

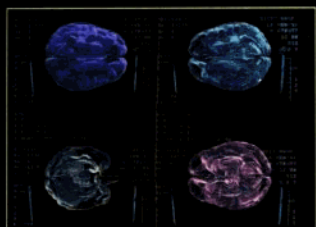
孙洁 刘萍 凌斌 / 主编

亚低温脑保护的研究进展



YADIWEN NAOBAOHU DE YANJIU JINZHAN

云南出版集团公司
云南科技出版社



亚低温脑保护的研究进展

YADIWEN NAORAOHU DE YANJIU JINZHAN

责任编辑：温 翔

封面设计：邓玉婷

责任校对：叶水金

责任印制：翟 苑

ISBN 978-7-5416-2565-7



9 787541 625657 >

ISBN 978-7-5416-2565-7/R·352

定价：40.00 元

前 言

随着医学科学的发展,昔日威胁人类健康的许多疾病已得到控制。然而脑部疾病,尤其是脑血管意外、脑外伤及缺血缺氧性脑病等疾病有逐年上升趋势,是危害人类健康的最大杀手之一。其患病人数多、起病迅速、病情重、致残率高及死亡率高,给患者、家庭及社会造成沉重的精神、经济及社会负担。因此,提高该类疾病治愈率、降低残废率及减少死亡率是临床医生最需解决的问题。

二十世纪初,低温治疗开始应用于临床,但因其严重的并发症而限制了在临床上的广泛应用。直至二十世纪八十年代的研究发现:亚低温($32^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$)既可保留深低温的脑保护作用,又明显减少深低温所带来的严重不良反应。近二十余年来,医学工作者在基础理论及临床应用领域进行了大量的亚低温方面的研究,表明亚低温不仅可从细胞功能上保护中枢神经系统,而且从组织结构上亦可充分发挥神经系统保护作用。鉴于此,我们编写该书,从理论到实践详细阐述了亚低温的脑保护机制及实施方法,为亚低温的临床应用提供帮助。

本书内容通俗易懂,共有十三章。详细介绍了中枢神经系统解剖、亚低温的概念、脑外伤及脑梗死亚低温治疗的脑保护机制并介绍亚低温的临床实施过程等。适宜于神经内、外科医师,危重症监护治疗科(ICU)医师,急诊科医师使用。本书的正式出版,希望能对治疗脑部疾病尽一份力。

由于我们对亚低温脑保护领域的了解还不够深入,学识浅薄,加之经验不足及编写时间仓促,可能会有遗漏、缺乏及错误,衷心地希望同道批评指正,我们将不甚感激!

编 者

2007年3月12日

目 录

第一章 神经系统概述	3
第二章 脑	9
第一节 脑干	9
第二节 小脑	30
第三节 间脑	33
第四节 端脑	39
第三章 脑的被膜、血管、脑脊液循环和脑屏障	53
第一节 脑的被膜	53
第二节 脑的血管	57
第三节 脑脊液及其循环	65
第四节 脑屏障	65
第四章 颅脑创伤总论	71
第一节 颅脑创伤概论	71
第二节 颅脑创伤合并症和并发症	83
第三节 颅脑创伤的后遗症	91
第五章 脑血管病所致的脑损伤	97
第一节 脑血管病所致脑损伤的病理机制	97
第二节 脑出血	100
第三节 脑缺血	104
第四节 脑血管病的危险因素和预防	111
第六章 亚低温在脑损伤中的应用	115
第一节 亚低温在新生儿脑损伤中的应用	115
第二节 亚低温在弥漫性轴索损伤治疗中的应用	118
第三节 亚低温在脑水肿治疗中的应用	121
第四节 亚低温在脑复苏中的应用	122
第五节 亚低温在其他疾病治疗中的应用	124
第七章 亚低温治疗脑损伤的临床应用	133
第一节 亚低温对脑损伤保护作用的机制	133
第二节 亚低温对颅脑损伤的临床应用研究	134
第三节 亚低温的临床应用及调控	139
第四节 亚低温治疗中并发症的防治	140

第八章 缺血性脑血管疾病与亚低温治疗	147
第一节 缺血性脑血管疾病概要	147
第二节 亚低温与缺血性脑血管疾病	148
第三节 亚低温治疗缺血性脑血管疾病的机制	153
第四节 前景和展望	158
第九章 亚低温对钙离子的调节机制	165
第一节 钙的基本概念	165
第二节 脑损伤后局部组织钙含量的变化	166
第三节 神经元内钙含量异常升高产生的病理效应	170
第四节 临床上对钙超载采取的常规治疗	171
第五节 亚低温通过对钙离子的影响在脑损伤中的治疗作用	175
第十章 亚低温抑制内源性毒性物质的产生	183
第一节 亚低温与一氧化氮	184
第二节 亚低温与兴奋性、抑制性氨基酸	186
第三节 亚低温与氧自由基	190
第四节 亚低温与单胺类递质	193
第五节 亚低温与肿瘤坏死因子- α (TNF- α)	195
第六节 亚低温与粘附分子-1	196
第七节 亚低温与其他因子	197
第十一章 亚低温在颅脑损伤中对脑组织氧代谢的作用	209
第一节 脑损伤后脑组织代谢的改变	209
第二节 亚低温在正常脑组织中对脑组织氧代谢的作用	210
第三节 亚低温在脑损伤中对脑组织氧化代谢的作用	211
第十二章 亚低温保护血脑屏障、减轻脑水肿的作用机制	221
第一节 血脑屏障与脑水肿概述	221
第二节 亚低温在脑损伤中的作用	225
第十三章 亚低温与凋亡	235
第一节 凋亡	235
第二节 亚低温与细胞凋亡	236
第三节 小结	238

第一章 神经系统概述





第一章 神经系统概述

人类的神经系统 (nervous system) 由脑、脊髓以及附于脑和脊髓的周围神经组成。神经系统是人体结构和功能最复杂的系统, 由数以亿万计的相互联系的神经细胞所组成, 在体内起主导作用。其功能是: ①控制和调节其他系统的活动, 使人体成为一个有机的整体, 例如, 当体育锻炼时, 除了肌肉强烈收缩外, 同时也出现呼吸加深加快、心跳加速、出汗等一系列变化, 这些都是在神经系统的调控下完成的。②维持机体与外环境间的统一, 如天气寒冷时, 通过神经调节使周围小血管收缩, 减少散热, 使体温维持在正常水平。神经系统活动的基本方式是反射, 反射的物质基础是反射弧, 由感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器构成。神经系统通过与它相连的各种感受器, 接受内、外环境的各种刺激, 经传入神经传至中枢 (脊髓和脑) 的不同部位, 经过整合后发出相应的神经冲动, 经传出神经将冲动传至相应的效应器, 产生各种反应, 称反射。因此, 神经系统既能使机体感受内、外环境的刺激, 又能调节机体适应内、外环境的变化, 使机体能及时作出适当反应, 以保证生命活动的正常进行。

人类神经系统的形态和功能是经过漫长的进化过程而获得的, 既有与脊椎动物神经系统相似之处, 也有其独特点。从单细胞开始就有接受刺激和发生反应的能力, 是借助胞浆 (体液) 的流动来实现的。腔肠动物出现了网状神经系统以完成应激功能。以后经过链状神经系发展到脊椎动物的管状神经系, 构成神经系统的高级部位, 即中枢神经系统, 同时也保留网状和链状神经系作为神经系统的低级部位, 即周围神经系统。纵览神经系统的发生、来源和形态结构的基本模式, 所有脊椎动物都是相似的。但人类由于生产劳动、语言交流和社会生活的发生和发展, 大脑皮质发生了与动物完全不同的质的变化, 不仅含有与高等动物相似的感觉和运动中枢, 而且有了分析语言的中枢。因此, 人类大脑皮质是思维、意识活动的物质基础, 远远超越了一般动物的范畴, 不仅能被动地适应环境的变化, 而且能主动地认识世界和改造世界, 使自然界为人类服务。

一、神经系统的胚胎发生

当人胚第3周时, 位于原条前方胚盘的外胚层, 在脊索的诱导下增厚形成一上皮板即神经板; 以后神经板的边缘部分增厚, 中央凹陷的纵沟为神经沟 (neural groove)。神经沟继续向背侧卷曲形成一管状结构即神经管 (neural tube), 神经管的前孔约在第23~24天封闭, 后孔在25~26天时才封闭, 至此形成一完全封闭的盲管。胚胎第5周时神经管分化成三层结构: 室管膜层 (ependymal layer)、套层 (mantle layer) 和边缘层 (marginal layer)。由于各层细胞的生长速度不同, 形成了较薄的顶板与底板和厚的侧板。侧板内的纵沟为界沟 (sulcus limitans), 界沟将侧板分成背侧的翼板 (alar plate) 和腹侧的基板 (basal plate)。基板内的成神经细胞发育成为运动神经元, 翼板内的成神经细胞发展为感觉神经元。顶板和底板无神经元。神经管背外侧的神经嵴 (neural crest) 也随

之外移，衍化成神经节 (ganglion)。

胚胎第4周时神经管前端部分膨大为三个脑泡，即前脑泡 (forebrain vesicle)、中脑泡 (mid-brain vesicle) 和后脑泡 (metencephal vesicle)，同时神经管向腹侧弯曲。胚胎第5周时前脑泡前部向两外侧膨大，由圆形变成椭圆形，形成左、右大脑半球，后部形成间脑。大脑半球的前极形成额叶，后极向后形成枕叶，向上形成顶叶，向前下形成颞叶。前脑泡的内腔即同时形成第三脑室和两侧大脑半球内的侧脑室，它们靠左、右室间孔相通。中脑泡发育最慢，它仅形成中脑部分，其内腔即中脑水管，是第三脑室和第四脑室之间的唯一通道。中、后脑泡之间的狭窄部称菱脑峡 (rhombencephalic isthmus)，菱脑峡之后的膨大部为菱脑 (afterbrain)，为后脑泡衍化而成，菱脑与脊髓之间的分界为颈曲。菱脑的前部向腹侧膨大成脑桥，向背侧发生成小脑，后部衍化成延髓。菱脑的内腔为第四脑室和延髓的中央管。胎儿第四个月时，顶板某些区域变薄，并向外突出逐渐形成第四脑室的两个外侧孔和一个正中孔。

二、神经系统的区分

人类的神经系统 (nervous system) 由脑、脊髓以及附于脑和脊髓的周围神经组成。神经系统在形态和功能上是一个整体，可分为中枢部和周围部。其中，中枢部包括脑和脊髓，也称中枢神经系统 (central nervous system)。周围部包括与脑和脊髓相连的神经，即脑神经、脊神经和内脏神经，又称周围神经系统 (peripheral nervous system)。周围神经系统又分为躯体神经 (somatic nerves) 和内脏神经 (visceral nerves)，前者分布于体表、骨、关节和骨骼肌，后者分布到内脏、心血管、平滑肌和腺体。

三、神经系统的组成

构成神经系统的基本组织是神经组织，由神经元 (neurons) 和神经胶质 (neuroglia) 组成。神经元即神经细胞，具有感受刺激和传导神经冲动的功能，是神经系统结构和功能的基本单位。每个神经元可分为胞体 (soma) 和突起两部分。其中，突起又分为树突 (dendrite) 和轴突 (axon)。树突为胞体本身向外伸出的树枝状突起，轴突是神经元的主要传导装置，它能将信号从其起始部传到末端。神经元较长的突起被髓鞘 (myelin sheath) 和神经膜所包裹，称为神经纤维 (nerve fibers)。神经胶质细胞包括星形胶质细胞 (astrocyte)、少突胶质细胞 (oligodendroglial cell)、室管膜细胞 (ependymal cell) 和施万细胞 (Schwann cell)。

四、神经系统的常用术语

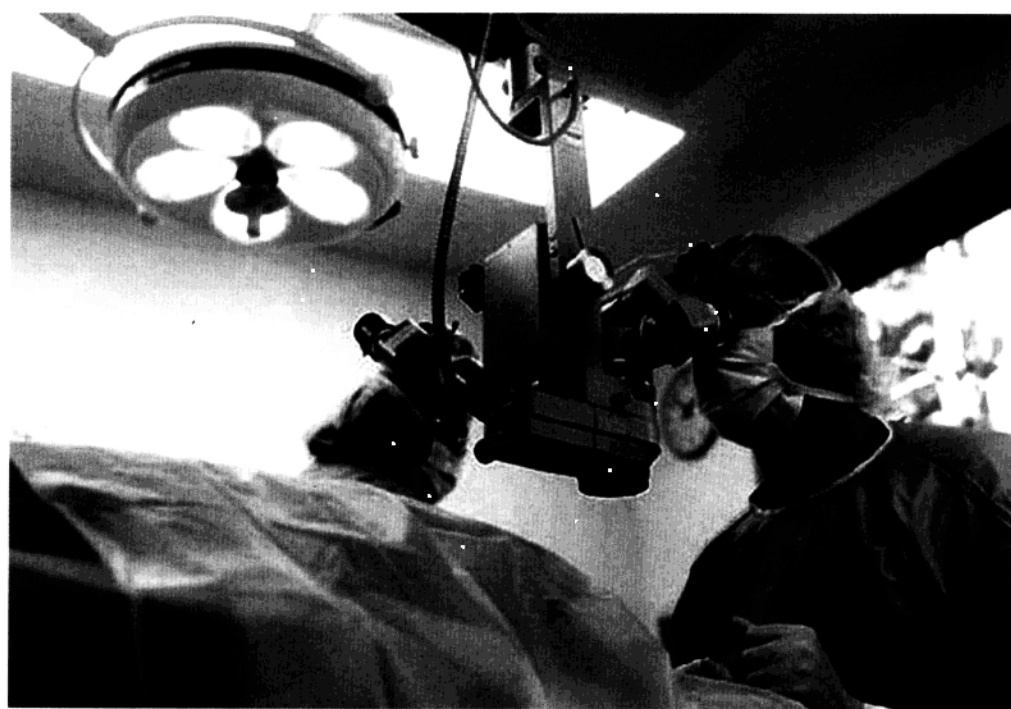
在中枢部，神经元胞体及其树突的聚集部位因富含血管在新鲜标本中色泽灰暗称为灰质 (gray matter)。灰质在大、小脑表面成层配布，称为皮质 (cortex或皮层)。在中枢部皮质以外，形态和功能相似的神经元胞体聚集成团或柱，称为神经核 (nucleus)。除嗅神经外，第Ⅲ~Ⅻ对脑神经与脑干的脑神经核相关连。神经纤维在中枢部聚集的部位，因髓鞘含类脂质、色泽白亮而称为白质 (white matter)。位于大脑和小脑的白质因被皮质包绕而位于深部，称为髓质 (medulla)。在白质中，凡起止、行程和功能基本相同的神经纤维集合在一起称为纤维束 (fasciculus)。有的白质区统称为索 (funiculus)。出入小脑的神经纤维形成小脑脚 (peduncle)。在有些部位纤维束集中而隆起称之为臂 (brachium)。大部分止于丘脑的纤维束称之为丘系 (lemniscus)。联系同侧大脑半球内的纤维束称联络纤维。联系两侧大脑半球之间的纤维束称连合纤维。出入大脑半球的投射纤维束集中走行处称囊 (capsule)。较独立走行而细小的纤维束称纹 (stria)。在中枢神经系统内上、下走行的纤维束，往往由一侧越边到对侧继续走行，称为交叉

(decussation)。由灰质和白质混杂构成的其间散布大量大小不等的神经元胞体的结构称为网状结构 (reticular formation)。它是既不能归属神经核又不能称之为纤维束的一类，进化较古老，也是脑的重要组成部分。

在周围部，功能相似的神经元胞体聚集处称神经节 (ganglion)。功能不同的神经纤维则聚合成粗细不等的神经 (nerve)，与中枢神经相连的部分称神经根。

(李力燕 陈光学 凌 斌)

第二章 脑



第二章 脑

人脑 (brain或encephalon) 位于颅腔内, 表面凹凸不平, 与颅腔骨面起伏一致, 在成人其平均重量约1400g。根据发生一般可把脑分为端脑 (telecephalon)、间脑 (diencephalon)、中脑 (mesencephalon或midbrain)、脑桥 (pons)、延髓 (medulla oblongata) 和小脑 (cerebellum)。间脑主要有背侧丘脑 (dorsal thalamus)、下丘脑 (hypothalamus)、上丘脑 (epithalamus) 和底丘脑 (subthalamus)。通常把自上而下由中脑、脑桥和延髓三部分组成的结构合称为脑干 (brain stem)。延髓向下经枕骨大孔连接脊髓。随着脑的发育, 胚胎时期的神经管内腔就在脑各部内形成脑室系统。

第一节 脑 干

脑干 (brain stem) (图1, 图2) 是中枢神经系统中位于脊髓和间脑之间的一个较小部分。自下而上由延髓 (medulla oblongata)、脑桥 (pons) 和中脑 (mesencephalon或midbrain) 三部分构成。延髓和脑桥前靠颅后窝的斜坡, 背面与小脑相连, 它们之间的室腔为第四脑室。此室向下与延髓和脊髓的中央管相续, 向上经中脑的大脑水管通第三脑室。

一、脑干的外形



图1 脑干腹面观



图2 脑干背面观

(一)延髓的外形

延髓 (medulla oblongata) 形似倒置的圆锥体, 长约3cm, 可分为上下两部: 下部与脊髓外形相近, 内腔仍为中央管, 脊髓表面的诸纵行沟裂向上延续到延髓, 称为闭锁部; 上部内腔向背侧部开放, 形成第四脑室下半, 称为开放部。延髓下端以第一颈神经最上小根约相当于枕骨大孔处为界, 向下与脊髓相续, 上端与脑桥在腹侧面以横行的延髓脑桥沟 (bulbopontine sulcus) 为界, 在背侧面以菱形窝中部横行的髓纹为界。延髓腹侧斜卧于颅后窝枕骨斜坡上, 背侧与小脑扁桃体为邻, 二者均位于枕骨大孔上方。

在延髓腹侧面有前正中裂 (anterior median fissure), 在裂的两侧, 延髓的上部有纵形隆起, 称锥体 (pyramid), 其深方有锥体束通过。在延髓下端, 锥体内由端脑发出的皮质脊髓束纤维大部分呈交叉状交叉至对侧脊髓侧索下行, 形成锥体交叉 (decussation of pyramid), 部分填塞了前正中裂。在延髓上部, 锥体背外侧的卵圆形隆起为橄榄 (olive), 其深方为下橄榄核。锥体和橄榄之间为前外侧沟 (anterolateral sulcus), 沟中有舌下神经根丝出脑。在橄榄背侧有橄榄后沟 (retroolivary sulcus), 可见自上而下依次排列的舌咽神经、迷走神经和副神经 (脑根和脊髓根) 在此出脑。

在延髓背面, 上部形成菱形窝的上半。在下部, 脊髓的薄束和楔束向上延伸, 分别终于膨隆的薄束结节 (gracile tubercle) 和楔束结节 (cuneate tubercle), 其深面分别有薄束核和楔束核。在楔束结节与橄榄之间有一不明显的纵形隆起, 称为三叉结节或灰小结节, 其深面有三叉神经脊束及其核。在楔束结节的外上方有隆起的小脑下脚 (inferior cerebellar peduncle), 由小脑与脊髓、延髓间联系的纤维构成。

(二)脑桥的外形

脑桥 (pons) 位于延髓和中脑之间, 并借小脑中脚与小脑相连, 形体较延髓更为膨大, 下缘借延髓脑桥沟与延髓分界, 上缘与中脑的大脑脚相接, 腹侧面宽阔膨隆, 称脑桥基底部 (basilar part of pons)。基底部正中有纵行的浅沟称基底沟 (basilar sulcus), 容纳基底动脉。基底部向后外侧逐渐缩窄, 移行为小脑中脚 (middle cerebellar peduncle), 向背外侧进入小脑。在此横行纤维束中, 有一束纤维从上内方斜向后下方, 其部分纤维经面神经和前庭蜗神经根之间, 在小脑中脚外侧面形成一小隆起称为桥延体 (pontobulbar body)。小脑中脚和基底部的交界处有三叉神经根, 包括宽大的感觉根和位于其前内侧细小的运动根。在延髓脑桥沟中有三对脑神经根, 自内向外依次为展神经、面神经 (运动根和中间根) 和前庭蜗神经。延髓、脑桥和小脑三者的交角处, 临床上称为脑桥小脑三角 (pontocerebellar trigone), 面神经根和前庭蜗神经根恰位于此处。此处的肿瘤可压迫小脑以及附近的面神经、前庭蜗神经、舌咽神经和迷走神经等, 从而产生相应的临床症状。

脑桥的背面向下扩大构成第四脑室底的上半, 上部缩窄为脑桥与中脑的移行部, 称为菱脑峡 (rhombencephalic isthmus), 它包括小脑上脚、上髓帆和丘系三角。小脑上脚 (superior cerebellar peduncle) 位于第四脑室底的外侧壁, 由一对连结小脑与中脑的扁纤维束构成。上髓帆 (superior medullary velum) 是一薄层白质板, 紧贴于左、右小脑上脚之间, 形成第四脑室上部的顶壁。上髓帆上有滑车神经根出脑, 它是唯一自脑干背面出脑的细长的脑神经, 绕大脑脚到达脑干的腹侧。丘系三角 (trigonum lemnisci) 是小脑上脚上段腹外侧的三角区, 其嘴侧边界为下丘臂, 尾侧边界为小脑上脚外侧缘, 腹外侧边界为中脑外侧沟。丘系三角内有外侧丘系纤维通过。

菱形窝 (rhomboid fossa) 即第四脑室底 (floor of fourth ventricle), 由延髓的开放部和脑桥的背面共同构成, 因呈菱形, 故称菱形窝。窝的上外侧边界为小脑上脚, 下外侧边界自内向外上依次为薄束结节、楔束结节及小脑下脚。上、下角之间为纵行的后正中沟 (posterior median sulcus),

纵贯菱形窝全长，窝的两个外侧角与其背侧的小脑之间为外侧隐窝（lateral recess），此隐窝绕小脑下脚转向腹侧。两个外侧角与后正中沟之间，有几条横行的浅表纤维束，称髓纹（striae medullares），它是脑桥和延髓在背侧面的分界标志。后正中沟的两侧各有一条纵沟，称界沟（sulcus limitans），将每侧菱形窝分成二区：界沟内侧区称运动区，其深方有脑神经运动核。运动区在髓纹以上呈纵行隆起，称内侧隆起（medial eminence），在靠近髓纹上缘内侧隆起的脑桥部有一对圆形隆起，称面神经丘（facial colliculus），内含面神经膝和展神经核。界沟上端外侧有一在新鲜标本上呈蓝灰色的斑点区，称蓝斑，内含蓝斑核，其外侧紧邻三叉神经中脑核，下端始于三叉神经运动核上端平面，上端达中脑下丘下缘平面，为去甲肾上腺素能神经元聚集的部位。在髓纹以下的延髓部，有斜向内下方的两条浅沟，将此区分为三个小三角区：舌下神经三角（hypoglossal triangle）靠内上方，其深方为舌下神经核。居中间靠外下方的是迷走神经三角（vagal triangle），其深方为迷走神经背核。下外侧与薄束结节之间的三角狭窄，称最后区（area postrema），此区富含血管，属室周器官之一，无血脑屏障。迷走神经三角和最后区之间有一斜行的窄嵴，称分隔索（funiculus separans），同最后区一样，均由含长突细胞（tanyocytes）的室管膜覆盖。界沟外侧区呈三角形称感觉区，其深方有脑神经感觉核。由于感觉区深方以前庭神经核群最表浅，又称前庭区，其外侧角可见一小隆起，称听结节（acoustic tubercle），其深方是蜗背侧核。在菱形窝下角，有第四脑室脉络组织附于两侧薄束结节之间的弯曲边缘，称凹（obex）。凹是表示切面水平的常用标志。

第四脑室（fourth ventricle）（图3）位于脑桥、延髓和小脑之间，是由菱脑内腔扩展而成的菱形空腔。第四脑室的顶朝向小脑，形似帐篷，从前上向后下，分别由上髓帆（superior medullary velum）、小脑白质、下髓帆（inferior medullary velum）和第四脑室脉络组织（tela choroidea of ventricle）构成。上、下髓帆皆为薄层白质板，内覆室管膜，在小脑白质内以锐角相遇，连于小脑，此点恰在小脑小舌和小结之间。上髓帆上部有滑车神经根穿行并在其内交叉后出脑。下髓帆向下变薄移行于第四脑室脉络组织。后者向下附于菱形窝下半的两侧缘，它是由室管膜上皮及其表面富含血管的软脑膜共同组成。软脑膜顶着室管膜突入脑室，背覆着软脑膜和室管膜的血管反复分支缠绕成丛状形成第四脑室脉络丛（choroid plexus of fourth ventricle），可产生脑脊液。第四脑室脉络组织下部附于菱形窝下角尖背侧的凹。

第四脑室脉络组织上有三个孔：一是不成对的第四脑室正中孔（median aperture of ventricle），也叫（Magendie）孔，通向小脑延髓池，孔的下界是凹。此孔不规则，偶尔也可完全不通。另外两个是第四脑室外侧孔（lateral aperture of fourth ventricle），也叫Luschka孔，由第四脑室外侧隐窝的末端形成。该孔的内侧界是小脑下脚，外侧界是小脑绒球。第四脑室脉络丛分为纵横两部，两横部以水平位向两侧延伸，其外端可经外侧孔突入蛛网膜下腔；纵部上端与横部内侧端相接，两纵部平行走向尾侧，两下端常相会合而经正中孔突入小脑延髓池。脉络丛产生的脑脊液充满第四脑室，并经正中孔和两个外侧孔注入蛛网膜下腔。

（三）中脑的外形

中脑（mesencephalon或midbrain）穿经小脑

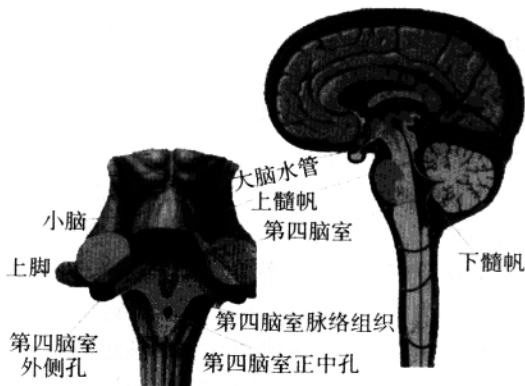


图3 第四脑室

幕裂孔，介于间脑和脑桥之间，它把脑桥、小脑与间脑、大脑连结起来，是脑干中最短的部分。

中脑由腹侧的大脑脚 (cerebral peduncle) 和背侧的四叠体 (corpora quadrigemina)，又称中脑顶盖 (tectum of midbrain) 组成。其上界为间脑视束，与间脑乳头体和松果体邻近，下界为脑桥上缘，与菱脑峡相接，有滑车神经自此出脑。它是唯一自脑干背侧面出脑的脑神经。

中脑腹侧面有一对粗大的纵行隆起，称大脑脚 (cerebral peduncle)，由大量大脑皮质发出的下行纤维构成。左、右大脑脚之间的凹陷为脚间窝 (interpeduncular fossa)，窝底的灰质为许多细小的血管穿过，称后穿质 (posterior perforated substance)。大脑脚底内侧面有动眼神经根出脑。大脑脚底外侧面有一纵沟，称中脑外侧沟 (lateral sulcus of midbrain)。

中脑背侧面四叠体由上、下两对圆形隆起组成，上方的一对称上丘 (superior colliculus)，向前外上方伸出一对长条状隆起称上丘臂 (brachium of superior colliculus)，终于后丘脑的外侧膝状体；下方的一对称下丘 (inferior colliculus)，向前外上方也伸出一对长条状隆起称下丘臂 (brachium of inferior colliculus)，终于后丘脑的内侧膝状体。左、右下丘之间有一皱襞连于上髓帆，称上髓帆系带 (frenulum of superior medullary velum)；在系带两侧，下丘下方，有滑车神经穿出。胚胎时期的神经管腔在中脑成为大脑水管 (cerebral aqueduct)。

二、脑干的内部结构

由于头部感觉器官的分化和鳃弓的衍化，12对脑神经除第Ⅰ对与端脑相连、第Ⅱ对与间脑相连外，其余都与脑干相连。因此，脑干内有与第Ⅲ～Ⅻ对脑神经相连的脑神经核 (cranial nerve nuclei) 和产生多途径联系的网状结构 (reticular formation)。脑干的内部结构从延髓到中脑是逐步改变的，主要由神经核团、长的纤维束和网状结构组成。

其中，脑干的神经核又可分为3种：一种是直接与第Ⅲ～Ⅻ对脑神经相连的，称脑神经核；第2种是不与脑神经相连，但参与组成各种神经传导通路或反射通路的，称非脑神经核；第3种是位于网状结构内的，称网状核。脑神经核可粗分为接受脑神经传入纤维的脑神经感觉核和发出脑神经传出纤维的脑神经运动核。在脑神经核中，所谓“一般”，是指在性质上脊髓和脑干中共有的核；而“特殊”是指与特殊感觉器及鳃弓衍化物有关的核，仅见于脑干。

脑干内存在有7种性质的脑神经核，分别位于界沟的内侧和外侧。界沟是由胚胎时期的神经管形成后在中央管的两侧壁上出现并将侧壁分成背侧的翼板和腹侧的基板的浅沟。界沟内侧是运动性核团，为运动区，由基板发育而来；界沟外侧是感觉性核团，为感觉区，由翼板发育而来。由于一般内脏和特殊内脏感觉核，实际上是孤束核的不同部分，因此自脑干中线向外侧大致排列成6条纵行的机能柱 (图4，图5，图6)，依次排列是：①一般躯体运动柱：主要为支配眼外肌和舌肌运动的一般躯体运动核，由4个核组成，自上而下依次为动眼神经核、滑车神经核、展神经核、舌下神经核。②特殊内脏运动柱：为支配由鳃弓衍化来的骨骼肌 (咽、喉肌等) 运动的特殊内脏运动核，由4个核组成，自上而下依次为三叉神经运动核、面神经核、疑核、副神经核。③一般内脏运动柱：为支配平滑肌、心肌和腺体活动的一般内脏运动核 (又称副交感神经核)，由4个核组成，自上而下依次为动眼神经副核、上涎核、下涎核、迷走神经背核。④内脏感觉柱：为接受脏器、心血管和味觉一级传入纤维的一般和特殊内脏感觉核即孤束核 (上部为特殊感觉，下部为一般感觉)。⑤一般躯体感觉柱：为接受头面部皮肤和粘膜一级传入纤维的一般躯体感觉核，由3个与三叉神经有关的核组成，自上而下依次为三叉神经中脑核、三叉神经脑桥核、三叉神经脊束核。⑥特殊躯体感觉柱：为接受内耳听器和平衡器一级传入纤维的特殊躯体感觉核，由前庭神经核和蜗神经核组成。