

人 体 生 理 学

(第 二 版)

主 编

徐丰彦 张镜如

编 者

(以姓氏笔划为序)

马蒲生	王伯扬	刘福英	刘景昌
刘静仪	朱文玉	江振裕	张席锦
张镜如	张卿西	许由思	何菊人
陈子彬	陈家佩	陈宜张	陈源珠
宋朝佑	李 鹏	李采娟	苏清芬
杨伯仪	杨雄里	吴祖泽	周绍慈
林善燏	林坤伟	林瑞锦	林葆城
赵伟鹏	荣辛未	姚 泰	胡旭初
徐丰彦	徐有秋	徐 科	钱梓文
高而威	浦寿月	屠逸君	梅镇彤
梅懋华	曾兆麟	程治平	

民 卫 生 出 版 社

人 体 生 理 学

(第 二 版)

徐丰彦 张镜如 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

中国科学出版社印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 114十印张 4插图 2696千字

1978年5月第1版 1989年8月第2版第3次印刷

印数: 201,101—203,670

ISBN 7-117-00753-2/R·754 定价: 79.50元

〔科技新书目193—158〕

编者的话

《人体生理学》自1978年出版以来已近10年。随着科学技术的迅速发展，读者普遍要求有一本大型的生理学参考书，而原书是在教科书的基础上改写的，不能满足需要。为此，我们重新组织了包括科研机构在内的12个单位，邀请了43位作者来完成这一任务。这些作者多数是从事某一方面研究的专家，请他们编写自己擅长、熟悉的内容。

在编写过程中，各位作者都力争使内容保持科学性、系统性、逻辑性和先进性，对原书进行了较多的修改，充实了不少资料，因此全书总字数增加了一倍以上。由于参与写作的人数较多，各人的写作风格有所不同，本书各章节会存在笔法不一的现象。在编写过程中，我们对重复的内容尽量作了删节，但为了保持各章的相对独立性，保留了一些必要的重复。

在本书编写中，许多同志为本书作出了努力，如陈子彬同志承担了大量组织工作，詹文志同志负责索引编排。对这些同志的贡献，我们表示衷心感谢。

由于我们的水平有限，全书虽然经过分主编与主编的多次审稿，但缺点与错误肯定会存在。我们热切期望读者批评指出。

徐丰彦 张镜如

1987.10.

计量单位名称与符号表

米 m
 克 g
 秒 s
 分 min
 [小]时 h
 天(日) d
 升 L(l)
 达因 dyn($=10^{-5}$ N)
 牛[顿] N
 卡 cal($=4.187$ J)
 焦[耳] J
 安[培] A
 伏[特] V
 瓦[特] W
 库[仑] C
 法[拉] F
 欧[姆] Ω
 赫[兹] Hz
 分贝 dB

毫摩 mmol
 毫克当量 mEq
 毫摩浓度 mmol/L
 毫渗单位 mOsm
 毫米汞柱 mmHg($=133.322$ Pa)
 厘米水柱 cmH₂O($=98.1$ Pa)
 帕[斯卡] Pa
 标准大气压 atm($=101325$ Pa
 $=760$ mmHg)

词头符号

10^6 M
 10^3 k
 10^{-1} d
 10^{-2} c
 10^{-3} m
 10^{-6} μ
 10^{-9} n
 10^{-12} p

原
书
缺
页

原
书
缺
页

第一节	大脑皮层电活动	456
第二节	睡眠	468
第十四章	脑的高级功能	479
第一节	学习和记忆	479
第二节	联合皮层的功能	491
第三节	大脑两半球的非对称性、失语和运动不能	495
第三篇	特殊感觉生理	505
第十五章	感觉的一般生理	509
第一节	感觉生理的基本概念	509
第二节	感受器活动的特点及感觉信息的编码	510
第三节	感知觉的一般规律	517
第十六章	视觉的基本特性	523
第一节	眼球及其屈光系统	523
第二节	眼的运动	532
第三节	视觉系统的基本功能	536
第十七章	视觉的神经机制	550
第一节	视网膜的信息处理	550
第二节	视觉的中枢机制	580
第十八章	听觉生理	610
第一节	声的物理学基础与听觉一般特性	610
第二节	耳的生理	617
第三节	听觉中枢生理	648
第十九章	前庭生理	661
第一节	前庭感受器毛细胞形态和功能的共同特点	662
第二节	椭圆囊与球囊的功能	664
第三节	半规管壶腹嵴的功能	667
第四节	前庭反射的神经机制	671
第五节	前庭习服, 超重、失重对前庭的影响	674
第二十章	嗅觉和味觉	676
第一节	嗅觉	676
第二节	味觉	687
第四篇	内分泌与生殖	
第二十一章	内分泌学概论	
第一节	激素	
第二节	激素的种类	
第三节	激素的一般特征	
第四节	激素作用的机制	
第二十二章	下丘脑与垂体	
第一节	下丘脑与垂体功能上的联系	

第二节	神经垂体	713
第三节	下丘脑促垂体激素释放与抑制释放的激素	717
第四节	腺垂体	720
第二十三章	甲状腺	727
第一节	甲状腺形态学特点	727
第二节	甲状腺激素的化学与生物合成	728
第三节	甲状腺激素的作用及其机制	735
第四节	甲状腺激素分泌调节	738
第五节	甲状腺功能异常	742
第六节	常用检测甲状腺功能试验	743
第二十四章	甲状旁腺与调节钙、磷代谢的激素	748
第一节	钙、磷代谢与骨生理	748
第二节	维生素D与羟化胆钙化醇	750
第三节	甲状旁腺激素	753
第四节	降钙素	758
第五节	影响钙、磷代谢的其它激素	760
第六节	激素在维持钙、磷稳态活动中的相互作用	760
第七节	钙、磷代谢的激素调节异常	762
第二十五章	肾上腺	764
第一节	肾上腺皮质	764
第二节	肾上腺髓质	785
第二十六章	胰岛与代谢调节	789
第一节	胰岛的功能形态学	789
第二节	胰岛素	790
第三节	胰高血糖素	799
第四节	激素在调节糖代谢中的相互作用	800
第五节	胰岛分泌的其它激素	802
第二十七章	其它激素	806
第一节	松果体	806
第二节	胸腺	808
第三节	肾脏内分泌	810
第四节	甲状腺分泌	816
	甲状旁腺内分泌	818
	肾上腺素	820
	生殖	825
	分化与性成熟	825
	甾体激素	828
	性生殖	831
	性生殖	840

第五节 妊娠与授乳·····	857
第五篇 血液 ·····	873
第二十九章 血液的理化性质与免疫学特性·····	876
第一节 血液的物理性能·····	876
第二节 血液的生物化学本质·····	879
第三节 血液的免疫学特性·····	887
第四节 输血与输血反应·····	912
第三十章 血细胞的生成·····	919
第一节 造血干细胞·····	919
第二节 造血祖细胞·····	925
第三节 血细胞生成动力学·····	930
第四节 个体发育中造血活动的变迁·····	840
第三十一章 血细胞的生理功能及生成的调节·····	944
第一节 血细胞的生理功能·····	944
第二节 血细胞生成的调节·····	950
第三十二章 止血、凝血与抗凝血·····	972
第一节 血管的作用·····	972
第二节 血小板·····	975
第三节 血液凝固系统·····	988
第四节 纤维蛋白溶解系统·····	1000
第五节 血液凝固的分子生物学·····	1004
第六节 补体系统与凝血的关系·····	1013
第七节 凝血和纤溶系统的调节·····	1014
第八节 止血、凝血、纤溶过程的生理性差异·····	1016
第六篇 循环 ·····	1021
第三十三章 血流动力学·····	1028
第一节 血液循环概述·····	1028
第二节 Poiseuille定律·····	1031
第三节 层流、湍流和搏动性血流·····	1034
第四节 血流阻力·····	1038
第五节 血压·····	1044
第三十四章 心肌的结构特点和电生理学·····	1053
第一节 心肌的生理解剖学·····	1053
第二节 心肌细胞电活动·····	1056
第三节 心肌的电生理特性·····	1070
第四节 植物神经递质和几种离子的心肌电生理效应·····	1076
第三十五章 心电图·····	1083
第一节 心电图的产生原理·····	1083
第二节 心电图机和心电图导联·····	11

第三节	正常心电图·····	1098
第三十六章	心脏的泵血功能及其调节·····	1114
第一节	心肌的结构与功能·····	1114
第二节	心动周期与心脏泵血机制·····	1120
第三节	心输出量及其调节·····	1128
第四节	心脏活动的神经调节·····	1136
第五节	心脏泵血功能的评定·····	1143
第六节	心肌的代谢特点·····	1151
第三十七章	血管平滑肌及其神经支配·····	1157
第一节	血管平滑肌的特点·····	1157
第二节	血管平滑肌的神经支配·····	1163
第三节	神经-效应器接头·····	1166
第三十八章	微循环和淋巴液的生成·····	1172
第一节	微循环的功能解剖·····	1172
第二节	毛细血管的血压和血流·····	1175
第三节	通过毛细血管的物质交换·····	1178
第四节	淋巴·····	1184
第五节	水肿·····	1186
第三十九章	心血管活动的神经调节·····	1190
第一节	心血管中枢·····	1190
第二节	心血管反射·····	1199
第三节	血量的调节·····	1215
第四节	高血压的生理学基础·····	1217
第四十章	心血管活动的体液调节·····	1227
第一节	肾素-血管紧张素系统·····	1227
第二节	儿茶酚胺·····	1235
第三节	血管升压素·····	1237
第四节	激肽释放酶-激肽系统·····	1239
第五节	前列腺素·····	1242
第六节	其他体液因素·····	1244
第四十一章	器官循环·····	1250
第一节	冠脉循环·····	1250
第二节	肺循环·····	1256
第三节	脑循环·····	1261
第四节	内脏循环·····	1270
第五节	皮肤循环·····	1272
第六节	骨骼肌的血液循环·····	1273
第七节	胎儿和新生儿循环特点·····	1274
第八节	呼吸·····	1277

第四十二章 肺结构与肺通气	1281
第一节 肺的功能解剖	1281
第二节 呼吸力学	1292
第三节 肺表面活性物质	1314
第四节 肺容量与肺通气量	1324
第四十三章 肺换气与气体运输	1337
第一节 呼吸气体交换	1337
第二节 气体在血液中的运输	1359
第三节 氢离子浓度的调节	1372
第四十四章 呼吸运动的调节	1383
第一节 呼吸活动的神经起源	1383
第二节 呼吸活动的神经反射性调节	1395
第三节 呼吸活动的化学性调节	1402
第四十五章 特殊环境和异常情况下的呼吸活动	1420
第一节 高海拔条件下的呼吸生理	1420
第二节 高压(潜水)条件下的呼吸生理	1424
第三节 异常呼吸型式	1431
第四节 胎儿与新生儿的呼吸	1433
第八篇 消化	1439
第四十六章 消化活动的调节	1443
第一节 激素调节	1443
第二节 神经调节	1458
第三节 局部因素的调节	1467
第四节 摄食的调节	1469
第四十七章 消化腺的分泌功能	1477
第一节 消化腺分泌的机制	1477
第二节 唾液分泌	1478
第三节 胃的分泌	1482
第四节 胰液分泌	1494
第五节 胆汁的分泌和排放	1502
第六节 小肠的分泌	15
第七节 结肠的分泌	15
第八节 胃肠道内的气体	
第九节 消化系统的免疫功能	
第四十八章 消化管的运动	
第一节 概述	
第二节 咀嚼、吞咽和食管运动	
第三节 胃的运动	
第四节 小肠的运动	

第五节 大肠的运动·····	1546
第四十九章 消化管的吸收·····	1551
第一节 吸收机制·····	1551
第二节 吸收的研究方法·····	1557
第三节 水和电解质的吸收·····	1558
第四节 糖的消化和吸收·····	1563
第五节 蛋白质的消化和吸收·····	1566
第六节 脂肪的消化和吸收·····	1569
第七节 维生素的吸收·····	1574
第九篇 能量代谢与体温·····	1579
第五十章 能量代谢·····	1581
第一节 概述·····	1581
第二节 能量代谢·····	1584
第三节 基础代谢·····	1591
第五十一章 肌肉运动生理·····	1596
第一节 肌肉运动时能量代谢的变化·····	1596
第二节 肌肉运动时的呼吸增强效应·····	1600
第三节 肌肉运动时心血管活动的变化·····	1604
第五十二章 体温及其调节·····	1615
第一节 人体的正常体温及其生理变动·····	1615
第二节 体内热的平衡·····	1618
第三节 体温调节·····	1623
第十篇 体液、泌尿生理·····	1641
第五十三章 肾脏的基本结构和功能·····	1645
第一节 肾脏的大体结构·····	1645
第二节 肾单位·····	1645
第三节 肾小球旁器·····	1653
第四节 肾间质·····	1655
第五节 肾脏功能·····	1655
第六节 肾脏生理的研究方法·····	1664
第五十四章 体液生理·····	1674
第一节 概述·····	1674
第二节 体液量、分布测量及平衡·····	1675
第三节 细胞外液的渗透压和容量的调节·····	1682
肾小球滤过功能·····	1695
肾小管的滤过作用·····	1695
滤过作用的调节·····	1702
大分子溶质的滤过·····	1707
滤过功能和肾血流量的测定及其应用·····	1712

第五十六章 肾小管生理·····	1718
第一节 肾小管细胞膜的物质转运功能·····	1718
第二节 肾小管对钠、水、氯化物的处理·····	1723
第三节 肾脏的浓缩稀释功能·····	1729
第四节 肾小管 H^+ 分泌及其在酸碱平衡调节中的作用·····	1738
第五节 肾小管对钾代谢的调节·····	1743
第六节 肾小管对钙、镁、磷代谢的调节·····	1747
第七节 肾小管对有机物质的处理·····	1749
第八节 利尿作用·····	1753
第五十七章 输尿管和膀胱的排尿生理·····	1757
第一节 输尿管的解剖生理·····	1757
第二节 输尿管膀胱连接处的功能·····	1759
第三节 膀胱的排尿生理·····	1760
第四节 正常尿流动力学及其在病理情况下的改变·····	1761
索引·····	1767

绪 言

徐丰彦 张镜如

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学

二、生理学与医学的关系

三、生理学研究的不同水平

第二节 生理学的研究方法

一、离体组织、器官实验法

二、活体解剖实验法

三、慢性实验法

第三节 生理学的发展简史

一、古代关于人体生理的知识

二、近代生理学在西欧的发展

三、我国现代生理学的发展

四、生理学的发展前景

第四节 机体的基本生理特征

一、新陈代谢

二、兴奋性

三、适应性

第五节 生理机能的调节

一、内环境与稳态

二、神经调节

三、体液调节

四、自身调节

第六节 生理机能的调节控制原理

一、非自动控制系统

二、反馈控制系统

(一) 调控系统

(二) 伺服系统

三、前馈控制系统

绪 言

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生 理 学

生理学是生物科学中的一个部门，它以生物机体的机（功）能为研究对象。生物机体的机能就是整个生物及其各个部分所表现的各种生命现象或生理作用，例如呼吸、循环、消化、肌肉运动等等。生理学的任务就是要研究这些生理机能发生的机制、发生的条件以及机体的内外环境中各种变化对这些生理机能的影响，从而掌握各种生理变化的规律。

二、生理学与医学的关系

生理学知识的发展与医学的发展有密切的联系。人们在医疗实践中和对人体的一般观察中积累了关于人体生理机能的许多知识，更通过对于人体和一般动物的实验研究，进一步深入探索这些生理机能的内在机制和相互关系，遂形成关于人体和动物机体机能的系统性理论科学。医学中关于疾病问题的理论研究是以人体生理学的基本理论为基础的，所以生理学对于医学具有指导意义。同时，通过医学实践又可以检验生理学理论是否正确，并不断以新的内容和新的问题丰富生理学理论和推动生理学研究。因此生理学是医学的一门基础理论科学。

三、生理学研究的不同水平

在研究生命现象的机制时，需要从各个不同水平提出问题进行研究。一般说来，生理学研究可以分成下列三个水平。

第一个水平是关于生命现象的最基本物理化学机制的研究。生理活动的物质基础乃是生物机体，构成机体的是各种器官和组织，而最基本的结构机能单位则是各种细胞。每一器官的机能都与组成该器官的细胞的生理特性分不开，例如肌肉的机能与肌细胞的生理特性分不开，腺体的机能与腺细胞的生理特性分不开，等等。而细胞的生理特性归根到底都决定于构成细胞的各个物质的物理化学特性。细胞的活动实质上乃是细胞的一系列不断发展运动着的物理化学变化过程。例如心脏之所以能够搏动，首先由于肌细胞中含有特殊的蛋白质，这些蛋白质分子具有一定的结合排列方式，在离子的变化和酶的作用下排列方式发生变化，发生收缩或舒张的活动。因此，心脏肌肉的收缩活动基于一系列的物理化学变化。这类研究可以阐明生理活动的最基本物质基础，其研究对象是细胞和它所含的物质分子，可称为分子和细胞水平的研究。这方面的知识称为普通生理学或细胞生理学。

第二个水平是关于机体内各器官的机能的研究。这方面的研究着重说明器官对于机

体来说有何作用，它是怎样进行活动的，它的活动受到哪些因素的控制，等等。例如进行对心脏搏动的研究时，要研究搏动从心脏的什么部位开始，心脏各部分如何协同活动，哪些因素可以影响心脏搏动的频率和力量等。这些问题不能从心肌中蛋白质分子的研究中得到直接回答，而是要对完整的心脏进行观察研究才能阐明的。从这些研究，生理学者总结出关于心脏搏动的规律。这种研究是以器官为对象的，可称为器官水平的研究，这方面的知识可称为器官生理学。

第三个水平是关于机体内各器官的相关联系和相互影响，以及机体与环境之间的相互联系和相互影响的研究。由于人体生理学的研究对象是人的机体，整个人体的生理活动决不仅仅等于心、肺、肾等等器官生理机能的简单总和，而是在各种生理机能之间体现着彼此互相联系互相制约的完整而协调的过程。人的生理活动还具有种族与个体的特点，并且随着个体生活条件的变异而不断变化发展着。机体内的这种联系制约、变化发展的规律也是必须加以研究的。例如上述心脏的搏动现象，在完整人体内心脏搏动的频率和力量就要受到体内外环境条件，人体的健康情况以及劳动、情绪等等因素的影响。在这里，研究的对象乃是整个机体，可称之为整体水平的研究。

由此可知，生理现象虽然以细胞的理化变化为基础，并服从于物理化学的规律，但生理学毕竟不等同于物理学和化学；它既有分子和细胞水平的研究和科学规律，还有器官水平和整体水平的研究和科学规律。要比较透彻地理解某一生理现象的机制，必须从分子与细胞、器官以及整体三个水平加以研究。

第二节 生理学的研究方法

生理学知识来自实践，生产实践尤其是医学实践是生理学知识的来源之一，而较为深入的生理学知识必须来自对生命现象的客观观察和科学实验。所谓观察，主要就是把自然界的某种客观现象如实地记录下来，加以分析综合，得出结论。所谓生理学实验，一般是要人工地创造一定条件，以利于对平时不能从外表观察到的隐蔽或微细的生理活动进行观察，进而探讨其机理或某种生理过程的因果关系。为此目的，要对完整机体的，或某一器官、组织、细胞的某一特定生理活动进行孤立的分析性研究，而把其他与研究无关的因素尽量摒除。但进行这种研究时，会给机体带来一定的损害，甚或危及生命，因此生理实验材料主要用动物；只有在不影响健康的情况下，才允许在人体进行实验。

人体的结构和机能，是在漫长的年代中，从低级向高级，从简单到复杂逐步进化而来的。按照生物进化论的观点，人与各种动物有许多基本相似的构造和机能。因此，利用从动物实验获得的生理知识来探讨人体的某些生理机能是必要的和可能的。有时由于动物机体的结构和机能比较简单，用来研究一些基本的生命活动反而有其方便之处。如用乌鳊的巨神经纤维研究细胞的电生理，就提供了许多有价值的资料。但是，人类通过劳动创造了自己和社会，使人类超越了一切动物，人体的许多生理机能与动物存在一定的差别。这又显出了动物实验对了解人体生理机能的局限性。所以在应用动物实验的资料时，必须考虑到人与动物的差别，不能把动物实验结果简单地套用于人体。

生理学所用实验方法，归纳起来不外急性和慢性两种。在急性实验方法，又可按照研究的目的而采取离体组织、器官实验法或活体解剖实验法。