

# SEVEN COLOR

科学七色光丛书

KEXUE QISEGUANG CONGSHU



编著 左明雪 胡莹

# 探索

# 脑的奥秘

3-49

suo Nao de Aomi

湖北教育出版社

· 科学七色光丛书 ·

SEVEN COLOR

# 探索脑的奥秘

编著 左明雪 胡 莹

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

探索脑的奥秘/左明雪著. —武汉:湖北教育出版社, 1999  
(科学七色光丛书)  
ISBN 7-5351-2663-4

I. 探… II. 左… III. 脑科学 - 普及读物  
IV. Q983-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 75556 号

出版:湖北教育出版社  
发行:

武汉市青年路 277 号  
邮编:430015 电话:83625580

经销:新华书店  
印刷:湖北省新华印刷厂  
开本:787mm×1092mm 1/32  
版次:2000年6月第1版  
字数:143千字

(430034·武汉市解放大道 145 号)  
1 插页 6.75 印张  
2000年6月第1次印刷  
印数:1-5 000

ISBN 7-5351-2663-4/G·2165

定价:10.50 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

# 前 言

许多科学家预言,21世纪将是生物学的世纪。现代生物技术和生命科学理论所取得的成就将如潮水一般涌进人类社会和生活之中,改变我们的生活并影响整个社会的发展。在我们更加深入认识周围世界的同时,我们面临着另一个巨大的,也是最困难的挑战,即如何揭示人类大脑这个自然界中最为复杂器官的结构和功能的奥秘。即使今天的计算机可以进行每秒数万亿次的运算,然而与人类大脑复杂的神经活动相比,它不过是大脑某些功能的简单的延伸,也许它永远不可能在结构和功能上达到像人类大脑那样完善,具备像人类大脑所具有的创造性。

人在视觉、听觉、感觉和运动机能等许多方面可能不如某些动物,然而人类却成为整个自然界的主宰。你也许想知道这是为什么?从本书所要告诉你的关于动物和人的大脑的一些故事中,你或许可以找到些答案。大自然历经亿万年的沧桑变化,生命从单细胞形式发展到多细胞的个体,从低等到高等,从植物到动物,哺乳动物终于从生物界中脱颖而出,成为地球上智力水平最高的生物类群。而哺乳动物中的人类,由于具有了进化最为完善的大脑和极为发达的神经系统,与其它任何哺乳动物相比,都已经发生了质的飞跃。人类不但具有极高的智力水平,还具有创造性的抽象和逻辑思维,这些因

素决定了人类能够具有不断地改变和创新客观世界的能力。

本书力图深入浅出地从宏观到微观,从不同层次和研究领域揭示脑的神经发生、发育和分化的一般规律和特征,介绍脑的结构和功能以及神经生物学在脑研究中的最新进展和成就。通过阅读本书,读者会对神经系统的复杂功能有更深入的理解和认识。我们完全有理由相信,随着各种现代生物技术的不断产生和发展,人类距离最终揭示大脑奥秘的时间已经不远了。

# 目 录

一 神奇的大脑世界 .....	1
了解自己的大脑 .....	2
人类的智能 .....	8
大脑中的世界之最 .....	12
二 神经元中的生物学世界 .....	19
Cajal 的贡献 .....	19
枪乌贼神经巨轴突的贡献 .....	20
“超级细胞”——神经元 .....	26
裂脑人的启示——大脑功能不对称性的发现 .....	29
神经元的信号传递 .....	35
细胞膜上的发电站 .....	42
神经化学家的设想与电鱼的器官 .....	44
神经元的信号传递 .....	49
连接神经元的特殊结构——突触 .....	58
阿片肽与吸毒成瘾 .....	65
奇妙的 G 蛋白 .....	69
双刃剑——小神经胶质细胞 .....	76
三 人与自然的交流 .....	80
识别气味的神探——狗的鼻子 .....	80
昼夜节律与奇妙的松果体 .....	87
肥胖者的福音 .....	89
脑有性别吗? .....	94
心理活动的策源地 .....	99

一朝被蛇咬,十年怕井绳 .....	105
抑郁症——现代心理疾病 .....	110
脉络丛——大脑的肾脏 .....	115
守卫大脑的“钢铁长城” .....	120
学习、记忆与大脑 .....	127
大脑的衰老 .....	134
<b>四 脑的进化和发育</b> .....	140
果蝇的新贡献 .....	141
大脑发育的“蓝图” .....	145
大脑发育的“列车时刻表” .....	151
“前赴后继”的利他性细胞死亡 .....	158
“未卜先知”的开路先锋——生长锥 .....	161
大千世界中寻“伴侣” .....	168
三眼蛙是怎样看世界的 .....	173
有趣的金丝雀的鸣啭学习 .....	176
光明的前景:神经系统的基因治疗 .....	183
<b>五 电脑与人脑的较量</b> .....	190
电脑生物人不是科学幻想 .....	190
“深蓝”电脑与世界棋王的“人机大战” .....	196
大脑功能的延伸——神经计算机 .....	198
无与伦比的现代显微示踪技术——“共焦显微术” .....	203
脑成像技术让我们走进大脑世界 .....	206

## 一 神奇的大脑世界

可以毫不夸张地说,人类的大脑是地球生物界中进化程度最高的器官。大脑复杂的组构形式、它所拥有的创造性思维以及无法想象的强大功能令人叹为观止。在科学技术高度发展的今天,人类几乎已经破译并掌握了生命遗传和进化的密码,然而对于大脑结构和功能的探索,应该说还相当肤浅,在许多方面还仅仅是刚刚开始。揭示大脑的奥秘是人类面临的最为艰巨和困难的挑战,对于生命科学来说,可以说这也是最为艰巨、最终需要攻克的堡垒之一。尽管我们对大脑已经了解了许多,然而离真正揭示它的工作原理可能还需要数代科学家的顽强努力才可能达到。

大脑真是一个令人神往和迷人的世界,对于大脑,我们可以非常容易地提出几十个、上百个令人感兴趣的然而现在仍然难以获得准确回答的问题。例如,大脑是怎样发育形成的,大脑内部之间的相互联系是遗传决定的还是在发育过程中形成的?神经元为什么能产生和传导冲动?执行同一功能的神经元是怎样集合在一起并在成百上千条不同类型的神经纤维中相互识别的?人的视觉、听觉、触觉、温觉和大量的其它的机体感觉是怎样获得并产生的?人的复杂的思维、情感和行是怎样产生的?人的寿命应该有多长?衰老的机制是什么?能否在将来制造出像人一样聪明且具有抽象思维的生物



机器人？虽然我们现在还不可能完全回答上面的这些问题，然而我们必须努力去探索这些问题，只有理解和掌握了这些问题的答案，我们才能更好地改造我们的生存环境，创造一个五彩缤纷的世界。

## 了解自己的大脑

对所有的人来说，大脑对生存的重要性是不言而喻的。然而要问起大脑的结构特点，能够准确回答的人可能就不多了。事实上，大脑的结构尽管是极为复杂的，但还是相当有序和有规律可循的。

大脑主要是由大量的神经细胞(又称为神经元)和神经胶质细胞组成。神经元和神经胶质细胞组成了具有三维结构的神经系统。脊椎动物的神经系统要比无脊椎动物的复杂得多，神经元的数量也多得多，而且更重要的是，高等动物都有一个很发达的脑。成人脑的重量可达1300克。根据脑的发育及结构和功能特征，可人为地将神经系统划分成几个部分。

### (1) 神经系统——控制生命活动的最高司令部

人的任何思维和行为都是在神经系统的控制下完成的，神经系统被比喻成控制生命活动的最高司令部是当之无愧的。神经系统实际上分为中枢神经系统和外周神经系统。脑和脊髓组成了中枢神经系统，而脑和脊髓以外的神经元及其连接形成了外周神经系统。

外周神经系统中的神经细胞聚集在一起形成了神经节，它们负责将机体感觉到的各种信号，例如眼睛看到的物体，耳听到的声音等，向脊髓和脑传入，同时还把大脑发出的各种指令传向机体中的各个器官和组织，控制它们完成各种行为反

应。中枢神经系统可分为几大部分：脊髓、延髓、中脑、间脑、大脑半球、小脑。其中延髓、脑桥和中脑一般称为脑干，大脑和间脑可统称为前脑。在中枢神经系统中，神经元的分布是有着严格的规律的，它们按其功能不同而聚集在不同的部位。凡是神经元比较集中的地方称为神经核。在神经元轴突比较集中的地方，由于轴突的髓鞘含有许多脂质，看起来呈现白色，故称为白质。

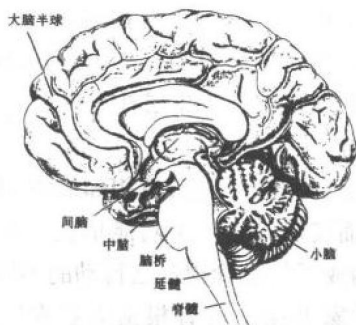


图1 人脑正中矢状切面显示脑的结构

几乎所有动物的神经系统中都含有三类神经元。一类叫做感觉神经元，它的功能是检测机体中内外环境的变化，然后将这种信息传递给第二类神经元，即中间神经元。中间神经元的任务是把感觉信息组构、加工并贮存，然后将指令传给第三类神经元，即运动神经元，由它去指挥机体中的各种器官，也就是效应器，来完成各种诸如肌肉的收缩、腺体的分泌等生理功能。感觉神经元和运动神经元的功能就相当于传令兵，将情报和命令在各级指挥中枢和战场之间传递；中间神经元的功能就相当于各级指挥中枢，接收和发布各种信息和命令。

## (2) 大脑的分工——“各尽其责”

越是高等动物,对环境刺激反应的划分越是精细。我们能够对各种不同的刺激作出不同的反应,例如对光、声音、冷和热、化学和物理的各种刺激等,都能作出准确的反应,所有这些反应都涉及到一些特异神经元群,这些神经元一般按功能特点分布在不同的脑区,执行相同的功能。

例如,小脑和大脑皮层是由许多层神经元组成的,每一层神经元都有相同的形态结构特征和连接方式。大脑由六层神经细胞组成,而小脑由三层神经细胞组成。在皮层的不同层次之间,各个层次的神经元相互连接,分别形成了一个恰似圆柱状的结构,叫做皮层柱。皮层柱与皮层的表面垂直,它们能对同样的刺激产生相同的反应。例如,一个皮层柱的神经元能对一侧眼受到的光起反应,而相邻的皮层柱将会对另一只眼起反应,因而皮层柱是一个功能单位。许多在功能上一致的皮层柱则构成了机体管理自己行动的不同的脑区。

神经解剖学家 Brodmann 曾根据大脑皮层不同神经细胞结构及组成的差异,将皮层分为 52 个区,这些区是管理全身各种活动的指挥中心。例如存在感觉区、运动区、听区、视区、视觉联络区、运动语言区等。为了确定这些区的准确位置和功能,科学家们进行了大量的工作。实验表明,如果损毁皮层运动区,就能引起明显的运动障碍;当刺激这一区域时,能引起相应的躯体的运动;当动物处于清醒状态时,进行某种随意运动时,在这个区就能记录到神经元发生的电变化。

若大脑额叶和颞叶的语言区损伤,会发生各种语言障碍。例如布洛卡区(图 2 中的 S 区)损伤能引起运动失语症,患者可以看懂文字和听懂别人的谈话,但自己却不会讲话,不能用“语言”来表达思想;在大脑颞上回后部(H 区)损伤时,引起听

觉失语症,患者可以讲话和书写,也能看懂文字,听他向别人讲话时你感觉到他完全是正常人,但他却听不懂别人的谈话;在颞中后部的角回(V区)损伤时,会引起失读症,患者看不懂文字的含义,但其视觉却是正常的,其它的语言功能也仍是健全的。

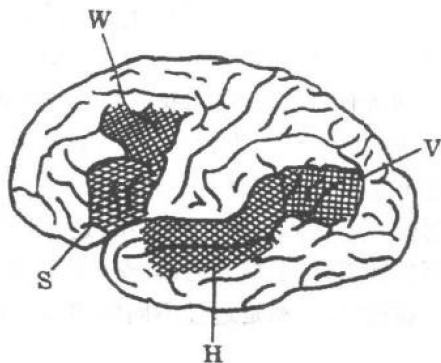


图2 人大脑皮层语言功能的区域

V区障碍不能认识词义;H区障碍不能听懂话;

S区障碍不能讲话;W区障碍不能写字。

神经中枢中的神经元按照功能不同而分群、聚集,形成不同的神经核。皮层神经元也基本按此原则进行组合。是不是某一特定生理功能的执行只由一个神经核团和皮层功能区负责,而与其它的脑区无关呢? 现在的研究认为并不是这样,也就是说脑的某一局限部位并不专一负责某一局限功能。例如过去认为,管理机体心血管活动的中枢仅是在延髓的某一区域内,现在认为,除了延髓的心血管中枢外,还有其它的脑区也参与对心血管运动的调节,例如下丘脑以及前脑的一些部位。因此,如果我们说“心血管中枢”或“呼吸中枢”,实际指的

应该是一个系统,即与某一功能有关的或与某一行为有关的脑内许多部位形成的网络。在这个网络中,包含有不同的神经核团和它们形成的神经联系,在它们共同的协调下,才能完成某一生理功能。

### (3)最高中枢的指令

当我们看到一幅美丽的风景时,我们会感到一种美的享受;当我们在课堂听课时,我们的大脑在认真思索和分析,为了听懂老师讲的所有教学内容;当我们身体受到某些伤害时,例如一只脚不小心踩在钉子上,我们自然而然地会用另一只脚支撑着身体的全部重量来保持平衡。所有这些行为,不管是精神上的感受——它体现为一种思维,还是通过视觉和听觉对信息进行的加工处理、形成记忆,或是肢体的一种简单的反射行为——躲避危险,都是通过不同的神经中枢和反射来完成的。

既然在皮层和皮层下存在一些与生理活动有关的各种神经中枢,这些中枢又都拥有着自己的相对分工,这就意味着机体所感受到的特定的刺激,可能会沿着特定的神经通路首先到达相应的中枢,信号在那里得到处理后,最终获得各种特定的感觉。还是让我们举一个例子来说明这个过程吧。在眼的视网膜上存在能感受光线的光感受细胞,它们在视网膜上的分布也是不均匀的,例如在视网膜的中部视觉很灵敏,因而所含的神经元的数目也多。当视网膜神经元受到光的刺激时,受刺激的神经元产生兴奋,它们将兴奋沿神经通路向大脑中枢传递,在传递过程中往往要经过几次神经元的相互接替,这些光感信息才能最后到达最高视觉中枢——视皮层。虽然视网膜上视觉神经元分布的面积比例并不反映到视皮层上,但其

数量与在视皮层上所对应的面积有关。也就是说,神经元数较多处的视网膜,在视皮层上所对应的面积也相对较大。在视网膜周边部分的视觉不如中央部灵敏,神经元较少,因而在视皮层上所对应的面积也相对较小。一般来说,各种感受器与皮层间都存在这种相互对应的定位组构关系。与视觉系统相类似,听觉系统在皮层也有相应的对应关系。在内耳耳蜗的基底膜上,存在能感受听觉的毛细胞,因而基底膜的不同部位在听皮层的不同部位也有对应关系。

不仅感觉系统与中枢间有这种对应关系,躯体的运动系统和皮层之间也有定位关系。此外,外周感觉向中枢的传递,例如听觉刺激等由外周传到中枢一般都经过多个神经元的接替,由低级向高级逐级将信息上传(或与此相反下传),我们把这种方式叫做“串行原则”。在每个串行原则中,一般都多多少少保留着一定的定位原则。例如听觉从耳蜗中的毛细胞到达听皮层,中间至少要经过四级神经元的相互接替;皮肤感觉是由脊髓背根传入,经脊髓、丘脑、最后到达大脑皮层,都保持一定的定位关系。

感觉系统和运动系统在皮层的定位都具有一定的关系,但这种关系并不与机体表面的面积有关。例如身体的不同部位在皮层中所占的代表区大小有很大的不同,这主要取决于所支配器官运动的精确和复杂的程度。手和头面部占有较大的区域,它们可以支配肌肉作相当精巧的活动,而躯干所占的面积却较小。

现在我们能够清楚地知道,神经中枢作为最高司令部的指令是怎样发出来的了。当机体接受到环境的一个刺激信号时(例如光线或声音),信号将沿着一定的神经通路从外周传

向中枢,从脑的低级部位传向脑的高级部位。在信号的传递过程中,传入的信号不断获得筛选,有用的信号获得了放大。当然,这也是一个对信号逐级整合加工的过程,最终对输入的信号形成一个完整的判断,发出指令指挥机体产生反应。信号在上行输入过程中,也会通过分岔的侧枝到达其它的相关脑区,这种侧枝对于信号的识别也是相当必要的。正是由于有了这种传入部位的多样性,大脑才能对传入的信息进行最为精细的加工。例如对于视觉信息,皮层中与视觉有关的脑区不下 20 多处,这样人们才有可能非常精细地辨别物体的形状、颜色、立体感以及运动着物体的动作等。

## 人类的智能

人类是生物界中进化最为高级的,也是所有动物中智能最高的,对于这一点看来没有人会怀疑。也许有人要问,什么是智能,人类的智能是怎样发展的,为什么人类的智能要高于自然界中的其它任何生物?回答这些问题并不是太容易的,当然有一点可能大家都会不约而同地说,人类的大脑是最复杂的,因而是最聪明的。人类和其它动物的脑有哪些重要差别呢?人类的大脑有哪些其它动物的脑所不具备的重要的特征呢?这些是否是决定大脑聪明的绝对条件呢?

### (1) 大脑的高度进化

了解不同类群动物的神经系统的演变历程,我们就能理解:人类的大脑是动物界中进化最为完善的产物。

首先让我们来看一下无脊椎动物的神经系统。在低等无脊椎动物的腔肠动物体内,仅仅出现一种最原始的神经网络。例如在水绵中,它们是由一些形态相同的神经细胞相互连接,

组成的一个疏松神经网络。神经网络虽然也能对外界的一些光、热、化学等刺激发生发应,但它们还没有形成一个真正的神经系统,神经的传导是无固定方向的,神经传导的速度也很慢,它比人的神经传导的速度大约慢 1 000 倍以上。

在扁形动物和线形动物中,例如涡虫,已经有了脑神经元集中到头端的趋势。扁形动物的前端形成神经节,这即是“脑”的雏形,脑发出几对神经索与机体的各部分相联系。脑的形成可能与这种动物总是向一个方向运动,而且前端总是首先与新的环境接触有关。头端的作用显然比其它部位更为重要,因此神经细胞也愈发向头部集中,有了形成中枢神经系统的趋势。

在环节动物中,如蚯蚓,已经开始出现真正的中枢神经系统,这种中枢神经系统由两条梯状的腹神经索构成。在身体的每个体节中,神经元集中在一起,形成相互连接的神经节。

节肢动物的感觉系统和神经系统都比环节动物有了较大的发展。例如昆虫,已经出现触觉感受器、化学感受器和视觉感受器三种主要感觉器官。节肢动物的中枢神经系统与环节动物一样,基本保持梯形,然而神经节有明显的愈合趋势。在头部的三个神经节愈合成脑,分别形成前脑、中脑和后脑三个部分,这比环节动物只由一个神经节演变成的脑要发达得多了。节肢动物神经节中的神经元一般只有几百个,如螯虾的胸神经节中约有 600 个神经元,其中一半为运动神经元,食管下神经节中有神经元 6 000 个左右,在食管上神经节(即脑)中,约含 10 000 个神经元。

下面让我们来看一看脊椎动物的神经系统。与无脊椎动物相比,脊椎动物的脑的进化可以说出现了质的飞跃。脊椎



动物的大脑出现了脑区的明显分化,形成端脑、间脑、中脑、后脑和延髓。由于在演化过程中,动物的活动越来越复杂,头部的感觉器官越来越集中,也越来越重要,这使得头部的中枢神经系统——脑也越来越发达,特别表现在两个大脑半球变得越来越大。

在中枢神经系统的演化过程中,变化最大的是端脑。端脑由皮质(在哺乳类称为皮层)和皮质下的基底核(又称为纹状体)组成。在一般的脊椎动物中,如鱼类、爬行类和鸟类,纹状体都比较发达,是高级的整合中枢。这些动物的大脑和小脑表面,比较光滑,不像哺乳类有许多褶皱(沟及脑回),因而还没有出现大脑皮层。

到了哺乳类,出现了发达的新脑皮层,能接受来自整个机体各处感受器传来的神经冲动,具有相当复杂和精细的整合功能,使机体对来自体内外的各种刺激作出适当的反应。而纹状体,这个对于低等陆生脊椎动物而言的高级神经活动整合中枢,在哺乳类却大大地退化了,它们的一些功能降到了从属地位而被大脑皮层所代替。哺乳动物的大脑极为发达,以至间脑的大部分都被大脑所覆盖。不同的动物大脑皮层的面积表现出很大的差异:鼠的大脑皮层为4平方厘米,黑猩猩为800平方厘米,人类为2000平方厘米、海豚为3000平方厘米。海豚的大脑皮层面积虽然比人类的大,但它们皮层的厚度却远远小于人类。与其它动物不同,人类的大脑皮层是有高度褶皱的,打个比方,如果将它们摊平,人类大脑皮层的面积将有四张A<sub>4</sub>型打字纸那样大,黑猩猩的有一张A<sub>4</sub>打字纸大,猴子的相当于一张明信片,而老鼠的则只有一张邮票那样大小。大脑皮层的面积和厚度反映了动物大脑进化的程度,