



全国医学院校高职高专教材

生理学

主 编 丁报春

副主编 郭少三 张 勋 舒 扬

北京大学医学出版社

全国医学院校高职高专教材

生 理 学

主 编 丁报春

副主编 郭少三 张 勋 舒 扬

编 者 (以姓氏笔画为序)

丁报春 (长沙医学院)

邓祖国 (黔南民族医学高等专科学校)

李春花 (长沙医学院)

杨延泽 (湖南师范大学医学院)

杨春涛 (长沙医学院)

张 勋 (黔南民族医学高等专科学校)

陈扬宝 (中南大学湘雅医学院)

罗官莉 (长沙医学院)

贺孟来 (长沙医学院)

郭少三 (岳阳职业技术学院)

舒 扬 (云南医学高等专科学校)

秘 书 罗官莉 杨春涛

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/丁报春主编. —北京: 北京大学医学出版社,
2006.1 (2007.2 重印)
全国医学院校高职高专教材
ISBN 978-7-81071-793-9

I. 生... II. 丁... III. 生理学-高等学校: 技术学校-
教材 IV. Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 010106 号

生 理 学

主 编: 丁报春

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 莱芜市圣龙印务有限责任公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 张彩虹 责任校对: 蓝 叶 责任印制: 张京生

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.25 字数: 464 千字

版 次: 2006 年 1 月第 1 版 2007 年 2 月第 2 次印刷 印数: 8000—15000 册

书 号: ISBN 978-7-81071-793-9

定 价: 23.90 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

为了落实和贯彻医学专科学生的培养目标，必须把三基（基本知识、基本理论、基本技能）放在首位，并力求理论联系实际，基础结合临床，反映较成熟的现代医学生理学的某些新进展。因此，本书在进一步提高思想性、科学性、先进性、启发性、逻辑性、实用性和可读性等方面作了一些努力。精选内容，删繁就简，体现专科教育特色，删除了一些钻牛角尖的内容，适当增加了一些实用的内容，如血型遗传等国家题库要考、临床实践要用而书中又没有的内容。部分内容反映了科学的新进展，例如延髓心血管中枢的新概念。文字描述深入浅出，更详细一些，既不是压缩饼干，又不是写专著，力求可读性，有利于学生自学。本书精选了一些简明的插图，有的作者自己设计绘制了一些具有知识产权的新图，让学生一目了然，以求提高教学质量。插图注明来源出处，引用的图如未作修改，必须用原作者的资料。如作了关键性修改，也注明了依某某图略加修改，以尊重原作者的知识产权，防止剽窃行为，这是本书的另一个特点和尝试，以图抛砖引玉，期望今后编书都朝此方向努力。

本书末附有中英文对照专业词汇，便于学生查阅，有利于学生专业英语的学习。书末还附有参考文献，一方面保护原作者的知识产权，另一方面又有利于学生通过自学查找部分参考书和文献，以扩展和牢固掌握知识。

由于我们水平有限，加之时间仓促，编写中必然存在一些问题，甚至错误，恳切期望生理学界的老前辈和使用本教材的广大师生读者给予批评指正，以便今后进一步修改、补充和完善。谢谢！

丁报春

2006 年元月于长沙

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学研究方法	(1)
一、宏观研究	(1)
二、微观研究	(2)
三、综合研究	(2)
第二节 人体功能活动的基本特征	(3)
一、兴奋性	(3)
二、稳态	(5)
三、生物节律	(5)
第三节 人体功能的调节	(6)
一、人体功能的调节方式	(6)
二、人体功能调节的自动控制系统	(7)
第二章 细胞的基本功能	(10)
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	(10)
一、细胞膜的基本结构	(10)
二、细胞膜的跨膜物质转运功能	(12)
第二节 细胞的信号转导功能	(16)
一、细胞间的信号传递	(16)
二、跨膜信号传递系统	(16)
三、细胞内受体介导的信号转导	(17)
第三节 细胞的生物电现象	(17)
一、静息电位及其产生机制	(17)
二、动作电位及其产生机制	(19)
三、局部电位及其特性	(22)
第四节 骨骼肌的收缩功能	(23)
一、神经-骨骼肌接头处的兴奋传递	(23)
二、骨骼肌的兴奋-收缩耦联	(25)
三、骨骼肌细胞的收缩	(26)
四、骨骼肌收缩的外部表现	(27)
五、影响骨骼肌收缩的因素	(29)
第三章 血液	(31)
第一节 概述	(31)
一、血液的组成	(31)
二、血液的功能	(32)
三、血液的理化特性	(32)

第二节 血浆	(33)
一、血浆的成分	(33)
二、血浆与血清的区别	(34)
三、血浆渗透压	(34)
第三节 血细胞	(35)
一、红细胞	(36)
二、白细胞	(40)
三、血小板	(42)
第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(43)
一、血液凝固	(43)
二、纤维蛋白溶解	(47)
第五节 血量、输血与血型	(48)
一、血量和输血	(48)
二、血型	(49)
第四章 循环系统	(53)
第一节 心脏生理	(53)
一、心肌的生物电现象	(53)
二、心肌的生理特性	(59)
三、心脏的泵血功能	(65)
四、心音	(73)
第二节 血管生理	(74)
一、各类血管的结构与功能	(74)
二、血流	(75)
三、血压	(76)
四、微循环	(81)
五、组织液的生成和回流	(84)
六、淋巴液的生成与回流	(86)
第三节 心血管活动的调节	(87)
一、神经调节	(87)
二、体液调节	(92)
第四节 器官循环	(96)
一、冠脉循环	(96)
二、肺循环	(98)
三、脑循环	(99)
第五章 呼吸	(101)
第一节 肺通气	(101)
一、肺通气的结构基础及其功能	(101)
二、肺通气的动力	(105)
三、肺通气的阻力	(107)
四、肺通气功能的评价	(108)

第二节 呼吸气体的交换	(111)
一、气体交换原理	(111)
二、肺换气	(112)
三、组织换气	(113)
第三节 气体在血液中的运输	(113)
一、气体在血液中的存在形式	(114)
二、氧的运输	(114)
三、二氧化碳的运输	(117)
第四节 呼吸运动的调节	(118)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(118)
二、呼吸的反射性调节	(120)
三、周期性呼吸	(124)
四、特殊环境对呼吸的影响	(124)
第六章 消化与吸收	(126)
第一节 概述	(126)
一、消化和吸收的概念	(126)
二、消化道平滑肌的生理特性	(126)
三、消化液的分泌	(127)
第二节 口腔内消化	(128)
一、化学性消化——唾液的分泌	(128)
二、机械性消化——咀嚼和吞咽	(129)
第三节 胃内消化	(130)
一、化学性消化——胃液的分泌	(130)
二、机械性消化——胃的运动	(134)
第四节 小肠内消化	(135)
一、化学性消化——胰液、胆汁和小肠液	(136)
二、机械性消化——小肠的运动	(138)
第五节 大肠的功能	(139)
一、大肠液的分泌	(139)
二、大肠的运动和排便	(140)
第六节 吸收	(140)
一、吸收的部位	(141)
二、主要营养物质的吸收	(141)
第七章 能量代谢和体温	(145)
第一节 能量代谢	(145)
一、能量的来源和去路	(145)
二、能量代谢的测定	(146)
三、影响能量代谢的因素	(149)
四、基础代谢	(149)
第二节 体温及其调节	(151)

一、体温	(151)
二、机体的产热和散热	(152)
三、体温调节	(155)
第八章 尿的生成与排放	(158)
第一节 肾脏的结构和血液循环特点	(158)
一、肾脏的结构特点	(158)
二、肾脏血液循环的特点	(159)
三、肾血流量的调节	(160)
第二节 肾小球的滤过作用	(161)
一、滤过膜及其通透性	(162)
二、有效滤过压	(163)
三、影响肾小球滤过的因素	(163)
第三节 肾小管与集合管的重吸收功能	(164)
一、重吸收的基本概念	(164)
二、重吸收的部位和方式	(165)
三、各段肾小管与集合管的重吸收	(165)
四、影响肾小管和集合管重吸收的因素	(169)
第四节 肾小管和集合管的分泌与排泄作用	(170)
一、分泌 H^+	(170)
二、分泌 K^+	(170)
三、分泌 NH_3	(171)
四、排出血浆中某些物质	(171)
第五节 尿液的浓缩与稀释	(171)
一、尿液浓缩与稀释的基本过程	(172)
二、肾髓质渗透压梯度的形成和维持	(172)
三、影响尿浓缩和稀释的因素	(173)
第六节 尿生成的调节	(174)
一、体液调节	(174)
二、神经调节	(176)
第七节 血浆清除率	(177)
一、血浆清除率的定义	(177)
二、血浆清除率的测定方法	(177)
三、测定血浆清除率的意义	(177)
第八节 尿液及其排放	(178)
一、尿液	(178)
二、排尿	(178)
第九章 感觉器官	(180)
第一节 概述	(180)
一、感受器与感觉器官的定义和分类	(180)
二、感受器的一般生理特性	(180)

第二节 眼的视觉功能	(181)
一、眼的折光功能	(182)
二、眼的感光功能	(185)
三、与视觉有关的几种生理现象	(188)
第三节 耳的听觉功能	(189)
一、外耳和中耳的功能	(189)
二、内耳的感音功能	(190)
三、听阈与听域	(192)
第四节 前庭器官的平衡感觉功能	(193)
一、前庭器官的感受细胞	(193)
二、椭圆囊和球囊的功能	(194)
三、半规管的功能	(194)
四、前庭反应	(194)
第五节 其他感觉器官	(196)
一、鼻的嗅觉功能	(196)
二、舌的味觉功能	(196)
三、皮肤的感觉功能	(197)
第十章 神经系统	(198)
第一节 神经元及反射活动的一般规律	(198)
一、神经元和神经纤维	(198)
二、突触生理	(200)
三、神经递质	(203)
四、反射中枢	(204)
第二节 神经系统的感觉功能	(207)
一、脊髓与脑干的感觉传导功能	(207)
二、丘脑及其感觉投射系统	(208)
三、大脑皮质感觉代表区	(209)
四、痛觉	(210)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(212)
一、脊髓对躯体运动的调节	(212)
二、脑干对肌紧张的调节	(215)
三、小脑对躯体运动的调节	(216)
四、基底核对躯体运动的调节	(217)
五、大脑皮质对躯体运动的调节	(217)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(219)
一、自主神经系统的结构和功能特征	(220)
二、自主神经的主要功能及生理意义	(220)
三、自主神经的递质及其受体	(221)
四、各级中枢对内脏活动的调节	(223)
第五节 脑的高级功能与脑电活动	(225)

一、条件反射·····	(225)
二、学习与记忆·····	(226)
三、大脑皮质的语言中枢·····	(228)
四、大脑皮质的电活动·····	(228)
五、觉醒和睡眠·····	(230)
第十一章 内分泌 ·····	(232)
第一节 概述·····	(232)
一、内分泌系统及激素的概念·····	(232)
二、激素的分类及信息传递方式·····	(232)
三、激素的作用及其机制·····	(233)
四、激素作用的一般特征·····	(235)
第二节 甲状腺的激素·····	(236)
一、甲状腺的解剖特点及其激素·····	(236)
二、甲状腺激素的合成、储存、释放与运输·····	(237)
三、甲状腺激素的生理作用·····	(239)
四、甲状腺激素分泌的调节·····	(240)
第三节 肾上腺的激素·····	(241)
一、肾上腺皮质的激素·····	(241)
二、肾上腺髓质的激素·····	(244)
第四节 下丘脑与垂体的激素·····	(245)
一、下丘脑与垂体的功能联系及激素·····	(245)
二、腺垂体的激素·····	(247)
三、神经垂体的激素·····	(249)
第五节 胰岛的激素·····	(250)
一、胰岛素·····	(250)
二、胰高血糖素·····	(252)
第六节 调节钙、磷代谢的激素·····	(252)
一、甲状旁腺激素·····	(252)
二、降钙素·····	(253)
三、活性维生素 D ₃ ·····	(254)
第七节 其他激素·····	(254)
一、前列腺素·····	(254)
二、松果体的激素·····	(255)
三、胸腺的激素·····	(255)
第十二章 生殖 ·····	(257)
第一节 男性生殖·····	(257)
一、睾丸的生精作用·····	(257)
二、睾丸的内分泌功能·····	(258)
三、睾丸功能的调节·····	(259)
第二节 女性生殖·····	(260)

一、卵巢的生卵功能·····	(260)
二、卵巢的内分泌功能·····	(261)
三、月经周期·····	(262)
第三节 妊娠、分娩与避孕·····	(264)
一、妊娠与分娩·····	(264)
二、避孕·····	(267)
三、社会心理因素对生殖的影响·····	(267)
参考文献·····	(269)
汉英对照索引·····	(270)

第一章 绪 论

生理学 (physiology) 是生物学的一个分支, 根据研究对象的不同分为动物生理学、植物生理学和人体生理学。在医学院校, 人体生理学又称医学生理学, 是研究和阐述有机体 (简称机体, 即具有生命现象的生物体) 的基本功能及其活动规律的科学, 属自然科学, 又是一门非常重要的医学基础课。只有掌握了人体及其各个组成部分的正常功能活动的现象、过程、规律、机制及其在整体活动中的意义, 才能进一步了解疾病的发生、发展的规律, 从而为疾病的诊断、治疗和预防, 以及增强体质、促进健康提供理论基础和作出科学的处理。生理学的成就与突破将促进医学的发展; 反之, 医学的发展又必然促进生理学的研究。两者相互依赖、相互促进, 不可分割。国际诺贝尔六项奖中就设有一项“医学与生理学”奖, 表明了生理学与医学的关系及其重要性。因此, 医学生学好生理学非常重要。

实践是科学知识的源泉, 人体功能活动规律的任何理论和假设只能来自实践, 尤其是来自动物实验的观察。因此, 动物实验是人体生理学不可缺少的手段之一。1628年, 英国医生威廉·哈维 (William Harvey, 1578~1657) 的《心脏和血液运动的研究》一书问世, 首先将动物实验方法引进生理学领域, 证明了血液循环的途径和规律, 成为实验生理学的奠基人, 正如恩格斯所说: “哈维由于发现了血液循环, 而把生理学确立为科学”。我国林可胜教授 (于1926年成立中国生理学会和发现“肠抑胃素”)、蔡翘教授 (早年发现脑内核团, 被国际上命名为“蔡氏区”) 和张锡钧教授 (对神经递质 ACh 的研究、创立迷走神经-垂体后叶反射理论和主办中国生理学杂志) 等老一辈生理学家是中国生理学的奠基人, 他们为我国近代生理学的建立与发展, 为培养几代医学人才做出了巨大的贡献。他们把毕生精力无私地奉献给我国生理科学的发展事业, 永远是我们学习的榜样与楷模。

第一节 生理学的研究方法^[1]

由于人体的功能极为复杂, 需要从不同层次进行研究。主要的研究方法有:

一、宏观研究

(一) 整体与系统水平

研究整个人体或某一系统的功能称为整体与系统水平。例如人在劳动、运动时, 或处于太空、高原、潜水等条件下, 人体或某一系统功能活动的变化和特征, 以及人体与环境的关系、各系统之间的相互联系等。在人体上进行这些整体与系统水平的生理学研究, 首先要用不伤害人体的观测技术, 其次要同时处理多方面复杂因素的影响, 由于这两大难题未能满意解决, 致使该水平研究进展缓慢, 尽管过去的研究取得了一些成果。近年来, 由于电脑、遥控遥测、无创检测、CT、核磁共振等技术的使用, 可以直接观察体内某些结构及功能活动情况, 使各种整体情况下的人体生理学研究有了长足的进展。

(二) 器官水平

研究人体中某一器官的生理功能称为器官水平, 过去这方面的研究取得了大量的成果,

丰富了生理学的内容。器官水平的研究有两种方法:

1. 慢性实验 指在无菌条件下对健康动物进行手术,暴露要研究的器官(如消化道各种造瘘手术)或摘除、破坏某一器官(如切除某一内分泌腺、破坏迷路等),然后尽可能在恢复正常生活的情况下,观察所暴露器官的某些功能,或观察摘除、破坏某一器官后所产生的功能紊乱等。这种方法的优点是便于观察某一器官在正常情况下的功能活动及其在整体功能活动中的地位,所得结果更符合器官在正常生活过程中的活动规律。缺点是不便于具体分析这一器官的生理特性及其与其它器官之间的具体关系。

2. 急性实验 在无痛条件下剖开动物,对在体或离体的某个器官进行实验观察。急性实验又可分为在体(in vivo)与离体(in vitro)两种方法:①在体实验是指所观察的器官仍在体内原位置,保存了神经与体液的影响,例如观察迷走神经兴奋对胰液分泌的影响、动脉血压的调节等实验。②离体实验是从动物体内取出某一器官(如心脏、肾脏、小肠等)或某种组织(如神经肌肉)置于适宜的人工环境中,使之在数小时或稍长的时间内保持生理功能,然后进行实验观察,例如离体蛙心灌流、小肠平滑肌的生理特性、神经-肌肉标本的实验观察等。这种实验方法的优点是方法简便,易于控制实验条件,有利于排除其它因素的影响来观察某一器官的功能活动,还有利于在短时间进行研究和分析某一器官功能活动的过程与特点。缺点是与正常生活情况下的功能有差距,不一定能代表它在正常机体内的情况。

二、微观研究

由于人体各系统是由许多器官组成的,器官的组成单位是细胞,而细胞又由各具特征的物质分子组成,因此,要解开人体及其器官系统功能的奥秘,就必须从细胞和分子水平对人体功能加以研究。

(一) 细胞水平

如生物电子学技术、细胞分离和培养技术、电压钳制(voltage clamp)、膜片钳制(patch clamp)技术、Fura-2 测细胞内 Ca^{2+} 浓度技术、电镜技术以及核磁共振光谱技术等,深入研究细胞各亚微结构的功能。细胞水平也可分为离体(如细胞分离与培养)和在体(如浮动式玻璃微电极记录在体心肌细胞的生物电)两种研究方法。

(二) 分子水平

如分子生物学、分子遗传学、超微量测定等,研究细胞内生物分子的各种物理、化学变化。

三、综合研究

医学生理学既然是研究生命活动规律的科学,而生命活动又是一种复杂的生理现象,因此只靠单一水平的研究和单一的研究技术来阐明这种规律是困难的,而且都会有一定的局限性,必须有多个水平的研究和多种研究手段的配合,才有可能揭示生命活动的规律,称为综合研究。

(一) 多个水平研究的结合

如宏观研究与微观研究相结合。

(二) 多种学科研究的结合

由于学科之间的交叉渗透,如分子生物学、分子遗传学及细胞生物学渗入生理学,单一手段的研究难以阐明生命活动的规律。中国科学院上海生理研究所国际著名生理学家张香桐

教授以神经组织学、神经解剖学、神经生理学、神经生物化学、神经药理学、神经病理学和临床神经病学等多学科组合的方式对脑进行多方面共聚焦的研究,将有助于阐明一些生命活动的规律。

第二节 人体功能活动的基本特征

一、兴奋性^[2~9]

兴奋性是机体对刺激发生兴奋反应的能力或特性,它是在新陈代谢基础上产生的,是机体生命活动的基本特征之一。新陈代谢已在生物学中述及,不再赘述。因此,正确理解兴奋性的含义,掌握与其相关的知识是学好生理学的重要一步。

(一) 刺激与反应

机体生活在不断变化着的内外环境中,时刻受到各种因素的作用,当环境发生变化时,机体能作出相应的反应,以适应环境的变化。生理学中把引起机体作出反应的各种机体内外环境的变化统称为刺激,而把受到刺激后能较迅速产生反应的组织称为可兴奋组织,如神经、肌肉、腺体等。刺激按其性质不同可分为:①物理性刺激,如声、光、电、机械、温度等。②化学性刺激,如酸、碱、盐及各种化学物质等。③生物性刺激,如细菌、病毒等。④社会心理性刺激,如情绪波动、社会的变革等。

反应是指刺激引起机体产生相应的功能活动改变。刺激引起机体的反应有两种:一种是兴奋,另一种是抑制。兴奋和抑制是机体功能状态的两种表现形式,可随条件改变相互转化。抑制是兴奋的反面,意味着兴奋的减弱,或不易发生兴奋。抑制必须以兴奋为前提,死的机体或组织既不能发生兴奋反应也无所谓抑制反应。显然,可兴奋组织最基本的反应形式是兴奋。当然,可兴奋组织接受刺激后既可引起兴奋反应,也可能发生抑制反应,这取决于刺激的质和量,也取决于组织当时所处的功能状态。在整体内,兴奋和抑制都是不可缺少的,它们相互对立而统一。在中枢神经系统参与下完成的各种反射中,一些组织兴奋,另一些组织抑制,从而保证了机体内部的统一协调和对环境变化作出适宜的反应。

刺激与反应是一对密切联系的概念,即由于刺激的作用,可兴奋组织才发生反应,而可兴奋组织的反应又必然是由某种刺激所引起的。可以说,可兴奋组织的一切反应都是由刺激引起的,绝无没有刺激的反应,这说明刺激是产生反应的必要条件,它们是因果关系。刺激可以引起反应,但刺激不一定都引起反应,这取决于两个方面的因素:①刺激:刺激要引起机体产生反应,必须具备三个条件:刺激的强度、刺激的时间、刺激强度对时间的变化率(即强度对时间的微分)。②机体:刺激即使具备了三个条件,还必须是作用于可兴奋的活体上,反应才会发生,如果是作用在不可兴奋的机体或组织,例如死的机体或骨头等,则无论给予什么刺激都是不会引起反应的。此外,即使是活的机体,还取决于机体当时所处的功能状态。

(二) 兴奋与兴奋性

只有可兴奋的组织才能对刺激产生兴奋反应。由于不同的可兴奋组织对刺激产生的兴奋反应表现形式不同,既有共性活动,例如可兴奋组织(神经、肌肉、腺体)接受刺激后都有产生动作电位的反应;也有个性活动,如肌肉接受刺激后可由静止变为收缩,或由弱收缩变为强收缩。腺体接受刺激后可由静止变为分泌,或由少量分泌变为分泌增多。因此,刺激引

起的兴奋反应是一种统称，它包含了共性和个性活动。由于动作电位是一种共性反应，又是最先出现的反应，例如肌肉组织接受刺激引起兴奋反应，表现为先产生动作电位，然后才引起收缩，故近代生理学中，把“动作电位”作为“兴奋”一词的同义语或代名词。因此可兴奋组织接受刺激时产生动作电位的过程及其表现形式称为兴奋（excitation）。可兴奋组织（或机体）对刺激产生兴奋反应（动作电位）的能力或特性称为兴奋性（excitability）。兴奋与兴奋性的区别是前者是机体对刺激产生反应的一种表现形式，即产生动作电位，后者是对刺激产生动作电位的能力或特性，不一定表现出来。衡量兴奋的指标是动作电位，哪里有兴奋，哪里就有动作电位；哪里出现动作电位，就标志哪里有兴奋。衡量兴奋性的指标是阈值。刚能引起组织（肌肉）产生兴奋反应（动作电位或收缩）的最小刺激强度称为阈强度，简称阈值（threshold）。不同组织或同一组织处于不同功能状态都会有不同的阈值。强度等于阈值的刺激称为阈刺激，小于阈值的刺激称为阈下刺激，大于阈值的刺激称为阈上刺激。要引起组织兴奋，一次刺激的强度必须等于或大于该组织的阈值。一次阈下刺激是不能引起组织兴奋的。组织兴奋性的高低与其刺激阈值的大小互呈反变关系，即兴奋性 $\propto 1/\text{阈值}$ 。刺激阈值越小，说明该组织的兴奋性越高；反之，刺激阈值越大，说明该组织的兴奋性越低。同理，兴奋性越高的组织，所需刺激阈值越小；反之，兴奋性越低的组织，所需刺激阈值越大。

（三）组织兴奋时兴奋性的变化

不同组织或细胞兴奋性的高低是不同的，即使同一组织或细胞在不同功能状态下兴奋性的高低也不一样。当组织或细胞受到一次刺激发生兴奋时，其兴奋性会立即发生一次规律性的变化。如图 1-1 所示，纵坐标代表兴奋性的高低，正常水平以上表示兴奋性高于正常，正常水平以下表示兴奋性低于正常，零点表示兴奋性为零，即兴奋性暂时消失。横坐标代表时间。在 a 给神经组织一次阈刺激产生兴奋性的同时，其兴奋性立即下降到零并持续一短时间，即从 a 到 b 这段时间内给予组织任何强大的刺激都不能引起它再次兴奋。

组织兴奋后兴奋性立即暂时消失为零，对任何强大的刺激都不起反应的时期称为绝对不应期（absolute refractory period, ARP）。接着，组织兴奋性逐渐恢复，回升到正常水平，即从 b 到 c 这段时间内，组织的兴奋性低于正常，要引起它第二次兴奋，必须给予较强的阈上刺激，这段时间称为相对不应期（relative refractory period, RRP）。此后兴奋性超过正常水平，即从 c 到 d 这段时间内，阈下刺激就能引起组织兴奋，这段时间称为超常期（supranormal period, SPNP）。从 d 到 e 这段时间，组织的兴奋性又降低到正常水平以下，又须用阈上刺激才能使组织兴奋，这段时间称为低常期（subnormal period, SBNP）。

骨骼肌与神经纤维组织兴奋时兴奋性经历绝对不应期、相对不应期、超常期和低常期四个时期的变化，历时是短暂的，一般都在 100ms 以内，例如哺乳动物粗大神经纤维的绝对不应期约为 0.3ms，相对不应期约为 3.0ms，超常期约为 12.0ms，低常期约为 70.0ms，全程历时约为 85.3ms。而心肌兴奋时兴奋性的变化历时很长，约为 300ms。其绝对不应期约

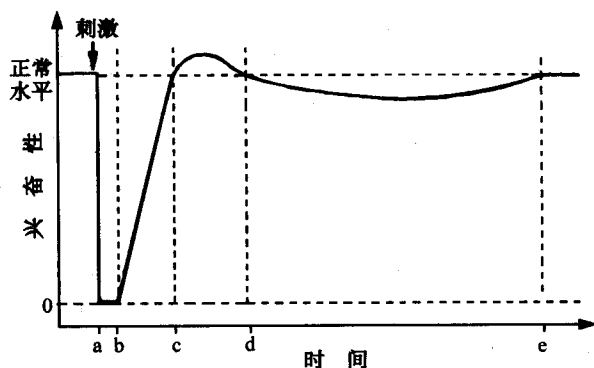


图 1-1 组织兴奋时兴奋性的变化示意图^[10]

ab: 绝对不应期 bc: 相对不应期 cd: 超常期 de: 低常期

为 250ms, 是神经纤维的 800 倍。绝对不应期的长短决定了组织两次兴奋间的最短时间间隔, 即决定了组织在单位时间内能够产生兴奋的最多次数。也就是说, 不管给组织的刺激频率有多高, 组织依其绝对不应期的长短, 在单位时间内最多只能产生一定次数的反应。例如哺乳动物的粗大神经纤维的绝对不应期为 0.3ms, 那么它在 1 秒钟内能产生的最多的兴奋次数理论上不会超过 3333 次, 而心肌细胞的绝对不应期为 250ms, 它在 1 秒钟内最多只能兴奋 4 次。实际上在体内, 它们产生兴奋的最高频率远低于理论上的数值。

二、稳态^[1,3,4]

(一) 内环境

1. 概念 人体重量的 60% 为体液, 分布在细胞内外。分布在细胞内的液体称为细胞内液, 约占 40%, 它是细胞内进行各种生化反应的场所; 分布在细胞外的液体称为细胞外液, 约占 20%, 它是细胞直接生活的液体环境, 称为内环境 (internal environment)。这 20% 的细胞外液中, 约 16% 分布在血管外的组织间隙, 称为组织液, 包括消化液、淋巴液、脑脊液、胸膜腔液、眼前房液、关节囊滑液等, 只在局部和血液间进行交换; 另外, 约 4% 分布在血管内, 构成血浆, 这是内环境中最活跃的部分, 它随着血液循环流动, 成为沟通各部分组织液以及外环境进行物质交换的中间环节。

2. 主要作用 内环境所起的主要作用是: ①为细胞提供必要的理化条件, 确保各种酶促反应和生理功能的正常进行; ②为细胞提供各种营养物质; ③接受细胞的代谢终产物。

(二) 稳态

内环境最重要的特征是它们的理化性质 (如 pH、渗透压、温度、离子成分等) 能保持相对的稳定, 这是维持整个机体生存的基本条件。19 世纪 Claude Bernard 早就已经提出: “内环境的稳定是机体自由独立生活的必要条件”。内环境理化性质保持相对稳定的状态称为稳态 (homeostasis)。由于“动”是绝对的, “静”是相对的, 体内进行的新陈代谢过程总是不断破坏内环境稳态, 而机体又通过各种调节机制极力恢复稳态。因此, 内环境稳态是一种“动”中求“静”的动态平衡状态。一旦稳态不能维持时, 机体的生命也将受到威胁, 所以稳态是机体功能活动的基本特征之一。目前, 稳态的概念不仅仅限于内环境, 而且已经扩展到某一细胞功能、某一生化反应、某一器官系统的功能活动, 以至整个机体的相对稳定状态的维持和调节。

三、生物节律^[1]

生物体的各种功能活动常按一定的时间顺序发生变化, 如果这种变化按一定的时间顺序周而复始地重复出现, 则这种变化的节律称为生物节律 (biorhythm)。生物节律是高等动物功能活动的特征之一。如果按照节律周期的内在特性, 可将生物节律分为固有节律和应变节律。

(一) 固有节律

生物体本身具有的内在节律称为固有节律。按节律周期的高低, 可将固有生物节律分为高频、中频和低频三类节律。凡是节律周期短于一天的生物节律, 属于高频节律, 如心音、脉搏、心电图、呼吸的周期等。节律周期为一天的日周期属于中频节律, 这是最重要的生物节律, 人体内几乎每种生理功能都有日周期, 只是波动的幅度和明显程度不同而已, 例如体温、血细胞数的日周期变化最为明显。此外, 血压、尿成分均有日周期波动, 可见内环境稳

态的水平有日周期的变化。凡是节律周期长于一周的生物节律属低频节律,有周周期、月周期和年周期,例如人类地月经周期属月周期,候鸟的迁徙有明显的年周期。月周期和年周期多与生殖功能有关。

(二) 应变节律

生物节律受到环境变化的影响后而与环境同步的节律,称为应变节律。例如人为地颠倒每天的白昼和黑夜的时间,可使一些机体功能的日周期位相发生颠倒。

生物节律最重要的生理意义是使生物对环境变化作出更好的前瞻性的适应。在医疗工作中,可以利用日周期中生理功能特征的变化和对药物反应强度的差异来提高治疗的效果。例如,由于促肾上腺皮质激素(ACTH)的分泌有晨高晚低的节律,因此用氢化可的松治疗时,可以在早晨6~8时将日剂量一次性服药才不致损伤肾上腺皮质的功能,还有事半功倍之效。

第三节 人体功能的调节

所谓调节是指人体对内、外环境变化所作出的适应性反应的过程。人体在对内、外环境变化所作出的适应性反应中,既要调节运动系统以完成一定的动作,又要调节内脏活动以保持稳态,各部分的功能活动相互配合、协调一致,成为一个统一的整体。通常是由神经调节、体液调节和自身调节来完成的,其中神经调节是人体内最重要的调节。

一、人体功能的调节方式^[2~9]

(一) 神经调节

通过神经系统的活动对人体功能进行的调节称为神经调节(neuroregulation),它在人体功能的调节中起主导作用。神经调节的基本方式是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统参与下,人体对刺激产生的规律性反应,如屈肌反射、角膜反射、膝跳反射等。完成反射所必需的结构称为反射弧(reflex arc)。反射弧由五部分组成,即感受器、传入神经、反射中枢、传出神经和效应器。感受器(receptor)是指能感受刺激并将刺激的信号转变为生物电信号的特殊结构。传入神经是把感受器产生的电信号以神经冲动的形式传到反射中枢。反射中枢(reflex center)是指位于中枢神经系统中管理某一反射活动的神经细胞群,它把传入的神经冲动进行加工处理,转化为指令,以神经冲动的形式经传出神经传到效应器。效应器(effector)是完成反射动作的器官,主要是肌肉和腺体。例如针刺手部的皮肤后,皮肤的痛感受器把痛刺激转换成电信号以神经冲动的方式沿传入神经传向反射中枢,中枢经过分析综合作出判断,发出的指令再以神经冲动的方式沿传出神经传到相应部位的肌肉,使屈肌收缩,伸肌舒张,协调配合,完成缩手动作。由此可见,反射是由刺激引起的经反射弧完成的一种规律性反应。反射的完成有赖于反射弧结构和功能的完整,其中任何一部分的结构受到损伤或功能发生障碍都会使反射减弱或消失。临床上常用各种反射来检查病人的病情,为疾病的诊断提供依据。

人和动物的反射活动可以区分为非条件反射和条件反射两种类型:

(1) 非条件反射(unconditioned reflex)是先天遗传、生来就有的本能行为,具有固定的反射弧,只需低级中枢便可完成反射,为种族共有,刺激与反应之间的因果关系固定、呆板,由种族遗传因素决定。