

全国运动员文化教育统编教材
普通高等学校体育专业教材



iCourse · 教材

运动生理学

国家体育总局科教司 组编

乔德才 郝选明 主编



全国运动员文化教育统编教材
普通高等学校体育专业教材



iCourse · 教材

运动生理学

国家体育总局科教司 组编

乔德才 郝选明 主编



内容提要

本书为国家体育总局科教司组织编写的运动员文化教育统编教材,也是普通高等学校运动训练专业系列教材之一,同时也是国家体育总局“体育专业教材建设与在线学习平台项目”建设的“运动生理学”在线课程的配套教材。本教材以运动时骨骼肌的收缩为主线,围绕肌肉收缩时所需的能量、氧气和调节来阐述,构建了一套全新的教材体系,突出了体系新、实用性强等特色。全书包括绪论、运动的动力装置——骨骼肌、运动时的能源供给与排泄、运动的氧气供给、机体物质运输的载体——血液、推动血液流动的装置——心脏和血管、人体功能活动的神经调控、人体功能活动的内分泌与免疫调控、运动技能形成的基本原理和过程、运动素质的生理学基础、运动过程中的机能变化特点、不同运动专项的生理学基础和不同环境中运动的生理学特征 13 章内容。

本教材为新形态教材,全书通过二维码链接多种资源,可作为运动训练专业、武术与民族传统体育专业本科教材,也可作为体育爱好者、教练员和运动员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学 / 乔德才, 郝选明主编; 国家体育总局科教司组编. -- 北京: 高等教育出版社, 2019.8
ISBN 978-7-04-052242-6

I. ①运… II. ①乔德才·②郝·③国… III. ①运动生理学—高等学校—教材 IV. ①G804.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第140738号

运动生理学
Yundong Shenglixue



策划编辑 王曼
责任校对 高歌

责任编辑 王曼
责任印制 耿轩

封面设计 李小璐

版式设计 童丹

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京七色印务有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 21.25
字数 380千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版次 2019年8月第1版
印次 2019年8月第1次印刷
定价 39.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 52242-00

主 编:

乔德才 郝选明

编 委 (以编写章为序):

乔德才 (北京师范大学, 博士、教授、博士生导师)
周 越 (北京体育大学, 博士、教授、博士生导师)
文 立 (天津体育学院, 博士、教授、博士生导师)
郝选明 (华南师范大学, 博士、教授、博士生导师)
刘微娜 (华东师范大学, 博士、研究员、博士生导师)
金 丽 (武汉体育学院, 博士、教授、硕士生导师)
王晓慧 (上海体育学院, 博士、教授、博士生导师)
侯莉娟 (北京师范大学, 博士、副教授、博士生导师)
王松涛 (华南师范大学, 博士、教授、博士生导师)
胡 敏 (广州体育学院, 博士、教授、博士生导师)
邓文骞 (成都体育学院, 博士、副教授、硕士生导师)
刘 军 (西安体育学院, 博士、副教授、硕士生导师)
胡建忠 (衡阳师范学院, 硕士、教授、硕士生导师)

“运动生理学”在体育学科领域有着极其重要的学科地位，不仅是《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》中规定的体育学类本科专业7门基础课程之一，也是体育学科研究生考试和职业资格考试的主要科目之一。通过本课程的学习，可以科学地指导体育锻炼和运动训练，以达到增进健康、增强体质和提高运动成绩的目的。

本教材为国家体育总局组织的全国高等学校体育专业教材及在线课程建设项目成果之一，是针对优秀运动员、运动训练专业和武术与民族传统体育专业学生而编写的教材。因此，在教材编写过程中，我们希望能够理论和实践并重的基础上，力求体现以下几个特点：第一，将运动生理学理论与运动训练实践紧密结合，强化教材内容的实用性。对于生理学基础理论，尽可能采用通俗易懂的表述，帮助学生理解肌肉、呼吸、血液循环和神经调控等主要生理功能的工作原理和过程。在身体素质技能形成与运动机能变化等应用部分，力求紧密结合运动训练，突出其适用性和实践性。第二，将传统教材与现代教育方式相结合。在教材的每一章都添加了知识窗、二维码链接和复习思考题，通过知识窗介绍一些重要的知识点；通过二维码链接帮助学生理解知识难点和重点，并拓展相关知识内容；通过相应的课后习题帮助学生自测自练。第三，在编写教材的同时，我们还建设了“运动生理学”在线课程，以慕课和微课的形式将本课程的重要知识放在互联网上，从而真正实现学生“自主学习”，帮助其建立起比较完整的运动生理学知识体系。

参加本次教材编写的老师来自全国11所高校，他们基本上都是博士和教授，也都是长年从事运动生理学教学的一线教师，不仅具有丰富的教学经验和较强的科学研究能力，而且也是所属院校运动生理学的学科带头人或学术骨干，部分编者还曾参与过相关教材的编写工作。本教材由北京师范大学乔德才教授和华南师范大学郝选明教授担任主编，编写的具体分工如下：乔德才（绪论），周越（第一章），郝选明（第二章和第七章），文立（第二章），刘微娜（第三章），金丽（第四章），王晓慧（第五章），侯莉娟（第六章），王松涛（第八章），胡敏（第九章），刘军（第十章），邓文骞

(第十一章), 胡建忠(第十二章)。

在编写过程中, 各位编者都非常认真和投入, 配合默契, 为本教材的顺利完稿付出了辛勤的劳动。侯莉娟博士还兼任教材编写秘书, 对教材的格式、图表和单位等规范工作付出了大量的心血, 在此向他们表示诚挚的谢意! 此外, 本书的编写得到了北京师范大学和华南师范大学有关领导的关心和帮助, 高等教育出版社对我们的工作也给予了大力的支持, 对此一并表示衷心的感谢!

本教材在编写过程中, 虽经多次讨论、修改, 但限于编者水平有限, 错误之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

乔德才、郝选明

2018年11月

绪论 / 1	▶
第一章 运动的动力装置——骨骼肌 / 11	▶
第一节 骨骼肌收缩的原理 / 12	
第二节 肌电图反映骨骼肌收缩状况 / 18	
第三节 骨骼肌收缩的外在表现 / 21	
第四节 骨骼肌收缩效能与肌纤维类型 / 25	
第二章 运动时的能源供给与排泄 / 31	▶
第一节 人体能量的来源 / 32	
第二节 运动时能量的供给 / 39	
第三节 代谢产物的排泄 / 46	
第三章 运动的氧气供给 / 53	▶
第一节 呼吸过程和原理 / 54	
第二节 气体在血液中的运输形式 / 63	
第三节 运动时的氧气需求与供给 / 68	
第四章 机体物质运输的载体——血液 / 75	▶
第一节 血浆及其功能 / 76	
第二节 血细胞的功能 / 81	
第五章 推动血液流动的装置——心脏和血管 / 93	▶
第一节 心脏的泵血功能 / 94	
第二节 输送血液的管道——血管 / 103	
第三节 运动时心血管活动的变化及调控 / 111	

第四节	心血管系统对运动训练的适应	/ 115	
第六章	人体功能活动的神经调节	/ 119	▶
第一节	神经系统概述	/ 120	
第二节	神经系统的感觉分析功能	/ 127	
第三节	神经系统对躯体运动的调节	/ 137	
第七章	人体功能活动的内分泌与免疫调控	/ 149	▶
第一节	人体功能活动的内分泌调控	/ 150	
第二节	人体功能活动的免疫调控	/ 169	
第八章	运动技能形成的基本原理和过程	/ 179	▶
第一节	运动技能形成的生理学基础	/ 180	
第二节	运动技能形成的过程	/ 186	
第三节	影响运动技能形成的因素	/ 189	
第九章	运动素质的生理学基础	/ 195	▶
第一节	力量素质	/ 196	
第二节	速度素质	/ 200	
第三节	耐力素质	/ 203	
第四节	平衡、灵敏、柔韧与协调素质	/ 208	
第五节	运动素质的自然增长	/ 215	
第十章	运动过程中的机能变化特点	/ 223	▶
第一节	赛前状态与准备活动	/ 224	
第二节	进入工作状态及稳定状态	/ 228	
第三节	运动性疲劳	/ 231	
第四节	体能恢复过程	/ 238	
第五节	停训与赛前减量训练的生理基础	/ 243	
第十一章	不同运动专项的生理学基础	/ 249	▶
第一节	田径运动的生理学基础	/ 250	

- 第二节 球类运动的生理学基础 / 257
- 第三节 体操运动的生理学基础 / 262
- 第四节 游泳运动的生理学基础 / 267
- 第五节 冰雪运动的生理学基础 / 272
- 第六节 武术与民族传统体育运动的生理学基础 / 276

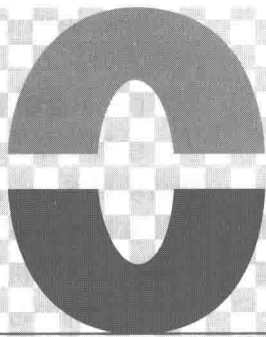
第十二章 不同环境中运动的生理学特征 / 285 ▶

- 第一节 在冷热环境中运动的生理特征 / 286
- 第二节 在水环境中运动的生理特征 / 295
- 第三节 在高原环境运动的生理特征 / 298
- 第四节 生物节律 / 306

主要参考文献 / 313 ▶

中英文名词索引 / 317 ▶

绪 论

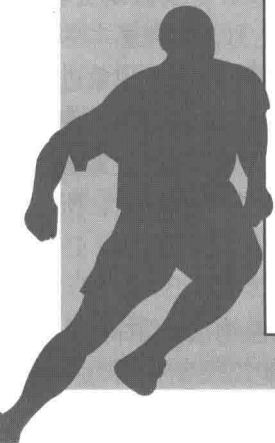


▶ 本章导读

构成人体最基本的单位是细胞，但绝大多数细胞并不与外界环境接触，而是浸浴于机体内部的细胞外液中。细胞外液是细胞直接接触和赖以生存的环境。为此，机体生存在两个环境中，一个是不断变化着的外环境，另一个是比较稳定的内环境。机体在外环境不断变化的情况下，如何通过自身的调节维持其内环境的相对稳定？作为一名体育专业学生，为什么要学习运动生理学？机体作为运动的基本元素，在训练的作用下会发生什么变化？希望通过本章内容的学习，帮你找到答案。

▶ 学习目标

1. 了解运动生理学的性质、任务与研究方法。
2. 熟悉内环境和内环境的稳态的基本概念。
3. 掌握机体生理功能的调节和控制。
4. 理解运动反应和运动适应的基本概念和原理，并为后续各章内容的学习奠定良好的基础。



一、运动生理学的性质、任务与研究方法

（一）运动生理学的性质

生理学是生物科学的一个分支，是研究生物体及其各组成部分正常功能活动规律的一门学科。运动生理学是在生理学基础上，从运动的角度研究人体在运动训练的影响下所引起功能活动变化规律及其机制的一门学科。生物体也称为有机体，简称为机体，是自然界中有生命的物体的总称。通过运动生理学的学习，可以对机体的基本生命活动、机体各组成部分的功能以及这些功能表现的物理和化学本质有所了解，从而科学地指导机体进行体育锻炼和运动训练，以达到增进健康、增强体质和提高运动成绩的目的。

（二）运动生理学的任务

人体由不同的系统、器官、组织和细胞组成，它们各自行使着不同的生理功能，如肌肉收缩、血液循环和神经调节等。各种功能活动都遵循一定的规律，又受人体内、外环境的影响而发生一定的改变。为维持整体和各系统功能活动的正常进行，人体及其各组成部分具有适应环境变化的调节能力。此外，体内各系统和器官在神经和体液的调节下又能相互协调、相互配合和相互制约，以维持整体的统一活动。因此，运动生理学的任务是阐明人体及其各组成部分在体育运动的影响下，所表现出的各种功能活动规律及其产生的机制，人体内、外环境变化对这些功能活动的影响以及人体为适应这些环境变化和维持整体生命活动所做出的相应调节。同时，亦可为人体健康水平的提高、身体功能的增强和锻炼训练效果的优化提供科学的指导。

（三）运动生理学的研究方法

运动生理学是一门应用性科学，一切生理学的知识都来自实验研究。因此，学习运动生理学，一定要重视实验，培养实验动手能力，掌握基本的实验方法。一般而言，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的观察和分析，以获得生理学知识的一种研究手段。在进行运动生理学实验时，可能会给机体造成一定的损害，甚至危及生命，因此实验通常在动物身上进行。由于人与动物在机体的结构和功能上具有诸多相似之处，所以，利用动物实验的结果来推断人体生理功能是可行的。

1. 动物实验

进行动物实验时，应根据不同的研究内容选择适当的动物或动物材料。在推断人体功能活动规律时，需注意人与动物的差异，不能简单地将动物实

验结果直接套用于人体。

动物实验可分为急性动物实验和慢性动物实验两种。急性动物实验是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的实验，实验通常是破坏性的，可造成实验动物的死亡；慢性动物实验是以完整、清醒的动物为研究对象，且尽可能保持外界环境接近自然，以便能在较长时间内反复多次观察和记录某些生理功能的改变。例如，使用小鼠进行慢性动物实验，可以模拟拳击运动员在比赛时的攻击行为。实验前一般需对动物进行某些预处理，待动物清醒后再进行观察。与急性动物实验相比，慢性动物实验的干扰因素较多，实验条件较难控制。

2. 人体实验

运动生理学基本的研究方法是通过对人体的实验测定，而获取人体各种生理功能发展变化规律的实验资料。但是，有时为了深入观察某种特定条件下运动引起的生理变化，可能会对实验对象造成一定的损伤，因此，人体实验一定要符合伦理学的要求。

人体实验根据进行实验的场所不同，可分为运动现场测定和实验室研究。运动现场测定是指在运动现场直接对运动者在运动前、运动中及运动后恢复期的若干生理指标进行测定。这类方法的优点是所得结果符合运动现场生理和心理的实际状况，但运动现场环境条件的严格性可能会受到一定限制，所得结果容易受运动环境及运动者心理等因素的影响，会给实验测定结果及分析的准确性带来一定影响；实验室研究是在实验条件下进行，让研究对象按照预先设计的实验方案，在实验室采用跑台或自行车功量计等各种运动训练装置进行模拟性训练，以观察模拟实验性训练对机体各种生理功能的影响。例如，运动选材时，进行的最大摄氧量测试。实验室研究的优点是环境条件可严格控制、实验条件（训练方式、负荷强度、时间等）可准确定量，重复性好，所得结果严格准确。

近年来，随着物理、化学、数学和计算机等科学的发展，应用这些科学成果来研究人体生理功能活动，派生出很多新兴的研究方法，如肌组织活检、遥测技术、多通道实时在线记录技术、光遗传技术、活体微透析技术、系统分析和计算机模拟等。随着分子生物学和信息科学等学科的发展及微观生理学实验技术方法的改进，运动生理学与生物化学、分子生物学、生物物理、免疫学、细胞和遗传学等学科交叉融合，从宏观方面的研究，到深入细胞内部环境的稳态及其调节机制、细胞跨膜信息传递的机制、基因水平的功能调控机制等方面的研究，使运动生理学在各前沿研究领域不断有了新的



运动实验研究



人体实验研究

突破。相信随着各学科领域的发展，运动生理学的研究将会越来越深入。

（四）运动生理学研究的三个层面

构成机体最基本的单位是细胞，由许多不同的细胞构成器官，行使某生理功能的不同器官互相联系构成一个系统，整个机体就是由各器官、系统互相联系、互相作用而构成的一个复杂的整体。因此，运动生理学研究就是从细胞、器官和系统以及整体这三个层面上进行的。

人体各器官的功能都是由构成该器官的各种细胞的特性决定的，因此，研究一个器官的功能要从细胞的水平上进行。在多数情况下，需将某种细胞从整体取下后，在一定的环境条件下对其功能，特别是构成细胞的大分子和物理学、化学特性进行研究；要了解一个器官或系统的功能，实现其功能活动的内在机制以及各种因素对其活动的影响，需要从器官和系统水平上进行观察和研究；从整体水平上的研究，就是以完整的机体为研究对象，观察和分析在各种生理条件下不同器官、系统之间互相联系、互相协调的规律。

整体功能活动不等于机体各组成部分功能的简单总和，而是各器官和系统功能相互影响、相互协调和相互制约的综合结果，并且在不同条件下可能还会有很大变化。这是因为机体的许多功能并不是依靠单一的调控机制，而是存在多种途径调控，且调控途径也不是一成不变的。为此，三个层面的研究并不是孤立的，而是互相联系、互相补充的。要阐明某一生理功能的机制，一般需要将三个层面的研究结果进行综合和分析，才能得出比较全面的结论。

二、机体的内环境及其稳态

（一）内环境

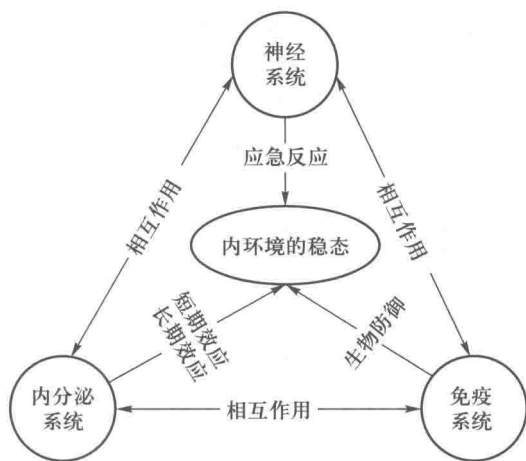
成年人身体重量约有 60% 是液体，分布在细胞内的液体约占 40%，称为细胞内液；分布在细胞外的液体约占 20%，称为细胞外液。细胞外液中，约占体重 5% 的液体分布在心血管系统内构成了血浆，其余约占体重 15% 的液体分布在全身的各种组织间隙中，称为组织液。人体的细胞一般不能直接与外界环境发生接触，而是直接与细胞外液相接触，因此，细胞外液是机体中细胞所处的内环境。

（二）内环境的稳态

细胞外液和细胞内液的成分有很大的差别。细胞膜的结构及细胞膜上

的一些特殊蛋白质分子的功能，对于维持细胞外液和细胞内液的成分差别起着重要的作用。细胞通过细胞膜与细胞外液之间发生物质交换，从细胞外液摄取氧（ O_2 ）和其他营养物质，同时将二氧化碳（ CO_2 ）和其他代谢产物排入细胞外液。细胞外液中的血浆与血细胞一起在心血管系统内快速地流动，组织液则通过毛细血管壁以扩散的方式与血浆发生物质交换。细胞外液即内环境的各项物理和化学因素是保持相对稳定的，这种相对稳定称为内环境的稳态。

内环境的稳态其实是一种动态平衡，内含的各种理化因素是在与细胞和外界环境因素不断进行交换过程中达到的稳定。细胞外液中各种成分，如 O_2 分压（ P_{O_2} ）和 CO_2 分压（ P_{CO_2} ）、pH值、各种离子和葡萄糖浓度等，在正常生理状态下都保持在一定的水平，其变动范围很小，超出一定的范围就可能引起疾病；反之，在极度运动或疾病情况下，细胞外液的某些成分会超出正常的变化范围，机体许多器官可发生代偿性的活动改变，使内环境的各种成分重新恢复正常。否则，内环境可能进一步偏离正常范围，使细胞和整个机体的功能发生严重障碍，甚至死亡。为此，内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件，也是机体维持正常生命活动的必要条件（图绪-1）。



图绪-1 内环境稳态

目前，在生理学中关于内环境的稳态的概念已被大大扩展，不再局限于内环境的理化性质，而是扩大到泛指体内从细胞和分子水平、器官和系统水平到整体水平的各种生理功能活动在神经和体液等因素调节下保持相对稳定的状态。例如，运动训练成绩的提高，就是打破原来的稳态重建一种新的

稳态的过程。如果训练量适度，机体各项生理功能就能得到很好恢复，如果训练量太大，恢复就差，实质上就是未能建立起新的稳态。

知识窗

内环境的稳态的提出

内环境的稳态也称自稳态，是指内环境的理化性质，如温度、pH值、渗透压和各种液体成分等的相对恒定状态。内环境的稳态的概念是由美国生理学家 Cannon 于 1929 年首次提出的。内环境理化性质的相对恒定并非固定不变，而是可在一定范围内变动但又保持相对稳定的状态，简言之，是一种动态平衡。

正常人血液的 pH 值通常为 7.35~7.45，变化范围是很小的。这是什么原因呢？原来，血液中含有许多对酸碱度起缓冲作用的物质——缓冲对，每一对缓冲物质都是由一种弱酸和相应的一种强碱盐组成的，如 $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 等。当机体剧烈运动时，肌肉中产生大量的乳酸、碳酸等物质，并且进入血液。乳酸进入血液后，就与血液中的碳酸氢钠发生作用，生成乳酸钠和碳酸。碳酸是一种弱酸，而且又可以分解成二氧化碳和水，所以对血液的 pH 值影响不大。血液中增多的二氧化碳会刺激控制呼吸活动的神经中枢，使呼吸活动增强，增加通气量，从而将二氧化碳排出体外。当碳酸钠进入血液后，就与血液中的碳酸发生作用，形成碳酸氢盐，而过多的碳酸氢盐可以由肾脏排出。这样，由于血液中缓冲物质的调节作用，可以使血液的酸碱度不会发生很大的变化，从而维持在相对稳定的状态。

三、机体生理功能的调节和控制

（一）生理功能的调节

在机体处于不同的生理状态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情况和外界环境的变化，使被扰乱的内环境重新得到恢复，这一过程称为生理功能的调节，其调节方式主要有神经调节、体液调节和自身调节三种。

1. 神经调节

神经调节是指机体的许多生理功能是通过神经系统的活动来进行调节的。神经调节的基本过程是反射，反射活动的结构基础称为反射弧。反射是指在中枢神经系统的参与下，机体对内外环境刺激产生的应答性反应。依据其特点不同，反射可分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射是生来

就有的、固定的反射，是一种较低级的神经活动，如声音所引起的朝向反射；条件反射是在非条件反射基础上形成的，是人或高等动物在生活过程中根据个体所处的生活条件而建立起来的，所以是后天获得的，是一种高级神经活动。反射弧由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器 5 部分组成。感受器能够感受体内某部位或外界环境的变化，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效应器的活动。例如，当手接住快速下落的球时，肱二头肌感受器感受到肌纤维被拉长的信息而发生兴奋，通过传入神经将信息传至反射中枢并使之兴奋，再通过传出神经使肱二头肌效应器加强肌肉收缩，接住落下的球。机体通过神经调节可使动作能够准确、精巧和协调，这对于运动技能的建立和完成具有重要的生理意义。

2. 体液调节

体液调节是指机体的某些细胞能生成并分泌一些特殊的化学物质，后者经由体液运输，到达全身的组织细胞或体内某些特殊的组织细胞，通过作用于细胞上相应的受体，对这些组织细胞的活动进行调节。体液调节主要是通过人体内分泌细胞分泌的各种激素进入血液后，经血液循环运送到全身各处，调节人体的新陈代谢、生长、发育和生殖等基本功能。此外，体内有些物质，包括某些代谢产物对有些细胞、器官的功能也能起调节作用。与神经调节相比，体液调节的作用具有缓慢、广泛和持久的特点。在人体内，大多数内分泌腺是直接或间接接受中枢神经系统控制的，在这种情况下，体液调节成为神经调节的一个环节，相当于反射弧传出通路的一个延伸部分，可称为神经-体液调节。

3. 自身调节

当体内、外环境发生变化时，器官、组织、细胞可以不依赖于神经或体液调节而产生的某些适应性反应，这称为自身调节。例如，心肌收缩力量在一定范围内与收缩前心肌纤维的长度成正比，即在一定范围内收缩前心肌纤维越长，收缩时产生的力量越大。因此，当心室中充盈的血量增多时，心肌纤维即被拉长，因而心肌收缩力量增大，使搏出血量增多，从而使心容量又保持相对恒定。一般来说，自身调节的幅度较小，也不十分灵敏，但对人体生理功能的实现仍有一定意义。

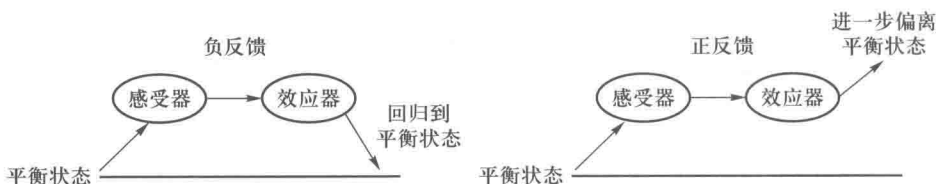
（二）体内的控制系统

人体内存在数以千计的各种控制系统，在一个细胞内也存在许多极其精细复杂的控制系统，从细胞和分子的水平上对细胞的各种功能进行调节。

运动生理学主要是讨论器官水平和整体水平上的控制，即器官内各个部分之间的功能调控以及不同器官之间的功能调控。例如，神经系统对肌肉活动的调控、神经系统对心血管系统的调控等。从控制论的观点来分析，体内的控制系统可分为非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统三类。非自动控制系统的控制是单向的，在人体正常生理功能的调节中极少见到，因此，人体正常生理功能的调节主要是后两种控制。

1. 反馈控制系统

反馈控制系统是由比较器、控制部分和受控部分组成，是一个闭环系统。控制部分发出信号指示受控部分发生活动，受控部分则发出反馈信号返回到控制部分，使控制部分能根据反馈信号来改变自己的活动，从而对受控部分的活动进行调节，这一调节方式称为反馈。在正常人体内，大多数情况下反馈信号能降低控制部分的活动，即负反馈；在少数情况下反馈信号能加强控制部分的活动，即正反馈（图绪-2）。



图绪-2 负反馈和正反馈示意图

当一个系统的活动处于一种平衡状态时，如果因某种外界因素使该系统的受控部分活动增强，则该系统原先的平衡状态将遭受破坏。此时，可通过负反馈机制将这一信息传递至控制部分，控制部分经分析后，发出指令使受控部分活动减弱，向原先的平衡状态方向转变，甚至完全恢复原先的平衡状态，因此，负反馈控制系统的作用是使系统保持稳定。机体内环境之所以能维持稳态，就是因为有许多负反馈控制系统的存在并发挥作用。例如，在剧烈运动时，细胞外液中 O_2 分压会降低、 CO_2 分压会升高，这些信息就能很快反馈到呼吸中枢，使呼吸运动加深加快，从而增加肺部气体的交换，使细胞外液的 O_2 分压和 CO_2 分压向正常水平恢复。在维持人体正常体温、血压、心率和某些激素水平等指标的过程中，负反馈调节也发挥着重要作用。

在正反馈的情况下，受控部分发出的反馈信号能加强控制部分的活动，从而使受控部分的活动再加强，可见正反馈控制系统与负反馈相反，它不可能维持系统的稳态或平衡，而是破坏原先的平衡状态，如排尿反射时，膀胱收缩初期的反馈信息传入排尿中枢，可加强中枢原有的排尿活动，促进膀胱