



全国中等卫生职业教育规划教材

供中等卫生职业教育各专业使用

TM
案例版

生理学

主编 张 峻 边竹平



科学出版社
www.sciencep.com

全国中等卫生职业教育规划教材

案例版TM

供中等卫生职业教育各专业使用

生 理 学

主 编 张 峻 边竹平

副主编 陈林山 邵晋萍

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

边竹平 陈林山 郭俊萍

荆正生 倪俊芳 邵晋萍

张 峻 张 霞 赵淑琳

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书为中等卫生职业教育规划教材,共分12章。教材内容涵盖生理学基础知识和部分新进展,以及相关临床知识。每章配有学习目标、小结、目标检测。内容分别用大、小字体及链接表示,有利于学生在学习知识过程中能目标明确,重点突出,及时进行课后练习,取得较好的学习效果。本教材特点是突出基本理论、基础知识和基本技能,体现思想性、科学性、先进性、启发性和适用性,使生理学基础理论与临床实际相联系,为后续医学课程的学习奠定基础。

本书可供中等卫生职业教育各专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 张峻,边竹平主编. —北京:科学出版社,2010

全国中等卫生职业教育规划教材:案例版

ISBN 978-7-03-026346-9

I. 生… II. ①张… ②边… III. 人体生理学-专业学校-教材
IV. R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第243728号

策划编辑:裴中惠 / 责任编辑:肖 锋 / 责任校对:李奕莹

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用。

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

装 订 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年1月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2010年1月第一次印刷 印张:12

印数:1—7 000 字数:324 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

全国中等卫生职业教育规划教材

案例版TM

编写指导委员会

(按姓氏汉语拼音排序)

边竹平	蔡 晋	曹海威	崔效忠
郭健福	郝 伟	贺平泽	李全恩
穆天真	平翠香	屈建民	石海兰
宋璐波	孙 艳	王海平	王俊帜
王永军	吴 昊	吴培英	张 峻
张薇薇	朱建宁		

前 言

本书为全国中等卫生职业教育规划教材,其编写是以全新的教改理念、独创的编写形式为基础,以促进中等卫生职业教育教学改革,促进职业教育教材的建设与发展为目标,紧跟国际、国内教学发展新动向,积极探索,借鉴国外案例教学模式,结合国内中等卫生职业教育教学实际,力求体现中等卫生职业教育教材特色。

本书共分12章,在每一章节中根据中等卫生职业教育教学大纲对内容的规定和生理学学科发展特点,将内容划分为主、次及拓展内容,分别用大、小字体及链接表示,每一章节还配有目标检测题,有利于学生及时、有效地进行课后练习,以巩固所学知识,充分体现本教材编写的思想性、科学性、先进性、启发性和适用性,力求使教师和学生牢牢把握中等卫生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,尽可能使生理学基础理论与临床实际联系起来,为后续医学课程的学习奠定基础。

在本教材编写过程中,得到许多生理学专家的指导及科学出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。

编 者

2009年10月

目 录

第1章 绪论	(1)
第1节 人体生理学的研究对象和任务	(1)
第2节 生命的基本特征	(2)
第3节 人体与环境	(3)
第4节 人体生理功能的调节	(4)
第2章 细胞的基本功能	(7)
第1节 细胞膜的基本功能	(7)
第2节 细胞的生物电现象	(9)
第3节 肌细胞的收缩功能	(12)
第3章 血液	(17)
第1节 血液的组成和理化特征	(17)
第2节 血浆	(18)
第3节 血细胞	(19)
第4节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(22)
第5节 血量、血型与输血	(25)
第4章 血液循环	(29)
第1节 心泵血功能	(29)
第2节 心肌的生物电现象	(34)
第3节 心肌的生理特性	(36)
第4节 血管生理	(41)
第5节 心血管活动的调节	(49)
第6节 器官循环	(55)
第5章 呼吸	(59)
第1节 肺通气	(59)
第2节 气体交换	(63)
第3节 气体在血液中的运输	(64)
第4节 呼吸运动的调节	(65)
第6章 消化与吸收	(69)
第1节 口腔内消化	(69)
第2节 胃内消化	(70)
第3节 小肠内消化	(72)
第4节 大肠的功能	(74)
第5节 吸收	(75)
第6节 消化器官功能活动的调节	(77)
第7章 能量代谢和体温	(80)
第1节 能量代谢	(80)
第2节 体温	(82)
第8章 尿的生成和排出	(87)
第1节 肾脏的结构和血液循环	(87)
第2节 尿的生成过程	(89)

第3节 尿生成的调节	(97)
第4节 尿液及其排放	(100)
第9章 感觉器官生理	(104)
第1节 感受器的一般生理	(104)
第2节 视觉器官的功能	(105)
第3节 位、听觉器官的功能	(108)
第10章 神经系统生理	(111)
第1节 神经元活动的一般规律	(111)
第2节 神经系统的感觉功能	(116)
第3节 神经系统对躯体运动的调节	(119)
第4节 神经系统对内脏功能的调节	(125)
第5节 脑的高级功能	(130)
第11章 内分泌生理	(135)
第1节 概述	(135)
第2节 下丘脑和垂体	(138)
第3节 甲状腺和甲状旁腺的内分泌	(143)
第4节 肾上腺的内分泌	(148)
第5节 胰岛的内分泌	(151)
第12章 生殖	(156)
第1节 男性生殖	(156)
第2节 女性生殖	(157)
第3节 妊娠和哺乳	(158)
实验指导	(161)
实验1 坐骨神经-腓肠肌标本的制备	(161)
实验2 刺激与反应	(162)
实验3 反射弧的分析	(163)
实验4 红细胞脆性试验	(164)
实验5 血液凝固和影响血液凝固的因素	(164)
实验6 红细胞沉降率试验	(165)
实验7 ABO血型鉴定	(166)
实验8 正常人体心音听取	(166)
实验9 正常人体心电图的描记	(167)
实验10 正常人体动脉血压测量	(168)
实验11 哺乳动物动脉血压调节	(169)
实验12 呼吸运动的调节	(171)
实验13 肺通气功能的测定试验	(172)
实验14 正常人体体温的测量	(172)
实验15 影响尿生成的因素	(173)
实验16 视野的检测	(174)
实验17 视力的检测	(175)
实验18 瞳孔对光反射	(175)
实验19 色觉的检查	(176)
实验20 声音的传导途径	(176)
参考文献	(178)
生理学教学大纲	(179)
目标检测选择题参考答案	(184)

学习目标

1. 掌握人体生理学、内环境和稳态的概念
2. 掌握兴奋性、阈值的概念及两者之间的关系
3. 了解生理学的研究对象、任务、研究水平
4. 掌握正、负反馈的概念及其生理意义
5. 理解神经调节、体液调节、自身调节的特点及意义

第1节 人体生理学的研究对象和任务

一、生理学的研究对象

生理学是生物科学的一个分支,是研究生物体生命活动规律的科学。生理学可根据其研究范畴不同,分为微生物生理学、植物生理学、动物生理学和人体生理学。本书主要讨论人体生理学的内容。人体生理学的任务是研究人体各个系统、器官和细胞的正常活动过程、功能表现及其机制,研究细胞、器官、系统之间的相互联系和相互作用,从而掌握各种生理变化的规律。

二、生理学与医学的关系

生理学的产生和发展与医学发展有密切联系。在医疗实践中,通过对人体的观察,积累了许多关于人体生理功能的知识,并且通过对人体和动物实验分析研究,进一步深入探索这些生理功能的内在机制和相互联系,逐渐形成关于人体和动物功能的系统性理论科学。人体生理学是研究正常人体生命活动规律的科学,人们只有在了解了正常人体各种生命活动及其机制的基础上,才能识别异常的生命活动,进而才能去认识、探索疾病的发生发展及防治规律,从而指导临床实践。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的研究和发展。因此,生理学是一门重要的医学基础理论科学。

三、生理学研究的不同水平

生理学是一门实验生物科学。生理学真正成为一门实验性科学是从17世纪开始的。1628年,英国医生 William Harvey 所著的《心与血的运动》一书的出版,是历史上第一次出现有明确实验证据的生理学著作,标志着近代生理学的开始。

英国科学家哈维

哈维(Harvey William, 1578~1657),出生于英国的一个富裕的农民家庭。他19岁毕业于英国的剑桥大学,之后到意大利留学,5年后成为医学博士。哈维在不同的动物解剖中得出了这样一个结论:血液由心脏这个“泵”压出来,从动脉血管流出来,流向身体各处,然后,再从静脉血管中流回去,回到心脏。他把这一发现写成了《关于动物心脏与血液运动的解剖研究》(中译名称《心与血的运动》)一书,出版于1628年。这个划时代著作的出版标志着近代生理学的诞生。哈维也因为他的出色的心血管系统的研究(以及他的动物生殖的研究),使得他成为与哥白尼、伽利略、牛顿等人齐名的科学革命的巨匠。

链接

人体的基本结构单位是细胞。许多不同的细胞构成不同的器官,许多功能相关的器官构成系统。各器官、系统相互联系、密切配合共同构成了一个完整统一的整体。生理学的研究可在细胞、器官和系统、整体三个水平上进行。

(一) 细胞和分子水平的研究

人体的最基本结构和功能单位是细胞,各器官的功能都与组成该器官的细胞的生理特性有密切关系。而细胞的生理特性又决定于构成细胞的各种物质成分及其物理化学特性,尤其是生物大分子的物理化学特性。该水平以细胞及其所含的物质分子为研究对象,例如对心脏功能的研究需要在肌细胞和生物大分子的水平上研究。

(二) 器官和系统水平的研究

以器官系统为研究对象,这方面的研究着重于阐明器官和系统的功能,以及它们的活动规律和机制,例如对于心脏各部分如何协调活动,心脏如何射血,心血管活动如何进行调节等的研究就属于器官系统水平的研究。对于临床的医务工作者来说,对各种疾病的认识,也是以器官系统的生理功能知识为基础的。

(三) 整体水平的研究

以完整机体为研究对象,着重于阐明各器官系统的相互联系和相互影响,以及机体与环境之间的相互联系和相互影响。例如,研究运动时人体整体发生的变化,以及各种生理功能的协调及其规律。

生理功能虽然以细胞和分子特性为基础,并服从于物理、化学的规律,但生理学毕竟不同于物理学和化学,它既有细胞和分子水平的研究和科学规律,还有器官系统和整体水平的研究和科学规律。因此,要全面的理解某一生理功能的机制,必须从细胞分子、器官系统和整体三个水平进行研究。

第②节 生命的基本特征

生命物质和非生命物质的本质区别是什么呢?怎样才能判断一个物体是否有生命呢?科学家通过广泛深入的研究,发现了生物体具有三个基本特征,分别是:新陈代谢、兴奋性、生殖。

一、新 陈 代 谢

机体与环境之间的物质交换和能量转换

的自我更新过程,称为新陈代谢。它包括同化作用(合成代谢)和异化作用(分解代谢)。同化作用是指机体不断从外界环境中摄取营养物质来合成自身成分,并储存能量的过程;异化作用是指机体不断分解自身成分,释放能量供生命活动的需要,并把分解产物排出体外的过程。物质的合成和分解,称为物质代谢;伴随物质代谢而产生的能量的释放、转移、储存和利用,称为能量代谢。新陈代谢过程中,物质代谢和能量代谢是同时进行,密不可分的。

新陈代谢是生命的基本特征,机体在新陈代谢的基础上进行一切功能活动,新陈代谢一旦停止,生命活动也随之停止。

二、兴 奋 性

兴奋性是指机体接受刺激后发生反应的能力或特性。它是在新陈代谢的基础上产生的,也是生命的一个基本特征。在机体的各种组织中,神经、肌肉、腺体的兴奋性最高,在生理学中,这些组织被称为“可兴奋组织”。由于它们反应迅速,易于观察,常被用于生理实验中。

(一) 刺激和反应

作用于机体的环境条件变化,称为刺激。刺激的种类很多,按其性质可分为:①物理性刺激:如声、光、电流、射线、机械、温度等;②化学性刺激:如酸、碱、离子、药物等;③生物性刺激:如细菌、病毒等;④社会心理性刺激:如社会的变革、战争、下岗等。生理学实验中常用电刺激,这是因为电刺激使用方便,容易定量控制,不易损伤组织,可重复使用。

反应是指机体接受刺激后,所出现的生理功能的改变,例如肌肉的收缩、腺体的分泌、神经传导等。虽然反应的表现形式多种多样,但从本质上来看,反应只有两种基本形式,即兴奋和抑制。兴奋是指机体接受刺激后,由相对静止状态变为活动状态,或由弱活动变为强活动。例如肾上腺素作用于心脏,使心跳加强加快;乙酰胆碱作用于消化道,使消化道运动增强等。抑制是指机体接受刺激后,由活动状态变为相对静止状态,或由强活动变为弱活动。例如阿托品作用于消化道,使消化道运动减





弱;吸入过多的二氧化碳可致呼吸暂停等。兴奋和抑制互为前提,对立统一,可随条件改变而互相转化。虽然人体的正常功能十分复杂,但都是兴奋和抑制两种基本过程相互消长的结果。例如,刺激心交感神经,心跳就会加快;刺激心迷走神经,心跳就会减慢。

刺激引起反应的条件

作为刺激,要引起机体产生反应,必须具备三个条件:①刺激强度:刺激必须达到一定强度,才能引起组织产生反应;②刺激作用时间:刺激必须持续一定时间,才能引起组织产生反应;③刺激强度变化率:单位时间内刺激强度增减的量称为强度变化率。强度变化率越大,刺激作用越强;反之,则刺激作用就越弱。因此在临床治疗的过程中,护士给患者进行肌内注射或皮下注射时,为了尽量减少患者的疼痛,要遵循进针快、出针快、推液慢的“两快一慢”的原则。

链接

(二) 衡量兴奋性的指标——阈值

刺激必须达到一定的强度,才能引起机体组织反应。通常把能引起组织发生反应的最小刺激强度称为阈强度,简称阈值。对于刺激而言,强度等于阈值的刺激,称为阈刺激;强度大于阈值的刺激,称为阈上刺激;强度小于阈值的刺激,称为阈下刺激。阈刺激和阈上刺激可以引起机体组织发生反应,阈下刺激不能引起机体组织发生反应。阈值的大小与组织兴奋性的高低呈反变关系,即阈值越小,组织兴奋性越高,对刺激的反应越灵敏;阈值越大,组织兴奋性越低,对刺激的反应越迟钝。因此,阈值可以作为衡量组织兴奋性高低的客观指标。

生物体接受外界有效刺激后,可以发生反应,具有兴奋性;非生物体接受外界有效刺激后,不会发生反应,不具有兴奋性。可见,兴奋性是生命的基本特征之一。

三、生 殖

生物体生长发育到一定阶段后,能产生与自己相似的子代个体,这种功能称之为生殖。生物体的寿命是有限的,通过生殖时种族得以

延续。非生命物体不存在生殖现象,因此生殖也是生命的一个基本特征。

第3节 人体与环境

人体的一切生命活动都是在一定的环境中进行的。人体所依赖的环境有内环境和外环境之分。

一、外 环 境

对于人类来说,外环境包括自然环境和社会环境。它们对人体的各种功能活动都具有重要意义。例如,气温、气压、光照等许多理化因素不断地变化,从而引起人体产生相应的适应性反应。但是,人体对自然环境变化的适应能力是有限的。森林的过度砍伐、大气的污染、臭氧层的空洞、生态平衡的失调等将严重的威胁着人类的健康和生存。社会环境是影响人体功能的另一个重要因素,社会环境包括社会因素和心理因素,故常称为社会心理因素。严重威胁人类健康的一些疾病,如心血管疾病、恶性肿瘤、消化道溃疡、内分泌疾病等都与社会心理因素有关。因此,人们研究影响人类健康问题,已不再局限于生物、物理、化学因素,现代医学已经突破了生物医学模式,向着生物-心理-社会医学模式转变。

二、内环境和稳态

人体的基本的结构和功能单位是细胞,其中绝大部分细胞不与外界自然环境直接接触而是生活在细胞外液中,细胞外液是体液的一部分。体液是体内液体的总称,在成人约占体重的60%。体液可分为两大部分:存在于细胞内的称为细胞内液,约占2/3;存在于细胞外的称为细胞外液,约占1/3,包括组织液、血浆、淋巴液和脑脊液等。在细胞外液中,约1/4是血浆,其余3/4是组织液和少量的其他液体。在细胞内液和细胞外液之间隔有细胞膜;在组织液与血浆或淋巴液之间隔有毛细血管壁或毛细淋巴管壁。由于细胞膜、毛细血管壁和毛



细淋巴管壁均有一定的通透性,因而各部分体液既彼此隔开,又相互沟通。人体摄入的营养物质必须通过细胞外液才能进入细胞;细胞的代谢产物也要通过细胞外液才能排出体外。因此,细胞外液是细胞直接生存的体内环境,称为内环境。

正常机体中,内环境的理化特性(温度、渗透压、酸碱度、离子浓度等)保持相对稳定的状态,称为稳态。当然,稳态并不是指机体内环境的理化特性固定不变,而是保持相对稳定,是一种动态平衡。机体新陈代谢的各个过程都是酶促反应,酶促反应要求理化条件必须保持在一定的条件下才能顺利进行,而细胞的新陈代谢以及外环境的变化又经常引起内环境理化性质发生波动,在正常机体内,通过神经和体液因素的调节可以维持内环境的稳态。稳态的维持是非常重要的,它是人体生命活动正常进行的必要条件,如果内环境稳态遭到破坏,就会使机体的新陈代谢紊乱,并导致疾病。

三、人体对环境的适应

人体能随外部环境的改变来调整内部生理功能的生理特性,称为人体对环境的适应。例如,人体可以随着气候的变化来改变衣着的颜色、厚薄;人从光亮处进入暗处,起初眼前漆黑一片,经过一段时间,即可看到物体,这是人对暗光的适应。人体的适应能力远远高于其他动物。例如热带动物无法在寒带生存,而人却可以从赤道迁居南极。

第4节 人体生理功能的调节

人体能随着内外环境的改变,不断调整自身的功能状态,以取得与环境的协调统一。人体之所以能与环境协调统一,主要是通过机体的功能调节来实现的。

一、人体生理功能的调节方式

(一) 神经调节

通过神经系统的活动对机体功能进行的调节方式,称为神经调节。神经调节的基本方

式是反射。反射是指在中枢神经系统的参与下,人体对刺激所产生的规律性反应,如瞳孔对光发射、膝跳反射等。反射的结构基础是反射弧,反射弧由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经、效应器五个环节组成(图1-1)。每种反射,都有一定的反射弧,反射活动的完成,有赖于反射弧的完整性,反射弧中任一个环节损伤,反射活动都会消失。

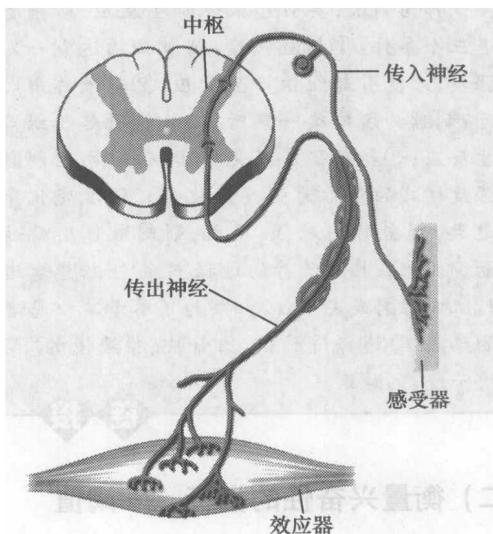


图1-1 反射弧组成示意图

反射活动的种类很多,根据反射形成过程及其条件的不同,可分为非条件反射和条件反射两大类。非条件反射是与生俱来的、先天遗传的反射。如吮吸反射、食物入口所引起的唾液分泌反射等。这类反射的共同点是数量有限,有固定的反射弧,是人体的基本反射。条件反射是在非条件反射的基础上,经过多次训练才建立的反射。如人们在看到或谈论酸梅时引起的唾液分泌反射就是条件反射。条件反射的特点是数量无限,反射弧不稳定,长期不用就消失,使机体更具有预见性、主动性(详见第9章)。

神经调节的特点是反应迅速,作用精确,持续时间短暂,是人体功能调节中最重要的调节方式。

(二) 体液调节

体液中的化学物质通过体液途径对人体生理功能进行的调节称为体液调节。参与体液调节的化学物质主要是激素和局部代谢产物。其中,激素主要通过血液循环运送至远隔

器官,影响多种器官的活动,称为全身性体液调节;局部代谢产物,如二氧化碳、乳酸、腺苷等,借助细胞外液扩散至邻近组织,调节其功能活动,称为局部性体液调节。

体液调节的特点是反应缓慢,作用广泛而持久,对调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等生理过程具有重要意义。

在完整机体内,大多数内分泌腺或内分泌细胞受神经系统的支配,所以神经调节和体液调节并不是截然分开的。体液调节实际上是神经调节的一个环节,是反射传出通路的延伸。这种以神经为主导,有体液参加的复合调节方式成为神经-体液调节(图1-2)。

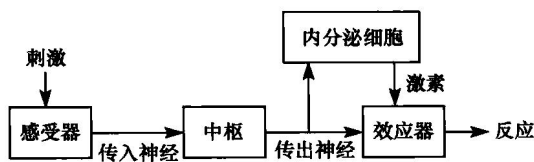


图 1-2 神经-体液调节示意图

(三) 自身调节

组织、细胞在不依赖神经和体液调节的情况下,自身对刺激所作出的适应性反应。例如,当动脉血压在一定范围内波动时,肾血管通过自身的舒缩来改变血流阻力,使肾血流保持相对稳定。自身调节的特点是调节幅度小,是一种简单、局限的调节方式,但对于生理功能的调节仍有一定的意义。

二、人体功能调节的反馈作用

人体生理功能的调节类似于工程技术中的控制过程,因此解释生理功能的调节习惯使用工程技术中的控制论术语。控制系统主要由控制部分和受控制部分两个环节组成。在人体内,控制部分相当于反射中枢或内分泌腺,受控部分相当于效应器或靶器官、靶细胞。在人体的生理功能中,控制部分发出指令管理受控部分的同时,受控部分又反过来影响控制部分的活动。这种受控部分反过来调节控制部分的过程,称为反馈。

反馈又分为负反馈和正反馈两种类型(图1-3)。负反馈是指受控部分使控制部分作用减弱的反馈,在机体功能调节中最为常见,其意义

是维持机体生理功能保持相对稳定,是维持稳态的重要途径。例如,人体进行剧烈运动时,体温随之升高,体温调节中枢接受信息后来调整产热和散热,使产热减少,散热增加,从而使升高的体温回降,恢复到正常水平。正反馈是指受控部分使控制部分作用增强的反馈。如血液凝固、排尿反射和分娩等,在人体内正反馈和负反馈相比是比较少见的,其意义是促使某种生理功能一旦发动起来就迅速加强加快直至全部完成,是不可逆的过程。

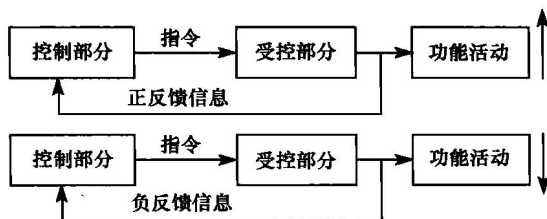


图 1-3 正反馈和负反馈示意图

反馈作用反映了人体功能活动调节的自动化。通过反馈作用使机体对刺激的反应能足量、及时、适度的达到某种生理需要的状态,从而能更完美的适应内、外环境的变化。

小 结

人体生理学是研究人体生命活动规律的科学。生命的基本特征是新陈代谢、兴奋性和生殖。其中,机体接受刺激后发生反应的能力或特性就是兴奋性。能反映兴奋性高低的指标是阈值,所谓阈值就是能引起机体组织发生反应的最小刺激强度。由于细胞外液是细胞直接生存的体内环境,所以称为内环境。内环境的理化特性保持相对稳定,称为内环境稳态。人体生理功能的调节方式有三种,分别是神经调节、体液调节和自身调节,其中,神经调节是最主要的调节方式。反馈是指受控部分反过来调节控制部分的过程,有正反馈和负反馈两种。在机体功能调节中最为常见的是负反馈,它是维持稳态的重要途径。

目 标 检 测

一、名词解释

1. 兴奋性
2. 阈值
3. 内环境
4. 稳态

二、填空题

1. 生命的基本特征是 _____、_____ 和 _____。

2. 人体生理功能的调节方式有_____、_____、_____三种,其中最为重要的是_____。
3. 衡量组织兴奋性高低的指标是_____。

三、选择题

[A 型题]

1. 神经调节的基本方式是
 - A. 反应
 - B. 反馈
 - C. 反射
 - D. 负反馈
 - E. 正反馈
2. 下列属于负反馈的是
 - A. 体温调节
 - B. 分娩
 - C. 血液凝固
 - D. 排尿反射
 - E. 排便反射

3. 维持稳态最重要的途径是

- A. 正反馈
- B. 自身调节
- C. 体液调节
- D. 负反馈
- E. 神经调节

4. 体液调节的特点是

- A. 准确
- B. 迅速
- C. 广泛
- D. 短暂
- E. 局限

四、简答题

正负反馈的概念和生理意义各是什么?

(郭俊萍 张 峻)

第2章

细胞的基本功能

学习目标

1. 掌握细胞膜物质转运的形式和特点
2. 掌握静息电位、动作电位、阈电位和兴奋-收缩耦联的概念
3. 理解静息电位、动作电位的产生原理
4. 了解骨骼肌的收缩机制
5. 理解神经-肌接头处兴奋传递过程

案例

患者,男,18岁,近来感到四肢无力,尤其是进食大量淀粉类食物后更明显,同时伴有烦躁不安、心慌、肢体酸痛、便秘。查体:四肢肌张力低,腱反射减弱。实验室检查:血钠 135mmol/L(正常值 135~145mmol/L),血钾 3mmol/L(正常值 3.5~5.5mmol/L),心电图显示低血钾改变。补钾后症状缓解。

问题:

1. 为什么低血钾会引起四肢无力?
2. 为什么进食大量淀粉类食物后四肢无力会更明显?

分析提示:

低血钾时,细胞内外 K^+ 浓度差增大,使静息电位数值增大,静息电位与阈电位的差距也随之增大,造成神经肌肉兴奋性降低,进而影响了肌肉的收缩,从而表现为肌无力。进食大量淀粉类食物后,糖原合成增加,使钾向细胞内转移,机体更缺钾,因此症状进一步加重。

细胞是人体的基本结构和功能单位,体内所有的生理功能都是在细胞及其产物的基础上进行的。因此了解细胞的基本功能有助于深入了解器官、系统及人体的生理功能。细胞的功能很多,本章只讨论细胞膜的生理功能、细胞的生物电现象和肌细胞的收缩功能。

第1节 细胞膜的基本功能

细胞膜是细胞的屏障,它把细胞内容物和

细胞的周围环境分隔开来,使细胞成为一个相对独立的单位。细胞膜是生物半透膜,细胞内外的物质交换都要通过细胞膜。另外,细胞内外的信号转导也要通过细胞膜。

细胞膜的基本结构现在公认的是液态镶嵌模型(图 2-1)。细胞膜以脂质双分子层为基架,其中镶嵌着具有不同生理功能的蛋白质。

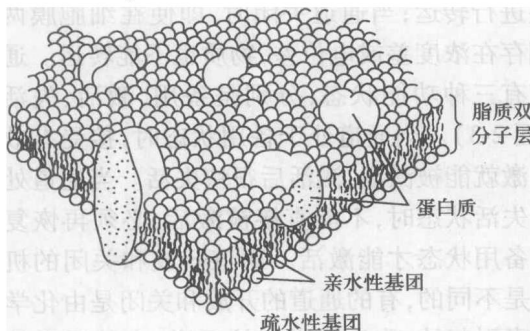


图 2-1 细胞膜的液态镶嵌模型

细胞的新陈代谢和它们的许多生理功能都与细胞膜的物质转运功能有关,进出细胞膜的物质种类很多,有脂溶性的和水溶性的,有大分子和小分子的,有带电的和不带电的。这些不同的物质出入细胞膜主要是通过以下四种方式,现介绍如下。

一、细胞膜的物质转运功能

(一) 单纯扩散

脂溶性小分子物质从高浓度一侧向低浓度一侧的跨膜转运过程,称为单纯扩散。这是一种简单的物理扩散,扩散的方向和速度取决于该物质在膜两侧的浓度差和膜对物质的通透性,扩散的结果是物质在膜两侧的浓度差消失。单纯扩散过程中,物质在膜两侧转运的动力是浓度差,不消耗能量,属于被动转运。在人体内,以单纯扩散的方式出入细胞膜的物质

最常见的是 O_2 和 CO_2 (图 2-2)。

(二) 易化扩散

水溶性或脂溶性小的小分子物质在膜蛋白的帮助下,顺浓度差的跨膜转运,称为易化扩散。易化扩散过程中,物质的转运方向也是由高浓度一侧向低浓度一侧,是顺浓度差转

运,所以不消耗能量,也属于被动转运,但必须借助膜蛋白质帮助。根据所依赖的膜蛋白质不同,把易化扩散分为通道转运和载体转运两种类型。

1. 通道转运 是在镶嵌于细胞膜上的通道蛋白的帮助下完成的。例如, Na^+ 、 K^+ 等离子主要通过这种方式进出细胞膜(图 2-2)。

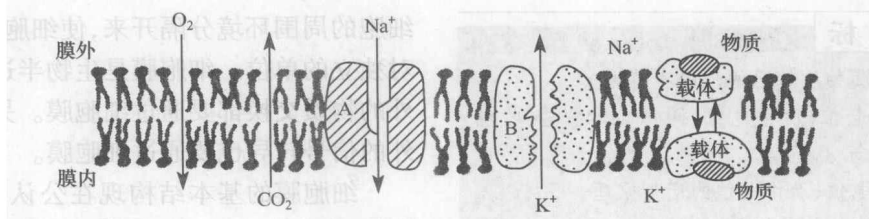


图 2-2 被动转运方式示意图

当通道蛋白开放时,物质顺浓度差或电位差进行转运;当通道关闭时,即使在细胞膜两侧存在浓度差或电位差,物质也不能转运。通道有三种功能状态,分别是备用、激活、失活(图 2-3)。当通道处于备用状态时,接受有效刺激就能被激活,激活后很快失活。当通道处于失活状态时,不能直接被激活,必须再恢复到备用状态才能激活。通道开放和关闭的机制是不同的,有的通道的开放和关闭是由化学因素引起的,称为化学门控通道;有的通道的开放和关闭是由细胞膜两侧的电位差变化引起的,称为电压门控通道;有的通道的开放和关闭是由机械刺激引起的,称为机械门控通道。

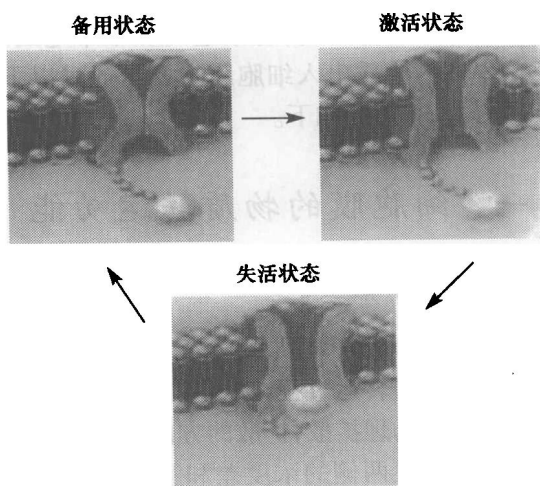


图 2-3 通道的状态

一侧与被转运的物质结合,从而使载体蛋白分子构型发生改变,将物质转运到低浓度一侧,然后与物质分离。如葡萄糖、氨基酸就是以这种方式进入细胞的。

载体转运具有以下特点:①特异性:一种载体只能转运一种物质或某些特定物质;②竞争性抑制:如果一种载体可以同时转运两种物质,增加其中一种物质的浓度,该载体对另一种物质的转运就会减少;③饱和现象:指膜两侧浓度差增加到一定程度后,载体转运物质的量不会再随着浓度差的增加而增加。

(三) 主动转运

小分子物质在膜蛋白的帮助下,逆浓度差或逆电位差的跨膜转运,称为主动转运。主动转运过程中,物质的转运方向是由低浓度一侧向高浓度一侧,所以要消耗能量。它是通过细胞膜上的特殊蛋白的活动来实现的,习惯上把这种膜蛋白称之为生物泵。生物泵的种类很多,常以它们转运的物质而命名。例如,钠-钾泵、钙泵、氢泵等。在各种生物泵中,钠-钾泵的作用最重要,分布最为广泛,对它的研究也最清楚。

钠-钾泵(图 2-4)通常简称为钠泵,是细胞膜上最重要的一种生物泵。它的化学本质是 $Na^+ - K^+$ 依赖式 ATP 酶,当细胞内 Na^+ 浓度升高或细胞外 K^+ 浓度升高时,钠泵即被激活,分解 ATP,释放能量。释放的能量用于把 Na^+ 由细胞内转运至细胞外,同时把 K^+ 由细胞外转运至细胞内。每分解一分子 ATP 可以

2. 载体转运 是在镶嵌于细胞膜上的载体蛋白的帮助下完成的。载体蛋白在高浓度

同时将三个 Na^+ 转运至细胞外和两个 K^+ 转运至细胞内。钠泵的活动具有重要的生理意义,它维持了细胞内外 Na^+ 、 K^+ 的浓度差,形成了

细胞内高钾和细胞外高钠的不均衡分布,是细胞生物电的产生的基础。

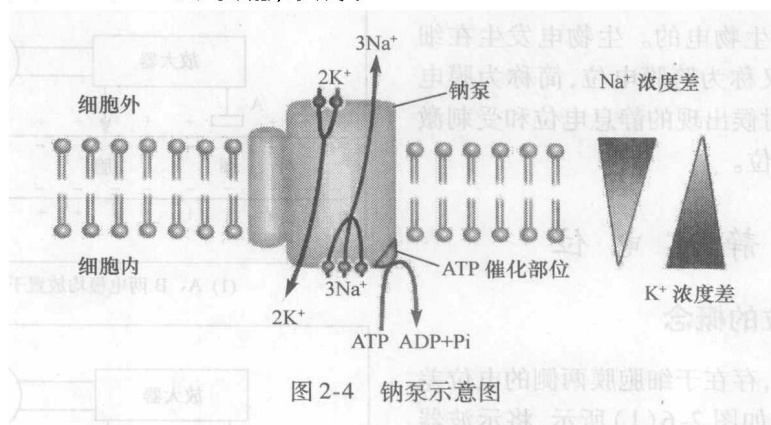


图 2-4 钠泵示意图

(四) 胞吞和胞吐

大分子物质或物质团块进出细胞的过程是通过胞吞和胞吐作用(图 2-5)来实现的,这些过程中需要消耗能量。

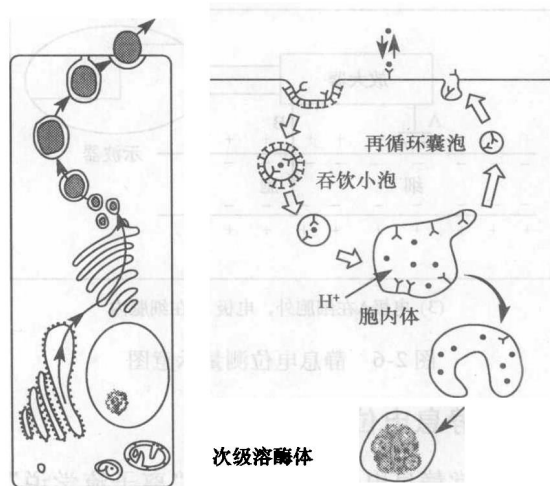


图 2-5 胞吞和胞吐示意图

1. 胞吞 大分子物质或物质团块进入细胞的过程,称为胞吞作用。胞吞过程首先是胞外物质与膜接触,引起接触部分膜凹陷并逐渐被膜包裹,然后与膜离断将物质移入细胞内。如果是固体物质进入细胞内,称为吞噬;如果是液体物质进入细胞内,称为吞饮。

2. 胞吐 大分子物质或物质团块排出细胞的过程,称为胞吐作用,主要见于细胞的分泌活动,如内分泌细胞分泌激素、神经末梢释放递质等。大分子物质在细胞内形成后,被膜性结构包裹形成囊泡,囊泡向细胞膜移动,与

细胞膜融合,进而在融合处破裂,囊泡内的物质就被排出细胞。

二、细胞膜的跨膜信号转导功能

人体是由大量的细胞组成的有机整体,它要实现自身复杂的功能,又要适应环境的各种变化,细胞之间必须有完善的信息联系,即具有信号转导功能。能在细胞间传递信号的物质称为信号分子,如神经递质、激素等。许多研究表明,外界的信号分子并没有进入细胞内,但却能引起细胞内发生一系列生理生化反应。其中原因就是信号分子与细胞膜上的受体结合而发挥作用。

受体是能与某些化学物质特异性结合而产生一定生理效应的蛋白质。受体根据其存在部位分为膜受体和细胞内受体,而细胞内受体又可分为胞浆受体和核受体两种。但一般说的受体是指膜受体。

受体有两个基本功能:①能识别和结合体液中的特殊化学物质,从而保持细胞对特殊化学物质的高度敏感性和不受其他化学物质的干扰,使信息传递精确、可靠;②能转发化学信息,激活细胞内许多酶系统产生生理效应。

第2节 细胞的生物电现象

自然界中广泛存在着电现象,生物体也不例外,生物体所产生的电现象就是生物电现象。

象。目前,人们对生物电现象已经有了充分的认识,并把它应用于临床实践中,如临床上用于诊断的心电图、脑电图、肌电图等都是记录人体相应器官的生物电的。生物电发生在细胞膜的两侧,故又称为跨膜电位,简称为膜电位,它包括安静时候出现的静息电位和受刺激后出现的动作电位。

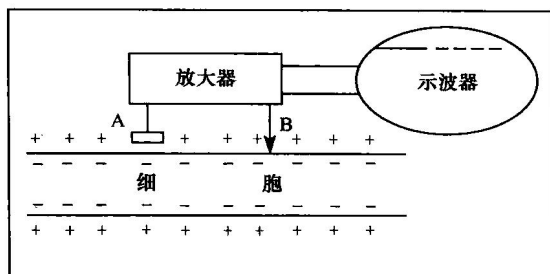
一、静息电位

(一) 静息电位的概念

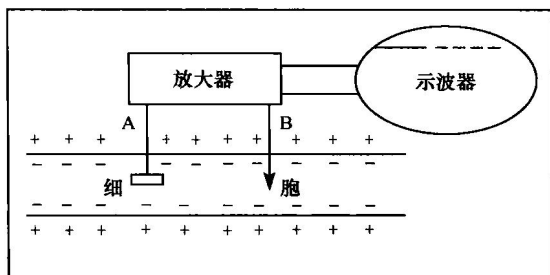
细胞安静时,存在于细胞膜两侧的电位差称为静息电位。如图 2-6(1) 所示,将示波器的两个电极均置于安静状态下细胞膜的外表面的任意两点时,示波器屏幕上的光点在零电位线上横向扫描,表示细胞膜外表面任意两点之间电压相等,不存在电位差。如图 2-6(2) 所示,将示波器的两个电极均置于安静状态下细胞膜内任意两点时,示波器屏幕上的光点仍在零电位线上横向扫描,表示细胞膜内任意两点之间电压相等,不存在电位差。如图 2-6(3) 所示,将示波器的一个电极置于细胞膜外表面任意一点,另一个电极置于细胞膜内任意一点时,示波器屏幕上的光点迅速从零电位线下降到一定水平继续作横向扫描。表示在细胞膜内外两侧存在着电位差,且膜外电位高,带正电荷,膜内电位低,带负电荷,即“内正外负”,这个电位差就是静息电位。如果规定膜外电位为零,那么膜内电位就是负电位。

大多数细胞的静息电位都在 $-100 \sim -50\text{mV}$ 之间,同类细胞的静息电位较恒定。其中哺乳动物神经细胞和肌细胞的静息电位是 $-90 \sim -70\text{mV}$;平滑肌细胞的静息电位是 $-60 \sim -50\text{mV}$ 。总体来看,静息电位是一负值,而且细胞膜两侧电位差是静息电位时,细胞膜两侧的电荷分布是内负外正。习惯上把细胞安静状态下所保持的膜外带正电、膜外带负电的状态,称为极化。极化和静息电位都是细胞处于静息状态的标志。如果静息电位值减小,例如从 -90mV 变为 -60mV ,称为去极化;如果静息电位值增大,例如从 -90mV 变为 -110mV ,称为超极化;细胞在去极化的基础上,膜内电位向极化方向恢复,称为复极化。从生物电来看,细胞的兴奋和抑制都是以极化

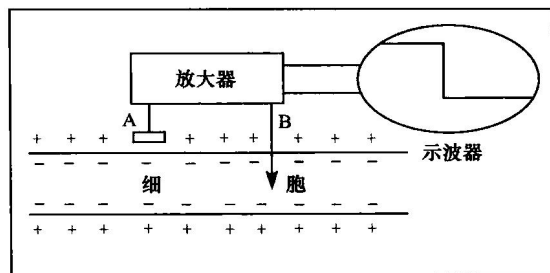
为基础,细胞去极化时表现为兴奋,超极化时表现为抑制。



(1) A、B 两电极均放置于细胞外



(2) A、B 两电极均放置于细胞内



(3) 电极 A 在细胞外, 电极 B 在细胞内

图 2-6 静息电位测量示意图

(二) 静息电位的产生原理

通常静息电位的产生是用“离子流学说”来解释。该学说认为,静息电位的产生条件是:①细胞膜内外离子浓度分布不均,存在浓度差;②安静时细胞膜对各种离子的通透性不同。如表 2-1 所示,安静时,虽然细胞内外 Na^+ 、 Cl^- 、 A^- (有机负离子) 存在浓度差,但细胞膜对它们通透性小,有的甚至没有通透性,所以这些离子的扩散很少;而 K^+ 则不同,细胞内 K^+ 是细胞外 K^+ 39 倍,而且细胞膜对 K^+ 通透性大,因此细胞静息时, K^+ 顺浓度差外流,同时必然有正电荷的向外转移,膜内的 A^- 不能通过细胞膜而留在细胞内,形成了膜内为负、膜外为正的跨膜电位差。随着 K^+ 的外流,膜内外 K^+ 的浓度差逐渐减小,即使使 K^+ 外流的化学驱动力减小;同时膜内外内负