



轻松学习系列丛书

PHYSIOLOGY MADE EASY

轻松学习 生理学 (第2版)

宋德懋 主编

PHYSIOLOGY

PHYSIOLOGY

轻松课堂 名师名校精编笔记
轻松链接 重点内容强化记忆
轻松应用 考试考研轻松应对



北京大学医学出版社

轻松学习系列丛书

轻松学习生理学

Physiology Made Easy

(第2版)

主 编 宋德懋

副主编 庞 炜

编 委 (以姓氏笔画排序)

孙 湛 (新疆医科大学)

李 茵 (北京大学医学部)

李 烁 (北京大学医学部)

李肖霞 (北京大学医学部)

宋德懋 (北京大学医学部)

张冬梅 (大连医科大学)

陈 然 (温州医科大学)

范为王 (大连医科大学)

庞 炜 (北京大学医学部)

姚伟娟 (北京大学医学部)

耿 彬 (北京大学医学部)

郭 玲 (北京大学医学部)

康继宏 (北京大学医学部)

北京大学医学出版社

QINGSONG XUEXI SHENGLIXUE

图书在版编目(CIP)数据

轻松学习生理学/宋德懋主编.—2版.—北京:
北京大学医学出版社,2014.6
ISBN 978-7-5659-0812-5

I. ①轻… II. ①宋… III. ①生理学—医学院校—教材 IV. ①Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 056776 号

轻松学习生理学(第2版)

主 编:宋德懋

出版发行:北京大学医学出版社(电话:010-82802230)

地 址:(100191)北京市海淀区学院路38号—北京大学医学部院内

网 址:<http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷:北京东方圣雅印刷有限公司

经 销:新华书店

责任编辑:高瑾 黄越 责任校对:金彤文 责任印制:张京生

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:342千字

版 次:2014年6月第2版 2014年6月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5659-0812-5

定 价:29.00元

版权所有,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

出版说明

如何把枯燥的医学知识变得轻松易学?

如何把厚厚的课本变得条理清晰、轻松易记?

如何抓住重点,轻松应试?

“轻松学习系列丛书(第1版)”自2009年出版以来,获得了良好的市场反响。为进一步使其与新版教材相契合,我们启动了第2版的改版工作。“轻松学习系列丛书(第2版)”与卫生部第8版规划教材和教育部“十二五”规划教材配套,并在前一版已有科目基础上进一步扩增了《轻松学习局部解剖学》《轻松学习药理学》《轻松学习医学细胞生物学》《轻松学习医学微生物学》《轻松学习遗传学》《轻松学习内科学》和《轻松学习诊断学》分册。形式上仍然沿用轻松课堂、轻松链接、轻松记忆、轻松应试等版块,把枯燥的医学知识以轻松学习的方式表现出来。

“轻松课堂”以教师的教案和多媒体课件为依据,把教材重点归纳总结为笔记形式,并配以生动的图片,节省了上课做笔记的时间,学生可以更加专心地听讲。

“轻松记忆”是教师根据多年授课经验归纳的记忆口诀,可以帮助学生记忆知识的重点、难点。

“轻松应试”包括名词解释、选择题和问答题等考试题型,可以让学生自我检测对教材内容的掌握程度。

本套丛书编写者均为北京大学医学部及其他医学院校的资深骨干教师,他们有着丰富的教学经验。丛书的内容简明扼要、框架清晰,可以帮助医学生轻松掌握医学的精髓和重点内容,并在考试中取得好成绩。

前 言

生理学是一门研究生物体功能活动规律的科学，也是医学培养中非常重要的一门基础课程，在整个医学教育中有非常重要的地位。学好生理学可以为今后学习药理学、病理生理学等基础课程以及其他一系列后续的临床课程奠定良好的基础，对于本科生、研究生和临床医生都非常重要。为了帮助各类医学生深入理解和掌握生理学的知识，我们以朱大年教授主编的《生理学（第8版）》为基础，对其涉及的知识进行了归纳总结，希望学生能够更加容易地理解每个章节的内容，抓住学习重点。并且通过习题练习更好地巩固所学的内容，做好考前准备，顺利通过各级生理学考试及含有生理学知识的各类考试。

本书在上一版的基础上根据近年形势进行了修订和更新。涵盖了生理学教材十一章的全部内容，每章包括“轻松课堂”和“轻松应试”两个大的部分，并在书后附有两套生理学的模拟考卷。其中，“轻松课堂”部分根据每章的内容以图表和归纳图的方式进行了总结；“轻松应试”则以各类考试中常见的选择题（包括A型题、B型题和X型题）、名词解释和问答题形式呈现。为了方便读者使用，我们在后面添加了参考答案，以便查询。

由于我们的编著时间及经验水平有限，虽已有第1版使用的检验以及各位编委的努力，本书亦难免存在不足和错误，请大家批评指正。

宋德懋

2014年4月21日

于北京大学医学部

目 录

第一章 绪论	1	轻松课堂	78
轻松课堂	1	第一节 概述	78
第一节 生理学的任务和研究方法 ...	1	第二节 口腔内消化和吞咽	80
第二节 机体的内环境和稳态	2	第三节 胃内消化	81
第三节 机体生理功能的调节	3	第四节 小肠内消化	84
轻松应试	4	第五节 肝的消化作用和其他生理功能	87
第二章 细胞的基本功能	8		87
轻松课堂	8	第六节 大肠的功能	88
第一节 细胞膜的物质转运功能	8	第七节 吸收	88
第二节 细胞的信号转导	12	轻松应试	89
第三节 细胞的电活动	14	第七章 能量代谢与体温	102
第四节 肌细胞的收缩	18	轻松课堂	102
轻松应试	22	第一节 能量代谢	102
第三章 血液	28	第二节 体温及其调节	105
轻松课堂	28	轻松应试	108
第一节 血液生理概述	28	第八章 尿的生成和排出	112
第二节 血细胞生理	29	轻松课堂	112
第三节 生理性止血	32	第一节 肾的功能解剖和肾血流量 ...	112
第四节 血型和输血原则	36	第二节 肾小球的滤过功能	115
轻松应试	38	第三节 肾小管和集合管的物质转运	117
第四章 血液循环	41	功能	117
轻松课堂	41	第四节 尿液的浓缩与稀释	120
第一节 心脏的泵血功能	41	第五节 尿生成的调节	121
第二节 心脏的电生理学及生理特性 ...	44	第六节 清除率	123
第三节 血管生理	48	第七节 尿的排放	124
第四节 心血管活动的调节	51	轻松应试	125
第五节 器官循环	55	第九章 神经系统的功能	131
轻松应试	55	轻松课堂	131
第五章 呼吸	63	第一节 神经系统功能活动的基本原理	131
轻松课堂	63	第二节 神经系统的感觉功能	139
第一节 肺通气	63	第三节 神经系统对躯体运动的调控	151
第二节 肺换气 and 组织换气	67	第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	154
第三节 气体在血液中的运输	68	第五节 脑电活动以及睡眠与觉醒 ...	156
第四节 呼吸运动的调节	70		
轻松应试	72		
第六章 消化和吸收	78		

第六节 脑的高级功能.....	156	第七节 组织激素和功能器官内分泌.....	182
轻松应试.....	158	轻松应试.....	183
第十章 内分泌.....	170	第十一章 生殖.....	193
轻松课堂.....	170	轻松课堂.....	193
第一节 内分泌与激素.....	170	第一节 男性生殖功能和调节.....	193
第二节 下丘脑、垂体和松果体内分泌.....	172	第二节 女性生殖功能和调节.....	194
第三节 甲状腺内分泌.....	173	第三节 妊娠和分娩.....	196
第四节 甲状旁腺、维生素 D 与甲状腺 C 细胞内分泌.....	176	第四节 性生理学.....	196
第五节 胰岛内分泌.....	178	轻松应试.....	197
第六节 肾上腺内分泌.....	179	模拟试题(一).....	201
		模拟试题(二).....	205

第一章 绪 论

轻松课堂

第一节 生理学的任务和研究方法

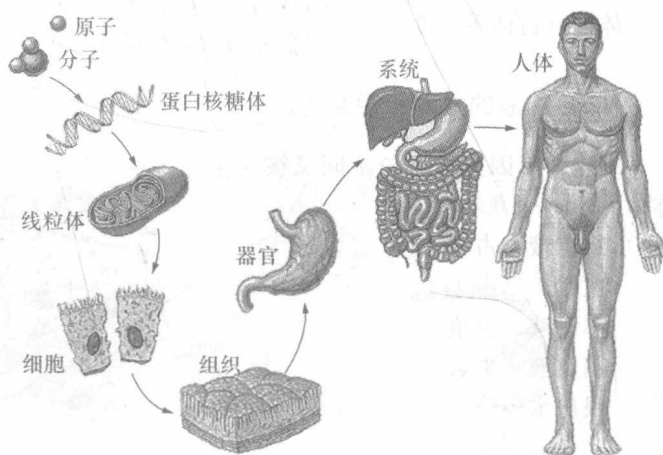
一、生理学及其任务

人体生理学是研究人体正常生命功能活动规律的一门实验性学科。

研究对象：一切正常生命的活动

研究任务：

1. 有生命机体如何产生活动
2. 活动的规律
3. 内、外环境的变化对它的影响
4. 神经系统、内分泌系统对其活动的调节



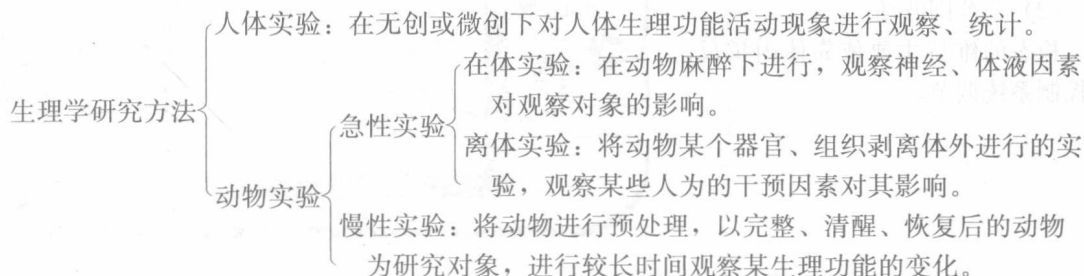
二、生理学和医学的关系

在现代医学课程体系中，人体生理学是一门重要的基础医学理论课程。它以人体解剖学、组织学为基础，同时又是药理学、病理学、病理生理学等后续课程和临床各课程的基础，起着承上启下的作用。

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动物实验研究。

生理学实验是在人工创造的一定条件下，对生命现象进行客观观察和分析，以获取生理学知识的一种研究手段。



四、生理学研究的不同水平

- 整体水平——环境生理学、高原生理学；整合生理学
- 器官和系统水平——器官生理学
- 细胞和分子水平——普通生理学、细胞和分子生理学；生理基因组学、功能基因组学

第二节 机体的内环境和稳态

一、机体的内环境

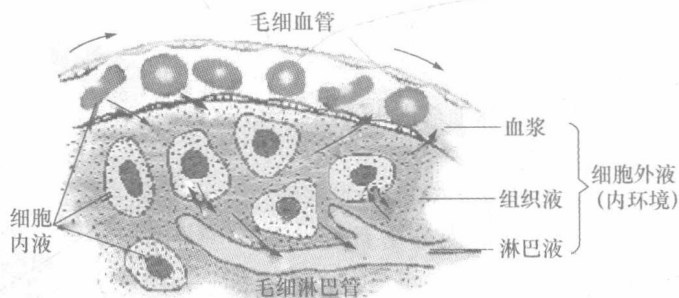
(一) 体液及其组成

体液 (占体重的 60%) { 细胞内液 (占体液 2/3) 是细胞内物质代谢、生化反应的场所。
细胞外液 (占体液 1/3) 是细胞直接生存的环境, 也称内环境。

(二) 体液的分隔和相互沟通

细胞外液因分布部位不同又被称为:

- 组织液 占 3/4
- 血浆 占 1/4
- 淋巴液 少量
- 脑脊液 少量
- 眼房水……



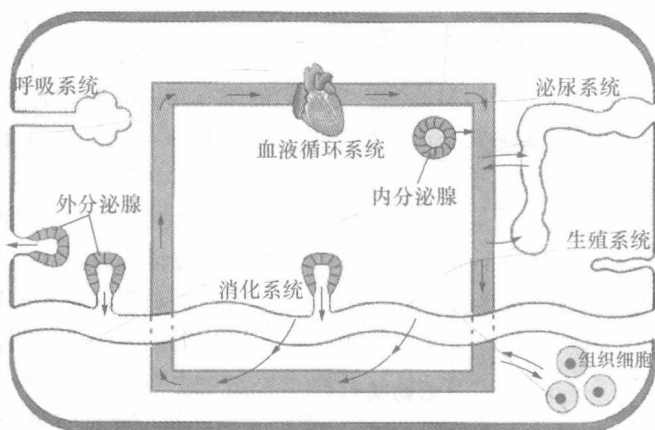
二、内环境的稳态

1. 内环境 是细胞直接接触和赖以生存的环境, 即细胞外液。内环境的相对稳定是机体能自由和独立生存的首要条件。
2. 稳态 又称自稳态, 是指内环境的理化性质的相对恒定状态。

相对恒定包括两方面:

- (1) 动态的平衡
- (2) 小范围波动

稳态的维持主要依靠体内负反馈控制系统调节。



第三节 机体生理功能的调节

一、生理功能的调节方式

(一) 神经调节

定义：通过反射而影响生理功能的一种调节方式，是生理功能调节中的重要方式。

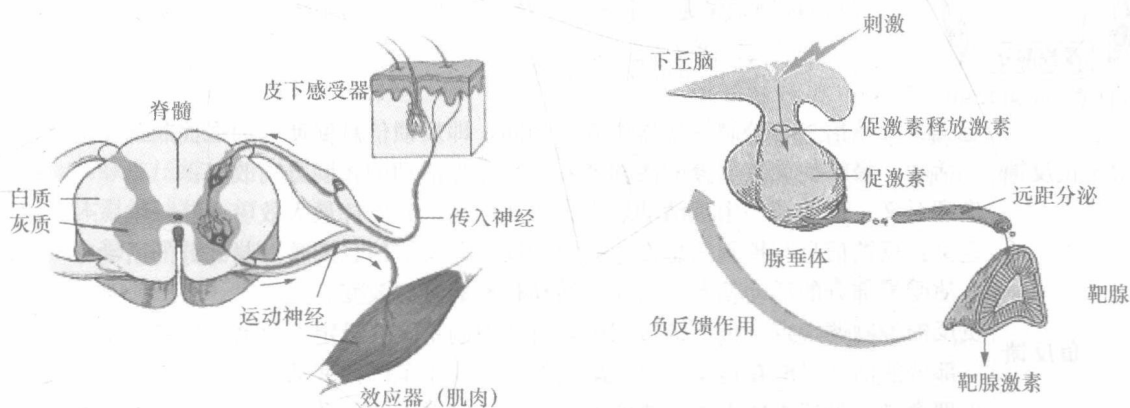
反射：机体在中枢神经系统的参与下，对内、外环境刺激所作出的规律性应答。

反射弧：反射的结构基础，包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个部位。

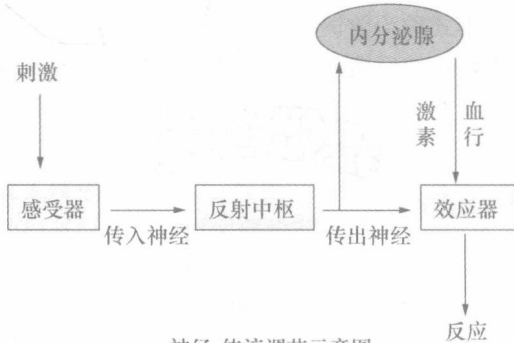
(二) 体液调节

定义：体内某些特殊的化学物质通过体液途径而影响生理功能的一种调节方式。

分泌调节方式：远距分泌（运输）、旁分泌、神经分泌。



人体内多数内分泌腺或内分泌细胞接受神经的支配，在这种情况下，内分泌腺或内分泌细胞便成为神经调节反射弧的传出部分，再分泌活性化学物质入体液循环，调节机体功能活动，被称为神经-体液调节。它更具有迅速、精确、广泛、持久的双重优势。



神经-体液调节示意图

(三) 自身调节

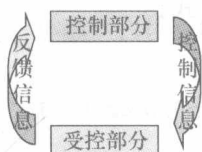
定义：组织细胞不依赖于神经或体液因素调节，自身对环境刺激发生的一种适应性反应。例如：肾动脉灌注压在全身血压 80~180mmHg 范围波动时，肾血流量基本可保持恒定状态。

比较神经调节、体液调节、自身调节方式

	神经调节	体液调节	自身调节
结构基础	神经反射弧	体液循环	不依赖于其他
调节形式	反射活动	激素与靶的作用	自身局部
调节特点	迅速、精确、短暂	缓慢、广泛、持久	局限、幅度小
常见调节举例	呼吸的牵张反射 动脉血压压力感受性调节	下丘脑-腺垂体-甲状腺的 分泌调节	肾血流调节

二、体内的控制系统

(一) 反馈控制系统



定义：由受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动，称为反馈。

方式：分为正反馈和负反馈两种形式。

反馈控制系统是一个闭环系统，具有自动控制能力。

(二) 正反馈和负反馈

正反馈 定义：反馈信息与控制信息作用效应相同，即反馈信息促使与加强控制部分的活动，最终使受控部分的活动朝着与它原先活动的相同方向改变。

生理意义：促使某一生理活动过程很快达到高潮并发挥最大效应。

负反馈 定义：反馈信息与控制信息作用效应相反，即反馈信息调整控制部分的活动，使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变。

负反馈控制调定点：负反馈过程中，自动控制系统会设定一启动工作点，受控部分的活动只能在这个设定点附近的一个狭小范围内变动。

生理意义：维持机体生理功能的稳态。通过其系统的闭合回路的信息多次往返调整，使机体调节达到比较精确的程度。

(三) 前馈控制系统

定义：控制部分在反馈信息尚未到达前已受到纠正信息（前馈信息）的影响，及时纠正其指令可能出现的偏差的自动控制形式称为前馈。

生理意义：前馈具有预见性，较反馈前置，使机体反应有更大的适应性。

轻松应战

一、名词解释

1. 内环境
2. 稳态
3. 体液调节
4. 自身调节
5. 负反馈

二、选择题

【A型题】

1. 机体的内环境是指
 - A. 体液
 - B. 细胞内液
 - C. 细胞外液
 - D. 血浆
 - E. 组织间液
2. 维持内环境稳态的重要调节方式是
 - A. 负反馈调节
 - B. 自身调节
 - C. 正反馈调节
 - D. 体液性调节
 - E. 前馈调节
3. 下列情况中,属于自身调节的是
 - A. 人在过度通气后呼吸暂停
 - B. 动脉血压维持相对恒定
 - C. 体温维持相对恒定
 - D. 血糖水平维持相对恒定
 - E. 平均血压在一定范围内升降时,肾血流量维持相对恒定
4. 破坏反射弧中的任何一个环节,下列哪一种调节将不能进行
 - A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 自身调节
 - D. 旁分泌调节

- E. 自分泌调节
5. 属于负反馈调节的过程见于
 - A. 排尿反射
 - B. 减压反射
 - C. 分娩过程
 - D. 血液凝固
 - E. 排便反射

【B型题】

(1~2题共用备选答案)

- A. 神经调节
- B. 体液调节
- C. 自身调节
- D. 神经-体液调节
1. 当平均动脉压在 60~140mmHg 波动时,维持脑血流量恒定的调节属于
2. 交感-肾上腺髓质系统兴奋引起血压升高的调节属于

【X型题】

1. 下列现象中,哪些存在正反馈
 - A. 肺牵张反射
 - B. 排尿反射
 - C. 神经纤维膜上达到阈电位时 Na^+ 通道的开放
 - D. 血液凝固过程

三、问答题

1. 内环境的稳态有何生理意义?
2. 举例说明体液调节的过程和主要特点。
3. 可以从哪些水平研究人体生理学?
4. 人体功能活动的自动控制原理是如何实现的?

参考答案

一、名词解释

1. 生理学中将围绕在多细胞动物体内细胞周围的体液细胞直接生存的环境,即细胞外液,称为机体的内环境。

2. 内环境理化性质相对恒定的状态。
3. 指体内某些特殊的化学物质通过体液途径而影响生理功能的一种调节方式。
4. 指组织细胞不依赖于神经或体液因素,自身对环境刺激发生的一种适应性反应。
5. 反馈信息与控制信息作用效应相反,即反馈信息调整控制部分的活动,使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变。

二、选择题

【A型题】

1. C 2. A 3. E 4. A 5. B

【B型题】

1. C 2. D

【X型题】

1. BCD

三、问答题

1. 内环境是机体细胞直接生存的环境。内环境的稳态是指内环境理化性质保持相对恒定。稳态是一种复杂的、由体内各种调节机制调节多个器官系统的活动所维持的动态平衡。内环境稳态所起的作用是为机体细胞提供适宜的理化条件,因而细胞的各种酶促反应和生理功能才能正常进行;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终产物。

2. 体液调节主要调节与代谢、生长、发育和生殖有关的功能活动。可有全身性体液调节和局部性体液调节两类:全身性体液调节主要是通过有内分泌功能的细胞分泌激素,经血液循环运送到靶器官或靶细胞对其进行调节的。例如寒冷时,甲状腺激素由甲状腺分泌入血,通过血液循环运送到全身的细胞,使它们的代谢增强,产热增多。局部性体液调节是指组织细胞产生的一些化学物质,在局部组织液内扩散,改变附近组织细胞的功能状态。例如组织细胞的酸性代谢产物 CO_2 、乳酸等增多时,可引起局部后微动脉和毛细血管前括约肌舒张,导致真毛细血管开放,使过多的代谢产物被血流带走,此后微动脉和毛细血管括约肌又收缩,使真毛细血管关闭,如此周而复始,使局部血流量与该组织代谢水平相适应。与神经调节相比,体液调节的潜伏期长,反应缓慢、作用持续时间长,并且作用广泛。

3. 主要分为三个水平:

(1) 整体水平:例如研究人们在安静、劳动和运动时,或处于高空、高原、潜水等条件下,人体功能活动的特征和变化,以及人体与环境的关系,各功能系统之间的相互关系等,都是人体生理学研究的主要着眼点。

(2) 器官水平:主要是研究各器官的功能及其调节的器官生理学。

(3) 细胞和分子水平:深入到细胞各亚微结构的功能和细胞内生物分子的各种物理化学变化,可阐明生命活动的基本规律以及阐明器官、组织功能活动的原理。这一水平的研究称为细胞与分子生理学。

这三方面对于阐明生物体生命活动的规律都是不可少的。

4. 按照控制论的原理,人体的功能调节系统可以视为“自动控制系统”。它是一个闭合回路,即在控制部分与受控部分之间存在着双向的信息联系。控制部分发出控制信息到达受控部分,而受控部分也不断有反馈信息返回到控制部分,从而不断地纠正和调整控制部分对受控部

分的控制信息，以达到精确调控的目的。人体各种功能调节系统中的神经、体液和自身调节部分（如反射中枢、内分泌腺等）可以视为控制部分，而各种效应器、靶器官和靶细胞则是受控部分，所产生的效应变量是输出变量。受控部分返回控制部分的输出变量信息称为反馈信息，它在纠正和调整控制部分对受控部分的信息中起着重要作用，从而达到人体功能活动的自动控制。

（郭 玲 宋德懋）

第二章 细胞的基本功能

轻松课堂

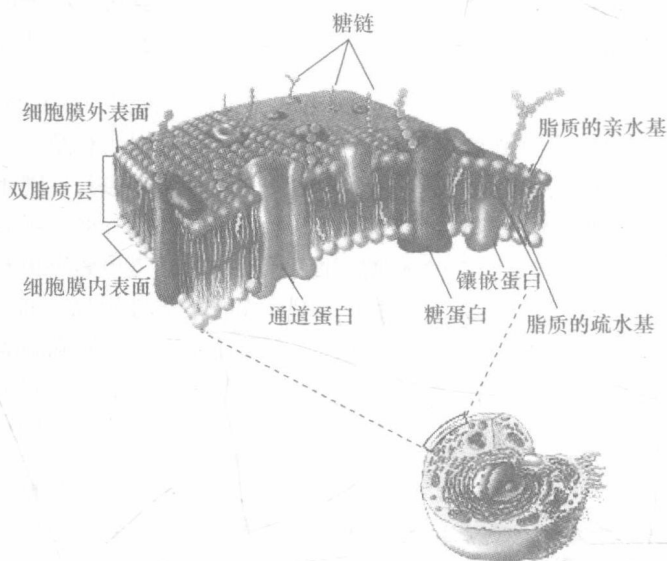
第一节 细胞膜的物质转运功能

一、细胞膜的分子结构

1. 细胞膜也称质膜，与细胞器膜组成相同。

(1) 组成：脂质、蛋白质和少量糖类。

(2) 结构：液态镶嵌模型。



轻松提示 细胞膜的基本结构是脂质双分子层，其间镶嵌着多种结构、功能不同的蛋白质。
功能活跃的细胞膜蛋白含量高。

2. 脂质双分子层



亲水的头端

疏水的尾端

(1) 组成：磷脂（占 70% 以上）、胆固醇（约 30%）、糖脂（约占 10%）都是双嗜性分子，包括亲水端与疏水端。如磷脂头端磷酸和碱基构成亲水端，磷脂中脂肪酸烃链构成疏水端。

(2) 结构：脂质双分子层中的脂质构成不对称。

轻松提示 磷脂中磷脂酰胆碱含量最多，大部分分布在膜的外层。

3. 细胞膜的蛋白

细胞膜蛋白 { 表面蛋白：占 20%~30%，主要附着在膜内表面。
整合蛋白：占 70%~80% { 载体蛋白
通道蛋白
离子泵
G 蛋白耦联受体

4. 细胞膜的糖类

(1) 组成：寡糖和多糖链。

(2) 存在形式：以共价键的形式与膜蛋白或膜脂质结合。

二、跨细胞膜的物质转运

(一) 单纯扩散

定义：从质膜的高浓度一侧通过脂质分子间隙向低浓度一侧的跨膜扩散。

(1) 物理现象，脂溶性物质和少数分子量很小的水溶性物质从高浓度向低浓度转运，不耗能。

(2) 扩散量取决于：浓度差，分子量，通透性。

(3) 举例： CO_2 、 O_2 及尿素等。

(二) 膜蛋白介导的跨膜转运

小分子物质转运 { 被动转运：物质顺浓度梯度或电位梯度转运，不耗能。
主动转运：物质逆浓度梯度或电位梯度转运，消耗能量。

介导转运的膜蛋白 { 通道蛋白：经通道易化扩散，属于被动转运。
载体蛋白 { 经载体易化扩散，属于被动转运。
主动转运 { 原发性主动转运
继发性主动转运

1. 易化扩散

定义：在膜蛋白的帮助（或介导）下，非脂溶性的小分子或带电离子顺浓度梯度和（或）电位梯度进行的跨膜转运。

经通道易化扩散：不耗能，属于被动转运。

(1) 离子通道特性：离子选择性和门控特性。

(2) 离子通道分类 { 电压门控通道：受膜电位调控。
化学门控通道：也称配体门控通道，受膜内外化学物质调控。
机械门控通道：受机械刺激调控。

(3) 举例：钠通道、钾通道、钙通道等。

经载体易化扩散：不耗能，属于被动转运。

(1) 特点：特异性，饱和现象，竞争性抑制。

(2) 分类：同向转运体：转运的物质向同一方向运动，如钠葡萄糖同向转运体。

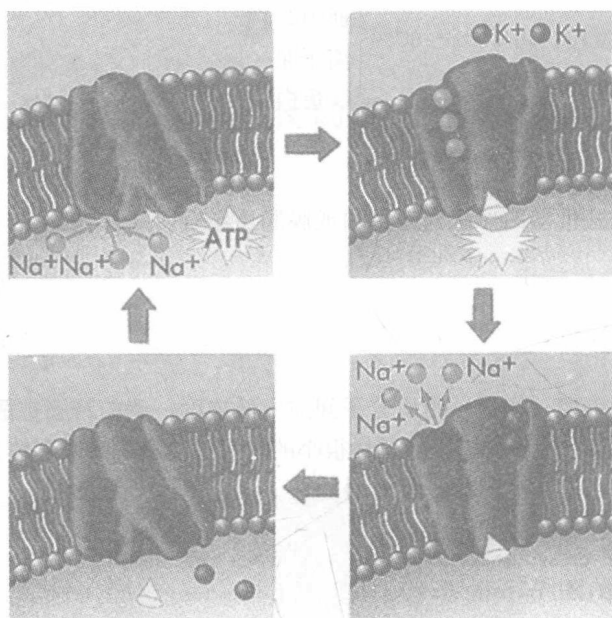
反向转运体：转运的物质彼此向相反方向运动，如钠氢交换体。

(1) 原发性主动转运:

1) 特点: 逆浓度差、电位差从低向高进行转运, 耗能。

2) 举例: 钠-钾泵 ($\text{Na}^+, \text{K}^+ - \text{ATP 酶}$): 消耗一分子的 ATP, 3 个 Na^+ 泵出, 2 个 K^+ 泵进。

3) 钠-钾泵转运的机制: $\text{Na}^+, \text{K}^+ - \text{ATP 酶磷酸化} \rightarrow \text{构象改变} \rightarrow \text{K}^+$ 亲和力大, Na^+ 亲和力小 $\rightarrow$ 胞外 K^+ 结合, 胞外 Na^+ 释放。而脱磷酸化则作用相反。



- ①形成胞内高 K^+ ，为许多代谢反应所必需
- ②维持胞内渗透压和细胞容积
- ③建立 Na^+ 跨膜浓度梯度是细胞发生电活动的基础
- ④钠泵的生电活动可以使膜内负值增大
- ⑤钠泵活动建立的钠跨膜浓度梯度可为继发性主动转运提供势能储备

定义：间接利用 ATP 能量的主动转运过程称为继发性主动转运。

①是经载体易化扩散与原发性主动转运相耦联的主动转运系统。

②转运动力来自钠泵活动建立的钠离子浓度梯度。

③继发性主动转运也称联合转运,可分为同向转运和反向转运。

举例：氨基酸和葡萄糖在肠上皮及肾小管上皮细胞的吸收。

(三) 膜泡运输

大分子物质转运 { 出胞：大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。
入胞 { 吞噬
吞饮 { 液相入胞
受体介导入胞