



生理心理学

沈 政 林庶芝 著



华夏出版社

生理心理学

沈 政 林庶芝 著

华夏出版社

1989年·北京

绪 论

一、生理心理学的学科性质、任务及其与邻近学科的关系

生理心理学在科学心理学体系中，是一门基础理论性边缘学科。研究心身关系，阐明心理活动的生理机制是生理心理学的基本研究任务。

传统观点将生理心理学看成是心理学与生理学之间的边缘学科。但是由于心理活动是脑的高级运动形式，必须吸收多种科学技术新成果，才能完成生理心理学的基本研究任务。所以，近年认为，生理心理学是心理学、神经科学和信息科学之间的边缘学科。神经科学是最近廿年来形成的一门综合科学，它囊括关于脑研究的许多理论和技术学科，如神经生理学、神经解剖学、神经组织学、神经免疫学、遗传学、神经病学、精神病学、精神药理学、行为药理学、神经外科学、脑的生物医学构像技术等。吸收脑综合研究的新成果对生理心理学的发展是非常必要的前提。信息科学是四十年代兴起的综合科学。它的一些理论概念对现代脑研究产生巨大启发作用。六十年代以来许多信息处理新技术如快速傅里叶变换、功率谱分析、地形图分析等在脑研究中显示出重要意义，开拓了脑事件相关电位(REP)等新研究领域；七十年代末期计算机控制的许多脑生物医学构象技术，如计算机控制的轴向层描技术(CT)、核磁共振层描技术(NMR)和正电子发射层描技术(PET)等达到成熟水平，为脑研究提供了新的有效工具。生理心理学必须从神经科学和信息科学中吸收新理论与新技术的滋养，才能在心理活动脑机制的研究中有所前进有所发现。学习生理心理学必须

开阔科学视野,对当代神经科学和信息科学的新领域有所了解。

心身关系是心理学的基本命题之一,是心理学各种理论问题的基石。因此,生理心理学研究任务的进展对心理学中其他分支的发展都会产生重大影响。所以生理心理学是心理学体系中的必修课程。生理心理学的进展对于认识论和哲学的理论发展也具有重大意义,对于智能化计算机和机器人学的理论发展可提供重大的理论启发,对于教育学、医学,运动科学,文化艺术以及社会福利,环境保护等事业都具有一定的基础理论意义。

二、脑研究的历史回顾

人类对心理活动与脑功能关系的认识,大体可分为六个相对的历史时期,与之相应的有六种大的理论体系,即自然哲学理论,机能定位理论、经典神经生理学理论,现代神经生理学理论,脑化学通路学说,当代神经科学的新技术和新理论。

(一)自然哲学理论

公元前三世纪在中国古代医书就明确记载:“心者,五脏六腑之大主也,精神之所舍也。”古希腊也曾认为心理活动是心之功能。到七世纪古希腊哲学家德谟克利特(Democritus)把心理活动与呼吸功能加以类比,提出精灵原子的假说,莱布尼兹(S. Leibniz)提出心身平行论,笛卡尔(Descartes)则提出心身交互论,这些自然哲学式的理论研究,基于对心理活动与生理功能间关系之表面观察,由哲学概念上加以概括,当然其理论比较肤浅。这是由当时自然科学不发达所决定的,但它反映了生理心理学理论的萌芽。

(二)脑机能定位理论

1811年贝尔(C. Bell)根据高等动物和人脑形态与功能不同,将它分为大脑、小脑,又将脊髓分为背根和腹根。这一发现成为脑机能定位理论的发端。从脑的大体解剖学研究逐渐深入到脑的组织学研究,是19世纪乃至本世纪前二十年脑研究工作的主流。1866年布罗卡(Broca)发现左额叶的《言语运动中枢》,1874年维尔尼克(K. Wernicke)发现了语言感觉区,大大刺激了生理学家和心理学家

家，他们希望在脑内找到各种心理活动的中枢。临床观察法，手术切除法，电刺激法，解剖学和组织学方法，是脑机能定位理论所依靠的主要方法，脑机能定位的基本理论和研究方法一直延续到现代。40—50年代苏联脑研究领域关于大脑皮层是条件反射暂时联系赖以形成的观点，现代神经生理学关于脑干网状结构是睡眠与觉醒中枢的理论，以及60年代以割裂脑研究引起学术界关注的大脑两半球机能不对称性的理论观点，都可以看做是脑机能定位思想的继续和发展。但所应用的方法及理论观点已大大超越了经典脑机能定位学说的范畴。值得指出的是与脑机能定位观点相对应的是脑等势学说。尽管心理学家拉施里(K.S.Lashley)提出这种观点的主要依据是大白鼠脑切除法对其学习行为的影响，由此标志着理论的局限性。然而，近代的许多研究都发现，就学习行为和脑基础而言，脑内许多结构包括皮层下深部结构，也都具有形成暂时联系的能力。所以说，暂时联系的接通机制是脑的一般功能，皮层和皮层下神经元对无关刺激都能建立条件反应。由此可见，脑机能定位观点和脑等势观点，都不是绝对正确或绝对荒谬的，它们各自揭示了脑功能特点的不同方面。

(三)经典神经生理学理论

19世纪末到本世纪初，英国的生理学家谢灵顿(C.S.Sherrington)和俄国生理学家巴甫洛夫(I.P.Pavlov)，几乎同时建立了生理学实验分析法，以反射论为指导，研究了中枢神经系统的功能。谢灵顿利用猫股四头肌标本，巴甫洛夫则发现狗的心理性唾液分泌标本。他们分别研究了脊髓和脑高级中枢对于刺激所给出的反应，定量地分析了刺激—反应间的因果关系。他们的研究业绩形成了神经生理学的经典理论，是行为主义心理学建立的重要自然科学基础。经典神经生理学基于精确的定量分析，大大提高了脑功能研究的科学水平。从今天高度发展的自然科学和精密理化仪器的角度来看，当年巴甫洛夫对狗唾液分泌滴数的计算与谢灵顿用记纹鼓和麦杆笔对猫股四头肌收缩强度的记录，是何等简

单啊！然而，正是这些简单定量分析的方法才建立了经典神经生理学理论。

本世纪20—30年代，由于神经解剖学，神经组织学和分析生理学的研究，生理学和心理学对于脑与心理活动的关系，已积累了相当多的知识。巴甫洛夫关于条件反射理论的三原则，最精辟地概括了这些知识。首先，反射活动与外界刺激有着因果关系，即决定论的原则；其次，脑对外部刺激进行反映时，进行着复杂的分析综合活动，与之相应地在脑内存在着许多分析器；最后，是结构原则，即脑的反射活动是通过反射弧而实现的。反射弧由传入（刺激）、中枢和传出（反应）三个环节构成的。不同性质的外部刺激通过特定的传入神经到达相应的中枢，再沿特定传出环节，完成反射活动。这一理论依当时神经解剖学关于大脑感觉区、运动区、视区、听区……等特异机能区的知识为基础，而对于脑深部结构、特别是那些用组织学方法无法确定其神经联系的网状结构和大脑内侧与底部的皮层及其邻近结构，在反射活动中具有什么作用，则不得而知。因此，经典神经生理学关于脑与心理活动之关系的认识，只是概括了神经解剖学，神经组织学和分析生理学的研究成果，它具有很大的历史局限性。在科学发展史上，克服这一历史局限性的新方法和新理论应运而生，这就是现代电生理方法和现代神经生理学理论。

（四）现代神经生理学理论

尽管追溯电生理学的历史，其发端于1791年伽尔伐尼(L. Galvani)关于动物电的概念，但现代电生理学的真正开始，则是1922年厄兰格(J. Erlanger)和加塞(H. S. Gasser)将阴极射线示波器应用于神经生理学研究。此后的60多年来，电生理学技术一直是脑生理学的重要方法。在这60多年中，虽然电子技术飞速发展，电生理仪器性能不断改善；但电生理学的技术基本原理和方法学原则却未发生根本性变革。利用核团电极、细胞外电极或细胞内电极不但可以刺激神经组织，还可以记录它的电活动。根据

刺激某一点，在它周围不同神经成分发生反应的时间关系和频率特点，分析出神经成分间的机能关系。正是这种基本技术，才发现了神经解剖和神经组织学方法无法发现的网状结构的机能联系和功能特点。50—60年代，电生理学技术取得了硕果，形成现代神经生理学理论体系，大大加深了人类对大脑奥秘的认识。现代神经生理学在经典神经生理学对脑特异性机能系统的认识基础上，增添了网状非特异系统的认识。这就大大超越了巴甫洛夫的经典反射弧概念。任一反射活动不仅制约于外界刺激，也制约于网状非特异系统兴奋水平所决定的唤醒状态。因此，心理活动的基础并不是刺激—反应间的决定论原则。其次，在经典三环节反射弧的机构中，必须考虑到由传入或传出神经发出的侧支联系，它不但引申出网状非特异系统的制约作用，也引申出反馈作用的原理。最后，神经冲动在神经干上传导的“全或无”定律之外，现代神经生理学还发现了突触后的“级量反应”规律。60年代国际生理心理学界的权威，美国斯坦福大学生理心理学教授普赖布雷姆(K. Pribram)，从心理学角度全面概括了现代神经生理学的进展对心理学发展的意义^①。

(五)化学通路学说

60年代，正当现代神经生理学理论体系确立的时候，荧光组织化学和荧光化学技术在研究脑内单胺类物质中的作用中初露头角。经过十多年的大量研究工作，在70年代中期人们就已经十分明确，在脑内存在着一些化学通路。同时，也明确了神经冲动的传导不仅在一个细胞内以电学方式进行着，在神经元间还以化学传递的方式进行着。70年代的脑化学通路学说，使人类对脑功能与心理活动关系的认识从器官水平和细胞水平推进到分子水平。换言之，70年代以来，生理心理学新理论已经完全可能建立在分子水平之上。当然分子水平的生理心理学必须以前人的工作，包括

^① K. H. Pribram, A review of theory in physiological psychology, Ann Rev. Psychology 1960 11: 1-41

经典的和现代的神经理理学和生理心理学的研究成果为自己前进的出发点。

(六)当代神经科学的崛起

历史的逻辑竟是这样的精确,70年代中期,神经递质和脑化学通路学说博得一片喝彩的时候,神经免疫技术和单克隆技术却相继出现,使分子水平的神经科学从单胺类小分子的研究进入到中分子多肽和大分子的受体蛋白质的研究;从突触前的递质研究推进到突触后的受体和离子通路的研究。与此同时,脑层描术(Computerized tomography,CT),脑事件相关电位技术(Event-Related Potentials,ERP)正电子发射层描术(Positron emission tomography,PET)、脑核磁共振技术(Nuclear magnetic resonance,NMR)和单光子检测(Single photon detector)等,使脑功能研究大大跳出了神经生理或某一学科的范围。于是,一个具有无限生命力的神经科学形成了。它囊括了许多有关学科,包括神经生理学、神经解剖学、神经组织学与组织化学、神经超显微结构学、神经化学、神经免疫学、神经病学、精神病学、脑肿瘤学、脑诊断学以及神经行为学和生理心理学等等。神经科学是当代生物学发展的前沿,新技术新发现层出不穷,日新月异。我们正生活在这样一个美好的时代,做为一名生理心理学工作者,投身于这一科学洪流之中,从中吸取知识和力量,发展我国的生理心理学理论,是我们的神圣使命。

从这一历史的回顾中,我们不难看出,关于脑功能的每一种理论都以一定的方法学新进展为其先导。随着自然科学发展速度的提高,从新方法出现到新理论形成的间隔也越来越短。从20年代现代电生理学技术出现到60年代神经生理学理论的完善,经过了40多年;从60年代初荧光组织化学和荧光生物化学技术到70年代中期的神经递质和化学通路学说的形成,只经过了15年的时间,在神经免疫学等许多新技术出现之后的4—5年,就形成当代神经科学的洪流。因此,为了发展新的生理心理学理论,首先必须吸

取当代神经科学中的新技术,形成研究生理心理学问题的独特方法基础,抓住关键性理论问题,才能有所做为。那么,如何寻找关键性理论问题呢?除了从生理学本身发展的问题中,比较出哪些是关键性问题外,还必须从当代神经科学和信息科学中发现新的启迪。尤其是信息科学,最近三十年来对普通心理学和实验心理学的发展发生了重大影响。因此,在考虑探索生理心理学新理论时,也应该考查信息科学与生理心理学发展之间的关系。

三、信息科学与生理心理学的发展

信息科学发端于四十年代中期,麦考尔(L.A. McColl),威纳(N. Wiener)和萨诺(C.E. Shannon)的著作相继问世。虽然这些著作以数学、通讯技术和自动控制理论为基础,但也联系了人和动物的信息交换、社会交际、语言学 and 心理学等领域中的广泛性问题。四十多年来,随着计算机技术的飞快发展及其向各个领域中的渗透,信息科学与生理心理学的关系也越来越密切。我们从三个方面概括地介绍两者的相互关系,即对动物学习行为的模拟研究与神经网络理论,神经信息的提取和处理以及人工智能领域中的生理心理学研究。

(一)模拟研究

五十年代初,信息科学在模拟动物学习行为和人类下棋游戏方面,取得了一些进展。1951年,萨诺提出了走迷津的金鼠,完全可以再现动物迷津学习的规律;1953年沃尔特(G. Walter)提出金属龟的学习模型;1952年,阿沙比(R. Ashby)提出了稳态调正器(Homostat)的模型;1955年,厄特利(A.M. Uttley)提出了条件概率机的龟模型。这些模型都是建立在对动物条件反射或学习规律的数学描述的基础上,以有限自动机基本原理而实现的电子模拟。在这类研究的同时,一批学者也进行着脑内神经元群功能的模拟研究,称之为神经网络研究。这种研究也是基于对神经元间神经冲动传递规律的数学描述基础上进行的。在这类研究中影响较大的是心理学家希比(D.O. Hebb)于1949年所提出的神经元理论。1969

年马尔(Marr)在希比理论的基础上又提出了小脑神经元功能的模型。他们设想两个神经元同时发放,则彼此影响就更有效;更多神经元组成的功能单位对某一类刺激产生特异性反应,神经元间同时发放的过程就是学习等各种行为产生的基础。当某一模式的刺激重复呈现时,神经网络中的突触变化非常缓慢,足以对重复刺激进行综合与累加,在神经网络中略去刺激模式的细节,形成了对刺激知觉完形,并成为对它记忆的痕迹。神经元群的模拟方面,在50—60年代,大量研究工作集中于模拟脊髓运动神经网络,而对感觉神经元的网络研究得较少。把大脑神经元当做计算机元件进行研究,仅限于神经元的电学常数及特性曲线,例如脊髓前角运动神经元的电阻值约0.8兆欧姆,膜电位70毫伏,电容是 3×10^{-8} 法拉,RC值为2.5毫秒;神经元有三种逻辑运算,七种传递信息的模式。虽然这种研究在当时曾激发有关学科学者们的极大热情。但这种研究路线除了给脑功能研究和计算机研究提供一些富有启发性的新概念之外,并没有取得实质性进展。基于对人和动物行为过程的数学描述和仅限于电学参数的类比所进行的模拟研究和神经网络研究,实际上是把复杂的心理活动和神经元功能简单地归结为自组织系统或线性系统,丢掉了时变的非线性的生物化学过程和神经生理过程,把脑细胞等同于线性电子器件。

七十年代以来,神经网络的研究首先在小脑蒲金野氏细胞功能的模拟中取得了进展,计算机模拟的神经冲动发放规律,完全与微电极记录到的神经元实际发放情况相符合。更多的研究工作则集中于多种神经元构成的复杂网络。特别是进入八十年代以来,并行神经元网络的研究工作,已成为新的发展趋势。

(二)神经信息的提取和处理

随着计算机科学的发展,出现了一些信息处理新技术,并渗透到很多学科中去。在神经信息处理的领域中,快速傅里叶变换(Fast fourier transform, FFT)和平均技术(Average technique)在六十年代初已成功地用于脑电自发电活动和诱发电活动的研究

中。以快速傅里叶转换为基础,还可以进行功率谱(Power Spectrum)分析,大大提高了对脑自发电活动有用信息的利用率,提高了脑电图(Electroencephalogram, EEG)在脑功能研究中的作用。近年来,对脑自发电活动的分析技术中,又出现了对多道脑电活动的参数多导频谱估计法(Parametric multichannel spectral estimates),只要短暂的记录,它就可以对几个脑区的电活动间频谱和相位关系进行分析和预测,找到它们之间的多重相干性或部分相干性,从而可以发现不同状态下各脑区功能的相互关系。这些信息处理技术,不仅限于对脑电活动的分析,对于各种心理过程特别是经典条件反射中的心率、呼吸、眼动、瞬眼等生理指标的分析也具有重要意义。

平均或叠加技术提高了神经信息中的信号与噪音之比,提供了对脑诱发电活动进行分析的手段。正是采用了这种信息处理技术,生理心理学家们才能够深入研究事件(刺激)和脑诱发电位变化的关系,开拓了事件相关电位(Event-related potentials)的研究领域。近些年来,事件相关电位的生理心理学研究,已经揭示了一些心理过程的脑奥秘。除了生理学技术之外,在神经生物学方面,也出现了一批关于脑功能与心理活动之间关系的新理论。

(三)人工智能领域中的生理心理学研究

1956年心理学家西蒙(H. Simon)和纽厄尔(A. Newell)提出了“问题解决的理论模式”称之为逻辑理论家(Logic theorist)的计算机程序,从而开辟了人工智能的新领域。“逻辑理论家”程序经修改后成为一般问题解决者(GPS)程序,为世界所公认,同年,另一位心理学家米勒(G. A. Miller)提出人类信息处理能力为 7 ± 2 个信息单位。1960年,另一位人工智能学者费根巴姆(E. A. Feigenbaum)制定了称之为EPAM的程序,认为它是基于人类配对联想学习过程而概括出来的程序,能很好模拟人们知觉记忆的智能活动。1973年,安德森(J. Anderson)又制定了模拟人类语言记忆过程的程序,称之为HAM。七十年代以后,人工智能领域逐渐从简单心

理过程向复杂智能活动的模拟方面发展。七十年代中期,强调计算机智能化必须建立起知识库或信息系统。到八十年代则强调基于知识库或信息系统之上,要建立“专家系统”。

尽管在人工智能领域开拓的早期,似乎它与生理心理学研究毫不相干,但是历史发展表明,脱离对人脑功能的认识,人工智能研究的进展往往在某些关键性问题面前停滞不前。相反,一旦某些人工智能课题的研究,从生理心理学或神经生理学中吸取滋养或找到启发,就会取得突破性进展。例如通讯中的视觉信息压缩问题,从六十年代到七十年代,研究进展比较迟缓,只是从1:2发展到1:8,似乎达到了饱和状态。但是,八十年代中期却出现了第二代图象编码技术,(M.Kunt,M.Kocher)使信息压缩比突破性进展为1:70,从而使信息传递效率提高了一个数量级^①。所谓第二代编码技术,就是从视觉生理心理学研究中得到了启迪。视皮层中,存在着30多种特殊感受器,类似自动机中的方向滤波器。由于它们功能的并行性、非线性和时变性,可以高效地对图象信息进行提取和压缩。除了图象处理之外,在人工智能研究中,越来越发现它的关键性课题不是简单的知觉模式识别,而是与高级心理过程有关的图形理解或知识理解,它也是专家系统建立的基础。恰恰是八十年代,由于信息科学为生理心理学家提供了神经信息的提取和处理技术,使他们的研究领域扩展到前所未有的新境界,这就是生理心理学研究可能与人工智能领域的课题发生联系。八十年代以前,生理心理学家由于方法学的限制,主要研究感知觉过程或动物的学习模式。通过刺激法、切除法和传统电生理技术得到这些简单心理过程的生理变化指标。对于人类的复杂高级心理过程则根本无从进行生理心理学研究,无法揭露它的脑内生理变化规律。事件相关电位的研究技术,为观察脑功能提供了一个良好的窗口。生理心理学家们从事件相关电位的分析中,发现了它

① M.Kunt and M.Kocher, Second-generation image-coding techniques, Proceeding IEEE 1985 73(4): 549-574

的内源性成份(Endogenous Components)与被试对外部事件意义的理解有关。因此,关于事件相关电位中内生性成分的研究竟成为各国生理心理学家所热衷的新领域,也是生理心理学与人工智能学科间的新增长点。除了事件相关电位的手段之外,心理生理学家们还广泛地研究了人们信息处理过程中心理活动与中枢和外周中多种生理指标变化间的动力关系。现代信息科学与神经科学的结合,使我们开始认识到脑功能的非线性运动过程。

从生理心理学角度,我们评述了信息科学对它产生影响的三个方面。我们不难看出,对脑功能与心理活动关系的认识,信息科学不仅从技术方法上,也从理论概念方面为生理心理学的发展提供了新鲜血液。概括地讲,信息科学促进了生理心理学的发展,为它提供了前提使之从动物简单运动性行为模式研究可以跨越到人类复杂知觉过程的研究;从单学科的单一生理指标记录到多种指标多学科间研究;从脑的静态特性研究过渡到动态活体研究。对神经科学和信息科学新进展保持高度敏感性,及时从中吸取新的营养,使之融合在自己的生理心理学理论研究中,只有这样才能发展我国生理心理学的科学事业。

第一章 神经系统的形态结构

神经系统(Nervous system)是产生心理现象的物质基础,随着神经系统的进化,心理活动也越来越复杂。因此,要了解心理现象的发生,必然要了解神经系统的结构及其功能。

神经系统是结构复杂、机能高超的系统,在整个宇宙中没有什么已知的其它东西可与之相比拟。神经系统之本质,为神经组织。神经系统有中枢神经系统(Central nervous system, CNS)和外周神经系统(Peripheral nervous system, PNS)之分。中枢神经系统乃颅腔内之脑及椎管内之脊髓;外周神经系统乃自中枢发出的纤维,即脑神经和脊神经。

第一节 神经组织

神经组织是由神经元(Neuron)及神经胶质细胞组成的。

一、神经元

神经元即神经细胞(Nervous cell),是神经组织中的结构与功能单位。具有感受刺激传导冲动和储存信息的性能。神经元这个词是由西班牙的神经解剖学家卡哈(Cajal)首先使用的。他于1909年提出了神经元学说。他认为神经元是神经系统的结构与功能单位,神经组织是由许多彼此分离的而没有胞浆联系的神经细胞组成。卡哈的这个学说已被近百年的实验所证实。

神经元和机体内其他细胞一样,具有细胞膜、细胞质、细胞核、

核仁、高尔基氏(Golgi)体、线粒体(Mitochondria)等结构。但是,它还具有很多独特之处,从而使脑的活动方式与其它器官颇为不同。它有着比其他细胞数量多4倍的基因,其中30%是脑组织特有的;它有独特的细胞器—尼氏体(Nissl's body)及微管和微丝;它有独特的细胞外形,由细胞体伸出长短不同的胞浆突,称树突(Dendrite)和轴突(Axon)。树突是由胞体突出形成,多数情况下它接受传入的神经冲动,并将冲动传向细胞体。一个细胞体可有几个树突干。树突主干象树枝样反复分支,表面有许多小棘,称小芽。这就大大地扩展了神经细胞接受外界信息的范围。树突的内容物与胞体的胞浆相同,也含有尼氏体。轴突起于轴丘。它的功能是将神经冲动传离细胞体。一个细胞体只有一个轴突,轴突粗细均匀、表面光滑,内容物中无尼氏体,刚离细胞体的一段为始段,后为神经纤维。纤维有的是裸露的,有的披有鞘。鞘是由雪旺氏细胞(Schwann's cell)以同心圆的形式环绕轴突而形成的多层白而发亮的鞘,为髓鞘。有髓鞘的纤维,始段也没有鞘,这是神经元产生动作电位的起始点。髓鞘不是连续的,每隔大约一毫米就中断,称为朗飞氏结(Node of ranvier);神经元有由类脂质分子层和蛋白质分子层所构成的能产生和传导冲动的外膜。此外,神经细胞膜在胚胎发育中起着识别其他细胞的媒介作用。所以每个神经元能在 10^{14} 个神经细胞的网络中找到自己的位置。

神经元的形态是多种多样的,根据它突起的多少,可分为双极神经元(Bipolar neuron)、单极神经元(Unipolar neuron)和多极神经元(Multipolar neuron)。单极神经元仅有一个突起,然后呈“T”形成“Y”形分支,这种神经元常见于脑、脊神经节中。双极神经元有两个突起,多集中于视网膜、耳蜗神经节和嗅觉感受器内。多极神经元具有多个突起,多见于中枢神经系统中的中间神经元,如颗粒细胞、水平细胞等;也可根据神经元的机能分为:感觉神经元(Sensory neuron)、运动神经元(Motor neuron)和中间神经元(Inter neuron);还可按神经元的纤维长短和有无髓鞘等加以分

类。(见图1—1)

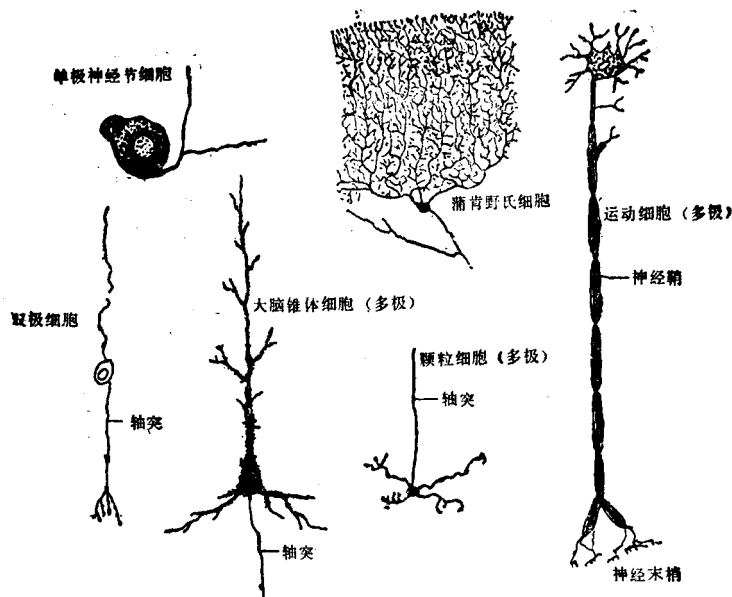


图1—1 神经细胞类型模式图

神经之间的联系是通过一个特殊的微细结构—突触(Synapse)来完成的。突触是由突触前膜(Presynaptic membrane)、突触后膜(Postsynaptic membrane)和突触前、后膜之间的缝隙—突触间隙(Synaptic cleft)三部分组成(如图1—2)。根据突触结构与功能的不同,可分化学突触与电突触两类。化学突触的突触前膜含有许多线粒体和大量囊泡(Vesicle),泡内含有神经递质,线粒体含有大量合成递质的酶和能量代谢的酶。其突触后膜存在着种类很多的特异蛋白质受体。突触间隙大约有 $200-500\text{\AA}$ 宽。电突触的突触间隙狭窄约 $100-150\text{\AA}$,突触前膜没有和极少有囊泡,突触前、后膜之间的电阻较低,直接通过电流作用传递神经冲动。还可根据突触的形态分为轴突—胞体式和轴突—树突式突触,即一个神经元轴突的末梢膨大部—终扣(Terminal button),与下

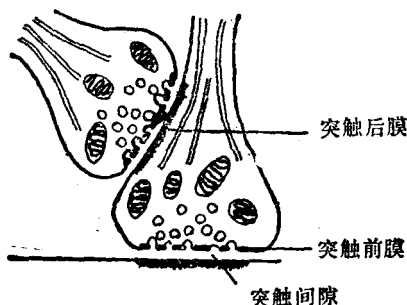
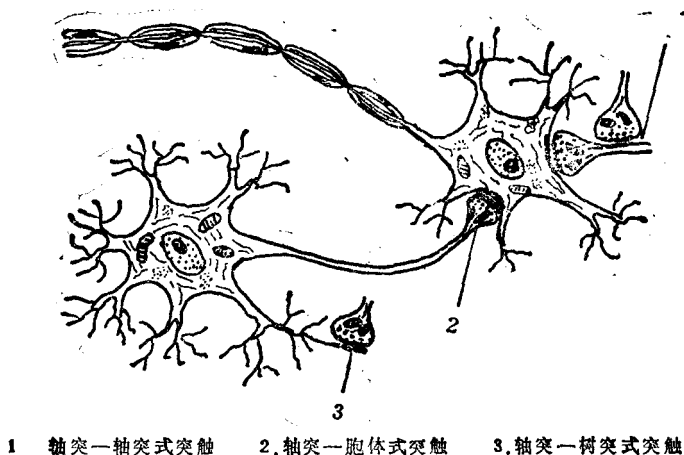


图1—2 突触类型与结构模式图

一个神经元的胞体或树突形成的突触。此外，还有少数轴突—轴突式突触和树突—树突式突触。一个神经元可能形成数以百计或千计的许多突触。

二、胶质细胞

神经组织内除了神经元外，还有一类与神经元所占的体积大致相等的胶质细胞(Glial cells)或神经胶质(Neuroglia)。

胶质细胞大致可分为：星状胶质细胞(Astroglia)、少突胶质细胞(Oligodendroglia)和小胶质细胞(Microglia)。此外，还有神经