

营养与脑健康

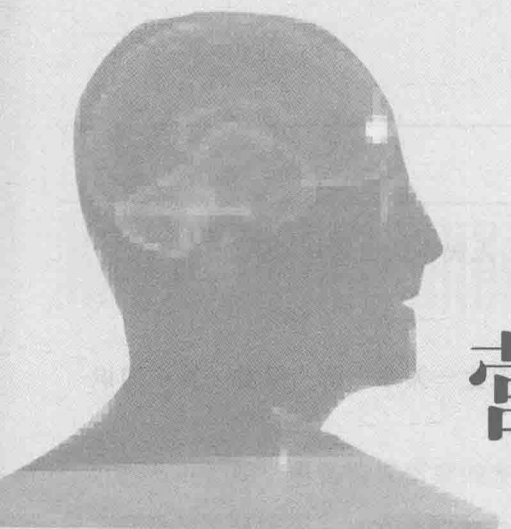
Nutrition and Brain Health

主 编 / 程义勇 钱令嘉 蒋与刚



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS



营养与脑健康

Nutrition and Brain Health

主 编 程义勇 钱令嘉 蒋与刚

副主编 洪 燕 刘晓华 陈伟强

编 者 (以姓氏笔画为序)

王新兴	卢士军	刘晓华	杨红澎
张志清	陈伟强	庞 伟	侯 玥
洪 燕	钱令嘉	蒋与刚	程义勇
程道梅			



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

营养与脑健康/程义勇,钱令嘉,蒋与刚主编. —北京:人民军医出版社,2015. 11

ISBN 978-7-5091-8757-9

I. ①营… II. ①程…②钱…③蒋… III. ①营养卫生—关系—脑—保健—基本知识
IV. ①R151.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237755 号

策划编辑:崔玲和 郭伟疆 文字编辑:张 群 韩 志 责任审读:杜云祥

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927300—8139

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印、装:京南印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:20 字数:483 千字

版、印次:2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001—4000

定价:68.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

内 容 提 要

本书由长期从事脑营养研究的专家集体编纂而成,是国内第一部系统介绍营养与脑健康研究成果的专著。总论部分介绍了脑的发育、结构等基础知识,并从脑化学、应激、炎症、情绪等方面总体论述了营养素与脑健康的联系。为了满足相关领域专业人员开展研究的需要,特设四章内容介绍营养与神经科学交叉领域的研究方法学。分论部分详细说明了能量与宏量营养素、维生素和微量元素以及其他膳食成分对于维护脑健康的重要作用。本书基于国内外近年的科学研究成果,内容全面,论据充分,有助于指导人们合理摄入各种营养素和相关食物成分,改善脑和心理的健康状况。本书适合于营养学、神经科学、心理学及相关专业人员阅读参考。

序

基于探索人脑奥秘、防治脑相关疾病的需要,有关脑科学的研究日益成为多个国家重点发展的领域。20 世纪 90 年代后期,美国、欧洲和日本相继提出“发现脑、保护脑、创造脑”等庞大的科研规划;2013 年,美国 and 欧盟相继宣布实施“脑计划”和“人脑工程”;中国科学院于 2014 年成立了“脑科学卓越创新中心”,并在“创新 2050:科学技术与中国的未来”战略研究中,将“脑与认知科学”列为自然科学中公认的重大交叉前沿问题之一。在这种背景下,脑科学得到迅速发展,成为近 20 年进步最快的学科之一。

营养神经科学(Nutritional Neuroscience)是营养学与脑科学交叉形成的一个新的分支学科,融合了营养学、神经科学、心理学、信息科学等多学科的知识。这个领域的研究从分子水平到人群水平探讨膳食营养因素对神经系统的影响及其对心理行为的调节作用,取得了不少成果。营养神经科学研究的开展,对改善脑发育、延缓脑衰老、预防认知障碍及保障心理健康具有重要的意义。此研究领域涉及多方面的内容,发表了许多论文和专著。系统梳理和介绍营养与脑认知科学领域的研究进展,对于推动我国该领域的研究,显得尤为重要而迫切。

本书的编者都是长期在营养与脑功能领域从事研究的专业人员。他们的研究实践及对国内外进展的了解,保证了本书内容的科学性与先进性。

本书系统介绍了营养与脑健康的基础知识、研究方法与最新进展,充分展示了该领域的研究成果和发展动态,具有较高的学术水平和应用价值,对今后我国营养与脑认知科学研究的进一步开展具有积极的推动作用和指导意义。

从编写的角度看本书有三个鲜明特点:①编写体例上总论与分论相结合。即首先概括地描述营养与脑科学研究概貌;再按不同营养素、植物化合物分别加以详细介绍。②内容方面各位编者充分吸收了本人所在研究团队获得国家科技计划、国家自然科学基金项目等资助完成的最新科研成果。③编者以中青年一线科研骨干为主,科研思路活跃、

充满活力。

本书为国内营养神经科学领域的第一本专著。我相信,该书的出版必将有利于推动营养学、神经生物学、心理学等多学科交叉研究的发展;希望我国从事营养与脑科学研究的专业人员奋发努力,为改善我国人民脑健康作出新的贡献!

顾景范

2015年6月

前言

一百多年以前,医学界就已经发现了人体营养状况与神经心理之间的联系,这主要是出于早期的医师们对其营养缺乏症的观察,而多种营养素的缺乏症状是以心理异常作为显著特征的。例如,维生素 B₁ 缺乏(脚气病)的常见症状有食欲不佳、恶心、抑郁、周围神经障碍、易兴奋及疲劳等;碘缺乏病曾经在全世界广泛流行,其典型体征虽然是甲状腺肿大,但是以不可逆性神经损伤和智力障碍为特征的克汀病(cretinism)却是碘缺乏造成的最严重后果。随着营养学研究的深入发展,不同营养素与神经心理变化之间的联系得到越来越多的证明。近年 *Nutritional Neuroscience* 和 *Nutrients, Stress and Medical Disorders* 等专著的陆续出版,表明这个交叉研究领域受到了更多的重视并取得了令人瞩目的成果。

本书的作者们在从事营养与脑功能关系的研究实践中,越来越深刻地体会到这个研究领域及其研究成果对于改善人类健康的重要意义。特别是看到现代社会中的很多人,脑力劳动日趋繁重,心理压力普遍增加,很迫切地需要一个“坚强大脑”去应对各种挑战。但是由于社会经济转型以及自身科技知识匮乏带来的一些不健康饮食方式(当然还有抽烟、缺乏运动等其他不良生活方式),却在潜移默化中损害着人们的神经心理健康。由此带来的焦虑、抑郁等心理疾患,乃至高血压、脑卒中、癌症等心身疾病,均呈快速增长态势,表现出与社会发展很不协调的一种状况。因此,加强营养与脑健康领域的研究,并将有关研究成果推广应用于改善我国居民的脑和心理健康,自然成为一项在科学发展和健康改善两方面都很有意义的工作。

正是基于这种认识,我们编写了这本《营养与脑健康》,希望此书能够在营养学、脑科学、心理学之间搭建一座桥梁,促进我国相关学科的同仁更多地关注、参与和推动这一交叉领域的研究,为科学发展助力,为国民健康造福。

《营养与脑健康》主要适用于营养学、神经科学及心理学专业的科技人员和教育工作者阅读参考。对于从事预防医学、临床医学、老年医学、妇幼保健、食品科学、健康宣教等相关工作的专业人员也有较大的参考

价值。

本书的篇幅不太长,但在内容方面力求涵盖营养与脑健康领域尽可能全面的研究成果。全书分为两个部分,总论部分简要介绍脑的发育、构成等基本知识,并从其化学成分、应激、炎症和情绪等方面论述营养与脑健康的总体联系。为了给读者今后开展这一领域的研究提供一些借鉴,总论部分还专门设出几章对有关的方法学问题进行讨论。分论部分的内容按照营养学的常用排序方式,依次介绍能量与宏量营养素、维生素和微量元素以及传统营养素以外的一些食物及食物成分与脑健康的关系。就脑健康而言,本书不仅涉及正常的脑发育、认知以及情绪等方面的内容;也论述了阿尔茨海默病、抑郁症等一些脑相关疾病发生发展中的有关变化及其与营养的联系。

我们在书末增加了两个附录,以便为读者提供一些实用的科学信息。其一是 2013 版《中国居民膳食营养素参考摄入量》的数值总表。该表是中国营养学会组织百余位专家编写和修订的成果,其中的一些重要数值正在被用于制订国家营养标准,以指导中国居民合理摄入各种必需营养素。这些数值对于维护脑健康所需要的营养摄入量研究也具有十分重要的参考意义。其二是本书编者近年发表的营养与脑健康论文(题录),可为读者进一步参阅相关文献提供方便。

另外需要说明的是,人体的必需营养素有 40 多种,实际上所有必需营养素都与脑健康有关联,而且通过各种食物摄入的其他膳食成分更是超过数百种。本书涉及的营养素、食物和食物成分只是其中的一小部分。即使对这一小部分营养素和食物成分,也未能全面介绍它们在脑健康中的作用。每年国内外都有许多关于营养素与脑健康的原始文章和综述发表,仅仅脂肪酸对脑发育和老年大脑的效应资料,就足以编成一本专著。所以,当我们面对营养与脑健康这个宏大而复杂的学术领域时,深深认识到自身的学识和水平有限。特别是作为本书的编写者,当我们处于营养学、神经科学与心理学之间的边缘领域,需要不断学习新知识时,更深刻地感到“学然后知不足”。由此而产生的本书的缺点和错误,期盼读者批评指正,以便再版时修改和补充。

在《营养与脑健康》即将付印出版之际,我们不能不想到在多年从事的营养与脑健康研究中,得到了国家自然科学基金委员会、中国营养学会、达能营养中心等单位的科研经费支持,也得到了许多学界前辈和同仁的指导和帮助;在编写本书的过程中,军事医学科学院卫生学环境医学研究所和基础医学研究所德高望重的顾景范教授在百忙中为本书作序,本研究所的一些年轻科技人员积极参与了资料整理,在此一并表示诚挚的谢意!

程义勇

2015 年 5 月

目 录

总 论

第 1 章	脑的发育、结构和基本活动	3
第 2 章	脑的营养基础	11
第 3 章	应激对脑的影响及营养调节作用	19
第 4 章	营养、炎症与神经退行性疾病	31
第 5 章	营养与情绪	41
第 6 章	营养-神经研究的方法学	50
第 7 章	人类营养与行为研究的设计和实施	57
第 8 章	实验动物:营养-神经研究中的行为评价	62
第 9 章	营养-神经科学研究中的电生理学方法	71
第 10 章	循证营养学:从理论到实践	79

分 论

第 11 章	能量限制与脑健康	87
第 12 章	氨基酸对情绪与行为的影响	96
第 13 章	氨基酸与应激	108
第 14 章	多不饱和脂肪酸与脑发育	114
第 15 章	多不饱和脂肪酸与抑郁症	119
第 16 章	脂肪酸与老年认知	124
第 17 章	维生素与认知功能	132
第 18 章	抗氧化维生素与脑健康	145
第 19 章	B 族维生素与脑:同型半胱氨酸的枢纽作用	157
第 20 章	围产期脑发育:胆碱的作用	166
第 21 章	铁与脑健康	174
第 22 章	碘摄入量与神经发育	186
第 23 章	大脑铜代谢及其生物学作用	194
第 24 章	脑中的硒蛋白及其行为学效应	201

第 25 章	脑锌代谢及其功能	215
第 26 章	铜、锌与阿尔茨海默病	223
第 27 章	脑中的金属硫蛋白	229
第 28 章	咖啡因的神经心理效应	236
第 29 章	绿茶多酚对脑的保护:初期研究	244
第 30 章	大豆异黄酮对脑和认知的影响	251
第 31 章	蓝莓保护神经的动物实验研究	259
第 32 章	乙醇对大脑的影响:利与弊	265
第 33 章	肌酸对运动能力和脑功能的作用	271
第 34 章	乙酰左旋肉碱与脑健康	277
附录 A	《中国居民膳食营养素参考摄入量》数值表	285
附录 B	编者发表的营养与脑健康论文和综述(题录)	299

总 论

第1章

脑的发育、结构和基本活动

人脑的平均重量占体重的比例不超过 2%，但其功能却非常复杂而强大。脑可以全面调节与整合体内其他系统和器官的生理活动。脑的这种特性与其结构形态、化学组成及物质代谢密切相关，也与脑的物质基础-营养素摄入状况密切相关。近年国外陆续出版了 *Nutritional Neuroscience*, *Nutrients*, *Stress and Medical Disorders*, *Diet-Brain Connections: Impact on Memory, Mood, Aging and Disease* 等专著，概括介绍了人或动物的不同营养状况对脑的发育、结构以及认知、情绪、应激反应等方面的影响，反映了国外营养学界对脑健康研究的重视及其丰硕成果，同时也为今后深入开展这一领域的研究提供了宝贵的借鉴。

营养与脑健康属于一个交叉科学的研究领域，无论是动物实验还是人体观察，必然涉及脑的发育、结构及其功能等属于脑科学领域的内容。本章内容主要介绍与脑有关的基本知识。

一、脑和心理的发育

近年在心理学领域有关“发展认知神经科学”的研究，对心智与身体关系问题的关注日益增加。这种新的学说认为，结构是功能的基石。不管是儿童、青少年还是成人，其心理行为的发展离不开大脑结构的发展。而传统的发展心理学研究以观测外显行为为主，难以客观地、动态地考察心理的物质基础，无法从根本上阐明“遗传-环境”“结构-功能”“身-心关系”等心理发展的基本科学问题。因此近年的研究向着另一个新的思路发展，更多地探讨脑的物质基础与其所支持的心理活动之间的联系，如成人大脑的复杂结构如何形成等问题。在大脑结构、功能发育与心理行为发展、遗传与环境对个体心理行为发展的交互影响，以及心理行为发展个体差异的神经机制等方面取得了重要进展。

(一) 胎儿和婴儿期

神经细胞的产生和分化是特定基因按一定时间和空间顺序表达的结果。在胚胎形成初期，神经细胞即开始增殖。自人胚第 3 周开始，神经外胚层受诱导增厚，形成细长型的神经板。神经板细胞连续增生，两侧神经褶逐渐靠近并互相融合，最后神经沟闭合形成神经管。神经管是中枢神经的原基。神经管头端呈现几个扩张部，以后逐渐发育为脑桥、小脑、丘脑、下丘脑和两个大脑半球，神经管的后部狭窄部分保持直管状，形成脊髓。

大脑皮质神经元的分化从胎儿第 5 个月开始，6 月胎龄至生后 6 个月是神经细胞激增的时期。轴突在出生前已到达脑干和脊髓，但真正的突触接触在出生后 2~3 个月后才出现。海马发育的最快速度也在这一时段出现，特别是海马齿状回的苔状细胞发生快速分化。海马的成熟有助于 2 月龄的婴儿在一段时间延迟后再认事物能力的提高，婴儿注意模式的明显变化

即与海马发育密切相关。

出生6个月以后,婴儿的前额叶皮层中锥体神经元和抑制性中间神经元开始快速生长和分化,研究发现此时外侧和背外侧前额叶皮层对葡萄糖的摄取量明显增加。婴儿的海马体积在10—12个月时已经接近成人的大小,前额叶皮层与杏仁核、海马的连通性也显著增强。脑的快速发育导致婴儿工作记忆能力的提高,能够从过去事件中提取图式,将它们和当前的知觉一同放在工作记忆回路中,并对它们做出比较。

从母体怀孕到出生后2年是人体脑发育的突增期。脑组织在这个时期的快速发育可以由其重量增加的数据证明:新生儿脑重约占体重的10%,而成人后只占2%;1岁时的体重是成人体的15%,但脑重已达成人的70%;2岁时体重为20%,脑重为77%。实际上神经发育的敏感阶段早在怀孕初期开始,即怀孕后21—28天,先是神经板(neural plate)的发生,接着是神经管的形成和闭合。

(二)儿童期

儿童的几个功能脑区在出生后第二年开始出现明显的发育。Broca区在言语的运动成分中起重要作用,该脑区的左口面部分在12—15个月发生快速的树突发育;同时小脑齿状核树突广泛生长,小脑容量增加,1周岁时其葡萄糖摄入量已达成人的175%;另外,大脑皮层第三层神经元的发育也促进了言语能力的发生,因而大多数儿童在这一时段开始第一次讲话。

儿童在出生后的第二年,大脑皮层第1层神经细胞得到快速分化和增殖,而且大脑左右两半球间,以及前后皮层区域之间的连通性得到增强,使得分别储存于两半球的信息能够更快的有效协调。脑的这些变化有助于儿童自我意识的行为的出现,并发展出推测他人思想和感受的推理能力。

大脑发育在2岁以后逐渐趋缓,到3岁时神经元的高速分化已基本完成,4岁时完成神经纤维的髓鞘化。儿童期的大脑发育主要体现在:①大脑皮层表面积快速增长,对葡萄糖的摄取量也相应增加。8岁儿童大脑的重量可以达到成人之后脑重的90%。②5岁开始神经元突触的消减数量超过其生成数量,前者所占比率逐渐变为优势,反映了具有学习功能的突触网络的巩固。③大脑连通性增加,表现为髓鞘化的增强和脑电(EEG)的相关性提高。连接大脑半球内非邻近部位的较长纤维束在3岁后出现髓鞘化的高潮。在3—6岁期间,胼胝体前部轴突上的髓磷脂发育达到最高速度。基于上述的变化,大脑两半球之间、大脑前后皮层区域之间,以及皮层和皮层下结构之间的大量连接被迅速建立起来。

上述的大脑发育有利于多个脑区的协调合作以及相应心理能力的发展,家长和老师可以观察到儿童在2—8岁期间心理特征的渐进性变化。例如,儿童能够更为可靠地通过激活过去的表征来理解当前的情境;能够使用语言来组织经验,善于学习,与此相关的记忆功能也得到显著提高;能够明白合理的解释,有理解他人需要的能力;4岁或5岁以后的儿童开始具有探究多种事件间共同关系的能力,力图发现两个或两个以上事件之间存在的共性。

(三)青春期至成人期

人出生后的脑发育至少持续20年。虽然内侧颞叶结构(包括海马)的功能在儿童期已经成熟,但额叶功能直到青春期以后才能达到完全成熟。这期间的额叶发育与认知能力的发展密不可分,包括从青春期开始延续到20岁以后的突触修剪,连接前额叶皮层和大脑其他部分的轴突完成髓鞘化,扣带回皮层、杏仁核和前额叶皮层之间稳固回路的建立等,都是这一时期大脑发育的重要标志。伴随着这些变化,青春期的心理特征与大脑结构和功能得到同步发展,

表现为心理过程的协调与控制能力得到加强,抽象思维、逻辑推理、计划和认知的灵活性不断提高,具备了探究信念之间或感觉和信念之间的逻辑矛盾的能力。

应当说明的是,人到了成年以后脑和心理的发育并没有停止,只是发育的速度和特征与年幼时截然不同。科学界在以前很长一段时间认为成年动物和人的脑组织不再发育,特别是不会再有新的神经细胞增殖,但是近年的研究改变了这种观点。对实验动物和人脑进行研究的结果表明,成年脑除了能够合成神经递质等化学成分,建立新的复杂的神经网络,以及加强对心理过程的协调与控制能力以外,大脑海马区在一生中始终有新的神经元形成,这种再生功能甚至可持续到很老的年龄。研究人员不仅从成年大鼠脑组织培养出具有分化能力的干细胞,而且普林斯顿大学 Elizabeth 博士及洛克菲勒大学 Bruse 博士证明了小型长尾猴的大脑海马区每天都有成千上万的新生细胞出现。瑞典哥德堡 De Gakei 和 Elic 博士对 50 岁以上的 5 例患者进行尸解,发现在大脑深部海马结构区有成熟的新生细胞。

二、脑的结构及其基本活动

(一)脑细胞

脑的神经组织由两类细胞组成:神经细胞和神经胶质细胞。

1. 神经细胞 又称神经元(neuron),是神经系统的基本结构和功能单位,具有接受刺激和迅速传导神经冲动的能力。人类神经系统含有的神经元数量庞大,约有 10^{11} 个。每个神经元可与大约 10^3 个其他神经元建立相互联系,形成错综复杂的神经通路和网络,成为实现人体神经系统强大功能的结构基础。

神经元胞体内含细胞核和核周质(perikaryon),核周质内含有各种细胞器和内含物。

神经元外层的细胞膜与其他的细胞膜一样,也是双层膜结构,其中镶嵌有蛋白质。神经元膜属于可兴奋膜,内有通道、载体和受体蛋白,在接受刺激、传递神经冲动中起着重要作用。糖蛋白和糖脂位于神经元膜的表面,糖蛋白可能与细胞的识别和连接有关,糖脂如神经节苷脂(ganglioside),可以协助细胞的识别活动。

神经元在静止时,膜内外维持一定的电位差,称膜电位,此时膜外带正电荷,膜内为负电荷,表现为极化状态(polarization)。当神经元接受某种刺激时,膜上的离子通道开放, Na^+ 离子进入细胞, K^+ 离子移向细胞外,造成膜内、外电位差的改变,形成极化消失的现象,即去极化,接着又很快复原(复极化)。从膜电位变化开始直至复原的一系列过程,称为动作电位(action potential)。神经细胞受刺激后产生的动作电位沿细胞膜扩散,完成神经冲动的传导。

神经元的形状互不相同,但是大多数神经元具有某些结构上的共同特征,根据这些特征可以将神经元分为三个组成部分:细胞体(soma)、树突(dendrites)和轴突(axon)。后二者合称为突起。

神经元的突起组成中枢神经内的神经通路和神经网络以及分布到全身的神经。一般情况下,树突接受来自细胞外的传入信息,将它们传向细胞体;轴突则将细胞体加工、处理过的信息传出,传向另一个神经元。轴突在其端点分成许多纤细的分支,与另一个神经元或肌肉及别的效应器细胞发生接触,该部位称为突触。突触包含 3 部分,即突触前神经元、突触后神经元及两者之间的间隙——突触间隙。突触前神经元的轴突终末含有小球形的突触小泡,每个小泡可拥有数千个神经递质分子。

2. 神经胶质细胞 神经胶质细胞是神经系统的另一种组成部分,其细胞的数量更多,与

神经元相比为 10~50 倍。神经胶质细胞的重量超过脑重量的一半。

虽然神经胶质细胞数量巨大,但其细胞通常很小,而且没有轴突和树突结构,和神经元之间也不构成突触联系。有关神经胶质细胞的功能随着研究的深入而逐渐增加。传统认为神经胶质细胞只是为神经元网络提供结构上的支持、保护和修复功能,并使神经元群彼此分开,对信号传导具有绝缘作用,另外还具有营养和转运代谢物质的功能。近年来的研究发现胶质细胞还具有许多其他的作用。例如,在脑的发育过程中,它们可能引导神经元的迁徙和轴突的生长。它们对胞外空间的 K^+ 可以起到缓冲作用,有些神经胶质细胞上存在递质受体,或者能够主动摄取神经元所释放的递质,从而直接或间接地参与神经信号的传导。

(二)脑的主要结构

脑与脊髓组成中枢神经系统。在不同的著作中对“脑”的涵义有不同的解释,有时特指大脑,有时可以代表中枢神经系统。因此,对脑的研究内容经常涵盖了对整个中枢神经系统的研究领域。

中枢神经系统主要由 4 个部分组成。

1. 大脑 也称大脑半球,由大脑皮层和位于深层的基底核、海马、杏仁体组成。大脑皮层覆盖于两个脑半球的表面,呈现一种皱褶形的分层性结构。大脑皮层按照解剖位置可以分为 4 个区域,即额叶、顶叶、颞叶、枕叶,这些脑区都是实施脑的高级功能的关键部位。主要的功能包括认知、思维、运动以及情绪等。

2. 间脑 包括丘脑和下丘脑两个重要的组成部分。其中丘脑负责处理大脑皮层(皮质)接收的中枢神经系统其他部分到达的信息,而下丘脑则对自主功能、内分泌和内脏功能进行调节整合。

3. 脑干 由延髓、脑桥、小脑和中脑等 4 个部分组成。其作用主要是传递脑的主体与脊髓之间的来往信息,也通过网状结构对唤醒(arousal)和觉察(awareness)的水平进行调节。此外,脑干还包含一些神经核团,其中一部分接受头部皮肤和肌肉的信息,另一部分控制脸、颈、眼部的肌肉,还有一些核团专门负责处理特殊感觉(听觉、平衡觉、味觉等)的信息。

延髓是重要的生命中枢,对呼吸、心率等活动进行控制和调节。脑桥的作用与其名称吻合,在中脑和延髓之间的运动信息传递中起桥梁作用。中脑的功能与许多感觉功能和运动功能有关,包括眼球运动及视觉、听觉反射间的协调。小脑参与运动技能的学习,并对运动的力度和范围进行调节。

4. 脊髓 上端连接脑干,是中枢神经系统最尾端的部分。其功能是接受和处理来自皮肤、躯干、肢体的信息,并控制肢体和躯干运动。根据脊髓处理的信息部位可分为颈区、胸区、腰区和骶区,其工作方式具有明显的节段性。

(三)脑活动的基本过程

虽然脑的细胞形态各异,具有多种不同的功能,而且脑的结构复杂,不同脑区的神经回路也有不同的工作方式。但是,中枢神经活动的基本过程具有很大的类同性。这些过程可以概括地分成两大类,第一类是与神经细胞内的信号产生和变换有关,离子通道在其中起着关键作用。第二类涉及神经细胞之间的信号传递,突触传递是这个过程的中心环节。

1. 离子通道 如前所述,神经元的信号发生依赖于跨神经细胞膜的电位差的变化。在动作电位发生的过程中,膜电位迅速变化,可达 500V/s。Hodgkin 等学者早在 20 世纪 50 年代就通过实验证实,冲动的发生和传播是神经细胞膜对离子通透性突然变化的结果。

离子通道(ion channels)是各种无机离子进出细胞膜的通路,在跨膜运输中属于被动运输方式(顺离子浓度梯度),而主动运输的离子载体则称为离子泵。

离子通道由膜上某些特殊的蛋白质构成,它们聚集起来并镶嵌在细胞膜上,中间形成孔隙,这些孔隙就是水溶性离子快速进出细胞的通道。各种离子进出细胞膜,都有其专用的通道。其进出过程受离子通道控制。研究表明,各种离子通道的开放和关闭都伴随着蛋白构型的变化。每个通道蛋白质均有两个或更多的相对稳定的构型,每一种构型表示一种不同的功能状态,离子通道在不同状态间的转换即称之为门控(gating)。

根据门控作用方式的不同,离子通道可以分为3类:

(1)电压门控通道,又称电压依赖性或电压敏感性离子通道,通过膜电位变化控制开关的离子通道。当膜电位发生改变时,引起通道蛋白构型改变,通过电场来回运动,使通道在开放态和关闭态之间变动。此类通道可以根据最容易通过的离子命名,主要有钾、钠、钙、氯等4种类型。

(2)配体门控通道,又称化学门控性离子通道,通过化学性信号激活膜受体而控制的离子通道。这类通道的功能部位是细胞膜上的受体蛋白,特定的配体分子与受体蛋白在细胞外的结构部分结合,改变通道蛋白的构象,释放能量,导致通道开放。这些配体分子可以是胞外环境中的神经递质或激素,也可以是由递质激活的胞内第二信使(环腺苷酸和三磷酸肌醇等)。此类通道可以根据递质受体命名,如乙酰胆碱受体通道、谷氨酸受体通道、门冬氨酸受体通道等。

(3)机械门控通道,又称机械敏感性离子通道,细胞膜受到牵拉时所产生的能量,通过细胞骨架转移至离子通道,引起其构型的变化。根据通透性可分类为离子选择性和非离子选择性通道,根据功能作用可分为张力激活型和张力失活型离子通道。

2. 突触传递 在神经元之间,信息的交换是通过突触来进行的。突触概念是神经元学说的核心。一个神经元与另一个神经元或胶质细胞之间,都存在宽窄不等的细胞膜。如果没有特殊递质分子以及专一的递质释放地点和接受地点,神经元的冲动就不能传递给另一个细胞。

突触(synapse)这一术语,被用来泛指神经元和神经元之间、神经元和肌细胞或腺上皮细胞等两个细胞之间的功能联系部位。神经细胞通过化学突触和电突触相互连接在一起,组成神经元回路或神经通路。当突触前神经元兴奋、神经冲动到达终末时,即释放化学递质或电信号,与突触后神经元膜上的特殊受体相结合,改变其兴奋性。这个过程称为突触传递(synapse transmission),即神经信息经过突触从一个神经元传递至另一个神经元。通过这种工作方式得以实现脑的信息处理功能——感觉信息的加工、运转反应,情绪反应的编程,学习和记忆等。突触传递活动是机体一切行为的基础。

在中枢神经系统内,存在着广泛的树-树、树-体、体-体突触。虽然突触的总数多达 10^{14} ,但根据目前的认识,突触传递神经冲动的基本方式仅有两种:电传递和化学传递,分别通过电突触和化学突触来实现。有时这两种方式也可以相并存在,成为混合性和交互性的突触。

(1)电突触:作用机制是突触前细胞产生的电变化直接影响突触细胞。电流通过缝隙连接直接从突触前神经元流至突触后神经元。此外,缝隙连接对小分子和某些第二信使也是可通透的。由于突触前成分的去极化作用可以直接跨越突触进行传递,所以电突触主要用来传递简单的、较快的去极化信号,通常不能传递抑制性作用或长时程的变化。但在视网膜的神经元间,缝隙连接也可以传递超极化信息。由缝隙连接相连的细胞群,易于同步放电,因此电突触