

崔毓宇 编著

人体 中枢神经系 内部结构 学习指南

云南科技出版社

人体中枢神经系统内部结构

学习指南

崔毓宇 编著

云南科技出版社

责任编辑：陆秀华

封面设计：李德华

人体中枢神经系内部结构学习指南

崔毓宇 编著

云南科技出版社出版发行 (昆明市书林街100号)

云南新华印刷厂印装 云南省新华书店经销

开本：787×1092 1/16 印张：8.75 字数：190,000

1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷

印数：1—8,000

ISBN 7-5416-0019-9/R·8

统一书号：14466·19 定价：1.60 元

前 言

本书是作为辅助教材而编写的，可供医药院校学生学习神经解剖时参考使用。它是在课堂讲授讲稿的基础上加以改编、补充而写成的。

本书的特点是：它既不单纯按中枢神经系各段的横断面，也不单纯按传导路上、下连系来讲述中枢神经系的内部结构，而是从中枢与周围神经相互联系的角度，从神经系的发展演化的角度，以及功能、结构相互关系的角度来分析中枢神经系内部结构存在的必然性和一般规律。

全书共分总论及各论两部分，总论部分对中枢神经系内部结构的来源、位置、联系和作用等，进行一般的论述，读者读完此部分后，便可利用所获得的知识来自己分析、推断各论中所遇到的诸多问题。

本书所讨论的范围，只限于中枢神经系的内部结构，但内部结构与外部形态之间关系密切，中枢与周围神经紧密相连，故在阅读本书之前，请读者预先复习有关中枢神经系外部形态及周围神经系等方面的内容。

书中有插图154幅，均系线条示意图，大部取材于各种教科书，部分为傅向阳同志所绘制，于此深表感谢。

承蒙云南省科协及云南解剖学会多方赞助，使此书得以问世，深表谢意。

中枢神经系的内部构造极为复杂，初学者每感难于理解，苦于记忆，笔者编写此书意在帮助初学者克服上述学习中的困难。但水平所限，欠妥、错误之处在所难免，希望得到读者和来自各方面的批评和指正。

编著者

目 录

第一章 总论.....	(1)
第一节 神经活动的种类和形式.....	(1)
一、神经活动的种类.....	(1)
(一) 意识性神经活动.....	(1)
(二) 非意识性神经活动.....	(1)
(三) 下意识性神经活动.....	(1)
二、神经活动的方式.....	(2)
(一) 感受器.....	(2)
(二) 神经的传入部.....	(2)
(三) 神经的中枢部.....	(3)
(四) 神经的传出部.....	(3)
(五) 效应器.....	(3)
第二节 感受器与效应器.....	(3)
一、感受器.....	(4)
(一) 感受器的分类.....	(4)
(二) 感受器的构造.....	(5)
二、效应器.....	(6)
(一) 效应器的分类.....	(6)
(二) 效应器的构造.....	(6)
第三节 中枢神经系内部结构概述.....	(8)
一、从中枢神经系与周围神经系相互联系的角度来探讨中枢神经系的内部构造.....	(8)
二、从神经系发展、演化的角度来探讨中枢神经系的内部结构.....	(8)
第四节 中枢神经系的构造单位.....	(13)
一、神经胶质细胞.....	(13)
二、神经细胞——神经元.....	(13)
(一) 神经元的形态.....	(13)
(二) 神经元的分类.....	(15)
第五节 神经元在中枢神经系内部所形成的结构.....	(16)
一、灰质.....	(16)
(一) 内部灰质.....	(17)
(二) 皮质.....	(23)

二、白质.....	(23)
(一) 白质的分类.....	(23)
(二) 白质束的一般位置.....	(27)
(三) 白质纤维的排列顺序.....	(28)
(四) 白质束的数目.....	(28)
(五) 白质束的名称.....	(29)
(六) 白质的交叉.....	(29)
小结.....	(30)
一、传导通路.....	(30)
(一) 上行传导路的组成.....	(30)
(二) 下行传导路由下列结构连接形成的.....	(30)
二、反射通路.....	(30)
复习思考题.....	(31)
第二章 各论	(32)
第一节 脊髓的内部结构	(32)
一、脊髓的管腔.....	(33)
二、脊髓的内部灰质.....	(33)
(一) 与周围神经直接相关的灰质.....	(33)
(二) 固有灰质.....	(38)
(三) 脊髓灰质的板层构筑.....	(38)
三、脊髓的白质.....	(39)
(一) 与脊神经直接相关的白质.....	(39)
(二) 脊髓内的传导性白质.....	(41)
(三) 脊髓的固有白质.....	(47)
四、脊髓各段的特征.....	(50)
(一) 脊髓灰质的节段特征.....	(51)
(二) 脊髓白质的节段特征.....	(51)
复习思考题.....	(53)
第二节 脑干的内部结构	(53)
一、脑干的管腔.....	(54)
二、脑干的内部灰质.....	(55)
(一) 与脑神经直接相关的灰质.....	(55)
(二) 脑干的中继灰质核.....	(65)
(三) 脑干的固有灰质.....	(66)
三、脑干的白质.....	(68)
(一) 与脑神经直接相关的白质.....	(68)
(二) 脑干的传导白质.....	(71)
(三) 脑干的固有白质.....	(82)

四、脑干的网状结构.....	(84)
复习思考题.....	(85)
第三节 小脑的内部结构	(85)
一、小脑的灰质.....	(86)
(一) 小脑半球皮质.....	(86)
(二) 小脑的内部灰质核.....	(87)
二、小脑的白质.....	(88)
(一) 小脑半球皮质内的纤维.....	(88)
(二) 小脑的内部白质.....	(89)
三、小脑脚.....	(93)
(一) 小脑上脚.....	(93)
(二) 小脑中脚.....	(93)
(三) 小脑下脚.....	(93)
复习思考题.....	(94)
第四节 前脑的内部结构	(94)
一、前脑的管腔.....	(95)
二、前脑的灰质.....	(95)
(一) 前脑的内部灰质.....	(95)
(二) 端脑半球皮质.....	(103)
三、前脑的白质.....	(110)
(一) 与周围神经直接相关的白质.....	(110)
(二) 前脑的传导白质束.....	(111)
(三) 前脑的固有白质纤维.....	(122)
(四) 前脑的网状结构.....	(130)
(五) 边缘系统的结构.....	(130)
复习思考题.....	(131)

第一章 总 论

在总论这一部分，我们将讨论与中枢神经系内部结构有关的基本概念和一般规律。

第一节 神经活动的种类和形式

一、神经活动的种类

人类的一切活动都是在神经系的主导作用下进行的。神经系的活动甚为复杂，各种神经活动它们彼此影响，相互作用，对它们做合理的分类十分困难。但是，就神经活动与意识的关系是否密切而论，对神经活动进行分类则是可能的。我们知道，有些神经活动，它们与意识之间的关系非常密切；也有的神经活动，似乎与意识不发生关系。根据神经活动与意识之间的关系是否密切，可将神经活动大致分为下述三种：

（一）意识性神经活动

此种神经活动与人的意识紧密相关，通过这种神经活动，人们可以感受环境变化所发生的种种刺激，并因此而在意识领域里产生相应的、明确可辨的感觉。如痛觉、听觉、视觉等。同时通过此种神经活动，人们可按个人意愿的要求，作出各种有意识的动作。如我们每日所进行的各种工作。这是一种随意的活动，我们可以清楚地意识到它们的存在。这种神经活动，多发生于人体的躯体部分，而不关系人的内脏器官，故常常称之为躯体性神经活动。

（二）非意识性神经活动

这种神经活动与意识的关系不密切，虽然它们时时地在进行着活动，但人们却往往意识不到它们的存在。这种神经活动，既不能使人在意识领域中产生明确可辨的感觉，也不能按意愿的要求而作随意的活动。如管理内脏器官，心血管系的神经活动，即属此类。它们似乎不与意识相关，所以称此类神经活动为自主性或自律性神经活动。又因这种神经活动与内脏器官的活动或新陈代谢的关系密切，故也称之为内脏或植物性神经活动。

（三）下意识性神经活动

这类神经活动虽然可以有意识地进行，但在一般的情况下，它们却是下意识地，或

无意识地,或者是不自觉察地在活动。不经特别的注意,人们常常意识不到它们的存在。但一经注意,人们又可有意识地影响它们的活动,如医生检查病人叩击髌韧带引起的膝跳反射,即属此类。这种神经活动虽然往往不为人们所重视,但在日常生活或工作中,它们却发挥着重要的作用。由于有这种神经活动,人们在经常的、反复的训练中产生了习惯,获得了熟练的技巧。不但如此,这种神经活动还可以下意识地保护人们免遭损害。如身体某部突然遇到有害的刺激,人们便不经思考而迅速地作出反应,以避免有害的刺激。反应活动如此迅速,恰与光线的折射相似,故又称之为反射性神经活动,或称自动神经活动。

(同学们可根据自己的体验来辨认各种神经活动。)

神经活动虽如上述可以大致分为三种,但它们之间广泛联系,相互作用,一种神经活动常常影响另一种神经活动,完全孤立的神经活动是很少的。

我们了解各种神经活动的目的,乃是为了更好的了解实现这些神经活动的各种结构。神经活动的形式既然有这样的差别,那么与之相关的神经结构亦必相应地有所不同。从功能结构相互关联的角度来理解中枢神经系的内部结构,必将有利于今后的学习。

二、神经活动的方式

神经活动虽分三种,但神经活动的基本方式则只有一个,即它们都以反射弧的形式活动。反射弧的组成有的简单,有的复杂,但不论简单或是复杂,它们的基本构造则是相同的。即由下述五个主要部分所组成(见图1)。

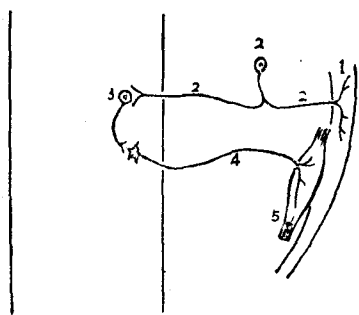


图1 简单的反射弧

- 1.感受器 2.神经的传入部 3.中枢部
4.神经的传出部 5.效应器

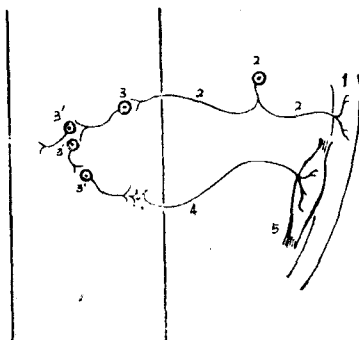


图2 复杂的神经反射弧

- 1.感受器 2.神经的传入部 3.神经的中枢部
4.神经的传出部 5.效应器 3'.中间环节

(一) 感受器

接受环境中能量变化所产生的刺激(见图1之1)。

(二) 神经的传入部

将感受器所接受的刺激变为神经冲动,并把神经冲动从周围向中枢传送(见图1之2)。

（三）神经的中枢部

对传入的神经冲动进行整合（见图1之3）。

（四）神经的传出部

将经整合作用后所产生的神经冲动，从中枢向周围传送到达效应器（见图1之4）。

（五）效应器

在神经冲动的作用下产生活动（见图1之5）。（活动可以是动相的，即引起运动，也可以是静相的，即只改变或调整效应器的状态，而不产生运动）

复杂的反射弧（见图2），是在神经的传入部与传出部之间，插入一个或多个中间环节，使反射弧的构造变得更为复杂，联系更加广泛（见图2之3'）。

上述五个部分是构成一个反射弧的必备结构，它们紧密联系，缺一不可。一般地说，假若没有感受器，则神经活动便无从发起。若无效应器，则神经活动将无法表现，神经系遂失去其作用。如果没有神经系联系于感受器与效应器之间，则一切活动都不可能发生。感受器、效应器亦必归于无用。由此可见，神经系与感受器、效应器之间的关系，非常密切，互相依存。我们学习中枢神经系的内部结构，是为了了解各个神经反射弧的组成、位置、联系和功能。而反射弧的组成又和感受器、效应器不能分开。所以联系感受器、效应器来理解中枢神经系的构造，将是有益的。因此，我们有必要重温有关这方面的知识。

第二节 感受器与效应器

首先要对感受器和效应器有一全面的认识。必须明确，人体内大多数的器官，皆有各自的感受部分和各自的效应部分。以眼球为例，大家都知道眼球是感觉器官，但是在眼球里，真正具有感受功能的部分，只是眼球的最内层，即视网膜的视部（其中的感光细胞），而其它部分并无感光作用。至于眼球内的睫状肌和瞳孔括约肌、瞳孔开大肌则是眼球的效应部分。所以笼统地把眼球看做只是感受器而忽略其效应部分，将是片面的。

以效应器为例，也是如此。肌肉无疑是效应器官，但肌肉中的肌梭，则是其感受部分。

以皮肤而论，一般皆认为皮肤有感受作用，但除了感受功能之外，皮肤中还有大量的腺体（如汗腺，皮脂腺）和立毛肌，它们都是皮肤的效应部分。

其它如内脏器官，心、血管系各部亦皆各有其感受部分和效应部分。

由于体内各种器官几乎皆有其感受部分和效应部分，故感受器、效应器数目甚多，几乎遍布于身体各处，它们所处的位置不同，功能也不一致。下面我们对感受器、效应器的分类和构造，按讲述神经系的需要，作一简要的叙述，以便更好地学习中枢神经系的内部构造。

一、感受器

(一) 感受器的分类

在感受器分类的问题上,学者们的意见尚未完全一致,有的学者根据感受器的构造不同,对之进行分类;有的人则以感受器所在的位置,或所接受的刺激来源不同作为依据,对感受器进行分类。在这里我们根据讲授神经系内部构造的需要,对感受器作如下的分类。

1. 躯体性感受器

这类感受器皆位于身体的躯干、四肢和头颈部。它们因接受的刺激来源不同又可划分为外部感受器和本体感受器两种:

(1) 外部感受器:所接受的刺激来自外环境,又根据其构造不同,将外部感受器分为:

①一般外部感受器:此种感受器位于身体接近体表的部位(如皮肤、角膜和部分粘膜)。它们构造简单。

一般外部感受器是否可以进一步分类?学者们对此持有不同看法。

多数人认为一般外部感受器,可分四种:即接受疼痛刺激的感受器;接受温度刺激的感受器;接受触摸刺激的感受器和接受压迫刺激的感受器。

另外一些人则认为,上述四种外部感受器的构造基本相同,功能并无差别,只是因为所接受的刺激在方式上或程度上有所不同,因而使人产生不同的感觉。例如,轻轻抚摸某处皮肤,可产生轻触觉,但在同一部位,用力压迫,则使人产生压迫的感觉,若用力过重过猛,则使人产生疼痛的感觉。因此,这些学者认为,一般外部感受器不必分为四种。

持闸门控制学说论点的人,则认为产生疼痛感觉与否,不决定于感受器的种类,而是取决于闸门是否开放。

根据讲解中枢神经系内部结构的要求,我们接受第一种论点,将一般外部感受器分为上述四类。(见表一)即痛、温度、触、压感受器。

②特殊外部感受器:这种感受器所接受的刺激,虽然也来自外部世界,但这些感官的构造,均较复杂,而且在功能方面专门化的程度也很高。只接受某种特定的刺激,经特定的路程,产生特定的感觉,而不接受其它的刺激。即使遇到了其它的刺激,所产生的感觉仍为原来的特定感觉。如眼之视网膜,其中的感光细胞只接受光线的刺激,而不接受声音的刺激。听器只接受声音的刺激而不接受光的刺激。在眼球受到震动的刺激时,虽然视网膜接受了这一刺激,但所产生的感觉,仍然是光的感觉(眼前有金星闪闪),而不是声响的感觉。人的听器、视器即属此类感受器。

(2) 本体感受器:此种感受器所接受的刺激,既不来自外环境,也不来自内脏器官,而是来自运动器(效应器)和前庭器。根据本体感受器的位置和构造不同,也可划分为二类:

①一般本体感受器:这种感受器数目甚多,或居于骨骼肌细胞之中,或位于肌腱、

关节韧带之内。骨骼肌收缩，关节活动时所产生的刺激，便由此等感受器所接受，使人可以感知肌肉所处的状态，以及躯体在空间的位置。由于此类感受器位于运动器之中，所接受的刺激又来自运动器本身，故亦有人称之为自受器。

②特殊本体感受器：这种感受器只有一对，即左右两侧内耳中的前庭器。头部活动改变位置时，内耳中内淋巴液的动荡，作用于前庭器中的感觉细胞，通过此种感受器，人们可以感知自己头部所处的位置及位置的变动。

上述的一般外部感受器和一般本体感受器所接受的刺激变为神经冲动被送到意识境界，便可产生人类特有的辨别觉。如：空间距离觉（两点距离觉）；时间距离觉（震动觉）；实体觉（觉察物体的重量，质地等）。辨别觉在人类认识世界方面，有很重要的意义。

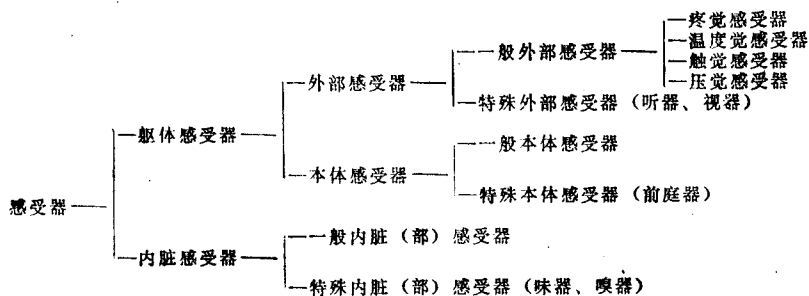
2. 内脏感受器

所接受的刺激主要来自内部环境，故又称之为内部感受器。根据构造和位置的不同，亦可分为两类：

（1）一般内脏感受器：此类感受器数目多，构造简单，位于各内脏器官，心脏及血管壁中，接受内环境变化所产生的刺激。但这种刺激，一般都不在意识领域中产生感觉，有时则只能产生某种模糊不清的胀满之感。过去所看到的颈动脉小体，亦属此类感受器。

（2）特殊内脏感受器：此种内部感受器的构造比较复杂，专门化的程度也较高，体内的嗅器和味蕾均属此类。它们虽属内脏的一部，但所接受的刺激却来自外环境，而不是来自内环境。并且，在意识领域中可以产生明确可辨的感觉。这一点是其特殊之处。

表一 感受器分类一览表



（二）感受器的构造

构成感受器的组织有两种：上述的特殊感受器，多由感觉细胞所作成，它们都不同程度地具有辅助装置。各种感觉细胞皆为特殊分化了的细胞，它们各自接受特定的刺激。而那些一般感受器，并不是感觉细胞作成的，而是由周围神经传入纤维的末梢直接作成的。周围神经传入纤维的终末或者分成许多裸露的终丝，或者形成各种小体（如Meissner氏小体、Pacinian氏环层小体、Ruffini氏小体、Merkel氏盘、Golgi氏腱器和肌梭等）。有关这方面的问题，于此不能详述。

这些裸露的终丝或各种小体，在皮肤内、粘膜中、结合膜、角膜、内脏器官壁内、

心血管壁内、肌细胞中、韧带和肌腱中，形成内部或外部的一般感受器（见图3）。

通过对感受器构造的综述，同学们可以进一步认识到神经系与感受器之间的密切关系。而感受器的分类又可帮助我们理解神经细胞的分类。我们知道感受器接受刺激所形成的神经冲动，有一部分将被送至意识领域，产生感觉。因此可知，有什么感受器，神经系内便有与此种感受器相关的结构。通过这样的相互联系，可以帮助我们理解中枢神经系的构造。所以同学们可参照表一，扼要地记忆感受器的类别与功能特点。

二、效应器

（一）效应器的分类

效应器可以分为两种

1. 躯体性效应器

躯体性效应器即身体各处的骨骼肌，此等肌肉又名横纹肌，它们在神经系的作用下，可按意愿的要求而作随意的活动，故又称为随意肌。

2. 内脏效应器

包括心肌、各内脏器官内的平滑肌和各种腺体（如汗腺、皮脂腺、泪腺和消化腺等）。此类效应器与随意肌不同，虽然也在神经的支配下活动，但它们并不完全按意愿的要求而活动。

（二）效应器的构造

骨骼肌细胞与神经相连之处为终板（图4）。周围神经的运动（传出）纤维进入肌组织后，便不断分支，然后失去髓鞘，最后成为爪状的终丝，末端附着在肌膜内，便形成运动终板（图4）、（图5）。终板和肌细胞共同组成一个运动单位。

心肌和平滑肌细胞与神经纤维相接触之处，构造简单。神经纤维的末梢膨大，形成膨体，膨体居肌细胞的触槽之中，藉此和肌细胞或腺细胞相联系（图6）。

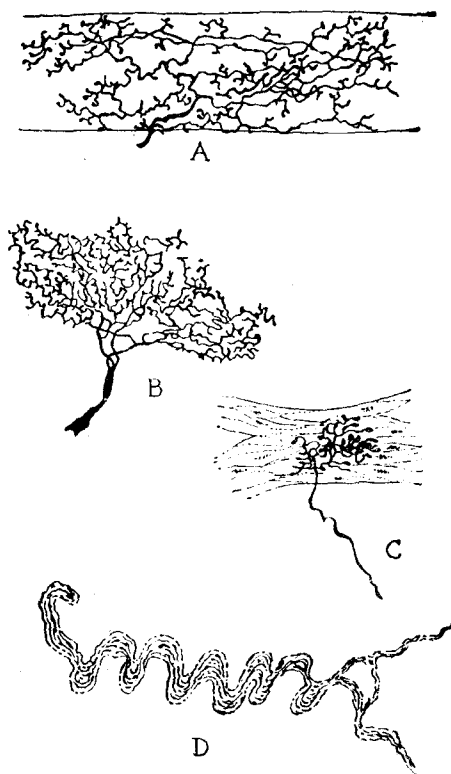


图3 传入纤维的终末形成感受器

A.大动脉壁内的神经终末 B.心内膜内的神经终末
C.平滑肌内的神经终末 D.肌衣内的神经终末

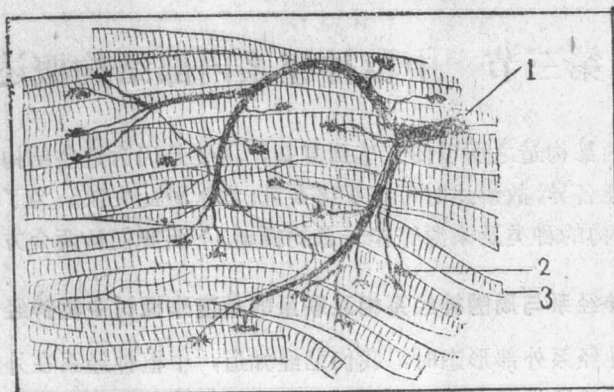


图4 运动(传出)神经纤维的终末

(示骨骼肌内的终板)

1.神经纤维 2.终板 3.肌细胞

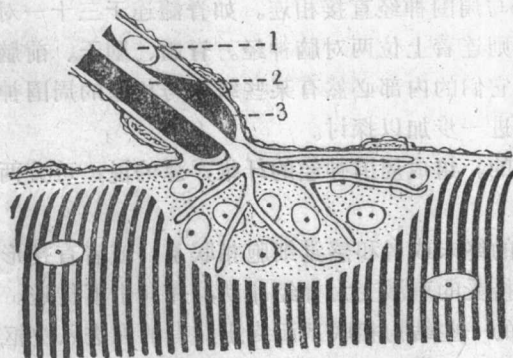


图5 示运动终板

1.Schwann氏细胞核 2.轴突 3.髓鞘

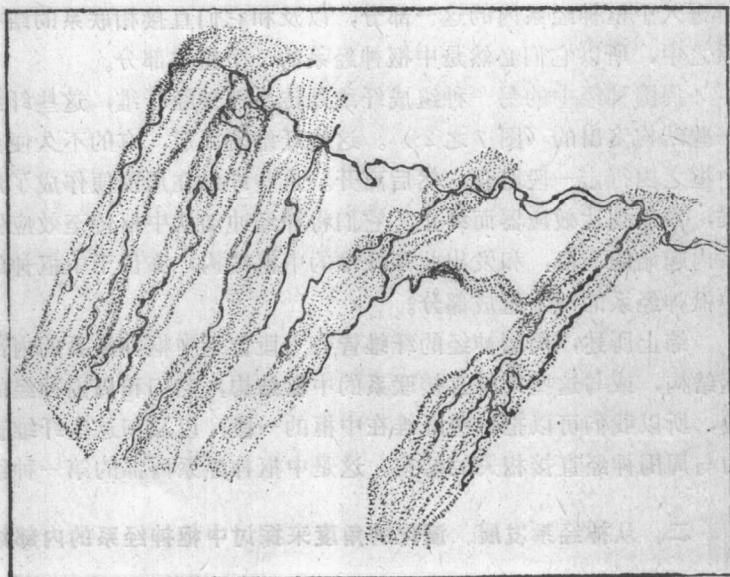


图6 平滑肌内的运动神经终末

第三节 中枢神经系内部结构概述

中枢神经系内部构造之所以使人感到复杂，主要是因为这些结构纵横交错，上下连结、此起彼落，功能各异，故讲述时每感头绪杂乱，常常顾此失彼。为了减少学习中的这些困难，有必要对结构的种类及来源等作一总的概括。下面我们从两个方面探讨这一问题。

一、从中枢神经系与周围神经系相互联系的角度来探讨中枢神经系的内部构造

在观察中枢神经系外部形态时，我们已经知道，中枢神经系在外形上可以划分为四个大的部分：即下边的脊髓，中间的脑干，上边的前脑和脑干后面的小脑。这四个部分，除小脑外，其余三部又皆可分为数段，如：脊髓可分为颈、胸、腰、骶、尾等五段共三十一节；脑干可分为延髓、脑桥和中脑三段；而前脑则可分为间脑和端（大）脑两部。中枢神经系的这三个部分都与周围神经直接相连。如脊髓连于三十一对脊神经；脑干与下位十对脑神经相连；前脑则连着上位两对脑神经。脊髓、脑干、前脑既然都连有周围神经，因之我们可以推想，它们的内部必然有某些结构与相连的周围神经有密切的关系。是否如此？我们在下面将进一步加以探讨。

周围神经是由神经纤维组成的。组成周围神经的纤维，总的说，可分两种：一种是传入纤维；一种是传出纤维。

传入纤维向周围分布，它们的终末或者和感觉细胞相联系，或者直接形成上述的终丝或小体。这种纤维把感受器所接受的刺激变为神经冲动，并向中枢传送。纤维进入中枢神经系之后，有的立即与中枢的一些结构相联系而终止；有的在进入中枢后或者上行一段，或是下降一段，然后和中枢神经系内的结构相联系而终止（图7之1）。传入纤维进入中枢神经系内的这一部分，以及和它们直接相联系的结构，既然皆居于中枢神经系之中，所以它们必然是中枢神经系的一个组成部分。

周围神经中的另一种组成纤维是传出性神经纤维，这些纤维是从中枢神经系内部的一些结构发出的（图7之2）。这些纤维发出后，有的不久便离开中枢神经系；有的在中枢之内行走一段路程，然后离开。这些纤维在周围便作成了周围神经的运动或传出纤维，最后到达效应器而终止。它们将神经冲动从中枢传至效应器，这种纤维在中枢神经系内起始的一段，和发出此等纤维的中枢结构，亦位于中枢神经系的内部，故必然也是中枢神经系的一个组成部分。

综上所述，周围神经的纤维皆有一段位于中枢神经系的内部。而发出这些纤维的中枢结构，或与这些纤维直接联系的中枢结构，它们和周围神经的关系如此密切、如此直接，所以我们可以把这些纤维在中枢的一段，以及和这些纤维直接相关的中枢结构，称为与周围神经直接相关的结构。这是中枢神经系内部的第一种组成成分。

二、从神经系发展、演化的角度来探讨中枢神经系的内部结构

人的中枢神经系，象其它高等动物一样，是从低级动物的原始神经管演化而来。无

脑动物的原始神经管，外形较均一，各个节段之间无显著的差别，神经管内部是由一些分散的，简单的，节段性很强的结构所组成。这种节段性结构联系于周围神经传入纤维与传出纤维之间，实现着节段性的神经活动（见图 8 之 2）。

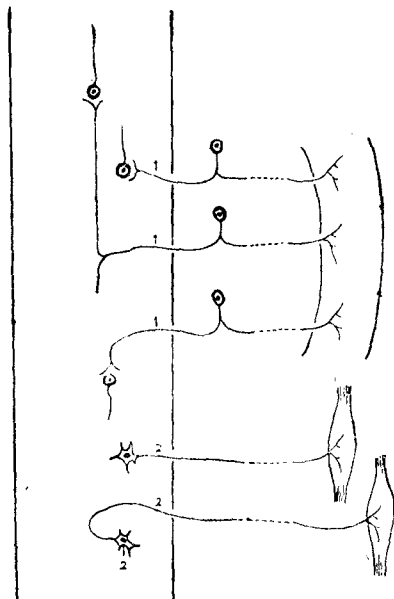


图 7 示与周围神经直接相关的结构

1. 周围神经中的传入纤维进入中枢的部分
2. 周围神经中的传出纤维离开中枢之前的部分，及发出此种纤维的中枢结构

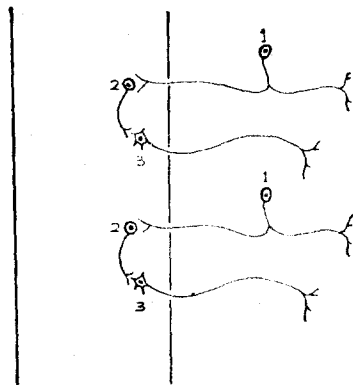


图 8 示节段性的固有结构

1. 周围神经的传入纤维
2. 固有结构
3. 周围神经的传出纤维

在神经系进化的过程中，中枢神经系内部，逐渐出现并发展了新的结构，使其内部构造变得越来越复杂。在新结构发展的同时，旧结构虽然可以发生某些变化，可是它们并不完全消失，而是被保留下来，以原来的形式，与新结构并存。所以在高等动物，尽管它们的中枢神经系内部构造已经发展得十分复杂，但原始神经管原有的那些分散的、节段性很强的旧结构，依然存在。在人类也是如此，中枢神经系内部也保留了原有的、富于节段性的结构，这种结构既然是原始神经管早已具备的结构，故名之为固有结构。这种节段性很强的固有结构，便是中枢神经系内部的第二种组成成分（见图 9 之 2）。

神经系进一步的演化是脑的出现和发展。动物有了定向运动能力之后，它们总是以其头部向前而移动其身体，因此动物的头部必然最先接触新环境，接受更多的刺激。再加上消化器和呼吸器在头部的发展，这样便在动物的头部出现并发展了许多感觉器官：如平衡器、听器、视器、味器、嗅器等，这些感觉器从一开始便藉周围神经和神经管的头端相连，在感觉器与神经系长期相互作用下，神经管的头端便逐渐分化，内部结构变得越来越复杂，外部形态也随之发生了很大的变化，遂使神经管的头端成为脑（图 9）、（图 10—1）。

脊索动物只有一个原始的脑泡，圆口类动物则发展成为五个脑泡。到了鱼类、两栖类、爬虫类直至哺乳类动物，五个脑部逐渐发展，内部结构也变得越来越复杂。

由于脑的出现和发展，中枢神经系遂分化成为两大部分：神经管的头端分化成为脑，为神经系的高级部位，神经管的尾段分化较小，名为脊髓，成为神经系的低级部位，从属于脑。此时神经系便明显地出现了集中化，低级部位的脊髓要把神经冲动送至脑部，进行整合，整合后在脑部产生的神经冲动，要送至低级部位，以管理、控制脊髓的活动，因此在中枢神经系内部除原有的固有结构之外，又出现了一种新结构，这些新的结构，它们往来于脑与脊髓之间，它们不再是节段性的结构，而是超越节段之外的超节段结构（图9之4、5），名为传导结构。这些传导结构，有的把神经冲动从低级传至高级部位，名为上行传导结构；有的则是将神经冲动从高级传向低级部位，叫做下行传导结构。这些传导结构便是中枢神经系内部的第三种组成成分。

中枢神经系内部发展了传导结构之后，脑的演化仍在进行，演化中的一个特征为端脑化。端脑化乃是在感觉器与神经系相互作用之下，作为高级部位的脑部，从后方（尾段）逐步向前方（端脑）移动的过程。最后端脑皮质成为神经系的最高级部位。此时，端脑皮质以下的各个脑部则成为皮质下的中枢。在进化过程中，原来的中枢结构，遂即成为传导路上的中继结构（图10）、（图11）。

例如：圆口类动物的头部，已具备了五个脑泡，但在此类动物只有前庭器最为发达，它是此类动物的主要感觉器官，而其它感官如视器、听器等均无重要作用。前庭器通过前庭神经连于延髓，故在前庭器的影响下，圆口类动物的延髓远较其它脑部更为发达。它是此类动物神经系的高级部位。在此类动物延髓的内部发展出一个感觉——运动联合中枢，从低级部位，经上行传导结构传来的神经冲动，于此联合中枢进行整合。从此中枢产生的神经冲动，通过下行传导结构送至神经系的低级部位（图10—I）、（图11—A）。

鱼类和两栖类动物，随着生活环境的改变，动物以其视器、听器为主要感官。以视器为例，视器藉视神经最初便与中脑相连，视器与中脑相互影响，遂使动物的中脑成为神经系的高级部位，在中脑内部发展了一个新的感觉——运动联合中枢，从低级部位传送来的神经冲动要在新的中枢进行整合，然后从中脑发出神经冲动以管理低级部位的活动，此时神经系的高级部位，便从原来的延髓向前移动了一步到达中脑（图10—II）、（图11—B）。

爬行动物，由于嗅器的作用，使前脑得到了发展，前脑内部遂即出现了另一个感觉——运动联合中枢，前脑便成为神经系的高级部位。哺乳类动物发展了端脑皮质，成为神经系的最高部位，此时，端脑皮质下原来曾做过高级中枢的各脑部，其中的感觉——

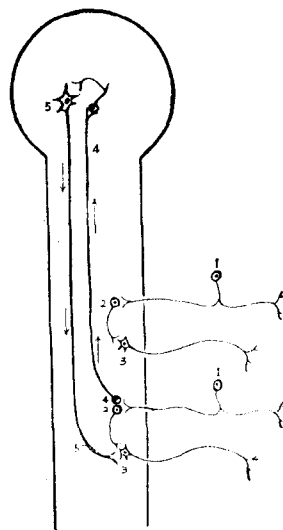


图9 示固有结构及传导结构

- 1.传入纤维 2.固有结构 3.传出纤维
4.上行传导结构 5.下行传导结构