

临床神经生理学

〔英〕J. 馬紹尔著 陈宜张译

上海科学技术出版社

临床神经生理学

〔英〕J. 馬紹尔 著

陈宜张 译 朱鹤年 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是根据 J. 馬紹尔著《Clinical Neurophysiology》1959 年第一版翻譯而成。內容对于近十数年来发现的一些神經生理基本問題，有簡要的介紹；对于那些与临床有关的神經生理問題，也有比較詳明的論述。本书可供临床医师、特別是神經科医师，以及正在学习神經生理的同志們参考。

CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY

John Marshall

Blackwell Scientific Publications, 1959

临床神經生理学

陈宜张 譯 朱鶴年 校

上海科学技术出版社出版（上海瑞金二路 450 号）

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 8 24/32 排版字数 231,000

1963 年 7 月第 1 版 1963 年 7 月第 1 次印刷 印数 1—6,100

統一书号 14119·1110 定价(十四) 1.50 元

譯 序

近十数年来,由于新技术的应用与发展,在神經生理学方面,发现不少新现象,确立了不少新概念。因此,無論是在学习生理学时,或者是在临床工作中牵涉到神經生理方面的問題时,全面而明确地了解一下神經生理学中的基本事实与概念,是有益处的。

J. Marshall 所著临床神經生理学一书,对于近十数年来发现的一些神經生理基本問題,例如神經冲动的膜学說、脊髓中枢的突触传递、兴奋性与抑制性突触后电位、脑干网状結構的功能等,都有比較明确而扼要的論述。书中对于同临床有关的某些問題,如神經肌肉疾病的电反应诊断、孤立脊髓的活动、运动传导径的功能等,尤比一般教科书介紹得詳細具体。另外,本书的篇幅虽然不多,但內容还比較全面系統,叙述亦頗精炼,使讀者能在較短时期內窺其全豹。现在把它譯成中文,以介紹給正在学习神經生理学的同志們,和对神經生理学有兴趣的临床工作者。但由于譯者水平所限,又缺乏翻譯工作的經驗,因此在翻譯中可能尚有不少錯誤和缺点,恳切希望讀者指出,以待有机会时加以改正。

本书末尾所附参考文献,系直接根据原书制版,文献最后括弧內的頁碼是原书的頁碼,請讀者注意。

本书翻譯过程中,曾得到本校科研处、图书馆負責同志以及教研室主任卢振东教授的支持;徐仁宝、郁望耀及本教研室的許多同志均曾給予許多帮助。譯者謹对这些同志致以衷心謝意。

陈 宜 张

第二軍医大学生理学教研室

1963, 1, 20

目 次

第一章 神經冲动	1
神經纖維的构造	1
神經冲动的离子假說	3
神經冲动的电表现	9
神經干的复合动作电位	16
纖維粗細的意义	17
神經冲动的临床研究	18
第二章 神經肌肉接头的传递	20
接头部的分类	20
神經肌肉接头	21
第三章 肌肉与肌肉神經疾病的电反应診斷	32
肌纖維的結構	32
肌肉收縮的化学	32
肌肉收縮的机械反应与电反应	33
肌电描記法	37
肌肉的电刺激	42
电反应診斷的临床应用	45
第四章 感受器与感觉神經元	48
感受器的作用方式	48
皮肤感觉	52
由軀体深部所产生的感觉	57
痛觉	61
感觉异常	67
神經阻滯的临床应用	69
第五章 反射及突触传递	71
反射	71

目 次	3
中枢突触部位的传递	81
脊髓内通路的組織	89
突触传递物的性质	96
交感神经节中的传递	98
第六章 孤立脊髓的活动	101
人类脊髓损害后的反射活动	101
自主神经系统	104
排尿的管理	107
排便的管理	116
性反射的管理	117
脊髓的应用解剖学	118
第七章 脑 干	121
去大脑强直	121
迷路	127
网状结构	142
呼吸的神经管理	146
第八章 小 脑	149
小脑的区分	149
梨-小结叶复合体	153
前叶复合体	154
新小脑	160
小脑脚切断	164
第九章 大脑皮层	165
大脑皮层的结构	165
大脑皮层的动作电位	168
睡眠	178
意識	180
癫痫	181
第十章 丘脑及顶叶	185
丘脑-皮层投射	185
刺激传入纤维所诱发的电位	186
刺激感觉皮层的影响	189

第二感觉区	190
下行纖維的作用	190
关于感觉及大脑皮层的临床观察	191
后頂叶	192
第十一章 运动传导径	194
皮层脊髓系統	194
皮层脊髓束以外的运动传导径	203
第十二章 嗅觉、下丘脑、額叶及顳叶	208
嗅觉	208
下丘脑	210
額叶及顳叶	216
第十三章 听觉系統	224
声的物理属性	224
中耳小骨	226
听力測驗法	228
耳蝸	230
听觉传导径中的神經传递	231
第十四章 视觉系統	237
視网膜刺激的性质	237
色觉	240
視网膜的单位电活动	241
膝状体-紋皮层系統	242
視固定	244
眼球震顫	246
复視	247
瞳孔	248
参考文献	250

第一章 神經冲動

神經系統的机能是在体内将情报从一处送至另一处，例如刺激作用于感受器的情报是沿感觉神經元向中枢传送的；引起肌肉活动的情报是沿脊髓前角运动神經元下行的；感觉、运动及其他系統之間的整合作用的情报是由連接神經元来递送的。必須指出，神經系統本身是不能有所作为的，它完全要靠肌肉、腺体等效应器，把神經系統的活动轉变成影响机体的动作。如果没有这些效应器，神經系統就无能为力。例如在肌病时，有效能的运动神經元无力使萎縮的肌肉运动；在感冒时，鼻粘膜的炎症妨碍了嗅神經元的兴奋。神經系統所传送的情报是以冲動的方式在神經上行走的。因此在开始研究神經系統时首先要考察一下什么是神經冲動。

神經纖維的构造

神經纖維的亚显微結構近来已由各种方法得到闡明，包括电子显微鏡技术及X綫衍射技术等（最近文献可参看 Lumsden, 1957）。軸突含有一种特殊成分的水样基质，称为軸漿。整个軸漿內有含綫粒体及网状纖維的絲样結構，这种絲状物在軸漿的邊緣部分凝聚成为包围軸索的原漿膜。髓鞘形成的过程如图1所示。軸突(ax)弯入管状合胞体亦即 Schwann 氏細胞(sc)的一側，由一薄层髓板与之相隔(图1中之1)。Schwann 氏細胞包裹着附有髓板的軸突(图1中之2)，直到二层 Schwann 氏細胞互相粘着并完全包裹軸突为止(图1中之3)。然后 Schwann 氏細胞以連續的数层髓板圍繞包裹軸突(图1中之4及5)，最后組織学所见的最外层为 Schwann 氏細胞层(神經膜)，其內围有数层髓板，髓板之內則为軸突。髓板似由輻状排列的脂肪分子与蛋白质层相間构成。

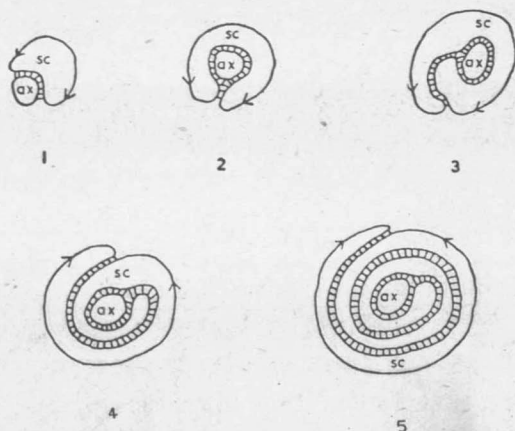


图1 Geren 所制轴突髓鞘形成各阶段的图解。ax, 轴突; sc, Schwann 氏细胞。(Lumsden, 1957)

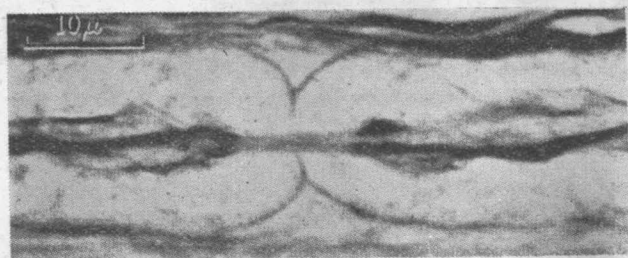


图2 兔坐骨神经 Ranvier 氏结处的纵切面, 表明神经膜侵入而形成环形狭窄。(Hess 及 Young, 1952)

髓鞘的纵轴上每隔1.5~3毫米为 Ranvier 氏结所中断, 此处 Schwann 氏细胞侵入深部并与原浆膜相附着, 故在这里形成一环形的缩小部(图2)。有髓与无髓纤维的区别, 并不象以前所想象的那样明显, 因为无髓纤维的轴突实际上也有一薄层脂肪围绕, 不过前述的过程停止于第三期而已。有髓及无髓纤维都围有一结缔组织层, 即神经内膜。

神經冲动的离子假說

Overton 于 1902 年观察神經与肌肉浸溶于各种电解质溶液的影响时，首先提出神經活动可能与离子交换有关。这一提示于 1902 年为 Bernstein 明确地陈述为一个假說。但 Bernstein 的假說并不完全恰当，1949 年 Hodgkin 及 Katz 又提出了一个新的离子假說，这假說以后經受了各种严格的实验考驗。

这个假說认为鉀及氯离子可以自由地通过原浆膜，因此这两种离子可以扩散过去，在纖維内外作 Donnan 平衡式的分布。相反，此膜对鈉比較不易透过，因此鈉就稽留于纖維之外。任何进入纖維内部的鈉离子均为膜内的主动“鈉泵”作用所移去，因此，纖維内鈉浓度仅及纖維外的十分之一。“鈉泵”的性质如何目前尚不清楚，但它的能量来源似由纖維内的代謝过程产生。由于鈉分布的差别，故鉀及氯离子的分布也不是平均的，以满足 Donnan 平衡的条件。纖維内鉀的浓度約为纖維外鉀浓度的 20~50 倍，氯則反之。因此，纖維内鉀的浓度高，而纖維外鈉及氯的浓度高。离子分布的差别产生了原浆膜上的电位差，纖維内部較外部为負。这种休止电位曾在烏賊的巨軸突上直接加以測定，因为这种纖維的直径很粗(0.5 毫米)，故常被采用为很多实验的材料，由此所測得的休止电位約为 50 毫伏(Hodgkin 及 Huxley, 1945)。对于可以扰乱原浆膜任何一側离子浓度差别的离子运动，休止电位能抵抗之，故它是維持神經纖維休止平衡的因素之一。

如果因某种原因使休止电位减小，如应用一个电流刺激时，則原浆膜即对鈉离子产生特殊的通透性，使鈉离子很快进入纖維。鈉离子进入纖維的速度远远超过由单纯扩散所能解释的程度，因而被认为是由于“鈉载体”机制之故，它的性质未明。鈉离子进入的作用是使休止电位进一步降低，电位降低又促使更多的鈉离子进入。最后休止电位不仅消失，而且发生逆轉，纖維内部电位較外部为正，这种极性改变即形成了神經冲动的动作电位。当鈉载体机

制耗尽时,此过程即中止。在鈉离子运动时,鉀离子亦由类似“载体”机制携带出纖維。因为每一鉀离子均带有一个正电荷,故休止电位可逐渐恢复,恢复所需的时间約为1毫秒左右。以后为了恢复电解质的原来分布状态,鈉离子須向外排出,使纖維內外的浓度差别得以恢复,同时鉀离子也必须被吸收入內。

上述的离子流动使最初发生扰乱的附近部位产生电场,降低了附近部位原浆膜的休止电位。这些部位对鈉就特別容易透过,引起了与上述相同的一連串过程。这种过程沿着纖維的长度无限地重复下去,构成了神經冲动的基础,其能量来自纖維的代謝活动。

支持离子假說的实验証据

离子假說曾受到各种实验性試驗的检証,这些实验值得詳述一下。休止电位的存在曾被直接測量所証明(Hodgkin 及 Huxley, 1939, 1945; Curtis 及 Cole, 1940, 1942)。在烏賊巨軸突的一端插入一根微电极,沿纖維纵軸深入10~30毫米,以避免軸突切断部位的影响(图3)。这种操作似乎并不影响纖維的电学状态,这样就測定了纖維內外两微电极間的电位差。用其他方法也可証明休止电位的存在(Graham 及 Gerard, 1946; Nastuk 及 Hodgkin,

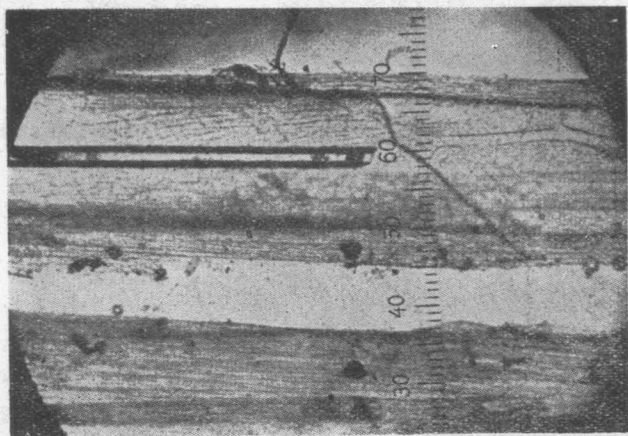


图3 烏賊巨軸突內微电极的显微照相(Hodgkin 及 Huxley, 1945)

1950; Ling 及 Gerard, 1949 a, b 及 c), 即以直径不超过 0.5 微米的电极按幅輳方向通过原浆膜插入軸浆。由于电极很細, 故插电极处的原浆膜似能自行封閉, 因此纖維的电学状态也不改变。用不同的方法曾經証明, 烏賊巨軸突的休止电位約为 50 毫伏 (Curtis 及 Cole, 1942), 也就是說, 纖維内电位要比用作为零电位的纖維外海水負 50 毫伏。当神經冲动通过时, 这个負休止电位轉变为正电位, 纖維内部变成較外部为正 (图 4)。在蛙肌休止电位約为 90 毫伏, 动作电位約为 120 毫伏 (Hodgkin 及 Nastuk, 1949); 蛙坐骨

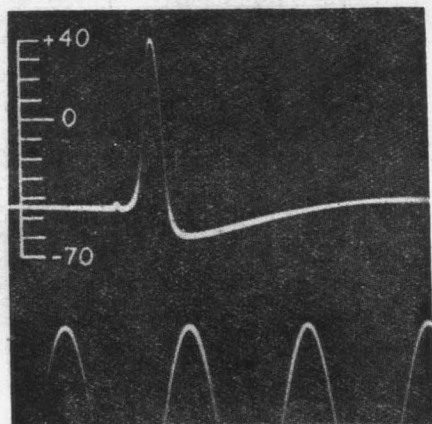


图 4 由軸突内外记录的休止电位及动作电位。軸突外的海水为零电位, 纖維内休止电位較此电位約低 45 毫伏, 动作电位高于此电位 40 毫伏。時間記号 500 周/秒。(Hodgkin 及 Huxley, 1945)

神經有髓纖維的休止电位为 76 毫伏, 动作电位为 116 毫伏 (Huxley 及 Stämpfli, 1951 a)。

將神經纖維浸于无鈉离子的溶液的實驗, 也进一步証实了这个假說 (Overton, 1902)。理論上, 放在这种溶液中的神經應該失去其兴奋性, 事实上也正是这样。鈉离子恢复时伴随着神經纖維兴奋性的恢复。同理, 因为休止电位及动作电位均与纖維内外鉀离子及鈉离子的浓度有关, 故其大小亦将依照这些离子的浓度而改变, 而事实又証明了这一点 (图 5 及 6) (Hodgkin 及 Katz, 1949; Nastuk 及 Hodgkin, 1950; Huxley 及 Stämpfli, 1951 b)。

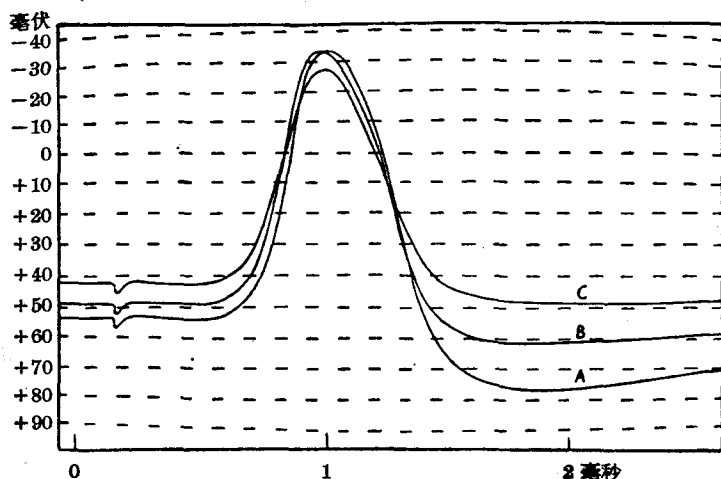


图5 不同浓度钾离子对神经休止电位及动作电位的影响
A, 无钾人工海水; B, 含钾 10 毫克分子的人工海水; C, 含钾 20 毫克分子的人工海水。(Hodgkin 及 Katz, 1949)

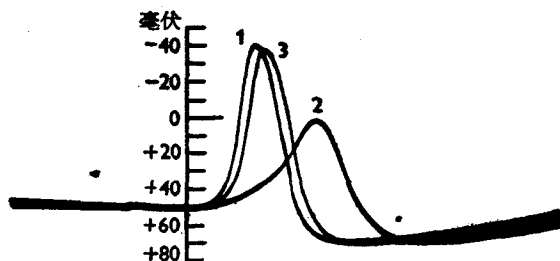


图6 不同浓度钠离子对乌贼巨轴突动作电位的影响
1. 在海水中; 2. 33%海水及67%等张葡萄糖溶液中16分钟以后;
3. 恢复到海水溶液中13分钟以后。(Hodgkin 及 Katz, 1949)

另一个有效的实验方法是放射性同位素的应用。将神经纤维浸浴于含放射性钠或钾的溶液内若干时间，然后在休止时及受刺激时测定纤维摄取这些离子的情况 (Keynes, 1951 a, b)。用这个方法证明刺激时纤维摄取的钠量增加 15 倍，说明原浆膜对钠离子的通透性大大地增高。

此法的缺点是只能显示出最后所得結果，而不能显示离子在纖維与外界环境間的来回运动情况。因此就发展了更为完善的方法——以中子冲击纖維。这个过程可使纖維內的离子具有放射性，并利用盖革(Geiger)計数器来測量帶放射性的离子(Keynes 及 Lewis, 1951)。

这些不同的实验方法所得出的离子浓度的数字，与假說所提的要求是相符合的，并且在实验中从神經纖維上記錄到相应大小的动作电位。因此可以說，现在已有了支持神經冲动离子假說基本論点的大量实验証据。但有許多問題还需要加以澄清，其中之一就是鈉泵的性质問題。似乎很明显，鈉泵应该具备調节能力，能經常既将漏入纖維內的鈉离子排出，并能周期性地将在神經活动状态时大量流入的鈉离子移去。据推测鈉泵的活动决定于纖維內鈉离子浓度。鈉泵所作的功必然是很大的，因为它必須逆着很陡的电化学梯度将鈉离子推出纖維外，它的能量的获得可能来自磷酸化酶的活动。与此相反，鈉载体輸送鈉离子是順着电化学梯度的，故作功要少得多。但对于这一机制的性质，大部分也不了解。

有髓軸突的跳跃式传导

在考虑离子假說时，我們把神經纖維看作是一个均匀的圓柱体。原浆膜实际上是連續的，但如前所述(见 2 頁)，其外有髓鞘包围，且每隔 1.5~3.0 毫米即为 Ranvier 氏結所中断(见图 2)。早在 1925 年，Lillie 即曾建議神經冲动的兴奋与传布仅在 Ranvier 氏結处发生，作为絕緣体的結間的髓鞘可以阻止兴奋过程的不断扩布。一般认为冲动是由一个結跳到另一个結的，因此就有跳跃式传导这一名詞。近来又积累了支持这一观点的許多資料。如 Tasaki (1953) 曾显示纖維結处的刺激閾最低，結間区升高(图 7)。同样，他发现在一段神經元的两个麻醉区之間，只有当其中含有一个 Ranvier 氏結时，才能得到动作电流。Huxley 及 Stämpfli (1949) 曾經指出动作电流的幅度及出现時間沿神經纖維并不产生連續性的变化，但在 Ranvier 氏結处則有一阶梯式的改变(图 8)。此外，

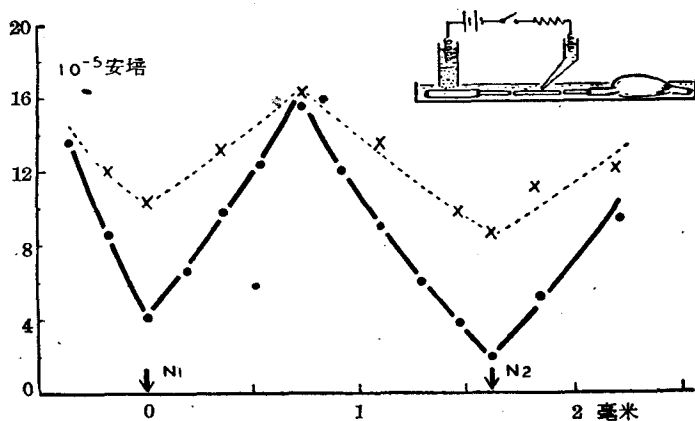


图7 长时间刺激电流 (以安培表示) 的强度与离 N_1 结及靠近 N_2 结的关系。蟾蜍坐骨神经, 23°C 。• 表示微电极为阴极, x 表示微电极为阳极的结果。结处阈值最低, 结间区阈值上升。(Tasaki, 1953)

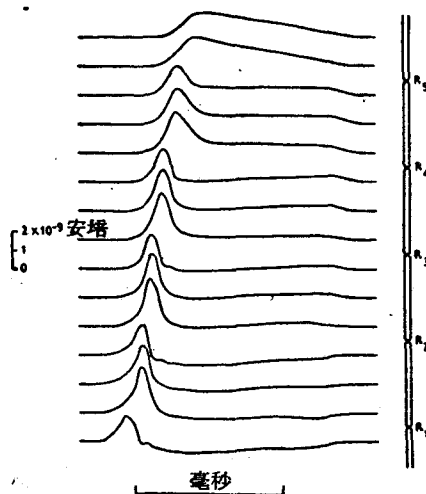


图8 依图中右侧所示神经纤维上的部位所记下的描记记录, 表明动作电位在每个 Ranvier 氏结上是一步步地改变的。(Huxley 及 Stampfli, 1949)

Frankenhaeuser (1952) 曾証明电流仅沿着蛙的有髓鞘神經纖維的某些部位由原浆膜流入軸突。

Lorente de Nó (1947) 及 Laporte (1951) 等反对跳跃式传导这一概念。一个重要的困难問題就是中枢神經系統中的有髓纖維与外周神經不同, 它并不具有 Ranvier 氏結 (Maximow 及 Bloom, 1942; Grundfest, 1947)。Bielschowsky (1928) 一直反对这种观察結果, 近年来 Hess 及 Young (1952) 及其他人等关于中枢神經系統纖維結構的研究支持他的观点。故大量事实仍然有利于跳跃式传导的理論。跳跃式传导有很大优点, 因为如仅在 Ranvier 氏結处才允許离子的涌入与流出, 可减少离子的周轉数, 减少到粗細相似的无髓纖維所需离子量的 $1/100$ 左右。这就可以大大减少能量消耗并提高效率。

神經冲动的电表现

远在神經冲动的离子假說形成之前, 早就有人注意到神經冲动通过时所伴随的电骚扰, 并确定了有关冲动产生与传导的許多特征。现按离子假說对这些特点加以討論。

刺激的性质

神經纖維的兴奋, 經常因电、温度、机械、化学等刺激的作用而引起。在实验工作中, 最常用的是电刺激, 因为它最易使用, 最易測量与控制。极易証明: 任何一个刺激如果要有效地引起一根神經纖維的兴奋, 它必須具备一定的强度。这强度称为神經纖維的刺激閾, 如环境恒定則刺激閾亦保持在相同水平。环境的改变可以改变閾值。例如降低游离鈣离子的浓度可以降低刺激閾 (Kugelberg, 1946 a)。同样在刚停止神經纖維的血液供应时, 閾值降低, 但如缺血持續过久, 則閾值又开始升高, 直到产生麻痹为止 (Lehmann, 1937)。

为了使刺激产生作用, 它不仅需要达到一定的强度, 而且还需

要最短的作用時間。如所用电流的作用時間不足引起神經兴奋所需的最短時間,則不論刺激有多强,也不能引起神經纖維兴奋。正因为如此,高频电流通过組織时可以既不产生痛觉,也不引起肌肉收缩。短波透热法就是利用这一事实使电流仅产生热效应而对組織不起刺激作用。因此就有了刺激的强度与時間这两个变数,两者互成反比。在一定限度內,刺激愈强則产生兴奋所需的時間愈短;刺激時間愈长則强度愈小。这些事实引出了一系列术语。如**基强度**是在作用時間无限长的条件下刚能引起神經兴奋所需的最小电流强度(图 32)。**时值**是在二倍基强度的刺激强度下使神經发生兴奋所需的最短作用時間。測定不同刺激强度及不同作用時間的阈刺激,可以繪出**强度-時間曲綫**。在临床实践中研究肌肉及神經兴奋现象时常用到这个曲綫,将在以后詳加討論(見 42 頁)。

刺激的第三个特征是刺激强度增加的速度。当描述刺激的阈强度时,我們假定刺激强度是以很快的速度由零增至阈刺激强度的。如果强度慢慢地增加,則刺激虽已超过正常阈値,但仍可不引起放电。相反,如使阈下刺激的电流强度保持恒定,并測定神經的兴奋性,发现兴奋性除开始时升高外,随后即降低(图 9)。神經纖維对于电流流动的这种对抗兴奋的反应能力,称之为**适应性**,Kugelberg (1944)曾对此进行过广泛的研究。各类神經纖維的适

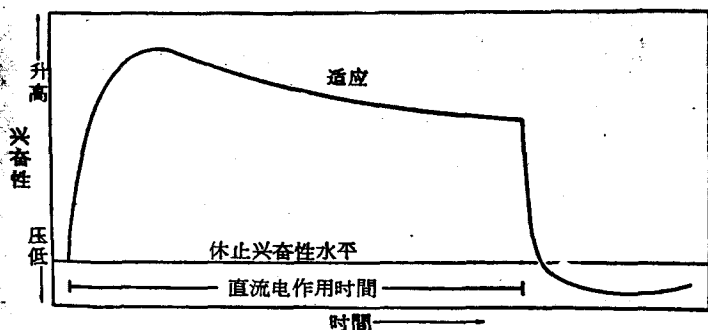


图 9 阈下强度的直流电通过神經时及通过以后神經兴奋性的改变图。开始时兴奋性升高,以后神經对外加电刺激起适应,兴奋性降低。(依 Erlanger 及 Blair, 1931) (Fulton, 1950)