



新世纪地方高等院校专业系列教材

运动生理学

吕新颖 主编



南京大学出版社

全国教育科学“十五”规划课题项目

运 动 生 理 学

主 编 吕新颖

副主编 姚为俊 蒋艳杰

编写者(以姓氏笔画为序)

付 毅 史仍飞 朱应明

南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学 / 吕新颖主编. —2 版. —南京: 南京大学出版社, 2009. 1

(新世纪地方高等院校专业系列教材)

ISBN 978-7-305-03947-8

I. 运… II. 吕… III. 运动生理—生理学—高等学校—教材 IV. G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 009751 号

出版者 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://press.nju.edu.cn>

出版人 左 健

丛 书 名 新世纪地方高等院校专业系列教材

书 名 运动生理学

主 编 吕新颖

责任编辑 蒋 平 编辑热线 025-83593052

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 丹阳市兴华印刷厂

开 本 787×960 1/16 印张 19 字数 330 千

版 次 2009 年 1 月第 2 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-03947-8

定 价 28.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮箱 nupressl@publicl.ptt.js.cn(编辑部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

新世纪地方高等院校专业系列教材

编 委 会

学 术 顾 问 王德滋 孙义燧 袁振国

朱小蔓 谢安邦

总 主 编 周建忠

编 委 会 主 任 周建忠 左 健

编委会副主任 金鑫荣

编 委 会 成 员 (按姓氏笔画为序)

王兴林 左 健 许金生

刘 建 刘海涛 刘周堂

吴孝成 李进金 陈江风

余三定 张庆利 金鑫荣

周建忠 赵嘉麒 赵立兴

郭 永 熊术新 黎大志

薛家宝

在一个文化生活倍受大众关注的时代里,体育无疑要成为人们关注的焦点。人的潜能有多大?人体运动的能量来自何方?兴奋剂为何有那么大的魔力?怎样才能有效的减肥?这一切无疑是人们较感兴趣的话题,也是需要运动生理学回答的问题。

绪 论

运动生理学是在人体生理学的基础上发展起来的一门应用性学科,它和运动解剖学、体育保健学等共同构建了体育专业教学中的有关人体科学的理论体系,是体育专业教学中的一门主干课程。

一、运动生理学的研究对象

运动生理学是人体生理学的一个分支。“人体生理学”是研究人体机能活动规律的科学。

“人体机能”是指人体整体及其各组成系统、器官所表现出来的生命活动现象。如:肌肉活动、呼吸、循环、消化、排泄等。

“运动生理学”则是研究在体育活动的影响下人体的这些机能变化规律的科学。一般说来,运动生理学的研究是从人体整体,器官和系统,细胞和分子三个不同的水平进行的。

整体水平研究 整体水平研究是指在整体水平上研究人体在一定的环境条件下运动时,人体各系统、器官之间的相互关系,以及人体各系统、器官对运动的反应和适应过程。如:研究人体运动时肌肉工作能力、心血管系统的机能、呼吸系统的机能、内分泌机能物质和能量代谢等的变化,以及它们对运动的适应程度。

器官、系统水平研究 人体运动时整体机能的表现,是建立在各器官、系统机能活动密切协调配合的基础之上。因此,探讨人体运动时的机能变化,必须对各器官系统的机能进行研究。如:运动时心血管系统的机能会发生较大的变化,表现为心率、血压、心输出量升高。对引起这些指标升高的因素和变化特点的研究,就是器官、系统水平研究。

细胞、分子水平研究 器官是由一些具有特殊功能的细胞群所组成,各器官、系统的生理机能取决于这些具有特殊功能的细胞群,而每个细胞的生理功能又依赖于构成细胞的生物分子。细胞、分子水平的研究主要是研究运动时细胞内各亚显微结构的机能,以及生物分子的特殊理化变化过程。有关运动时骨骼肌超微结构变化,收缩蛋白的结构和代谢水平变化,线粒体、生物膜、酶系统等机能的变化,就属于细胞、分子水平的研究。

上述三个层次的研究既有区别,又紧密相关。细胞和分子水平的研究,有助于揭示生命现象的最本质的基本规律,并对理解其它层次的生理活动过程具有普遍的指导意义;器官和系统水平的研究,有利于把复杂的整体生命活动化整为零地分别进行研究,从而更加准确、方便地把握机体的生命活动规律;对这两个层次的研究和分析,都是为了能更准确地理解整体活动规律。但是,整体生理活动规律并不等于组成人体各器官、组织、细胞生理功能的简单总和。所以,要全面的理解某一生理机能,必须在三个层面的基础上进行分析、综合。

二、运动生理学的目的、任务

运动生理学是通过对人体短期运动的反应和长期运动的适应规律的专门研究,为体育教学和运动训练提供生理科学依据,对运动实践有着重要的指导意义。其具体的目的是:

(1) 在正确认识人体机能活动基本规律的基础上,进一步探讨在体育运动影响下人体机能产生适应性变化的生物学规律及其生理机制;

(2) 掌握体育教学和运动训练的一些基本生理原理,特别是不同年龄、性别特征与体育运动的关系,为科学地进行体育教学和运动训练提供生理依据;

(3) 初步掌握评定人体机能能力的基本原则和依据人体机能的变化特点从事体育教学和运动训练的基本原理。

三、运动生理学研究方法及与其他学科的关系

运动生理学的各种理论和观点绝大部分是从实验中获得、总结出来的,并不断在实践中受到检验。所以,实验研究法是运动生理学研究的基本方法。通过人工创造的条件,使一定的生理现象按所要求的空间和时间出现,借以观察和分析机能活动变化的过程及其因果关系。一些实验能在对人体无损伤的条件下进行,而另一些实验则需要给某些组织造成一定损伤,或必须摘取少量标本进行离体观察。因此,有相当一部分实验只能利用动物来进行。虽然人类和动物在许多特殊机能上有质的不同,但种属与人类相近

的动物其基本机能还是与人类一致的。为了阐明某些在人体难以观察到的生理过程和机理,在正确估计人与动物的区别的前提下,即可采取动物实验的方法。

由于科学技术的发展,目前的实验手段有了很大的改进,为本学科的研究创造了良好的条件。利用各种遥测、换能、多导记录等技术,可以在不影响人体运动状态的条件下,获得更真实的实验数据,使整体水平的研究有了新的发展。而肌肉活检、电镜观察、微电极、生物免疫、生物化学、分子生物学等技术已把实验者的视野带进了细胞分子水平的微观世界。

人体机能和形态是密切联系的,因此,学习本学科不但要从人体生理学入手,还要掌握人体解剖学的基本知识;为了进一步阐明某些生理现象的产生机理,也要学好生物化学这一基础理论;由于运动生理学的研究范围限于人体在正常状态下的机能活动,所以它又需要与各种病理现象相鉴别,并为运动参加者的机能评定、医务监督等体育保健学的内容提供理论依据。

运动生理学是一门应用学科,为了提高它的应用功能,还要和体育教学与运动训练的实际工作以及其它基础学科相互配合,进行综合、系统、深入的学习和研究,才能对体育运动实践做出更大贡献。

思考题

1. 运动生理学的研究对象是什么?
2. 体育专业的学生为什么要学习运动生理学?
3. 简述对运动生理学研究的三个不同层次。

目 录

绪 论	1
第一章 细胞生物电现象	1
第一节 细胞基本结构和物质转运功能	1
第二节 神经的兴奋与传导	4
第二章 肌肉的活动	11
第一节 肌肉的收缩	11
第二节 肌肉收缩的形式及力学分析	23
第三节 肌纤维类型与运动能力	29
第四节 肌肉中结缔组织及功能	34
第三章 肌肉活动的神经控制	37
第一节 神经调节方式概述	37
第二节 脊髓对躯体运动的调节	38
第三节 脑干对肌紧张和姿势反射的调节	41
第四节 高位中枢对肌肉活动的控制	45
第四章 呼吸	50
第一节 肺通气	51
第二节 肺换气	55
第五章 血液	57
第一节 概述	57
第二节 血液的组成	58
第三节 血液的理化特性	61
第四节 血液的功能	61
第六章 血液循环	67
第一节 心肌的生理特征	67
第二节 心泵功能	70
第三节 血管生理	78

第四节 心血管活动的调节	87
第七章 最大摄氧量($\text{VO}_{2\text{max}}$)和个体无氧阈	94
第八章 物质代谢	106
第一节 消化	106
第二节 吸收	111
第三节 体育运动对消化机能的影响	113
第四节 糖、脂肪和蛋白质在体内的分解代谢	114
第五节 体育运动与糖代谢	121
第六节 代谢尾产物的排泄	123
第九章 能量代谢	130
第一节 机体能量的来源与去路	130
第二节 能量代谢的测定原理与方法	132
第三节 影响能量代谢的主要因素	135
第四节 运动时能耗量的计算及其意义	137
第五节 人体运动时的能量供应	140
第十章 内分泌系统	148
第一节 概述	148
第二节 人体的内分泌系统	150
第三节 某些激素对代谢的调节	154
第四节 体育运动对内分泌系统机能的影响	166
第十一章 感觉	172
第一节 感觉的形成概述	172
第二节 视觉	176
第三节 位觉	180
第四节 其他感觉	184
第十二章 神经系统的整合功能	190
第一节 神经元间的功能联系与反射	190
第二节 运动时神经系统对人体功能的整合	198
第十三章 运动技能的形成	206
第一节 条件反射	206

第二节 运动技能的形成	210
第十四章 运动过程中人体功能变化的规律	220
第一节 赛前状态与准备活动	220
第二节 进入工作状态和稳定状态	222
第三节 运动性疲劳	225
第四节 恢复过程	229
第十五章 运动素质的生理基础	235
第一节 力量素质	235
第二节 速度素质	247
第三节 耐力素质	252
第四节 灵敏素质	259
第五节 柔韧素质	260
第十六章 体育教学训练原则和方法的生理学分析	264
第一节 儿童少年的生理特点	264
第二节 女子的体育教学与训练	269
第三节 教学训练原则的生理学分析	274
第四节 运动负荷的生理学分析	278
第五节 训练方法的生理学分析	281
参考文献	288
后 记	289

我们知道,人体是由数以亿计的细胞构成的。但若将同等数量、同样形态、体积的物质按同样的方式组合在一起,我们并不能得到同样的一个人体。原因很简单:人体是一个有机的整体,每一个细胞和其它细胞之间都存在着一定的联系。那么,这种联系是如何实现的?又是如何发挥其生理作用的?为什么人体不仅能够协调好自身作为一个有机整体的正常运作,还能对外界的刺激做出迅速的反应?

存在于生物体内的电现象就是上述问题的本质因素。和自然界中的电现象相比,它们有着相同的基本特性。让我们走进小小的细胞内部,了解电现象神奇的产生、传递和作用机理。

第一章 细胞生物电现象

第一节 细胞基本结构和物质转运功能

一、细胞基本结构

细胞是生命活动的基本单位。细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。(详见解剖学)

1. 细胞膜

细胞膜作为细胞界膜,厚约 7.5~10 nm,由脂质双分子层作为基架构成,其中镶嵌着许多蛋白质,同时结合有机糖等其它成分,具有一定的流动性。

2. 细胞质

包括可分辨的细胞器(内质网、线粒体、高尔基体、溶酶体、核糖体等)和胶状物质称细胞质基质。

3. 细胞核

是细胞遗传与代谢的调控中心。主要由核被膜、染色质、核仁及核骨架组成。细胞核是遗传信息的储存场所,在这里进行基因复制、转录和转录初

产品的加工过程,从而控制着细胞的遗传与代谢活动。

二、细胞膜的物质转运功能

细胞与其生活的内环境(具体说是组织液)之间,隔有细胞膜。细胞膜使细胞与周围环境保持相对独立,造成相对稳定的细胞内环境,并通过细胞膜与周围环境进行物质交换和信号传导等。细胞膜常见的物质转运形式有如下几种:

1. 单纯扩散

是一种不耗能量的被动的物理过程,是分子或离子从浓度高的一侧通过细胞膜向浓度低的一侧运动。由于细胞膜基架是一脂质膜,因而只有能溶于脂质的物质分子,才有可能由膜的高浓度的一侧向低浓度一侧运动。人体内依靠单纯扩散而通过细胞膜的物质是较少的,主要有 O_2 和 CO_2 等气体分子。

2. 易化扩散

是指一些不溶于脂质、体积过大的物质或亲水极具极性的物质,如钾、钠离子、葡萄糖、氨基酸等小分子物质,在细胞膜蛋白的帮助下,由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散或转运的过程,这一过程是不耗能的。一般认为膜蛋白至少以可区分的两种方式把这些物质转运出入细胞。一种是以“载体”为中介的易化扩散。即细胞膜中存在有各种载体如同连输的船,它首先在膜的一侧与某种特异性物质结合成复合体,然后从膜的这一侧运动或旋转到膜的另一侧,再与此种物质解离,从而将此物质运过细胞膜(如葡萄糖通过一般细胞膜)。载体扩散具有高度的特异性,只有某种特异性的化学结构物质才容易通过,因此,一定的载体只能转运一定的物质。

另一种是以“通道”为中介的易化扩散,它们常与如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 这些离子由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的移动有关。所谓通道是指细胞膜中一些贯穿膜内、外的嵌入蛋白质,它好像一插入细胞双磷脂分子层中的管道,允许某一种离子或某一类物质沿浓度梯度扩散通过,故称做通道蛋白质或简称通道。由于蛋白质的化学构型易于改变,故通道蛋白质可在某些化学物质作用下或在膜电位改变的情况下改变构型,而使其通道开放或关闭,从而改变膜对某种物质的通透性。由于构型变化极为迅速,通道可以在数毫秒或数十毫秒之间的极短时间内形成,而后又迅速关闭,从而使膜可迅速改变该物质的通过量。

3. 主动转运

是被称做“泵”的膜蛋白质将某种物质逆浓度梯度的转运过程。即将物质由低浓度一侧通过细胞膜主动转运到高浓度一侧的过程,这是一种消耗能量的过程,犹如水泵消耗电能,克服水位差,将水从低处泵向高处一样。如细胞内氨基酸浓度是血液中的2~20倍,即是主动转运的结果。

人体细胞中存在着各种不同功能的“泵”,但在细胞的主动转运中最普遍的是“钾—钠泵”(简称钠泵)对钾、钠离子的主动转运。人和动物的各种细胞的细胞内、外,虽只有一膜之隔,但膜内、外钾、钠离子浓度差别却很大。正常时,膜内 K^+ 浓度约为膜外的20~40倍,膜外的 Na^+ 浓度约为膜内的7~12倍。现已知道,这种浓度差的形成和保持,是靠细胞膜上存在的“钠泵”对 Na^+ 、 K^+ 主动转运来实现的。这种浓度差的保持,则是细胞得以产生兴奋的物质基础(见后述)。钠泵又称为“Na-K 依赖式 ATP 酶”。人体消耗的总能量中,约有20%的能量消耗在钠泵的转运上(不同细胞这一比例不同)。除钠泵外,人体中还有许多重要的泵,如骨骼肌和心肌纤维内部的钙泵,甲状腺细胞上的碘泵等。

4. 出胞和入胞

上面叙述的三种物质转运形式,都是物质以离子或分子的形式通过细胞膜的。对于某些大分子物质或物质团块,还可通过膜的更为复杂的结构和功能的变化,使之进出细胞,可分别称之为出胞和入胞。出胞是指这类物质从细胞内排出的过程。如外分泌腺分泌某些酶原颗粒,内分泌细胞分泌激素,以及神经末梢释放神经递质,都是出胞的表现形式。当进行出胞时,细胞内含有上述分泌物的囊泡向细胞膜移动,最后与细胞膜接触并融合,并在融合处出现裂口,囊泡一次排出胞外。

入胞和出胞相反,指细胞外某些物质团块(如侵入体内的细菌、病毒或血浆中的大分子蛋白质等)进入细胞的过程,此时若进入物为固体物,称为吞噬,若进入物为液体,则称为吞饮。吞噬时,具有吞噬功能的细胞(如白细胞)先伸出伪足将异物包绕,然后发生细胞膜的融合和断裂,异物和包绕它的那部分细胞膜整个地进入胞浆,再由细胞中的溶酶体内的各种水解酶对它进行消化分解(即细胞免疫)。

第二节 神经的兴奋与传导

一、兴奋和兴奋产生的条件

(一) 兴奋

当机体生活的环境发生变化时,细胞、组织或机体的内部代谢和外部表现都将发生相应的改变,这种改变称为反应。环境中各种能引起机体发生反应的变化称为刺激。实验发现,当各种组织受到刺激时,虽然其外部反应表现可能不同,如肌细胞表现机械收缩、神经细胞的传导、腺细胞表现分泌活动等,但它们都有一个共同的最先出现的反应,这就是在受到刺激处的细胞膜两侧,产生一次电位变化,称作动作电位。各种细胞所出现的上述特有的外部表现都是由动作电位进一步触发引起的。因此,在生理学中,将组织受刺激后产生动作电位的过程或动作电位本身称为兴奋。

(二) 刺激引起神经兴奋的条件

实验表明,任何刺激要引起组织兴奋,必须具备三个条件:即一定的强度、一定的持续时间以及一定的强度-时间变化率。这三个条件的参数不是固定不变的,并可相互影响,如果其中一个或两个的值变化了,其余的值也会发生相应的改变。在生理学实验中,常用电刺激做为人工刺激。

1. 强度

如果我们用电刺激,刺激神经-肌肉标本,并使每一电刺激的作用时间和强度-时间变化率都固定,而仅改变刺激的强度,使之由小到大。当刺激强度过低时,没有反应,逐步增加强度,可找到一个刚刚可引起收缩反应(即兴奋)所必需的最小强度,此强度称为阈强度。具有这种临界强度的刺激,称阈刺激。强度小于阈值的刺激,称为阈下刺激。测定组织阈值的大小,可以近似地反映它们兴奋性的高低,即引起组织兴奋所需的阈值愈小,说明该组织兴奋性愈高,反之,阈值愈大,说明兴奋性愈低。

2. 时间

在上述实验中,若使电刺激强度变化率固定不变,再观察分析刺激强度和刺激作用时间这两个因素的相互关系,发现在此情况下,引起组织兴奋所需的阈强度和刺激的持续时间呈反变的关系。如果我们用能够引起兴奋的

各个不同强度为纵坐标,而以和它们相对应的作用时间为横坐标,制成坐标图,可得到一条类似等边双曲线的曲线,称为强度-时间曲线(图 1-1)。其特点是它的两边到接近某一点时,即分别成为横坐标和纵坐标的平行线,曲线右侧的这个点表明,当刺激强度减弱到低于这一点的纵坐标所表示的强度时,无论刺激时间怎样延长,也不能引起组织兴奋,因而把这个刺激强度称为基强度。曲线左侧的另一个点表明,当刺激作用时间减小到短于这一点的横坐标所表示的时间时,即使大大增加刺激强度,也同样不能引起组织兴奋。只有在这两点之间的范围内,才存在上述的反变关系,它代表了可兴奋组织兴奋的规律。

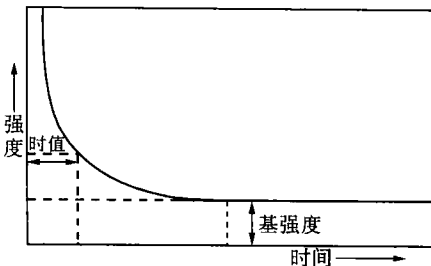


图 1-1 可兴奋细胞的强度-时间曲线

3. 强度变化率

即刺激强度由零达到阈强度的速率。立即达到阈强度,可引起兴奋;缓慢升高达到阈强度,不能引起兴奋。后者可能是组织对缓慢增加的刺激产生了一定适应的结果。

二、组织兴奋性的指标和兴奋性的变化

(一) 兴奋性

组织接受刺激后产生兴奋的能力则称为兴奋性。实际上,几乎所有的活组织都具有一定的兴奋性,但由于神经、肌肉和某些腺细胞的兴奋性较高,只需要较小强度的刺激就能迅速表现出某种形式的反应。故生理学中又将这些细胞称可兴奋细胞。兴奋性也是一切生物体所具有的基本功能,它能使生物体对环境变化作出适宜的反应,以适应环境的变化。

(二) 组织兴奋性的指标——时值

一定刺激强度下作用不同组织细胞产生兴奋所需时间越短的,其兴奋性越高。基强度的刺激引起兴奋所需的最短作用时间为效用时间,也可作为兴奋性的指标。

在测得组织基强度后,再取 2 倍于它的强度作测试,求出引起兴奋所需要的最短时间,这个特定的最短时间即称为时值。时值是运动生理学中常用的衡量神经和肌肉的兴奋性的指标。时值越短,意味着组织对刺激发生

反应的速度越快,亦即兴奋性越高。实验证明:不同肌肉的时值不同,一般来说,屈肌的时值短,伸肌时值长。运动员的运动专项和训练水平不同,其肌肉时值也不同。例如,从事速度性项目的运动员,其肌肉时值较力量性项目的运动员短。随着训练水平的提高,运动员的肌肉时值缩短,拮抗肌之间的时值差异渐趋减小,表明拮抗肌间的协调程度提高。

(三) 兴奋性的变化

组织受到一次刺激而发生兴奋后的一个较短时期内,其兴奋性会发生一系列变化。紧接在兴奋之后,其兴奋性立即降低至零,此时无论多强的刺激都不能引起反应,故称绝对不应期。继而出现兴奋性逐渐恢复的相对不应期,在此期内比正常阈值较强的刺激可引起其兴奋。随后兴奋性继续上升,并超出正常兴奋性水平,称超常期。然后兴奋又向降低方向发展,出现一个持续时间较长的低常期,最后,兴奋性恢复正常。兴奋性的这一系列变化发生在不到 $1/10$ s的短时间内。不同组织以上各期的持续时间亦不相同。

绝对不应期的存在使兴奋过程不致融合,从而使每次相继的兴奋之间必定有一个时间间隔,兴奋的发生和传导也必然是脉冲式的,因而一般把在神经上传播的兴奋称为神经冲动或简称冲动。不应期的长短还决定组织发生兴奋或冲动的最高频率。例如,哺乳动物神经的绝对不应期一般约为 1 ms 。因此,它每秒最多只能发放或传导 $1\ 000$ 次冲动。但实际上,神经纤维在体内传导、冲动频率远远低于理论上能达到的值。

三、兴奋的电学本质

前面提到,动作电位是可兴奋细胞的标志或“兴奋”的本身。细胞兴奋时,为何会发生动作电位呢?现已知道,动作电位的变化是在静息电位的基础上发生的,故在此先述静息电位。

1. 静息电位

静息电位是指细胞未受到刺激时存在于细胞膜内、外两侧的电位差。实验中如果把连在阴极示波器上的二个测量电极的一个放在浸泡有单条神经纤维的溶液中,另一个连接一个尖端直径不到 $1\ \mu\text{m}$ 的微细探测电极,准备插入到神经纤维膜内。当微电极尚在细胞膜外面时,示波器上的光点在 0 mV 处扫描成一直线(图 1-2A),表明两电极之间没有电位差存在。一旦微电极刺破细胞膜,进入细胞质内,光点立即下降到 -90 mV 扫描(图 1-2B),表明膜内、外两侧存在 90 mV 的电位差,且细胞膜外是正电位。若规定膜外电位为零,则膜内电位为 -90 mV 。由于这一电位差存在于细胞膜的两侧,

故称跨膜静息电位,简称为静息电位或膜电位。只要细胞未接受外界刺激,静息电位就稳定在某一固定水平。细胞安静时,膜内、外电位稳定于某一数值的这种状态,称做极化状态。

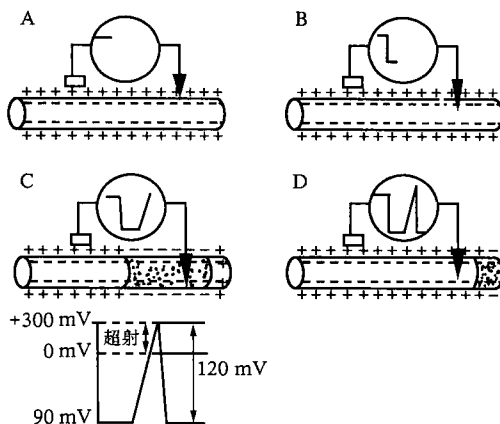


图 1-2 静息电位和动作电位

静息电位的成因是由于细胞膜内外 Na^+ 、 K^+ 的分布不均匀和细胞膜具有选择通透性。在静息状态下,由于膜内的 K^+ 浓度比膜外的大 20~40 倍,膜内的 Na^+ 浓度比膜外的小 7~12 倍。此浓度梯度驱使 K^+ 顺浓度梯度向膜外扩散, Na^+ 顺浓度梯度向膜内扩散;另一方面,由于细胞膜对 K^+ 的通透性要比对 Na^+ 的通透性大 20~100 倍左右,故安静时,细胞膜对 K^+ 有一定的通透性(虽然很低),而对 Na^+ 基本是不通透,从而使少量的 K^+ 通过细胞膜扩散到膜外,而 Na^+ 则不能扩散到膜内。同时,由于细胞内负离子大多是大分子的有机磷酸离子和带负电荷的蛋白质,不能随 K^+ 一道通过细胞膜,而留在膜内。这样一来,细胞膜外侧就有较多正离子,细胞膜内侧则有较多负离子。因而使膜外电位变成正,膜内电位变成负,膜内外产生了外正内负的跨膜电位差。可见这种跨膜电位差是由于膜内的 K^+ 向膜外扩散而形成的。一旦当由 K^+ 外流形成的这种内负外正的电位差即电位梯度出现后,它就成为一种阻止 K^+ 继续向外扩散的力量。因之,当由于浓度梯度而使 K^+ 向外扩散的力量和电位梯度阻止 K^+ 向外扩散的力量相等时,即两种力量达到平衡时, K^+ 就不再继续向外扩散,膜两侧的电位差也就稳定于某一固定数值,这就是静息电位。

各种动物细胞都有外正内负的静息电位,但由于各类细胞膜内外 K^+ 浓度比值或膜对 K^+ 的通透性不同,因而其静息电位值也有所不同,例如,哺乳