



运动解剖 生理学

王步标 主编



高等教育出版社

★ GAODENG JIAOYU CHUBANSHE

运动解剖生理学

主编 王步标

编者 王翔 史绍蓉

肖泽亮 杨洪勋 常燕

(以姓氏笔划为序)

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是中学教师进修高等师范专科体育教育专业教材。全书共分绪论和人体的运动、人体生理功能的调控、运动中氧的运载和能量供应、生理学在体育教学和训练中的应用等4篇14章。

本书除为师专体育专业卫星电视教材外,亦可为电大、函授和自学高考做教材。

图书在版编目(CIP)数据

运动解剖生理学/王步标主编;王翔等编著. —北京:
高等教育出版社, 1995

ISBN 7-04-004990-2

I. 运… II. ①王… ②王… III. ①运动生理-生理学
②运动解剖-解剖学: 生理学 N. ①G804.2②G804.4

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第04545号

高等教育出版社出版

新华书店总店北京发行所发行

化学工业出版社印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 11.75 字数 300 000

1995年8月第1版 1995年12月第2次印刷

印数 5 176—8 183

定价 11.10 元

编写说明

本书是中学教师进修高等师范专科体育教育专业的教材,是根据国家教委师范司制定的“中学教师进修高等师范专科体育教育专业运动解剖生理学教学大纲”所规定的教学任务、教学要求、学时和主要内容为基础编写的。为使教材能更好的体现大纲规定的教学任务和要求,更好地体现系统性原则,我们根据1993年2月具体讨论编写大纲时的看法和审稿会的意见,对原教学大纲确定的章节安排和某些内容的置放,做了两次调整,最后将全书分为绪论和4篇14章编写。于1993年12月在华南师大召开了审稿会,参加者有邓树勋教授(华南师大)、华明教授(杭州大学)、洪太田教授(福建师大)、卢义锦教授(华南师大)。审稿会认为:将解剖学与生理学两门学科内容有机融合,适应专科电视教学层次要求;全书内容不拘泥于经典解剖学与生理学体系,而能根据体育专业特点将全部内容组成14章,体现了新的内容体系特点,内容符合科学性要求,并适当的反映一些解剖生理学科的新知识及进展,有一定先进性。并认为该书符合读者对象要求,符合教材规范,达到出版水平,建议根据审稿意见,对某些内容及文字作一定修改后交出版社出版。

本书由王步标主编,参加编写的有湖南师大王步标(绪论、第5、8、9章)、肖泽亮(第3、4章)、史绍荃(第1、2章)、王翔(第6、7章),河南师大杨洪勋(第10、11、14章)、荆州师专常燕(第12、13章)。

对我们来说,由于将运动解剖学和运动生理学结合做为—门教材编写尚属首次,既乏资料,更缺经验,不当之处,敬请批评指正。

编者

1994年2月长沙

目 录

绪论	(1)
第一节 运动解剖生理学的研究对象、任务和方法	(1)
第二节 生命活动的基本表现	(4)
第三节 人体的基本组成	(10)

第一篇 人体的运动

第一章 运动器系概述	(21)
第一节 骨	(21)
第二节 关节	(25)
第三节 骨骼肌的结构和类型	(31)
第四节 骨骼肌的工作	(40)
第五节 体育锻炼对运动器系的影响	(53)
第二章 四肢和躯干的运动	(56)
第一节 上肢的运动	(56)
第二节 下肢的运动	(68)
第三节 头和躯干的运动	(83)
第四节 运动动作的解剖学分析	(93)

第二篇 人体生理功能的调控

第三章 感觉器官	(105)
第一节 视觉器官	(106)
第二节 位听觉器官	(113)
第三节 本体感受器	(119)
第四章 神经系统	(122)
第一节 中枢神经系统的结构和功能	(123)
第二节 周围神经系统	(140)
第三节 神经调节的一般规律	(148)

第四节	脑的高级功能	(158)
第五章	内分泌系统	(165)
第一节	概述	(165)
第二节	某些内分泌腺的调节功能	(168)
第三节	生殖	(173)

第三篇 运动中氧的运输和能量供应

第六章	呼吸系统与运动	(178)
第一节	呼吸系统的结构	(178)
第二节	肺的通气功能(肺通气)	(184)
第三节	气体的交换	(193)
第七章	血液与运动	(198)
第一节	血液的组成和功能	(198)
第二节	气体在血液中的运载	(200)
第八章	循环系统对气体的输送	(206)
第一节	心脏	(207)
第二节	血管	(220)
第三节	心血管活动的调节	(234)
第四节	运动时循环功能的变化	(238)
第九章	运动中氧的供需	(244)
第一节	需氧量和吸氧量	(244)
第二节	氧亏和氧债	(245)
第三节	最大吸氧量	(246)
第四节	无氧阈(AT)	(252)
第十章	运动中能量供应系统	(256)
第一节	消化与吸收	(257)
第二节	物质代谢	(267)
第三节	代谢尾产物的排除	(278)
第四节	人体运动时的能量供应	(283)

第四篇 生理学在体育教学训练中的应用

第十一章	运动技能的形成	(297)
-------------	----------------------	--------------

第一节	运动技能形成的生理机制	(298)
第二节	运动技能形成的过程	(301)
第三节	影响运动技能形成与发展的因素	(304)
第十二章	运动过程中人体功能变化的一般规律	(309)
第一节	赛前状态和准备活动	(309)
第二节	进入工作状态和稳定状态	(312)
第三节	疲劳和恢复过程	(315)
第十三章	身体素质	(321)
第一节	力量素质	(321)
第二节	速度素质	(330)
第三节	耐力素质	(333)
第四节	灵敏和柔韧素质	(339)
第十四章	少儿和女子解剖生理特点及身体素质的发展 ...	(342)
第一节	少儿的解剖生理特点与体育教学	(342)
第二节	儿童少年身体素质发展特征	(351)
第三节	女子的解剖生理特点与运动	(357)

绪 论

【内容提要】 本章介绍运动解剖生理学的研究对象和方法, 中学体育教师进修学习、运动解剖生理学的任务和基本观点。重点阐述生命活动的三种基本表现——新陈代谢, 兴奋性和生殖, 细胞和四种基本组织的结构与功能。

第一节 运动解剖生理学的研究对象、任务和方法

一、运动解剖生理学的研究对象和任务

运动解剖生理学是建立在人体解剖学和人体生理学基础上的一门交叉分支学科。解剖学是研究机体的形态结构及其发展规律的科学, 生理学是研究机体的功能及其活动规律的科学。运动解剖生理学是研究在体育运动中, 或长期系统的体育锻炼影响下人体的结构和功能活动及其发展、变化规律的科学。结构和功能是互相关系紧密联系的, 结构是功能的物质基础, 功能是物质的运动形式。例如, 肌细胞中肌纤维由于具有肌丝这种特别的结构, 故具有收缩功能。在长期系统的体育锻炼影响下, 不仅肌纤维增粗, 肌肉发达, 而且肌肉收缩的力量也增大。

运动解剖生理学是中学体育教师进修高师体育教育专业的必修课。作为一个中学体育教师, 学习本课程的任务是, 在认识人体的基本结构和功能的基础上, 进而掌握在体育活动过程中和在长期系统的体育锻炼影响下, 人体的结构和功能变化发展的规律; 掌握儿童少年的结构和功能特点与体育锻炼的关系, 以及体育锻炼和运动训练的解剖生理学原理, 为科学地从事中学体育教学, 促进儿童少年身体健康发展和业余运动训练提供自然科学基础。

二、学习运动解剖生理学的基本观点

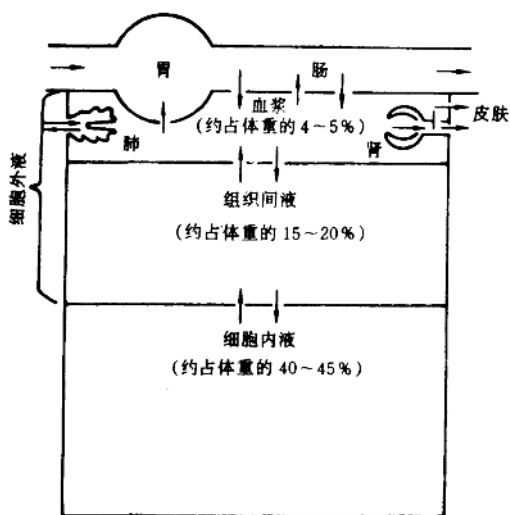
人体是一个有机的对立统一的整体, 它是由细胞、组织、器官

和系统所组成。一方面,人体的各种细胞、组织、器官和系统都有各自的结构和功能特点;另一方面,它们又彼此相互联系、相互协作、相互影响、相互制约,而实现有意义的生命活动。例如,人体的体育活动就是由各器官系统相互联系、相互协作而实现的一个整体活动。在体育活动中,通过运动器官(骨骼、骨骼肌、关节)的活动使身体实现一定的动作,内脏器官(呼吸器官、循环器官等)则与它相匹配,以供应运动所需的能量,而这种匹配得以实现,则有赖于神经系统和内分泌系统的调控和整合。

机体与内、外环境也是相互联系、相互影响的。当环境变化时,机体可使自己的结构与功能适应环境的变化,而与它经常保持着动态平衡,并在这种相互影响的过程中使自己的结构和功能获得发展。

内环境是指机体细胞生活的液体环境,它由细胞外液组成。细胞外液包括在血管中循环流动的血液和在细胞间隙的组织液(图绪-1),可以说,细胞就浸浴在这种液体环境中。在正常情况下,内环境的理化特性经常保持相对稳定,即保持稳态,是细胞得以完成正常生理功能的基础。当内环境的理化特性发生偏移时,机体各部分就要发生相应的功能变化,而重新使之保持相对稳定状态。内环境理化特性发生过度偏移,不能通过自身功能变化来调整时,就会造成机体内部功能状况的紊乱,如体温过于升高时。

外环境是指机体生存的自然环境。同样,当外环境发生变化时,机体能随环境的变化,不断地调整自身各部分之间的关系,使机体内部情况能够经常保持相对稳定,从而有利于在不断变化着的环境中进行正常生理活动。例如,当气温升高时,机体就会产生一系列的生理变化,如出汗增强、皮肤血流增加等,使身体散热加强,从而保持体温的相对稳定,避免因气温剧增而造成体温过高,影响正常生理功能的进行。动物只能通过自身功能的变化来适应环境的变化,而人却能够通过社会性劳动来改造环境,使人的适应环境的能力更趋完善。



图籍-1 体液分布及其物质交换示意图

通过体育运动来增强体质,即使自己的形态结构更趋健美,生理功能能力和抗御不利环境因素的能力进一步增强,就是人类主动适应环境,改造环境一个重要手段。

三、学习运动解剖生理学的方法

运动解剖生理学是一门实验科学,运动解剖学知识都来自对人体的结构和功能的观察和对动物的实验而获得的,因此,在学习本课程时,不仅要认真听好课,仔细阅读教材,而且要注意观察解剖标本模型和挂图,掌握基本的生理学实验操作技能,并通过实验以进一步理解生理学的规律和机制。

运动生理学实验包括动物实验和对人体的实验观察。因为有些实验是需要损及机体才能获得研究结果,所以只能采用动物实验进行。常用的对人体实验测定方法有:①运动现场测定法,这种

方法是直接在运动现场测定受试者在运动过程中的某些生理变化,如心率。目的在于了解不同运动项目的生理特点,不同人群在完成同一项目时的生理反应水平或特点。②实验性训练法。这种方法是让受试者按照一定研究目的而设计的实验方案,进行数周至数月的实验训练,观察训练前后所研究的生理功能的变化,借以了解各种锻炼方法,如不同的训练方式、强度、间歇时间等的训练效果及其对人体的特定影响。③功能测试的评定。即通过对不同年龄、性别,不同体质或训练水平的人群在一定条件下(安静时,定量工作时、极量工作时)各种生理指标的测定,以了解不同人群的体质水平以及体育锻炼对提高人体各种生理功能的作用和规律。

第二节 生命活动的基本表现

生物体与非生物体的根本区别在于只有生物体才具有生命活动。而从对单细胞生物到高等动物的观察研究表明,所有的生物体,只有具有新陈代谢、兴奋性与生殖这三种基本活动时,才能认为具有生命活动,因而把它们称为生命活动的基本表现。

一、新陈代谢

新陈代谢是指生物体在不断与外环境进行物质和能量交换中实现自我更新的过程,生物体一方面不断地利用从外界环境中摄取来的营养物质合成(同化)为自身的组成成分和能源物质;另一方面,生物体又不断地将已衰老的组成成分和能源物质进行分解,放出能量以供其合成新物质和完成各种生理功能,并把分解产物排放到外环境中。新陈代谢是不能停止的,新陈代谢一旦停止,生命也就结束。

机体进行新陈代谢的场所是细胞。生活在体内深处的多种细胞之所以能与外环境进行物质交换是以内环境为中介才得以实现的。内环境的组织液在血管外浸浴多处细胞,可直接地与各处细胞进行物质交换,而循环运行于心血管系统中的血液,则是体内物质运输的媒介,它既可通过毛细血管壁与全身组织液进行物质和水

分的交换,又可通过消化、呼吸、排泄等渠道与外环境相沟通(参见图绪-1),从而实现细胞与外环境进行物质交换的中介作用。

二、兴奋性

(一)刺激和反应

机体与环境的关系,不仅表现在物质交换方面,而且当环境情况发生改变时,能引起机体的活动发生相应的改变,包括外部状态的改变和内部的理化特性的变化。但并不是所有的环境因素都能引起机体活动的改变,只有那些能被机体所感受并正在变化着的因素,才能引起机体活动的改变。生理学中把具有这种作用的环境因素称为刺激,而由刺激所引起的机体活动的改变称为反应。

内外环境中物理的(电、光、声等)、化学的(酸碱度)、机械的(振动和压力)等因素的变化都能够对机体产生刺激,但任何变化因素必须具备下列三条件时,才能具有刺激的效果。一是,刺激要达到一定的强度,强度太低则不能引起反应,生理学上把能引起反应所必需的最小强度,称为阈强度或阈值。二是,刺激要持续一定时间,持续时间太短也不能引起反应。实验发现,当刺激变化速率不变时,引起组织反应的所需的阈强度和刺激持续时间成反比关系。即当所用的刺激较强,只需较短的持续时间就可引起反应,而当刺激强度较弱时,这个刺激必需作用较长时间才能引起反应。三是,刺激因素要有一定变化速率,变化速率太慢或过快,也都不能成为有效的刺激。

无论是对刺激的感受或是对刺激的反应,都必须以兴奋性为前提,丧失了兴奋性,机体与环境就不能发生相互关系,生命也就不复存在。

(二)兴奋与抑制

当机体某一部分受到有效刺激而发生反应时,从其外表活动来看,可以有两种不同的表现:一种是由相对静止状态转变为显著的活动状态,或由较弱的活动变为较强的活动,这种表现称为兴奋的反应,或简称兴奋。另一种表现则由明显的活动状态变为相对静

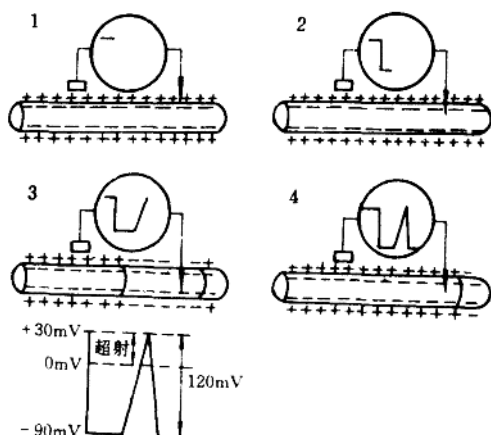
止,或由较强的活动变为较弱的活动,称为抑制的反应,或简称抑制。所谓抑制并不是无反应,抑制与兴奋一样是机体对环境变化发生反应的一种主动过程,只是表现的形式相反而已。例如,在枪声一起跑反应中,第一声枪声引起运动员发生起跑兴奋的反应,紧接着第二次枪声则引起跑动停止的抑制反应。这个例子清楚的表现了兴奋和抑制均是主动过程。

(三)兴奋性的电学本质

生理学家通过长期的实验研究发现,当身体不同部位或不同组织受到有效刺激时,虽然其外部反应形式可能不同,如肌细胞表现机械收缩,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,这就是在受刺激的部位发生电位变化,并可由刺激部位传播到整个细胞,这种能够自动传播的电位变化称为动作电位。各种细胞所出现的上述特有的外部反应形式,都是由动作电位进一步触发或引起的。因此,在生理学中把动作电位看做是组织发生兴奋过程的客观标志,并把组织受刺激后产生动作电位的能力称为兴奋性。动作电位又是在静息电位基础上产生的。

1. 静息电位 如图绪-2 所示,把连在示波器上的两个探测电极放在一条神经纤维的表面上,其中一个尖端很细的微电极(直径仅几微米),两探测电极间没有电位差(图绪-2 之 1)。若把微电极刺入神经纤维之后,示波器的光点立即下降到 -90mV 左右(图绪-2 之 2)。这表明当神经纤维处于静息状态时,细胞膜内为负电位,细胞膜外则相对为正电位,膜内、外之间存在着 90mV 左右的电位差。这种电位差称为静息电位,不同细胞的静息电位值不相同。这种膜内为负,膜外为正,两者的电位差稳定于静息电位水平的状态称为极化状态。静息电位形成的原因,简单说是由于细胞内液的 K^+ 浓度比细胞外液的大 30 倍左右,而且细胞膜对 K^+ 有一定的通透性,允许 K^+ 由细胞内向细胞外扩散,因而有一些带正电荷的 K^+ 扩散到细胞外,而细胞内带负电荷的有机物(多是大分子,如蛋白质)不能通过细胞膜,使细胞外表面的正离子相对较多,

而细胞膜表面则负离子较多,于是就产生了外正内负的跨膜静息电位。所以静息电位就是 K^+ 的扩散电位,或者就是 K^+ 的电-化学平衡电位。

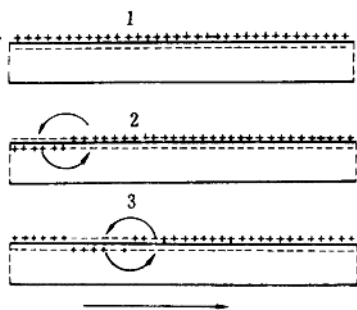


图绪-2 静息电位和动作电位

2. 动作电位 给神经纤维一个足够强的刺激,使它产生兴奋。当神经冲动在微电极处通过时,可在示波器上看到原有的 -90mV 静息电位,迅速上升到 $+30\text{mV}$ (图绪-2 之 3)。也就是由静息时的膜内负膜外正变为膜内正膜外负(极化倒转),这种电位变化称为去极化。电位上升到最高点后,又迅速下降恢复原有静息电位水平(图绪-2 之 4),称复极化。将细胞在接受刺激而产生兴奋时在示波器上看到的电位波动称为动作电位,由于动作电位的波动曲线很像一个尖峰,故又称锋电位。动作电位产生的原因是由于细胞外液 Na^+ 浓度比细胞内液的高 12 倍左右,当细胞接受刺激时,细胞膜对 Na^+ 的通透性突然加大,带正电荷的 Na^+ 将向细胞内扩散,使细胞内电位由负上升到正电位,从而形成去极化。所以,动作电位就是 Na^+ 的扩散电位,或者说是 Na^+ 的电-化学平衡电位。

3. 动作电位的传播 动作电位的特性之一是它的可传导性,即细胞膜任何一处所产生的动作电位,可传播到整个细胞。

动作电位为什么能沿神经纤维传播呢?如图绪-3所示,神经纤维被刺激后产生兴奋,即发生去极化。膜电位转变成内正外负,这样兴奋部位与未兴奋部位(膜电位为内负外正)之间就产生电位差,这种电位差将造成电荷移动,于是产生了局部电流。



图绪-3 神经纤维传导机制

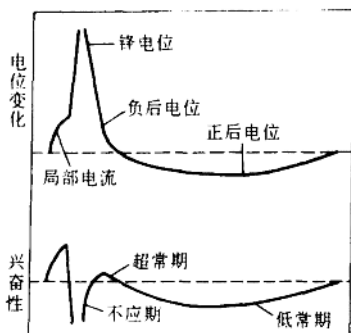
由于局部电流的作用,未兴奋部位将发生去极化而产生动作电位。换言之,动作电位由原来的兴奋点传到了未兴奋点,使未兴奋点产生兴奋。如此反复进行就构成了动作电位(或者说兴奋)沿着神经纤维不断地向下传导的状态。

这也表明,由于兴奋本身就是动作电位,因之兴奋在同一细胞上的传导,也就是动作电位的传播,在神经纤维上传导着的兴奋或动作电位,称为神经冲动或简称冲动。例如,刺激作用于神经纤维的中段,由此而产生的动作电位可同时向两端传导,这是由于局部电流可以向两侧传导的缘故;在完整反射弧中,兴奋只沿单一方向传导,这是由于反射弧各环节衔接处,兴奋只能沿单一方向传递而不能逆传。

(四)兴奋性的变化

各种组织兴奋性不是一成不变的。当组织受到一次刺激而发生兴奋后一个短时期内,其兴奋性会发生一系列的变化,兴奋之后兴奋性立即降低到零,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。不应期与动作电位与锋电位的持续时间相当(图绪-4)。随后,兴奋性继续上升,并超过正常兴奋性水平,称超常期,此期与动作电位的负后电位同时出现。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,此期与动作电位正后电位持续时间大致相符。最后,兴奋性恢复正常,细胞的电位变化也回至静息电位水平。兴奋性的这一系列变化发生在不到0.1s的短时间内。不同组织上述各期的持续时间亦不同,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。同时,不应期的长短,也决定组织接受刺激或发生兴奋的最高频率。此外,当组织或机体的功能状态发生改变时,兴奋性也会改变,当机体或组织产生疲劳时,其兴奋性会下降。



图绪-4 神经细胞兴奋时,兴奋性的变化与动作电位的关系

三、生殖

生物体生长发育到成熟后,能够产生与自己相似子代个体,这种功能称为生殖。单细胞生物生殖过程是通过亲代细胞的分裂实现的,人和高等动物的生殖过程是通过雌雄两性个体生殖器官的活动而实现的。生殖是以新陈代谢为基础的一个十分复杂的过程,任何生物体的寿命都是有限的,只有通过生殖,种系才能延续,所以生殖也是生命的基本特征。

第三节 人体的基本组成

细胞是构成人体的基本结构和功能的单位。许多形态相似、功能相近的细胞与细胞间质(细胞之间的非细胞结构物质)结合起来,构成组织。人体有四种基本组织,即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。不同组织相互结合构成器官,器官具有一定的形态和功能,如心、肺、肾等。若干功能相关的器官再互相联系组成系统,共同执行某一完整的生理功能,如由骨骼、关节、骨骼肌组成运动系统,共同完成躯体运动功能。人体共有运动、呼吸、血液循环、消化、泌尿、感官、神经、内分泌、生殖等九个系统,他们既各自具有独特功能,又彼此联系,相互依存,共同组成一个完整统一的人体。

一、细胞的结构和功能

细胞的形态多种多样,功能也各异,但均由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。

(一)细胞膜

1. 细胞膜的结构 细胞膜是细胞表面的一层薄膜,由排列成内外两层的脂质分子所构成。此脂质分子为液态,可以流动,并具有极性,即分子一端为亲水极,朝向膜的内外两表面,另一端为疏水极,朝向膜的中间。在脂质分子之间,嵌入许多具有不同功能的球形蛋白质,称嵌入蛋白质,也可横向流动。此外,在脂质双层的表面也附有一些蛋白质,称表在蛋白质(图绪-5)。

2. 细胞膜的功能 细胞膜的基本作用是作为细胞的界膜,使细胞维持一定的形态并从而实现一定功能。细胞膜的主要功能:一是,进行物质转运,通过它的半透膜性质,有选择地进行细胞内、外的物质交换,实现新陈代谢作用;二是,作为受体,接受外界的化学信号,如激素、药物等,引起细胞内一定生理变化。在实现上述功能中,细胞膜上的嵌入蛋白质起着重要作用。这里,仅扼要介绍细胞膜的物质转运功能。