

汪敬熙著

行爲之生理的分析

獨立出版社印行

汪敬熙著

行爲之生理的分析

獨立出版社印行

院長鈞鑒：

蔡子民先生紀念學術講演第一次講演承

院長命^熙担任，是非常的榮幸。並且使^熙得到機會把二十年來所研究的幾個問題用國文做個總述評，更是感激。現在講演稿業已寫成，送上呈正。這些講演的材料總可以說是近年來生理心理學所得的可靠的知識之一部份。講演稿的寫法是求着不專攻專門學問的人讀來也不成困難。^熙這番努力希望能不辱沒

蔡先生的命^熙名，並且也不辜負院長的期望。

汪敬熙謹上

三十一年九月 桂林

行為之生理的分析

行為之生理的分析

目錄

(十) 緒論

(二) 近代生理心理學之研究方法

1. 造成近代生理心理學的三種潮流；2. 生物學實驗動物行為的方法；3. 分析的

(六) 方位分析的方法在究研哺乳類行為上之應用

(三) 白鼠之每日活動數量與性慾週期

1. 雌鼠之週期的活動週期；2. 雌鼠之性慾週期；3. 兩種週期之時間關係；4. 因果關係；5. 卵巢內分泌與活動週期；6. 腦下垂腺與活動週期；7. 已知的事實與未解決

的問題

前

後

三

行為之生理的分析

三

(四) 皮膚之電變動

1. 變動之種類；
2. 長期連續的；
3. 暫時變動。

(五) 腦內電位變動

1. 歷史；
2. 人腦的電位變動；
3. 動物的實驗；
4. 分析；
5. 在生理心理學的意義。

(六) 胚胎行為之研究

1. 歷史；
2. 兩棲類之行為發展史；
3. 游泳發展與神經系統發展之關係；
4. 游泳發展之生理的分析；
5. 與其他工作之比較；
6. 更進一步的生理的分析。

(七) 結論

行爲之生理的分析

汪敬熙著

一、緒論

朱院長叫我擔任蔡子民先生紀念學術講演之第一次講演，我覺得是極其非常的光榮；同時我也十分惶恐。學識謬陋，我本不敢冒然答應。但是受蔡先生的恩惠深重我也難堅辭。

民國六年蔡先生到國立北京大學做校長，那時我正是大學二年級學生。蔡先生拿他的新的主張辦大學；我們學生受了極大極深的感動。

第一，他主張學術自由。學術應以事實證明爲判斷是非的標準。學術的判斷不應受政治，宗教，或種族的影響而改變。

第二，他主張大學應以促進人類知識之進步爲目的。大學之目的不在舊知識之傳化，而在新知識之獲得。大學之設備不應僅注意在已得的知識之傳授，而應特別着眼在供給教

員和學生做研究的便利。教書只是教員之次要的職務；教員之主要的責任在自己努力研究，去求人類知識之增進，並且引導學生走上求新知識的道路。學生求學也不應以知道已得的知識爲滿足，而應該努力使自己將來在促進人類知識之進步上有所盡力。

第三，他主張大學提倡學術應該注重基本的研究。大學不是只傳授各種專門技術之學校；大學是傳授和研究這些專門技術所根據的基本學問之學校。大學畢業生應該不僅會用所學過的專門技術，而且應該知道這些技術之理論的根據，還應該受過適當的訓練能去想改良的方法。大學既然注重基本學問，大學裏的研究工作就不應該斤斤計較目前的應用，眼下的經濟利益。一種研究工作應否提倡完全定於這種工作在學問上的重要。

他這三種主張當時感動我們學生很深，完全改變了我們的大學觀念。後來我們越知道學術發達史，越明瞭他這三個主張是基本的道理。在我國歷史上和在歐美各國的歷史上，一切歷制都是最妨害學術發展的。在近代歐美工業發達史上，各種重要的工業技術的改革都是發源於純粹理論科學的研究。越是純粹理論的研究，越是能給人類以實際的利益；越

是只提倡應用方面的研究，越是難得到預期的經濟利益。我們也親眼看到最近兩個實例。蘇聯最初會想用共產黨主義和辯證法統制一切學問，也曾只提倡實用的研究。但是這些辦法不能得到預期的結果；蘇聯便改變政策，提倡基本學術的研究。結果是不僅在數學，物理學和生物科學都有很好的成績；並且學問的進步也幫助了工業的發達。在十九世紀初，德國各邦受了 Alexander von Humboldt 的影響，建立學術自由，提倡基本研究。德國學問此後便日見發達。到了二十世紀，在數學，物理學，化學和生物科學上，德國都有光輝燦爛的成績。德文成了學科的大學，不能不學的一種文字，至於化學工業和光學儀器製造，兩種在世界上佔最佔優勝的工業，完全建築在德國學者的理論研究之上，更是各國學術界之所公認的。然而希特勒上台之後，「我的奮鬥」（Mein Kampf）成了經典；國社主義奉為唯一的真理；種族偏見大為盛行；德國失去了享受過一百多年的學術自由。並且國社主義的德國只提倡應用的研究。猶太種的學者都被逐出國外，或被禁在集中營。亞利安種的學者，雖然有寫在德國物理學上的，有找到猶太的和非猶太的數學之區別的，但

是都有許多離開他去。學者們出走，研究風氣衰微，學術退落了。

我國現時所有這一點學術的萌芽是直接的或間接的受蔡先生的主張之賜。我們應當本着他的主張繼續做下去，把這些芽兒培養到開花結果，似不可偏重於應用科學的提倡，或者把大學的目的認為只是在造就專門技術人材。

在大學求學的時候，我受了蔡先生的影響起了做研究工作的慾望。民國八年杜威先生到中國來講學。在他的講演裏，他從種種不同的方面說明他的實驗主義，或工具主義，他談得十分詳明透澈。他的講演使我不但想望做研究工作，而且熱烈的期盼做實驗的研究工作。但是那時國內沒有做這種工作的機會，並且也找不到導師。民國九年蔡精初先生捐款給國立北京大學派遣學生到美國求學。他請蔡先生，胡適之先生，陶孟和先生和蔣孟鄰先生主持選派的事。他們四位先生給我一個機會，我方才得得美國的 The Johns Hopkins University 求學。經過這大學醫學院精神病學系主任教授 Adolph Meyer 先生的允許，我在他的心理生物學實驗室內從 Curt P. Richter 先生開始做實驗的研究。民國十八年

蔡先生幫助我到歐洲，去看法國、德國和英國的一些研究機關。民國二十三年蔡先生又叫
我來國立中央研究院裏服務。蔡先生指示我求學的目的，給我以求學的機會。這二十多年
來，幸而沒有辜負蔡先生的恩惠，我還沒有走出了實驗室，未曾間斷在美國開始的工作。

這二十多年內，我的工作雖未停止，然而研究的問題卻換過四次。四次的改換都非出
於我的自願，在國內大學裏，做實驗研究是極困難的事。這不是因為經費不足和設備缺
乏，而最大部份是因為主持學校的人多數不明白什麼是實驗研究。遇到提倡研究的校長，
教員，然得到工作的便利。但是到校長更換之時，實驗室的存在往往成了問題。數年來辛
苦經營的實驗室，且不得已而放棄，心中的痛苦，只有經歷過的人方能知道。到一個新學
校，實驗室又須重新創立。因為設備的關係，往往不得不另找新的問題去研究，以致放棄
以前的工作。實際情形雖是這樣，然而有些人不免批評我無恆心，太趨時。

我研究的問題雖有四次的更改，但是我的工作之根本目的卻未曾變換。這二十多年之
內，我工作的目的是行爲之生理的分析。換一句話說，就是研究心理現象之生理的基礎。

我所研究的問題都是在這個目的之下選擇的。我所用的研究方法也是一貫的分析的方法。

我的求學既然是深受蔡先生的影響，我想如果我把所研究過的四個問題分別做個總結語，我或者可以表現紀念蔡先生的意思。李仲揆先生對我說過，蔡先生在德國 *Leipzig* 大學求學的時候，曾聽過 *Wilhelm Wundt* 的講，對於生理心理學是有興趣的。沒有一層，請自己的工作是比较的親切可靠。但是我仍然希望諸位先生寬恕我這種近於自吹自擂的行爲。

誌謝

這個講演稿曾經唐鉞先生，斯行健先生和朱恩隆先生各看過一遍。承他們的指示，文字上有許多修改的地方。稿內插圖的搜集，插圖圖解的翻譯，和那極煩雜的工作——參考文獻的出處之校對——都是魯子惠先生替我做的。所有的插圖都是張香桐先生所畫的。我在這裏謹向他們諸位先生致謝。

環境對於工作有重大的影響，是大家所公認的。這四年來，心理研究所同人能在優良

的環境中工作，而我也能在安靜寬敞明亮的房屋內寫這個講演稿，完全是受廣西省政府之賜。在抗戰的初年，廣西省政府在桂林郊外建造桂林科學實驗館的優美房子；並且請李仲揆先生和丁巽甫先生幫助創辦這科學館。建築成功之後，廣西省政府也准許心理研究所借用三間爲工作之地，並且更給與他種的便利。這也是應當鄭重致謝的。

注意

在本書之內，凡說到數人合作之研究，都是用「同」字做連絡詞，例如，林可勝，陳美伯同王世濟之實驗。

二 近代生理心理學之研究方法

1. 造成近代生理心理學的三個潮流。

有三種學問之研究潮流造成了近代的生理心理學。

第一個潮流是來自生理學。十九世紀初葉德國生理學者在傳統的哲學影響之下特別注意感覺生理的研究。他們同時深信實驗法，所以他們開闢了用實驗法研究感覺生理之一條新路。 Johannes Mueller (1801—1858) 和 Nevins Heinrich Weber (1795—1878) 是這種工作創始人，視覺生理和聽覺生理之基礎工作是 Mueller 之最有名的學生 Hermann von Helmholtz (1821—1894) 所做的。 Weber 研究刺激強度和感覺強度之關係，發現被後人叫做 Weber 氏的法則。這個法則引起物理學者 Gustav Theodor Fechner (1801—1887) 的研究興趣，使他創立了「心理物理學」(Die Psychophysik)。在一八八〇年前後，英國和德國的天文學者先後發現人們觀測星體經過子午線時所紀錄的時刻是互不相

同。這個發現引起當時的生理學者用實驗法研究反應時間，荷蘭的生理學者F. G. G. Donders (1818—1889) 最先利用反應時間的實驗法去考察各種簡單的心理作用所需的時間。把感覺生理的研究，「心理物理學」，和反應時間的實驗，合在一起，創立一種生理心理學的系统，是Wilhelm Wundt (1832—1920) 之一生工作的主要成績。他原來學醫，專門研究生理學，曾做過Helmholtz的助教。Wundt對於心理現象的研究興趣使他由生理學轉入了心理學，最後又走入了哲學。他那部大著作，「生理心理學原理」(Grundzüge der Physiologischen Psychologie)，在十八七三年至一八七四年出版。一八七九年他在L. G. G. 大學正式創立第一個心理學實驗室。他的生理心理學是特別注重用生理學的實驗法來研究心理現象的。他活到八十八歲，所教的學生甚多，所以他在實驗法輸入心理學上影響極大。

十九世紀初葉生理學者之研究感覺生理和反應時間給心理學以利用實驗方法的機會，並且產生了Wundt的生理心理學。但是後來實驗心理學漸漸和生理學關係分離開了。實

驗心理學未能利用十九世紀初葉以後生理學所發的事實和所發明的方法。

第二個潮流來自生物學。一八五九年，Charles Darwin (1809—1882) 刊行「物種原

始」(The Origin of Species)。他的進化論在學術界引起極大的變化。影響也波及心理

學。人體身體構造既然是由低級生物漸漸進化而來，人的心靈及人的意識，是否也是進化

成的呢？心理的進化便成了研究的問題。英國的生物學者Ogden L. Silliman (1818—

1884) 首先做這種研究。他寫了幾本書。他所用的研究法只是普通經驗的方法。他所

根據的事實也只是他自己的或他人的偶然觀察。他的推論更未能免過於提高低級動物智能

的毛病。在一九〇〇年前後他的書就引起許多心理學者的反感。他們不相信他所根據的事

實，更不滿意他所用的研究方法。英國的G. Lloyd Morgan (1852—1936) 和美國的

Edward L. Thorndike，差不多同時用實驗方法研究動物的智慧。問題箱和迷津，兩種

實驗動物心理學的工具，就在二十世紀初年產生了。這種研究在美國特盛，研究的問題由

動物的智慧變成動物的習慣之養成，迷津幾乎成了唯一的工具，進化論產生了實驗動

物心理學。

正統的實驗心理學對於這新興的實驗動物心理學不免有所批評。批評的焦點在於沒有方法可以知道動物的意識。而新興的實驗動物心理學也不滿意正統的實驗心理學。最不滿意的約是沒有客觀的標準去判斷內省所得的結果可靠與否。兩方的互相批評產生了Hull, Watson的行爲主義。他以爲心理學所研究的對象不是主觀的意識，而是客觀的行爲。他主張心理學應放棄內省法，而採取同實驗動物學的方法相似的客觀的實驗法。他特別指出俄國生理學者Ivan Petrovitch Pavlov (1849—1936) 所發現的制約反射可以給出一個研究的客觀實驗法。在一九一五到一九二〇年間，行爲主義頗有重大的影響。

進化論產生了實驗動物心理學；這一枝新興的心理學和傳統的實驗心理學之互相關批評產生了行爲主義，行爲主義是要求實驗心理學採用客觀的實驗方法，尤其是要求從生理學學輸入新的研究法，但是奇怪得很，行爲主義實在沒有給實驗心理學以任何新方法。只是一九一七年，以後Shepherd I. Franz (1887) S. Lashley曾把生理學者常用的割去中樞

神經系統一部份的方法，和實驗動物學的迷津方法合在一起用罷了。

第三個潮流也是來自生物學。在十九世紀後半，Darwin的進化論統制了生物學。生物之已往的進化歷程成了生物研究之中心的問題。生物學者努力從比較解剖的，發生史的，和地層內生物遺骸的研究，去找出生物進化之各階段。他們並且創出一些學說來解釋生物的進化。他們固然是極注重證據的復求；但是他們所用的研究法仍是尋常的辯論法。他們不想要實驗的證明。由於他們的工作，生物進化的階段在大體上是知道了，但是有許多問題是他們所用的方法所不能解決的。並且他們的解釋有許多幾乎只是空想罷了。所以在一九〇〇年前後，一些青年生物學者對於這種情形起了反感。這些青年生物學者不滿意只空想的去推論生物進化之已往的歷程，而是想實際去觀察生物現在怎樣進化。這些青年生物學者不滿意只沒求事實做理論的證據，而是處處要實驗的證明。他們不滿意推論遺傳法則而去用實驗法研究遺傳現象：這樣產生了遺傳學。他們不滿意用進化論來解釋動物的發生史而去用實驗法研究動物胚胎之各種器官怎樣長成：這樣產生了實驗發生學。他們不滿意

推論動物從前怎樣適應環境而去用實驗法研究動物現在對於環境的變東如何反應。這和產生了動物行為學。這些都是一九〇〇年前後生物學裏革新運動之結果。

動物行為學之研究，在德國，是由 Albrecht Bethe, Jakob von Uexküll 諸人開始；在美國，是由 Jacques Loeb (1859-1924), Herbert S. Gantt 諸人創始。這幾位生物學者在生理學中都有重要的貢獻。他們自然從生理學的觀點和測生理學的方法研究動物行為。他們的研究，就其是他們所測的方法，給實驗心理學開了一些新路子。所以這利用生理學的知識和方法。

總起來說，十九世紀初葉生理學者用實驗法研究感覺生理和反應時，才建立起了實驗心理學。但是是實驗心理學漸漸和生理學脫離關係了。進化論產生了可實驗動物心理學。這動物心理學和傳統的實驗心理學之互相批評使心理學者感覺充分利用生理學的知識和方法之必要。生物學者對於只用推論方法的進化論之反感產生了動物行為學。動物行為學的研究方才給心理學者一種研究方法去建立生理心理學。

近代生理心理學之研究方法

行爲之生理的分析

2. 生物學者研究動物行爲之方法

一九〇九年，Lorenz in Clark 大學二十週年紀念會講演「在低級有機體行爲的研究中之不同的目標和相反的結論」(Diverse Ideals and Divergent Conclusions in the Study of Behavior in Lower Organisms)。在這講演裏，他指明生物學者研究動物行爲所用的方法可分爲二種：一種是綜合的，一種是分析的。這兩種方法在目的和結果上是完全不同。

綜合的方法之目的在於用物理化學來解釋動物行爲。採取這種方法的生物學者想證實驗證明特定的物理化學的原則在解釋動物行爲上的應用。在簡單的情況情形之下，他們可以研究動物之簡單的行爲是否符合物理化學的原則。他們希望在研究清楚簡單行爲之後便可以解釋複雜的行爲了。他們的研究是先從簡單的行爲入手，他們的目的是行爲之物理化學的解釋。

Jaques Loeb 是這一派的代表。他發現動物的向光性，一種簡單的反應。他對於

一種簡單反應做這樣的解釋：光刺激繩子一邊的眼睛之時，在繩子的身體兩邊引起不同的反應；身體內在被刺激的眼睛同邊的肌肉收縮，而對邊的肌肉鬆弛。結果繩子的身體轉到正面向着光的來源，使兩邊的眼受到強度一樣的刺激。他用種種巧妙的實驗證明這個見解。他並且和他的合作者用實驗證實動物之向光性的反應是遵從光化學的Bunsen-Roscoe法則。如果光的強度和顯光的時間之積相等，所引起的向光性反應也相等。這就叫做把動物之一種簡單的反應解釋明白，而且證明這種反應是遵從物理化學的Bunsen-Roscoe法則。

這些實驗結果簡單確切，真是非常的燦爛驚人。綜合的方法似乎可以說使我們了解行爲之物理化學的基礎之方法。但是我們須要知道，這一派的生物學者太注重物理化學的源頭，因而忽略了動物本身。如果我們仔細觀察動物對於光的反應，我們便可見到這些反應決不是這樣的簡單確切。只在那特定的實驗情形之下，方才能夠得到那些簡單確切的反應。我們或者可以說，這樣簡單確切的知識累積多了，我們自然可以去說明動物在天然環境裏的行爲。不過我們難得這個時期還遠得很呢！不到這個時期，我們無法證明我們的希望。

甚至可以达到。我們現時還有別的方法可以使用？

3. 分析的方法

分析的方法與恰恰和綜恰的方法相反，注重動物本身。這一派的生物學者先觀察動物在近於天然環境的實驗情形之下有什麼反應，並且在可能的時候設法用數量表示動物的反應。得到觀察的結果以後，他們才用實驗法分析這些反應之原因是環境的因素，或是身體的構造，或是生理的狀態，或是過去的經驗。簡單的說，他們是先觀察行爲而後做實驗的分析。在做實驗的分析之時，他們也不一定要找到物理化學的解釋。

Herbert S. Jennings是這一派的代表。一九〇六年他出版了一本書，叫做「低級有機體的行爲」(The Behavior of the Lower Organisms)。在這本書內研究的實例甚多。並且在這本書的第三篇，他十分詳細的討論分析的方法。我們現在限於時間不能舉詳細的例子。我們只極簡單的指出Jennings如何研究變形蟲之行爲。他先觀察這個單細胞動物對於各種刺激的反應；然後他再去分析決定變形蟲的各種反應之因素。他決不是

只從辨認一個簡單反應入手。

綜合的和分析的兩派爭論頗多。現在我們不必再提這些舊事，我們且說一點。從物理學和化學慣用的研究方法看來，綜合的方法似比分析的方法合乎科學方法。隔離是科學方法的一個基本手法。物理學和化學，無論是做理論的或實驗的工作，第一步都是先從複雜現象之中隔離出來一個簡單現象，做研究的對象。這豈不正和綜合的方法先做簡單反應一樣？分析的方法先觀察各種情形下的反應豈不正同隔離的方法相反？其實這真是表面上如此。生物行為是非常複雜的現象。隔離的方法尚難應用。就是物理學者或化學者遇到複雜的現象，也都是先觀察而後分析。光譜的研究和低氣壓氣體內放電的研究就是兩個這樣的例子。這兩種研究都是先有現象的觀察和度量，而後才做分析的工作。分析的方法並不是反科學方法。

行為之實驗分析能否成功，大半依靠相關的科學所供的知識和方法夠用否。形體學同生理學之知識和方法對於行為實驗分析之重要，是大家都知道的。讓 *condition* 的「低級有

機體的行爲」，我固完全同意他所指出的生理狀態決定動物行爲之重要。但我們讀完這本書，心中未免有點失望；他沒有把低級有機體的生理狀態和行爲間的關係詳細確切的說明，這正是因爲三十六年前低級有機體的生理學尚未發達。

在生理學的知識和方法够用的時候，分析的方法是生理心理學之一個最有用的研究法。
4. 分析的方法在研究哺乳類行爲上之應用

動物行爲是由生物學者研究動物怎樣適應環境而產生的。這門學問，同實驗動物心理學不同，是不在傳統的心理學之內的。所以動物心理學可以直接影響心理學；而動物行爲的影響就非常的小，幾乎可以說是沒有。Gardner Murphy，在他的「現代心理學之一個歷史的引論」(An Historical Introduction to Modern Psychology)內就沒有提到動物行爲學，也沒有述說Bethe, von Dörmann, Loeb和Jennings的工作，更不會說出他們的影響了。這個例是足以證明心理學和動物行爲學是從來各走自己的路而沒有互相影響的。

動物行為學之分析的方法更是不為心理學者所注意。如ethevon, Derrine三諸人之主張用客觀的名詞描寫動物行為，是John B. Watson所贊成的，Loeb之主張用物理化學解釋動物行為，也是Watson所同意的。但是Watson似乎在他的書和文章裏很少，或者可以說從來沒有，說到他的同事Gibbs之分析的方法。心理學者從前可以說是沒有人注意這分析的方法，心理學者之忽視這個方法有個根本的原因，自從Sears以來，心理學所用的研究方法都是和分析的方法根本相反的。例如感覺的研究就是在和天然環境極不相近的實驗情形之下做的，所以有人說簡單感覺只是實驗室中的產物，又如動物習慣的研究所用的迷津便是動物在本常生活中永遠遇不到的情形。傳統的訓練使心理學者不注意在於實際生活的實驗情形之下去觀察動物行為。他們自然不去留意生物學者研究動物行為所用的分析的方法。

其實，生物學者的這個方法，用在哺乳類的行為之研究上，給心理學者開了一個新門路充分開生理學的知識和方法去分析動物行為。簡單說就是去建立生理心理學。

變換環境的光暗，撤換環境內消過期的食物，以撤換食物的感情，不喂食物，都不能改變其活動時間的週期性。消過期活動的週期性，然是由於環境的影響。他因而想到體內的刺激。

在一九三三年，美國生理學者 *Robert R. Cannon* 同他的學生 *A. L. Washburn* 發現體內的感覺是在胃部的收縮及弛緩又發現在胃內空虛時胃的飢餓收縮是有期間性。美國生理學家 *Washburn* 及 *Cannon* 在 *1933* 年他出版了 *Intestinal Motility and Hunger* 一書，該書中，談到飢餓期中飢餓的收縮，*Intestinal Motility and Hunger* 一書中，談到飢餓期中飢餓的收縮，*Intestinal Motility and Hunger* 一書中，談到飢餓期中飢餓的收縮，*Intestinal Motility and Hunger* 一書中，談到飢餓期中飢餓的收縮。

飢餓期中，體內的收縮及弛緩，二者在內的活動週期，是短相似，由 *15-30* 分鐘，因而想到消過期的食物，撤換環境內的消過期食物，以撤換食物的感情，不喂食物，都不能改變其活動時間的週期性。消過期活動的週期性，然是由於環境的影響。他因而想到體內的刺激。

顯明了鼠在每一活動期間的中間或末尾必到食物籠內吃東西(圖三)

上述這個實驗的結果更使人相信(Boggs)的假說，但尚未完全證明這個假說。因為這只是間接的證據。在鼠這樣小的而且有鋒利牙齒的動物，沒有方法可以同時紀錄身體活動和胃的收縮。在大人這是可以辦到的。在(Boggs)指導之下，日本人和田富實驗人在睡眠時的胃體活動。人睡眠時每兩三點鐘身體顫動一陣。同時紀錄睡眠時人的身體活動和胃的飢餓收縮和田富發現人睡眠中身體顫動都在胃有飢餓收縮的時候。

本週，這個用人做的實驗給出了正的結果，但是仍是間接的證據。在鼠唯一可能的直接實驗是將鼠的胃割去再觀察鼠的活動的週期是否有無變更。這是一個很困難的實驗。割去鼠胃的技術不容易，並且割去胃後的鼠極難飼養。一九三八年國人坂本治先生發表一篇論文討論

「割去鼠的胃之飢餓動機」(Hunger Motivation in Gastric-resected Rats)的備用

的實驗並記載鼠的活動。他的結果是：割去胃後，鼠的每日活動量較未受手術時為低減；

鼠是在每日期後時間第一個鐘頭內的活動比受手術後一個鐘頭內的活動仍是多二倍。割去胃

後之飢餓的動機確是低減，但似是仍未完全消失。威先生未曾用 *oxyphorin* 和 *nicotinic* 用的活動照紀錄他所實驗的鼠之活動；所以不能從他的研究知道，鼠在割去胃後還有沒有每晝夜內十個的活動期間，他未能答復我們的問題，鼠胃的飢餓收縮週期與鼠的每晝夜內的活動週期是否有因果關係，但是他找到一種制鼠胃的手術和一種調養割去胃的鼠的方法是值得欣羨的。

這最早的實例雖不是十分圓滿的例子，但是已經足以使我們見到分析的方法在研究哺乳類行為上的確給我們以充分利用生理學的知識和方法之機會。

下面所舉的四個例子似乎可以證實這個意見。

三 白鼠之每日活動數量與性慾週期

1. 雌鼠之四日的活動週期

在養白鼠的籠子內加一個迴轉鼓，看鼠在鼓內跑，幾乎是一種普遍的小孩子們的遊戲。一九〇九年美國Collin G. Stewart才用這種鼓的轉動數目來量鼠每日的活動數量。一九〇七年至一九一二年，James R. Spongberg曾用這個方法去觀察白鼠自離乳起至老死止每日活動數量有什麼變化，他們似乎都未曾注意雌雄鼠之每日活動數量的變化有個重大的分別。

在一九一一年我實驗肌肉運動對於鼠的飢餓之影響，在每個被實驗的鼠的籠子加了一個迴轉鼓；並且每日在中午我紀錄每個迴轉鼓的迴轉器上的數目，將每個鼠的每日紀錄畫成曲線時，我看雌鼠之每日活動數量的變化有個四日週期，而雄鼠就沒有這種一定期間性的變化。圖三和圖四的比較就可以證明這一點。我就避去原來的問題，改去研究雌鼠之四日

的活動週期。在一年半之內，我用了十四隻成年雌鼠做實驗，一共紀錄了一百九十二個活動週期。這一百九十二個週期之平均的長短是四、三日；最短的週期是二日，最長的是十一日；四日長的週期最多，這些實驗結果證明了，成年雌鼠與雄鼠隔離時雌鼠之每日活動數量的變動有個四日的週期，而在隔離的成年雄鼠就沒有這種現象。

只有隔離的成年雌鼠有這四日的活動週期；雌鼠與雄鼠的生理上最顯著的差異是雌鼠有一定的性慾週期。所以我推想雌鼠的性慾週期和活動週期一定有因果關係。

2. 雌鼠之性慾週期

一九一七年C.R. Stockard同G.N. Papanicolaou發現一種方法，由觀察雌天竺鼠陰道分泌物內所含的各種細胞之變化，可以推知天竺鼠卵巢裏的生理變動。這個發現給動物性慾週期的研究開了一條新途徑。Joseph A. Love同Herbert H. Selye就利用這新辦法研究鼠的性慾週期。他們所得的結果之預報隨時在各雜誌發表。他們那本著作「鼠的性慾週期及其相連屬的現象」(The Oestrous Cycle in the Rat and its Associated)

白鼠之每日活動數量與性慾週期

Phoromona) 在一九二三年出版。他們發現鼠的性慾週期是平均四日至五日，最遲至四而最長十三日。他們分鼠的性慾週期爲五個階段；在這五個階段內，陰道分泌物所含的細胞有一定的變化，如表一。在此表內，第二和第三階段之陰道分泌物都只含未成熟的細胞，而表皮細胞，但在這兩個階段內雌鼠的性慾行爲不同，在第二個階段時雌鼠肯和雄鼠交媾而在第三個階段時就不肯了。

這些陰道內的變動都是由卵巢內的期間性的變動。在卵巢內卵成熟而尚未出卵巢時雌鼠正有性慾。如果兩個卵巢完全割去，性慾週期便消失，並且陰道分泌物所含的細胞也沒有了那一定的週期變動。只割去兩個子宮而不割卵巢就不生這種結果。

在懷孕和哺乳期間之內，雌鼠沒有性慾週期；他陰道分泌物所含的細胞也只是多數的複核的白血球和一些有核的表皮細胞，不生任何變化。

在未成熟時雌鼠沒有性慾週期，若是用適當的食物餵養，雌鼠之第一個性慾期最多發生在生後第三十七日至五十五日之內，最早可以生在第三十二日而最遲可以發生在第九十

四日。顯三個性慾週期往往是不甚規律的，多是比四日長一晝。

3. 兩種週期間之時間關係

活動週期和性慾週期，在雌鼠，既然是同樣長短，我們自然要問：這兩個週期有什麼時間關係？雌鼠在性慾週期的那一個階段是最活動？

胡、Coffey 和 Osgood 教授好意幫忙，為我檢驗雌鼠一個星期並且教我檢驗雌鼠陰道分泌物之方法。我第一次實驗的結果，雌鼠在一個活動週期內最活動的一天，雌鼠陰道分泌物含有消化的無菌的表皮細胞。這就是說，在性慾週期之第二和第三階段雌鼠是最活動。同時實驗雌鼠的性慾行為，我發現雌鼠最活動的時候就是性慾的時候。這樣，雌鼠是在性慾週期之第二階段最活動了。為了求詳確的證明，我又做了另一組的實驗。將四隻雌鼠六個連續的性慾時分六時、十二時和十八時，記載每次被實驗的雌鼠每日之活動量。檢查一次他們每個之陰道分泌物，並且把他們每個都和一個雄鼠在一個籠內幾分鐘去觀察他們的每種的性慾行為。圖五就是這組實驗的結果。這組實驗證明了，雌鼠確是在性慾週期之

白鼠之每日活動數量與性慾週期

(三) 在哺乳期間雌鼠沒有性慾週期，也應該沒有活動週期。實驗的結果是：在哺乳期間內，和在懷孕期間內一樣，雌鼠極不活動並且沒有活動週期；在幼鼠除去之後，雌鼠的活動數量立刻增加，但是需經過十日的時間活動數量和週期的規律才復元到懷孕以前的程度（圖七）。

(四) 雌鼠衰老之時，性慾週期消失，活動週期也隨之消失。一九二五年 S. O. Raker 證明了這一點。

(五) 割去兩邊卵巢使雌鼠失去性慾週期，也應使雌鼠失去活動週期；割去兩邊子宮不影響雌鼠的性慾週期，也應不影響活動週期，實驗的結果證明這兩點，並且表示出來割去卵巢的鼠非常的不活動（圖八）。

(六) 按照斯魯的經驗，牝牛卵巢內為氏小泡因病變為液大的水泡之時，牝牛就發性慾狂。我同 J. A. R. F. Guthrie 做的實驗證明了鼠也有同樣的性慾狂。我們割去雌鼠的一個卵巢，同時傷害存留一個卵巢。被施行手術之後，這些雌鼠有許多表現和卵巢全被割

白鼠之每日活動數量與性慾週期

亦即類同的結果。若有很少的性慾週期與活潑週期同正帶的一樣，有許多性慾週期與活潑週期同正帶的一樣，其含有有化而無核的表面細胞，並同時活動量增高，但無正常的四日週期，是有性慾狂了。又把那受病的卵巢從這些性慾狂的鼠腦去，其他個鼠生活情形就同取去兩邊卵巢的鼠一樣。其的無性狂的鼠之腦髓的鼠是，在做成切片後在顯微鏡下檢驗，都含有葛氏小泡變成的水泡。

(五) 腦內分泌與活潑週期

關於我們已經證明了性慾週期影響雌鼠的活動而產生活動週期。性慾週期內生殖器官和性慾行為的關係是甚為公認，為由於卵巢分泌的性慾週期是否也由於卵巢內分泌的影響呢？或者是由於子宮，陰道等器官受卵巢內分泌的刺激發生生理變化送神經衝動至中樞神經系統使活動數量發生變化呢？目前兩個假說中那一個是對於性慾週期的決定。目前尚難以在二者中擇其一，但 Oates 氏曾對鼠開始做實驗的時候，先還沒有由卵巢提出體內分泌有效成分可用。我們只可用移植的方法來做實驗，而實驗者應注意其內陰道等器官。

成分，我做過多次的實驗。在不到半數的實驗，割去卵巢的鼠，當注射卵巢製劑之時，活動數量大增，並且陰道分泌物只含有角化的表皮細胞。其餘的實驗都是失敗了。因為結果不能一致，我未曾發表這些實驗。一九三四年 Richier 同 C. G. Hartman 用精製的卵巢素 (Oestrin) 得到一致的結果 (圖 1-1)。

一九二七年 S. Ascheim 同 Bernhard Zondek 發現孕婦的小便內含有卵巢素甚多。一九三四年 Zondek 用孕婦的小便喂閹割的和割去卵巢的鼠，使他們的活動數量大增。

這兩組的實驗完全證明了使雌鼠活動數量增加的是卵巢素。

6 腦下腺與活動週期

一九二六年 Philip H. Smith 和 Bernhard Zondek 同時發現：將腦下腺前葉栽植入不成熟的雌鼠體內可以使他提早成熟。卵巢增大並且產卵；生殖器官也增大並且在組織上和成年的雌鼠長得一樣。Smith 還證明了將鼠的腦下腺前葉割去後鼠的性腺，甲狀腺和腎上腺所發生的萎縮現象可以由繼續栽植腦下腺前葉入這鼠的體內使這些萎縮的腺復元，腦

下腺前葉似乎是內分泌腺體之統帥；性腺，甲狀腺和腎上腺（三個重要的內分泌腺）都是被他所控制的。

一九三〇年Richter同George B. Wislocki實驗割去鼠的腦下腺對於鼠的活動數量之影響。他們發現割去雌鼠的腦下腺，性慾週期消失，同時活動週期也消失了。勿論是雄鼠或是雌鼠在割去腦下腺之後都是像割去性腺一樣極不活動的（圖一三）他們也發現這些割去腦下腺的鼠之性腺，甲狀腺和腎上腺都萎縮了。一九三七年Richter同John E. Escobedo證明了割去鼠的腦下腺之後每日栽植這腺體入這鼠的體內可使鼠的每日活動數量大大為增加，但不能完全復元到未被割以前的水準（圖一二）。在雌鼠，性慾週期也不能由這種方法恢復，活動週期自然也不能恢復了。這些雌鼠的卵巢是比正常的重到八倍至十倍。

7. 已知的事實和未解決的問題

以上所述的實驗使我們知道下列的事實：

(一) 與雄鼠隔離的雌鼠之每日活動數量有一個四日的週期；

白鼠之每日活動數量與性慾週期

行爲之生理的分析

三四

(二) 鼠的這個活動週期長短相同，並且在性慾週期的第二階段（即有性慾之期間），隔離的雌鼠最爲活動；

(三) 在雌鼠未成熟時，懷孕時，哺乳時，衰老時及被割去兩邊卵巢以後，性慾週期不存在，活動週期也不存在；

(四) 在雌鼠的卵巢受傷而卵巢內葛氏小泡漲大爲水泡時，陰道分泌物失去週期變動而只有角化的表皮細胞，同時活動週期也消失而活動數量繼續在高的水準上；

(五) 移植卵巢入被閹割的極不活動的雌鼠體內之後，如果移植的卵巢生存，這鼠的活動就大大增加但無十分規律的週期；如再取出移植的卵巢，這鼠又變成像被閹割後同樣的不活動；

(六) 注射卵巢素入被閹割的雌鼠或取出卵巢的雌鼠可大量的增加他們的活動數量以喂他們以富有卵巢素的孕婦的小便也有同樣的效果；

(七) 對雌鼠的腦下腺後，腺的切除，甲狀腺和腎上腺的切除，每日活動數量均大大低

減；在雌鼠，性慾週期和活動週期均消失；

（八）每日繼續移植腦下腺於被割去腦下腺的鼠體內可以使這鼠的活動數量大增，但不

能完全復到未割時的水準。

這些事實使我們知道：（一）卵巢的內分泌，卵巢素，刺激與雄鼠隔離的雌鼠使她增

加活動的數量；及（二）管制性腺的腦下腺前葉對於鼠的活動數量也有重大影響。

這些出於卵巢和行為關係的實驗可以說是做的頗為徹底。我們現在知道的內分泌腺對

於行為的影響也可以說是以關於卵巢的為最多了。但是仍有一些問題未曾解決。現在限於

篇幅我們把這些問題都列舉出來，我們只討論三個重要的。

（一）卵巢素使鼠活動是幾們已經知道河？但是卵巢素的這種作用是牠自身的作用

呢？還是由於牠對於其他內分泌腺的影響呢？現在這還是一個未曾解決的問題，在內分泌

腺體之內，除去卵巢和腦下腺以外，還有兩個腺體是對於活動數量有影響的，即甲狀腺和

的實驗證明鼠在割去兩個腺體之後就極不活動了。按照這些實驗，鼠在失去甲狀腺

白鼠之海軍活動數量與性慾週期

腺甲狀腺之後也減去很多的活動數量。腦下腺是管制性腺，甲狀腺和腎上腺的。至於卵巢對於腦下腺，甲狀腺和腎上腺有何影響，現在尙未能知。道所以現在我們不能否認，也不能承認，卵巢對於活動數量之影響是由於他對於上述的其他三個內分泌腺的影響，不過從下述的推論，我們可以假定卵巢素之影響活動是由他對於神經系統之直接刺激，腦下腺之影響活動是由於他影響性腺，甲狀腺和腎上腺；割去腎上腺之後極不活動，是因為他極見疲乏的緣故；甲狀腺之影響行為也是間接的由於他管理身體代謝作用。卵巢內分泌能影響與雄鼠隔離的雌鼠之活動數量是由於卵巢素之能引起性慾。在這四個內分泌腺之中似乎只是卵巢對於中樞神經系統有直接的影響，這個假定仍需要實驗的證明。

(二) 卵巢素怎樣影響中樞神經系統，也是一個未曾有答案的問題。自從 COPELAND 起一直到 Calvin P. Stone，一些生理學者和心理學者做過不少的實驗，去研究割去中樞神經系統一部份在性交，生產和哺乳等性的行為上作什麼變化。但是很少有人去研究性腺怎樣影響中樞神經系統。據我所知，只有 Ruben Stalnach 在一九一〇年曾把蛙的辜丸注

以圖例的雄鼠使這圖例的雌鼠在交媾時雄鼠所必有的無起反射，這是一個甚需要解決的問題。

（註）這次講演我所舉的事實可以說是證明了Sigmund Freud的學說，性慾能由在動物以外的途徑發洩，與雌鼠隔離的雄鼠在性慾週期的第二階段是有性慾而不得發洩。便在迴轉鼓內也。Sigmund Freud我會做過這樣的實驗。我們在迴轉鼓之外又在雌鼠的房內籠子之旁加了一個小籠子，這個小籠子和雌鼠的籠子不相通的。在這個小籠子內放一個雄鼠可以與雌鼠互相偎倚。未加上這雄鼠籠之前，雌鼠有活動週期而且跑的甚多，加上這雄鼠籠，雌鼠仍有活動週期，但是活動的數量只抵以前約三分之一。Sigmund Freud。

Kindler的實驗，雌鼠在性慾週期的第二階段搭蓋的窩最小。我們還不知道雌鼠的這種行為與雄鼠搭蓋的窩本等，有沒有同樣的週期變動，我們更不知道在比以上所述的實驗情形再複雜的環境中，與雌鼠隔離的雌鼠有何種的行為。這都是一些待研究的問題。

○九年他出版了「心理電反射現象」(Das psychogalvanische Reflexphänomen)。這本書引起了注意，研究這個問題的人就多了。第一次世界大戰斷了研究的生計。在一九二〇年前後德國生理學者Martin Gideinstein對於這個問題研究的很多。他以為這一個反射不一定與心理現象有關，所以他取了一個客觀的名字，叫這反射為「皮膚電反射」(Der galvanische Hautreflex)。

在述說關於皮膚之電變動的各種研究之前，我們必須鄭重說明下述的兩個事實。(一)在受刺激時，皮膚對於通過的電流之暫時的阻力低減；和皮膚兩個部位間之暫時的電位變更：是兩個不同的現象。前一個叫做 Fere 現象；後一個叫做 Tarchanoff 現象。這兩個現象有密切的關係，然而不可認為同一的現象。(二) Fere 現象是暫時的反應；除了這暫時的反應之外，皮膚各部份對於電流通過的阻力還有長時間的變動。同樣的，Tarchanoff 現象也是暫時的反應，除了這暫時的反應之外，皮膚各部位間的電位變動也還有長期的變動。暫時的電變動是在長期的電變動以上發生的。長期的和暫時的電變動應

行爲之生理的分析
該分別清楚 這些區別總述於下：

圖

皮膚之電變動



這些皮膚之電變動是發生於皮膚內之生理變化。至於他們之物理化學的機構現在尙未完全明瞭。我們這裏只指出，我們所說的皮膚電阻不是皮膚的真電阻，而是皮膚的視電阻 (Apparent Resistance)。這視電阻大部份是通過的電流所引起的生理變化之結果。通過的電流若是直流，皮膚的視電阻是隨着所用的電壓高低而不同。大概的說，對於幾十伏特的電壓，皮膚的視電阻低；而對於千分之幾伏特的電壓，視電阻高。電壓和視電阻之詳細數量關係現在尙不知道。通過的電流若是交流，皮膚視電阻不但隨着電壓並且也隨着頻

的改變。如果交流的頻率在每秒數千週波之時，通過的電流不引起皮膚內的生理變化，便可以量出皮膚的真電阻。皮膚的真電阻只有幾百歐姆，而且是不隨着皮膚的生理變化而改變的。我們應該認清，我們在這次講演內所說的皮膚電阻都是說的皮膚之視電阻。

2 長期的變動

我們先討論皮膚之長期的電變動。

皮膚之兩個部位間的電位差，用兩個「不極化的」電極（Non-Polarizable Electrodes）和一個電位計，是很容易量的。但是在所量得的結果裏很不容易找出有規律的變化。最近 W. F. Floyd 同 C. A. Korte 想了一個新的比較方法。他們在人身選擇一點做一個基礎定點，拿皮膚各部份和這個定點間的電位差來互相比較。這個比較方法似乎是比以往所用的進步。然而他們所得確實結果也只是一點：手心一面的皮膚，與那個基礎定點間的電位差，比其他部份的皮膚與基礎定點間的電位差，大得非常之多。皮膚的各部位間是有長期的電位差；而且這些電位差也是時時變動，因為研究方法上的困難，所以研究所

得的結果甚少。

皮膚電阻的長期變動之研究在方法上無大困難。研究這個問題的人頗多，研究的結果也多。在這些研究之中，最重要的是 *Richer* 所做的。他用了六年的工夫研究皮膚電阻的長期變動；他的實驗是用人和猴做的。他所得結果大略如下。

按照他的實驗，身體的電阻絕大部份是在皮膚之內。他用極細的針將被實驗者的皮膚刺一極小的孔，這一點皮膚的電阻就由很高的數目降低下來，幾乎降到零。這個實驗的結果是與 *H. Farmer* 同 *H. G. Chambers* 之一個偶然的觀察相符合。他又發現皮膚各部份的電阻之長期變化甚不相同。為了實驗的方便，他專注意考察兩個手心間的電阻，及兩個手背間的電阻。手心的皮膚含有汗腺特別多，而手背的皮膚含的汗腺甚少。這兩處的皮膚似乎可以代表兩種構造不同的皮膚。並且這兩處的電阻之長期變動也差異甚大。

在正常人，對於千分之一伏特的電壓，手心至手心的電阻平均約有七萬七千餘歐姆；而手背至手背的電阻則平均約有三十多萬歐姆。手心間的電阻在白晝變動甚小。睡眠時

手心至手背的電阻漸漸增加。手心間的電阻之增加似與睡眠的深度平行。熟睡時，手心間的電阻可高至三百萬歐姆以上。但一睡醒，手心至手心的電阻立刻由六百萬歐姆降至數萬歐姆。運動可以低減手心間的電阻。使人臥下不用蒸汗浴，迫人出汗時，其手心至手心的電阻也減低。至於手背間的電阻，在自查，他的變動比手心間的電阻的多而且大。在睡眠時，其手背至手背的電阻之變化也和手心至手心的不同。大體說來，睡眠舒適之時，手背間的電阻增加；而寢不安席之時，手背間的電阻就大大的降低。運動也可低減手背至手背的電阻（圖一三）。蒸汗浴使人出汗也可降低手背間的電阻。使人放心不下而身體緊張也是降低手背至手背的電阻之最有效的方法（圖一四）。

患甲狀腺功用過強的人其皮膚電阻低落甚大。這種病人之手心至手心的電阻，比較正常人的，約小四倍至五倍；而他手背間的電阻，比正常的，約小二十倍。

在精神病入之中，緊張症的 (Catastonic) 和本能的 (Subdorsal) 病人之手心間的電阻甚高，可高到同正常人在熟睡時的一樣；而妄想狂 (Paranoia) 的病人之手心至手

心的電阻就比正常人的低得多。至於手背間的電阻，在精神病人發時所有極大的變態。大體上說來，病人心情緊張時，他手背間的電阻就低，病人心情舒適時，他手背間的電阻就高。

以上所述是 *Wagner* 的研究人在各種情況之下手背間的和手背間的電阻之變化所得的結果。在這些結果中，患甲狀腺功用過強症的人之皮膚電阻低，是在一八七九年就被 *Vibron* 所發現了，並且 *A. D. Waller* 和 *Fernald* 同 *Chandlers* 也早知道了。當時皮膚電阻增高。但是手背間的和手背間的電阻在這兩種情形中有不同的變化，這就是 *Risberg* 的新發現。

再進一步，*Wagner* 求他所發現的這些事實之生理的分析。

在皮膚之內曾經被認為與皮膚電阻有關係的組織分子共有四個，就是（一）角化的表皮細胞層，（二）表皮細胞，（三）毛細血管和（四）汗腺。在這四個分子之中角化的表皮細胞層所含的細胞都是已經死去的，不能再有生理作用，可以不論。從 *Risberg* 和 *Wagner*

想到現在的 F. Aveling 同 R. J. S. McDowell 有許多說皮膚電阻的變化是因於皮膚內毛細血管的生理變動。但是他們的意見頗不一致。有人說毛細血管的收縮使皮膚的電阻而毛細管的鬆弛增加皮膚的電阻，有些人的意見就恰恰和這二者相反。有人說毛細管立時長高。並且說毛細管的收縮使皮膚的電阻增加。有人說毛細管的收縮使皮膚的電阻減少。同 B. C. Carter 的，和 Chester W. Darrow 的實驗不能證明毛細管之收縮和鬆弛與皮膚電阻之變動有任何確定的關係。毛細管我們也可以不講。與手心間的電阻之高低有關係的組織分子就只剩了表皮細胞和汗腺。

我們先說說 B. C. Carter 對於手心電阻的變化之生理分析。表皮細胞和手心間的電阻沒有多大關係。前此平心靜氣。用局部刺激刺激人年長的表皮細胞未嘗引起手心皮膚電阻的任何變化。B. C. Carter 同樣的實驗也得到同樣的結果。手心間的電阻之變化與汗腺之生理作用有密切關係，由手心皮膚汗腺的導流可以推知這個推論，一旦汗腺不用下述的實驗證明。他先證明蒸汗降低手心間的電阻。他又用發汗和止汗的藥來改變這電阻。他在被實驗的人的脖子上皮膚下注射發汗的藥 Atropine。以這次手心間的電阻

即隨出汗而降低；注射汗藥後，汗腺分泌，導致汗液分泌的電阻即因汗液分泌作用而增高（看圖一五）。從這些證據可斷定汗腺的電阻絕大部分是定於汗腺的分泌作用。

Richter 又從實驗證明，手心的電阻與神經系統有密切關係的。在人，一邊的頭部交感神經系統斷了之後，同邊的手心的皮膚電阻比較對邊正常的手心的增加甚多。睡眠時這與中樞神經系統失去連絡的手心皮膚之電阻也不增加。若在較加熱時，這手心電阻亦出法也沒有低減電阻。Richter 在中美洲找到一種蜘蛛猴 *Leontideus rosalia* 及 *Alouatta palliata* 也。

界的猴子非常馴服，極適於做皮膚電阻變動的實驗之用。蜘蛛猴在睡眠時，手心至手心的電阻也和人一樣隨着睡眠深度而增加。並且醒時手心的電阻也隨着睡眠深度而增加。蜘蛛猴的後腿的神經，脚心和不出汗時，其電阻與前腿的電阻也立即昇高。並且這脚心的皮膚電阻也不再隨着環境刺激或心理狀態而生變化了。若是

割斷了蜘蛛猴的到後腿的所有的感覺神經和運動神經，而不割斷他的交感神經，這脚心的電阻和正常的一樣的低，並且也和正常的一樣有各種的反應。這些實驗證明了交感神經的電阻

阻也立即昇高。並且這脚心的皮膚電阻也不再隨着環境刺激或心理狀態而生變化了。若是

割斷了蜘蛛猴的到後腿的所有的感覺神經和運動神經，而不割斷他的交感神經，這脚心的電阻和正常的一樣的低，並且也和正常的一樣有各種的反應。這些實驗證明了交感神經的電阻

阻。和汗腺的分泌作用一樣，完全依賴由神經傳導系統來的衝動而起變化的。

手背至手背間的電阻之變化和手心至手心的不同；他們的生理基礎也不一樣。手背間的電阻和手背皮膚內汗腺關係不大。Pilocarpine 也可以降低手背間的電阻，但是手背上看不到有汗出。Hering 大大增加手心間的電阻，但是對於手背間的電阻亦沒有任何影響。這些用影響汗腺的藥之實驗指示手背間的電阻變動不是由於汗腺的生理作用。Hering 是發現用局部刺激刺激手心皮膚不影響手心間的電阻，但是同樣的刺激手背皮膚，手背間的電阻便決大的降低。用毛巾出力擦手背和用直流電通過皮膚都得到同樣的結果。Hering 之於這些實驗符合 *Woods*。以前所得的結果。這些結果證明手背間的電阻變化大部份是由於手背皮膚之腺波細胞的局部反應。實驗證明電阻高，或將這平基由於肌肉交感神經手背時，腺波細胞之表波細胞的局部反應不是神經系統所直接管轄的。這在猿猴就是當其時臂割下之後，手背的電阻也不在顯著的變化。在蜘蛛猴，割斷牠的副後腿的交感神經，或割斷牠的副後腿的運動和感覺神經，或這三種神經一齊割斷之後，腳背至腳背的電阻都不

起變化。

至於手背間的电阻之能隨着心理狀態而起變化，似是間接的由心理狀態引起的肌肉或他種反應對手背表皮細胞所生之局部影響。心理緊張，肌肉不能完全鬆弛，手背間的电阻就高。這都似乎是由於肌肉反應對於手背表皮細胞間接影響。

總起來說，以上所說實驗分析的結果，手背間的电阻絕大部份是定於汗腺之分泌作用並且完全為中樞神經系統所管制。用手背間的电阻大部份定於表皮細胞之局部反應並不受中樞神經系統之直接的管制。他並且舉出各種理由推論，這些皮膚电阻的變化只是維持體溫的二種作用的表現。汗腺的功用是有關可感的出汗，而表皮細胞的功用是清關不可見的出汗。

5. 暫時的變動

現在我們討論皮膚的电阻和電位差之暫時的變動。

如果把兩種皮膚之暫時的電變動同時記錄在一張照像紙上就得到左列的一張圖（圖八）。就這個圖看來，皮膚之兩種暫時的電變動是同時發生，而且在反應的大小上也相差的不多。據 J. J. Johnson 的實驗，這兩種現象的大小之相關係數是 $r = 0.97$ ，並且他們的潜伏期之長短也完全相同。所以我們可以把 $r = 0.97$ 現象和 $r = 0.97$ 現象合在一起討論。到有必要時再分別論之。我們從普通的習慣，用皮膚電反射這個名稱兼指這兩種現象。

在人針刺之痛聲，恐嚇，喚起情結 (Cordex) 的字，和其他痛的或引起感情反應的刺激者都能使皮膚電反射發生。但是有一些不引起感情的刺激也可喚起皮膚電反射。例如：懶睡乘數表，深呼吸，故意長歎等等。在做肌肉運動時和因熱汗時，人也可有自發的皮膚電反射。

許許多多心理學者曾經研究皮膚電反射的強度和感覺刺激所引起的感傷或情緒之強度有什麼關係。所得結果頗不一致。有人說，在同一个體，這兩種強度之間有正比例的關係。有

人說，在兩對個人不這種強弱或沒有確定的數這關係在英國的人在同一刺激引起的感情反應差別甚微皮膚電反射的強度也甚不相同，並且感情反應和皮膚電反射在強度上更找不出一定的關係。沒有人敢說，皮膚電反射的強度可以用來做標準去分別感情強和感情弱的人。只有少數的人說，皮膚電反射的強弱和這種反應發生的次數之多少可以做為統計的標準去分別感情強和感情弱的人。不過我以為用心理學中的統計的標準是應十分小心的。

情緒的強度和皮膚電反射的強弱是沒有確定的關係。但是感覺刺激的強弱和皮膚電反射的關係不也有一定的關係。是人所公認的。強刺激引起強反射；弱刺激引起弱反射。並且有許多刺激例如恐嚇之反復使用多次之後，就漸漸失去引起皮膚電反射的效力。

皮膚電反射的曲線可有種種不同的形式，如圖一九所示。有些心理學者最初以為不同的曲線代表不同的感情或情緒。但是後來心理學者知道這個企圖是沒有結果的。

在大，真正的皮膚電反射之潛伏期約長二三秒，而腳上的就在四秒上下。這潛伏期特

則則其反應在同一個人變動甚小。所以心理學者多不注意皮膚電反射的潛伏期。因為這樣，有幾位生理學者如像 *Bothe's* *Siegel*，就誤認肌肉的電變動為皮膚電反射了。

以上所說是在一九〇九年以後生理學者研究皮膚電反射所得的結果之大概。以下我們討論這細微射的生理分析。和由生理分析所得的結論。

皮、玻璃電反射完全起於皮膚內的生理的變化。以前和以後，有些人認為皮剝皮之後這種反射仍然存在，但並非所有這種反射均在皮剝皮之後。以前和以後，有些人認為皮剝皮之後這種反射仍然存在，但並非所有這種反射均在皮剝皮之後。

平在出但是仔細的考察便可以指出這些人的實驗都有技術上的缺點。……
……和 *Widdowson* 則到現在有許多人以為皮膚電反射是生於皮膚內毛細血管的變化。自從 *Widdowson* 和 *Darrow* 以後有許多實驗證明這一說是不對的。就在種實驗的證據內，*Widdowson* 的實驗不得不承認 *Widdowson* 的主張是錯的，而 *Falchanoft* 的假設是對的。*Falchanoft* 的假設是：皮膚電反射是起自神經的分泌作用。這一說之實驗證據如下：
……證明人身體在
同部份之皮膚含汗腺多的地方皮膚電反射大，而含汗腺少的地方皮膚電反射小。

同 *Wallerstein* 發現，人的兩臂的皮膚有汗腺甚少就沒有皮膚電反射，雖然這個地方在感情衝動之下是極容易有血管反應的。*Richter* 證明，生來有魚皮症 (*Ichthyosis*) 的人皮膚內沒有汗腺也沒有電反射；在狗和貓，只有足掌心皮膚有汗腺也是只有足掌心有皮膚電反射。*Wallerstein* 用很巧妙的方法同時記載皮膚電反射和皮膚的出汗，證明了出汗是在有皮膚電反射之後。*Wallerstein* 用止汗藥 *Atropine* 的實驗也證明了，在人和貓，注射之後，汗不出了，同時皮膚電反射也消失了。只有 *Wallerstein* 和 *Richter* 用 *Atropine* 實驗人不得到汗不出而仍有皮膚電反射之結果。在人和貓，注射發汗的藥 *Epinephrine* 之後，手心和足掌有汗出，並且同時一陣一陣的有自發的電變動，很似皮膚電反射。在人和貓，注射發汗的藥 *Epinephrine* 引起的大部，感覺刺激所引起的皮膚電反射漸漸減小，終至於消失。這或者由汗腺疲勞的緣故。

在 *Wallerstein* 和 *Richter* 的實驗中，*Hector Gadby* 的簡單預報，在停止手臂血液流通時，*Wallerstein* 現象存在而 *Richter* 現象消失，恢復血液流通時，*Wallerstein* 現象也隨之恢復。

他們又觀察到在溫暖空氣中手臂血液充滿血液時及手臂的攣屈扶大的低減，而電位差無變
更。他們的第二個結果與海因里希的結果不相符。海因里希的實驗中停止手臂血液
流通後，人體的現象仍然存在。他們的第二個結果，手臂血液的電阻低減，是和以前所述
的因血液流通而因電阻的結果相符。電位差與海因里希的這些結果，如果證實了，便可給
我們各種線索去尋暫時的電阻和電位變動各消的生理基礎。

關於電反射之外行的神經是交感神經，這是由下列的實驗證明的。海因里希曾實驗過一
頭部交感神經斷定的小鼠，這個人之斷定的結果如下：也沒有皮膚電反射。柯林斯也
同海因里希的實驗，曾將蛙截成兩半，前後兩半只有交感神經相連。他們刺激蛙的前半仍
可引起蛙的後腿之皮膚電反射。海因里希和猴之實驗，刺激斷了的交感神經，引起腳心的皮膚電
反應。並且在判斷一邊的腰部的交感神經鍊之後，同邊的心就不再皮膚電反射了。一
九二五年海因里希曾借脊椎背根中含有禁止出汗的副交感神經纖維之說。只這事說被

J. N. Langley 和 Schilf 同 I. Mendel 的實驗所否認。但是四九三四年 O. Oster

從用人做的實驗，及二九二八年日人塚氏（*塚本*）從用貓的研究又復活骨根含有禁止出洋的神經纖維之說（一九三〇年我同魯子惠用貓做研究又推翻了這說）皮膚電反射的殊行的神經只是交感神經。

皮膚電反射的神經中樞可用三種實驗方法去我斷定。其用電刺激中樞神經系統的各含神經細胞的灰色部份並看刺激那部份可以引起皮膚電反應。用這種方法找到了大腦皮的運動區（我同魯子惠，和 *Richter* 同 *Osolin Langworthy* 的實驗），下視丘之灰白結節（*Richter* 同 *Preyer* 的交感神經中樞），（我同 *Richter* 和 *Richter* 同 *Langworthy* 的實驗），後腦之腦部第八條神經核鄰近的地方（*Richter* 同 *Langworthy* 和林可勝同他的合作者的實驗），三個地方受電刺激時，在貓都引起尋心的皮膚電反應。許多人所做的刺激節前和節後交感神經而引起皮膚電反應的實驗，使我們知道皮膚電反射在脊椎裏的中樞是那交感神經原柱。第三，在麻醉之下，割去被實驗的動物之中樞神經系統的各部份，再考驗刺激感覺神經所引起的皮膚電反射有什麼變動。按照我同 *Langworthy*

子惠用貓做的實驗的結果，割去大腦皮後反射變動甚少；割去間腦後，反射的強度和潛伏期都有很大的變動。割去中腦後和割去後腦後反射也不再發生（表三）。第三，割去或割斷中樞神經之某部份使動物由麻醉蘇醒後或完全復原後，再去檢驗他對於感覺刺激有沒有皮膚電反射。G. Deny 曾證明割去大腦皮的貓有這種反射（Deny, 1908）。同法證明，證明割去中腦以上的貓有這種反射（Deny, 1908）。證明割斷頸部脊髓的貓在完全復原後也有這種反射，並且反射特別強。由這些用三種不同方法所得的結果，我們可以說，皮膚電反射的中樞有四個：一個在大腦皮的運動區；一個在下視丘的灰白結節；一個在後腦的腦部第八條神經核附近；一個在脊髓的交感神經原柱的。

這八個的交感神經原柱是皮膚電反射的「最後公路」。凡是能引起這種反射，其刺激就在中樞神經系統內所喚起的神經衝動，是未必須經過交感神經原柱方能使這反射發生。其餘的三個中樞都是高級的中樞。這些高級中樞和脊髓裏的交感神經原柱之間的通路，尚是沒有解決的問題。我和魯子惠由實驗的結果，斷定大腦皮的和灰白結節的中樞都是有直接聯到

脊髓素的通路。E. A. Spiegel 同 W. C. Hunzicker J. 同意這個主張，但是他們以為大腦皮的中樞仍另有一條經過灰白節的間接道路。大腦皮的和灰白結節的中樞並沒有神經纖維到後腦的中樞現在尚沒有人研究。我同營子惠證明大腦皮到脊髓交感神經原柱的直接通路是大腦皮脊髓神經束。林可勝同他的合作者證明由後腦中樞至脊髓的通路是在脊髓的腹側柱 (The Ventrolateral Column) 內。下視丘的中樞到脊髓的通路有過一些研究，但是現在仍未有結果。

刺激許多的感覺機關都可以引起皮膚電反射。所以皮膚電反射早已證明引起皮膚電反射的神經衝動是由感覺機關的內行神經輸入中樞神經系統的。

皮膚電反射的潛伏期特別的慢。現在我們知道交感神經纖維的傳達速率特別慢。哺乳類的感覺和運動神經纖維的傳達速率高在每秒八九十公尺，而節前交感神經纖維的每秒一二十公尺，節後交感神經纖維的只每秒一公尺多。皮膚電反射的潛伏期長是因為交感神經的傳達速率慢。人腳心的這種反射的潛伏期比手心的長是因為腳心的節後交感神經比腳

乎心的長。如果實驗昆脩蝦 (Limulus) 的皮膚電反射，牠手心的反射的潛伏期就應比腳心的長。

以上所敘是皮膚電反射之生理的分解所得的結果。由這些結果，我們可以推論這種反射在行為中的意義。

第一項生理的分解使我們知道皮膚電反射是和意識現象無關係的。受麻醉的貓在中樞神經系統各部分割斷後，刺激感覺神經仍是引起這種反射。當頭割斷的貓，受皮膚刺激時，也有這種反射。Lloyd Morgan 也曾發現，進行外科手術時，以全體麻醉的入，刀割皮膚，肌肉和腹膜仍可引起皮膚電反射。皮膚電反射是一種反射，與意識現象是無關的。牠既不能做感覺神經的標本，也不像，像 *Reflex* 等說的，以代表意志的歷程。然而，引起情緒的 *Reflex* 的等之能引起皮膚電反射，不是因為這反射是伴有意識現象後現，而是因為這些刺激是制約的刺激 (Conditioned Stimulus)。這些刺激連續使用幾次使與去喚起這反射的效功，正是由於制約反射的消失作用 (Extinction)。至於皮膚電反射之可以有

在將有肌肉運動之前，自動神經系的反射就先出現了。這些自動系的反射都是適應肌肉運動所生的生理變化，使身體內保持適當的平衡，以便繼續做肌肉運動。出汗是使體溫不至過高，血壓增高可以增加至肌肉的血液，呼吸加速是增加身體的養氣供給。肌肉運動愈激烈，這些自動神經系的反射愈強。並且在將有劇烈肌肉運動時，這些自動神經系的反射最易提前出現的。照這樣說，皮膚電反射就是這些在肌肉運動時所發生的維持身體生理平衡的自動神經系的反射之一。皮膚電反射是汗腺起分泌作用的表現。出汗是防由肌肉運動將體溫提得太高。這就是皮膚電反射在動物（人在內）行為上的意義。

這一說可以把皮膚電反射的意義和皮膚電阻的長期變動之意義相連合。這兩種皮膚電變動都是維持體溫的生理作用之表現。為維持體溫而發生的連續的出汗，包含可見的和不可見的出汗動使皮膚電阻生長期的變動；而一時應急的出汗，只是可見的出汗，便引起了皮膚電反射。一時的出汗是在連續的出汗之上發生的，就像皮膚之暫時的電變動是在長期變動以里發生的。至於皮膚電位差的長期變動之不容易研究或解釋是因為不但身體各部份

實行爲之過程的分析

對於群衆教育不同受前次在繼續的出洋黨組織工作應沒有決定性的規律

正故○

五、腦內電位變動

第三個例也是生理電學的研究——腦內電位變動。

1. 歷史

Richard Caton 是英倫的一城的一位醫生，對於生理學有研究的興趣，並且做過 Liverpool 大學的生理學教授，也是英國生理學會發起人的一個。他最早研究腦內的電變動。一九七四年他研究狗腦的電位變動，看到用光刺激狗眼可以引起狗大腦皮之視覺區內的電位變動。他雖然得到確實的結果，但是未能引起其他的生理學者之注意。在一九〇〇年前後，只有極少數的生理學者研究這個問題。W. 巴登。哥倫發明磁線電流計 (Stern galvanometer) 之後，有些生理學者想利用這個新的利器研究腦內的電變動。人一時研究工作較多。但是第一次世界大戰打斷了這研究的風氣。腦內的電變動一向是生理學中不大受注意的問題。原因是因為技術的困難，很容易誤認外來的影響為腦內的變動。

一九二九年，德國 G. G. 大學精神病學教授 G. G. W. W. 發表他那驚人的發現。他用兩個電極安置在人頭上（一個在前額，一個在枕骨部份）和一個靈敏的電流計連起來，便可以記出來人的大腦內的極有規律的電變動（圖二一）！他在一九二四年就發現了人腦之極有規律的電變動，但是他繼續研究了五年，確實證明了他所記載的是人腦內的變動，方才發表。他雖這樣的小心，然而仍不能使生理學者相信。就是因為他所找到的變動是極有規律，所以更使得他們懷疑。一九三四年英國生理學者 D. A. H. 證實了 G. G. W. 的發現。這便引起各國的許多生理學者、心理學者、精神病學者和神經病學者研究人腦電波（Brain Waves）。

一九三二年德國

H. H. 和 H. M. E. 各自發現，用光刺激兔眼可以引起

兔大腦皮的視覺區（圖二二）。

同一年，美國 S. H. Bartley 同 G. H. Bishop 用雷刺激兔的視覺神經使兔大腦皮的視覺區內發生電位變動。也在同一年，Kornmüller 用許多個同樣的紀錄兔大腦皮之各構造不同的區域內的電位變動，他看到各構造不同的

區域各自有特別形式的電位變動（圖二三）。這些工作使生理學者對於動物腦內電位變動的興趣不但復活而且增加。

我們必須指出，近二十多年來，生理電學的研究大大得力於無線電用的電子管之發明和改良。這件小小的儀器使生理學者可以記錄極快而極微弱的電位變動。神經纖維的生理研究和腦內電位變動的記錄都是得了他的幫助方才能有近年的進步。

十年來，人腦電波的研究是集中在尋找在各種情形下的電波變化。在動物研究的方面，生理學者似乎特別注意這兩個問題：（一）腦內電位變動的來源是在神經原的纖維呢，是在神經原的神經鍵呢，還是在神經原的細胞本身呢？（二）用電位變動做個生理作用的標識去研究中樞神經系統各部份有什麼功用？在這入腦電波和動物腦內電位工作裏已經都有許多進步。

近年來，關於腦內電位變動的文章已經有五百多篇了。在短短的一個講演內，勢不能把這些文章都討論。我只能選擇重要的述說。選擇是難免受個人偏見和私心的影響的。在

一個未曾完全發達的研究範圍內，這種錯誤更是容易有。所以我深知道，我所以爲重要的未必是真正重要。

2. 人腦的電位變動

Edwards的發現令人驚奇。用兩個電極安置在人頭上含一個電流計連起來便可以觀察人的大腦內電位變動，是人們從來沒有想像得到的。驚奇之後，人們便又感覺失望。因爲人的大腦的電位變動太規矩齊整，並且在各種心理狀態之下，電位變動的改變也太簡單了。

據Edwards所得的結果，人如果安安靜靜的閉着眼睛躺在床上而不入睡，人腦內的電位變動有兩大類的波動。第一類是每秒鐘有八個至十個的波動，Berger叫這一類做Alpha波動；第二類是每秒鐘有二十至二十五個的波動，他叫這一類做Beta波動，普通，Alpha波動的振幅是比Beta波動的大。在下述的情形之下，Alpha波動消失，而Beta波動加多：用光刺激眼，開眼看東西（圖二四）；聲音的刺激；觸覺的刺激；驚嚇；注意；做心

他種用心工作。

Adrian證實I Berger的這些結果。Adrian與他的合作者更進一步找到了alpha波動
的起源地在大腦皮的枕葉。人的大腦皮之視覺區就在枕葉；alpha波動或者與視覺區有密
切的關係。Gibber用兩個電極，一個放在前額而一個放在枕骨，距離太遠，不能觀察大
腦之一小部份內的電位變動。Adrian同他的合作者改用距離甚近的電極，並且同時用數
對電極各幾個示波器連起。這樣，他們可以同時記載人腦的幾個小部份內的電位變動，所
以他們尋到了alpha波動的發源地。他們還用屍體證明，如果在腦腔內生一串極微弱的交
流電波，他們所用安電極的方法可以尋到這人造的電波在腦腔內的發源地。後來，Gibber
Jasper同H.L. Andrews觀察到，alpha波動有時起源於大腦皮的前葉。W. G. Walter證實
了這個觀察，但是據他所實驗的一千人之中，只有四個人有前葉的alpha波動。大多數人
的alpha波動是起源於大腦皮的枕葉。

經多數人的研究，人腦內電位變動有種種時間長短不同的波動：時間最長的波動可長

至五秒鐘，而最短的可短至一秒鐘的千分之三十。Hallowell Davis曾集合一九三八年以前所有的研究結果造成一表（表二）。

Alpha波動在同一個人變動甚少；而在不同的人差別就顯大了。Davis夫婦並且發現相同的孿生人（Identical Twins）有相同的腦電波曲線（圖二五）。

人生後二三個月內只有很慢的腦內電位變動。每秒鐘只有三四個波動。每秒鐘的波動數目隨着年齡漸漸增加。到十二歲之後，方有成年人的Alpha波動（表三）。

入睡時，人腦內電位變動有一定的改變。A. I. Loomis（一位美國物理學者），Davis夫婦同他們三位的合作者曾研究這個問題。按照他們研究的結果，自未睡到熟睡可分為A至E的五個階段。圖二六和二七就是他們研究的結果之總述。在半睡半醒的時候，若是有夢，腦電波中往往就驟然發生一串Alpha波動。

在精神病人之中，似乎是有患精神分裂症（Schizophrenia）的病人的腦內電位變動，像熟睡的人一樣，有時間長短的波動。

在神經病之中，癲癇 (Epilepsy) 和腦內癱瘓使腦內電位變動生顯著的變化。Lederer, A. G. P. 夫婦同 W. C. Lennox 研究癲癇病的腦內電位變動最為詳細。三種不同的癲癇病人有三種和正常人的甚不一樣的腦電波：重症癲癇 (Grand Mal) 發作的時候，腦內電位變動就是大而且快的波；輕症癲癇 (Petit Mal) 發作的時候，腦內電位變動是一個大的慢波連續出現；多言性癲癇 (Psychomotor epilepsy) 發作的時候，腦內電位變動都是慢的方頂的波 (圖二八五)。E. Giles, S. Graham 同 W. C. Walter 發現：在癲癇病時，有些癲癇人的腦內電位變動圖 (Microencephalogram) 也同正常人的不同，時間長短波動特別多。

Walter 發現，腦內有癱瘓部位有時間長的變動。Walter 根據這個發現和 Adrian 所用的安費如對電極同時記錄幾個相連的部位下的，電位變動的方法，創出一種尋找腦內癱瘓所和癱瘓的法子。到一九三八年，他已經在一百個病人用他的新法找腦內癱瘓所在處。

總起來說，人腦內電位變動圖在正常的人最多有 α 波、 β 波、 γ 波、 δ 波、 θ 波、 μ 波。時間

慢的波動和時間太快的波動都是指示腦內有反乎正常的生理變動。最慢的波可長到五秒鐘，而最快的波可短到一秒鐘千分之二十。有人說腦內電位波動有一秒鐘內到一千次這樣快，但是尚未證實。又有人說腦內電位變動可以到一秒鐘之內有幾百萬次的，便更無人相信。至於這些波動之生理的和心理的意義還是在研究的問題。

動物實驗

研究生理電學的都承認，所有的細胞在受刺激時必發生電位變動。神經纖維的電位變動幾乎可看做和神經衝動是同一現象。生理學者久已利用神經纖維的電位變動做一種信號法研究感覺機關和脊髓的生理作用。腦內既然也有類似的電位變動，生理學者自然想利用這些電位變動去研究腦的各部份之生理作用。

這種工作近年來是也很發達。在已發表的工作中，我們只述說三種問題的研究。這三個問題是：(一)眼受光的刺激時腦內視覺系統各部份之電位變動。(二)大腦皮的皮膚肌肉感覺區域內的電位變動。(三)由大腦皮系統狀態和視丘的電位變動所看出來的三者

的相互關係。

(3) 我們已經知道 Gibson 最近發現用光刺激引起大腦皮的視覺區域內的電位變動。Kornmüller 和 Fischer 又各自重新發現這個事實。用光刺激兔或貓或猴的腦殼能引起他的皮層皮層區域內引起兩個電位變動。一個發生在光剛照在眼上之後，叫做「期光效應」(Blick-Oberfläche) 而另一個發生在把光撤去之後，叫做「撤光效應」(Blick-Unterfläche) 於此著圖 133 頁。

Gibson 和 Kornmüller 各自證明說：如果把電極自皮層皮層區域移出時僅在區外有一公釐，再用光刺激就不能在視覺區外的皮層皮層引起電位變動。按照我的實驗，如果在安插於皮層皮層區域內的電極周圍塗上麻酔藥 (Strychnin) 的生理鹽水溶液，顯光和撤光效應便都立刻消失。這些事實表明了這兩個效用是由視覺區域在光刺激之後受了傳入的神經衝動所產生的生理作用而產生的。這兩個效應既不是假的，也不是發生於視覺區以外的。

我們按照 Gibson 和我所証的結果，顯光效應的潛伏期是隨着光刺激的強弱而變更。顯光

使潛伏期短而弱光使潛伏期長。依照 $\frac{1}{I}$ 的結果，撤光效應的潛伏期也是這樣的隨着光刺激的強度而變化。這兩種效應的潛伏期之長短和光刺激的強弱的關係，我們已經知道不是直線的，但不能說出究竟是那一種函數，這兩種效應在光刺激強時大；而在光刺激弱時小。因為技術上的困難，效應大小和光刺激強弱間的關係更難確定。

在顯光效應和撤光效應之間，光雖然是繼續的照在眼上，但是大腦皮視覺區毫無反應。R. W. Gerard 發現在顯光和撤光效應之間影動 (Chadov movement) 可以引起視覺區內新的電位變動。我同魯子惠也找到這影動效應，並且仔細的研究過這個效應。影大能完全遮住光刺激，影動效應就等於撤光效應，影小不能完全遮住光刺激，影動效應在大腦皮視覺區的比在中腦上體體的大得多（圖二九）。影動的速度越快，影動效應越小，牠的潛伏期越短。

在顯光和撤光效應之間，光刺激的強度如有變更也可以引起大腦皮視覺區的電位變動。Hermann Müller 由他實驗的結果以為光強度的變更引起不起視覺區的電位變動。但這由

我和魯子惠的實驗證明這是可能的。不過，在麻醉的兔，光強度的增加或減少與原來的強度之比限例（ $\Delta I/I$ ）須在四比五以上；並且光強度的變更至少須在一秒鐘的千分之一百五十以內完成。減光強度的效應等於撤光效應；增光強度的效應等於顯光效應（圖三〇）。H. K. Hartline 研究蛙的一條視神經纖維的電位變動，發現有撤光效應的神經纖維才有減光強度的效應，而有顯光效應的神經纖維才有增光強度的效應，他這些結果正和我們的相符。

一八六六年 W. D. Hering 發現網膜受光刺激時發生電位變動；許多生理學者會繼續做過詳細的研究。一九三六年以後，Adrian 和 Hartline 都曾詳細的研究視覺神經的電位變動。一九三二年以後，腦內各視覺中樞，如大腦皮的視覺區，視丘的外側膝狀體和中腦的上囊體，由 Kornhuber, Fischer, Bartley, Gerard, 我同魯子惠，和另外許多人的著作證明了，也有在眼受刺激後發生的電位變動（參看圖二九和三〇）。這樣，我們有了一個很好的機會，利用視覺系統內自網膜到反應器官各處的電位變動，去分析視覺反應

時間的，和分別光弱度的生理機構。本着這目的，我同魯子惠曾開始研究葉的脈動神經核的電位變動，並曾記錄葉的視球 (Ovary) 和虹彩內筋肉的電位變動，也曾動手做些分析的工作。在記憶日本軍閥侵略我國開始戰爭打斷了我們這項研究。但是從現在所知獲得的一切結果，我們似乎可以說，由視球反應時間比適應反應時間長得多，是因為網膜內化學變化過程其機械變化所費的時間長，光刺激強度的分別大部份依靠強弱不同的光在網膜內所引起的化學變化程度上之差異，而不甚依靠神經中樞的作用。

C. D. Welch, Mashall 同 Philip Bard, 和 Arthur 都曾利用大腦皮的皮膚筋肉感覺區在皮膚受刺激時所引起的動作電位去研究這一區在大腦皮上的分佈。但是在這一方面最精彩的工作無疑地是 J. G. Dussor 及 Barthele 同 W. S. Mc Culloch 之關於猴類猩猩及腦皮的皮膚筋肉感覺區域內部構造的研究。

Dussor 同 Barthele 同 Mc Culloch 合用兩種方法去研究猴類猩猩大腦皮的皮膚筋肉感覺區之內部構造。這兩種方法的第二種是 Dussor 同 Barthele 所發明的本條

子精 (strychnine) 局部毒化法。在一九一二年，他發現，用木紫子精溶液塗在動物脊髓的背面上一個方一二公釐的地方，便使這一部份脊髓的神經背根所管轄的範圍內，發生感覺過敏和錯覺。一九一六年他用這個方法找到了貓大腦皮的皮膚肌肉感覺區；一九二四年又找到猴大腦皮的這個區域。一九三一年他同 O. Saxon 用這個方法研究貓視丘內這個區域的分佈；一九三七年他又研究猴視丘內的這個區域。第二種方法是把腦內電位的方法。腦內神經原在中木紫精毒後自動的發生一種大而且快的電位變動。這些大而且快的電位變動形式這樣的特別，所以生理學者叫牠們做「木紫子精尖峰」(strychnine spikes) (看圖五十一)。

Dusser de Barenne 同 Mc Culloch 發現在大腦皮視覺區內局部木紫子精毒化只使被毒的小地方有尖峰式的電位變動出現。但是在皮膚肌肉感覺區內變化就複雜多了。皮膚肌肉感覺區，依照他們的研究，不僅橫着分為腕分區，臂分區和臉分區，並且豎着也可分做一些長條(圖三十一)。局部毒化小區，本小區內除極近毒化的地方之外不

腦內電位變動

生「木鱉精尖錐」，而A小區反有此類尖錐（圖三二）。局部毒化A小區之後，A.Ga小區不生影響，A.2小區發生「木鱉子精尖錐」，而在A和L.4反生禁止作用（圖三三）。綜合他們所有的實驗結果，大橫分區的各小分區間的相互關係雖是複雜，但有定則；這些詳細關係如圖三四所示。

在他去世之前，Dusser de Barenne 同 Mc Calloch, Percival Bailey, H. W. Carol 完成了一件大的工作。他們用五個猩猩（*Pan satyrus*）研究這種和人相近的猿之大腦皮上皮膚肌肉感覺區域之內部構造。他們每一個實驗繼續不斷的做七十二個至八十四個鐘頭。他們在猩猩大腦皮的這個區域內安上八行每行六個的電極，同時他們可以紀載三十個小地方內的電位變動。他們用木鱉精局部毒化一個小地方，同時可以知道在三十個不同的小地方所生的影響。這件偉大美麗的工作已在一九四〇年神經生理學雜誌（*Journal of Neurophysiology*）第三卷第四六九至四八六頁發表了。詳細的地方須看原文；下面所述只是極簡單的提要。

猩猩大腦皮上的溝迴個體差別非常之大；除了大的溝迴之外，其餘小的幾乎無法發認。大腦皮的皮膚肌肉感覺區，在猩猩比在猴子，變化更大。所以畫出一個猩猩大腦皮肌肉感覺區之標準圖是不可能的。他們只能綜合在五個猩猩所得的結果畫個圖。圖三表示猩猩的這個區域之橫的分區，圖四表示猩猩的這個區域之豎的長條，圖五表示豎的長條間之相互關係。就橫的分區說來，猩猩之頭分區和軀幹分區比猴的界線清楚。就豎的長條說來，猩猩的長條比猴的多兩條；但是大體的組織是相似的。在中央溝的前後，猩猩和猴都各有一個長條，在中木紫子精毒之後，對於其他的長條發生禁止作用。在猩猩的皮膚肌肉感覺區的前後，各有一長條，在受木紫子精毒以後，對於這個區域發生發生禁止作用。他們因而從新研究換的大腦皮，發現猴的皮膚肌肉感覺區的前後也各有一個對於這個區域全體有禁止影響的長條。他們也找到，猴和猩猩一樣，在該區域內有兩個小地方，中毒後，在本地方和其他地方，均不生任何反應。

他們所得的這些結果都是新的知識，使我們知道，大腦皮上皮膚肌肉感覺區不僅橫着

分爲腦、腦幹、背、頸和臉的分區而且其功能不同的長條。這些知識使我們對於各個感覺區的認識更深一層。此種對於腦皮他在生理學上在近年來的一大進步。

(三) 神經解剖學家早已知道視丘有神經原送纖維到大腦皮的皮層肌肉感覺區然而這個感覺區內的神經纖維系統難到視丘。如Huber, 1910。而癲癇病人所得的結論說：由大腦皮的皮層肌肉感覺區到視丘的纖維被切斷時，視丘就脫離了大腦的統制。結果痛覺或骨的成情色彩便加強了。有一些學者，如Huber, 1910。因此，假定視丘到大腦皮的皮層肌肉感覺區的纖維，和由這個感覺區到視丘的纖維互相連成一個環子，視丘受下級纖維傳入的衝動之刺激而送衝動到這個感覺區內，這個感覺區受這些傳入的刺激而送衝動到視丘，視丘受由這個感覺區來的衝動之刺激而又送刺激到這個感覺區，所以在視丘和這個感覺區的神經環子內可以循環的刺激。這些意見都是有趣味的學說。但是我們都沒有實驗的證據。

Dusser de Barenno 同 Mc Calloch 的研究供給這些證據。他們將兩個直線放

入猴視丘裏的臉部感覺神經核內，用木紫子精局部毒化大腦皮的皮膚肌肉感覺區之腿分區或臂分區均不能使視丘裏臉部感覺神經核有尖錐式的電波；但是局部毒化感覺的臉分區便使「木紫子精尖錐」在臉部感覺神經核內出現（圖三八）。大腦皮的感覺區的臉分區和視丘的臉部感覺神經核，臂分區和臂部神經核，腿分區和腿部神經核，各有直接關係；而沒有交叉的關係。他們又做了反過來的實驗，用木紫子精局部毒化視丘的感覺神經核，而觀察大腦皮的感覺區之各分區內的電位變化。他們得到和前一個實驗相符的結果。局部毒化視丘內臉部（或臂部，或腿部）感覺神經核只引起大腦皮的感覺區之臉分區（或臂分區，或腿分區）內的尖錐式的電位變動，而不影響其他的分區。這樣他們證明了，大腦皮的各分區和視丘內相當的神經核有相互關係。

（二）一節內，我們曾提到 Dussier de Barenne 與 Mc Culloch 發現猴的大腦上皮膚肌肉感覺區域內，長條局部中木紫子精毒禁止長條內的電活動。他們做了一些實驗去找這種禁止作用由那一條通路自上而下長條傳達到了長條。

他們在這兩長條之間劃一刀將兩長條間的連絡切斷， Δ 和 Γ 局部中毒仍對於 Δ 發生禁止作用。這種禁止作用在局部中毒的地方之周圍的大腦皮層全被毀壞之後仍然存在。但是在 Δ 和 Γ 兩個長條的大腦皮與這部份大腦皮下的神經纖維層之連絡被切斷後，這種禁止作用便消失了。這樣他們弄明了， Δ 對 Γ 的禁止作用之傳達必須經過大腦皮下的神經中樞。

他們由下述的兩種實驗的結果知道這種禁止作用的傳達是經過放射體的尾核 (Caudate nucleus) 的。(i) 局部本質子精毒化 Δ 或 Γ 之後，尾核內發生尖難感的電位變動。(ii) 局部毒化 Δ 、 Γ 、 Δ 、 Γ ，不影響尾核的電位變動。

他們進一步的實驗，看割傷尾核後再局部毒化 Δ 、 Γ 或 Γ 、 Δ 是否低減 Δ 對 Γ 的電活動，在割傷尾核後， Δ 和 Γ 的電位變動大為加強，須經過半點鐘到一點鐘的時間方才復原。割傷尾核後再毒化 Δ 、 Γ 或 Γ 、 Δ 就對於 Δ 和 Γ 不發生禁止作用。他們又進一步用本質子精局部毒化尾核得到禁止 Δ 和 Γ 的影響。

在同時紀錄 Δ 、 Γ 和視丘內腿部感覺神經核的電位變動之實驗中，他們看到，用紫子精毒化尾核之後，視丘腿部神經核也同 Δ 和 Γ 一樣地受禁止作用。

大腦皮的皮膚肌肉感覺區和視丘之密切關係，他們由下述的實驗證明了。將視丘內腿部神經核破壞之後，大腦皮的感覺區之腿分區內的電位變動立即大大的低減。並且將大腦皮的感覺區內的一部份和視丘的連絡切斷，等到兩年半之後再觀察這部份大腦皮的電位變動，他們發現電位變動比剛剛施手術後較為復元，然而仍極不正常。

由上述的結果，他們斷定從A.4.S或L.4.S到A.4和L.4是走這樣的一條路：

A.4.S.L.4.S尾核 \rightarrow 視丘 \rightarrow A.4.L.4。

用話說，就是由A.4.S或L.4.S發出的神經衝動先經過尾核，再經過視丘，然後才回到大腦皮的A.4和L.4小區域。

這完全是由生理實驗所得的結果。解剖學者中有少數的人承認大腦皮這神經纖維到紋狀體的尾核。但是尾核並沒有神經纖維到視丘去；如有，經由那一條神經通路——便都是

解剖學者爭論未已的問題，生理實驗雖然證明了木質精毒化尾核禁止視腿的電活動，但是現在尚未找出尾核到視丘的通路。所以Dusser de Barenne同Moculitch在尾核視丘之間畫條虛線。

他們這些實驗證明了大腦皮的皮質肌肉感覺區，視丘的感覺神經核和紋狀體的尾核有複雜關係。這都是新知識，也是神經生理學中的一次進步。

4. 分析

從以上兩段內所述研究人的和他種動物的腦內電位變動之結果，我們得到一個印象；精彩的結果頗多；但是現在仍沒有人能夠把這些單獨的精彩的结果造成一個系統的學說。這種研究在十年前才開始。現在仍未脫離描寫時期，研究的人正忙着搜集各方面的事實。各方面的事實未曾曉得清楚，自然不能產生一貫的學說。

但是已得事實的實驗分析早已有入開始去做。G. H. Bishop同他的合作者曾用極細的只有尖上不包絕緣體的電線做電極插入大腦皮的視覺區之各層內，再用電刺激視覺神經，去

研究在視覺區的各層內所引起之電位變動有什麼不同。Dusser de Barenne同Mcculloch曾用熱使大腦皮之第一至第三層凝結而死去，然後去觀察大腦皮的電位變動，沒有改變。他們也會用極微電極（Microelectrode）插入大腦皮的各層之內，去研究在大腦皮局部中木質子精滲時各層內有什麼電位變動。A. Forbes 同他的合作者也曾用極微電極觀察大腦皮之組織比較簡單的海馬迴內電位變動。

脊髓的構造比腦簡單的多。由研究脊髓的電活動所得的結果或者可以給些線索去分析腦的電位變動。在這方面，H. S. Casser, J. Hughes 同他們的合作者，和 B. H. C. Matthews 同 Donald H. Barron 工作最多。前一組生理學者從脊髓的表面或裏面紀錄電位變動；而後一組生理學者是從脊髓的神經根紀錄。他們的實驗方法不同，所得結果也不一樣，並且見解也不相同。將來研究進步，這些不同的地方自然消滅。但是現在這些研究尚不能對於腦的電活動之分析有所幫助。

腦和脊髓內電位變動之分析遇到的困難甚多。第一，腦和脊髓的電位變動比較神經纖

繼的慢得多多。這些慢的變動是由神經纖維的快的變動集成的呢？還是神經原本身的或是神經原之神經鍵的電位變動呢？一切的企圖去證明腦和脊髓的慢的變動是由神經纖維的快的所集成，都不見得成功。而我們到現在還沒有方法分離出來一個神經原，使我們可以觀察他本身的電位變動。至於觀察神經鍵的電活動現在也是不見得可能。我們所有的證據均是間接的。就是最近 P. O. Therman, A. Forbes 同 R. Galambos 用直徑一公釐千分之十以下的極微電極去觀察貓或兔頸部第一個交感神經節內的電位變動。他們所得的結果也只是間接的。

第二。大腦皮之構造極複雜。A. W. Campbell, K. Brodmann, O. Vogt 夫婦，和其他的神經解剖學者之研究大腦皮的細胞構造 (Cytoarchitectonics) 和纖維構造 (Myeloarchitectonics) 似乎只能使我們知道大腦皮之各層的層次構造之不同，各層間的關係似乎只能用 Golgi 的染色法去求。但是 H. E. Golgi 和 S. F. Ramon y Cajal 到最近 R. Lorente de No 的工作，也只是使我們知道簡單的海馬迴之各層間的關係，這一點的知識之缺乏也是

分析大腦皮內電位變動之一個困難。

第三，我們到現在還沒有直接的實驗證明確實地指出大腦皮的電位變動同大腦皮的功用有那樣一定的關係。L. S. Selye 曾偶然觀察到，兔的大腦皮的運動區的臉動分區內電位變動，同兔嘴咀嚼動作，有一樣的節律。Cassidy 同 Andrews 曾見到，正常人之手的顫動的節律是和由顫頂（運動區在他下面）記錄的腦內電位變動的相同。除這些觀察之外，現在似乎還沒有由直接的實驗證明大腦皮的功用和電位變動的關係。

還有一個更深一層的困難，神經纖維的電位變動，雖然我們可以認為幾乎同神經衝動是一個事件，但是我們還不知道是由什麼物理化學的變動來的。薄漢說（The Membrane theory）固然是大多數生理學者所承認之說，但仍是不能使人完全滿意。Cassidy 諸人所發現的大腦皮內神經纖維之正的和負的後電位（After-Potential）就不容易用薄漢說來解釋。研究經過百年而所得結果疑難的神經纖維的電位變動祇是這樣；那固剛才研究的腦內電位變動更不難想了。

行為之生理的分析

八四

這些困難遲緩了分析的工作。

B. 在生理心理學的意義

大腦電波的研究對於生理心理學已有了很大的貢獻。

Wolcott 之創造的工作給了我們一個意想不到極簡單的方法，去觀察人的大腦內的生理變化。這個方法雖然沒有使我們得到最初期望的收穫，卻已經給了不少的新事實。在臨床方面的應用已改變了對於癲癇病的觀念，並且也已經產生了一個定腦瘤部位的新方法。更進一步的工作，Wolcott 所找到的這個新利器一定可以使我們在人類生理諸塊未知的荒野內開闢一些新田地。在近年工作裏，業已可以出這種墾荒工作的符號了。

在動物實驗方面，腦內電位變動的研究業已給我們許多神經生理的新知識。這些新知識都是用旁的方法所找不到的。這些新知識在生理心理學的工作裏將來一定可以找到重要的實用。我們現在可以指出，腦內電位變動的研究在感覺的分析上必定可以有很大的貢獻，尤其是在視覺，聽覺和皮膚肌肉感覺的分析上。

但是現在可以看到的，腦的電活動之研究在改變我們對於中樞神經系統的根本觀念上貢獻最大。這種研究使我們完全改變一向的傳統的觀念。按照傳統的觀念，中樞神經系統完全是被動的。環境的變動所生的刺激驅使中樞神經系統發生作用。所以有人常常把中樞神經系統和自動電話總機相比較。腦內電位變動的研究使我們知道這個觀念完全錯了。中樞神經系統不是感覺刺激的奴隸，而是能有自發的動作的。中樞神經系統內自大腦皮到脊髓，所有的神經中樞都有自動的電位變動，只是脊髓的自動的電活動比高級中樞的少得多了。哺乳類的大腦皮在和一切感覺機關隔離了之後仍有自發的電位變動。蛙的腦，魚的迷走神經核在離了身體之後仍然發出有規律的電位變動。無脊椎動物的神經節在離體之後更是有自發的電活動。中樞神經系統有自發的生理作用。環境的刺激不是驅使中樞神經系統活動之唯一的原動力，而是以改變或轉換中樞神經系統本身的活動為職務。這個根本觀念的轉變將要在生理心理學上發生重大的影響。

中樞神經系統內電位變動之分析誠然十分困難，這些困難更鼓勵研究的人努力工作，

行為之生理的分析

並不減損他們工作的勇氣。

六 胚胎行爲之研究

第四個例是胚胎行爲之研究。

1. 歷史

在十七世紀已經有些生物學者觀察胎的動作。不過這些記載都只是偶然的觀察。十九世紀初，形態的發生學成立。研究胚胎的生物學者之注意均聚集在動物構造發展史上。這種形態學的工作自然引起機體的問題。十九世紀後葉就有許多胚胎生理的研究。一八八五年德國生理學者 *Vilhelm Pfeffer* 以他自己工作爲根據，彙合這些散在各雜誌的胚胎生理的研究，寫成一部「胚胎的特別生理」(Die Spezielle Physiologie des Embryo)。

在這本書內，他有一章討論胚胎的動作，一章討論胚胎的感覺，並且在附錄內詳細地描寫雞的和天竺鼠的行爲發展史，他也曾觀察剖腹取出的人胎之各種動作和反應，有系統的觀察胚胎行爲是自他開始的。

胚胎行爲之研究

在一九一〇年以後，胚胎行爲的研究幾乎完全注重行爲發展和中樞神經系統發展之相互的關係，這完全是受了George E. Corhill的和C. Judson Herrick的工作之影響。同時理論的辯爭也頗激烈。爭辯的焦點在於這個問題：行爲發展是自全體反應變為局部反應呢？還是先有局部反應而後有全體反應呢？Cognini倡前一說，而L. Carmichael、W. F. Wundt、郭伊達主後一說。這些理論的爭辨到現在尚沒有明確的公認的結論。

近年來，英國生理學者Joseph Barcroft同美國生理學者Donald M. Barron研究羊胎呼吸運動之起源，給胚胎行爲的研究開闢了一條新路——就是胚胎行爲發展之生理的分析。他們不從事爭辯，而是專心用生理學各種實驗方法去研究行爲發展之生理的機構。就現在已有的知識說，脊椎動物中各類的行爲發展並不是完全經過相似的階段。他們身體中各器官的發展在速率上也有很大的差別。各類的胎能被觀察的時期也不相同：兩棲類的胎可以從卵受精時起一直觀察到體變（Metamorphosis）成蛙以後，但是哺乳類胎的早期生理發展就無法觀察。更有一層，蛙的蝌蚪在出卵之後雖未長成蛙，然而已經完全

在環境內過獨立的生活。蝌蚪的行爲不能完全同高等哺乳類的胎的行爲來比較；並且也似乎不能合低級哺乳類袋鼠的胎的行爲相並論。袋鼠的胎很早就出生，而且出生後就鑽入母親的袋內，附着在袋內的乳頭之上。這些未長成的小袋鼠並未在環境內獨立生活。所以爲避免無益的辯論計，現時討論胚胎行爲似應按類分着講。等到事實搜集多了，並且分析清楚了，再去概括地討論脊椎動物之行爲發展方才能得到通則。

我自己的在這一方面的工作完全是用的蛙卵。這不但是因爲蛙的行爲發展可自受精時起觀察到體變成蛙，並且也是因爲用外科手術或藥物改變蛙的行爲發展比在他類脊椎動物容易辦到。我的工作只限於兩棲類，所以我在下面所討論也是以這一類的行爲發展爲主。

2. 兩棲類之行爲發展史

在十七世紀，Jan Swammerdam早已看見了蛙卵在殼內慢慢地轉動。但是最先觀察蛙胎之行爲的仍是Preyer。他看到蛙胎最早的動作，蛙胎在卵殼內最早的動作是自動的向身體側邊彎曲；再則先向一邊彎接着向對邊彎；發展更進一步，便是身體自動地做S形狀

的動作。Preyer 沒有觀察這一階段，以後的行為發展。

Coshill 對於鰻鱺 (Amblystoma) 的行為發展之研究是對於兩棲類的有尾屬 (Urodela) 最完全的有系統的觀察。K.A. Youngstrom 最近又將這工作推廣到無尾屬 (Anura)。

據 Coshill 的觀察，在鰻鱺，游泳是行為中發展完成最早的。游泳的發展可以分為五個階段：(一)無動作的階段 (The non-motile stage)。在此階段內無自發的活動，也沒有反射運動，但直接刺激肌肉可以引起收縮的反應。(二)側彎的階段 (The flexure stage)，始有自發的和反射的動作，動作限於頭和身子向側邊一邊彎曲。(三)盤繞的階段 (The coil stage)，頭尾向一邊彎曲，盤成一圈緊緊的圈子。(四)S 形反應的階段 (The stage of S reactions) 全身向一邊彎曲未嘗完畢之時，全身又向對邊彎曲。結果身體成丁 S 形狀。(五)自由游泳的階段 (The free swimming stage)，一個一個的 S 形反應很快的相繼而來，水流推身體前進。鰻鱺游泳而發生的行為是吃食物和在陸上行走的兩種行為，在吃食物的行為之發展中，鰻鱺先有身體向前跳的反應，一個反應先是由接觸的

刺激引起，而後由物件在環境內流動所生的視覺刺激引起。接着身體向前跳的反應而發生的，是用口咬住食物的反應。最初，咬住食物未必一定喫。下嚥的反應在喫食物的行爲中是最後發展完成的。

在陸上行走的行爲之發展裏，前腿動作的發展比較後腿動作的早得多。前腿之最早的行走動作是兩腿一齊向前伸，頭隨之抬起；等頭向前落下，兩腿就隨着向身旁後縮。於是進一步，頭抬起時便向身體側邊的一邊彎；隨着，嘴指着的一條前腿就向身旁縮，而頭的枕骨指着的一條前腿就向前伸（圖三九、a）。後腿生長比前腿慢得很多。未長成的後腿是被縮着走的。漸漸地後腿和前腿做有規律的動作。在頭向一邊彎時，兩條後腿的伸縮是和兩條前腿是相反的：嘴指着的一條後腿向後伸而頭的枕骨指着的一條後腿向身旁縮（圖三九、b）。最初在陸上行走時，頭和身體總是向兩側擺動。這些向兩側的擺動漸漸減小，行走得到像長成時的姿態了。以上所述三種行爲的發展均是Ogden所得的結果。

一九三八年Youngstrom發表一篇文章，述說無尾鰻之行爲的發展。他用了七種無尾

的兩棲類做研究的材料。他最注意觀察四肢對於刺激的反應之發展和游泳之發展。他說以四肢對於刺激的反應在發展上經過下述的四個階段：(一)無動作的階段；(二)只有自發而無反射動作的階段；(三)只對強刺激有反射動作的階段；和(四)對弱刺激也有反射動作的階段。關於游泳的發展，他說無尾屬所經過的階段和有尾屬的相似。但是他指出三種無尾屬沒有盤繞的階段。並且他也指出，剛剛會游泳的蝌蚪只能游二十公分遠，也不能維持身體平衡。他量過他所觀察的蝌蚪之身長，並且用本表明了身體發展和行為發展的關係。

一九四一年我和魯子惠報告觀察無尾屬的游泳和翻身反射之發展所得的結果。我們原來用了一種蛙 (*Rana Guentheri*) 和一種水蛤蟆 (*Microhyla Paulchra*) 做研究的材料。但是後來用另一種蛙 (*Rana limnoccharis*)，我們也得到相同的結果。這三種無尾屬的游泳發展同 Cossini 所描寫的鱉的大體一樣，只是沒有盤繞的階段。但是 Cossini 之第五階段，據我們看來，似應分為下述的三個階段：直線向前游的階段，蝌蚪只能短距離向前游；管理游泳方向的階段，蝌蚪不但能向前游而且能改變游泳的方向；和維持身體在空中

間的正常態的階段，蝌蚪不僅能改變游泳的方向而且能自動的保持身體的背腹座標軸（Dorsiventral axis）指向地球的中心。到了這最後一階段，游泳發展才到了圓滿的地步。在這個階段，蝌蚪的翻身反射方才出現。在這個階段以前蝌蚪沒有翻身反射，所以在游泳時蝌蚪完全依靠身體重心在體內的部位維持平衡。

總合上述的結果，我們可以說，兩棲類動物的游泳發展是經過這六個階段：

(一) 無動作的階段；

(二) 以側邊彎曲的階段；

(三) S形反應的階段；

(四) 直線向前游的階段；

(五) 管理游泳方向的階段；

(六) 維持身體空間常態的階段。

變態的階段不是各種兩棲物所都有的，所以我們未曾列入，在游泳發展之第六階段裏，蝌

蚪獲得體身的反射。

3. 游泳發展和神經系統發展的關係

在兩棲動物的行為發展上，游泳發展的分析做得最久而且所得的結果也多。所以我們在這一個方面一節內只限於討論游泳發展之形態的和生理的分析。

游泳發展和神經系統發展的關係，Coburn和Hericks研究得最詳盡。以下所述都是他們二人所得的結果，我們不去詳細地分別那一個事實是他們之中那一個人所發現的了。

在無動作的階段，鰓部之一部份的感覺神經已經長成且與感覺神經相連合；一部份的肌肉也已經長成且與運動神經相連合。脊髓腹側的運動神經原柱和背側的感覺神經原柱也都發育已長成，但是聯絡這兩個神經原柱的神經細胞尚未發達。這些聯絡神經原生在脊髓腹側下面的中間。在無動作的階段他們尚未長成，只是在一邊有纖維。到長成的時候，他們就一邊送纖維到傳遞感覺衝動的神經原柱，而一邊送纖維到對邊的运动神經原柱（圖四）。

①。他們把身體一邊的皮膚機關對邊的肌肉連起來了，所以最早的反射運動是離

圖刺激的反應。在後腦和脊髓相連接的地方之聯絡神經原成熟最早；所以鯉之最早的反射運動是頭向刺激的對方彎。聯絡神經原的成熟是由後腦和脊髓銜接的地方慢慢到脊髓的尾端運動；所以尾向刺激對方彎的反射運動比頭的同樣反應發達在後。等到運動神經原柱在腹面生出纖維和這些聯絡神經原相接觸（圖四）之際，就快要發展到自由游泳的階段了。按照~~此處~~的意見，這兩種神經機構的長成決定了游泳發展的次第。

中樞神經系統的各部份之生長率在游泳發展的各階段內是很不相同的，~~其中~~的脊髓和後腦的尾部（自腦部第七條神經出口至脊髓的一段）在無動作的階段生長最快。一直到剛剛走入自由游泳的階段之時，後腦的尾部之生長率比較中樞神經系統的其他部份一向是最高的。脊髓的生長率到向側邊彎曲的階段就較在前一階段減低百分之四十了。小腦的生長率在到系統的階段才開始增加。端腦的生長率到剛剛能自由游泳的階段方才突然增高。這都是一些重要的事實。可惜得很，Combs和Doris都未曾詳細的考訂中樞神經系統的發展和全體生長的關係。他們的注意只是集中在中樞神經系統的發展和行為發展之關係上。

4 游泳發展之生理的分析

我和魯子惠用兩種不同的實驗法去分析游泳發展的生理基礎。一種方法是在蝌蚪未出卵前將他的的中樞神經系統各部割斷，看游泳發展有什麼變化；一種是用藥物麻醉或刺激中樞神經系統，看不同階段的蝌蚪有什麼反應。所得的結果分述於下。

(一) 如果中樞神經系統在脊髓和後腦之間割斷(圖四二，1 橫線)；蝌蚪的游泳發展就停止在第四階段，就是直線向前游的階段。這樣的蝌蚪只能使身體向前走，既不能改變游泳的方向，也不能維持身體在空間的常態。因為這樣的蝌蚪身體是向腹面彎着的，所以游泳時總是轉圈子。如果中樞神經系統在後腦、腦之間割斷(圖四二，2 橫線)，蝌蚪能改變游泳的方向，但是不能維持身體在空間的常態。換句話說，游泳只能發展到第五，管理游泳方向的階段。這樣的蝌蚪尾是向上翹着的。尾翹得太高時，蝌蚪身體重心在身體的背腹座標軸上向背面移高，結果是蝌蚪仰面游泳。如果中樞神經系統在中腦間腦之間割斷(圖四二，3 橫線)，蝌蚪的游泳發展和正常的一樣；身體姿態也沒有改變。在端腦和

腦之間割斷中樞神經系統（圖四二，4橫線）也不使游泳發展和身體姿態生變化。

這些實驗的結果證明游泳不只是脊髓所管轄的。有中腦，游泳方才能發展完全。這正符合Hudolf Magnus 實驗成年哺乳動物所得的結果。他證明成年的兔或貓有中腦便可行動自如，而在割去中腦之後立刻就不能行走。他又證明，他所發現的各種繞身反射大部份須有中腦方能存在。我們的觀察，沒有中腦的蝌蚪不能獲得繞身反射，也正和他這個結果相符合。Charles S. Sherrington 發現，貓或狗的中樞神經系統在後腦中腦之間切斷後，四肢使伸直，頭和尾便都向上翹着。他叫這現象做「割腦後的僵直」（Decerebrate rigidity）。我們的蝌蚪在受同樣的手術後也有割腦後的僵直，尾已向上翹。按照Henry Head同G. Riddoch對於病人的觀察，脊髓斷了的人，在脊髓生理作用完全復元之後，彎曲反射（Flexion Reflex）大大地加強。我們的脊髓割斷的蝌蚪之彎曲反射也是力量加強，以致身向體腹面彎曲。這四項都是我們用蝌蚪實驗所得的結果，和前人用成年動物實驗所得的結果，相符之點。

但是我應用蝌蚪的實驗，和前人用成年動物的實驗，在結果上，有一個重要不同之點。在將成年的兔和貓之中樞神經系統在中腦間腦之間割斷後，雖然他們受刺激時仍能行走，但是很少自發的活動。中樞神經系統在中腦以下的地方被切斷後，成年的兔和貓都是更少有自發的動作。用蛙做的同樣實驗也得相同的結果。然而蝌蚪的中樞神經系統無論在那一個部位被切斷，蝌蚪的自發的活動仍然是有，並且在數量上比正常的蝌蚪也看不出分別來。這個差別值得繼續研究。

這些實驗的結果可以總述如下：

中樞神經系統

在脊髓切斷時：游泳發展停止在第四直線向轉游的階段，身體向腹面彎曲，無翻身反射；在中腦和中腦之間切斷時：游泳發展停止在第五管理游泳方向的階段，尾向背面前翹起，無翻身反射；

在中腦以上切斷時：游泳發展正常，身體姿態正常，無翻身反射。

(二)這些結果在用藥物的實驗得到了相符的證明。藥物用有兩種：一種是麻醉中樞神經系統的 *crocaïne hydrochloride* 一種是激動中樞神經系統的本瑟子精 (*Strophanthine sulfate*)。這兩組實驗的結果分述如左。

(1)用 *crocaïne* 的實驗：在成年的脊椎動物被注射 *crocaïne* 之後，動物先有一短時間的自動活動的增加，以後便發生中樞神經系統被麻醉的現象。如皮下注射百分之二的 *crocaïne* 的溶液在神經的周圍可以發生局部麻醉的現象。蝌蚪太小，不易用注射的劑量。我們只能把被實驗的蝌蚪浸入這藥的溶液之內。爲了免除皮下神經先中樞神經系統受麻醉，我們採用千分之一的溶液。被實驗的蝌蚪，在行爲上表現中樞神經系統已受麻醉之後，皮膚受火用頭髮刺激時，仍有反射運動。這證明皮膚感覺神經並未受麻醉。

上述實驗的結果最好用游泳發展完成的蝌蚪做例來說。游泳發展已到了第六期的蝌蚪在被浸入 *crocaïne* 溶液二三分鐘以後，就發生自動活動的增加。但是不久之後，麻醉現象就出現了。最早出現的是轉身反射之消失。繼而蝌蚪在游泳時不會轉彎了。這樣只能直線向

游泳的蝌蚪不久便失卻游泳的本領，而只有S形的動作。又過一些時候，蝌蚪便側面躺在淺水裏，只能身體向一邊彎曲了。此後蝌蚪的中樞神經系便漸漸走入全被麻醉的狀態，而所有的自發的和反射的動作都消失了。動作停止時，心跳還未停止。如果在這時將蝌蚪移入清水之內，經過相當的時間蝌蚪尚可以復元。

從這些結果，我們可以看出，在受Procaine麻醉後，游泳行爲之改變的次第恰和發展的次第相反。能游泳的蝌蚪，在中毒之後，由泳游發展的第六階段一步一步的退回了靜階段。Wickowski曾由實驗的結果推論，嗎啡的麻醉作用是先自大腦皮漸漸的到脊髓的。若是我們可以假定Procaine的麻醉作用之傳佈也是自高級中樞到低級中樞；我們可以說，在游泳發展的第六階段的蝌蚪，剛剛有機能的中腦先受麻醉，長成稍早一點的後腦次受麻醉，而長成最早的脊髓中毒最晚。並且在脊髓裏，遲長成的神經機構也是比早長成的先被麻醉。這些結論完全符合在（一）段內所述的切斷中樞神經系統的實驗之結果。

（2）用木蠶子精的實驗：在各種脊椎動物木蠶子精對於中樞神經系統都是先

有激勵的作用而後生麻痺的作用。激勵的作用不僅表現於自動活動的增加，並且更是見之於各種反射的增強。中毒的動物，一受刺激，便一齊發動各種反射，以致發生僵直的現象。這種僵直的現象叫做木蠶子精痙攣。在變時及頭，尾，軀幹和四肢的形狀完全定於這些部份內各組肌肉的收縮力量之比較的強弱。木蠶子精痙攣大部份是由於脊髓的中毒。

我們用三千分之一的木蠶子精溶液。被實驗的蝌蚪也是浸在溶液內。結果如下。

游泳發展第三至第六階段的蝌蚪（身長三至十二公釐）被浸入木蠶子精溶液後，三分鐘內即表現自動活動的增加和反射的增強。反射增強到頂點之時，第四階段的和更發達的蝌蚪（身長四、五公釐至十二公釐）。便全體僵；但第二和第三階段的蝌蚪（身長二至四公釐）沒有見過有木蠶子精抽筋的現象。僵的形式也隨着游泳發展的階段而不同。第一、二、三、四階段的蝌蚪之僵是尾向腹面彎曲；而第五和第六階段的蝌蚪在抽筋時是把尾向兩側做很快但很小的擺動。

反射增強到頂點後，增強的程度便漸漸減弱。自動活動也漸漸減少。中毒的蝌蚪靜

後便毫無自動的動作，而且對任何刺激也不起反射。這樣完全麻痺的蝌蚪之心跳還未曾停止。如果換置在清水內，中毒的蝌蚪經過相當時候仍可復原。

麻痺的蝌蚪之身體姿態也是隨着行為發展而變更的。完全麻痺後，第三階段的蝌蚪之尾向側邊彎；第三和第四階段的蝌蚪之尾向腹面彎；第五和第六階段的蝌蚪之尾向背面前彎。

蝌蚪對於木鱉子的抵抗力更是隨着身體發展而不同。W. S. Savory 和 A. Gussakov 已發現極幼小的貓和兔胎，抵抗木鱉子精的力愈大。我們用蝌蚪證實了他們的觀察。並且我們更進一步想法去量測蝌蚪的抵抗力之變化和身體發展的關係。我們所得的結果是：身長三公釐的蝌蚪抵抗力最強；自身長三公釐到七八公釐抵抗力大減；而在身長七八公釐到十二三公釐抵抗力反而略見增加。自身長三公釐到七八公釐時之抵抗力的低減是從指數。

由這些實驗的結果，我們可以說：在脊髓未完全發達時，蝌蚪是沒有木鱉子精毒藥；在脊髓將近完全發達時，蝌蚪才生這種毒藥；但是到了後腦開始有功用的時候，蝌蚪的

變形式就由尾向腹而變而改爲尾向兩側擺動了。按照現在所知的木鱉子精的作用，及 Coehnil 和 Herick 所發見的兩棲動物的脊髓和腦在游泳發展各階段內生長的情形，這些結論是可以成立的，並且結論也符合我們那些割斷蝌蚪中樞神經系的實驗之結果。

至於蝌蚪對於木鱉子精抵抗力的變更也是和脊髓的生長有重大關係。脊髓未長成時抵抗力最大。抵抗力隨脊髓的生長而減小；等到脊髓發達完全的時候，抵抗力就不再減小。在身長七八公釐之後，抵抗力又反而略微增加一些，似乎是因為蝌蚪的肝臟開始工作之故。在成年的脊椎動物，注射入身體內的木鱉子精大部份是在肝臟內養化的。

以上這些結論幾乎都需要一個重要的證據——蝌蚪脊髓的發展和身體的生長之數量的關係，Coehnil 是根據脊髓之發展所得的結果，是現在所有的關於兩棲類最完備的知識。可惜得很，他只注意了脊髓發展和行爲發展的互相關係。我們現在仍沒有這個重要證據。

我們這些生理分析的工作只是一個開端。尚有許多的問題有待將來的研究。

5 與他人的工作之比較

前人的研究和我們的工作性質相同的，據我們所知，只有一九三七年 Barcroft 前人所做的用羊胎的實驗。

他們先觀察正常的行為發展。他們用無菌的外科手術把羊胎的中樞神經系統之各部份割斷。等過相當的時日之後，他們再剖出被割的羊胎，去觀察行為發展上有何變化。圖四三總述他們所得的結果。

羊和蛙在生物進化的階級上相差甚遠，並且羊胎與蝌蚪的發展速度和生活環境也各不相同。所以比較甚是困難。但是有兩個相同的結果是值得注意的。第一，影響脊髓的高級中樞之生理的發展是由尾端至口端的。換句話說，就是後腦的生理作用發展得比中腦的早，中腦的比間腦的早，而間腦的又比端腦的早。第二，脊髓切斷的羊胎，和脊髓切斷的蝌蚪一樣，也有自發的活動，並且羊胎的自發的活動也是很多。

6 更進一步的生理的分析

這些生理的分析只能解釋行為發展中之比較發生在後的現象，似乎不能解釋那較最早的行為。羊最早的反應為何只是跳動的動作呢？蛙最早的行為為何只是頭向側邊彎曲呢？

所有解釋最早的行為之嘗試，例如，全型反應說，局部反射說，似乎都只是文字上的解釋。這都似乎是用全體反應，反應個體化，局部反射，反射鍊，一些名詞來遮蓋現在還不知道的生理現象。我們不要只聽只說這些名詞；我們要知道這些生理現象。

這些生理現象不僅決定行為之最早的發展而且同時決定神經系統怎樣發展的。決定神經系統發展的因素就是最後決定行為發展的因素。辯論決不能使我們找到這些因素。一九一五年神經解剖學者 G. H. Huber 由神經系統發展的事實創神經纖維隨刺激生長說 (the theory of stimulo-genie fibrillation) 差不多同時，另一位神經解剖學者 C. U. Ariens Kappers 從比較研究所得的事實創神經原隨電刺激生長說 (the theory of neurobiotaxis) 及 Ariens Kappers 的學說頗盛行一時。一九二〇年另一位神經解剖學者 S. Ja. Svarz 自稱用組織培養法證明了神經纖維隨着電流的方向生長。但是一九三四年一位實驗發生學者 Page

Sperry之小心的實驗完全推翻了Lippman的誇張的結果。培養的神經原之纖維不是隨着通過培養基之電流之方向生長，而是隨着培養基的分子構造形式生長。那兩種關於神經纖維生長的學說也受了致命的打擊。

決定神經系統的生長和行為發展的因素須由實驗去尋求，實驗發生學在這方面已經有光輝燦爛的成績。Hans Spemann關於決定神經管 (the neural tube) 發展的因素有詳細的實驗分析。Oswald Garrison的學生，S. B. Delybetov諸人實驗地研究決定脊髓發展的因素。他們的結果十分令人注意。但是現在離完全明瞭決定神經系統生長的因素之期尚遠。不過實驗發生學的研究似乎已經可以給研究行為發展的人一些線索去決定工作的方向。可惜得很，神經系統發展的實驗研究到現在似乎仍未能影響胚胎行為之研究。實驗發生學者頗有對於胚胎行為的研究有興趣的人；但是多數研究胚胎行為的人似乎只創造自己的學說而完全不問實驗發生學對於決定神經系統發展的因素所發現的各種事實。

實驗發生學還開了研究行為發展的人一個新的研究方法。實驗發生學之移植神經系

的方法開闢了研究行為發展的一條新路。在他一九三六年出版的「神經發生學：一個實驗的研究」(Neuroembryology: an Experimental Study)之最末一節，Detwiler這樣說：

若是能用再比較巧妙精確的方法割出和移植胚胎的神經系統，就很可能可以隨意製造想要的神經系統。製造成功，再繼去研究這些有新構造的神經系統的胚胎之行為，一定可以增加我們關於中樞神經系統的構造和機能間相互關係的知識。

這真是一絕好機會。機會雖在，可惜至今尚無人去利用！

七 結論

以上所舉的四個例只是因為我自己研究過這些問題才討論的。這些只是極少數的例。他方面的許多重要的工作，像是 E. D. Adrian 同他的合作者之研究感覺機關的作用，

Adrian 同 R. Matthews, H. K. Hartline, S. Hecht 之研究視覺，E. G. Wever 同 C. W.

Bray, H. Davis 同他的合作者之研究聽覺，Rudolf Magnus 同他的合作者 G. G. T. Rade-

maier 等之研究身體溫度反射 (Postural reflexes), K. F. Jacobsen, R. Bricker 諸

位之研究大腦前葉與行爲的關係，O. Forster, W. Penfeld, W. E. Dandy 諸位之用電

氣刺激和外科手術等方法研究人的大腦皮，C. P. Richter 同他的合作者之研究動物身體需

要對於食慾的影響，K. S. Lashley 同他的合作者之研究學習的生理基礎，以及近來關於制

約反射之各種研究——這些重要工作都沒有提到，更不必說詳細討論。由此可以見到生理

心理學在近三十年來進步之廣而且快。這些進步都是有意的或不知不覺的使用分析的研究

方法得來的。這個方法使我們可以盡量利用生理學的方法和發現。並且這個方法不只是與生理學與生理心理學以利用生理學的利益，並且生理心理學的研究還可以給生理學以新事實和新問題。Richler同Marion Hines的兩個發現，割去猴的大腦皮之第六區與使成年的猴所失去的抓握反射（Gross reflex）復現，和割猴的大腦皮之第九區及紋狀體之前端可使猴的活動數量大大為增加——就是這樣的實例。

但是我們必須知道，分析的方法使用能成功與否不僅依靠生理學和形態學，並且還仰仗精神痛學、神經病學，一直到物理學和化學的幫助。所以生理心理學的進步，同他種實驗的科學一樣，不能是全面同時的。而是就可能的路上向前走。

丹麥有名的生理學者Kjersgaard-Rosin曾說過，離了實驗的證明，生理學者空想五分鐘就可以陷入一些重大的錯誤。在生理心理學上更是這樣。生理心理學必須從實驗一條路上走方才能具有進步。這不是說不要理論的工作，而只是說理論的工作必須實驗的證明。並且理論的工作也不可只用普通辯論的方法，而必須像理論物理一樣使用數學的推論方法。

神經生理學，尤其是C. S. Sherrington同他的學生對於脊髓的反應作用之研究，供給生理心理學者一些可以做理論研究的基礎之事實。數學，尤其是近代代數，也似乎給了可用的方法。只是現在尚沒有人去做這樣的理論工作罷了。近年以來心理學者有些人用數學來研究簡單的學習，也有些人用統計數學去分析智力。學習，智力是複雜的現象，也是我們未曾完全明瞭的事實。拿這些複雜而且未曾完全明瞭的事實做理論工作的根據似乎是一件有危險的事吧。

行爲之生理的分析只是心理學的一方面，絕對不是心理學的全部。生理心理學現在很發達，也很有前進的希望，確是值得去努力研究。但是心理學還另有一個寬廣的方面，那就是社會行爲之研究。例如，研究饑餓怎樣成爲行爲的動機是屬於生理心理學的範圍；但是研究人怎樣由生理的需要養成種種不同的吃飯習慣（吃飯時間的不同，吃飯的種種儀式，各式各樣的食物禁忌，等等）就是不能不尋求社會對於行爲的影響了。又如，尋找性慾的生理基礎是生理心理學的問題；但是研究人的性慾行爲之正常的發展便不僅須要知人的腦

下照和性慾的發展生理，而且處處須要明白社會對於性慾行爲之防範和制裁。這只是兩個極顯的例而已。社會行爲之研究，同生理心理學一樣，也是心理學的一個極寬廣的部份，也是心理學的一個不可忽略的部份。

有人或者要問：生理心理學的研究有什麼用處？英國有名的物理學者 Michol

Faraday 有一次講演他所發現的電磁感應現象。聽衆裏有人問他，他這些研究有沒有用處。

Faraday 回問這個人：「小孩子有什麼用處？」物質科學的知識長成了，有了用處，可以使我們駕駛物質環境，增加我們生活的快樂。生物科學的知識長成了，有了用處，可以使我們利用各種生物和醫治疾病，也增加我們生活的快樂。心理學的知識長成了，用處更大，可以使我們管理我們自己，改革我們生活的方式，至少希望可以對除了人類的一種羣衆瘋狂——戰爭。

圖解

圖一 示白鼠自發活動的週期性。時間為小時。

引自C. P. Richter 1922. Comp. Psychol Monog V.1, NO 8 P.6

圖二 示雙瓶的記錄。

引自C. P. Richter 1922 Comp Psychol Monog V.1, No 2. P. 80,

圖三 示雌鼠的活動曲線。擊座標表示每日跑過轉鼓的次數，橫座標表示實驗的日數。

鼠D2, 年齡80—160日。

引自G. H. Wang, 1923, Comp. Psychol Monog V, 2 P, 6.

圖四 示雄鼠的活動曲線。擊座標表示每日跑過轉鼓的次數，橫座標表示實驗的日數。

鼠D3, 年齡80—160日。

引自G. H. Wang 1923 Comp Psychol Monog V, 2 P, 7.

圖五 示活動週期與性慾週期精確的時間關係。動物在性慾發期期間，最為活動。活動達最高度後始排卵。鼠P.L.年齡130—135日。

引自G.H. Wang 1923 Comp Psychol Monog V.2, P. 14,

圖六 示動物青春期開始時，身體活動及食量的變化。橫座標表示年齡的日數。縱座標表示每日跑週轉數的次數（活動曲線）及每日食物的重量（食量曲線）。——為活動曲線，×—×—×—為食量曲線。鼠P3。

引自G.H. Wang 1923, Comp Psychol Monog V.2 P. 16。

圖七 示懷孕與哺乳對於動物活動及食量的影響。——、——、——為活動曲線，×—×—×—為食量曲線。橫座標表示實驗的日數，縱座標表示每日跑週轉數的次數（活動曲線）及每日食物的量數（食量曲線）。鼠P8,年齡70—1177日。

引自G.H. Wang 1923 Comp Psychol Monog V.2, P.20。

圖八 示剝除卵巢使鼠的活動曲線。縱座標表示每日跑週轉數的次數。橫座標表示實驗

的日數。鼠19. 年齡79—189日。

引自S. B. Wyman 1923; Comp. Psychol. Monog. Vol. 2, P. 25.

圖九 圖示閼割對於成年鼠自發活動的影響。豎座標表示每日跑過轉鼓的次數，橫座標表示動物年齡的日數。圖中另一曲線表示動物的體重與每日平均食量的關係。此鼠在169日時被閼。由圖可見手術後，鼠的活動由每日4000至7000次立刻降至每日數百次。

圖b示動物自幼被閼，對於自發活動的影響。此鼠在30日時於放入迴轉鼓以前被閼。其終生的活動均為甚低的水準。

引自G. H. Wang, C. P. Richter and A. F. Guttmacher 1925; Am. J. Physiology
73 P. 582.

圖一〇 示移植卵巢於被閼雄鼠體內，對於活動的影響。豎座標表示每日跑過轉鼓的次數，橫座標表示年齡的日數。被閼時的年齡為30日。50日時將卵巢移植於其體內。

移殖後6日其每日的活動即形增進，20日後達於高原期。33日時將移殖的卵巢取出，其活動幾乎立即回復到移殖以前的低水準。另一曲線表示動物的體重與食量(公分)的關係。取出移殖的卵巢後，體重大增，擬誌注意。

Hellige, H., Wandell, C. P., Richter and A. F. Guttmaacher 1925 Am. J. Physic
V. 78, P. 555.

圖一一 圖A. 示19個常態雌鼠，2個割去性腺的雌鼠而每日注射以amniotin，及6個割去性腺的雌鼠不注射該藥品的活動曲線(每十日的平均數)。

圖B. 示19個常態雄鼠，5個去性腺的雄鼠而每日注射以amniotin，及8個去性腺的雄鼠不注射該藥品的活動曲線(每十日的平均數)。

Richter and C. G. Hartman 1934 Am. J. Physiol V. 108 P. 139.

圖一二 A. 示割除腦上腺對於白鼠的活動，體重及食量的影響。
B. 示割除腦上腺後，每日注射新鮮的腦上腺前葉，對於白鼠的活動，體重及食量

的影響。

C示割除腦下垂體後，立即移植該腺體於白鼠腦中，對於他的活動，體重及食量的影響。

引自C. P. Richter and J. H. Eckert 1937. *Endocrinology* V. 21. P. 488.

圖一三 示肌肉動作對於手背至手背阻力的影響。箭頭為表示兩臂度伸，腕懸重物的符號。

引自C. P. Richter 1929. *Ann. J. Physiol.* V. 88. P. 607.

圖一四 示心情緊張時對於手背皮膚阻力的影響。第一個箭頭表示告被試人將以電擊之的時間；第二個箭頭表示告被試人不可電擊之的時間。

引自C. P. Richter. 1929. *Ann. J. Physiol.* V. 88. P. 607.

圖一五 圖a示蒸汗浴對於手心皮膚阻力的影響。堅座標代表阻力歐姆數；橫座標代表時間。箭頭表示蒸汗浴開始及停止的時間。

圖b示皮下注射Etiocarpine後，對於手心阻力的影響。

引自C.P. Richter, Am. J. Physiol V. 88 P. 601. 1929。

圖c示皮下注射Atropine後，對於手心阻力的影響。

引自C.P. Richter, 1929. Am. J. Physiol, V. 88 P. 601。

圖一六 隨a之蜘蛛催眠時手心阻力大增，及突然醒覺時的驟減情形。

引自C.P. Richter 1929. Am. J. (Physiol V. 88 P. 601。

圖一七 圖a示以毛巾極力摩擦皮膚幾分鐘，對於手背皮膚阻力的影響。

引自C.P. Richter 1929. Am. J. Physiol V. 88 P. 610。

圖b示導入體內以直流電後，對於手背皮膚阻力的影響。導入之電為20伏特，時

間為30秒。

引自C.P. Richter 1929 Am. J. Physiol V. 88 P. 610。

圖一八 示電刺激所引起之皮膚電反射阻力的變化。黑線代表阻力，白線代表電位，時間

每格一秒，以下為刺激的符號。感應率每一公厘 (mm) 為0.1mv. 及100脈
搏。

引自K. Goadby and H. Goadby, 1938, J. Physiol. V. 98, P. 12P.

圖一九 宗皮膚電反射曲線之各種形式。此種曲線不是自一個被試人記取者。s 曲線系
波置「取出」電極一個置姆指上，另一電極置食指及小指上。曲線 C 兩電極均
在臂上。均以聲音為刺激。t 線為時間，以秒計。srs 線為弦線電流計內綫路
之影。s 線為刺激的符號。

引自 W. Einthoven and J. Kees, 1921, Pfluegers Arch. f. ges. Physiol.

Bd. 189. 126—137

圖二〇 宗皮膚電反射時各種變化。

或電之變化。

1. 皮膚電反射，自刺激線表示之。

(a) 波，爲一短小的負變化（圖下）止於A點。

(B) 波，爲一次的正變化，起自A點，止於B點（出汗量起初的變化爲負的，其運動力與阻力既被對抗的結果，即無覺知出現感荷（c）波的方向變化）。

(c) 波，被第三個負變化，起自B點，止於C點。

2. 輸入 0mv 直流運動力，使皮膚電反射所起的變化——亦爲負的直線與皮膚電反射線的斷續相當。

3. 零單位（圖中近底邊的點直線）

II 濕度的變化

6. 隨濕度的變化而上下，藉黑線表示之。

III 感覺的變化

7. 皮膚上的感覺，圖中距上邊 2.5 公分處之白線表示之。

圖 2

1914

IV 其他

8. 刺激，圖中距上邊1.6公分處之白方形示之。
9. 時間，以秒計，圖中細直線表示之（原爲白線）。
10. 呼吸，圖下部不規則之白線表示之（向上爲吸氣）。

引自 W. Darrow, 1927, J. Exp. Psychol. V. 10, P. 206.

圖二二：一位年34歲醫師的腦中電位變化曲線。圖爲用雙圈電流計附電容器之記錄。總出電極爲銀若電極分置於前額及比部。阻方爲100歐姆。記錄心跳用鉛片電極。自前臂記出。上線爲腦電位曲線，中線爲心脈電位曲線，下線爲時間以爲秒計。

引自 H. Berger, 1929, J. f. Psychiatol. u. Neur., Bd. 40, S. 165.

圖二三：示大腦皮視覺區的动作電位。記錄1爲兔的，2爲貓的，3爲猴的。各曲線右方之圖表示各動物大腦皮上記出電位變動的位置。記錄中最上之線爲光刺激的底

號，中線為電位變化曲線，下線為時間。

引自 A. E. Kornmueller, 1937, Die bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrindfelder. Georg Thieme Leipzig. S. 36.

圖二三 圖上都為依照 Rose 的兔大腦皮質部的區分。該圖係自上方所說的右邊大腦。

圖下都為用 Toanries Neurographen 記出的腦各部常態的動作電位。

引自 A. E. Kornmueller 1935 Biol Rev. V. 10, P. 389.

圖二四 示被試人在黑暗中閉眼時，腦電律動的發生。被試人頭外置以觀察欲的水箱。

A 示最先幾分鐘，僅於閉目時發生律動。B 及 C 表未後來閉目時亦有律動的波紋，但被試人如欲觀物時，律動即形消失。

引自 E. D. Adrian and B. H. C. Matthews. Brain, V. 57. P. 368.

圖二五 示三對類似孿生子枕部的電位曲線。第一和第三對的 Alpha 波混淆不甚清晰，

第二對的頗為顯著。每對記錄下一線為孿生子之一者，下一線為另一者；均在

同情形之下，受同樣的試驗。被試者18及19為年25歲時婦人，94及95為年18歲的少年，92及93為年30歲的成人。

引自 H. Davis and P. A. Davis. 1986, Arch. Neurol. Psychiat. V. 86, P. 122.

圖二六 示同時自顛頂 (V) 及自枕部 (O) 記載出之腦中電位曲線。被試者為一11歲之男子；記載時間，為睡眠開始時。記錄器為 Grass 式墨水筆式示波器。另一電極在乳狀突上。

A. 為帶醒覺時的記錄

B. Alpha 波消失 (所謂「恍惚狀態」)

C. Delta 波出現；顛頂部最大 (淺睡)

D. 大而慢的 Delta 波與每秒4次及每秒10次的波，互相重疊 (酣睡) ∇ 曲線上最大波之卒頂，由於記錄器的限制，不能記錄再大波的緣故。自別的記錄上

推知此時Delta波的高度可達到150—200 μ V。

引自H. Davis. 1938. *Tabulae Biologicae* V. 18. p. 127.

圖二七 圖中第一行為根據被試人的報告所分的睡眠階級，第二行為Loomis. Harvey及Hobart所分的睡眠階級。Delta波有時無清晰的頻率，僅為各階牙立的單波。在醒睡中却有頗好的頻率。Alpha波最為確定而且持久。別種波均時時變遷，變遷的程度可達25%。圖中波的高度，代表該階級內某種波最大的伏特數。注意Delta波其伏特比例尺僅為別種波的一半。虛線表示該睡眠階級中波的頻率不規則，或斷續不定，或不能確斷為某種頻率。此表所列之電位乃自腦之運動區至耳者。視覺區的電位變化與此相似，僅Delta波和所謂「夢」波的低電位稍有不同而已。

引自H. Davis. 1938. *Tabulae Biologicae* V. 16. P. 128.

圖二八 示重症癲癇，惡症癲癇，輕症癲癇變遷及精神恍惚癲癇發作時的腦電曲線。

引自 H. Davis, 1938. *Tadpole Biologie* V. 16. P. 129.

圖二九 示兩種影動對我腦的動作電位的影響。a 僅大腦皮上有影動。刺激為一掃落之影。b 大腦皮上與上盪體上均有影動。刺激為實着手動之影。注意此種影動對影響可生兩個相應的波紋。

覽第 114，用銀絲電極。圖中第一條白線為時間以 0.1 秒計。第二條白線為掃落下的符號。第三條白線為光的明滅符號。

引自 G. H. Wang and T. W. Lu, 1936. *Chinese J. Physiol.* 9. 158.

圖三〇 示減低光度後復增高之，引起動物視覺大腦皮上 (a)，側腔壁上 (b)，上盪體上 (c) 及網膜上 (d) 的動作電位。實驗用兔，動作電位自動物右邊視覺大腦皮，側腔壁，上盪體及左眼網膜上記出。光刺激施於動物左眼。在光刺激所用的電燈線圈內加入 22 歐姆的阻力，用以減低光度，阻力加大後光度低減 95%。圖中第一條線為電位曲線，第二條為光的明滅及加減阻力的符號，第三條為時間以 0.2

抄計。

引自 G. H. Warr and T. W. Lu 1937 Chinese J Physiol V. 11 P. 338

宋猴子 (Macaca mulatta) 大腦皮層各區之依 C. Vogt 及 O. Vogt 分類

(猴 C. Cercopitheque) 腦圖的區分。僅有下列二點與之不同：

1. 猴大腦皮層之各區與猿猴之各區

2. 猴皮層各區與猿猴之各區

關於猴腦之組織生理方面之事實及有關解剖方面之證據。

關於猴腦之組織生理方面之事實及有關解剖方面之證據。Ogawa 1938 J Neuro

Physiol. V. 1 P. 437。

示局部被佈木致子標本之各區之結果 (1936年) 因于平日之實驗，以 121 為標準。

由圖見 A、B 區內之該標本以列的地方均無顯著的變化。A、4 區內的電位變化

則未將增加之 L、2、3、4 區之電位差 (A、B) 及 C、4 (在三天分區之間) 各區內亦

均無變化。圖中第一列為塗佈藥品於A之前，第二至第五列為塗佈藥品以後各時期的記錄。注意A區在第五列時已恢復常態的電位曲線。

引自H.G. Dussar de Biberonheland v. s. McCulloch 1938 J. Neurophysiol. V
1: 277-80

圖三三 示島嶼塗佈冰凍酒精於A. 4-5區後A. 4區電位的暫時低落現象（第二行）。中央溝後的大腦皮上出現尖離式電位變化（E. 1—A. 2）第一個電極在E. 2，第二個電極在A. 2）的A. 2區無顯著變化。圖中第一行為塗佈藥品之前，第二行為塗佈藥品於A. 4—5區以後7分鐘，第三行為塗佈藥品後15分鐘。記錄儀器為Westinghouse四線示波器。

引自H.G. Dussar de Biberonheland v. s. McCulloch 1938 J. Neurophysiol. V
1: 277-80

圖三四 示實驗發現的猴感覺大腦皮層各部間功用的（及解剖的）關係。局部塗佈

區，及Ⅴ各帶，以三點表示之。小點代表Ⅴ及Ⅵ帶，大點代表一個無作用區。體區與臂區及腿區與腿區各以———爲界。

引自P. Bailey, J. G. Dussier de Barenne, H. W. Garroland W. S. McCulloch, 1940, J. Neurophysiol. V. 3. D. 274.

圖三七 示感覺大腦皮質區內各帶間作用的（及抑制的）關係，其前後界之Ⅰ及Ⅱ帶的關係之亦於圖中帶帶及之。其前後界（Anterior 及 Posterior Ronder）之內爲感覺大腦皮的範圍。塗佈木紫子精之Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ及Ⅳ各帶而使各處腦電位降低的情形，亦由圖示之。F. CII, 爲中央溝，★表示證據不甚確切，Ⅱ表示雖有「爆發」的現象，但是否由於木紫子精侵入該區所致，尙不能確定。

引自P. Bailey, J. G. Dussier de Barenne, H. W. Garrol and W. S. McCulloch, 1940, J. Neurophysiol. V. 3. P. 475.

圖三八 圖示1936年11月18日猴子（Macaque）的實驗。麻醉劑爲Dial。腦電位曲線自

v.核(而鄰核)記出。

1. 標準記錄，
2. 中央溝後腦區塗木蠶子精10分鐘後的記錄，
3. 中央溝後臂區塗木蠶子精10分鐘後的記錄，
4. 中央溝後面區塗木蠶子精13分鐘後的記錄。

僅記錄v.核上有「爆發」的現象。各記錄均放大率相等。附圖指示塗木蠶子精的三個地位及電極針插入之點(X)。點線表示腿臂區(L.與A.)及臂區(A.與F.)在膠皮或膠區內的分界。圖四週的虛線表示腦硬膜裂口。S.c.為中央溝之S.id.為頂內溝，F.S.為斯氏溝，S.arc.為弧形溝，S.Pr.為主溝。

引自J.G.Dusser de Barenne and W.S. McCulloch, 1938, J. Neurophysiol v.1, P.178。

圖三九 a 示開始(27F19)開始用前肢行走的動作。b示開始用四肢行走時的動作。此時之

肢對局部刺激尚無反射反應的能力；膝節亦無屈曲活動。

引自G.E. Coshill, *Anatomy and the Problem of behavior* Cambridge,

1929 P. 28

企四〇 示蠶軍幼蟲 遇受刺激時而呈環狀反應的內部機構。此運動乃自首部向尾部進行。譬如一刺激來自耳前的皮膚，可激起感覺神經原呈活動。由此再激起胚底板內之交叉細胞的活動。再向後傳至對邊的運動通道。如刺激來自耳後的皮膚（外部受感器）或肌肉（本身受納器），亦為先激起感覺神經原，再傳至胚底板內之交叉細胞，然後傳至對邊的運動通道。因為感覺系統傳遞衝動，必須經過底板中的交叉細胞；又因在此展整期內此種底板交叉細胞僅在後腦中及脊髓的上部有之；所以無論刺激來自首部或尾部，來自皮膚或肌肉，均須經過身體前部的神經運動機構。然後再向尾部擴展。因此，所以每一彎曲均為自首而尾的運動。

引自G.E. Coshill *Anatomy and the Problem of behavior* Cambridge: 529

P.13.

圖四一一 示蟹類游泳的神經運動機構。圖中省去感覺的部份。箭頭表示衝動傳送的方向。箭a代表始生的衝動，向尾部 a' 傳送下去，激起各肌肉節的運動，形成一串向尾部進行的收縮波。但此時動物已經可以游泳，則其前部的運動管道中已經有與底板內交叉細胞接觸的分枝發展出來了。此種關係由箭b示之。表示衝動可以由該處傳至對邊的運動系統中去。以後再依照箭c和c' 的方向來前進。由此分枝傳來的衝動，可視為激動性的；但亦可為抑制性的。不過無論其為激動的或抑制的，均為前圖所示的纖維以外，新增的主要結構；此結構可使動物在運動上肌肉的精

力，格外有勁些。

引自 G. B. Coshill, *Anatomy and the Problem of behavior* Cambridge 1929
P.16.

圖四二 示一種螺蚌 (Rang Guentheri) 腦的背面。1, 2, 3, 4 為實驗時的四種切割法。

■ 腦 葉

1 2 3 4

SHIGG, H. Wang and T. W. Lu. 1941. *J Neurophysiol* v. 4. P. 142-157.

圖四三 示羊胎活動在發展各期中的逐漸變化，及所腦際部的發展與肌肉核分佈情形。

引自 D. H. Barron. 1941. *Biol Rev* v. 19. P. 290.

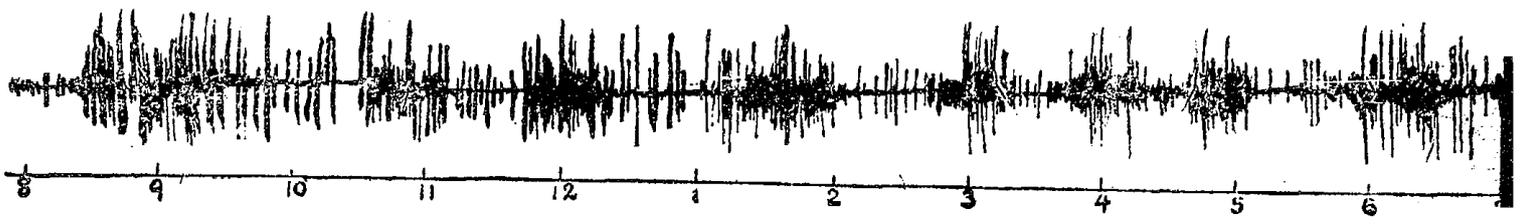


圖 一

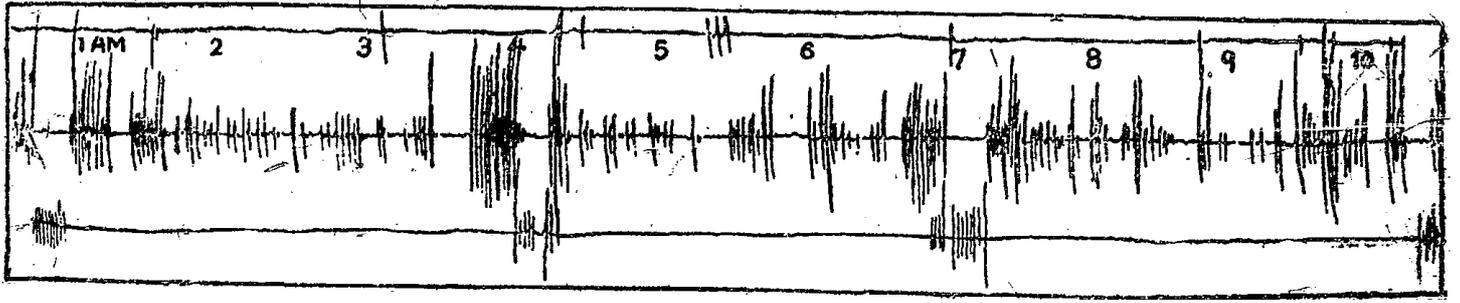


圖 二

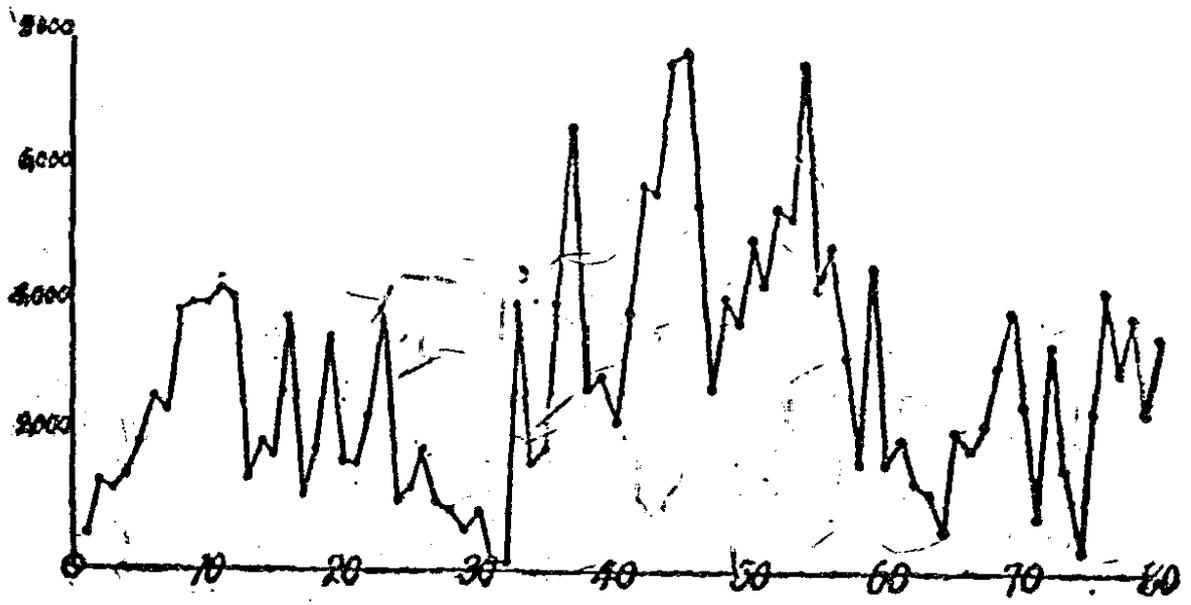


圖 三

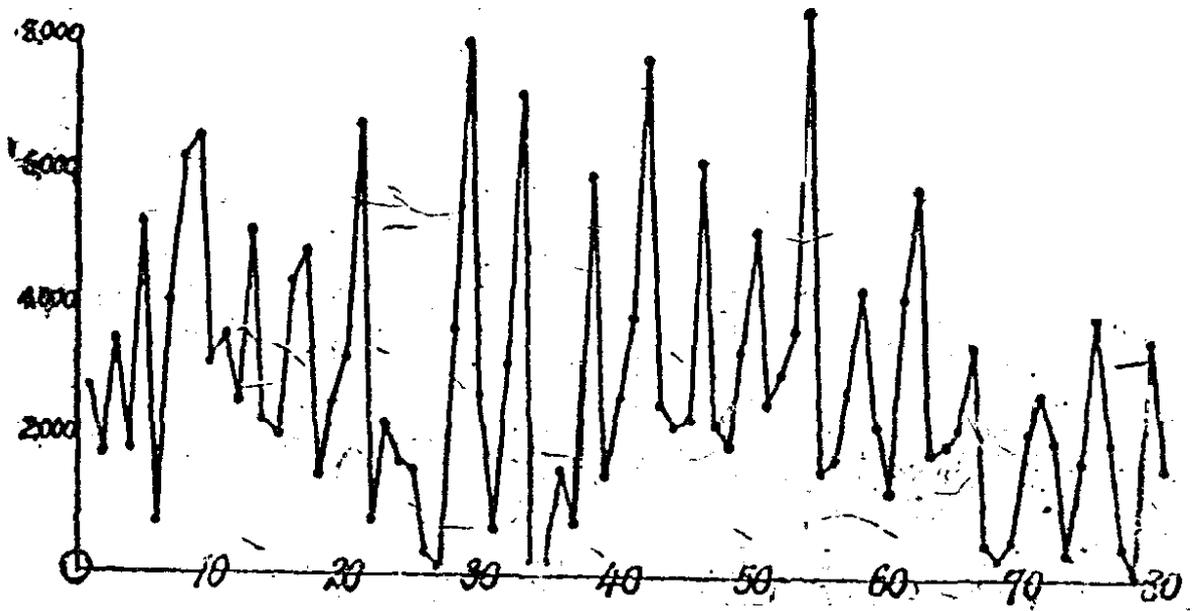
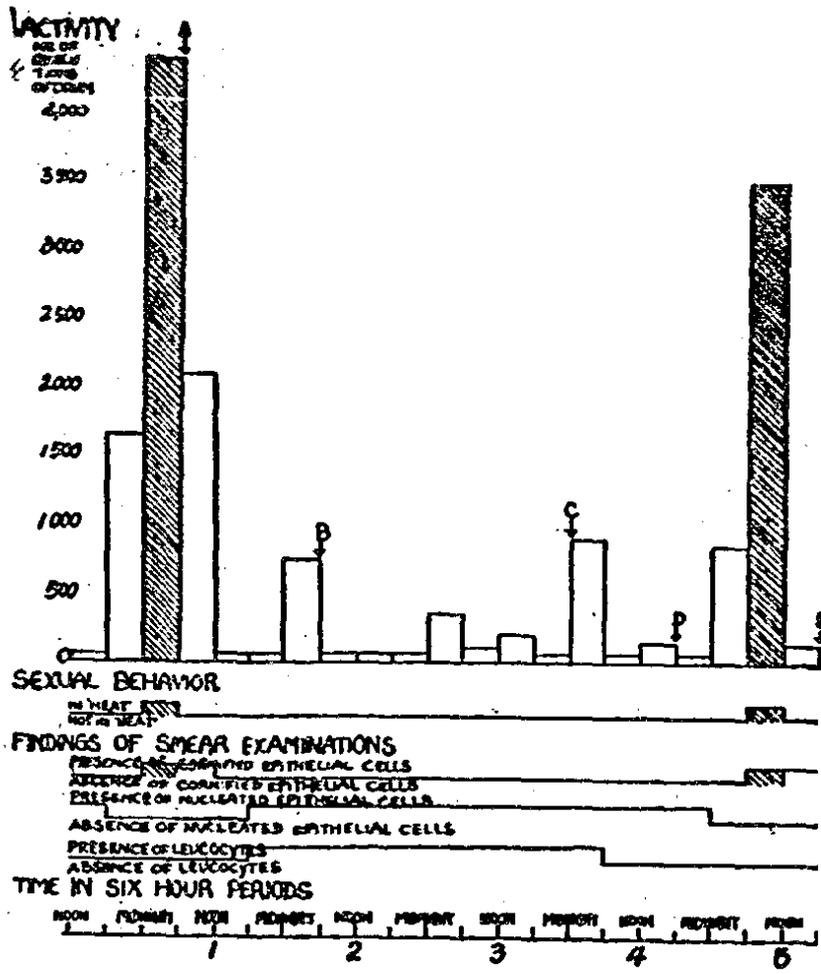
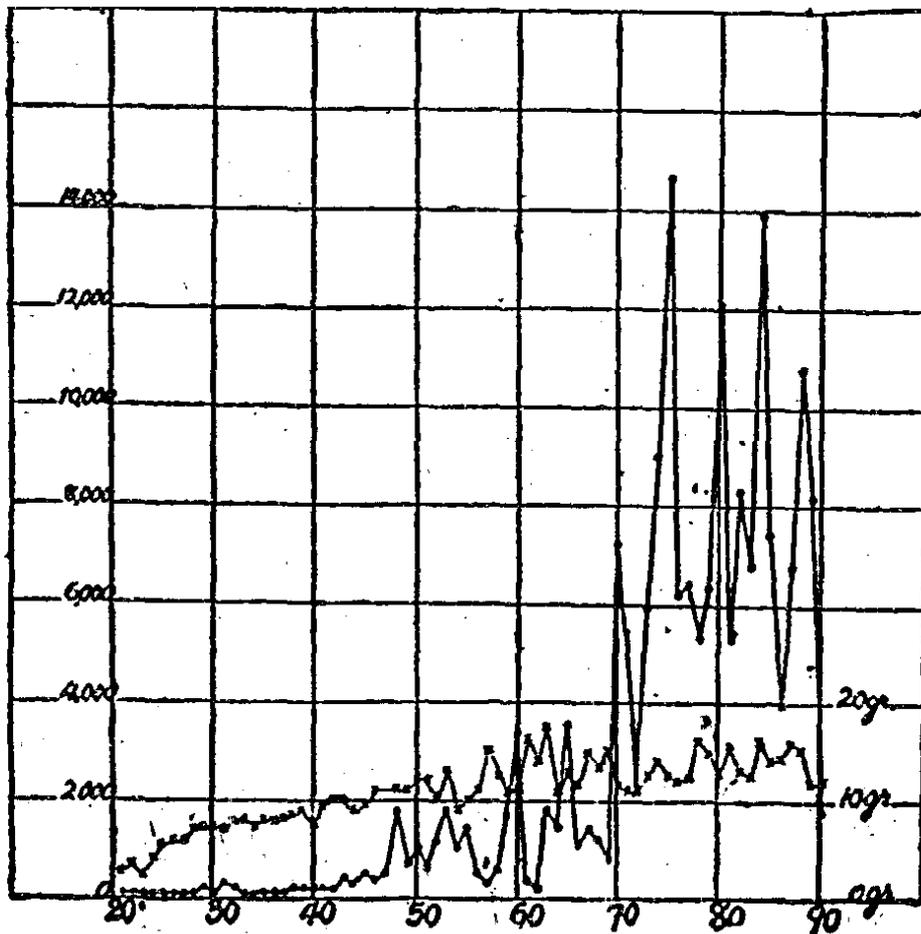


圖 四

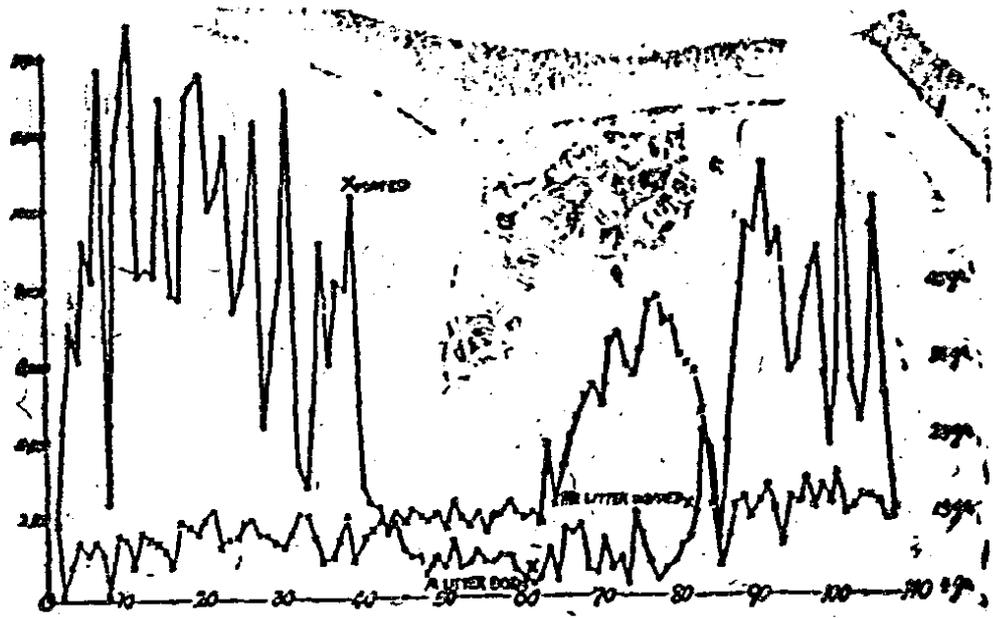
圖五



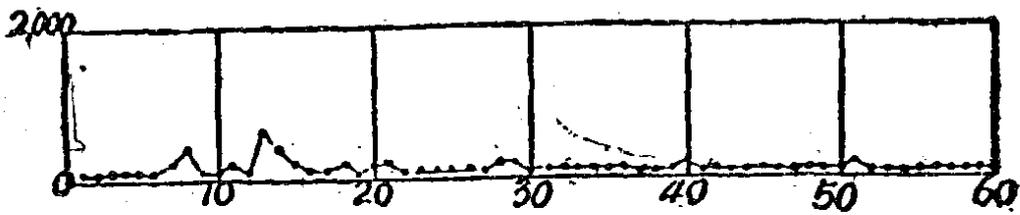
圖六



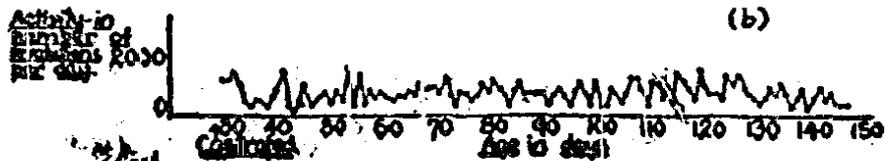
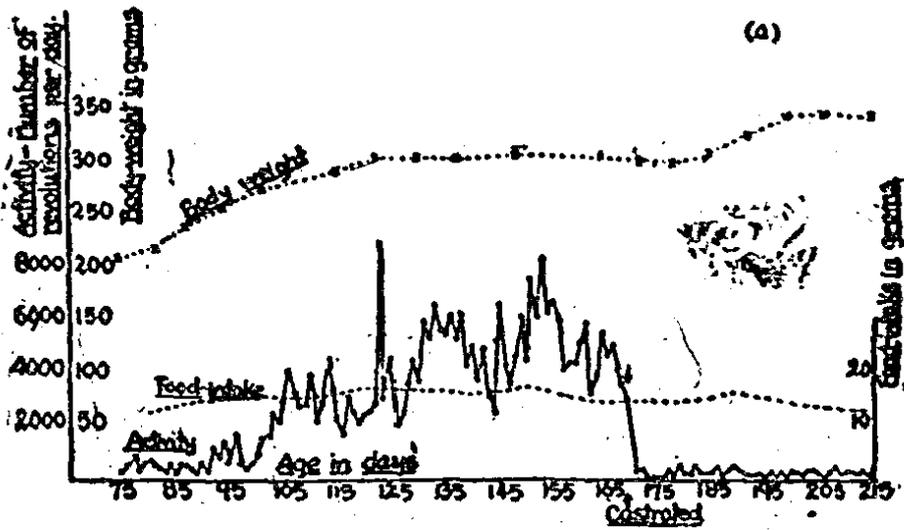
七圖



八圖



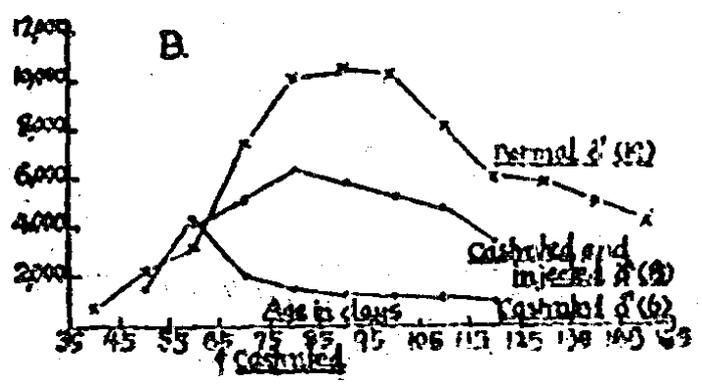
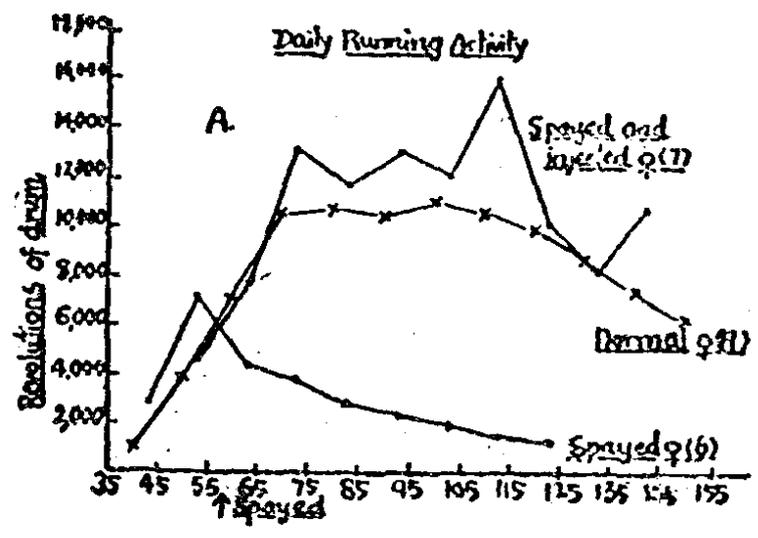
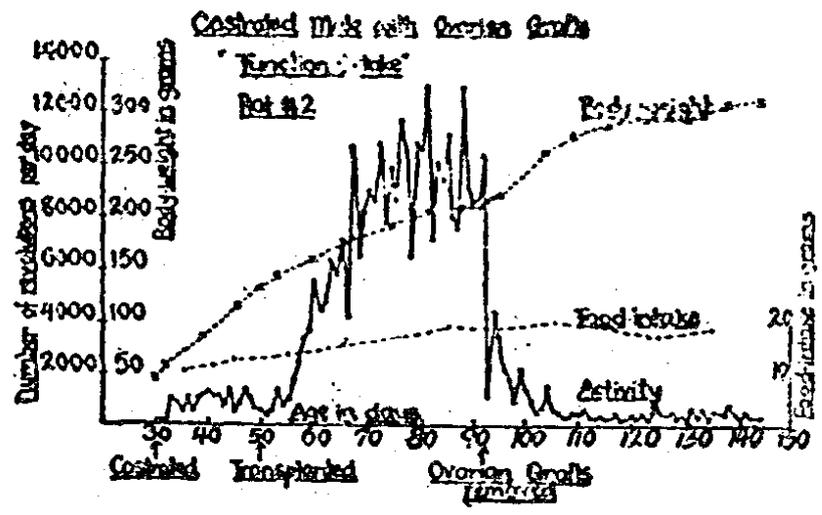
九圖



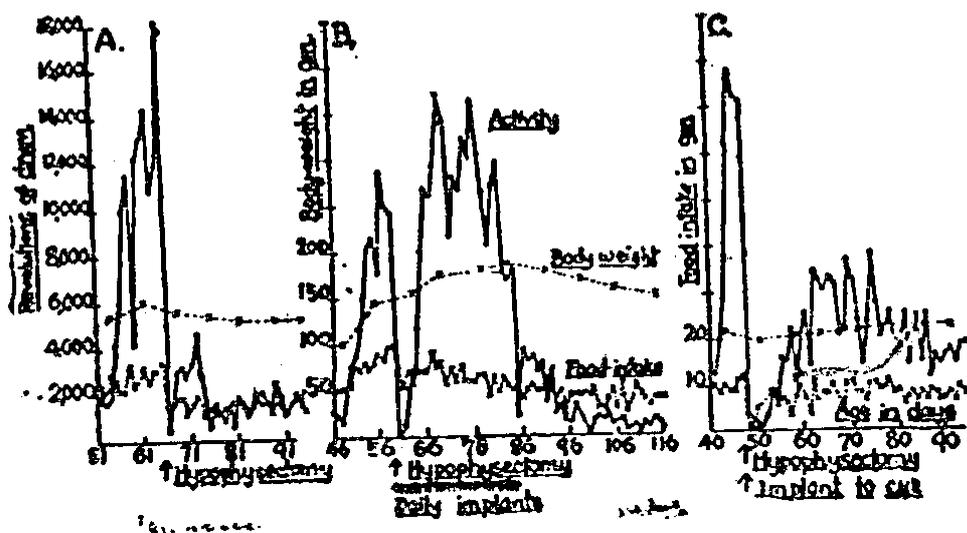
+

+

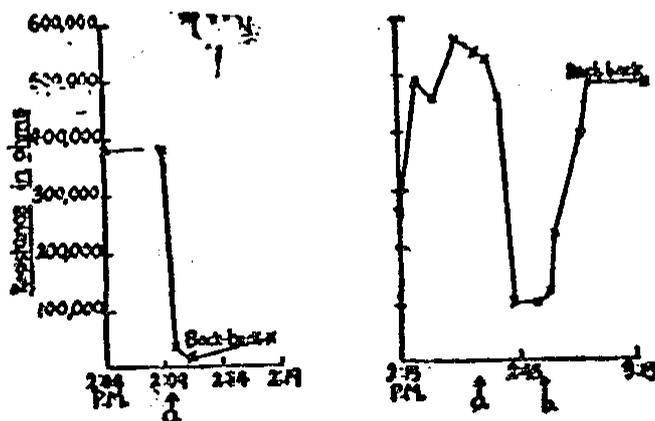
+



十一圖

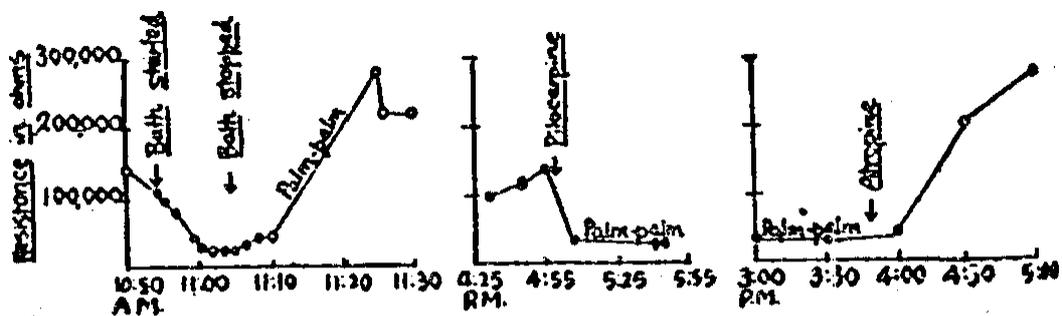


十三圖

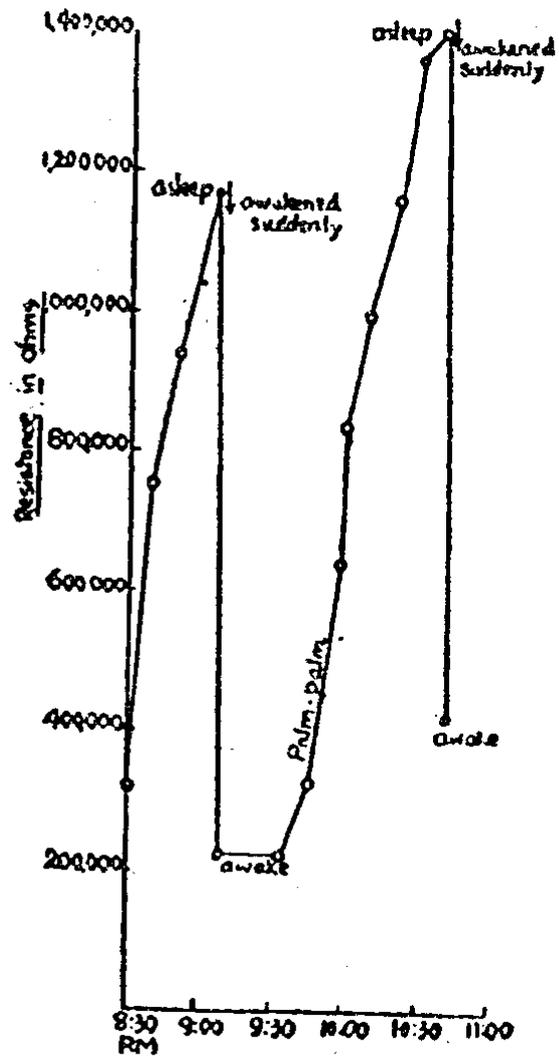


十四圖

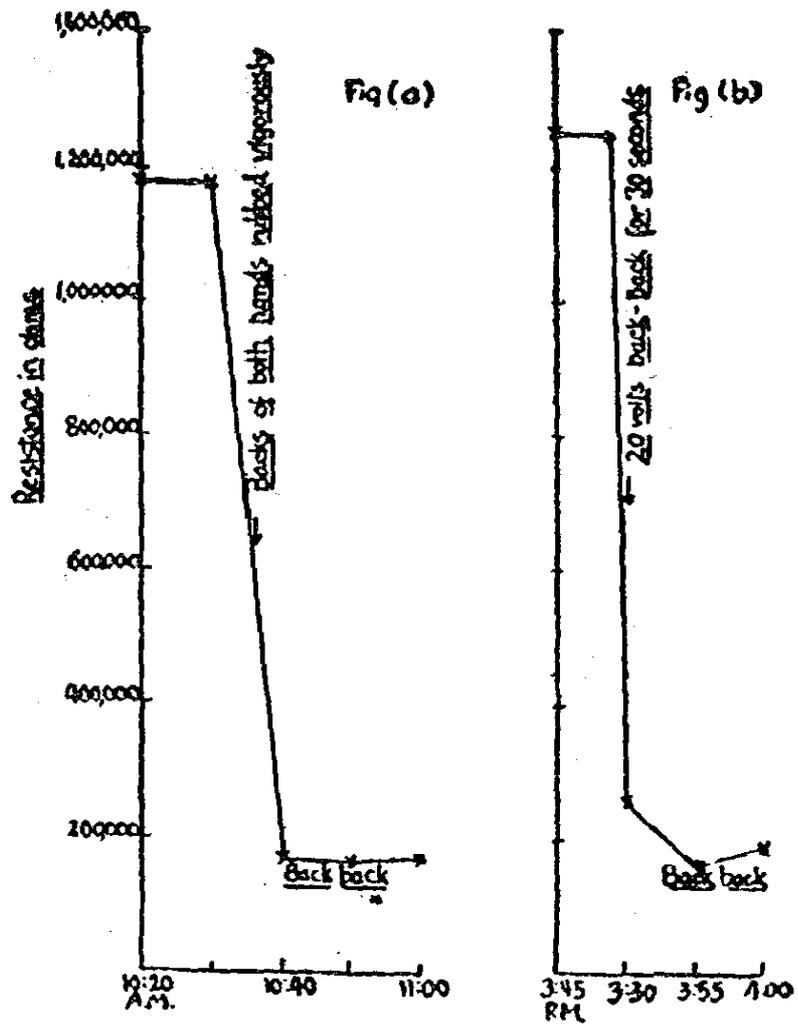
十五圖



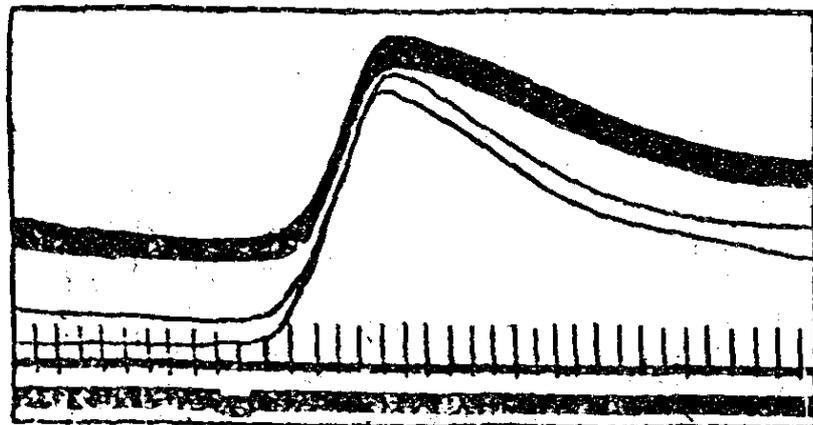
十六圖

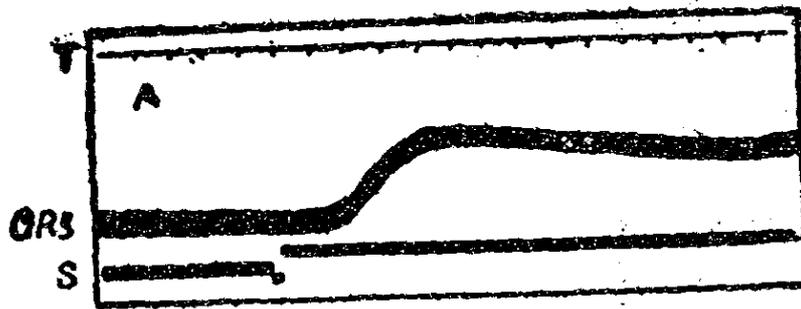


十七圖

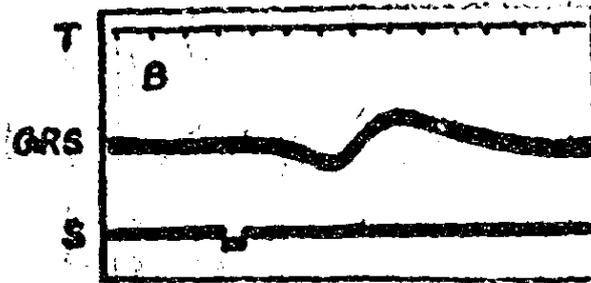


十八圖



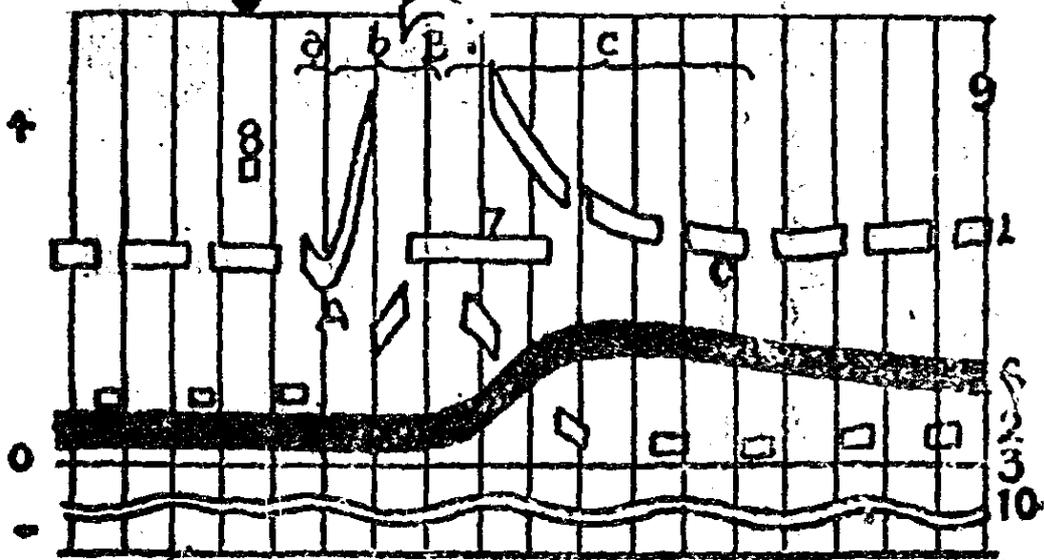


十
九



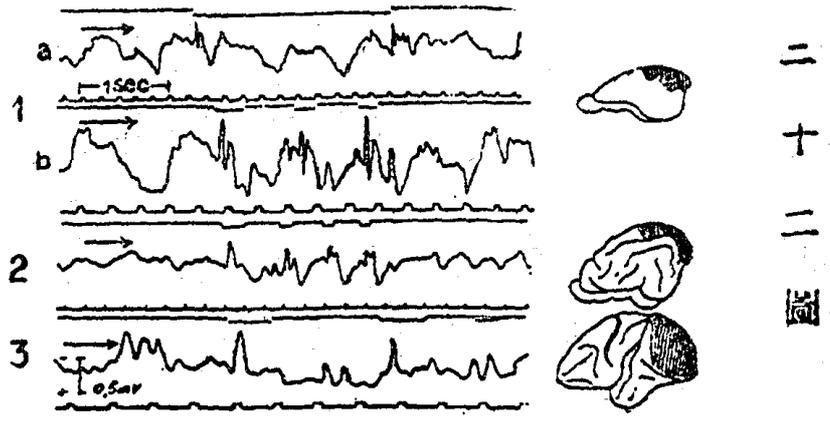
4 Pin prick - cheek

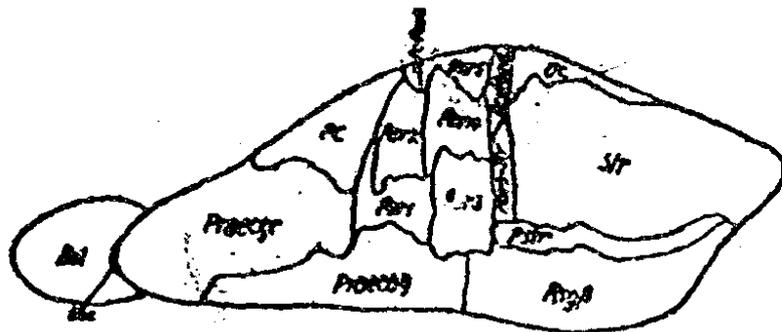
二
十
四



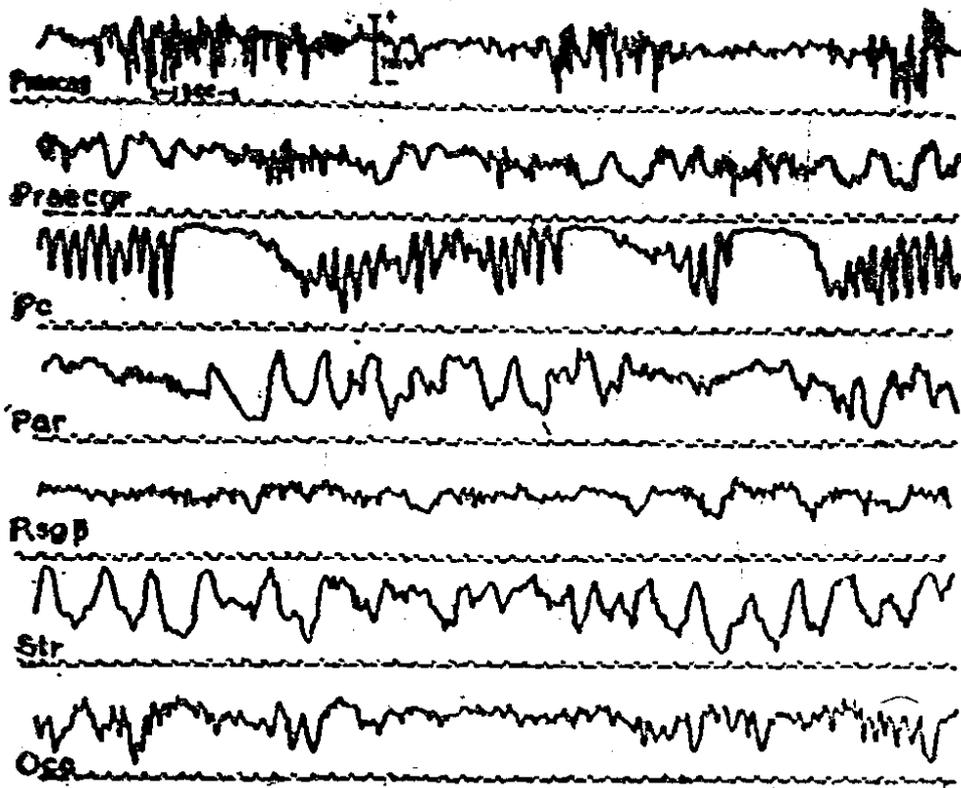


二 + - 田

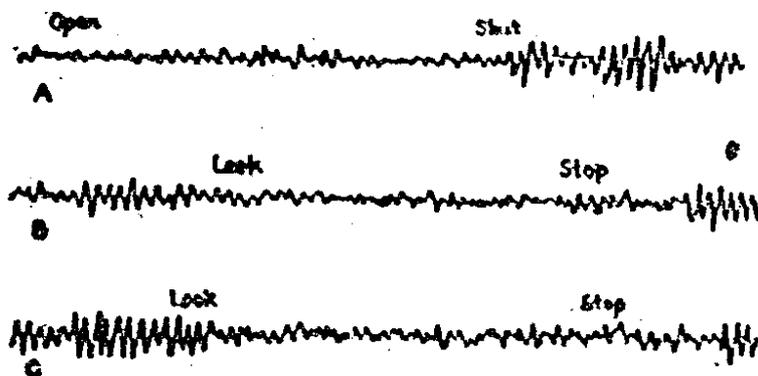




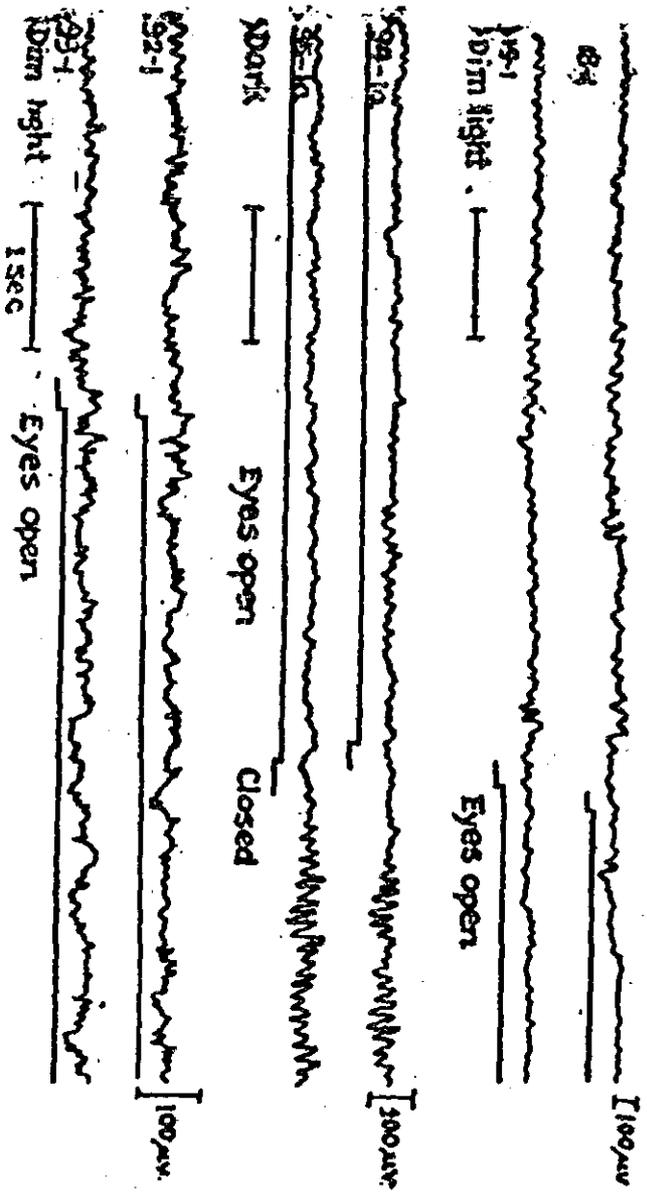
二十三圖



二十四圖

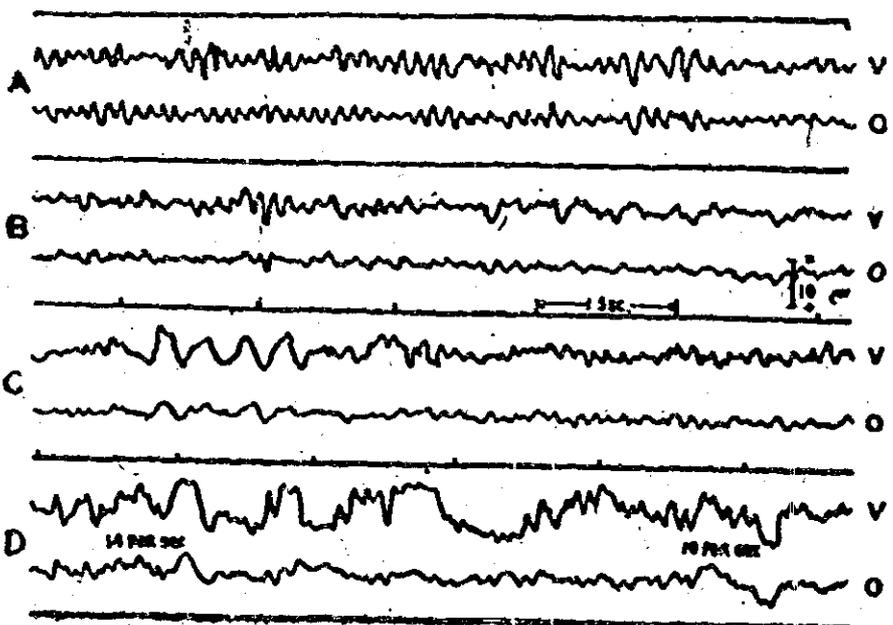


3 Pairs of Identical Twins Occiput



二十五圖

二十六圖



POTENTIALS OF THE MOTOR AREA DURING SLEEP

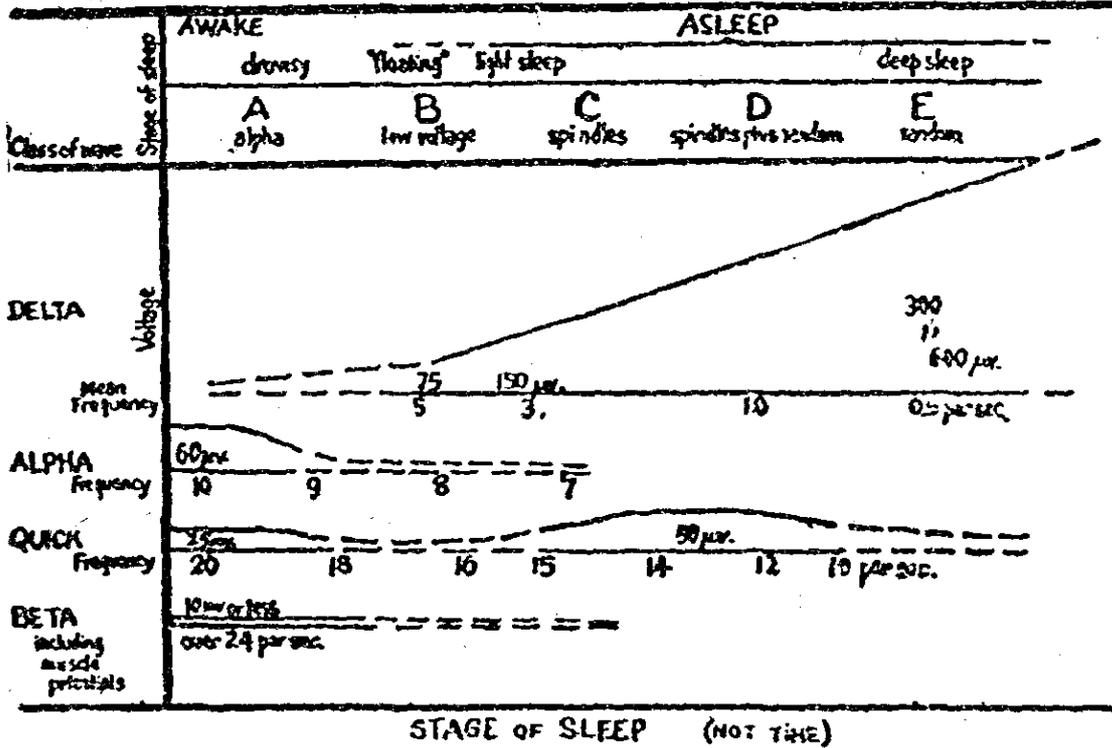
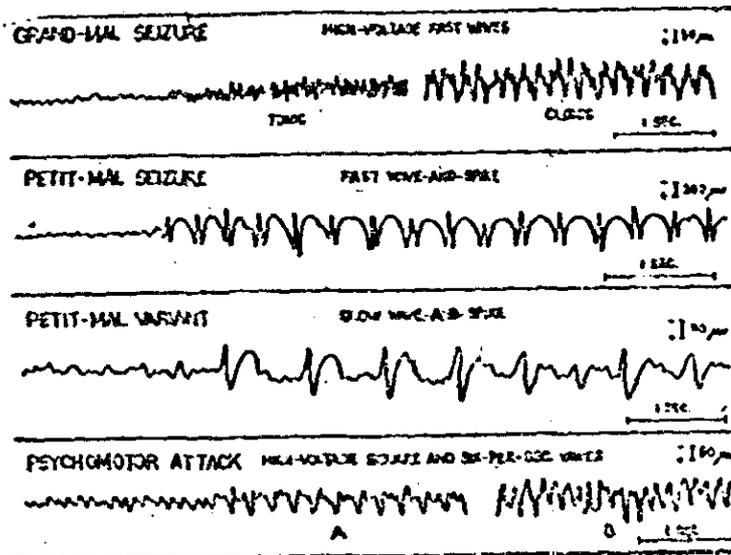


圖 七 十 二

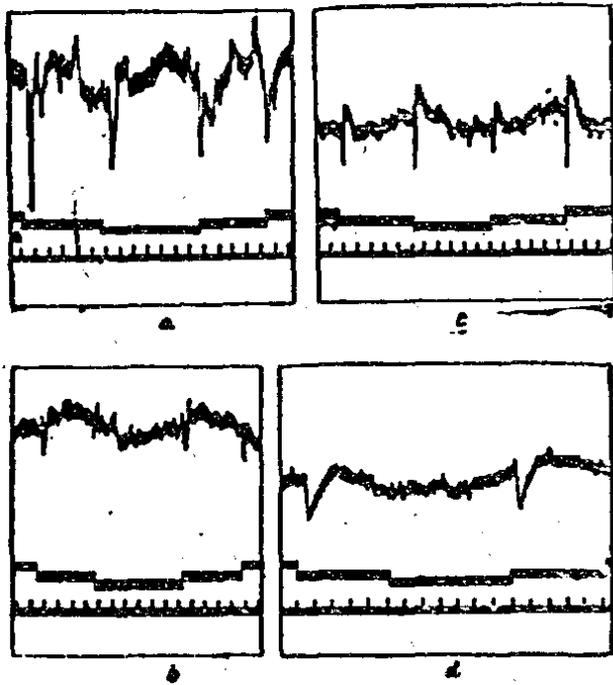
二
十
八
圖



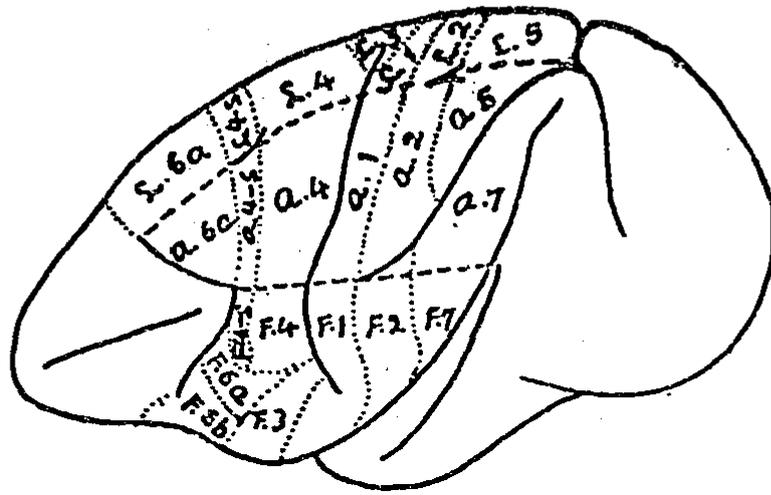


圖九十二

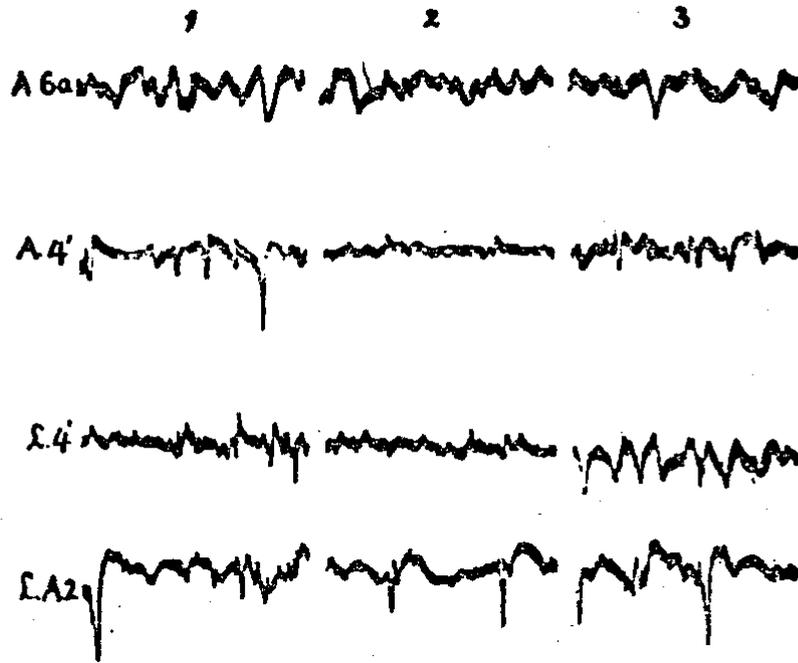
三
十
圖



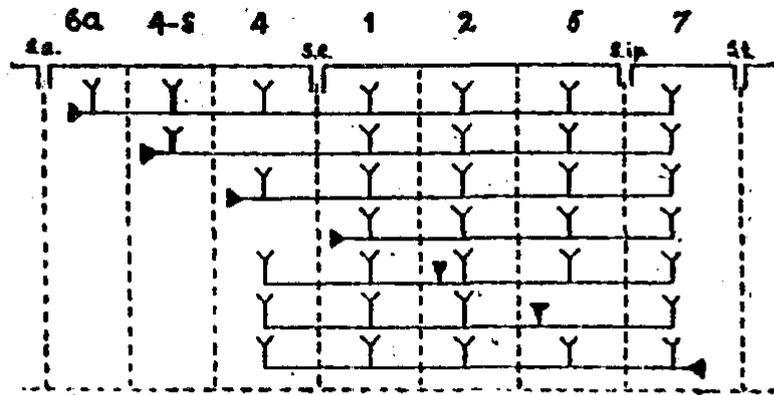
三十一圖

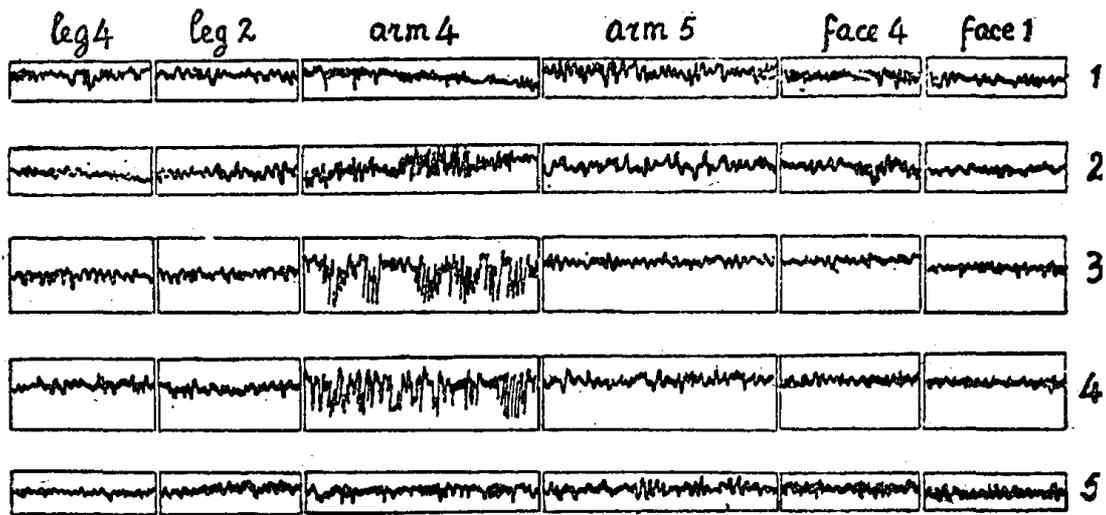


三十三圖



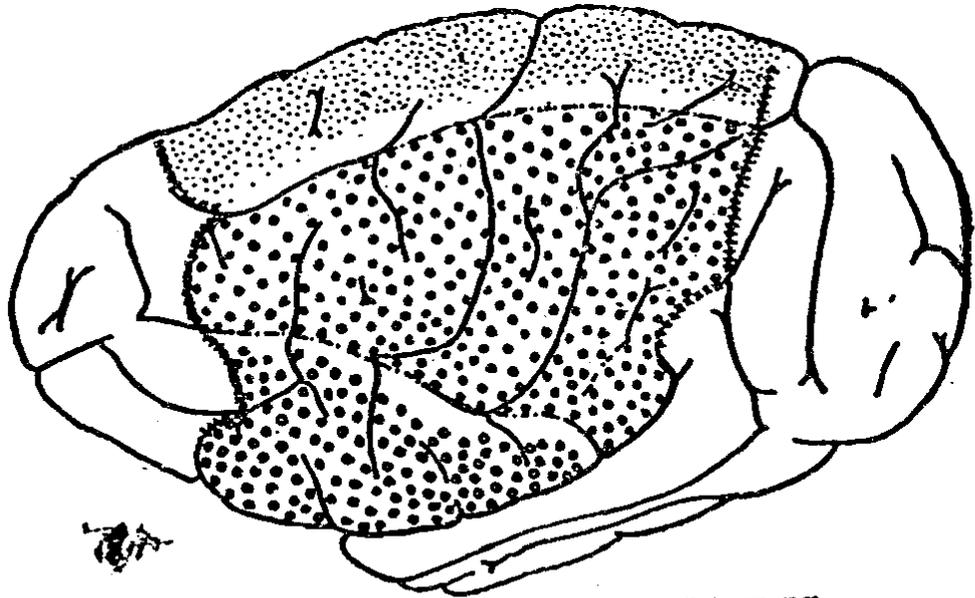
三十四圖





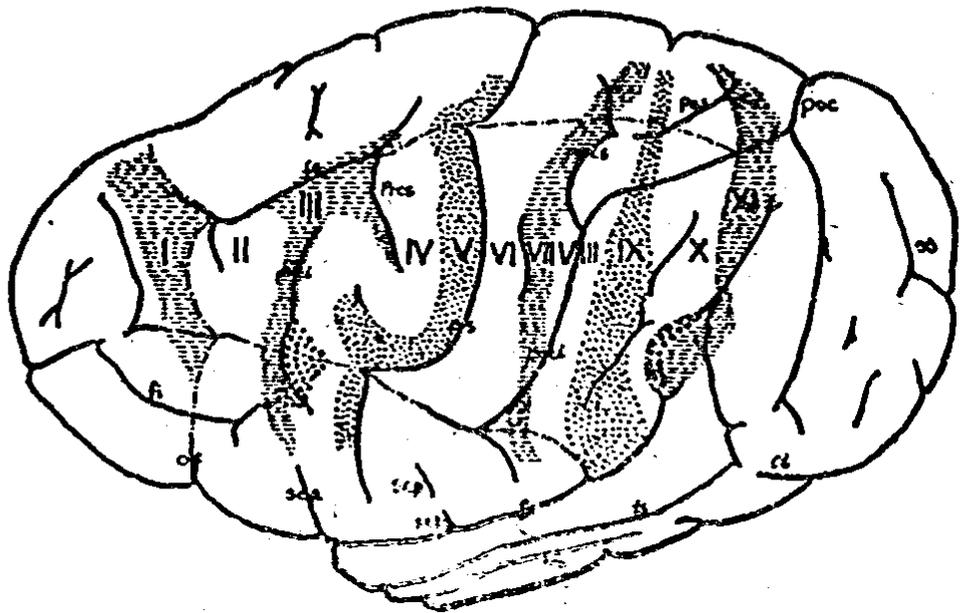
三 十 二 圖

三十五圖



SENSORY CORTEX OF CHIMPANZEE

三十六圖

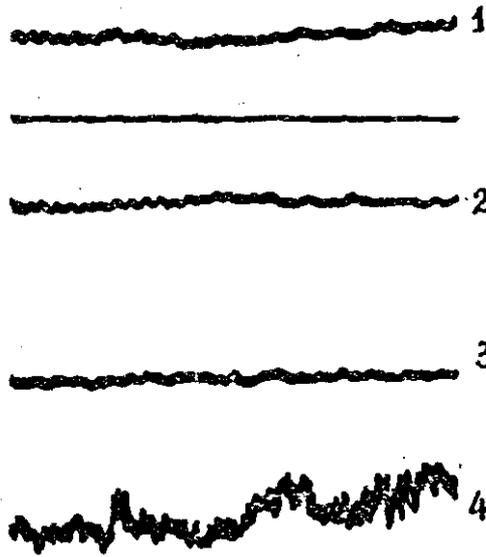


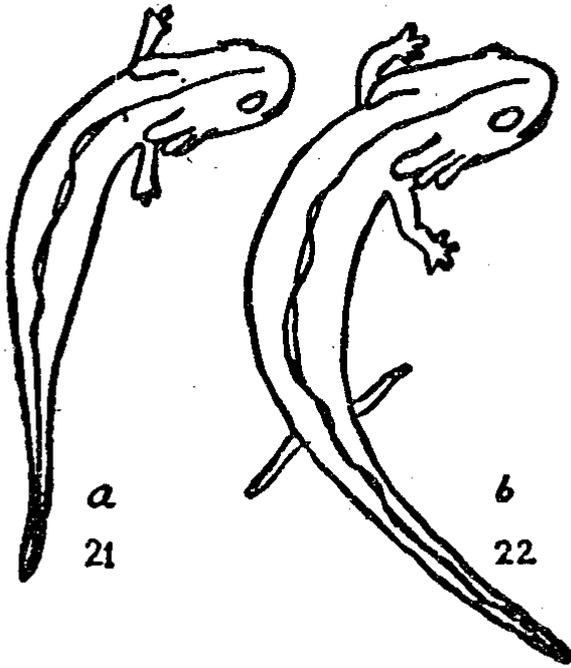
三十七圖

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
YΔ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	YΔ	Y	Y	Y	Y	•	Y		Y		
-	-	YΔ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	YΔ	Y	•				Y		
				YΔ	Y		Y				
		Y	Y	Y	YΔ	•	Y		Y		
-	-	-	-	-	-	YΔ	-	-	-	-	-
				Y	Y	?Y	YΔ		Y		
		Y			Y		?Y	YΔ			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y
									Y	YΔ	Y
											Y

ANTERIOR BORDER FACE POSTERIOR BORDER

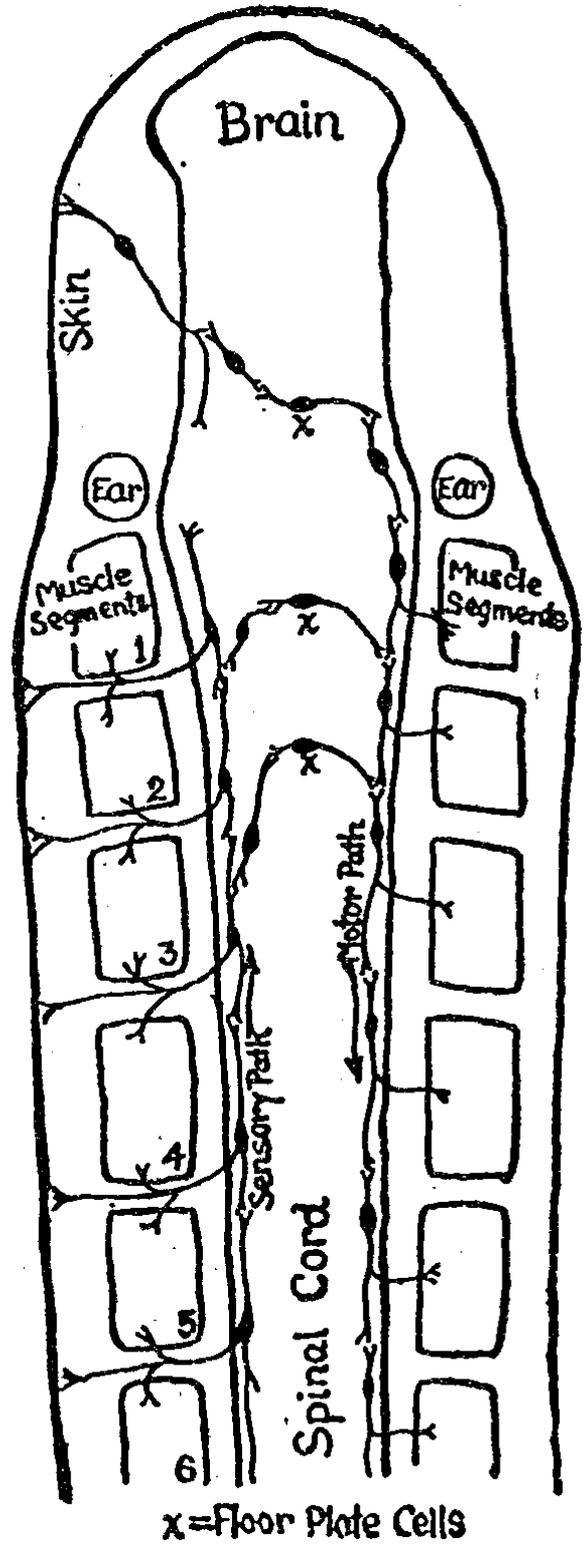
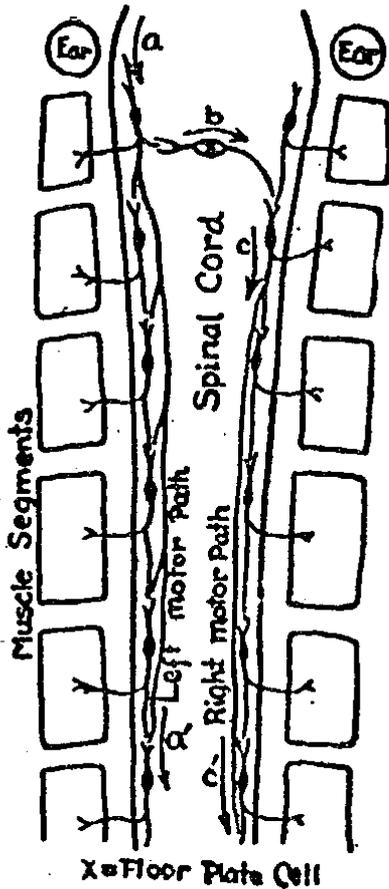
三十八圖





圖九十三

圖一十四



x=Floor Plate Cells

圖十四

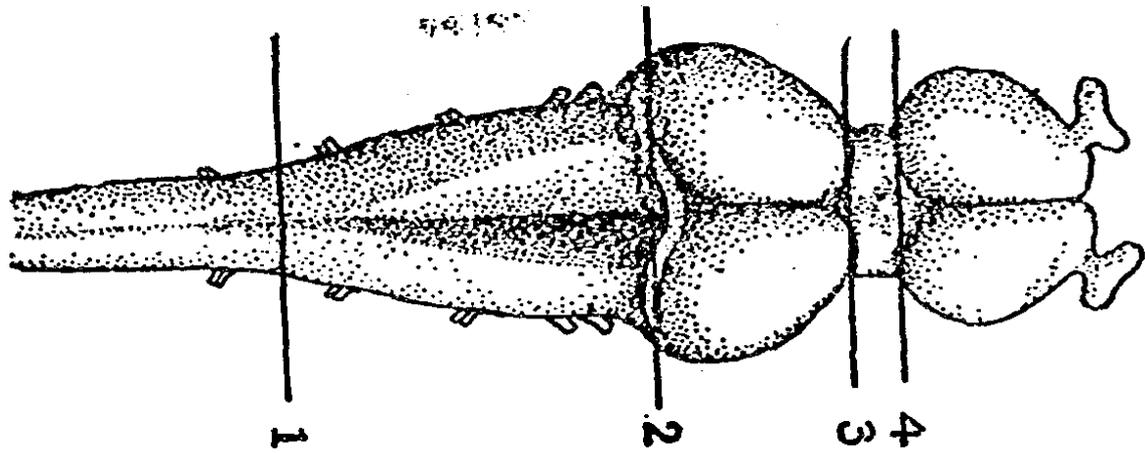
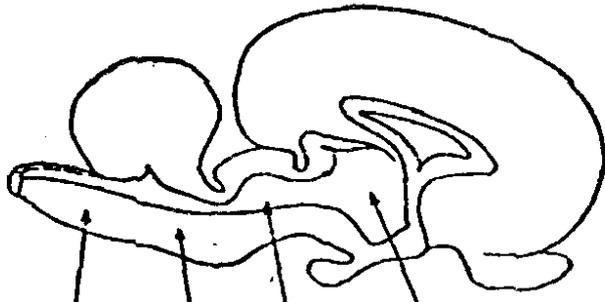


图 一 十 四



Age in days	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Movement	jerky		sustained		rigidity		inhibited			
Respiration	gasping		continuous		inhibited					
Postural reflexes	limbs eyes tongue neck		head, body righting		inhibited					
Sensory endings	very simple spindle 47		definite simple spindles 65		definite well formed 84					

图 三 十 四

表 1

階級	組織	成分	數量	說明	時間一小時	
					中	數
1	有核的表皮細胞	300	40	200	27	38
2	角化的表皮細胞	200	300	400	27	38
3	角化的表皮細胞(5)	200	300	400	27	38
4	角化的表皮細胞及白血球	200	300	400	27	38
5	有核的表皮細胞及白血球	200	300	400	27	38

參考自 G. H. Wang 1928 Comp. psychol. Monog. V. 2 P. 9

動物心理學

1000

頻率 (每秒波數)	波長	波名	最大的電壓 (波峯至波峯)	標準電壓	通常的小	出現的條件
1-5 至 4	5 至 0.25 秒	Delta 波 (1) (2)	500 μ V	100 至 300 μ V	前額 V或頂 枕部	為睡眠的特徵，(3,4)腦缺氧，(5)血糖不足(6)，全身麻痺，局部水腫(1)-腦腔壓力增高，及全部生理活動之減與意識不健全(7)均有超過100 μ V者。
4 至 8	250 至 125 厘秒	荷無適 雷名子 (慢波)	200 μ V	40 至 100 μ V	前額 V或頂 枕部	偶有甚規則的波紋。腦部稍微缺氧時(5)及昏昏欲睡時有之(2)。

8 至 13.5 (中數 爲 10.2)	125 至 74 厘秒	Alpha (8) 即 "Berger" 週波 (10)	200 μ v	25 至 75 μ v	枕部 V 類 V 類 前額 V 類	有人此種波極顯著，且甚規則，但有人甚少且不規則。閉目時，或突然有驚動的情緒時，或別種心理使之減低。恍惚欲睡時亦可使之減低 (2)。
13.5 至 20	74 至 50 厘秒	尚無適當名子 (快波) (2)	75 μ v	35 μ v	顛頂 V 或 II 類 V 類 枕部	持續不甚久，亦不甚規則，且不大受感覺刺激或心理活動的影響。當睡眠時每秒一次的波特別顯著 (3)。

表

圖

表 二 癡

20 以上	50 厘秒以下	Beta (8)	50 μ v	10 μ v	顛頂 V 前額 枕部	持續短暫且不規則，為形成腦背景的一種固定波紋。辨與肌肉的電位變化及心理活動的影響，但有時驚嚇，觸覺刺激可以使之低減，睡眠時亦呈低減或變為慢的波紋 (113)。
(35 以上)	(28 厘秒以下)	Gamma (11) (11)	10 μ v	3 μ v		此種最快的波紋，雖有人敘述，但極難與肌肉的電位變聯區別 (112)。

★此處所稱前額，乃癡癡之前部。前運動區在額葉之後部，可以記出比顛頂葉較多的 Alpha 波 (13)，及較多的 Beta 波 (11)。

- (1) 爲 Wolter 的結果。
- (2) 爲 Davis, Davis, Loomis Harvey 及 Hobart 的結果。
- (3) 爲 Loomis, Harvey 及 Hobart 的結果。
- (4) 爲 Bloke 及 Gerold 的結果。
- (5) 爲 Davis, Davis 及 Thompson 的結果。
- (6) 爲 Hoogland, Cameron 及 Rubin 的結果。
- (7) 爲 Gibbs, Davis 及 Lennox 的結果。
- (8) 爲 Berger 的結果。
- (9) 爲 Davis 及 Davis 的結果。
- (10) 爲 Adrian 及 Matthews 的結果。
- (11) 爲 Jasper 及 Andrews 的結果。
- (12) 爲 Rohrer 的結果。
- (13) 爲 Rubin 的結果。

以上爲 H. Davis 所觀察之常態或罕入脈電波形的分類。引自 H. Davis 1938, *Tabulae*

Biologicae V.16 p.12-126。

終

年齡	受試人數	Aip _a 波平均的 頻率 (每秒的波數)	頻率的範圍 (每秒的波數)	附註
1—2月	12			頻率無定
3月	10	3.7	3.3—4.5	八中僅有六人有 週期的頻率
6月	10	4.7	4.0—5.0	以幾均有Alpha週期 率
9月	8	5.5	5.0—6.3	
12月	6	6.0	5.5—6.5	
15月		6.5	5.7—7.0	
2歲	10	7.1	6.5—7.6	
3歲	14	7.5	6.8—8.3	
4歲	16	7.8	7.3—8.5	

5歲	11	8.2	7.7—9.1
(6歲)	15	8.3	7.8—9.0
7歲	12	8.8	7.8—10.2
8歲	9	9.1	7.8—11.4
9歲	11	9.3	8.4—12.0
10歲	15	6.5	8.2—11.5
11歲	2	10.2	8.5—11.4
12—16歲	65	10.2	8.2—12.0
成年人	75	10.2	8.2—13.0

上表為Alpha波頻率與年齡的關係。引自H. Davis 1938 *Tabulae Biologicae*

A 16P 122

表

表 四

動物的編號	未切制以前		切去大腦皮後		切去後腦葉前		切斷頸部脊髓	
	強度	潜伏期	強度	潜伏期	強度	伏期	強度	伏期
34	4.8m	0.76秒	7.4mmv	0.87秒	3mV	1.28秒	—	—
34	11.2	0.86	4.1	0.87	1.4	1.46	—	—
44	1.9	0.78	1.1	0.90	0.1	1.50	—	—
66	6.0	0.74	3.8	0.87	0.1	1.44	—	—
50	—	—	—	—	0.4	1.43	0.6m A	1.12秒
62	—	—	—	—	1.9	1.16	1.1	1.12
51	8.3	0.86	2.0	0.96	—	—	—	—
41	—	0.79	1.4	0.79	—	—	—	—
17	—	—	14.5	0.9	0.7	1.72	—	—
66	—	—	13.7	0.71	2.4	0.92	—	—
67	—	—	11.5	0.8	0.4	1.26	—	—
49	8.2	0.74	—	—	0.4	1.30	—	—
63	3.2	0.76	—	—	—	0.97	—	—
40	6.1	0.74	—	—	0.9	—	0.8	1.43

上表示機切斷腦各部對於皮膚電皮制刺激度及潜伏期之影響。 引自

參 考 文 獻

這個目錄絕不是一個完全的目錄，而只是把講演內所提到的寫下來罷了。雖然只限於這很小的範圍，但是因為書籍的缺少也未能把所提到的文章之出處全都找出來。這個缺陷只好等抗戰勝利之後，書籍流通較易之時，再來填補缺憾了。

Adrian, E.D. & Matthews, R. 1927, The action of light on the eye. I. The discharge of impulses in the optic nerve and its relation to the electric charges in the retina.
J. Physiol. 63:378-414.

Adrian, E.D. & Matthews, R. 1927, The action of light on the eye. II. The processes involved in retinal excitation.
J. Physiol. 64:297-301.

Adrian, E.D. 1928, Basis of sensation, action of sense organs.
London, Cristopher.

Adrian, E.D. & Matthews, R. 1928, The action of light on the eye. III. The interaction of retinal neurones.
J. Physiol. 65:273-298.

Adrian, E.D. 1931, The mechanisms of nervous action;
Philadelphia, University of Pennsylvania Press.

Adrian, E.D. & Matthews, B.H.C. 1934, The interpretation of potential waves in the cortex.
J. Physiol. 81:446-471.

Adrian, E.D. & Matthews, B.H.C. 1934, The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man.
Brain 57:355-385.

Adrian, E.D. & Matthews, B.H.C. 1934, Electrical changes in the cerebral cortex.

- Nature, London, 134:901.*
- Adrian, E.D. & Yamagawa, K. 1935, The origin of the Berger rhythm.
Brain 58:323-351.
- Adrian, E.D. 1940, Double representation of the feet in the sensory cortex of the cat,
J. Physiol. 98:169.
- Allen, E. & Doisy, E.A. 1923, An ovarian hormone.
J. Amer. Med. Assoc. 81:819-821.
- Arens Kappers, C.U., Huber, G.C. & Crosby, E.C. 1936, The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates, including man.
New York, Macmillan Co.
- Asehheim, S. & Zondek, B. 1927, Hypophysenvorderlappen-Hormon und Ovarialhormon in Harn von Schwangeren.
Klin. Wchschr. 6:1322.
- Avelling, F. & McDowall, R.J.S. 1925, A note on the psychogalvanic reactions of anaesthetised cats.
Brit. J. Psychol. 16:50-52.
- Avelling, F. & McDowall, R.J.S. 1925, The effect of the circulation on the electrical resistance of the skin.
J. Physiol. 60:316-321.
- Avelling, F., McDowall, R.J.S. & Wells, H.M. 1925, On the physiology of the so-called psycho-galvanic reflex.
J. Physiol. 60:7-8p.
- Avelling, F. 1926, The conative indications of the psychogalvanic phenomenon.
Proc. 8th International Congress of Psychology 8:227-234.
- Bailey, P., Dusser de Barenne, J.G., Carel, H.W. & McCulloch, J.

- W.S. 1949, Sensory cortex of the chimpanzee.
Phil. Neurophysiol. 23:469-485.
- Barrcroft, J. & Barron, D.H. 1936, The genesis of respiratory movements in the foetus of the sheep.
J. Physiol. 88:56-64.
- Barrcroft, J. & Barron, D.H. 1937, Movements in midfoetal life in the sheep embryo.
J. Physiol. 91:329-351.
- Barclay, B. Jr. Richter, C.P. 1938, Increased sodium chloride appetite in pregnant rats.
Amer. J. Physiol. 121:185-188.
- Barron, D.H. & Matthews, B.H.C. 1936, Intermittent conduction in the spinal cord.
J. Physiol. 85:73-103.
- Barron, D.H. & Matthews, B.H.C. 1938, The interpretation of potential changes in the spinal cord.
J. Physiol. 97:276-321.
- Barron, D.H. 1941, The functional development of some mammalian neuromuscular mechanisms.
Boil. Rev. 16:1-33.
- Bartley, S.H. & Bishop, G.H. 1932, Cortical response to stimulation of the optic nerve.
Proc. Soc. exp. Biol. Med. 29:775-777.
- Bartley, S.H. 1933, Gross differential activity of the dog's cortex as revealed by action currents.
Psychol. Monog. 24: No. 1, 30-56.
- Bartley, S.H. & Bishop, G.H. 1933, The cortical response to stimulation of the optic nerve in the rabbit.
Amer. J. Physiol. 103:159-172.

- Bartley, S.H. Bishop, G.H. 1933, Factors determining the form of the electrical response from the optic cortex of the rabbit.
Amer. J. Physiol. 103:173-184.
- Bartley, S.H. 1934, Relation of intensity and duration of brief retinal stimulation by light to the electrical response of the optic cortex of the rabbit.
Amer. J. Physiol. 108:397-408.
- Bartley, S.H. 1936, A comparison of the electrograms of the optic cortex with that of the retina.
Amer. J. Physiol. 117:338-348.
- Berger, H. 1929, Ueber das Elektroencephalogramm des Menschen.
Arch. Psychiatr. Nervenkr. 87:527-571.
- Berger, H. 1929, Ueber das Elektroencephalogramm des Menschen.
J. Psychol. Neurol. 40:160-179.
- Bok, S.T. 1915, Die Entwicklung der Hirnnerven und ihrer zentralen Bahnen. Die stimulogene Fibrillation.
Folia Neuro-biol. 9:475-565.
- Bray, C.W., Wever, E.G. & Horton, G.P. 1935, The problem of localization in the cochlea.
Psychol. Bull. 32:529-539.
- Brickner, R.M. 1932, An interpretation of frontal lobe function based on the study of a case of partial bilateral frontal lobectomy.
Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis. 13:259-351.
- Brodmann, K. 1909, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig, Barth.
- Campbell, A.W. 1905, Histological studies on the localization of cerebral function.

- Cambridge, The University Press.
- Cannon, W.B. & Washburn, A.L. 1912, An explanation of hunger.
Amer. J. Physiol. 29:441-454.
- Carlson, A.J. 1916, The control of hunger in health and disease.
Chicago, The University of Chicago Press.
- Carmichael, L. 1933, Origin and prenatal growth of behavior.
In Handbook of Child Psychology, edited by Murchison, C.,
pp. 31-159.
- Caton, R. 1875, The electric current of the brain.
Brit. Med. J. 2:278.
- Chen, M.P., Lim, R.K.S., Wang, S.C. & Yi, C.L. 1936, On
the question of a myelencephalic sympathetic center. I. The
effect of stimulation of the pressor area on visceral func-
tion.
Chinese J. Physiol. 10:445-473.
- Coghill, G.E. 1914, Correlated anatomical and physiological
studies of the growth of the nervous system of Amphibia. I.
The afferent system of the trunk of Amblystoma.
J. comp. Neurol. 24:161-234.
- Coghill, G.E. 1916, II. The afferent system of the head of Am-
blystoma.
J. comp. Neurol. 26:247-340.
- Coghill, G.E. 1924, III. The floor plate of Amblystoma.
J. comp. Neurol. 37:37-70.
- Coghill, G.E. 1924, IV. Rates of proliferation and differentiation
in the central nervous system of Amblystoma.
J. comp. Neurol. 37:71-122.
- Coghill, G.E. 1926, V. The growth of the pattern of the motor

- mechanism of *Amblystoma punctatum*.
J. comp. Neurol. 40:47-96.
- Coghill, G.E. 1926, VI. The mechanism of integration in *Amblystoma punctatum*.
J. comp. Neurol. 41:95-152.
- Coghill, G.E. 1926, VII. The growth of the pattern of the association mechanism of the rhombencephalon and spinal cord of *Amblystoma punctatum*.
J. comp. Neurol. 42:1-18.
- Coghill, G.E. 1928, VIII. The development of the pattern of differentiation in the cerebrum of *Amblystoma punctatum*.
J. comp. Neurol. 45:227-248.
- Coghill, G.E. 1929, Anatomy and the problem of behavior.
 Cambridge, University Press.
- Coghill, G.E. 1930, IX. The mechanism of association of *Amblystoma punctatum*.
J. comp. Neurol. 5:311-370.
- Coghill, G.E. 1931, X. Corollaries of the anatomical and physiological study of *Amblystoma* from the age of earliest movement to swimming.
J. comp. Neurol. 53:147-168.
- Coghill, G.E. 1933, XI. The proliferation of cells in the spinal cord as a factor in the individuation of reflexes of the hind leg of *Amblystoma punctatum* Cope.
J. comp. Neurol. 57:327-360.
- Coghill, G.E. 1939, XII. Quantitative relations of the spinal cord and ganglia correlated with the development of reflexes of the leg in *Amblystoma punctatum* Cope.
J. comp. Neurol. 64:135-167.

- Creed, R.S., Denny Brown, D., Eccles, J.C., Liddell, E.G.T. & Sherrington, C.S.** 1932, Reflex activity of the spinal cord. Oxford, Clarendon Press.
- Dandy, W.E.** 1930, Changes in our conceptions of localization of certain functions of the brain.
Amer. J. Physiol. 93:643.
- Dandy, W.E.** 1933, Physiological studies following extirpation of the right cerebral hemisphere in man.
Bull. Johns Hopkins Hospital, 53:31-51.
- Darrow, C.W.** 1927, Sensory, secretory and electrical changes in skin following bodily excitation.
J. exp. Psychol. 10:197-226.
- Darrow, C.W.** 1929, The galvanic skin reflex and finger volume changes.
Amer. J. Physiol. 88:219-229.
- Darrow, C.W.** 1929, Electrical and circulatory responses to brief sensory and ideational stimuli.
J. exp. Psychol. 12:267-300.
- Darrow, C.W.** 1929, The galvanic skin reflex, not a vasoconstriction phenomenon.
Psychol. Bull. 26:155-156.
- Darwin, C.** 1859, Origin of species.
London.
- Davis, H. & Davis, P.A.** 1936, Action potentials of the brain in normal persons and in normal states of cerebral activity.
Arch. Neurol. Psychiat., Chicago, 36:1214-1224.
- Davis, H., Davis, Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G.** 1937, Changes in human brain potentials during the onset of sleep.

- Science* 86:448-459.
- Davis, H. 1938, The electroencephalogram.
Tabulae biologicae 16:116-131.
- Davis, H., Davis, P.A., Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1938, Human brain potentials during the onset of sleep.
J. Neurophysiol. 1:24-38.
- Davis, H. 1939, Electrical phenomena of the brain and spinal cord.
Ann. Rev. Physiol. 1:345-362.
- Davis, H., Davis, P.A., Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1939, A search for changes in direct-current potentials on the head during sleep.
J. Neurophysiol. 2:129-135.
- Davis, H., Davis, P.A., Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1939, Electrical reactions of the human brain to auditory stimulation during sleep.
J. Neurophysiol. 2:500-514.
- Davis, H., Davis, P.A., Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1939, Analysis of the electrical response of the human brain to auditory stimulation during sleep.
Amer. J. Physiol. 126:474-475D.
- Denning, H. 1924, Die Bahn des psychogalvanischen Reflexes im Zentralnervensystem.
Ztschr. ges. Neurol. Psychiatr. 92:373-377.
- Detwiler, S.R. 1936, Neuroembryology, an experimental study.
New York, Macmillan Co.
- Dieden, H. 1916, Ueber die Wirkung des Adrenals auf die Schweisssekretion.

- Ztschr. Biol.* 66:387-391.
- Durrant, E.P. (1924). Studies on vigour; 1. Effects of adrenal
 excitation on activity of the albino rat.
Amer. J. Physiol. 70:344-350.
- Dusser de Barenne, J.G. (1912). Die Strychninwirkung auf das
 Zentralfachensystem. IV. Theoretische Betrachtungen.
Folia Neurol. 6:277-286.
- Dusser de Barenne, J.G. 1916, Experimental researches on sensory
 localisations in the cerebral cortex.
Quart. J. exp. Physiol. 9:355-390.
- Dusser de Barenne, J.G. 1924, Experimental researches on sen-
 sory localisation in the cerebral cortex of the monkey
 (*Macacus*).
Proc. Roy. Soc. B, London 96:272-291.
- Dusser de Barenne, J.G. 1924, Experimentelle Untersuchungen
 über die Lokalisation des sensiblen Rindengebietes im Ge-
 hirne des Affen (*Macacus*).
Dtsch. Z. Nervenheilk. 83:273-299.
- Dusser de Barenne, J.G. & Sager, O. 1931, Ueber die sensiblen
 Funktionen des Thalamus opticus der Katze; untersucht mit
 der Methode der örtlichen Strychninvergiftung; allgemeine
 Symptomologie und funktionelle Lokalisation.
Ztschr. ges. Neurol. Psychiatr. 133:231-272.
- Dusser de Barenne, J.G. & McCulloch, W.S. 1936, Functional
 boundaries in the sensori-motor cortex of the monkey.
Proc. Soc. exp. Biol. N.Y. 35:239-231.
- Dusser de Barenne, J.G. 1937, Sensori-motor cortex and thalamus
 opticus. *ib. supracitativa*
Amer. J. Physiol. 119:263.

- Dusser de Barenne, J.G. & Sagar, O. 1937, Sensory function of the optic thalamus of the monkey (*Macacus rhesus*). Symptomatology and functional localization, investigated with the method of local strychninization.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 38:913-926.
- Dusser de Barenne, J.G. & McCulloch, W.S. 1938, Functional organization in the sensory cortex of the monkey (*Macaca mulatta*).
J. Neurophysiol. 1:69-85.
- Dusser de Barenne, J.G. & McCulloch, W.S. 1938, The direct functional interrelation of sensory cortex and optic thalamus.
J. Neurophysiol. 1:176-186.
- Dusser de Barenne, J.G. & McCulloch, W.S. 1938, Sensorimotor cortex, nucleus caudatus and thalamus opticus.
J. Neurophysiol. 1:364-377.
- Dusser de Barenne, J.G., McCulloch, W.S. & Ogawa, T. 1938, Functional organization in the face-subdivision of the sensory cortex of the monkey (*Macaca mulatta*).
J. Neurophysiol. 1:436-441.
- Ebbecke, U. 1921, Ueber die Beziehung zwischen lokaler Reizung und elektrischer Leitfähigkeit. Die lokale galvanische Reaction der Haut.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 190:230-269.
- Ebbecke, U. 1930, Der psychogalvanische Reflex bei der Narkose.
Oral communication at a round table conference on the psychogalvanic reflex in the 9th International Congress of Psychology.
- Ectors, L. 1936, Etude de l'activité électrique du cortex cérébral chez le lapin non narcotisé ni curarisé.

- Arch. int. Physiol.* 43:267-298.
- Edmunds, C.W. & Gunn, J.A.: 1928, *Cushpy's Text-book of pharmacology and therapeutics.*
Philadelphia: Lea & Febiger.
- Einthoven, W. & Roos, J. 1921, Ueber Widerstand und Potentialdifferenz bei dem psychogalvanischen Reflex.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 189:126-136.
- Hilfinger, J. & Gasser, H.S. 1937, Electrical signs of nervous activity.
Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Farmer, E. & Chambers, E.G. 1925, Concerning the use of the psychogalvanic reflex in psychological experiments.
Erit. J. Psychol. 15:237-245.
- Fauville, A. 1921, Etude sur le phénomène psychogalvanique chez la grenouille.
Arch. Physiol. 16:58-63.
- Fechner, G.T. 1860, *Elemente der Psychophysik.*
Leipzig.
- Féré, Ch. 1888, Note sur les modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielle et des émotions.
Compt. rend. Soc. Biol. 5:217-219.
- Fischer, M.H.: 1932, Elektrobiologische Erscheinungen an der Hirnrinde.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 230:161-178.
- Floyd, W.F. & Keele, C.A.: 1936, Changes of potential from
Physiol. 86:139-141.
- Roà, C. & Peserico, E. 1923, Lo vie del riflesso neurogalvanico.

- Arch. Fisiol. Firenze*, 21:119-130.
- Förster, O. 1927, *Rossolimo-Festschrift*, 145.
(Cited by Hara).
- Förster, O. 1936, The motor cortex in man in the light of Hughlings Jackson's doctrines.
Brain, 59:135-159.
- Franz, S.I. & Lashley, K.S. 1917, The effects of cerebral destructions upon habit-formation and retention in the albino rat.
Psychobiol. 1:72-139.
- Freud, S. 1920, Introduction lectures on psychoanalysis.
(Translated by J. Riviere from *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*. Vienna, 1917-1918.)
London.
- Gässer, H.S. & Graham, H.T. 1933, Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots.
Amer. J. Physiol. 103:303-320.
- Gerard, R.W. 1936, Electrical activity of the cat's brain.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 36:675-735.
- Gibbs, F.A., Davis, H. & Lennox, W.G. 1935, The electroencephalogram in epilepsy and in conditions of impaired consciousness.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 34:1133-1148.
- Gibbs, F.A. & Gibbs, E.L. 1936, Hans Berger on the human electroencephalogram.
Monographed copy for private circulation.
- Gibbs, F.A., Lennox, W.G. & Gibbs, E.L. 1936, The electroencephalogram in diagnosis and in localization of epileptic seizures.

- Arch. Neurol. Psychiatr. Chicago*, 36:1225-1235.
- Gibbs, F.A., Gibbs, E.L. & Lennox, W.G. 1937, Epilepsy: a paroxysmal cerebral dysrhythmia.
Brain, 60:377-388.
- Gibbs, F.A., Gibbs, E.L. & Lennox, W.G. 1937, The various cerebral dysrhythmias of epilepsy, and measures for their control.
Trans. Amer. Neurol. Ass. 63:129-131.
- Gibbs, F.A., Gibbs, E.L. & Lennox, W.G. 1938, The likeness of cortical dysrhythmia of schizophrenia and psychomotor epilepsy.
Amer. J. Psychiatr. 95:255-269.
- Gibbs, F.A., Gibbs, E.L. & Lennox, W.G. 1938, Cerebral dysrhythmias of epilepsy: measures for their control.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 39:298-314.
- Gildmeister, M. 1938, Der galvanische Hautreflex.
In *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*. Herausgegeben von A. Bethe, G.V. Bergmann, G. Embden und A. Ellinger. 8/2. Berlin Springer.
- Goadby, K. & Goadby, H. 1936, Simultaneous photographic records of the potential and resistance effects of the psychomotor response.
J. Physiol. 86:11-13p.
- Golla, F., Graham, S. & Walter, W.G. 1937, The electroencephalogram in epilepsy.
J. ment. Sci. 83:137-155.
- Goltz, F. 1874, Ueber den Einfluss des Nervensystem auf die Vorgänge während der Schwangerschaft und des Gebärakts.
Hflüger's Arch. ges. Physiol. 9:552-565.

- Goltz, F. 1892, Der Hund ohne Grosshirn.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 51:570-614.
- Goltz, F. & Ewald, J.R. 1896, Der Hund mit verkürztem Rückenmark.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 63:362-409.
- Graham, C.H. & Hartline, H.K. 1935, The response of single visual sense cells to light of different wave lengths.
J. gen. Physiol. 18:917-931.
- Gusserow, L. 1878, Stoffaustausch zwischen Mutter und Frucht.
Arch. Gynäkol. 5:56.
- Hara, K. 1929, Ueber die Hemmung der Schweisssekretion nach Reizung der hinteren Wurzel; zugleich als ein Beitrag über die Wirkungsweise der sogenannten antidromen Nerven-erregung.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 221:692-694.
- Harrison, R.G. 1935, On the origin and development of the nervous system studied by the methods of experiment embryology.
Proc. Roy. Soc. B. London, 118:155-194.
- Hartline, H.K. & Graham, C.H. 1932, Nerve impulses from single receptors in the eye.
J. cell. comp. Physiol. 1:277-295.
- Hartline, H.K. 1934, Intensity and duration in the excitation of single photoreceptor units.
J. cell. comp. Physiol. 5:229-247.
- Hartline, H.K. 1935, Impulses in single optic nerve fibers of the vertebrate retina.
Amer. J. Physiol. 113:59-60.
- Hartline, H.K. 1937, The discharge of impulses in the optic

- nerve fibers of the eye of *Pecten irradians*.
Amer. J. Physiol. 119:328.
- Hartline, H. K. 1938, The response of single optic nerve fibers of the vertebrate eye to illumination of the retina.
Amer. J. Physiol. 121:400-415.
- Hartline, H.K. 1938, The discharge of impulses in the optic nerve of *Ecton* in response to illumination of the eye.
J. cell. comp. Physiol. 11:465-478.
- Hartline, H.K. 1939, Excitation and inhibition of the "off" response in vertebrate optic nerve fibers.
Amer. J. Physiol. 126:527.
- Hartline, H.K. 1940, The nerve messages in the fibers of the visual pathway.
J. opt. Soc. Amer. 30:239-247.
- Head, H., Rivers, W.H.R., Holmes, G., Sherren, J., Thompson, T. & Riddoch, G. 1920, Studies in neurology. 2 vols.
 London, Oxford University Press.
- Hebb, D.O. & Penfield, W. 1940, Human behavior after extensive bilateral removal from the frontal lobes.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 44:421-438.
- Hecht, S. 1929, The nature of the photoreceptor.
 In *Handbook of experimental Psychology*, edited by C. Murchison, pp. 217-272.
- Helmholtz, H.U. 1909-1910, *Handbuch der physiologischen Optik*, 3 Bd.
 Hamburg, Voss.
- Herrick, G.J. & Coghill, G.S. 1915, The development of reflex mechanisms in Amblyopia.
J. comp. Neurol. 25:65-86.

- Herrick, C.J. 1937, Development of the brain of *Amblystoma* in early functional stages.
J. comp. Neurol. 67:381-421.
- Herrick, C.J. 1938, Development of the cerebrum of *Amblystoma* during early swimming stages.
J. comp. Neurol. 68:203-241.
- Herrick, C.J. 1938, Development of the brain of *Amblystoma punctatum* from early swimming to feeding stages.
J. comp. Neurol. 69:13-30.
- Herrick, C.J. 1938, The brains of *Amblystoma punctatum* and *Amblystoma tigrinum* in early feeding stages.
J. comp. Neurol. 69:391-426.
- Holmgren, F. 1885, Ueber die Retinaströme.
Unters. Physiol. Inst., Heidelberg, 3:278-326.
- Hughes, J. & Gasser, H.S. 1934, Some properties of the cord potentials evoked by a single afferent volley.
Amer. J. Physiol. 108:295-306.
- Hughes, J. & Gasser, H.S. 1934, The response of the spinal cord to two afferent volleys.
Amer. J. Physiol. 108:307-321.
- Hughes, J., McCouch, G.P. & Stewart, W.B. 1936, Cord potentials in acute and chronic spinal cats.
Amer. J. Physiol. 116:83-84.
- Hughes, J., McCouch, G.P. & Stewart, W.B. 1937, Cord potentials in the spinal cat.
Amer. J. Physiol. 118:411-421.
- Hughes, J., McCouch, G.P. & Stewart, W.B. 1940, Cord potentials in spinal shock: multiple stimuli.
J. Neurophysiol. 3:146-150.

- Ingvar, S. 1920, Reactions of cells to the galvanic current in tissue cultures.
Proc. Soc. exp. Biol. Med. 17:198.
- Jacobsen, C.F. 1928, Recent experiments on the function of the frontal lobes.
Psychol. Bull.
- Jacobsen, C.F. 1931, A study of cerebral function in learning: The frontal lobes.
J. comp. Neurol. 52:271-340.
- Jacobsen, C.F. 1935, Functions of the frontal association areas in primates.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago. 33:558-569.
- Jacobsen, C.F., Wolfe, J.B. & Jackson, T.A. 1935, An experimental analysis of the functions of the frontal association areas in primates.
J. nerv. ment. Dis. 82:1-14.
- Jacobsen, C.F. 1936, Studies of cerebral function in primates: I. The functions of the frontal association areas in monkeys.
Comp. Psychol. Monog. 13: No. 3, 1-66.
- Jacobsen, C.F. & Nissen, H.W. 1937, Studies of cerebral function in primates: IV. The effects of frontal lobe lesions on the delayed alternation habit in monkeys.
J. comp. Psychol. 33:161-112.
- Jasper, H.H. 1937, Electrical signs of cortical activity.
Psycho. Bull. 34:411-481.
- Jasper, H.H. & Andrews, H.L. 1938, Electroencephalography: III. Normal differentiation between occipital and precentral regions in man.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 39:96-115.

- Jeffress, L.A. 1928, Galvanic phenomena of the skin.
J. exp. psychol. 11:130-144.
- Jennings, H.S. 1906, The behavior of the lower organisms.
 New York, The Columbia University Press.
- Jennings, H.S. 1910, Diverse ideals and divergent conclusions in
 the study of behavior in lower organisms.
Amer. J. Psychol. 21:349-370.
- Karplus, J.P. & Kreidl, A. 1909, Gehirn und Sympathicus. I.
 Mitt.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 139:138-144.
- Karplus, J.P. & Kreidl, A. 1910, Gehirn und Sympathicus. II.
 Mitt.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 135:401-416.
- Kinder, E.F. 1927, A study of the nest building of the albino
 rat.
J. exp. Zool. 47:117-162.
- Kornmüller, 1932, Architektonische Lokalisation bioelektrischer
 Erscheinungen auf der Grosshirnrinde. 1. Mitteilung: Unter-
 suchungen am Kaninchen bei Augenlichtung.
J. Psycho. Neurol. 44:447-459.
- Kornmüller, E.A. 1932, Bioelektrische Charakteristika architek-
 tonischer Felder der Grosshirnrinde.
Psychiatr. Neurol. Wehchr. 34: No. 3, 25.
- Kornmüller, E.A. 1937, Die bioelektrischen Erscheinungen der
 Hirnrindensfelder.
 Leipzig, G. Thieme.
- Krogh, A. 1922, Physiology of capillaries.
 New Haven, Yale University Press.
- Kubic, L.S. 1930, Theoretical application to some neurological

- problems of properties of excitation waves which move in closed circuits.
- Brain*, 53:166-177.
- Kuo, Z.Y. Studies on the ontogeny of embryonic behavior in aves. I. The chronology and general nature of the behavior of the chick embryo.
- J. exp. Zool.* 61:395-430.
- Landis, C. & D. Wick, H.N. 1929, The electrical phenomena of the skin (*Psychogalvanic reflex*).
- Psychol. Bull.* 26:64-119.
- Langley, J.N. 1922, The secretion of sweat. Part I.
- J. Physiol.* 56:110-119.
- Langley, J.N. & Uyeno, K. 1922, The secretion of sweat. Part II.
- J. Physiol.* 56:206-226.
- Langworthy, O.R. & Richter, C.P. 1930, The influence of different cerebral pathways upon the sympathetic nervous system.
- Brain*, 53:179-193.
- Lashley, K.S. 1929, *Brain mechanism and intelligence*. Chicago, University of Chicago Press.
- Levan, L. 1913, Ueber einige körperliche Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge mit besonderer Berücksichtigung des psychogalvanischen Reflexphänomens.
- Münchener Med. Wchschr.* 60, 2386-2388.
- Loeb, J. 1899, *Der Heliotropismus der Tiere und seine Uebereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen*. Jena: Würzburg.
- Loeb, J. 1909, Die Bedeutung der Tropismen für die Psychologie.

- Leipzig, Barth.
- Loeb, J. & Northrop, J.H. 1917, Heliotropic animals as photometers on the basis of the validity of the Bunsen-Roscoe law for heliotropic reactions.
Proc. Nat. Acad. Sci. 3:539-544.
- Loeb, J. 1918, Forced movements, tropisms and animal conduct. Philadelphia, Lippincott.
- Long, J.A. & Evans, H.M. 1922, The oestrous cycle in the rat and its associated phenomena.
Berkeley, University of California Press.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1935, Potential rhythms of the cerebral cortex during sleep.
Science 81:597-598.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1935, Further observations on the potential rhythms of the cerebral cortex during sleep.
Science 82:198-200.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1937, Cerebral states during sleep as studied by human brain potentials.
J. exp. Psychol. 21:127-144.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. & Hobart, G. 1938, Disturbance patterns in human electroencephalogram with special reference to sleep.
J. Neurophysiol. 1:413-430.
- Lorente de No, R. 1933, Studies on the structure of the cerebral cortex.
J. Psychol. Neurol. 45:381-438.
- Magnus, R. 1924, Körperstellung.
Berlin, Springer.

- Marktbreiter, R. 1919, The effect of atropine on the emotive response.
Proc. Roy. Soc. B, London, 91:41-43.
- Marshall, W.H., Woolsey, C.N. & Bard, P. 1937, Cortical representation of tactile sensibility as induced by cortical potentials.
Science 85:388-390.
- Morgan, C.L. 1900, Animal behavior.
 London, Arnold.
- Müller, E.K. 1940, Das elektrische Leitvermögen des menschlichen Körpers als Massstab seiner Nervosität.
Schweizerische Blätter für Elektrotechnik.
- Müller, E.K. 1904-1905, Ueber Einfluss psychischer und physiologischer Vorgänge auf das elektrische Vermögen des Körpers.
Physick-Med. Monatschr. 1:212-214.
- Murphy, G. 1929, An historical introduction to modern psychology.
 London, Kegan & Paul.
- Pavlov, I.P. 1927, Conditioned reflex.
 Translated by G.V. Anrep. London, Oxford University Press.
- Penfield, W. & Evans, J. 1934, Functional defects produced by cerebral lobectomies.
Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis. 13:352-377.
- Penfield, W. & Gage, L. 1934, Cerebral localization of epileptic manifestations.
Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis. 13:593-613.
- Penfield, W. & Evans, J. 1935, The frontal lobe in man: a clinical study of maximum removals.

- Brain*, 58:115-133.
- Penfield, W. 1936, Epilepsy and surgical therapy.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 36:449-484.
- Penfield, W. & Humphreys, S. 1940, Epileptogenic lesions of the brain. A histological study.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 43:240-261.
- Penfield, W. & Keith, H. 1940, Focal epileptogenic lesion of birth and infancy.
Amer. J. Dis. Child., 59:718-738.
- Preyer, W. 1885, Die specielle Physiologie des Embryo.
Leipzig, Grieben's Verlag.
- Prideaux, E. 1920, The psychogalvanic reflex: a review.
Berlin 43:50-73.
- Rademaker, G.G.J. 1931, Das Stehen.
Brain, Springer.
- Ramon y Cajal, S. 1909-1911, Histologie de système nerveux de la l'homme et des vertébrés (d'Azonlay). Tome 1 et 2.
Paris, A. Maloine.
- Rein, H. 1929, Physiologie der Haut.
In Handb. d. Häut. u. Geschlechtskrank. Herausgegeben von
Jadassohn. 1/2, 43-91.
- Renshaw, B., Forbes, A. & Morison, B.R. 1940, Activity of isocortex and hippocampus: electrical studies with micro-electrodes.
J. Neurophysiol. 3:74-105.
- Richter, C.P. 1922, A behavioristic study of the activity of the rat.
Comp. Psychol. Monog. 1: No. 2.
- Richter, C.P. 1924, The sweat glands studied by the electrical resistance method.

- Amer. J. Physiol.* 68:147.
- Richter, C.P. 1926, Significance of the changes in the electrical resistance of the body during sleep.
Proc. Nat. Acad. Sci. 12:214-222.
- Richter, C.P. & Wang, G.H. 1926, New apparatus for measuring the spontaneous motility of animals.
J. Lab. Clin. Med. 12:289-295.
- Richter, C.P. 1927, A study of the electrical skin resistance and psychogalvanic reflex in a case of unilateral sweating.
Brain 90:216-235.
- Richter, C.P. 1928, Animal behavior and internal drives.
Quart. Rev. Biol. 2:307-343.
- Richter, C.P. 1928, The electrical skin resistance: diurnal and budaily variations in psychopathic and in normal persons.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 19:488-508.
- Richter, C.P. 1929, Nervous control of the electrical resistance of the skin.
Bull. Johns Hopkins Hosp. 45:56-74.
- Richter, C.P. 1929, Pathological sleep and similar conditions studied by the electrical skin resistance method.
Arch. Neurol. Psychiatr., Chicago, 21:363-375.
- Richter, C.P. 1929, Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin.
Amer. J. Physiol. 88:596-615.
- Richter, C.P. 1930, Galvanic skin reflex from animals with complete transection of the spinal cord.
Amer. J. Physiol. 98:468-472.
- Richter, C.P. & Wislowski, G.B. 1930, Anatomical and behavior changes produced in the rat by complete and partial

- pation of the pituitary gland.
Amer. J. Physiol. 95:481-492.
- Richter, C.P. 1933, The rôle played by the thyroid gland in the production of the gross body activity.
Endocrinol. 17:73-87.
- Richter, C.P. 1933, The effect of early gonadectomy on the gross body activity of rats.
Endocrinol. 17:445-450.
- Richter, C.P. & Hartman, C.G. 1934, The effect of injection of amniotin on the spontaneous activity of gonadectomized rats.
Amer. J. Physiol. 108:136-143.
- Richter, C.P. 1934, Pregnancy urine given by mouth to gonadectomized rats: Its effect on spontaneous activity and on the reproductive tract.
Amer. J. Physiol. 110:499-512.
- Richter, C.P. & Hine, M. 1934, The production of the "grasp reflex" in adult macaques by experimental frontal lobe lesions.
Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis. 13:211-224.
- Richter, C.P. 1936, Increased salt appetite in adrenalectomized rats.
Amer. J. Physiol. 115:155-161.
- Richter, C.P. & Eckert, I.F. 1937, Increased calcium appetite of parathyroidectomized rats.
Endocrinol. 21:50-54.
- Richter, C.P. & Eckert, J.E. 1937, The effect of hypophyseal injection and implants on the activity of hypophysectomized rats.

Endocrinol. 21:481-488.

Richter, C.P. & Barclay, B. Jr. 1938, Nutritional requirements of pregnant and lactating rats studied by the self-selection method.

Endocrinol. 23:15-24.

Richter, C.P. & Hines, M. 1938, Increased spontaneous activity produced in monkey by brain lesions.
Brain 61:1-16.

Richter, C.P., Holt, L.E. Jr. & Barclay, H. Jr. 1938, Nutritional requirements for normal growth and reproduction in rat studied by the self-selection method.

Amer. J. Physiol. 122:734-744.

Richter, C.P., Holt, L.E. Jr., Barclay, B. Jr. & Hawkes, P.D. 1938, Changes in fat, carbohydrate and protein appetite in vitamin B deficiency.

Amer. J. Physiol. 124:596-602.

Richter, C.P. 1939, Salt taste thresholds of normal and adrenalectomized rats.

Endocrinol. 24:367-371.

Romanes, G.T. 1883, Mental evolution.

Savory, W.S. 1858, An experimental enquiry into the effect upon the mother of poisoning the foetus.
London.

Schiff, E. & Schuberth, A. 1922, Ueber das sog. psychogalvanische Reflexphänomen beim Frosch und seine Beziehung zum vegetativen Nervensystem.

Pflüger's Arch. ges. Physiol. 195:75-95.

Schiff, E. & Mandur, I. 1922, Zur Frage der Hemmungsinnervation der Schweißdrüsen.

- Pflüger's Arch. ges. Physiol.* 196:345-357.
- Sherrington, C.S. 1897-1898, Decerebrate rigidity and reflex coordination of movements.
J. Psychol. 22:319.
- Sherrington, C.S. 1906, Integrative action of the nervous system.
New Haven, Yale University Press.
- Sidis, B. 1910, The nature and cause of the galvanic phenomenon.
J. abn. Psychol. 5:69-74.
- Slonaker, J.R. 1907, The normal activity of the white rat at different ages.
J. comp. Neurol. 17:342-359.
- Slonaker, J.R. 1912, The normal activity of the albino rat from birth to natural death, its rate of growth and the duration of life.
J. Animal. Behavior 2:20-42.
- Slonaker, J.R. 1925, Analysis of daily activity of the albino rat.
Amer. J. Physiol. 73:485-503.
- Smith, P.E. 1926, Hastening development of female genital system by daily homoplastic pituitary transplants.
Proc. Soc. exp. Biol. Med. 24:131-132.
- Smith, P.E. 1927, Genital system responses to daily pituitary transplants.
Proc. Soc. exp. Biol. Med. 24:337-338.
- Smith, P.E. 1927, The induction of precocious sexual maturity. Pituitary homeotransplants.
Amer. J. Physiol. 80:114-125.
- Smith, P.E. 1927, The experimental feeding of fresh anterior pituitary substance to the hypophysectomized rat.

- Amer. J. Physiol.* 81:20-26.
- Smith, P.E. & Engle, E.T. 1927, Experimental evidence regarding the rôle of the anterior pituitary in the development and regulation of the genital system.
Amer. J. Anat. 40:159-218.
- Smith, P.E. & Engle, E.T. 1927, Induction of precocious sexual maturity in the mouse by daily pituitary homeo- and hetero-transplants.
Proc. Soc. exp. Biol. Med. 24:561-562.
- Spemann, H. 1936, Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung.
Berlin, Springer.
- Spiegel, E.A. & Hunsicker, W.C. Jr. 1936, The conduction of cortical impulses to the autonomic system.
J. nerv. ment. Dis. 83:252-274.
- Steinach, E. 1910, Geschlechtstrieb und echt sekundäre Geschlechtsmerkmale als Folge der innersekretorischen Funktionen der Keimdrüsen.
Zentrabl. Physiol. 24:551-566.
- Stevens, S.S. & Davis, H. 1940, Psychology and physiology of hearing.
New York, Wiley.
- Stewart, C.C. 1898, Variations in daily activity produced by alcohol and by changes in barometric pressure and diet, with a description of recording methods.
Amer. J. Physiol. 1:40-56.
- Stewart, W.B., Hughes, J. & McCouch, G.P. 1940, Cord potentials in spinal shock: single volley.
J. Neurophysiol. 3:139-145.

- Stockard, C.R. & Papanicolaou G.N. 1917, The existence of a typical oestrous cycle in the guinea-pig with a study of its histological and physiological changes.
Amer. J. Anat. 22:225-283.
- Stone, C.P. 1923, Experimental studies of two important factors underlying masculine sexual behavior. The nervous system and the internal secretion of the testes.
J. exp. Psychol. 6:85-106.
- Stone, C.P. 1924, The effects of cerebral destruction on the sexual behavior of rabbits. 1. The olfactory bulbs.
Amer. J. Physiol. 71:430-435.
- Stone, C.P. 1925, The effects of cerebral destruction on the sexual behavior of rabbits. 2. The frontal and parietal regions.
Amer. J. Physiol. 72:372-385.
- Stone, C.P. 1926, The effects of cerebral destruction on the sexual behavior of male rabbits. 3. The frontal, parietal and occipital regions.
J. comp. Psychol. 6:435-448.
- Swammerdam, J. 1925, *Bibel der Natur*.
Leipzig.
- Szymanski, J.S. 1918, Versuche über Aktivität und Ruhe bei Säuglingen.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 172:424-429.
- Szymanski, J.S. Die Verteilung der Ruhe- und Aktivitätsperioden bei einigen Tierarten.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 172:430-448.
- Szymanski, J.S. 1919, Aktivität und Ruhe bei Tieren und Menschen.

- Ztschr. allg. physiol.* 18:105-161.
- Tarchanoff, J., 1890, Ueber die galvanischen Erscheinungen an der Haut des Menschen bei Reizung der Sinnessorgane und bei verschiedenen Formen der psychologischen Tätigkeit.
Pflüger's Arch. ges. Physiol. 46:46-55.
- Thorndike, E.L., 1898, Animal intelligence.
Psychol. Rev. Monog. Suppl. 2: No. 4.
- Tsang, Y.C. 1938, Hunger motivation in gastrectomized rats.
J. comp. Psychol. 26:1-17.
- Uexküll, T.V. 1909, Umwelt und Innenwelt der Tiere.
Berlin, Springer.
- Verguth, O., 1909, Das Psycho-galvanische Reflexphänomen.
Berlin.
- Vigouroux, R. 1879, Sur le rôle de la résistance électrique des tissus dans l'électro-diagnostic.
Gazette Medicale de Paris 1:657-658.
- Vigouroux, R. 1888, Sur la résistance électrique considérée comme signe clinique.
Le Progres Medical 7:45-47, 86-88.
- Vigouroux, R. 1888, L'Electricité du corps humain.
Comp. rend. Soc. Biol. 5:138-142.
- Vogt, C. & Vogt, O. 1919, Allgemeine Ergebnisse unserer Hirnforschung.
J. Psychol. Neurol. 25:277-462.
- Wada, T., 1922, An experimental study of hunger in its relation to activity.
Arch. Psychol. 8: No. 57.
- Waller, A.D., 1919, Concerning emotive phenomena. Part II. Possible variations of conductance of the palm of the human hand.

- Proc. Roy. Soc. B. London*, 91:17-32.
- Waller, A.D. 1919, Concerning emotive phenomena. Part III. The influence of drugs on the electrical conductivity of the hand.
Proc. Roy. Soc. B, London, 91:32-40.
- Walter, W.G. 1937, The electroencephalogram in cases of cerebral tumor.
Proc. Roy. Soc. Med. 30:579-598.
- Walter, W.G. 1938, The technique and application of electroencephalography.
J. Neurol. Psychiatr., 1:359-385.
- Wang, G.H. 1923, The relation of spontaneous activity to the oestrous cycle in the white rat.
Comp. Psychol. Monogr. 4: No. 6.
- Wang, G.H., Richter, C.P. & Guttmacher, A.F. 1925, Activity studies on male castrated rats with ovarian transplants and correlation of the activity with the histology of the grafts.
Amer. J. Physiol. 75:581-599.
- Wang, G.H. 1927, The effect of thyroid feeding on the spontaneous activity of the albino rat and its relation to accompanying physiological changes.
Bull. Johns Hopkins Hosp. 40:304-317.
- Wang, G.H. & Guttmacher, A.F. 1927, The effect of ovarian traumatization on the spontaneous activity and genital tract of the albino rat, correlated with a histological study of the ovaries.
Amer. J. Physiol. 82:335-349.
- Wang, G.H. & Richter, C.P. 1928, Action currents from the pad of the rat's foot produced by stimulation of the tuber cinereum.

- Chinese J. Physiol.* 2:279-284.
- Wang, G.H., Pan, J.G. & Lu, T.W. 1929, The galvanic skin reflex in normal, thalamic, decerebrated and spinal cats under anaesthesia.
- Chinese J. Physiol.* 3:109-122.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1930, The rate of conduction in the postganglionic sympathetic nerve fibers to the sweat glands and the genital foot-pad.
- Chinese J. Physiol.* 3:335-340.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1930, On "inhibition" of the secretion of sweat in the cat by stimulation of dorsal nerve roots.
- Chinese J. Physiol.* 4:175-181.
- Wang, G.H. 1930, Galvanic skin reflex and the measurement of emotions.
- Canton, The Sun-Yatsen University Press.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1930, Galvanic skin reflex induced in the cat by stimulation of the motor area of the cerebral cortex.
- Chinese J. Physiol.* 4:303-326.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1930, On the intensity of the galvanic skin response induced by stimulation of post-ganglionic sympathetic nerve-fibers with single induction shocks.
- Chinese J. Physiol.* 4:393-400.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1930, The "all-or-none" nature of sweat secretion and of conduction in the post-ganglionic sympathetic nerve fibers in the cat.
- Chinese J. Physiol.* 4:405-414.
- Wang, G.H. & Mok, K.H. 1931, The effect of hemisection of the cervical spinal cord on the galvanic skin response

induced by cortical stimulation.

Chinese J. Physiol. 5:141-146.

Wang, G.H. 1934, Action potentials of visual cortex and superior colliculus induced by stimulation of retina with light.

Chinese J. Physiol. 8:121-141.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1936, Action potentials in visual cortex and superior colliculus induced by shadow movement across the visual field.

Chinese J. Physiol. 10:149-170.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1936, Action potentials in the lateral geniculate body of the rabbit.

Chinese J. Physiol. 10:391-402.

Wang, G.H. 1937, Latency of cortical and retinal action potentials induced by illumination of the eye.

Archiv Neurol. Psychiatr. Chicago, 37:772-775.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1937, Action potentials induced by change in intensity of illumination in the visual cortex, lateral geniculate body, superior colliculus and retina of rabbit.

Chinese J. Physiol. 11:335-342.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1937, On the influence of the rate of photic stimulation upon the electroretinogram of frogs.

Chinese J. Physiol. 11:471-482.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1940, Spontaneous activity of the spinal tadpoles of the frog and the toad.

Science 92:148.

Wang, G.H. & Lu, T.W. 1941, Development of swimming and righting reflexes in frog (*Rana guntheri*); effects thereon of

- transection of the central nervous system before hatching.
J. Neurophysiol. 4:137-146.
- Wang, G.H. & Lu, T.W. 1942, Action of strychnine on the developing nervous system of frogs.
 (In press).
- Watson, J.B. 1919, Psychology from the standpoint of behaviorism.
 Philadelphia, Lippincott.
- Weber, E.H. 1846, Tastsinn und Gemeingefühl.
 In Wagners Handbuch der Physiologie, Bd. 3, Teil 2.
- Weiss, P. 1929, Erzwingung elementarer Strukturverschiedenheiten am *in vitro* wachsenden Gewebe.
Arch. Entw. Mech. 136:428-431.
- Weiss, P. 1934, *In vitro* experiments on the factors determining the course of outgrowing nerve fibers.
J. exp. Zool. 68:393-448.
- Wever, E.G. & Bray, C.W. 1930, Action currents in the auditory nerve in response to acoustical stimulation.
Proc. Nat. Acad. Sci. 16:344-349.
- Wever, E.G. & Bray, C.W. 1930, Present possibilities for auditory theory.
Psychol. Rev. 37:365-380.
- Wever, E.G. & Bray, C.W. 1930, Auditory nerve impulses.
Science 71:215.
- Wever, E.G. & Bray, C.W. 1930, The nature of acoustic response.
J. exp. Psychol. 13:373-387.
- Wever, E.G. 1931, Impulses from the acoustic nerve of the guinea pig, rabbit, and rat.

- Amer. J. Psychol.* 43:457-462.
- Wever, E.G. 1933, The physiology of hearing: The nature of response in the cochlea.
Physiol. Rev. 13:400-426.
- Williams, W.L. 1917, Veterinary-obstetrics.
Ithaca.
- Windle, W.F. 1931, The neurofibrillar structure of the spinal cord of cat embryos correlated with the appearance of early somatic movements.
J. comp. Neurol. 53:71-114.
- Witkowski, 1877, Morphine.
Arch. exp. Pathol. Pharmacol. 7:247.
- Wundt, W. 1873-1874, Grundzüge der physiologischen Psychologie.
Leipzig, A. Kröner. 3 Bd.
- Youngstrom, K.A. 1938, Studies on the developing behavior of Anurans.
J. comp. Neurol. 71:215-258.
- Zondek, B. 1927, Hypophysenvorderlappen und Ovarium.
Arch. Gynäkol. 130:1.
- Zondek, B. & Aschheim, S. 1927, Das Hormon des Hypophysenvorderlappens.
Klin. Wchs hr. 6:248-252.

中華民國三十三年八月初版

行為之生理的分析

熟料紙本全一冊定價三元一角

著者 汪敬熙

發行者 獨立出版社

重慶江北香國寺上首

印刷者 獨立出版社

正中書局

重慶中一路二三四號

經售處

中國文化服務社

重慶磁器街三十九號

版權所有
不准翻印

清校者 盧鵬遠

重慶市圖書雜誌審定處審定證安圖書四七號

