

臨床腦電圖學

人民衛生出版社

臨床腦電圖學

С. А. Чугунов 著

張	葆	樽	
龍	式	昭	合 譯
郭	玉	瑛	
許		迪	
餘	忠	宝	校 訂

人民衛生出版社

一九五九年・北京

內 容 提 要

本书詳述脑电图描記法的历史、理論、操作、分析方法及在临床上之应用,如应用于脑外伤、脑及脑膜炎性病变、脑肿瘤、脑血管疾病、神經系梅毒、癫痫、精神分裂症、精神神經症、中毒、內分泌系障碍等疾病。凡对于这些疾病有关的临床医师及从事脑电图的研究家及工作人員,均有参考本书的需要。

Заслуженный деятель науки
проф. С. А. ЧУГУНОВ

КЛИНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРО- ЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МЕДИЦИНСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МЕДГИЗ—1956—МОСКВА

临床脑电图学

開本: 850X1168/32 印張: 9 7/8 字數: 230 千字

張 霖 樺 等 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區鐵子胡同三十六號 •

北京市印刷一厂印刷

• 新华书店发行

統一書號: 14048·1918

定 價: 1.40 元

1959年5月第1版—第1次印刷

(北京版) 印數: 1—4,500

第二版序言

自本书第一版問世六年以来,在我国,脑电图描記术的理論和实践問題的研究,已有了巨大的进步。必須指出,在这一时期中,记录大脑电活动的示波装置之数量和质量都显著地增长了。現在,几乎每个医学科学研究机关都有了这种設備。在医师进修学院、矿泉学研究所、心理学研究所和司法精神病学研究所也都有脑电图描記器。在最近几年的医学和生物学杂志以及文集中发表了大量研究各种疾病时大脑电活动的著作;以前对这些疾病都没有用脑电图研究过。这就表示,以临床目的而应用脑电图描記术的領域大大地扩展了,已經走出了神經病学和精神病学的范畴。例如为了闡明高血压病、“习惯”性流产和早产的发病机制,为了研究月經周期的病理学,已进行了大量的脑电图研究。

对許多最新的治疗方法——睡眠疗法,輕减飲食(разгрузочная диета)、空气离子化(Л. Л. Васильев)等——不仅在治疗过程中,而且在病后随訪中都应用脑电图描記法作了对照观察。

也必須考虑到下面这种情况,即自本书第一版問世以来数年中,曾举行了許多科学會議。在这些會議上,有許多祖国著名的电生理学家报告了脑电图研究的結果,在許多方面,以新的事实对生理学和临床学这一章节有所贡献。在这一期間,曾召开了高級神經活动問題的第十五和第十六次會議,乌克兰精神神經病研究所第十九次科学常会,紀念 С. С. Корсаков 誕辰一百周年和討論精神病学现实問題的全苏科学會議,波罗的海沿岸地区精神神經病学家科学會議。苏联科学院生物物理学研究所还召集了討論生物电位的性質和研究方法問題的會議。在本书中反映出这些會議和代表會議的著作乃是很重要的。所有这些,都使我們更迫切地需要一本能够相当完全地反映医学这一領域的現代知識和实际經驗的临床脑电图学專論。

鉴于本书的既定任务是对临床家有所帮助,作者认为在新版

中,仍可以不必詳盡系統地敘述腦電圖描記術的理論問題,因為許多理論還處於探討階段,還值得爭論,還沒有取得公認。對於那些有實際意義的腦電圖問題進行理論性闡述時,作者仍然考慮了對本書第一版所作有關的批評。

雖然各專業的祖國臨床醫師對書中所述檢查病人的方法的興趣大為增長,但是作者希望,“臨床腦電圖學”的新版能對醫師有所幫助,能滿足他們這種更高的要求。

作者認為,自己的首要責任是根據整個祖國醫學以巴甫洛夫的生理學說和思想完成的改革,來修正本書的許多章節。作者除了對本書第一版之原文作了許多修正和補充以外,在新版中又增加了“高級神經活動過程在腦電圖中的反映”和“臨床上腦電圖資料的症候學”兩章新的內容。根據巴甫洛夫的分類從新修訂了精神神經症的腦電圖變化一章。

本書第一版得到了 З. Л. Лурье、Г. Д. Смирнов、А. Д. Зурабашвили 和 В. В. Правдич-Неминский 的認真批評。腦電圖描記技術問題得到了工程師 В. Н. Азиев 的批評。

在新版中考慮了所有得到的批評和建議,並作了相應的修正。對上述諸氏表示深刻的謝意。也感謝和我經常一起工作的同事 Г. М. Нейштадт 在我準備新版原稿中給予的幫助。

(許 迪校訂)

第一版序言

本書之目的,在於幫助臨床醫師在各種神經系疾病、新陳代謝和內分泌腺障礙時進行大量的腦電圖研究工作。腦電圖描記術的應用範圍日益擴大,蘇聯醫療機構中腦電圖實驗室的數量也日益增多,而臨床醫師應是何時需要應用這種研究方法的主要決定人,但他們卻往往缺少這方面的知識。由於不太熟習這種方法的實質及其應用範圍,他們可能對其性能作過低或過高的評價。

腦電圖描記術是研究患病機體的一種新方法,它掌握在有經

驗的人手中極有價值，但在日常臨床工作中至今還未得到應有的地位。多年來的臨床經驗使作者相信，本書對努力於達到現代醫學科學水平的臨床醫師將有益處。系統地討論神經、精神和內分泌疾病時腦電圖資料的類似書籍至今還未見到。

由於本書既定的範圍及其任務是有助於臨床醫師，作者認為可以不將主要是有理論意義的腦生物電學說之生理學部分包括在此書之內。但是，為了說明問題將與臨床有關的腦生物電學說的某些資料，例如神經系電現象的理化性質、生理條件對腦電圖的影響等仍寫入書中。在本書中根據神經生理學的最新成就，以病理生理學觀點去闡明神經系尚欠研究的过程，使臨床醫師得以擴大腦生物電現象方面的知識。

毫無疑問，了解了本書所引用的資料後，將鼓勵我們祖國的臨床醫師將腦電圖研究應用到那些還沒有使用此研究方法的醫學領域（職業病、中毒、內分泌疾病）中去。

作者希望能在書中引用祖國生理學家和臨床學家關於腦電圖的全部著作。作者以巨大的勞動和堅韌的精神收集了這些著作，因為這些著作主要是散在於各個別研究所的著作集和文集之中，而許多還以原稿存放在編輯的皮包里。也引用了某些有價值的外國作者著作中的資料。我們是以謹慎批判的態度應用這些資料的，我們盡力用祖國科學的觀點去闡述一些結論性問題，主要是以巴甫洛夫及其學派以及 Введенский-Ухтомский 學派的觀點為依據。

在此書寫作過程中，В. С. Русинов 教授、М. Н. Ливанов 教授和 Г. М. Нейштадт 給予作者很大幫助。腦電圖描記技術一章的一部分由蘇聯科學院高級研究員，技術科學碩士 С. С. Чугунов 所寫。作者對他們表示衷心的感謝。

大部插圖是本人在莫斯科 С. П. Боткин 醫院、В. П. Сербский 司法精神病研究所或榮膺列寧勳章的莫斯科第一醫學院附屬精神病院的觀察。

（許 迪校訂）

目 录

第二版序言	2
第一版序言	3
第一章 研究活组织中电现象性质的历史	1
第二章 研究动物和人脑电现象的历史	18
第三章 若干生理条件对脑电图的影响	40
第四章 高级神经活动过程在脑电图上的反映	57
第五章 临床上记录神经系生物电流的方法	75
第六章 脑电图的临床分析	94
第七章 临床上脑电图描记资料的症候学	114
第八章 脑外伤时的脑电图	136
第九章 脑及脑膜炎性病变时的脑电图	157
第十章 脑肿瘤时的脑电图	169
第十一章 脑血管疾病时的脑电图变化	189
第十二章 神经系梅毒时的脑电图变化	203
第十三章 各型癫痫时的脑电图	212
第十四章 精神分裂症时的脑电图变化	236
第十五章 精神神经病与迁延性反应状态时的脑 电图变化	264
第十六章 外原性中毒时的脑电图变化	282
第十七章 内分泌系障碍时的脑电图变化	296
结 语	306
技术名词	309

第一章 研究活組織中电現象 性質的历史

在十九世紀上半世紀之末，医学在从粗糙的經驗主义向前发展的过程中开始有了严格科学的生物学基础。物理学、化学、解剖学和生理学领域的巨大成就，使临床医学能够应用这些成就为創立現代病理学和治疗病人的事业奠定基础。在上世紀六十年代分立为獨立学科的神經病理学之所以能迅速发展，就是因为当时的所謂自然科学已經发展到相当高的水平。神經病学家为了建立自己的理論和实际的需要，灵活地接受了神經解剖学和神經生理学所完成的全部成果。当时神經系生理学主要是应用两种方法来研究腦和周圍神經的机能，这就是对这些器官某一部分的切除法和刺激法。当时生理学用这些方法获得的成就曾奠定了神經病学发展的基础。神經病学通过尸体解剖来檢驗某些临床症状的經驗，又日益增多地补充和扩大了切除法或刺激法的資料，因之这些成就也就愈順利地为神經病学所接受。

因此，神經病学家在自己的临床实践中，在病理学和診斷学方面，在解釋临床現象的时候，也都应用了生理学的術語。因而将临床症状也分成了“脫失現象”(явления выпадения)及“刺激現象”(явления раздражения)。这种区分，即使現在有时也还是实用的。神經病学家将麻痺或感觉消失現象理解为相应的中樞損害或从中樞到效应器，从感受器到中樞的相应徑路的中断，而以神經系相应部位病理的刺激来解釋疼痛和抽搐現象。根据这种原則建立了檢查病人的方法和解釋获得的临床資料。依靠这些方法所确定的“刺激”或“脫失”現象，对病变过程的了解是极其有限的。随着对病程的細致观察或以后的病理檢查，对病变过程的了解才达到了进一步的发展。

精神病学家也走向了这条道路，在十九世紀中叶，精神病学家

确定精神病是脑的疾病，它也受所有“肉体”疾病的规律所支配。从此时起，精神病学也随着解剖学、生理学、生物化学和医学的其他理论学科确定的路标继续发展。

所以说，长期以来，人类机体疾病状态的唯一标志就是临床检查所确定的症状。由于在临床中应用了实验室检查的方法，神经病学家和精神病学家用来诊断和认识疾病的方法就大大地丰富起来了。但是，除了切除法和刺激法之外，在此期间神经生理学又开始应用了其他的研究方法，并且在切除法和刺激法时又应用了新的标志。

生理学家在自己的实验中，不仅是根据过程的机械效应（例如根据刺激神经时肌肉收缩的速度和范围）来研究生理过程，而且也开始根据参与过程的相应器官的电活动变化进行研究（在本例中就是根据肌肉的电活动变化）。原先的机械图（механограмма）乃由电图（электрограмма）作了补充。从此，生理学家开始将神经系的电现象当作神经系机能状态的一种表现。

关于活组织中电现象的起源问题，虽然已有一百年以上的历史，但仍然是生理学中最主要、最困难的问题之一。电现象与组织生命活动有密切联系，并伴随有生命活动最密切的各种过程，如兴奋过程及其沿兴奋系传导的过程。因此在这一百年期中，生理学家以及随着生理学家以后的最近的临床学家对生物电现象均表现出很大的兴趣。生理学家和临床学家都在企图从组织的电位中寻找细胞原生质生命活动的外在标志。因此，我们关于兴奋系中各种过程的知識发展之历史道路，是与生物电流现象学说发展的道路有关联的。

在十九世纪前半世纪，只有一些论述神经冲动性质的不成熟的报导，因为当时仪器不完备，以实验方法研究神经冲动遇到了很大困难。随着时间的进展，愈来愈多地积累了神经和肌肉的兴奋性和传导性问题的实验资料。这时，生理学家广泛地应用电流作为兴奋组织的人工刺激（这是当时对实验最方便的方法）。所有这些，自然会使研究家将神经冲动和电能当作是一回事。在上一世纪20—30年代中，Weinhold、Philip、Weil 等等就是这样认识神

經冲動的。

同时，十九世紀的前期，俄罗斯生理学家的科学思想已經显著地超过了国外学者的关于神經冲动性质的理解。

A. M. Филемафитский 在其为自己的学生所著的“生理学手册”(1836)中写道：“1790年直流电的发现使最精細地研究神經兴奋性有了良好的时机。虽然，許多生理学家，特别是深信神經生命活动的本质与电作用显然相似的英国生理学家，都认为这两种因素是一回事。但是，許多生理学家所完成的，以及作者本人多次重复而总是一样成功的最彻底的实验，毫无疑义地指出，电现象和神經活动的本质是完全相互不同的因素。这点也可以用 Wilson、Philip、Weinhold 和 Krimer 的保持神經电力的那些实验来証明。只是需要以现在的和正确的观点去看待这些实验，且应将他們所用的电当作是使神經生命的本质或生命力活动起来的一种外界影响。这样，在这些实验中，于神經系和整个机体中看到的全部现象也就容易解释，并且比較将这两种活动混淆起来要自然一些。”^①

在这里，还应该提到 A. A. Соколовский 的意见，1858年他在自己的“用 DuBois-Reymond 氏学說論不同物质对神經系的作用”一文中，根据广泛的事实资料提出了組織的(神經、肌肉、腺体)生物电流现象特点对組織的正常新陈代谢(“营养”)过程的从属关系，这在当时是一个完全新穎的問題。他是根据这项总的原則首先在世界文献中提出如下問題的学者之一。这問題是毒物和藥物对神經系作用的一切理論和实践，都应该根据下列原則出发即藥物因子是作用于生活的神經組織中的一些物质(蛋白質、脂肪、碳水化合物)和它們的演变产物，而这些物质及其演变产物又是构成神經系发生生物电流的条件。

魚之发电器官的著名研究家 A. И. Бабухин 于 1869 年在第二次俄罗斯自然科学家和医师代表大会上作过一次报告，他批評了国外的作者如 Weil，坚决地保卫了“神經力量”不是純粹物理学上的电能，而是“特殊性质的运动”这一观点。

① X. C. Кошгоянц, 俄罗斯生理学历史概論, 1946, 第 150--151 頁。

可見，在 Филомафитский、Соколовский 和 Бабухин 的言論中，已經表示出不能將興奮和電流看成一回事的思想。神經興奮以及肌肉組織興奮的本質至少應當認為是物理和化學過程的綜合作用。

同時，DuBois-Reymond 在研究組織的電現象時發現：將完整的肌肉或神經膜表面與其斷面用導體接通時則發生電路，電流即由未損傷部位向損傷部位流動。這種用直流電計測出的電流稱為“靜電流”。為了解釋這種電流的性質，DuBois-Reymond 提出了所謂分子學說，這是在當時物理學的電學和磁力學中占統治地位的早期分子學說的影響下建立起來的。這個學說認為，肌肉和神經纖維是由多數最小的顆粒——“電運動分子”所構成，這些顆粒則裝載於中性液體性導體之中。這些顆粒在其縱表面上帶有陽電，而在其橫斷面上帶有陰電。因而纖維的縱行面上為陽電性，而纖維的橫切面為陰電性的。

這個學說在生理學家之中存在並不久，現在早已被遺忘了，還是 DuBois-Reymond 的學生 Hermann(1879)就已經注意到製備時未受損傷的完全新鮮的肌肉和神經，在安靜狀態下，沒有發現任何的電現象。只是在損傷肌肉或神經的時候，換言之，只是當肌肉或神經的結構有變化時才能證明有電流存在。與 DuBois-Reymond 相反，Hermann 提出一個假定，認為在未損傷的組織中全部顆粒均帶有陽電，只有那些受到了機械或化學損傷的顆粒才具有陰電性。陰電性乃是這些顆粒中發生了變化的結果。因此，肌肉或神經纖維中的電位差，不是分子學說所想象的那樣是預先存在的，而是由於原生質死亡所形成的。所以，根據 Hermann 的意見，這種損傷與未損傷面之間的電流，不應該稱為“靜電流”，而應該稱為“損傷電流”或“分界電流”(демаркационный ток)。Hermann 這個理論稱為改變學說(альтерационная теория)。

在 1883 年發生的液體中電解質分離之物理化學學說的影響下，生理學家關於神經系內興奮性質及其與電現象的關係的概念，獲得了肯定的物理化學的方向。

對這些現象發生過很大興趣的 И. Р. Тарханов 的學生

В. Ю. Чаговец, 在 1896 年, 也就是在 Лецб 的有名著作以前兩年, 发表了“論 Arrhenius 氏解离学說对活組織中电現象之应用”一文(刊载在俄罗斯物理化学协会杂志上), 可以认为这篇論文是关于神經兴奋性質之近代物理化学学說的萌芽。关于活組織的电活动弥散起源的学說, 在 Чаговец “以最新的物理化学学說之观点略論活組織中之电現象”(1905—1906) 之专論中有所发展。当他研究肌肉损伤之电动势时曾經确定: 损伤或兴奋时, 在损伤或兴奋部位的氧化过程和碳酸形成都起着重大作用。损伤的或兴奋的部位較安靜状态的部位分解出更多的酸类。这就创造了条件, 使較不活动的阳离子向神經或肌肉的深部移动, 而比較活动的阴离子則向其表面移动。离子由其形成部位运动时, 就造成了弥散性电位差, 而电位差的方向和大小将取决于那种电解质之离子的活动性及其濃度。形成这种电解质的細胞部分, 获得活动性最小的离子的电位, 而其邻接部位, 获得活动性較大的离子的电位。

1901 年, Bernstein 創立了所謂薄膜学說。他提出一个意見, 认为在活細胞表面有半透膜, 有些离子可以透过(某些阳离子, 主要是鉀), 而另外一些阴离子則不能透过此膜。即使在那些电解质的运动速度彼此相差很小, 或完全相等的情况下, 也可得到相当大的电位差。在这种情形下, 电动力取决于离子濃度的差別, 而不取决于离子活动性的差別。电动力不是如 Чаговец 所想象的那样, 在細胞损伤时形成的, 而是在活細胞的半透膜表面上預先存在的; 损伤(和兴奋)只是为这种电动力的出現创造条件。

兴奋造成原生質表面一时性的、可逆性的疏松, 如损伤时发生的情形一样, 使細胞内容物外露。因此, 这个兴奋部位开始自由地通过相反的带电子, 而此部对不兴奋的原生質表面呈阴电性的关系。与损伤不同, 兴奋时这些半透过性的变化具有可逆的性质, 表面的正常极化作用仍将恢复过来。损伤和兴奋时的电位如果是这样发生的, 則必須受到电生理学方面的两个重要条件的制约: (1) 电位的跃变不位于损伤或兴奋部位, 而位于正常部位中; (2) 兴奋不能比损伤更高地增加透过性, 因此, 动作电位不能高于同一細胞中之分界电位。

兴奋的薄膜学說引出了生物化学家和生理学家的許多著作，他們是根据在肌肉或神經成分中有改变离子量和引起电位发生的半透膜存在的假定来进行理論探討的。

同一时期內，又出現了 Lieb (1899—1905)的許多著作，論述一价和二价离子对于兴奋过程的作用。原生質中含有的一价硷金屬离子(鈉和鉀)具有兴奋作用，而二价硷土离子(鈣和鎂)則有抑制作用。因此，下列这个系数在兴奋过程中起主要作用：

$$\frac{\text{鈉} + \text{鉀}}{\text{鈣} + \text{鎂}} \cdot$$

許多生理学家都在一定程度上成功地創立了电流起源与电流沿神經和肌肉运动的学說，他們以后的研究都是从神經和肌肉細胞中存在有半透膜，以及存在有起兴奋和抑制作用的兩種离子的概念出发。

最近，П. П. Лазарев(1916—1922)的所謂兴奋的离子学說获得了很大的成功。这种学說认为只有組織中的离子濃度变化时才会发生組織的兴奋。Лазарев 的具有数学的准确性的計算証明，当离子濃度超过一定限度时，能引起兴奋。因而，刺激的唯一形式就是离子的移动。各种各样的感受装置(感觉器官的末梢装置)是将各种力能轉化成离子濃度变化的器官。П. П. Лазарев 指出：感觉器官的特殊力能乃是該感受器借某种外界作用的力能产生为刺激所必須有的离子移动的能力。兴奋之傳导是由于特殊的离子过程而发生。这种特殊离子过程引起的現象就与爆炸物燃燒时发生的現象相似。从化学动力学的观点出发，火药路或导火綫的燃燒与兴奋沿神經扩延的过程是一样的。因此，在消灭对兴奋敏感物时发生在神經某一点上的反应，便沿神經扩延。兴奋傳导过后，神經在短時間內完全不兴奋。这种理論上的推測很引人入胜，因为它与很早就知道的神經生理学中之一个經驗事实——反拗期相符合，并且与当时广泛应用的“全或无”定律^①相符合。П. П. Ла-

^① “全或无”定律是 1876 年 Wound 为鉴定神經中樞活动而确定的。以后由英国生理学家应用到神經傳导体和肌肉的活动上。这定律是建筑在形而上学概念的基础上，即神經細胞或是忽然极度兴奋，或是对刺激完全没有反应。 (接 7 頁)

зарев 的这些言論表現了脱离当时占統治地位的 Bernstein 氏薄膜學說的傾向。实际上，誰也沒証明过动物的細胞結構中有形态学的半透膜，在 Lieb “論蛋白質和类胶质之行动”(1922)一书中，更加明显地表現了脱离薄膜學說的傾向。

Lieb 的基本思想是胶样蛋白質的結合块 (агрегатные частицы) 即胶粒不仅是表面、而且是整个胶块都参与反应。大多数研究家认为：細胞薄膜是蛋白离子弥散的屏障，但在結合块之中，蛋白块本身的內聚性 (когезия) 即能完成这种屏障作用。結合块的蛋白离子不能弥散以使块与周圍液之間建立按渗透規律的平衡。这种平衡必定使胶粒与周圍环境之交界处出現电位。Maier (1937) 认为只有带电的电解质离子，即带电原子 (氯、鈉等) 或原子簇 (NH_2-COO) 才能是有机体内电現象的来源，他批判了半透膜的离子濃度學說。他指出：即便在細胞代謝中发生渗透性改变，发生生物电流的原始原因也不是膜，而是基于細胞內新陳代謝的化学过程。蛋白胶块的排列决定离子运动的方向。这种块帶有酸簇和硷簇側鏈。如果鏈中主要是硷簇，則胶样蛋白块主要是硷性蛋白，如果鏈中主要是酸簇，則蛋白主要有酸性特点。酸鏈是阳离子的导体，而硷鏈是阴离子的导体。因此，在活动系統中硷蛋白多时，以化学方法产生的离子使这个系統呈現負电性，而酸蛋白多时，則使这个系統呈現正电性。細胞原生質中的脂酶作用、腠化作用的过程，特別是蛋白化合物之分解和氧化的过程可能就是这种离子的化学反应。磷酸肌酸酐之分解、糖之形成乳酸、乙酰胆硷之形成及消失，这些都是与离子濃度变化有关而迅速进行的反应。

由此可見，特別是在最近期間，生理學中久占統治地位的生物电位之薄膜學說已遭到劇烈的反对。

由墨魚巨大神經的单个纖維導引电位而进行的最新观察，以

(接 6 頁)

現在 A. A. Ухтомский, Д. С. Воронцов, Н. П. Розвяков, Д. Н. Насонов 以及其他苏联和国外生理學家的著作出現后，認為表現为全或无的活动性仅在符合于基質一定机能状态的部分兴奋情況下，而絕不是普遍的原則。

Введенский-Ухтомский 的关于等級兴奋以及兴奋表現有不同类型的學說，是关于兴奋規律現代概念的基础。

及这种电位在温度和某些化学因素影响下的变化，都已証明薄膜学說的主要論点是不正确的。这些观察强有力地动摇了薄膜学說维护者的概念。即动摇了关于原生质是一种电解质水溶液的概念，关于健康安静之纖維面上有电位跃变現象的概念，以及关于兴奋电位不能高于分界电位的概念等等。况且，直接的实验証明，刺激墨魚之神經纖維时，电位差不是消失（按薄膜学說應該是消失的），而是改变其特征，变为阴电性。

为了使薄膜学說与这些新資料調和起来，有人曾提出了一些变形的薄膜学說。

为了在原則上保持薄膜学說，Д. Л. Рубинштейн (1947—1949)企图用細胞薄膜有特殊結構的概念来解决这些矛盾。Д. Л. Рубинштейн 认为类脂性細胞膜由兩层分子构成。这两层以其亲水性碳氢鏈相互吸着，而以亲水性极化（带阴电）簇向相反的方向吸引：向原生质的細胞内水解块及外在水环境吸引。因为方向相反的电場相互中和，这种对称性双分子层的电活动有一定慣性。但是，在两个水相之間的双极型类脂质分子的排列（分子栅），可以因某一部位受刺激而被破坏。这种分子排列已紊乱的部位，具有膜面“細孔”（пора）的性质，将会增高其渗透性。但这不是稳定的Bernstein氏孔，而是动力孔。无论如何，表面电位的变化是可能发生的，但都是一时性的，因为随着这种变化将出现双极对称性的还原。根据 Рубинштейн 的意见，細胞代謝产物也参与动作电位的生成。生物电現象的主要来源是代謝过程。代謝过程在有选择性渗透作用的双层分子膜参与下产生电位。在这里，起主要作用的是主要的代謝过程——氧化-还原和磷酸物形成过程。电位的大小取决于代謝过程的特点和水平。

Д. С. Воронцов(1949)表示反对薄膜学說，但他承認細胞表面有接受外界刺激的原生质外层，这种外层可称之为“原生质的应激装置”，在其中进行着使細胞表面发生阴电位的特殊代謝过程。同时，細胞外层的这种代謝作用与其内层的代謝作用有密切联系。Д. С. Воронцов 說道：“可見，細胞的应激装置不只限于那集中着細胞表面电位的最薄的原生质外层，而且也包括原生质的深位

层”。关于生物电位的起源，他这样简述了自己的观点：“表现为静电流和动作电流的活细胞电位，就是活细胞特殊装置的机能，此乃位于细胞表面的“应激装置”，是维持活细胞与外界环境相互作用的装置；这种装置与原生质之显微镜结构……特别是与实现新陈代谢的原生质结构有最紧密的联系”。

Д. Н. Насонов 和 В. Я. Александров 根据自己的实验资料，完全否认了薄膜学说。他们认为细胞在活的状态下是没有结构的，亦即由显微镜下看不到的胶粒和分子组成。只是当刺激物作用时，在细胞中才出现我们久所熟知的结构：核中的染色颗粒、神经原纤维等。换言之，这种所见，完全是一般固定剂所促成的标本。如将细胞还原到正常生活条件下，这些细胞所见即迅速消失，细胞成分重新成为无结构的。然而，必须考虑到，在这种无结构性细胞中，那些胶粒的排列顺序是和受刺激时所出现的一样。所以，人工刺激时，发生完全可逆的过程。随着所用动因剂量的增长，这种变化也加深起来，使细胞中发生的结构成为不可逆的，这就意味着细胞的死亡。为了说明活物质在作用可逆相中的这种变化的综合现象，他们提出了与 Введенский 之“神经传导暂停”类似的“半死”(paraneerosis)这一术语。除了活物质的结构变化以外，还可发现一些其他兴奋和损伤的非特异性的特征。其中，我们应指出有电流产生(在这种情况下是动作电流)。这些作者是这样看待兴奋的形态学实质的，同时并强烈地批评了渗透性薄膜学说。Насонов 和 Александров 用活体染料进行细胞染色和脱色的实验证明，在刺激动因的作用下，染料透过性的增加并不是因为膜的透过能力改变，而是由于整个活物质块吸附特性^①的变化。他们根据自己的实验得出结论：生理学家认为的特殊分界层之作用，以及物质经此层而弥散的作用，都过于夸大。细胞是以前全部组成部分的整体对刺激发生反应。这种活系统的基质就是胶样蛋白，按照恩格斯的意见，这就是全部生命过程的物质基础。谈到原生质之不稳定蛋白质在活细胞中的生存条件时，他们假定“因为温度条件不能

^① 这些作者认为这种过程意味着所有各种结合方式——溶解、化学结合或吸附的方法。

保証它長時間停留于自然的狀態，所以生活中也發生蛋白變性”。為了使這個原則與細胞蛋白具有自然性的事實協調起來，必須承認，與發生變性的同時，也實現着相反的過程——即蛋白質自然狀態的恢復。我們認為只有在細胞中新陳代謝以及力能代謝不斷進行的條件下，才有這種過程。如果這是對的，則細胞新陳代謝正常過程的失調可能引起變性的變化。同時，當原生質被損傷或受刺激時，隨着其結構變化的加深，必然發生代謝異常、減慢、以至最後完全終止。為了維持活系統的存在，就必須經常消耗力能，甚至活系統似乎在安靜和不活動的狀態下也要消耗。由此可見，細胞內基本的新陳代謝是變性的蛋白不斷地向自然狀態恢復的表現。

Насонов 和 Александров 在以後的工作中用研究細胞水分平衡的方法進一步發展了自己的細胞滲透性的觀念。由於做了許多實驗，並對實驗作了詳細討論，他們得到了一個結論：原生質水分與細胞周圍液的水分之間的平衡，絕對不是滲透性平衡；而薄膜學說卻將細胞當作小滲透器，且將這種平衡當作滲透性平衡。不是以半透膜，而是以原生質整塊來實現細胞的水分平衡。原生質與環境間物質的分布，同樣也不是通過分界膜的彌散機能。因而他們認為原生質的彌散環境和水的關係是不和水混合的位相關系。“在這種情況下，溶于水的物質應依其在這個位相中溶解的程度而進入原生質中，並因而建立物質分布的某種係數”。“原生質與環境間的物質分布，不是由分界膜的滲透能力來調節，而是以活物質全塊的吸附特性來調節的”。根據他們的觀念，只有一小部分活原生質的電解質處於游離的溶解的狀態而與周圍的水溶液保持平衡。細胞電解質的主要部分與原生質的蛋白塊連結，只有在興奮或損傷時才成為游離狀態。此時，原生質即喪失其位相特性。“在損傷和興奮區，游離的和轉移到液體中去的電解質，與不損傷的表面接觸時，在這個部位和在任何兩位相的部位一樣產生所謂‘位相電位’。在損傷時沿原生質到處游離彌散的電解質發生的彌散電位，與這種位相電位結合在一起”（圖1）。聯結着的電解質之釋放與發生電位的直接原因是上述的原生質自然蛋白的變性。既然，