



全国医学成人高等教育专科规划教材

生理学

SHENGLIXUE

主编/金秀东 金元哲 李东亮 崔存德

(第3版)



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

全国医学成人高等教育专科规划教材

生 理 学

SHENGLIXUE

(第3版)

主 编 金秀东 金元哲 李东亮 崔存德

副主编 李晨旭 李建东 张翠英 乔 蕾

唐可欣

编 者 (以姓氏笔画为序)

乔 蕾 刘 萍 刘桂莲 李东亮

李建东 李晨旭 汪萌芽 张绪东

张翠英 金元哲 金秀东 金清华

郑 超 唐可欣 崔存德 崔胜春

蒋淑君



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

生理学/金秀东等主编. —3版. —北京:人民军医出版社,2009.11

全国医学成人高等教育专科规划教材

ISBN 978-7-5091-2964-7

I. 生… II. 金… III. 人体生理学—成人教育:高等教育—教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 188798 号

策划编辑:徐卓立 文字编辑:张朝阳 责任审读:张之生

出 版 人:齐学进

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927300—8743

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印刷:三河市祥达印装厂 装订:京兰装订有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:18.25 字数:441 千字

版、印次:2009 年 11 月第 3 版第 1 次印刷

印数:69451~77450

定价:35.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

全国医学成人高等教育专科规划教材

(第3版)

编审委员会名单

主任委员 文历阳 毛兰芝 王庸晋

常务副主任委员 金青松 姚磊 周海兵

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

尹卫东 石增立 朱启华 朱漱玉 李贞保
李佃贵 李朝品 杨宝胜 宋国华 张纯洁
陈健尔 金秀东 武秋林 赵富玺 唐世英
常唐喜

委员 (以姓氏笔画为序)

万新顺 王子寿 王长虹 王建立 王桂云
王庸晋 丰慧根 牛春雨 申保生 申素芳
玄云泽 玄英哲 戎华刚 刘凤芹 刘恒兴
刘新民 关利新 安丰生 李伟扬 李佃贵
李朝品 杨金香 宋景贵 张文彬 张忠元
张承刚 张洪福 范忆江 金政 金东洙
金秀东 金顺吉 金哲虎 赵卫星 赵志梅
赵富玺 栾希英 郭学鹏 席鸿钧 唐军
崔香淑 崔新宇 盖立起 梁玉 彭力辉
韩春姬 魏武

编辑办公室 郝文娜 杨磊石 秦速励 徐卓立

全国医学成人高等教育专科规划教材

(第3版)

教材目录

- | | | | |
|-----------|---------|-----------|---------|
| 1 医用化学 | 主编 杨金香等 | 18 外科学 | 主编 席鸿钧等 |
| 2 医学遗传学 | 主编 丰慧根等 | 19 妇产科学 | 主编 申素芳等 |
| 3 系统解剖学 | 主编 金东洙等 | 20 儿科学 | 主编 郭学鹏等 |
| 4 局部解剖学 | 主编 刘恒兴等 | 21 传染病学 | 主编 申保生等 |
| 5 组织胚胎学 | 主编 金 政等 | 22 眼科学 | 主编 万新顺等 |
| 6 生物化学 | 主编 王桂云等 | 23 耳鼻咽喉科学 | 主编 金顺吉等 |
| 7 生理学 | 主编 金秀东等 | 24 口腔科学 | 主编 玄云泽等 |
| 8 病理学 | 主编 赵卫星等 | 25 皮肤性病学 | 主编 金哲虎等 |
| 9 病理生理学 | 主编 牛春雨等 | 26 神经病学 | 主编 宋景贵等 |
| 10 药理学 | 主编 关利新等 | 27 精神病学 | 主编 王长虹等 |
| 11 医学微生物学 | 主编 赵富玺等 | 28 急诊医学 | 主编 魏 武等 |
| 12 医学免疫学 | 主编 栾希英等 | 29 影像诊断学 | 主编 赵志梅等 |
| 13 人体寄生虫学 | 主编 李朝品等 | 30 中医学 | 主编 李佃贵等 |
| 14 预防医学 | 主编 韩春姬等 | 31 医学心理学 | 主编 刘新民等 |
| 15 医学统计学 | 主编 唐 军等 | 32 医学伦理学 | 主编 张忠元等 |
| 16 诊断学 | 主编 李伟扬等 | 33 卫生法学概论 | 主编 崔新宇等 |
| 17 内科学 | 主编 王庸晋等 | | |

全国医学成人高等教育专科规划教材

(第3版)

修订说明

《全国医学成人高等教育专科规划教材》是全国第一套医学成人高等教育教材,第1版于1997年出版,第2版于2003年出版。本套教材出版以来在众多学校和师生的热情关心和支持下,已经逐步成为在全国具有影响力的品牌教材。人民军医出版社对所有在本套教材出版和推广过程中给予大力支持和帮助的相关院校,尤其是曾在第1版、第2版教材出版中作出贡献的编写专家们表示深切的感谢。

本套教材的第2版出版6年来,随着医学领域科技的迅速发展,成人教育开办的教学方针和招生规模都有了很大的变化,教师队伍也有部分新老更替,为了使我们的教材与时俱进,更加体现现代医学“以人为本”的教育理念,体现当前教学改革的新方法、新思路,及时补充修订一些新知识、新进展、新标准,我们决定组织修订出版第3版。

第3版的修订再版工作从2009年3月开始,遵照“延续品牌、调整作者、提升质量”的原则进行,共有20余所院校的上百位老师参加了编写工作。第3版编审委员会主任由我国著名的医学教育家文历阳校长、新乡医学院的毛兰芝院长和长治医学院的王庸晋院长共同担任。参编单位主要有新乡医学院、长治医学院、延边大学医学部、牡丹江医学院、皖南医学院、蚌埠医学院、安徽理工大学医学院、滨州医学院、成都中医药大学、承德医学院、河北北方学院、大同大学医学院、河北医科大学、河北大学医学部、河南职工医学院、潍坊医学院、漯河医学高等专科学校、南阳医学高等专科学校、盐城卫生职业技术学院、宁波天一职业技术学院、赣州卫生学校、河南省卫生学校、焦作中医药学校等。大家本着“共同参与,共同建设,共同受益”的方针,认真遴选出各书主编,精心组织了作者队伍,讨论落实了编写大纲,有序展开了相关工作。

现在,在出版社和有关院校与老师们的共同努力下,《全国医学成人高等教育专科规划教材(第3版)》共33本正式出版了。希望本套教材能在医学成人高等教育中为我国卫生事业的发展输送更多合格人才,发挥出更多更好的作用,也希望有关院校和广大师生们在使用中多提宝贵意见,以利本套教材的进一步成熟提高。

人民军医出版社

2009年10月

第3版前言

《全国医学成人高等教育专科规划教材(第2版)》——《生理学》一书于2003年出版以来,经过几年的教学实践,收到了良好的教学效果。该书结构合理,内容适宜,特点比较鲜明,得到了师生较高的认可,但随着时间的推移和科学技术的发展,部分内容需要更新和适当的补充调整,根据2009年《全国医学成人高等教育专科规划教材(第3版)》修订工作会议精神,我们于2009年4月正式开始了《生理学》第3版的修订和编写工作。

《生理学》第3版的编写指导思想是,原则上以第2版为基础,根据科技发展的需要适当增补新的内容,继续保留第2版教材的优点,删改不太适用的部分,进一步突出教材的思想性、先进性、启发性和适用性,以适应培养全科医生和基层医生的需要。

本书由11所高校具有丰富教学经验的生理学专家联合编写。编者结合自己的教学经验,精选教学内容,既着重阐述生理学的基础知识和基本理论,又注重理论联系实际,将生理学知识和临床知识联系起来,以激发学生对生理学的学习兴趣,提高学生用生理学知识分析和解决临床问题的能力。

本书共分12章,授课的参考学时数为72学时。为便于学生学习中思考和掌握各章节重点,在每章后附有思考题。

《生理学》在编写过程中,虽然尽了最大努力,但由于我们的水平有限,疏漏之处,甚至错误在所难免,诚恳广大读者提出批评和改进意见。

编者

2009年8月

目 录

第1章 绪论	(1)	一、骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递	(24)
第一节 生理学的任务和研究方法	(1)	二、骨骼肌的结构与肌丝的分子组成	(25)
一、生理学的任务	(1)	三、骨骼肌的收缩机制	(28)
二、生理学的研究方法	(1)	四、骨骼肌收缩的表现形式和力学分析	(29)
三、生理学研究的水平	(2)	第3章 血液	(33)
第二节 机体的内环境和稳态	(3)	第一节 血液的组成和理化特性 ..	(33)
一、机体的内环境	(3)	一、血液的组成	(33)
二、内环境的稳态	(4)	二、血量	(34)
第三节 机体生理功能的调节	(4)	三、血液的理化特性	(35)
一、生理功能的调节方式	(4)	第二节 血细胞生理	(36)
二、生理功能的控制系统	(5)	一、红细胞生理	(36)
第2章 细胞的基本功能	(9)	二、白细胞生理	(39)
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	(9)	三、血小板生理	(42)
一、细胞膜的结构	(9)	第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(43)
二、细胞膜的物质转运功能	(11)	一、血液凝固	(43)
第二节 细胞的跨膜信号转导功能	(14)	二、纤维蛋白溶解	(47)
一、G蛋白耦联受体介导的信号转导	(15)	第四节 血型与输血原则	(49)
二、离子通道受体介导的信号转导	(15)	一、血型	(49)
三、酶耦联受体介导的信号转导	(16)	二、输血原则	(51)
第三节 细胞的生物电现象	(17)	第4章 血液循环	(54)
一、静息电位及其产生机制	(17)	第一节 心脏的泵血功能	(54)
二、动作电位及其产生机制	(19)	一、心脏泵血的过程和机制	(54)
三、细胞的兴奋性	(23)	二、心脏泵血功能的评价	(59)
第四节 肌细胞的收缩功能	(24)	三、心脏泵血功能的调节	(60)
		四、心脏泵血功能的贮备	(62)
		第二节 心肌细胞的生物电现象和生	



理特性	(63)	一、消化道平滑肌的生理特性 ...	(122)
一、心肌细胞的生物电现象	(63)	二、消化腺的分泌功能	(124)
二、心肌的生理特性	(67)	三、消化器官的神经支配及其作用	(124)
三、体表心电图	(72)	四、消化道的内分泌功能	(126)
第三节 血管生理	(75)	第二节 口腔内消化	(127)
一、各类血管的功能特点	(75)	一、唾液及其分泌	(127)
二、血流动力学	(76)	二、咀嚼和吞咽	(128)
三、动脉血压和动脉脉搏	(78)	第三节 胃内消化	(129)
四、静脉血压和静脉血流	(80)	一、胃液及其分泌	(129)
五、微循环	(82)	二、胃的运动	(133)
六、组织液的生成与回流	(84)	第四节 小肠内消化	(135)
七、淋巴液的生成与回流	(86)	一、胰液及其分泌	(135)
第四节 心血管活动的调节	(87)	二、胆汁的分泌和排出	(136)
一、神经调节	(87)	三、小肠液的分泌	(137)
二、体液调节	(92)	四、小肠的运动	(137)
三、自身调节	(93)	第五节 大肠的功能	(138)
第五节 器官循环	(94)	一、大肠液的分泌	(138)
一、冠脉循环	(94)	二、大肠内细菌的作用	(139)
二、肺循环	(96)	三、大肠的运动与排便	(139)
三、脑循环	(97)	第六节 吸收	(140)
第5章 呼吸	(99)	一、吸收的部位和途径	(140)
第一节 肺通气	(99)	二、小肠内主要营养物质的吸收	(141)
一、肺通气的原理	(100)	第7章 能量代谢与体温	(145)
二、肺通气功能的评价	(105)	第一节 能量代谢	(145)
第二节 肺换气和组织换气	(107)	一、机体能量的来源和去路	(145)
一、气体交换的原理	(108)	二、能量代谢的测定	(147)
二、肺换气	(108)	三、影响能量代谢的因素	(150)
三、组织换气	(110)	四、基础代谢率	(151)
第三节 气体在血液中的运输	(111)	第二节 体温及其调节	(152)
一、氧的运输	(111)	一、正常体温及其变异	(152)
二、二氧化碳的运输	(113)	二、机体的产热和散热	(154)
第四节 呼吸运动的调节	(114)	三、体温调节	(157)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(114)	四、人体对高温、寒冷环境的反应	(159)
二、呼吸的反射性调节	(116)	和习服	(159)
三、周期性呼吸	(119)	第8章 肾脏的排泄功能	(160)
四、运动时呼吸的变化及调节	(120)	第一节 肾脏的功能解剖和肾血流量	(160)
第6章 消化和吸收	(122)		
第一节 概述	(122)		



一、肾脏的功能解剖	(160)	四、前庭反应	(207)
二、肾血流量的特点及调节	(162)	第五节 其他感觉器官	(208)
第二节 肾小球的滤过功能	(165)	一、嗅觉器官	(208)
一、滤过膜	(165)	二、味觉器官	(209)
二、有效滤过压	(166)	三、皮肤感觉感受器	(209)
三、影响肾小球滤过的因素	(167)	第 10 章 神经系统的功能	(210)
第三节 肾小管和集合管的重吸收 及其分泌功能	(168)	第一节 神经元活动	(210)
一、肾小管和集合管的重吸收功能	(169)	一、神经元和神经纤维	(210)
二、肾小管和集合管的分泌功能	(174)	二、突触生理	(213)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(176)	三、神经递质	(217)
一、尿液浓缩和稀释的机制	(176)	第二节 反射活动	(218)
二、影响尿液浓缩和稀释的因素	(179)	一、反射	(218)
第五节 尿生成的调节	(179)	二、中枢神经元的联系方式	(219)
一、肾内自身调节	(179)	三、中枢兴奋传布的特征	(219)
二、神经和体液调节	(180)	四、中枢抑制	(220)
第六节 清除率和尿的排放	(183)	第三节 神经系统的感觉分析功能	(222)
一、清除率	(183)	一、脊髓的感觉传导功能	(222)
二、尿的排放	(184)	二、丘脑及其感觉投射系统	(223)
第 9 章 感觉器官的功能	(188)	三、大脑皮质的感觉分析功能	(225)
第一节 概述	(188)	四、痛觉	(227)
一、感受器的分类	(188)	第四节 神经系统对躯体运动的调 节	(228)
二、感受器的一般生理特性	(189)	一、脊髓的调节	(228)
第二节 视觉器官的功能	(190)	二、脑干的调节	(231)
一、眼的折光功能	(190)	三、小脑的调节	(232)
二、眼的感光功能	(194)	四、基底神经节的调节	(234)
三、与视觉有关的几种生理现象	(197)	五、大脑皮质的调节	(235)
第三节 听觉器官的功能	(200)	第五节 神经系统对内脏活动的调 节	(236)
一、外耳和中耳的功能	(200)	一、自主神经系统	(236)
二、内耳(耳蜗)的功能	(202)	二、各级中枢对内脏活动的调节	(241)
三、听阈和听域	(204)	第六节 脑的高级功能与电活动	(244)
第四节 前庭器官的功能	(205)	一、学习和记忆	(244)
一、前庭器官的感受细胞	(205)	二、人类大脑皮质活动的特征	(246)
二、半规管的功能	(205)	三、大脑皮质的电活动	(247)
三、椭圆囊和球囊的功能	(206)	四、觉醒和睡眠	(248)



第 11 章 内分泌	(251)	和降钙素	(268)
第一节 概述	(251)	一、甲状旁腺激素	(268)
一、激素作用的一般特征	(251)	二、维生素 D ₃	(269)
二、激素的分类	(252)	三、降钙素	(269)
三、激素作用的机制	(252)	第七节 其他激素	(270)
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	(255)	一、前列腺素	(270)
一、下丘脑与垂体的功能联系 ..	(255)	二、胸腺激素	(270)
二、腺垂体的分泌	(257)	三、松果体激素	(270)
三、神经垂体	(259)	第 12 章 生殖	(271)
第三节 甲状腺的分泌	(260)	第一节 男性生殖	(271)
一、甲状腺激素的合成与代谢 ..	(260)	一、睾丸的功能	(271)
二、甲状腺激素的生理作用	(261)	二、睾丸功能的调节	(273)
三、甲状腺功能的调节	(263)	第二节 女性生殖	(273)
第四节 肾上腺的分泌	(264)	一、卵巢的功能	(274)
一、肾上腺皮质激素	(264)	二、卵巢功能的调节	(275)
二、肾上腺髓质激素	(266)	三、月经周期及其形成原理	(275)
第五节 胰岛的分泌	(267)	第三节 妊娠与避孕	(278)
一、胰岛素	(267)	一、妊娠	(278)
二、胰高血糖素	(268)	二、避孕的生理学基础	(280)
第六节 甲状旁腺激素、维生素 D₃	(268)	参考文献	(282)

第一节 生理学的任务和研究方法

一、生理学的任务

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究机体在正常情况下的各种生命活动现象及其规律的一门科学。生命活动现象既包括组成机体的各个组成部分的活动,也包括整体情况下各组成部分活动的相互作用、相互联系,规律则指的是各种生命活动的基本过程、产生的原理、体内外各种环境变化对生命活动的影响以及机体对环境变化所作出的各种调节等。人体生理学的任务是阐明整个人体及组成人体的各个部分所表现的各种正常的生命活动现象及其规律,揭示生命活动的现象与本质。

生理学又是医学课程体系中的一门重要的医学基础课程,认识和掌握人体正常的生理活动,是研究人体病理生理过程和疾病发生、发展规律的前提基础,可为更好地学习其他医学基础课程和临床课程奠定基础。

二、生理学的研究方法

生理学的知识是从科学实践(包括临床实践和实验研究)尤其是生理学实验中得到的,所以生理学是一门实验科学。在17世纪以前,生理学的发展,受研究方法和手段的限制,发展十分缓慢。生理学知识多来自于对尸体解剖和动物活体解剖而对人体器官功能的推测。1628年,英国医生 William Harvey 所著的《心血运动论》是第一部基于动物活体解剖和科学实验证据的生理学著作。Harvey 利用比较解剖学的方法,在若干种动物身上进行活体解剖。他花费了9年时间来做实验和进行仔细观察,掌握了血液循环的详细情况:心脏是循环系统的中心,血液由心脏射入动脉,再通过静脉回流到心脏而不断地循环。在《心血运动论》中,Harvey 并没有充分的证据表明在体循环当中,动脉与静脉之间的联系,但他已经推测到类似毛细血管结构的存在。1661年,意大利解剖学家 Marcello Malpighi 利用显微镜证明了毛细血管的存在,



从而进一步证实了 Harvey 的心血运动观点,标志着生理学开始成为一门独立的实验性科学步入历史舞台。由于人体许多基本的生理功能与动物相似或完全相同,因此可以通过动物实验的方法来间接了解人体的功能,目前动物实验已成为生理学研究的主要手段。但是动物实验得到的实验资料一般不能简单地直接应用到人体上去,因为人体的某些结构与功能,尤其是脑的结构与功能,与动物相比已经发生了很大的变化。因此,在进行实验研究时,应当根据不同的研究内容选择适当的动物或实验材料,在推断人体生命活动规律时,必须注意到人体与动物结构和功能上的差异。

(一) 动物实验

动物实验又根据实验所进行的时间长短,分为急性动物实验和慢性动物实验。

1. 急性动物实验 急性动物实验可分为体外实验和体内实验两种方法。体外实验是从活着的或刚处死的动物身上取出所需的器官、组织、细胞、细胞中的细胞器等,置于一个能够保持其正常生理功能的人工环境中,观察某些干预因素对其功能活动的影响。如利用离体蛙心灌流实验,研究某些药物对心肌收缩力、心率的影响。体内实验是在实验动物被麻醉的情况下,对动物进行手术操作,暴露出所要研究的部位,直接或连接某些记录装置间接观察某些生理功能在不同影响因素作用下的变化。例如,分离出家兔的颈总动脉及减压神经,将动脉插管插入家兔的颈总动脉并连接到记录动脉血压的生物信号记录分析系统,观察电刺激减压神经时动脉血压的变化情况。急性动物实验的优点是方法简便,易于控制实验条件,有利于进行直接地观察和分析某一生理过程、特点、调节因素等;急性动物实验的缺点是其实验结果不能完全代表它在正常机体内的情况,尤其是体外实验的结果,与整体正常生理情况下的表现可能会有很大差异。

2. 慢性动物实验 慢性动物实验是以完整、清醒的动物为研究对象,尽可能保持外界环境接近于自然,以便于能够长时间地观察和记录某些生理功能的改变。实验前往往需要对动物进行某些预处理,等到动物康复后再行实验观察。如研究唾液分泌的调节时,先将唾液腺导管开口移至颊部体表,康复后可以很方便地从体表收集到唾液腺分泌的纯净唾液,并观察各种因素对唾液分泌的影响。

(二) 人体实验

在人体上进行生理学研究,首先要使用不伤害人体的观测技术,其次还要考虑到伦理、道德等多方面复杂因素的限制,所以,人体实验必须以动物实验为基础,经动物实验获得了充分科学依据之后,确认某种新技术、新药物对治疗某种疾病有效,并对动物无毒无害,方可在人体上进行实验。人体实验主要是采用不伤害人体健康的手段对人群进行有关资料的采集、分析。例如,人体血压、心率、肺通气量、血细胞数量的正常值等就是通过收集大批人群的资料,并经过对各种数据进行统计分析而获得的。

三、生理学研究水平

细胞是构成人体的最基本功能单位。不同的细胞按照一定的层次、次序组成不同的组织,许多不同的组织、细胞又构成不同的器官,不同的器官相互联系又构成不同的系统。整个机体就是由各种器官系统相互联系、相互作用、彼此协调而组成的复杂的有机整体。如消化系统由口腔、咽、食管、胃、小肠、结肠、直肠以及与之相联系的各种消化腺所组成。执行不同生理功能的若干系统,如消化系统、呼吸系统、循环系统等组成完整人体,所以,人体生理学的研究就是



在细胞和分子、器官和系统、整体 3 个不同的水平进行的。

1. 细胞和分子水平 细胞是组成人体的最基本的结构和功能单位,而构成细胞及其亚微结构的是多种生物大分子,所以,各个器官的功能由构成该器官的各种细胞的特性决定,而细胞的生理特性则由构成细胞的生物大分子的物理和化学特性、细胞所表达的各种基因所决定。在细胞、分子水平上进行生理学研究,有助于更深入地认识人体生命活动的本质,使生理学的研究达到一个新的水平。例如细胞兴奋时,细胞膜上通道蛋白通透性的改变和离子的跨膜移动以及细胞在不同环境因素刺激下基因表达的改变等。该水平的研究一般是将细胞从整体上分离下来进行细胞培养或置于适当环境中,然后观察其功能活动以及在不同条件下活动的变化等。在细胞和分子水平上所获得的知识称为细胞生理学或普通生理学。

2. 器官和系统水平 生理学中大量的知识是从器官和系统水平上进行研究获得的。器官和系统水平上的生理学研究有助于全面了解器官和系统的功能及其在机体中所起的作用,正确认识器官和系统功能活动产生的内在机制以及内、外环境变化对其活动的影响。在器官水平上的研究,可以将某器官从整个机体上分离下来,在体外进行实验研究,也可以将器官保留在体内进行实验观察。在器官、系统水平上进行研究所获得的知识称为器官生理学。

3. 整体水平 仅仅从器官和系统以及细胞和分子水平上的研究,不可能对整体中的各个器官、系统之间的相互联系、相互协调得到深入的认识,所以必须以整个机体为研究对象进行研究,观察和分析体内各器官、系统之间的相互联系和相互影响,内、外环境变化对完整机体生理功能的影响,以及机体对环境变化所做出的各种应答,探讨完整机体如何适应内、外环境的变化及确保正常生命活动的顺利进行等。

生理学的 3 个研究水平各有侧重,三者不应孤立地进行,应当相互联系、相互补充,将它们的实验结果有机地结合起来,进行综合分析,才能真正揭示人体生命活动的奥秘。

第二节 机体的内环境和稳态

一、机体的内环境

1. 体液及其组成 人体内存在着大量水分,水中溶解着营养物质、代谢产物以及电解质等各种溶质成分。通常把体内的全部水分及溶解于其中的各种溶质成分,总称为体液。正常成年人的体液量约占体重的 60%,其中约 2/3 的体液分布于细胞内,称为细胞内液;其余约 1/3 的体液分布于细胞外,称为细胞外液。细胞外液中约 3/4 分布于细胞间隙内,称为组织液;其余约 1/4 则在血管中不断地循环流动,称为血浆(图 1-1)。此外,还有少量细胞外液存在于淋巴或其他体腔内,如关节腔内的滑液及胸膜腔、腹膜腔、心包腔内的液体以及脑脊液等。

2. 内环境的概念 人体内绝大多数细胞浸浴在机体内部的细胞外液中,而不与外界环境直接接触。法国生理学家 Claude Bernard 于 19 世纪中叶提出内环境(internal environment)的概念将机体组织细胞生存的体内液体环境,即细胞外液称为机体的内环境。机体与外环境之间所进行的物质交换和能量交换,从严格意义上讲是细胞与外环境之间的交换,二者之间的中介与联系是通过细胞外液实现的。外环境所提供的营养物质和氧气的运输及送达细胞必须通过细胞外液,细胞的代谢产物最终排出体外以及细胞所分泌的生物活性物质发挥其生理作用也是经过细胞外液的运输而实现的。

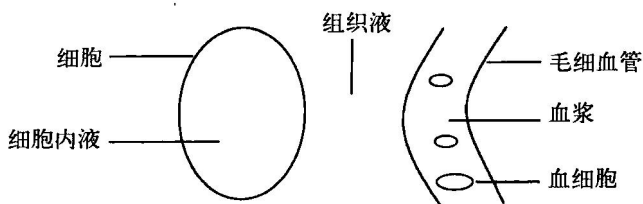


图 1-1 体液的基本组成

二、内环境的稳态

内环境稳态(homeostasis)是生理学中一个非常重要的概念,指的是细胞外液的化学成分和理化性质在一定范围内保持相对恒定的状态。如血浆的 pH 正常为 7.35~7.45,低于 7.35 机体处于酸中毒状态,高于 7.45 为碱中毒状态。发生酸中毒或碱中毒时,机体都不能进行正常的生理活动,因此,内环境稳态是机体进行正常生命活动的必要条件和前提,稳态一旦破坏,细胞的新陈代谢活动以及器官系统的功能都将受到干扰。由于内环境不断地同外环境和细胞内液之间进行着物质和能量交换,细胞外液的化学成分和理化性质必然会不断产生变化,因此,内环境稳态是一个动态的过程,即细胞外液的化学成分和理化性质无时无刻不在发生着变动,同时也是一个相对稳定的状态,这种变动只允许在一定的范围内发生变化。机体通过神经-体液的调节及各个器官系统功能活动的相互协调来保证内环境的稳态。

第三节 机体生理功能的调节

机体生存在千变万化的外界环境之中,环境的变化无时无刻不在影响着机体生命活动的正常进行,有时还会对机体产生伤害作用,而细胞的新陈代谢以及内环境本身各种因素的相互作用也会不断地影响内环境稳态。为使机体适应内外环境的变化,及时做出反应和调整,保证机体生理活动的正常进行,机体必须通过其自身完善的调节机制进行有效的调节。

一、生理功能的调节方式

机体对各种生理功能活动的调节方式主要有 3 种:神经调节、体液调节和自身调节。在 3 种生理功能活动的调节方式中神经调节起主导作用,而以体液调节和自身调节为辅助,共同实现对生理功能的调节。

1. 神经调节 神经调节是指在中枢神经系统的参与下,通过神经反射活动而实现的对人体生理功能的调节过程。在机体的各种生理功能调节方式中,神经调节处于主导地位,其特点是调节范围局限、准确、迅速。

神经调节的基本过程是反射。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内外环境变化即刺激所作出的规律性的应答,其结构基础是反射弧。反射弧由 5 个最基本的环节组成:感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器。感受器包括游离的神经末梢或感觉器官,能感受各种刺激,能把作用于他们的各种形式的刺激能量转化为传入神经的动作电位(神经冲动)。



神经冲动传到中枢,经过中枢整合后再发出传出指令(神经冲动)至效应器,并使后者产生相应的反应。反射弧的5个环节中的任何1个环节的结构或功能出现异常,反射活动都不能正常进行。反射分为非条件反射和条件反射两种形式。非条件反射是先天就有的,数量有限,具有种属特异性,可以遗传,对于个体的生存和种族的延续具有重要作用;条件反射是在非条件反射的基础上后天建立起来的,也可以消退,数量可以无限扩大,不能遗传,其意义是使机体更好地适应环境。

2. 体液调节 体液调节是指体内某些组织细胞或内分泌细胞产生特殊的化学物质,通过体液途径作用于含有相应受体的细胞而影响其生理功能的一种调节方式。例如胰岛的B细胞分泌的胰岛素通过血液循环到达含有胰岛素受体的靶细胞,发挥其功能调节作用。与神经调节相比,体液调节反应的发生比较迟缓、作用范围广泛、持续时间较长。

一些内分泌细胞除了能够感受体内外直接刺激外,还接受神经的支配,其分泌活动亦受到相应神经的调节。这种情况下,内分泌细胞的活动相当于相应传出神经的延续,这种调节方式称为神经-体液调节(图1-2)。

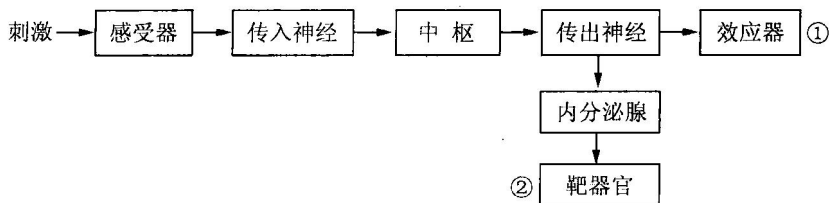


图1-2 神经调节与体液调节

①神经调节;②神经-体液调节

3. 自身调节 自身调节是指机体的组织细胞可以在不依赖于神经、体液调节的情况下,自身直接对周围的环境变化产生的一种适应性反应。例如,在一定范围内增加骨骼肌的初长度可增强肌肉的收缩张力;肾动脉灌注压在80~180mmHg范围内变动时,肾血流量基本保持稳定,从而保证肾泌尿活动在一定范围内不受动脉血压改变的影响。自身调节的程度尽管有限,但是可以作为神经调节、体液调节的必要补充。

二、生理功能的控制系统

20世纪40年代,人们运用数学和物理学原理和方法研究工程控制,同时也用这些原理和方法来分析、研究机体许多生理功能的调节。人们在研究机体生理功能的调节时发现,复杂的生理功能调节过程,包括神经调节、体液调节和自身调节,与工程控制有许多共同的规律。人体内存在着数以千计的各种控制系统,甚至在一个细胞内也存在着许多极其精细、复杂的控制系统,对细胞内的各种功能进行调节。任何控制系统都由控制部分和受控制部分组成。从控制论的观点分析,人体内的控制系统可分为非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统3大类。

(一)非自动控制系统

非自动控制系统是一个开放的控制系统。在该系统中,受控制部分的活动不会反过来影响控制部分的活动。这种控制呈单向性,即受控制部分的活动只能按照控制部分所发出的指

令进行活动,而不能反过来影响控制部分的活动。例如在应激反应中,当应激性刺激特别强大时,可能由于下丘脑神经元和垂体对血中糖皮质激素的敏感性减退,亦即糖皮质激素血中浓度升高时不能反馈抑制它们的活动,使应激性刺激能导致 ACTH 与糖皮质激素的持续分泌;这时,肾上腺皮质能不断地根据应激性刺激的强度作出相应的反应。在这种情况下,刺激决定着反应,而反应不能改变控制部分的活动。这种控制系统无自动控制的能力,在人体生理功能调节中,非自动控制比较少见。

(二)反馈控制系统

反馈控制系统是一种自动控制系统,是由控制部分与受控部分共同形成的一个封闭的闭环控制系统。在反馈控制系统中,控制部分对受控部分发出控制信息,而受控部分活动情况可被感受装置感受到并将以反馈信息的形式返回控制部分,控制部分可以根据反馈来的信息,改变和调整自己的活动,再发出控制指令调控受控部分的活动,使受控制部分的活动稳定在正常的水平上(图 1-3)。由控制部分到达受控部分的信息称为控制信息,由受控部分返回到控制部分的信息称为反馈信息。由受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动,称为反馈。在反馈控制系统中,根据反馈信息对控制部分的影响结果可分为正反馈和负反馈。如果经过反馈调节,来自受控部分的反馈信息反过来加强或促进控制部分的活动,即反馈调节使受控部分继续加强向原来方向的活动,称为正反馈;反之,如果反馈信息反过来抑制或减弱控制部分的活动,即受控部分的活动向和它原来活动方向相反的方向发生改变,称为负反馈。

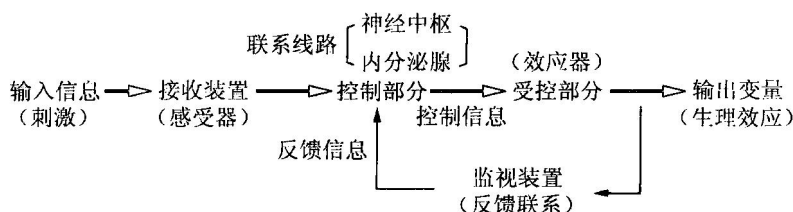


图 1-3 机体生理功能调节的自动控制系统模式

在神经调节活动中,神经反射的控制部分主要位于各级神经中枢,而受控部分主要指神经调节的各类效应器,如各类肌肉、腺体等。来自于效应器的反馈信息通过一定的途径返回到神经中枢,中枢经过整合后发出指令至传出神经,通过传出神经调节效应器的活动。在体液调节活动中,控制部分主要是指各个内分泌细胞,受控部分指相应激素作用的靶组织、靶细胞,反馈信息即靶组织、靶细胞的活动状态以及体内相应激素含量等信息,通过某种途径返回分泌相应激素的内分泌细胞并调节其分泌。

1. 正反馈 正反馈(positive feedback)在体内为数不多,受控部分发出的反馈信息促进或加强控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相同的方向改变。正反馈的意义在于促使某一生理活动过程很快达到高潮并发挥最大效应。在神经调节中排尿反射属于正反馈,排尿反射使膀胱逼尿肌收缩,而膀胱收缩后的反馈信息传入脊髓排尿中枢,又会使脊髓排尿中枢活动加强,引起膀胱逼尿肌的进一步收缩,如此反复反馈,直至通过膀胱收缩的不断加强将尿液完全排出。在体液调节中,催乳素对分娩子宫的作用属于正反馈。催乳素在下丘脑的视上核、室旁核的神经内分泌大细胞中合成,再沿轴突运输并储存于神经垂体,在机体需要时,释放入血液循环,血中的催乳素能使分娩子宫的平滑肌产生强烈收缩,而子宫平滑