

卫生部规划教材

高等医药院校教材

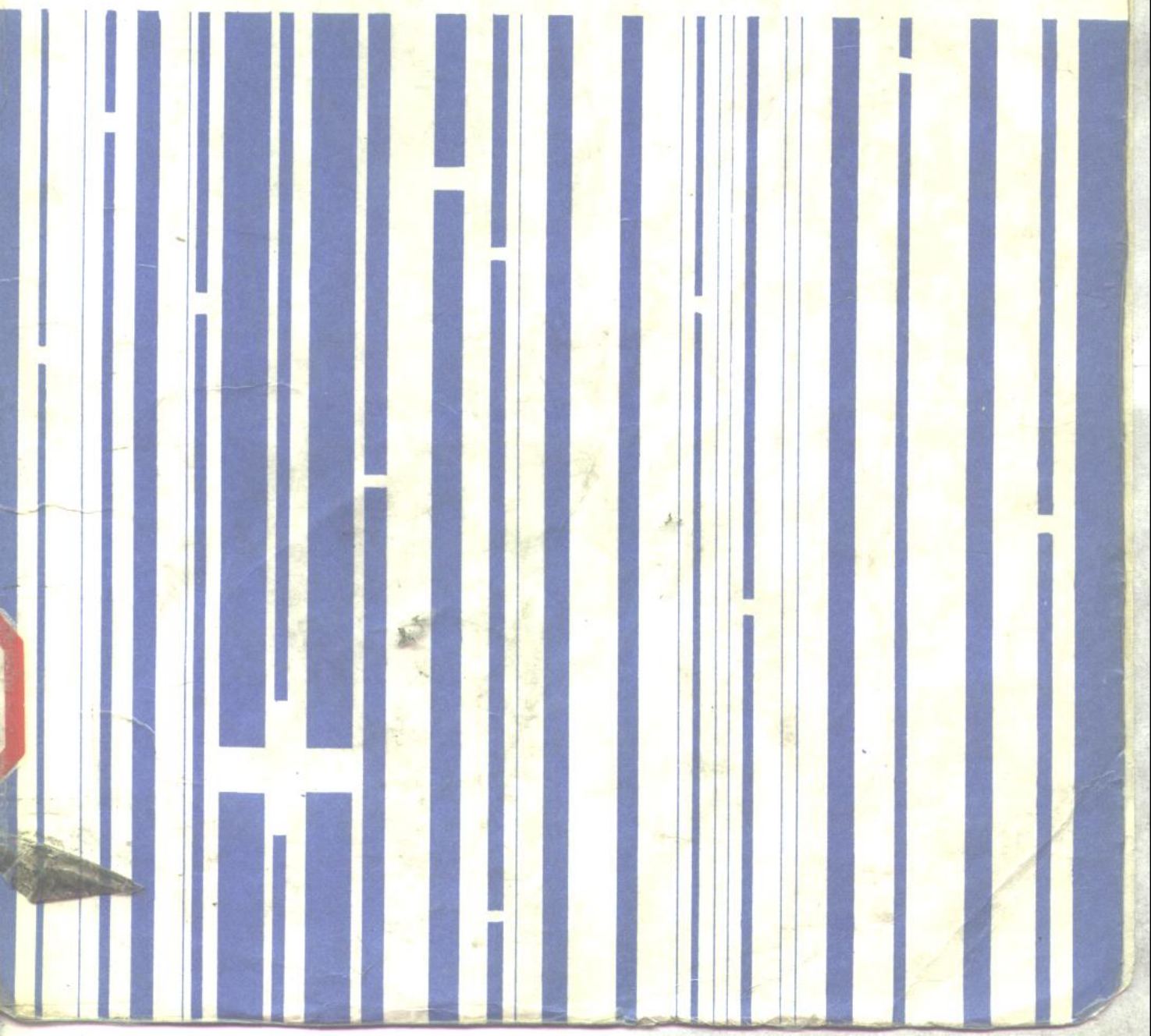
供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

生理学

第三版

周衍椒 张镜如 主编

人民卫生出版社



高等医药院校教材
(供基础、预防、临床、口腔医学类专业用)

生 理 学

第 三 版

周衍椒 张镜如 主编

编 者

朱文玉	乔健天	李云霞	张镜如
周衍椒	姚 泰	姚承禹	徐有恒
	徐美丽	程治平	

人 民 卫 生 出 版 社

生 理 学

第 三 版

周衍椒 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)

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米 16开本 35 $\frac{1}{4}$ 印张 4插页 818千字

1978年12月第1版 1995年9月第3版第21次印刷

印数: 960 321—1 006 920

ISBN 7-117-00000-7/R·1 定价: 26.30元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究。

ISBN 7-117-00000-7



9 787117 000000 >

这套教材原为卫生部组织的统编教材，迭经修订，现改为卫生部推荐教材，供各地院校选用。全套教材共45种，其中必修课教材37种，选修课教材8种，均经卫生部聘任的高等医学院校临床医学专业教材评审委员会审定。

必修课教材

1. 《医用高等数学》 胡纪湘 主编
2. 《医用物理学》第三版 邱华俊 主编
3. 《基础化学》第三版 丁绪亮 主编
4. 《有机化学》第三版 徐景达 主编
5. 《医用生物学》第三版 李璞 主编
6. 《系统解剖学》第三版 郑思竞 主编
7. 《局部解剖学》第三版 徐恩多 主编
8. 《解剖学》 王永贵 主编
9. 《组织学与胚胎学》第三版 成令忠 主编
10. 《生物化学》第三版 顾天爵 主编
11. 《生理学》第三版 周衍椒 主编
张镜如 副主编
12. 《医用微生物学》第三版 陆德源 主编
13. 《人体寄生虫学》第三版 徐秉银 主编
14. 《医学免疫学》 郑武飞 主编
15. 《病理学》第三版 武忠弼 主编
16. 《病理生理学》第三版 冯新为主 编
17. 《药理学》第三版 江明性 主编
18. 《医学心理学》 李心天主 编
19. 《法医学》第二版 郭景元 主编
20. 《诊断学》第三版 戚仁铎 主编
21. 《放射诊断学》第二版 吴恩惠 主编
22. 《内科学》第三版 陈灏珠 主编
李宗明 副主编

23. 《外科学》第三版

24. 《妇产科学》第三版
25. 《儿科学》第三版
26. 《神经病学》第二版
27. 《精神病学》第二版
28. 《传染病学》第三版
29. 《眼科学》第三版
30. 《耳鼻咽喉科学》第三版
31. 《口腔科学》第三版
32. 《皮肤性病学》第三版
33. 《核医学》第三版
34. 《流行病学》第三版
35. 《卫生学》第三版
36. 《预防医学》
37. 《中医学》第三版

- 裘法祖 主编
孟承伟 副主编
郑怀美 主编
左启华 主编
黄友歧 主编
沈渔邨 主编
彭文伟 主编
毛文书 主编
孙信孚 副主编
黄选兆 主编
毛祖彝 主编
王光超 主编
周申 主编
耿贯一 主编
王翔朴 主编
顾学箕 主编
贺志光 主编

选修课教材

38. 《医学物理学》 刘普和 主编
39. 《医用电子学》 刘骥 主编
40. 《电子计算机基础》 华蕴博 主编
41. 《医学遗传学基础》 杜传书 主编
42. 《临床药理学》 徐叔云 主编
43. 《医学统计学》 倪宗璜 主编
44. 《医德学概论》 丘祥兴 主编
45. 《医学辩证法》 彭瑞聪 主编

以上教材均由人民卫生出版社出版，新华书店总店科技发行所发行。

全国高等医学院校临床医学专业第二届教材评审委员会

主任委员 裘法祖

副主任委员 高贤华

委员（以姓氏笔画为序）

方圻 毛文书 刘士杰 刘湘云 乔健天 沈渔邨
武忠弼 苏应宽 金有豫 南潮 胡纪湘 顾天爵

编写说

《生理学》第二版教材自1983年出版以来,已有6年。1987年5月卫生部高等医药院校医学专业教材编审工作会议,要求对第二版教材进行修订。1986年10月我们已向全国各医学院校生理学教研室发函,广泛征求对《生理学》第二版教材的使用意见,收到了30多所院校寄来的意见,经分别整理后寄给了各编写人。1987年8月底于长沙我们召开了《生理学》第三版教材编写会议,认真讨论了教材编审委员会关于修订医学专业教材的意见,研究了如何进一步提高教材的思想性、科学性、启发性、先进性和适用性;在会上还具体讨论了收集到的对第二版教材的意见,研究了如何精选和编写第三版教材的内容,王志均教授特邀到会作了指示。之后,各编写人分头进行了编写修订,于1988年10月底在上海召开了定稿会议,认真讨论了各章修改稿的内容,徐丰彦教授到会给予了鼓励。

《生理学》第三版教材删去了与其他学科教材重复的内容,如血型、某些神经解剖等内容,增添了生物节律、消化免疫学、心脏的非循环功能、肺的非呼吸功能等内容,更新了细胞膜的结构和功能、细胞间的信息传递、心肌生物电、心血管的中枢调节、激素的作用机制等内容,总的字数比第二版教材稍多。有的章改写的程度比较大,如呼吸章;有的章改写的程度比较小,如肾脏的排泄章。在编排上,把血液循环和神经系统分别由二章合成一章,因此全书已由第二版的14章缩成12章。第三版各章仍附有参考资料,全书附有中英文对照索引,但索引编排改用了中文拼音字顺,以便于读者查考。本书的计量单位根据中国国际单位制推行委员会方案的意见,以符号表示;计量单位名称与符号表附在书的前页,供读者查阅。

在这次修订版的编写工作中,徐有恒、李云霞、乔健天三位教授协助了主编工作,湖南医科大学李俊成、瞿树林两位老师担负了大量的秘书工作,瞿树林老师还负责了索引的编写工作。遗憾的是,主编周衍椒教授在第三版修订中途,不幸患病去世。周衍椒教授为了保证第三版教材的高质量,不顾重病在身,仍坚持主持了教材的修订工作。在此,我们对周衍椒教授表示深切的悼念。

由于我们的认识和水平的限制,修订后的第三版必然会存在一些问题,恳切希望读者们给予批评指正。

张镜如

1989年元旦于北京

计量单位名称与符号表

米	m	毫摩	mmol
克	g	毫克当量	mEq
秒	s	毫摩浓度	mmol/L
分	min	毫渗单位	mOsm
〔小〕时	h	毫米汞柱	mmHg
天(日)	d		(=133.322Pa)
升	L(l)	厘米水柱	cmH ₂ O
达因	dyn(=10 ⁻⁵ N)		(=98.1Pa)
牛〔顿〕	N	帕〔斯卡〕	Pa
卡	cal(=4.187J)	标准大气压	atm
焦〔耳〕	J		(=101325Pa
安〔培〕	A		=760mmHg)
伏〔特〕	V		
瓦〔特〕	W	词头符号	
库〔仑〕	C	10 ⁶ M	
法〔拉〕	F	10 ³ k	
欧〔姆〕	Ω	10 ⁻¹ d	
赫〔兹〕	Hz	10 ⁻² c	
分贝	dB	10 ⁻³ m	
		10 ⁻⁶ μ	
		10 ⁻⁹ n	
		10 ⁻¹² p	

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生命的基本表现	1
一、新陈代谢	1
二、兴奋性	2
三、生殖	2
第二节 高等动物功能活动的特征	3
一、内环境与稳态	3
二、生物节律	3
三、人体功能活动的调节	4
第三节 生理功能的自动控制原理	7
第四节 生理学研究方法	9
第二章 细胞的基本功能	13
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	13
一、膜的化学组成和分子结构	14
二、细胞膜的物质转运功能	19
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	27
一、兴奋性和刺激引起兴奋的条件	27
二、细胞的生物电现象及其产生机制	31
三、兴奋的引起和兴奋传导的机制	42
第三节 细胞间的信息传递和相互影响	47
一、细胞间信息传递的主要形式——化学性信号	47
二、神经递质在突触处的主要作用形式——受体-膜通道系统	48
三、激素等化学信号在靶细胞处的跨膜信息传递——受体-第二信使系统	51
四、相邻细胞之间的直接电联系	54
第四节 肌细胞的收缩功能	55
一、骨骼肌的微细结构	56
二、骨骼肌的收缩机制及其控制	57
三、肌肉收缩的外部表现和力学分析	61
四、平滑肌的结构和生理特性	67
第三章 血液	70
第一节 血液的组成与特性	71
一、血液的组成	71
二、血液的理化特性	73
第二节 血液与免疫功能	75
一、吞噬作用	76
二、嗜碱性粒细胞与嗜酸性粒细胞的功能	79
三、淋巴细胞和特异性免疫功能	80

第三节 生理止血机制	83
一、血凝、抗凝与纤维蛋白溶解	83
二、血小板的止血功能	89
第四节 血细胞的生成与破坏	92
一、造血功能	92
二、造血的调节	98
三、血细胞的破坏	101
四、脾脏的功能	102
第四章 血液循环	104
第一节 心脏的泵血功能	105
一、心动周期的概念	105
二、心脏泵血的过程和机理	106
三、心脏泵功能的评价	109
四、心脏泵功能的调节	111
五、心音和心音图	119
第二节 心肌的生物电现象和生理特性	119
一、心肌细胞的生物电现象	121
二、心肌的电生理特性	129
三、植物性神经对心肌生物电活动和收缩功能的影响	139
四、体表心电图	140
第三节 血管生理	142
一、各类血管的功能特点	142
二、血流量、血流阻力和血压	144
三、动脉血压和动脉脉搏	147
四、静脉血压和静脉回心血量	152
五、微循环	155
六、组织液的生成	157
七、淋巴液的生成和回流	159
第四节 心血管活动的调节	161
一、神经调节	161
二、体液调节	171
三、自身调节	175
四、肌肉运动时心血管活动的调节	175
第五节 血量的调节	178
一、血量的神经和体液调节	178
二、急性失血时的生理反应	179
第六节 器官循环	180
一、冠脉循环	180
二、肺循环	182
三、脑循环	184
第五章 呼吸	188
第一节 肺通气	188

一、呼吸道的结构特征和功能	188
二、肺通气原理	190
三、基本肺容积和肺容量	198
四、肺通气量	200
第二节 呼吸气体的交换	201
一、气体交换原理	201
二、气体在肺的交换	203
三、气体在组织的交换	207
第三节 气体在血液中的运输	207
一、氧和二氧化碳在血液中的形式	208
二、氧的运输	208
三、二氧化碳的运输	213
第四节 呼吸的调节	216
一、呼吸中枢	216
二、呼吸的反射性调节	219
三、化学因素对呼吸的调节	220
四、周期性呼吸	226
五、运动时呼吸的变化及调节	227
第五节 肺的非呼吸功能	229
第六章 消化和吸收	231
第一节 概述	231
一、消化道平滑肌的特性	232
二、消化腺的分泌功能	234
三、胃肠道的神经支配及其作用	235
四、胃肠激素	236
第二节 口腔内消化	241
一、唾液分泌	241
二、咀嚼	243
三、吞咽	243
第三节 胃内消化	244
一、胃的分泌	244
二、胃的运动	252
第四节 小肠内消化	254
一、胰液的分泌	254
二、胆汁的分泌和排出	257
三、小肠液的分泌	259
四、小肠的运动	260
第五节 大肠内消化	262
一、大肠液的分泌	262
二、大肠的运动和排便	262
第六节 吸收	263
一、吸收过程概述	263

二、小肠内主要营养物质的吸收·····	265
第七节 胃肠道的免疫功能·····	269
一、肠道有关淋巴样组织·····	269
二、免疫球蛋白的分泌及局部免疫反应·····	270
三、肝脏在免疫反应中的作用·····	270
第八节 肝脏生理·····	270
一、肝脏的主要功能·····	271
二、肝脏功能的贮备及肝脏的再生·····	272
第七章 能量代谢和体温 ·····	274
第一节 能量代谢·····	274
一、机体能量的来源和去路·····	274
二、能量代谢测定的原理和方法·····	277
三、影响能量代谢的几个因素·····	286
四、基础代谢·····	288
第二节 体温及其调节·····	289
一、体温·····	289
二、机体与环境之间的热量交换·····	293
三、体温调节·····	298
第八章 肾脏的排泄 ·····	303
第一节 肾脏的结构特点与机能概述·····	303
一、肾脏的结构特点·····	303
二、肾脏的功能概述·····	307
三、肾脏血液循环的特征·····	308
第二节 肾小球的滤过机能·····	310
一、滤过膜及其通透性·····	311
二、有效滤过压·····	312
三、影响肾小球滤过的因素·····	313
第三节 肾小管与集合管的泌尿机能·····	314
一、肾小管与集合管的重吸收机能·····	314
二、肾小管与集合管的分泌和排泄机能·····	320
三、影响肾小管与集合管泌尿机能的因素·····	322
第四节 尿液的浓缩和稀释·····	323
一、尿浓缩和稀释的机制——逆流学说·····	323
二、影响尿液浓缩的因素·····	327
第五节 肾脏泌尿功能的调节·····	327
一、抗利尿激素的作用·····	327
二、醛固酮的作用·····	329
三、甲状旁腺激素的作用·····	331
第六节 血浆清除率·····	331
一、血浆清除率的概念和计算方法·····	331
二、测定血浆清除率的理论意义·····	332

三、清除率试验的临床应用	334
第七节 尿的排放	335
一、膀胱与尿道的神经支配	335
二、排尿反射	336
第九章 感觉器官	338
第一节 概述	338
一、感受器、感觉器官的定义和分类	338
二、感受器的一般生理特性	338
第二节 视觉器官	343
一、眼的折光系统及其调节	344
二、瞳孔和瞳孔对光反应	348
三、视网膜的结构和两种感光-换能系统	349
四、视杆细胞的感光-换能机制	352
五、视锥系统的换能和颜色视觉	356
六、视网膜的信息处理	359
七、与视觉有关的其它现象	361
第三节 听觉器官	363
一、人耳的听阈、听域和声音强度的表示方法	363
二、外耳和中耳的传音作用	364
三、耳蜗的感音-换能作用	366
四、听神经动作电位	370
第四节 前庭器官	371
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	371
二、前庭反应和眼震颤	373
第五节 嗅觉和味觉	374
一、嗅觉感受器和嗅觉的特点	374
二、味觉感受器和味觉的特点	375
第六节 皮肤感觉	376
第十章 神经系统	379
第一节 神经元活动的一般规律	379
一、神经元和神经纤维	379
二、神经元间相互作用的方式	382
三、神经递质	386
四、神经的营养性作用	396
五、神经元和神经胶质	397
第二节 反射活动的一般规律	399
一、反射概念	399
二、反射弧	399
三、中枢神经元的联系方式	400
四、反射弧中枢部分的兴奋传布	401
五、中枢抑制	404

六、反射活动的反馈调节·····	407
第三节 神经系统的感觉分析功能·····	409
一、脊髓的感觉传导与分析功能·····	409
二、丘脑·····	410
三、感觉投射系统·····	412
四、大脑皮层的感觉分析功能·····	414
五、痛觉的病理生理·····	417
六、中枢对感觉传入冲动的反馈控制·····	420
第四节 神经系统对躯体运动的调节·····	421
一、脊髓对躯体运动的调节·····	421
二、低位脑干对肌紧张的调节·····	425
三、姿势反射·····	427
四、小脑·····	428
五、基底神经节·····	433
六、大脑皮层对躯体运动的调节·····	435
第五节 神经系统对内脏活动的调节·····	439
一、植物性神经系统·····	439
二、脊髓对内脏活动的调节·····	443
三、低位脑干对内脏活动的调节·····	443
四、下丘脑·····	444
五、大脑皮层对内脏活动的调节·····	446
六、情绪的生理反应·····	449
第六节 脑的高级功能和脑电图·····	449
一、条件反射·····	449
二、学习和记忆·····	452
三、大脑皮层的语言中枢和一側优势·····	454
四、脑电图和皮层诱发电位·····	457
五、觉醒和睡眠·····	460
第十一章 内分泌·····	465
第一节 概述·····	465
一、激素分类·····	466
二、激素的作用·····	468
三、激素的几个共同问题·····	468
四、激素作用机制·····	471
第二节 下丘脑的内分泌机能·····	476
一、下丘脑与腺垂体的机能联系·····	476
二、下丘脑的促释放激素与抑制释放的激素·····	477
第三节 腺垂体·····	481
一、腺垂体细胞形态特征·····	481
二、腺垂体激素的生物学作用·····	481
第四节 神经垂体·····	484

一、神经垂体激素的种类与来源	484
二、神经垂体激素的生物学作用	485
三、神经垂体激素分泌的调节	486
第五节 甲状腺	486
一、甲状腺激素合成与碘代谢	486
二、甲状腺激素的生物学作用	489
三、甲状腺机能的调节	491
第六节 肾上腺	494
一、肾上腺皮质	494
二、肾上腺髓质	500
第七节 胰岛	502
一、胰岛素	502
二、胰高血糖素	504
三、胰岛的其它激素及其相互关系	505
第八节 甲状旁腺激素、维生素D和降钙素	506
一、甲状旁腺激素与维生素D——增高血钙	506
二、降钙素——降低血钙	508
第九节 其他	510
一、松果体	510
二、与细胞生长、分化有关的因子	510
三、前列腺素	511
第十二章 生殖	513
第一节 男性生殖	513
一、睾丸的生理	513
二、睾丸功能的调节	515
第二节 女性生殖	516
一、月经与排卵及激素调节	516
二、卵巢的内分泌机能	519
三、妊娠	521
索引	525

第一章 绪 论

生理学是生物学的一个分支，是研究生物功能活动规律的科学，也就是研究生命活动规律的科学。

第一节 生命的基本表现

非生物不能表现生命活动，只有生物才具有生命，但生物体也可能在一定时间内不表现生命，如处于特殊冷冻状态下的组织和结晶状态的病毒颗粒等。生物与非生物的区别，不在于二者在化学元素构成上有何原则上的差异；而在于生物体内一些元素组成了生物大分子，包括蛋白质、核酸、糖和脂类。这些生物分子 (biomolecule) 都是由几种，以至一、二十种基本单位以一定的数量和顺序组合而成，成为分子量很大的化合物，如氨基酸组成蛋白质和核苷酸组成核酸就是这样。这些大分子都具有很强的种系特异性和个体特异性，这常常是由组成这些大分子的基本单位在数量和排列顺序上的轻微变化所致。蛋白质和核酸是任何生物都具有的。最简单的生物，如病毒颗粒，基本上就是由蛋白质和核酸组成的。病毒只能寄生。在进化过程中，由于细胞膜的出现，包围了构成生物体的物质，使之与环境隔开，形成细胞。形成细胞以后，生物就有了独立生活的条件。细胞是生物的基本构成单位，高等生物是由许多结构和功能不同的细胞构成的。

通过对各种生物体，包括对单细胞生物以至高等动物基本生命活动的观察和研究，发现生命现象至少包括三种基本活动，这就是新陈代谢、兴奋性与生殖。因为这些活动是活的生物体所特有的，可以认为是生命的基本表现。

一、新 陈 代 谢

生活在适宜环境中的生物体，总是在不断地重新建造自身的特殊结构，同时又在不断地破坏自身已衰老的结构。虽然从生物体的外表可能看不出什么明显变化，但实际上它的各个部分都在不断地以新合成的生物分子代替旧的。这个过程就称为新陈代谢，或称为自我更新。生物体只有在适宜的环境中才能自我更新，一方面它要从环境中摄取各种营养物质，经过改造或转化，以提供建造自身结构所需的原料和能量；另一方面，生物体内的分解产物，均需排出体外；物质分解时释放的能量，除用于合成体内的新物质外，还用于生物做各种外功或向周围环境发散。这就是说，生物体只有在与环境进行物质与能量交换的基础上才能实现自我更新。新陈代谢是不能停止的，如果生物体停止自我更新，它的生命也就结束。因此，新陈代谢是一切生物体最基本的表现。

在新陈代谢过程中，生物体内各种物质的合成、分解、转化、利用等，大都是各种生物分子在水溶液中进行的成系列的化学反应。例如，糖和脂肪在生物体内分解供能的过程，就是通过一系列循序进行的化学变化，利用从环境中吸入的氧，将这些物质氧化分解，释放出能量并同时形成二氧化碳和水。这些化学变化和一般无机物的化学变化都服从同样的物理化学规律；然而这些化学反应基本上都是由蛋白质所构成的生物催化剂——酶所催化的，因而又是以复杂的特殊形式表现出这些物理化学规律的。等量的糖，

在体内氧化与在体外燃烧所消耗的氧、产生的二氧化碳和释放的能量都相同；但在体内的氧化过程却是在远低于 100°C 的温度条件下完成的。在生物分子的合成过程中，由于酶的催化作用对底物都有高度特异性，因而可以在细胞的同一部分内同时进行多个不同的反应而能井井有条、互不干扰，这在一般化学试管里是不能实现的。所以，生命也是一种物质运动的形式，然而是一种高级的运动形式。

二、兴 奋 性

各种生物体都生活于一定的环境之中，这是进行新陈代谢的必要条件，而当它所处的环境发生某些变化时，生物体又能主动地作出相应的反应，以适应环境的变化。单细胞动物如阿米巴，在附近的环境中出现食物颗粒时，即伸出伪足将食物包围，摄入体内；若出现有害物质，则伸出伪足游走避开。引起生物体出现反应的各种环境变化统称为刺激。

低等动物如水螅等，当环境发生某些变化时，常常是直接受刺激部分的细胞发生反应，反应的形式也比较简单。高等动物对环境变化的反应，则经常是机体各部分协调配合的整体性反应；这种反应的形式常很复杂，特别是动物进化到高级阶段，机体内已分化出一些专门感受环境中不同性质变化的感受细胞，并出现了主要由神经组织构成的调节系统，以及由肌肉、腺体等参与构成的效应器。环境中出现某种变化时，刺激了相应的感受细胞，这些感受细胞立即将所感受的刺激转变为生物电信号，由这些生物电信号将环境变化的信息传送到中枢神经系统，经过神经系统分析处理以后，仍然以生物电信号的形式将信息传送到机体各部分的效应器细胞，使它们迅速产生生物电变化，从而激起它们所特有的功能活动，如肌肉的收缩和腺体的分泌等。神经(包括感受器)、肌肉和腺体等组织，即使从肌体分离出来后，用人为的刺激也可以较迅速地引起它们的生物电反应和其它反应。通常在生理学中，将这些受到刺激后能较迅速产生某种特殊生物电反应的组织——神经、肌肉、腺体，统称为可兴奋组织；将受刺激后产生生物电反应的过程及其表现称为兴奋，而这种感受刺激产生兴奋的能力则称为兴奋性。

生物体对环境变化作出适宜反应，是一切生物体普遍具有的功能，也是生物能够生存的必要条件，所以兴奋性也是生命的基本表现。

三、生 殖

生物体生长发育到一定阶段后，能够产生与自己相似的子代个体，这种功能称为生殖或自我复制 (self-replication)。烟草斑纹病毒颗粒进入烟叶毛细胞后，迅速复制出大量烟草斑纹病毒颗粒，这就是最原始的生殖过程。单细胞生物的生殖过程，就是一个亲代细胞通过简单的分裂 (fission) 或较复杂的有丝分裂 (mitosis)，分成两个子代细胞。在此过程中，亲代细胞核内的染色质将均分给两个子代细胞，其中的脱氧核糖核酸将亲代的遗传信息带到子代细胞内，控制子代细胞中各种生物分子的合成。子代细胞中的各种生物分子，包括各种酶系，均与亲代细胞相同，于是子代细胞能具有与亲代细胞相同的结构与功能。高等动物个体发育到一定阶段，同样具有生殖功能。但是它们已经分化为雄性与雌性个体，要由两性生殖细胞结合以生成子代个体。这种生殖过程虽然复杂得多，但父系与母系的遗传信息也是分别由雄性和雌性生殖细胞的脱氧核糖核酸带给

子代的。

任何生物个体的寿命都是有限的，必然要衰老、死亡。一切生物都是通过产生新个体来延续种系的，所以生殖也是生命的基本表现之一。

第二节 高等动物功能活动的特征

一、内环境与稳态

高等动物特别是哺乳动物多数是生存在大气环境中，但它们的大多数细胞并不直接和大气环境（外环境）接触，也不能直接与大气环境进行物质交换。对于体内多数细胞来说，它们实际是生活在一个特殊的液体环境之中，这就是内环境（internal environment）。它是包绕着各个细胞而又相互沟通的细胞外液。内环境所起的作用是为机体细胞提供必要的理化条件，使细胞的各种酶促反应和生理功能得以正常进行；内环境同时也为细胞提供营养物质，并接受来自细胞的代谢尾产物。细胞的正常代谢活动需要内环境理化因素的相对恒定，而代谢活动本身又是经常造成内环境理化性质偏离容许波动范围的因素。正常机体内，在神经体液调节下，各系统、器官进行相互协调的活动，才能解决上述矛盾，实现在代谢活动正常进行的条件下，内环境理化性质仍能保持相对恒定。例如，通过消化系统的活动，不断补充内环境中营养物质的浓度；通过呼吸和循环系统的活动，使内环境中的 O_2 含量得到补充而 CO_2 得到排除；通过肾脏的活动，使进入内环境中的固体代谢产物得到清除，等等。由此可见，内环境最重要的特征是它们的理化性质能保持相对恒定，而这一特征又是维持整个机体生存的基本条件。

维持内环境理化性质相对恒定的状态，叫做稳态或自稳态（homeostasis）。稳态的概念最初是由美国生理学家W·B·Cannon提出的。稳态乃是一种复杂的、由体内各种调节机制所维持的动态平衡：一方面是代谢过程使这种相对恒定遭到破坏，另一方面是通过调节使平衡恢复。整个机体的生命活动正是在稳态不断受到破坏而又得到恢复的过程中得以维持和进行的。一旦内脏系统的活动发生严重紊乱，稳态将难于维持，新陈代谢将不能正常进行，机体的生存即受到威胁。目前，稳态的概念已经扩展开来，它不仅用于内环境理化特性的动态平衡，也可用于某一细胞功能、某一生物化学反应、某一器官、系统的活动乃至整个机体的相对稳定状态的维持和调节。

二、生物节律

生物体内的各种功能活动常按一定的时间顺序发生变化。如果这种变化按一定的时间重复出现，周而复始，这种变化叫节律性变化，而这类变化的节律就称生物节律（biorhythm）。人和动物的生物节律，按频率的高低，可分为高频、中频和低频三类节律。节律周期低于一天的属于高频节律，如心电图的变化、呼吸的周期等。低频周期有周周期、月周期和年周期。例如人类的月经周期即属月周期，候鸟的栖息有明显的年周期。年周期和月周期多与生殖功能有关。中频周期是日周期，这是最重要的生物节律。人体几乎每种生理功能都有日周期，即一天一个波动周期，只是波动的幅度和明显程度不同而已。最明显的如血细胞数、体温的日周期波动。此外，血压、尿成份、各种代谢过程强度及对药物反应等均有日周期变化。由此可见，机体内环境理化性质稳态的水平是

有昼夜节律性变化的，也就是说，稳态的调定点是有节律性波动的。

生物节律的构成包括两个方面：一是生物固有节律，即生物体本身具有的内在节律；二是生物节律受到自然界环境变化的影响，而能与环境同步。那些导致生物节律与环境变化同步的环境因素称为致同步因素。例如，人为地改变每日的光照和黑暗的时间，可使一些机体功能的日周期位相发生移动。

身体内各种不同细胞都有各自的日周期节律，但是在自然环境中生活的人体器官组织只表现一种日周期节律，就是说这些器官组织的日周期都同步化了。可是一旦人与自然环境因素隔离开来生活，不给予任何时间因素刺激，经过两个月以上的隔离，各生理系统的日周期便不再同步了。这说明人体体内有一个总的控制生物节律的中心，它控制着体内所有细胞、组织的节律中心，使各种位相不同的生物节律统一起来，趋于同步化。一旦机体与自然环境隔绝，总的节律中心失去了控制作用；各个生理系统的节律中心便按自己的节律活动，因而各生理系统便出现不同的生物节律。有关生物节律中心的确切神经机制尚待阐明。目前研究较多的是下丘脑中的视交叉上核（suprachiasmatic nuclei, SCN）。在小鼠中观察到，这个位于第三脑室两侧的致密小神经元核团的代谢强度和放电活动都表现日周期节律。在胚胎期，当这一核团与周围组织还未建立起联系时，它的代谢和放电的日周期节律就已存在。破坏小鼠的视交叉上核，原有的一些日周期节律性活动，如饮水、排尿等的日周期即丧失。此外，视交叉上核有一条接受外环境光暗信号的神经束，即视网膜-视交叉上核束。当这一神经束完好时，机体生物节律便与环境光暗同步化。如果切断这条通路，视交叉上核就完全不能感受外环境的光暗变化，日周期就不再能与外环境光暗变化同步。这些观察说明，视交叉上核是形成生物节律中心的重要结构。

生物节律最重要的生理意义是使生物对环境变化作更好的前瞻性的适应。以日周期为例，它可使一切生理功能和机体活动以日周期的形式，根据外环境的昼夜变化，有秩序、有节奏地进行。在医疗工作中，可利用日周期中生理功能特征的变化和对药物反应强度的差异来提高治疗效果。有关生物节律的知识也将帮助我们正确掌握和解释各种生理数据。

三、人体功能活动的调节

人体对外环境变化的反应，总是与这些环境变化相适应的，而且总是作为一个整体来进行的。整体反应包括两方面：一方面是运动系统按一定方向路线进行一系列活动，另一方面则是内脏系统活动作相应的调整。这是因为运动系统的活动必将影响人体的新陈代谢活动，从而影响内环境的稳态；有些剧烈的外环境变化甚至可以直接破坏稳态，必须相应地调整内脏活动才能维持稳态。所以在人体发生适应性反应时，既要调节运动系统以完成一定的动作，又要调节内脏活动以保持稳态；而这些调节是由人体内三种调节机制来完成的，即神经调节（neuroregulation）、体液调节（humoral regulation）以及器官、组织、细胞的自身调节（autoregulation），其中神经调节是人体内最重要的调节机制。

（一）神经调节

神经调节的结构基础是，中枢神经系统通过传入神经与各种感受器相联系，又通过