

大脑高级功能的神经电生理

杨文俊 主编

中国科学技术出版社

99
R338.2
33

2

大脑高级功能的神经电生理

杨文俊 主编

XAP03/28



中国科学技术出版社

·北京·



3 0101 3649 1

图书在版编目(CIP)数据

大脑高级功能的神经电生理/杨文俊主编.-北京:中国科学技术出版社,1998,3
ISBN 7-5046-1346-0

I. 大… II. 杨… III. 脑-机能(生物)-电生理学 IV. R388.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 02504 号

中国科学技术出版社出版
北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防科工委印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:20 字数:500 千字
1998 年 3 月第 1 版 1998 年 3 月第 1 次印刷
印数:1-1100 册 定价:50.00 元

序

自 1989 年美国国会通过 90 年代为“脑的十年”以来,即将来临的 21 世纪也将成为“脑的世纪”,已是许多有识之士的共识。在这样的历史背景下,以杨文俊教授为首编写并出版了《大脑高级功能的神经电生理》专著。

本书共计十一章:第一章作为绪论,介绍了脑的高级神经活动——心理活动的发生和发展,并着重介绍了意识、注意、记忆、认知等心理学内容。第二章介绍了心理活动的电生理基础——脑波和对研究方法的评价,以后便逐章较详尽地介绍了各种事件相关电位(ERP)如 N2、MMN、P300、N400、CNV 以及儿童事件相关电位。所述内容包括记录的方法学、波形来源、组成成分、产生机理、心理学意义和应用。第九章至第十一章在介绍了脑波分析的非线性理论——混沌和分形理论的基础上,较全面地介绍了动态 ERP,即单次提取事件相关电位(sERP),进一步探索了 sERP 与生物反馈、同步振荡及神经网络等内容。这是当前心理学电生理研究的最新动向。全书既有理论的深度和广度,又因为是作者们主要根据自己多年研究的经验和实践加以概括和总结的,因此也有很大实用价值。所以,本书对有志于从事神经电生理工作的心理学或神经——精神病学的初学者来说,这是一本难得的教科书;对于已经涉猎高级神经活动神经电生理的学者来说,也不失为一本很好的参考书;而对于从事医工结合的工程人员和医疗电子技术人员来说,也必将从本书中获得启发,加深对医学、心理学和神经电生理的了解。因此,本书的最大价值无疑还在促进心理学、临床医学、电子技术和计算机应用的结合方面作了有益和难能的探索。

之所以说难能,是因为同时知晓心理学、临床医学和计算机应用,并有一定理论水平和实践经验的人才是不多的。杨文俊教授早年曾深入学习了心理学、精神医学和神经病学,以后长期担任神经精神病学和心理学的医教研工作。80 年代初开始潜心学习计算机科学,在计算机专业人员的协助下研制了“诱发电位电子计算机辅助分析系统”,以后又研制开发了“三维脑电地形图仪”。在此期间还从事诱发电位和事件相关电位的理论和实验研究,带领和培养了一批包括本书多数作者在内的研究生。因此,才有本书的问世。

我们衷心庆贺本书的出版,并衷心祝愿作者们继续努力,争取在医学心理学、神经电生理学和信息科学方面再做更多的工作。

游国雄

第四军医大学唐都医院神经内科教授

1997 年 6 月于西安

前 言

本书经过两年来的努力,终于和读者见面了。参加编写者均是南方医院神经内科常年工作在第一线的人员,大多数是我科近十年来已毕业的硕士、博士生或青年人才班学员,有的已成为中国科学院心理研究所博士后人员。他们目前仍在各自的工作领域担负着医疗教学科研的任务。这本书综合了国内外的文献著述,也写下了我们许多的工作和经验,反映了我们在神经电生理领域探索、学习的体会和展望。

“大脑高级功能”这一概念的内涵和外延并不是非常清楚和肯定无疑的,即使如知觉、注意、记忆、言语、思维、意识等,其中任一项也都无法绝对肯定只和大脑有关。而言语、思维和意识则不单纯是神经电生理研究的课题,它们还涉及到神经心理学和哲学。这本书只讨论了大脑高级功能,诸如知觉、注意、记忆、言语、思维等过程的神经电生理,主要围绕着事件相关电位而展开的。第一章与第二章讨论对精神、意识的认识,概述大脑高级功能,特别是认知过程的内容;神经电生理检查、诱发电位和事件相关电位的原理与简单评述;混沌理论简介及其对神经电生理研究的影响。以下几章则分项介绍事件相关电位,分别论及概念、原理、方法学、分析与应用:第三章 N1、N2、MMN、Pn;第四章 P300;第五章 N400;第六章 CNV。第七章儿童事件相关电位,包括儿童精神发育特点及儿童事件相关电位方法学、分析与应用。第八章事件相关电位与测谎,包括测谎的概念和历史,测谎的原理、方法学和应用。第九章脑波的计算机分析,包括频域分析,时域分析及其他计算机技术的应用。第十章非线性科学的有关理论与脑波分析,包括混沌、分形理论及其在脑波分析中的应用。第十一章动态事件相关电位,着重讨论了计算机技术、人工神经网络、混沌和单次提取事件相关电位的原理、方法学和应用前景。

即将到来的 21 世纪将是生命科学的世纪,探索大脑的奥秘是最为引人入胜的大热门。许多国家已投入大量的人力和物力,已有“山雨欲来”之势。希望本书能对神经科学、精神科学、认知心理学、普通心理学、信息科学、计算机科学、生物反馈、哲学等学科部门的工作者或研究者提供一些参考,能够对关心和从事大脑研究的同道们提供一些有益的帮助。

在我们动手写这本书以后,方感到我们知识和能力的欠缺,但已是所谓“箭在弦上”,不得不发了。脑研究的进展一日千里,这本书难免“挂一漏万”,也一定会有缺点或错误,企盼广大读者和同道们批评和指正。

编著者 谨识于广州

1997 年 4 月 13 日

内容提要

探索大脑奥秘是当今科学的前沿课题。本书深入探讨大脑高级功能的神经电生理,特别涉及了事件相关电位。对从事神经精神科学、心理学、认知科学、信息科学、计算机科学、生物反馈和哲学等领域的工作者和研究者有较好的参考价值。

主 编： 杨文俊
编著者： 杨文俊 周 曙 潘速跃 廖四照
 罗一峰 高 鹏 杨玉庆 黄 涛

责任编辑： 傅万成
封面设计： 小 燕
正文设计： 小 燕

大脑高级功能的神经电生理

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 心理活动的发生与发展	(4)
1.2 人脑的高级功能	(6)
1.3 意识	(7)
1.4 注意	(12)
1.5 认知	(13)
1.6 知觉	(14)
1.7 表象	(15)
1.8 记忆	(15)
1.9 思维	(17)
1.10 语言和言语.....	(18)
1.11 智能.....	(19)
第二章 脑波分析和事件相关电位	(21)
2.1 脑电图	(21)
2.2 脑电地形图	(23)
2.3 脑的诱发电位	(25)
2.4 事件相关电位	(29)
2.5 混沌与脑电信号分析	(36)
第三章 N1、N2、MMN、PN	(48)
3.1 认知心理学对信息加工和注意的研究概况	(48)
3.2 方法学	(49)
3.3 N1	(50)
3.4 N2	(57)
3.5 MMN	(58)
3.6 注意引导	(62)
3.7 选择性注意及其 ERP 效应.....	(62)
3.8 听觉信息加工模型及其争议	(65)
第四章 P300	(71)
4.1 引出 P300 的两个基本条件	(71)
4.2 记录 P300 的实验条件和分析方法	(74)
4.3 常用的刺激序列	(77)
4.4 P300 的稳定性	(78)

4.5	P300 的亚成分	(79)
4.6	影响 P300 的因素	(81)
4.7	P300 的刺激模式特异性	(86)
4.8	P300 潜伏期和刺激评价时间	(87)
4.9	P300 的起源	(88)
4.10	神经介质与 P300	(90)
4.11	P300 的产生机制	(90)
4.12	P300 的应用	(92)
4.13	P300 研究中存在的问题及发展方向	(98)
第五章	N400	(102)
5.1	引出 N400 的方法	(102)
5.2	N400 及其语言心理机制	(109)
5.3	N400 的形式及感觉模式特异性	(124)
5.4	N400 的起源	(132)
5.5	N400 的利手性	(133)
5.6	N400 与年龄	(133)
5.7	应用	(135)
第六章	伴随负变化(CNV)	(144)
6.1	概述	(144)
6.2	CNV 实验方法	(144)
6.3	CNV 的波形及其测量方法	(146)
6.4	CNV 的分布与影响因素	(149)
6.5	CNV 的心理学意义	(151)
6.6	CNV 的起源和调节	(159)
6.7	CNV 的临床意义及其应用	(163)
第七章	儿童事件相关电位	(172)
7.1	儿童认知发育过程	(172)
7.2	儿童 ERP 实验过程	(175)
7.3	儿童 ERP 的主要波形	(176)
7.4	儿童 ERP 的任务效应、概率效应及部位效应	(182)
7.5	ERP 在儿童神经精神疾病中的应用	(184)
7.6	总结	(184)
第八章	事件相关电位与测谎	(188)
8.1	古代的行为测谎	(188)
8.2	近代的生理学测谎	(189)
8.3	ERP 测谎	(189)

第九章 脑波的计算机分析	(194)
9.1 傅立叶变换	(194)
9.2 小波表达	(196)
第十章 非线性理论与脑波分析	(199)
10.1 非线性科学:混沌、分形及其他.....	(199)
10.2 生命科学领域的复杂性研究.....	(205)
10.3 脑波中的混沌与分形.....	(206)
第十一章 动态事件相关电位	(218)
11.1 认知心理生理与ERP	(219)
11.2 ERP 非线性动力学分析	(226)
11.3 提取 sERP	(239)
11.4 sERP 聚类分析	(250)
11.5 sERP 模式分类	(259)
11.6 混沌控制与 sERP 生物反馈.....	(269)
11.7 振荡神经网络、联想记忆与脑波建模	(275)
11.8 迈向动态脑波时空模式.....	(284)
11.9 意识的实验研究与 ERP 研究动态	(292)
后 记	(309)

第一章 绪 论

物质世界包括无机界、有机界和生物界,它的发生与发展经历了由简单到复杂,由低级到高级的过程。生命是经历了长期进化而生成并发展起来的。在这漫长的生物界发展进化过程中,一些物种产生了,另一些消失了。按照生物发生发展的规律,无论动物和植物,无论进化等级高低,亦无论作为群体或个体,其存在、发展和消亡都和环境密切相关。

地球围绕太阳公转和围绕地轴自转而春夏秋冬四季和昼夜之分。这种周期性改变影响到生物就产生了与之相应的节律性。动物遂有昼出夜伏或昼伏夜出的行为,应四季和昼夜之影响体内也有相应的变化。人类应昼夜交替遂有睡眠和觉醒,遂有日出而作,日没而息。周围环境促成了动物心理活动的产生与发展,伴随着动物进化的全部历程,经历了漫长的岁月,从单细胞动物到高等动物,由低级到高级,最后达到了如人类这样,出现了思维和意识。

千百年来一直令人困惑的一个问题是如何看待“灵魂”,即如何看待思维、意识等精神或心理现象?涉及它和物质世界的关系,在哲学上有了唯心主义与唯物主义之区分。动物从无脊椎动物到脊椎动物的进化,由低等哺乳动物进化到高等哺乳动物最后到人,经历了由简单到复杂,由低级到高级的过程;最后出现了意识,证实了意识来源于物质。人类对自身的认识 and 了解也经历了由“肤浅”逐渐开始深入“佳境”。但我们对人脑的高级功能认识还不足以对人的心理活动,如思维、记忆和意识作出圆满的解释。

公元前 17 世纪,在古埃及的一份叙述两名头颅复合性损伤的病案记录中,便已出现对“脑”的记载。我国古代的文献典籍中对“脑”也有记录,但是用另一种方式表达,认为高级的心理活动或现象是属于所谓“神”的活动。《周易·系辞传》说:“范围天地之化而不过,曲成万物而不遗,通乎昼夜之道而知,故曰神无方而易无体。”又说:“知变化之道者,其知神之所为也。”其意是知道事物变化规律,就是知道了神的活动。汉代王充是一位无神论者,他在《论衡》中明确提出:“神者申也”,“鬼者归也”的观点,这是指神是认识世界的开始到结尾。《内经·素问·灵兰秘典论》说:“心者,君主之官,神明出焉。”这是说所谓的“神明”和心有关。《孟子·告子》说:“心之官则思。”将思维的功能归之于心。《灵枢·本神篇》更进一步提出:“任物者谓之心,心有所忆谓之意,意有所存谓之志,因志存变谓之思,因思而远慕谓之虑,因虑而处物谓之智。”所提到心的内容都是在说高级的心理活动,涉及记忆、思维和意志等多个方面。可知如《素问·宣明五气论》所说“心藏神”的“神”并非指鬼神的“神”。心藏神是说思维与心有关,而“心”与现代医学所说的心(heart)又并非等同,其理自明。《内经》在“刺禁论”中曾提出“脏有要害,不可不察”,“刺头中脑户,入脑立死。”已明白提出脑所占有的特殊地位和它的特殊作用。《脉要精微论》指出“头者精明之府,头倾视深,精神将夺矣。”以上引述可见古人明确认为精神与心、脑二者都有关。时至今日,当人们已经明确心脏和脑的解剖与功能是完全不同之后,习惯上仍在使用心灵、心境、心情等词汇描述人的心理活动,在这种情况下并不将其与解剖学意义上的心脏联系在一起,自然地把它看作是脑的功能。“心”字被借用表达大脑的高级功能,表述心理活动,这在西方国家也是一样。在西方有的民族也曾把如思维和意识这类高级的心理活动看作与心有关。《张氏心理学辞典》中 mind 一词译为心或心灵,指为“个体一切精神活动的整体,一切心理活动的历程。”并进而注释“心与另一词‘脑’(brain)同义”。把精神或心理活动作为大脑的功能,并将其纳入现代自然科学范畴,经历了漫长的历史过程。许多神经生理、神经生化、神经心

理及其他学科的科学家们为此付出了艰辛的劳动,甚至毕生的心血。

西方现代医学发展始于文艺复兴时代。列奥那多·达·芬奇(Leonardo Da Vinci, 1452~1512)可看作是一位代表人物,他是一位伟大的画家、艺术家,他尤其是一位解剖学家。他首次用蜡注入脑室制成了脑室模型。以后 Vesalius(1514~1564)完成了人体各部分的解剖,将脑的各个部位明确地区分开来。17世纪的科学家逐渐注意对中枢神经系统功能的研究。笛卡尔(Descartes 1596~1650)是法国的物理学家、数学家,同时又是哲学家和生理学家。他首次使用了“反射”的概念用以说明角膜对刺激产生的眨眼反应,开创了神经系统实验生理学的先河。但笛卡尔对意识的看法却是脱离了中枢神经系统,认为灵魂是“非物质的”。他认为“精神实体”与“物质实体”同时存在互不相关,人是由这两个实体结合而成。由于此说无法解释心理活动的起因,笛卡儿设想“脑部的松果体可能是二者的结合点”。显微镜的发明促使18世纪以来神经解剖学向着微观方向发展,意大利的 Camillo Golgi(1844~1926)和西班牙的 Cajal(1852~1934)两位神经学家于1883年共同发展和完善了硝酸银染色技术,发现并详细描述了神经元及轴突和树突的结构,奠定了中枢神经系统是由神经元构成的学说,他们因此而共同获得诺贝尔医学生理学奖金。19世纪中叶,俄国学者谢切诺夫(Sechenov 1829~1905)用反射的理论解释中枢神经系统特别是脑的活动,他指出一切有意识的和无意识的活动就其起源来说都是反射,人的思想在实质上也是反射,而“没有外界对感官的刺激,即使是瞬间的心理活动也不可能发生”。他认为反射是神经活动的基本规律,复杂的心理现象可以用生理学方法去研究。他在1878年发表的《思想要素》一文中提出思维过程发展的三个阶段:客观思维阶段、运用概念阶段和抽象思维阶段并研究了具体思维和抽象思维的发展条件。同时他研究了逻辑思维的生理机制问题。巴甫洛夫(I. P. Pavlov 1849~1936)是苏联的生理学家,他继承和发展了谢切诺夫的观点,早期从事消化生理的研究。1904年因在消化生理学领域的贡献获诺贝尔医学——生理学奖金。他以条件反射的方法研究大脑皮层对消化功能的调节,以后又提出大脑皮层在机体和环境统一中的主导作用。提出机体接受的刺激可区分为第一信号系统和第二信号系统两种。第二信号系统活动为人类所独有,包括语言和文字以及在此基础上形成的抽象思维。巴甫洛夫的研究及其学说对苏联生理学和心理学影响至深。几乎与巴甫洛夫同时代的英国著名神经生理学家谢灵顿(Sherrington 1857~1952)曾详细研究了姿势和行走的反射机制,对单个神经元的功能及神经元之间的信息传递机制作了充分研究。他最先建议用“突触”(synapse)的概念描述神经元之间的连接点。他于1906年发表的“神经系统的整合作用”成为神经生理学的经典著作。他的成就和实验研究方法学成为中枢神经系统生理和电生理的基本依据,促进了中枢神经系统活动研究的开展。1932年谢灵顿和另一英国神经生理学家 Edgard Douglas Adrian(1889~1977)共同获诺贝尔医学——生理学奖金。Adrian曾利用单纤维记录技术查明传入和传出神经纤维都是以冲动的不同频率编码传递不同信息。另外他还对诱发的脑电位作了探索性的研究。本世纪在大脑高级功能的生理学研究中取得了突出业绩的另外两位学者是加拿大神经外科学家 W. Penfield 和美国的神经外科学家 R. W. Sperry。加拿大神经外科学家 Penfield 在为病人作脑部手术时,对大脑的记忆功能作了深入的实验研究。他采用对大脑皮质不同区域进行电刺激的方法发现,对某些部位(例如颞叶)在受到电流刺激时会唤起对以往经历过事件的回忆,更换刺激点回忆的内容亦不同,证实记忆的具体内容是和大脑的一定部位密切关联的。Sperry 是以因治疗目的切断胼胝体的癫痫病人为研究对象,从神经心理学的角度研究了这些因胼胝体被切断的‘裂脑’人。由于一侧眼球的鼻侧视网膜纤维将视觉冲动传至对侧视觉皮层,而颞侧视网膜的纤维将冲动传至本侧视觉皮层的解剖生理特点,设计令

受试者凝视屏幕中心一点时,左右两半屏幕所闪现的视觉刺激物可分别只向一侧大脑半球投射。当二者的内容不同,甚至意义相反时会引起有趣的结果。尽管本世纪以来人们已认识到两侧大脑半球机能不全相同,只是通过对裂脑人的研究才获得直接的机会去探讨两者的实际差别。裂脑人两侧大脑半球之间的联系被切断后,两侧大脑半球之间的整合功能丧失,一侧大脑半球通过视觉获得对事物的感受和记忆,另一侧大脑半球不得而知,两侧各有“自己的”记忆、思维,甚至意识。已往认为非优势的右侧大脑半球机能比起优势的左侧大脑半球处于从属地位,甚至认为它的功能比优势的左侧大脑半球来是不重要的。这些看法是值得重新评估的,实际情况是两侧大脑半球功能各有侧重。右侧大脑半球活动同样有高级的心理活动内容,在某些方面甚至还高于左侧。左侧大脑半球偏重于或主要从事于语词的记忆、语言加工、计算、抽象的理论性思维。而右侧大脑半球则偏重于形象的感知和记忆、音乐和节奏感、形象的艺术思维。正常情况下两侧大脑半球互相密切联系并协调活动,在涉及不同内容的活动时,两侧各会对另一侧发挥作用。裂脑人的研究对探讨大脑两半球高级功能的神经生理学过程具有重要的意义。

19世纪中叶关于大脑神经电生理的研究已有了很大的进展。1875年英国Caton教授已发现兔和猴脑上有微弱电活动。1924年德国学者Berger首次报告从头皮上记录到人脑的电活动,受试者是他的儿子。至1934年他的工作逐渐被证实和承认并应用于临床,从此有了脑电图(electroencephalography, EEG)。1949年美国学者Dawson首先把因相同刺激引起的脑电描记曲线重叠起来,发现了有趣的变化,这是最早成功地从普通脑电中得到的诱发电位(evoked potential)。尽管当时的技术仍不完善,这项成果却有着划时代的意义。Dawson被认为是诱发电位的创始人。此后由于电子计算机技术的飞速进步,诱发电位的研究得到了发展并广泛普及。但是利用诱发电位对大脑高级功能,例如对认知过程的研究仍有所不能,有隔靴搔痒之感,根本原因则是因为所采用的刺激内容单一,方法单调未能解决大脑高级功能如认知过程的神经电生理。1964年Walter首先发现并应用伴随负变化(contingent negative variation, CNV)和1965年英国学者Sutton首先报告了事件相关电位(event related potential, ERP),神经电生理研究领域这两项方法的发展,为大脑高级功能的电生理研究提供了巨大的可能性与研究空间。有关内容以后还将逐步讨论。

现代医学遵循“还原论”的思维方法对人体的不同系统作了细致的“条分缕析”的研究,从系统、器官、组织直至细胞和分子水平。研究由浅入深、由粗转细、由简入繁,包括对人脑高级功能的研究,其进步可谓巨大。这个过程符合人类认识发展的历史进程。但若只沿着“还原论”这条思路走下去,恐怕难以解决大脑高级功能的机理问题。

本世纪以来,神经科学和电子计算机科学相结合使脑的研究又获得新的发展。事件相关电位、人工神经网络、磁共振成像、混沌和非线性科学理论的引进和应用已经为脑的研究提供了新的手段和方法。脑的研究是人类认识自身的最后难题,它已成为自然科学攻关研究的重要课题,为期望将来有所突破,许多国家如美国、日本都已投入巨大的人力和物力。50年代以来,神经科学和电子计算机科学获得很大进步,脑的研究也有了很大进展。在20世纪行将结束,21世纪即将到来的时期,这个跨世纪的科研课题已成为众多相关学科的焦点,受到各个国家重视。如能注意发展先进的科技手段,开展综合性的研究,下一个世纪前半叶将有新的突破性的发现。

1.1 心理活动的发生与发展

1.1.1 感觉的萌芽阶段

单细胞动物如变形虫是以原浆改变伸出伪足趋向或离开刺激的。细胞接受刺激出现反应称为感应性,感应性也是所有生物的基本特征。低等多细胞动物如海绵动物的细胞在形态和功能上有了分工,出现了感受细胞和类似于平滑肌样的效应细胞。此阶段是动物心理发展的最初阶段或最原始阶段,其特点是动物只对刺激物的个别属性作反应。腔肠动物在水中生活,生活环境单纯。接收、传导刺激与完成反应全靠神经细胞和其间由神经原浆丝构成的神经网络。神经原浆丝是一种原始神经纤维,它们互相联系,分散在感受细胞与肌肉细胞之间成网状,称为神经网络。刺激由感受细胞接受后经神经网络传播到各个方向,引起全体的反应,因而只要一处受刺激就全身收缩。这种神经网络和高等动物消化道粘膜下和肌间神经丛相似。可以认为这是感觉的萌芽阶段。

1.1.2 感觉阶段

无脊椎动物中的环节动物如蚯蚓,生活环境是在潮湿的泥土中,活动范围比腔肠动物在水中要复杂。蚯蚓前端的神经细胞集中构成了神经节,腹侧则相互联结成索状。头部的一对脑神经节较大,统称节状神经系统,和高等动物或人类交感神经链有相似之处。每一神经节都发出神经止于相应节段的肌肉细胞以引起反应。感受细胞、神经节和效应细胞构成了原始的反射弧,神经冲动可以迅速和定向地引起节段或整体的反应。蚯蚓已能对刺激的个别属性形成“条件反射”,经过多次重复训练可以爬出简单的T形迷津。蜜蜂为昆虫属节肢动物,生活活动范围包括空中和地面。其节状神经系统的结构与功能已很发达,脑神经结比环节动物更集中。蜜蜂为无脊椎动物之冠,营群体生活,具有某种“社会性”行为。蜜蜂可对花粉的气味和花的颜色作出反应,能以复杂的舞蹈动作互相传递信息,向同伴传递蜜源的方向和距离,身上的花蜜味则指示了花的品种。很多昆虫都有发达的视觉、很强的飞翔能力和在空中维持平衡能力。但也有的昆虫是以地面和地下生活为主的,也是营群居生活,其行为也具有某种“社会性”,如蚂蚁可以将化学物质分泌到体外附着于地面,留下痕迹,向它的同伴传递信息。可以认为节肢动物的行为仍属于动物进化过程中的感觉阶段。

1.1.3 知觉阶段

由无脊椎动物发展到脊椎动物后,神经系统有了中枢神经系统和周围神经系统的区分。中枢神经系统包括端脑、间脑、中脑、桥脑、延髓和脊髓,中枢神经系统被头盖骨和脊椎管所包护,出现了脑室和脊髓中央管。随着脊椎动物向高级进化,中枢神经系统的各部分都有不同程度的发展,但是最能代表进化程度的是脑和大脑皮质的结构、功能的发展和进化。

和无脊椎动物相同,脊椎动物心理的进化和发展也和它们各自生存的环境密切相关。脊椎动物的心理发展已由感觉阶段达到知觉阶段。鱼类属低等脊椎动物,在水中生活。鱼脑体积不大,其迷走叶、颜面叶和延脑较发达,这是鱼类神经最高级的调节中枢。鱼类已有发达的感觉:味觉、嗅觉、视觉、温度觉和振动觉,它已不是单独对某一种感觉作出反应,已经有了各类感觉引起的、综合而来的知觉。如鲨鱼对其猎物的攻击便是根据对刺激物不同属性的综合感知作出反应。两栖类如蛙类,其生活环境比鱼类又要复杂,包括水中和陆地。蛙的两个大脑半球已明显分开且较脑的其他部位要大,延脑的迷走叶和颜面叶已不及鱼类显著。脑的高级中枢由延脑向间脑转移,称为脑高级中枢的间脑化。蛙已能区别物体的形状和运动。蛙在跳起捕食昆虫时,除了要感知昆虫的形态和移动以外,还必须能以快速而果断的身体动作完成跳跃和捕食。从爬

行类开始,其生活环境又转向以陆地为主。脑的高级中枢端脑化,大脑和小脑比两栖类发达,出现了真正的大脑皮质。纹状体有较好的分化,有分层。例如蛇已具有初步的分析综合能力,蛇能利用各种感官所获得的信息综合分析监视对象的动态,根据实际情形随时改变自己的身体姿态和位置,以突然的动作扑向对象。经过训练的爬行类动物可以辨认出物体的形状和饲养人员,说明脑的高级中枢端脑化在进化中的重要作用。鸟类自远古的爬行类演化而来,其生活环境兼及空中和陆地。环境影响促使大脑(特别是视叶)和小脑进一步发展,使其在空中飞翔时具有灵敏的视觉和完善的平衡能力。鸟类的大脑皮层虽仍不发达,但是其视觉皮层有突出的发育。鸟类可以区别物体的形状、色彩和运动的方向。在千米以上高空翱翔的鹰可以辨识出地面活动的小动物,可以迅速俯冲下来将其捕获。鸟类大都能为自身构筑鸟巢,抚育后代。鸟类虽然仍属于以知觉活动为主,但大脑已比爬行类发达。

哺乳动物也起源于爬行类,其活动范围更广,大多数哺乳动物的生活环境是陆地。哺乳动物进化程度之高是以大脑皮质的发展为特征,出现了分层,新皮层有了很大的发展。动物愈高等,大脑皮层的结构愈复杂、愈精密。出现大脑皮层标志着最高级调节中枢皮层化。不同类别的哺乳动物,其新、旧皮层的发展不同。鼠的延脑孤束核已不及鱼类的迷走叶和颜面叶,纹状体不及爬行类和鸟类,但是大脑皮层的进一步发展却使其心理活动到新的水平。爬行类动物的大脑皮层仅仅是一层细胞,区域也小。而鼠类虽然是比较低等的哺乳动物,大脑却已有了新皮层,比起爬行类动物有了新的发展。借助于比较发达的大脑皮层,有了完善的知觉,行为也更为灵活。经过训练的大白鼠可以辨别等边三角形,表明其形状知觉已相当发达。

狗大脑皮层比鼠有更进一步发展,大脑表面的沟回更为明显。形状知觉比鼠更加完善,已有初步的原始的“思维和情感”表现。经过训练的军犬可以完成极为复杂的行为已广为人知。灵长类以下的脊椎动物演化程度愈高,其知觉活动也愈复杂,对刺激物多种属性的综合反应能力也愈强,其记忆能力也有很大的发展。

随着动物愈向高等进化,新皮层愈发达,占全脑总面积的百分比也愈大,而旧皮层和古皮层则相反,随着动物向高等进化它们占全脑总面积的百分比则愈小。见表 1-1。

表 1-1 人和哺乳类动物新皮层、旧皮层、古皮层和介皮层的比较

种 类	总表面积 mm ²	新皮层		旧皮层		古皮层		介皮层	
		mm ²	%	mm ²	%	mm ²	%	mm ²	%
人 类	83,591	80,222	95.9	480	0.6	1,863	2.2	1,045	1.3
海 豚	46,427	45,696	97.8	438	0.9	386	0.8	206	0.4
黑猩猩	24,353	22,730	93.3	325	1.3	783	3.3	515	2.1
海 豹	15,136	14,284	94.4	266	1.8	337	2.2	249	1.6
犬	6,523	5,480	84.2	447	6.8	416	6.3	179	2.7
食蚊兽	4,489	2,566	57.2					255	5.6
袋 鼠	3,964	2,742	69.2	371	9.3	568	14.4	282	7.1
兔	843	471	56.2	118	14.0	201	23.8	53	6.2
鼠	254	82	32.4	76	29.8	51	20.2	45	17.6

引自:唐仲良等:神经系统生理学。

1.1.4 低等思维阶段

哺乳动物演化到灵长类如类人猿后,主要的生活环境是以陆地为主。其大脑重量与全身重量的比值,以及大脑的外形和微细结构均渐渐和人类近似。由于大脑的脑沟和脑回高度发育,大脑皮层的分层增多,心理活动也达到很高的水平,出现思维的萌芽。其特点是类人猿不仅有

丰富的感觉和知觉,更重要的是已具有简单的“语言”和初步的“思维”能力。黑猩猩喜怒哀乐惧的情感表现与人类有相通之处,它们可以有诸如“嫉妒”、“爱抚”或类似于“撒谎”的情感表现或行为。类人猿营群居生活,攀援觅食促进前后肢有一定程度的分工,前爪进化成能抓握的“手”,能利用“工具”达到取食的目的,但不能保存工具和使用火。这种行为还不能称之为真正意义上的劳动,如黑猩猩可以用前爪“修理”一条细树枝引取洞中的蚂蚁用口唇舔食,但树枝用后便被其抛弃。黑猩猩的发声器官得到了发展,因群居生活的需要,出现简单的“语言”。在接受人类饲养和训练的条件下黑猩猩可以掌握手势语言和符号语言并与人交谈,可以将学会的词组成简单的“语句”。可见动物进化到类人猿阶段已具有语言和思维的萌芽。但是它们只能掌握生活所必需的简单“概念”,不能掌握抽象的概念。它们的群居生活已显示了某些“社会性”,但因其生活环境仍很简单,仍脱离不了满足生命基本需求的范围,这种思维的萌芽只类似于一种简单的形象思维。

1.1.5 思维阶段

人类是从古猿进化而来,起自大约 3000 万年以前,这是一个漫长的进化过程。起初由于地壳的变动和气候变冷,古猿中的一支走出森林,从树上转移到地面觅食。后肢无需攀援,渐渐承担了行走的职能,而使前肢解放成为上肢,专司抓握和操作。直立行走和手的解放促进了脑的进一步发展,双上肢渐渐演变成劳动的器官。直立的体位为听觉和视觉的发展创造了机会,可以“眼观六路,耳听八方”,能够获得的信息大大增多。两上肢从事抓握,可以制造工具和完成捕猎活动,劳动使来自两手的感觉信息也大大增多;这一切反过来促使大脑皮层得以更迅速发展。大脑皮层出现了更多的为一般动物所没有的机能区,手、面和发声器官的皮层代表区的面积都比猿类要大,其结构也复杂得多。由于直立行走促使发声器官的发展:呼吸道延长、口腔和鼻腔与气管构成了直角,可以发出汉语拼音字母“a”、“i”、“o”、“e”、“u”等人类语言中的主要元音。同时运用舌、齿、颚的配合形成辅音,从而可以构成复杂的声音,为语音的形成提供了可能,并发展成了语言。

劳动创造人类可能经历了一个漫长的“亦此亦彼”方达到“非此即彼”的历史过程,最终使人类与动物有了本质的区别。劳动的一个特征是制造、使用和保存工具;另一个特征是它的社会性和集群性。人类祖先在劳动中,需要紧密的协同与合作,传递劳动经验。这使个体之间产生了交流思想和确定相互关系的迫切需要。这些需要促进了语言的产生和意识的产生。意识是个体认识自身与周围环境及两者之间不断变化的关系之能力,它包括自我意识和周围意识。区分自身和周围在语言中的表现是“你、我、他”的表达方式。人类借助于语言表述概念,借助于概念进行抽象的思维。借助于语言,包括口头语言和经长期演进出现的书面语言,人类可交换信息和学习知识,可以一代一代将间接经验传递下去。总之类人猿进化到人类以后心理活动已发生根本变化,出现只有人类特有的语言、思维和意识,这是只有人脑才有的高级功能。与此相伴的是人类的认知过程、情绪活动和意志行为也得到高度发展。这种发展和进化离不开人类特有的环境,正是由于劳动、语言最终使人类的祖先脱离了动物,进入了人类社会。人类单个个体的心理活动和心理特征的形成同样离不开社会环境的影响。个体自出生后,其心理发育和个性的发展是在家庭、学校、社会的影响下完成的,这个发展过程也反映了人类的远祖的进化。

1.2 人脑的高级功能

1.2.1 人脑的发育

在讨论人脑高级功能以前,先回顾一下脑的发育。胚胎时期人脑的形成再现了无脊椎动物

向脊椎动物进化的种系发展过程。中枢神经系统来自自由外胚层席卷而成的神经管。其过程始自卵受精后2周,胚胎的外胚层渐加厚成神经板。3周后神经板外缘向背侧弯曲,中间凹下形成神经沟。神经沟两侧的神褶向中线方向靠拢,合并成神经管。神经管向前后伸长,其前端隆起形成前脑囊、中脑囊和菱形脑囊,以后分别成为端脑、间脑、中脑、桥脑和延髓,而前神经孔以后形成终板。神经管后段发展成脊髓,以后后神经孔闭合。

随着端脑的进一步发育,逐渐分出大脑的额、颞、顶、枕各叶和皮层下的结构。而大脑皮质自胚胎发育的最初几周便已开始发生,产生于室管膜层的神经上皮细胞不断分裂、增生,分化成神经细胞和神经胶质细胞,这两种细胞逐渐向表面迁移形成了大脑皮层的各层。发生较早的神经细胞位于皮层的深部,而发生较晚的神经细胞位于皮层的浅表部位。大脑皮质因不断扩展而出现了脑回和脑沟。无论从种系的进化上或个体的发育上脑回和脑沟的结构和数量都决定了大脑功能的复杂和完善的程度。

大脑在结构和功能上都具有很大的可塑性,它的发育与胚胎期母体的内环境和出生后外部环境,特别是社会环境有密切关系。个体发育成长的过程中,大脑皮层的发育则是整个大脑发育的主要方面。完整的大脑结构和完善的功能对于高级的心理活动如主动注意、记忆、语言、思维和意识是不可或缺的,这些是人类脱离或区别于动物界的重要基础和标志。

1.2.2 人脑的高级功能

人的心理活动是人脑的高级功能,主要有三方面:认知过程、情感过程和意志行为过程。自然这三方面不是互无联系孤立自行,它们有机地组成了一个总的过程。人自出生后正常的心理活动逐渐发展完善依赖于个体的周围环境。认知过程在心理活动中占重要地位,此过程始自感觉和知觉,还包括表象、记忆、思维。而思维过程涉及分析、综合、抽象、概括、比较、分类、系统化和具体化。从信息科学的角度来看,可以把认知过程看作是信息的接受、加工处理、存储和信息输出的过程。研究认知过程的主要难点就是信息加工过程是如何完成的?由于计算机科学和神经科学的交叉和迅猛发展,80年代末开始出现的计算神经科学拓展了人们的视野,改变了人们对人脑研究的观念。计算神经科学通过实验、理论和计算,以神经网络模拟神经网络的工作,企图阐明神经系统“不同组件”的功能、相互作用和处理信息的机理。对神经科学本身和心理科学特别是认知心理学的进展起到巨大的推进作用。计算机对大脑的模拟研究从另一方面为信息科学提供了神经科学基础。目前距离阐明认知过程的实质还有漫长的道路要走。

大脑高级功能的主要内容是心理活动,其内容复杂纷纭。鉴于本书要讨论的内容是大脑高级功能的神经电生理,所以准备将心理活动的有关内容简单介绍,但也只能涉及一些方面,略去另外一些方面。现按意识、注意、认知过程的次序叙述之,接下来回顾有关的研究方法学的内容。

1.3 意识(Consciousness)

1.3.1 意识与存在

意识是人与动物区别的重要标志之一。研究意识和存在也就是研究精神和物质的关系,这是哲学中一个古老命题,它要回答意识与存在何者是第一性的以及二者之间的相互关系。辩证唯物主义认为“意识是存在的反映,是人的大脑的属性或机能”。意识和存在相比存在是第一性,也就是说物质是第一性,精神是第二性的。意识是存在的反映一方面是说意识产生于物质,另一方面是说意识的内容也是存在的反映。最后辩证唯物主义还承认意识或精神对存在或物质具有反作用。(艾思奇:《辩证唯物主义历史唯物主义》人民出版社1978年4月第3版)