

体育运动学校教材

运动生理学

体育运动学校

《运动生理学》教材编写组编

体育运动学校教材

运 动 生 理 学

材编写组编

人民体育出版社

体育运动学校教材

运动生理学

体育运动学校《运动生理学》教材编写组编

人民体育出版社出版

联华厂印刷 新华书店北京发行所发行

1/32 180千字 8^{1/2}/16印张

1984年5月第一版 1987年6月第4次印刷

印数35,001—575,000

统一书号：7015·2164 定价：1.20元

前 言

我们受国家体委的委托，编写了这本供体育运动学校使用的《运动生理学》教材。本书是根据体育运动学校培养目标、教育计划和学生特点，在1962年出版的中等体育学校用《人体生理学》讲义的基础上，参考1983年修订的体育系通用《运动生理学》教材，适当作了补充修改后编成的。编写力求做到分量适当、深入浅出、联系实际。

参加编写的人有高强、赵家琪、孙光仁、梁家传、王广义五人。由于我们的水平有限，且时间仓促，不妥之处尚希读者指正。

体育运动学校《运动生理学》

教材编写组1983年11月

A4237/23 12

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 运动生理学的研究对象和任务	1
第二节 机体的基本生理特征	2
第三节 人体生理机能的调节	3
第二章 肌肉收缩	7
第一节 肌肉的构造	7
第二节 肌肉的特性	10
第三节 肌肉收缩的原理	11
第三章 血 液	27
第一节 概述	27
第二节 血液的成分与血量	29
第三节 血液的理化特性	30
第四节 血细胞的生理	33
第四章 血液循环	37
第一节 心脏的生理	37
第二节 心动周期	40
第三节 心输出量	43
第四节 血管的机能	45
第五节 心血管活动的调节	49
第六节 运动与心血管系统	54
第五章 呼 吸	57
第一节 呼吸的概念	57

第二节	呼吸运动	58
第三节	肺通气的功能	62
第四节	气体的交换与运输	65
第五节	呼吸运动的调节	70
第六节	运动时呼吸机能的变化	73
第六章	消化与吸收	78
第一节	食物的消化	78
第二节	营养物质的吸收	82
第三节	肌肉运动对消化机能的影响	85
第七章	物质与能量代谢	86
第一节	物质代谢	86
第二节	能量代谢	94
第八章	体 温	101
第一节	正常体温及其生理变动	101
第二节	产热与散热	102
第三节	体温的调节	104
第九章	排 泄	106
第一节	肾脏结构特点	106
第二节	尿液及其生成	108
第三节	运动对肾脏机能的影响	110
第十章	内分泌	112
第一节	主要内分泌腺及其作用	113
第二节	内分泌腺的相互关系和调节	119
第十一章	中枢神经系统	121
第一节	神经元、突触的结构和机能	121
第二节	中枢兴奋传导的特征	124
第三节	反射活动的协调	127

第四节	中枢神经系统各部位的机能概述	130
第五节	植物性神经系统	133
第六节	肌紧张和姿势反射	136
第七节	大脑皮质对运动的调节	140
第十二章	高级神经活动	142
第一节	条件反射	142
第二节	大脑皮质的抑制	147
第三节	皮质神经过程活动的规律	154
第四节	大脑皮质的分析、综合机能与动力定型	157
第五节	人类高级神经活动的特征	159
第六节	高级神经活动类型	161
第十三章	感 官	164
第一节	视觉	164
第二节	听觉	168
第三节	位觉	171
第四节	本体感觉	173
第五节	皮肤感觉	174
第六节	感觉机能的相互作用	176
第十四章	运动技能的形成	177
第一节	运动技能的生理本质	177
第二节	形成运动技能的阶段	182
第三节	影响运动技能发展的因素	184
第十五章	身体素质的生理学基础	188
第一节	力量素质	188
第二节	有氧耐力与无氧耐力	193
第三节	速度素质	204
第四节	灵敏素质	208

第五节	柔韧素质	209
第十六章	运动过程中人体机能变化的规律	210
第一节	赛前状态	210
第二节	进入工作状态	212
第三节	稳定状态	215
第四节	疲劳	216
第五节	恢复过程	218
第六节	准备活动与整理活动	220
第十七章	儿童少年解剖生理特点与运动训练	224
第一节	儿童少年生长发育的规律	224
第二节	儿童少年各器官系统的解剖生理特点	227
第三节	儿童少年的早期专门化及素质发展的 年龄特征	235
第十八章	主要运动项目的生理特点	238
第一节	运动训练的生理学分类	238
第二节	田径运动的生理特点	240
第三节	体操运动的生理特点	247
第四节	球类运动的生理特点	250
第五节	游泳运动的生理特点	252
第六节	武术运动的生理特点	255
第七节	举重运动的生理特点	257
第八节	滑冰、滑雪运动的生理特点	258

第一章 绪 论

第一节 运动生理学的研究对象和任务

运动生理学是人体生理学的一个分支。人体生理学是研究正常人体机能活动规律的科学，而运动生理学是研究健康人在运动中和在运动训练的影响下机能活动规律的科学。运动生理学的研究任务是：在认识了人体机能活动基本规律的基础上，进一步研究各种体育活动和运动训练对人体机能的影响；运动和训练过程的生理学原理，以及不同年龄、性别，不同运动项目和训练水平的运动员的生理特点等。

通过学习，掌握运动时在运动训练影响下人体及体内各器官组织的机能所发生的变化和适应，并利用所学到的知识合理地组织体育教学和运动训练，以便更有效地增强体质与提高成绩。

运动生理学是一门实验性科学，因此，常常要通过实验，在人工创造的条件下，使一定的生理现象按所要求的时间和空间出现，以观察和分析它的变化过程及其因果关系。由于有的实验可给人体带来一些损伤，所以，有些规律是在动物身上实验得出的。因此，在运用这些规律时，应注意人与动物的本质不同，不可生搬硬套，而要在人体上再进行实验观察，加以验证。由于现代科学技术的发展，实验手段有了很大的改进，电子显微镜和超微分析技术已把人的视野带进分

子水平的微观世界之中。同时,各种生理现象又可通过换能、遥测、多道记录,在不影响人体运动状态的条件下,获得实测数据,使对整体水平的研究也达到了新的高度。

第二节 机体的基本生理特征

人体和各种生物机体都要进行最基本的生命活动,因而具有共同的基本生理特征,主要是指新陈代谢,应激性和兴奋性,以及适应性。

一、新陈代谢

新陈代谢是生命最基本的特征。它具有不断地进行物质代谢,能量代谢和自我更新的特点。新陈代谢包括同化作用和异化作用两个过程。同化作用是生物体从外界摄取物质,经过复杂的变化,合成自身新的原生质,并且储存能量的过程。异化作用是生物体分解体内旧有的原生质,释放能量并排出废物的过程。也就是说生物体与周围环境之间不断进行物质交换和能量转换的过程。新陈代谢是生物体生命活动最基本的特征,是生命活动的基础。一旦新陈代谢停止,生命也就终止。

二、应激性和兴奋性

应激性:应激性是指活组织或有机体在环境发生变化时发生相应的反应的能力。这种反应可表现为生理活动方面或生物化学方面的某些变化。

活组织的反应是环境的变化引起的。通常把能够引起活组织产生反应的环境变化称为刺激。刺激的种类很多,如电的、机械的、化学的、温度的等等。机体组织受刺激后发生什么样的反应,取决于它的结构和机能特点。但是不论哪种

组织，它们对刺激发生的最基本的反应是物质代谢的改变。以物质代谢的变化为基础，各种组织可以产生它们所特有的反应，如神经可产生兴奋，腺体产生分泌，白细胞趋向异物并产生吞噬，肌肉产生兴奋后还可发生收缩等。

兴奋和兴奋性：兴奋是指活组织在刺激作用下所产生的一种可传播的，并伴有电活动现象的反应过程。组织能够产生兴奋的能力称为兴奋性。在人体中，神经和肌肉组织是具有兴奋性的组织。

兴奋在神经上发生后，就沿神经传导；当传导到和它有生理性联系的另一组织时，将影响后一组织的活动；或增强它的活动，使它也发生兴奋；或减弱它的活动，使之抑制。

三、适应性

适应性是指机体在某一环境变化的条件下，其结构和机能发生相应变化的一种特性。例如长期从事训练的运动员血液中红细胞数量也较常人有所增加，这就是机体对运动时氧气供应不足所产生的适应。

第三节 人体生理机能的调节

人体的生理活动十分复杂，要涉及到许多器官，尽管这些组织、器官的构造和机能高度分化，但在进行活动时是密切配合、协调一致的。例如人体在运动时，不仅有关肌群的活动在时间与空间上配合恰当，而且肌肉的血管舒张，血流加快，以供给肌肉更多的氧气和养料，带走代谢产物，同时心脏活动也加强，呼吸也加深加快，以保证血液的供给和气体的交换等。所有这些变化，都与肌肉活动的加强相适应。由此可见，机体是作为一个完整统一的有机整体而活动与生

存的。这种生理过程的完整与统一，在生理学中称为“整合”。

机体生活在周围环境之中，假如某种环境变化作用于机体，机体也要发生相应的改变，以保持对环境的适应和统一。

机体内部的完整统一，机体与环境之间的动态平衡，是通过复杂的生理调节过程来实现的。调节可分为神经调节、体液调节和组织器官的自身调节三种。

一、神经调节

神经调节是机体机能调节的最主要方式，它是由神经系统的活动来完成的。其特点是迅速而精确。反射是神经调节的基本方式。

(一)反射：机体在神经系统的参与下，对刺激所作出的反应称为反射。如强光照射眼睛时，瞳孔就会缩小；食物入口，就会引起唾液分泌等。这些都是反射，完成反射活动的神经结构基础称为反射弧，它包括五个部分(图1-1)。

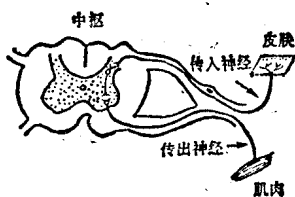


图1-1 反射弧

1. 感受器：是接受体内外各种刺激的器官和专门机构，接受刺激后能产生一系列生理变化，使代谢过程发生改变。此时感受器由原来的安静状态转变为活动状态，即产生兴奋。

2. 传入神经：是感受器与神经中枢的联系通路。刺激感受器所产生的兴奋沿传入神经传到中枢神经系统。

3. 神经中枢：是参与该反射的中枢神经系统结构或神经细胞核群。兴奋冲动在中枢神经系统中，有的只经过一个中间神经元，有的则经过多个神经元。经过中间神经元越多，

则这种反射就越复杂。神经中枢能将传入的神经冲动加以综合或分析，并发出传出的神经冲动沿传出神经到达所支配的器官。

4. 传出神经：是神经中枢与效应器官的联系通路。一般说来，向骨骼肌传送冲动的神经，叫做运动神经。向内脏传送冲动的神经，叫做植物性神经。

5. 效应器：是产生反应的器官或组织，如肌肉、腺体等。它们接受传出神经传来的冲动而产生反应。

每一种反射都有一定的反射弧。反射弧的任何一个部分受到破坏，反射就不能发生。在不同情况下，机体虽然受同样刺激，但可以产生不同的反应。如针刺皮肤，立即躲避；但在注射时，我们可以控制手臂不动。这是因为在前一种情况下，感受器的传入冲动引起了脊髓中运动神经元兴奋，肌肉因此收缩；在后一情况下，大脑皮质的运动中枢使脊髓中的运动神经元产生了抑制过程，肌肉的收缩被抑制。所以神经元具有兴奋和抑制两种基本活动过程。如果传入冲动引起了中枢神经系统某种机能中枢的兴奋，这种机能就由安静状态转变成活动状态，或活动由弱变强；如果引起了抑制，这种机能活动就减弱或停止。

(二)反射的分类：根据反射活动形成的条件和过程可分为非条件反射和条件反射两种。

1. 非条件反射：是先天性的，反射弧比较固定，结构比较简单，反射中枢在皮层以下部位，是一种较低级的神经活动。非条件反射对维持机体生存有很大意义。如吃饭时分泌唾液，有助于消化和吞咽；躲避疼痛刺激有防御意义等。

2. 条件反射：是后天获得的，是人或高等动物在生活

过程中，在一定的条件下形成的高级神经活动。它建立在非条件反射的基础上，必须有大脑皮质参加。它的反射弧是在一定条件下暂时在皮质内接通的。例如，跑步时由于骨骼肌的本身感受器受到刺激，反射性地引起心跳、呼吸的加强，这是每个人都有的非条件反射。但运动员在作起跑准备时已有心跳、呼吸的加强，这便是条件反射。由此可见条件反射使运动员在运动开始前就作好了准备，使机体对环境变化的适应更加精确和灵活。

二、体液调节

体液调节是指体内有些化学物质如激素等对人体器官活动的调节。此外，人体内有些代谢产物如二氧化碳、乳酸等也能使各器官的活动得到一定程度的调节。例如肾上腺素使心跳加快加强，二氧化碳能兴奋呼吸中枢等。但体液调节直接或间接受神经系统的调节，常成为反射弧传出途径中的一个中间环节或辅助部分而发挥作用。因此，这种调节也称为神经—体液调节。

总的来看，神经调节的特点是作用迅速而精确。体液调节作用较慢而持久，且作用范围较广泛，对保持机体内部稳定、新陈代谢的平衡有重要意义。在人体内这两种调节互相影响，相辅相成，但从整个机体调节来看，神经调节占主要地位。

三、器官、组织、细胞的自身调节

自身调节，就是说当内外环境发生变化时，器官、组织、细胞不依赖于神经或神经—体液调节而产生的适应性反应。例如，在一定范围内动脉血压降低，脑血管即舒张，以减少血流阻力，使脑血流量不致过少；反之，动脉血压升高时，脑血管则收缩，血流阻力增加，使脑血流量不致过多。

自身调节的幅度较小，灵敏度较低，但对于器官、组织的机能调节仍有一定的意义。

机体通过上述三种基本的调节方式，把许多不同的生理反应统一起来，组成完整的、互相配合的生理过程，使机体内部保持相对稳定，并与环境取得平衡。这一调节过程也就是整合过程。

第二章 肌肉收缩

人体肌肉可分为心肌、平滑肌与骨骼肌，通常我们说的肌肉指的是骨骼肌，骨骼肌通过肌腱附着于骨骼上。骨骼肌在神经系统的支配下产生收缩，牵动骨骼产生围绕关节的各种运动，所以骨骼肌是运动系统的动力部分。它的特点是受人意志的支配，故又称作随意肌。人的表情，日常生活中的各种活动、劳动、体育运动都是骨骼肌活动的结果。又因骨骼肌是随意肌，所以我们对环境产生的反应，或者把我们的主观愿望变成现实，也都要通过骨骼肌的活动来完成。

人体骨骼肌约有600多块，占人体重40%（女性为35%）。肌肉中75%是水分，25%是固体成分。其中和肌肉收缩有关的成分有肌纤蛋白（肌动蛋白）、肌凝蛋白（肌球蛋白），另外还有三磷酸腺苷（ATP）、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 等。

上面说过，在神经系统控制下肌肉收缩是人体运动的动力。在运动时神经系统也调整其它器官的活动如心搏加强，呼吸加快等，以适应运动的需要。所以说在运动时肌肉活动是主要的核心，其它器官、系统的活动都是围绕并保证核心的活动而发生的。

第一节 肌肉的构造

一、肌纤维的结构

肌肉组织主要由具有收缩机能的肌细胞和少量细胞间质

构成。肌细胞是构成肌肉的基本单位，肌细胞即肌纤维，为一长圆柱形细胞。其结构包括肌膜(细胞膜)、肌浆、肌细胞核、肌原纤维和肌管系统等。许多肌纤维排列成束，由肌束膜包绕。许多肌束聚集在一起构成一块肌肉，表面由结缔组织构成的肌外膜包绕，肌外膜对肌肉起支持和保护作用。每块肌肉的中间部分叫肌腹，两端为白色无收缩能力的肌腱，肌腱直接牢固地附着于骨骼上，当肌肉收缩时通过肌腱牵动骨骼产生运动。

由于实验手段的改进，通过电子显微镜的观察，对肌纤维的结构有了进一步地了解，每根肌纤维外包有一层薄膜，叫肌膜。肌膜内有肌浆，还有许多圆柱状上面带有横纹的肌原纤维。肌原纤维直径约1微米，纵贯肌纤维全长。此外，肌纤维内还有许多细胞核、线粒体及其它颗粒。每条肌原纤维又分几千到几万段肌节，肌节是由许多粗肌丝和细肌丝所组成。当肌肉舒张时每个肌节长约为2.0—2.5微米。肌原纤维是肌肉收缩和舒张的基本结构和功能单位。在显微镜下每个肌节都有以下几种横纹(图2-1)：

间线(Z线)：在明带中央，为相邻两肌节的分界线，与肌膜相连。

明带(I带)：与另一肌节的I带相邻，其中无粗肌丝。当肌肉收缩时此带明显变窄。

暗带(A带)：在肌节的两个明带之间，其长度与暗带相当。肌肉收缩时暗带长度不变。暗带中除H区外，包含有粗细两种肌丝，称重叠区，粗丝肌丝有规则的交错排列。

H区：为暗带中央一较窄的浅色区，只含粗肌丝。肌肉收缩时此区变窄，甚至消失。

中线(M线)：在肌节暗带H区的中央，由粗肌丝中央的