

徐雨维 高春圃 编

工程生理学

浙江大学出版社

编写说明

本书是为理工科大学生物医学工程专业学生学习人体生理知识而编写,故书名暂定为工程生理学(或定为生理学[生物医学工程专业用])。按每周上课 2.5 小时,一年学完,共 5 学分,所以字数限制在 25 万字左右。由于近代生理学的飞速发展,内容愈来愈丰富。为了使學生能全面了解人体生命活动的基本机理,我们在不减少生理学基本内容的情況下,尽量精简字数。减少某些实验过程的描写,突出一些结论性的叙述。使全书内涵丰富,简捷明了,适合理工科大学生的学习特点。

目前对生命科学研究,引起理工科大学各专业的广泛兴趣,分别从不同角度和用不同手段来研究和揭示生命活动的奥秘,推动了理论和应用科学的发展。目前从工程学角度研究生命活动比较集中在下列几个方面:细胞生理、神经及大脑功能、心血管系统、感觉器官以及计划生育等问题。本书在这几个方面作了较为详细的介绍。由于理工科学生没有专门学过解剖学,所以有的器官系统附录了简单的解剖知识,供教学参考。

本书编写过程中主要参考了周衍椒、张镜如主编的《生理学》(第三版)和钱梓文主编的《人体解剖生理学》(供药学专业用,第三版)以及其他有关专著。对以上教材编者及关心支持本书编写工作的我校、系领导,特以致谢。

本书第三、四、十二章由高春圃编写,其余九章由徐雨维编写。我们希望能出版一本具有专业特色的生理学教材,结合自己多年在理工科大学的教学经验进行了初步探索。但是由于时间局促和字数的限制,自觉不尽理想。疏漏和错误也在所难免,恳切希望专家和读者给予批评指正。

徐雨维 高春圃

1995年9月于浙江大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究内容和方法.....	(1)
第二节 生命的基本特征.....	(2)
一、新陈代谢	(2)
二、兴奋性	(3)
三、生殖	(3)
第三节 人体功能概论及其自动控制原理.....	(4)
一、植物性功能与动物性功能	(4)
二、人体功能活动的调节方式	(4)
三、人体功能活动的自动控制原理	(6)
第二章 细胞的某些基本功能	(10)
第一节 细胞膜结构和物质转运	(10)
一、细胞膜的结构	(11)
二、细胞膜的物质转运功能	(12)
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	(15)
一、兴奋性和引起兴奋的条件	(16)
二、细胞产生生物电活动的机制	(17)
第三节 细胞间的兴奋传递	(21)
一、神经兴奋传递	(21)
二、神经肌肉接头处的兴奋传递	(23)
三、激素分子对靶细胞的信息传递	(25)
四、相邻细胞之间的直接电联系	(26)
第四节 肌细胞的收缩功能	(27)

一、骨骼肌的微细结构	(27)
二、骨骼肌的收缩机制及其控制	(29)
三、骨骼肌收缩的外部表现和力学分析	(32)
四、平滑肌的生理特性	(35)
第三章 血液	(38)
第一节 概述	(38)
一、血液与内环境稳定	(38)
二、血液的基本组成	(39)
三、血液的化学成分与理化特性	(40)
四、血液的主要功能	(46)
五、血量	(47)
第二节 血细胞	(48)
一、红细胞	(48)
二、白细胞	(52)
三、血小板	(55)
第三节 血凝、抗凝和纤维蛋白溶解	(57)
一、血液凝固	(57)
二、抗凝系统	(59)
三、纤维蛋白溶解	(61)
第四节 血型与输血	(63)
一、ABO 血型系统	(64)
二、Rh 血型系统	(67)
三、输血	(68)
第四章 循环	(70)
第一节 心脏生理	(71)
一、心肌细胞的生物电现象	(71)
二、心肌的生理特性	(76)
三、体表心电图	(84)
四、心脏的泵血活动	(89)

第二节 血管生理	(101)
一、血管系统中的血流动力学	(101)
二、动脉血压和动脉脉搏	(104)
三、静脉血压与静脉血流	(112)
四、微循环	(114)
五、组织液和淋巴循环	(118)
第三节 心血管活动的调节	(122)
一、神经调节	(122)
二、体液调节	(127)
三、自身调节	(129)
第四节 器官循环	(130)
一、冠状循环	(130)
二、脑循环	(131)
三、皮肤血液循环	(132)
附:循环系统的结构	(134)
一、心脏的结构	(134)
二、血管的结构及分布	(138)
第五章 呼吸系统	(143)
第一节 呼吸运动	(143)
一、呼吸运动的动力	(143)
二、呼吸时肺内及胸腔内压力的变化	(145)
三、呼吸时的阻力	(146)
四、呼吸功及效率	(148)
第二节 肺机能	(149)
一、肺容量	(149)
二、肺通气机能	(150)
三、肺换气机能	(151)
第三节 气体在血液中的运输	(154)
一、氧的运输	(154)

二、二氧化碳的运输	(155)
第四节 呼吸运动的调节	(157)
一、各级呼吸中枢的作用	(157)
二、呼吸运动的反射性调节	(159)
三、周期性呼吸	(162)
四、运动时呼吸变化及其调节	(163)
附：呼吸系统解剖	(164)
一、呼吸道	(165)
二、肺	(167)
三、胸膜和胸膜腔	(168)
第六章 消化系统	(169)
第一节 消化生理概述	(169)
一、消化方式	(169)
二、消化道平滑肌的特性	(169)
三、消化腺的分泌	(170)
四、胃肠道的神经支配及其作用	(170)
五、胃肠激素	(172)
第二节 口腔内消化	(173)
一、牙齿与咀嚼	(173)
二、唾液分泌	(173)
三、吞咽	(174)
第三节 胃内消化	(175)
一、胃液的分泌	(175)
二、胃的运动	(179)
第四节 小肠内消化	(181)
一、小肠内的各种消化液	(181)
二、小肠的运动	(185)
三、小肠的吸收	(187)
第五节 大肠内消化	(188)

一、大肠液和大肠内细菌的作用	(189)
二、大肠运动与排便	(189)
附: 消化系统解剖	(190)
一、消化管	(190)
二、腹膜	(193)
第七章 能量代谢和体温调节	(194)
第一节 能量代谢	(194)
一、三种营养物质的能量代谢	(194)
二、能量代谢率的测定和计算	(197)
三、影响能量代谢的几个因素	(200)
四、基础代谢	(202)
第二节 体温及其调节	(204)
一、体温及其正常变动	(204)
二、产热与散热	(206)
三、体温调节	(210)
四、高温和严寒对机体的影响及机体的服习	(212)
第八章 泌尿系统	(216)
第一节 肾脏的功能结构和循环特征	(216)
一、肾脏的基本功能单位	(216)
二、肾脏血液循环特点	(218)
第二节 尿的生成	(220)
一、肾小球的滤过机能	(220)
二、肾小管和集合管的重吸收机能	(222)
三、肾小管和集合管的分泌和排泄机能	(225)
第三节 尿液的浓缩和稀释	(226)
一、肾脏浓缩和稀释尿的过程	(227)
二、肾髓质渗透压梯度的形成	(227)
三、直小血管在保持肾髓质高渗中的作用	(229)
第四节 肾脏对机体水盐代谢的调节	(230)

一、肾脏对水平衡的调节	(230)
二、肾脏对电解质平衡的调节	(231)
第五节 肾功能的评价	(233)
一、血浆清除率的概念和计算方法	(234)
二、测定血浆清除率的意义	(234)
第六节 排尿反射	(236)
一、膀胱与尿道的神经支配	(236)
二、排尿过程	(236)
附:泌尿系统解剖	(238)
一、肾脏	(238)
二、输尿管	(239)
三、膀胱	(239)
四、尿道	(240)
第九章 神经系统	(241)
第一节 神经元活动的一般规律	(241)
一、神经元和神经纤维一般特性	(241)
二、神经元间的相互联系方式	(242)
三、神经递质	(242)
第二节 中枢反射活动的一般规律	(248)
一、反射弧及反射中枢	(248)
二、中枢神经元的联系方式	(248)
三、中枢兴奋	(249)
四、中枢抑制	(251)
五、反射活动的反馈调节	(252)
第三节 神经系统的感觉功能	(252)
一、脊髓的感觉传导与分析功能	(253)
二、丘脑的感觉分析功能	(253)
三、大脑皮层的感觉分析定位	(254)
四、痛觉	(255)

第四节 神经系统的躯体运动功能·····	(257)
一、脊髓的躯体运动功能·····	(257)
二、低位脑干对肌紧张的调节·····	(258)
三、小脑的躯体运动功能·····	(259)
四、基底神经节的躯体运动功能·····	(260)
五、大脑皮层对躯体运动的调节·····	(261)
第五节 神经系统对内脏活动的调节·····	(262)
一、交感与副交感神经系统的功能·····	(262)
二、脊髓对内脏活动的调节·····	(264)
三、低位脑干对内脏活动的调节·····	(264)
四、下丘脑对内脏活动的调节·····	(265)
五、大脑皮层对内脏活动的调节·····	(266)
第六节 脑的高级功能和脑电图·····	(268)
一、条件反射·····	(268)
二、学习和记忆·····	(269)
三、大脑皮层某些功能特点·····	(271)
四、脑电图和皮层诱发电位·····	(272)
五、觉醒和睡眠·····	(274)
第十章 感觉器官·····	(277)
第一节 概述·····	(277)
一、感受器、感觉器官的定义和分类·····	(277)
二、感受器的一般生理特性·····	(278)
第二节 视觉器官·····	(282)
一、眼球结构·····	(282)
二、眼的折光系统及其调节·····	(285)
三、瞳孔和眼的光通量调节·····	(289)
四、视网膜的两种感光换能系统·····	(289)
五、视网膜的信息处理·····	(297)
六、与视觉有关的其他现象·····	(299)

七、双眼视觉	(301)
第三节 听觉器官	(303)
一、外耳和中耳的传音作用	(303)
二、内耳的感音换能作用	(305)
三、声音的感受	(309)
四、听力及其测定	(311)
五、对声源方位的辨别	(312)
第四节 前庭器官	(313)
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	(314)
二、前庭器官的姿势反射	(316)
三、眼震颤及前庭反应	(316)
第五节 嗅觉和味觉	(318)
一、嗅觉感受器及嗅觉机理	(318)
二、味觉感受器及味觉机理	(319)
第六节 皮肤感觉	(320)
第十一章 内分泌系统	(321)
第一节 激素	(322)
一、激素的分类	(322)
二、激素的作用	(322)
三、激素的释放、运输及代谢	(323)
四、激素的作用机制	(324)
第二节 下丘脑的内分泌机理	(325)
一、下丘脑与脑下垂体的联系	(325)
二、下丘脑的神经分泌	(326)
第三节 脑下垂体	(328)
一、腺垂体及其激素的作用	(328)
二、神经垂体激素的作用	(330)
第四节 甲状腺	(331)
一、甲状腺激素的合成与分解	(331)

二、甲状腺激素的生物学作用	(332)
三、甲状腺机能调节	(333)
第五节 肾上腺	(335)
一、肾上腺皮质	(335)
二、肾上腺髓质	(337)
第六节 胰岛	(339)
一、胰岛素	(339)
二、胰高血糖素	(340)
三、胰岛激素的相互关系	(341)
第七节 甲状旁腺、降钙素和维生素 D ₃	(341)
第八节 其他激素	(343)
一、松果体及其激素	(343)
二、胸腺素	(343)
三、前列腺素	(343)
第十二章 生殖	(344)
第一节 男性生殖	(344)
一、睾丸的功能	(344)
二、睾丸活动的调节	(347)
三、精子的成熟和贮存	(348)
四、勃起与射精	(348)
五、精液与精库	(349)
第二节 女性生殖	(351)
一、卵巢的功能	(351)
二、卵巢活动的调节	(354)
三、月经周期	(355)
第三节 妊娠与授乳	(356)
一、受精	(356)
二、受精卵的发育与植入	(359)
三、胎盘的形成功能	(360)

四、分娩与授乳	(362)
附:生殖系统的结构	(365)
一、男性生殖系统的结构	(365)
二、女性生殖系统的结构	(366)

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究内容和方法

人体生理学是研究人体生命活动规律的科学,随着数、理、化等学科的发展和近代计算机技术的迅速推广应用,使生理学成为多方位普遍进行研究的生命科学。生理学的发展在很大程度上依赖于精密基础科学的发展和工业技术的水平,而生命科学研究也推动了医学、基础科学和工业技术的发展,相互间有着明显的相辅相成作用。目前生理学研究内容大致可分为三个层次:①在细胞分子水平研究细胞内各种微小结构的功能及细胞内各物质分子的特殊化学变化过程的称为细胞分子生理学;②在器官系统水平研究各个器官及系统如循环、呼吸、消化、排泄、生殖、神经、内分泌、肌肉运动等等的生理活动规律及其影响因素的称为器官生理学;③在整体水平研究完整机体各个系统之间的相互关系以及完整机体与内外环境之间的平衡的称为整体生理学。整体生理学不等于器官生理学的简单的相加,因为细胞、器官及系统功能组合起来会有质的变化,产生新的更为复杂的生理规律。

生理学是一门实验性科学。只能从大量的动物实验中,研究同一器官的功能活动,再从共同的表现中找出具有普遍性的规律,有些结论可能也适合于人体。动物实验大体上可分为慢性实验和急性实验两大类,而急性实验又可分为在体与离体两种。这要根据研究课题的性质和要求,选择适宜的动物和实验方法。由于基础科学和新技术的迅速发展,利用细胞分离和培养技术、生物电子学技术、超微量测定、电子显微镜、组织化学、同位素技术等研究细胞内各亚微组织结构的功能及理化成分变化,也阐明了有关器官、组织功能活动的原理以及生命活动的基本规律。利用遥控、遥测、体表无创检测等技术,研究劳

动和运动时,或处于高空、高原、宇航、潜水等条件下,人体功能活动的特征和变化以及人体与环境的关系等等复杂的影响,特别是电脑技术的应用,使得各种特殊条件下的人体生理学研究得到很大进展。但是在作模拟研究、数学模型、系统分析时,必须以对活机体、器官、组织细胞的观察为依据,同时又要求所观察的机体、器官、组织细胞能保持其正常的生命状态,才有可能得出正确的结论。

第二节 生命的基本特征

生物体必须在一定的环境中才能有生命。通过对各种生物体,特别是对细菌和原生动物等简单生物的研究,发现生命现象至少包括三种基本活动,这就是新陈代谢、兴奋性和生殖。因为这些活动是活的生物体所必需的,所以认为是生命的基本特征。

一、新陈代谢

生活在适宜环境中的生物体,一方面从环境中摄取各种营养物质经过分解、转化和合成,组成自身新的组织结构,另一方面又不断分解和破坏体内贮存的供能物质和老化的组织,从中得到能量和自身更新,并将产生的废物排出体外,这就是新陈代谢。前者又称为同化(合成)代谢,后者称为异化(分解)代谢。物质合成时需吸收能量,而分解时释放能量。

在新陈代谢过程中,机体内进行着复杂的物质合成、分解、转化、利用等化学系列反应,基本上都是由蛋白质所构成的生命催化剂——酶所催化。生物体内的酶种类极多,而且有高度的效率和高度的特异性,因而在同一个细胞内可以同时进行许多不同的化学反应而互相不干扰。所以生命也是物质的一种高级而复杂的运动形式,一旦新陈代谢停止,生命也就结束。因此新陈代谢是生命的最基本的特征。

二、兴奋性

生物体所处的生活环境中,经常有许多变化因素影响生物体,比如高温、寒冷、机械损伤、化学损伤、电击以及食物等等,生物体能相应地作出积极的反应。特别是动物发展到了高等阶段,身体上已分化出感受体内外许多不同性质变化的专门感受器,将感受到的信息通过神经系统传达给肌肉、腺体等效应器,产生特有的功能活动。生物体受到环境条件变化的影响能够产生功能活动反应的能力称为兴奋性;而引起生物体出现反应的各种环境变化称为刺激。刺激同样也能引起机体细胞、组织、器官的新陈代谢过程产生变化,其表现形式有两种:一是活动由弱变强,称之为兴奋;另一种是活动由强变弱,称之为抑制。两者之间可能由于各种条件的不同而产生转化。

生物体对环境变化作出相应的反应,是一切生物体普遍具有的功能,是生物体能够生存的必要特性,所以兴奋性也是生命的基本特征。

三、生殖

每个生物体的寿命都是有限的。当生物体生长发育到成熟阶段,就能产生与自己相似的子代,以延续种族的生存,也就是使生命得到延续,这种功能称为生殖。虽然不同的生物生殖方式不同,但共同的特点都是由亲代细胞核中的脱氧核糖核酸将遗传信息带给子代,控制子代细胞中的所有生物物质及各种酶系均按亲代的模式合成,使子代与亲代的细胞具有相同的结构与功能。

任何生物个体的寿命在宇宙历史长河中都是一瞬间,因此没有生殖也就谈不上生命,所以生殖也是生命的基本特征之一。

第三节 人体功能概论及其自动控制原理

人体由大量的分化成不同功能的细胞所组成。这些细胞在皮肤的保护隔离下生活在体内的液体环境下,发挥着它们不同的功能。这些细胞的各种不同的功能活动也是组成了人体的整体功能活动。

一、植物性功能与动物性功能

各种不同功能的细胞组成了人体不同的功能系统。一般将围绕新陈代谢活动的消化、吸收、呼吸、循环、泌尿等内脏功能以及生殖功能,称为植物性功能,因为植物也存在类似的功能活动。而运动、感觉、思维则为动物所特有,故称为动物性功能。

人类具有高度发达的动物性功能,故对环境的适应能力远远超过其他生物。人类具有进化发育到最高级的大脑思维能力,能够精确地分析处理感受细胞和特殊感觉器官送来的信息,通过理性分析掌握外在世界的各种客观规律,所以人体对外界环境变化比一般动物敏感,甚至还有预测能力。骨骼、关节和横纹肌构成了人体的运动系统。在大脑的指挥下,人类的运动功能比一般动物更复杂,精确和细致。人类还具有高度发达的抽象思维能力,包括语言、文字、艺术和各种科学发明活动,使人类社会高度发展。人类神经系统的高级功能与一切动物有本质的区别。

二、人体功能活动的调节方式

人体各种功能系统的细胞均生活在体液环境中,对环境条件有着非常严格的要求。人体中细胞外液的 $\frac{4}{5}$ 浸浴着全身的细胞,直接与各处细胞进行物质交换;另 $\frac{1}{5}$ 是在心血管中的血浆,它沿血管在全身循环运行,是体内物质运输的主要媒介。血液从消化系统获取营养物质,从肺部获得氧气,通过毛细血管壁与全身各处组织液进行营养物质、氧气(提供给细胞)和代谢废物、二氧化碳(细胞排出)以及水