少見變化。而收縮之能力、則又當就其成

功而增強。以一刺激使肌肉舉重、實較一散置之肌肉收縮為強。負重之肌肉、其纖維以其具有

彈性、可因重力以引長有樹膠質之帶。以緩慢之時間、加重或減重、可循第五十一圖之弧線子甲

而改變。能引長亦能還原。故以最適宜之重量、引長至相當之引張力、則肌肉可達最完滿之效能

肌肉收縮之體積  
負重

階段

重量

反拗期

。如負重過量、亦減其能力。甚至肌肉纖維或因之損壞。而負重以後即減除所負之重、其收縮之效能、亦減退。是收縮之效能、實與其初收縮時之引張力有關。故肌肉經一次之刺激而收縮後、再加之刺激、即因前次刺激之力而收縮較強。是以連續之刺激結果、收縮自若階之上升。此稱為階段。從可見收縮以後之肌肉、其纖維維有適當之引張力、以便於繼續之收縮。如兩次之刺激較近、以至時間尙未許其鬆弛終了、即收縮弧即成雙峯之形。再近、則雙峯亦更接近。直至難於分析。則二次之收縮弧、即復單於首次之上。而其形、仍較一次刺激之簡單收縮弧為高。是為重疊收縮之現象。至於所以成此重疊者、並非第二次之刺激力能多激動肌肉纖維。乃肌肉纖維因已有一次引張力之增加所致。緣兩次之刺激力皆為最高、而能激動所有之肌肉組織並無差別也。使兩次之刺激再為接近、則第二次之刺激反不發生任何效力。是肌肉已在其反拗期、故不暇應付此刺激。然經此時期以後、肌肉亦能逐漸復原、即雖未完全復原、而以較強之刺激仍能生重疊之收縮。是為相對之反拗期。而在全無反應之時、乃其絕對之反拗期。故生重疊之現象、當加第二次之刺激於反拗期之後。兩次以上之刺激更能顯重疊。如連續施以有節律之刺激、肌肉即不能舒張而繼續重疊。直至達於最高之收縮能力、而保持顫動以反應於連續刺激之衝動。是為肌肉收縮

電氣與電解物  
之影響

之強硬性。如此則肌肉所生之引張力、能數倍於簡單之收縮。而收縮之弧、則將所有之簡單收縮  
弧溶合成一錢。不再下落。至於連續之刺激終了、乃舒張而復原位。此為天然肌肉收縮之現象。  
蓋以天然之刺激、乃連續之多數刺激組合而成。並非一單獨之刺激所成之顛播可能成正常之動作  
者。

橫紋肌肉之收縮能力、亦因其環境之景況而異。環境之溫度、則收縮力強。有時亦強。溫度  
低、則成相反之結果。鈣質亦能興奮、鉀質亦能抑制。一如他類之肌肉。即酸度之改變其

中性、亦有相當之影響。然環境之改變、亦不能太過。假使溫度過高(四十四度至五十度)、則肌肉  
收縮至其最高之限度、而不再舒張。以致成爲熱強直。皆因其中之蛋白質已因熱而凝結。故

死後之屍屍、亦爲強直之現象。遂稱爲死強直。在肌肉受連續刺激過久之時、收縮而不再隨  
刺激以生動作。亦成類如強直之現象。然此乃暫時之成、而非因損傷不能回復原之故。僅可稱爲

強縮、而非真實之強直。其發生、乃由肌肉疲乏所起。亦可稱爲疲乏之強縮。疲乏之時、收縮弧  
之各時期皆受影響。而尤以舒張時期爲甚。故疲乏則收縮低、而時間延長。刺激之來、直使肌肉

無暇舒張。因亦不能再收縮。故生重疊之象、而成強縮。至刺激停止、有時肌肉仍未完全舒張

機械人生 工作之能力

、而成為興奮之舉翰。經此疲乏之後、肌肉亦敏於刺激。故較慢之連續刺激、亦能於此時使之  
生強直性休息之後、肌肉又可復其常態。

橫紋肌肉以其顏色可分為兩類。曰紅肌、曰白肌。在最複雜之機器廠內、兩類之纖維混合、

難於分析。而在較簡之廠、多有因其功用而分組者。當十八世紀、尚以為顏色之不同、乃由於

血之分佈之多寡。直至朗費、始見紅肌與白肌之分別。不惟顏色由於其中之色素不同、即兩種

肌肉之性質與功用、亦大異。因單獨之刺激所生之顫搐、白肌之收縮較紅肌為高。而連續之刺激

、以致重疊之處、皆在上升之弧線。則紅肌之重疊又反較白肌為高。如使重疊加速、而成強直

。則白肌又須較速之連續刺激。故朗費以為每秒鐘五十五次之刺激、使紅肌生強直性。而白肌當在

三百五十七次。較詳細之研究、可見兩種肌肉之潛伏期皆同。在等長收縮中、紅肌之引張力不及

白肌之大、而較為延長時間、以有保持強直性之能。是其不同之處、即為白肌之收縮速而高、紅肌

之收縮遲緩而有力。故鷹隼之翱翔、當有伸張而少動之翼。則胸肌紅色。而飛舞之鳥、又當有白

色之胸肌、即為此理。是兩種肌肉之為用不同。白肌僅能成敏捷之動作、而不延長時間。紅肌

之收縮離緩、而不易鬆弛。故紅肌為保持肌肉緊張力之要具。而在混合之肌肉中、每肌肉束皆有

肌肉之種類

此種作用，想當爲分工合作之效果。至於緊張力又爲保存姿勢之主力。俟以後再論及。

【二】肌肉收縮之目標、爲生牽動力、以成動作。而當此收縮之一霎時間、有不等量之熱生

出。此熱亦可隨時測量。希爾與哈特利等始量一簡單之肌肉顫搐所生之熱。其法爲引用兩金屬絲

相連之節因熱之改變而生電流之理、製成儀器。名爲熱電堆。熱電堆乃節節相間之兩種金屬絲、

鑲於小銅架上。使所有相連接之關節、皆集於一線。如此則發生之熱力雖小、而能影響於所有之

兩金屬關節、成易見之電力、以補助電流計。且在測量之時、緊夾肌肉於熱電堆內、利用導長收縮

、使肌肉省動作之力、而皆生爲熱。並可免去動作妨礙於器械之準確。就一顫搐所生之熱、分兩

時期發泄(第五十二圖)。第一時期爲暴發之熱。量高而速。及將完全發散、又生第二次之熱。較低

而延長。以肌肉之引張力而觀、第一時期之熱、在收縮之時。而第二時期之熱、在舒張之時。

收縮時之熱、約佔全量之六七成。初以爲全由肝糖粉變成乳酸時所生。然在收縮之時、雖不生

乳酸而發熱亦同。是磷酸肌酐之分解、與免除蛋白質之游子化、亦應列爲生熱之要因。舒張時之

熱、亦曰舒張熱。佔全量之三成至三成五。初亦以爲由於中和酸質之所生。今祇可想爲由於尚

未知曉之作用、歸還其已用之能力、又返爲位能、以備下次收縮之用者。此復原之熱、亦因肌肉

之復原能力而改變。全在氧氣之供給充足與否。在氧氣之環境中、其熱比在氮氣中、在兩倍

以上。是無氧之時、舒張熱僅有一半而已。而收縮所生之熱、並不與氧氣之供給有關。在

等張收縮而生動作之時、熱之發生量亦變。自海頓罕已見等張之顛搖不及等長顛搖所生之熱為多

。直至希爾又用其精細之器械、重為證明。且以為肌肉縮短、在發生引張力時或在其前、減少其

熱量。而在引張力已成、時縮短、則不再影響熱之發生。故肌肉可視為一有彈性之質、其存儲之

緊強力位能、可作為動作。亦可用為生熱。而運用此存儲之力、又與起化學作用之面積成比例。而

熱之發生、則肌肉所生之引張力及其長度之乘、亦成比例。故縮短之時、面積亦減。是以在等張

收縮中、負重少而收縮多、則生熱少而成功亦小。使負重增加、收縮自減、而近乎等長收縮、則

生熱亦多。至此可見等張收縮與等長收縮乃相對而非絕對之名辭。在試驗之中、無能生單獨之一

種收縮、而純無另一種之收縮雜於其間者。以至於今日、即生力與生熱關係、尚在渺茫之中。至

於氧氣之消耗斐西耶亦以為負重少之等張收縮、較等長收縮之需氧多。而負重多者、又用氧

較少。與希爾之肌肉長度之見解、不謀而合。即乳酸之發生、邁爾荷夫亦見其在等長收縮中、有

較高於在等張收縮之中者。乳酸之發生、乃由於分解肝澱粉而成。其分解之過程、已於炭水化物

之新陳代謝中加以討論（見第二四九頁）。今祇可於其化學之變化從畧。而此變化之經過確為生  
 方生熱之源。有若行汽車之汽缸，火油經一番爆炸，可推動其活塞，以為轉輪之用。肝澱粉之爆炸  
 亦最移變成乳酸。就試驗所得，每一克乳酸之成，可發生三百七十熱單位之熱。及氯化而得原  
 亦有等量之熱發生。肌肉動作之效能，似可由此計算。而換格爾吞又尋得磷酸肌酐。以其為肝澱  
 粉爆炸所必須之經過。隆芬加得又用單磷酸毒甯肌肉。見無乳酸之發生，亦依然能收縮。是  
 乳酸非為必須之變化結果。而磷酸肌酐居重要之地位。從此肌肉收縮之生理變化，乃一反舊說  
 。隆芬加得稱磷酸肌酐為收縮時之直接生力者。而發生之乳酸，為助其復綜合之用。故注不近  
 氧氣之肌肉經刺激、磷酸肌酐分成磷酸鹽質與肌酸。其收縮之熱，即為每一克磷酸之成、  
 合一百二十熱單位。當收縮與舒張之時，其熱之發生不及一半。而在以後數分鐘、乳酸放出之時  
 、其熱又居一半以上。故磷酸肌酐之復綜合於無氧之境，為發熱性之能力。而又為散熱性之  
 乳酸發生所隱。此遲延之乳酸發生所生之力，同時亦即有磷酸肌酐之復綜合。使肌肉疲影，則此力  
 亦失。是在此無氧境域之遲延之熱，即為乳酸發生、與蛋白質之免游子化之發熱力、及磷酸肌  
 酐之復綜合與蛋白質之再游子化之發熱力之合成者。使肌肉有氧氣之接近，其變化與無氧畧