

卫生部“十二五”规划教材精讲与同步练习

供高等医药院校基础、临床、预防、口腔医学类专业使用
根据教学大纲、卫生部“十二五”规划教材第8版和一线教师多年的教学经验编写

生理学

主 编◎孙庆伟 李良东 蒋绍祖

- 浓缩教材精华
- 全面覆盖知识点



中国医药科技出版社

014037240

R33-43
25

卫生部“十二五”规划教材精讲与同步练习

生理学

主 编 孙庆伟 李良东 蒋绍祖
副主编 杨 英 毛慕华 齐晓娟
编 者 (以姓氏笔画为序)
毛慕华 齐晓娟 孙庆伟
杨 英 李良东 赵善民
胡志革 黄志华 蒋绍祖
韩 毅 温二生



R33-43
25



北航

C1725485

中国医药科技出版社

内 容 提 要

为了减轻高等医药院校学生的学习负担,使他们用最少的时间全面掌握、准确理解和记住《生理学》的内容,作者根据教学大纲,结合多年的教学经验与体会,参考相关书籍,编写了本书。

本书章节编排与规划教材基本一致,分绪论和 11 章讲述生理学知识。每章共分四大部分:教学目的、内容精讲、同步练习、参考答案。每章教学目的列出了本章重点掌握、熟悉和了解的内容,内容精讲将教材内容做全面系统的归纳总结,突出重点、难点、考点。书后附综合模拟试卷,以供学习者检查自己对知识的掌握程度。

本书适于高等医学院校基础、临床、预防、五官、口腔类本科学使用,也可作为研究生报考及教师、临床医师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 孙庆伟, 李良东, 蒋绍祖主编. — 北京: 中国医药科技出版社, 2014.4

(卫生部“十二五”规划教材精讲与同步练习)

ISBN 978-7-5067-6682-1

I. ①生… II. ①孙…②李…③蒋… III. ①人体生理学—医学院校—教学参考资料
IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 033954 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行: 010-62227427 邮购: 010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm^{1/16}

印张 16^{1/4}

字数 411 千字

版次 2014 年 4 月第 1 版

印次 2014 年 4 月第 1 次印刷

印刷 航远印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-6682-1

定价 32.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

丛书编委会

主任委员 韩立民

副主任委员 王柏群 孙庆伟

委 员 (以姓氏笔画为序)

王小农 王建忠 叶 军 叶和杨

叶纪诚 刘建生 何 珏 何 蔚

张自翔 杨庆春 李 剑 李伟松

李启华 李良东 李新维 邱悦群

陈同强 陈学洪 罗开源 钟善全

梅 钧 黄才斌 扈瑞平 蒋绍祖

谢水祥 谢晓英 谢新华 缪春华

Preface 前言

生理学是一门重要的基础医学主干课程，现行的生理学教材内容多且繁杂，理论深奥，学生在有限的学习时间内难以全面复习和理解，所以学生普遍感到难学。为了帮助同学学好生理学，抓住重点、要点，加深对一些重要概念和难点的理解，用较少的时间掌握和记住生理学教材中的基本内容，减轻学生的学习负担，特编写了本书。

本书基本上包括了卫生部“十二五”规划教材《生理学》(第8版)的全部内容，文字简练明了，内容通俗易懂，叙述单刀直入、循序渐进，部分较复杂难懂的内容配有示意性好的插图。每章开始的教学目的项下列出本章需要掌握、熟悉和一般了解的内容，以便学生在听课和复习时把握。每章后设有同步练习，并附相应参考答案，以便学生巩固所学内容。书后还附有2套综合模拟试卷及其答案，供学生自测。

本书不但是规划教材的一本很好的配套、辅导书，还可单独供本、专科学生(包括成教生)作生理学教材使用。

由于编写时间较仓促，书中不当和疏漏在所难免，希望广大读者指正，以便再版时加以改进。

编 者

2014年1月

Contents 目录

第1章 绪论	1
第1节 生理学的任务和研究方法	1
第2节 机体的内环境和稳态	3
第3节 人体生理功能的调节	4
第2章 细胞的基本功能	9
第1节 细胞膜的物质转运功能	9
第2节 细胞的跨膜信号转导	14
第3节 细胞的电活动	20
第4节 肌细胞的收缩	27
第3章 血液	39
第1节 血液生理概述	39
第2节 血细胞生理	40
第3节 生理性止血	44
第4节 血型和输血原则	49
第4章 血液循环	53
第1节 心脏的泵血功能	53
第2节 心脏的电生理学及生理特性	58
第3节 血管生理	68
第4节 心血管活动的调节	75
第5节 器官循环	84
第5章 呼吸	89
第1节 肺通气	89
第2节 呼吸气体的交换	94
第3节 气体在血液中的运输	96
第4节 呼吸运动的调节	98
第6章 消化和吸收	102
第1节 消化生理概述	102
第2节 口腔内消化和吞咽	104
第3节 胃内消化	105
第4节 小肠内消化	108
第5节 肝脏的消化功能和其他生理作用	111
第6节 大肠的功能	113
第7节 吸收	114
第7章 能量代谢与体温	118
第1节 能量代谢	118
第2节 体温及其调节	122

第 8 章 尿的生成和排出	129
第 1 节 肾脏的功能解剖和肾血流量	129
第 2 节 肾小球的滤过功能	132
第 3 节 肾小管和集合管的物质转运功能	134
第 4 节 尿液的浓缩和稀释	140
第 5 节 尿生成的调节	143
第 6 节 血浆清除率	145
第 7 节 尿的排放	147
第 9 章 神经系统的功能	150
第 1 节 神经系统功能活动的基本原理	150
第 2 节 神经系统的感觉功能	163
第 3 节 神经系统对躯体运动的调控	181
第 4 节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	190
第 5 节 脑的电活动以及睡眠与觉醒	194
第 6 节 脑的高级功能	197
第 10 章 内分泌	205
第 1 节 内分泌与激素	205
第 2 节 下丘脑 - 垂体及松果体内分泌	209
第 3 节 甲状腺内分泌	214
第 4 节 甲状旁腺、维生素 D 与甲状腺 C 细胞内分泌	219
第 5 节 胰岛内分泌	221
第 6 节 肾上腺内分泌	224
第 7 节 组织激素及功能器官内分泌	228
第 11 章 生殖	231
第 1 节 男性生殖功能与调节	231
第 2 节 女性生殖功能与调节	234
第 3 节 性生理	239
综合模拟试卷一	243
综合模拟试卷二	249

第1章 绪 论

第1节 生理学的任务和研究方法



教学目的

1. 掌握 机体的内环境和稳态、生理功能的调节（神经调节、体液调节及自身调节）。
2. 熟悉 生理学概念及生理学的三个研究水平。
3. 了解 生理学与医学的关系及生理学的研究方法。

一、生理学及其任务

生理学（physiology）是生物学的一个分支，是研究生物体及其各个组成部分生命活动即正常功能活动规律的科学。人体生理学是研究人体及其组成部分的生命活动规律科学。生命活动即生命现象，如呼吸、心跳、血液循环、胃肠运动和分泌、泌尿、出汗、生殖、行为表现和思维活动等等。生理学要研究的就是这些生命活动产生的原理和条件，正常活动规律、体内外部环境变化对它们的影响，以及机体为适应环境变化和维持整体生命活动所作的相应调节。而研究人体各种异常即患病机体的生命活动的科学称为病理生理学。

二、生理学与医学的关系

生理学是一门重要的医学基础理论，它与医学有密切的关系。因为只有了解和掌握机体正常的生命活动规律，才能理解和掌握机制异常的生命活动规律，对患病时所发生的一切病理现象才能理解，并通过医务人员和患者的主观努力，使异常向正常方面转化。这样我们才能在防病治病中掌握主动，不会盲从，不但知其然，而且知其所以然，提高医疗水平。而且，认识和掌握了机体的正常生命活动规律，就能更好地维持它的正常进行，防止它发生异常，从而达到预防疾病和延年益寿的目的。再则，生理学本身的发展可促进临床医学和预防医学的发展。而临床医学的长期实践又为生理学的发展提出了许多宝贵资料，促进了生理学发展。此外，一些基础医学，如病理学、病理生理学、微生物学、药理学等，均需要生理学作基础，要学好这些学科，必须先学好生理学。正因为生理学与医学的关系如此密切，所以在诺贝尔生理学或医学奖中，将生理学和医学放在一起。

三、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学，它的所有知识都来自临床实践和实验研究。而生理学真正成为一门实验性科学是从17世纪开始的。17世纪初，英国医生Harvery（哈维）首先在动物身上用活体解剖和科学实验的方法研究了血液循环，证明心脏是血液循环的中心，血液由心脏射入动脉，再由静脉回流入心。1628年，哈维出版了他的著作《心与血的运动》，是历史上第一次基于实验的生理学著作。随后发明了显微镜和发现了毛细血管，证实了哈维对血液循环的正确推论。

生理学实验主要在动物身上进行；仅在不损害健康，并得到受试者同意的情况下，才允许

进行有限的人体实验。由于人与动物的基本结构和功能有许多相似之处,因此利用动物实验结果来推断人体生理功能是完全可能的。但是,人体的许多功能活动,尤其高级神经活动与动物相比,有质的不同,因此不能将动物实验结果直接套用于人体。

(一) 动物实验

1. 急性实验 以完整动物或动物材料为研究对象,在人工控制的实验环境条件下,在短时间内对动物某些生理活动进行观察和记录。

(1) 在体实验 动物在清醒或麻醉条件下,手术暴露某些所需研究部位,观察和记录某些生理功能在人为干预条件下的变化。急性实验的优点是实验条件比较简单,易控制,便有进行直接的观察和细致的分析。缺点是可能与正常生理条件下的完整机体的功能活动仍有差别。

(2) 离体实验 从活着或刚处死的动物身上取出所需的器官、组织、细胞或细胞中的某些组分,置于一个能保持其正常活动的人工环境中,观察某些人为干预因素对其功能活动的影响。其优点是更能深入到细胞和分子水平,有助于揭示生命现象中最为本质的基本规律。缺点是实验结果与整体中的真实情况会有很大差异。

2. 慢性实验 在无菌条件下对健康动物进行手术,暴露要研究的器官或摘除或破坏某一器官,然后尽可能在接近正常生活的条件下,观察所暴露器官的功能,观察摘除或破坏某器官的功能改变。其优点是便于观察某一器官在正常情况下的功能及在整体功能活动中的作用地位。缺点是不便于具体分析该器官功能的详细机制。

(二) 人体实验

人体实验由于受到伦理学的限制,目前主要是进行人群资料调查,例如:血压、心率、肺通气功能、肾小球滤过率及血液成分的正常数值等,就是通过对大批人群采样,再进行数据的统计学分析而得到的。有些实验可在志愿者中进行,例如:测试人体在特殊环境(如高温、低温、失重、低压、高压等)中某些生理功能的变化。

四、生理学研究的不同水平

(一) 器官、系统水平

研究体内各个器官、系统活动的规律、内在机制、影响因素及其调节,以及它在整体生命活动中的意义和作用。有关这一水平的研究内容称为器官生理学(organ physiology)和系统生理学,例如,心脏生理学、肾脏生理学、呼吸生理学、消化生理学等。

(二) 细胞、分子水平

细胞是构成人体的最基本的结构功能单位。因此,整个机体的生命活动或器官、系统的功能活动都与其结构单位细胞的功能活动有关,而细胞的功能活动归根到底又取决于构成细胞的各个物质,特别是大分子物质,如蛋白质(包括酶)和核酸的物理-化学过程。蛋白质和酶又是由细胞核染色质上的基因(gene)决定的。为了研究各器官活动的本质和产生的机制,还要深入到细胞亚细胞水平和分子与基因水平,来探讨生命活动的最基本的物理——化学过程。有关这方面的研究内容传统上称为普通生理学(general physiology)或细胞和分子生理学(cellular and molecular physiology)。近几十年来分子水平的研究取得很大进展,但是分子水平的研究成果并不能说明这些分子在完整生命机体中的意义。

(三) 整体水平

机体的正常生命活动,首先是机体本身作为一个完整的统一体而存在的,同时机体的生命活动与周围环境也是密切联系的。环境的变化会影响机体的生命活动,机体的生命活动则必须与环境变化相适应。整体水平的研究就是研究完整机体各个系统功能活动之间的相互关系和协调,以及完整机体与环境之间的对立统一关系。近年来由于电子计算机遥控、遥测技术、体表无创伤检测,如磁共振成像、正电子发射成像、彩色多普勒、功能性磁共振成像等技术的应用,

使整体生理学研究水平有了很大发展。

上述3个不同水平的研究是紧密相关的,彼此可以相互补充。将这三方面研究的结果结合起来进行整合,才能更全面、更深刻地认识人体作为一个整体的生命活动规律。将不同水平的研究结果联系和综合起来,以求得对机体功能更全面和整体性的认识,就称为整合生理学(integrative physiology)。

第2节 机体的内环境和稳态

一、机体的内环境

人体的结构很复杂,大约由100万亿个结构和功能不同的细胞组成不同的组织、器官和系统。因此,除了少数细胞外,人体绝大多数细胞并不直接与外环境接触,而是浸浴在细胞外液之中。这样,细胞外液就成为细胞生活的直接液体环境,细胞新陈代谢所需要的养料由细胞外液提供,细胞的代谢产物也排到细胞外液之中。法国著名生理学家克劳德·伯尔纳(Claude Bernard, 1813~1878年)称之为机体的内环境(internal environment),以区别于整个机体所生存的外环境。

人体内的水分(称体液总量)占体重的50%~70%,平均为60%,其中40%位于细胞内(称细胞内液),20%位于细胞外(称细胞外液)。细胞外液包括血浆(占5%)和组织间液(组织液,占15%)(图1-1)。体液总量与体内脂肪总量呈反相关,由于女性体内脂肪含量一般多于男性,故女性体液总量比男性少。

二、内环境的稳态

内环境本身的一个很大的特点是它的物理-化学特性,如温度、渗透压、酸碱度、各种化学成分变化得非常小,比较恒定(例如,人的正常体温只在37℃上下波动,每日波动范围不超过1℃,血浆pH值维持于7.35~7.45之间,血K⁺浓度仅在3.5~5.5mmol/L之间等)。也正由于内环境变动得非常小,才使得机体在外环境不断变化的情况下,仍能维持正常的生命活动。伯尔纳说过:“内环境恒定是机体自由和独立生存的首要条件。”但内环境理化性质的恒定是相对的,是在不断变化中所达到的相对平衡状态,即动态平衡。20世纪40年代美国生理学家坎农(W.B. Cannon)将这种平衡状态之为稳态或自稳态(homeostasis)。这是因为一方面细胞不断进行着新陈代谢,不断消耗细胞外液中的养料和O₂,并不断向细胞外液排出代谢产物、CO₂和释放热量,所以细胞的新陈代谢本身不断破坏着内环境的稳定;另一方面,外环境的强烈变化也直接或间接通过机体活动的改变而影响内环境的稳定,例如,大气压的迅速下降可以使机体很快减少O₂的供应,从而使细胞外液中O₂含量下降。但内环境的变化,机体通过血液循环、呼吸、消化、排泄等功能协调活动,又能使之恢复,例如,呼吸系统摄入O₂与排出CO₂,消化系统提供营养物质、水和电解质,肾排泄代谢终产物,调节水盐平衡,心血管系统推动血液在全身循环往复运输营养物质和代谢产物,沟通全身各器官。这样便使细胞外液中的理化因素保持相对稳定(图1-1)。因此,内环境的变化都必将引起机体的各种调节机制精确地调节,以限制与恢复这种变化,稳态的维持需要全身各系统和器官的共同参与和

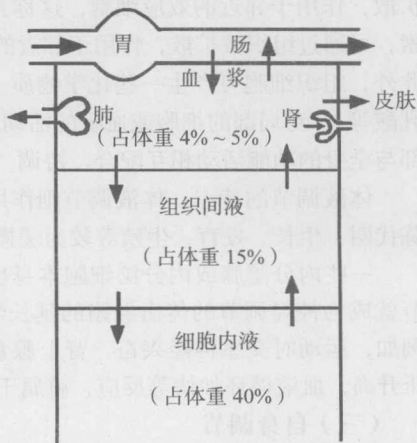


图1-1 体液分布及其物质交换示意图

相互协调。

稳态具有十分重要的意义：由于细胞的各种代谢活动都是酶促生化反应，因此不但需要细胞外液有足够的营养物质、 O_2 和水、离子浓度、酸碱度和渗透压等。细胞膜两侧一定的离子浓度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。稳态的破坏将影响细胞功能活动的正常进行，如高热、低体温、低氧、水和电解质及酸碱平衡紊乱等都将导致细胞功能的严重损害，引起疾病，甚至危及生命，例如，血浆中的 K^+ 浓度过高或过低时可引起心律失常； H^+ 浓度过高时会导致酸中毒，过低时会导致碱中毒；体温过高会影响中枢神经系统的功能及代谢等等。不仅如此，稳态机制长期紊乱还可引起细胞的异常生长（可能引起肿瘤）、产生自身抗体（引起自身免疫性疾病）和细胞过早死亡等等。

现在，稳态已经不仅指细胞外液理化性质保持相对稳定的状态，而且发展到包括机体内各种生理功能保持协调、稳定的生理过程，例如，血压的调节、各种反射活动的协调等。并且还包括细胞内进行的各种生化反应的精细调节。这种广义的稳态是通过机体的调节机制即稳态机制（主要是负反馈控制机制）实现的。因此稳态及其调节是生理学的中心议题，也是本书每一章的基本内容之一。

第3节 人体生理功能的调节

一、生理功能的调节方式

机体的调节功能主要有神经调节、体液调节和自身调节。

（一）神经调节

神经调节（neural regulation）是通过神经系统的调节，其基本方式是反射（reflex）。反射就是机体在中枢神经系统的参与下对体内外环境变化的刺激发生规律性的反应。反射活动的结构基础是反射弧（reflex arc），它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器 5 个部分组成。反射弧任何环节如发生障碍或被破坏，这一反射活动就发生紊乱或不出现。

神经调节的特点：神经调节作用迅速而准确，作用部位有局限性，作用时间比较短暂。

（二）体液调节

体液调节（humoral regulation）主要是内分泌细胞所分泌的激素，经血液或淋巴循环到全身各处，以影响对激素敏感的器官、组织和细胞的活动。例如，甲状旁腺分泌的甲状旁腺素经血液运输到骨组织，使骨钙释放入血，血钙升高。受激素作用的器官、组织和细胞分别称为靶器官、靶组织和靶细胞。有些内分泌细胞产生的激素，不经过血液循环的运输，而是通过组织液扩散，作用于邻近的效应细胞，这称为旁分泌（paracrine）。例如，胰岛的 D 细胞分泌的生长抑素，可通过组织液扩散，作用于邻近的 A 细胞和 B 细胞，分别抑制其分泌胰高血糖素和胰岛素。此外，组织细胞可产生一些化学物质（如组胺、缓激肽、5-羟色胺等）或代谢产物（如 CO_2 、乳酸等），对局部的细胞或血管的活动进行调节，称之为局部体液调节。这种调节的作用可使局部与全身的功能活动相互配合、协调一致。

体液调节的特点：体液调节则作用缓慢，受影响部位广泛，作用时间持久，它主要调节新陈代谢、生长、发育、生殖等较为缓慢的生理过程。

一些内分泌腺或内分泌细胞本身也直接或间接地接受中枢神经系统的控制，这样，体液调节就成为神经调节的传出经路的延长部分，这称为神经-体液调节（neurohumoral regulation）。例如，运动时交感神经兴奋，肾上腺素分泌增加，引起心跳加快、加强，使心输出量增加，血压升高，血液循环加快等反应，就属于神经-体液调节。

（三）自身调节

自身调节（autoregulation）指内外环境变化时，组织、细胞可不依赖于神经或体液的调

节而由该组织细胞本身活动的改变产生的适应性反应。例如,脑血液量的调节,血压变动于60~140mmHg 范围内,脑血流量仍可维持恒定,因为血压升高,脑血管自发收缩,阻力增加,使脑血流量不致因血压升高而增加过多;血压下降,脑血管舒张,使脑血流量不致因血压降低而过多减少。自身调节的调节幅度和范围虽较小,也不十分灵敏,但对生理功能调节仍有一定的重要意义。

上述3种调节方式以神经调节为主,体液调节为辅,自身调节作为必要的补充。

二、体内的控制系统

人体功能的调节过程与工程技术的自动控制过程具有共同的规律,根据控制论原理,即把人体的功能调节分为2个控制系统。

(一) 反馈控制系统

神经或体液因素对效应器或靶器官进行了调节,调节(反应)的效果如何,有无过度或不足,即是否符合神经中枢或内分泌腺要达到的理想值(预定值、调定点),往往还要由效应器或靶器官发出信息(即由效应器或邻近的感受器发出神经冲动,或效应器、靶器官本身的活动)返回到神经中枢或内分泌腺,以便随时纠正和调整效应器或靶器官的活动,如反应过度便抑制之,反应不足加强之,使调节(反应)更为精确。这种联系称为反馈(feedback)联系。因此,神经调节和体液调节基本上都是一个闭环(closed loop)系统,极少是开环(open loop)系统,犹如工程学中的自动控制系统(图1-2)。

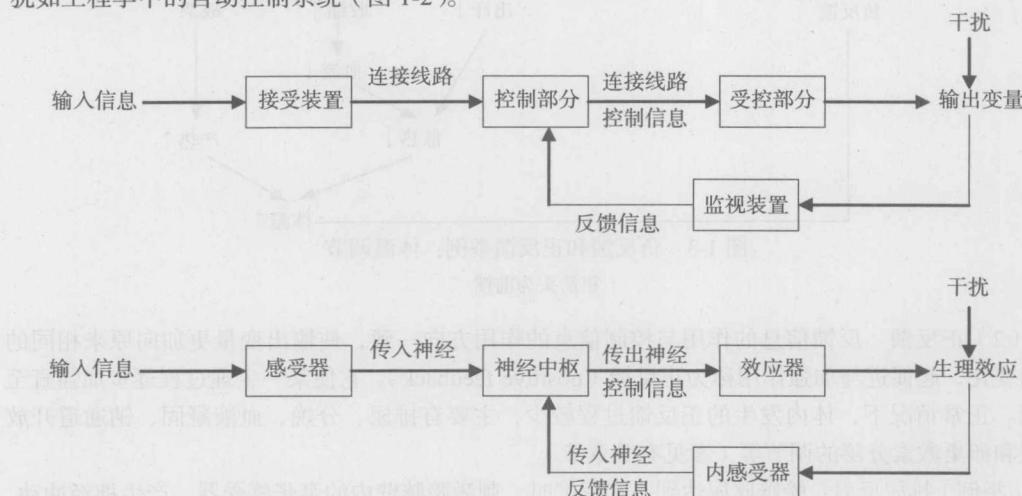


图 1-2 反馈控制系示意图

1. 概念

(1) 反馈 受控部分在产生输出变量时,此变化信息返回作用于控制部分,影响其活动,称为反馈。

(2) 反馈信息 来自受控部分反映输出变量变化情况的信息称为反馈信息。

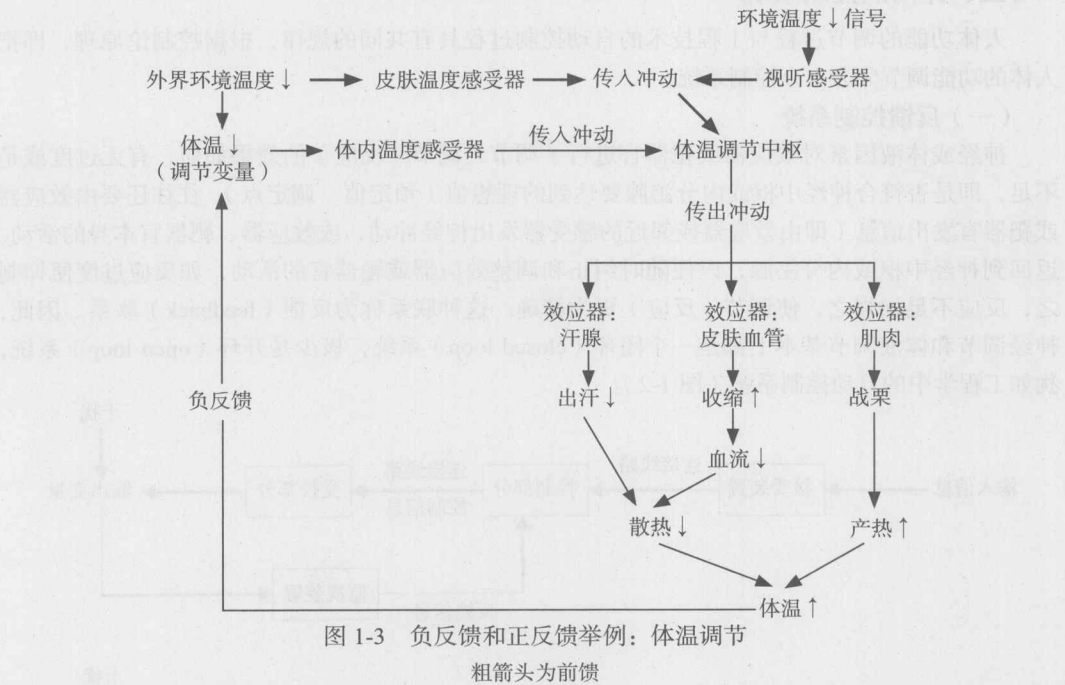
(3) 调定点(set point) 指自动控制系统所设定的一个工作点,是控制部分的一个期望值(正常值)。

2. 分类 根据反馈信息的作用效果将反馈分为两类。

(1) 负反馈 反馈信息作用所引起的反应是使输出变量向原来变化相反的方向变化,以维持稳态,称为负反馈(negative feedback)。它是维持稳态的重要方式,体内大多数调节属于负反馈,如体温、血压和血糖的恒定。

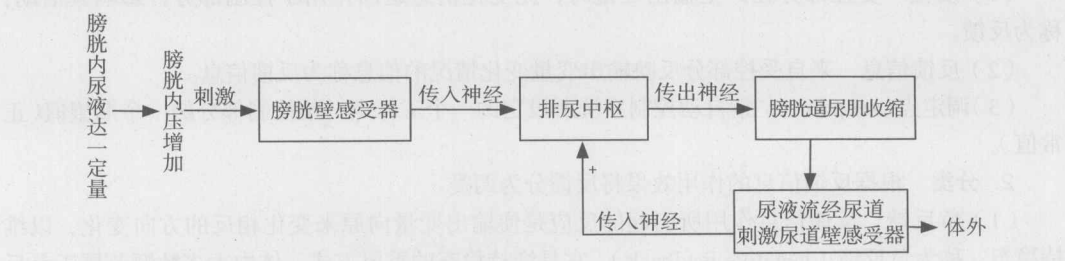
[举例] 体温调节:在常温下,产热器官和散热器官(受控系统)在体温调节中枢(控制系统)

的控制下,使产热与散热维持平衡,从而维持正常的体温。当环境温度突然降低时(干扰因素的作用),机体散热增加,致使体温降低;体温降低刺激体内的温度感受器(监视装置)并使之产生神经冲动(反馈信息),神经冲动经传入神经传至下丘脑的体温调节中枢(控制系统),体温调节中枢到有关效应器的传出冲动增加,结果引起皮肤血管收缩、身体卷曲(可减少散热)、战栗及代谢率增加(增加产热),从而使体温回升到原有的水平(图 1-3)。又如,正常时血钙浓度能保持相对恒定也是一种负反馈调节。血钙降低时,刺激甲状旁腺分泌甲状旁腺素,使血钙升高(使骨钙→血钙);而当血钙浓度过高时,又可反过来作用于甲状旁腺,抑制其分泌甲状旁腺素。



(2) 正反馈 反馈信息的作用与控制信息的作用方向一致,使输出变量更加向原来相同的方向变化,起促进与加强作用称为正反馈(positive feedback)。它使某一生理过程逐步加强直至完成。正常情况下,体内发生的正反馈过程较少,主要有排尿、分娩、血液凝固、钠通道开放过程和卵巢激素分泌的调节等(参见有关章节)。

[举例] 排尿反射:膀胱储尿达到一定程度时,刺激膀胱壁内的牵张感受器,产生神经冲动,通过传入神经传到脊髓排尿中枢,反射地引起逼尿肌收缩(排尿)。尿液流经尿道又刺激尿道的感受器,传入冲动到排尿中枢,排尿中枢进一步发出传出冲动,使逼尿肌收缩进一步增强,直至尿液排完为止(图 1-4)。



在病理情况下正反馈可导致恶性循环,例如:人急性大出血→心输出量减少、血压下降→冠脉血流减少→心肌缺血→心肌收缩力降低→心输出量进一步减少、血压进一步降低,如此循环下去可导致死亡。医生的责任是要采取必要的措施中断有害的正反馈循环即恶性循环。

(二) 前馈控制系统

1. 定义 指在控制部分在反馈信息尚未到达前已受到干扰信息(通过监测装置)的作用,在输出变量发生变化前,及时纠正其指令可能(预期)出现的偏差。前馈调节是一个开环系统,它不感受调节变量(图 1-5)。

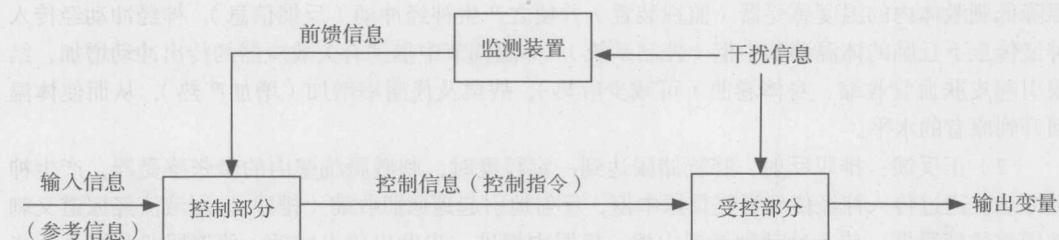


图 1-5 前馈控制系统示意图

2. 举例 条件反射就是一种前馈系统的活动。在上述环境温度改变(干扰因素)引起体温降低的例中,触发体温负反馈调节的温度感受器是在身体内部的。此外,皮肤上也有温度感受器,其作用是感受外部环境温度的。当环境温度突然降低时,虽然这时尚未引起体温下降(输出变量改变),但体表温度感受器(监测装置)已把这一信号转换成前馈信息输送给体温调节中枢,甚至环境温度降低的一些信号,通过视、听监测装置输送到体温调节中枢,后者发出控制信息到皮肤血管和肌肉,从而预先采取了相应的“措施”,即加强机体的产热和减少散热(图 1-3)。

3. 意义 前馈系统的冲动能对输出变量(例如体温)的变化进行前瞻性(超前)的调节,可加快机体稳态反应的速度,防止干扰信号的干扰,使输出变量的变化减到最小。反馈机制是对输出变量的变化产生反应的,前馈是对输出变量预料的变化产生反应,即预先采取措施防止输出变量的变化。又如,当食物还在消化道时,刺激胃肠道激素分泌,后者促进胰岛素分泌,胰岛素可促进细胞摄取和贮存从消化道吸收的营养物,从而有助于限制血中营养物(如葡萄糖)浓度的升高(输出变量预料的变化)。

同步练习

1. 生理学研究为何必须在器官和系统水平、细胞和分子水平及整体水平进行?
2. 为什么生理学中非常看重稳态这一概念?
3. 试举例说明负反馈、正反馈和前馈在生理功能活动中的意义。

参考答案

1. 由于人体功能取决于各器官系统的功能,各器官系统的功能取决于组成这些器官系统的细胞的功能,细胞功能又取决于构成细胞的各个物质,特别是大分子物质,如蛋白质(包括酶)和核酸的物理-化学过程。蛋白质和酶又是由细胞核上的基因决定的。为了研究各器官和细胞活动的本质,还要深入到亚细胞水平和分子基因水平,来探讨生命活动最基本的物理-化学过程。所以要全面探索人体生理学,研究应在整体、器官和系统及细胞和分子水平上进行,并将各个水平的研究结果加以整合。

2. 稳态具有十分重要的意义,是维持机体正常生命活动的必要条件。因为细胞的各种代谢活动都是酶促生化反应,因此细胞外液中需要有足够的营养物质、 O_2 和水,以及适宜的温度、离子深度、酸碱度和渗透压等。细胞膜两侧一定的离子浓度和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。稳态破坏将影响细胞的功能活动的正常进行,如高热、低氧、水和电解质及酸碱平衡紊乱等都将导致细胞功能的严重障碍,引起疾病,甚至死亡。

3. (1) 负反馈:人的体温能保持相对恒定就是一种负反馈调节。在常温下,产热器官和散热器官(受控系统)在体温调节中枢(控制系统)的控制下,使产热与散热维持平衡,从而维持正常的体温。当环境温度突然降低时(干扰因素的作用),机体散热增加,致使体温降低;体温降低刺激体内的温度感受器(监视装置)并使之产生神经冲动(反馈信息),神经冲动经传入神经传至下丘脑的体温调节中枢(控制系统),体温调节中枢到有关效应器的传出冲动增加,结果引起皮肤血管收缩、身体卷曲(可减少散热)、战栗及代谢率增加(增加产热),从而使体温回升到原有的水平。

(2) 正反馈:排尿反射,膀胱储尿达到一定程度时,刺激膀胱壁内的牵张感受器,产生神经冲动,通过传入神经传到脊髓排尿中枢,反射地引起逼尿肌收缩(排尿)。尿液流经尿道又刺激尿道的感受器,传入冲动到排尿中枢,排尿中枢进一步发出传出冲动,使逼尿肌收缩进一步增强,直至尿液排完为止,这是一种正反馈。

(3) 前馈:当环境温度突然降低时,虽然这时尚未引起体温下降(输出变量改变),但体表温度感受器(监测装置)已把这一信号转换成前馈信息输送体温调节中枢,甚至环境温度降低的一些信号,通过视、听监测装置输送到体温调节中枢,后者发出控制信息到皮肤血管和肌肉,从而预先采取了相应的“措施”,即加强机体的产热和减少散热。因此前馈系统的冲动能对输出变量(例如体温)的变化进行前瞻性(超前)的调节,可加快机体稳态反应的速度,防止干扰信号的干扰,使输出变量的变化减到最小。

(孙庆伟)

第2章

细胞的基本功能



教学目的

1. 掌握 物质通过细胞膜的基本方式及原理, 跨膜信号转导功能, 生物电产生和兴奋传导的基本原理, 神经-肌肉接头处兴奋的传递, 骨骼肌收缩原理及影响因素。
2. 熟悉 平滑肌的生理特性及收缩原理。
3. 了解 细胞膜的分子结构、平滑肌的结构及分类。

第1节 细胞膜的物质转运功能

一、细胞膜的分子结构

细胞膜又称质膜, 一般为 7.5~10nm 厚, 在电镜下可见它由 3 层组成, 其内外两侧各有 1 层致密带, 致密带的中间有 1 层透明带。细胞膜主要由脂类、蛋白质和少量的糖类组成。其中蛋白质占 55%, 磷脂占 25%, 胆固醇占 13%, 其他脂类占 4%, 糖类占 3%。它们在细胞膜中排列的方式, 目前用液态镶嵌模型来说明。该模型的基本内容是以液晶态的脂质双分子层为基架, 其中镶嵌着具有不同分子结构和不同功能的蛋白质。后者主要以 α 螺旋或球形蛋白质的形式存在。

(一) 细胞膜脂类

1. 成分 膜的脂类包括三类: 第一类是磷脂, 是含磷酸的脂类, 占总量的 70%, 如磷脂酰胆碱(卵磷脂, 为含胆碱的磷脂, 含量最高), 磷脂酰丝氨酸、磷脂酰乙醇胺(两者为含氨基酸的磷脂, 含量其次)及磷脂酰肌醇(含量最少, 但在细胞信号转导中起重要作用)等; 第二类是胆固醇; 第三类是糖脂。

2. 存在形式 膜中脂质呈双分子层形式排列, 其脂质为双嗜性分子。以磷脂为例, 它一端的磷酸和碱基是亲水性基团, 朝向细胞膜的内外表面, 与细胞外和胞质液体中的极性水分子接触; 另一端的两条长链脂肪酸, 则是疏水性基团, 朝向脂质双分子层内部(图 2-1)。

3. 特点

(1) 稳定性 热力学上稳定性。

(2) 流动性 膜在人体内呈溶胶状态, 具有一定程度的流动性, 使细胞膜能承受相当大的张力和变形而不至于破裂。膜的流动性使膜蛋白能发生侧向移动、聚集和相互作用及完成细胞膜的许多功能。胆固醇含量愈高, 膜流动生就愈小。

(二) 细胞膜蛋白质

1. 存在形式 脂质双层中蛋白质有两类。

(1) 整合蛋白 又称镶嵌蛋白、跨膜蛋白, 也是双嗜性分子, 蛋白质分子的肽链可以一次或反复多次贯穿整个脂质双分子层。贯穿膜的肽链的氨基酸相互吸引形成 α 螺旋, 其长度大致相当于膜的厚度, 并且与脂质双分子层内部的疏水性的脂肪酸烃链相互吸引, 使之较稳定地镶

嵌在膜内。这样,肽链中有几个疏水性 α 螺旋,就可能有几次贯穿膜结构,相邻的 α 螺旋之间则以位于膜外侧和内侧的不同长度的直肽链连接(镶嵌蛋白的亲水性部分)。

(2) 表面蛋白 不是双嗜性的,它们紧密地附着于细胞膜的内、外表面。

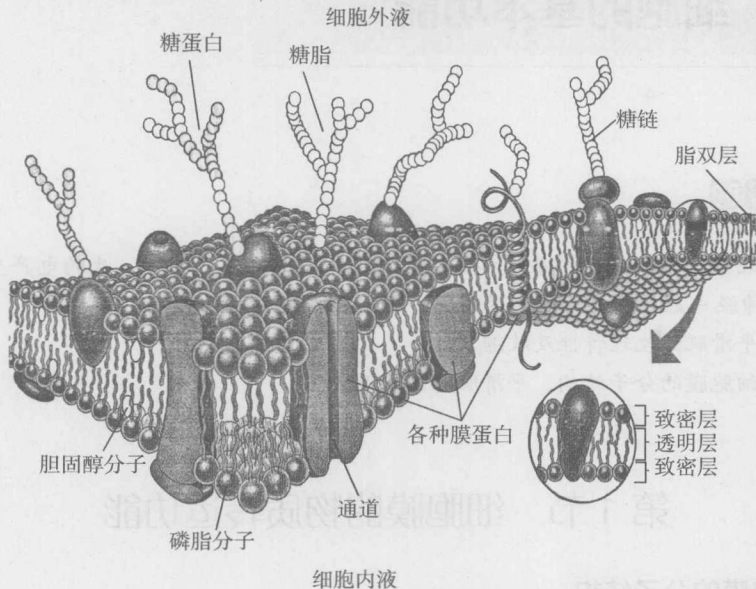


图 2-1 细胞膜分子组成模型

2. 功能 一些跨膜蛋白形成允许某些物质通过的通道,有的起载体蛋白作用,可顺着电-化学梯度转运某些物质;有的还起着“泵”作用,能逆着电-化学梯度主动转运一些离子跨越细胞膜;还有的起酶的作用和作为黏附分子在细胞与基质、细胞与细胞之间发挥作用。

(三) 细胞膜糖类

1. 成分 主要为一些寡糖和多糖链。

2. 存在形式 细胞膜糖类几乎总是与蛋白质和脂类结合形成糖蛋白和糖脂。大多数镶嵌蛋白质是糖蛋白,约 1/10 的膜脂分子是糖脂。这些分子的“糖”部分几乎都是伸出细胞外侧,悬挂在细胞外表面(被称为细胞天线)。

3. 功能 细胞外表面的糖部分具有重要的功能:①它们许多带负电,使大多数细胞膜表面带负电,因此可以排斥其他带负电的物质;例如红细胞不易发生叠连就与膜上唾液酸带负电荷有关。②某些细胞的多糖包被附着于其他细胞的多糖包被,因此使这些细胞连接在一起。③许多糖类起受体物质的作用,可与激素结合,继之激活其所附着的镶嵌蛋白,再激活一系列细胞内的酶系,起到信号传递分子的作用。④某些糖类参与免疫反应,即起抗原作用,例如,A 型血和 B 型血的抗原,就是人类红细胞膜上神经节苷脂的糖类部分。

二、细胞膜的物质转运功能

(一) 经脂双层的扩散——单纯扩散

1. 概念 单纯扩散又称简单扩散,是一种单纯的物理过程,是指分子在液体或气体中做随机的热运动,最终使它们均匀地重新分布于整个容器的过程。

2. 表示方法 可用扩散通量[单位时间物质通过单位界面(cm^2)的量称为扩散通量]表示。

3. 影响因素 影响扩散通量的主要因素有:扩散分子的大小、膜两侧扩散分子的浓度差、细胞膜的厚度、扩散物质的脂溶性。

4. 扩散的物质 一些脂溶性非极性(疏水性)分子,例如, O_2 、 CO_2 、脂肪酸、类固醇激