

高职高专
畜牧兽医类专业系列教材

动物生理

DONGWU SHENGLI

主编 陈功义 朱金凤



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

高职高专畜牧兽医类专业系列教材

动物生理

陈功义 朱金凤 主 编
王红梅 王学斌 邓双艺 副主编

重庆大学出版社

● 内 容 提 要 ●

本书是畜牧兽医类专业的一部重要专业基础课教材。编写中始终遵循职业教育“以能力为本位,以岗位为目标”的原则,淡化学科体系,强调实践技能培训。

全书除绪论外,共分13章,即机体生命特征、血液生理、循环生理、呼吸生理、消化生理、泌尿生理、生殖生理、能量代谢与体温调节、肌肉生理、神经生理、内分泌生理、泌乳生理、家禽生理,书后附实验实训内容。

本书在介绍机体生命特征的基础上,着重介绍血液、循环、消化、生殖、泌乳、神经生理等内容,同时,把实验实训、技能训练作为教学内容的重要组成部分。通过本书的学习,学生将掌握各种动物生理的基本知识和基本技能,为继续学习畜牧兽医专业课打下坚实的基础。

本书可作为高职高专畜牧兽医及相关专业的教材,也可作为基层畜牧兽医工作人员的自学教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理/陈功义,朱金凤主编. —重庆:重庆大学出版社,
2007.9

(高职高专畜牧兽医类专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-4246-2

I. 动… II. ①陈…②朱… III. 动物学:生理学—高等学校:
技术学校—教材 IV. Q4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第125020号

高职高专畜牧兽医类专业系列教材

动物生理

陈功义 朱金凤 主 编

王红梅 王学斌 邓双艺 副主编

责任编辑:张立武 版式设计:张立武

责任校对:文 鹏 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:402千

2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4246-2 定价:23.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编委会名单

顾 问 向仲怀

总主编 聂 奎

编 委(以姓氏笔画为序)

马乃祥	王三立	文 平	邓华学	毛兴奇
王利琴	丑武江	乐 涛	左福元	刘万平
李 军	李苏新	朱金凤	阎慎飞	刘鹤翔
杨 文	张 平	陈功义	张玉海	扶 庆
严佩峰	陈 斌	何德肆	周光荣	欧阳叙向
周翠珍	郝民忠	姜光丽	聂 奎	梁学勇

序

高等职业教育是我国近年高等教育发展的重点。随着我国经济建设的快速发展,对技能型人才的需求日益增大。社会主义新农村建设为农业高等职业教育开辟了新的发展阶段。培养新型的高质量的应用型技能人才,也是高等教育的重要任务。

畜牧兽医不仅在农村经济发展中具有重要地位,而且畜禽疾病与人类安全也有密切关系。因此,对新型畜牧兽医人才的培养已迫在眉睫。高等职业教育的目标是培养应用型技能人才。本套教材是根据这一特定目标,坚持理论与实践结合,突出实用性的原则,组织了一批有实践经验的中青年学者编写。我相信,这套教材对推动畜牧兽医高等职业教育的发展,推动我国现代化养殖业的发展将起到很好的作用,特为之序。

中国工程院院士



2007年1月于重庆

编者序

我国作为一个农业大国,农业、农村和农民问题是关系到改革开放和现代化建设全局的重大问题,因此,党中央提出了建设社会主义新农村的世纪目标。如何增加经济收入,对于农村稳定乃至全国稳定至关重要,而发展畜牧业是最佳的途径之一。目前,我国畜牧业发展迅速,畜牧业产值占农业总产值的32%,从事畜牧业生产的劳动力就达1亿多人,已逐步发展成为最具活力的国家支柱产业之一。然而,在我国广大地区,从事畜牧业生产的专业技术人员严重缺乏,这与我国畜牧兽医职业技术教育的滞后有关。

随着职业教育的发展,特别是周济部长于2004年在四川泸州发表“倡导发展职业教育”的讲话以后,各院校畜牧兽医专业的招生规模不断扩大,截至2006年底已有100多所院校开设了该专业,年招生规模近两万人。然而,在兼顾各地院校办学特色的基础上,明显地反映出了职业技术教育在规范课程建设和专业教材建设中一系列亟待解决的问题。

虽然自2000年以来,国内几家出版社已经相继出版了一些畜牧兽医专业的单本或系列教材,但由于教学大纲不统一,编者视角各异,许多高职院校在畜牧兽医类教材选用中颇感困惑,有些职业院校的老师仍然找不到适合的教材,有的只能选用本科教材,由于理论深奥,艰涩难懂,导致教学效果不甚令人满意,这严重制约了畜牧兽医类高职高专的专业教学发展。

2004年底教育部出台了《普通高等学校高职高专教育指导性专业目录专业简介》,其中明确提出了高职高专层次的教材宜坚持“理论够用为度,突出实用性”的原则,鼓励各大出版社多出有特色的和专业性、实用性较强的教材,以繁荣高职高专层次的教材市场,促进我国职业教育的发展。

2004年以来,重庆大学出版社的编辑同志们,针对畜牧兽医类专业的发展与相关教材市场的现状,咨询专家,进行了多方调研论证,于2006年3月,召集了全国以开设畜牧兽医专业为精品专业的高职院校,邀请众多长期在教学第一线的资深教师 and 行业专家组成编委会,召开了“高职高专畜牧兽医类专业系列教材”建设研讨会,多方讨论,群策群力,推出了本套高职高专畜牧兽医类专业系列教材。

本系列教材的指导思想是适应我国市场经济、农村经济及产业结构的变化,是现代化养殖业的出现以及畜禽饲养方式等引起疾病发生改变的实践需要,培养适应我国现代化养殖业发展的新型畜牧兽医专业技术人才。

本系列教材的编写原则是力求新颖、简练,结合相关科研成果和生产实践,注重对学生的启发性教育和培养解决问题的能力,使之能具备相应的理论基础和较强的实践动手能力。在本系列教材的编写过程中,我们特别强调了以下几个方面:

第一,考虑高职高专培养应用型人才的目标,坚持以“理论够用为度,突出实用性”的原则。

第二,在广泛征询和了解学生和生产单位的共同需要,吸收众多学者和院校意见的基础上,组织专家对教学大纲进行了充分的研讨,使系列教材具有较强的系统性和针对性。

第三,考虑高等职业教学计划和课时安排,结合各地高等院校该专业的开设情况和差异性,将基本理论讲解与实例分析相结合,突出实用性,并在每章中安排了导读、学习要点、复习思考题、实训和案例等,编写的难度适宜,结构合理,实用性强。

第四,按主编负责制进行编写、审核,再请专家审稿、修改,经过一系列较为严格的过程,保证了整套书的严谨和规范。

本套系列教材的出版希望能给开办畜牧兽医类专业的广大高职高专学校提供尽可能适宜的教学用书,但需要不断地进行修改和逐步完善,使其为我国社会主义建设培养更多更好的有用人才服务。

高职高专畜牧兽医类专业系列教材编委会
2006年12月

前 言

根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》的总体要求,以就业为导向改革与发展职业教育逐步成为全社会共识,发展中国特色的职业教育势在必行,高职高专教育将成为我国高等教育的重要组成部分。根据教育部出台《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的指示精神,加强高职高专教材建设是发展职业教育的重要环节。近年来,随着教育体制改革的进一步深化,我国高职高专教育得到了很大发展,为各行业培养了大量的专业技术人才。为了适应高职高专教育迅猛发展的需要,我们编写了本教材。

本书的定位是以必需、够用为度,以讲清概念、强化技能应用为目标。教材充分体现了高职高专教育的特点,适应职业岗位群的需求,以能力为主线,兼顾知识的完整性和科学性,既严格遵循教育规律,考虑相关知识技能的科学体系,又结合目前高职高专学生的知识层次,对教材进行准确定位,力戒过多、过深的理论阐述,注重应用方法和技能的传授,充分体现实践性和应用性。同时,在编写过程中尽量反映本学科最新技术发展应用状况。

本书结构紧凑、图文并茂、表述精练、通俗易懂,职业特色明显。编写内容重点突出,删繁就简,每章前附有导读,章末有复习思考题,教材后附实验实训内容,便于学生学习和巩固。本书可以作为农业院校高职高专畜牧兽医类专业的教材,也可作为广大畜牧兽医工作者的重要参考书。

本书由河南农业职业学院陈功义、朱金凤任主编,王红梅、王学斌、邓双艺任副主编。具体编写分工如下:达州职业技术学院李平编写第1章;河南农业职业学院朱金凤编写第2,3,4章;海南职业技术学院李军、河南农业职业学院刘长春编写第5和第6章;廊坊职业技术学院高雅丽编写第7,8,12章;廊坊职业技术学院王红梅编写第10章;商业职业技术学院肖尚修编写绪论;河南农业职业学院陈功义编写第9,11,13章;职业技术学院邓双艺负责课件制作及图片处理;河南农业大学王学斌编写实验实训。

本书参考和引用了国内外许多作者的观点和有关资料,在此谨向有关作者表示深切的谢意。在编写过程中得到了有关高等院校专家的热情帮助和大力支持,谨此致以谢意。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者和同行专家予以批评指正。

编 者
2007年6月

目 录

绪 论

- 0.1 动物生理的研究内容 1
- 0.2 动物生理在畜牧兽医学科中的地位 1
- 0.3 动物生理的研究方法 2

第 1 章 机体生命特征

- 1.1 细胞特性 3
- 1.2 机体功能调节 7
- 1.3 机体功能与环境 9
- 复习思考题 10

第 2 章 血液生理

- 2.1 血液的组成与理化特征 11
- 2.2 血浆 13
- 2.3 血细胞 15
- 2.4 血液凝固 19
- 复习思考题 21

第 3 章 循环生理

- 3.1 心脏的泵血机能 22
- 3.2 心肌细胞的生物电现象与生理特征 26
- 3.3 血管生理 29

3.4 心血管活动的调节	38
复习思考题	42

第4章 呼吸生理

4.1 呼吸的过程和呼吸器官	43
4.2 肺通气原理	45
4.3 气体交换与运输	49
4.4 呼吸的调节	53
复习思考题	55

第5章 消化生理

5.1 概述	56
5.2 随意采食	59
5.3 消化腺分泌	60
5.4 消化道运动	68
5.5 微生物的消化作用	73
5.6 吸收	81
复习思考题	87

第6章 泌尿生理

6.1 概述	88
6.2 尿的生成	93
6.3 尿的浓缩与稀释	101
6.4 尿生成的调节	101
6.5 排尿	104
复习思考题	105

第7章 能量代谢与体温调节

7.1 能量代谢	106
7.2 体温调节	109
复习思考题	114

第8章 肌肉生理

8.1 骨骼肌生理特性	115
8.2 骨骼肌的类型和生长发育	119
复习思考题	120

第9章 神经生理

9.1 神经元活动的一般规律	121
----------------------	-----

9.2	反射活动的一般规律	129
9.3	神经系统的感觉功能	132
9.4	神经系统对躯体运动的调节	136
9.5	神经系统对内脏活动的调节	140
9.6	脑的高级功能	144
	复习思考题	147

第 10 章 内分泌生理

10.1	概述	148
10.2	下丘脑—垂体	153
10.3	甲状腺	160
10.4	甲状旁腺与调节钙、磷代谢的激素	163
10.5	胰岛	165
10.6	肾上腺	168
10.7	性腺	172
10.8	其他内分泌腺和内分泌物质	176
	复习思考题	177

第 11 章 生殖生理

11.1	生殖细胞的生成	178
11.2	交配与受精	183
11.3	妊娠	187
11.4	分娩	190
	复习思考题	191

第 12 章 泌乳生理

12.1	乳腺的结构	192
12.2	乳腺的发育及其调节	194
12.3	乳的分泌	196
12.4	排乳	200
	复习思考题	202

第 13 章 家禽生理

13.1	血液循环生理	203
13.2	家禽呼吸生理	204
13.3	家禽消化生理	206
13.4	家禽体温及其调节	210
13.5	家禽泌尿生理	211

13.6 家禽生殖生理	211
复习思考题	214

实验

实验一 实验动物的编号、捉拿和固定方法	215
实验二 血液凝固	219
实验三 红细胞比容的测定	220
实验四 血红蛋白(Hb)的测定	222
实验五 红细胞沉降率测定	223
实验六 红细胞脆性的测定	224
实验七 血细胞计数	225
实验八 心音听诊	228
实验九 脉搏检查	229
实验十 胃肠运动的直接观察	230
实验十一 离体小肠平滑肌的生理特征	231
实验十二 瘤胃内容物在显微镜下的观察	233
实验十三 动物体温的测定	233
实验十四 影响尿生成的因素	235
实验十五 雄激素对鸡冠发育的作用	236
实验十六 精子活力的测定	237
实验十七 乳羊的排乳反射	238

附录

附录一 常用生理溶液、试剂、药物的配制与使用	239
附录二 实验动物的生理指标	244

参考文献

绪 论

生理学是研究活体内发生的基本生命活动及其规律的科学,是生命科学的核心。动物的生命活动,一方面表现在与其生存环境的联系,如食物的摄取、消化和吸收,气体的吸入和呼出,信息的交换以及代谢产物的排出等;另一方面则表现在各种生命活动高度的协调性和维持本身完整的统一性,即机体各部分保持密切的联系和内部环境相对的稳定状态。而动物有机体内、外环境的协调统一,则有赖于神经和体液系统的精确调节。

0.1 动物生理的研究内容

动物生理学是生理学的一个分支,它除了包含生理学的共同内容外,同时还须研究动物生理学的特殊性及其规律,例如,草食动物胃肠道的微生物消化、乳牛的泌乳生理特点等。随着相关学科如分子生物学、生物化学、免疫学等的迅速发展,对生命活动认识进一步深化,从而为提高动物的生产性能和保健治疗开拓了广阔的前景。

随着畜牧业对高科技需求的日益迫切,以及学科交叉的日益广泛和深化,动物生理学日益与畜牧生产密切联系,出现了动物营养生理学、生殖免疫学等学科。不过作为畜牧兽医的专业基础课程,本书仍以器官、系统和整体生理学为基本脉络,涉及有关的一些分子、细胞生理学和环境生理学等内容。

0.2 动物生理在畜牧兽医学科中的地位

研究动物生命活动基本规律的动物生理学是畜牧、兽医科学重要的基础学科。随着动物生理研究的深入发展,必将导致新理论的发现和新技术的建立,进而促进应用科学的进步。近年来,畜牧兽医科学中一些高新技术的应用无一不与动物生理的进步有关,例如,应用生长激素促进生长和泌乳的技术,就是以生长轴的研究为基础;胚胎工程及动物克隆,则是以生殖生理研究的进步为前提的;正在兴起的功能基因组学研究,也是以生理研究为依据。动物生

理在兽医临床方面也有其丰富的内涵。近代动物临床兽医应用表明,动物生理不仅是病理生理的基础,而且在疾病的诊断、病畜的治疗及护理中都显示出极为重要的意义。因此,动物生理在深入基本规律研究的同时,必须十分注意与畜牧生产及兽医临床实践等的结合。

0.3 动物生理的研究方法

动物生理是一门实验科学,研究方法的改进与更新,促进了研究内容新的发现和学科的发展,因此研究方法历来受到研究者的高度重视。动物生理的基本实验方法是动物实验方法,归纳起来可分为慢性实验和急性实验两类。

急性实验又可分为在体和离体两类。急性在体实验将动物处于麻醉或破坏大脑状态,解剖暴露某种器官后,给予适当刺激,进行观察记录和分析称为活体解剖法。急性离体实验就是从动物体取出某种器官或组织、细胞,在模拟机体生理条件下进行实验,例如,心脏、肾、乳房等器官灌流实验;通过体外培养组织或细胞、对代谢及神经、激素作用进行研究。急性实验方法的优点是操作比较简单,实验条件较易掌握,对器官系统可进行较细致的实验研究,但不一定能完全反映器官在体内的正常活动情况。

慢性实验是动物预先经外科手术,以暴露、摘除或破坏某一器官或组织,或在其中安置瘘管(如消化管和血管)或埋植电极(如神经组织)等,待动物手术恢复后,可在比较正常条件下进行长期的系统观察,这种方法能较好地反映器官在机体的正常活动。

上述的急性与慢性的两种实验方法,各有其优点和不足之处,对于阐明生理活动规律两者具有相互补充的作用。

第 1 章 机体生命特征

本章导读: 主要内容包括细胞特性、机体的功能调节、内环境与稳态。通过学习,理解生命的基本特征、生物电产生和兴奋传导的基本原理,通过对动物机体内环境及稳态的理解掌握,在动物饲养管理过程中达到提高经济效益的目的。

1.1 细胞特性

细胞是构成动物机体的基本生命单位,机体内的各种生命活动都是在细胞的基础上进行的。因此,深入研究细胞的功能活动,将有助于揭示生命活动的本质,并借以更深刻地认识各器官、系统以及整个机体的生命活动及其规律。

1.1.1 细胞的信息传递

动物体各器官之间的相互协调以维持整体统一性,主要靠信息传递来完成。信息传递分细胞间传递和细胞本身跨膜传递两类。除了甾体类激素主要是进入细胞内直接影响基因转录外,其他激素和神经递质一般是作用于细胞膜而起作用。

1) 膜受体

细胞膜存在能专一性结合激素、神经递质以及其他化学活性物质并引起特定反应的特殊结构,称为受体。受体主要是镶嵌于脂质双分子层中的特殊蛋白,多为糖蛋白,也有脂蛋白和糖脂蛋白,占膜蛋白总量的1%~2%。由结合和催化两部分组成,前者暴露在脂质双层的外表面,它的特定分子结构能够与特定的化学物质结合,好像钥匙与锁的关系。催化部分位于脂质双层的内表面,一般是一种没有活性的酶。当受体的结合部分与相应的化学物质(配体)结合时,首先引起结合部位分子构象发生改变,接着引起催化部分分子构象发生改变,使原来没有活性的酶转变成有活性的酶,从而催化细胞内底物,引起一系列连锁生化反应,最后导致细胞内部功能变化。也就是说受体具有两项基本功能:一是有识别能力,能识别某一种化学物质并与之结合;二是能转发化学信息,即受体与特异的化学物质结合后,能将该物质携带的信息传递给细胞,使其功能活动发生相应的改变。

大多数神经递质的受体是阀门离子通道,所谓的离子通道是指细胞膜上镶嵌的能够转载

离子通过的膜蛋白质,称为通道蛋白或离子通道,简称通道。该通道存在可移动的带电基团,在化学物质或电位差的作用下发生构象变化,而做阀门式的开启与关闭,所以称阀门离子通道。当被激活而开启时,允许离子通过;被灭活关闭时,则不能通过。该通道与神经递质调节分子(配体)结合诱发配体离子流。因此,阀门离子通道既是神经递质作用的受体,又是它的效应器。不过大多数调节分子(如激素类)与特定的膜受体结合,并对细胞功能发生影响,作用比较复杂,主要是通过第二信使的信息传递途径来完成。

在目前发现的各种受体中,大多数存在于细胞膜上,称为细胞膜受体;另一部分存在于细胞内,称为细胞浆受体和细胞核受体。

2) 跨膜信息传递

信息的载体或携带者称为信使。作为第一信使的激素和其他调节物质,与特定的受体结合后,通过存在于膜结构中信息传递系统诱发产生膜内(胞浆中)称为第二信使的物质,从而引起细胞内代谢发生相应的变化,达到激素对靶细胞的功能调节;也就是说第二信使是指在细胞内继续传递激素(或是调节分子)的携带的调节信息的特殊化学物质。根据与跨膜信息传递系统有关的物质及其作用,综合跨膜信息传递的过程和作用如下:

- ① 激素或调节分子与膜受体结合。
- ② 配体—受体结合物与 G 蛋白相互作用并使后者激活。
- ③ 活化态 G 蛋白与一种或数种酶(二腺苷酸酶、cGMP 磷酸二酯酶、Ca²⁺ 通道或磷酸酯酶 C)相互作用而激活或抑制它们。
- ④ 一种或数种第二信使(cAMP cGMP Ca²⁺ 或二酰甘油)在细胞内水平增加或降低。
- ⑤ 一种或数种第二信使依赖性蛋白激酶的活性改变:包括 cAMP 依赖性蛋白激酶、cGMP 依赖性蛋白激酶、钙调蛋白激酶或蛋白激酶 C。
- ⑥ 酶或离子通道的磷酸化水平发生改变或离子通道活性变化从而引发最后的细胞反应。

1.1.2 细胞的兴奋性

1) 兴奋性的概念

活细胞的一切生命,归根到底都是以细胞内部的新陈代谢为基础的。但是,新陈代谢是不断变化发展的过程。它的性质、速度和强度时时刻刻受到细胞内外各种因素的影响而不断发生改变。活细胞在内外环境改变的影响下,能够使它内部的新陈代谢发生改变的能力,叫细胞的兴奋性。能够引起活细胞的新陈代谢发生改变的各种因素,叫做刺激。刺激分为物理刺激(如声、光、电、温度等)、化学刺激(如酸、碱、药物等)和生物刺激(如细菌、病毒等),等等。

兴奋性是一切活细胞共同具有的特征,也是活细胞对内外环境变化发生适应的基础。动物体内各种细胞的兴奋性的高低不一致。兴奋性高低的主要标志是:细胞内部新陈代谢过程改变的速度,以及引起这些改变所需要的刺激强度。改变越快,引起改变所需要的刺激强度越小,兴奋性就越高。

2) 刺激与反应

内外环境中的各种刺激并不是对所有的细胞都能引起反应(细胞接受刺激后出现的各种功能活动的变化)。所以刺激有适宜刺激和不适宜刺激两类。凡是在一定条件下能够引起某种细胞发生反应的刺激,叫做这种细胞的适宜刺激。相反,凡是在一定条件下不能引起某种

细胞发生反应的刺激,叫做这种细胞的不适宜刺激。不同细胞有不同的适宜刺激,如一定波长的光是视网膜细胞的适宜刺激,一定频率的声波是内耳听细胞的适宜刺激,某些化学物质是内脏平滑肌细胞的适宜刺激,等等。但这些刺激对其他许多细胞却是不适宜刺激。同一种细胞不一定只有一种适宜刺激,而可以有好几种适宜刺激;例如,好几种激素常常都是同一靶细胞的适宜刺激。

适宜刺激引起细胞反应还需要一定的强度,在一定的时间内,能引起细胞产生反应的最低刺激强度称为阈值。兴奋性越高,阈值就越低。低于阈值的过弱刺激称为阈下刺激,单个的阈下刺激不能引起细胞的反应。

引起细胞反应除需要一定的刺激强度外,还需要刺激达到一定时间。一般说来,细胞的兴奋性越低,需要刺激时间就越长。刺激的强度和作用时间是引起细胞发生反应的两个必要条件,两者存在密切的相互关系。刺激强度越大,引起细胞发生反应所需要的刺激时间就越短。反之,刺激强度越小,所需刺激时间越长,两者依从关系的强度—时间曲线,如图 1.1 所示。曲线上的任何一点都代表具有一定刺激强度和时间的阈值,所以图中的双曲线表示细胞兴奋性的普遍规律。生理实验中多用电刺激,因为电刺激的强度和作用时间便于掌握,而且反复施加刺激也不易造成组织损伤。

3) 兴奋性的变化

细胞的兴奋性不是固定不变的,尤其是在受到刺激时发生较大变化。以神经细胞和肌肉细胞为例,一次刺激后,兴奋性经历 4 个阶段的变化,然后又恢复到正常水平。这 4 个阶段依次为:

(1) 绝对不应期 是细胞完全缺乏兴奋性的时期,对任何新刺激都不发生反应,所以也称绝对乏兴奋期。

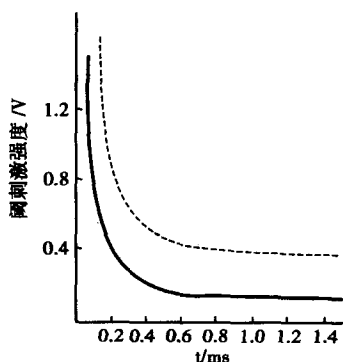


图 1.1 两条神经纤维的强度—时间曲线
(实线表示粗的神经纤维,虚线表示细的神经纤维)

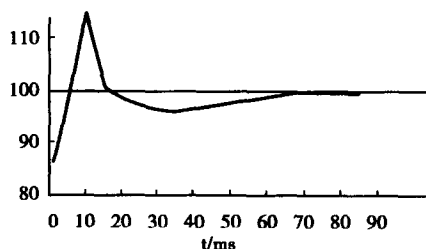


图 1.2 猫隐神经在一次兴奋后的兴奋恢复过程
(在 0 处给予刺激,引起一次兴奋。纵坐标 100 代表正常的兴奋性水平;在 100 以上表示兴奋性超过正常;在 100 以下表示兴奋性低于正常)

(2) 相对不应期 这时细胞的兴奋性开始恢复,但还没有达到正常水平,原来的阈刺激不能引起反应,较强的刺激才能引起反应。

(3) 超常期 继相对不应期之后出现,这时细胞的兴奋性略高于正常水平,原来的阈下刺激也能引起反应。

(4) 低常期 这时细胞兴奋性又降低至正常水平以下,低常期后兴奋性逐渐恢复正常,如