

21946

实用临床脑电图学

栗秀初 王积喆 译

上海卫生出版社

內 容 提 要

本書內容是从腦电图学的角度来协助临床診斷中樞神經系統特別是腦的各种疾病。例如癲癇(第五章)、外傷、血管損害、腦瘤、頭痛(第六章)等。对于精神病的腦电图学也有專門一章加以討論(第七章)。在第八章中,叙述腦电图学的研究工作及原作者本人的經驗。第三章討論正常和不正常的腦电图。第四章的技术叙述和第九章實驗室的組織、成員的訓練以及記錄的解釋,对于初学者帮助都很大。它关于腦电图学的历史和与神經生理学的关系也在第一、二章內扼要的加以叙述。最后的語汇注中將腦电图学中常用术语給以适当的定义和解釋。

Electroencephalography in Clinical Practice

(美) Robert S. Schwab

W. B. Saunders Co.

1951

实用临床腦电图学

栗秀初 王积詒 譯

*

上海衛生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市書刊出版业營業許可証出080号

上海土山灣印刷厂印刷 新华書店上海發行所总經售

*

开本 787×1092 1/27 印張 6 2/27 字數 143,000

1958年5月第1版 1958年5月第1次印刷

印數 1-3,200

統一書号 14120·411

定价 (9) 0.75 元

譯者的話

随着我国社会主义建設高潮的到来，我国医学获得了空前的发展与提高，腦电图学当然也不例外。以往腦电图的檢查只限于个别的大医院，現在由于腦电图描記器已能由我国自制和供应，各地医院都陸續建立起来了，这对今后的临床及研究工作將是有价值的。

目前国内尚沒有中文版的腦电图学書籍，而外文書籍也不易購得，我們两人在工余之暇，抽空譯成此書，以供同道們参考之用。

此書是根据美国施华勃 (Schwab) 氏原著“临床实用腦电图学”(Electroencephalography in Clinical Practice) 1951 版譯出的，其中某些不合用之处，已予以删去，例如第七章和第九章的一部分。本書的語汇承中国协和医学院生理学系張德澍講師校閱并改正不少不恰当的譯名，謹此致謝。

由于我們的能力有限，譯文难免存在缺点或錯誤，希望讀者多提意見，并請求讀者們批評地接受此書內容。

栗秀初 王积詒

1956年7月17日于北京

目次

第一章 历史概要	1	第五章 癲癇的腦电图	70
第二章 神經生理学与腦电		分类	71
图描記术的关系	6	小发作	71
神經細胞	7	自动症	75
神經冲动	9	搖搦	76
第三章 正常和异常腦电图	15	癲癇与异常腦电图在临床上	
概論	15	的相互关系	79
頻率	16	腦电图在鉴别诊断中的意义	87
波幅	17	第六章 神經科与神經外科	
正常腦电图	18	疾患中的腦电图	92
正常成年人	19	血管病变与腦瘤	102
正常青年人	22	錯誤的原因	110
正常儿童	22	外科治疗中的癲癇腦电图	111
异常腦电图	27	神經病学诊断中的腦电图描	
第四章 技术	33	記术	114
描記器	33	代謝疾病中的腦电图	120
檢查室	34	头痛	120
电极	35	第七章 精神病学中的腦电	
特殊电极及其放置法	40	图描記术	122
顱底电极	40	精神神經症	122
硬腦膜电极	40	行为障碍	124
皮質电极	42	重精神病	127
皮質下电极	42	精神衰頹	128
电极的放置法	43	电休克与額叶白質切开术	134
定位的技术	46	第八章 腦电图的研究工作	135
單极定位法	46	第九章 实验室的組織, 干部	
双极定位法	47	的訓練和記錄的解釋	144
位相倒轉法	48	人員的訓練和资历	145
电压降低	50	記錄的解釋	146
伪差	51	語汇註	152
特殊技术	59		
异常活动的誘发試驗	59		
附屬机件	68		

第一章 历史概要

腦是生物体中最精細、最重要、也是我們了解最少的器官。因为它被包在一个骨質的壳里，并且对干燥、外伤或手术性损伤都极端敏感，因此，在直接研究方面，比腹腔或胸腔內的器官更为困难。直到最近 50 年，我們才了解到不少有关腦的病理、生長、功能和某些生理及电的性質。

在 1790 年，格尔夫尼 (Galvani) 氏发现肌肉有两种基本的电的性質：(一)用电刺激肌肉时，可以发生收縮；(二)当肌肉收縮时，便产生电流。根据这种观察，便可以合理地假設，支配肌肉的神經和控制神經的腦可能有相同的电的性質。

事实上，早在 1875 年，卡通 (Caton) 氏已在美国发现暴露的兔腦上能产生电的变化，并且把这变化記錄下来。此一工作只作为某一次會議的簡短記錄而被保存下来，差不多已被遺忘了。到 1899 年，爱因索文 (Einthoven) 氏发明了敏感的弦綫电流計，生理学家和临床家便能够研究由于四肢或心臟肌肉的收縮而产生的电現象。到 1910 年，多数著名的医师都了解了心电图以及它与心臟病之間的关系。这种放电是相当强的 (1 毫伏特)，因而无需放大便能直接移动弦綫电流計中的石英絲；即使运动很小，但它能用光和鏡子把它放大，再照在轉动的膠片帶上。腦子外面有腦膜、腦脊液、顱骨和头皮包裹，产生的电流又很微弱，因而这种直接記錄的装备不能发生作用。直到第佛来斯特 (De Forest) 和弗来明 (Fleming) 二氏創制了真空管放大器，才有器具来研究中樞神經系統的电的性質。

1918 年，在福勃斯 (Alexander Forbes) 氏領導的哈佛医科学校的生理實驗室工作的一位年青医学生麦克弗孙 (Donald Mc Pherson) 氏，在某次实验的过程中，將两个电极放在暴露的猫腦上，并把电极接連放大器，再將放大器接連在弦綫电流計上。当膠

片冲洗以后，他奇怪地发现有规则的每秒 10 次的电波，这种电波与他以前从肌肉上所记录的棘波和阵发性的爆发波不一样。他将这种波呈示其领导，但领导认为，这虽是不常见的现象，但也许还是干扰所致，并且超出了该学生所指定的研究范围。所以这分记录便被放在抽屉里，这件事情也就被忘掉了。以后直到 1944 年，在清理哈佛的一个实验室时，才发现这分动物脑电图的最早记录。但是麦克弗孙氏却早已放弃实验生理学，而作为一位精神病学家在波士顿开业了。

1924 年，德国的一位精神病学家柏格(Hans Berger)氏认为活着的脑子所产生的电流是有可能被测量出来的，并想利用这种记录作为诊断某些有关精神病学的疑难问题。当时已经有一种满意的真空管放大器能将输入的电压放大约一百倍。柏格氏认为如果将电极刺入活人的头皮，并用真空管放大器将此电极所传出的电流加以放大，则用普通的心电图电流计即可将此电位差记录下来。于是他便把两根白金针刺入某一病人的头皮下，使与颞骨相触。柏格氏很满意地发现用这种方法能够记录来自人脑的规则的和清晰的电波。他的早期实验成果，在 1929 年第一次发表，他发现正常人在休息和闭目时，顶区和枕区产生一种有节律的电波，每秒 10 次，电压大约为 50 微伏特(Micro Volts)，仅为心脏电压的二十分之一。这是他第一次所发现的电波，命名为 alpha 波。他还发现如果被实验者睁眼和视物时，这种电波便告消失，而代之以大约 18—20/秒和波幅 20—30 微伏特的较快节律。这种较快节律系第二次发现，命名为 beta 波。他发现这种较快的低电压波也出现于运动区。他还认为这两种波型是脑的正常放电，并命名为脑电图。

柏格氏继续着他的工作，从 1929 年到 1939 年战争开始时为止，总计发表了十一篇论文。他的第一篇论文发表以后，生理学家和神经病学家都发生极大的怀疑。因为当时了解到活组织能产生电流，并且这种电的活动与发生的运动量或能量成正比，心脏或肢体的肌肉便是这种观念的很好例证。肌肉在休息时便不产生电流。肌肉收缩时便产生动作和电流。柏格氏的报告说闭眼和脑在休息时，脑便产生每秒 10 次的波，当睁眼和视物时，这种波便消失了，这

种现象同电的能量与功能直接相关的观念完全相反。因此，他的工作引起了许多的怀疑，从他的报告最初出现的 1929 年起直到 1933 年止，一般人对脑电图的态度仍是半信半疑。听到神经科和生理科的年轻工作者们常会提出的这样的问题：“你相信柏格氏节律吗？”

剑桥大学的艾君恩(E. P. Adrian)氏是英国最著名的神经生理学家之一，同时是诺贝尔奖金获得者，他是研究神经、感觉器官和肌肉电活动的先驱者。他虽然对柏格氏的工作非常有兴趣，但仍是怀疑。其中一部分是怀疑柏格氏工作的技术方面：就是他所记录的乃是空气中的干扰，或是其放大器里的杂音，而整个事实只不过是这种现象的误解。艾君恩氏认为这很容易解决。于是他设计了一个保护得很好的实验室（从隔绝空气电波的观点来看），并购置了当时最好的记波器和放大器。他仔细地建立起按柏格氏所设计的实验情况，将电极刺入头皮，并且完全摒除空气或其它干扰的可能性。他发现柏格氏所说的 10/秒 和较快的 18/秒 的波是正确的，并且完全证实了他的观察。在 1934 年艾君恩氏将这种活动命名为“柏格氏节律”，于是柏格氏的观察被承认了，并且把德国的这种工作介绍到英国和美国。

1934 年，在美国哈佛医学院工作的台维斯(Hallowell Davis)氏和在罗德省工作的加斯柏(Herbert Jasper)氏开始作脑电流活动记录的实验。在美国究竟谁最先从人脑记录出电流活动则不很清楚，因为他们二人几乎同时作出他们的第一个记录。直到 1934 年，没有一个研究者特别关心究竟谁是先驱者，因为柏格氏是发明者，于是各地区的先驱者便不重要了。

台维斯氏在哈佛医学院的工作很快便影响到在波士顿市立医院神经科工作的基蒲斯(Frederic Gibbs)氏。基蒲斯氏认为在病人癫痫小发作时可能在脑部有不平常的放电。他发现当癫痫小发作时，正常的节律被显著的每秒 3 个波和棘波所代替。这种特殊临床情况的典型脑电图的出现，便开始了癫痫和脑电图重要的相互关系的研究。从此以后，全世界各处工作者开始在正常的情况下和在患有神经病与精神病的情况下，从人类完整的头颅上收集脑电图记录。并且很快地发现，不一定需要把针刺入头皮，只要在

頭皮上塗以導電膏，再將金屬電極（如錫盤）置於該處，便象針刺入頭皮內一樣，也可以把電波記錄下來。

1936 年以後，全世界的實驗室都開始建立腦電圖放大器和記錄的設備，但還沒有標準。有些實驗室，象當時在倫敦神經精神病院的瓦爾特（Grey Walter）氏，在煙鼓上作記錄，或者從陰極射線示波器上觀察實際放電的詳細情形。在哈佛醫學院則利用惠司登電極記錄儀（Western-Union Telegraph recording instrument）在半吋寬的紙條上作記錄。從 1936 年到 1940 年，各種不同的記錄器和放大器都被應用了，因此所發表的或記錄的許多實驗材料就難於對比了。這個時期的研究工作對於文獻或教本都無很大補益。這和早期 X 綫攝片或心電圖描記術的情況相仿。因此某些人便去拜訪一些這門學科的工作者，取得若干簡陋的觀念和技術，在沒有經驗或知識的情況下，通過錯誤、嘗試和困難，並且帶着若干“偽差”（artifacts）問題，如綫上干擾、有缺點的儀器和不適當的記錄等，開始工作着。雖然有這些困難，在這時期仍舊完成了基本工作。

1936 年瓦爾特氏在英國應用了這種技術作腫瘤的慢波定位，能在頭皮的表面為顱內腫瘤作出相當準確的定位。在 Iowa 工作的特拉惠斯（Travis）氏發現一個人的腦電圖類型在每日或每周都是恒定不變的。他認為每一個人的腦電圖都是他自己特征的一部分，正象他的指紋或眼睛的視網膜一樣。

1937 年，麻省醫院創制了有兩個導程的機器。在當時因為這種設備的操作和保養的經費都沒有來源，便設法象放射綫或其它實驗室檢查一樣，向被檢查者的病員收費。於是第一個臨床腦電圖實驗室便在医院里建立起來了。從此以後，世界各處的腦電圖實驗室的數目增加得很快。在這方面的工作者都認為任何大的神經精神病学部門都應該有一架腦電圖機器，以備作臨床檢查、診斷和神經生理的研究。在美國，最初只限於東海岸各處，但很快便擴展到西海岸，再擴展到南方、加拿大、南美洲和整個的歐洲。在第二次世界大戰開始時，全世界所有的神經精神病中心都已經建立了腦電圖實驗室。

当战争在欧洲开始时，战争双方的医学部门都采用了这种技术，并且用来挑选航空人员，作颅内损害的定位，和许多神经生理的实验。威廉斯 (Denis Williams) 氏在英国牛津大学有一套这种设备，他在战争的初期，用来研究颅内外伤，并且在这方面发表了許多有价值的文献。当时柏格氏所建立的学派仍旧存在，到战争结束的时候，从其记录中发现德国的陶尼斯 (Tönnies) 氏、孔妙楼 (Kornmüller) 氏等人都曾用这种技术来为战争的各方面服务。

美国武装部队起初有点不愿意接受这种技术和工作，但是当军官们参观了实验室以后，便认识到需要这种技术来解决问题。美国在 1941 年参战，当时，海军便利用了波士顿麻省医院的设备，并且还在 Newport, Rhode Island 的训练站建立了一个自己的实验室。加拿大的空军很热心地应用脑电图来研究航空人员，并希望用这种技术来从许多驾驶员中挑选出适于工作的人员。美国军队在几个大的空军中心也建立了实验室。于是这种技术象在全世界的研究院和重要的研究中心一样，也被武装部队所接受了。

在战争的时候，脑电图的机器设备和记录收集上都有了进展。在战时和战后的刊物上出现了許多文献，发现了脑电图在颅内损害的定位和某些癫痫病例的鉴别上的价值。

战争结束后，这种设备有了相当大的增加。在战争的年代，因为对真空管、雷达和其它的技术设备有很大的需要，因此反而妨碍了脑电图设备的发展。战后，关于这种设备的放大器、记录器和其它装备的制造便愈来愈多了。1947 年，美国已有五六家制造这种设备的厂商，有些标准很高，有的却可疑。这种设备在创立的早期是繁杂而笨重的，但到现在已经统一而流线型化，并且更加实用和可靠了。例如，在 1938 年，一只六支导程的脑电图机却有十二个分开的放大器，一个开关盒子，一个记录设备，所有这些设备的重量约 1000 磅左右，并且需要 2—8 小时才能安排好。除非装在一个大的有轮盘的基座上，否则便不能移动。到 1948 年，由許多不同厂商所制造的六个甚至八个导程的机器都合装在一个有支架和轮盘的基座上，所有的机件都装在里面，整个重量在 350 磅以下，一个技术员便可以在医院里推行。

从1934年到1935年，柏格氏节律的存在还是一个問題，到1950年时，这种技术在普通的神經精神病医院的记录中已成为常规检查的一部分，这又是很快的发展。

战后，成立了許多專門研究腦电图的学会。英国的腦电图学会首先建立起来，以統一、監督和提高整个英国的工作質量。

美国的学会成立于1946年，并附有四个分会，它們都很活跃。法国、瑞士、丹麦和意大利也都有了学会。这些工作者尽力来提高这种工作的标准和質量。世界各地的研究工作也都彼此合作，如此才能得到一致的记录。在这方面專家們不希望是这种新技术的不謹慎的前驅者，否則，由于这种技术的复杂性和神秘性，可能將人民引入歧途或矇騙人民。

一种国际性的每三月出版一次的“腦电图描記术和临床神經生理学”杂志，在1947年倫敦举行的第一次国际腦电图描記术會議上創立起来了，并且成功地完成了第一年的出版任务。到1949年，第二次国际腦电图描記术會議在巴黎举行。在此會議上成立了腦电图学会的国际联合会。

到1950年，全世界腦电图描記术的各种組織都在忙于檢查和研究出售設備的註冊，實驗室技術員和醫師的訓練和鑑定，以及出版物的檢查和考察。

这种新的專科不仅象医学診斷学的其它部門一样获得了成熟和尊重，它还能作更多的工作，而將自己保持在基础科学家——物理学家、生理学家、工程师和心理学家——的工作範圍之內。在早期的发展工作上專家們有了很多貢獻，在扩大其工作範圍和將来的发展上，他們也一定会起决定性的作用。

第二章 神經生理学与腦电图 描記术的关系

腦电图描記术即描記腦內电流活动所产生的头皮上某两点之

間的电位差变化。它和心电图描記术和肌电描記术 (électromyography) 一样, 决定于活神經細胞的物理或化学状态的任何改变所产生一种电位的基本特征。这种电与化学活动的相互关系也是平常无机化学反应中的一种事实, 但决不能与生物細胞的生命相比拟的。

神經細胞

人类神經細胞的外形是一种凹形的綫狀結構, 直徑平均为 0.02 毫米 (图 1, 2), 与其它活細胞一样含有一个細胞核和核仁。一端具有許多短的捲曲細絲, 叫做树突。树突一般有接受細胞周圍刺激的功用。在細胞的另一端(对极)突出一根長而較粗的絲, 称为軸突。它是效应器官, 細胞通过了它就能影响其它的結構或其它的細胞。最長的軸突可达数呎, 其远端分成若干較細的分枝, 这些分枝与另一个神經細胞或一个腺体或肌肉細胞发生接触, 整个中樞神經系統就是由无数的这种細胞 (神經原) 以及支持結構 (神經膠質細胞) 和营养部分 (血管和充滿腦脊液的間隙) 所組成的。

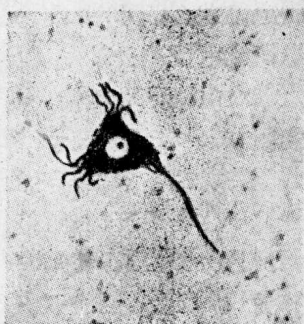


图 1 正常人的腰节脊髓前柱的神經細胞的显微攝影。表示神經核、树突和軸突 (尼司尔, Nissl 氏染色) X 1000。后者曾用鉛筆輕輕描画过, 因为焦油紫不能使之着色。

在生存期間, 这些神經原的細胞体部較細長的軸突需要較多



图 2 神經細胞和軸突的图解, 表示从前柱到脚的肌肉的一个运动纖維的細胞体的大小和軸突确实長度間的关系, 細胞的直徑是 2 厘米, 此較实际大小放大 1000 倍。以此作标尺, 則虛綫代表軸突的一公里的 (3000 呎) 長度。

CM = 厘米 AXONE = 軸突

的营养物和氧气。中樞神經系統的細胞較多之处，如大腦皮質、基底节或脊髓的前角呈灰色，并有丰富的血液供养。以傳导为主的部分則呈白色，血液供养也比較少(約当灰質的1/50到1/100)。一般地說，树突比較短，約1—2毫米；而軸突較長，約20—1000毫米左右。尚有无数短的聯絡細胞，故名神經聯絡細胞，其树突約与其軸突等長。这整个結構網比任何图表复杂，其变异之大也是难以想象的。

神經細胞核和其周圍細胞質的代謝活动比細胞膜較高而帶有阴电荷，因而形成了細胞內和其表面之間有数毫伏特 (Millivolt) 的电位差。此乃一般电流現象的重要之点。有三种方法可以产生电荷或电位差：1. 金屬导綫圈在电磁場中运动，如磁力发电机或直流发电机；2. 粗糙面与絕緣面間的摩擦，如靜电机(玻璃与麂皮相摩擦)；3. 无机械运动的多种化学反应(干电池)。

在神經系統中，自然沒有运动或摩擦，所以它的电流特性始終是出于化学的反应，所以，爭論中樞神經系統的生命是电流或化学性，是一件多么荒謬的事情。因为它们两者是如此紧密地相互关联着的。

神經細胞核和細胞膜的負电荷或电位差是与神經細胞質鉀离子的濃度有关。当电荷降低时，鉀离子穿出細胞膜。誠然，細胞外面鉀离子的增加，則可能使得这种电位差发生倒轉。鈉离子則具有相反的作用。

在中樞神經系統中，神經冲动从一个神經細胞到另一个神經細胞的傳导共有四种不同的类型：

1. 由于神經細胞電場的改变而使电位差經過組織直接扩散。这种現象在体内或腦子里具有每秒数哩的速度。

2. 神經冲动沿着軸突傳导(神經棘波)，根据纖維直徑的不同具有每秒3毫米到125米的速度。这是全部神經組織最重要的性能之一。

3. 神經細胞代謝的化学产物在組織中溶介后再通过弥散而直接扩散。根据分子的大小及該处其它化学物質的情况，其速度可变化于每秒1—10厘米之中。

4. 通过神经系统中的血液循环,由神经冲动所产生的远处代谢性或腺性产物的间接扩散须时 20—30 秒才产生效应。例如一个神经细胞的神經冲动使得一条肌肉纖維收縮,而产生乳酸,当这种化学物经过了血液再到达其它神經細胞时,才能影响它們。

一个活着的人,所有这四种传导形式都发生作用,并且以四种不同時間过程后出現影响:即(1)是即刻的;(2)是 5—10 毫秒;(3)是 1—2 秒;和 (4) 20—30 秒。

只是第一和第二种的传导与腦波的起源有直接关系。其余二种則借化学方法改变这些电流节律,也是必須經常考慮到的。

神經冲动

神經冲动沿軸突而下移时伴有的一种負电位棘波(图 3)和鉀离子向纖維外的轉移,因而在纖維外面的較近点 A (图 4) 和較远点 B 之間产生了一种电位差。这种电位伴有鉀离子向外的更多轉移和新的电流放电,这种放电就是神經冲动移动性的作用棘波。这种棘波移动可能接着有少量热的产生、葡萄糖和氧气的利用以及二氧化碳的形成。当作用波过去以后,这个过程就倒轉过来,慢慢地恢复原来的电位差,使纖維能够重新进行傳导。在这种分解性代謝中,氧和葡萄糖是被耗費了。我們相信伴有这种鉀离子轉移

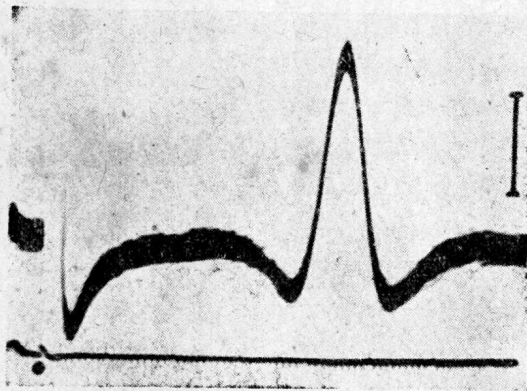


图 3 人类神經作用棘波,应用阴极射线示波器上附加 50 个別綫图的技术,从肘以上正中神經的表面电极所取得者,黑点表示在 30 厘米远的腕部刺激的时间,時間 0.1 是 1 毫秒。标准高度是 30 微伏。

的細胞壁或軸突壁的变化，可能与乙酰胆素和脂酶平衡的复杂酵素系統是分不开的。

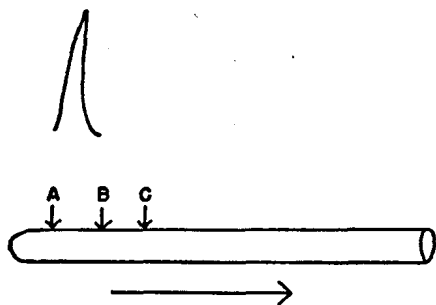


图4 神經冲动沿軸突傳布的图解，負性棘波(Spike)位于A和B点。当离子从B到A时，B和C之間的負电逐渐增加，使C对B而言是阳性，并使B和C之間放电(“fire”)。

当这种电流棘波及其相伴的鉀离子变化到达了分成为若干分支的軸突末端时，它就产生一种电流变化，来影响其它細胞的树突、肌肉或腺体内的終板。

在直径粗大的纖維，这种軸突棘波以每秒125米的速度移动着，而在直径細小的纖維，移动速度为每秒3—4毫米。神經联络纖維具有上述二者之間的傳导速度。换言之，傳导速度的增加与纖維的直径有关。因为神經纖維全長的直径不一样，两根纖維的直径亦不尽然相同。所以神經系統中的傳导速度經常是最复杂而易变的。

通过合适的放大器和示波器，这种棘波被描記在一張两相紙或膠片上將給予我們一种有关它特性的虛假概念。其实它是与纖維的長軸成直角地运动着的一种两相平面，而当神經冲动往下行时，这种运动实际上就形成三相形式的复杂电場。这种电場的强度随着距离的平方数而减弱，虽然髓鞘乃是一种較好的絕緣体，但它仍出現于周圍組織之中。

在中樞神經系統的无数电路中，經常存在着无数消長着的三相电場，而对消和增長却相互影响着。在这样一个复杂的情况中，即使是最好的数学也难能掌握住它們。这些电場就組成了上述傳导的第一种形式。头两型細胞到細胞的傳遞的效应組合乃是腦节

律性自发性活动的最合理解释。我們知道被安置在密閉的电路或綫圈行列中的神經原是相互联結着的,在这样一种串联中(图 5, 6

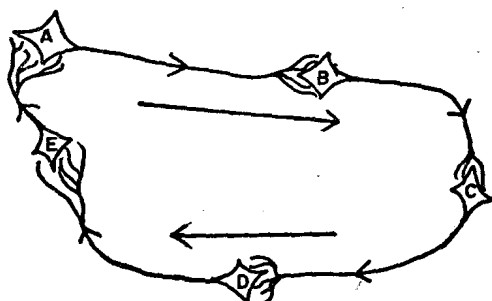


图 5 包含有五个神經原的簡單的环的图解。→表示冲动的方向。

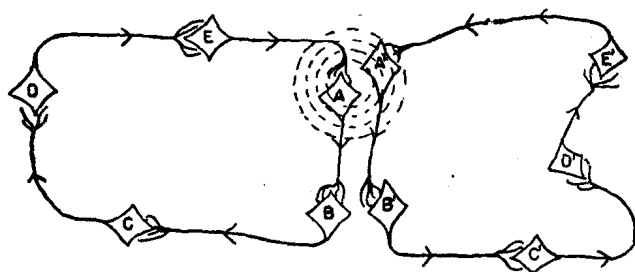


图 6 两个鄰近的五个神經原的环的图解,表示A細胞活动所产生的电场对于第二环的A'細胞的影响。

和 7), 細胞“A”就能影响“B”, 这样繼續下去直到具有一个連貫性的活动电路为止。綫圈 I、II、III 等等在同一部位时, 綫圈 I 对綫圈 II 等等的作用能改变它們各个的性質, 如此形成同步性(synencony)的流动。

袁克里斯(Eccles)氏觉得短軸突对树突的电場效应使表面正电荷的部分极化或中和, 因而改变了它們的感受性, 所以这些树突就具有一个短暫的反拗期(抑制)。这将激起細胞感受性的搏动, 而由許多神經

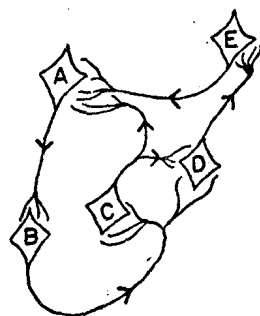


图 7 比較复杂的五个神經原的环的图解。→表示冲动的方向。注意从B細胞到A細胞有三个不同的路綫。

原相互联接成神經網則形成了电流活动的节律性波动。假使每秒100米速度的粗纖維以五个腦突纏絡組成一个10厘米的回路,而每个胞突纏絡的延迟为一个毫秒,則每秒巡回計140次。速度每秒2.5米的小纖維組成具有10个胞突纏絡的5厘米直徑的回路將需时140毫秒,或每秒7次。因此,在中樞神經系統中將有140—6/秒种种不同速度的回路。已由少数数学算出来的回路速度是每秒10次。

必須注意神經冲动之間的不同之处,它在一秒中或者可出現很多次,或者具有每秒搏动次数相同的一种类似正弦波的持續波。

一个冲动具有一定的時間,通常以毫秒表示,而不用分数。在下次冲动开始之前,可能有一个无活动的时期。另一方面,正弦波的功能是連續性的,波之間的活动是不中断的。每秒的冲动数或波数叫頻率(Frequency),如果沒有中断期,頻率的倒数(Reciprocal of the Frequency)等于連續函数的時間(參閱图8)。

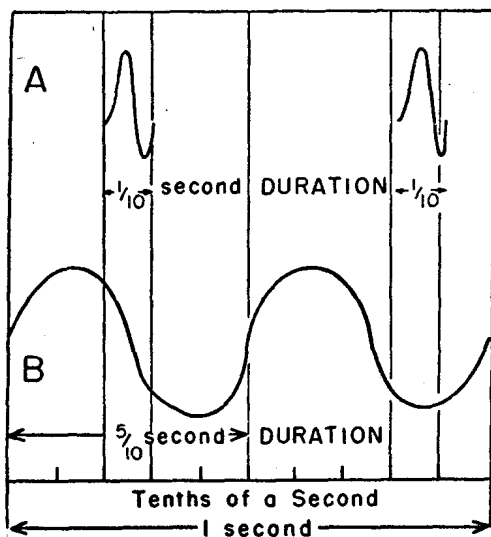


图8 表示有相同頻率的(2/秒)两类波型的不同时期的图解。

A. 表示时期为1/10秒的波,在每一波之間的5/10秒沒有活动。

B. 表示时期为5/10秒的繼續的正弦波,此时頻率2是时期的倒数($2 = \frac{1}{0.5}$)。

second = 秒 DURATION = 时期 Tenth = 1/10

例如：由一条肌肉纖維收縮所产生的电流冲动历时 10 毫秒在正常随意肌的收縮。每秒有 40 个冲动。冲动間的无活动期約为 15 毫秒。其相同频率的正弦波，即每秒 40 个波，每一波的时间則为 25 毫秒。

从远离腦皮質的头皮相距数厘米的电极所描記的电波都极似正弦波。深入腦內而相距一毫米的針狀电极的电流活动却类似极短时间的重复冲动，它們之間存在着无活动期。

物理学家指出多数起源点而仅有部分同步性的重复冲动可以从間距較大的两个电极（由于中間組織所引起的类型变化）描記出一个混合性的形象，类似一种逐渐增大和减小的正弦波。

所以我們通常所見到的腦波，乃是神經細胞和其纖維重复冲动的一致性和复合性的活动。

腦部节律性电波的最初理論解釋曾假設过在枕部的距狀皮質（17 区），具有如同我們在卡加（Cajal）氏銀制标本中所見到的那样大量緊密相联的細胞。它們具有各种不同的同步性回路，以每秒 10 周波地搏动着，于是生理学家們曾开始用外科方法来影响从視丘到这些部位的投射通路，并注意到皮質节律的消失，因而假定有一种軸突較長的回路（皮質視丘網）把两个分离开的神經細胞站联接在一起。因而电视工程上所应用的名詞如“扫描电路”（Scanning circuit）也应用到生理学术語中了。近来，克利斯津生（Kristiansen）氏証实了斯匹奇（Spiegel）氏早先的工作，以較比謹慎的外科方法来分离出一块不与腦任何深部或淺表部結構相联結的皮質，而这块皮質却仍保有一种清晰的 10/秒节律。謝勒斯（Shinners）氏报告过一个沒有大腦皮質的小孩的視丘也具有 10/秒的电波。我們乃开始进一步地来推測——即在神經系統中的任何一处，脊髓、視丘或皮質，如具有足够相互联接的健康神經細胞的話，我們就能发现这些 10/秒的节律。

所以这些概念可作为考虑腦电图来源之用：

在神經系統細胞数很多的区域，由于作用棘波及电場效应而相互联接和相互影响着的足够的回路，就会产生一种每秒 10 次的单独同步化电波。当两个或两个以上这样的細胞站被傳入回路（皮