



临床脑电图学

黄远桂 吴声伶 编著
栗 秀 初 审校

陕西科学技术出版社



临床脑电图学

黄远桂 吴声伶 编著

栗秀初 审校

陕西科学技术出版社

临床脑电图学

黄远桂 吴声伶 编著

栗秀初 审校

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 陕西省印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张24 插页2 字数540,000

1984年8月第1版 1984年8月第1次印刷

印数1—12,200

统一书号: 14202·94 定价: 3.50元

前 言

脑电图的研究工作，自1924年德国精神病学家H·Berger首先从完整的头皮上描记了人的脑电活动以来，已有近六十年的历史。随着现代科学的进展，脑电图除应用于临床医学外，已广泛地应用于军事医学、航天医学、生理学和生物学等多种学科的研究方面。在中国共产党的领导下，建国三十多年来随着社会主义现代化建设及整个医疗卫生事业的发展，脑电图的应用和研究工作及脑电图机的制造和供应取得了较快的进展，要求进修、学习脑电图的人员与日俱增。但目前国内有关这方面的专著较少。为此，在整理我院1957年以来近二万份临床脑电图资料及总结教学实践中的体会的基础上，参阅了国内、外大量的有关书刊资料，编写了这本《临床脑电图学》。

本书内容包括脑电图的原理、技术及诊断等方面，重点介绍了脑电图的基本知识，脑电图检查技术和诱发方法，正常脑电图和异常脑电图、癫痫、颅内肿瘤、颅脑外伤、脑血管病和中枢神经系统感染等的脑电图特征。对其他各类脑部和全身性疾病的脑电图特征也作了比较详细的介绍。本书还特别编写了脑诱发电位、脑波分析、脑电图的遥测等方面的新进展。为了脑电图工作的实际需要，还编写了脑电图机及其附件的结构原理、脑电图机的性能检验、机器安装与保养、脑电图室人员的配备和培训等内容。为了便于学习和理解书中内容，全书附有将近400幅插图。这些资料是我院神经内、外科全体同志及进修人员共同辛勤劳动的结果。

本书的编写是在各级领导的关怀和鼓励下，神经内、外科、电化教研室医学摄影室、图书馆和印刷所绘图室等单位的大力支持下，特别是在脑电图室工作过的全体同志及进修人员的具体帮助支持下完成的。本校生理教研室臧益民副教授对第一章，于清汉教授对第十九至二十二章，七机部五〇四研究所黄汉超工程师对第二章第一节分别作了详细的审阅，提出了许多宝贵意见，在此一并深表谢意。有关脑电图在法医鉴定中的作用一节，虽曾请有关法医人员审阅，但不成熟，仅供参考。

本书第十一、十三章由吴声伶编写，其余各章由黄远桂编写。由于我们学识浅薄，经验有限，缺点错误在所难免，敬希前辈、师长及广大读者批评指正。

编 著 者

一九八二年十二月于第四军医大学第一附属医院

EP 17/18

目 录

第一章 脑电图的神经

解剖生理基础 (1)

第一节 脑的解剖 (1)

第二节 神经元的结构及

电位变化 (3)

一、神经元的结构 (3)

二、神经元的电位变化 (4)

三、兴奋的传导与传递 (5)

第三节 脑电图的产生原理 (6)

一、脑电活动的起源 (6)

二、脑电活动节律性的产生 (7)

第四节 丘脑与脑干网状结构对

脑电活动的影响 (8)

一、丘脑及其对脑电活动的影响 (8)

二、脑干网状结构及其对脑电活动的影响 (9)

第二章 脑电图机及其附件 (10)

第一节 脑电图机的

结构原理 (10)

一、输入部分 (10)

二、放大部分 (11)

三、调节部分 (13)

四、记录部分 (15)

五、电源部分 (17)

六、走纸与时标 (17)

第二节 脑电图机的

性能检验 (18)

一、开箱验收 (18)

二、熟悉使用说明书 (18)

三、检验的程序、内容及方法 (18)

四、检验结论 (21)

附：脑电图机的规格 (22)

第三节 脑电图机的安装

与屏蔽 (22)

一、脑电图检查室位置的选择 (22)

二、房屋的结构与屏蔽室的建造 (22)

三、地线的埋设 (24)

四、电源供应 (24)

第四节 脑电图机的保养 (24)

一、使用前的保养 (25)

二、使用中的保养 (25)

三、使用后的保养 (25)

第五节 脑波分析装置 (26)

一、带通滤波分析仪的原理与结构 (26)

二、带通滤波分析仪应用中的一些问题 (28)

第六节 光、声刺激装置 (28)

一、闪光刺激装置 (28)

二、声音刺激装置 (29)

第七节 诱发电位的记

录装置 (29)

一、叠加法 (29)

二、自动加算平均法 (30)

第八节 脑电图的遥测装置 (30)

一、脑电图的电话遥测 (31)

二、脑电图的无线遥测 (32)

第三章 脑电图描记技术

和导联方法 (33)

第一节 受检者的准备 (33)

第二节 脑电图机的准备 (33)

一、脑电图机的预热和调整 (33)

二、定标电压的测定和调整 (34)

第三节 电极及其放置 (35)

一、电极放置的位置·····	(35)	第四节 睡眠诱发试验·····	(71)
二、电极的种类、安放与固定·····	(37)	第五节 美解眠诱发试验·····	(73)
三、电极—头皮间电阻值的 测量·····	(39)	第六节 戊四氮诱发试验·····	(75)
四、电极的氯化·····	(39)	第七节 颈动脉内阿米妥钠 注射试验·····	(77)
五、电极接触剂·····	(40)	第八节 颈总动脉压迫试验 及头位改变试验·····	(79)
第四节 脑电图的导联法·····	(40)	第九节 其他诱发试验·····	(82)
一、单极导联法·····	(41)	一、颈动脉窦按摩试验·····	(82)
二、双极导联法·····	(42)	二、低血糖诱发试验·····	(82)
三、病灶的导联定位法·····	(42)	三、低氧和屏气诱发试验·····	(83)
第五节 脑电图的描记·····	(45)	四、运动诱发试验·····	(83)
一、描记程序·····	(45)	五、前庭诱发试验·····	(84)
二、纸速的选择及调节网路 的调节·····	(46)	六、音响刺激诱发试验·····	(84)
三、描记条件的记录·····	(46)	七、图形与颜色诱发试验·····	(84)
四、脑电图描记后的整理·····	(46)	八、排尿诱发试验·····	(85)
第四章 脑电图的伪差 ·····	(47)	九、咳嗽诱发试验·····	(85)
第一节 来自受检者的伪差·····	(47)	十、水潴留诱发试验·····	(86)
一、非脑源性生物电流伪差·····	(47)	十一、剥夺睡眠诱发试验·····	(86)
二、非生物电流伪差·····	(54)	第十节 联合诱发试验·····	(86)
第二节 来自脑电图机及其 附件的伪差·····	(56)	第六章 脑电图的基本成分 ·····	(88)
一、来自脑电图机的伪差·····	(56)	第一节 周期与频率·····	(88)
二、来自电极及导线的伪差·····	(57)	一、周期的概念及其测量·····	(88)
三、来自电源的伪差·····	(58)	二、频率的概念、测量及分类·····	(89)
第三节 来自空气中的伪差·····	(59)	第二节 波幅·····	(91)
一、交流电伪差·····	(59)	第三节 位相·····	(92)
二、空气震动所致的伪差·····	(59)	一、位相、同位相、非同位相 及位相倒置的概念·····	(92)
三、人体静电感应伪差·····	(59)	二、同位相、非同位相及位相 倒置的临床意义·····	(92)
第四节 伪差来源的鉴别 与排除·····	(60)	第四节 波形·····	(93)
一、全部导程同时出现的伪差·····	(60)	一、安静、闭目和觉醒状态下 所见的波形·····	(93)
二、局部导程出现的伪差·····	(60)	二、睡眠时所见 的波形·····	(95)
三、脑电图机紧急开关的应用·····	(60)	三、外界刺激及精神活动时 所见波形·····	(95)
四、拟病人电阻的使用·····	(60)	第五节 调节与调幅·····	(96)
第五章 脑电图诱发试验及其 临床意义 ·····	(61)	第七章 正常脑电图 ·····	(98)
第一节 睁闭眼诱发试验·····	(61)		
第二节 过度换气诱发试验·····	(63)		
第三节 闪光刺激诱发试验·····	(67)		

第一节 正常成人觉醒时的	
脑电图	(98)
一、 α 波	(98)
二、 β 波	(99)
三、慢波	(99)
四、特殊类型的脑波活动	(99)
五、正常成人脑电图的类型	(99)
第二节 正常小儿觉醒时的	
脑电图	(103)
一、小儿脑电图的基本特征	(103)
二、不同年龄小儿的脑电图	(104)
第三节 正常成人睡眠时的	
脑电图	(107)
一、按脑电图的变化分期	(107)
二、按睡眠的深度分期	(111)
三、按眼球运动及睡眠深度分期	(112)
第四节 正常小儿睡眠时的	
脑电图	(113)
第五节 正常老年期的脑	
电图	(115)
一、老年人觉睡时的脑电图	(115)
二、老年人睡眠时的脑电图	(116)
第六节 正常脑电图的诊断	
标准	(116)
一、成人	(116)
二、小儿	(116)
第七节 脑电图的影响因素	(117)
一、个体差异	(117)
二、年龄因素	(118)
三、精神活动与外界刺激	(119)
四、意识状态	(119)
五、体内生理条件的改变	(119)
六、大气压的变化	(121)
七、药物的影响	(122)
八、针刺麻醉及非药物麻醉	(123)
第八章 异常脑电图总论	(124)
第一节 异常脑电图的基本	
特征	(124)
一、基本波异常	(124)
二、出现病理波	(130)
三、诱发异常	(140)
四、异常脑电图的形式	(140)
第二节 广泛异常脑电图	(141)
一、广泛轻度异常脑电图	(141)
二、广泛中度异常脑电图	(142)
三、广泛重度异常脑电图	(142)
四、边缘性异常脑电图	(142)
第三节 局限性异常脑电图	(142)
一、病灶部位的诊断	(142)
二、病灶深度的诊断	(150)
三、病变程度的诊断	(152)
第四节 小儿异常脑电图的	
特点	(152)
一、婴幼儿异常脑电图的标志	(152)
二、儿童期异常脑电图的标志	(153)
第五节 异常脑电图的病理生	
理机制及与临床的关	
系	(153)
一、异常脑波的病理生理机制	(154)
二、各种异常脑波的临床意义	(154)
三、异常脑波的传导过程	(155)
第九章 脑电图的分析与诊断	(157)
第一节 脑电图的视觉分析与	
诊断	(157)
一、脑电图视觉分析的步骤	(157)
二、脑电图视觉分析的报告	
内容	(158)
三、脑电图视觉分析的结论	
(诊断)	(158)
第二节 脑电图信号的自动分	
析与诊断	(158)
一、带通滤波频率分析法	(159)
二、带通滤波频率分析结果的	
整理	(160)
第十章 癫痫的脑电图	(162)
第一节 癫痫的分类	(162)
一、国际分类法	(162)
二、Jasper和Kershman分	
类法(经修改)	(163)
三、临床分类法	(164)

第二节 癫痫性放电的电生理学	
基础.....	(164)
一、神经元的高频放电.....	(164)
二、神经元放电的超同步化.....	(164)
三、高频超同步化放电具有发作性的特征.....	(165)
第三节 癫痫性放电的类型.....	(165)
一、散发性棘波.....	(165)
二、散发性尖波.....	(165)
三、棘慢波或尖慢波综合.....	(166)
四、多棘波群.....	(166)
五、高幅失律.....	(166)
六、发作性节律波.....	(166)
第四节 癫痫的诱发试验.....	(166)
一、过度换气.....	(167)
二、戊四氮或美解眠静脉缓慢注射.....	(167)
三、闪光刺激.....	(167)
四、睡眠诱发.....	(167)
五、颈动脉内阿米妥钠注射.....	(167)
第五节 各型癫痫的临床与脑电图间的相互关系.....	(168)
一、癫痫大发作.....	(168)
二、癫痫小发作.....	(171)
三、局限性癫痫.....	(175)
四、精神运动性癫痫.....	(181)
五、内脏型癫痫.....	(185)
六、反射性癫痫.....	(189)
七、肌阵挛性癫痫.....	(191)
八、发笑性癫痫和哭泣性癫痫.....	(192)
九、新生儿易变性癫痫.....	(193)
十、一侧或一侧偏胜性全身发作.....	(193)
十一、婴儿痉挛.....	(193)
十二、热性痉挛.....	(195)
第六节 癫痫脑电图的临床意义.....	(195)
一、脑电图在癫痫诊断中的价值.....	(195)
二、脑电图在癫痫治疗中的价值.....	(198)

三、脑电图在癫痫预后判断上的价值.....	(199)
四、脑电图在法医鉴定中的应用.....	(199)
第十一章 颅内肿瘤的脑电图.....	(201)
第一节 概论.....	(201)
第二节 大脑半球凸面肿瘤的脑电图.....	(202)
一、大脑半球凸面肿瘤的脑电图一般特征.....	(202)
二、半球凸面不同脑叶肿瘤的脑电图特征.....	(203)
第三节 大脑深部及幕下肿瘤的脑电图.....	(206)
一、大脑深部肿瘤.....	(206)
二、幕下肿瘤.....	(209)
第四节 脑电图改变与肿瘤性质的关系.....	(211)
第五节 脑电图检查对脑瘤复发的诊断意义.....	(213)
第六节 脑瘤脑电图分析的注意事项.....	(213)
第十二章 脑血管病的脑电图.....	(215)
第一节 高血压症的脑电图.....	(215)
第二节 脑动脉硬化症的脑电图.....	(215)
第三节 短暂性脑缺血发作的脑电图.....	(217)
第四节 脑梗塞的脑电图.....	(218)
一、脑血栓形成.....	(219)
二、脑栓塞.....	(223)
三、闭塞性脑血管病的病程与脑电图的变化.....	(224)
第五节 脑出血的脑电图.....	(224)
一、大脑出血.....	(224)
二、脑干出血.....	(225)
三、小脑出血.....	(226)
四、非损伤性脑内血肿.....	(226)
第六节 蛛网膜下腔出血的脑	

心电图.....	(227)	二、脑包虫病.....	(250)
第七节 颅内动脉瘤及动静脉畸形的脑电图.....	(228)	三、脑血吸虫病.....	(250)
一、颅内动脉瘤.....	(228)	四、脑肺吸虫病.....	(252)
二、脑动静脉畸形.....	(229)	五、脑型疟疾.....	(252)
第八节 其他脑血管病的脑电图.....	(229)	第五节 脑脓肿的脑电图.....	(252)
一、颅内静脉窦血栓形成.....	(229)	第六节 神经梅毒的脑电图.....	(253)
二、烟雾病(脑底部异常血管网症).....	(230)	第十五章 变性与脱髓鞘性疾病的脑电图	(255)
第十三章 颅脑损伤的脑电图	(232)	第一节 多发性硬化的脑电图.....	(255)
第一节 闭合性颅脑损伤的脑电图.....	(232)	第二节 急性播散性脑脊髓炎的脑电图.....	(256)
一、轻型颅脑损伤.....	(232)	第三节 弥散性硬化的脑电图.....	(257)
二、中型颅脑损伤.....	(232)	第四节 震颤麻痹的脑电图.....	(258)
三、重型颅脑损伤.....	(234)	第五节 肌阵挛性小脑协调障碍的脑电图.....	(258)
第二节 颅内血肿的脑电图.....	(236)	第六节 脊髓小脑变性的脑电图.....	(259)
一、硬脑膜下血肿.....	(236)	第七节 运动神经元病的脑电图.....	(260)
二、硬脑膜外血肿.....	(238)	第十六章 意识障碍的脑电图	(261)
三、脑内血肿.....	(238)	第一节 慢波型的意识障碍.....	(261)
第三节 开放性颅脑损伤的脑电图.....	(238)	一、脑血管疾病.....	(261)
第四节 脑外伤后遗症的脑电图.....	(238)	二、颅脑损伤.....	(262)
第十四章 中枢神经系统感染的脑电图	(240)	三、脑肿瘤.....	(262)
第一节 脑膜炎的脑电图.....	(240)	四、颅内炎症.....	(262)
一、浆液性脑膜炎.....	(241)	五、代谢性疾病.....	(262)
二、结核性脑膜炎.....	(241)	六、中毒.....	(263)
三、化脓性脑膜炎.....	(242)	七、运动不能性缄默.....	(263)
四、流行性脑脊髓膜炎.....	(243)	第二节 α 波型的意识障碍.....	(264)
第二节 脑炎的脑电图.....	(243)	第三节 β 波型的意识障碍.....	(265)
一、普通急性脑炎.....	(243)	第四节 纺锤波型的意识障碍.....	(265)
二、特殊脑炎.....	(246)	第五节 发作波型的意识障碍.....	(266)
第三节 脑蛛网膜炎的脑电图.....	(249)	一、具有发作波型的发作性意识障碍.....	(266)
第四节 脑寄生虫病的脑电图.....	(249)	二、具有发作波型的持续性意识障碍.....	(266)
一、脑囊虫病.....	(250)		

障碍.....	(257)	第五节 其他脑病的脑电图.....	(285)
第六节 平坦波型的意识障碍.....	(268)	一、风湿性脑病.....	(285)
一、深度昏迷.....	(268)	二、系统性红斑狼疮.....	(286)
二、无皮层状态.....	(269)	三、白塞病.....	(287)
三、脑死亡.....	(269)	第十九章 代谢性疾病的脑电图.....	(288)
第七节 正常波型的意识障碍.....	(270)	第一节 肝脏疾病时的脑电图.....	(288)
第十七章 觉醒与睡眠障碍的脑电图.....	(271)	一、肝性脑病.....	(288)
第一节 发作性睡病.....	(271)	二、肝豆状核变性.....	(291)
第二节 胖睡病 (Pickwickian 综合征).....	(274)	三、特殊型肝性脑病.....	(292)
第三节 青少年周期性多睡多食症 (Kleine-Levin 综合征).....	(274)	四、脑病合并内脏脂肪变性综合征.....	(292)
第四节 睡眠不足.....	(275)	第二节 尿毒症的脑电图.....	(293)
第五节 睡眠中的发作性障碍.....	(275)	一、尿毒症性脑病的脑电图.....	(293)
一、遗尿.....	(275)	二、尿毒症人工透析时的脑电图变化.....	(294)
二、梦行症.....	(275)	第三节 肺性脑病的脑电图.....	(294)
三、夜惊症.....	(276)	第四节 糖尿病的脑电图.....	(295)
四、恶梦.....	(276)	第五节 血紫质病的脑电图.....	(296)
第十八章 脑病的脑电图.....	(277)	第六节 先天性代谢异常的脑电图.....	(297)
第一节 感染性脑病的脑电图.....	(277)	一、高雪病.....	(297)
第二节 中毒性脑病的脑电图.....	(278)	二、糖元累积病.....	(298)
一、一氧化碳中毒.....	(278)	三、遗传性粘多糖代谢病.....	(298)
二、酒精中毒.....	(279)	四、尼曼—匹克 (Niemann—Pick) 病.....	(299)
三、重金属中毒.....	(279)	第二十章 内分泌疾病的脑电图.....	(300)
四、药物中毒.....	(279)	第一节 甲状腺疾病的脑电图.....	(300)
第三节 缺氧性脑病的脑电图.....	(280)	一、甲状腺机能亢进.....	(300)
一、高空及高山性缺氧性脑病.....	(281)	二、甲状腺机能减退.....	(301)
二、溺水后脑病.....	(282)	第二节 甲状旁腺机能低下	
三、电击伤后脑病.....	(283)	的脑电图.....	(302)
四、慢性低氧血性脑病.....	(284)	第三节 肾上腺皮质机能障碍	
第四节 放射性脑病的脑电图.....	(285)	的脑电图.....	(302)
		一、肾上腺皮质机能减退.....	(302)
		二、肾上腺皮质机能亢进.....	(303)

第四节 下丘脑—垂体性疾病 的脑电图..... (303)	二、癌病..... (322)
一、尿崩症..... (303)	三、强迫性神经症..... (323)
二、肥胖生殖无能综合征..... (303)	第二节 精神分裂症的脑 电图..... (324)
三、产后垂体前叶机能减退综合征 (席汉综合征)..... (304)	第三节 躁狂抑郁症的脑 电图..... (326)
四、垂体前叶机能亢进症..... (305)	第四节 性格与行为异常的脑 电图..... (326)
第五节 性腺分泌异常的脑 电图..... (305)	第五节 微细脑机能障碍的脑 电图..... (327)
一、月经周期异常..... (305)	第六节 休克疗法对脑电图的 影响..... (327)
二、绝经期综合征..... (305)	
三、经前期紧张症..... (306)	第二十三章 杂类脑电图..... (329)
四、妊娠中毒..... (306)	第一节 偏头痛的脑电图..... (329)
第二十一章 智能障碍的脑 电图..... (307)	第二节 三叉神经痛的脑 电图..... (330)
第一节 精神发育不全的脑 电图..... (307)	第三节 眩晕的脑电图..... (331)
一、苯丙酮尿症..... (307)	第四节 良性颅内压增高的脑 电图..... (332)
二、结节性硬化..... (309)	第五节 脑性瘫痪的脑电图..... (333)
三、黑矇性白痴..... (310)	第六节 多发性抽动与秽语综 合征的脑电图..... (334)
四、先天痴愚..... (310)	第七节 偏侧面萎缩症的脑 电图..... (334)
五、大脑三叉血管瘤病 (Sturge—Weber综 合征)..... (311)	第八节 肌肉疾病的脑电图..... (335)
六、先天性脑积水..... (311)	一、萎缩性肌强直..... (335)
七、小头畸形..... (312)	二、重症肌无力..... (336)
八、胼胝体发育不全..... (312)	三、进行性眼外肌麻痹..... (336)
九、内因性精神发育不全..... (313)	第九节 脑膜白血病的脑 电图..... (336)
第二节 痴呆的脑电图..... (314)	第十节 闭锁综合征的脑 电图..... (337)
一、老年性痴呆..... (314)	
二、脑动脉硬化性痴呆..... (314)	第二十四章 脑诱发电位..... (339)
三、正常颅压性脑积水..... (315)	第一节 脑诱发电位的基本 原理..... (339)
四、亚急性海绵状脑病..... (316)	一、应用原理..... (339)
五、慢性进行性舞蹈病..... (318)	二、脑诱发电位的种类..... (339)
六、弥漫性大脑萎缩症..... (319)	三、影响脑诱发电位的生理因素... (340)
七、脑叶萎缩症..... (319)	
第三节 假性痴呆的脑电图..... (320)	
第二十二章 精神病的脑电图..... (321)	
第一节 神经症的脑电图..... (321)	
一、神经衰弱..... (321)	

第二节 体觉诱发电位.....	(340)
一、SEP的检查方法.....	(340)
二、SEP的正常波形.....	(341)
三、各种疾病时的SEP改变.....	(342)
第三节 视觉诱发电位.....	(342)
一、VEP的检查方法.....	(343)
二、VEP的正常波形.....	(343)
三、各种疾病时的VEP改变.....	(344)
第四节 听觉诱发电位.....	(344)
一、AEP的检查方法.....	(345)
二、AEP的正常波形.....	(345)
三、各种疾病时的AEP改变.....	(346)
第五节 伴负变化.....	(347)
一、CNV的应用原理.....	(347)
二、CNV的检查方法.....	(347)
三、CNV的正常波型.....	(348)
四、各种疾病时的CNV改变.....	(349)
第六节 脑诱发电位的诊断 价值.....	(349)
第二十五章 皮层电图和深部 电图.....	(350)

第一节 皮层电图.....	(350)
一、描记技术.....	(350)
二、正常皮层电图.....	(350)
三、异常皮层电图.....	(351)
第二节 深部电图.....	(354)
一、描记技术.....	(354)
二、正常深部电图.....	(355)
三、异常深部电图.....	(355)

第二十六章 脑电图室的人员配

备及管理.....	(357)
第一节 人员的配备与培训.....	(357)
第二节 脑电图检查的申请与 报告.....	(357)
第三节 脑电图标本的保存.....	(359)
第四节 脑电图索引的编制.....	(360)
第五节 脑电图室内的必备 物品.....	(361)
主要参考资料.....	(363)
附录: 临床脑电图学常用术语.....	(371)

第一章 脑电图的神经解剖生理基础

要了解脑生物电的起源与规律，以及正常与异常脑电图的各种特征，就必须对神经解剖生理有一个了解。

第一节 脑的解剖

脑包括两个大脑半球，小脑和脑干三部分（图1—1）。两大脑半球之间由粗大的神经纤维束—胼胝体将其连结。大脑半球的最表面为灰质，其厚度一般为1.5～5.0毫米，主要由神经细胞所组成，称大脑皮层（或皮质）。大脑半球的深部为神经细胞的纤维所组成，称为白质。大脑表面被中央沟、顶枕裂及大脑外侧裂分成额、顶、枕、颞四叶（图1—2）。大脑的基底部有多个大小不等的神经细胞团，其内侧最大者称为丘

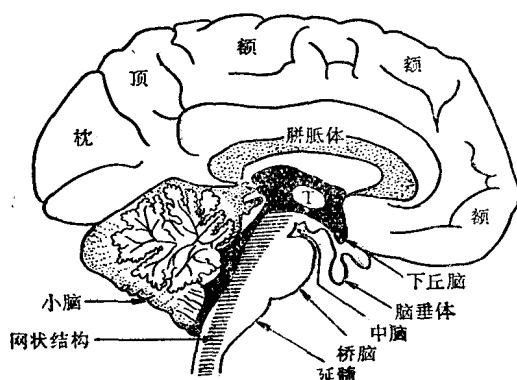


图1—1 脑矢状切面 T：丘脑

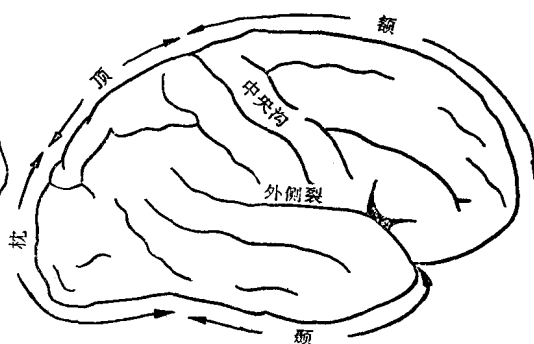


图1—2 大脑外侧面

脑，此外尚有下丘脑、豆状核、尾状核、杏仁核等（图1—3）。脑干分成中脑、桥脑和延髓三部分，脑干的深部中央区是由神经元及神经纤维交织在一起，并几乎贯穿整个脑干全长的网状结构所组成，其前端直接与丘脑的网状结构相续（图1—4）。小脑位于大脑枕叶下方及脑干的后方和外方，并有纤维与大脑、脑干相联系，小脑两半球间亦有纤维互相联系。

大脑皮层各部位的厚度不等，这与其功能上的不同有关，平均厚度一般为2.5毫米。其组织学结构甚为复杂，据计算由140亿个各种形态的神经元及其复杂的纤维联系所组成。旧皮层（又称异质皮层，allocortex）是指属于嗅脑部分的皮层，其结构比较简单，其中的细胞和纤维不形成明显的分层；新皮层（或称同质皮层，isocortex）则

形成一定的层次，每一层主要由形态相似的细胞聚集而成，一般可分为5~8层，但多

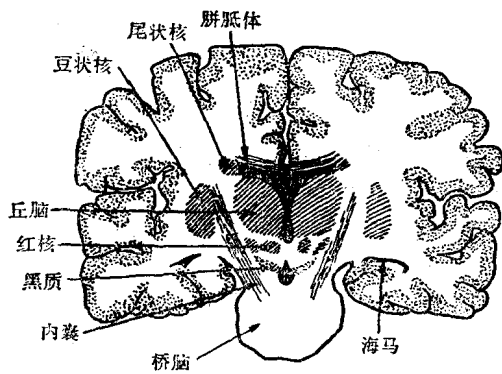


图 1—3 脑冠状切面

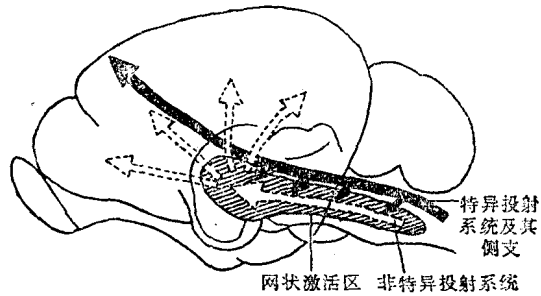


图 1—4 脑网状结构(猫)

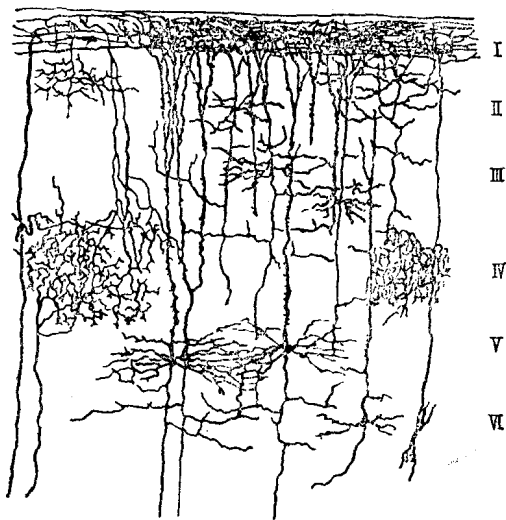


图 1—5 大脑皮层的分层

I 分子层；II 外颗粒层；III 锥体细胞层；IV 内颗粒层；V 节细胞层；VI 梭状或多形细胞层

数为6层，由外向内其名称及结构如下(图1—5)：

(1) 分子层：主要由和皮层表面平行的纤维及少量的神经细胞和较多的神经胶质细胞组成；

(2) 外颗粒层：由密集的小锥体细胞组成；

(3) 锥体细胞层：由中、大型锥体细胞组成；

(4) 内颗粒层：由密集的小星形细胞组成；

(5) 节细胞层：由大锥体细胞组成，

(6) 梭状或多形细胞层：由许多不规则的梭状细胞及角状细胞组成。

皮层的每一区域都接受传入纤维的外来传入冲动，并通过传出纤维将冲动传出。进入皮层的传入纤维有下列几类：

(1) 来自丘脑特异性投射系统的纤维：在第5、6层时不分支，进入第4层内即与该层的神经元形成突触联系，少数轴突与更浅层某些神经元发生联系；

(2) 来自丘脑非特异性投射系统的纤维：其分支到达大脑皮层第6~1层的广泛区域，与各层神经元有关结构形成突触联络，并与广大皮层区域发生投射关系；

(3) 来自同侧皮层其他区域或对侧半球(如通过胼胝体)的纤维联系。

传入纤维在皮层灰质深层即开始分支，投射至哪些层尚有争论，有人认为在1~4层(尤其在2~3层)，也有人认为各层皆有。

皮层发出的传出纤维主要源自第3、5层，如锥体束及胼胝体纤维主要起源于3、5层内。

第二节 神经元的结构及电位变化

一、神经元的结构

神经元即神经细胞，是神经系统的基本结构单位和机能单位。其形态多样，大小不同，但其结构基本相似，可分为胞体及突起两部分（图1—6）。

（一）胞体：除与一般细胞相似的细胞核和细胞质外，还有神经元特有的结构——神经丝（neurofilament）及尼氏小体。

（二）突起：从胞体上伸出若干突起，按其形态与机能分为轴突和树突。轴突每个神经元只有一个，细而长，可发出侧支与其他神经元接触，其末端形成神经末梢。轴突的机能是把神经冲动从胞体传出，传给另一个神经元或效应器。树突亦由胞体发出，一个神经元有一个以上的树突，一般是多个，每个均反复分支，形如树枝状，其机能是接受刺激，把冲动传向其胞体。

神经纤维是由神经元的轴突和包在它外面的髓鞘、神经膜组成。可分为有髓鞘纤维和无髓鞘纤维。前者由轴突、髓鞘和神经膜组成。轴突位于神经纤维的中心，髓鞘由髓磷脂组成，包绕于轴突之外，并每隔1.5~3毫米发生中断，称郎飞（Ranvier）氏结。髓鞘有绝缘作用，能防止神经冲动从一个轴突扩散到邻近轴突。神经膜位于髓鞘之外，由神经膜细胞（雪旺Schwann氏细胞）组成，对神经有保护和营养作用。

（三）突触：神经元之间没有细胞质的直接连通，而只是互相接触，两个神经元之间的这个接触点称之为突触（图1—7）。它由前一神经元的轴突末端分成许多小支，每

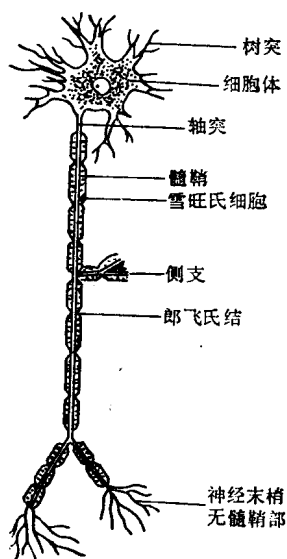


图 1—6 神经元结构的模式图

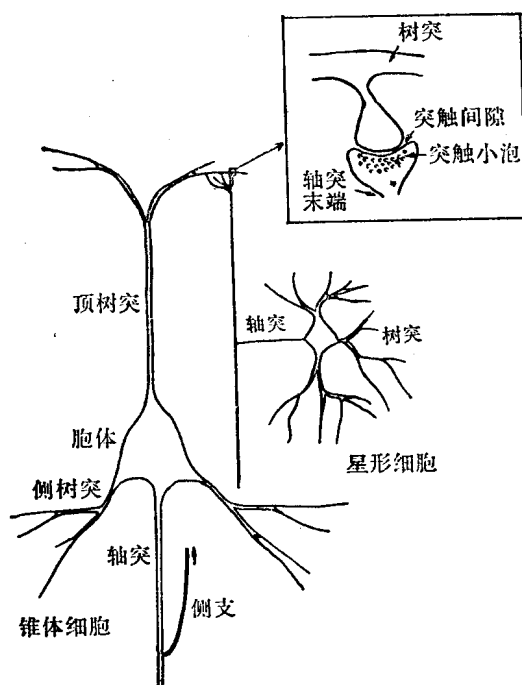


图 1—7 神经元及其突触

一个小支的末端膨大成球状或钮扣状的结构,称为突触小体,附着在另一神经元的细胞体、树突或轴突上。在电子显微镜下,可见到在互相邻接的两个神经元之间的突触处,各自有突触前膜(轴突膜)和突触后膜(树突或胞体膜)相隔,两膜间有突触间隙。在突触小体内含有较多的线粒体和大量的小泡,后者叫突触小泡。

二、神经元的电位变化

神经元不仅在兴奋时伴有电位的变化—动作电位,而且在不兴奋时 also 存在着电现象—休止电位(resting potential)或称膜电位。为了理解动作电位,必须首先了解休止电位。

(一) **休止电位:** 当我们将电流计的正负两极置于完整无损而休止的细胞膜表面时,电流计指针不发生偏转(图1—8 A),说明细胞膜表面各处的电位差为零。若将电流计之一极置于细胞之表面,另一极连于微电极上并将其插入细胞内,细胞虽仍处于休止状态,但电流计的指针可见偏转(图1—8 B),说明当细胞休止时,在膜的内外

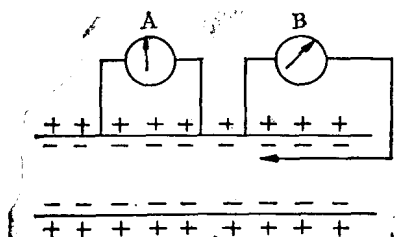


图1—8 测量细胞膜表面及休止电位的模式图

存在着电位差,通常为70~90毫伏。据测定,膜内为负,膜外为正。人们把休止状态下细胞膜内外所存在的这种电位差称休止电位或膜电位,把膜内外电位极性的不同现象称极化状态。

休止电位产生的原理可用离子学说来解释。在细胞内、外液中所含的离子浓度不同,细胞内液中 K^+ 多,其伴随的负离子主要为有机物(如氨基酸等)的负离子。细胞外液中则 Na^+ 多,与其伴随的负离子主要为 Cl^- 。细胞膜对于不同离子的通透性不同。在休止状态时,细胞膜对 K^+ 的通透性最大,对 Cl^- 的通透性次之,对 Na^+ 的通透性很小,对有机物则完全不能通透。离子总是有由浓度高的地方向浓度低的地方扩散的倾向,因此细胞内的 K^+ 可以通过细胞膜向细胞外扩散,而与 K^+ 相伴随的有机阴离子则留于胞内,细胞外的 Na^+ 也难通过细胞膜向细胞内扩散。因 K^+ 是带正电的,所以 K^+ 由胞内扩散到胞外时,膜外则正离子多,电位高,而细胞内则相反,负离子多,电位低。由于膜内、外正负电荷互相吸引,正离子排列在膜外,负离子排列在膜内,因此膜内、外形成负与正的极化状态。当膜外电位增高时,可阻止 K^+ 继续向胞外无限制地扩散。当由于浓度差促使 K^+ 从细胞内向细胞外扩散的力量和由于电位差阻止其扩散的力量达到平衡时,膜内外两侧的电位差就是休止电位的数值,所以休止电位实际上是 K^+ 的平衡电位。

(二) **动作电位:** 神经细胞在兴奋时,细胞膜对离子的通透性发生改变,主要是细胞膜对 Na^+ 的通透性选择性地突然增高,对 K^+ 的通透性虽然也增高,但比 Na^+ 延后和缓慢。因此细胞兴奋时, Na^+ 很快从细胞外向细胞内扩散,使膜内正离子迅速增加,并抵消了原有的膜电位,称去极化,最后甚至造成细胞内的电位高于细胞外,即膜的极化逆转,这时产生的电位变化称动作电位或锋形电位(图1—9)。

当锋形电位达到最高峰后,膜对 Na^+ 的通透性减小,对 K^+ 的通透性却显著增加,于

是 K^+ 按其浓度差向膜外扩散,恢复膜外为正、膜内为负的极化状态,称为复极化,并形成锋形电位的下降支,在复极化的后一阶段,需要使已扩散到细胞内的多余的 Na^+ 转运到细胞外和将扩散到细胞外的多余的 K^+ 运回到细胞内,这种逆浓度差运动(即 Na^+ 和 K^+ 都是从浓度低处向浓度高处移动),主要是靠细胞膜的 Na^+-K 泵作用并需消耗一定的能量来完成。

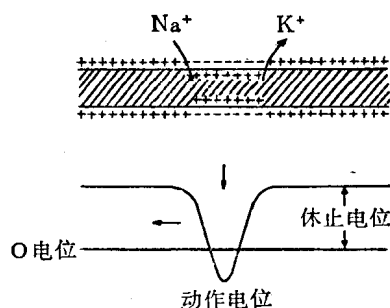


图 1—9 动作电位

三、兴奋的传导与传递

神经纤维在受刺激后,能发生复杂的去极化与复极化过程,产生动作电位(即冲动)并沿神经纤维向双向传导。其传导机制可用“局部电路”学说解释(图 1—10):当神经纤维的某一局部受刺激而兴奋时,在该处发生去极化和极化逆转,膜的表面电荷由正变负,膜内则由负变正,而该处神经纤维的邻近部位仍然处于休止状态,膜外电荷为正,膜内为负。由于膜两侧的溶液都是导电的,因而在兴奋和休止部位的神经段之间就形成电流回路,在细胞内液(轴浆)的电流方向是由兴奋部位经轴浆流向休止部位;在细胞外液的电流方向是由休止部位流向兴奋部位。这一环形电路使邻近部位原来处于休止状态的神经膜去极化,形成新的兴奋区。新的兴奋区又和下一个邻近部位间形成“局部电路”。这一过程的反复进行,促使动作电位(神经冲动)沿神经纤维往远方传播。

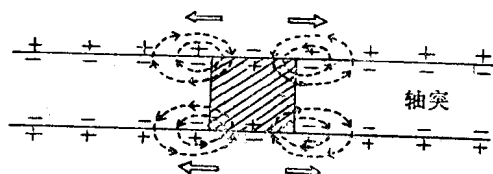


图 1—10 兴奋传导的“局部电路”学说示意图 斜线区为兴奋部位,带箭头的环形虚线为局部电流方向,空心箭头为兴奋传播的方向

神经兴奋由一个神经元传给另一神经元或其他效应器的过程称兴奋的传递。众所周知,神经元之间并无细胞质的连通,而是以突触形式进行联系的。即当神经冲动由突触前神经元向突触后神经元或效应器传导至突触时,储存于突触小体内的小泡中的传递递质(如乙酰胆碱等化学递质)被释放出来,通过突触间隙作用于突触后膜,递质与突触后膜中的受体结合,改变了突触后膜对离子的通透性,使其膜电位发生变化并产生局部电流。当“局部电流”积累起来达到可传播的强度时,兴奋即传给下一神经元或效应器。此种电位的变化称为突触后电位。若冲动到达突触后膜时,增加突触后膜对 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 尤其是 Na^+ 的通透性,引起去极化性突触后电位者,称为兴奋性突触后电位(excitatory postsynaptic potential, EPSP);若冲动到达突触后膜,增加其对 K^+ 、 Cl^- 的通透性,引起突触后膜超极化(极化状态增强)者,称为抑制性突触后电位(inhibitory postsynaptic potential, IPSP)(图 1—11)。EPSP可引起突触后神经元的轴突始段兴奋,产生动作电位并沿轴突传播。IPSP则引起后一神经元的抑制,不产生动作电位。突触后膜究竟产生EPSP还是IPSP,主要取决于突触小泡释放的化学递