



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国普通高等教育中医药类精编教材

生理学

第2版

SHENGLIXUE

(供中医类、中西医结合等专业用)

主 编 张志雄

副主编 王德山 于远望 杨午鸣

苗维纳 赵铁建

上海科学技术出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国普通高等教育中医药类精编教材

生理学

(第2版)

(供中医类、中西医结合等专业用)

主 编

张志雄

副主编

王德山 于远望

杨午鸣 苗维纳

赵铁建

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/张志雄主编. —2 版. —上海:上海科学技术出版社,2011.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 全国普通高等教育中医药类精编教材

ISBN 978-7-5478-0831-3

I. ①生... II. ①张... III. ①人体生理学—医学院—教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 090431 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21

字数:400 千字

2006 年 8 月第 1 版

2011 年 8 月第 2 版 2011 年 8 月第 9 次印刷

ISBN 978-7-5478-0831-3/R·251

定价:30.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的研究内容和任务	1
一、生理学的研究对象与任务	1
二、生理学的研究方法与内容	1
第二节 生命活动的基本特征	3
一、新陈代谢	3
二、兴奋性	3
三、适应性	3
四、生殖	4
第三节 机体功能的调节	4
一、机体功能的调节方式	4
二、机体功能活动的控制原理	5
第二章 细胞的基本功能	8
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	8
一、细胞膜的基本结构	8
二、细胞膜的物质转运功能	10
第二节 细胞的跨膜信号转导	14
一、G 蛋白偶联受体介导的信号转导	15
二、酶偶联受体介导的信号转导	16
三、离子通道受体介导的信号转导	17
第三节 细胞的生物电现象	18
一、细胞的生物电现象及其记录方法	18
二、静息电位及其产生原理	19
三、动作电位及其产生原理	21
四、组织的兴奋和兴奋性	24

第四节 骨骼肌细胞的收缩功能	26
一、骨骼肌细胞的微细结构	26
二、骨骼肌的兴奋-收缩偶联	28
三、骨骼肌的收缩机制	28
四、骨骼肌的收缩形式与影响收缩效能的因素	30

第三章 血液

第一节 概述	33
一、内环境与稳态	33
二、血液的组成及血量	34
三、血液的理化特性	37
四、血液的功能	37
第二节 血细胞生理	38
一、红细胞	38
二、白细胞	41
三、血小板	44
第三节 血液凝固和纤维蛋白溶解	46
一、血液凝固	46
二、纤维蛋白溶解	50
第四节 血型与输血	51
一、血型与红细胞凝集	51
二、红细胞血型	52
三、输血原则	54

第四章 血液循环

第一节 心肌的生物电现象和生理特性	56
一、心肌细胞的生物电现象	57
二、心肌的生理特性	60
三、心电图	65
第二节 心脏的泵血功能	67
一、心动周期与心率	67
二、心脏泵血过程及其机制	68
三、心脏泵血功能的评价	69
四、心脏泵血功能的调节及其影响因素	70
五、心脏泵功能的贮备	72

六、心音和心音图	72
第三节 血管生理	73
一、各类血管的结构及功能特点	73
二、血流量、血流阻力、血压及其相互关系	73
三、动脉血压和动脉脉搏	76
四、静脉血压和静脉回心血量	78
五、微循环	80
六、组织液的生成和回流	82
七、淋巴液的生成与回流	83
第四节 心血管活动的调节	84
一、神经调节	84
二、体液调节	88
三、自身调节	90
第五节 器官循环	91
一、冠脉循环	91
二、肺循环	92
三、脑循环	93
第五章 呼吸	95
第一节 肺通气	96
一、呼吸道的结构特征和功能	96
二、肺泡的结构与功能	97
三、肺通气原理	98
四、肺容积和肺容量	102
五、肺通气量	104
第二节 呼吸气体的交换	105
一、气体交换原理	105
二、气体在肺的交换	106
三、气体在组织的交换	108
第三节 气体在血液中的运输	108
一、氧和二氧化碳在血液中的存在形式	108
二、氧的运输	109
三、二氧化碳的运输	112
第四节 呼吸运动的调节	114
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	114

二、呼吸的机械反射性调节	116
三、呼吸的化学感受性调节	117
四、防御性呼吸反射	120

第六章 消化和吸收

第一节 概述	121
一、消化道平滑肌的生理特性	121
二、胃肠的神经支配及其作用	123
三、消化腺的分泌功能	124
四、消化道的内分泌功能	124
第二节 口腔内消化	126
一、唾液的分泌	126
二、咀嚼与吞咽	127
第三节 胃内消化	128
一、胃液的分泌	128
二、胃的运动及其控制	132
第四节 小肠内消化	134
一、胰液的分泌	134
二、胆汁的分泌与排出	136
三、小肠液的分泌	137
四、小肠的运动	138
第五节 大肠内消化	139
一、大肠液的分泌及肠内细菌的作用	140
二、大肠的运动和排便	140
第六节 吸收	141
一、概述	141
二、主要营养物质的吸收	143

第七章 能量代谢和体温

第一节 能量代谢	146
一、机体能量的来源和转化	146
二、能量代谢的测定	148
三、影响能量代谢的主要因素	150
四、基础代谢	151
第二节 体温及其调节	152

一、人体正常体温及其生理变动	152
二、机体的产热与散热	154
三、体温调节	157

第八章 尿液的生成与排出

第一节 肾脏的结构和血液循环特点	159
一、肾脏的结构特点	159
二、肾脏的血液循环特点	161
三、肾血流量的调节	162
第二节 尿液生成的过程	162
一、肾小球的滤过	163
二、肾小管和集合管的重吸收	166
三、肾小管和集合管的分泌	171
第三节 尿液生成的调节	172
一、肾内自身调节	172
二、体液调节	173
三、神经调节	176
第四节 尿液的浓缩与稀释	176
一、尿液浓缩与稀释的过程	176
二、肾髓质渗透梯度形成的机制	177
第五节 血浆清除率	180
一、血浆清除率的计算方法	180
二、测定血浆清除率的意义	180
第六节 尿液及其排出	182
一、尿液的成分与理化性质	182
二、尿液的排出	183

第九章 内分泌

第一节 概述	186
一、激素的分类	186
二、激素的特性	187
三、激素作用的机制	188
第二节 下丘脑与垂体	190
一、下丘脑调节肽	191
二、神经垂体激素	192

三、腺垂体激素	193
第三节 甲状腺	197
一、甲状腺激素的合成与代谢	197
二、甲状腺激素的生物学作用	199
三、甲状腺功能的调节	201
第四节 甲状旁腺、甲状腺 C 细胞及维生素 D ₃	202
一、甲状旁腺激素	202
二、降钙素	203
三、维生素 D ₃	204
第五节 肾上腺	205
一、肾上腺皮质激素	205
二、肾上腺髓质激素	208
第六节 胰岛	209
一、胰岛素	209
二、胰高血糖素	211
第七节 其他激素	211
一、前列腺素	211
二、褪黑素	212
三、瘦素	212
第十章 生殖	213
第一节 男性生殖	213
一、睾丸的生精功能	213
二、睾丸的内分泌功能	214
三、睾丸功能的调节	215
四、男性的性反应	216
第二节 女性生殖	216
一、卵巢的生卵功能	216
二、卵巢的内分泌功能	217
三、卵巢功能的调节	218
四、月经周期	219
五、女性的性反应	220
第三节 妊娠与分娩	221
一、受精与着床	221
二、胎盘激素与妊娠的维持	222

三、分娩	223
------------	-----

第十一章 神经系统

第一节 神经系统的基本结构与功能	224
一、神经元	224
二、神经胶质细胞	226
第二节 神经元间的信息传递	227
一、定向化学性突触传递	228
二、非定向突触传递	232
三、电突触	233
四、神经递质与受体	233
第三节 反射中枢活动的基本规律	237
一、反射中枢	237
二、中枢神经元的联系方式	238
三、反射中枢内兴奋传递的特征	239
四、中枢抑制	240
五、中枢易化	242
第四节 神经系统的感觉分析功能	242
一、躯体感觉的传入通路	242
二、丘脑的核团及其感觉投射系统	242
三、大脑皮层的感觉分析功能	244
四、痛觉	246
第五节 神经系统对姿势和运动的调节	248
一、中枢对肌紧张与姿势的调节	249
二、中枢对躯体运动的调节	254
第六节 神经系统对内脏活动的调节	259
一、自主神经系统的结构特征	259
二、自主神经系统的功能与特征	259
三、各级中枢对内脏活动调节	262
第七节 脑的高级功能	264
一、大脑皮层的生物电活动	265
二、觉醒和睡眠	267
三、学习与记忆	268
四、大脑皮层的一侧优势与语言中枢	271

第十二章 感觉器官	273
第一节 概述	273
一、感受器、感觉器官的定义与分类	273
二、感受器的一般生理特性	274
第二节 视觉器官	275
一、眼的折光功能	275
二、视网膜的感光功能	278
三、几种视觉现象	280
第三节 听觉器官	283
一、人耳的听阈和听域	283
二、外耳和中耳的传音功能	284
三、内耳(耳蜗)的功能	285
第四节 前庭器官	288
一、前庭器官的感受装置与适宜刺激	288
二、前庭反应与眼震颤	290
第五节 嗅觉与味觉	291
一、嗅觉	291
二、味觉	291
附录 生理学常用术语中英文对照表	292
参考文献	316

第一章

绪 论

导学

1. 掌握：兴奋性；机体功能调节方式；负反馈。
2. 熟悉：生理学研究的三个水平；正反馈。
3. 了解：凡列入教学内容，除掌握、熟悉的，其余均为了解。

第一节 生理学的研究内容和任务

一、 生理学的研究对象与任务

生理学(physiology)是以生物机体的生命活动现象和机体功能为研究对象的一门科学,是生物科学的一个重要分支。按研究的对象不同,可分为动物生理学、植物生理学等。**人体生理学**(human physiology)是研究正常人体生命活动及其规律的科学。本书所说的生理学即指人体生理学。

生理学既是以解剖学和组织胚胎学为基础,又是后续学习病理生理、药理学和临床科学的基础,所以它是一门承前启后的重要医学基础课程之一。生理学的任务是研究机体各部分正常的生命现象、功能活动规律及其产生机制、内外环境变化对机体功能活动的影响以及机体对功能活动的调节。中医院校的医学生掌握必要的生理学知识,可为学习其他基础医学和进行科学研究奠定基础,为中西医临床实践提供重要的客观诊治依据和检测标准,为研究中医药理论、继承和发扬中医药学、加速中医药现代化奠定基础。

二、 生理学的研究方法 with 内容

(一) 生理学的研究方法

生理学是一门实验性很强的科学。生理学的知识主要是在实验中获得的。根据实验对象的不同,生理学实验分为动物实验与人体观察。一般生理学研究皆以动物实验为主,只有在不影响机体健康的情况下,才允许对人体进行无创伤性实验观察。由于人与动物在进化程度上有很大的差异,而且动物实验是在特定条件下进行的,虽然在动物体上获得的资

料与人体具有某些共性,但不能将实验结果视为人体的规律,更不能将动物实验资料不加区别地用于人体。

传统上,生理学的动物实验方法分为急性和慢性实验两大类。

1. 急性实验 根据实验的目的又可分为离体实验和在体实验两种:① 离体实验是指从活的或是刚被处死的动物体中摘取所要研究的器官、组织或细胞等,放置于人工控制的实验环境中进行观察,分析其功能活动规律及原理的实验。② 在体实验是指用药物先将实验动物麻醉后或破坏脑和脊髓等方法,施行手术暴露所需要进行实验的器官,施加各种因素进行各种预定的观察、记录等。由于急性实验的实验条件易于控制、观察直接、无关因素的影响少,结果易于分析等,所以实验结果比较明确。

2. 慢性实验 通常是在无菌条件下,对动物施行手术,暴露、摘除、破坏、切除或移植某些器官,待手术创伤恢复后,动物在清醒或接近正常生活状态下,观察其功能缺损、功能紊乱表现等,以分析各器官、组织在正常状态下的功能活动规律的实验。例如,应用外科无菌手术制备各种器官的瘘管(胃瘘、肠瘘、唾液腺瘘等),观察各种因素对其分泌的影响;或摘除、破坏某些器官,观察对正常机体功能活动的影响等。慢性实验最大的优点在于实验动物处在清醒状态,各器官间保持了自然关系,其各种功能接近常态。由于此类实验可使实验动物较长时间存活,所以可多次、重复进行预定的同一个指标的观察、分析,所以获得的结果更接近于整体自然状态。但慢性实验方法复杂,影响因素较多。

(二) 生理学的研究内容

人体的各种功能活动是以相应的结构为基础的。在结构上,人体是由器官、系统组成的,器官、系统是由组织细胞构成,细胞又是由生物大分子所构成。所以,对机体功能活动的研究通常是在三个水平——细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平上进行的。

1. 细胞和分子水平 细胞是组成人体最基本的结构与功能单位,组成细胞的基本成分是生物大分子。因此,细胞的生理特性是由构成细胞的细胞器和各种生物大分子的理化特性所决定的。细胞、分子水平的研究,主要任务是研究细胞内各亚微结构的功能和生物大分子的理化变化过程,如腺细胞的分泌、神经细胞的信息传导与传递、肌细胞收缩的分子机制等。细胞、分子水平的研究有助于对器官、系统功能的深入认识以揭示生命活动的本质。

2. 器官和系统水平 主要是研究机体各器官或系统的活动规律、调节机制和内外环境变化的影响等。如心脏的射血,动脉血压的形成和影响因素,神经和体液因素对心血管活动的调节等。就是以心脏、血管及整个循环系统作为研究对象所获得的知识。因此,器官、系统水平的研究有助于进一步认识生命活动的规律。

3. 整体水平 以完整的机体作为研究对象,研究机体内各器官、系统之间功能活动的内在联系与规律,以及内外环境因素变化对整体功能活动的影响等。整体功能活动并非是各个器官、系统功能活动的简单总和,而是机体通过对各器官、系统结构和功能的协调与整合,产生更复杂、更高级、适应能力更强的功能活动。因此,细胞和分子水平上的研究虽然能更深入了解机体活动规律的机制,但整体水平上的研究却比细胞和分子水平上的研究更为复杂。

要想阐明某一种生理功能的机制,必须对细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平的研究结果加以综合分析,才能得出比较全面和整体的认识。

第二节 生命活动的基本特征

各种生物体均能够以各自特点进行多种形式的生命活动,这种活动的基本特征是新陈代谢、兴奋性、适应性与生殖。

一、 新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指机体与环境之间不断地进行物质和能量交换,实现自我更新的过程。它包括物质代谢和能量代谢两个方面,物质代谢又分为合成代谢与分解代谢两种。

在生命活动进行过程中,机体从外界环境中获取营养物质并将之转变成自身的组成物质,同时储存能量;另一方面,机体又不断地将自己原有物质分解为代谢产物并排出体外,同时释放出能量供给机体生命活动的需要。前一过程称为合成代谢或同化作用,后一过程称为分解代谢或异化作用。在新陈代谢过程中,物质的变化与能量的转化是同一活动中的两个方面,两者是紧密联系的。物质的合成代谢是贮存能量的过程,其分解代谢是释放能量的过程。新陈代谢一旦停止,生命也将结束。

二、 兴奋性

各种生物体都在一定的环境中生活,其生活的内外环境在不断地发生变化。活的组织、细胞或有机体能感受这些变化并产生代谢与功能活动相应的改变,以适应环境的变化。活的组织、细胞或有机体对于内外环境变化发生反应的能力或特性,称为**兴奋性**(excitability)。而这种能够引起机体产生反应的内外环境变化,称为刺激。生理学将由刺激引起机体内部代谢过程及外部活动发生相应的改变称为**反应**(reaction)。反应有两种表现形式:一种由相对静止变为活动状态,或由活动较弱变为活动较强的过程,称为**兴奋**(excitation);另一种反应与兴奋相反,在接受刺激后由活动转为静止状态,或由活动较强转为活动较弱的过程,称为**抑制**(inhibition)。对活体组织或细胞进行刺激究竟引起兴奋还是抑制,既取决于刺激的质和量,同时也由组织、细胞的功能状态和特性来决定。

不同组织和细胞的兴奋性是不一样的,在机体中神经细胞、肌细胞和腺细胞的兴奋性最高,因此,在生理学中将此类细胞称为**可兴奋细胞**(excitable cell)。兴奋的表现形式多种多样,如腺细胞的分泌、肌细胞的收缩、神经细胞的神经冲动等。三种可兴奋细胞虽然在兴奋时有不同的外部表现,但是它们在发生兴奋时均有一个共同的变化,即产生可传导的跨膜电位变化——动作电位,故动作电位通常被认为是可兴奋性细胞发生兴奋的标志(详见第二章)。

三、 适应性

适者生存是生物进化过程中的基本规律之一。机体会根据内外环境的变化,调整其体内各部分的功能及相互关系,以保持内环境和机体生理功能的稳定,保持生命活动的正常进行,

机体的这种生命活动特性称为**适应性**(adaptability)。机体的适应性是生物在进化过程中所获得的一种能力和特性。适应又分为行为适应和生理适应两种。

生物体长期生存在某一特定的环境中,在不断变化的环境影响下,能够形成一种与环境相适应的自身生存模式,并随着生物不断进化而增强。人的适应性远高于其他动物,当人体遇到各种突然而强烈的环境变化时,能够迅速产生各种适应性反应,以保护机体免受其损害。但机体的适应性是有一定限度的,如果超过限度,就会产生适应不全,甚至导致病理性损害。

四、生殖

生物体生长发育到一定阶段后,具有产生与自己相似的子代个体的功能称为**生殖**(reproduction)。由于人类及其他高等动物在进化过程中已经分化为雄性与雌性两种个体,两种性别的个体分别分化出了雄性和雌性生殖细胞,通过两性生殖细胞的结合才能产生子代个体。通过个体的生殖功能实现了种族的不断繁衍和生命活动的延续,所以生殖也是生命活动的基本特征。

近年来,随着**克隆**(clone)技术的不断成熟与发展,使人类无性繁殖成为可能。

第三节 机体功能的调节

一、机体功能的调节方式

人体由多个系统、器官、组织和细胞按一定的形式组织起来,并且机体内部各组成部分之间相互协调、密切配合,形成一个有序的整体;作为一个整体,人体又与外界环境相接触,并能对环境变化作出适应性反应。这是由于人体内存在着重要的调节装置,并能对各种生理功能进行有效的调节。

在机体处于不同的生理状态时,或当外界环境发生改变时,体内一些器官、组织的功能活动会发生相应的改变,最后使机体能适应各种不同的生理状态和外界环境的变化,这种过程称为生理功能的**调节**(regulation)。体内具有完整复杂的调节机构,通过调节,各器官、系统的功能活动在空间上和时间上严密地组织起来,相互配合、相互制约,从而达到整体功能活动的协调、统一,这称为**整合作用**(integration action)。整合作用是机体实现各种功能活动,进而适应内外环境变化的主要方式。而整合作用的实现则是通过机体内错综复杂的调节形式完成的。机体的调节方式归纳起来主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

(一) 神经调节

神经调节(nervous regulation)是指通过中枢神经系统的活动,经周围神经纤维对人体功能发挥的调节作用。神经调节的基本方式是**反射**(reflex)。反射是指机体在中枢神经系统参与下,对内外环境变化作出有规律性的适应性反应。反射活动的结构基础称为**反射弧**(reflex arc)。反射弧由5个部分组成:感受器、传入神经、神经中枢(中枢神经系统)、传出神经和效应器。机体有各种各样的感受器,每一种感受器能够感受体内外环境的某种特定的变化,并将这

种变化转变成一定的神经信号,通过传入神经纤维传至相应的神经中枢,中枢对传入信号进行分析,并作出反应,通过传出神经纤维改变相应的效应器官的活动,即完成一次反射活动。反射分为非条件反射与条件反射两类(详见第十一章)。

神经调节在维持正常生命活动中起着非常重要的作用,所以,在以后各章的学习中,都会具体叙述到神经系统对机体某种功能的调节过程。这里以动脉压力感受性反射为例予以说明,在生理情况下动脉血压是保持相对稳定的,当某种原因使动脉血压升高时,分布在动脉壁上的压力感受器就能感受这种血压的变化,并将血压的变化转变为一定的神经冲动,后者通过传入神经纤维到达延髓的心血管中枢,中枢对传入的神经信号进行分析,然后通过迷走神经和交感神经发出指令,调节心脏和血管的活动,使动脉血压回降,故这个反射又称降压反射(详见第四章),可见,此反射对血压的稳定起着重要的作用。

神经调节是人体中最重要的调节形式,其特点是:反应迅速、精确,作用短暂而影响范围局限。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内一些细胞产生并分泌特殊的化学物质(如激素等)通过体液到达靶组织,从而影响靶组织生理功能活动的一种调节方式。当内外环境发生变化时,某些内分泌腺或内分泌细胞会释放激素,这种激素通过组织液或血液循环来调节机体的新陈代谢、生长、发育、生殖等功能活动。组织细胞活动时产生的 CO_2 、乳酸等代谢产物也不断地向细胞外排放,这些物质在组织液中扩散,对邻近的组织细胞的功能活动发生影响,使其发生相应的改变。通常将激素通过血液循环到全身各处发挥作用,称为全身性体液调节;而组织、细胞产生的乳酸、组织胺等化学物质及代谢产物经过局部体液扩散所发挥的作用,称为局部体液调节。参与体液调节的激素分泌多数直接或间接受神经系统控制,这时体液调节实质上构成了神经调节中反射弧传出途径的一个延长部分,这类调节又称为神经-体液调节,如交感神经对肾上腺髓质分泌的调节即是其中之一。

体液调节的特点是:反应缓慢、作用广泛而持久。

(三) 自身调节

自身调节(autoregulation)是指某些组织、细胞不依赖于神经或体液因素,自身对周围环境变化所发生的适应性反应。例如动脉血压在一定范围发生波动时,肾脏小动脉平滑肌可以相应地收缩或舒张以改变血流阻力,使肾血流量不会发生较大起落变化,以保证尿液的正常生成(详见第八章)。

自身调节的特点是:范围和幅度都比较小。其生理意义不及神经与体液调节,但是对于局部器官、组织的生理功能的调节仍有着重要的意义。

二、 机体功能活动的控制原理

人体是一个极其复杂的有机体,各种功能活动的调控多数是在无意识状态下进行的,所以体内以何种形式以及如何进行和完成这些调控活动一直被学者所关注。在运用数学和物理学的原理和方法研究各种工程技术的自动控制时发现,其原理与人体功能调节颇为相似,有着共同的规律。从控制论角度看,人体内存在着数以万计的各种控制系统,任何控制系统都由控制部分与受控部分组成,这些控制系统可分为非自动控制系统和自动控制系统两种形式。而自动控制系统又分为反馈控制系统和前馈控制系统。

(一) 非自动控制系统

非自动控制系统是一种开环系统,受控部分的活动不会反过来影响控制系统,控制方式为单向式。非控制系统在人体生理调节中较少见,仅在反馈机制受到抑制时,机体才表现出非自动控制方式,如应激情况下,减压反射被抑制,应激刺激引起交感神经兴奋,导致血压升高和心输出量增加。

(二) 自动控制系统

1. 反馈控制系统 每一个自动控制系统都是一个闭合回路,即控制部分——受控部分——监测装置——比较器——控制部分,将此闭合回路联系又称为反馈联系(图 1-1)。与人体对应关系可以认为,在控制部分(反射中枢或内分泌细胞)与受控部分(效应器、靶细胞)两者之间也存在着双向联系。由控制部分发出的调节受控部分活动的信息,称为控制信息;由受控部分送回的修整控制部分活动的信息,称为反馈信息。即控制信息到达受控部分,同时受控部分也会不断地有反馈信息回输至控制部分。反馈信息在不同的控制系统中,其传递信息的形式可以不同,但主要是电信号(神经冲动)及化学信号(激素或生物活性物质)等。由受控部分将信息通过反馈联系传回到控制部分的过程称为**反馈(feedback)**。反馈又分为负反馈与正反馈。

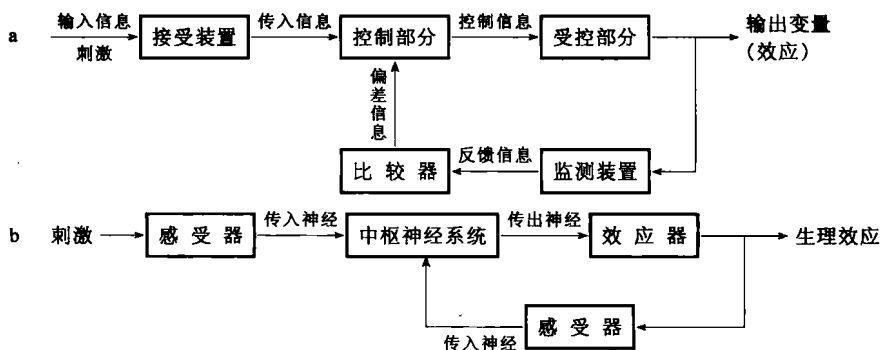


图 1-1 机体反馈控制系统与工程上反馈控制系统比较示意图

a. 工程上反馈控制系统; b. 机体反馈控制系统

(1) **负反馈(negative feedback)**: 是指受控部分发出的反馈信息通过反馈联系到达控制部分后,使控制部分的活动向其原活动相反方向变化。当体内某受控部分活动超出正常范围时,可通过负反馈控制机制使该活动下调或减弱,反之则可以通过负反馈控制机制使其活动增强。例如,下丘脑分泌促肾上腺皮质激素释放激素,经垂体门脉系统至腺垂体,使其促肾上腺皮质激素分泌增多,经血运促进肾上腺皮质激素分泌;当血液中肾上腺皮质激素达到一定水平时,则通过负反馈控制系统抑制腺垂体的活动,使其促肾上腺皮质激素分泌受到抑制,进而使肾上腺皮质激素分泌减少;由于血液中肾上腺皮质激素水平下降,通过负反馈控制系统对腺垂体活动抑制减弱,使其促肾上腺皮质激素分泌再度增多,进而再度促进肾上腺皮质激素的分泌,从而保持体内皮质激素在一定水平。

负反馈控制都有一个**调定点(set point)**。调定点是指自动控制系统所设定的一个工作点,使受控部分的活动只能在这个设定的工作点附近的一个狭小范围内变动。如正常动脉血