



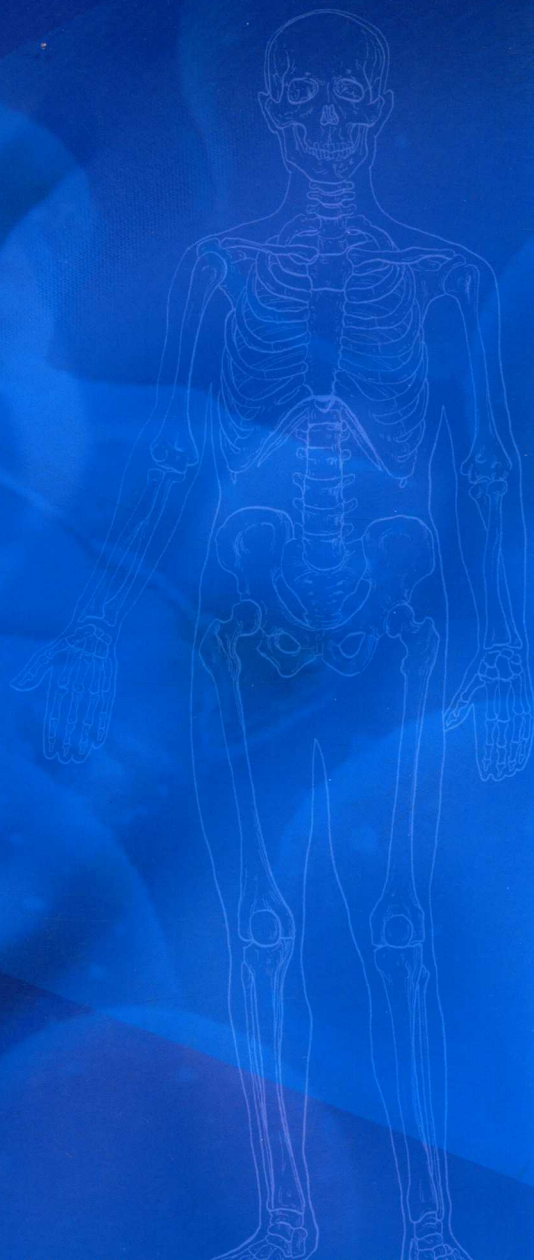
新形态教材
高等学校基础医学系列

高等学校“十三五”医学规划教材
(供临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业用)

生理学

(第2版)

主编 邹原 高兴亚



高等教育出版社



新形态教材
高等学校基础医学系列

高等学校“十三五”医学规划教材
(供临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业用)

生理学

Shenglixue

(第2版)

主 审 罗自强

主 编 邹 原 高兴亚

副主编 肖中举 王春梅

编 委 (按姓氏拼音排序)

封启龙 (山西医科大学)

黄文君 (桂林医学院)

马晓健 (湖南医药学院)

王爱梅 (锦州医科大学)

王瑞幸 (福建医科大学)

吴雪飞 (大连医科大学)

薛明明 (内蒙古医科大学)

朱 亮 (大连医科大学)

高兴亚 (南京医科大学)

梁志锋 (广西医科大学)

冉 兵 (西南医科大学)

王春梅 (遵义医科大学)

王振华 (中国医科大学)

肖中举 (南方医科大学)

张绪东 (牡丹江医学院)

邹 原 (大连医科大学)

高等教育出版社·北京

内容提要

本书内容主要包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢与体温、尿的生成和排出、感觉器官的功能、神经系统的功能、内分泌生理和生殖,内容编排上突出核心知识,注重知识运用,强调联系临床。全书纸质内容与数字化资源一体化设计,数字课程涵盖动画、图片、临床视角、知识拓展、深入学习、本章小结、自测题、教学 PPT 等资源,利于学生自主学习,提升教学效果。

本书适用于高等学校临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业学生,也是学生参加执业医师考试的必备书,还可供临床医务工作者和医学研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 邹原, 高兴亚主编. --2 版. --北京: 高等教育出版社, 2019.8

ISBN 978-7-04-052343-0

I. ①生… II. ①邹… ②高… III. ①人体生理学 - 高等学校 - 教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 157553 号

项目策划 林金安 吴雪梅 杨兵

策划编辑 瞿德竑 责任编辑 瞿德竑 封面设计 张楠 责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 大厂益利印刷有限公司
开 本 889mm×1194mm 1/16
印 张 21.25
字 数 570千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2015年8月第1版
2019年8月第2版
印 次 2019年8月第1次印刷
定 价 49.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

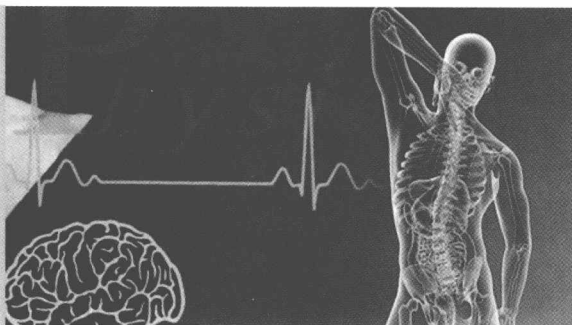
物料号 52343-00

数字课程 (基础版)

生理学

(第2版)

主编 邹原 高兴亚



生理学 (第2版) 数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程包括微课、动画、图片、临床视角 (包括案例)、知识拓展、深入学习、教学PPT、本章小结、自测题等板块, 丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

用户名: 密码: 验证码: **5360** 忘记密码?

<http://abook.hep.com.cn/52343>

登录方法:

1. 电脑访问 <http://abook.hep.com.cn/52343>, 或手机扫描下方二维码、下载并安装 Abook 应用。
2. 注册并登录, 进入“我的课程”。
3. 输入封底数字课程账号 (20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
4. 点击“进入学习”, 开始本数字课程的学习。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。如有使用问题, 请点击页面右下角的“自动答疑”按钮。

生理学 (第2版)



扫描二维码, 下载 Abook 应用

“生理学”数字课程编委会

主 编 邹 原 高兴亚

副主编 王春梅 姚齐颖

编 委 (按姓氏拼音排序)

封启龙 (山西医科大学)

关莉莉 (大连医科大学)

梁志锋 (广西医科大学)

马晓健 (湖南医药学院)

王爱梅 (锦州医科大学)

王瑞幸 (福建医科大学)

吴雪飞 (大连医科大学)

薛明明 (内蒙古医科大学)

张绪东 (牡丹江医学院)

邹 原 (大连医科大学)

高兴亚 (南京医科大学)

黄文君 (桂林医学院)

刘 波 (遵义医科大学)

冉 兵 (西南医科大学)

王春梅 (遵义医科大学)

王振华 (中国医科大学)

肖中举 (南方医科大学)

姚齐颖 (大连医科大学)

朱 亮 (大连医科大学)

基础医学系列数字课程与新形态教材建设委员会

主任委员 来茂德（浙江大学/中国药科大学）

副主任委员 李 凡（吉林大学）

谢小薰（广西医科大学）

司传平（济宁医学院）

黄文华（南方医科大学）

委 员（按姓氏拼音排序）

高兴亚（南京医科大学）

龚永生（温州医科大学）

关亚群（新疆医科大学）

何 涛（西南医科大学）

侯筱宇（徐州医科大学）

黄孝天（南昌大学）

李存保（内蒙古医科大学）

刘 佳（华南理工大学）

刘志宏（宁夏医科大学）

阮永华（昆明医科大学）

石京山（遵义医科大学）

王 放（吉林大学）

解 军（山西医科大学）

徐国强（贵州医科大学）

杨保胜（新乡医学院）

曾思恩（桂林医学院）

张根葆（皖南医学院）

张晓杰（齐齐哈尔医学院）

钟照华（哈尔滨医科大学）

周天华（浙江大学）

朱 亮（大连医科大学）

前言

《生理学》第1版发行四年多来被多所院校学生使用，受到同行和学生的好评。为全面落实“新时代全国高等学校本科教育工作会议”精神，加强本科教育，全面提高医学人才培养质量，高等教育出版社组织全国高校基础医学领域的专家、教授启动新形态教材：高等学校基础医学系列再版工作。

第2版教材修订主要体现在以下几个方面：一方面是内容的更新，如髓质高渗的建立及肾小管对不同物质的转运机制，使相关知识得到及时的更新和补充；部分插图也进行了更新。二是数字资源的优化，通过新增或删除部分数字资源，使各章数字资源更加均衡、实用，以增强纸质内容与数字资源的有机结合。三是新增A2型题，以加强与执业医师考试的关联。四是新增PBL案例和微课，更加有利于教师的教学和学生的自主学习。

通过本次修订，本教材更加突出了以下特点：

1. 纸质教材与数字课程紧密结合，一体化设计。数字课程涵盖了微课、动画、图片、临床视角、知识拓展、深入学习等栏目，与正文相关知识点对应的数字资源类型及编号用“📄”标出，为学生利用数字化资源提供方便。

2. 每个章节均包涵基本知识、拓展知识，以及本章小结、教学PPT、案例等媒体资源，便于学生自学，也为教师备课和开展案例式教学提供了资源。

3. 纸质教材中的思维导图，可以帮助学生理解、领会知识的层次、关系，使学习内容条理清楚、重点突出，提高学习效果。

4. 设置思考题、讨论题和参考资料、拓展资源等内容，以引发思考，促进学生自学，按照“任务驱动”的原则，引导学生完成学习任务。

5. 教材在栏目编排、内容取舍、详略布局等方面体现基础与临床结合的思想，内容有深度、有广度，体现面向临床、以应用为导向的教学思想。

6. 以国内外经典生理学教材和近期研究文献为参考，保证教材内容的科学性。同时，在一定程度上继承传统教材的提法、名词和编排顺序，保持教材的稳定性和继承性。

本教材由全国14所高等医学院校的16位专家联合编写完成，书中凝聚了编者在教学工作中积累的经验 and 智慧，也倾注了大家艰辛的劳动。中南大学湘雅医学院罗自强教授在百忙中认真审阅了整部教材，提出了宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平的限制，也会存在一些问题和疏漏，敬请广大读者批评指正，并提出改进意见。

邹 原 高兴亚

2019年5月

目录

- 001 第一章 绪论
- 003 第一节 生理学的任务和研究方法
- 003 一、生理学的任务
- 003 二、生理学的学科地位
- 003 三、生理学的研究方法
- 004 四、生理学研究的三个水平
- 004 第二节 机体的内环境
- 004 一、体液与内环境
- 005 二、稳态
- 005 第三节 生理功能的调节
- 005 一、生理功能的调节方式
- 006 二、体内的控制系统

- 008 第二章 细胞的基本功能
- 010 第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能
- 010 一、细胞膜的化学组成和分子结构
- 012 二、细胞膜的物质转运功能
- 017 第二节 细胞的信号转导
- 017 一、细胞通讯的方式
- 018 二、细胞信号转导
- 022 第三节 细胞的生物电活动
- 022 一、静息电位
- 024 二、动作电位
- 026 三、兴奋的引起与传导
- 027 四、兴奋性及其影响因素
- 028 第四节 肌细胞的收缩功能
- 028 一、骨骼肌细胞的结构及收缩功能
- 034 二、骨骼肌收缩的力学分析
- 036 三、平滑肌

- 039 第三章 血液
- 041 第一节 血液的组成和理化特性
- 041 一、血液的组成
- 042 二、血量
- 043 三、血液的理化性质

- 044 第二节 血细胞生理
- 044 一、血细胞生成的部位和一般过程
- 046 二、红细胞生理
- 048 三、白细胞生理
- 050 四、血小板生理
- 052 第三节 生理性止血
- 052 一、生理性止血的过程
- 052 二、血液凝固
- 055 三、抗凝和纤维蛋白溶解
- 056 第四节 血型 and 输血
- 057 一、血型
- 059 二、输血原则
- 059 三、成分输血

- 061 第四章 血液循环
- 063 第一节 心脏的泵血功能
- 063 一、心脏的泵血过程和机制
- 066 二、心脏泵血功能的评价
- 067 三、影响心输出量的因素
- 069 四、心脏泵血功能的储备
- 070 第二节 心脏的生物电现象和生理特性
- 071 一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制
- 074 二、心肌细胞的生理特性
- 078 三、体表心电图
- 080 第三节 血管生理
- 080 一、各类血管的功能特点
- 081 二、血流量、血流阻力和血压
- 083 三、动脉血压和动脉脉搏
- 085 四、静脉血压和静脉回心血量
- 088 五、微循环
- 090 六、组织液
- 091 七、淋巴液的生成与回流
- 092 第四节 心血管活动的调节
- 092 一、神经调节
- 097 二、体液调节

- 100 三、局部血流量的自身调节
- 100 四、动脉血压的长期调节
- 101 第五节 器官循环
- 101 一、冠脉循环
- 102 二、肺循环
- 104 三、脑循环
- 106 第五章 呼吸
- 108 第一节 肺通气
- 108 一、肺通气的原理
- 116 二、肺通气功能的评价
- 119 第二节 肺换气和组织换气
- 119 一、肺换气和组织换气的基本原理
- 121 二、肺换气
- 123 三、组织换气
- 123 第三节 气体在血液中的运输
- 123 一、氧和二氧化碳在血液中存在的形式
- 124 二、氧的运输
- 128 三、二氧化碳的运输
- 130 第四节 呼吸运动的调节
- 130 一、呼吸中枢
- 132 二、呼吸节律的形成机制
- 132 三、呼吸的反射性调节
- 138 第六章 消化与吸收
- 140 第一节 消化生理概述
- 140 一、消化道平滑肌的生理特性
- 141 二、消化腺的分泌功能
- 141 三、消化道的神经支配
- 143 四、胃肠激素
- 143 五、社会心理因素对消化功能的影响
- 144 第二节 口腔内消化
- 144 一、唾液及其作用
- 145 二、咀嚼与吞咽
- 145 三、食管的功能
- 146 第三节 胃内消化
- 146 一、胃液的分泌
- 150 二、胃的运动
- 152 第四节 小肠内消化
- 152 一、胰液的分泌及作用
- 154 二、胆汁的分泌和排出
- 156 三、小肠液的分泌
- 156 四、小肠的运动
- 157 第五节 大肠内消化
- 157 一、大肠液的分泌和大肠内细菌的活动
- 158 二、大肠的运动和排便
- 159 第六节 吸收
- 159 一、吸收部位和途径
- 160 二、主要营养物质的吸收
- 164 第七章 能量代谢与体温
- 166 第一节 能量代谢
- 166 一、机体的能量来源与利用
- 168 二、能量代谢的测定
- 171 三、影响能量代谢的因素
- 172 四、基础代谢
- 173 第二节 体温及其调节
- 173 一、体温及其生理波动
- 175 二、产热与散热
- 177 三、体温调节
- 179 四、温度习服
- 181 第八章 尿的生成和排出
- 183 第一节 概述
- 183 一、肾的结构特点
- 184 二、肾血液循环特点
- 185 第二节 肾小球的滤过功能
- 186 一、肾小球滤过膜
- 186 二、有效滤过压
- 187 三、影响肾小球滤过的因素
- 188 第三节 肾小管和集合小管的物质转运功能
- 188 一、肾小管和集合小管物质转运的部位和方式
- 189 二、几种物质在肾小管和集合小管的重吸收
- 192 三、肾小管与集合小管的分泌作用
- 194 第四节 尿液的浓缩与稀释
- 194 一、尿液的浓缩、稀释过程
- 195 二、尿液浓缩和稀释的机制
- 197 三、影响尿液浓缩和稀释的因素
- 197 第五节 尿生成的调节
- 198 一、肾内自身调节
- 198 二、神经调节
- 199 三、体液调节

203	第六节 血浆清除率	264	二、内脏活动的中枢调节
203	一、血浆清除率的测定方法	265	三、本能行为和情绪的神经基础
203	二、测定血浆清除率的意义	267	第五节 脑的高级功能
204	第七节 尿液的排放	267	一、学习和记忆
204	一、尿液的性质	269	二、语言和其他认知功能
204	二、排尿反射	271	第六节 脑电活动、觉醒与睡眠
		271	一、脑电活动
		272	二、睡眠
207	第九章 感觉器官的功能		
209	第一节 感受器及其一般生理特性	275	第十一章 内分泌生理
209	一、感受器与感觉器官的概念和分类	277	第一节 概述
209	二、感受器的一般生理特性	277	一、内分泌和内分泌系统
211	第二节 眼的视觉功能	277	二、激素
211	一、眼的折光系统	285	第二节 下丘脑和垂体
214	二、眼的感光换能系统	285	一、下丘脑和腺垂体
218	三、与视觉有关的若干生理现象	291	二、下丘脑和神经垂体
218	第三节 耳的听觉功能	293	第三节 甲状腺内分泌
219	一、外耳和中耳的功能	293	一、甲状腺激素的代谢
220	二、内耳耳蜗的功能	295	二、甲状腺激素的生物学作用
223	第四节 前庭器官的功能	297	三、甲状腺功能的调节
223	一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	298	第四节 肾上腺内分泌
225	二、前庭反应	298	一、肾上腺皮质激素
		301	二、肾上腺髓质激素
227	第十章 神经系统的功能	302	第五节 胰岛内分泌
229	第一节 神经元活动的一般规律	302	一、胰岛素
229	一、神经元和神经胶质细胞	304	二、胰高血糖素
232	二、神经元信息传递方式	304	第六节 调节钙、磷代谢的激素
238	三、神经递质和受体	304	一、甲状旁腺激素的生物学作用与分泌调节
244	四、中枢兴奋和中枢抑制	305	二、降钙素的生物学作用与分泌调节
248	第二节 神经系统的感觉分析功能	306	三、1,25-二羟维生素D ₃ 的生物学作用与分泌调节
248	一、躯体感觉	306	第七节 其他腺体和组织的内分泌
252	二、内脏感觉	306	一、松果体的内分泌
253	三、特殊感觉	307	二、组织激素
254	第三节 神经系统对姿势和运动的调节	308	三、功能系统器官内分泌
254	一、脊髓在姿势和运动调节中的作用		
256	二、脑干对肌紧张和姿势的调节	310	第十二章 生殖
258	三、小脑的功能	312	第一节 男性生殖
260	四、基底神经节对躯体运动的调节	312	一、睾丸的功能
261	五、大脑皮质对躯体运动的调节	314	二、睾丸功能的调节
262	第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	315	第二节 女性生殖
262	一、自主神经系统及其功能		

315 一、卵巢的功能

317 二、月经周期及其调控

319 三、卵巢功能的调节

321 第三节 妊娠与分娩

321 一、妊娠

323 二、分娩

324 主要参考文献

325 中英文名词对照索引 

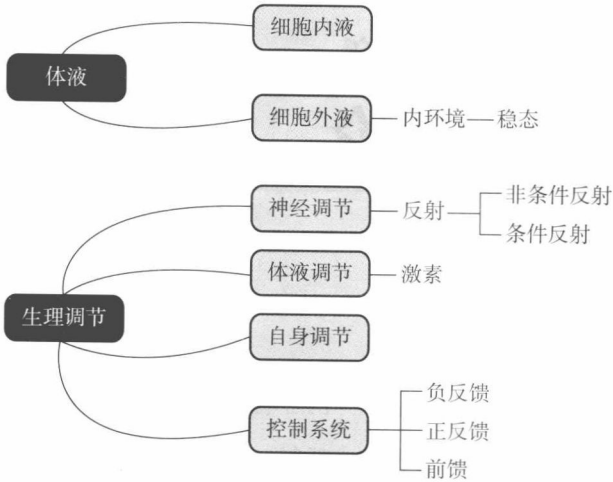
第一章 绪论

关键词

生理学 内环境 稳态 神经调节 体液调节
自身调节 反射 激素 负反馈 正反馈

生理学是生物科学的一个分支，是研究生物体生命活动各种现象及其正常功能活动规律的一门科学。研究内容体现在细胞水平、器官系统水平和整体水平。其目的是阐明机体各种生理功能的发生机制、条件及机体内环境变化对这些功能的影响。作为开篇，本章主要介绍生理学研究的基本内容和方法，以及内环境、稳态、生理功能调节等基本概念，为后续章节的学习打下基础。

思维导图



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, 是研究生物体及其各个组成部分正常功能活动规律的一门科学。生理学以生物机体的生命活动现象和机体各个组成部分的功能作为研究对象, 研究各种生理功能的发生机制、条件及机体内环境变化对这些功能的影响。生物体具有生命活动, 生命活动至少有三方面的基本活动表现和特征, 即新陈代谢、兴奋性和适应性。

二、生理学的学科地位

生理学在学科分类上隶属于生物学 (biology), 而本书主要论述人体的生理功能, 故称为人体生理学。在医学的发展过程中, 人们想要了解人体是如何活动的, 并在此基础上研究疾病是如何产生的。因此, 医学中关于疾病的理论研究都以人体生理学为基础; 而临床医疗中的发现也能反过来检验生理学的理论是否正确, 并借此推动生理学自身的发展。

人体生理学 (human physiology) 是一门基础医学课程。人们必须在了解正常人体各部分功能的基础上, 才能理解在各种疾病状况下, 身体某个或某些部分发生的变化, 进而研究疾病情况下功能改变与形态变化之间的关系。对于医学生来说, 人体生理学是一门非常重要的基础理论课程。

三、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学, 其知识都来自实验观察或临床实践。1628年, 威廉·哈维 (英国医生) 通过在动物身上反复多次地实验观察, 推断出血液循环的途径, 出版了《心与血的运动》一书, 第一次提出血液循环的理论 (theory of circulation), 也将生理学确立为一门科学。1786年, 意大利生理学家伽伐尼 (Luigi Galvani) 在用青蛙的腿做实验时, 蛙腿偶然碰到铁杠杆, 蛙腿肌肉就发生收缩, 由此发现了生物组织的生物电现象。1904年, 巴甫洛夫 (俄国) 通过研究摇铃、喂食与犬唾液分泌的实验, 在神经生理学方面, 提出了著名的条件反射学说。1924年, 威廉·艾因特霍芬 (荷兰) 发现心电图的机制。1930年, 卡尔·兰德斯坦纳 (奥地利裔美国病理学家) 发现人类血型。1939年, 坎农 (美国生理学家) 提出内环境稳态。20世纪, 控制论、系统分析、电子学和电子计算机等一系列新观念、新技术的引进, 使得生理学发展迅速。生理学的发展历史清楚地说明, 生理学的基本研究方法是实验。

生理学实验 (physiological experiment) 是指在人工控制的条件下, 通过对生命现象进行干预、观察和分析, 来获取生理学知识的一种研究活动。进行生理学实验时, 往往需要对研究对象 (可以是完整的机体, 也可以是器官、组织或细胞) 的某一特定功能进行独立的观察、分析, 并加入各种实验因素 (人工干预), 观察实验因素对其功能的影响。由于实验往往会给机体造成一定的损害, 甚至危及生命。因此, 生理学实验主要在动物身上进行, 在人体只能进行“无创”或

知识拓展 1-1
林可胜: 中国近代生理学的奠基人

“微创”实验,并且需要得到受试者本人的知情同意。例如,观察和测量人体血压、心率、肺通气量、肾小球滤过率,以及通过血液检查观察红细胞、白细胞和血小板等。

动物实验包括急性动物实验和慢性动物实验两大类。

1. 急性动物实验 是快速观察生理功能变化的实验方法,又可分为离体实验和在体实验两类。离体实验(experiment in vitro)是在麻醉状态下,从活(或刚处死)的动物身上取出所需要的器官、组织或细胞,置于一个仿生物体的人工环境中,观察各种实验因素对其功能活动的影响,如蛙心灌流、神经干动作电位等。在体实验(experiment in vivo)是在麻醉的整体动物身上所做的实验,用以观察和记录某些整体的生理功能在实验条件下的变化。如血压调节实验、体感诱发电位等,主要用于观察整体生理功能的变化。

2. 慢性动物实验 是以完整、清醒的动物为研究对象,用较长的时间(几天、几周,甚至几年)观察和记录某些生理功能的改变。实验准备阶段,通常需要通过一些无菌的手术对动物进行预处理,待动物恢复后再进行观察。例如,通过手术做一个胃瘘,用以观察胃的分泌功能。

四、生理学研究的三个水平

人体可分为若干个功能不同的系统,如神经系统、循环系统等。每个系统又可再分为若干个相互连接的器官,如循环系统可分为心脏、动脉、静脉和毛细血管等,而各个器官又由相应的组织和细胞组成。整个人体可以分成不同的层级,因此,人体生理功能的研究也可大致分为以下三个不同水平。

1. 整体水平 主要以完整的机体为研究对象,研究、观察完整机体内各器官、系统之间的相互联系和相互影响,以及内、外环境变化对机体生理功能的影响。例如,运动对循环和呼吸功能的影响。

2. 器官和系统水平 主要以某个具体的器官或系统为研究对象,观察器官、系统的活动规律和调节机制。如心脏的泵血、肺的通气、胃的消化和肾的泌尿等功能。器官和系统水平的研究可以排除整体水平实验中各器官和系统之间的相互影响,更好地控制实验因素。器官水平的研究通常称为器官生理学。例如,心脏生理学、呼吸生理学和内分泌生理学等。

3. 细胞和分子水平 以细胞、亚细胞结构或生物大分子为研究对象,探索细胞及其所含生物大分子的功能和与器官系统甚至整体生理功能的关系。例如,神经细胞上的电位变化,细胞膜上通道蛋白的动力特性,以及肌肉收缩的分子机制等。

实际上各个水平的功能活动是紧密相关、互相联系的,所得到的研究结果也会互相补充、相互印证。总体而言,微观水平的研究是宏观水平研究的深入,其研究结果最终目的是帮助我们理解和诠释器官和系统乃至整体水平的功能活动及规律。

第二节 机体的内环境

一、体液与内环境

人和动物体内含有大量液体,称为体液(body fluid)。正常成人的体液量约占体重的60%,

其中约 2/3 分布于细胞内, 称为细胞内液 (intracellular fluid), 另外约 1/3 分布于细胞外, 称为细胞外液 (extracellular fluid)。细胞外液中约 3/4 (约占体重的 15%) 分布于细胞间隙内, 称为组织间液或组织液 (tissue fluid), 其他还包括血浆、淋巴液和脑脊液。高等动物的绝大多数细胞不直接与外界环境接触, 而是生活于细胞外液之中。细胞外液为细胞的活动提供营养物质和必要的理化条件, 并接受来自细胞的代谢产物。因此, 细胞外液成为细胞赖以生存的体内环境, 称为生物机体的内环境 (internal environment)。

知识拓展 1-2
关于内环境来源于海水的理论

二、稳态

内环境的理化性质保持相对恒定是维持机体生存的必要条件。维持内环境经常处于相对恒定的状态, 称为内环境稳态 (homeostasis) 或自稳态。稳态是一种复杂的动态平衡过程: 一方面机体的代谢过程使稳态不断地受到破坏, 而另一方面又通过各种调节机制使其不断地恢复平衡。总之, 整个机体的生命活动正是在不断地受到影响, 而又不断地得到维持的过程中得以顺利进行的。

稳态不是静态的平衡, 而是机体不断调节的结果。例如, 人的正常体温可在 37℃ 上下波动, 当外界环境因素 (如高温、严寒) 使体温偏离时, 机体就可以调节产热和散热过程, 使得偏离的体温得到恢复。机体通过多个系统和器官的活动, 使遭受破坏的内环境及时得到恢复, 从而维持其相对稳定。稳态的维持往往需要全身各系统和器官的共同参与和相互协调。反过来, 稳态也为全身的各个组织细胞的正常活动创造了条件。

第三节 生理功能的调节

人体各组成部分按照一定的形式精确地组织起来, 构成了一个有机的整体。当内、外环境发生变化时, 机体可通过体内存在的调控机制, 改变自身的功能以适应环境的变化, 保证正常的生命活动。这种适应性变化的调控机制有三种方式: 神经调节、体液调节及器官、组织和细胞的自身调节, 其中神经调节起主导作用。

一、生理功能的调节方式

(一) 神经调节

神经调节 (neuroregulation) 是通过神经支配而实现的功能调节方式, 是人体生理功能调节中最主要的形式。神经调节的基本活动方式是反射 (reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下, 机体对内、外环境的刺激发生的规律性、适应性反应。反射活动的结构基础是反射弧 (reflex arc)。反射弧由五个环节所组成, 即感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器, 若反射弧的任何一个环节被阻断, 反射将不能完成。反射弧本身是一个开放回路, 但是由于效应器内存在感受器, 能将效应器活动的信息回输到中枢, 适时地调整中枢的功能活动, 使效应器的适应性反应更加精确协调。因此, 神经调节实际上是一闭合回路的反射过程。

反射可区分为非条件反射和条件反射两大类型。非条件反射是先天的、与生俱来的, 其反射

弧较为固定，其刺激与反应之间的因果关系由种族遗传因素所决定。条件反射是后天获得的，建立在非条件反射的基础上，是个体在生活过程中根据所处的生活条件，通过“学习”建立起来的，其刺激与反应之间的因果关系是不固定的，灵活可变，且具有预见性。神经调节的特点是反应迅速，调节精确。

（二）体液调节

体液调节（humoral regulation）是指体内某些特殊的化学物质通过体液运输而实现的一种调节方式。这些化学物质包括内分泌细胞分泌的激素，某些组织细胞分泌的特殊化学物质，以及组织细胞代谢产生的代谢产物等。这些物质通过血液循环或组织液扩散，到达靶组织细胞，调节靶组织器官的功能。例如，内分泌腺所分泌的激素（hormone）可通过体液调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等重要生理功能。体液调节的特点：缓慢、持久，作用范围广泛。

体液调节往往受神经系统的控制，因而成为神经调节的反射弧中传出通路的延伸部分，故可称之为神经-体液调节。神经调节与体液调节两者密不可分，有着相辅相成的联系。

（三）自身调节

自身调节（autoregulation）是指组织细胞不依赖于神经或体液因素，通过自身适应机制而实现的一种调节方式。人体在内、外环境发生变化时，器官、组织、细胞可不依赖于神经和体液因素的参与，通过自身的适应性反应，来完成功能的调节。例如，心肌收缩力在一定范围内与收缩前心肌纤维的初长度呈正相关，亦即心肌的收缩力受到心肌自身初长度的调节，这种调节机制来源于心肌自身。自身调节是一种局部的调控作用，它所能调节的范围虽然较小，但对人体生理功能的调节仍有一定生理意义。

总之，神经调节的作用快速而且比较精确，一般持续时间较短；体液调节的作用比较缓慢，但持久而广泛；自身调节的作用比较局限，但可在神经和体液调节尚未参与或并不参与时发挥其调控作用。由此可见，神经调节、体液调节和自身调节三者是人体生理功能调节过程中相辅相成、不可缺少的三个环节。

二、体内的控制系统

人体生理功能的调控过程与工程技术领域的控制过程具有共同的调控规律。按照控制论的原理，人体的调节系统可以看做是一个“自动控制系统”，是一闭合回路。控制部分发出控制信息支配受控部分，改变其活动状态，而受控部分也不断地把活动状态的信息回馈到控制部分，调整或纠正前者对后者的影响，从而实现自动而精确的调节（图 1-1）。根据反馈信息的作用效果，

可将反馈分为两类：一为负反馈，另一为正反馈。

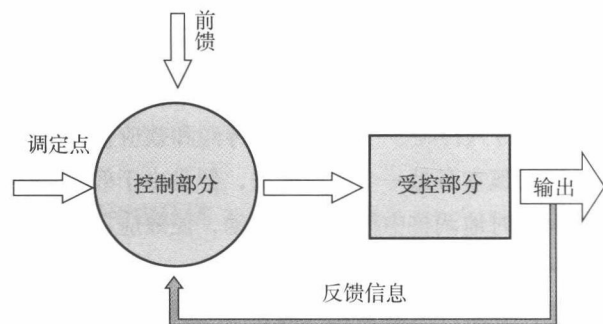


图 1-1 体内生理功能控制系统

（一）反馈控制

1. 负反馈 反馈信息的作用与控制信息的作用相反，起纠正控制信息的作用，称负反馈（negative feedback）。人体内的各种调节过程大部分属于负反馈方式，它