



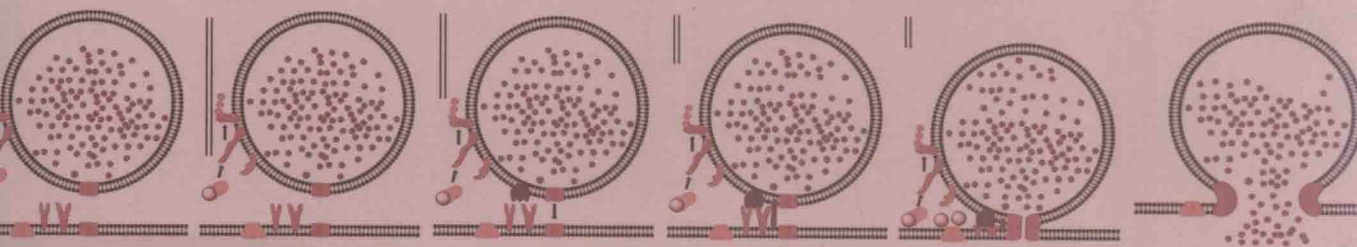
21世纪高等医学院校规划教材

SHENGLI XUE

生理学

主 编 潘群皖

副主编 姜玉新 王海华



中国科学技术大学出版社

21 世纪高等医学院校规划教材

生 理 学

主 编 潘群皖

副主编 姜玉新 王海华

编 委 (以姓氏笔画为序)

王海华 王 静 朱再满

李 敏 李 晶 周萍萍

姜玉新 潘群皖

中国科学技术大学出版社

2014 · 合肥

内 容 简 介

本教材遵循“基本理论、基本知识、基本技能”的原则,在内容论述上,深入浅出,通俗易懂,循序渐进,做到概念清楚、定义准确、结构严谨。坚持以成熟的新知识、理论和方法充实内容,反映科技发展的新成果。主要内容包括:绪论;细胞的基本功能;血液;血液循环;呼吸;消化与吸收;能量代谢和体温;肾脏的排泄功能;感觉器官的功能;神经系统;内分泌;生殖等。

本教材可供医学院校本科非临床医学相关专业(如护理学、预防医学、基础医学、麻醉学、影像学、口腔医学、医学信息学、公共卫生、药学、药剂学、生物医学工程、生物技术、医药营销等)的学生使用,也可作为相关领域教师的重要参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

生理学/潘群皖主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014. 1
ISBN 978-7-312-03330-8

I. 生… II. 潘… III. 人体生理学—医学院校—教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 225264 号

出版 中国科学技术大学出版社
地址:安徽省合肥市金寨路 96 号,邮政编码:230026
网址:<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 20.25
字数 531 千
版次 2014 年 1 月第 1 版
印次 2014 年 1 月第 1 次印刷
印数 1—4000 册
定价 39.00 元

前 言

生理学是医学院校各专业必修的一门重要基础课程。多年来,我国生理学教育工作者孜孜不倦、辛勤耕耘,编写了一批优秀的生理学教材,为我国医学人才的培养做出了较大的贡献。然而,随着教学改革的深入,教学对象的变化,课程目标设置的改变和学时数的缩减,当前使用的规划教材已不能适应现今医学院校非临床本科专业的教学,因此迫切需要编写一部符合非临床专业教学特点的生理学教科书。

本教材遵循加强“基本理论、基本知识、基本技能”训练的原则,在论述内容上,力求深入浅出,通俗易懂,循序渐进。同时,注重体现“五性”,即思想性、科学性、先进性、启发性、适用性,做到概念清楚、定义准确、结构严谨。坚持以成熟的新知识、新理论和新方法充实内容,反映科技发展的新成果。对经典的生理学技术发明和学说的提出及其典故,用小号字体写出,启迪学生阅读,引起学生的学习兴趣,以加深其对基本内容的理解。本书文字和图表的编排力争精练,图文并茂,便于学生阅读。

针对使用规划教材时所遇到的问题,编者们根据自身的教学实践,从教学对象、学时数和教学目标三个方面把握编写内容,做到恪守“三基”,说清基本理论和概念,在此基础上,用最新理论和技术加以论证,或追根求源,以经典生理学实验进行论证,由浅入深,分层次展开基本原理和机制。例如,先概述动作电位产生机制(离子学说),然后以电化学驱动力、电压钳记录电流、膜电导改变和膜片钳电流为研究依据,证实“离子学说”的正确性,从而做到主次分明,便于学生理解和掌握。

此外,本教材将“时值”、“静息电位发现过程”、“电压钳技术”、“膜片钳技术”、“ $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换体转运形成感光细胞外端暗电流”、“耳蜗内淋巴电位的形成”、“耳蜗微音器效应”、“将蛋白质氧化所形成的产热量考虑在内的计算方法”、“关于慢波起源”、“分子伴侣”、“锌指结构”等经典和现代理论作为醒目的小号文字部分,以提高教材的可读性,扩大学生的知识面。这些内容在规划教材中未被提及,本教材增补了这些内容但并未增加整体篇幅,可谓有独到之处。

在内容排序方面,我们尽量服从教学规律,如先讲清生理机制,然后再提出发现依据;消化吸收过程先论述机械性消化,再论述化学性消化,即理论由小到大,避免了规划教材中化学性消化压抑了机械性消化内容的弊端;内分泌章节中将主要内分泌腺及其分泌的激素先行介绍,如下丘脑-垂体、甲状腺、肾上腺、胰岛及其激素,其他内分泌腺及其激素可根据不同专业酌情增减。

由于水平的差距和时间限制,在教材的内容编写、文字斟酌、最新理论汲取方面可能存在不尽如人意之处,且虽然书稿经反复修改和审阅,但其中难免存在错误或不当之处,恳请读者在使用过程中给予批评和指正。

作 者

2013年7月

目 录

前言	(I)
第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
一、生理学的定义和任务	(1)
二、生理学的研究水平	(1)
三、生命活动的基本特征	(2)
第二节 机体的内环境与稳态	(3)
一、体液的分布	(3)
二、内环境的概念	(4)
三、内环境稳态	(4)
第三节 机体生理功能活动的调控	(4)
一、生理功能活动的调控方式	(4)
二、机体的控制系统及其功能	(6)
第二章 细胞的基本功能	(8)
第一节 细胞膜的结构与物质转运功能	(8)
一、细胞膜的结构	(8)
二、细胞膜的物质转运	(10)
第二节 细胞的跨膜信号转导	(14)
一、G 蛋白耦联受体-效应酶介导的信号转导	(15)
二、离子通道受体介导的信号转导	(17)
三、酶耦联受体介导的信号转导	(17)
第三节 细胞的生物电现象	(18)
一、静息电位	(18)
二、动作电位	(20)
第四节 骨骼肌的收缩功能	(28)
一、神经-骨骼肌接头处兴奋的传递	(28)
二、骨骼肌的收缩机制	(30)
三、骨骼肌的兴奋-收缩耦联	(32)
四、影响骨骼肌收缩效能的因素	(33)
第三章 血液	(37)
第一节 血液的组成和理化特性	(37)
一、血液的组成	(37)
二、血量	(38)

三、血液的理化特性	(38)
第二节 血细胞生理	(39)
一、血细胞的生成	(39)
二、红细胞生理	(40)
三、白细胞生理	(43)
四、血小板生理	(45)
第三节 生理性止血	(47)
一、生理性止血的基本过程	(47)
二、血液凝固	(48)
三、纤维蛋白溶解	(52)
第四节 血型 and 输血原则	(53)
一、血型	(53)
二、输血原则	(56)
第四章 血液循环	(59)
第一节 心脏的泵血功能	(59)
一、心脏的泵血过程和机制	(59)
二、心脏泵血功能的评定	(63)
三、影响心输出量的因素	(64)
四、心脏泵血功能的储备	(66)
第二节 心脏的生物电活动和生理特性	(66)
一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制	(67)
二、心肌细胞的生理特性	(71)
三、体表心电图	(76)
第三节 血管生理	(77)
一、各类血管的功能特点	(78)
二、血流量、血流阻力和血压	(79)
三、动脉血压与动脉脉搏	(80)
四、静脉血压和静脉回心血量	(83)
五、微循环	(85)
六、组织液的生成和回流	(86)
第四节 心血管活动的调节	(88)
一、神经调节	(88)
二、体液调节	(94)
三、局部调节	(97)
四、动脉血压的长期调节	(98)
第五节 器官循环	(98)
一、冠脉循环	(98)
二、肺循环	(100)
三、脑循环	(101)

第五章 呼吸	(105)
第一节 肺通气	(105)
一、肺通气的原理	(106)
二、肺通气功能的评价	(114)
第二节 肺换气和组织换气	(117)
一、气体交换的原理	(117)
二、肺换气	(118)
三、组织换气	(120)
第三节 气体在血液中的运输	(120)
一、氧的运输	(121)
二、二氧化碳的运输	(124)
第四节 呼吸运动的调节	(126)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(126)
二、呼吸的反射性调节	(128)
第六章 消化与吸收	(133)
第一节 概述	(133)
一、消化道平滑肌的生理特性	(133)
二、消化腺的分泌功能	(135)
三、消化器官的神经支配及其作用	(135)
四、胃肠激素	(137)
第二节 口腔内消化	(139)
一、咀嚼及吞咽	(139)
二、唾液及其作用	(139)
第三节 胃内消化	(140)
一、胃的运动	(140)
二、胃液的性质、成分及其作用	(141)
三、消化期胃液分泌的调节	(143)
四、内源性物质对胃液分泌的调节	(144)
五、抑制胃液分泌的因素	(145)
第四节 小肠内消化	(145)
一、小肠的运动	(145)
二、小肠的化学性消化	(147)
第五节 大肠内消化	(149)
一、大肠的运动	(149)
二、排便反射	(149)
第六节 吸收	(149)
一、吸收部位及机制	(149)
二、小肠内主要营养物质的吸收	(151)
第七章 能量代谢和体温	(155)

第一节 能量代谢	(155)
一、机体能量的来源和去路	(155)
二、能量代谢的测定	(156)
三、影响能量代谢的主要因素	(159)
四、基础代谢	(160)
第二节 体温及其调节	(161)
一、体温及其生理变动	(161)
二、产热和散热	(162)
三、体温调节	(164)
第八章 肾的排泄功能	(167)
第一节 肾的结构和血液循环特点	(167)
一、肾的结构特点	(167)
二、肾血液循环的特点及调节	(168)
第二节 肾小球的滤过功能	(170)
一、滤过膜	(171)
二、滤过的动力和评定	(172)
三、影响肾小球滤过的因素	(173)
第三节 肾小管和集合管的重吸收及其分泌	(174)
一、肾小管和集合管中的物质转运	(174)
二、几种主要物质的重吸收和分泌	(175)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(181)
一、尿液的稀释	(182)
二、尿液的浓缩	(182)
三、肾髓质渗透梯度的形成和维持	(183)
第五节 尿生成的调节	(185)
一、肾内自身调节	(185)
二、神经调节	(185)
三、体液调节	(186)
第六节 血浆清除率	(189)
一、血浆清除率的测定	(189)
二、血浆清除率测定的意义	(189)
第七节 尿液及其排放	(190)
一、尿液	(190)
二、排尿	(190)
第九章 感觉器官的功能	(193)
第一节 概述	(193)
一、感受器和感觉器官的概念和分类	(193)
二、感受器的一般生理特性	(193)
第二节 视觉器官	(195)

一、眼的折光功能	(195)
二、眼的感光换能功能	(199)
三、与视觉有关的几种生理现象	(204)
第三节 听觉器官	(206)
一、外耳和中耳的功能	(207)
二、内耳(耳蜗)的功能	(209)
第四节 前庭器官	(213)
一、前庭器官的感受细胞	(213)
二、半规管的功能	(214)
三、椭圆囊和球囊的功能	(214)
四、前庭反应	(215)
第五节 嗅觉和味觉	(216)
一、嗅觉	(216)
二、味觉	(216)
第十章 神经系统	(218)
第一节 神经系统功能活动的基本规律	(218)
一、神经元和神经胶质细胞	(218)
二、神经元与神经元之间的信息传递	(221)
三、神经递质和受体	(227)
四、反射中枢的活动规律	(234)
第二节 神经系统的感觉分析功能	(238)
一、躯体感觉的中枢分析	(238)
二、痛觉	(242)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(244)
一、脊髓的躯体运动调节	(244)
二、脑干的躯体运动调节功能	(248)
三、小脑的功能	(251)
四、基底神经节的运动调节功能	(253)
五、大脑皮层的运动调节功能	(255)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(257)
一、自主神经及其功能	(257)
二、内脏活动的中枢调节	(260)
三、本能行为和情绪的中枢调节	(262)
第五节 脑电活动、觉醒与睡眠	(263)
一、皮层电活动	(264)
二、觉醒和睡眠	(266)
第六节 脑的高级功能	(269)
一、学习和记忆	(269)
二、大脑皮层的一侧优势和语言中枢	(272)

第十一章 内分泌	(275)
第一节 概述	(275)
一、内分泌和内分泌系统	(275)
二、激素作用的一般特性	(276)
三、激素的分类	(277)
四、激素的作用机制	(278)
第二节 下丘脑-垂体的内分泌功能	(281)
一、下丘脑激素	(281)
二、腺垂体激素	(283)
第三节 甲状腺内分泌	(286)
一、甲状腺激素的合成	(286)
二、甲状腺激素的贮存、释放和代谢	(287)
三、甲状腺激素的生理作用	(289)
四、甲状腺功能的调节	(290)
第四节 肾上腺内分泌	(291)
一、肾上腺皮质及其激素	(291)
二、肾上腺髓质	(294)
第五节 胰岛	(295)
一、胰岛素	(295)
二、胰高血糖素	(298)
第六节 甲状旁腺、甲状腺 C 细胞内分泌和维生素 D ₃	(299)
一、甲状旁腺激素	(299)
二、降钙素	(300)
三、1,25-二羟维生素 D ₃	(301)
第十二章 生殖	(303)
第一节 男性生殖功能与调节	(303)
一、睾丸的功能	(303)
二、睾丸功能的调节	(305)
第二节 女性生殖功能与调节	(305)
一、卵巢的功能	(306)
二、卵巢功能的调节	(308)
第三节 妊娠与分娩	(310)
一、妊娠	(311)
二、分娩	(313)

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、生理学的定义和任务

生理学(physiology)是研究生物体正常功能及其活动规律的一门科学。生物体(organism)也称机体。生理学的任务是阐明机体及其各个组成部分所表现出的生命现象、活动规律及其产生机制。例如机体的消化吸收、呼吸、血液循环、肌肉运动、神经-体液调节、内环境平衡等诸项功能产生的条件、机理以及相互之间的关系,揭示内外环境变化对这些功能活动的影响及其机体所做出的适应性调节,从而使人类掌握和运用这些知识,为预防疾病的发生、发展和最终治疗提供理论支撑。

二、生理学的研究水平

生理学也是一门实验性科学,它的所有理论都来自实验研究和临床实践。机体最基本的结构和功能单位是细胞,而细胞及其亚微结构又由多种生物大分子所组成。不同组织和细胞构成器官,若干器官连接成不同的系统,各系统相互联系,相互作用,构成复杂的机体。因此,生理学研究需要从人体构成的不同层面上,借助自然科学发展的新技术,从下述三个水平进行研究。

(一) 细胞和分子水平

以细胞及其所含的物质分子为研究对象,主要研究细胞内各种物质分子的物理化学变化过程,各种微细结构的功能活动,细胞在完整机体内的生理功能活动分析等。例如,细胞膜的分子组成及其功能、细胞膜物质转运功能、跨膜信号转导信使分子等研究。

(二) 器官和系统水平

以器官和系统为研究对象,主要研究它们生理功能活动的内在机制、外来影响及其在机体中所起的作用等。例如,心脏的射血功能、影响因素及其对血液循环和整个生命活动的意义。

(三) 整体水平

以完整机体为研究对象,主要研究机体内各个器官、系统间的相互关系,机体在内外环境变化时所发生的相应反应及其规律等。例如,机体在运动、创伤、紧张、恐惧等情况下,或自然环境发生改变时,机体内所产生的适应性反应及其变化。

在研究机体某一生理功能活动时,需要从三个水平同时进行分析和综合。对于人类,还必

须以辩证唯物主义思想为指导,把人体视为包括自然和社会环境在内的生态系统组成部分,从生物、社会和心理等多方面观察和理解人体的生命活动。

三、生命活动的基本特征

通过对原始的单细胞生物体到高等动物乃至人类的观察和研究证实,生命活动具有新陈代谢和兴奋性等基本特征。了解这些基本特征,有助于理解机体生命活动的现象及其规律。

(一) 新陈代谢

新陈代谢是指机体与外环境之间不断进行的物质交换和能量转化,从而实现自我更新的过程。新陈代谢包括同化作用(合成代谢)和异化作用(分解代谢)两个方面。同化作用是指机体从外环境中摄取营养物质,合成自身成分,并贮存能量的过程;异化作用是指机体不断分解自身成分,释放能量以供应机体生理功能活动需要,并将代谢终产物排至体外的过程。新陈代谢是机体与环境之间最基本的联系,新陈代谢一旦停止,机体也就随之死亡。

(二) 兴奋性

兴奋性是指机体或组织细胞对刺激产生反应的能力或特性。在机体各种组织中,神经、肌肉和腺体的兴奋性较高,受刺激后可产生明显的外部特征性变化,易于观察,如神经纤维兴奋后出现神经冲动,肌肉兴奋后出现收缩,腺体兴奋后出现分泌。这些组织被称为“可兴奋组织”(excitable tissue)。

1. 刺激

当环境发生变化时,机体或其相关的组织生理功能活动也随之发生相应的改变,这种能引起机体及其组织细胞发生反应的内外环境变化称为**刺激**(stimulation)。刺激的性质可分为:① 物理性刺激,如声、光、电流、机械、温度和放射线等;② 化学性刺激,如酸、碱、各种离子和药物等;③ 生物性刺激,如细菌、病毒等。此外,人类所处自然环境中的社会和心理因素也可构成对人体的刺激。

2. 反应

机体及其组织细胞受到刺激后所发生的生理功能改变称为**反应**(response)。反应有两种基本方式,即兴奋和抑制。**兴奋**(excitation)是指机体或其组织接受刺激后,某种生理功能活动的出现或加强。**抑制**(inhibition)是指机体或其组织接受刺激后,某种生理功能活动减弱或停止。例如,肾上腺素作用于心脏,使心脏活动增强,产生兴奋作用;乙酰胆碱作用于心脏,使心脏活动减弱,产生抑制作用。兴奋与抑制,两者对立统一,并且可在一定条件下互相转化。此外,刺激与反应之间,还与机体所处功能状态有关。不同的生理功能状态下,同一刺激引起的反应不同,如饥饿和饱食状态时,食物刺激所产生的反应是不同的。

3. 衡量兴奋性的指标

使机体或组织细胞发生反应的刺激,通常包括三个参数,即刺激强度、时间和强度-时间变化率。在生理学实验中,常固定刺激时间和强度-时间变化率,通过刺激强度的改变,观察组织细胞发生反应的情况,判断其兴奋性高低。生理学上将能够引起组织发生反应的最小刺激强度,称为**阈强度**(threshold intensity)或**阈值**(threshold)。刺激强度等于阈值的刺激,称为**阈刺激**;刺激强度小于阈值的刺激,称为**阈下刺激**;而刺激强度大于阈值的刺激,则称为**阈上**

刺激。

阈值是衡量组织兴奋性的指标。通过改变刺激强度,即用阈值判断组织兴奋性高低时,组织的兴奋性与阈值之间呈反比关系,即阈值愈小,组织的兴奋性愈高;反之,组织的兴奋性愈低。

时值(chronaxie)是衡量组织兴奋性的另一重要指标。以刺激强度变化为纵坐标,刺激的作用时间为横坐标,将刚刚能引起组织兴奋所需的刺激强度和时间的变化关系,描绘在直角坐标系中,可得到一条曲线,称为强度-时间曲线(图 1.1)。图中可见即使延长刺激时间,若要引起组织产生兴奋,仍必须达到一定的刺激强度,此强度称为基强度。强度-时间曲线上 2 倍基强度所对应的刺激时间,即为时值。时值反映了 2 倍基强度下,刚刚可引起组织发生反应的最短刺激时间,时值越短,说明组织对刺激发生反应的速度越快,兴奋性越高,即兴奋性是时值的倒数。

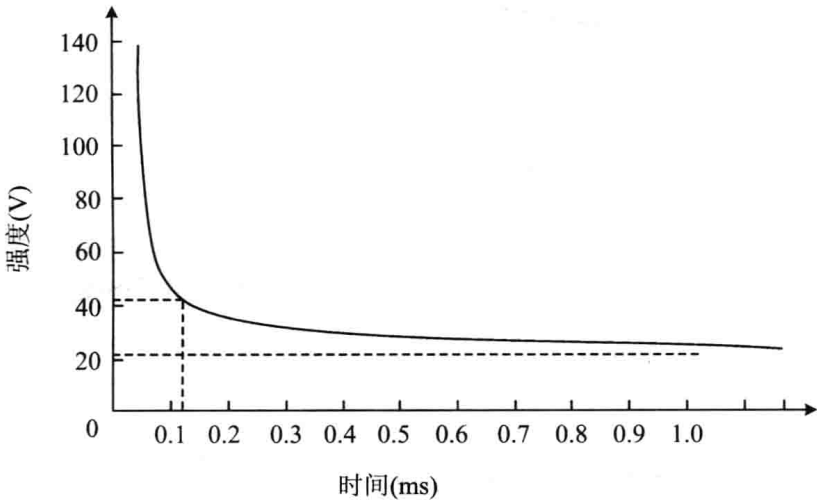


图 1.1 强度-时间曲线

(三) 生殖

生命依赖生殖活动得以维持。生殖是维持物种绵延和种系繁殖的重要生命活动。通过男性和女性发育成熟的生殖细胞相互结合产生子代个体的功能活动称为**生殖**(reproduction)。每个生物体都是其亲代生命的延续,每一个生命的个体可以经历幼年期、成熟期和衰老期,最终都会死亡,但通过生殖活动,可使生命永存。因此,生殖活动是人类繁衍后代、延续种族和维系生命的最基本特征之一。

第二节 机体的内环境与稳态

一、体液的分布

人体内绝大部分细胞并不与外环境直接接触,而是生存在细胞外液之中。机体中的液体称为**体液**(body fluid),约占体重的 60%,其中约 40%存在于细胞内,称为**细胞内液**(intracellular fluid);其余约 20%存在于细胞外,称为**细胞外液**(extracellular fluid),包括血浆、淋巴液、组织液、脑脊液和房水等。

二、内环境的概念

由于细胞外液是体内绝大部分细胞直接赖以生存的液体环境, 所以将细胞外液称为人体的**内环境**(internal environment)。内环境能为人体细胞的活动提供适宜的理化条件, 同时为细胞代谢提供所需要的 O_2 和营养物质, 接受细胞代谢产生的 CO_2 和代谢产物, 然后通过血液运输至排泄器官排出体外。

三、内环境稳态

正常情况下, 内环境的理化性质和化学成分如温度、渗透压、酸碱度、各种离子浓度等只在一个非常窄小的范围内波动, 这种内环境的理化性质和化学成分保持相对稳定的状态称为**内环境稳态**(homeostasis)。它为细胞的正常生理功能活动提供了一个相对恒定的环境, 维持着新陈代谢、兴奋性和正常的生命活动。

内环境稳态虽然并不随着外环境的变动而发生明显变化, 但并非静止不变, 而是一种复杂的动态平衡。一方面外界环境的变化和细胞的代谢活动不断使稳态受到破坏; 另一方面人体又通过各种调控机制不断恢复至稳态。因此, 稳态是一个相对稳定的状况。如果内环境稳态遭到严重破坏, 超过人体的调控能力, 新陈代谢不能正常进行, 就会影响人体的正常生理功能活动, 可导致疾病甚至危及生命。

第三节 机体生理功能活动的调控

当人体的内外环境发生变化时, 体内一些组织器官能够做出相应的功能改变, 使人体适应外环境的变化, 以保持内环境稳态, 这种过程称为生理功能活动的调控。

一、生理功能活动的调控方式

(一) 神经调节

神经调节(neuroregulation)是指通过神经系统的活动对人体生理功能进行的调节, 它在整个调节过程中起主导作用。神经调节的基本方式是反射。**反射**(reflex)是指在中枢神经系统参与下, 机体对刺激产生的规律性应答。反射活动的结构基础是反射弧, 典型的**反射弧**是由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五部分组成的。感受器能将所感受到的各种刺激转换为电信号, 沿着传入神经传向神经中枢, 神经中枢对传入的信号加以分析、综合, 然后将整合后的信息通过传出神经, 传至效应器并改变效应器的活动, 完成反射动作。反射活动的正常进行, 有赖于反射弧结构与功能的完整性, 反射弧中任何一个部分受到破坏或发生功能障碍, 相应的反射都不能完成。

人的反射可分为非条件反射和条件反射两大类。**非条件反射**(non-conditional reflex)是先天遗传的、反射弧和反应方式都比较固定, 多为维持人和动物生命本能的一种初级神经调节活动。例如, 食物进入口腔引起唾液分泌, 手指受到电击迅速缩回等。**条件反射**(conditioned

reflex)是建立在非条件反射的基础上,经过后天学习训练获得的反射,属于高级神经活动,反射弧不固定,复杂,易消退,须强化。如铃声和光刺激引起狗唾液分泌等。条件反射的建立,大大扩展了人类适应环境变化的范围和能力。

神经调节的特点是反应迅速,调节精确,作用范围局限和作用时间短暂等。

(二) 体液调节

体液调节是指体内某些特殊化学物质,通过体液运输至器官或组织细胞后对其生理功能活动进行的调节。一些内分泌腺分泌的激素可通过血液运输,远距离作用到全身各处的靶细胞,产生特定的调节作用,这种方式称为**远距分泌**(telecrine)。如甲状腺激素和生长激素可促进全身物质代谢和生长发育过程。某些组织细胞产生的生物活性物质通过局部组织液扩散,调节邻近组织细胞的生理功能活动,这种方式称为**旁分泌**(paracrine)。如生长抑素可通过旁分泌抑制胰岛中胰高血糖素的分泌。一些内分泌细胞分泌的激素,扩散至细胞间隙,再反过来作用于分泌该激素的细胞自身,这种方式称为**自分泌**(autocrine)。此外,体内一些神经元可分泌或释放某种神经激素,调节机体的功能活动,这种神经激素的分泌和作用方式称为**神经分泌**(neurosecretion)(图 1.2)。如下丘脑视上核神经元可释放抗利尿激素,后者通过血液循环调节肾脏的尿生成过程。

体液调节的特点是作用缓慢,时间持久,范围广泛。



图 1.2 体液调节的方式

(三) 自身调节

组织细胞不依赖神经和体液调节,由自身对刺激而产生的一种适应性反应称为**自身调节**(autoregulation)。例如肾血流量的自身调节,当肾动脉灌注压在一定范围(80~180 mmHg)^①内变动时,肾脏血管可产生相应的肌原性收缩和舒张,使肾血流量基本保持稳定。这种肌原性反应在肾动脉压力升高时,表现为肾血管平滑肌收缩,而当肾动脉压力降低时,肾血管平滑肌舒张,从而维持肾血流量的相对稳定,保证了肾小球的有效滤过和尿量的生成在一定范围内不受动脉血压改变的影响。此外,人体脑部血管及其血流量的调节,也呈现出明显的自身调节机制。自身调节的特点是调节幅度小,范围局限。

上述三种调节方式各有作用和特点,但又相互联系,密切配合,以保证人体生理功能活动的正常进行。

^① 1 mmHg=1.33322×10² Pa。

二、机体的控制系统及其功能

人体生理功能活动要达到精细程度,必须依赖于机体控制系统的活动。人体内的控制系统包括非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统。机体功能活动之所以能得到自我控制,后两种控制系统的功能至关重要。

(一) 反馈控制系统

反馈控制系统是一个由控制部分和受控制部分组成的自动控制系统,形成一个闭合式环路。该系统的基本特点是控制部分与受控制部分之间依托反馈装置发生内在联系。反馈装置具有监测输出变量,并将该变量信息与已设定的调定点进行比较的作用。由控制部分发送到受控部分的信息称为控制信息,由受控部分经反馈装置返回到控制部分的信息称为反馈信息。通过反馈信息对控制部分的活动加以纠正或调整的过程,称为**反馈(feedback)**。在人体,反射中枢或内分泌腺可被看作控制部分,而对其所支配的效应器或靶器官则可看作是受控部分,而机体中所存在的各种感受器,某种意义而言具有反馈装置的作用。反馈根据反馈信息的作用效应不同,可分为负反馈和正反馈两类。

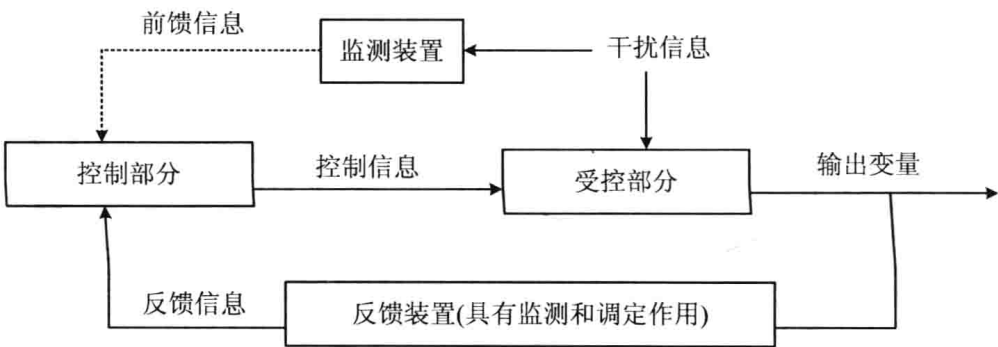


图 1.3 生理功能的反馈控制和前馈控制示意图

1. 负反馈

受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动产生抑制作用,使控制部分的活动减弱,称为**负反馈(negative feedback)**。例如,当外界温度降低时,理论上人体温度也将随之降低,但由于人体内存在着温度感受器,可将体温下降的信息传至体温调节中枢,经过体温调节中枢的整合作用,通过相应的传出神经活动,一方面使机体产热器官如肝脏和肌肉活动增强,使产热增加,另一方面使皮下血管收缩,机体散热减少,保持体热,这样便可使体温保持在一个相对稳定的状态。人体过度憋气一段时间后,呼吸大幅度增强的现象,也是因为血中气体分压改变而导致呼吸活动发生相应变化的负反馈调节所致。因此,负反馈的生理意义在于使机体的某种生理功能不致发生较大波动,以维持内环境稳态。

2. 正反馈

受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动产生加强作用,促进和增强控制部分的活动,称为**正反馈(positive feedback)**。例如,血液凝固、排尿反射和分娩过程都是正反馈。这些过程一旦被启动,就会通过正反馈使这些活动进一步加强加快,直到全部过程完成。因此,正反馈的生理意义在于使机体的某种生理功能逐步增强并迅速完成。

(二) 前馈控制系统

控制部分发出信号,指令受控部分活动,同时,在没有反馈调节之前,又通过另一快捷通路(监测装置)获得前馈信息,调整控制信息输出,及时调控受控部分的活动,称前馈(feed-forward)。例如,训练有素的运动员,一旦进入比赛场地后,通过其视觉、听觉对现场的感受或以往比赛的体验,其呼吸和心跳便会适度加强,骨骼肌内部血液循环和气体交换增加,使运动员快速进入最佳的竞技状态。这种前馈调节先于反馈调节之前即可产生,而不需要运动员在剧烈运动后,骨骼肌中血液供应和 O_2 不足时,再通过负反馈信息告知控制部分加强骨骼肌血液循环和 O_2 的供应。人体中很多条件反射包含着前馈调节,如食物的外观和气味等有关信号在食物尚未进入口腔之前,就能引起唾液分泌。正常人伸手抓起某一物体时,若蒙住眼睛,其抓起物体只能是通过手的触觉反馈性调节肌肉和关节的运动及方向,然而,正常人常通过视觉感受发出的前馈信息,快速定位物体和协调肌肉及其关节的活动,进而能迅速准确地抵达目标物并拿起物体。因此,前馈控制具有快速、准确和预见性等特点。

参 考 文 献

- [1] 朱大年. 生理学[M]. 7 版. 北京:人民卫生出版社,2008.
- [2] Guyton A C, Hall J E. Textbook of Medical Physiology[M]. 12th ed. Elsevier Health Sciences, 2010.
- [3] 白波,高明灿. 生理学[M]. 6 版. 北京:人民卫生出版社,2010.
- [4] 姚泰. 人体生理学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2001.

(潘群皖)