



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



MEDICAL

复旦卓越·高等职业教育医学基础课教材

生理学

■ 主编 朱大年



复旦大学出版社

www.fudanpress.com.cn



MEDICAL

ISBN 978-7-309-06280-9



9 787309 062809 >

(本书附有光盘)

定价: 39.00元



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



复旦卓越·高等职业教育医学基础课教材

生理学

- 主 编 朱大年
副主编 马正行 郭 瑛
编 者 (以姓氏笔画为序)
马正行 (同济大学医学院)
朱大年 (复旦大学上海医学院)
伍吉云 (井冈山大学医学院)
孙国铨 (浙江医学高等专科学校)
杜广才 (山东医学高等专科学校)
张 敏 (九江学院医学院)
张玉芹 (武汉科技大学医学院)
张世忠 (三峡大学医学院)
邵慈慧 (湖州师范学院医学院)
袁国权 (上海职工医学院)
郭 瑛 (复旦大学护理学院)



复旦大学出版社

www.fudanpress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

生理学/朱大年主编. —上海:复旦大学出版社,2008.10
(复旦卓越·高等职业教育医学基础课教材)
ISBN 978-7-309-06280-9

I. 生… II. 朱… III. 人体生理学-高等学校:技术学校-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 141427 号

生理学

朱大年 主编

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路 579 号 邮编 200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65100562(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

责任编辑 贺琦

出品人 贺圣遂

印刷 上海肖华印务有限公司

开本 787 × 1092 1/16

印张 20.75

字数 434 千

版次 2008 年 10 月第一版第一次印刷

书号 ISBN 978-7-309-06280-9/R · 1049

定价 39.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

前 言

由复旦大学出版社出版的医学高等职业教育教材《人体解剖生理学》自2002年10月出版以来,至今已使用6年。2006年恰逢教育部组织申报“十一五”全国规划教材,本教材有幸被纳入这一规划的行列。由于在教育部“十一五”全国规划教材目录中,《人体解剖学》和《生理学》是两本独立的教材,所以,《人体解剖生理学》经本次修订后也将分为《人体解剖学》和《生理学》两本教材。

根据广大师生在使用前版教材(生理学部分)中的意见,也根据本学科的新进展,我们对教材进行了多方面的修订。新版《生理学》教材共分12章,我们将前版中未排入章号的绪论列为第一章,其余11章保持原名不变,但章次分别顺延一个序号。绪论章中删除了关于解剖学方法和解剖学术语的内容,将机体内环境和稳态这一生理学中具有重要指导意义的内容写入其中。细胞章中,将载体和转运体,甚至包括泵蛋白在内,均可被视为同一概念的新观点写入教材,对跨膜信号转导、刺激引起动作电位原理的描述更为清晰。血液章对前版的编排顺序作了适当调整,加强了对渗透现象和渗透压、血细胞生成的基本过程的阐述。循环章中增加了动脉血压的测量等内容。尿生成章中简化了导言、肾小管和集合管的转运方式等描述,增加了尿量和尿液的理化性质等内容。神经章对神经系统的躯体感觉和运动调节功能作了较大的修改,如增加了丘脑前的感觉传入系统及其损伤后表现,简化了牵涉痛的产生原理,修正了运动传出通路受损产生痉挛性瘫痪和基底神经节受损产生帕金森病和舞蹈病的机制等。其他各章也都进行了适当的增删和修改。在把握教材修订的内容和深度上,我们牢牢抓住医学高等职业教育以培养应用型、技能型人才为目标,突出“三基”(基本理论、基本知识和基本技能)的原则,以必需和够用为度,并努力做到理论联系实际,尽可能结合临床。此外,在本教材编写过程中,我们也充分考虑到了思想性、科学性、先进性、启发性和适用性在教材中的体现。编写中我们参考了大量国内、外生理学教材和其他有关书籍(见附录三)。

为加强学生对专业英语词汇的学习,培养学生初步具备阅读英文版专业书籍的能力,本教材正文中将英文专业词汇用圆括号置于相应的中文专业名词之后,并在书后汇编成汉英

索引(见附录二),以供学生查阅和复习之用。全书共收入中英文专业词汇450个左右。

考虑到便于学生自学和复习,本教材在每章开头以条文的形式列出各章的学习纲要,并明确掌握(重点内容)、熟悉(次重点内容)和了解(非重点内容)的三级要求,以便学生把握好学习的重点。当然,各校在实际教学中可将此学习纲要视作建议,可根据自己的特色进行适当的调整。此外,每章后面还附加习题,供学生练习和复习之用。全书共有习题1000余题。题型包括单项选择题、填空题、名词解释和问答题四种类型。习题内容基本上能覆盖全教材内容,并突出重点内容;习题的知识类型有基础知识型、理论应用型和实验要求型,认知层次则包括记忆型、解释型和问题解决型。对于单项选择题和填空题给出了参考答案,集中附于书后的附录一中。本书附送光盘一张,供教学参考。

参加本书编写的编者共11人,来自湖北、山东、江西、浙江和上海等地。在编写过程中他们投入了大量精力和时间,付出了辛勤劳动。在此我谨向各位编者表示诚挚的谢意。

限于我们的水平,本版教材肯定还存在不少问题,恳切希望广大读者批评指正。

朱大年

2008年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的任务和研究方法	1
一、生理学的任务	1
二、生理学的研究方法	1
第二节 机体的内环境和稳态	3
一、内环境的概念	3
二、稳态	3
第三节 人体生理功能的调节	4
一、生理功能的调节方式	4
二、生理功能的反馈控制	5
习题一	5
第二章 细胞的基本功能	7
第一节 细胞膜的物质转运和信号转导功能	7
一、细胞膜结构概述	7
二、物质的跨膜转运	8
三、跨膜信号转导	12
第二节 细胞的生物电现象及其产生机制	13
一、静息电位及其产生机制	14
二、动作电位及其产生机制	15
三、刺激引起动作电位的基本原理	16
四、动作电位在同一细胞上的传导	19
第三节 骨骼肌细胞的收缩功能	20
一、骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递	20
二、兴奋-收缩耦联	22
三、肌细胞收缩的分子机制	23
四、骨骼肌的收缩形式	24
五、影响骨骼肌收缩的主要因素	26

习题二	27
第三章 血液	32
第一节 血液的组成和理化特性	32
一、血液的组成	32
二、血液的理化特性	33
三、血液的功能	35
第二节 血细胞生理	36
一、血细胞生成的基本过程	36
二、红细胞生理	37
三、白细胞生理	39
四、血小板生理	41
第三节 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	48
第四节 血型、血量与输血原则	49
一、血型	49
二、血量	51
三、输血原则	51
习题三	52
第四章 血液循环	57
第一节 心脏生理	58
一、心脏的泵血功能	58
二、心肌细胞的生物电现象	64
三、心肌的生理特性	66
四、体表心电图	71
第二节 血管生理	72
一、各类血管的功能特点	72
二、血流动力学特点	73
三、动脉血压与动脉脉搏	75
四、静脉血压与静脉血流	79
五、微循环	81
六、组织液的生成与淋巴循环	83

第三节 心血管活动的调节	85
一、神经调节	85
二、体液调节	89
三、局部血流调节	91
四、动脉血压的长期调节	91
第四节 器官循环	91
一、冠脉循环	92
二、肺循环	93
三、脑循环	94
习题四	95
第五章 呼吸	106
第一节 肺通气	107
一、肺通气的原理	107
二、肺通气功能的评价	111
第二节 呼吸气体的交换	114
一、气体交换的原理	114
二、气体交换的过程和影响因素	115
第三节 气体在血液中的运输	117
一、氧的结合运输	117
二、二氧化碳的结合运输	118
第四节 呼吸运动的调节	119
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	119
二、呼吸运动的反射性调节	121
习题五	123
第六章 消化和吸收	128
第一节 消化道平滑肌和消化腺概述	128
一、消化道平滑肌的生理特性	128
二、消化腺的分泌功能	129
第二节 口腔内消化	130
一、唾液及其作用	130
二、咀嚼和吞咽	130
第三节 胃内消化	131

一、胃液及其作用	131
二、胃的运动	133
第四节 小肠内消化	135
一、胰液及其作用	135
二、胆汁及其作用	136
三、小肠液及其作用	137
四、小肠的运动	137
第五节 大肠的功能	138
一、大肠液的分泌	138
二、大肠的运动和排便	139
第六节 吸收	140
一、吸收的部位	140
二、小肠内主要营养物质的吸收	140
第七节 消化器官活动的调节	143
一、神经调节	143
二、体液调节	145
习题六	147
第七章 能量代谢和体温	151
第一节 能量代谢	151
一、机体能量的来源和去路	151
二、能量代谢的测定	152
三、影响能量代谢的主要因素	154
四、基础代谢	155
第二节 体温及其调节	157
一、正常体温及其生理变动	157
二、机体的产热和散热	158
三、体温调节	161
习题七	163
第八章 尿的生成和排出	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、肾的血液循环特点	169

第二节 肾小球的滤过功能	170
一、滤过膜及其通透性	171
二、有效滤过压	171
三、影响肾小球滤过的因素	172
第三节 肾小管和集合管的转运功能	173
一、肾小管和集合管的转运方式	173
二、各段肾小管和集合管的转运功能	174
三、影响肾小管和集合管重吸收的因素	177
第四节 尿液的浓缩和稀释	178
一、肾髓质渗透梯度的形成机制	178
二、直小血管在保持肾髓质高渗中的作用	179
三、尿液浓缩和稀释的过程	180
第五节 尿生成的调节	180
一、神经调节	180
二、体液调节	180
三、尿生成及其调节的生理意义	182
第六节 尿液及其排放	183
一、尿液	183
二、尿的排放	184
习题八	185
第九章 感觉器官的功能	190
第一节 感受器及其一般生理特性	190
一、感受器、感觉器官的定义和分类	190
二、感受器的一般生理特性	191
第二节 视觉器官	192
一、眼的折光功能及其调节	192
二、眼的感光换能功能	194
三、与视觉有关的几种生理现象	196
第三节 听觉器官	198
一、外耳和中耳的传音功能	198
二、内耳的感音换能功能	199
三、听阈与听域	201
第四节 前庭器官	201

一、前庭器官的感受细胞	201
二、前庭器官的适宜刺激和生理功能	202
三、前庭反应	203
第五节 其他感觉器官	204
一、嗅觉器官	204
二、味觉器官	204
三、皮肤的感觉功能	205
习题九	205
第十章 神经系统的功能	210
第一节 神经系统功能活动的基本原理	210
一、神经元	210
二、突触传递	212
三、反射活动的基本规律	216
第二节 神经系统的感觉分析功能	219
一、感觉传入通路	219
二、大脑皮层的感觉代表区	222
三、躯体和内脏感觉	224
第三节 神经系统对姿势和运动的调节	225
一、运动传出的最后公路	226
二、中枢对姿势的调节	226
三、中枢对躯体运动的调节	230
第四节 神经系统对内脏活动的调节	235
一、自主神经系统的功能	235
二、中枢对内脏活动的调节	238
第五节 脑电活动及觉醒和睡眠	240
一、脑电活动	240
二、觉醒和睡眠	242
第六节 脑的高级功能	244
一、条件反射	244
二、学习和记忆	245
三、语言和其他认知功能	246
习题十	247

第十一章 内分泌	257
第一节 内分泌和激素	257
一、内分泌和激素的概念	257
二、激素的分类	258
三、激素的作用及其特点	259
四、激素作用的机制	260
第二节 下丘脑与垂体	261
一、下丘脑-腺垂体系统	262
二、下丘脑-神经垂体系统	265
第三节 甲状腺	266
一、甲状腺激素的合成和代谢	266
二、甲状腺激素的生理作用	268
三、甲状腺功能的调节	269
第四节 肾上腺	270
一、肾上腺皮质	270
二、肾上腺髓质	273
第五节 胰岛	273
一、胰岛素	273
二、胰高血糖素	274
第六节 甲状旁腺和甲状腺 C 细胞	275
一、甲状旁腺激素	275
二、降钙素	276
三、维生素 D ₃	276
第七节 其他内分泌激素	276
一、前列腺素	276
二、松果体激素	277
三、胸腺激素	277
习题十一	277
第十二章 生殖	283
第一节 男性生殖	283
一、睾丸的功能	283
二、睾丸功能的调节	284
第二节 女性生殖	285

一、卵巢的功能	285
二、卵巢功能的调节	287
三、妊娠和分娩	289
习题十二	291
附录一 习题答案	294
附录二 汉英索引	305
附录三 参考资料	320

第一章 绪论

学习纲要

1. 掌握机体的内环境和稳态。
2. 掌握人体生理功能的反馈控制。
3. 熟悉人体生理功能的调节方式。
4. 了解生理学的任务, 生理学研究的不同水平和研究方法。

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,它以生物体正常功能为研究对象,是研究生命活动规律的一门科学。人和许多高等动物的机体结构复杂,由不同的系统、器官和组织细胞组成,各系统和器官具有不同的功能,如呼吸、消化、排泄、血液循环、肌肉收缩等,而神经系统和内分泌系统则可调节各系统和器官,使之功能活动有条不紊地进行,以共同维持整个机体的生命活动。生理学的任务是阐明生物体及其各组成部分在正常情况下所表现出来的各种生命现象、活动规律及其产生机制,以及机体内、外环境变化对这些功能活动的影响和机体所进行的相应调节,并揭示各种生理功能在整体生命活动中的意义。

生理学是随人类社会的发展,特别是在医疗实践、科学研究和技术革新的过程中不断发展而形成的。如今生理学已成为医学课程体系中一门重要的基础理论课程。医护人员如果不具备生理学的基本知识就不能正确认识疾病;并且,在他们认识和处理临床实践所遇到的许多实际问题中,生理学的基本理论和基本方法也是科学的思维方式和重要的研究手段。

二、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学。为能全面了解正常人体的生理功能,生理学研究须在

细胞和分子水平、器官和系统水平,以及整体水平三个不同层次上进行。另一方面,由于生理学实验往往会对机体造成损害,甚至危及生命。因此,大部分实验只能在动物机体上进行;仅在不损害受试者健康并得到本人同意的情况下,人体实验才允许有限进行。

(一) 动物实验

1. 急性动物实验 急性动物实验可分为离体实验和在体实验两种方法。离体实验是从活着的或刚处死的动物身上取出所需要的器官、组织、细胞或细胞中的某些成分,置于一个能保持其正常功能活动的人工环境中,观察某些人为干预对其功能活动的影响。例如,应用离体蛙心或血管灌流的方法研究某种药物对心肌或血管平滑肌收缩力的影响。又如,应用膜片钳技术研究细胞小片膜上单个离子通道的电流特性。在体实验是在动物麻醉条件下,手术暴露某些需要研究的部位,观察和记录某些功能活动在人为干预下的变化。例如,以动脉插管记录动物血压,观察某些神经或体液因素对血压的影响。急性动物实验的优点是实验条件比较简单,条件较易控制,便于进行直接的观察和细致的分析。离体实验可深入到细胞和分子水平,有助于揭示生命现象最为本质的基本规律。但实验结果可能与正常条件下完整机体的生理功能有所不同,甚至会有很大的差别。

2. 慢性动物实验 慢性动物实验以完整、清醒的动物为研究对象,且尽可能保持外界环境接近于自然,以便能在较长时间内观察和记录某些生理功能的改变。实验前一般需对动物作某些预处理,待手术康复后再进行观察。例如,研究唾液的分泌调节时,可预先将唾液腺导管开口移至颊部体表,观察时就能方便地从体表收集到纯净的唾液。又如,研究某种内分泌功能时,常先摘除动物某种内分泌腺,以便观察这种内分泌激素缺乏时以及人为替代后的生理功能改变,用以了解这种内分泌激素的生理作用。慢性动物实验适用于观察某一器官或组织的正常功能以及在整体功能中的地位,但不宜用于分析某一器官或组织细胞生理功能的详细机制。与急性动物实验相比,慢性动物实验的干扰因素较多,实验条件较难控制。

(二) 人体实验

尽管人和动物的机体在结构和功能上有许多相似之处,但仍有很大差异。所以,动物实验资料一般不能直接应用于人体,人体实验仍属必不可少。由于受到伦理学的限制,目前人体实验主要是进行人群资料调查。例如,人体血压、心率、肺通气量、肾小球滤过率,以及血中红细胞、白细胞和血小板数量的正常值就是通过对大批人群资料采样,再进行数据的统计学处理后获得的。有些实验研究也可在人体进行,例如测试人体在高温、低温、低氧、失重和高压等一些特殊环境下某些生理活动的变化。

总之,各种实验方法各有其优缺点。因此,对某种生理功能的研究,究竟采用哪些实验方法,应根据实际情况加以选择。

第二节 机体的内环境和稳态

一、内环境的概念

人和动物体内含有大量液体,机体内的液体称为**体液**(body fluid)。正常成年人的体液量约占体重的60%,其中约2/3(体重的40%)分布于细胞内,称为**细胞内液**(intracellular fluid, ICF);约1/3(体重的20%)分布于细胞外,称为**细胞外液**(extracellular fluid, ECF)。约3/4的细胞外液(体重的15%)分布于细胞间隙内,称为**组织液**(tissue fluid);约1/4的细胞外液(体重的5%)则在血管中不断循环流动,称为**血浆**(plasma)。此外,体内还有少量淋巴和脑脊液等。通常,人体绝大多数细胞不与外界环境相接触,而是浸浴于细胞外液中,因此细胞外液是细胞直接接触和赖以生存的环境。生理学中的一个重要概念就是将细胞外液视为机体的**内环境**(internal environment),以区别于整个机体所处的外环境。

人体各部分体液彼此隔开,因而各部分体液的成分有较大的差别(见第二、第三章),但各部分体液又相互沟通(图1-1)。细胞内液与组织液之间通过细胞膜进行物质交换;而血浆与组织液之间则通过毛细血管壁进行物质交换。血浆是内环境中最为活跃的部分,是沟通各部分体液并与外环境进行物质交换的重要媒介。

二、稳态

正常情况下,机体内环境的理化性质能保持相对稳定,这种状态称为**稳态**(homeostasis)。稳态具有十分重要的生理意义。因为细胞的各种代谢活动都是酶促生化反应,所以,细胞外液中需要有足够的营养物质、 O_2 和水,以及合适的温度、离子浓度、酸碱度和渗透压等。细胞膜两侧一定的离子浓度及分布也是可兴奋细胞保持其正常兴奋性和产生生物电的重要保证(见第二章)。稳态的破坏将影响细胞生命活动的正常进行,如高热、酸中毒、低氧、离子浓度改变等都将导致细胞功能的严重紊乱,引起疾病,甚至危及生命。因此,稳态是维持机体正常生命活动的必要条件。

稳态是一种动态平衡。由于细胞的代谢将不断消耗 O_2 和营养物质,并不断产生 CO_2



图1-1 体液的分隔和相互沟通示意图