

省市自治区体委领导干部培训班

体育科学专题讲座

第二辑

北京体育学院

一九八二年

编辑者：北京体育学院教务处
发行者：北京体育学院发行科
印刷者：北京体育学院印刷厂

定价：1.35元

前 言

本书是在国家体委委托我院举办的第一、二期省、市、自治区体委领导干部培训班试用讲义的基础上重新修改编写成的。内容包括三大部份：第一部份是有关体育史，体育理论、教育学、心理学、体育统计学，等方面的有关知识；第二部份是体育运动中有关运动解剖学、运动生理学、运动医学、运动生物力学、运动生物化学等方面的基本常识；第三部份是田径、体操、篮球、排球、足球、手球、乒乓球、羽毛球、曲棍球、棒垒球、武术、举重、摔跤、击剑、游泳、冰上、射箭等运动项目的有关基本技术、主要战术、教法步骤、竞赛组织方法、场地器材规格等方面的一般常识。

本书主要供省、市、自治区体委领导干部培训班做教材，也可供各级体委干部、基层体育工作者自学做参考。

由于参加编写人员水平所限，内容上难免有缺点、错误，望读者提出批评与修改意见，以便进一步改进。

北京体育学院教务处

目 录

运动解剖学

绪论	(1)
第一讲 人体的结构	(2)
第一节 细胞与细胞问题	(2)
第二节 组织	(2)
第三节 器官与系统	(4)
第二讲 运动器官与人体的运动	(5)
第一节 骨的概述	(5)
第二节 骨连结概述	(6)
第三节 骨骼肌概述	(8)
第四节 下肢的运动	(11)
第五节 上肢的运动	(12)
第六节 躯干的运动	(13)
第七节 体育动作解剖学分析	(14)
第三讲 身体比例	(16)

运动生物力学

第一讲 运动生物力学的概念	(22)
第二讲 运动生物力学的任务和内容	(23)
第三讲 运动生物力学的发展简史	(43)
第四讲 运动生物力学的主要测试手段	(54)
第五讲 运动技术的生物力学分析方案	(56)
第六讲 运动生物力学的应用	(59)

运动生理学

第一讲 遍布我们全身的运输线——血液循环系统	(63)
第二讲 气体交换的场所——呼吸系统	(68)
第三讲 锻炼前要做准备活动	(72)
第四讲 做好整理活动	(75)
第五讲 运动技能的形成	(76)
第六讲 力量素质与力量训练	(80)

第七讲	有氧耐力与无氧耐力.....	(84)
-----	----------------	------

运动生物化学

第一讲	运动生物化学简介.....	(92)
第二讲	糖和运动能力.....	(93)
第三讲	脂类、蛋白质和运动能力.....	(97)
第四讲	物质代谢和运动能力.....	(99)
第五讲	运动后恢复过程和机能评定生化.....	(103)
第六讲	体育锻炼的生化问题.....	(106)

运动医学

绪论.....	(108)
第一讲 体格检查.....	(109)
第一节 体格检查的意义及内容.....	(109)
第二节 形态检查的意义及内容.....	(109)
第三节 机能检查内容及方法介绍.....	(114)
第四节 体检材料的分析评定.....	(116)
第二讲 运动训练的医务监督.....	(118)
第一节 医务监督的意义.....	(118)
第二节 医务监督的常用指标及方法.....	(118)
第三讲 营养卫生.....	(127)
第一节 营养卫生的意义.....	(127)
第二节 营养素.....	(128)
第三节 运动员的营养.....	(131)
第四讲 女子体育卫生.....	(137)
第一节 概述.....	(137)
第二节 女子的生理解剖特点与体育卫生.....	(137)
第五讲 运动性疾病.....	(140)
第一节 过度训练.....	(140)
第二节 低血糖症.....	(141)
第三节 运动性贫血.....	(142)
第四节 运动中腹痛.....	(143)
第五节 运动后血尿.....	(144)
第六讲 运动损伤.....	(145)
第一节 运动损伤的特点及分类.....	(145)
第二节 运动损伤的基本原因及其预防.....	(145)
第三节 伤后功能训练.....	(148)

运动心理学介绍

第一讲	心理学是研究什么的，运动心理学是研究什么的。.....	(150)
第二讲	心理训练.....	(153)

运动解剖学

缪进昌 编

绪论

一、人体解剖学是研究人体形态结构和发生发展规律的科学，而运动解剖学则是人体解剖学的一个分支，它是在人体解剖学基础上进一步研究体育锻炼和运动训练对人体形态结构和生长发育影响的一门新兴学科。这门学科的发展还是近30年来的事。它的名称在各国都不一样，有的叫动力解剖学，有的叫运动形态学，有的叫实验形态学，也有叫运动人类学的。

从现代科学仪器的发展以及体育实践的需要，这门课程的内容已超越了原来的人体解剖学的范畴，成为一门综合性的形态学科。人体解剖学的任务是用解剖术来研究人体内部结构，用的方法是用刀子镊子以肉眼来观察分析。随着科学的发展，特别是电子仪器的发明，新的研究工具层出不穷，研究方法也多样化了，对人体内部结构的研究已不局限于解剖术，而是采用更多的新技术如X光、超声波、肌电图、高速摄影、电视录相、电子显微镜等手段，这些研究方法，不仅能在人体的器官和系统水平方面，而且还能在细胞、甚至亚细胞水平方面来研究体育锻炼和运动训练对人体的形态结构的影响。

体育锻炼和运动训练实践提出的任务，使这门学科增加了新的内容，这些内容包括用解剖学的观点来分析运动员的姿势和动作，各运动项目运动员的外部形态特征，身体各部分的比例和身体发育特点等。

这样这门课程（可以叫做运动形态学）的内容实际上包括了四部分：

（一）运动解剖学，用传统的解剖术、动物实验、活体检查、光学显微镜、电子显微镜等手段研究体育锻炼和运动训练对人体内部结构的影响。

（二）运动人体测量学，用人类学采用的人体测量、X光等方法研究体育锻炼和运动训练对人体外部形态的影响，各项运动员身体各部分比例特征。

（三）人体运动的解剖学分析，用电影、录相和肌电图等方法分析运动中运动员的姿势和动作，以及有关运动器官在从事运动时的变化。

（四）运动局部解剖学，用X光、超声波等方法研究体育锻炼时身体内部器官位置的变化。我们向大家介绍的主要是其中的第一部分即运动解剖学部分。

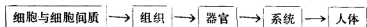
二、医务工作者和体育工作的目的都是为了人类的健康，可是两者的手段不一样，前者用的手段是消极的而后者用的手段是积极的。医疗（吃药、打针、开刀）使病人从疾病中恢复过来，而体育则是用锻炼身体使健康人更加健康，使病人恢复健康，使他们的体质（力量、灵巧、速度、耐力等）增强，有更多的工作能力和更充沛的精力

来从事工作和学习。

医疗与体育的工作对象都是人，因之要搞好这两项工作都有必要对人体有充分的了解。医生要做好医务工作必须先充分了解人体的结构，也就是要先学好人体解剖学。医学院中人体解剖学是每一个医学生所必修的一门重要基础课。有人说过“一个正规医生与江湖医生之间的差别在于他是否精通人体解剖学”这种说法不一定很全面，但有一定道理。体育工作者（干部、教师、教练）的工作对象也是活的人，他们肩负着改进人的体质和提高人体工作能力和健康水平的重任，为了有效的、科学的教学训练和不出现伤害事故，与医生一样也必须充分的了解人体的结构与机能，遵循人体的结构与机能规律来从事教学与训练，因之要当好体育工作者也必须学好运动解剖学，各体育院校、系科都将运动解剖学列为体育专业的重要必修的基础课程。

第一讲 人体的结构

人体是由一个严密的组织系统构成的，这个组织系统可以下列表格来表示：



下面我们将构成这个组织系统的各个部分分别加以说明。

第一节 细胞与细胞间质

一、细胞

细胞是构成人体的形态与机能单位，人体的细胞约有1800亿个左右。人体的这么多细胞，它们的大小与形态不一，人体的细胞很小，要用显微镜才能看到，一般的平均直径为10~15微米（1微米=1/1000毫米），相当于一粒小米粒的1/10到1/100甚至更小。

细胞的形态是多种多样的，有园形，扁平形、立方形、不规则形和梭形等（图1~1）。（注：本讲义的插图参见人民体育出版1978年体育系通用教材《运动解剖学》）

各种细胞的大小和形态虽然不一，但在结构上即有共同的地方，即都具有细胞膜、细胞质和细胞核三部分构成（图1~2，1~3）。

（一）细胞膜

细胞膜为细胞表面一层极薄的膜，有保护细胞内容物的作用，并对进出细胞内外物质有选择作用，它允许一些物质如葡萄糖通过，不允许另一些物质通过。

（二）细胞核

多呈园形，一般位于细胞中央，通常每个细胞内有一个核，但也有两个以上核的，

如骨骼肌的细胞核可以多达数百个，个别细胞如红血球没有细胞核。细胞核的表面有核膜、内为核质，核质中有许多细小的颗粒状物质叫染色质，它与细胞的遗传有密切关系。核质中还能见到一二个圆形的核仁，它可能与蛋白质合成有关。

(三) 细胞质

细胞内除了细胞核以外的部分为细胞质。细胞质是一种半流动性的胶样物质，其中含有一些具有特殊功能的小器官叫细胞器，如线粒体和中心体等。线粒体能供给细胞能量，有人研究过，运动员通过训练，肌细胞中的线粒体的数量和大小都能增加，这就是说为什么运动员较一般人有较强的力量和耐力的原因之一。

人体内的细胞有新生、成长、繁殖、衰老和死亡的过程。有的细胞如上皮细胞寿命很短，不断大量死亡，大量补充，也有的细胞如肌细胞、神经细胞，它们的寿命和人的寿命一样长，保持终生。人体每天约有10亿细胞死亡，又有同样数量的细胞延生。人体之所以能生长发育，完全依靠细胞的繁殖。如果细胞停止繁殖则人体就不会生长，生命也就停止了。

那么细胞是怎样繁殖的呢？细胞繁殖是用分裂方式来进行的。细胞分裂分直接分裂（有丝分裂）和间接分裂（无丝分裂）两种。人体内细胞的分裂主要是间接分裂，有的部位如心脏、肝、肾等处细胞的分裂方式为直接分裂。如果细胞出现异常分裂，分裂速度失去控制，就出现了肿瘤和癌（图1~4，1~5）。

二、细胞间质

人体内细胞与细胞间的间隙有一定的物质填充，这种物质叫细胞间质。细胞间质是由两种成分构成的：一种是无定形的基质（呈液态的一般称为组织液），另一种是有形的纤维。细胞间质对细胞起着支持、联络、保护和营养等作用。

第二节 组织

人体内形态和功能相似的细胞结合在一起构成组织。它们按照一定形式结合在一起构成四大组织：即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。

一、上皮组织

上皮组织是由数不清的上皮细胞和少量细胞间质所组成，多复盖在身体表面或衬在管腔和囊的表面或形成腺体。它对人体起保护作用，是人体防卫的前哨（图1~6）。

二、结缔组织

结缔组织是由少量的细胞和大量的细胞间质所组成的，分布于全身各处，种类很多，可分为固有结缔组织、软骨组织、骨组织和血液淋巴四类。它们具有连结、支持、营养、防御等功能（图1~9—1~18）。

三、肌组织

肌组织主要是由肌细胞构成的。肌细胞能做舒张与收缩运动。人体各种动作，躯体运动、消化管的收缩和心脏的跳动等都是由肌组织的舒张收缩运动来实现的。

肌细胞是细长的纤维丝，故又叫肌纤维。根据肌细胞的形态结构和机能特点，可把

织肌组为三种分。

1、骨骼肌组织多附着在骨骼上。肌纤维呈圆柱状，很长，有百个以上的核，骨骼肌纤维收缩力强而迅速但易疲劳（图1~20）。

2、心肌组织仅分布于心脏。肌纤维也呈圆柱形但有分支互相吻合成网（图1~21）。

3、平滑肌组织主要分布在血管和内脏器官。肌纤维呈梭形（图1~19）只有一个核。平滑肌收缩缓慢但能持久不易疲劳。

骨骼肌和心肌纤维在结构上均有横纹，都叫横纹肌。心肌与平滑肌纤维均不受意志支配故属不随意肌，而骨骼肌纤维受意志支配为随意肌。

四、神经组织

神经组织包括神经原和神经胶质两部分。

神经原即神经细胞，是带有突起的细胞，具有感受刺激和传导神经冲动的特征。

神经胶质即神经组织中的细胞间质，它对神经细胞起到支持、营养和保护作用。

（图1~23、1~24）

第三节 器官与系统

几种不同的组织结合在一起，以一种组织为主构成器官。如肌肉、心、肺、肝、胃等都是器官。肌肉（骨骼肌）是一个器官，它是以骨骼肌组织为主，辅以结缔组织、血管和神经构成的。

几种功能相似的器官结合在一起，共同完成连续的生理过程，构成系统。例如、口、咽、食道、胃、肠、肝、胰都是消化器官，它们结合在一起共同完成一系列连续的消化生理过程，构成了消化系统。

人体有九大系统：

1、运动系统

是人体运动的执行者。包括骨、关节和肌肉三部分。

2、循环系统

是人体的运输线。包括心脏、血管、淋巴管、脾等器官（图2~17、4~28）。

3、呼吸系统

是人体空气调节机构。包括鼻、咽、喉、气管、支气管、肺等器官（图3~20~3~26）。

4、消化系统

是人体的食品加工厂。包括口、咽、食道、胃、肠、肝、胰、唾液腺等器官（图3~2）。

5、泌尿系统

是人体的下水道系统。包括肾、输尿管、膀胱、尿道等器官（图3~22）。

6、生殖系统

是人体繁殖后代的机构。包括男性的睾丸、副睾、输精管等、女性的卵巢、输卵

管、子宫、阴道等。

7、感觉系统

是人体的情报站。包括眼、耳、鼻、舌、皮肤等器官。

8、神经系统

是人体活动的司令和协调机构。包括脑、脊髓、神经等器官(图5~1)。

9、内分泌系统

是神经系统的助手。包括甲状腺、甲状旁腺、脑垂体、性腺、肾上腺等的内分泌腺。

这九个系统构成了人体。

(人体的活动不是某一器官或某一系统的活动,而是一种整体性的活动。例如人在运动时,不仅全身肌肉活动加强,动作协调一致,同时内脏器官密切配合活动,如呼吸加快、加强、血液循环加快、全身新陈代谢提高等等,这样就可以供给肌肉更多的氧和营养物质;因此人体的各种活动,不仅仅是肌肉参加,而是各个系统在神经系统的支配分工而合作地进行的,使人体作为一个整体来适应不断变化着的内、外界环境。)

第二讲 运动器官与人的运动

运动器官是由骨、关节和肌肉三部分组成。它们约占人体总重量的百分之六十到七十。骨与骨之间以关节相连接,构成人体的支架,起着杠杆作用;肌肉附着在骨骼上,肌肉在神经系统的支配下,发生收缩,牵动骨产生各种运动。这种运动是以骨为杠杆,以关节为轴,以肌肉收缩为动力而完成的。

第一节 骨的概述

一、骨的数量

人体的骨有二百零六块,包括头颅骨二十九块,上肢骨六十四块,下肢骨六十二块,躯干骨五十一块。(图2~4, 2~5)

二、骨的形态

人体骨的形状不一,大体上可分为长骨、短骨、扁骨、不规则骨等四类。

(1)长骨多见于四肢。长骨呈长管状,其两端膨大,叫骨骺。骨骺的表面为关节面。长骨的中间部分叫骨干(或骨体),内中的空腔叫骨髓腔,骨干与骨骼连接部分叫干骺端。

(2)短骨近似方形,主要分布于脊柱(椎骨)、手腕(腕骨)、足踝(跗骨)。

(3)扁骨呈板状,如某些颅骨、胸骨、肋骨等、构成容纳重要器官的腔壁,起保护作用。

(4)不规则骨形状不规则,见于头部,如上颌骨、蝶骨等(图2~6)。

三、骨的构造

骨极为坚硬,能承受很大的压力,根据科学家的测定每平方厘米骨可承受二千一百公斤的压力强度(花岗岩能承受一千三百五十公斤,松木能承受四百二十公斤)

骨的坚硬与它的结构形态有很大关系。骨由骨膜、骨质和骨髓三部分组成。(图

1、骨质：把任何一块骨锯开，在切面上均可见两种骨质，即骨密质与骨松质。骨密质分布于骨的表面，长骨骨干骨密质最厚。骨松质分布于骨的内部，由许多骨小梁以一定压力和拉力方向交织排列而成，呈蜂窝状。

2、骨髓：在活体上，骨髓腔中和所有骨松质的网眼里都充满了骨髓。胎儿和幼儿时期，骨髓大部分都有造血机能，呈红色，叫红骨髓。随着年龄的增长，骨髓腔内的红骨髓逐渐失去造血机能，而被脂肪组织所代替，呈黄色，叫黄骨髓。成年之后，只有长骨的两端，短骨与扁骨的骨松质内充满红骨髓，并终生保持造血机能。

3、骨膜：在每块的表面，除关节面包有一层关节软骨外，其余部分都包有一层骨膜。骨膜富有血管神经，对骨质有营养作用。骨膜内层的细胞叫成骨细胞，在幼年时，它不断分裂增生，参与骨的生长，成年后处于相对静止状态，对骨的再生仍起重要作用。

四、骨的化学成分与物理特性：

骨是由柔韧的有机质与脆硬的无机盐组成的。无机盐保证骨的硬度，有机质保证骨的韧性，这两种不同性质的物质结合在一起，使骨既坚又韧。骨的这种物理特征随着这两种物质含量的比例不同而有所改变。成年人的骨、含有 $2/3$ 的无机盐和 $1/3$ 的有机质，这样的比例使骨具有最大的坚固性。儿童的骨、有机质比例大，故硬度差，韧性强，可塑性大，不易骨折，但易发生弯曲畸形。这个时期儿童应注意良好姿势的养成，注意全面锻炼，避免过多的非对称性（单腿踏跳、单臂挥拍等）的活动，以免影响骨骼的正常发育。到了老年由于骨内无机盐含量增多，故脆性较大，易骨折，且不易愈合，故老人不宜作猛烈的运动，幅度大的活动，安排的活动要缓慢和柔和。）

五、骨的生长

骨是个活的组织，它不断的生长和代谢。儿童的骨显然与成年人不同，它能逐渐长粗和长长，这在四肢的长骨特别明显。

骨的长长主要是在儿童的骨骼与骨干相连的地方有一块软骨板，叫骺软骨。骺软骨的软骨细胞不断分裂生长，又不断骨化，因之使骨不断加长。成年后，由于骺软骨完全骨化成骨，骨髓与骨干就融合在一起了，骨的生长就停止了。

骨的长粗，这是由于骨膜内层的造骨细胞不断地形成新骨质，从而使骨的表面增厚。与此同时，骨干内壁有破骨细胞又不断的破坏吸收骨组织。这样骨髓也就逐渐扩大。

六、骨的功能

骨的主要功能是构成人体的支架，保持体形，并借助肌肉收缩完成各种运动。

骨也有保护作用，如构成颅腔保护脑，构成胸腔保护心脏等。骨内的红骨髓有造血机能。

此外，骨又是钙和磷的储存仓库，它们可以随时被吸收入血液，供给机体需要。

第二节 骨连结概述

人体各骨互相连结起来构成骨骼。

一、骨连结的形式:

各骨彼此间的连结叫骨连结。

骨连结有两种形式:

1、可动关节

即一般所谓的关节

2、不动关节

骨与骨之间借纤维组织或软软组织直接连结,骨连结处不能活动(图2~13)。

二、关节的构造:

作为一个关节必须具备关节面、关节囊和关节腔三个基本结构(图2~14)。

1、关节面

每个关节都有两个或两个以相接触的骨面,叫做关节面,其中一个略凸或呈球形,叫做关节头;另一个略凹,叫关节窝。在这些关节面上都覆盖着一层软骨,叫关节软骨,很光滑,能减少运动时的摩擦。

2、关节囊

在构成关节的各个关节面的周缘上、附有结缔组织性膜,它包绕整个关节,叫关节囊。关节囊分内外两层。内层为一层薄的滑膜,能分泌滑液,滑润关节面和关节囊;在某些关节、滑膜突向关节腔外,形成与关节腔相通的滑膜囊(也叫滑囊),垫在关节附近的肌腱与骨之间,以利肌肉和肌腱的活动。外层为纤维层,局部增厚形成韧带,关节囊附近还有一些韧带附着,以增强关节的坚固性。

3、关节腔

关节囊与关节面共同围成的间隙叫关节腔,使关节能灵活运动。关节腔内有少许滑液,以减少摩擦。

除上述结构外,有些关节还有一些辅助结构。例如,有的关节(如膝关节)在关节内有韧带,附着于相连结的两骨之间,其作用是加强关节的稳定性。有的关节在两个关节面之间垫有软骨片,叫关节盘(胸锁关节)或半月板(膝关节),其作用是使两个关节面更加合适,以增大关节的运动范围和缓冲运动时的冲击力。

三、关节的运动

肌肉收缩牵动骨围绕关节的轴运动,在关节中并不存在真正的看得见的轴,但为了便于理解,假设关节中有三个相互垂直的基本轴通过。

这三个基本轴是:(图2~3)

矢状轴(前后轴)是前后方向通过关节中心的轴。

额状轴(左右轴)是左右方向通过关节中心的轴。

垂直轴(上下轴)是上下方向通过关节中心的轴。

人体关节的基本运动有下列几种:(图2~3)

1、屈与伸

绕额状轴运动,向前为屈,向后为伸(膝关节与踝关节相反)。

2、外展与内收

绕垂直轴运动,远离躯干(正中面)为外展,靠近躯干(正中面)为内收。

3 外旋（旋前）与内旋（旋后）

绕垂直轴运动，向内旋转为内旋，反之为外旋。

4. 环转运动

绕额状轴、矢状轴和它们之间的中间轴的连续运动，运动环节描成一个圆锥体轨迹，其远端描成圆锥体的底。

5、水平屈伸

上臂在肩关节处外展到90°，向前运动为屈，向后运动为伸。

关节面形状与关节运动有密切关系，因之研究关节的运动首先要研究关节面的形状（图2~15）。

球窝关节是人体中最灵活的关节，如肩关节与髋关节，可绕额状轴、矢状轴和垂直轴作屈伸、内收外展、外旋内旋和环转运动。因之，这类关节为三轴性关节。

椭圆关节和鞍状关节可绕额状轴和矢状轴作外展内收、屈伸和环转运动。因之，这类关节为二轴性关节。

滑车关节和圆柱关节都属一轴性关节。滑车关节绕额状轴可作屈伸运动。圆柱关节绕垂直轴可作内旋外旋运动。

四、影响关节初动幅度的因素

关节运动幅度是指运动环节围绕某些运动轴进行转动的最大活动范围，一般以度数来表示。关节运动幅度与柔软素质有关。

关节运动幅度的大小、受下面几种因素的影响：

1、构成关节的关节面面积大小的差别——关节面面积的大小相差愈大，关节运动的幅度也愈大。

2、关节囊的厚薄、松紧度——关节囊薄而松弛，则关节运动幅度大，反之则小。

3、关节韧带的多少与强弱——关节韧带少而弱，则运动幅度大；关节韧带多而强，则关节运动幅度就小。

4、关节周围肌肉的伸展性和弹性的好坏——一般来说，肌肉的伸展性和弹性良好者，则运动幅度增大。

此外，年龄、性别、运动训练对运动幅度也有影响；如儿童少年比成人大，女子比男子大，训练水平高者比低者大等。

第三节 骨骼肌概述

人体肌肉有骨骼肌、平滑肌和心肌三类。本节所叙述的为骨骼肌。

骨骼肌附着在骨骼上，它收缩牵动骨骼，引起人体运动，产生各种各样的体育活动和劳动动作。

骨骼肌在人体分布极为广泛，全身约有217对肌肉，约占人体体重的40—45%（女性为35%）。四肢肌占全身肌肉总重的80%，（其中下肢肌占50%，上肢肌占30%）。

人体各部分由于机能不一，发达程度也不一样，为了保持直立姿势，背部、臀部、大腿前面和小腿后面的肌肉特别发达。上下肢分工不一样，肌肉发达程度也有差异。下肢起支撑和位移作用，下肢肌都较粗大。上肢进行抓握劳动，上肢肌数量较多、较细

小。

人类由于语言、思维和表情活动，呼吸肌、喉肌、舌肌和表情肌都较为发达。

一、肌肉的构造

(一) 骨骼肌的组成 (图 2~18、2~19、2~20)

每块肌肉都是一个器官，它主要是由骨骼肌组织构成的，还有结缔组织和丰富的血管神经。

每块肌肉都有肌腹和肌腱两部分。肌腹是肌肉的中间部分，由肌纤维组成，肌腱是肌肉附着于骨上的都是由结缔组织组成。

构成肌腹的肌纤维有上千条。每条肌纤维为一个肌肉细胞。每条肌纤维的表面都有一层很薄的结缔组织薄膜包绕着，这层膜叫肌内衣。若干条肌纤维合成肌束，表面有结缔组织薄膜肌束衣包绕。许多肌束集在一起构成一块肌肉的肌腹表面包以结缔组织膜叫肌外衣。肌膜对肌肉起着支持和保护作用。

(二) 肌肉的神经

骨骼肌有丰富的神经，神经有三种：

1、感觉神经

分布于肌腹与肌腱。肌腹中有感受器叫肌梭，肌腱中有感受器叫腱梭。肌梭和腱梭将肌肉收缩紧张、放松拉长的刺激通过神经传导到脑和脊髓。

2、运动神经

分布于肌腹，它负责将脑和脊髓的命令传给肌肉，使之收缩或放松。

每个运动神经原（即神经细胞）都支配一定数量的肌纤维（3~300条），这个神经原和它所支配的肌纤维构成一个运动机能单位。

每块肌肉所包含的运动机能单位数目不一，有多有少，最多的可以多达700个。参加收缩的运动机能单位数目愈多则骨骼肌收缩的力量就愈大。一般人祇有不到50~60%的肌纤维参收缩，经过训练的优秀运动员参加工作的肌纤维可达75~90%。

3、交感神经

分布于肌骨肌中的血管，负责调节骨骼肌纤维的新陈代谢和血液供应。

(三) 肌肉的血管

肌肉内有丰富的血管，血管都呈细的毛细血管，行走于肌纤维之间的疏松结缔组织内交织成毛细血管网。

在安静状态下，不是所有毛细血管网都开放，大部分都关闭着，血管内没有血液。在运动时，开放的毛细血管网增多，血液供应量增加，以适应肌肉工作中能量消耗的增加。

通过体育锻炼可以使肌肉中毛细血管数量增加，管径增粗，血流量增大。

二、肌肉的辅助结构

(一) 筋膜

筋膜有深浅之分：

浅筋膜位于皮肤深面，含有大量脂肪，浅血管和皮神经。

深筋膜包绕在肌肉外面，并深入肌肉之间形成肌间隔、肌鞘和假韧带等。

筋膜的作用为

- 1、减少肌肉之间的摩擦，保证每块肌肉或肌群能单独的进行运动。
- 2、可以约束肌腱和改变肌肉牵引方向，以调节肌肉的作用。
- 3、供肌肉附着、以扩大肌肉的附着面积，以增大肌肉的收缩力。

(二) 腱鞘 (图2~19)

为套在腱鞘外面的双层纤维袖套、以减少肌腱与骨之间的摩擦。两层之间有滑液。

(三) 滑液囊

位于肌肉之间、肌肉与肌腱之间、肌腱与骨之间、以减少它们之间的摩擦。

三、红肌与白肌

早在一百多年以前已知动物骨骼肌有颜色较深的红肌和颜色较浅的白肌。

在动物肌肉中，红肌与白肌有的分开，有的是混合存在的。如鸟类的胸肌为白肌纤维构成鸟的翼羽纤维都为红肌。人类的肌肉中这两种肌肉是混杂存在的，两种肌纤维的成分比例在各块肌肉中各个人都不一样。

红肌与白肌的差异见下表

性 质	红 肌	白 肌
肌 纤维 粗 细	较 细 小	较 粗 大
颜 色	略 红	稍 显 苍 白
肌 原 纤 维	少	多
横 纹	不 甚 明 显	明 显
线 粒 体	多 而 大	少 而 小
肌 浆	多	少
疲 劳 性	不 易 疲 劳	易 疲 劳
收 缩 快 慢	慢 (慢 肌)	快 (快 肌)

此外，还有中间肌它的性质介于红肌与白肌之间。

最近不少人对运动员的肌肉内红肌与白肌进行了大量研究，他们发现：

1、耐力项目的优秀运动员肌肉中红肌纤维占优势，而速度项目的优秀运动员白肌纤维占优势。

例如优秀400米游泳运动员三角肌中70%为白肌纤维，30%为红肌纤维。优秀短跑运动员小腿肌中白肌纤维占90%，优秀长距离游泳运动员三角肌中91%为红肌纤维，9%为白肌纤维。优秀长跑运动员小腿肌中红肌纤维占90%。

2、用大阻力和高速度、重复训练可以发展白肌纤维的体积和力量，红肌纤维不变。用大阻力和慢速度训练可以发展红肌纤维体积和力量，白肌纤维不变。

3、肌肉内白肌与红肌纤维比例不能通过训练加以改变的。但也有不同看法。

四、肌肉的特性

(一) 伸展性和弹性

肌肉和橡皮筋一样，当受到外力作用时长度就增加，这就表现出肌肉的伸展性，当外力除去后，则被拉长的肌肉又恢复原来的长度，这就是肌肉的弹性。在体育活动中，例如投掷最后用力，跳跃和游泳出发之前，必须先将工作的肌肉拉长，以增大肌肉的收缩力量。

(二) 粘滞性

肌肉收缩时，肌纤维内部分子之间及肌纤维之间摩擦产生的阻力称为粘滞性，肌肉粘滞性阻碍肌肉的快速缩短和拉长。气候寒冷时，肌肉粘滞性增大，所以要做准备活动，使体温升高，减少肌肉的粘滞性阻力，从而加快肌肉收缩和放松的速度，提高肌肉工作能力。此外，准备活动还能防止肌肉拉伤。

(三) 兴奋性、传导性和收缩性

骨骼肌还具有兴奋性、传导性和收缩性。每块肌肉都有神经支配，刺激从神经传至肌肉就发生反应（兴奋性），这种反应从局部很快传导到整块肌肉（传导性），从而引起肌肉的收缩（收缩性）。

第四节 下肢的运动

下肢负担着支撑和位移功能，所以下肢骨和下肢肌都很粗大，下肢关节都比较牢固但灵活性较差。

现就下肢的三个主要关节（髋关节、膝关节和踝关节）来说明下肢的运动。

一、髋关节（图2—116，2—117）

髋关节是由股骨头关节面和髌骨的髌血关节面连结而成的。关节面形状是球窝形的，所以是个三轴性关节。它可以作屈（高抬大腿）和伸（后摆腿），外展（侧摆大腿）和内收（跳马落地并腿），外旋（足内侧踏球时准备动作）和内旋（足外侧踏球时准备动作）。

髋关节的关节囊比较厚，局部增厚形成韧带。髋关节囊前上方有髂股韧带，它限制大腿后伸，妨碍纵劈叉动作。关节囊前下有耻骨囊韧带，它限制大腿外展，妨碍横劈叉动作。所以要做好纵劈叉和横劈叉必须发展这两条韧带的伸展性。

使大腿在髋关节处活动的肌肉都比较粗大：

1. 使大腿在髋关节处屈（高抬大腿）的主要肌肉有股直肌、髂腰肌、耻骨肌等（图2—127）。
2. 使大腿在髋关节处伸（向后踢腿）的主要肌肉有臀大肌、股二头肌、半腱肌和半膜肌等（图2—128）。
3. 使大腿在髋关节处外展（向侧方摆腿）的主要肌肉有臀中肌、臀大肌上部等（图2—128，2—138）。
4. 使大腿在髋关节处内收（并腿动作）的主要肌肉有耻骨肌，内收肌群（图2—127）。
5. 使大腿在髋关节处外旋的主要肌肉有髂腰肌、臀大肌和臀中肌后部等（图2—128，2—138）。

6. 使大腿在髋关节处外旋的主要肌肉有臀中肌前部、阔筋膜张肌等(图2—127)。

二、膝关节

膝关节是由股骨髁关节面、胫骨髁关节面和髌骨髁面连结而成的。在屈膝时关节面是椭圆形,能作屈(小腿向后与大腿靠拢)、伸(小腿前踏)、内旋和外旋动作。在伸膝时关节面是滑车形,祇能作屈伸动作。

膝关节是人体内构造最复杂的一个关节。关节内有一对软骨构成的半月板,它有加深关节窝和缓冲震动的作用。为了加强膝关节,有一系列的韧带,关节内有交叉(十字)韧带,关节外有骸韧带,内外侧副韧带(图2~118, 2~119, 2~120)。

使小腿在膝关节的活动的肌肉:

1、使小腿在膝关节处屈的主要肌肉有半腱肌、半膜肌、股二头肌、腓肠肌等(图2~145, 2~136, 2~154)。

2、使小腿在膝关节处伸的主要肌肉为股四头肌,(图2~140, 2~141)。

3、使小腿在膝关节处内旋的主要肌肉有半腱肌、半膜肌等。

4、使小腿在膝关节处外旋的主要肌肉为股二头肌,

三、踝关节

踝关节是由胫骨和腓骨下端关节面与距骨上关节面连结而成。关节面形状是滑车形祇能作屈(足底向下作绷脚面动作)和伸(足背向上作钩脚尖动作)。但因距骨上关节面前宽后窄,当足屈(绷脚面)时还能左右活动。

踝关节囊比较薄,内侧有三角韧带、外侧有跟腓韧带、距腓前韧带、距腓后韧带加固。跟腓韧带较弱、较易受伤。

使足在踝关节处活动的肌肉有:

1、使足在踝关节处伸的主要肌肉有胫骨前肌、拇长伸肌、趾长伸肌等(图2~153)。

2、使足在踝关节处屈的主要肌肉有小腿三头肌、胫骨后肌、趾长屈肌、拇长屈肌、腓骨长肌、腓骨短肌等(图2~154, 2~155)。

第五节 上肢的运动

上肢为抓握和劳动器官,因而上肢骨和骨连结都比较轻巧、灵活,上肢肌都比较细小。上肢的主要关节有肩关节、肘关节和腕关节。

一、肩关节

肩关节是由肩胛骨的关节盂和肱骨头关节面构成。肩关节的两个关节面大小差别明显,关节囊松弛,是人体中运动幅度最大的一个关节(图2~34)。

肩关节由关节囊上方增厚的喙肱韧带和肩关节周围的肌肉来加强。

肩关节是个球窝关节,可以作屈、伸、内收、外展、内旋、外旋等动作。上臂在肩关节处的运动,常与肩胛骨、锁骨的运动配合,才能完成。

使上臂在肩关节处活动的肌肉

1、使上臂在肩关节屈的主要肌肉有三角肌前部、胸大肌、肱二头肌等(图2~44)。

- 2、使上臂在肩关节处伸的肌肉有三角肌后部、背阔肌、大园肌等（图2~44）。
- 3、使上臂在肩关节处内收的主要肌肉有背阔肌、胸大肌、大园肌等（图2~49）。
- 4、使上臂在肩关节处外展的主要肌肉有三角肌、网上肌等（图2~44, 2~56）。
- 5、使上臂在肩关节处内旋的主要肌肉有背阔肌、肩胛下肌、大园肌等（2~56）。
- 6、使上臂在肩关节处外旋的主要肌肉有冈下肌、小园肌、三角肌后部等。

二、肘关节

肘关节是由肱骨下端关节面和尺骨、桡骨上端关节面构成。关节囊松弛、有尺侧副韧带、桡侧副韧带和桡骨环状韧带加固（图2~35、2~36、2~38）。

肘关节可作屈、伸、内旋和外旋运动。

使前臂在肘关节处活动的肌肉

- 1、使前臂在肘关节处屈的主要肌肉有肱二头肌、肱肌、肱桡肌和旋前园肌等（图2~59、2~60、2~63）。
- 2、使臂在肘关节处伸的主要肌肉有肱三头肌等（图2~61）。
- 3、使前臂在肘关节处内旋（旋前）的主要肌肉有旋前方肌旋前园肌（图2~66）。
- 4、使前臂在肘关节处外旋（旋后）的主要肌肉有旋后肌等（图2~66）。

三、腕关节

腕关节包括两部分。一部分由桡骨下关节面与近侧列腕骨（腕豆骨除外）关节面构成；另一部分由近侧列腕骨（腕豆骨除外）和远侧列腕骨关节面构成。腕关节周围被许多韧带加强（图2~40、2~41、2~42）。

腕关节面为椭圆形、是二轴性关系，可作屈、伸、内收、外展等运动。

使手在腕关节处活动的肌肉：

- 1、使手在腕关节处屈的主要肌肉有前臂前面的尺侧腕屈肌，桡侧腕屈肌、指浅屈肌、指深屈肌、掌长肌等（图2~63、2~64）。
- 2、使手在腕关节处伸的主要肌肉有桡侧腕长伸肌、桡侧腕短伸肌、尺侧腕伸肌、拇长伸肌等（图2~65、2~65）。
- 3、使手在腕关节处内收的主要肌肉有尺侧腕伸肌、尺侧腕屈肌等。
- 4、使手在腕关节处外展的主要肌肉有桡侧腕伸肌、桡侧腕屈肌等。

上肢骨除上述连结外，腕骨和掌骨间、掌骨与指骨之间都以关节形式连结起来，各关节都有关节囊包绕，周围都有韧带加强。

第六节 躯干的运动

一、脊柱

脊柱是七块颈椎、十二块胸椎、五块腰椎、一块骶骨、一块尾骨以及把它们连结起来的软骨和韧带构成（图2~262）。

除了第一、第二颈椎之外，其余椎骨借软骨连结起来，连结椎体间的软骨叫椎间盘。椎间盘共有23个，其总长度相当于脊柱全长（骶骨以上）的四分之一。椎间盘富有弹性，可起缓冲作用，身高在一昼之夜间，可有2~3厘米的变化。在体育锻炼和劳动中，由于外力作用，椎间盘可能从侧面突出、挤压脊神经，因而产生神经痛。这种现象叫椎间

盘突出症。在腰部较为常见(图2~194, 2~195)。

在椎体前面有前纵韧带,在椎体后面有后纵韧带,自上而下连结各个椎体。这两条韧带从前、后方加固了脊柱。但同时在一定程度上限制了脊柱的前后运动。

此外,椎骨间的上下关节突之间以关节形式连结起来;椎弓、横突、棘突之间借韧带连结起来(图2~166, 2~199)。

脊柱可以做前屈、后伸、左右侧屈、左右旋转运动。

使脊柱活动的肌肉:

1、使脊柱屈的肌肉主要有髂腰肌、腹直肌、腹内斜肌、腹外斜肌、胸锁乳突肌等(图2~223, 2~208, 2~219, 2~219, 2~220)。

2、使脊柱伸的肌肉主要有骶棘肌、臀大肌等(图2~212)。

3、使脊柱侧屈的肌肉主要有同侧的骶棘肌、腹内斜肌、腹外斜肌、腹直肌等。

4、使脊柱左右旋转的肌肉主要有对侧的腹外斜肌、臀大肌和同侧的腹内斜肌等。

二、胸廓

胸廓是由十二块胸椎、十二对肋骨、肋软骨和一块胸骨,以及把它们连结起来的关节、韧带构成。胸廓除了保护胸腔内的器官外,在呼吸肌的影响下,胸廓能扩大和缩小、参与完成呼吸运动(图2~206)。

呼吸肌分吸气肌和呼气肌两种。吸气肌主要有膈肌、肋间外肌等,呼气肌主要有肋间内肌、腹横肌、腹内斜肌、腹直肌等(图2~215, 2~216)。

第七节 体育动作解剖学分析

体育动作的解剖学分析。是从人体结构的角度分析体育动作的规律性。为学习和提高动作质量提供理论依据。

体育动作虽然有多种多样,但从人体结构角度分析,它具有一定的规律性。任何动作都是以肌肉收缩为动力,牵引骨骼,围绕关节面运动。骨与关节是运动的被动部分。肌肉则是主动部分。肌肉在人体运动中处于重要位置。分析体育动作时,其重点为肌肉。因此在进行动作分析之前必须先了解肌肉的功能。

肌肉是由许多肌纤维构成。在做动作时肌纤维可以缩短,也可以被动地伸长。又可以处于既不缩短也不伸长的状态。肌纤维处于缩短状态时,所做的工作叫做克制工作,这是体育动作中较常见者,如三角肌纤维收缩可使两臂侧举。肌纤维处于伸长状态时所做的工作叫做退让工作,就象在负重的情况下,同时慢慢地屈肘关节,这时上臂后面之肱三头肌纤维被拉长所做的工作。做克制工作和退让工作时肢体是处于运动状态。所以这种产生运动的工作又称为动力工作。与之相反的另一工作为静力工作。即肌纤维长度不变,既不缩短也不伸长。可是肌肉的紧张程度(张力)增加。如两臂保持侧平举时,三角肌纤维长度不变,但其张力增加,用来克服两臂下垂的重力。

每一个关节的运动都不是单纯的由一块肌肉来完成的。而是由一群肌肉来完成。而在这一群肌肉中各个肌肉所起的作用又不完全一样。其中直接完成动作的肌肉叫原动肌,与其作用相反的肌肉叫对抗肌。例如屈肘时上臂前面的肱二头肌、肱肌和前臂外侧的肱桡肌是屈肘的原动机。而上臂后面的肱三头肌是屈肘的对抗肌。其肌纤维被拉长,

但保持一定的紧张度。这样则可使屈肘时的原动肌，在收缩过程中免于过猛而受伤。

有时在做某个动作时，只需要一个关节运动，而要求邻近的关节固定不动。如此即可使活动这个关节的肌肉能充分发挥力量。这种使邻近关节固定不动的肌肉则称为固定肌。如用力屈肘时，要求关节固定，故肘关节周围的肌肉则称为固定肌，它们共同收缩可使肘关节固定。

在分析体育动作时除了要注意肌肉收缩力以外，还要注意重力，摩擦力等。这些力产生于身体外部，因而称为外力。肌肉收缩力产生于身体内部称为内力或肌力。这两种力往往同时作用于人体。其作用的方向可以相同，也可以相反。

如果在肢体上两种力的方向相反，肌力大于外力时，肢体朝着与外力相反的方向运动。例如，作高抬腿跑时，大腿于髋关节处做向上屈的动作，其原动肌是与重力相反的一侧的髂腰肌，股直肌等（图2~267）。若负重跳起时，身体需由蹲位伸直向上，这时为了克服杠杆身体各部分向下运动，则跳起的原动肌主要为臀大肌、股四头肌和小腿三头肌（图2~268）。

如果作用于肢体两种力的方向一致，肢体运动速度快于重力其原动肌是位于肢体运动方向同一侧的肌群，例如排球跳起正面扣球时，上肢在肩关节处作伸与内收动作，其重力也可有使上肢下垂的作用，使上肢伸和内收的速度要超过重力下垂的速度。因此，扣球动作的原动肌是使上臂在肩关节处伸和内收的肌群，即胸大肌、背阔肌和三角肌等。

如果力作用于肢体时，两种力的方向相同，而肢体运动速度慢于重力，则原动肌是位于肢体运动方向相反的一侧的肌群。例如在双杠上做双臂屈伸慢落时，上臂在肩关节处外展和伸。重力也是使上臂在关节处外展和伸。为了提高训练效果，使身体下落速度小于重力速度，这样原动肌是位于与肢体运动方向相反的一侧，即是使上臂在肩关节处屈和内收的胸大肌和背阔肌。

知道了肌肉的工作以后，就可以入手进行体育动作的解剖学分析。

体育动作比较复杂，有连贯性，动作过程较快，用眼睛看，往往不易发现问题，若要做确切的分析，最好能用电影或录像将动作记录下来，然后制成连续电影图片，这样便可以对动作进行详细的观察分析。

为了分析方便起见，可以将动作划分成几个阶段。如单杠上的引体向上动作，可以划分为悬垂、引体向上和还原三个阶段。

然后根据图片描述各阶段身体各部分的动作姿势，说明各个阶段动作中，肢体在关节处的运动方向，这样才能分析出关节处运动的原动肌。

引体向上阶段

肩关节——上臂在肩关节处伸。

原动肌为背阔肌、大圆肌与三角肌后部。

做动力工作。

肩带——肩胛骨下回旋和内收。

原动肌为斜方肌、菱形肌与胸小肌。

做动力工作。

肘关节——上臂在肘关节处屈。

原动肌为肱二头肌，肱肌与肱桡肌。

桡尺关节——保持外旋位置

腕关节——保持微屈。

原动肌为屈腕群肌

做静力工作

指关节——保持微屈。

原动肌为屈指肌群。

做静力工作。

第一掌指关节——保持内收姿势。

原动肌为拇指内收肌。

做静力工作。

还原阶段

肩关节由屈到伸，

肩胛骨由下回旋变为上回旋，内收变为外展。

桡尺关节、腕关节、指关节和第一掌指关节保持静力工作。

除了分析原动肌以外，还应分析妨碍动作完成的一些消极因素。如重力、对抗肌、韧带等。在引体向上阶段，原动肌主要用来克服身体下垂的重力。再例如正压腿时，要克服大腿后面的对抗肌阻力。纵臂腿时要克服髂股韧带的阻力。

最后根据分析结果，对动作进行总结和讨论。从分析可以确定引体向上是发展肩关节伸肌、肘关节屈肌和使肩胛骨下回旋，内收肌力量的一种简易的力量练习，为了进一步发展这些肌肉力量，在做动作时可以在身体上增加一定负荷（沙袋、杠铃片等），或加大两手握杠距离。

通过动作分析可以找出动作的积极因素（原动肌）和消极因素（重力、对抗的肌力和韧带阻力等）。在做动作时，如能充分利用这些积极因素，克服消极因素，就可以提高动作质量，并且可避免损伤的发生。

第三讲 身体比例

要判断某个运动员身体结构的特征，只有采用人体测量法才能得精确的材料。

用人体测量法可测得运动员身体各部分的比例，在测量时往往以一定的指标（指、手、面、头、脊柱、大腿等的长度）作为测量的单位，用来与其他身体指标相比较。

古代埃时人认为，身高为中指长的18倍，波里克涅特Полицкет认为身高为头的高度的7倍，为肘为高度的9倍。他认为头和颈的高度、足的高度都为身体的 $1/6$ 。科里曼Кольман认为，将头至鼻下缘作为一个单位，那么这个高度约为整个身体高度的 $1/10$ ，脊柱为身高的 $2/5$ ，头和脊柱的高度约为身高的 $1/2$ 。科里曼还认为：从头顶到鼻下缘，从鼻下缘到胸骨上缘，从胸骨上缘至其下缘，从胸骨下缘到脐，从脐到耻骨联合。每一段距离等于整个身高的 $1/10$ ，并且各段距离都彼此相等。

另外，从一侧腋骨头内侧到对侧乳头的距离约等于上臂的长度，连结乳头和脐的直

线等于前臂的长度，手的长度等于脐和股骨头内侧面之间的长度，大臂的长度等于一条连结一侧乳头与另一侧股骨头内侧面的直线距离。小腿的长度相当于身体一侧的乳头点和股骨头内侧面之间的最短距离，足的长度等于前臂的长度。

此外，身高约等于伸开两臂的宽度（肩臂宽），或等于大腿的4倍长度。当一个人两臂上举稍微分开和两腿分开时，他的身体就会画成一个圆形，圆心恰在脐下。

颈的高度等于足的高度。锁骨的长度平均等于肩胛骨脊柱缘的长度。两肩宽度等于身高的 $1/4$ ，等于大腿的长度，等于乳头之间距离的两倍。

躯干胸部的横径与前后径的比例是3:2。

脐约位于胸骨下缘和耻骨的中间。小腿和足加在一起的高度等于身体的 $1/4$ 。

当手上举时，肘关节位于头顶水平线上。当手下垂时，手指尖大体上在大腿中间，而肘关节则位于脐水平线上。

说明身体比例最常用的，是计算肢长、肩宽、骨盆宽与身高之比例的指数。按这些指标的比，将人的体型分为三类：

1、瘦长型：

躯干、肩、骨盆较窄、四肢较长、而躯干较短。

2、短胖型：

各项运动员 (男)	观测 次数	身高 (厘米)	长度(厘米)		横径(厘米)	
			手臂	腿	肩宽	骨盆
游泳运动员	50	195	78	96	40	28.6
体操运动员	50	165	73	90	38	27
拳击运动员	50	168	74.5	91	38.6	28
举重运动员	70	165	72	88	38.4	28

(依 С. С. Грешенко)

田径运动员人体测量指标平均数

运动项目(男)	身长	体重	胸围	肺活量
短跑运动员	175.3	69.2	91.5	5240
中距离跑运动员	174.4	68.9	93.1	5260
长跑运动员	169.4	64.2	91.2	5130
跨栏运动员	180.3	78.1	96.9	5750
竞走运动员	176.1	93.2	96.0	5550

(依 拉格也夫斯基)

我国男运动员身体形态表(1977年)

(单位:公斤、厘米)

	项目	例数	体重	身高	坐高	上肢长	下肢长	小肢长	足长	手长	足宽	手宽
2	武术	155	49.70	158.41	86.61	68.96	82.26	37.26	23.61	17.17	9.59	7.74
3	游泳	219	60.72	171.86	93.48	75.55	88.21	40.38	25.29	18.57	10.26	8.21
4	举重	202	70.07	164.90	92.43	72.30	83.73	37.81	24.67	18.17	10.44	8.51
5	足球	239	65.89	174.18	94.81	75.82	90.13	41.06	25.58	18.72	10.47	8.26
6	乒乓球	145	58.48	170.54	92.66	74.03	88.41	40.38	25.00	18.22	10.09	7.98
7	羽毛球	116	59.10	170.12	92.09	94.04	87.93	40.34	25.17	18.35	10.21	8.19
8	篮球	144	79.40	190.07	100.24	83.44	100.84	46.09	27.94	20.42	11.03	8.87
9	排球	142	74.89	187.23	98.82	82.80	98.76	45.33	27.45	20.18	10.83	8.72
10	田径	239	66.67	176.10	94.77	77.43	92.33	42.05	25.84	18.97		8.36
11	对照	287	52.74	165.22	89.51	71.83	86.45	39.12	24.82	17.96	9.90	7.89

	项目	例数	肩宽	骨盆宽	胸围	腰围	上臂围		前臂围	大腿围	小腿围	臀围
							紧	松				
1	体操	165	36.09	24.55	85.93	64.37	27.87	27.37	24.52	45.24	32.89	16.60
2	武术	155	24.92	24.33	81.64	64.74	25.67	23.44	22.62	43.03	32.16	17.71
3	游泳	219	38.70	26.14	91.64	70.33	29.78	27.13	24.72	49.78	34.29	18.16
4	举重	202	38.46	26.70	96.58	77.16	33.93	31.04	27.77	57.31	37.25	20.55
5	足球	239	38.27	26.91	91.38	73.63	29.11	26.47	24.98	54.35	37.25	19.89
6	乒乓球	145	37.34	26.29	87.83	69.98	29.27	26.91	23.55	50.03	34.30	18.45
7	羽毛球	116	37.04	25.75	86.99	70.13	27.50	25.03	23.83	50.11	35.40	18.19
8	篮球	144	41.26	28.62	96.35	77.64	30.42	27.60	26.33	51.89	39.05	20.84
9	排球	142	40.48	28.01	94.82	75.21	30.58	27.73	26.33	55.61	37.50	20.30
10	田径	293	38.80	27.34	92.55	72.92	29.01	26.35	25.26	53.45	37.17	19.13
11	对照	287	35.70	25.02	80.59	65.77	25.87	23.90	23.12	46.96	33.57	17.61

(根据第三届全运会人体测量研究组材料整理)

躯干较长而宽，上下肢均较短。

2、中间型：

介于前两者之间。

关于不同专项男女运动员的身体结构的材料很多。现列举其中一些材料如下：
各运动项目运动员的形态特点：

1、体操

体操运动员的形态特点是个子小、体重轻、臂长、躯干短、肩宽、胸粗、腰细、臀厚、手大、臂粗、腿匀称而细，腿部肌肉轮廓不明显。

竞技体操的特点之一是运动员要用数倍至十倍于体重的肌肉力量来克服体重和惯性力。体重小，就省力。

竞技体操中以上肢支撑和以上肢肌力为主的动作甚多，男子项目6个单项中有4个（吊环、鞍马、单杠、双杠）完全用上肢支撑，其余2个（自由体操和跳马）仍有不少动作要以上肢为支撑，因而上肢肌、肩带肌和胸背肌，肩带和胸部骨骼的负荷量大，而下肢所受到的锻炼相对要少得多。因此竞技体操运动员的臂围大、手大、肩宽、胸围大、臀薄、腿细。

另外，竞技体操中，腰部动作多，腰的活动幅度大，特别是女子项目，但腰部用力不大，这就要求腰细使腰部柔和和灵活，腰细对体型优美也很重要。

2、武术

武术运动员的形态特点与体操运动员相似，即个子小、体重轻、躯干长、下肢短、大腿粗、肩较宽、腰较细、手足较宽。

武术运动的动作多变，徒手或持器械都全身使劲，因而多数形态指标如肩宽、胸围、臂围、腿围等都较高。

武术运动与体操相反，是以下肢为支撑的运动，并且下肢动作数量多，形式复杂，为其它运动项目所不及，例如蹲、踢、劈、跳、摆、旋、单腿平衡等是武术套路中反复出现的动作，下肢特别是大腿得到较多的锻炼，所以下肢各项指标都较高。

武术运动员腰也较细，这与腰部动作多、灵活有关。另外女运动员的骨盆较大，相对的腰显得细一些，可是骨盆太大影响动作的灵活和体型的优美。

2、游泳

游泳运动员的形态特点是身高与体重略属中等偏上，躯干短、腿长、臂短、肩宽、骨盆比肩宽、胸粗、臀薄、臂粗、腿较细、手大。

游泳主要靠水对身体的浮力来支撑人体，同以下肢为支撑的项目比较，腿的负荷较小。游泳中下肢虽是推动人体前进的动力之一，但不如上肢重要（蛙泳例外），所以游泳运动员腿较细、臀也较薄（蛙泳例外）。

游泳的主要推动力靠上肢，其中肩带、肩关节活动幅度最大，依次为肘关节、腕关节、指关节。这样游泳时肌肉受到锻炼程度也是这样，肩带肌和肩关节肌特别发达，其次是上臂肌、前臂肌和手肌。游泳时呼吸受到水的压力，呼吸肌负担较重，所以呼吸肌一般都很发达。

由于肩带肌、胸肌、肩关节肌、呼吸肌附着在胸廓上，游泳时胸廓负荷大，胸围也

较大。

从流体力学的角度看、身高、肢长、臀薄、骨盆窄、手足大的体型有利于提高成绩。

4、举重

举重运动员的形态特点的个子矮、躯干长、四肢较短，体重大，肩宽，手脚大、身体各部分粗、宽厚。

举重运动员的训练以力量为主。大量的力量训练使运动员的肌肉、韧带和骨骼发达，粗壮。这样举重运动员身体各部分的围度、宽度和厚度都较一般运动员要粗大。

个子矮的人臂和腿都相对要短一些，在举重时要把杠铃提举起来的距离比个子高的人要小，杠铃上升需要的加速度、速度，所用的阻力矩和所要做的功都要小，因而省力。

手脚大，则手肌足肌大、手和足的力量也大，有利于握杠和支撑，而且足的支持面积大，有利于站稳。

5、足球

足球运动员的形态特点是身高居中上水平，上肢细，下肢粗、厚、宽。

足球运动中的传、接、停、带、争、堵、奔跑、突停、转向等动作无不以下肢为主的，上肢仅起协调配合作用。结果，下肢得到了极好的锻炼，粗壮、有力、灵活，而上肢则较差。

足球运动场地大，活动范围广，技术战术复杂，对抗性强，需要运动员有较大力量，较快速度，灵活的动作和很好的耐力。足球运动员的身高、体重大或太小都不合适，太大则动作难以快速、灵活；太小则力量不足，在对抗动作中处于不利地位。所以。一般说来，中上身高和体重为合适。

6、乒乓球和羽毛球

乒乓球和羽毛球运动员的形态特点是身高和体重中等或中等以下，其它指标居中等。

乒乓球和羽毛球运动员最需要的素质是灵敏和快速。个子小体重轻有利于快速和灵敏，但这两个项目要求运动员有一定的动作幅度，个子太小则不利。

7、篮排球

篮球和排球运动员的形态特点是身高体重大，躯干短、肢体长、手较大。

排球运动员有扣球动作，对上肢、肩带及胸廓的锻炼较大。而篮球运动员起跑、奔跑、突停、转弯等动作较为激烈，对骨盆和下肢的锻炼作用比较大。所以排球运动员的上肢围度、肩宽、胸围的指标高、而篮球运动员下肢围度、宽度和厚度较小。

排球与篮球运动中扣球、击球、运球、投球都是用手接触球，手则大有力，有利于掌握球。

8、田径

田径运动包括走、跑、跳、投等项目，因各项目要求不一，运动员的形态特点也不一样。

跑项又分短、中、长三种。

短跑速度快强度大、要求运动员肌肉强大有力。在快速跑中、上下肢围绕肩关节和髋关节有力摆动，肩带肌、盆带肌、躯干肌和相应部分的骨骼都受到锻炼。因之，短跑运动员不仅上下肢粗壮，而且肩宽、胸腰围大、臂厚。

长跑是个耐力项目，长跑经历时间长，动作重复次数多，所以在整个时间内要考虑动作的经济性，尽量合理地减少能量消耗。在跑的周期性动作中、每一个动作要克服肢体自身的重量、肢体重量小则负担小，消耗能量少，能持久，所以长跑运动员的形态特点是身高中等，下肢长、体重轻，各部分围度、宽度和厚度都较小。

中跑运动员的形态特点介于短跑与长跑之间。

跨栏运动员的形态特点是身高、腿长、躯干短、胸围小，骨盆窄。跨栏运动技术复杂，对运动员身体要求有较好的全面发展。胸围小、骨盆窄有利于能较灵活的进栏。身高、腿长的运动员，身体重心高，它对保持的正确姿势和减少进栏时身体重心上下波动有利。

跳高运动员的形态特点是细高个子，躯干短，下肢长，上下肢围小、度小、胸围骨盆窄、臀薄、腰细。下肢长可以提高身体重心的高度，起跳腿在起跳过程中蹬地距离长，增加起跳效果。腿长的运动员，采用直腿摆动时，则摆动半径大，动量大，支撑腿所受到的支撑反作用力大，因而能增加腾空初速度。跳高运动员需要有高度的灵巧性，即在极短的腾空无支撑情况下，要完成一系列复杂动作，这需要善于控制自己身体各部分的能力，使身体能顺利地过杆。体重轻、身体轻巧、各部分围度小、关节灵活，骨盆窄、臀薄就有利。否则身体笨重，四肢粗壮，就不容易完成。

跳远运动员的形态特点介于短跑与跳高、远运动员之间，跳远运动员比短跑运动员躯干短、下肢长，从体型上看比跳高运动员粗壮，但不如短跑运动员粗壮。

投掷运动员的形态特点是身材高大、魁梧、各部分围度大，比较匀称、躯干长、下肢短、上肢长、躯干长增加最后出手时的工作距离，对投掷起良好的效果。在标枪的投掷步中完成引枪动作时，要尽量加速两腿的速度、使下肢超过上体。在铁饼旋转过程中也要求下肢动作快于上体，所以下肢短对发挥速度有利。上肢长传手膝动作幅度加大，用力距离长，增强了投掷的效果，对投掷器械有利。

参 考 资 料

一、《运动解剖学》（体育系通用教材）体育学院系教材编审委员会《运动解剖学》编写组编

人民体育出版社 1978年

二、《人体解剖学》上同 M·Φ·伊凡尼茨基著，邹顺和等译

人民体育出版社 1929年

三、《解剖学基础》吉林医科大学编 人民卫生出版社

四、《我国运动员身体形态研究》第三届全运会人体测量研究组

《体育科技》1979年1月第二期

运动生物力学

苏 品 编

第一讲 运动生物力学的概念

(Biomechanics of sport)

随着体育运动的迅速发展,体育科学出现了一门新兴学科——运动生物力学。它是运用生物学、力学理论探索运动技术规律的科学。运动生物力学研究人体运动时的内力及外力的相互影响、相互作用的规律以及这些力所引起的人体结构与机能变化的一门学科。

所有运动项目只有按照科学知识和原理来进行训练,才能取得良好的运动成绩。因此,世界上不少国家都把运动训练中的生物力学问题列为体育科学研究的重点。运动生物力学把体育动作技术所研究的课题,赋予力学的生物学的观点和方法,使复杂的体育运动形式,奠基于最基本的力学及生物学规律之上,使体育动作与生物学、力学互相结合,互相交融,进行更严格、更细致的基础理论研究,并以数学、力学、生物学的形式加以定量描述。教练员、运动员依据所测定的生物力学参数,改善教练方法和改进动作技术。由此可见,运动生物力学是一门实用性很强的学科。

例如,国家体委科研所文勤等对体操的难新动作——单臂向后大回环技术原理及其技术特征作了研究。作者采用应变测力原理,测出单臂向后大回环过程中正交二维动力曲线图,同时配合电影打点(50点/秒)与测力同步,收集了国家体操队和北京体操队共六名运动员的材料。把测出的正交二维力(N_y 、 N_x)根据公式 $N = \sqrt{N_y^2 + N_x^2}$ 作出合力曲线图。通过影片解析装置,算出各时相的重心及轨迹,以及线速度的曲线图。作者发现如下现象:

- 1、为了给重心移向支撑臂提供时间,过渡到单臂大回环之前的一个双臂大回环,角速度不宜过快,撒开一只手的位置一般在杠上垂线后 $20^\circ \sim 30^\circ$ 较适宜。
- 2、无论在单臂支撑的下摆阶段或上摆阶段,人体受力有两种截然不同的情况:在角速度比较慢的条件下, $mg \cos \phi > m\omega^2 r$,单杠向下弯曲,运动员感到的是向下的压杠力;在角速度比较快的条件下, $mg \cos \phi < m\omega^2 r$,单杠向外弯曲,运动员感到的是向外的拉杠力。因此,肌肉工作的特点也不同。
- 3、支撑下摆和上摆都出现“无重量”时相,此时 $mg \cos \phi = m\omega^2 r$,单杠不受力

($N = 0$)。运动员既感受不到压力,又感受不到拉力。此时,应及时加强扣腕动作。在上摆“无重量”时相,是发展转体,换握动作的好时机。下摆“无重量”时相在杠上垂线后 54° 左右,上摆“无重量”时相在杠上垂线前 37° 左右。

4、悬垂下摆最大受力发生在杠下垂面前。

作者建议,由于悬垂下摆受力平均为自身体重的3.6倍,悬垂上摆受力平均为自身体重的3.7倍,因而除了采用长护掌皮外,还应加强单臂悬垂摆基本能力的锻炼。

通过对技术动作的定量测试及分析后,提出对技术动作起主要影响的生物力学参数,教练员则根据参数去安排相应的训练手段(方法),以达到使运动员迅速掌握正确技术及提高成绩的目的,从而使训练更加科学化、现代化。

运动生物力学是生物力学的一个分支。通常生物力学分为普通生物力学和专门生物力学两类。普通生物力学是研究包括人和动物运动在内的生物力学;专门生物力学则是研究某一方面运动活动的动作特征。例如:人类工程生物力学是从研究机器的观点研究人体的结构和机能,并根据人体活动的特点改进机器设备。医学生物力学不光研究治疗问题,也研究人体的结构机能,根据人体结构机能特点改进、研制医疗器械。康复生物力学是研究制作假肢和身体受伤后如何进行功能锻炼的一门科学。第二次世界大战后,有许多伤员要整治,为伤员制作假肢,使他们能进行合适的工作,必须进行生物力学方面的研究。交通事故受伤后的功能恢复问题,也是康复生物力学的研究内容。运动生物力学是专门研究人体体育运动活动规律的科学。现在体育运动成绩已经达到了很高的水平,要想提高运动成绩,焦点是如何提高人的工作效率的问题。人的运动是在地球上进行的,受到宇宙能的影响,特别是受到重力的影响。比如,目前的男子跳高世界纪录已达到2.36米的高度了,这是人体不借助任何机械而靠自己的力量所达到的高度,是积年累月训练的结果。在训练中要改进运动技术,就要分析技术动作,探索运动训练的规律,寻求最佳训练方案,提高运动成效,必须依靠运动生物力学。

运动生物力学在学科的名称上尚不统一。例如,在我国叫做运动生物力学,也叫做人体运动力学。在美国叫做运动生物力学(Biomechanics of sport)。法国叫做动作分析。日本叫做身体运动学。苏联叫做运动生物力学(Биомеханика физических упражнений)。德国叫做生物力学等等。内容上也有差异,但总的趋向都是要科学地论证体育运动技术,寻找人体运动的基本规律,以指导运动技术的改进,促进运动水平的不断提高。

1973年8月30日国际生物力学协会(INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMECHANICS, 简称为ISB)成立,在第四届国际生物力学会议上决定采用生物力学为学科名称以来,采用运动生物力学这名称的国家渐渐多起来了。

第二讲 运动生物力学的任务和内容

运动生物力学是理论性和实践性很强的一门应用学科,担负着以下几项任务:

(一) 确立运动技术原理。运动生物力学的研究,是以生物学和力学理论为基础,

以科学实践为途径，受运动训练的实践所检验的。通过对各项运动技术的生物力学研究，提出必要的参数，塑造出标准运动技术的模式。使教练员和运动员明确什么样的动作是正确的运动技术；什么样的动作是错误的运动技术。明确了运动技术的原理，便可通过一定的手段，对运动员的动作进行技术诊断，提高训练的科学性。

例如，国家体委体育科学研究所的王云德、李岳生从运动生物力学的观点，剖析了举重标准动作的结构及国内外优秀举重运动员的实践经验，认为把举重技术的基本原则归纳为“近、快、低”是正确的，反映了举重技术的基本规律。“近”，是指在预备姿势与上举杠铃的过程中，杠铃重力的合力作用线应尽量接近支撑面中心。为什么必须这样要求呢？这是因为：第一，只有近，才能保持动作的平衡与稳定；第二，只有近，才能有效地发挥人体的最大力量；第三，只有近，才能省力。“快”，是指在举杠铃过程中，提铃动作要快，特别是发力动作要快。只有快，才能使杠铃获得最大的上升力和上升加速度与高度。“低”，是指在发力结束时要迅速降低身体重心。只有低，举重运动员才有可能以有限的力量举起更大的重量。当然，“近、快、低”三项基本技术原则是相互密切联系、缺一不可的。近，是为了使杠铃与身体获得稳固的支撑，为最大限度地发挥全身肌群力量创造有利条件。快，正是在近的基础上，通过发力，充分施展人体的快速力量，使杠铃获得最大的加速度与上升高度，为降低身体重心、支撑杠铃提供时间上的保证。低，就是在快的前提下，利用杠铃获得的上升惯性，采用各种方法（如下蹲或提铃、上挺箭步式分腿）迅速降低身体重心，完成支撑杠铃的动作。没有快速发力的保证，下蹲承铃动作是难以完成的；同时，降低身体重心也必须快速进行，因为杠铃在发力后的上升运动，只有极短暂的一瞬间（约0.2"左右），任何犹豫和动作上的微小错误，都有可能致使试举的失败。由此可见，快，是三项基本技术原则中的主要原则，是最积极、最活跃、最关键的因素。没有快，没有迅猛的正确的发力，近也就失去了意义，低也无从实现。

掌握正确的运动技术原理对提高运动成绩是大有好处的。在此基础上有人正在研究和探索模式训练和训练的系统工程。

（二）改进和设计运动器械。运动员运动成绩的好坏固然跟运动技术是否合理有关，也跟运动器械是否具有好的运动性能有关。从运动生物力学观点出发，把人体运动技术和运动器械的力学性能结合起来考虑。提出运动器械最佳化的标准，可以改进旧的运动器械和设计新的运动器械。例如，美国航空科学博士宋载镇对投掷标枪动作做了动力学研究。他用五个非线性动力学微分方程描述了标枪的飞行过程，提出了数值解。并以1972年奥运会纪录为例，说明只要改变一下标枪的投掷角和在现行规则允许的范围內，使标枪的压力中心从现在的25.7厘米前移到距重心0.8厘米，就可把1972年的纪录提高16.61米。这个理论性的探索，使人们对通过改进运动器械来提高运动成绩发生了浓厚的兴趣。美国宾夕法尼亚大学生物力学实验室研究了跑鞋的性能，对跑鞋进行了承受冲击力实验、柔韧性实验和耐穿性实验，集中了世界各地跑鞋的优点，制成了“生物力学跑鞋”。

我国生产的565型长统篮球鞋，这种鞋的鞋底上留有十几个凹坑，脚心处有一长五厘米以上的长凹坑。为什么把鞋底弄成坑坑凹凹的呢？其实有它的妙用。这些凹坑能起

“吸力”作用，防止运动员在平坦的篮球场上打滑摔跤。好象塑料挂衣钩能牢固地吸附在玻璃上似的。篮球比赛由于激烈和对抗性强，双方运动员身体可能接触的机会较多，为了防止互相踩脚和扭伤脚踝等伤害事故的发生，因此，篮球鞋多采用高统的，可以起到保护踝关节的作用。鞋内厚实的海绵有良好的缓冲性，可以避免跑跳时下肢各关节的过分磨损和震荡大脑。

项目不同，鞋的造型及结构也各不相同。例如跳高鞋，50年代后期至60年代初，跳高运动员起跳脚穿的是跳高鞋，而另一只脚则穿一般的帆布胶鞋，目的是使摆动腿减轻重量。但在穿用过程中，运动员感觉到帆布胶鞋摩擦系数小，最后一步摆动腿容易打滑，影响起跳脚的起跳动作。于是上海运动鞋总厂研制成功了一种羊皮面四钉尼龙头掌的“摆动鞋”，这种鞋不仅制动作用良好，而且份量轻，每只鞋的重量在150克左右。跳高运动员飞越新高度时，“摆动鞋”起了一定的作用。为什么不能使两只鞋做得一样轻呢？据测定，高水平跳高运动员起跳时的爆发力和支撑反作用力，要达到500至700公斤。起跳鞋必须选用坚固耐磨的牛皮做鞋面，才能承受这么大的力量。当我们观看跳高比赛时，看到运动员碰落横竿，观众会发出一片叹息：“真可惜，只差那么一点点。”科技人员就在田径规则允许范围内，将跳鞋的前掌增高至13毫米，使运动员的起跳高度有所提高。这样一来，跳鞋的份量自然要比摆动鞋重一些。我国著名跳高选手朱建华1981年6月在日本顺利越过2.30米高度，打破了亚洲纪录，穿的正是上海运动鞋总厂制造的跳高鞋。一双优质运动鞋，也能为运动员提高成绩，作出一定的贡献。

据悉，阿西库斯公司在工学专家的帮助下，从生物力学角度研制了各种运动鞋。例如，他们生产的跳高钉子鞋，有倾斜的鞋底，适合曲线助跑。

为了提高运动成绩，对运动鞋（以及运动服装）的研究不可忽视。

再如，撑竿跳高撑竿的演变促进了运动成绩的不断提高（表一）。不难看出，改进和研制设计运动器械对提高运动成绩是很重要的。

表一 不同撑竿与撑竿跳高成绩

年 分	竿 别	成 绩	相隔年分与提高幅度
1942 年	竹 竿	4.77 米	
1962 年	金 属 竿	4.83 米	20 年后提高 0.06 米
1978 年	尼 龙 竿	5.65 米	16 年后提高 0.82 米
1978 年	玻璃钢香蕉型撑竿	5.78 米	36 年后成绩提高将近一米

（三）防治运动创伤。对人体运动器官的力学研究和对运动技术的生物力学分析，能揭示人体各部运动器官的形态结构与机能之间的具体联系，使人们知道什么运动对健康无妨，什么运动容易损伤；采用什么动作可以避免损伤，从而可以正确地编制和选择训练手段，预防损伤。也有助于伤后进行功能恢复的锻炼。

张树栋等对187例运动员手掌撑地伤作了研究。发现把凡以手掌撑地使上肢致伤者，均列为“手掌撑地伤”，其它原因引起的上肢损伤不计。发现手掌撑地伤男多于女

(124:63); 右手多于左手 (105:87); 10岁以下和30岁以上各7例, 10—20岁110例, 21—30岁63例。

致伤项目: 主要集中在体操(44例)、篮球(43例)和足球(30例)。其次为舞蹈武功(17例)、排球(12例)、自行车(10例)和跳高(5例)等项。有39例(占总数20.9%)是在副项练习中受伤的, 尤以篮球最多。

致伤原因: (1)滑倒、绊倒、撞倒致伤者91例, 占49%; (2)翻腾落地时摔倒撞伤38例, 占20.3%; (3)器械下法失误致伤者22例, 占11.8%; (4)其它10例。

表二 手掌撑地垂直力的实验测定结果

受 试 者				触 地 瞬 间 垂 直 力 (kg)	
	性别	年龄	体重 kg	倾倒双手掌撑地	倾地双手掌撑地接缓冲
医 生	男	45	60	344.48	86.12
体操教练	女	41	49	409.48	172.40
体 操 运 动 员	女	11	34.5	290.95	129.31
	女	11	30	215.50	64.65
	女	11	27	269.39	86.20
	女	10	25	172.40	96.98
	女	9	22	258.62	107.75
	男	10	29	258.62	172.40
	男	8	20	215.50	75.40
	男	9	24.5	215.50	75.40
	男	7	22.5	215.50	129.31
	\bar{X}				260.50
sd				±67.91	±37.79
t				6.479	
P				<0.001	

作者用“三维测力仪”测定“倾倒双手掌撑地”、“倾倒双手掌撑地接缓冲”的瞬间垂直力。实验结果如表二。

经统计学处理, 两者有非常明显的差别。

作者指出: 1, 引起手掌撑地伤的力学因素很复杂, 涉及到垂直冲击力、杠杆作用

力、扭转力、牵拉力及撞击力等等，往往是综合因素致伤，其中垂直冲击力是矛盾的主要方面，其它都是由于垂直冲击力以传达暴力形式传递过程中，在一定条件下形成并参与作用的。2，从表二实验所得的数据可以看出，缓冲动作能减弱或消散支撑瞬间的垂直冲击力。

作者建议：预防手掌撑地伤，除场地、器械应符合要求以外，更为重要的是要加强自我保护的能力和学会缓冲动作，摔倒时不要用手去支撑，尽量设法先降低身体重心，做顺势滚翻或伸展，如不得不用手先触地时，当手触地后应立即屈肘，以臂肘外侧着地做缓冲动作。加强身体素质全面发展，是防伤的积极措施。

李俊嫣、莫素清对我国体操运动员邹利敏、童非、付鲁明在攻克单杠单臂大回环的难新动作时，三人的第三掌指关节胼胝完全撕脱问题作了研究。此伤虽是小伤病，但由于病痛难忍，而严重的影响训练。为什么三人胼胝撕脱的部位都在第三掌指关节呢？作者指出：1，第三掌指关节是正握和反握大回环时的重复着力点；2，回环时对单杠的总作用力达200多公斤；3，初练时重心不稳，机械性摩擦造成胼胝撕脱。作者摸索了一套不间断训练疗效显著的治疗方法，收到了良好效果。同时作者还对护掌作了改进，逐步提高运动员的适应能力，目前，训练量比初学时增加了3—4倍，胼胝完好。他们三人都熟练地掌握了这个难新动作。这样的研究对防治运动创伤是有指导意义的。

(四)为选材提供有关参数。研究各项运动技术的生物力学特征，提出有关参数，可以从运动生物力学方面了解各专项运动员应具备的形态、机能和素质条件，供选拔运动员参考。1975年我国的部分运动生物力学工作者对参加第三届全国运动会的体操、武术、游泳、举重、足球、乒乓球、羽毛球、篮球、排球、自行车和田径运动员的身体形态结构特征作了较全面的研究。求得了身体各部分的比例，概括了各项运动员的体型。大家知道，体型测量是体育科学的一个组成部分，今后要使每个运动员从小就自觉地关心体型条件，体型发展及其与运动成绩的关系，从而能自觉地重视体型、体能和运动成绩的发展，这样就可以用发展的眼光来对待运动员的体型测量了。例如，有人对世界优秀田径运动员的身材特点进行了力学分析，指出优秀运动员的身材特点是由于田径各项目的不同性质、不同技术特点以及不同训练情况等因素决定的。优秀运动员所表现出来的身材特点，也具有运动生物力学方面的意义。在选材或训练、培养一个优秀田径运动员时，只有遵循运动生物力学的科学规律，才能取得预期的效果。这些研究成果，已被引起重视，应用于选材。

运动生物力学包括以下几方面内容：

(一)人体材料结构的力学。

有材料记载，骨的坚固性和弹性是相当惊人的，新鲜的人骨能经得住15Kg/平方毫米的压力。而砖头只能承受0.5公斤/平方毫米的压力，它比砖头的抗压力大30倍，比花岗岩大2.5倍，建筑材料中只有钢筋水泥在坚固性和弹性相结合方面可以和骨相比。就拿头颅骨来说，它象现代化的薄壳屋顶，特别是头颅骨的前部额骨，由内外两层密质和中间层骨松质组成。骨松质又呈交叉状排列，如同薄壳屋顶的钢架，板障颅骨外层尤为光滑，在颅骨外面还覆盖着一层极强韧的纤维层帽状腱膜保护着，如同帽子一样紧贴颅骨。这样的形态结构使颅骨抗外力时构成一个整体，成为既牢固又有弹性、能经受很大

压力和冲力的外壳，它有利保护大脑。当脑颅从上面受压时，其压扁程度可达到其高度的10%而不发生骨折（图1）。

脑颅呈穹窿状。这种穹窿结构，在承受力时起着特殊的作用。当压力作用于颅顶时，张力是沿着脑颅的颅壁向四周传递的，这样力量将受到分解和缓冲。另外，脑颅与下面的面颅相连结的某些部分，还形成所谓扶壁结构。扶壁是骨的加厚部分，做为上方颅顶的支撑点，而将颅骨的薄弱部分固定于其间。借以限制和缓冲跑跳、顶球、拳击等项运动时颅骨所受到的震荡和机械震动。当然人体头颅骨有这种特定的保护结构，使足球运动员在一次比赛或训练课中能用前额积极主动去顶球几次到几十次，甚至更多，也不会导致脑震荡。但我们不能由此而麻痹大意，因为头颅骨的顶部和枕后部没有帽状腱膜，如果在肌肉放松情况下，尤其是颈部肌肉放松情况下，被快速飞来的球击中这些部位，也会导致头晕等症状出现，甚至于损伤脑部组织。因此我们只见到足球运动员用前额顶球，而没有用头后部顶球的。



图1 用前额部顶球时，颅骨的受力情况

在骨的成分中水占50%，其它物质占50%。其它物质包括有机物（骨胶元、骨粘蛋白等）和无机物（磷酸钙、碳酸钙等）。有机物如同钢筋，无机物如同水泥，它们交合结构而成，好象钢筋水泥的建筑物一样。这些成分是使骨具有应力的物质基础。在运动中骨能在一定范围内经受各种力的作用。运动中外加负荷主要有：1. 压缩负荷。如在双杠上做手倒立。骨的压缩负荷每平方毫米为12.56—16.85公斤。骸骨的最大压缩负荷可达192公斤，肱骨为600公斤，股骨为756公斤。2. 拉长负荷。如各种悬垂动作和提重物时上肢的受力方式。3. 弯曲负荷。如十字支撑时上臂骨有发生弯曲的可能性，这种受力形式就是弯曲负荷。4. 扭转负荷。如投掷铁饼旋转时，大腿骨所承受的负荷。骨的压力大小取决于负荷值以及不同的负荷状态。如70公斤体重的运动员举起100公斤的杠铃时，运动员的小腿骨将受到100多公斤的压缩负荷。又如，70公斤体重的跳高运动员在经助跑最后踏跳时，可受到来自地面几百公斤的力的作用。骨承受这样大的力而没有被折断，原因之一就在于骨具有应力反应。人体胫骨所受压缩负荷可达1500多公斤。

人的韧带具有可塑性特点，关节囊的增强促进了关节自身的稳固。在四肢运动时，韧带起到使运动方向定位的作用，下肢尤其如此。肘关节及膝关节的韧带对称性分布，它们阻止关节的侧向移动，起制动器的作用，同时也协助肢体控制运动方向。

有人对下肢大关节的机械性能作了研究（表三）。查明了年龄从15岁到20岁的人胫侧付韧带具有最大强度，它的极限强度平均为2.26公斤/毫米²。可是从21岁到40岁这一指标仍是中等的，为1.72公斤/毫米²，而从41岁到66岁为1.02公斤/毫米²。该韧带在弹性指标方面同样具有较大的值（130—135%）。

在机械强度方面，髌韧带占第二位。它的强度极限在15岁到20岁的人为2.18公

表三 中年男子(30-45岁)下肢大关节韧带机械性能的参数

年 龄 组	髌 韧 带		腓侧付韧带		胫侧付韧带		三角韧带	
	伸延性	强度极限						
从15到20岁	124	2.18	138	1.28	132	2.26		
从21到40岁	135	1.12	128	1.29	135	1.72	128	0.04
从41到60岁和更老	129	0.77	124	1.37	130	1.02	113	0.04

注：表中每栏的左侧数字为相对长度；右侧为机械强度极限，公斤/毫米²。

斤/毫米²，随着年龄的增长而下降，到41岁至66岁这一组时为0.77公斤/毫米²。韧带有着相当大的伸延性，其波动范围从124—135%，这说明上了年纪的人髌韧带的弹性性能仍然是相当高的。

三角韧带在下肢的所有韧带中间其机械强度是最小的(0.04公斤/毫米²)。腓侧付韧带的机械性能居于胫侧付韧带与髌韧带之间。

应当说明的是在试验时韧带撕裂线的方向。如在给韧带以拉张作用时，肘关节的韧带及腓侧付韧带撕裂的线位于横切面的方向上。而在髌韧带及胫侧付韧带撕裂线则呈对角线状。大概韧带撕裂线同应力线的方向是一致的。其中包括它们之间复杂的相互作用关系。

毫无疑问，让医生、体育教师、教练员了解有关韧带的机械性能的资料对预防运动损伤和制定训练计划是有益的。

从运动生理学的角度来看，肌肉是由一束束肌肉束合成的。肌肉束又由小肌肉束组成。小肌肉束还含有若干条细小的肌肉纤维。我们的全部肌肉估计有 2.7×10^8 条肌纤维，若以同一方向共同施加张力，至少可以产生二十五吨的力量。通常肌肉重量几乎占人体体重的一半。但它们的四分之三却都是水分。而人体外形的健美，劳动能力的强弱都和肌肉的发达程度直接关联。运动能使全身代谢增强，各个系统的功能提高，肌肉发达粗壮。肌肉粗壮结实的人，不但力气大，工作也能持久。可见，人体肌肉是越练越强。但是，一旦停止锻炼，时间一长，肌肉也要退化。研究证明，锻炼一次对身体的作用可以保持二、三天。因此，体育锻炼，贵在坚持。我们身体里任何一种运动，大至举重挑担，小至瞳孔收缩，眨眨眼睛，都是由肌肉来负担完成的。不难理解，体育运动中的“立正”、“稍息”、走、跑、跳跃、投掷、空翻、转体……都是在神经系统的指挥下由肌肉来承担的。全身肌肉大大小小共有好几百块，象腰、臀部、大腿、小腿、肩部、背部这些地方全是大肌肉，它们一收缩，人就能走路、跑步、弯腰、扛、抬东西……手上小肌肉的动作，人类经过几十万年的劳动，一代一代地遗传下来，表现出较大的灵活性。面部肌肉的动作，则使人具有哭、笑、忧、思等各种表情。

关于肌肉力的问题，还得从什么是力说起。我国春秋时代的墨翟在他所著的墨经中就有所论述，他说：“力，形之所以奋也。”他所说的“形”字表示物体，“奋”字表

示由不动变为动。这句话的意思是说，作用在物体上的力，使物体由静止变为运动。可见两千多年以前，我们的先辈从实际观察中，开始对力的意义有了认识。在西方也是通过长期的观察和实践，才逐渐认识了力与物体运动状态变化之间的规律。人们通常把一个物体对另一个物体的作用称作力，这就是力的概念。例如，推铅球动作。手未推球之前，手上的铅球是处于静止状态，静止是运动的一种特殊形式，换句话说，静止是速度等于零的运动。因此，手臂用力一推，表面看起来是铅球由静止到运动，好象手臂用力使铅球运动。其实，是手与铅球相互作用时，由手臂肌肉力的作用使铅球由速度为零的运动转移为速度不等于零的运动。因此，用力推物体，使物体由静止到具有一定的速度，这只能是物体运动状态的改变。由此可以得出，力是改变物体运动状态的原因。

肌肉力有三要素。1，肌肉收缩力的大小。肌肉力的大小是依靠组成肌肉的物质结构——肌纤维的收缩来表现的。每块肌肉由数量不同的肌纤维所组成。研究证明一条肌纤维能产生0.1—0.2克张力。为了评定不同肌肉产生张力的可能性，可用横切一块肌肉中所有肌纤维断面的总和来了解和计算，这也就是通常称的肌肉生理横断面。实验说明，一平方厘米肌肉生理横断面的绝对力量为10公斤，只要知道某肌生理横断面的数值就可以知道该肌肉的绝对力量。如肱肌生理横断面为7.81，则肱肌的绝对力量为10公斤 \times 7.81=78.1公斤。同样大小的肌肉，若肌纤维排列不同，其生理横断面数值也不同，羽状肌较非羽状肌生理横断面数值大。

人体肌肉中肌纤维不是固定不变的，是随着营养、血液循环、特别是体力负荷以及运动活动而发生改变。实验证明，通过体育锻炼肌纤维可以变粗。肌纤维的数量是否会增加，目前说法不一。肌纤维的数量是使肌肉收缩表现出力物质基础和可能性，要使这种可能性变为表现出来的实际力量，还取决于多方面的因素。最主要的是中枢神经系统，特别是大脑皮层的机能状态。

中枢神经系统通过神经来调节肌肉活动。每根神经末梢支配一根肌纤维，一根神经支配约100根肌纤维组成一个运动单位。如果肌肉活动不太紧张，运动单位的冲动为10—12次/秒，参予活动的运动单位较少。肌肉紧张活动，参予活动的运动单位较多。两个运动员完成同一个动作，以同一肌肉为例，那末运动新手参予活动的运动单位约为50%，有训练者约有75%参予，这与运动员肌肉协调性有关，与训练水平有关。反复不断地采用与竞赛动作相似的肌肉最大用力的练习，并因人制宜地用较小重量或最大重量负荷反复练习，可以发展肌肉的协调性和力量。2，肌肉的附着点。人体四肢和躯干的肌肉都是跨过一个或两个以上关节，而附着于骨面上。肌肉附着于骨上大小不同的面，就是肌肉力的作用点。如果肌肉整体发力，那么肌肉附着面的中心点即为肌肉力作用点。如若一块肌肉的某一部分发力，那末作用点在近发力侧的肌肉附着面的中心。

四肢的肌肉运动（或劳动）时总是宁愿付出高代价（肌肉力量）来换取快速的动作。所以，练就一身强有力的四肢肌肉，运动或劳动起来就为我们争取了时间和空间，使手脚的动作快速有力。3，力有大小并有方向，用箭头表示称为矢量。肌肉力也有方向，也是矢量。肌肉力表现的方向与肌肉附着点的相对固定有关。以肱肌例，该肌一端（近侧端）附于肱骨，跨过肘关节后，另一端（远侧端）附于尺骨。该肌收缩能使肘关节弯曲，但用力方向不同，肌肉工作也不同（图2与图3）。图2中，手持重物屈臂，

该肌近端相对固定，肌肉收缩完成的工作称近侧支撑。图3中引体向上，该肌远端相对固定，肌肉收缩完成的工作称远侧支撑。如若肌肉附着的两端都不固定，肌肉收缩使肌肉两端互相靠拢，这时肌肉收缩实现的运动称相向运动（图4、5）。

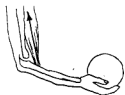


图2. 肌肉近端固定肌力方向(垂直臂)



图3. 肌肉远端固定肌力方向(引体向上)

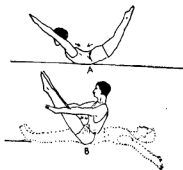


图4. 相向运动



图5. 腾空的相向运动

在体育教学训练中，有时会遇到这种情况：运动员初学直角支撑动作时，往往首先感到腹部肌肉力量不足，采用仰卧起坐的辅助手段作为加强腹部肌肉力量的练习，经一段时间训练后效果不明显，以后改用仰卧举腿的动作练习，经短期训练后，效果较好（当然效果是多方面因素）。就肌肉工作来说上面两种辅助练习动作，腹部肌肉拉力方向不同，肌肉工作也不同。仰卧起坐的动作，腹部肌肉是在远端相对固定的情况下完成工作的；而仰卧举腿动作，同直角支撑相仿，腹部肌肉是在近侧端相对固定情况下完成工作的（图6）。因此，在选择训练手段和方法时，要考虑到肌肉用力的方向。

在运动中，由于身体内部器官的相互作用，在某种程度上也能影响呼吸运动。例如，在头朝下的姿势中，由于腹腔的内脏器官压迫膈肌，妨碍了它的收缩，因而影响了呼吸运动。

有些动作需要处在憋气状态下完成。憋气与通常所说的屏息不同。所谓屏息，仅是关闭声门裂，既不吸气也不呼气，并没有固有呼吸肌或腹压肌的收缩。而憋气则是在关闭门裂之后，伴有固有呼吸肌和腹压肌的强力收缩。

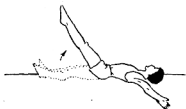


图6：仰卧举腿

憋气时，胸廓的肋骨不再活动了，骨盆也基本固定，附着于胸廓和骨盆上的肌肉就获得了牢固的支点，这便于肌肉发挥出力量。另外，憋气时胸腔与腹腔内的压力增高，胸腹壁的肌肉异常紧张，胸腹腔内的器官就固定在一定的位置上，不致因运动而产生过大的位移，给人体用力创造了有利的条件。所以，人们通常是在憋气的情况下完成用力动作的。

曾有人研究过，在双手举杠铃时，若杠铃重量达到该运动员所能举起的最大重量时，则上举的全部动作，都处于憋气状态之下完成的；若是稍小于最大重量时，仅在开始举起和放下杠铃的几个瞬间处于憋气状态。如果不憋气，便举不起同等的重量。

做手倒立动作时，血液循环的工作条件有异于正常姿势。具体表现为血液由下肢及身体的下半部流向心脏比正常姿势时容易得多。而血液由头、颈、上肢向心脏流动却非常困难，这是由于头、颈部的反常姿势所造成的。很明显，倒立时头、颈部的静脉血必须向与重力相反的方向流动，就会造成颈静脉急剧扩张和充血现象。与此同时，毛细血管也同样扩张，并在其内产生淤血。一方面是由于静脉血液的流通发生困难，另一方面也与这些血管壁的弹性有关，如果弹性和对血压变化的抵抗能力很高，则微血管在倒立时可能只产生非常小的变化，不会发生皮肤发红或发青的现象。如血管壁弹性很高的儿童，在做手倒立时，其皮肤的颜色仅发生不甚明显的变化。训练有素的体操运动员变化也较小。

做单杠大回环时，离心力的作用方向是从头向脚，因此血液向下肢聚集。初练大回环动作的运动员有时会出现眼冒金花，或有些头晕，这是由于脑部血液供应不足所致。通过长期的体操训练，人体在这些物理因素的影响下就会提高对血管系统活动的调节机能。当物理因素使血液聚集在身体某一部位时，血压会发生变化，通过腔静脉、主动脉弓、颈动脉窦等处的压力反射来改变血管的紧张度，在这些无条件反射基础上形成条件反射，就能产生心脏血管系统的迅速调节反应。实践证明，当训练有素的体操运动员进行回环动作时，人体就会条件反射性地调节腹腔及下肢血管紧缩，血液就不会过多地向腹腔和下肢血管中聚集。体操运动员训练时间越长，这种调节机能就越完善。

身体产生的所有运动都是在神经系统支配下进行的。在日常生活中，受意识的支配，完成各种自如的动作，这一点每个人都有深刻的体会。人体从感受外界刺激信号，到传入大脑皮层然后做出反应的时间，叫运动反应时。一般人约需0.3秒至0.5秒。而经常锻炼的运动员只需0.12至0.15秒。优秀的乒乓球运动员只需0.1秒甚至0.07秒至0.09秒，比一般人要缩短3至5倍。可见，体育锻炼能增强神经系统的功能。有人测定，乒乓球的飞行速度可达8米/秒以上。要对付这样高速的来球和场上变化着的复杂情况，只有依

靠神经系统精确、协调、迅速控制的肌肉才能完成。

(二) 人体静力学。主要是研究人体从事体育活动时的平衡问题。运动生物力学常把人体看作是组合物体，分别由头、躯干、上臂、前臂、手、大腿、小腿和足这些环节组成。用一定的方法确定人体各环节重心并求得人体重心。什么是人体重心呢？我们先从生活中的一个实例说起，平时当人们端正地坐在椅子上要想站起来时，一般都是两脚后撤，同时上体前倾一下，所以要这样，是因为端正的坐在椅子上时，人体重心靠后，重心垂线落在两脚围成的支撑面的后面，而站立时重心垂线必须通过支撑面的缘故。两脚后撤是为了使支撑面后移；上体前倾是为了使重心前移。不这样就不能站立起来。图7、图8。在体育运动中，人们常谈到人体重心。特别是在分析体操动作失败的原因时，常常说“重心靠前”或“重心靠后”，可见重心的位置与支撑面的关系是很重要的。评定体育动作完成的质量，技术特征，改正错误动作等，都需要从运动时身体重心的变化规律去分析，特别是分析静力平静动作，判断平衡的稳定性时，必须从重心相对支撑面的位置来确定。无论是动力性动作还是静力性姿势，探索其运动规律时都离不开身体重心，所以说它在体育动作分析中占有非常重要的位置。

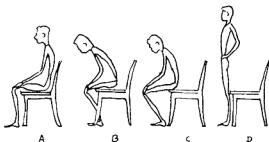


图7 由坐姿到起立的动作



图8 坐姿的重心位置

所谓人体重心，就是人体各部分的重力合力集中点。就是说，人生活在地球上，身体各部分都受地球的吸引力（重力）作用，如果把各部分所受的吸引力加起来，则这个合力的作用点便是人体重心。地球上各个物体所受地球引力的合力集中点，就是该物体的重心。规则的物体其重心位置比较容易确定。如铅球的重心位置在球心，铁饼的重心在

饼心。

因为人体每时每刻都在进行着呼吸、血液循环、消化和吸收等生理过程，所以人体重心的位置不象其它物体那样恒定在一点上，而是随着生理过程的进行在一定范围内移动着的。研究表明：在标准姿势中，人体重心大约位于第三骶椎上缘平齐，并且在其前方7厘米，人体正中面偏右一点的地方。其移动范围直径约在1.5~2厘米。从人体解剖学的角度来看，人体的结构外表上基本是对称的。重心似应在人体正中面上。事实上由于肝脏大部分位于右侧，多数人习惯用右手劳动或运动，使得右上肢骨骼肌肉比左侧发达些。因此右半身比左半身大约重500克左右。

科学研究证明：人体重心位置还受年龄、性别、身体结构特点的制约。儿童的头和躯干相对重量较大，其重心的相对位置比成年人高。女子骨盆较大，其重心相对位置比男子低。下肢骨骼肌肉发达的足球运动员，比上肢发达的体操运动员重心相对位置低。每个人的上下肢比例长短，身体的胖瘦等都会影响重心的位置。

对称站立和平卧时，身体重心移动的范围不大，但在体育运动中人体姿势千变万化，重心移动的范围就很大。有时甚至跑出身体之外，做体操桥动作时便是一例。（图9）。

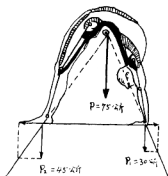


图9 体操“桥”重心位于体外

有专门的方法计算和测定人体重心的位置。

由于具体情况和条件不同，平衡状态有三种情况：即随遇平衡、稳定平衡和不稳定平衡。随遇平衡时物体无论处在什么位置都能保持平衡。例如一个匀质球体，球的重心位于球心，重力指向地心，地面也给予球一个大小相等、方向相反的支撑反作用力，两力处于平衡状态。若移动球，改变原来状态，球在地面滚动，球的重心既不升高，也不下降，始终保持同一水平面上。在体育运动中，球的滚动属于这类平衡。

稳定平衡时物体从平衡位稍一推动，重心位置就升高，但由于重力的影响，使物体仍恢复到原来的平衡位置。例如，体操动作中的垂直动作。将垂直于吊环上的人体一推，重心位置升高，重力作用线离开支点（悬挂点），这时出现了重力臂（R），形成了重力矩（PR）（图10）。使摆起的人体恢复到原来的垂直位。

不稳定平衡，物体在平衡位置被稍一推动，重心位置就下降，由于重力的影响，物体不可能恢复到原来的平衡位置。不稳定平衡都在下支撑情况下出现的。

人体平衡被破坏的原因何在呢？从生活实例就可知道。当人体由直立姿势逐渐将身体向前倾，倾到一定程度时，腿不前移人就要跌倒，因为人体在直立或手倒立时，重心在支点上方，重力线通过支点或支撑面，人体便能维持平衡状态。当身体前倾时，重心逐渐下降，重心垂线离开支点或支撑面，这时人就要跌倒。蹲踞式起跑也是这种情形。

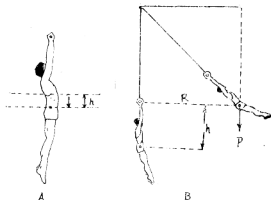


图10 稳定平衡(上支撑) A.握杠点为支点 B.悬挂点为支点

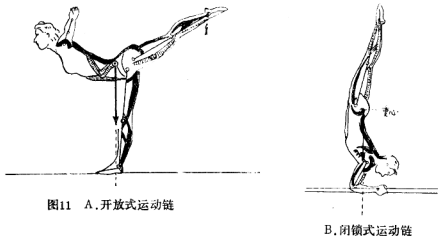
怎样保持人体稳定呢?首先是加强肌肉收缩力。人体稳定平衡最主要靠肌肉收缩力和肌肉的协调性,特别是神经系统协调调节能力。这是内因,需经反复训练才能实现。其次是争取在做动作时有较大的支撑面和稳定角。在体育实践中,人体稳定平衡的问题是经常提到的。到底稳定好,还是不稳定好,不能一概而论。身体稳定性大时,能完成大幅度的动作。但是,由于稳定性大做起动作就较为困难。在某方向上稳定性小时,在该方向上起动作就快。要根据动作的实际情况,采用调整身体重心的位置,改变稳定角的大小,增减支撑面积,发展肌肉力量等手段,保持稳定或破坏稳定。调整稳定的条件或造成不稳定的条件。我们知道,维持人体平衡或人体运动时感受空间姿势状态,调整人体肌肉紧张是由很多器官系统协同工作完成的。内耳中的前庭装置和半规管、感受器(肌梭、腱梭)感受肌肉紧张、松弛的程度。视觉器官感受人体空间位置的变化等等。这些器官系统将所感受的空间、时间和肌紧张状况传至神经中枢,通过大脑皮层综合分析,再经神经传出冲动至相应肌肉群,调整人体不同部位肌肉紧张或松弛的程度,达到正确地完成动作或保持平衡的目的。这说明人体运动(或平衡)与机械运动(或稳定)有着根本的区别。人体在有失去平衡的倾向时,能在视觉、本体感觉和大脑皮层的控制和调节下,通过肌肉收缩,重新造成平衡的力学条件,恢复平衡,保持平衡。人体的这种平衡能力,通过体育锻炼和杂技训练是可以不断地提高的。体操运动员和杂技演员经常表演出高难惊险的手倒立等平衡动作,得到观众的鼓掌与赞叹。可见,有训练和无训练的人保持平衡的能力是大不一样的。

(三) 人体运动学。运动学是从空间和时间的观点描述人体的运动,探讨人体位置的变化和时间的关系。在日常生活中人们是怎样理解运动的呢?当看到运动员在跑、跳、游泳时,都会认为他们在动(运动);但如果看到体操运动员保持手倒立、十字支撑姿势时,就可能说他们不在动(静止)。这种判断运动与否实际上是以有没有位置的移动为标准的。一个物体相对于其他一些物体的位置的变化,就叫做机械运动。人体在空间位置移动只是运动的一种形式。事实上,运动员不论做什么动作,即使处于“静止”状态,人体内部都在不停地进行着运动,如心脏跳动、血液循环、呼吸、消化等一系列复

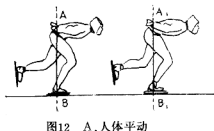
杂的生理、生化变化。但是由于力学仅仅是研究机械运动规律的科学，因此在力学中，仍然把机械运动简称为运动。

大家知道，对于生物系统并不存在另一套独特的力学规律。人体这个生物系统是一个可变的物体系统，非但质量的分布不均匀，且各个环节的相对几何位置也不断变易，使得研究人体运动复杂化了。但是为了方便起见，往往把复杂的人体简化为可变物体系统模型来研究。例如，人体由头、躯干、上臂、前臂、手、大腿、小腿、足等主要环节组成生物运动链。在人体生物运动链中运动可由一个环节向另一个环节传递。投掷手榴弹或标枪时，投掷手的速度中包括着臂部的速度；臂部的速度中又包含着躯干的速度，而躯干的速度中也包含着腿部的速度。由此可见，运动可沿整个生物运动链传递，由腿部传达到投掷手榴弹的手。

在人体上有“开放式运动链”和“封闭式运动链”。不同的运动链活动时有其各自的特点。（图11·A·B·）。



人体的运动可分为平动、转动和复杂的空间运动三种形式。有时我们把人体作为质点或刚体来看待。质点在运动中，按运动轨迹来说，有直线运动和曲线运动。例如，运动员跑百米时，如果把运动员全身作为一个质点，可以近似地看作是质点的直线运动；运动员在单杠上做屈伸上时，人体重心等点所经过的路线，可以看作是质点的曲线运动。刚体运动有平动和转动。例如，运动员滑冰蹬冰后单腿向前滑行的一瞬间，如果从他身体内所引的任何一条直线在运动中总是和它原先的方向平行，那么这种运动就叫做平行移动。简称平动（图12A·B）



平动时，刚体可能是直线运动，也可能是曲线运动。

如果人体内任何一个质点都围绕同一条直线（轴）做圆周运动，这种运动叫做转动。

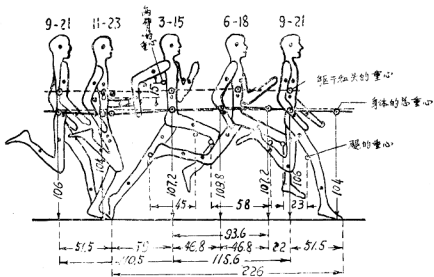


图12 B 跑步时的平动

例如，运动员做单杠大回环运动，是以单杠为轴进行的转动；脱手后是通过人体重心的轴进行的转动。（图13）。

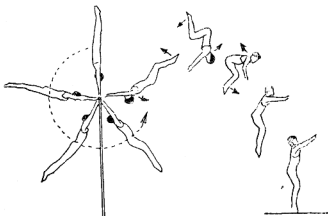


图13 人体的转动

在体育运动中，整个人体的转动是较为多见的。如体操、技巧中的各种空翻、空翻转体，跳高的过杆动作以及前空翻跳远等等都是人体整体的转动。

人体转动时大致可以分为：人体绕固定轴的转动。例如，运动员在单杠上作悬垂摆动或大回环时，他的轴线是固定在器械上的，因此，就存在人体和转动轴之间的相互作用力问题。要研究相互作用力就必须把人体的质量看作集中在重心上，这样人体的转动就可以看作重心围绕转动轴作圆周运动。

另一种是人体绕非固定轴的转动。例如：运动员在作空翻动作时，他的转动轴不是固定在机械上的，不是一根具体的轴，而是一根设想出来的直线，人体各点围绕这条直线作圆周运动。力学研究证明，运动员在腾空作各种转动时，转动轴必然通过重心。当然，通过重心的轴可以有很多，但最基本的轴只有三个。就是矢状轴、垂直轴和额状轴。前（后）空翻是围绕额状轴的转动；侧手翻是围绕矢状轴的转动；转体动作是围绕垂直轴的转动；而空翻加转体则是围绕额状轴及垂直轴两种转动的合成（图14）。

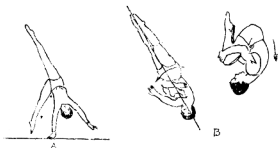


图14 侧手翻围绕矢状轴

空翻与转体的转动轴

站立在地面上或器械上的旋转动作，也是围绕非固定轴的转动（图15），这时转动轴也是通过重心的。

体育运动中有不少动作是属于既有平动又有转动的复杂的空间运动。例如，带助跑的跳高、跳远、撑竿跳高等。

这种分类是相对的、人为的，但有便于人们对动作进行分类研究分析。

运动学仅仅抓住运动的外形，分析运动的现象和过程，不涉及引起运动的原因。

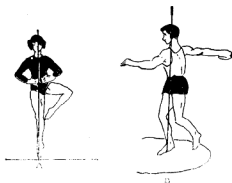


图15 站立旋转时的转动轴

（四）人体动力学。它是以力学定律为基础，探讨力和人体运动的关系。当我们把人体当作一个力学对象研究其受力情况时，将影响人体运动的力分为外力和内力两类。人体运动无论是田径的跑、跳、投掷或足球射门、篮球投篮、排球扣球等各个项目的复杂动作，就外部形式来看都是人体机械运动的表现形式，都有力的存在，有力的互相作用和互相转移。

人体内部各部分互相作用产生的力称为人体内力。这种内力是相对人体而言的。人体肌肉收缩引起局部环节的运动，这种局部环节的运动转移到地面（蹬），转移到铅球（推），转移到排球、篮球。转移结果引起人体前进（跑）运动，铅球掷出，篮球的投出等。局部肢体环节的运动是主动的，而引起这一主动运动的原因就是力，就是肌肉收缩力；而球的运动，人体前进运动是被动的，显现为力的表现。

相对于人体而言，外界作用到人体的力称为外力。人体内力主要指肌肉力以及组织

器官的被动阻力。而外力在体育运动中经常碰到的有重力、支撑反作用力、摩擦力等等。

人体运动是人体与外界环境之间的相互作用，也就是内力和外力的相互作用。内力和外力都是实在的力，二者紧密结合，可以形成一定的动力结构，使人体实现一定的运动。

关于肌肉力的知识，在运动解剖学及运动生理学中已有详细的论述。这里就不重复了。

常碰到的外力如重力。重力是由于地球的吸引而使物体受到的力。可以认为重力的合力作用点在物体的重心上。重力 $W = mg$ 。

例如，跳高运动员在运动场上一跃而起，跳得很高，但很快就落地；排球运动员发球，飞越球网，最终还是要落地。可见地球对运动员、排球以及地球上的任何物体都有吸引力，这就是重力。重力的数值就是重量，它的方向垂直向下指向地心，无论人体采取什么姿势都是如此。由重力产生的加速度叫重力加速度。重力加速度用 g 来表示。 $g = 9.8 \text{米/秒}^2$ 。

弹性力。当外力作用于（拉长或压缩）弹簧时，弹簧的形状就会相应地发生变化。弹簧受到其他物体的作用发生变形时，它本身就会产生一种阻止变形的力，这种力叫做弹性力。由实验得知，弹簧在弹性限度内，弹性力和弹簧的伸长量（或压缩量）成正比，但方向和弹簧伸长（或压缩）的方向相反。

弹性力是普遍存在的。除了弹簧以外，其他物体在外力作用下发生形变时，内部也产生反抗外力而企图恢复原来形状的弹性力，如拉力、推力和压力等，都属于这类力。在体育运动中，借助于弹性力完成动作的实例是很多的。例如，女运动员在高低杠上做动作，常常是借助于杠子的弹性力使身体腾起而接下一个动作。跳马时使用踏板，借助于弹性力使运动员腾起得更高。又如，运动员跳跃时的预先下蹲，身体象被压缩的弹簧，一经伸展，便将弹性力施于地面，于是引起来自地面大小相等方向相反的反作用力，由于这个力大于身体的重量，所以使身体腾空而起（图16）。

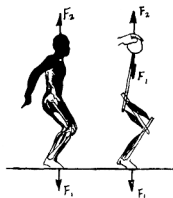


图16 跳跃的预先下蹲和弹性模型
 $F_1 = -F_2$

人体处于支撑状态时，力作用于支点，支点的反作用力作用于人体，这种反作用力称为支撑反作用力。运动中有静力性支撑反作用力和动力性支撑反作用力。

什么是摩擦力呢？人在冰面上滑行是冰刀在冰上的运动，由于冰刀与冰面接触而产生一个阻碍运动的力，这个阻碍运动的力就是摩擦力。摩擦力的方向与运动方向相反。冰刀在冰面上滑行时发生的摩擦称为滑动摩擦。而自行车轮子与地面接触滚动时发生的摩擦称为滚动摩擦。在体育实践中，有时要减小摩擦力，有时要加大并利用它。我们经常

看到体操运动员在做单杠动作前往手上擦镁粉，有时在体操鞋底上抹松香都是为了增大运动时的摩擦。田径项目中赛跑运动员穿的跑鞋，跳高运动员穿的跳鞋，鞋底上都有一定数量的钉子，也是为了增大蹬地时的摩擦，加强蹬地效果。

(五) 各项运动技术的生物力学分析。这是紧密结合体育实践为运动训练服务的一部分内容。常对各项优秀运动员的运动技术进行定量地研究，探讨各项运动技术的原理和最佳运动技术和标志，指出动作的要领和训练的途径，是运动训练的响导和指南。

随着体育运动的发展和运动技术水平的提高，单凭经验和直观感觉，已经越来越不适应改进运动技术，提高教学、训练水平的需要。运动生物力学的理论与方法日益显示其在教学和训练中的作用。例如，跳高起跳的直腿摆动技术，就是根据运动生物力学原理设计的。因为直腿摆动技术动作幅度大，能增加蹬地反作用力。我国跳高运动员就曾经用直腿摆动起跳技术创造了男女跳高世界纪录。我们知道，任何一项新纪录的创造或优异成绩的出现，都与运动技术的改进和训练方法的科学性有密切关系。以跳高运动的发展史为例，人们为了不断刷新纪录，常常要研究分析优秀运动员的跳高技术特点，改进助跑及起跳技术、过杆技术和落地技术。最原始的姿势是跨越式，以后又不断出现新的姿势。在二十世纪二、三十年代，滚式代替了剪式，到四、五十年代，效果比较好的俯卧式又代替了滚式，近几年又出现了背越式。目前创造的跳高世界纪录交相出现在俯卧式和背越式上。

跳高运动员起跳腾空以后，身体重心的运动轨迹和最高点是不可改变的，所以，更好地利用人体重心腾起的高度，就成了衡量过杆技术优劣的主要标准。就是说，越过同样高度的横杆，不同的过杆姿势，需要人体重心腾起的高度是不同的。如跨越式要高出横杆15.25厘米；滚式要高出横杆9.14厘米；剪式要高出横杆6.6厘米；背越式则可以低过横杆8.38厘米；俯卧式可以低过横杆17.78厘米。上述参数就是通过分析研究得到的。从人体重心腾起的高度与过横杆姿势的关系，不难看出运动生物力学在提高运动技术水平上所起的作用。根据运动生物力学的理论和参数，人们又在不断地设计新的跳高姿势，以使人体重心可以在低于横杆更多的情况下，依次跳越高的高度而又节省体力。

再如，近年来运用运动生物力学的理论与方法，对游泳技术进行研究，使游泳的基本技术理论发生了重大变革，促进了游泳技术的发展和成绩的提高。不久前还普遍认为，为了获得向前的推水反作用力，游泳划臂应该向后推水，曲线划臂被认为是技术缺陷。而通过研究得出结论：游泳划臂所经过的路线是曲线，而不是直线，曲线划臂技术比直线划臂技术优越。优越的原因比较复杂，既涉及到流体力学也与人体的结构和机能有关，但可用简单的比方来说明。小木船用木桨向后划水，以获得向前的推力，而轮船用的是螺旋桨，发动机带动螺旋桨转动获得向前的推力，螺旋桨在水中运动的路线不是向后的直线，而是螺旋曲线。轮船的螺旋桨工作原理，比小木船用木桨向后划水的工作原理先进。游泳时，手臂曲线划水，近似轮船的螺旋桨那样工作，效果好，能提高游泳成绩。

运动生物力学的内容除以上五个方面以外，还包括运动生物力学的研究方法及训练器械的设计研制，测试仪器的设计研制也是本学科的重要组成部分。不难看出，运动生物力学是一门应用科学。

由于竞技体育技术水平的迅速提高，当前，运动员天赋条件和训练的刻苦程度虽然仍是取胜的重要因素，但是，决定因素是训练科学化。因此，对竞技体育的科学研究受到了各国的重视。随着体育科学的发展及各种先进科学技术在体育领域的广泛应用，改变了过去那种主要凭经验、肉眼观察、自我感觉等简单的方法，而是在大量科学理论、数据和器材的指导保证和监督下，使训练日趋科学化、现代化，从而大大促进了训练水平的提高。

由于训练工作广泛应用了体育科研成果和当代科学技术的有关成果，因而今天运动场上的竞争在很大程度上是科学成果的竞争。比如，在尖子运动员的训练方面，体育科研已成为改进技术和提高成绩不可缺少的因素。一个国家要在体育上达到或保持世界先进水平，并在国际比赛中取得优异成绩，必须采取科学的训练方法和解决与之有关的许多问题。例如，器械设备及测试仪器问题。例如，美国哈佛大学建造了一条220码室内跑道，由哈佛大学一位力学教授和另一位运动生物力学博士负责设计。这两位学者建议建造一条“协调”跑道（又叫快速跑道），该跑道的下层支承结构为木材，表面结构为聚氨酯甲酸酯合成物。他们的设计思想是想充分利用跑道表面的硬度和柔韧性以使运动员取得最佳成绩。跑道于1977年开始使用，所取得的结果给人以深刻的印象。从440英尺至2英里跑等不同的项目中，运动员的成绩平均提高百分之二点九一。所有哈佛大学径赛运动员（除一人外）均在新跑道上跑出了该年度的最好成绩。哈佛大学田径队教练员对运动员取得好成绩和运动创伤大为减少的情况表示极为满意。其他大学田径队的教练员也注意到，他们的运动员在这条新的跑道上跑出的成绩也有提高。上述两位学者认为，如在室外也建造一条具有最佳力学设计的跑道，一英里跑的世界纪录可以提高7秒！

法国吉坦公司用了两年的时间研制成功了一种新式的自行车赛车。参加研制的人员有空气动力学教授、生理学和运动生物力学的专家、体育医学教授以及工艺专家。研制工作主要分三个方面：改进运动员骑车的姿势，使空气阻力尽量减少，这种姿势又要符合运动生理学，以便运动员能持久用力；改进自行车的结构，使之更符合空气动力学原理，同时又不违背自行车联合会的规定。该车的优点是：除横梁截面是园形的外，车架、前叉、车把、车条的截面都是流线形的（卵形的）；车架钢管厚零点八毫米，用合金焊接，前叉是单根管子弯曲成的，前叉设在前叉的后面；车把自中间向两边略向下倾斜；车闸线通过车把，后车闸线还通过横梁；轮圈宽十八毫米，轮圈是硬铝合金的，轮圈的内缘还浇铸一层聚酯塑料衬圈，以加强轮圈的强度，这是该车奇特的地方。车架立梁的倾斜角度被认为是很重要的，经过了细致研究，立梁下端的后缘有凹弯度，以免后车闸碰着立梁，这是该车另一奇特之处；轮胎是耐磨和抗穿刺的。全车重量为八点四公斤。

据说对这种自行车的测试表明对尖子运动员来说，每公里可提高成绩三至四秒。

长跑运动员体力分配是否合理与成绩的好坏关系极大。要把体力分配好，就要掌握好各阶段跑的速度。但运动员在跑动中了解自己的速度并非易事，因此，常常由教练员在训练场上拿着秒表喊叫。不久前，国外制造了一种精密仪器叫做步测器。步测器体积仅比火柴盒稍大，它连接一只耳塞。使用前按自己选定的步长和步频将步测器调整好卡在裤带上，当运动员的跑速高于或低于选定的标准时，步测器就会发出信号。

美国发明了一种室内长跑装置：一块不大的薄板，上面铺有人造“草皮”，下面连着数字发光指示器和电动扬声器等电子设备。跑前向这种袖珍计算机提出准备跑的距离

和速度，在板上跑时，跑的节奏便由电动扬声器发出信号。传感器可调节步幅，信号盘上可显示训练的结果。

电子计时设备能区别肉眼无法判断的毫厘之差，可谓高度精确了。然而，滑雪跳跃的裁判工作却还停留在原始的目测阶段。这到不是因为运动员的滑行速度快——每秒40多米，而是由于疾如流星的着陆动作难以捉摸。通常，半米误差的裁判就算是非常精确的了。为了改变这种状况，西德的巴登巴登电子公司发明了一种雷达测距仪，经试用，效果极佳。仪器是将一个100克的微形发射机装在运动员的鞋里，运动员一起跳（下蹬压力达五公斤），发射机接通，雷达发射器开始工作。当运动员滑过一个电子栅栏时，雷达反射器便测出了起跳和光栅之间的距离。顷刻，运动员的成绩通过电脑，反映在指示板或电视荧光屏上。

再如，美国女选手考尔金斯和彭宁顿在第三届世界游泳锦标赛上一鸣惊人，睥睨群雄，一举压倒东德多年在女子泳坛的优势，为美国女子游泳东山再起立下了汗马功劳。她们的成功首先应归功于教练保·伯根。而伯根的成功除了他有一整套独特的训练方法外，又在于他采用了“鸚鵡螺”（Nautilus）循环练习器对运动员进行了严格的力量和柔韧的训练。鸚鵡螺练习器是当前国外采用的有效训练器械之一，基本原理是根据阻力原则，将力直接作用于所要练习的身体部位。由于每一转动凸轮都采用了根据力学原理所设计的特殊曲线轮廓，所以在整个动作范围内肌肉都可受到均匀的阻力，使肌肉既能充分伸展拉长，又不使关节、肌肉、肌腱、韧带负担过重；既能最有效地发展与专项动作有关的肌肉群，又不使肌肉过分膨大，从而把发展肌肉力量和发展肌肉的体积区分开来。鸚鵡螺练习器还能促进受伤部位功能的恢复，有效地改善心肺机能。与其它器械比较，鸚鵡螺练习器在性能上是名列前茅的。

广州体院教师施汉宜研制的一种游泳训练器械——滑板拉力器。为游泳运动员陆上力量练习提供了新的手段。这一器械的特点是：（1）练习时臂、腿的动作结构、肌肉用力的形式和用力方向与游泳动作基本相同，使力量练以致用。（2）肌肉收缩后随即放松，被动拉长，故练习后肌肉有力而不僵硬，适合游泳需要。（3）构造简单，使用方便，负荷大小可自行调节，适合各级各类游泳运动员的需要。（4）由于滑板的滑动，使力量训练具有“游动”的真实感。经试用，证明该器械比原来拉橡皮筋的训练效果好得多，因而受到游泳运动员的欢迎。

一九七六年以来，尤其是全国科学大会以后，我国的体育科技工作者和运动生物力学工作者在研究方法和仪器研制方面取得了许多新的成果。研制了游泳速度遥测仪、激光计时仪、标枪光电测速仪、三维测力仪和连续闪光机等一批测试仪器，为定量研究生物力学创造了条件。

目前，在运动生物力学的研究方法中，一些科学技术较发达的国家，已广泛地运用电子计算机技术和电视技术。例如，日本索尼公司生产一种新的手提式电视动作分析器。这种新装置有一台旋转快门电视摄像机和一台带有二十二厘米黑白电视检视器的电视动作分析器。它能记录任何动作或移动，而且能以通常速度播放录像，也可以播放慢动作，止动或倒回去播放。这种电视动作分析器很适合运动生物力学分析体育动作之用。

美国的电子计算机专家借助电子计算机把运动员在运动过程中每一细小动作进行分

木制的！艾里尔还指出，之所以博格用他的球拍做一个大幅度的弧形动作，“这是为了给观众看的”。球触及拍子的时间只有千分之几秒，而辅助动作事实上是浪费力量。高尔夫球也是如此。许多人认为，辅助动作的特点是姿势优美，但最重要的是在击球的一刹那高尔夫球棒所用的力量。在划船运动方面，吉迪恩·艾里尔说，不久，运动员将不是同时划，而将是前两个人一起划，然后另外两个人再划，如此轮流划下去，象是发动机的活塞似的。通过电子计算机的计算和模拟，艾里尔设想出了一种专门适应于突然转换方向的充气的鞋子。它们的压力将根据人的体重和地面情况而变化。

吉迪恩·艾里尔博士说：“美国运动员的灵丹妙药是技术，用电子计算机指导训练是我们制胜苏联和东欧的药丸。”

对体育动作进行分析研究时，采用装备有电子计算机的“图片分析仪”（又叫图片解析仪）最为方便。目前，国家体委科研所和南京市已从日本购进了两台。用它来分析体育动作，以提高精度和节省时间。

第三讲 运动生物力学的发展简史

早在2500年以前就有人提出：“由于什么原因”产生身体运动的这一问题。进入了伽里略和牛顿时代才从力学领域给予正确的解释。对身体运动所包含的生物学问题，也是经过了较长的时间才被人们所认识的。

在萌芽阶段的生物力学还没有和人体解剖学分开。有材料记载，早在十五世纪意大利的伟大科学家列奥纳尔德·达·芬奇就对人体运动发生了浓厚的兴趣。他用人的尸体研究解剖学，并首次提出了人体服从于力学定律的观点。但是为了逃避教会的迫害，芬奇不得不把自己的著作收藏起来。这些著作一直过了几百年才与世人见面。十七世纪，意大利的医生阿尔芳索·鲍列里写成了《论动物运动》一书，书中发表了运用杠杆定律测定人体重心位置的实验材料。他还把人体和动物的位移运动，根据同周围环境相互作用的方式（如蹬离地面、蹬离物体、向支点引体等）进行了分类。十九世纪，德国生理学家维·维伯尔和埃·维伯尔兄弟发表了对人的基本位移形式——走的研究。照相机的发明对于研究动作起了巨大作用。人们大力利用照相图片来研究动作。随后又发明了“运动光点照相法”、“活动底片运动光点照相法”及“反射镜式运动光点照相法”等摄制动作照片的方法。可以利用照片测定和计算必要的的数据。

苏联的解剖学家彼·弗·列斯加夫特在探讨人体运动器官的形态和机能之间的关系方面做了大量工作，写了《理论解剖学基础》和《身体运动理论》等著作。对形成运动生物力学起一定的作用。

电影机的出现不仅使所研究的动作重复再现，还可以通过电影图片算出人体重心、速度和加速度等数据。测力平台、机电仪和电子计算机的问世及应用，深化了运动生物学的研究。可以说，运动生物力学真正成为一门独立的学科还是本世纪的事。特别是60年代以后，由于电子工业的发展，为运动生物学的研究提供了新的手段，进一步迈开了开拓这一学科领域的步伐，有力地指导了运动实践，越发显示出它的生命力和广阔的前途。目前，美国、东德、西德、苏联、瑞士、芬兰、捷克、日本和加拿大等国家都十

分重视运动生物力学的研究工作，许多国家体育学院都开设运动生物力学课程，一些国家运动成绩大幅度地提高，与他们重视包括运动生物力学在内的科学研究是分不开的。

美国运动生物力学发展状况

运动生物力学的研究在美国始于本世纪末二十年代，但直到五十年代中期这个领域才受到重视。总的说来，美国运动生物力学初期的工作主要是注重仪器及方法学的研究，即如何对运动及力进行有效测量的技术方面。到了七十年代这个研究领域才日渐成熟。因此可以说，直到最近一些年才开始出现对实践有指导意义的研究成果。目前，美国各大学（体育院系）都设有运动生物力学课，并有十二所大学设有较先进仪器及设备并可培养博士水平研究生的运动生物力学实验室。它们是：洛杉矶、特拉华、伊利诺斯、印第安纳、依阿华、马萨诸塞、宾夕法尼亚州、马里兰、华盛顿、华盛顿州、威斯康星，这些研究室是美国运动生物力学研究及培养人才的主要基地。从目前美国体育科学各个领域发展情况看，运动生物力学是发展最为迅速的一个领域。

美国运动生物力学界认为，运动生物力学主要解决体育运动中以下三方面问题：

1. 合理或最佳的运动技术；2. 研究运动过程中的相互作用力；3. 设计运动器械及防护装备。由于这些问题的解决，都需要研究人体运动过程中的力学问题，所以这三方面的问题又是相互结合、统一的。美国运动生物力学专家们强调，为了研究运动技术的力学特点，首要的条件是要能得到复杂的人体运动科学必须的准确的数据，因此，他们特别重视仪器及方法学的研究。认为这是进行运动生物力学研究的基础。七十年代是美国运动生物力学迅速发展的十年，这十年间主要的特点是：1，大抓实验室建设及人才的培养；2，加强学术交流；3，狠抓仪器及方法学的研究。美国现有的十二个著名的运动生物力学实验室，均是在60年代末期及70年代初期建立起来的。理查德·尼尔逊（前国际生物力学协会主席）所领导的实验室（宾州）是美国最早的一个运动生物力学实验室，建于1967年，这些实验室都配有良好的仪器设备，几乎所有的实验室都有电子计算机、测力台、高速摄影机、图片分析仪等当前从事运动生物力学研究的主要设备。并通过研究实践大力培养人才，以宾州运动生物力学实验室为例，在七十年代共培养了20名博士，这些人大多已成为当前美国运动生物力学教学与研究工作的主力，现美国著名的运动生物力学专家，华盛顿大学运动生物力学实验室主任米勒尔就是其中的一位。

在七十年代中，美国生物力学界的学术交流活动是十分活跃的。美国生物力学学会成立于1976年（该会现主席是詹姆斯·海依——体育教授、生物力学专家），该会成员包括运动医学、生物工程学、人类工程学等学科对研究生物力学有兴趣的学者，该会每年召开一次年会，并出版刊物《生物力学杂志》（季刊）。

美国生物力学界人士一致认为，学术交流活动对推动运动生物力学的发展是有帮助的。

运动生物力学仪器与方法学的研究，在整个七十年代是美国运动生物力学界最活跃及最富有成果的一个方面，其间出现了一些公认的成果，这主要是：

1，人体运动数据平滑方法的研究。人体运动研究的基础是测量人体及环节的位移，目前运动学分析较其它方面已取得了较大的进展。但应注意到应用传统的影片分析所得

到的位移数据,通常是存在一定固有误差的,因此,它能导致在进一步计算速度及加速度中产生更大的误差,从而影响了研究结果的准确性。由于这个原因,七十年代中在美国运动生物力学界有许多人进行了位移数据平滑方法的研究,到目前为止有两个方法很引人注意的,一是“过滤法”,另一是“锯齿方程法”,予计,今后在这方面还会有许多工作可做。

2, 三维摄影技术及分析方法得到很大改进及发展,对提高研究复杂的人体运动的精度起了很大作用。但三维摄影无论是技术及分析方法,都未达到完全成熟的地步。

3, 对人体运动的动力学分析方面,出现了一些有希望的成果,包括卡瓦纳夫(1978年)的通过地面水平与垂直力对脚压力中心的分析及博卡地等人(1979年)的表示地面反作用力大小及方向变化的矢量图技术。

4, 涌现了一些有发展前途的新仪器设备如:(1)偏振光测角仪;(2)自动图象分析仪,它是一种通过电子计算机扫描,自动确定人体运动电视图象的X与Y轴坐标的一种仪器;(3)光点位置测量仪,它是由一种很小的可以绑在人体上的光源及其它光电设备组成的,可以直接得到人体运动的三维坐标信息。

5, 在解决实际问题的研究中,又出现了一些新的重要方法,如人体运动模型,电子计算机模拟,最佳化法及有关人体运动分析的统计学方法等等。

对美国运动生物力学今后发展趋势的估计。经过了七十年代的迅速发展,目前美国运动生物力学已完成了打基础性的工作,并日渐成熟,估计今后若干年仍将保持迅速发展态势,并关注以下几方面工作的发展。

1. 大力加强对实际问题的研究,以富有成效地解决人体运动的问题,但这并不意味着将会放松对仪器及方法学研究的注意。

2. 将加强对人体运动动力学分析的研究,其中不单单只考虑外力,而且要去查人体各个环节对整个运动的贡献。

3. 有可能建立一个人体运动统一化的理论公式并对理论进行系统的实验。

苏联运动生物力学发展状况

从六十年代开始,苏联运动生物力学的发展进入一个新的历史时期,首先是加强了国际间生物力学方面的学术交流。在苏联的倡议下,从1960年开始在东德的莱比锡召开了第一届社会主义国家之间的运动生物力学国际讨论会,加强了与东欧几个国家的学术交流。近20年来,苏联参加了所有运动生物力学的国际讨论会。1977年苏联科学院成立了生物力学科学委员会,其中就包括有运动生物力学、医用生物力学和人类工程生物力学分会,这说明运动生物力学在苏联得到更广泛的重视。其次就是在近20年来苏联培养了一大批从事运动生物力学的科研工作人员,不论在研究方法和各种具体运动项目的生物力学研究方面都比过去有很大的发展。特别是利用立体摄影、高速摄影、光电测速、三维动力描记、同位素扫描、电子计算机力学数学模拟计算等现代科技仪器设备,对跑步、跳高、跳远、体操、游泳、滑雪等项目的生物力学研究越来越多。据悉,目前莫斯科、列宁格勒、第比利斯、里沃夫等体育学院和体育科研所的运动生物力学研究力量比较雄厚。

1972年莫斯科体育学院建立了生物力学教研室,有成员七人,由扎齐奥尔斯基领导

讲授生物力学、物理学、数理统计、生物测量学和电化教育等课程。

近年来苏联生物力学的主要研究成果是解决所谓“生物力学的反馈任务”，这个任务的本质在于确定人体运动中的内力 and 作用于各关节的力矩的关系，即对活体各环节的质量、质量中心和它的转动惯量求出比较精密的生物力学参数。他们认为过去有关人体质量分布的材料，基本上是从尸体实验所取得的。而现在他们采用放射性同位素研究方法，配合立体摄影和力学——数学运动模拟实验方法，求出根据身高、体重来计算身体各环节或分段重量的多元回归方程系数，这对研究活体的身体质量分布，可以提高实验生物力学研究的准确性。并有利于从动作的运动学特性分析过渡到动力学、能量学特性的分析。

苏联运动生物力学专家认为要使运动生物力学得到迅速的发展，要使生物力学科学现代化，当务之急就是：1，要使研究方法手段现代化，充分利用现代化科学技术的成就来研究人体运动过程的客观规律；2，积极出版有关运动生物力学的科学资料，向体育教师、教练员和运动员普及生物力学的基本知识，使更多的人重视运动生物力学的理论和实践。近年来他们正朝着这个方向去努力。1979年由董斯科依和札齐奥尔斯基共同主编了新的生物力学教材，在教材中充实了不少新的内容。例如：“身体素质的生物力学”和“个体的和群体的运动特点”，这是属于比较生物力学的内容，研究在个体发育过程中的不同阶段人体形态和机能的特点，比较不同年龄、性别的生物力学特征。根据运动能力的个体发育特征，可以预测人体运动能力的发育前景，为儿童、青少年的运动训练和选材提供科学依据。有了上述内容之后，便使现代运动生物力学成为不仅是研究运动技术的科学，同时也是研究运动员训练问题的科学。苏联的生物力学专家们还编写出版了大量的资料。

当前苏联运动生物力学发展的另一特点，就是吸收了各种学科的科技人员来从事运动生物力学的研究。参加者有体育专家、医生、生理学家、工程师、物理学家和数学家等，这就有利于从各种学科的角度来比较深入地研究解决运动生物力学的问题。实践证明，运动生物力学涉及其它学科的面很广，所以它的发展要有赖于多学科的综合研究，而某一门学科的权威人士对该学科的发展也会起一定的作用。

苏联在运动生物力学研究方法方面取得较大成就。例如，B·M·扎齐奥尔斯基和B·H·谢鲁扬诺夫用放射性同位素测人体质心的方法，对100名运动员进行了实测，并得到身体各环节质心及其在环节纵轴上的位置的系数（图17）。近年来国际上出现了放射性同位素测定法，利用 γ （伽马）——射线扫描测定活体质量的几何分布，得出了根据于身高（ X_0 ）和体重（ X_1 ）计算人体各环节重量（ y ）的多重回归方程：

$$y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2$$

式中 B_0 、 B_1 、 B_2 为回归系数（表四）

无疑地B·M·扎齐奥尔斯基和B·H·谢鲁扬诺夫所得到的实验数据资料比传统使用的布拉温与非舍尔的材料要准确一些，更接近体育实际一些。但也不是绝对精确可靠的。应该指出的是，生物力学研究不同于工程机械，绝对精确可靠不仅不可能，更没有必要。因为人体运动的状态及其变化是多变量函数。其中不少变量是不可计测的（如社会心理因素），还有许多变量是模糊的（如神经信号的强度或一对一对抗对手的行为）。淹没在大量模糊值中的个别精确值便没有太大的意义。因此，从运动员身上测得的数据，对运动生物力学的研究是一份宝贵的材料。

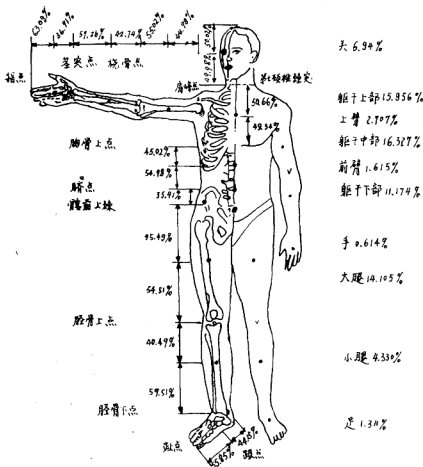


图17 身体各环节的相对重量和重心位置

三维测力台运用于运动技术的分析使测定完成动作时的动力测定方法日趋完善, 并更客观地反映了动力结构的实际状况。如用三维测力台从立体空间对跑步动作进行测定, 可以得到关于跑的在X、Y、Z方向上的力的数值和方向, 使人们对跑的认识更深化了。

立体摄影方法, 它可以测定被摄对象上每一点的三维坐标, 而且用一定的方法还可以测得人体体态、体表及肌肉轮廓层次图, 由此可以计算出肢体及躯干的体积。

人体各环节内力及内力矩的计算方法。完成动作时身体各环节的内力及内力矩的数值, 是对运动技术进行动力学分析不可缺少的基本参数。苏联运动生物力学专家B·M·扎齐奥尔斯基等人于1974年发表了在技术动作的电影图上计算人体各环节内力及内力矩的方法。

为了计算某运动员运动时某环节的内力及内力矩的数值, 首先按照研究对象的身体几何学状况, 即身高、体重、各环节长度及质心位置 (用放射性同位素方法测定), 建

表四

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2$$

式中 B_0 、 B_1 、 B_2 为回归系数

环节名称	B_0	B_1	B_2	R	σ
足	-0.829	0.0077	0.0073	0.702	0.101
小腿	-1.592	0.03616	0.0121	0.872	0.219
大腿	-2.649	0.1463	0.0137	0.891	0.721
手	-0.1165	0.0036	0.00175	0.516	0.0629
前臂	0.3185	0.01445	-0.00114	0.786	0.101
上臂	0.250	0.03012	-0.0027	0.834	0.178
头	1.296	0.0171	0.0143	0.591	0.322
躯干上部	8.2144	0.1862	-0.0584	0.798	1.142
躯干中部	7.181	0.2234	-0.0663	0.828	1.238
躯干下部	-7.498	0.0976	0.04896	0.743	1.020

R—多重相关系数

 σ —回归方程公差

立人体运动器官系统的数学—力学模型，并对模型确定一些已知条件和假设条件。

然后可根据完成动作技术时人体各环节的运动学参数，运用拉格郎日第二类方程，求得各环节在某一时刻及整个运动过程中的内力及内力矩的数值。

我国运动生物力学发展状况

运动生物力学在我国还相当年轻，基础非常薄弱，专业工作者也很少。中华人民共和国成立之前，一些体育工作者曾作过这一学科的理论建设工作，一些师范院校体育系科开设过《人体机动学》。当时吴蕴瑞先生为师范院校体育系科讲授过《运动学》。由于那时整个体育事业都很落后，体育方面的科学研究工作少得可怜，运动生物力学不可能得到系统地建树。中华人民共和国成立以后，随着体育事业发展的需要，自1958年起陆续在体育学院和体育系科设课。国家体委体育科学研究所又成立了本学科的研究机构。体育科学工作者和教练员发表了一些专著和论文，开辟了运动生物力学的科学园地。中国科学院力学研究所成立了生物力学研究室，专门从事生物力学研究。1976年以来，在全国科学大会精神鼓舞下，我国的生物力学和运动生物力学有了较快的发展。为了加速专业人才的培养北京体育学院于1979年招收了运动生物力学专业研究生。1978年招收了理论系学生开设了运动生物力学专业。1979年全国体育总会邀请了国际生物力学协会主席、美国宾夕法尼亚大学生物力学实验室主任理查德·尼尔逊博士来华讲学。1980年又先后邀请了日本名古屋大学松井秀治博士和西德科隆体育学院运动生物力学教研室鲍曼博士来华讲学，交流了学术经验，对我们了解国际上运动生物力学的发展动向和趋势，

推动运动生物力学在我国的发展起了良好的作用。1980年北京体育学院成立了运动生物力学教研室，除讲授运动生物力学专业课外，还讲授物理学、高等数学和电化教育课。理论系运动生物力学专业生除学习政治课、外语、运动生物力学、运动解剖学、运动生理学、运动医学、体育理论和技术之外，在中国科学院力学研究所生物力学研究室和清华大学的支持帮助下，他们还学习了高等数学、理论力学、线性代数、概率论、电子技术、生物力学、电子计算机语言、照像、摄影技术、流体力学等课程，为他们未来从事运动生物力学的教学科研工作打基础。目前，运动生物力学教研室正在积极筹建运动生物力学实验室。

1980年12月15日中国体育科学学会在北京成立，同时还成立了体育科学理论、运动训练学、运动医学、运动生物力学和运动心理学五个分科学会。各学会选举产生了第一届委员会成员。运动生物力学学会成立后，举行了学术论文报告会。

1981年7月全国第一届生物力学学术会议在上海复旦大学召开。会议期间进行了如下学科的交流：生物材料的力学特性、生物固体力学、生物流体力学、生物控制论、生物热力学、运动生物力学、中医脉象的力学机理以及生物力学的其它理论、实验研究与临床应用等。会议由中国力学学会和中国生物医学工程学会主办。从全国第一届生物力学学术会议可以看出，生物力学是力学与相邻学科相互渗透形成的一门有生命力的边缘学科。近年来，我国各地不少力学工作者与生物、医学、生理学者紧密协作，已在不少方面取得可喜的进展。

世界知名的生物力学专家美籍华人冯元桢教授出席了会议并作了学术报告。

中国运动生物力学学会和北京体育学院派人出席了会议。

一九八一年七月在日本名古屋召开了第八届国际生物力学会议。中国运动生物力学学会第一次派人出席国际生物力学会议。

一九八一年十月在杭州召开了第二届中国运动生物力学学术会议，交流科研成果，分析和探讨世界各国运动生物力学发展动向。会议期间中国运动生物力学学会分发了《第二届中国运动生物力学学术会议论文汇编》。并拟定将第一届、第二届全国运动生物力学学术会议的论文择优汇编成《运动生物力学论文集》，由人民体育出版社出版，全国发行。

第二届中国运动生物力学学术会议之前，应全国体育总会的再次邀请前国际生物力学协会主席、美国宾夕法尼亚大学生物力学实验室主任理查德·尼尔逊博士来华讲学，在杭州受到我国运动生物力学工作者的热烈欢迎。

科学的发展固然依靠实践的需要，也依靠方法上的进步。随着体育事业发展的需要，随着新的研究方法的出现和专业队伍的壮大运动生物力学在我国必将迅速地向前发展，赶上世界先进水平。

国际运动生物力学发展动态和趋势（注）

从1967年瑞士苏黎世召开第一届国际生物力学讨论会到1981年7月在日本名古屋举行的第八届国际生物力学会议，共经历了十四年年头。在这十四年中，有关人体运动的生物力学获得了巨大的发展，运动生物力学也相应的得到了发展。

一、在三个水平上全面迅速的发展

六十年代以前运动生物力学发展比较缓慢，科研工作主要是围绕着运动技术分析和对走、跑、站立等基本动作进行研究。在生物学方面则以肌电图为主要工具，强调机能解剖学方面的研究。

七十年代以来，国际运动生物力学已在应用研究、基础研究和理论研究三个水平上全面地开展研究工作，它们各有侧重又互相联系，形成了一个完整的运动生物力学研究体系。

1. 在应用研究领域中对运动技术开展了生物力学研究，而且对训练手段、身体素质、运动结构、运动创伤防治、机能恢复、运动器材等方面也开展了生物力学的研究工作。

在运动技术的生物力学研究中，目前已由运动学的分析发展到了动力学的研究，进而与人体的生理、生化变化相结合。研究运动技术除了采用高速摄影测定运动中的速度、加速度等运动学参数外，大多还配合测力台或其它测力传感器，测定人体运动时的支撑反作用力或与周围环境介质的相互作用力，研究力对人体运动的影响；测定运动中肌电图变化，了解运动中肌肉参与运动的情况，肌肉用力 and 动作的协调性以及神经肌肉控制机制；动作能量效率也已通过影片、测力台的分析计算以及实验室条件下模拟动作的研究而得到了较广泛的开展，（八届生物力学会议有关论文达十七篇之多）。微型遥测设备、激光、红外线、超声波等微波装置，光发射二极管等光电设备、脚底压力测定装置等直接测定运动的设备和电子计算机等的迅速发展已为更加准确、及时的记录和分析运动作出了贡献。这些微型探测仪器和直接测定运动的设备目前仍继续迅速地发展着，并朝着多种手段同时监测运动员，在运动中直接得出数据，使运动学、动力学和生理数据在训练实践中定期收集及时提供运动特征，帮助改善运动训练的方向而努力。

动作的数学模型和运动技术的电子计算机模拟为运动技术的生物力学研究提供了新的途径，它正在为改进优秀运动员的技术动作，预示新的运动技术，提高运动技术水平作出贡献。这个新的手段被越来越广泛的采用，具有极大的生命力。（八届会议有关论文十六篇）

运动控制也正在被重视和研究，尤以苏联、东欧诸国开展较多。莫斯科中央体育科研所生物力学实验室及苏联著名生物力学专家顿斯科依从六十年代末就开始从事这方面的研究工作，并发表了一系列有关运动控制系统、运动结构最佳化的论文。第六届国际生物力学会上捷克SUKOP教授作了“生物力学在运动员运动活动的控制系统中的运用”的专题报告，一九八〇年捷克、波兰、意大利、西德及美国的著名运动生物力学家在西德国际运动生物力学座谈会上也作了这方面的报告，以及第八届国际生物力学会议上苏联Rotov教授的“应用反馈系统对跑的生物力学参数的控制”，日本Yoshijwa“肌电——生物反馈训练对游泳的影响”等八篇有关论文，都表明了运动控制系统的研究对改善运动技术和训练是个带方向性的问题。

2. 基础研究是研究简单的基本动作（如站立、走、跑、跳等）及影响这些动作的因

注：本节节选自《第二届中国运动生物力学学术会议论文集汇编》作者国家体委科研所吴廷禧。

素(如力量、速度、加速度、肢体长度、质量、惯性特征等)来揭示人体运动的基本规律。它是深入了解复杂的人体运动的基础工作,并为深入研究复杂动作提供指标。在这个领域中以步态和跑的研究最多,其次是跳跃、举重和姿势的研究。许多研究复杂运动的测试方法,如摄影法、测力台、测角计、脚底压力软垫等都是在基础研究中首先取得成功的。这个领域的研究工作随着生物力学方法学的迅速发展正在日益深入。微型走步机的问世、步态研究数据自动收集和分析装置,多道记录系统,SELSPOT光电系统。走跑的能量效率研究,步态控制模型以及反馈控制七链二足动物设计等,都标志着基础研究领域取得重大的进展。

3.理论研究虽然是一个比较新的领域,但它是以揭示人体复杂运动的基本原因为主攻目标的,所以人们对它十分重视,发展很快。在生物学方面已大大超越了机能解剖学范畴;目前的研究工作已涉及到红、白肌纤维理论,骨骼肌的定量组织化学,不同类型肌肉收缩时的能量转换,肌肉弹性成份,粘弹性成分对肌力发挥的影响等神经肌肉机能的研究。生物力学系统的数学模型的研究也大大地加强了。还有骨骼、肌肉、韧带、关节的力学研究等。在方法学上,人们已经开始探索对在体育运动器官生物力学参数的直接测定。一九七九年第九届国际生物力学会议上,美国E·Joki教授对人脑的运动功能作了专题报告;第八届国际生物力学会议大量(四十九篇)有关神经肌肉控制的论文报告,以及芬兰Komi教授“生物力学的未来”的报告等,都预示着对人体生物力学系统的研究正朝着揭示神经肌肉控制机制的方向努力。

二、十分重视研究方法的发展

运动生物力学是一门实验性科学,它的发展有赖于方法学的发展,各国都十分重视。过去十多年,由于现代科学技术的发展,促进了运动生物力学研究方法的迅速发展,并且正在继续加快步伐。目前,方法学已成为一个独立分支。在历届国际生物力学会议上,方法学方面的论文也占据着很重要的地位(三届二十四篇、四届十四篇、五届二十一篇、六届十五篇、七届三十三篇、八届四十篇)。

1.发展研究方法的主要途径:

(1)广泛引进现代化的技术装备。如高速摄影机、高速电视录相机、自动影片解析系统、电子计算机、多导记录仪、激光、红外线、超声波、雷达等微波装置、高倍电子显微镜、超微量分析仪、测光效应二极管等现代化仪器设备被较广泛地应用于运动生物力学研究。

(2)建立现代化综合实验室。根据不完全统计,到一九七七年第六届国际生物力学会议上,作论文报告的近三十个国家中,已有至少十六个国家建立了生物力学实验室四十六个以上,其中以美、日、苏联为最多。

(3)加强研究设备的研制。目前测力台已从二维发展到三维,六维晶体测力台也已研制成功供商品出售;足底压力软垫已由三千多个传感器发展到了三万多个,传感器体积也由 $10 \times 10 \text{mm}$ 减到 $3 \times 3 \text{mm}$ 。测定鞋内压力分布装置也已研制成功;供直接测定人体每点二维、三维运动的SELSPOT光电设备已投入使用,COSEL运动监测系统也研制成功;多道生物遥测仪、红外线遥测仪和超声波测速、测角装置等都反映了运

动生物力学对测试设备研制的重视和发展。

(4) 加强研究方法的研究。这个方面目前已进入了计算机时代。归纳起来主要有：(a) 统计、算法。如运动中肌肉长度计算法、低频微分计算法、回归分析、群分析、有限元法等。(b) 数学模型法。如自动回归模型、人体重心计算模型、动作模型与模拟、生物力学系统模型等。(c) 曲线平滑法。(d) 自动数据收集与分析法。(e) 在体参数的测定法。如关节力直接测定法、肢体运动测定法、韧带长度变化测定等。(f) 各种评定方法。如综合力量评定法、运动技术生物力学评定方法和功、能、效率评定法等。

(5) 配备专职技术干部，如工程师、无线电和光学技术专家等，被视为是强有力的、成功的管理的表现。运动生物力学在技术上的极大改善应极大地归功于工程师、电子、光学等技术专家的积极参加。

2. 研究方法的发展趋势大致有以下几点：

(1) 过去主要使用物理学方法，现在生物学的研究方法被采用得越来越多了。

运动生物力学已深入到人体内部探索产生运动的生物学因素。一九七五年第五届国际生物力学讨论会上对肌纤维的结构与组织化学研究的论文增多了，第六届会议上也出现了活组织检查的论文，运动中能量代谢、功率、效率研究的论文也不少。第七、第八届会议有关神经肌肉控制的研究论文大量增加。

(2) 多维分析

体育运动中人体运动大多是三维运动。为了深入揭示人体运动规律，六十年代后期，多维分析法被引进了运动生物力学研究中。七十年代三维摄影测量被用于人体形态和运动技术研究；三维测力台研制成功并发展到了六维；三维加速度计也被用来对人体某些环节和击球进行三维运动分析。电子计算机成了多维分析的重要工具。在国际生物力学讨论会上，多维运动分析的论文占的比重越来越大。

(3) 多指标综合测定

人体运动是复杂的，影响动作的因素是多方面的。为了使运动生物力学能更好的为提高优秀运动员的动作质量和解决运动技术中大量的复杂问题做出贡献，运动生物力学在继续发展原先的方法学的同时，正在致力于多指标同时对运动员进行监测，从多方面为改善运动训练服务。因此。它与测试设备微型化和直接测定运动时的各种参数就成了运动生物力学研究方法的发展方向。

(4) 测试设备微型化、自动化和电子计算机化。

由于大规模、超大规模集成电路的迅速发展，使遥测设备的发射装置微型化成了可能。因此，超小型的生物遥测、电测角计、速度、加速度等遥测装置得到了迅速发展，使直接测定运动时的各种参数的范围不断扩大。另外，由于微型电子计算机的问世，数据探测自动化，情报处理自动化，研究工作计算机化等，促使运动生物力学日益迅速发展。因此，有人预言：“不久的将来，生物力学的最重要变化也许将由于集成电路的迅速发展和使用，这些超微型设备和电子计算机结合，能同时测定广泛的运动参数，简化数据，并直接给出运动特征，这样将会对今后的教学和训练有一个深刻的冲击。”

(5) 朝着扩大直接测定运动的方向发展

直接测定运动中的人体运动参数的方法，是运动生物力学研究中最及时有效的方法，也是运动训练实践的迫切愿望。因此，运动生物力学科技人员多年来一直在致力于这方面的技术改革。摄影测量，现有的微型遥测装置和一些光学仪器、微波装置、测力台、测力传感器等，正在提供直接测定人体运动时的位移、速度、加速度、神经肌肉活动以及人体运动中力的相互作用等。这些装置还在继续发展中。现在科技人员正在致力于活体参数的直接测定。如第七届国际生物力学会议上，东德专家研究动物和人类关节力的直接测定；意大利专家研究上肢运动的测定法；澳大利亚专家研究步行时膝韧带长度变化等就是其中的几例。

许多运动生物力学科技人员还把注意力集中于研究代替摄影测量的直接记录运动的方法上。目前已取得了相当的成效。如运用测光效应二极管的SELSPOT系统，偏振光测角计、电视录相数据记录系统等，已获得初步成功，有的已开始投入使用。激光扫描系统若设计技术能够达到要求，也将极有用处。Gavanagh教授指出：“有些形式的光电系统将最终代替电影。特别是在实验室研究，背带很少的传感器将不受限制的时候，正是这类型的仪器将最终证实其用途最广。”

三、研究领域迅速扩大

随着现代科学技术的发展，体育运动技术水平迅速提高，运动生物力学吸引着越来越多的有关学科的专家参与其科研活动，他们从各自学科的角度共同解决体育运动中的生物力学问题。因此，目前运动生物力学研究领域已大大超出了运动技术分析的范畴。它已涉及到的领域有：（1）医学生物工程。研究解决运动创伤防治、运动机能评定、机能恢复等生物力学问题；（2）工业生物工程。研究人体生物力学系统的力学问题；（3）人类工程学从体育运动中人机关系出发，参与运动场地、器材、服装等的设计和研究工作；（4）人类学从发育发达角度研究运动的年龄特征、遗传和运动员形态等问题；（5）物理学参与研究体育运动中运动学、动力学和提高运动效率等问题；（6）生理学参与研究肌肉收缩理论、肌肉结构与组织化学、能量代谢和神经肌肉控制机制等；（7）计算科学与计算机科学参与解决生物力学中大量计算问题，方程式，运动中的数学模型和模拟，以及大量数据处理和运算；（8）工程师、无线电和光学专家参与方法学的研究和测试设备的研制。训练手段选择、运动素质培养以及训练结构控制等方面的生物力学研究也迅速地开展了起来。总之，运动生物力学研究领域正在迅速扩大，研究范围尚未确定。

四、综合研究

从上面可以看到，体育运动中的生物力学因素是极其复杂的，涉及面很广，单一学科或指标是不可能较完满地解决体育运动中的生物力学问题。因此，许多国家的生物力学研究是多学科、多指标的综合研究。六十年代末期，美国宾州运动研究所就已经是哲学、生理学、工业工程学、生物力学、物理学家和教练员在一起解决运动中的许多问题。从第四届国际生物力学讨论会开始，综合研究就明显增多。第七、第八届国际生物力学讨论会的报告论文中，跨专业、跨部门共同协作的研究成果占的比重相当大。有些论文的协作单位达六个之多。绝大部分论文是集体研究成果。有些成果是国与国之间的合作研究的。

五、国际间学术交流频繁

国际间的学术交流是促进运动生物力学迅速发展的重要途径。一九六七年至今，除每两年召开一次国际生物力学讨论会（已举行了八届）外，游泳国际生物力学讨论会每四年举行一次，明年将在荷兰召开第四届讨论会；一九六八年在华沙举行了运动技术理论讨论会；七一年举行摄影方法讨论会和第一届国际田径生物力学讨论会；七八年举行国际医学与生物力学会议和国际生物力学方法讨论会；七九年举行运动生物力学国际座谈会；八〇年国际体操生物力学讨论会和运动生物力学国际会议；今年举行第二届生物力学摄影与高速摄影会议，妇女生物力学会议和神经肌肉方面的国际会议等。此外，地区性运动生物力学会议举行的也很频繁。美、日、苏联等国每两年也召开一次全国性运动生物力学讨论会。另外，国际运动医学会上也有许多运动生物力学的论文交流等等。频繁的国际和国内学术交流，大大促进了运动生物力学的飞速发展。为了更好地促进国际间的学术交流，标准化问题已为人们所重视。

第四讲 运动生物力学的主要测试手段

研究人体运动时，经常需要的参数有人体重心位置及其坐标、关节运动的角度、人体运动的速度和加速度、踏蹬力量和时间、肌肉工作的强度等。这就决定了运动生物力学必须用测试的方法，收集材料，进行研究。

（一）摄影记录动作

摄影能使运动员的动作重复再现。便于仔细分析。

1、普通摄影。是用普通照相机拍摄某个动作，适合研究静力性运动，用途较窄。

2、运动光点摄影。用此法拍摄时，常将摄影机镜头前面遮上按一定频率旋转的带孔的圆盘，起切断光线的作用。这样摄下的光线轨迹在一张底片上连成光点。运动速度快，光点密集；运动速度慢，光点稀疏。

3、连续闪光摄影。是把电子闪光机和摄影机配合在一起，在一张底片上摄下运动的连续动作。拍摄时最好以黑布为背景，或在黑暗的房间内以及夜间拍摄。背景光线越暗，摄下的动作图象越清晰。

4、电影摄影。一般常用16毫米的电影摄影机。有条件的则用35毫米的电影摄影机。拍摄频率不同，有50格/秒、64格/秒的，也有100格/秒、200格/秒、500格/秒、2000格/秒的，甚至还有10000格/秒的超高速摄影机。一架摄影机只能摄下动作的一个平面。研究三度空间的复杂动作时，用两架摄影机从相互垂直的方位同时、同步记录动作，或用三架摄影机同时、同步拍摄记录动作。

（二）测定速度和加速度

常用以下几种方法测定：

1、光电计时。把光电计时器安装在跑道的等距点上，运动员通过光电计时器的遮光信息，由示波器显示或记录仪描记，可看出经过每两个光电计时器之间的时间，求得平均速度。

2、加速度测定仪测定。加速度测定仪由传感器组成。把它带在身上跑动，身体的加速度由示波器显示或记录仪描记下来。

（三）测定关节角度的变化

测定运动时某些关节角度的变化,可用关节角度仪测定。关节角度测定仪是由电阻传感器、放大器和纪录装置三部分组成。把它固定在关节上,关节运动时,其角度变化的曲线可通过记录仪描记下来。关节角也可直接从电影图片上测量(图18)。

(四) 测定动态力

先进的方法是,用电阻应变片或传感器组装的三维测力仪,测力仪连接记录仪。运动员走、跑和跳跃的压力作用于测力仪时测力仪能将压力分解为垂直分力、纵向水平分力和横向水平分力,描记出曲线。根据曲线算出每一分力的大小和作用的时间,并求得冲量。下面是西德鲍曼用三维测力仪对几项优秀运动员所测定的数值(单位为牛顿)。



图18 从电影图片上测关节角度

项 目	垂 直 力	水 平 力	
		纵 向	横 向
走	700 — 1000	100 — 200	20 — 50
短 跑	2000 — 3000	400 — 700	200 — 300
跳 高	3000 — 6000	2500 — 4000	
跳 远	5500 — 7000	2500 — 3000	

(五) 描记肌电图

肌肉收缩时,其动作电位可以从肌纤维经组织导电作用反应到皮肤表面。在人的皮肤上放置表面电极或将针电极刺入肌肉中,通过肌电仪能描记出肌电图。肌电图呈双波型。根据波型的长短和密集的程度,分为强电位、中等电位和弱电位。有一种带积分仪的肌电图,描记肌电图的同时可以积分,定量说明肌肉收缩力的大小。

描记人体运动时的肌电图,一能证实进行某一动作时有哪些肌肉参加工作 and 它们的工作强度。二能看出该收缩的肌肉是否及时进入工作状态,不该收缩的肌肉是否作了无用功,甚至造成内在抵抗。三能把刺激的时间和出现肌电的时间差量出来,得知反应时。四能了解一次训练前后或一个时期训练前后肌肉工作能力的变化。这是研究人体内力做功状况的有效方法。

上述测试手段,应用时最好选择几种,同步测定,有一种多用途电测定仪。可以配合电影摄影,同步记录人体运动时的呼吸频率、心电图、脑电、肌电、关节角度、速度和加速度、踏蹬力量和时间等指标。

记录动作,获得原始测定数据是运动生物力学研究的关键一环,在此基础上还需进行分析、总结,上升为理论。

第五讲 运动技术的生物力学分析方案

无论对以一定样本含量的运动员为对象揭示某项运动的一般规律及原理，或是对某一运动员进行技术诊断，都需对运动技术进行生物力学分析。怎样分析呢？如下方案可供参考。

一、选择测试手段

选择什么测试手段，是由分析的目的所决定的。例如，研究射箭的“撒放”技术时，因为全部动作只有15毫秒，要了解指、弓弦及箭的运动现象，必须选用200格/秒以上的摄影机拍摄动作。拍摄频率太低，就不能捕捉所要研究的关键技术，实现不了既定的研究目的。又如，研究跳高运动员的踏跳技术时，欲了解踏跳的不同阶段在不同方向上踏跳力的大小和作用的时间，以及肌肉的工作状况等，就应选用三维测力仪、肌电仪和电影摄影机同步测试，取得第一手材料。

二、整理材料

(一) 进行运动归类。前已叙及，人体运动有平衡运动、位移运动、旋转运动和复杂的空间运动。其中有些运动又包含有周期运动和非周期运动，研究者应将所分析的具休运动按此归类，以明确运动的范畴，方便进一步分析。

(二) 划分运动阶段。首先要确定运动的开始和结束部位，然后把开始和结束之间的过程分为若干阶段，近而还可以把每一阶段分为若干时相，以便下一步定量地查明这些阶段和时相的运动学及动力学特征。

(三) 计算人体重心。先确定各关节中心点(图19)，有专门的方法可以在运动技术图片上计算出人体各环节重心和人体重心。知道了人体在不同时相各环节重心和人体重心的所在，也就知道了人体各环节和整个人体重心的作用点。据此不仅能绘出这些点的运动轨迹，还可以计算出这些点的速度和加速度。

(四) 制作连续动作简图。动作简图是由各关节点的连线构成的能简明地体现人体在不同时相的运动姿势。借此，可以测量各关节的角度，画出各主要关节角度随时间变化的曲线。还可以把连续动作简图(或运动技术图片)与各种参数图、曲线图分别对应起来绘制成各种对照图，用以说明运动技术的好坏(图20、A、B、C、D)。

(五) 绘制参数曲线图。根据人体在不同时相的关节角度和作用力的大小，绘制出关节角度随时间变化的曲线图、速度随时间变化的曲线、作用力随时间变化的曲线图等等。



图19 人体的主要关节中心示意图

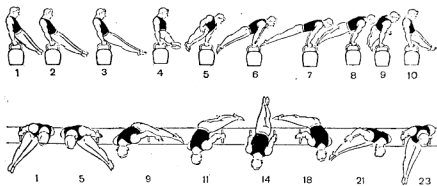
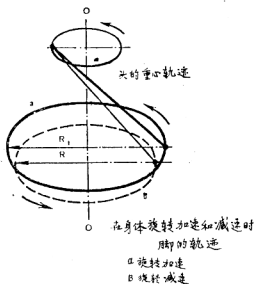


图 20 A 向左后方的鞍马全旋动作连续电影图片

B



(六) 绘制对照图。利用所测得的关节角度、速度、动力变化曲线图和肌电图，可以分别绘制与动作图象的对照图或绘制综合对照图等。

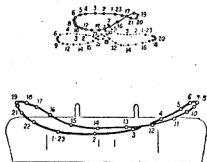
(七) 分析具有一定样本含量运动员的运动技术时，对所取得的数据，应当用统计学处理。可以用平均值制作连续动作简图、重心运动轨迹、各种参数曲线图，说明一般技术原理。

以上工作除人工处理外，有些可通过图片解析仪解析。

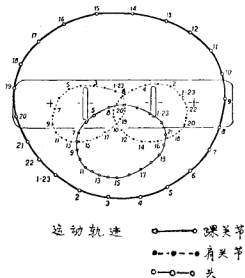
三、综合分析

利用所取得的各种参数，发掘它们之间的内在联系，去粗取精、由表及里地说明运

C. 向左右方的全旋动作
正面观



D. 俯视图



动技术的生理学规律。

(一) 揭示运动技术的生物力学特征。根据所整理的材料，揭示出所分析运动的时间、空间特征，外力 and 内力相互作用的特征。使人明确运动技术的关键环节及其要领。

(二) 肯定正确的运动技术。例如，研究跳高的摆动腿和两臂的摆动与踏跳腿的缓冲及蹬伸的配合时，从所整理出的动作图象、摆动肢体加速度曲线、踏跳腿关节角度变化曲线三者的对照图中可以发现，正确的踏跳技术是：踏跳腿进行缓冲时，摆动肢体加速上摆；踏跳腿进行蹬伸时，摆动肢体转入制动。摆动肢体加速和减速上摆都有助于增强起跳效果。

(三) 指出肌力发挥的效率。分析人体运动时，应明确指出哪些力是动力，哪些力是阻力。肌肉对抗阻力运动时所发挥的效率如何，主要是依据“肌电图与动作图象对照图”，用分析肌电图的常规方法加以评价。

(四) 找出运动技术和身体素质的差距。把所研究对象的各种力学参数，与更高水平的优秀运动员进行对比分析，可以看出哪些参数领先，哪些参数相近，哪些参数落后，明确哪些动作是正确的，哪些动作是错误的。进而搞清原因，能扬长避短，明确训练方法。

四、总结

如只探讨某一运动的生物力学规律时，在总结中应对这些规律加以概括。分析某一个具体运动员的运动技术时，应对其运动技术的现状、特点加以概括，特别是要指明优点和缺点，简述产生缺点的原因，提出如何克服缺点、突破运动技术现状的建议。

第六讲 运动生物力学的应用

运动生物力学已成为体育教师和教练员必修的专业基础理论科目之一。它的科学成果，不仅反映在运动生物力学专著上，也反映在各专项运动的教材中，用一般原理武装体育教师和教练员，提高教学和训练质量。

运动生物力学最突出的应用之点，就是用实验手段为提高运动成绩服务。有人说，奥林匹克水平运动员是科学的产物。这一点也不夸张。目前，各项运动成绩都达到了高超的水平，每项世界纪录的刷新，都靠科学的力量来帮助，或者说是科学训练的结果。国内外学者在应用运动生物力学提高运动成绩上作了许多工作，成果非常显著。例如，我国的运动生物力学工作者在60年代初期曾对我国的优秀短跑运动员的技术动作做了较详细的研究，曾发表《男子百米起跑技术分析》、《百米起跑三十米速度的发挥》、《百米起跑的蹬力》等学术论文，并根据中国短跑运动员的身体结构形态特点探索了最佳的起跑姿势，对提高短跑成绩起了积极的作用。

有人对跳马踏跳动作作了研究，指出踏跳时下肢各关节的运动幅度、下肢的原动肌、踏跳力量和时间等，使人明确了完成这一动作所需的技术要求和素质条件。如此等等，不胜枚举。

在国外，日本学者通过探讨运动技术的年龄特征，发现不同项目和不同年龄的运动员训练的重点环节也不同。例如，跳远运动主要是由助跑、踏跳和空中姿势三个环节组成的。从这三个环节对运动成绩的影响来看，儿童助跑占10%，踏跳占90%；少年助跑占45%，踏跳占45%，空中姿势占10%；优秀运动员助跑占45%，踏跳占20%，空中姿势占35%。明确这些，训练时就能抓住重点，而不致平均对待。近年来学者们开始注意从能量消耗的观点评价运动技术的好坏。以5000米为例，两名运动员，最大吸氧量相同，跑时身体姿势不同，一个人身体重心上下起伏较大，另一个人起伏较小，相差4厘米，前者用3215步跑完全程，后者用2825步跑完全程。前者能量消耗是后者的1.8倍，所以运动成绩不如后者好。这样研究问题对提高运动成绩很有帮助。特别值得详细介绍的是美国运动生物力学专家利用运动生物力学提高运动成绩的情况。

美国奥委会生物力学部主任吉·艾里尔(Gideon Ariel)博士几年前就打算应用电子计算机和物理学的基本原理为运动员服务。但这种尖端技术并不是轻而易举就为体育界所接受，而是在获得了惊人的成就并讲出令人信服的道理之后，才引起人们的重视。

四十年前，艾里尔博士出生在以色列。他曾经在本国荣获过铁饼冠军。后来他对电子计算机着了迷并准备在美国取得体育科学博士和信息博士。1972年他同时获得了这两门学科的博士头衔。从那以后，他便致力于如何使电子计算机为运动训练服务的研究工作。他在马萨诸塞州的阿墨斯特创办了自己的实验室。他所从事的研究工作是利用电子计算机进行生物力学的分析。

在实验室里，艾里尔博士发明了一套信息系统。正是这一系统的研究工作给吉·康纳斯指出了发网球的正确姿势；为特里·奥尔布里顿提供了成为世界铅球冠军的运动技

巧，向麦克·威尔金斯推荐了掷铁饼的最好方法。

艾里尔博士解释说：“有关这套信息系统，原理很简单，就是建立在牛顿的物理学基本原理上。在大多数体育项目中，人们最重视的是四肢的加速度，四肢通过运动把力传到铁饼、铅球、标枪和球拍上等等。很显然，人们用肉眼是看不见这种加速度的，但是用仪器却可以分解和测量出来。”

在实验中，艾里尔研究小组用每秒可拍出一万个图象的超速摄影机拍摄了一个正在运动中的运动员。然后借助一个连接电子计算机的电子探针将影片图象逐个加以分析。探针所触到的每个点的坐标，被自动记录下来。然后，由一条单线勾出的运动图象便出现在与信息系统相连接的荧光屏上。由于掌握了影片的运动速度和每个点在每时每刻的坐标，电子计算机就可轻而易举地计算出身体各个部位的移动情况和加速度了。之后，再根据国家航空和宇宙空间管理局所提供的关于人体各部位关系比例方面的资料，机器就能测出运动员四肢发挥的力量。

因为人体可以被看做是一个由各关节相连着的运动物体，那么依据上述资料，就可按照物理的普通规律指出力是怎样从一点传到另外一点的。对于每个运动员，人们都可以描绘出一个符合他自身特点的理想图解。然后，再把这个图解模型同运动员的真实运动情况加以对比，便不难发现他的无益动作；不合时宜的移动；错误的冲量和可能浪费的力或损耗能量的姿势了。此外，计算机还可以使人们确定出各个关节的角度在创造一个成绩的过程中所起的作用以及身体重心的位置。

艾里尔博士举例说：“下面就是我已经分析过的荷兰跳高运动员拉迪·威拉特的情況。通过研究他跳高动作的图解，我可以肯定地说，他还能毫不困难地把成绩再提高5厘米。威拉特的身体重心位置很好。但在过杆时，腿伸得太早了。他为了更好地把腿抬起来，就不得不使后背下降，结果碰了杆。如果他稍等片刻再把下肢抬起来，他的整个上身就已经过了杆，安全落地了。威拉特掌握了良好的技术，因为他正好是在离开地面之前停止了加速运动，这样非常好，好就好在这样可以借机恢复，便于以最大的力量跳起来。此外，我还发现威拉特还缺点劲，需要进一步发展某些肌肉群的力量。对最优秀的跳高运动员来说，在跳起之前的这步支撑所用的力应该等于自身体重的八倍左右。不过威拉特的缺点通过合理的训练是不难克服的。”

一九七六年在蒙特利尔奥运会上获得金牌的美国铁饼运动员威尔金斯 (McWilkins) 的情况也是一个典型。运动会开幕前几个月，艾里尔分析和研究了她的技术情况。当时，威尔金斯的成绩是66米，离69米的世界纪录还相差很远。艾里尔博士通过计算她四肢各部的用力情况和分析她的投掷动作图解，发现威尔金斯在铁饼出手之前不但没有刹住膝盖，反而象弹簧似的动了一下。只这一动，就使他失掉了一部分本应传到铁饼上去的力。艾里尔说：“因此，我就在计算机上模拟出一个假设的不动膝盖的威尔金斯。这种假设的成果是异常惊人的，证明他还可以使成绩再提高3米。”

三天以后，由于威尔金斯用矫正形器刹住了膝盖，一下子竟以70.86米的成绩刷新了世界纪录。

艾里尔认为，一个理想的短跑运动员首先应该具备两条快腿。除此之外，运动的速度还应与神经肌肉系统相结合。为了挑选最优秀的100米和200米短跑运动员，教练员必须

注意运动员腿的伸展反应速度。在同样时间里，腿长、身短的运动员取胜希望较大。

对某些运动项目，这位美国生物力学家曾经计算过人类的极限和运动员在没有生命危险的情况下所不可能超过的一些绝对纪录。例如：男子百米短跑，可能的界线是9°6左右（目前世界纪录为9°9）如超过这个界线，肌肉就有损伤的危险，一些骨骼就有折断的可能。跳远的极限是8.96米，美国运动员比蒙所保持的世界纪录（8.90米），离这个极限只差一点。此外，比蒙还相当接近于理想的运动员，他的短跑速度非常快，动作也完全协调一致。他在跳跃时，能在髌关节中发挥出770公斤的力，这已达到人体肌肉撕裂的极限了。

至于跳高，人们会在某一天超过2.70米，可是当前的世界纪录却只有2.34米。

有个电视台要拍摄一个有关现在和过去奥运会冠军的电视片。应电视台的要求，艾里尔博士把当前百米纪录保持者之一埃迪·哈特的成绩（9°9）和一九三六年世界纪录保持者杰西·欧文斯的成绩（10°2）作了比较。前者是在聚胺脂跑道上，后者是在另外一种物质的跑道上并且没有起跑器。艾里尔分析说：“通过快速拍摄片子我能够计算出每个关节的角度运动。由于掌握了骨骼的长短和每秒钟图象的数目，我算出了这两位运动员每秒钟跑过的距离。电子计算机裁判的结果是：这场比赛的胜利者应是杰西·欧文斯。”用同样的方法艾里尔博士把1968年奥运会跳高冠军福斯贝里的背越式与俯卧式跳高冠军布鲁梅尔的跳高动作进行了分析比较。他通过电子计算机假设布鲁梅尔采用的是背越式跳法（布鲁梅尔有着更好的垂直线），他能获得更好的成绩。从理论的分析上看，布鲁梅尔有能力越过2.4170米的成绩刷新了世界纪录。

另外一个美国铅球运动员特里·奥尔布里顿（Terry Albritton）在美国檀香山打破世界纪录）也犯有类似错误。在分析了动作以后，艾里尔博士建议他在推出铅球之前，不要使膝盖弯曲，以便使最大的力能够传到臀部。艾里尔甚至预言，如果奥尔布里顿能克服这个缺点，就可能成为世界冠军。一个月以后，他的预言果然得到了证实。

对美国标枪运动员比尔·施米特的技术分析也同样取得了相当可观的成果。艾里尔博士发现施米特损失力量的原因在于标枪出手时髋部下降。施米特很快纠正了姿势，创造了92米的好成绩，比世界纪录只相差2米。

此外，计算机和摄影机的结合不仅可以用来提高成绩，而且还可以纠正人们的偏见。例如：长期以来，人们一直认为跳远运动员应该主要在加强腿肚的肌肉力量上狠下功夫，以便能用更大的力量蹬踏板。而艾里尔却发现在跳远时，踏跳脚的蹬地力不如向前伸出的摆动腿和上半身所产生的速度传到起跳腿上的力量大。

实践证明，只有很少的运动项目不适用艾里尔的分析。正如他自己所分析的：“从理论上讲，我们能分析任何一种运动技术。只是某些项目难于拍摄下来，进行图解分析。如游泳，分析时还要考虑到水——这个附加因素。为此，我们正在建立一个鱼缸式的游泳池，以便能拍摄一个在游泳训练中的运动员。总之，一切由审美观起主要作用的运动项目都是比较微妙的。就花样滑冰来说，我们曾试图了解裁判员是怎样给规定动作评分的，为什么他们会偏向这个运动员而不偏向另一个。难道是手的动作决定裁判的选择吗？或者是腿、是头还是胳膊？我们终于发现原来是运动员的躯干姿势决定着裁判的判决。也就是说不管是腿还是手臂在运动时，运动员的躯干都始终要求挺直。另外，集体

运动项目也不大适合这种机械分析,因为在集体项目中占首要地位的是战术问题。尽管如此,人们依然可以分析出每个橄榄球、每个足球运动员的带球方式和方法。实际上,哪里有运动,我们的方法就能适用在哪里。”

目前,艾里尔博士仍在他的试验室里工作,但不会太久了。因为在美国南加利福尼亚州的特拉布科康荣(Trabuw Canyon)地区,一个为他专用的重要研究中心正在建设之中。这个研究中心将配有新的计算机、终端装置和各种连接计算机的训练仪器。它将成为世界最现代化的体育研究中心之一。这个体育科学的综合性研究中心的建立并非偶然,因为一九八四年奥运会将在洛杉矶举行。

目前,有些教练对此事避而不谈,因为他们害怕生物力学研究工作将会威胁他们的职业。艾里尔博士对此的回答是:“这是绝对不可能的,因为生物力学只是一种用来提高人们对体育运动的认识和帮助运动员创造好成绩的新型工具。而教练员和运动员之间的心理关系则在比赛中起首要作用的。无论如何,我是代替不了他们的。”

艾里尔博士的研究小组不光偏重于分析各种体育运动的动作,而且还利用生物力学的原理和电子计算机进行其它方面的探索。如:制造不对称式鞋底的运动鞋,设计矫形外科仪器和训练器械。

艾里尔博士指出:“我们的目的是,要以科学训练创出的成绩来压倒用医学药物刺激出的纪录。今天,有许多许多人在努力寻求某种不露马脚的兴奋药物。这样做会毁坏运动员的身体。实际上,只要他们利用进一步完善的训练方法并且把各种动作分析建立在生物力学的基础上,就一定会比那些靠药物取胜的人获得更好的成绩。”

艾里尔讲得很有说服力。最近他们又对三个运动队进行了不同方法的训练,收到了不同的效果。第一队使用兴奋药物;第二队采用生物力学的训练方法;第三队进行的是传统训练。结果是第二队创造了最优秀的成绩。

正因如此,美国奥委会才决定把美国参加奥运会的运动队委托给艾里尔博士研究、培训的。

主要参考文献

- 体育科学中的一门新兴学科——运动生物力学 苏品
你会科学地锻炼身体吗? 苏品
体育运动与力学 苏品、金季春、杜忠隆主编
运动生物力学讲义(1980年版) 苏品、卢德明、李良标
第二届运动生物力学学术会议论文汇编
БИОМЕХАНИКА ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ
Е.К.Жуков
Kinesiology David L.Kelley
THE BIOMECHANICS OF SPORTS TECHNIQUES JAMES G.HAY
人体运动力学 郑亦华、叶永延
运动生物力学 程国庆
体育实用力学基础知识 袁庆成

运动生理学

高强 佟启良 编

第一讲 遍布我们全身的运输线 ——血液循环系统

血管是血液流通的道路，遍布全身。血液好比车船，是具体担负运输任务的工具。心脏就象水泵，是推动血液沿运输线流动的动力。整个血液循环系统担负着繁忙的运输工作。

血液是怎样担负“运输”工作的？

血液放在试管里搁置一段时间，血液就分成两层，上层是一种黄色透明的液体，叫做血浆；下层是红色的沉淀物，由血细胞构成，主要是红细胞，也有较少的白细胞和血小板。

血浆中92%是水分，固体物只占8%左右。血浆可以把各种营养物质，如氨基酸、脂肪、葡萄糖、维生素等运到身体各处，在归途的路上又把组织里物质代谢后的废物带到排泄场所。血浆里还存有一些碱性无机盐(如重碳酸钠)能中和进入血液的酸性代谢产物如乳酸、酮体等，使血液经常保持稳定的酸碱度。并在运输二氧化碳方面起重要作用，此外，还可以运输内分泌腺所分泌的激素，来调整全身各器官的机能。甚至各种血细胞也必须悬浮在血浆里才能沿血管流动，发挥它们各自的作用。

红细胞是专门运载氧气和二氧化碳的。它的数量多极了！在正常的人体，每立方毫米血液中，男子约有450—550万个，女子稍少一些也有380—460万个。有人估算了一下，假如把一个60公斤体重男子的血液里的红细胞一个个排起来，其长度足可绕地球赤道四周还有余呢。红细胞里面所含的主要物质叫血红蛋白，这种物质有一个特殊的化学功能，就是在氧气较多的地方（流经肺部时）能同氧结合成“氧合血红蛋白”，是鲜红色的；而在氧较少的地方（流经身体组织附近时）又能把结合的氧积放出去，变成“还原血红蛋白”，是暗红色的。这样，红细胞就能在循环过程中，把氧气从肺部运输到身体的各个地方。血红蛋白还可以运输二氧化碳，也是通过类似地结合方式，不过运输二氧化碳的途径刚好和运氧相反，由组织附近装载上二氧化碳然后把它们运到肺部放出来。人体中血红蛋白的含量在100毫升血液中，男子约有12—15克，女子约有11—14克。血红蛋白的含量与红细胞的数量多少有着极其密切的关系。

红骨髓是制造红细胞的工厂，居住在高原地区的人和运动员因为经常接受到缺氧的刺激，就会促使红细胞增生，可以增加每立方毫米600—650万个。血红蛋白的含量当然也比一般人高些。所以运动员具有比一般人较高的运动能力。根据这个道理，国外

有人利用自体输血法以取得良好的运动成绩。例如在训练期间，将某一运动员的血抽出200—400毫升，置于冷藏库中保存。几个月后待临近比赛时再把这些血液注回该运动员。在几个月中个体失的血已经复原，再加上注回的血，红细胞数量就一定会显著升高，运输氧的能力大大增强，对运动比赛的成绩就会大有裨益。

白细胞不做运输工作，却担负一项“身体保卫者”的特殊任务。它在全身不停地巡逻，随时准备消灭侵害人体的“敌人”——细菌等。当发现细菌时，能够利用变形运动，把细菌吞噬掉；或是产生抗体，消灭这些“敌人”，在正常人体内，白细胞的数量，大约在每立方毫米血液中平均约有7000个。

血小板是专门负责修补“道路”的，当血管受伤而破损时，血液就将外溢。血小板能及时解体并释放出一种能使血液凝固的化学物质，把外溢的血液变成凝固的血，堵住了破裂的血管，从而使血液不致丧失过多，并保证了“道路”的畅通。

在人体中究竟有多少循环的血液？这个数量经常有些变动。一般情况下，人体的循环血量约占本人体重的8%。另外大约还有相当于体重1%的血液存放在肝、脾和皮肤的血管内，这些地方称为“血库”。当人体进行运动时，血库中的血往往被动员出来，增加循环血量，保证运动时所需的氧气供应。

川流不息的血液循环

血液在血管中川流不息地流动才能完成所担负的运输任务。血液在血管中流动，是靠心脏来推动的。

有人做过这样的计算，在一昼夜里，心脏要将全部血液排送1500—2000次，总共输出血液6000—8000升，如果把心脏当做一部水压机用来举重的话，在24小时内可以把60公斤体重的一人举到一百多层楼房顶上去。这是多么大的力量啊！

心脏在胸腔内，位于两肺之间，略偏左侧。形状象一个倒置的桃子，大约和本人拳头的大小一般大。心脏是由心肌构成的。内部有四个腔，上面二个叫心房，分别叫左心房和右心房；下面二个叫心室，叫左心室和右心室。左右腔全被一肌性隔膜所分开，并不相通。在心房和心室之间，心室和大动脉之间，有四个形状不同的活门，叫做瓣膜。它们当心脏搏动时可使血液只沿着一个方向前进，不致倒流。

血液在人体中运行全靠心脏不停地收缩与舒张。从心脏出来的血管叫动脉，管壁很厚，富有弹性，动脉分支越来越细，最后和毛细血管相接。毛细血管非常细，有的只能允许单个红细胞通过，但数量非常之多，总的口径加起来比身体最粗的主动脉还要大500倍（主动脉之截面积为8平方厘米）。这些微细的血管广泛分布在全身各处的组织细胞之间，是血液和细胞进行物质交换的场所。毛细血管的另一端连接小静脉，静脉逐渐汇集成大静脉，把血输回心房。静脉管壁较动脉要薄，弹性差，较柔软，隔不远就有一组瓣膜（半月瓣），防止血液倒流。

下面我们看看血液循环所走过的漫长旅途吧。血液载着氧气和营养物质，在心脏收缩的推动下，从左心室出发，奔向主动脉，路经各动脉分支，到达毛细血管。在那里，血液把氧气和营养物质送给了细胞，同时又装载上了二氧化碳和物质代谢以后产生的“废物”（最后这些代谢产物将运到肝和肾脏等器官处理），然后逐渐向静脉集中，回到右心房。从左心室出来，再进入右心房，这一段路我们称它为体循环，因为路途比较

远也叫大循环。

血液经过“体循环”，跑得精疲力尽，当回到右心房，它的速度已经很慢。这时心脏重新给它以动力。于是血液又从右心室被挤出来，经肺动脉，奔向肺部。通过肺毛细血管，直接与空气接触，进行气体交换，去掉二氧化碳，载上新鲜氧气，经过肺静脉，又回左心房，再进入左心室。这一段路，我们称为肺循环，也叫小循环。

血液永远沿着这两条环形的道路，周而复始地运行着，作一次又一次地长途旅行。在安静状态下，环行整个途经（如由手出发再回到手）大约需时17秒，运动时血液循环加快，缩短为13秒或更少。

心脏的功能就是周期性地、不停地收缩与舒张。收缩时把血挤向动脉血管，舒张时容纳静脉血液回心，就象一个水泵一样。正常安静状况下，心脏每次收缩可以排出血液50—75毫升（以一个心室计算），心跳每分钟60—80次，所以心脏每分钟输出的血量大约有3—5升。而当人体剧烈运动时，心脏每次搏动输出的血量（称每搏输出量）及每分钟心跳次数（简称心率）都会大大增加。根据运动时调研的资料，优秀的田径运动员跑完1500米后，心率可增至200—220次/分，每搏输出量增至180—210毫升，每分钟输出量高达40升左右。每分钟能够将血液排出40升，这对象拳头那样大小的心脏来说，它做出了多么巨大的工作呀！

脉搏与动脉血压

随着心脏有节奏地收缩和舒张，有弹性的动脉也会随之膨胀和缩小，产生有节律的搏动，叫做脉搏。测定脉搏的次数，就可以反映出心跳的频率。脉搏可以用手指触按人体的一些浅表动脉而获得。一般习惯采用的部位是桡动脉和颈动脉。

流动的血液对于血管壁产生的压力叫做血压。各段血管的血压是不同的，动脉的血压最高，静脉的血压最低，这是因为离心脏愈远的血管，由于压力逐渐被血液与血管壁间的摩擦而减弱的缘故。

不过通常把肱动脉处量得血压称为血压，是医疗、运动生理、运动医学常用指标。动脉血压有收缩压和舒张压两部分：当心脏收缩时，排出血液，使动脉血管扩张，同时压力升至最高。这时血液对动脉血管的压力，就叫做收缩压或最高压。而当心脏收缩完毕转入舒张时，动脉管壁靠弹力回缩，使血液继续向前流动，这时血液对血管壁的压力最低，就叫做舒张压或最低压。血压的单位是毫米水银柱习惯上常用一分式来表示血压，收缩压写在分子位置，舒张压写在分母位置，如110/70毫米水银柱。

血压多少算正常呢？据调查，我国20岁至40岁的成人安静状态时的血压介于100—120/60—80毫米水银柱之间。血压随年龄、性别而不同。儿童血压较低，以后随年龄增加，逐渐升高。在50岁以下，同年龄的女子比男子略低一些。老年人的血压较高。

血压的波动较大，受许多因素影响，如运动、劳动、饱食、饥饿、吸烟、饮酒，情绪激动、血量增减等都可以使血压升高或降低。运动时血压随运动强度大小而增加。剧烈运动后收缩压可激增至200毫米水银柱以上，舒张压也显著降低。

运动时循环系统发生哪些变化？

现代的运动生理科学研究，可以让运动员携带一个微型发报机，把运动时心率如血

压的变化发送出来，运动场旁边的收录仪器把这些变化统统记录下来。用这种无线电遥测的办法给运动生理学家提供了研究运动时生理变化的可能。根据遥测的结果发现：不仅人在运动时心脏的跳动加快，血压升高，而且还随着运动强度的变化而相应地改变。也就是说，跑得快些，心跳和血压就增高得多些，跑得慢时，变化也相应小些。这是为什么呢？

人体在运动时，全身许多肌肉在做剧烈而又频繁的收缩。肌肉收缩要靠物质代谢产生的能来推动，就象火车头的开动要靠煤燃烧时产生的能一样。肌肉活动愈剧烈，就愈需要大量的氧气和营养物质源源不断地运进肌肉，物质代谢才愈旺盛，才能满足肌肉活动时的能的需求，这也和火车头开得愈快时，通风愈好，煤铲进炉膛中愈多一样。另外，物质代谢的产生的废物和二氧化碳也需及时运走，以免发生堵塞，影响物质代谢继续进行。

氧、营养物质、代谢产物和二氧化碳是靠循环着的血液实现的。身体内循环的血液总共不过占体重的8%，既使血库中的血也全部动员出来，不过再增加0.6—0.7升血。运输能力提高的好办法是加快血液循环的速度，使单位时间的血流量增多。

加速血液循环的速度的办法是提高每分钟心输出量。每分输出量又等于每分钟心率及每搏输出量的乘积，假如同时增加心率及每搏输出量将更为有效地提高每分输出量。当每分输出量增加时血压也相应升高。一句话，运动时心率增多、血压升高的现象是为运动时的物质代谢服务的。如果这些变化不加强，仍保持安静状态的样子，自然就不符合要求了。

实际上，人体这条运输线的“供应”和肌肉物质代谢的“需要”要相适应，还要靠神经系统和内分泌腺强有力地调节才行。

除了上面所说的增加心率、血压、使全身单位时间的血流量增多的办法之外，我们的身体还做了“血液重新分配”这样一种巧妙的调整。由脑力工作转变到体力工作时，血液就优先供给那些积极参加体力工作的器官，如肌肉、心脏、呼吸器官等等，而减少象消化器官等不参与活动器官的血液供应。由一种状态转变为另一种状态时血液供应所发生的这种相应变化就叫做血液的“重新分配”。

血液重新分配是靠各部分器官中的小动脉管及毛细血管的扩张或收缩来调整的，例如在安静时每分心输出量为5800毫升，其中供给全身肌肉的只有1200毫升，约占20%，而供给内脏（包括肾脏）有2500毫升，接近全部输出量的一半。假如进行激烈运动时心输出量增至17500毫升，而供给肌肉的就有12500毫升，约占70%，比安静时大大增多；而供给内脏的只有1200毫升，仅占7%，比安静时大大减少。这一事实充分说明了运动时的血液重新分配现象。

运动员心脏

正常人心脏的重量约300克左右。外国有位医生Reindel1对由于事故而死的运动员34人的心脏重量进行了调研，发现心脏重300—350克的6例，350—400克的9例，400—450克的14例，450—500克的2例，500克以上的1例。350克以上重量的人共26例，占34人中的79.5%。这就是说运动员的心脏十个里面有八个要比一般人的要大。

北京运动医学研究所曾经调查过我国300名各种项目运动员的心脏面积，发现有108

名运动员（占36%）心脏面积增大10%以上（占57.6%）。其中经常练习马拉松跑及长途自行车运动员增大得最明显。

这种增大不是病理性的，是由于经常进行锻炼的结果，所以把这种心脏叫做“运动员心脏”。

运动员的心脏为什么会增大呢？

前面说过，人体运动时，肌肉的工作需要提高许多倍，所消耗的氧气、营养物质，排出的二氧化碳和其他废物也要增加许多倍。这样，负责人体运输任务的循环系统就更加紧张和繁忙了。心脏每分钟跳动的次数要比安静时显著增多，每搏输出量也显著增加，剧烈运动时每分输出量达到40升左右。这就是说心脏每分钟收缩的次数增加了，而且每次收缩心脏肌都要使出更大的力气。

心肌的结构和骨骼肌很相似，它们收缩的道理也是一样的。体育锻炼可以使骨骼肌纤维增粗，变得更加粗壮、结实；心肌也是如此，经常为了满足运动的需要，心肌也得到了锻炼，心肌增粗，心室壁增厚，因而显示出“运动员心脏”的现象。

“运动员心脏”使人体循环系统具有了更大的机能潜力，由于心肌肥厚有力，每一次搏出的血量就比一般人多，假如同处于安静状态，一个经常锻炼的人，心跳次数相应减少就可以满足身体的需要。所以运动员安静时心跳次数比一般人少（见表）有的可减少到每分钟36次。

各种运动项目运动员安静时心率的比较（王锦文 1956）

运 动 项 目	安 静 时 心 率 (次/分)	运 动 项 目	安 静 时 心 率 (次/分)
男 短 跑	56	女 短 跑	65
男 中 跑	48	女 中 跑	59
男 长 跑	47	女 篮 球	57
男 篮 球	53		

假如同时参加同一负担量的体育活动，比如说30秒内下蹲20次缺乏锻炼的人体练习完了心率明显加快、且久久不能恢复，而常锻炼的运动员则心率只略微增加，且很快就能恢复。

捷克有一个著名长跑运动员扎托培克，安静时心率为56次/分、上下50厘米台阶5分钟（每分钟上下30次）后只增到76次/分，一般人做这样的运动心率要增到180次/分左右，最突出的是他只需一分钟的休息就已完全复原到安静水平。这是一颗多么健壮的心脏呀！

在安静时及定量活动后有训练运动员心率变化较小的现象，称为“节省化”现象，这是因为健壮的心脏每次搏出的血量较多，可以少跳动几次就能满足当时身体对运输任务的要求；而一般人因为心肌无力则主要靠加快心跳频率来增加血液的输出量，因此也

容易疲劳，不可能坚持长时间的剧烈运动，运动停止后恢复的时间也长。

若是有训练的运动员与不常参加锻炼的一般人一齐参加剧烈的长跑比赛，每个人都竭尽了全力时，心率的变化又是怎样呢？

有训练的运动员心脏能表现出自己最大的机能潜力，心率达到最高的水平，例如跑3000米，运动员心率可以达到200次以上，而一般人只能达到180次左右，因此经常锻炼的人，由于具有十分健壮的心脏所以能够胜任十分繁重和激烈的体力活动。

前面已经谈到耐力性练习为主的运动员出现“运动员心脏”的最多，心脏的机能也最好。所以反过来可以这样说耐力性练习如长跑对发展心脏是十分有效的一种方法。

第二讲 气体交换的场所——呼吸系统

人不吃饭能活十几天。不喝水能活几天，而不呼吸就只能活几分钟。可见呼吸对人来说是多么重要！

人体的一切生命活动，如神经的传导、肌肉的收缩、腺体的分泌、细胞的生长和更新等没有一种活动是不需要消耗能量的。能量从哪里来？前面讲过最终的来源是营养物质的氧化。在氧化过程中就要不断地从外界环境摄取氧，并把氧化后产生的二氧化碳排出体外。这种体内外气体交换的过程就叫“呼吸”。

人体将空气中的氧摄取到体内，并将它们一直输送到细胞，供给细胞进行物质代谢的需要；所产生的二氧化碳，经过运输，最后运送到体外，才完成了气体交换的任务。因此。整个的呼吸——气体交换过程，实际上包括了肺呼吸、血液运输及组织呼吸三个过程。

运动时，肌肉频繁地收缩，需要的氧和排出的二氧化碳势必增多。呼吸活动就必然要加快增强，才能适应运动时能量代谢增加的要求。所以呼吸对运动的关系是十分重要的。

气体是怎样进出肺的？

空气由鼻孔或口腔进入，经过喉、气管、支气管、细支气管，最后到达肺泡。支气管与细支气管是气管的分支，就象树枝是树干的分支一样，它们越分越多，越分越细，最后成为许多极细的细支气管。每个细支气管的末端都连接着一个或数个肺泡。

从鼻一直到细支气管只是气体流通的管道。它们并没有气体交换的能力。因此也称无效腔。肺泡是由单层细胞构成的，壁薄极了，只有1微米厚。肺泡壁外布满了毛细血管网。毛细血管的壁也是单层细胞，壁也很薄。这样的两层薄膜对空气来说简直没有什么阻碍，完全可以随便穿来穿去，所以唯有肺泡才是人体气体交换的场所。

肺泡虽小但数量非常之多。一个成年人的肺泡总数可达七亿五千万个，所以它的总面积可达130平方米，如果平铺开来的话有三十张乒乓球桌那样大。肺泡壁极薄，数目又多，总面积又大，这都是肺泡和毛细血管内的血液进行气体交换的好条件。流经肺部的血液就能够抓住这个时机把二氧化碳排出去，并从肺泡中重新取得氧气。

假如肺泡里的空气老是不动的，流过那里的血液会很快把所含的氧气取光。只剩下很多无用的二氧化碳。为了满足身体需要，必须设法反复地把肺泡内含氧已经很少而

含二氧化碳太多的空气排挤出去换进新鲜空气才行。这种反复地更换肺内气体的活动，就叫呼吸运动它包括呼出和吸入两个过程。

肺自己并没有扩大和缩小的本领，它必须借助于其他方面的力量。大家知道，肺的周围是胸廓，下面是横膈。肺和它们之间只隔着两层紧贴在一起的胸膜，胸廓或横膈运动时必然带动肺，使肺也随之扩大或缩小。

胸廓是由肋骨、胸骨和肌肉组成的，象是一个篮子，横膈好比是这个篮子的底。一对对半圆形的肋骨后端连接在脊柱上，前端连于胸骨，胸骨是悬空的。因此当胸廓的前部自然下垂时，胸腔的前后较扁左右较狭。若胸廓上提时，胸腔的前后左右径都会加大。横膈是由膈肌构成的。这些肌肉的纤维呈放射状地附着在周围的胸廓上。当这些肌肉收缩时横膈下降。肌肉放松时横膈上升。横膈的升降使胸腔的上下径发生变化。

主管呼吸运动的肌肉叫呼吸肌。一部分长在每根肋骨之间，有两层，名叫肋间外肌和肋间内肌；另一部就是前面提到的膈肌。另外还有一些肌肉也能兼管一些呼吸运动，如胸大肌，腹肌等，我们叫它辅助呼吸肌。

在平和吸气时，肋间外肌收缩，使整个胸廓上提，造成胸腔的前后、左右径加大；膈肌也向下收缩，造成胸腔的上下径加大，胸廓与膈肌这种变化带动肺使肺扩大，肺扩大的瞬间肺内压突然减小，空气气压大于肺内压，所以空气进入肺。

在平和呼气时，肋间外肌、膈弱肌放松，胸廓由于重力作用自然下垂；横膈上升，造成胸腔前后、左右、上下各径都变小。肺也随之变小。在这一瞬间肺内压趋然升高，高于大气压时，空气出肺，即发生呼气。

用力吸气和呼气时，除呼吸肌竭尽全力“工作”外。辅助呼吸肌也积极参与，使胸腔各径的变化更大，肺扩张或缩小更明显，吸入或呼出的气量更大。

呼吸运动是在双重领导下进行的。一方面它是一种自动化了的动作，和心跳一样，尽管你根本没有想到它，呼吸仍在有节律的不停地进行着，这是因为神经系统有专管呼吸的中枢，它们有节律地一会儿发放冲动，一会儿又不发放冲动的原故。另一方面呼吸运动也能受大脑皮层直接支配，即受意识控制，所以可以随便改变呼吸的深度、节律等，如唱歌、说话就是明显的例子。

呼吸与动作要配合

假如在呼吸时主要是借肋间肌使胸廓运动来吸气和呼气的，这样的呼吸型式叫胸式呼吸。相反，如果主要借膈肌使横膈运动来呼吸的叫腹式呼吸（因为膈肌上下运动时。腹内压相应发生变化，腹部也随之起伏）。一般人都是混合式呼吸，不过男性腹式呼吸更加明显，女性的胸式呼吸更加明显。

在运动时，常常不管是胸式还是腹式呼吸都加强，比如跑步就是这样。但是在做某些体操动作时，由于动作的特点限制了某一种呼吸型式的进行，例如在双杠上做直角支撑时，为了保证腹肌的强烈收缩腹式呼吸就不再进行，只保持胸式呼吸；做吊环上的十字悬垂就不一样了，为了保持胸大肌发挥最大的力量，胸廓一定要十分稳定才行，因此做这个动作只能进行腹式呼吸。举一反三，凡是要求胸廓稳定，胸部肌发挥最大力量的动作时，胸式呼吸就会减弱或停止，只进行腹式呼吸；凡是要求腹肌作强烈收缩的动作，只能进行胸式呼吸，而腹式呼吸就暂时停止。练习体操时往往一套动作中既有腹肌

强烈收缩的动作（在悬垂或支撑中身体成直角或锐角），又有胸部肌肉发挥最大力量的动作（如十字悬垂等），甚至刚作完这个动作后，接着就作另一个动作，这就要求呼吸型式的转换要十分迅速和及时。许多初学者常常不知道如何正确地呼吸，在作上述动作时干脆屏息（不呼吸），增加了氧债，致使练习不能持久，下器械后气喘吁吁。所以教会初学者如何正确地转换呼吸型式是十分重要的。

在各种徒手体操（广播体操、生产操等）和器械体操时发现，某些身体伸展和两臂外展，上举的动作有益于吸气，而某些身体屈曲两臂内收，下放的动作有益于呼气。假如在编制一套体操时不注意这个特点，把几个伸展性动作，或是把几个屈曲性动作安排在一起，就会破坏呼吸的正常节奏。

呼吸的不同时期所发挥出的力量大小也有不同。有人研究游泳时划水的力量，吸气时最小是26公斤，呼气时29公斤，憋气时最大有30.4公斤。还有人做过一个有趣的实验，让举重运动员推举最大重量时，运动员必须憋气才能举起这个重量，如果不憋气，便举不起这个重量。用背力计或握力计实验得到的材料也证明吸气时力量最小，呼气时次之，憋气时力量最大。

憋气是在尽力吸气后关闭声门，然后再作用力呼气的动作企图将气呼出。在许多运动项目中都伴有憋气，这有助动作的顺利完成。如举重提起杠铃和将杠铃举过头顶的动作，掷铅球的最后用力的动作，排球扣球，爬绳等动作都伴有憋气。为什么憋气时力量大呢？因为憋气时胸廓和骨盆得到固定，为上下肢肌肉活动创造了稳固的支撑点，所以能增大肢体的力量。另外，由于憋气时呼吸中枢强烈兴奋能影响到运动中枢，使支配肌肉的神经元兴奋提高，从而增加肌肉的力量。

但憋气时间如果长了，由于胸内压、腹内压显著增高挤压肺部毛细血管及腔静脉，致使血液循环暂时发生困难，出现脑贫血甚至晕倒。在憋气后也会因为暂时阻滞的血管突然开放，回心血量突然增多，造成血压一时性地突然升高。少年儿童因心脏尚未发育完善，老年血管硬化患者都不宜做带有憋气的练习，以免影响健康及发生事故。

肺容量、肺活量及肺通气量。

你知道一个中等身材男子的肺能容纳多少气量吗？有人也许会说“容易，我们只要深吸一口气，然后再作深呼气，把气尽量呼出一个肺量计内量一量就知道了”。初看上去象是对的，而实际上不对，因为除了上述呼吸过程中能动用的气量之外，体内还有一部分气体残存在肺内永远也无法呼出。这部分残存在肺内的气量叫做残气（或余气）一般人的残气量为1500毫升左右；深吸气后再尽量呼出的气量叫肺活量。肺活量与残气之和才是肺的总容量。

肺活量是检查一个人呼吸功能好坏的常用指标。肺活量的大小与性别、年龄、身高、胸围、健康状况和体育锻炼有关。成年男子大约有3500~4000毫升；成年女子约有2500~3000毫升。儿童的肺活量较小，随着胸廓和肺的发育而逐渐增大。经常锻炼的人因为呼吸肌经过锻炼，所以比一般人肺活量要大，许多人都在5000毫升左右，优秀的游泳运动员有的竟达7000毫升。个子高大，胸廓发育宽阔的人也要比身体瘦小，胸廓狭窄人的肺活量大些。（表）

肺活量的大小主要决定于呼吸肌的力量和胸廓扩张的范围。在安静时呼吸比较表

不同专项运动员的肺活量

运动项目	普通人	举重	体操	长跑	划船	游泳	篮球	水球
肺活量 (毫升)	3650	3700	4000	4151	4420	4475	4736	4978

浅；而运动时，呼吸深度和呼吸次数都剧烈增加。这时，就要求呼吸肌加强活动，加大胸廓扩张。这样持久的锻炼就能增强呼吸肌的力量，扩大胸廓的活动范围，所以肺活量也增大了。参加任何体育活动，都能增大肺活量。但是由于运动项目不同，对呼吸器官影响的程度也不一样，如游泳、划船对呼吸器官的影响较大，相反举重等对呼吸器官的影响就较小。

肺通气量又是怎么回事呢？空气经过呼吸道进入肺泡，我们把气体进出肺的过程就叫做肺通气。每分钟吸进或呼出的气量，叫做每分钟肺通气量。肺通气量的大小，等于每分钟呼吸次数与呼吸深度的乘积；呼吸次数和呼吸深度增加时，肺通气量必然加大。

一般，成年人安静时每分钟通气量为4~7升，运动时肺通气量可以达到100~110升，女子是80升左右。有良好训练的运动员可达160~180升。

运动时如何正确地呼吸

人在运动时，由于物质代谢增强，氧气的需要大大增加，运动的强度愈大氧气的需要量也相应加大，为了适应这种情况，就需要加快呼吸频率（每分钟的呼吸次数）和增加呼吸深度。

但是，呼吸频率的加快应该是适当的，一般最有效的频率是每分钟35~40次。如果呼吸过于频繁，反而使呼吸变浅，降低了换气效率。

什么叫“换气效率”呢？肺的换气效率是指吸入肺的新鲜（含氧多的）空气与肺内陈旧（含氧少的而含二氧化碳多的）空气之比，比值愈大，肺换气效率愈高。

假如安静状态平和呼吸时，每次吸入的气量为450毫升，但只有约300毫升新鲜空气进入肺泡参加气体交换。这是为什么呢？

原来这和“无效腔”有密切的关系。我们上面讲过气体交换仅在肺泡中进行，呼吸道中气体不参加气体交换，因此把呼吸道叫做无效腔，无效腔中容纳的气量为150毫升左右。当吸进450毫升新鲜空气中，将有150毫升新鲜空气滞留在无效腔内不能进入肺泡参加气体交换。呼吸愈变浅则无效腔所占的比例愈大。

除了无效腔影响肺的换气效率之外，肺内没有呼出的残余气量也影响换气效率。

上面讲过的肺活量实际上是由补吸气、潮气及补呼气（参见图）组成的。安静状态下补呼气（约1000毫升左右）与残气（1500毫升左右）之和称为功能残气，（约2500毫升左右）在加强呼气时功能残气会随着呼气深度而变小，补呼气的气量完安呼出后，功能残气中就只剩下残气的气量了。

例如一个人的无效腔气量为150毫升，补吸气为1800毫升，补呼气为1200毫升，残气为1600毫升的话，那么他的安静状态的换气效率是：

$$(500 - 150) / (1600 + 1200) = \frac{1}{8}$$

假如加深吸气，完全动用补吸气量时的换气效率是：

$$(500 + 1800 - 150) / (1600 + 1200) = 1 / 1.3$$

假如增加呼气，完全动用补呼气量时：

$$(500 + 1200 - 150) / 1600 = 1$$

最大呼气后再最大吸气时：

$$(500 + 1800 + 1200 - 150) / 1600 = 2 / 1$$

从上述的计算可以得出下列的看法：第一、假如呼吸频率过高，呼吸就会表浅，换气效果不良。第二、加大呼吸深度，可以改善换气效果。特别注意加深呼气时，换气效果就会更好。

有些教练同志利用这一知识，注意教会他的学生在中长跑训练中注意加深呼气，运动成绩迅速提高。例如某运动员原跑400米需时51秒3，呼吸训练后提高为49秒9；另一运动员1500米成绩为4分15秒，呼吸训练后提高为4分6秒2。充分表明运动时正确地进行呼吸对提高运动成绩的作用。

运动时用鼻呼吸好呢，还是用嘴呼吸好呢？这是另外一个问题。

从卫生学的角度看，吸进的空气经过鼻腔的过滤，可以提高温度并使空气变得清洁和湿润。但是进行比较剧烈的运动时，用鼻呼吸的话，吸进的气量就远远不足以适应运动时的需要。

有人做过这样的研究，将肺活量差不多的两组人（肺活量都在4600~5310毫升范围内），一组用口呼吸，一组用鼻呼吸，然后测完他们在运动时的肺最大通气量。结果用口呼吸的人最大通气量每分钟达到187.4升，而用鼻呼吸的只有83.0升，也就是说用鼻呼吸的通气量只达到用口呼吸的44%。可见，在运动时为了吸进更多的空气，是应该用口呼吸的。

冷天运动时，为了避免外界冷空气直接刺激咽喉、气管而引起粘膜发炎，造成嗓子痛、咳嗽等，在用口呼吸时，最好使空气从齿缝吸入。再有，要避免在尘土飞扬和空气污染的场所进行运动，以保持呼吸器官的健康。

第三讲 锻炼前要做准备活动

喜欢看比赛的同志是否注意到这样一个事实？运动员在比赛之前总要慢跑上几圈，做几节徒手操。然后，假如是赛排球就练练传球、托球、扣球、发球和战术配合等，若是篮球就练习各种姿势的投篮和“斗牛”（半场的篮球赛）。内行同志看了也许会问：“运动员为了打好这场比赛正在认真地在做准备活动。”

为什么运动前要做准备活动？要解答这个问题还得从头谈起。

进入工作状态

人体的工作能力也表现得有惰性”，比如刚刚拿起书本学习心还专不下来，总要呆上几分钟，有时甚至十几分钟，精神才能完全投入书本里。体力工作也是这样，如包糖纸的劳动，开始上班时效率不是最高的，一定时间以后才达到最高水平。体育运动也逃脱不了这个规律，跑百米要跑到40~50米时速度才达到最快，篮球比赛要在10分钟后双方的投篮命中率才达最高水平。

为什么不能一下子工作能力就升到最高水平呢？有些项目象跑百米是由于物理惰性的原故，象时间长些的运动项目主要是生理惰性的影响。象动作比较复杂，各肌肉（或肌群）间需要密切配合的运动，支配完成这些动作的神经系统有关中枢的“协调”也需一段时间才能十分“顺利”。如投篮就是这样，眼、手的协调要练上几回才能得心应手。与调节躯体运动的神经相比，调节内脏器官活动的神经，它的机能惰性更大

我们知道，直接使身体产生运动的器官是肌肉，它是受运动神经支配的，兴奋从大脑皮层直接传至脊髓，再由脊髓发出神经纤维支配肌肉。而内脏器官（如心脏、血管、肺、肾等）是受植物性神经系统支配的，兴奋由大脑皮层传出后，需要经过皮层下中枢，几经周折，最后才达到所支配的内脏器官，再加上植物性神经系统传递兴奋的速度比运动神经慢得多，这就决定了在需要迅速提高其机能时，内脏器官就表现出更大的惰性。

在进行剧烈运动或比赛时，运动器官能较快地从安静状态过渡到激烈的运动状态。这时人体能量消耗骤然增加，对氧及其它营养物质的需要量也突然增加了，代谢产生的废物也需要及时排除，这就要求心脏等内脏器官加倍或加几倍地工作来满足运动时的需要。但是，由于内脏机能惰性较大，在运动一开始，运动机能和内脏机能之间就出现了不适应的矛盾。只有内脏的机能惰性逐渐得到克服以后，人体的运动能力才能得到充分发挥。

我们运动生理学中就把人体逐渐克服上述各种惰性，直到工作能力达到最高水平的这段时间叫做“进入工作状态”。进入工作状态的早晚快慢会显著影响运动成绩的。所以能否找到一些措施来缩短进入工作状态的时间，是运动生理学中至今仍在摸索的一个课题。

准备活动的作用

准备活动是指在训练或比赛前，为正式运动作准备，所进行的各种身体练习。

准备活动的历史并不太悠久，第二次世界大战之后，社会上对准备活动还是很陌生的。例如：1946年苏足球队访英，苏联报刊报导“外国队对我国的白费精力的活动感到惊奇。”，英国报刊报导：“准备活动后，使运动员在比赛开始之后立刻发挥很大的速度，并以迅雷不及掩耳之势压倒对方”。实际上，这是准备活动的初露锋芒，距今不过才三十多年。

做准备活动到底有什么好处呢？

使体温升高这是第一个好处。英文“准备活动”一词是“Warm-up”，意思是使身体暖和起来的意思，反映出来人们很早就认识到准备活动的第一个作用。

做准备活动时（如慢跑、体操等）肌肉频繁地收缩，就促使物质代谢水平提高，体温上升。体温增高对人体许多方面的机能都有好处：

首先体温升高可以进一步使物质代谢过程增速。我们知道人体的物质代谢过程实际上都是化学反应，例如前面讲过的肌糖元的氧化分解等等。化学反应的快慢是受温度影响的，周围的温度愈高，化学反应进行得也愈快。同样的道理血红蛋白在流经组织细胞附近时能积放出更多的氧来。神经和肌肉细胞产生兴奋的过程也同样涉及一些化学反应，因此体温升高能普遍提高神经、肌肉等组织的兴奋性。

另外，肌肉中温度升高使局部血管扩张，局部血液循环更加通畅，体温升高还可使肌肉的粘滞性下降，提高了肌肉收缩和放松的速度；肌腱、韧带等的伸展性和弹性由于温度升高也随之增大。肌肉粘滞性下降、肌腱韧带等组织弹性及伸展性增加对于预防运动损伤有很大的益处。

可见体温升高有很多好处，国外有些学者过分强调这一作用，认为准备活动的目的就在于提高体温。因而提出采用热浴、红外线、微波等物理方法代替准备活动。例如有人证实洗15~18分钟热水浴400米自由泳成绩提高2.1%，200蛙泳提高3.9%。

但是准备活动除体温升高的作用外，还有其他一些作用，那是采用热浴等办法所做不到的。请看下面一个实验。

表一 蒸气浴及准备活动对 400 米跑成绩的影响

姓名	准备活动前		蒸气浴后		准备活动后	
	体温	成绩	体温	成绩	体温	成绩
GB	37.3°	59"2	38.3°	58"8	38.4°	56"2
PH	37.05°	57"2	38.0°	57"0	58.4°	55"4
OL	36.9°	54"0	37.4°	56"0	38.3°	52"2

从上表可见，洗过蒸气浴后确实能使体温与运动成绩都得到提高，但与做准备活动相比较，准备活动对提高运动成绩的作用更为显著。这就充分说明准备活动除了使体温升高（这一点和洗热浴效果相似）的作用外，必然还有其他重要的作用。

第二个好处是，准备活动可提高循环、呼吸等器官的机能水平，有利于克服内脏器官的机能惰性。有不少人研究作准备活动和不作准备活动从事同样的工作，他们的耗氧量、肺通气量、心率等各种生理反应是不一样的，做准备活动后上述生理变化较大，且更快达到机能最高水平。这是因为先作一些准备活动，通过肌肉运动来引起各机能中枢兴奋性提高，内脏器官的机能惰性于先有所克服，就可以为下面要进行的体力活动创造有利条件，而能更快地进入工作状态。

第三个好处是，复习技术动作。各种运动技术的掌握是按条件反射的机制形成的。条件反射是在大脑皮层中形成的暂时联系。因此，我们在进行正式锻炼或比赛之前，复习一下动作技术，再次加强这些神经联系，将有助于更好地完成技术动作。提高运动成绩。专门性准备活动的这方面作用就更为突出。

另外，通过准备活动的强度、时间的变化，还可以调整赛前的过分紧张，有利于提高运动成绩。后面谈到的几方面作用都是热浴等方法所缺乏的。

怎样做准备活动？

准备活动做什么内容很重要。一般说来准备活动应该包括两部分内容：一般性准备活动和专门性准备活动。象慢跑几圈，做徒手操或行进间操等，就属于一般性准备活动。主要使全身体温升高，从而普遍地使神经、肌肉组织的兴奋性增高；内脏器官机能水平上升（如心率加速、血压升高、呼吸加快加强等）而引起缩短进入工作状态的作

用；并达到“活动开”关节、肌肉的作用可预防运动损伤。专门性准备活动的内容要针对即将进行的练习或比赛项目的特点进行安排。通常所选练习的动作形式，动作的频率和节奏，运动的强度（速度、重量）等与正式练习或比赛非常接近。例如为短跑训练或比赛安排的专门性准备活动，应包括几次起跑的练习，几次途中跑练习和冲刺练习，跑的速度循序渐进，一次比一次稍快，最后接近最快速度，跑的距离可以短些。又如篮球比赛前作一些投篮、传球、接球、运球等练习，正式比赛时情况就会和不做准备活动的完全两样。我国有人研究过准备活动对投篮命中率的影响。假如只作一般性准备活动，投篮命中率比不做准备活动增加37%，作了专门性准备活动命中率就增加53%，非常明显。

做准备活动一定要有针对性，要根据即将进行的练习或比赛来安排内容，绝对不可千篇一律。

准备活动的量多大才合适呢？

这要根据运动项目的特点，个人的身体特点，气候情况等的不同来具体安排。一般准备活动的运动量应不使运动员疲劳；而又能充分起到准备活动要起的作用。一般认为可进行20~25分钟，气候寒冷时可稍稍长些，做到微微出汗为止。冷天做准备活动时为了使体温较快地上升可穿着绒衣做。天气暖及时可少着衣物以免妨碍动作，但准备活动后应立即穿上运动服，以保持体温。

准备活动后应稍事休息，再参加正式比赛或训练。休息时间不宜过长，以免身体冷却或准备活动的其他作用消失。

第四讲 做好整理活动

所谓整理活动，是指在进行体育锻炼和比赛之后，所做的一些小运动量的放松练习以及运动后的按摩等。整理活动的作用是使人体机能得到更好的恢复。人体的机能从安静状态到工作状态，需要有一个过程，从工作状态恢复到安静状态同样也需要有一个过程。这个过程的变化是渐渐的，不可能突然发动，突然恢复。激烈运动后，立即静止休息、静卧、静坐，强使各种机能迅速恢复，其效果不好。在这种机能恢复阶段内，做适当的整理活动，对机能恢复，消除疲劳，都有积极的作用。很早以前就有人证明，疲劳之后完全静止休息，不如改变活动方式进行积极休息的效果明显。由此可见，在激烈运动之后，应当安排适当的整理活动。

整理活动的强度和量都不应太大，要尽量选择一些使工作的肌群放松的练习。例如，激烈的赛跑之后，逐渐转为慢跑和走，同时进行深呼吸，腿部屈伸放松摆动等。进行负重练习后，可以安排轻跳、慢跑等放松肌肉的练习。此外，整理活动还可以选择使肌肉被动拉长的动作，以及进行一些按摩，如叩打、抖动等。

整理活动有以下几点积极作用：

1. 紧张的肌肉运动，特别是力量练习之后，由于疲劳，肌肉往往不易放松。如果完全静止休息，会使得肌肉僵硬。在运动之后做一些放松动作或肌肉被动拉长，可以使肌肉充分放松，有助于消除疲劳。

2. 紧张的肌肉运动之后，机体欠下程度不同的“氧债”，体内积累了一些新陈代谢过程中所产生的二氧化碳。在整理活动中做一些深呼吸运动，可以使二氧化碳呼出，并能吸进大量氧气，保证人体的需要。

3. 激烈运动后，突然停下来休息不动，血液集中在下肢扩张的血管内，使回心血量减少，血压降低，可能造成大脑一时性缺血，轻者头晕，重者发生重力性休克。为了避免这种情况，采取慢跑和走的整理活动，可以促进下肢的血液回心。

4. 激烈运动之后，做一些放松的整理活动，变更一下运动方式，是消除疲劳的一种积极措施，有利于运动后从事其他工作和学习。

第五讲 运动技能的形成

运动技能是人在运动中，掌握和有效地完成专门动作的能力。人体的运动器官系统包括骨、骨连结（关节）和肌肉，完成运动技能时，表现出的动作是以骨为杠杆、以关节为轴，以肌肉收缩为动力，运动器官的共同活动。不过，在高等动物，如果把神经系统破坏了，即使运动器官完整无缺，也将失去其运动的能力。由此可见，肌肉的活动是受神经系统支配的。支配某些肌肉的神经中枢兴奋时，兴奋冲动沿着神经纤维，传到肌肉才能引起它的收缩，中枢抑制时，它所控制的肌肉就舒张。

初生婴儿既不会站立，又不能行走，只能做一些简单的运动，在生活过程中不断地学习和掌握各种动作，并逐渐地发展、扩大。当我们看到优秀运动员所完成的各种复杂、精确、优美的动作时，连想到初生婴儿的动作，自然得出一个结论——人的运动技能是后天获得的，是在生活和训练过程中逐渐形成和发展起来的。

（一）高级神经活动概述

运动器官系统的活动是神经系统活动的外在表现，所以在分析运动技能形成的生理机制之前，应对神经系统的机能，特别是高级神经活动的特点有个概括的了解。

神经系统包括中枢神经系统和周围神经系统。中枢神经系统位于脊髓腔和颅腔内，包括脊髓、延髓、脑桥、中脑、小脑、间脑和大脑等。中枢神经系统的灰质是各种神经中枢集中的地方，白质是各种传入神经和传出神经通过的地方。周围神经系统是传入神经、传出神经组成的，它是中枢神经系统同感受器、效应器的联系通路。

神经系统控制着人体各器官、系统的活动，从而使机体成为一个完整的统一体，并与外界保持紧密的联系和相互平衡。这些机能联系是靠反射机制完成的。

反射是机体在中枢神经系统调节下对内外环境刺激所实现的回答性反应。每一个反射活动都是通过神经系统一定结构的实现。参与反射的全部结构，称反射弧。反射弧包括感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维及效应器。感受器接受内外环境的各种刺激，并将刺激的信息转化为神经兴奋，如视觉、听觉、皮肤感觉、肌肉关节等处的本位感受器等。感受器的兴奋沿着传入神经传到中枢，中枢的兴奋经传出神经作用于效应器（如肌肉、腺体等），引起效应器的反应。

反射可以分成两大类——非条件反射和条件反射。非条件反射是先天的反射，例如防御反射、食物性反射、肌紧张反射、简单的姿势反射等。这种反射是低级形式的反射

活动。条件反射是大脑皮质的基本活动方式，是后天获得的反射。例如，动物吃食物时引起唾液分泌，这是非条件反射，食物作为非条件刺激，刺激口腔粘膜的感受器反射性的引起效应器（唾液腺）的活动。若在吃食之前先给一种铃声刺激（条件刺激），然后给动物吃食，经多次结合（称强化），即可形成条件反射，只要铃声一响，动物就开始分泌唾液，这时铃声已经变成食物的信号，它能引起同食物一样的反应。要想迅速地建立条件反射，条件刺激应在非条件刺激之前不久出现；大脑皮质应处于良好的兴奋状态，不应有其他无关刺激的干扰；还要注意条件刺激及非条件刺激的强度和性质。

非条件反射的反射弧是固定的联系，因此，这种反射活动表现的比较恒定。条件反射的反射弧比较复杂，是一种暂时性联系。非条件刺激在大脑皮质中存在一个中枢，条件刺激在大脑皮质中有另一个中枢，两个中枢之间本无机能联系。但在建立条件反射过程中，经多次结合两者之间的联系被开通了。这时只要给予条件刺激，其中枢兴奋后即沿着此暂时性联系引起非条件刺激中枢的兴奋，从而引起唾液分泌。

建立条件反射后，不管什么原因只要条件刺激失去了信号意义，不代表非条件刺激时，在大脑皮质的相应中枢就不再引起兴奋，而引起的是抑制过程，这时效应器表现出活动的减弱或停止，这类抑制过程称条件性抑制。例如，用铃声和食物建立条件反射后，只给铃声不再用食物强化，多次重复，结果再给铃声刺激时，在大脑皮质引起的抑制过程，所以就不能再引起唾液分泌，即条件反射被消退了，这种抑制过程称为消退抑制。若用铃声建立条件反射时，对同铃声相近的刺激不予强化，在开始同样能引起唾液分泌，久之只能对铃声刺激产生唾液分泌，而对相近的刺激不再产生阳性反应（唾液分泌）。就是说条件刺激引起大脑皮质相应中枢的兴奋，而与之相近的刺激，由于久不强化，则引起中枢的是抑制过程，这种抑制称分化抑制。此外，条件性抑制还有延缓抑制和条件抑制等。条件刺激成为非条件刺激的信号，引起大脑皮质中枢兴奋，产生阳性反应，称为阳性条件反射。条件刺激失去了信号意义，在大脑皮质相应中枢引起抑制过程，产生阴性反应，称为阴性条件反射。

阳性条件反射或阴性条件反射在大脑皮质中引起的兴奋或抑制过程并不只停留在原发点，而能向周围的中枢扩散，引起这些部位的兴奋或抑制。例如，练习举重的初期，由于兴奋在中枢扩散，使不该兴奋的中枢也产生了兴奋，因而不该参加活动的肌肉也参加了活动，这就是兴奋扩散的结果。当某些刺激引起大脑皮质某些中枢产生抑制，可以扩散到广泛的部位引起睡眠，这就是抑制过程扩散的表现。兴奋和抑制扩散后还能向原发点集中，称为兴奋或抑制的集中。

有机体生存的环境是非常复杂多变的，一瞬间都有各种各样的刺激作用于机体，通过大脑皮质的分析机能和综合机能，最后产生统一的反应。如果不同的刺激，按一定顺序、一定时间间隔作用于机体，形成一套条件反射，其中有的是阳性的，有的是阴性的，有的反应强，有的反应弱。假如每次都按此顺序进行实验，结果这些条件反射就不是互相无关的了，而形成了一个条件反射的系统，前一个条件反射反应后，即作好进行下一个反射的准备。这种条件反射系统称为动力定型。动力定型活动节省神经能量，改变动力定型时大脑皮质将产生较大的负担。

人类高级神经活动除了与高等动物有相同的规律外，还有其独特的特点。在社会实

践中，人类形成了语言、文字、思维，因此人类的高级神经活动更为复杂。

如前所述，条件反射是信号活动。条件刺激是非条件刺激的信号，能引起同非条件刺激同样的反应。如用铃声与食物多次结合，形成条件反射后，只用铃声刺激即可引起与食物刺激同样反应，出现唾液分泌。在人类，形成这种条件反射后，不单对铃声产生唾液分泌，用“铃”一词也能引起唾液分泌。“铃”一词已成为具体铃声的信号，产生与铃声同样的作用，可见“铃”一词是具体铃声的信号，称为第二信号。参与语言、文字、思维活动的大脑皮质代表区称为第二信号系统。第二信号系统的活动是人类高级神经活动独有的特点，使人类借以进行各种经验的广泛交流。

(二) 运动技能的条件反射本质

如前所述，人类的运动技能是后天形成的，后天形成的反射是条件反射。有人在狗身上做过实验，证明大脑皮质的存在是形成动作技能的必要条件。若截去狗的两肢，狗不能用残存的两肢走或跑，经过20—30天后即可学会用两肢走跑。若在截肢前先切除大脑皮质相应的代表区，2—3年后仍不能学会用残存的两肢体走动。

初生婴儿有一些简单的非条件反射，如食物反射、防御性反射，以后在这些非条件反射的基础上，通过视觉、听觉、触觉和本体感觉的刺激同非条件反射经常结合，逐渐形成简单的运动条件反射。当在成人帮助下，做出某些动作时，肌肉本体感受器产生的肌肉感觉，得到强化，即可形成新的运动条件反射。此后，随年龄的增长，幼儿能在旧的简单运动条件反射基础上形成更复杂的条件反射。

形成运动技能条件反射时，学生通过教师的讲解、示范，学生对新动作产生了印象，然后学生在原有技能的基础上，做出模仿动作，这时产生完成新动作的本体感觉，教师可以用第二信号系统所特有的刺激——语言强化正确动作的肌肉感觉，消退错误动作的本体感觉，从而使学生获得新的运动技能，即形成新的运动条件反射。

(三) 运动技能动力定型学说

运动技能的本质是条件反射，但不是简单的条件反射，而是由很多条件反射，按一定顺序、一定时间间隔，形成的条件反射系统，即动力定型。

运动技能动力定型是复杂的、链锁的、本体感受性的运动条件反射。所谓复杂，表现在形成运动技能时，通过教师的讲解、示范等刺激，使很多感受器产生相应的反应，在两信号系统共同作用下，学生产生对动作的印象使在进行模仿练习时产生大量本体感觉，通过语言刺激加以强化。运动技能动力定型的复杂性还表现在它是由很多条件反射组成的系统，其中有阳性条件反射，也有阴性条件反射，表现为相应的肌肉群收缩，另一些肌群舒张。与此同时，还调节着内脏器官的活动，使之适应于运动的需要。

所谓运动技能动力定型的链锁性，表现为运动技能是由一系列的单个动作有规律地组合成的。彼此之间有严格的顺序和严格的时间间隔，前一动作结束时所产生的本体感觉就是引起后一个动作的刺激，彼此相连犹如锁链一般。

所谓本体感受性的，是指本体感受是形成运动技能的关键，只有当模仿练习产生正确的肌肉感觉得到了强化，才能真正的形成运动动力定型。

(四) 形成运动技能动力定型的阶段性

运动技能的形成不是一蹴即成的，而是逐渐的、有阶段性的，总是有从不完全正确

到逐渐精确的过程。这种阶段性概括起来可分为三个阶段。

泛化阶段：这个阶段是在运动技能形成的初期，还没有很好地建立起动力定型，表现出不够精确，有多余的动作，动作不连贯、节奏不清，完成动作后自己不能用语言描述。出现这种情况的原因是运动条件反射尚未建立起来，出现兴奋扩散，所以不该收缩的肌肉参加了收缩。有时出现不应放松的肌肉产生了舒张，这是抑制过程扩散的结果。

在泛化阶段中，教师应该抓住动作的主要环节和学生掌握动作中存在的主要问题进行教学，不应过多强调动作细节，而应以正确的示范和简练的讲解帮助学生掌握动作。

分化阶段：在不断的练习后，学生对所学的动作有了初步的理解，多余的动作逐渐消除。但在这个阶段，若遇到新异刺激（如参加比赛），原来的多余动作又会重新出现。分化阶段动力定型基本形成但并未巩固，兴奋逐渐集中，分化抑制得到了发展。在这个阶段中，教师应特别注意纠正错误动作，让学生体会动作细节，促进分化抑制进一步发展，使动作日趋准确。

巩固阶段：表现出动作准确、协调、连贯、优美、轻松，完成动作时某些环节是自动化的，即完成这些动作环节不必有意识地控制，而是无意识的。巩固阶段是建立了巩固的运动技能动力定型，大脑皮质的兴奋和抑制过程在时间和空间上更加集中和精确。自动化的动作是由大脑皮质兴奋性较低的部位完成的。

运动技能形成的三个阶段之间并无明显的界限，各阶段的时间长短也不是一定的。训练水平高的人在学习新动作时，泛化阶段很短，对动作细节的分化能力强，形成运动技能快。运动新手则泛化阶段较长，分化能力较差，掌握动作较慢。动作越复杂，泛化过程就越明显，分化的难度就越大，形成运动技能所需要的时间就越长。

（五）促进运动技能形成的方法

1. 保持大脑皮质的适宜兴奋状态：大脑皮质的适宜兴奋状态，是建立条件反射的前提，大脑皮质兴奋性过高过低对建立条件反射都不利。为此，在学习运动技能时，应注意启发学生的学习自觉性，教师的讲解要精练、清楚，示范要正确。

2. 充分利用各种感觉机能之间的相互作用：

形成运动技能动力定型时，多种感觉机能与本体感受器在大脑皮质的代表区建立暂时联系。而本体感觉在形成运动技能时具有特殊意义。在教学和训练中，应充分利用视觉、听觉及其他感觉强化完成模仿练习时所产生的本体感觉。例如，练习体操、武术、举重时看着镜子做动作，就可以用视觉强化本体感觉。游泳时可以利用限制圈限制动作的幅度，使触觉强化本体感觉。

3. 充分利用两信号系统的相互作用：在形成运动动力定型时，要注意发挥语言的强化作用。如在学生的动作做得正确时，教师可以用“正确”、“好”等语言强化这时的肌肉感觉。

在练习时还要利用“想功”促进运动技能的形成。实验证明，在练习之后让学生回忆动作的各个环节，能够加速动作的形成，比只练不想的效果良好。实践也证明想练结合是行之有效的办法

4. 消除防御性反射：难度较大的动作，往往由于过度紧张产生防御动作，而完不成正确的模仿练习，获得不了正确的本体感觉，影响运动技能的形成。在练习时加强保

护措施或降低动作的难度，如跳高练习中降低横竿的高度，有助于学生做出正确的模仿练习，使这时的本体感觉得到了强化，以便迅速形成运动动力定型。

5. 充分利用运动技能之间的相互影响：运动技能之间有一些是互相之间有良好的影响。原有的动作可以促进新动作的掌握，同时学习几个动作可以互相促进，新学的动作有助于原有动作的巩固。这种良好影响的原因是，这些动作的主要环节是相似的。在学习动作时，应当充分利用这种良好的影响，采用诱导练习，促进运动技能动力定型的迅速形成。

动作技能之间也有不良影响的现象，表现在原有动作影响新动作的形成，同时学习几个动作彼此之间互相影响，学习新动作影响原有动作的巩固。这种现象主要是因为这些动作中的主要环节是不同的，甚至是相矛盾的。在学习新动作时应当防止这种互相间的干扰。

第六讲 力量素质与力量训练

（一）力量在各项运动中的重要性

力量在各项运动中都是重要的素质，因为人体所有的运动几乎都是抗阻力而产生的。在体育运动中要抗更大的阻力，如投掷、跳跃、跑、游泳……等等。如果其他方面都相等，有较大的力量常能有较好的成绩。此外，它还是某种素质中的因素。如爆发力 = 力 × 速度，增加力量有助于爆发力的发展，力量也是耐力的因素，假设一个人搬一重物100次，如果他的力量增加50%搬动此物会较轻松，就能搬动100次以上。力量也有助于灵敏，因为力量可以对抗地心引力对体重的作用，而更快地操纵身体或身体某部。力量也是跑速、游速的重要因素，因为促使和保持人体的运动达到最高速度需要有力的力量，所以，各项运动都应重视力量训练。

（二）进行力量训练要有的放矢

一个好的医生，一方面要明确诊断出病人患的是什么病，以及病情是重还是轻，另一方面还要知道每种药及其不同剂量对病人的作用，才能作到因病而异，因人而异地对症下药。

体育教师和教练员安排力量练习时，从某个角度看来，也应该和医生一样做到有的放矢。要想做到这一点，第一，先分析一下运动员需要发展什么。即需要增加某些肌肉群的力量，是增大力量还是增强力量耐力等；第二，要对每种力量练习方法的作用，对力量训练中负重、速度、练习次数、训练年限、性别与年龄差异等因素的影响，都有较深入地了解。然后才能目的明确地选择适当的练习手段和方法。

例如体操运动员为了增强吊环上慢起手倒立的力量，选用了靠肋木倒立臂屈伸的练习，结果收效不大，这是因为这一练习主要发展的是力量耐力。若在做上述练习时加上负重（如砂袋等），或练习卧推等，肌肉力量可明显提高。在其他项目中也常出现盲目照搬不能有的放矢地安排力量训练的现象。下面打算和大家一齐复习有关力量训练的生理学知识，供各位同志在教学和训练工作中参考。

(三) 决定力量大小的生物学因素

1. 肌肉横断面增大(肌肉增粗)是由于肌纤维增粗造成的。包括肌蛋白质含量增加,肌毛细血管增多,肌结缔组织增厚,肌糖元增加,肌脂肪减少等。

2. 神经调节的改善(动员、协调)包括参加活动的肌纤维被动员的数量增多。训练水平低的肌肉只有60%肌纤维参加活动,而训练良好的肌肉参加活动的肌纤维可达90%〔(美)詹森及费希尔〕

也包括主动肌和协同肌、对抗肌、支持肌的相互协调。对抗肌通常放松较慢,因此是影响力量、速度的重要因素。

皮层兴奋过程的强度、灵活性改善。研究证明,用自己能力的20~80%从事肌肉活动时,力量的增加是靠新的运动单位参加;如果用自己最大力量的85~90%时,主要靠神经中枢对运动神经发放冲动的次数增加。灵活性即兴奋与抑制相互转换的速度与爆发力有密切关系。

3. 杠杆(骨)的机械效率(生物力学因素)——略

(四) 几种力量训练的方法

1. 动力性练习(等张性):逐步提高阻力(负荷),力量就可逐步增强。重复次数少而阻力大的练习,可很快提高力量。重复次数多而阻力中或小的练习可增大肌肉体积及肌肉耐力,训练初期也可增加力量。有人认为用3组4RM和8RM的方法力量增长最快(伯杰1960)。

2. 静力性练习(等长性):身体可保持某一特定位置,用最大收缩8~10秒,每天一到数次可很快增大力量。

不少人研究动静练习,现比较如下:

- 动力性训练能更快地发展动力性力量,静力性训练能迅速发展静力性力量。
- 动力性训练能更有效地发展肌肉横断面和其中的毛细血管。
- 动力性训练可使全动作范围的力量普遍得到发展;静力工作则需不断更换位置,但可专门发展某一位置(如屈膝135°)时的力量。
- 动力训练可使神经肌肉更协调(结合动作技能的巩固)
- 静力训练省时间,消耗较少的能量,较少间歇和很少的器械。

(苏)费林曾对60名少年(14~16岁)田径运动员作了实验研究,将少年运动员分为四组,第一组静力组(每组练习静止用力5",50~75%的力量)。第二组动力组、第三组动、静力练习各半及对照组。发现静力组力量有所增加,且速度及弹跳增加最大;动静力练习组居中;对照组最差。

3. 等动练习——利用等动练习器进行力量练习。等动练习器的结构是一个离心制动器上连一条尼龙绳。由于离心制动作用,扯动绳越快,阻力就越大,所以器械所产生的阻力总是和用力的大小相适应。我们知道,当人体任何一个关节活动时,在它整个活动范围内,肌肉所实现的力量并非一致的。如游泳划水动作,在划臂动作的前半,拉力是29.5公斤,中半是22.6公斤,后半又回升到32.6公斤。这说明当两臂通过胸前,提肘划水时因骨杠杆处于不利地位,使不上劲。力量最小。如果用动力性练习来发展划水力量,肌群在整个活动过程中所受到的阻力是恒定的,这样就不符合游泳运动的真实情

况。用等动练习器进行练习就符合运动实际的需要。

4. 超等长练习——肌肉的向心收缩如果紧接在同一肌肉的一个离心收缩（拉长或事先伸长）之后，会更有力。利用这种方式进行力量训练叫做“超等长练习”。体育运动不少动作发力时（跳跃和投掷都是这样进行的），因此在力量训练时就应结合动作发力特点去进行。

离心收缩后紧接着进行向心收缩就会发生更大力量的原因：1. 肌肉弹性体产生的张力变化；2. 肌牵张反射。当主动肌迅速拉长时张力增大，被拉长的越快，它所发挥的张力愈大。伸长的速度比伸长的大小更重要。

苏短跑运动员（1972年奥运会冠军）鲍尔佐夫就采用这种超等长练习（单腿跳和双腿跳30~100米）。跳跃运动员也常采用跳深练习，并有人认为这是发展弹跳力的最有效方法。

5. 电刺激法——将电极置肌肉的起止点，电流量以不感痛苦为宜，隔天一次，开始通电10秒，间歇50秒，做10分钟。40天为一疗程，14次肌力增加30~35%（男），25%（女）。经刺激后肌肉体积不明显增大，肌纤维虽增粗。但脂肪减少。

（五）发展力量的几个原则

1. 超负荷原则——只有阻力比平常大，而且逐渐增加，才能使力量增大。

2. 对准所需练习的肌肉——只有对准某肌肉群并施以阻力，肌肉群力量才能增强。所以要分析动作：找出需要发展的肌肉。例如排球上手传球主要肌群为屈指屈腕肌群；发球为肩带肌和躯干肌，扣球则为屈腕肌、肩带肌、躯干肌和腿部许多肌群有关。又如铁饼成绩与各肌群力量之相关为，肩带肌（ $r = 0.735$ 男），躯干肌（ $r = 0.629$ 男），腿肌（ $r = 0.680$ 男）。根据各肌群力量对铁饼成绩的相关密切程度提出力量练习的训练安排：男子肩带45%，下肢25%，躯干15%，其他为全面发展。

除了通过力量训练发展主要肌群力量的目的之外，还可有意识地去发展某一薄弱环节的力量，例如在排球防守中股二头肌等往往是薄弱的；在背越式跳高中对腰腹肌的力量要求很大而它们往往又是训练不足的。

3. 结合动作的特点选择力量练习，许多教练认为“设计力量练习时必须与动作相适应”。结合动作的特点主要从两方面结合，一是力量练习与正式动作在结构上极其相似，二是力量练习与正式动作的发力特点极其相似。最好所选择的练习能够同时解决两个任务，发展身体素质和改进技术。

如排球扣球的专门练习采用助跑，起跳，掷实心球（1.5公斤）结合左右手扣球进行，这样不仅能影响到必要的肌肉群，而且还培养运动员在动作最重要时刻集中用力的能力。其他项目如游泳中采用阻力板等，体操中吊环练习采用缓冲带等，都是尽量结合动作的特点。

为了增加对机体的刺激，有时也要采用较大重量的杠铃进行练习，在练习时应结合正式动作的发力特点进行练习，如静力训练可迅速发展静力力量，动力练习则对发展动力力量的效果好。如果发力开始就需爆发力的，练习力量时也应结合这一特点，在举起重量时尽快地完成练习，具有先拉长肌肉再收缩特点的运动项目，最好采用超等长练习。

用重器械（铅球）、阻力板（游泳）、或哑铃、壶铃等作模仿练习，最好和正式练习结合进行。否则长期练习会影响正式动作的速度与协调性。

（六）训练因素

1. 负重大小

一般说来，负重愈大，力量增长的效果愈好。（美）毛纳尔认为采用5RM的重量（能重复五次的重量）能使肌肉粗大，力量和速度得到发展，但不能提高耐力。适用于举重和投掷运动员，30RM的重量则可增多肌毛细血管和耐力，而对力量和速度提高不明显，适于中长跑运动员，介于其间的如6~10RM重量，使肌肉粗大，力量和速度也得到提高，但耐力不明显，适于百米跑、跳跃运动员；10~15RM的重量，肌肉增大不明显，但力量增加，速度和耐力也得到提高，对400米，800米跑运动员适合。

我们认为大的负重（所举重量的85%以上），因为每次举的重量重，要求神经系统机能极高故能显著增大力量；但每次举的次数少能量消耗少。且以无氧代谢供能为主，故对循环呼吸机能影响不大，且增大肌肉体积也不明显。而中小负重，由于负重较轻，举的次数就多，消耗的总能量也大。重复次数多则能有效地改进动作技能，增强肌肉物质供应，故也能发展力量，但更主要地是发展肌肉体积和肌肉耐力。

2. 速度快慢

进行力量练习时速度的快慢也是影响训练效果的因素。（英）萨蒙斯用埋藏微型电脉冲发生器刺激运动神经的实验方法，发现以快脉冲刺激肌肉，则肌肉由慢肌（红肌）变为快肌（白肌）；相反以慢脉冲刺激则快肌也会变为慢肌。因此训练时采用的速度是十分重要的。例如有人认为采用75%以上负重训练时，（由于重量大，举起的速度就会减慢）会发展静力力量。

一般负重大时完成的动作速度将减慢，较轻负重时，动作的速度较快。根据教练员的经验：具有速度性力量练习特点的运动项目，应多采用连续快速挺举等练习。重量可较轻，但速度要快。当然也不排斥进行大负重的力量练习，因为爆发力等于力量与速度的乘积，力量提高后爆发力必定也会增长。但在进行大负重练习时，主观上也要尽可能地地完成练习

3. 训练次数

有人研究每天训练一次和训练多次有同样效果。有人证明运动新手隔天训练一次效果比每天一次要好。

有人在研究训练次数和力量消退关系时发现：训练20周，每天练习，力量增长100%，以后完全不练，40周完全消退。若45周中每周只训练一次，虽然力量只增长70%，但70周尚未完全消退。表明力量急速地增加，消退也快；力量缓慢地增进时，力量保持时间也较长。

另外，实验证实力量增长后若每周训练一次，力量就能基本保持在原来增长后的水平。

4. 年龄性别

女子的力量平均是男子的2/3，但并非所有肌群都如此（参见表一）男女力量的区

别主要在于肌肉大小的差异。而其质量并无差异。

采用同样的训练方法，女子的收获较差（10岁以后），女子的力量和体积的增长都较男子慢。

表一 男女不同肌群力量的比较

肌 肉 群	女/男 %
1. 前臂屈、伸肌群	55%
2. 躯干屈、伸肌群，手指屈肌群，足伸肌群	60%
3. 小腿伸肌群，上臂伸肌群	65%
4. 屈臂屈肌群，手的伸肌屈肌群	75%
5. 大腿屈肌和伸肌群，小腿屈肌群	80%

男子在18岁前力量稳定和持续地增长，18~25岁增长变慢，25岁达最大力量，30岁以后逐渐下降。因此男子从成长到25岁，力量训练效果最大。女子在10岁前力量增长与男孩相同，以后女子力量增长速度变慢，但仍持续增长，20岁达最大力量，30岁后下降因此认为女子应在20岁前进行力量训练。但也有人认为男子在9~11、12岁，14~17岁时力量存有两个增长期。女子在来例假前力量增长快，以后增长缓慢。

第七讲 有氧耐力与无氧耐力

近年来世界上田径、游泳等项目的运动成绩突飞猛进，世界纪录不断刷新。出现这种情况的主要原因是训练方法得到改进。

我国上述项目的运动成绩距世界水平还有一定差距，必须努力在近几年中超过世界先进水平。为此，我们决不能盲目追随国外的“经验”，一定要科学地分析这些经验，有目的地吸收并创造出适合我国运动员特点的训练途径。

下面将从生理学角度来分析一下目前在国际体坛上甚为流行的有氧耐力与无氧耐力训练的有关问题。

（一）耐力的分类

耐力是指人体长时间进行工作的能力。耐力的分类及命名十分混乱。按运动时的外在表现可划分为速度耐力、力量耐力、静力耐力、一般耐力等；按照该项工作所影响的主要器官来划分，又可分为呼吸—循环系统耐力、肌肉耐力、全身耐力等；按照所参加运动的能量供应特点可分为有氧耐力和无氧耐力；此外还有根据工作时所处的环境来划分的，如高温工作的耐力、低温工作的耐力、低气压环境下工作的耐力等等。

（二）运动时能量的供应（复习）

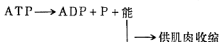
人体的运动是靠运动器官实现的。运动器官主要包括骨骼、关节和肌肉三部分。其中骨骼起杠杆的作用，关节是活动的枢纽，而联结于关节两端骨骼上的肌肉在神经冲动

影响下产生收缩，便是运动的动力来源。可见没有肌肉的收缩也就不会产生运动。

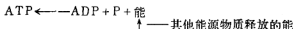
然后肌肉必须靠体内贮存的能源物质分解时所释放能量的推动才能收缩。换句话说，这里包括一个由化学能转化为机械能的过程，就象煤燃烧时所产生的能量开动火车是一样的。

肌肉收缩的能量供应是复杂的，下面做个简单的复习。

肌肉收缩的能量来源来自三磷酸腺苷（ATP）。三磷酸腺苷分解为二磷酸腺苷（ADP）和磷酸（P），并释放出能量，这部分能量直接供给肌肉收缩。

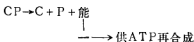


但是三磷酸腺苷在肌肉中贮存极少，如大腿每公斤肌肉中只有4—5毫克，全部消耗之后，只能供给大约0.06秒的肌肉收缩。我们通常从事的体育运动时间远远地超过这短短的一瞬，因此肌肉中分解掉的三磷酸腺苷必然通过其它的能源物质分解时所提供的能量迅速使之重新合成，重新合成的三磷酸腺苷又可供下一次肌肉收缩时使用。三磷酸腺苷分解与再合成的反应，保证肌肉能够进行长时间收缩。



磷酸肌磷（CP）是肌肉中具有的一种能源物质，它可以分解为磷酸（P）和肌酸（C），同时释放出能量。所放出的能量可供三磷酸腺苷的再合成。

磷酸肌磷在肌肉中贮存数量也不多，约可供5—7千卡的能，在跑100米的前半段4—5秒时就会消耗完毕。因为它比其他间接能源（并非直接供给肌肉收缩，而只是供给直接能源三磷酸腺苷再合成的能源叫做间接能源，如糖元、脂肪等）动员得快，所以在运动时首先消耗的是磷酸肌酸。有人比喻这种能源物质的作用好似汽车中的蓄电池，在运动开始的头几秒钟靠它起动，以后其他供三磷酸腺苷再合成的能源物质才被动用。ATP及CP这种靠将磷酸分解出来而供能的方式称为“磷酸化”供能。



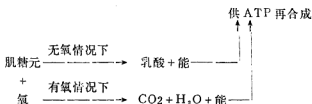
肌糖元是肌肉中一种主要的供能物质。在人体中约有200克肌糖元，另有100克肝糖元。肝糖元可以转变为葡萄糖进入血液再经血液运至肌肉做为能量来源或转变为肌糖元贮存起来。有训练的运动员贮存在肌肉与肝脏中的糖元数量都增加，总共可达500克，完全氧化可产生2000千卡能量。

肌糖元在肌肉收缩时有两种供能的方式：

一种是“无氧酵解”，即当氧供应不足时（如强度很大的运动或屏息跑、游泳时），肌糖元分解为乳酸并同时放出能量，这能量也可供三磷酸腺苷的再合成。

另外一种供能方式是“有氧氧化”供能。当氧气供应充分时（如强度较小的运动或运动后恢复期），肌糖元与氧化合并分解为许多分子的二氧化碳（CO₂）和水（H₂O）及大量的能。肌糖元有氧分解供能的方式是最经济的，释放出的能量比无氧酵解时要多19倍。除肌糖元外，由血液运来的葡萄糖、脂肪也可进行氧化分解供能。所释放的能都可供三磷酸腺苷的再合成。

无氧酵解过程中，虽然肌糖元含量是丰富的，但因为产生大量乳酸堆集在肌肉里，而影响反应的继续进行，使肌肉收缩不得不停止。所以强度很大的运动，运动时间是不持久的。相反强度小的运动，氧供应充足，可进行有氧供能，时间就持久。



在强度大的运动中（如5000米跑），该运动所需的氧不能得到全部保证，即运动时吸进的氧（吸氧量）不能满足需氧量，这时肌肉运动所消耗的能有相当多的部分是要靠磷酸肌酸分解和肌糖元的无氧酵解产生的能来供给。在运动过程中肌肉内磷酸肌酸及肌糖元都有大量的消耗，肌糖元无氧酵解的产物——乳酸也有大量的堆积。运动后磷酸肌酸的复原及乳酸的消除都要依靠恢复时期所吸收的大量氧气，使肌糖元及乳酸等继续进行有氧氧化，利用所释放出的能来使磷酸肌酸及肌糖元再合成（大约1/5乳酸氧化出来的能可供4/5乳酸合成为肝糖元）。

（三）各种跑时的能量供应特点

在30—60米疾跑时体内能量供应靠ATP、CP保证，运动训练能提高ATP供能和恢复的速度，同时也增加CP的含量所以当运动员速度素质提高以后，跑30—60米时乳酸会相对减少。

超过60米，又是400米以内的各种短跑，开始是由ATP、CP给能。以后由于时间较长及运动强度很大（氧供应不足），能量大部分依赖肌糖元无氧分解提供，所以跑后乳酸增多。

表一 各种跑时的氧债与吸氧量的比较

项 目	需氧量 (升)	氧 债		吸 氧 量	
		量 (升)	%	量 (升)	%
100	9.76	9.2	94	0.56	6
400	16	14	87.5	2	12.5
800	21	13	61.9	6	38.1
1500	27	13	48.1	14	51.9
5000	65	12	18.5	53	81.5
10000	125	12	9.6	113	90.4
马 拉 松	600	10	1.7	590	98.3

长跑时身体内氧供应比短跑时要充足得多，主要靠有氧分解供能（占全部供能的80—90%）所以长跑时乳酸含量减少。超长跑的氧供应能满足体内需求，故95—98%的能量来源于肌糖元、葡萄糖（由血液从肝脏处运来）及脂肪的有氧分解供能。

800—1500米的中跑其供能特点介于短跑和长跑之间即无氧分解及有氧分解供能都十分重要。

在运动生理实验中可测定各种跑的氧债及吸氧量（参看表一）。

运动生理学家和教练员就根据上述各种跑的不同供能特点，把耐力分为有氧耐力与无氧耐力；并提出要想发展相应的耐力必须进行相应的训练，即“有氧训练”与“无氧训练”。

（四）最大吸氧量（ $\dot{V}O_2 \max$ ）是有氧耐力的指标。

有氧训练主要是发展“供应细胞氧气的的能力”，这种耐力水平的高低可以最大吸氧量的大小反映出来。

最大吸氧量系指运动时每秒钟能够吸入并被身体利用的氧的最大数量。一般人最大吸氧量为2—3升/分，运动员可达4—6升/分。这一数值的高低取决于运动员的循环系统、呼吸系统的机能以及血液中血红蛋白的数量，肌肉的有氧代谢能力等因素。

据研究优秀的耐力性项目运动员的最大吸氧量较其他项目要高，平均男子为5.75升/分，女子为3.6升/分。例如肯尼亚运动员凯诺（5000米成绩13' 24.2"）的最大吸氧量为5.5升/分，美国的赖恩（1500米成绩3' 33" 1）为5.6升/分。

每个人的身材大小不一样，所以按每公斤体重计算出的最大吸氧量将更能反映运动员的有氧能力。例如日本优秀的马拉松运动员宇佐美，最大吸氧量只有4.9升/分，但若按每公斤体重计算出的最大吸氧量却达到83毫升/分·公斤的极高水平。

下面（表二）列举某些项目男子运动员的最大吸氧量的数据，仅供大家参考。

罗朗德赛尔（法）认为每公斤体重的最大吸氧量不达到80毫升是不能在比赛中达到国际水平的

现代许多科研成果都证实，耐力性项目的成绩与最大吸氧量有密切的负相关，如10哩跑成绩与 $\dot{V}O_2 \max$ 的相关系数 $r = -0.91$ （Costill, 1973）5000米与 $\dot{V}O_2 \max$ 的相关系数 $r = -0.744$ 。

（五）最大吸氧量（有氧耐力）的生理基础

空气中的氧首先经过呼吸器官而弥散入血液；红细胞包含的血红蛋白随即与氧结合，而后再经循环系统（心脏相当于一个水泵）流到肌肉组织附近；这时红细胞释放出氧，氧又经过一次弥散进入肌肉组织；肌肉中的肌糖元在酶的作用下利用这些氧旺盛地进行有氧代谢。所以要想在单位时间（每分钟）内吸进并利用更多的氧，循环、呼吸机能等每一环节的机能都很重要。

从呼吸系统来说，肺通气量（每分钟吸进或呼出的气量）若大的话，相应吸入体内的氧必然亦多。前面呼吸一章讲过吸入体内的氧量的多少，不但和肺通气量有关，而且还和呼吸频率和呼吸深度的匹配有关。如当呼吸频率每分钟30次，每次吸入1.5升空气（呼吸深度）时，肺通气量每分钟为45升；另一种情况呼吸频率为60次/分，呼吸深度为0.75升，肺通气量也为45升。肺通气量都为45升，但哪一种呼吸频率与呼吸深度的匹

表二

不同项目运动员及无训练者的最大吸氧量

运 动 项 目	国 别	最 大 吸 氧 量	
		升 / 分	升 / 公斤 · 分
马 拉 松	苏 联	—	79.8
	日 本	4.39	79.0
	中 国	3.95	68.2
长 跑	苏 联	—	76.4
	瑞 典	4.82	79.0
	日 本	—	75.2
	中 国	4.10	68.7
中 跑	苏 联	—	66.4
	瑞 典	5.40	77.0
	日 本	—	63.6
	中 国	3.87	64.5
短 跑	日 本	—	60.3
篮 球	瑞 典	4.82	58.5
排 球	日 本	3.77	48.6
游 泳	日 本	4.47	63.0
足 球	摩 洛 哥	3.81	53.2
	瑞 典	4.67	62.0
体育爱好者	中 国	3.47	53.0
体院学生	中 国	3.66	55.1
无 训 练 者	瑞 典	3.10~3.39	44—51
	日 本	3.20	44.0

配更相宜呢?吸入体内的氧气的量更多呢?显然前一种情况因为呼吸深度较大,吸进肺内的新鲜空气更多,气体交换后进入体内的氧量也就更多。所以一个运动员经过训练,呼吸机能提高而且掌握了运动时要适当加深呼吸深度的方法,最大吸氧量的水平就可以提高。

肺中的氧以弥散的方式由肺泡进入血液。是个简单的物理过程我们不作更多的讨

论。

血液中红细胞中所含的血红蛋白是执行运输氧的任务的。因此血液中红细胞及所含的血红蛋白的数量是影响最大吸氧量的一个因素。运动员因为血红蛋白含量下降往往引起运动成绩下降的事例就是明证。另外，国外曾实行过自体血液输入的办法用来加强运动员的耐力。使用的方法是从运动员身上抽出200—400毫升血液，置入血库冰冻冷藏，待到比赛季节（经三、四个月所失的血已经补充完毕）再把这血注入该运动员体内。这样运动员体内增加了大量的红细胞，输氧能力必然也会随之提高。有的实验曾经证明运动员的有氧耐力确实提高了。

血液若是静止不动的话就完不成运输氧的任务。血液循环愈快运输氧的任务则完成得愈好，所以心脏功能的好坏是影响最大吸氧量的一个十分重要的因素。根据研究，最大心输出量与最大吸氧量之间的相关十分密切，相关系数（ r ）达到0.768（ $P < 0.001$ ）这意味着最大心输出量愈大的运动员，他的最大吸氧量往往也是愈大的。还有的材料发现每搏输出量与耐力性跑的持续时间成正相关，相关系数（ r ）达到0.825（ $P < 0.001$ ），这是说心脏的每搏输出量愈大的运动员进行耐力性长跑的时间愈长。新西兰著名教练利迪亚德认为，中长跑项目要求运动员的心脏能保持长时间强有力的收缩。他还认为要达到这一点至少需要三年时间来培养。有的实验材料发现成人的最大心输出量很难提高，最大吸氧量虽然经过训练提高了15—20%，但主要是靠呼吸机能的提高而实现的。因此认为心脏的泵血机能往往构成最大吸氧量的限制因素。

由血液向组织的弥散与肌肉内毛细血管网开放数量及毛细血管与组织间氧分压差有密切关系。肌肉中毛细血管网开放数量增加，单位时间肌肉内血流量势必增加，有利于血液携带更多的氧供给肌肉。运动时由于肌肉组织消耗的氧增多，肌组织氧分压显著下降，故毛细血管与组织间分压差加大。促进氧离。此外运动时局部温度增高，二氧化碳分压升高也是促进氧离的因素，使氧大量由血液弥散进入组织。

最后，肌组织进行有氧代谢机能大小影响肌组织利用氧的能力，因而也必然影响最大吸氧量。这就好象一个火炉能否燃烧旺盛，除了和它的通风（相当于人体的呼吸、循环系统的机能）有很大关系，同时和炉子本身的构造（肌纤维的特征）、燃料（肌糖元的贮备量）的多少等等也有重要的关系。

研究材料证明，慢肌纤维%愈高的肌肉其有氧代谢供能的能力愈强。还有人（Ulf Bergh 等，1978）发现肌肉中慢肌纤维愈高的运动员往往他们的最大吸氧量值也高，成明显的正相关，相关系数等于0.72。

因为肌糖元是肌肉收缩有供能的主要能量来源，所以肌肉中肌糖元的含量与有氧耐力的关系极为密切。下面一个实验例子可以说明这个问题（参见表三）。

由表可见A组运动员赛前大腿肌肌糖元含量较B组为高，半场后也如此。肌糖元含量高的A组运动员跑的距离及跑的百分数都较B组要多，表明A组运动员场上跑动十分积极，耐力较强。

有人研究利用“糖元充填法”可有效地增加肌糖元的数量和持续运动的时间。如“糖元充填”之后肌糖元由原来的1.75克%（一百克肌肉中）增到4.0克%，持续蹬自行车时间也由原来的114分钟增到240分钟。

表三

不同肌糖元含量的足球运动员运动能力比较

足球运动员	人数	大腿肌糖元含量 mol/公斤体重			运 动 能 力			
		赛 前	半 场 休 息	赛 前	跑的距离(米)		%	
					上 半 场	下 半 场	走	跑
A组	5	96	32	9	6100	5900	27	24
B组	4	45	6	0	5600	4100	50	15

(六) 无氧耐力与其决定因素

无氧耐力是指身体处于缺氧情况下(或者说当不能获得充足氧以供产生足够的有氧能量时)较长时间对肌肉收缩供能的能力。旨于提高这种能力的训练称为无氧训练。

进行无氧训练时,由于欠下大量氧债,在血液中可出现极高水平的乳酸,表明在体内主要采用是无氧酵解的供能方式。研究发现无氧耐力水平愈高的运动员更能耐受较高的乳酸水平,因此也就能负欠更多的氧债。如一般人可欠氧债5—6升,而运动员可达10—13升。通常用一个运动员能负欠氧债的最大数量来作为判断无氧耐力高低的指标。

决定无氧耐力的因素有哪些呢?首先是肌肉内无氧酵解供能能力的提高。柯斯蒂尔等(1976)发现优秀的赛跑运动员腿肌中慢肌纤维百分比及乳酸脱氢酶活性,随项目的不同而不同。长跑运动员慢肌纤维%高,中跑居间,短跑最少;而乳酸脱氢酶的活性(一种参与无氧酵解的酶)则恰恰相反,短跑最高,中跑居间,长跑最低。这个现象显然是对不同训练方式出现的适应。

其次是消除乳酸的能力提高。乳酸是一种强酸,肌肉产生后即迅速进入血液。血液中有多种缓冲物质,能中和进入血液的乳酸,使血液的酸碱度改变甚少。缓冲物质中的碳酸氢钠(NaHCO_3)是最重要的一种化合物,运动生理学把它叫做“碱贮备”。经常进行无氧训练的运动员血液中碱贮备要比一般人增多10%,对乳酸的缓冲能力增强。

血液中虽有缓冲物质能将进入血液中的乳酸中和一部分,减弱它的强度,但因进入血液的乳酸数量十分之大,血液的酸碱度最后还是朝酸性发展。血液酸度增加就会影响脑细胞的工作能力,促进疲劳的发展。因此,影响无氧耐力的另一个因素就是脑细胞对血液酸碱度变化的耐受能力。经常进行无氧训练的运动员,他们脑细胞的耐受能力提高。

肌肉中无氧酵解的供能能力、血液中的缓冲能力及脑细胞耐受“酸”的能力是决定无氧耐力高低的三个因素。假如通过训练改善了其中之一的机能,必然就会提高运动员的无氧耐力。

现在采用的缺氧训练及高原训练等都有助于无氧耐力的提高。

七、有氧耐力与无氧耐力的关系

大多数运动项目中有氧供能与无氧供能都有一定的比例,同样各种训练手段对提高有氧或无氧耐力也有一定的比重。我们可以根据训练任务(一个阶段,甚至一次课),

根据运动员的特点,“对症下药”有目的地选择训练手段。(美)福尔斯曾制作了两张表,供教练员安排训练计划时选用。供大家参考:

表四 各种跑的供能比例

项 目	时 间	ATP—CP 供能	有 氧 供 能	无氧酵解供能
马 拉 松 跑	135'—180'	5	90	0
6 哩 跑	30'—60'	3	80	15
3 哩 跑	15'—25'	10	70	20
2 哩 跑	10'—16'	20	40	40
1 哩 跑	4'—6'	20	25	55
680 码 跑	2'—3'	30	5	65
440 码 跑	1'—1'30"	80	5	15
220 码 跑	22"—35"	95	3	2
110 码 跑	10"—15"	95	2	3

表五 各种训练形式的供能特点

训 练 形 式	ATP—CP 供能	有 氧 供 能	无氧酵解供能
多次重复疾跑	90	4	6
持续慢跑	2	93	5
持续慢跑	2	90	8
慢间歇跑	10	30	30
快间歇跑	30	20	50
重 复 跑	10	40	50
法 特 莱 跑	20	40	40
间 歇 疾 跑	20	70	10
加 速 疾 跑	90	5	5
穴 形 疾 跑	85	3	10

借助表四可找到某一专项训练所需的计划类型(游泳等周期性项目可参考时间一栏,凡符合者可用),然后借助表五找到所需的训练形式。

运动生物化学

冯炜权 编

〔说明〕：要求在几次讲课中把近年来发展迅速的运动生物化学讲清楚很难。因此，在这里只是选择几个和运动训练较为密切的专题作一简单的介绍。避开化学的结构式、化学变化过程来讲清楚运动生物化学是不可能的。但考虑到大家需要的是介绍性的知识，作为了解体育科学的引子，这样做也许会有作用。大家看后，可能只知其然不知其所以然，甚至感到问题更多，但作为一个体育工作者，又必须进一步学习这些知识，提高了学习运动生物化学的兴趣，这次讲课就算是达到目的了。

第一讲 运动生物化学简介

化学是研究物质的化学变化及其规律性的一门科学。根据研究对象的不同，又可以分为无机化学（研究各种元素及其化合物）、有机化学（研究碳氢化合物及其衍生物）、分析化学（研究物质成分的测定方法和原理）、物理化学（应用物理学的理论和实验方法研究物质化学变化的一般规律）等。

生物化学就是生命的化学，它是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的一门课程。生物体的化学组成有水、盐类、糖类、脂类、蛋白质、核酸、维生素及激素等。生命过程中的化学变化就是物质代谢。

运动生物化学是生物化学的分支，是生物化学在体育科学中的应用，运动生物化学是研究对机体化学组成的影响和运动时物质代谢特点和规律的一门科学。

运动生物化学的研究开始于本世纪的20年代，在40~50年代有较大的发展，1968年在比利时布鲁塞尔召开了第一届国际运动生化科学报告会，提出论文73篇，主要内容有一，血液气体和物质代谢的酸碱化学；二，糖类和脂类的物质代谢；三，激素；四酶；五，电解质；六，生物体液中的蛋白质。1973年在瑞士举行了第二届国际运动生化报告会，大会讨论的专题为“物质代谢对长时间体育活动的适应”。1976年在加拿大的第三届国际运动生化报告会上，专题讨论了“体能的生物化学”。1979年在布鲁塞尔又举行了第四届国际生化报告会。此外还举行了“运动时肌肉的物质代谢”，美苏运动生化专题讨论会等。在1958年以后我国也开始了运动生化的研究工作，现在各体育科研机构中大多没有运动生物化学实验室。

目前世界各国体育学院大多开设运动生物化学课程。我国各体院和师范学院体育系也在开设这门课程，运动生物化学教学和科学研究队伍正在形成，为普及和提高我国体育科学水平，为实现我国“四个现代化”，运动生化正努力作出自己的贡献。

一、人体化学组成与体育运动的关系

人体的化学组成和体育运动是相互适应的。练力量可使人体肌肉蛋白质增加；练长跑可减体脂，这都是身体化学组成和运动相适应的表现。

体内化学反应千变万化，但几乎都由酶催化，运动时化学变化更加激烈，酶的作用更加重要。运动能提高肌肉中酶活性，但酶活性的变化是和运动性质相适应的。较长时间的耐力训练，如长跑、马拉松跑，能较大地提高有氧代谢的酶活性，如琥珀酸脱氢酶、柠檬酸合成酶、细胞色素氧化酶等。反之，速度和力量训练，无氧代谢酶活性增加较多，如磷酸果糖激酶、磷酸肌酸激酶等。肌肉中酶活性变化和运动性质相适应。

身体内各组织器官，它的化学成分除水外，最重要的成分是蛋白质、核酸、脂肪、糖等。这些物质在运动的影响下，会产生不同的变化。我们知道，力量是肌肉收缩的表现，在组成肌肉的纤维中，收缩慢的肌纤维称红肌（或称慢肌），含肌红蛋白较多，收缩快的肌纤维的称白肌（或称快肌），含肌红蛋白较少。速度、力量好的运动员白肌纤维较多，而耐力好运动员红肌纤维较多。目前大多数研究认为，人体骨骼肌纤维数目是由遗传决定，运动训练只能使肌纤维增粗。但它的增大和运动性质有关，练力量、速度时，白肌纤维增粗明显，练耐力时红肌纤维增粗明显，结果使其所占体积的百分数增加，从而提高了这方面的运动能力。肌纤维中蛋白质占干重的四分之三，可见，肌肉增粗主要是增加肌肉蛋白质，而蛋白质数量的变化和运动能力的提高是紧密相关的。

大家也知道，练长跑的人，肌肉脂肪数量较少，而肌肉中糖元的数量却较一般人多。这是长跑运动员身体组成的特点之一。

运动对身体某些组成数量的影响是，在运动时消耗大，合成少，所以能量物质数量减少。如长跑时，肌糖元减少，跑到筋疲力尽时甚至几乎完全耗尽。运动后，通过食物补充和体内各器官的调济，被消耗的物质逐渐可以恢复。研究发现，这种恢复不是简单的恢复，在恢复期中，有一个阶段出现数量比原来水平还要多的超量恢复，然后再在原来水平上波动。可见在运动时体内物质变化存在消耗——恢复——超量恢复——原来水平上波动的几个阶段。研究这个过程对运动员来说很重要，其中尤引人注意的是超量恢复阶段，了解它的规律，对认识和提高人体的运动能力，掌握训练间歇、运动量、营养安排、休息方法等都很重要。

二、运动和身体内的化学变化

身体内化学变化瞬间万变，复杂多样，这些变化称为物质代谢。我们每天吃入的食物主要是糖、脂肪、蛋白质、水、无机盐、维生素等。经过消化吸收后，在细胞内经过一连串的化学变化，最后转变为体内的物质，或分解为二氧化碳、水、尿素等废物而排出体外。在物质代谢同时，也伴随着能量的变化。在运动时物质代谢十分剧烈，如进行1~2分钟激烈运动时，肌肉中能量需求比安静时增加120倍，某些肌肉甚至可高达100倍。可见研究运动时身体内的物质代谢十分重要，目前已经了解，运动时代谢可归纳为无氧代谢和有氧代谢两大类。

运动的强度、持续时间和肌肉中的代谢过程有关。短时间、强度大的运动，氧供给不能满足肌肉的需求，肌肉中主要依靠无氧代谢过程释放能量。无氧代谢过程包括三磷酸腺苷供能，磷酸肌酸分解和糖元转变为乳酸的过程。长时间的耐力运动时，氧供应充

足，这时肌肉中主要依靠有氧代谢过程释放能量。有氧代谢过程包括三磷酸腺苷供能，糖和脂肪氧化为二氧化碳和水产能的过程。不同运动项目、不同训练方法、不同强度的运动有氧代谢和无氧代谢的比例都不相同。因此了解各个运动专项对有氧、无氧代谢的要求，就可以科学地选择发展相应代谢能力的训练方法、时间和安排等。

在研究运动对身体化学组成和化学变化的影响，以及认识其规律的基础上，目前已经较为广泛地应用运动生物化学的理论和解决方法解决运动中许多问题，如训练方法的选择、运动量的安排、运动员身体机能的评定、营养的合理安排、运动成绩的预测、运动员选材等。因此，每一个体育教师、教练员和体育爱好者都要学一点运动生物化学知识。

第二讲 糖和运动能力

参加体育锻炼和运动训练是为了促进健康，增加体质。健壮的体格、充沛的精力是有其物质基础的。研究在运动影响下人体机能变化的物质基础，是运动生物化学的重要内容。

人体是由一定的成分按照严格的规律和方式组织而成的。水含量为55~67%，蛋白质15~18%，脂类10~15%，无机盐3~4%及糖类1~2%。物质种类虽不多，但从组成各组织器官的分子差异来看，就非常复杂了，如人体内的蛋白质就有十万种以上。下面我们将依次讨论这几类物质和运动能力的关系。

糖是一大类物质。它包括葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、淀粉等我们熟知的从植物来的糖，也包括在动物体内储存在肝、肌肉等组织中的糖元。糖最主要的作用是通过氧化释放出能量，供给生命活动的需要。糖元是人体重要的能源物质。因此，糖在体内储存的数量及其代谢机能和运动能力有关。

人体内糖的存在有不同的形式。在血液中以葡萄糖存在，每100毫升血液安静时含葡萄糖（简称血糖）在70~110毫克，因此，血液中储存葡萄糖约4~5克。正常人在肝脏和肌肉中以糖元方式存在的约有350~400克，运动员糖元储量多些，可达400~550克。肝脏糖元含量约为5%，肌肉糖元约为1~2%。由于肌肉数量多，可达体重40%，如一个70公斤体重的运动员，肌肉组织就可达28公斤，肌糖元按1.5%计算时，就可储备420克。肝糖元储量在100克左右。

一、血糖和运动能力

在正常情况下，糖的分解和合成保持动态平衡，血糖是反映这个平衡的标志。饱食后，淀粉经消化后以葡萄糖形式被吸收入血糖，血糖便上升。这时，肝、肌肉合成糖元过程加强，血糖很快就恢复至原来水平。当饥饿或长时间运动，能量消耗较多，肝、肌糖元不足以补充血糖时，血糖便会下降。大脑、红细胞等组织必须依靠血糖供能。血糖下降，能量不足，运动能力便会下降，所以在长时间运动时，血糖下降就成为疲劳而导致运动成绩下降的因素。采用什么方法有助于维持运动时血糖浓度以保持运动能力呢？目前研研了下面几个问题。

(一) 吃糖时间

(1) 运动前吃糖 经常参加运动的人，膳食中糖类食物应当丰富些，这不但有助于被消耗的糖恢复，也有助于储备。由于吃糖后，有一个消化、吸收、运输和储存的过程，所以在运动前吃糖要注意吃糖时间和吃糖数量。一般认为短跑、举重、中跑、短中距离游泳等时间不长的体育锻炼和比赛，在运动前可不必吃糖，体内储存的糖就足够应用了，只有长时间的运动，尤其是剧烈的比赛，如马拉松跑时才吃糖。平日食物中可以增加甜食，赛前三天食物中糖量可占每日热能需要量50%，赛前膳食可用糖丰富的蛋糕、巧克力等，吃用这些食物的运动员，跑后血糖平均在100毫克%以上，说明赛前膳食中多吃糖效果较好。

在运动前或比赛前饮“糖水”（即含白糖、蜂蜜或葡萄糖等较多的饮料），在什么时间饮用，对维持血糖的效果最好呢？苏联的研究结果认为在赛前15分钟或两小时前服用，在运动期间内血糖能维持在较高水平上。因为15分钟前吃糖，经消化吸收进入血液的葡萄糖最多的时候，正好运动开始。在两小时前吃糖，消化吸收、运输，在肝、肌肉中大量储存过程基本结束，储量增多，这时开始运动，利于补充血糖，使血糖维持恒定。在赛前60~90分钟期间吃糖效果不好，会引起运动时血糖下降。因为这时是体内储存糖最旺盛的阶段，胰岛素大量分泌，促进肝、肌糖元合成，这时开始运动，对利用糖的效果不好。最近，国外也证明运动前30分钟内吃糖对保持运动时血糖有好处。我国的实验结果也认为赛前吃糖，在吃糖后15~30分钟时血糖上升最高，两小时内血糖都高于正常值，提出赛前吃糖对机体无害，且对预防低血糖有一定作用。

(2) 运动中吃糖 大家清楚，短时间运动，没有必要在运动中吃糖。长时间运动或比赛（如马拉松跑途中）是否必须补充含糖丰富的饮料或食物？在这个问题上看法不一，但有一点看来是一致的，合理而不过多地吃糖对身体无害也不至于影响运动成绩。主张运动中吃糖的人，认为可以防止和延迟赛中出现低血糖，从而保持运动能力。主张可不必补充糖者，主要是从研究补充糖和保持血糖恒定无一定关系而提出的。因此，目前主张马拉松赛或其它长时间的运动，可以设立途中饮料站，运动员根据自己情况，如有饥饿感、头晕、四肢无力等低血糖征候时，可以酌情补充。主观感觉好，体力充沛时，运动员不一定需要中途停顿下来补充饮料。因为在运动时胃肠道对糖的吸收能力很低，每小时不多于50克，吃了效果不会很大。相反，大量糖在胃中停留，为了保持渗透平衡，吸收一部分水，影响胃排空，也会造成运动时胃部不适。

(3) 运动后吃糖 运动以后，为了补充消耗，可以多吃些糖。饮料和膳食中糖类食物应当丰富。至于什么糖最好，从糖类食物消化吸收后成为血糖时，化学本质都是葡萄糖，异途同归的结果是一致的。运动员身体健康，消化吸收机能好，所以不必严格选择，视经济条件和爱好而定。但是不同种类来源的糖类营养效果是有差异的，如吃葡萄糖可不经消化过程便能吸收为血糖，淀粉类食物要经过消化成葡萄糖后才吸收。不同来源的糖中含其它的营养物质也有差异，如蜂蜜中除糖外还有少量的其它有机物（如花粉、蜡等）和磷酸等物质，这些物质具有特殊的生理作用，提高了它的营养效果，但这不是我们讨论糖的范围之内了。

(二) 吃糖数量

吃糖过多，对身体有害，表现为大量葡萄糖进入血液，使血液粘滞度增加，降低血流速度，增加循环血量，血钾下降，心电图改变，这些变化会使运动能力降低。因此，不宜大量吃糖。服用多少才合适呢？当按每公斤体重2克服糖时，运动员就会有胃部不适，头晕、恶心，不能加速跑等感觉，心电图、血钾等虽正常，但已经有不良反应，故提出运动员在赛前吃糖（或服含糖饮料）数量，不能超过每公斤体重2克，如你体重为60公斤，则一次吃糖不能超过120克（2.4市两）。

在运动后或比赛后可以一次吃100克左右的糖，然后在膳食中适当地增加些甜食，增加糖的膳食可以延续2~3天，因为体内糖的恢复是一个逐渐的过程。

三、糖元和运动能力

储存在动物或人体（如肝或肌肉）中的糖称为糖元，它是由许多葡萄糖单位构成的。糖元可分解为葡萄糖以补充血糖，或直接氧化生成二氧化碳和水，释放能量，供身体活动需要。所以糖元储量与维持血糖和供能过程有关。

剧烈的、短时间的运动，肌肉就要依靠它本身储备的能量物质分解供能，如跑400米，肌肉中糖元（简称肌糖元）由于缺氧，经无氧代谢转变为乳酸，释放能量以供跑的消耗。在较长时间运动或比赛途中加速时，也要依靠肌糖元无氧分解为乳酸供能。长跑时，氧供应充足，能量可以依赖脂肪供应，但糖元数量充足，有助于维持血糖，延缓疲劳的发生。所以糖元和运动员的速度耐力、耐力有密切的关系。

怎样增加糖元的储备量以提高运动能力呢？在正常生理条件下，糖元是一个较为稳定的成分，多吃糖，不能都转变为糖元储备，而是转变为脂肪，吃糖过多，反而发胖，影响体力。所以，要增加糖元储备量不能光靠吃糖。经常参加体育锻炼的人或运动员，肌肉和肝脏糖元代谢活跃，每天大量消耗和恢复，因此糖元分解、合成代谢机能就好些，肌糖元、肝糖元就会比一般人多些，如正常人每公斤肌肉约含肌糖元15克，运动员可达20克左右，这是体育锻炼的效果。运动员在比赛期，尤其是一些耐力性运动项目，如果肌肉、肝脏中增加一些糖元储备，运动成绩会好些。近年来，很多研究都证明，肌糖元高的运动员在长跑、长距离游泳、足球赛中，速度耐力好，体力充沛，从而获得好成绩，因此，应该研究赛前增加肌糖元的方法。国外现在采用“高糖饮食训练法”（或称“糖元填充法”），取得了令人满意的效果。方法是在赛前一周进行一次大运动量训练，以尽量消耗肌糖元，接着连续2~3天只吃高蛋白、脂肪膳食（称为“糖饥饿”），使消耗的糖元不但不能恢复，反而继续进行“糖饥饿”，以后2~3天才大量吃糖，体内糖元含量大增，可达每公斤肌肉40克，这时参加比赛，耐力特别好。这种方法在欧美受到重视，在我国人身上应用这个增加糖元的科学方法时，不要脱离我们的膳食习惯。因为，外国人在高蛋白、脂肪膳食阶段，每天吃蛋白质约400克、脂肪约150克；而在高糖膳食阶段也只吃糖500克左右。我国人，正常时每日也吃糖在500克左右，而且在赛前打乱原有饮食习惯和安排，如果不适应就可能影响体力，因此，要慎重考虑。

短跑、举重、体操、摔跤等项目运动员，对肌肉爆发力要求较高，和肌肉中高能磷酸化合物、蛋白质等关系较为密切。肌糖元在运动时是能量的重要来源，但由于用力时间短，糖元不至耗尽，不必过多考虑通过吃糖以增加肌糖元。相反，吃糖过多，导致肥

胖，或糖元在肌肉中增加时，它与水和钾离子结合，增加了肌肉中的水分，结果使肌肉发硬和弹性下降，反而影响了爆发力。所以，这些项目的运动员不宜多吃糖。

第三讲 脂类、蛋白质和运动能力

一、脂类和运动能力

脂类是一大类物质。它包括脂肪和类脂。它的组成单位为甘油、脂肪酸、磷酸、胆碱、胆固醇等。由甘油和脂肪酸组成的叫脂肪。磷脂中除有甘油和脂肪酸外，还有磷酸、胆碱或其它含氮碱。固醇酯则由固醇和脂肪酸结合而成。人体内脂肪（简称为体脂）的数量，一般占体重10—20%。肥胖者体脂可达20—30%，甚至有超过体重50%者。体脂在人体内的主要功能的储备能量。磷脂的细胞膜、线粒体膜等各种生物膜的主要成分。固醇类是细胞膜的成分，也是许多激素（性激素、肾上腺皮质激素等）和胆汁中的胆酸的结构母体。可见，在正常的生理条件下脂类很重要。

1. 脂肪和运动能力

脂肪是长时间运动时主要能量来源。在氧充足时，氧化1克脂肪可获得9.1大卡的能量，而氧化1克糖时，只可获得4.1大卡的能量，脂肪供能是糖的2倍多。但在人体内，脂肪是不溶于水的，贮存时不需要结合水，在脂库中（皮下、腹腔、肠系膜等）所含的几乎100%是脂肪。而糖在成为糖元储存时，1克糖需结合水2.7克左右，储存脂肪时，就可不必增加体内水分。另外，脂肪酸分子中原子间结合方式储能（称为键能）也比糖多。所以相同重量的脂肪在生物学能量储存效能上，要比糖高约9倍。从储能和供给的方面看来，脂肪是运动时一个很重要的物质。

人的肌肉在静止时能氧化脂肪和糖类，一般情况下85%左右是氧化从动脉血中来的自由脂肪酸，15%左右是氧化从动脉血中来的葡萄糖。在轻微活动时，肌肉摄取自由脂肪酸和氧均增加，脂肪是主要能源。在较长时间、较为剧烈的越野跑、马拉松跑时，体内氧供应充足，脂肪仍是主要能源。在马拉松跑后半程时，脂肪供能可达90%左右。只有在时间短、强度大的运动时，氧供应不足，糖才是主要能量的来源。可见，脂肪与运动员的耐力有关。怎样利用脂肪来提高运动员的耐力呢？

人体内的脂肪储存数量很大，如按10%计算，70公斤的人，体脂就有7公斤，储能就有63000大卡，可跑马拉松约30次。事实上，脂肪在运动时被动用很少，什么因素影响脂肪被大量利用以供能呢？现在还不清楚。仅就目前所知，脂肪供能时，首先要有充足的氧气，因此，就要发展呼吸、血液循环等输送氧气的机能能力，这就要求经常进行长跑训练，以提高肺活量、最大吸氧量、血红蛋白等以增加肌肉中氧的供给。其次，运动着的肌肉中，氧化供能的是自由脂肪酸，它一方面可从肌肉中的脂肪分解而来，另一方面可由血液中运输而来。血液中自由脂肪酸被肌肉摄取后，从腹腔、皮下等脂库中补充，但在运动开始时，脂库中来不及动员而使血液中自由脂肪酸下降，这时增加糖元的消耗，糖元消耗过多而导致疲劳。因此，保持血液中自由脂肪酸浓度可以减轻肌糖元消耗，延缓疲劳，增加耐力。实验证明，当给动物注射玉米油或橄榄油后，血中自由脂肪酸升高，运动时间比不注射的动物长，运动后肝、肌糖元较高。据此，运动员膳食中可

适当增加植物油（动物油脂效果不好）的数量，以补充血液中自由脂肪酸，还可同时摄入某些溶于油脂的维生素（维生素A·D·E·K等）。

2. 体脂和运动能力

上面已经谈过，正常人体脂约为体重10—20%，我国大学生体脂在11%左右。男子体脂超过25%，女子体脂超过30%便有显著的肥胖。运动员体脂较少，但和运动项目有关，长跑运动员体脂最少（约5%左右），女运动员较男运动员多些（如铁饼运动员体脂接近20%）。运动员体脂过多，增加了体重，在运动时消耗能量就较多，过多的体脂包裹着心脏影响心肌收缩和放松，还有很多其它不良的影响。所以适宜的体脂是必需的，过多就会影响运动能力，对身体有害。有人指出，40—50岁的常人体脂过多一磅，死亡率将增加1%，因体脂过多而成的肥胖，是当前之“文明病”。可见，降低肥胖者或运动员体脂可以改善健康，提高运动能力。怎样才能控制或减少体脂呢？

（1）节食：营养过剩是肥胖的主要因素之一。随着生活水平提高，食物丰富，体力劳动减少，食入多于消耗，脂肪和过多的糖类、蛋白质可转变为体脂储存而导致肥胖。因此，要注意节食。

（2）运动：肥胖往往和缺少运动有关。肥胖的女中学生，爱坐着看电视的时间比正常体重的女生多3倍。在排球场上，肥胖的青少年80—90%时间站着不动，而普通青少年只有50%时间不移动位置。要知道，每天玩半小时手球消耗的能量，一年内就相当于消耗6公斤体脂！坚持强度较大的长跑或越野跑，对减体脂的效果就会更好。

运动为什么能减体脂呢？运动能增加肌肉中的能量消耗，在氧充足时，脂肪被大量氧化，运动后自由脂肪酸进入脂肪组织的速度降低，而进入心肌及骨骼肌被氧化的速度较高，血浆的自由脂肪酸变化不大，这说明脂肪组织大量分解以供肌肉消耗，结果使体脂减少。也许会有人说，运动可以增进食欲，消耗多吃的也多，怀疑运动对减体脂是否有效。事实证明，适量的运动，会增加热量的消耗而不增加食欲。为了降体脂而运动，运动量不宜大，强度也要低些。所以提倡慢跑、走步、做体操或打太极拳等。

有人说，肥胖是遗传决定的，节食和运动对此都无用。应当承认肥胖和遗传有关：父母双方是肥胖的，孩子80%也是肥胖的；如父母一方是肥胖的话，孩子也有40%是肥胖的；瘦的双亲生下的孩子，在中学年龄平均有7%是肥胖的。遗传因素在生化上的表现为，肥胖者脂肪细胞数量较瘦人多，脂肪细胞中脂肪酶又较多，结果使脂肪细胞储存脂肪多了，肥胖者脂肪细胞又多又大。脂肪合成代谢能力强，当运动时，脂肪消耗多，细胞变小，停止运动很快又增大。这些因素反而说明，肥胖的人更要坚持运动，运动量比瘦人要大些，并且要以身作则带领自己的孩子参加运动。

二、蛋白质和运动能力

蛋白质是生命活动中最重要的物质基础。是细胞主要组成成分，如人体干重（除水外）的45%是蛋白质。生命活动的特征——物质代谢不断地在细胞中进行的化学过程，是由蛋白质组成的酶催化的，对代谢起调节作用的很多激素也是蛋白质或其衍生物。机能活动也离不开蛋白质，如运动时肌肉收缩和放松、血液中氧的运输、遗传信息的控制等等，蛋白质在生命活动中起着重要的作用。蛋白质和运动能力的关系，主要表现为在完成各种机能上，而不是作为能源物质来供应能量。

蛋白质的组成单位是氨基酸。分子中和糖及脂肪一样含碳、氢、氧以外，还含有氮、硫、铁、磷、铜、锰、锌等。各种蛋白质以氮含量最为接近，平均约为16%，常以此数值来推算蛋白质的大约含量。由于蛋白质含氮，所以代谢产物中含氮物质可作为了解体内蛋白质变化情况，如常检查运动员血液中尿素、非蛋白氮、血浆蛋白、尿中总氮量、尿酸等，以了解蛋白质代谢情况、身体机能以及营养状况等。

研究蛋白质的结构和功能的关系是今天生物化学中的中心课题之一。我国在1965年首先合成了具有生物活性的蛋白质——结晶胰岛素，在揭示生命奥妙的历程中领先了一步。而研究运动和蛋白质的关系，目前只限于营养方面的工作较多，在生物化学上的知识是很初步的。

运动员肌肉力量和肌肉蛋白质有关，肌肉收缩蛋白质主要是肌纤蛋白和肌凝蛋白及其能相互结合和分离的肌纤凝蛋白，在力量训练时都能明显增加。肌凝蛋白还具有分解ATP（三磷酸腺苷）以供收缩能量的ATP酶的活性。说明力量训练不但能增加肌肉蛋白质，还能提高酶的活性。耐力训练能增加肌肉中储氧的肌红蛋白和进行有氧代谢的线粒体中的蛋白质，可见线粒体增多、增大，线粒体中的有氧代谢酶活性增加，能使耐力提高。血红蛋白的主要功能是输送氧气，血中血红蛋白多了，输送给细胞的氧便增多，运动员血红蛋白比一般人应多些。如果数量减少，便会影响氧的供应而降低运动能力。在大运动量训练时，常见血红蛋白下降，甚至有出现贫血者。因此，在训练期间要增加运动员食物中蛋白质的数量和质量，多吃动物性蛋白质，供给肌肉蛋白质和血红蛋白等足够的原料。从而加速运动能力的提高。目前一般认为，运动员膳食中蛋白质的供给应在每公斤体重2克左右，青少年运动员身体正处于生长发育期，更要供给多些。目前，在我国运动员膳食中蛋白质是一个应加以注意的问题。

综上所述可见糖、脂类和蛋白质这些化学成分和人体的运动能力有密切关系。运动生物化学的重要任务之一，是研究这些物质在运动影响下产生的变化和其规律，掌握这些规律，将有助于增进健康和加速运动能力的提高。

水和无机盐也是人体内重要的化学成分，它和运动能力也十分密切，也是当前国内外研究者关心的问题，近年来进展也很大，这里只是因篇幅关系而不谈了。

第四讲 物质代谢和运动能力

物质代谢是指机体与外界环境不断进行物质交换的过程。在人体内，食物先经过消化、吸收，然后在细胞内经一系列复杂多样的变化，一部分转变为体内物质，一部分和体内原有物质转化为代谢废物而排出体外。在物质代谢的过程中，必然伴有能量的变化，也就是说，物质代谢和能量代谢是同时存在的过程。

运动需要能量，需要数量和运动项目、运动强度和等因素有关。如尽力跑1—2分钟时，肌肉中能量需要增加约120倍，物质代谢也要相应增加。因此了解和掌握运动时物质代谢过程和规律，是提高运动能力的基础。

一、运动时的能源

肌肉收缩所需能量和任何生理活动一样，直接的能量来源是三磷酸腺苷（ATP）。

其它物质都是保证ATP恢复，用ATP继续供能。保证ATP恢复的物质，通常称为间接能源。间接能源有磷酸肌酸（CP）、葡萄糖、肌糖元、脂肪等。这些间接能源物质在保证ATP恢复时，是依运动性质有条不紊地进行的。在短跑或举重时，ATP分解后立即需要恢复，这时，肌肉中的CP将能量转移到ADP（ATP分解后生成的产物，称为二磷酸腺苷）上，又重新生成ATP，保证短时间剧烈运动时的能量供应。在较长一点的时间运动时，如跑400米，100米游泳，由于CP的储存数量有限，不能保证ATP的恢复，这时肌糖元在肌肉缺氧情况下，分解为乳酸，释放能量供ATP恢复。运动时间再长些，氧供应充足了，肌糖元、血液运输到肌肉中的葡萄糖、自由脂肪酸、肌肉中脂肪都参加代谢，释放能量，源源不断地供ATP恢复，使运动能坚持下来，完成较长时间、较大量的运动，如跑马拉松。按能量供应的顺序，能源物质可分为直接能源和间接能源。

直接能源： $ATP \rightleftharpoons ADP + \text{磷酸} + \text{能量 (运动)}$

间接能源： $CP + ADP \rightleftharpoons ATP + C \text{ (肌酸)}$

无氧分解

肌糖元 \longrightarrow 乳酸 + ATP

按能源物质在放能时的代谢特点，可区别为无氧代谢和有氧代谢两大类：

无氧代谢： $ATP \rightleftharpoons ADP + \text{磷酸} + \text{能量 (运动)}$

$CP + ATP \rightleftharpoons ATP + C$

无氧分解

肌糖元 \longrightarrow 乳酸 + ATP

有氧代谢： $ATP \rightleftharpoons ADP + \text{磷酸} + \text{能量 (运动)}$

肌糖元 { 有氧分解
葡萄糖 { \longrightarrow $CO_2 + H_2O + ATP$
自由脂肪酸 {

通过物质代谢而释放能量。无氧代谢和有氧代谢和运动项目、时间、强度等因素有关，从生化上来说，和细胞内氧供应有关。为了在运动时获得充足的能量，也就是说有充沛的体力，就要求增加氧的供应和改善无氧代谢和有氧代谢的能力。增加氧的供应和呼吸、循环等生理机能有关，这属于生理学讨论范围。从生化上来看，物质代谢是生命活动的基础，运动中的物质代谢自然就成了运动生物学的核心问题之一。近年来都十分重视运动中无氧代谢和有氧代谢问题的研究。

二、运动时的无氧代谢和有氧代谢

运动训练中的无氧代谢过程包括ATP分解、CP的补充和肌糖元无氧分解的三个部分。ATP分解和CP补充的化学过程比较简单，瞬间即可完成，由于这两种能源储量少，全部释放供能也只能维持5—7—20秒。因此，它是举重、起跑、或60米冲刺跑等短时间爆发力或高速运动几秒钟的能源。肌糖元无氧分解一般在快速运动30—40秒时，才能达到最大的代谢速度。可见无氧代谢是短时间运动时的代谢过程。

有氧代谢是在氧充足时，运动的能量来自ATP的分解，以及肌糖元、葡萄糖（从血液运输至肌肉）和自由脂肪酸的分解。氧充足时，这些能源物质完全氧化成为二氧化

碳 (CO₂) 和水 (H₂O) , 释放大能量, 如葡萄糖在完全氧化时, 比无氧分解为乳酸释放的能量多13倍。所以, 有氧代谢是长时间运动的代谢过程。

有些运动项目, 如1500、3000跑, 速度应快, 时间较长, 运动时能量既要有无氧代谢, 也需有氧代谢。不同运动项目对无氧代谢和有氧代谢的需求不同。下表列举的是不同距离跑的有氧及无氧代谢所占的百分比。

经过近年来的研究, 已了解不同运动项目、不同训练方法、不同强度的运动时无氧代谢和有氧代谢的百分比。教练员、运动员可以根据运动专项对代谢的要求, 安排训练

不同距离跑的无氧及有氧代谢百分比

距离 (成绩)	无氧代谢 (%)	有氧代谢 (%)
100米	98—99	1—2
200米	90—95	5—10
400米 (45秒)	81.5	18.5
800米 (2分)	66.66	33.33
1500米 (3'4")	47.5	52.5
5000米	20	80
10,000米 (29'00)	10	90
马拉松 (2小时15分)	2.5	97.5

计划, 选择训练方法, 掌握运动量。

三、无氧代谢和有氧代谢训练

在运动时, 无氧代谢和有氧代谢都同时存在。100米跑时无氧代谢占98—99%, 随着运动成绩的提高, 有人认为无氧代谢可达100%, 但是并不能排除有氧代谢的参与。而且在运动时消耗的能量物质, 在运动后要通过有氧代谢来恢复, 以有氧代谢为主的项目, 也要加强无氧代谢训练, 随着运动水平提高, 竞赛日益加剧, 运动员在长跑途中变速、终点冲刺和球类比赛对速度的要求更高了。从生化上看, 糖无氧代谢基本途径是有氧代谢的一个阶段, 无氧代谢能力提高, 也有助于有氧代谢机能的改善。但是在实践中如何掌握无氧和有氧代谢能力的发展呢? 下面我们简单地介绍某些研究结果, 在具体运用时, 要结合运动员实际情况, 灵活掌握。

1. 发展ATP及CP能力的训练

ATP和CP这两种能源物质很重要, 但在体内储量很少。上面已经讲过, 它们在剧烈运动5—7—20秒内可用完。发展这两种能源的训练, 从生化上主要从两个方面去考虑, A、增加它们的数量; B、提高代谢能力, 包括ATP再合成过程中酶的活性和与其它代谢的关系等。现在了解, ATP的数量在运动影响下变化不大, 即数量增加很少, 而在运动影响下ATP再合成速度增加, 这是由于促进ATP合成和分解的ATP酶活性提高的结果, 如动物进行高速度和大力量训练后, ATP酶活性增加20—50%左右。在训练影响下CP的数量和催化CP分解和再合成的酶(磷酸肌酸激酶)活性可以提高。因此, 在发展这两种能源时, 即要考虑发展其数量, 更重要的是提高其代谢能力。由于这

两种能源物质体内储存数量少，在选择运动练习时，必须要强度大、时间短。在研究中当采用10秒钟最大速度跑，每次跑间休息30秒的效果比休息10秒或20秒的效果都好，因为30秒的休息就可以使在10秒运动时消耗的ATP和CP获得良好的恢复。为了发展这种能源和代谢能力，各运动项目的教练员或运动员可根据项目特点和运动员训练水平，增加强度或间歇练习的次数。

2. 发展糖无氧分解代谢能力的训练

在ATP和CP被大量消耗，运动还要持续高速度进行时，这时糖无氧分解参与供能，一般在运动到30—40秒时，糖无氧分解达最大数值。要发展这种能源可从三个方面着手：A、增加肌肉中糖元含量；B、提高糖无氧分解的代谢能力，也就是提高这个过程中酶的活性，尤其是几个关键酶的活性，如己糖激酶、磷酸果糖激酶、丙酮酸激酶、乳酸脱氢酶等；C、增加体内缓冲和忍受乳酸酸性刺激的能力。要发展这种代谢能力，首先在选择运动强度和运动时间上，要求最大速度跑或其它练习时间要达到40秒至1分钟，使乳酸大量生成达最高值并在肌肉中有一定的积累。休息时间不能太短，因为在中间休息时，肌肉乳酸向血液扩散，一般要在休息2—3分钟时，血乳酸才能达到最高值。所以采用最大强度运动1分钟，休息2—3分钟，可以使肌肉中糖元无氧分解最大，血液乳酸最高，对身体各部位的刺激也最明显，经常这样训练，糖无氧代谢能力和身体忍受乳酸刺激的能力都可以提高。

3. 发展有氧代谢能力的训练

有氧代谢能力的训练，在生化上要求：A、增加能源储备。不但要增加肌肉中糖元，也要增加不断补充肌肉中糖的肝糖元；B、增加氧的供应。氧也属能源，但它的供应与呼吸、循环系统的关系很密切，故常作为一种机能来看待；C、改善体内有氧代谢能力。现在耐力训练中采用的持续跑、马拉松跑等手段都是发展上述能力的方法。由于近代运动竞赛的要求，运动员在发展有氧代谢能力的同时，要求提高无氧代谢能力，这就需要从专项出发，如2分钟运动、2分钟间歇休息时，肌糖元供能占57—95%，无氧代谢供能占33%，而在4分钟运动、4分钟间歇休息时，无氧代谢供能只占25%。这说明教练员要针对运动员的训练水平制定出科学的训练计划。

4. 怎样掌握训练时的有氧及无氧代谢

在训练工作中怎样用生化指标来评定运动员在完成某种训练时身体是处于无氧代谢或有氧代谢？这对掌握强度，选用训练方法，迅速提高运动成绩很重要。从生化上研究这个问题可从能源物质利用、酶活性改变、代谢产物数量等方面进行。目前很多人对运动时血乳酸的变化进行了研究，因为乳酸是糖无氧代谢的产物，从乳酸数量的多少可以了解糖无氧代谢的强度。由于肌肉乳酸易扩散入血液，2—3分钟便可达到最高值并保持平衡，采血测定乳酸可以反映出肌肉乳酸情况，无需采肌肉分析，便于应用和推广。但这种方法的缺点在于不能反映出体内无氧代谢的整个情况。（上面我们已经谈过，训练中无氧代谢还包括ATP、CP的分解和再合成的过程）血乳酸只能反映肌糖元无氧分解，这种代谢又在运动到30—40秒后才达最高水平，因此，采用血乳酸评定无氧代谢时，对速度耐力或耐力训练效果较好。所以现有材料大多是对中长跑或游泳训练的研究。运动员在安静时，血乳酸数值在5—20毫克%，平均值在10毫克%左右，这些乳酸主要

来自血细胞。成年运动员在实验室固定跑道上进行30分钟跑，用着加跑道的斜度来来提高运动强度，当跑的强度控制在血乳酸不超过18毫克%时，属有氧代谢；增加强度，血乳酸达18—36毫克%时，属有氧代谢向无氧代谢转移；再增加运动强度，血乳酸达到36毫克%时，就属无氧代谢了。采用血乳酸36毫克%作为无氧代谢的阈值。当运动强度超过无氧阈的血乳酸值后，运动强度加大时，血乳酸值便急剧上升。这种以血乳酸来区分无氧代谢和有氧代谢的方法，还存在许多问题，但却提供了一个客观的指标。目前常用这个方法评定有氧、无氧代谢能力，掌握训练强度，预测运动成绩。

(1) 评定无氧、有氧代谢能力：让运动员以不同速度作匀速跑几次，每次10分钟，强度掌握在无氧阈左右，每次跑后测定血乳酸。经过一个阶段训练后，作同样跑的测验，跑速提高了，血乳酸不升高或变化不大时，说明有氧代谢能力提高了。

(2) 掌握训练强度：在中跑运动员的训练中，既要发展无氧代谢能力，又要提高有氧代谢能力，可根据中跑运动员专项要求选择强度。如中跑运动员在场上训练，以本人最好成绩80%以下的强度跑时，血乳酸值在23—50毫克%范围内，当超过本人最好成绩80%的强度。血乳酸即急剧上升，说明体内无氧代谢过程明显增加。因此，中跑训练时，要提高无氧代谢能力，强度要大于本人最好成绩80%。低于这个强度，只适宜于发展有氧代谢能力。

(3) 预测运动成绩：让中跑运动员在训练阶段结束或比赛时，全力跑主项距离，跑后取血。再让运动员在比赛时，跑同样距离后，在同样条件下取血。一般说来，当无氧代谢能力提高，成绩增长时，血乳酸应升高或不低于本人最高值。如果运动成绩下降了，血乳酸值反而达最高值，这是机能不好，竞技状态下降的表现。如果成绩较好，血乳酸值下降，说明运动员无氧代谢能力还未充分发挥。在这个研究基础上，可以把运动速度和血乳酸的变化关系，推导出公式，从血乳酸值来计算跑速或游泳速度，预测运动员成绩，目前取得较为满意的结果。

运动中无氧代谢和有氧代谢是一个重要的基础理论和对训练实践十分重要的问题。这里介绍的只是和训练有关的材料，要掌握这个理论和应用，还需要学习生物化学的基础知识。

第五讲 运动后恢复过程和机能评定生化

一、运动后的恢复过程

运动时身体内物质因消耗增多和分解加强而减少，它在运动后休息期中逐渐恢复，以保持体力，继续进行训练和比赛，在休息期中减少的物质不能恢复，就会导致机能下降，出现过度疲劳等。所以消耗和恢复过程是紧密相连的代谢过程。了解和掌握这个过程的特点和规律，对提高训练效果十分重要。

1、运动与物质的消耗和恢复的关系

运动时能量物质被消耗而减少，如ATP、CP、肝糖元、肌糖元及脂类、蛋白质也因运动时的代谢加强而减少。不同能量物质在不同项目运动时消耗不同，如短时间、强度大运动时，ATP、CP的消耗和减少是导致疲劳的重要因素，长时间剧烈运动时，

ATP、CP数量变化不大，而肌糖元、脂肪被消耗；力量练习时，蛋白质分解较明显，运动对身体物质的影响不是平均的。

运动后消耗的物质通过食物和各组织器官之间相互补充，逐渐恢复。在恢复过程，被消耗的物质不是简单的恢复，而是有一个阶段可恢复至比原来数量还多，这种现象叫“超常补偿”或“超量恢复”。物质在超量恢复以后，又会下降至原来水平上波动。在消耗和恢复过程中可以区分为如下几个阶段：消耗——恢复——超量恢复——原来水平上波动。在这过程中最引人注目的是超量恢复，它是运动能力提高的一种表现。但超量恢复和消耗及恢复过程中的营养补充，休息手段有关。因此，在讨论超量恢复时，不能脱离整个过程。

首先我们谈谈消耗和恢复的关系。用电刺激动物肌肉收缩时，可见肌糖元减少。肌糖元减少和恢复及超量恢复和刺激强度关系最大，当刺激次数相同，刺激强度不同时，在一定范围内强度越大肌糖元消耗越多，超量恢复也越明显。当刺激强度过大时，恢复和超量恢复过程反而变得缓慢了。这和训练中在一定范围内，运动强度越大，能力提高越明显，但强度过大，则会导至恢复过程延缓是一致的。说明运动量要大，但又不能过大。

其次，在恢复过程中，各种被消耗的物质恢复速度是不相同的，它们的顺序是：ATP、CP、肌糖元、肝糖元、脂类、蛋白质。因而，它们达到超量恢复的时间也是不相同的，时间的长短和消耗的多少有关，一般说来ATP、CP在几分钟以内就可恢复，肌糖元、肝糖元要几小时甚至几天，脂类和蛋白质就更长些，但关键是看运动项目，正如举重一次，和跑马拉松一次的区别那样，笼统的讲是很难的，只有在训练中和生物化学研究配合起来才能评定。

最后，影响恢复过程速度的因素是许多的，但从生化上看来，营养和休息最为重要，营养和休息手段安排得好，能加速恢复过程。如在剧烈的长时间比赛后，易消化的白糖、葡萄糖等可分次补充100~200克，大运动量训练期间蛋白质供给量可增至每公斤体重2~3克，尤应多吃些动物性蛋白。休息方法也要注意。如中跑或游泳训练中的休息，采用慢跑、慢游比静坐更易于乳酸的消除，比赛和大运动量训练后，睡眠和文娱活动都要作出安排，把休息方法列到训练计划中去。

2、运动后恢复期的物质代谢

恢复期中不单是物质恢复，更重要的是机能的恢复和提高，这是阐明超量恢复的机理和掌握超量恢复的基础。这方面的研究还不多。现在了解，在运动时，ATP消耗增多，能量需求大，使整个代谢旺盛起来。当运动停止时，各种代谢产物在细胞内堆积，代谢还保持较为旺盛的水平，能量消耗比运动时减少，过剩的能量就被用以合成被消耗的物质，如果从营养中补充一些原料，则合成更多，还被称为一种能量的后作用。在分析运动后肌肉中酶活性和代谢产物变化时，看到了有氧代谢过程有一个活跃的被动变化，可能是造成物质出现超量恢复的原因之一。

二、运动员身体机能状态的生化评定

经常了解运动员的工作能力和身体状况，据此以安排训练和比赛选拔运动员都是很重要的。人体机能状态是综合性的反映，生物化学的评定只是一个方面。在实际应用

时，应考虑到各方面的因素。从生物化学方面去评定机能状态，内容和方法是很多的，这里只是介绍目前被应用的几种方法。

1、血红蛋白（又称血色素）：是红血球中的含铁蛋白。它的主要功用是运输氧、对二氧化碳也有运输作用。因此，血红蛋白的数量和氧输送的数量有关，血红蛋白减少，氧供应也减少，耐力便下降，故常测定血红蛋白以了解运动能力。对运动员的大多数研究认为，运动员血红蛋白数值和正常人相近，可选用正常人数值为正常值，即男性为12~15克%；女性为10.5~13.5克%。低于标准的（男12%；女10.5%）为贫血。研究我国运动员时发现，在大运动量训练期中，身体机能差（如过度训练时），血红蛋白下降，甚至有个别运动员低于正常值。出现运动性贫血。当身体机能状态好，精力充沛时，血红蛋白上升，常与比赛成绩有关，故也有人查血红蛋白以了解运动员的竞技状态。

2、尿素：尿素是蛋白质的代谢产物，它主要在肝中生成，由血液运输至肾脏排出体外。在长时间运动或肌肉中能量平衡失调，利用蛋白质分解以供能较多，或肾脏机能下降时，都可能导致血尿素增加，运动员在训练期中，对运动量或环境（高原训练）适应能力差，机能下降时，血尿素常保持在较高水平上。故在大运动量训练或环境改变时，可在晨安静时取血，分析血尿素以了解运动员身体情况。

3、血清磷酸肌酸激酶（CPK）：这种酶是催化ADP与CP能量转移反应的。在骨骼肌和心肌中都含有丰富的CPK。当运动量过大，或运动员身体不适应时，血清CPK活性大大增加，它主要是来自于骨骼肌，这说明骨骼肌系统机能下降了，应及时调整运动量。

4、血乳酸：肌糖元在无氧分解时的产物为乳酸。扩散进入血液，血液乳酸能反映出肌肉中乳酸变化。运动员在缺氧下运动时，乳酸生成数量多，是无氧代谢能力好和身体忍受酸性刺激、缓冲能力强的表现，一般在运动后15分钟即可恢复二分之一，30分钟可恢复至运动前水平。如运动员同在完成相同400米比赛或测验时，血乳酸值升高，运动后又恢复得快时，便是机能提高。反之便是机能下降。

5、尿、汗中蛋白质：正常人尿、汗中蛋白质含量极微。在剧烈运动后常见尿蛋白增加，一般可增加2~40倍。增加的数量和运动量、运动强度、身体状况、运动项目等因素有关。一般在运动强度、身体状况差时增加最明显。因此，可在运动后收集运动员的尿查尿蛋白。但在分析结果时要注意，尿蛋白的数量存在很大的个体差异性。在评定机能状态时，只宜于运动员“自己和自己比”，不宜于相互间比较。当大运动量训练时，尿蛋白增加，很快又下降时，这是适应运动量的表现。如大运动量训练后，尿蛋白增加，持续几天又不下降，这是对运动量不适应，机能下降的表现。

运动时汗中蛋白质排泄也增加1~4倍，当运动到疲劳时汗中蛋白质反而下降，这是机能下降的一种表现。

6、尿肌酐：尿肌酐是肌肉中CP的代谢产物。它反映肌肉中CP的数量和代谢。正常人每天尿肌酐排泄量很稳定，它的数量和肌肉发达程度，性别、年龄有关。每公斤体重排泄量称为肌酐系数。运动员肌酐系数高于同年龄的非运动员，在不同运动项目中，体操、短跑运动员又最高。肌肉力量好的运动员，尿肌酐系数较高。因此，在训练期中可定期检查尿肌酐系数，以评定力量、速度训练的效果。

7、尿胆素原：尿胆素原是血红蛋白分解代谢产物。血红蛋白的血红素部分经过一系列的变化在肝中生成结合胆红素，随胆汁排至肠道后，再逐步被还原为尿胆素原，大部随粪便排出，小部分被重吸收入血，入肝后仍以原形排至肠道，仅有小部分经体循环而由尿排出，即为尿胆素原。尿中原胆素原排泄量和下列因素有关：

1) 与肾小管管腔的酸碱度有关。酸性尿中，尿胆素原成为不解解的脂溶性分子易被吸收、尿中排出量便减少。反之，在碱性尿中，尿胆素原排出量增加。

2) 与胆红素的形成量有关。当在溶血过多等情况下，胆红素来源增加，肠道产生及重吸收入血胆素原增加，从尿中排出的尿胆素也增加。反之，则减少。

3) 当肝细胞功能下降，从肠道吸收的胆素元不能有效地随胆汁排出，从尿中排出增加。

4) 剧烈运动或肾功能不良都会影响其排出量。在研究运动员的尿胆素原排出量时，发现当加大运动量、身体疲劳或机能下降时，晨尿中尿胆素原排泄量增加，因此，在大运动量训练期间可查晨尿中尿胆素原以了解运动员身体状态。

近年来，我国研究了血清蛋白、尿中儿茶酚胺等和运动员身体机能状态的关系，取得了一定的进展，机能评定是当前运动医学中的重要课题，今后，应大力开展。

第六讲 体育锻炼的生化问题

在人的一生中，按生长发育的规律，从幼年直至老年，大致可以分为七个时间，即婴儿期（出生到1岁）、幼儿期（1岁到6~7岁）、童年期（6~7岁到11~12岁）、少年期（11~12岁到16~17岁）、青年期（17~18岁到23~25岁）、成年期（25岁到更年期）、老年期（更年期以后）。从婴儿直到老年期之间身体的组成和物质代谢都有不同的变化和特点，要科学地进行体育锻炼，就必须了解其规律。

一、儿童、少年身体的生化特点和体育锻炼

儿童、少年身体正处于生长发育期，必须科学地进行体育锻炼以促进身体健壮地发展。儿童、少年身体生化特点和成人比较具有如下生化特点。

1，儿童、少年身体中许多酶活性较高。如与骨骼生长有关的碱性磷酸酶，和蛋白质代谢有关的谷一草转氨酶，此外，延胡索酸酶、琥珀酸脱氢酶、细胞色素氧化酶、糖元磷酸化酶、磷酸肌酸激酶等，在儿童、少年时期酶活性皆较高，说明儿童、少年身体物质代谢过程旺盛，使活动后身体易恢复。体育活动可以提高酶活性，酶活性提高后有利于体内合成代谢过程的改善，从而促进身体发育。

2，儿童、少年期血浆总蛋白和白蛋白较高。血浆总蛋白和白蛋白和生长发育有关，白蛋白是组织蛋白质合成的原料，为了保证儿童、少年身体正常的生长发育，食物中必需有足够的数量和质量好的蛋白质，在体育锻炼时尤应注意增加，故有人提出儿童、少年在体育锻炼时每天蛋白质要增到3克/公斤体重，才能满足身体需要。

3，儿童、少年期体内血红蛋白、肌红蛋白低于成人。肌红蛋白是肌肉中氧的仓库。血红蛋白主要是输送氧气，血红蛋白数值低影响各组器官氧的供应。因此，儿童、少年参加体育锻炼时身体容易缺氧，故不宜进行时间较长，强度又较大的运动。血红蛋白

又是肌肉蛋白质合成的原料，如果食物中蛋白质供给不足，血红蛋白常被用以合成肌肉蛋白质，容易引起血红蛋白下降，故儿童、少年进行体育锻炼或训练时，运动性贫血较成年人多。

4，儿童、少年在完成和成年人相同的运动负荷时，血乳酸变化幅度最小，体内维持酸碱平衡的能力也较差，这是儿童、少年速度和速度耐力较差的原因之一。

二、中老年人身体生化特点和体育锻炼

在中老年期人体逐渐衰老，进行体育锻炼时需要适应这种身体特点。

1，老年人血红蛋白低于成人，红细胞也产生相应的变化，衰老的红细胞所含水分、钾、磷脂、ATP等减少，糖无氧代谢酶活性较低，而钙离子、长链脂肪酸、高铁血红蛋白相对增加，这些变化将导致红细胞变得僵硬，和氧亲和力增加、在体育锻炼时，由于血流加速，变僵硬的红细胞通过微循环时容易损伤，故老年人不宜进行激烈的体育活动，和易因激烈运动引起贫血。

2，老年人在安静时血糖值较高，这是由于老年人对降低血糖的胰岛素敏感性减弱的结果，所以中老年人糖尿病患者较多。体育锻炼是治疗糖尿病的有效方法之一，如进行30分钟体育活动，可使血糖下降12~16毫克%。这是由于细胞膜上有转运葡萄糖的载体蛋白，当体育活动时载体蛋白运转葡萄糖加快，提高组织对胰岛素的敏感性，这可能是糖尿病患者体育锻炼时葡萄糖利用改进，使血糖下降的原因。因此，有人提出一般糖尿病患者如能每日步行6公里，会对疾病有益。

老年人体内糖元贮备量较低，糖代谢能力也较差，血红蛋白也较低，故老年人激烈运动时能量供应较差。

3，老年血脂各项指标也较成年人高，血中胆固醇、甘油三酯高是引起血管衰老（动脉粥样硬化）的危险因素。但血脂不溶于水，都与蛋白质结合为脂蛋白而运输，运输胆固醇的主要是低密度脂蛋白和高密度脂蛋白，转运内源性甘油三酯的是极低密度的脂蛋白，由于脂蛋白是血液中运输脂类的载体，因此，脂蛋白对血管的影响也是重要的因素。

老年人经常进行长跑锻炼可使血中甘油三酯下降，高密度脂蛋白增加，这对保护血管，防止血管衰老有好处。有高血压、冠心病的老年人适当进行体育锻炼后，血浆中高密度脂蛋白增加，这有利于周围组织中胆固醇的清除。

体育锻炼对促进健康，增强体质有好处，儿童、少年和老年人身体和青年、中年人不同生化特点，注意掌握这些规律，才能使体育锻炼的效果更好。

运 动 医 学

绪 论

一、运动医学的目的及任务

运动医学是研究体育运动中的医学问题的一门应用科学，其目的是贯彻毛主席关于“发展体育运动，增强人民体质”的方针，更有效地促进体育活动参加者的身体发育，增进健康，提高运动能力和技术水平。运动医学要“预防为主”、“中西医结合”，实行体育与卫生相结合，更好地为三大革命运动服务。

运动医学的任务

1. 研究体育运动参加者的身体发育、健康状况和训练水平，为体育教学、训练和比赛提供科学根据。
2. 研究体育教学、运动训练和比赛的组织和方法是否符合体育运动参加者的身体特点，进行医学指导；
3. 研究影响体育运动参加者健康的各种外界因素，并制定相应的卫生措施；
4. 研究运动性伤病的发生规律和防治方法。

运动医学的内容包括运动卫生、医务监督、运动损伤、运动性疾病、医疗体育和按摩等。这些内容与解剖学、生理学以及其他有关医学有密切联系。因此，学习运动医学必须掌握好解剖学、生理学等有关基础知识。

运动医学是体育学院系学生必须学习的一门体育专业应用学科。

学习运动医学的意义如下：一、在体育专业学习期间，学会用运动医学知识来增强体质，进行自我医务监督，防治运动性伤病和提高训练水平；二、在今后的体育教学训练中，正确运用运动医学知识和技能来改进教学训练，保证和促进体育运动参加者的健康，积极配合有关医务人员切实做好体育和卫生相结合的工作；三、由于体育运动技术水平不断发展，运动越来越剧烈，动作难度越来越高，对身体的影响越来越大，因此掌握运动医学知识有利于今后做好教学、训练和比赛等工作。

学习运动医学必须以辩证唯物主义的观点为指导，正确认识结构和机能、局部和整体、机体和环境的对立统一关系，贯彻理论和实践相联系的学风，学以致用，学用结合，树立全心全意为人民服务的思想，发扬“救死扶伤、实行革命的人道主义”的精神，在学习和工作过程中，要不断总结经验，进行研究，提高体育教学训练的科学水平为赶超世界先进水平作出贡献。

二、国际运动医学的发展概况

随着世界范围内体育竞赛活动的日渐盛行，在运动过程中引起了一些损伤或疾病。这个问题，首先在运动员中提出来了。对这些运动员的伤病如何治疗，如何预防，问题提到了运动医生面前，这是运动医学的开始。1924年德国成立了“运动医师联盟”，到1928年成立了“世界运动医学会”简称FIMS。现在已有六十多个国家参加了这个组织。

二次大战以后，体育运动和竞赛比以前更为兴旺，随着运动训练的技术水平，难度和强度的提高，锻炼手段的不断改进，锻炼方法的不断更新，对医学方面提出了一些新问题。运动医学专家单纯用临床方法是解决不了这些问题的，必须从运动角度对人类机体重新加深认识，才能解决这些问题。

1964年东京奥运会期间，第一次把世界从事体育科学的人聚集一堂讨论这个问题。从那以后，这样的世界范围的体育科学集会经常举行。

直到1976年蒙特利尔奥运会再次证明运动医学已成为现代体育的一个不可分割的重要组成部分。国际运动医学学会主席普罗科普教授指出：随着体育运动的发展，特别是竞技体育的发展，如果没有一个与它相适应的运动医学的发展，是不可想象的。

目前国际运动医学研究的动向有以下几点：

1. 基础理论的研究加强了；
2. 运动医学研究的对象扩大了；
3. 运动损伤的专题比以往大幅度下降；
4. 研究体育运动与抗衰老的关系；
5. 研究设备的电子化。

第一讲 体格检查

第一节 体格检查的意义及内容

随着我国体育运动技术水平的提高，教练员和体育工作者在训练和教学中还需要研究不同专项对儿童少年身体发育的影响，以及不同运动项目在选择时的特定要求，这就需要同时对体育运动参加者进行全面的体格检查。

体格检查的内容很多，它包括既往史、一般临床物理检查、体表检查、人体测量、机能检查。比较详细地检查时，可增加化验检查、X光检查、心电图检查等。

第二节 形态检查的意义及内容

一、意义

1. 为选材提供客观依据

随着体育运动的发展，人们总结出人体的形态与运动训练有密切的关系，目前运动员形态的研究工作已经引起了广泛的重视。不少人认为从儿童起选拔有前途的苗子加以

培养，已是攀登世界体育高峰的先决条件了。

一般认为选材包括：人体形态、生理机能运动能力和思想品质因素等等，它们之间有着密切的联系，选材时应全面考虑。不少人认为在以上几方面因素中，最重要的是体型；特别是篮、排球和体操等项目更为突出。为了攀登世界体育高峰和正确地选拔运动员，目前一些国家，对运动员的形态进行了多方面的研究。如体型和体质、体型和心理、体型和机能的关系。以及对人体形态进行普查，研究形态年龄特征，如何加强形态测量在运动实践中的应用。测定世界优秀运动员的体型特征，制定优秀运动员的体型“模式”，以及不同项目运动员身体形态的特征等等。

1976年世界体育科学会议确认，体型的测量是体育科学的一个组成部分，要求教练员和运动员自觉关心体型条件和形态改造，重视体型的发展对运动成绩的影响。我国对形态普查和运动员形态特点的研究工作也在积极开展，已获得了大量基础数据，对科学地选拔运动员和评定人体发育指标具有一定的理论和实践意义。

2. 测定儿童、青少年身体发育水平和身体特点，发现其缺点及不足，以便采取必要的改良措施。并将前后检查材料对照，可评定体育锻炼效果。这对正在生长发育过程中的儿童、青少年极为重要。

3. 运动训练的形态学监督

大运动量大强度的训练，必然引起机体各种各样的形态学变化和机能变化。因此在教学和训练中越来越广泛地采取形态学指标，以作为医务监督的手段。即通过对人体形态指标、指数的测量，结合机能试验综合评定，以检查教学训练效果，确定最适宜的运动量。

(1) 对全身主要肌群进行测定，鉴定肌肉发育情况和身体各部分的比例，以检查训练效果，为运动员技术发展和训练方法的改进提供依据。

(2) 体重指标的监督

体重在很多项目中对成绩的影响很大，如跳高、体操运动员的质量越大，运动时惯性阻力也越大，阻碍成绩提高。因此监督体重，严格遵守饮食和作息制度，保持机体的稳定发展，越来越被重视。测量比赛时期的体重指标，是反映运动员机能状态的重要指标之一。

(3) 脂肪层指标的监督

(4) 身高、足弓指标的监督

根据这些指标连续及对照观察，是反映训练对机体影响程度的指标之一。

二、内 容

1. 体表检查：体表检查包括：脂肪厚度、脊柱形状、腿的形状、足的形状等几个方面。

(1) 脂肪厚度

I、脂肪与人体健康及运动能力的关系。

脂肪是组成人体的重要成分，也是三大能量物质之一。脂肪对人体有着重要的作用，但过多的脂肪的堆积，则对人体有害。近年来大量研究材料明证，随着科学技术的

进步，高层公寓的发展，人类活动相对减少，人体脂肪过多的堆积，给人类的健康造成了很大的威胁，带来了所谓的“文明病”，如心血管系统的疾病（血脂过高、动脉硬化），糖尿病（脂肪代谢障碍）、脂肪肝（肝脏中脂肪的过多堆积）等等。

对运动员来说，更应注意减少体内过多的脂肪，因为这将直接影响运动能力。严重妨碍运动成绩的提高。

人的皮下脂肪是与运动能力有一定的相关性。脂肪与柔韧性、灵活性和反应速度是一种负相关关系，因为肌肉中脂肪过多造成的摩擦有碍肌肉收缩。脂肪过多对循环系统也是个负担，每增加一磅脂肪，要相应增加一英里长的毛细血管。因此运动员的最大吸氧量与低百分比的体内脂肪成正相关关系。

II、脂肪与运动项目的关系

不同的运动项目对脂肪层厚度有不同的要求，某些运动项目把脂肪厚度作为选材的指标。中长跑运动员要求脂肪含量低，日本中长跑选材时，把脂肪厚度作为鉴定运动员耐力发展前途的指标之一。

III、脂肪厚度的动态观察比较

通过动态地观察脂肪厚度和体重增减的情况，可以了解体重增减同体内脂肪的多少是否有关。所以目前许多优秀运动员都采用定期的皮下脂肪测定，作为形态学监督的一种手段。

对同样体重的人，脂肪的厚度对判定人体属肥胖型或肌肉型有很大意义。

IV、“去脂体重”的推算

这是测量体重的一种新方法。体重是由肌肉、骨骼、脂肪、水份等组成，而脂肪在一定程度上对人体的意义不大，故用“去脂体重”这一指标，更精确地反应人体的有效成份，以及脂肪在人体所占的比重。

由于直接测量“去脂体重”的方法，比较复杂，所以目前国际上多采用公式推算法，进行间接测定。

(2) 脊柱形态

I、脊柱正常形态

脊柱是人体躯干的中轴，具有支持、负重、吸收震荡、运动和平衡身体以及保护内脏和脊髓等作用。

从侧面观，人体脊柱有四个象弹簧样的生理弯曲，即颈和腰前凸胸和骶后凸。在这几个生理弯曲中，两个前凸较为灵活，担负主要功能。从后面观，脊柱棘突应在一直线上。

II、脊柱形状分类

在正常的情况下，从侧面观。弯曲应有3~5厘米凹陷，超过这个限度，即属于异常弯曲。根据脊柱前后弯曲的情况。可以将背的形状基本分为：正常背、园背（驼背）、直背（平背）、鞍背。从后面观，棘突连线离开中心线，即为脊柱侧弯，如O形侧凸和S形侧凸。

III、脊柱的形态与运动训练的关系

目前这也是体育科研的课题，如一侧用力较多的项目，网球、乒乓等对脊柱侧弯的

影响，武术及女子体操运动员的鞍背问题等等。都是有待进一步要研究的问题。苏联学者研究，大强度的大运动量训练（一日一次，每次2.5小时）后，脊柱正常者为“多环节反应”，休息八小时就可恢复。脊柱前凸的运动员，则需12~15小时，而脊柱平直的运动员，则需16~20小时方可恢复。可见脊柱正常者恢复最快，为此这一指标，也可作为形态选材的参考。即在条件相仿的运动员中脊柱正常的人是较有前途的。脊柱前凸的运动员，适宜于完成脊柱灵活性较大的动作，而脊柱平直的运动员，则能较容易掌握高难度的纵轴转动动作，往往能在某些单项上取得很高的成绩。

（3）腿的形状

以立正姿势站立时，如两膝和两足的内侧面都能互相接触，为正常型。如果两膝能接触而两足不能靠在一起，并且相距1.5~2.0厘米以上，就称“X”形腿；如果足能靠在一起而膝不能接触，并且相距1.5~2厘米以上，则称“O”形腿。

腿的形状的异常，在某种程度上影响关节的灵活性，并且它显然会影响一些项目如体操、跳水的动作美观，而这一异常形态，又很难通过后天的训练予以改变，所以在选材时应考虑这一问题。

（4）足的形状

足的形状可分为：正常、轻度扁平、扁平足三种。采用“印迹划线法”进行检查。

足底的形状反应了足弓的高度，足弓是人体承受负荷较重的部位，几乎是各项运动选材的参考指标。因为扁平足患者，足部容易疲劳和疼痛，也不利于走跑和弹跳力量的发挥，在剧烈的运动后，常患足痛、腿痛、膝痛和腰痛。

在运动训练中，由于足部负担量过大，特别是要求弹跳的项目运动量过大，使维持足弓的肌肉疲劳，也可造成足弓塌陷，而影响运动成绩的提高。

2. 人体测量

人体测量指标一般包括身高、坐高、体重、胸围、四肢长度、颈长和肌力等。其中身高、体重和胸围三项为基本发育指标，每次必须测量。其它指标可根据需要和条件具体掌握选用。

为了测量结果正确，需要注意下列几项：

第一、测量某一指标，应做到统一方法，同一仪器，尽量在相同条件下进行。初次和再次测量的时间最好一致；如第一次测量身高和体重是在上午，第二次也应安排在上午，便于比较；

第二、测量的方法力求准确无误。使用的仪器可因地制宜，土洋结合，要求准确；

第三、测量身高、体重、胸围时，被测者应脱去外衣、外裤及鞋子，只穿背心短裤；

第四、仪器在使用前要校对，每测量100人后要校对一次。

（1）身高

身高主要反映骨骼发育情况。同一人的身高在一天内有变化；早晨最高，晚上最低，一般相差二厘米左右。这是因为经过一天的活动和身体重力的压迫，使椎间盘变薄，椎体间隙变小，肌肉韧带疲劳使脊柱的弯曲度增加以及足弓变浅等因素造成的。经过适当的休息和睡眠后，身高又可复原。儿童少年身高随年龄增长而增高。

测量身高的意义

I、身高是观察运动量大小，评定疲劳程度的医务监督指标之一。运动量对身高有明显的影 响，次日或长期不能恢复，反映运动量是不恰当的应做适当的调整。

II、身高可以作为选材的依据

A. 身高“模式”

不同训练项目对身高有不同的影响，各个训练项目也对身高有一定的要求，经过统计调查各项的模式体型中，已列出理想的身高数据，因此身高指标已被普遍的用于选材。

B. 身高的预测

因为某些运动项目如球类，要选身材高大的运动员，这就提出了身高预测的问题，目前有各种身高预测方法，如梅德维德氏身高对照表等，以为选材提供参考预测数据。

C. 研究身高的动向

身高是目前体育科研被重视的问题之一。研究影响身高的因素，是从各个方面着手进行的。如身高与骨令、身高与营养、身高与运动训练、身高与遗传的关系等，都是正在研究的课题。

(2) 体重

体重是身体发育状况的重要指标，反应人体肌肉发育程度和营养状况，体重受年龄、性别、生活条件、气候条件和体育锻炼等因素的影响。

测量体重的意义：

I、体重与医务监督

在运动训练中，体重可作为医务监督的一个指标，用以观察运动员疲劳程度和运动量的情况。如训练后和次晨测量体重，看其恢复的情况。在一次训练或比赛后，由于能量消耗和排汗，体重可下降 2~5 斤，甚至更多。一般 24 小时左右，即可恢复。成年人体重相对稳定，如体重持续下降（进行性下降）常反应身体机能不良。如若体重持续下降 1/30 以上，可能是早期过渡训练的征象。相反体重持续上升是运动量较少的标志。

II、体重与青春发育期

儿童少年正在生长发育时期，体重随年龄增长而增加。对青春期的女少年运动员，尤其需要注意控制饮食，增强身体的代谢功能，保持体重的稳定，这对以后运动能力的发展有重要作用。

III、降重问题

体育运动中的某些项目，是按体重的大小分级进行比赛的。如举重、摔跤等项目就是这样一种体重与运动成绩有很大关系的项目。所以在这些项目的比赛中，就有一个如何减轻体重而又不影响体力的问题需要研究解决。目前采用的方法也是多种多样的，如：有计划地控制饮食、蒸气浴、口服利尿药物及维生素、中药强身去脂丸、田七以及牛奶降重法等等。

IV、体重与选材

由于不同的运动项目，对体重有一定的要求，所以体重在选材中占有相当的比重。为此制定不同项目的模式体重，以供选材及训练参考。

(3) 胸围及呼吸差

胸围及呼吸差——胸围反映胸廓的大小及胸部肌肉发育情况。深吸气时与深呼气时胸围之差叫呼吸差，可反映呼吸器官的功能经常进行体育锻炼，能使胸围及呼吸差增加。一般成人呼吸差为6~8厘米，有训练的人为8~10厘米，游泳中长跑运动员的呼吸器官和肌肉较为发达，呼吸差亦较大。儿童少年时期，胸围及呼吸差随着年龄的增长而增加。

测量胸围时，被测者直立，两臂自然下垂，性成熟前男女测定方法相同，将皮尺围胸廓一周，皮尺前方放在乳头上，后面置于肩胛骨下角。

性成熟后，对女子的测量前面放在乳头上缘（相当于第四肋骨与胸骨连接处），后面置于肩胛骨下角。先测安静时胸围，再测深吸气时胸围，最后测深呼气时胸围。

第三节 机能检查内容及方法介绍

安静时人体内脏器官的活动不其强烈，机能变化不易显示出来。进行体力活动时，各器官活动加强，尤其是心血管系统的机能明显提高，如心跳加快，血压升高等。因此，此机能检查可以反应内脏器官的机能能力，它是体格检查的重要内容之一。一般常用的有心血管系统和呼吸系统的机能检查。

一、心血管系统机能检查

一般是用“运动负荷试验”，其方法是让被测者进行定量工作（或叫定量运动），测量运动前后脉搏、血压的变化以及恢复时间。至于运动负荷量的大小、做法和要求，可根据不同年龄、性别、健康状况和训练水平等具体情况自行设计。进行系统观察或相互比较时，所用负荷应当相同。做负荷动作要正确、认真，测定脉搏和血压要迅速准确，不能超出规定时间，否则就会影响评定效果。运动负荷试验可在室内或室外进行。

运动负荷试验很多，常用方法如下。

1. 一次机能试验——30秒钟20次起蹲

这种试验用来检查健康人或初参加体育锻炼的人。

被测者静坐片刻，测量安静时脉搏数（以10秒钟计算），取其稳定值，即连续测三个10秒钟脉搏数基本一致时，再测血压。然后被测者起立，两足开立同肩宽，两臂自然下垂，接着做起蹲动作。下蹲时，足跟不离地，两膝要深屈，两上肢前平举，起立后，两臂回复原状。如此重复20次，要求动作速度要均匀，并在30秒钟内做20次。起蹲结束后，每分钟测量脉搏和血压一次（前10秒钟测脉搏，然后紧接着测血压），共测3分钟。

评定方法——主要根据运动负荷后脉搏变化的两方面情况来评定一是上升的高度，二是恢复的快慢。一般来说，负荷后脉搏上升不多，恢复快是机能良好、训练水平较高的表现；反之，则为机能较差训练水平较差。

据过去的资料，30秒钟20次下蹲后，第一个10秒的脉搏升高数一般不应超过安静时的70%，三分钟内应恢复。

2. 联合机能试验

联合机能试验是由三个不同时间、不同强度的一次机能试验组成的，负荷强度大，

时间长，适合于检查身体训练程度好的运动员。

试验开始时，首先还是按照上述方法测量安静时的脉搏和血压，接着就按顺序作三个一次机能试验。

(1) 30秒内20次起蹲，做完后按上法测量恢复期脉搏和血压，共测3分钟。

(2) 15秒钟原地快跑。跑完后按上法测量恢复期的脉搏和血压共测4分钟。

(3) 3分钟原地跑(女子或青少年运动员一般2分钟原地跑要求每分钟变频180次，强度相当于男子跑3000米，女子跑800米。跑完后按上法测量恢复期的脉搏和血压，共测5分钟。

联合机能试验各部分之间都应密切连接。在检查时要严格遵守时间的限制，做完20次起蹲并经过3分钟恢复期后。紧接着开始做15秒钟原地快跑，同样做完15秒钟原地快跑，并经过4分钟的恢复期后，就要很快做原地3分钟跑。

由于本试验的负荷量较大，又对机体提出不同的要求，所以更能有效地检查心血管系统的机能。试验的速度性部分(15秒钟原地快跑)能测定机体迅速加强血液循环的能力，而耐力性部分(3分钟原地跑)能测定机体使循环机能保持高度水平的能力。至于试验的第一部分(20次起蹲)，对于有训练的人来说则视为准备活动。本试验可以反映一般速度和耐力素质。

评定方法

联合机能测验主要根据脉搏频率、收缩压、舒张压的改变及其恢复情况进行评定，通常有下列五种类型。

- (1) 正常反应
- (2) 紧张性增高
- (3) 紧张性不全
- (4) 无力反应
- (5) 梯形反应

心血管系统机能试验的反应指标除与上述种种原因有关外，还受其它因素的影响，包括其它系统的机能状态、不同的年龄、性别以及外界环境等。例如，青少年运动员由于身体各系统和器官正在迅速发育成长时期，所以心血管系统兴奋性高，即使在机体正常情况下在负荷试验时亦可出现紧张性增高反应或紧张性不全反应。因此在评定机能试验结果时，还应参照其它检查材料、运动成绩以及被测者的具体情况进行综合评定。

3. 台阶试验

(1) 方法——受试者以1分钟30次的速度，上、下50厘米高的台阶(女子用42厘米高的台阶)，连续做5分钟。如中途不能完成，则记下持续时间(以秒计算)。登台阶可以左右腿轮换，每次上台阶后须伸直腿后再下来。

检查者喊口令1~2~3……，或用节拍器控制受试者上下速度。

负荷后立即坐下，并同时开始计时，测运动后第2、3、5分钟前30秒的脉搏。

(2) 评定——(1)标准评定法：按下列公式计算：

$$\frac{\text{登台阶运动持续时间(秒)}}{2 \times 3 \text{ 次脉搏数之和}} \times 100 = \text{评定指数}$$

评定指数：小于55为劣

55~64为中下

80~89为良

65~79为中上

大于90为优

例如：某学生台阶试验后（做完5分钟）第2、3、5分钟前30秒的脉搏各为62、50、44。其评定指数为：

$$\frac{5 \times 60}{2 \times (62 + 50 + 44)} \times 100 = \frac{300}{2 \times 156} \times 100 = 96$$

评定指数大于90，机能为优

二、呼吸系统机能检查

1. 五次肺活量试验

方法：让受试者连续测五次肺活量，每次间隔15秒钟（吹气时间在内），记录各次结果。

评定：各次数值基本相同或逐次增加者为机能良好逐渐下降，特别是最后两次明显下降者，为机能不足的表现。

闭气试验

方法：让被测者静坐后，分别测得吸气和深呼气后的闭气时间（用手捏住鼻孔，不得漏气），记录结果。

评定：一般男生吸气后的闭气时间持续10秒左右，女生持续25秒左右；呼气后的闭气时间男生持续30秒左右，女生持续20秒左右。经常参加体育锻炼者，闭气持续时间可达一分钟以上。

第四节 体检材料的分析评定

体格检查的目的在于了解被检者的生长发育处于什么水平，或有什么缺陷，以便采取措施促进其更好地生长发育，或纠正缺陷。这对正处于生长发育时期的儿童少年来说，意义很大。为此，对体格检查的材料应及时分析评定，针对发现的问题采取积极措施，以使体格检查起到应有的作用。可见，体检材料的分析评定是整个体检工作中十分重要的一环。

体检材料的分析评定应包括身体发育水平、发育上有无缺陷（如平足、脊柱弯曲等）以及机能状况（如心血管系统机能等）几方面。关于身体发育缺陷和机能状况的评定，在前面有关章节已经讲述，这里主要讲身体发育水平的评定。

由于体格检查的指标很多，每一种指标仅反映身体发育的某一方面的情况。如体重只反映人体的重量，身高仅反映人的高度，所以每项指标都是孤立的。然而，人体是一个统一的整体，身体发育的各项指标之间必然存在一定的关系。为了避免单项指标的片面性，较正确和全面地反映人体的发育状况，必须将几项指标结合在一起来进行评定，国内外曾根据身体发育的主要指标（身高、体重、胸围等制订了一些评定方法，如相关法、指数法、体型图法等。下面介绍相关法、指数法和标准法。

一、相关法

相关法是目前比较好的一种方法，正在国内推广使用。它制定标准时比较复杂，但使用时较方便。相关法的原理是以身高为自变数，体重或胸围为因变数，利用体重或胸围与身高之间的函数关系作为基础，在此基础上制定相关评价表，以进行评定。

二、指数法

指数法利用身体发育各指标之间的相互关系，按数学法则将两项指标结合为某种指数，以反映身体某一方面的发育情况。这种方法比孤立地用单个指标要好一些，因为人是一个整体，身体各部分的发育有一定比例关系，如一个人的身高很高，但体重或胸围相对很小，则发育不能算好。常用指数有如下几种：

1. 体重/身高指数（克/厘米）——表示在1厘米身高中有多少克体重，反映体重与身高的比例关系；指数大，表示体重相对较大。

2. 胸围/身高指数 $\left(\frac{\text{胸围(厘米)}}{\text{身高(厘米)}} \times 100\% \right)$ ——表示胸围占身高的百分比。反映

胸围与身高的关系；指数大，表示胸围相对较大。

3. 肺活量/体重指数（毫升/公斤）——表示1公斤体重有多少肺活量，反映肺活量的大小；指数大，表示肺活量相对较大。

三、标准法

在评定身体发育时必须进行比较，因此必须有个“标准”。

所谓“标准”，是指不同性别和不同年龄组的各项身体发育指标的平均水平，它是通过对大量体检材料用统计学方法制定出来的。必须指出，所有“标准”都是相对的，有一定的时间性和地区性。因为社会经济条件，体育和卫生等状况不同。必然会对人体的生长发育和健康水平有所影响。如我国解放以来，由于社会经济发展，人民生活水平和卫生条件不断改善，体育运动普遍开展，因而人体的生长发育水平也逐年提高。例如，广东省解放以来3次调查（1952年、1963年、1974年）表明，每次的生长发育水平都较前一次高。以1974年与1963年比较来看，男生身高增长3.31厘米，体重增长1.55公斤，胸围增长1.16厘米。所以，如果用过去的“标准”来评定现在的生长发育状况，显然是不合适的。

此外，不同的地理环境对人的生长发育也有一定影响，如我国北方人与南方人的生长发育水平就有一些差别，据广东省1974年调查，广东城市儿童少年发育水平低于北京、杭州等城市。一般来说，我国现在儿童少年的生长发育水平是北方高于南方，城市高于农村。

因此，在评定身体发育水平时，一定要注意所用“标准”的时间性和地区性。最好使用最近时期的，本地区或相近地区的“标准”。

评定身体发育状况时，除与“标准”进行比较外，还可进行相互比较和动态比较。

相互比较可以个体之间的比较，或集体之间比较在进行相互比较时，应注意两者的条件（年龄、性别）是否恰当，否则没有意义。

动态比较是个体或集体的现在状况与过去状况比较，可反映增长变化情况。

第二讲 运动训练的医务监督

第一节 医务监督的意义

一、什么是医务监督

用医学生理学方法，对从事体育运动的人（包括运动员）的身体进行全面检查和观察，评价其发育水平、训练水平和健康状态，为体育教师和教练员提供科学训练方法依据，保证运动训练顺利进行，称为医务监督。简言之，即在医学观察下进行体育运动，以期达到保证健康、预防伤病，提高运动技术水平的目的。

二、进行医务监督的必要性

为了迅速提高运动技术水平，在现代训练中，中心问题是如何进行大运动量训练，因为大运动量训练是赶超世界先进水平的重要途径之一。为了科学地进行大运动量训练，就必需运用医学和生理学的指标，并结合运动员的自我监督以及教练员的实践经验。观察和了解大运动量训练的规律和它对机体的影响，即通过观察有关医学和生理学的指标在大运动量训练中的变化，察明机体对大运动量训练的反应情况。从而，为大运动量训练提供科学的依据，保证既正确安排大运动量训练，又能提高运动成绩，避免伤病并早期发现和正确处理伤病，对提高训练质量和运动成绩起到积极作用。

所谓大运动量训练，就是超过人体机能负荷能力的训练。大运动量训练开始时，人体发生一系列强烈反应，如显著疲倦，嗜睡，肌肉酸痛，在一段时间内体重下降，动作不协调等。经过一个阶段训练，这些反应会好转或消失，出现适应现象。在这个基础上若再加大运动量。上述反应又会出现，如此反复训练，就能不断提高训练水平。

在运动训练过程中，有计划、有系统地对运动员进行医务监督，可以了解运动员身体训练水平和机能状态的变化，了解不同性质的训练方法和运动量对运动员身体形态和机能的影响，并早期查明运动员机体内出现的初期病理状态。

医务监督是选择科学训练方法，确定合理运动量，预防运动性疾病时不可缺少的一项工作。

医务监督是运动医学的一个重要组成部分。

这里主要介绍在运动训练中，对运动员进行医务监督的常用指标和方法。

第二节 医务监督的常用指标及方法

一、运动员的自我监督

运动员的自我监督材料，对调整训练量，正确评价运动员的健康状况有很大帮助。

自我监督材料可记录在训练日记上或专门设计的表格上。

自我监督指标有主观和客观两种。

主观指标包括自我感觉、睡眠、食欲等。

自我感觉：身体上有无异常感觉，某些部位有无疼痛，体力好或感到疲劳、无力，都应记录清楚。自我感觉的标准是：比较好、一般、不好。如果有任何异常感觉，须弄清性质。

运动量过大时可能发生肌肉疼痛，跑运动员常常感到右（肝区）和左（脾区）肋缘下疼痛。

肝、胆囊和心脏功能失调时可出现右肋缘下疼痛和心前区疼痛，对这些现象要进行严密观察，在运动员疲劳或过度疲劳时，可能发生头痛、头晕一类症状。

在某些时候，运动员可能出现心悸感觉，如果这种感觉与训练有关必须进行深入检查。

疲乏是疲劳的主观感觉，有这种感觉的运动员，一般不能完成规定的训练任务，在自我监督日记上，运动员应写清疲乏是否与训练或其他原因有联系，持续时间的长短。

在每次训练后运动员应记录疲乏的程度，例如，“不疲乏”、“轻度疲乏”、“过度疲乏”，在次日应记清：“没有疲乏”、“感觉良好仍感疲乏”等。

不想参加训练和比赛，可能是过度训练状态的早期征象。

睡眠：正常的睡眠能使中枢神经系统的工作能力得到恢复。在过度疲劳时，常常出现失眠或嗜睡、睡眠不安静（易醒、多梦），睡后运动员常常仍感到疲乏。运动员每天应有足够的睡眠时间，在一般训练时，每日应有7~8小时的睡眠时间，而在大运动量训练时期则需9~10小时，睡眠情况和时间都应记录清楚。

食欲：表现为正常，减少或增加，如果食欲不正常，是否伴有消化道方面其它的不正常征象。如便秘、腹泻、或胃灼热等。食欲不正常通常表明疲劳或身体不健康。

在分析运动员的主观感觉时，必须考虑到它虽然是一些重要的指标，但并不总是能准确地反映机体的情况。众所周知，在有一些不良的客观征象时，主观感觉可能很正常。

在评定自我监督材料时，还必须考虑到，异常的征象可能是运动员健康状况不正常的表现，可能与训练无关。例如，疲乏、头痛、情绪不好等，都可能是神经系统疾病的症状，食欲不良常是运动量过大反应。但同时它可能是胃肠道疾病的症状。

正确能分析机体的异常征象，对安排运动量和训练制度，以及分析运动技术成绩的动态有很大帮助。

自我监督的客观指标，最主要的有：脉搏、体重、排汗量，以及反映肌肉力量的一些指标，必要时须作机能测验。

脉搏：运动量都应养成在每天早晨醒后躺在床上计数脉搏的习惯卧位数后在站立位再计数一次（直立测验）。研究证明，随着运动员身体训练水平的增长，他们的脉搏频率渐渐减少，同时在直立测验时脉搏的反应数也减少。当然，在个别的日子，可能失去这种规律性这可能与前一天的负荷量有关系，如果晨脉搏变化十分明显（明显增加或减少），而且持续数日，就应加以注意。

运动员定期地在定量负荷后计数自己的脉搏频率也是必要的。经验证明。训练水平高的运动员，即使在量十分大的运动训练后，脉搏频率一般也不会超过180~200次/分。

在定量负荷后，脉搏恢复到原来水平的時間，是判断运动员身体机能状况很重要的一项指标。

体重：每周至少測 1~2 次体重。在比赛期，举重和摔跤运动员必须严格地控制自己的体重。

最好在早晨排大小便后空腹时测量。如果有困难作不到这一点，至少也应在一天的同一时间按規定的方法测量。

在参加运动训练的初期，由于体内多余水份和脂肪的消耗，体重在这时期一般减少。在绝大多数情况下，当达到竞技状态时，体重数量相当稳定。

当运动员达到竞技状态时，丰盛的营养，能使体重异常增加体重减少过多一般与运动训练没有直接关系，可能是生活制度不正常和饮食营养不足造成的。

运动员也应定期在训练和比赛前后称量体重。在大运动量训练时体重的损失一般不超过运动员本身体重的 2~3%。对体重减少有影响的还有下列一些因素：训练量的强度、运动员的训练水平。空气的湿度和温度。以及训练时穿的衣服。在达到竞技状态时期，如果在训练发现体重明显下降应引起注意。

排汗量：训练时排汗量是反映运动员身体训练水平的重要指标，对出汗的程度应以仔细描述，如：中等、明显、过多，随着训练水平的增长，由于体内多余水份的释放，出汗量可减少。在达到高度训练水平时期。如果空气的湿度和温度不改变。排汗量增加，往往是植物神经系统状况不良的一种征象。而后一种情况可能与过度训练有关系。

妇科的自我监督，是有系统地从事运动训练的妇女进行自我监督的主要部分。女运动员应把月经情况，包括周期，一日排出量，有无疼痛或其它异常叙述清楚，月经资料对解决妇女月经期的训练制度非常重要。

二、运动员机能检查

1. 运动员神经系统机能检查

在医务监督工作中，为了确定运动员神经系统的机能状况，判断身体的疲劳程度，可采用几种简易的测验方法。

在运动员神经系统方面，与选材有重大关系的是，要了解受查者过去是否发生过“脑振荡”，以及有无头部受伤和“过度训练”的病史。这些疾病对运动员的神经系统有重大影响，往往遗留有明显的“后遗症”（经常头痛、头晕、记忆力减退、睡眠不良，不能承受大运动量训练等）。

对运动员神经系统进行检查时，首先要了解他们的运动协调机能。

人体的各种动作，即使是很简单的一种动作，都是在神经系统和各系统与器官共同参与下完成的，动作上微小的改变，都能反映在神经系统的改变上。

(1) 检查运动协调机能的方法

①指鼻试验：受测者伸出手指，反复伸直和屈曲肘关节，以手指指自己的鼻尖。正常对手指能准确地触及鼻尖。运动协调机能有障碍时，手臂不稳定，指尖碰不到鼻尖上。可先令受测者睁着眼做，然后闭眼做，观察其活动。

②隆勃 (Romlodg) 氏试验, 令被试者双脚并拢站立, 两臂向前平伸, 闭眼, 以观察身体的稳定程度和持续时间。必要时可令被测者单腿站立完成上述动作。

评定: 如果能稳定站立15秒钟以上, 眼睑与手指不发生颤动为一般, 如果动作不稳定, 不能站立15秒钟, 眼睑与手指发生颤动, 评为协调能力差, 表明神经系统运动协调异常, 应进一步作深入医学检查。

以上二种测验, 亦可用于判断训练后运动员身体的疲劳程度。一般在晨起时测验, 用以判断前一天的疲劳是否消除。

(2) 植物神经系统机能检查方法

植物神经系统的交感与付交感部分的机能状态, 在运动员医务监督中有重要意义。在正常情况下, 植物神经系统的有关部分在体力负荷时协同活动。保证人体正常活动的进行。

经过长期系统运动训练, 身体训练水平高的运动员, 在静止状态时付交感神经占优势, 表现为心动徐缓、血压偏低、呼吸缓慢, 这里心血管、呼吸以及其它系统和器官活动节省化的表现。而在体力活动时和活动后的即刻, 交感神经占优势, 这就能迅速发生适应性变化, 对周围的影响 (包括体力活动) 作出适应的反应。

但是, 当运动员处于过度疲劳或过度训练状态时, 交感与付交感神经的协调活动机能受到破坏, 这时在静止状态时, 交感神经系统活动可占优势, 表现为脉搏比平时快, 血压高于平时, 而在体力负荷时和活动后即刻, 优势更为明显, 这就使机体的活动状态在负荷结束后较长时间内仍不能平息下来。

现今, 在运动员医务监督工作中, 了解运动员交感与付交感神经系统机能状态时, 主要采用。

卧位直立试验等方法了解植物神经系统交感部分的机能状态。

试验方法: 先计数受测者躺卧位时的脉搏频率 (以10秒或15秒钟为时间单位均可), 然后令被测者直立, 计数脉搏频率。

评定: 由卧位转为直立位后, 如脉搏频率增加介于12~18次 (以一分钟计算), 为交感神经兴奋性正常反应, 如增加到18次以上, 表明兴奋性增高, 增加不到6次, 表明兴奋性降低。

在大运动量训练结束后恢复期, 作卧位直立试验时, 脉搏频率可明显增加, 表明机体仍处于疲劳状态。

处于过度训练状态的运动员, 由于植物神经系统的交感和付交感部分失调, 交感部分占优势, 所以在作卧位直立试验时脉搏频率明显增加。

2. 心、肺系统机能测验

在运动医学中, 使运动员在室内或运动场上完成定量的体力负荷, 以了解心、肺系统的机能状况和身体训练水平的方法, 称为: “心、肺系统机能测验”。

心、肺系统机能测验是评定运动员身体机能状况和训练水平时不可缺少的一种方法。

在运动医学实际工作和科学研究中最常应用的机能测验方法有: 十二分钟测验、台阶测验、心血管系统机能测验、以及最大吸氧量测验。

①十二分钟测验

系美国医生库伯经数十年实验研究后，编制出的一套体育锻炼方法，在应用过程中证明可用以评定人体的耐力水平。

测验方法：任选跑、游泳、骑自行车或跑与走交替作为负荷方式观察在十二分钟内的成绩，作为评定标准。

以跑为例，对中年男子的评定标准为：

1600米以下	最差
1600~2000米	差
2000~2400米	及格
2400~2800米	良好
2800米以上	优秀

“十二分钟测验”适合于各种体力水平的人进行测定，特别是进行一般体育锻炼的人。随着“十二分钟测验”成绩的提高，可发现肺活量增加，心、肺机能改善。

据报导，巴西足球队在准备1970年世界锦标赛初期，很大一部分队员的“十二分钟测验”成绩达不到“良好”与“优秀”标准。后来由于加强训练，特别是跑负荷量增加，成绩逐渐提高，全队的队员都达到了“优秀”标准，在比赛时巴西队员的身体耐力水平，明显地超过其他国家的运动员。

②台阶试验（略）

③联合机能试验（略）

④最大吸氧量的测定

人体在大强度运动时，由心肺系统能量最大限度地吸入体内的氧气量，称为：最大吸氧量。测定人体的最大吸氧量，主要是评价心肺系统机能水平，了解人体的有氧代谢能力。

在运动医学中，采用测定最大吸氧量的方法，可以评价运动员心肺系统的功能水平。

最大吸氧量测验，主要用于评定周期性的、负荷时间长的运动项目运动员的有氧代谢能力。

有直接法和间接法两种测定方法。

直接法即以专门的仪器，收集运动员负荷后的呼出气，以分析和计算最大吸氧量，这种方法适合于对少数运动员进行研究时采用。

间接法是用运动负荷后的脉搏频率，在专门设计的列线图推算最大吸氧量。

直接法比较准确，研究证明，用间接法测定的最大吸氧量数值与直接法相差5%。多数研究者认为，用间接法测定的最大吸氧量，基本上能反映人体的有氧代谢能力水平。

多年来，在运动医学实际工作中，应用澳大利亚学者Astiand设计的“最大吸氧量列线图”，对在实验室内负荷后的最大吸氧量进行计算。

大量实验研究证明，运动员与非运动员的最大吸氧量有显著不同，不同运动专项运动员的最大吸氧量也有差别。在运动员中，长距离与中长距离跑运动员（包括中长距离

滑冰游泳运动员)的最大吸氧量最大,从事耐力运动项目运动员的最大吸氧量,比速度或力量专项运动员大。

研究证明,不同训练水平的运动员,最大吸氧量也不同。例如:二、三级篮球运动员的最大吸氧量为3.66升/分,一级为4.50升/分,健将级为5.10升/分,把上述数值(毫升)除以体重,上述各级运动员的最大吸氧量(以每公斤体重计)分别为49.3,53.6和57.7毫升/公斤/分。

关于最大吸氧量理论方面的许多问题还未解决需要进一步研究。测验方法和计算方法,特别是在运动医学工作中如何实用的问题也需要很好研究。

三、医务监督的常用指标

1. 脉搏

在大运动量训练中,脉搏这一指标多用于观察机体对于运动负荷量的反应情况。

脉搏在运动训练中的应用方法有以下几种:

(1) 基础脉搏的测定(略)

(2) 运动中的脉搏测定——用脉搏来观察运动强度的大小。一般心率与运动强度成正比,即心率随着强度的增加而增加,因此运动训练中常以脉搏作为运动强度的指标。

(3) 运动后恢复期脉搏的测定——用脉搏来评定运动量的大小。

在运动后脉搏频率随着肌肉活动的减弱,逐渐的恢复安静状态。但恢复的快慢却受运动量大小的影响。运动量(在一定强度基础上)越大,恢复需要的时间则越长。因此,在运动后的一定时间内测定脉搏的频率可以判定和了解运动量的大小。

(4) 把运动成绩和运动后即刻的脉搏结合起来评定运动员的机能状态和训练水平。

运动员在一定时期内,在某个专项运动后脉搏与成绩的变化相对的稳定性。如果成绩提高了,而脉搏频率不变或有所下降,这说明运动员机能状况良好,训练水平有所提高。若成绩下降,脉搏反而增快,则说明机能状况不良,训练水平下降。此外,也可在训练课中进行连续观察,如跑4×100米,若每次跑后成绩不变或有所提高,脉搏变化不大,则说明机能状况良好,运动量亦适宜;若成绩下降,脉搏又过快,就说明机能状况不良或运动量不适宜;若成绩下降,脉搏减慢,有可能运动员没有尽最大努力去跑,应找一下原因。

目前间歇训练法的使用过程中,常用脉搏与成绩配合作为一项指标,要求运动员在重复跑或重复游时,每次跑或游的速度控制在若干秒内完成规定的距离,使运动强度保持在一定范围;运动后立即测得的脉搏频率就保持在一定水平;经过一段训练后,进行同样活动,如果脉搏频率有所减慢,说明训练水平有所提高,可将运动强度稍加提高进行训练。

(5) 利用脉搏控制休息时间:

在训练中,还常用脉搏恢复的情况来控制休息时间长短,如反复跑百米,常在脉搏恢复到120次/分时再重复跑(儿童少年应当适当要求恢复到较低数值)。

(6) 应用脉搏频率反映运动负荷强度，并通过控制运动中的脉搏频率来掌握运动负荷的强度。

我国中长跑训练中常以25次/10秒的强度负荷来调整训练中的跑速。

特别是在青少年运动员发育阶段，进行有氧训练时，国外的一些生理学家（东德体育权威：拉依斯；西德：阿根；新西兰：利迪亚法等人）都强调心率应控制在130—150次/分。

我国的运动生理工作者，利用心率遥测对我国优秀长跑运动员，越野跑时的心率进行了测量，其心率为：

男子 26.2—26.6次/10秒

女子 27—28次/10秒

2. 血 压

血压也是评定运动量和训练水平常用的简易指标。训练中多用下列测法。

(1) 早晨血压——训练中如果早晨血压较平时高百分之二十，或经常保持在140/90毫米水银柱以上，可能是过度疲劳的征象，应调整运动量。

(2) 训练期间血压的变化——这变化与强度有关，一般有三种情况：

①在身体机能良好状况下，小强度训练后收缩压上升约20—30毫米水银柱，舒张压下降5—10毫米水银柱，多在运动后3—5分钟内恢复；中等强度训练后收缩压上升20—40毫米水银柱，舒张压下降10—20毫米水银柱，恢复时间为20—30分钟；大强度训练后收缩压可上升40—60毫米水银柱，舒张压下降20—40毫米水银柱，一般在廿四小时内恢复。

②身体机能下降，

若训练后收缩压上升明显，舒张压亦上升，恢复时间延长，表明身体机能下降，

③身体机能不良；

若训练后收缩压上升不明显，舒张压上升，或出现一些异常反应（如无力反应），恢复时间延长；说明身体机能不良。

(3) 关于运动员的低血压。

①运动对于血压的影响：

体育锻炼，可以使人体的各个器官，系统的结构和功能得到改善，使心肌纤维增粗，心壁增厚，收缩力量增强，因此运动员在安静表现为心悸徐缓。同样，通过体育锻炼，也可以使动脉血管的弹性增强，使中枢神经系统对血液循环系统的调节机能改善，使得运动员安静时的血压较正常人偏低。

血压的正常值为：100—120/60—80mmHg

运动员的血压往往低于100/60mmHg

因此一般认为，这种低血压状态，是训练水平高和生理机能状态好的标志。但如果不加区别地把所有低血压一律认为是良好现象，那么在判断运动员身体机能状况时必然发生错误。

②生理性低血压和病理性低血压的区别：

I、生理性：运动员感觉良好，安静时血压经常保持相对稳定的水平。更主要的是

在参加激烈运动时，能发挥出较大的潜力，心率和血压都能达到较高的水平。没有不正常的反应。

Ⅱ、病理性：一般是由于运动员过度疲劳神经系统对血管的失调造成的，有的是伴随着慢性疾病而发生的。这种低血压的特点是，波动性大，在激烈运动时，心搏无力，血压出现不正常反应，运动不能持久。

如果发现低血压现象，应及时进行检查，并确定其性质。

生理性低血压——照常训练。

病理性低血压——及时的治疗，调整运动量。

(4)运动员的高血压。

在正常情况下，运动员机能良好时，血压不但是正常的，而且保持稳定在一定的变动范围之内。当然也会受到各种外界因素的影响，产生波动，如，大运动量训练后，次日尚未恢复，身体不适，感冒；女同志月经期间；或晚上比赛，睡觉较晚，以及赛前情绪激动等，都可能引起血压升高，但这种血压升高，很快会随着刺激因素的消失而恢复。

值得留意的是，在运动员中偶尔也可见到血压较长时间升高（超过正常值水平）的现象。

多见于以下情况：

①青年性高血压。

a. 原因：在青春发育期，由于性腺，甲状腺分泌旺盛，提高了神经系统的兴奋性，使调节心脏的交感神经的作用增强，因而使得心缩力量增强，使得收缩压↑。

b. 表现：主要是收缩压↑，可达140—150mmHg以上，而舒张压不高或变化不大。一般没有头晕，头痛等不良感觉。

c. 处理：不必禁止参加运动训练，但要适当减少运动强度，减少比赛的次数。大多数经过一段时间的训练，随着时间的推移，可自行的恢复正常。

②运动性高血压：

指因运动量过大或过度训练所致的高血压。

a. 原因：连续的大运动量训练，缺乏必要的节奏，运动量的增加过急过快，伤风后过早参加激烈运动；生活制度的破坏。

b. 表现：不仅收缩压增高，可超过140—150mmHg，而且，舒张压也会增高，可达90—100mmHg。

c. 处理：关键在于及时的调整运动量，适当的休息放松，合理的安排生活制度。一般也可自行恢复。

③高血压病初期：这种高血压的显著特点是，血压长期顽固地升高。这种现象在运动员中较少见，发现后应及时停止训练，进行治疗。

3. 尿蛋白

尿蛋白是指尿中的蛋白质。正常人尿中的蛋白质含量极少，用一般的化验方法检查不出来，所以说没有尿蛋白。在运动时，特别是在大运动量训练中，由于人体内环境的激烈变化，由于肾脏缺血，缺氧，酸性物质增加，肾小体上皮细胞的通透性改变等原因，使尿中蛋白质增多并可检查出来，这种现象叫运动性蛋白尿，在医务监督工作中，

尿蛋白已被国内外医务监督工作者广泛地用来做为评定运动量大小和运动员身体机能状况的生理指标。

影响运动性蛋白尿的因素

(1) 与运动项目和运动的性质有关:

从运动的性质来看: 速度耐力 > 速度性项目和耐力性项目。

从运动项目来看: 田径 > 球类 > 体操 > 力量。

(2) 运动量——运动量越大, 尿蛋白的反应就越明显。但是, 在相同运动量条件下, 尿蛋白的出现率多少同强度的大小成正比。同样, 在相同强度的条件下, 又与运动量大小成正比。由此可见, 运动性尿蛋白出现率和多少, 可做为测定运动强度和掌握运动量的一种生理指标。

(3) 性别与年龄——运动性尿蛋白与性别关系不大, 但与年龄有关。在进行同一运动量的训练或比赛后, 儿童少年尿蛋白的反应较成年人显著。分析其原因, 可能是年龄小, 血管运动发育不稳定。

(4) 情绪紧张和比赛——据调查, 足球运动员在大运动量后尿蛋白的阳性率为43%, 练习比赛后为57%, 全国联赛后为90%, 而在国际比赛后为100%。可见运动的紧张和剧烈程度越高, 尿蛋白阳性率就越高。其原因有二: 一是比赛时肌肉活动时间虽短, 但强度大; 二是由于比赛时情绪紧张, 内分泌系统活动加强。

(5) 训练水平——据研究, 在大运动量训练后运动健将级运动员和一级运动员的尿蛋白阳性率为50%, 二级运动员为80%。这说明运动员的身体训练水平越高, 尿蛋白的阳性率越低。因此, 尿蛋白可用来评定训练水平。

(6) 身体机能状况——在大运动量训练中, 如强度不变, 则影响尿蛋白的反应在一定程度上取决于运动员的身体机能状况。身体机能良好时, 尿蛋白排出量就不多, 甚至不出现。身体机能下降时, 虽然运动量不很大, 尿蛋白的排出量也会大量增加。一般出现下列两种现象。一种是暂时性的, 是身体在大运动量训练中不适应的反应, 多表现在训练开始不久时尿蛋白出现率较高, 但经过一定时间训练后, 尽管运动量、强度及训练手段不变, 但尿蛋白排出量却明显下降, 甚至不出现。这些变化反映身体从不适应到适应过程的一般规律, 其中尿蛋白比较明显地反应了这一客观事实。

另一种情况是过度疲劳、感冒、发烧等原因引起了机能下降。如果尿蛋白持续数日不下降, 伴有明显的心律不齐, 安静时脉搏频率太快(每分钟增加10—20次), 安静时血压也较平时高(在140/90毫米水银柱以上), 体重逐渐下降并常伴有自我感觉不良, 如头昏、头晕、睡眠不好、厌烦运动等, 则更能说明身体机能下降是由于过度疲劳或其他疾病所引起的。这时就要对训练做合理的调整, 进行必要的医治。

4. 血红蛋白

血红蛋白是红细胞中含铁蛋白质, 又叫血色素, 其主要功能是携带氧气供给组织, 以氧化能量物质, 并释放能量供身体活动需要。近年来, 血红蛋白已被用来做评定运动员身体机能状况的重要生理指标。据研究, 在正常情况下当运动员身体机能状况良好,

运动成绩提高时，血红蛋白亦增加，反之血红蛋白亦下降。

在大运动量训练期间，体内需要血红蛋白增加，同时，肌肉活动又破坏消耗血红蛋白，所以这时如果食物中铁质和蛋白含量不足，则血红蛋白可暂时下降（但在一定时间内可以恢复至原来水平）。如果持续下降至正常范围以下（男子不足12克，女子不足10.5克），运动医学称此为运动性贫血。

一般在运动训练中，如果血红蛋白下降10%以上，同时运动成绩下降，这表示身体机能状况不良，应当注意调整运动量。在一次紧张比赛之后，血红蛋白普遍下降，但经过赛后调整，大都能恢复至赛前水平。

5. 心电图

在运动员医务监督中广泛采用心电图检查。

通过对运动员心电图的分析，可了解运动训练对心脏的影响，确定训练水平，查明过度训练和过度疲劳状态。

心电图检查是运动员全面医学检查的一个重要部分。

对运动员进行心电图检查时，不但要在安静状态，而且要在定量体力负荷后进行，必要时还要在训练和比赛后进行。

第三讲 营养卫生

第一节 营养卫生的意义

生命的存在，有机体的生长发育，各种生理活动以及体力活动，都有赖于体内物质代谢的不断进行。物质代谢过程必须不断从外界获得新的物质，主要从食物中摄取。获得与利用食物的过程，即称为营养。

（营养是保证人体正常生长发育、保持健康与增强体质的重要外界因素。合理的营养能促进生长发育，增进健康，预防疾病和提高工作能力。不合理的营养不仅影响生长发育，降低工作能力，而且使人衰弱，容易患各种疾病。）

（营养对运动员具有更重要的意义，不仅关系着运动员的身体健康，而且对运动成绩的提高具有一定作用。出色的运动成绩是建立在良好的健康基础上的，而营养则是维持健康的重要因素。运动员在训练和比赛中体力消耗很大，如果不能及时得到足够的营养补充，就会影响体力恢复，出现机能下降和疲劳等症状，影响训练效果和运动成绩的提高。现代科学的发展，使营养不仅是一般地起维持健康的作用，而是合理利用营养来促进工作能力和运动成绩的提高。）

营养和体育锻炼都是维持和促进人体健康的主要因素。营养素是构成和修补组织的原料，是调节器官功能的主要物质，而体育锻炼可以促进组织器官的发育及其功能的改进，如果注意营养而忽视体育锻炼，其结果就形成肌肉松弛，肥胖无力，如果进行体育锻炼而缺乏适当的营养，身体就会因消耗过多，有损健康。因此两者是不可偏废的。

我们对待营养问题上，既要重视营养，又要反对“唯营养论”和过分强调营养。必

须树立正确的营养观点，使营养既能满足机体的需要，保证身体的健康，又要符合勤俭节约的原则。

在营养问题上在一些人当中有一种错误倾向，认为讲营养就得花钱，伙食标准越高，营养越好，这种认识是片面的。钱当然是一个重要因素，但绝不等于钱多营养就好。如有的运动队，伙食标准不低，但营养上存在不少缺点。因为，一则价钱贵的食物不一定营养价值高，二则食物要科学搭配，更符合身体的需要。因此，讲营养，最重要的是要懂得营养科学知识，能更好地选择符合身体需要的食物，合理地加工，合理地调配有烹调，减少营养素的损失，提高营养价值充分发挥食物的营养作用，真正做到物美价廉。否则，不懂营养科学知识，有钱也是搞不好营养的。从某种意义上说，经济条件差是较差就越要讲营养——重视和应用营养科学知识。祖国医学十分重视食物的调配，称为“食物疗法”这是有其科学道理的。

第二节 营 养 素

凡是能在体内消化吸收，有供给热能、构成体质和调节生理机能的功用，为身体进行正常物质代谢所必需的物质，均称为营养素。营养素即指食物中所含的各种营养成分，分为糖、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质和水六类。

一、糖（糖）

1. 组成——糖由C、H、O三种元素组成，就其分子结构的简繁分为单糖（葡萄糖）、双糖（如蔗糖）及多糖（如淀粉）三类。各类糖在消化道内都要被分解为单糖才能吸收，它们的功用一样，只是消化吸收的快慢不同。单糖吸收快，多糖吸收慢。但两者各有其特殊意义：单糖能在身体急需时很快提高血糖水平和供给热能，多糖在胃肠道中停留的时间较长，慢慢被吸收，可维持较长时间的血糖水平。

2. 营养功用——（1）供给热能：1克糖在体内产生4千卡热。糖是重要的供能物质，是能量的最重要和经济的来源。机体每天所摄取的热能有60%来自糖。糖在供给热能上有许多优点，它比脂肪和蛋白质容易消化吸收，分解迅速，产热快，在氧化过程中耗氧量最少（氧化1克糖需氧0.83升），而且在有氧或缺氧情况下都能分解放出热能。这对从事运动活动的人来说是十分重要的，因为在剧烈的运动活动中，机体常处于氧债状态下，而糖耗氧少，能减少体内的氧债，有利于运动的进行。凡短时间大强度运动时的热能，几乎全部由糖供给。

（2）对中枢神经系统的特殊营养作用：糖对中枢神经系统的代谢极为重要。中枢神经组织中所储存的营养素很少，主要是利用血糖供其代谢的需要。当体内缺糖时，血糖降低，机能最先受到影响的是中枢神经系统，严重时可发生晕厥，甚至死亡。

（3）构成体质：在所有的神经组织和细胞核中都含有糖的化合物，肝脏与肌肉中的糖元含量最高，核糖及脱氧核糖是核酸及核蛋白的重要成分，细胞间质及结缔组织中也含有大量粘多糖类物质。

（4）节约体内蛋白质与脂肪的消耗：机体内的糖充分时，机体首先利用糖供给热能，缺乏糖时才动用脂肪和蛋白质。所以，糖对体内蛋白质有保护作用。

(5) 解毒与调节脂肪酸代谢：肝脏中贮存的糖、能与许多进入体内的毒物结合而起解毒作用，可保护肝脏功能。糖还可以调节体内脂肪酸的氧化，减少酮体的产生，防止酸中毒。

(6) 维持心肌和骨骼肌的正常功能：当机体缺糖时，心脏和肌肉的工作能力下降。骨骼肌中缺乏糖元储备，则出现耐力不足。心肌缺糖，可出现心绞痛。

3. 供给量及来源——糖的供给量依工作性质和劳动强度而定。劳动强度愈大，时间愈长，对糖的需要量就愈多。糖在一般膳食中的含量，以占每天所吃食物总热量的50—70%为宜。通常成年人每日每公斤体重约需糖4—6克。运动员需8—12克。

糖的主要来源是粮食（米、麦、玉米、高粱等）、豆类和根茎类食物（白薯、马铃薯、萝卜等）所含的淀粉。此外，水果和瓜类中也含有糖。

由于我国膳食是多糖膳食，糖在膳食中的比例较高，只要在膳食热量充分的情况下，不会缺乏糖。因此，有的人在膳食之外还另补充糖来增加营养，是没有必要的，不如补充别的更需要的营养素。

二、脂肪

1. 组成——脂肪也是由C、H、O三种元素组成，但比糖含的C和H多，O较少。三种元素组成两种化合物——甘油与脂酸。脂肪通常由一个分子甘油和三个分子脂酸组成。

2. 营养功用——(1) 供给热能：脂肪的发热量很高，1克脂肪在体内氧化后能产生9千卡热能。

(2) 构成体质：脂肪是构成细胞的重要成分，在神经组织中，磷脂也很重要。脂肪组织在体内的存在（如皮下、内脏和关节周围），有储存热能、调节体温和保护器官的作用。

(3) 促进脂溶性维生素的吸收：脂溶性维生素A、D、E、K多含在脂肪中，富有脂肪的食物可供脂溶性维生素。此外，脂溶性维生素必需借助于脂肪的溶解才能被机体吸收利用。

3. 供给量及来源——脂肪的供给量随气候条件和工作性质而有所不同。由脂肪供给的能量，一般以占每日摄取总热量的20—25%为宜。在寒冷地区或冬季，脂肪供热量的比例可适当增高，在较热地区或夏天，脂肪供给量应减少。

脂肪供给量的变动较大，过多或过少时身体可产生不良影响。脂肪过多，使身体肥胖，并能使血中胆固醇含量增高，易引起高血压病和心脏病，对中老年人更为有害。过多的脂肪对运动员来说也是不利的。而脂肪过少则可引起脂溶性维生素的缺乏。

脂肪来源于各种动物性油脂和植物性油脂，两种油脂的营养价值略有不同，主要取决于所含脂酸的种类、消化率高低以及维生素的含量。脂酸分为饱和脂酸与不饱和脂酸。不饱和脂酸是身体所必需的。因此，凡含不饱和脂酸的油脂，营养价值较高。此外，消化率高，维生素含量高的，营养价值也高。

据研究，奶油和植物油的营养价值较高，猪油次之，牛羊油最差。此外，动物性油脂可使血中胆固醇含量增高，而植物性油脂无此缺点；同时，植物油的消化率高，所含不饱和脂酸也较完全，所以总的来说植物性油脂的营养价值较高。

脂肪来源除直接摄取的油脂外，食物中也能供给一定量的脂肪。在油脂供给量较少的情况下，可选含脂肪较丰富的食物（如大豆、核果等）补充。

三、蛋白质

1. 组成——蛋白质由C、H、O、N以及S、P等元素组成，化学结构十分复杂，基本结构是氨基酸。蛋白质由氨基酸组成。氨基酸的种类很多，每一种蛋白质中至少含有十种以上的氨基酸。蛋白质所含的许多氨基酸中，有8种是人体必需的，称为“必需氨基酸”。

蛋白质的营养价值，取决于所含氨基酸的种类。凡含有各种必需氨基酸的，称为完全蛋白质，含必需氨基酸不全的，称为不完全蛋白质。

2. 营养功用——（1）构成机体组织：蛋白质是构成细胞的主要成分，占细胞内固定成份的80%以上，肌肉、血液、骨及软骨等都主要由蛋白质组成。组织的新陈代谢和损伤的修补，也必须依靠蛋白质。蛋白质是建造肌肉的重要原料，对保证肌肉的发展有重要作用。

（2）调节生理机能：蛋白质与体内许多生理机能有关，如血浆蛋白维持渗透压，球蛋白形成抗体，许多酶和激素也由蛋白质构成。蛋白质还是体内缓冲体系的组成部分，维持酸碱平衡。此外，某些氨基酸还是制造产生能量的物质（磷酸肌酸）以及神经肌肉兴奋的传导物质（乙酰胆碱）的重要成分。因此，蛋白质对肌肉活动能力有很大意义。

（3）对高级神经活动的良好影响：蛋白质能提高中枢神经系统的兴奋性，加强条件反射活动，改善自我感觉，降低疲劳程度，提高劳动能力。

（4）供给热能：1克蛋白质可产热4千卡。但它不是供热的主要来源，一般情况下体内不以体内蛋白质供给热能。

3. 供给量及来源——蛋白质的供给量问题，是营养中的一个重要问题。充分的、合理的蛋白质供给量，是保证机体生长发育和保持正常生理机能的重要因素。蛋白质缺乏会影响身体的发育，使机能下降，容易患病。但是，蛋白质过多对身体也是有害的。蛋白质在体内的代谢产物过多，使肝、肾的负担增加，同时由于蛋白质氧化时耗氧较多（氧化1克蛋白质需氧0.97升），对运动时的机体不利。

蛋白质的供给量取决于年龄、劳动强度和生理状况等因素，一般成年人每天每公斤体重约需1.2—1.5克。儿童和青少年正处于生长发育时期，需要量相对比成年人多，可为成年人的一倍多；劳动强度大者和运动员，消耗多，需要补充的也多；当机体患病或受伤后，机体组织需要修复，对蛋白质的需要量也较多。

蛋白质的来源可分为动物性与植物性两类。一般来说，动物性蛋白质的营养价值较高，但缺点是来源较少，价钱较贵。植物性蛋白质的营养价值虽然不如动物性蛋白质高，但其来源较多，而且经济，是我们目前摄取蛋白质的主要来源。在植物性蛋白质中，以大豆为最好，其蛋白质含量高，所含必需氨基酸较全，营养价值高，也最经济。

此外，可以通过几种蛋白质的混合食用，利用蛋白质的“互补作用”来提高植物性蛋白质的生理价值。几种食物同时食用时，某种食物中所缺少的氨基酸可由另一种食物的蛋白质补充。例如，谷类食物的蛋白质缺乏赖氨酸，而豆类蛋白质含的蛋氨酸和半胱氨酸不足，因此谷类与豆类同时食用可以互补不足，提高营养价值。互补的几种食物，最好能同时吃入，这样必需氨基酸可同时被吸收利用，组成机体蛋白质。如果几种食物分别吃入的相距时间过长，则不能起到互补作用。

我们目前的蛋白质来源，主要靠粮食供给。粮食中的蛋白质含量和质量虽不很高。但

因食人量大，若再注意很好利用其互补作用，就能充分满足需要。

四、维生素

维生素是维持人体生命和正常机能不可缺少的一种营养素。它的种类很多，目前已知的有三十多种，分为两类：一类是脂溶性维生素，主要有维生素A、D、E、K；另一类是水溶性维生素，主要有维生素B₁、B₂、C及维生素P、P等。各种维生素在体内有其特殊功用，总的来说都是调节物质代谢，保证生理功能，它们不构成体质，也不供给热能。

维生素在体内不能合成，一般情况下储存量很少，必须经常从食物中摄取。各种食物所含维生素的种类和数量的差异很大，而且有的维生素的性质很不稳定，容易在食物加工和烹调过程中受到破坏。因此，合理地选择食物，正确地加工和烹调，对人体获得必要的维生素是很重要的。若维生素的供给量不足，人体的正常代谢和生理机能受到影响，会发生维生素缺乏症。

维生素对于运动员来说更为重要，它不仅为保证身体健康所必需，而且有些维生素直接影响人体的活动能力。

人体摄取维生素必须适量，过多对身体不但无益，甚至有害。一般情况下，人体摄取维生素主要由食物供给，在食物供给充分的情况下，不必另外补充。有的人由于对维生素缺乏认识，以为它是“补药”，不管需要与否，盲目补充滥用，这对身体是没有好处的。因为人体摄入过多的维生素，有的增加身体的排出量，有的可引起体内代谢紊乱，有的还会蓄积中毒。因此，必须了解维生素的作用和用途，正确利用，才能收到良好效果。

第三节 运动员的营养

运动员的营养，是营养学中的一个特殊问题，也是运动医学中的一项重要内容。这是由于运动员从事紧张激烈的比赛、训练、物质能量消耗大，以及各个不同性质的运动项目，对营养的不同要求所决定的。只有在营养上满足了他们的需要，才能保证身体健康和运动成绩的提高。所以运动员的膳食就有一些特殊的要求和安排。

一、热能

运动员的能量消耗较大，必须供给充足的热量以满足机体的需要，保证身体健康和充沛的运动能力。若长期热量不足，会引起身体消瘦，抵抗力减弱，运动能力下降，对儿童少年则会影响生长发育，但是，摄取的热量也不宜过多，过多会引起体内脂肪增多，身体发胖。有人做过计算：一个人每天摄取的食物发热量超过消耗量的200千卡。就可能增加皮下脂肪10—15克，一年就可增加3.6—7.2公斤。因此，膳食热量必须恰当。

各种不同的运动项目，不同的运动强度和持续时间，以及不同的机体，所消耗的热量是不同的。因此，每个运动员所消耗的热量也有所不同。儿童少年需要的热量较高，因为除补偿运动消耗外，还要有一部分热能供给机体生长发育。

膳食发热量是否满足机体的需要，不能单纯以进食量为根据。精确的判定，应根据食物发热量和人体能量消耗的计算。但这种方法较为麻烦。有一种简单的方法，即通过经常观察体重的变化，可大概地反映热量是否满足机体的需要。成年人的体重应维持在相对稳定的状态。当体重增长而无明显的肌肉增长时常为体内脂肪过多，相反，若体重减轻又无失水情况，则说明热量不足或有其他问题。儿童少年的体重，则应处于相应年

龄的生长发育水平。

热量不足初期,体重减轻,严重时可发生浮肿病,有全身无力、皮肤苍白、怕冷等现象。

据调查,我国大学生每天的能量消耗:男生约为2500千卡,女生约为2100千卡。积极参加体育锻炼的男生可达3300千卡,女生为2500千卡。体育学院学生的能量消耗比一般大学生多。

国家代表队和省代表队运动员的能量消耗较大,据北京运动医学研究所调查,大多数运动项目运动员的每天能量消耗为3500~4400千卡。

在各项运动中,体操运动员的能量消耗较少,投掷运动员和重量级举重运动员的能量消耗最多,这与他们的体重有关。

二、比例

蛋白质、脂肪和糖的比例~膳食中蛋白质、脂肪和糖的比例,对体内代谢状况和机体的工作能力有一定影响。在一般人的膳食中,这三种营养素的比例(按重量计)应为1:1:4(蛋白质:脂肪:糖)而运动员的膳食则有所不同,对大多数运动项目来说,脂肪量应略减少,三者的比例应为1:0.7~0.8:4。而耐力项目(如超长跑、公路自行车等),要提高糖的比例,三者的比例应为1:1:7。

总的来说,运动员膳食应是高糖,低脂肪。实验证明,适当减少膳食的脂肪含量,可使运动员体内血液中丙酮酸含量降低,有利于机体进行运动活动。这是因为脂肪氧化时耗氧较多,要在氧充足的情况下脂肪才能有效地被利用,而运动时机体多处于缺氧状态,膳食中脂肪过多,可引起体内产生大量酮体,对机体进行运动活动有不良影响。

此外,膳食中脂肪过多,易使人产生饱足感,降低食欲,影响对其他营养素的摄取,特别是影响对蛋白质的吸收率。但是,膳食中脂肪量也不宜过少,过少会影响脂溶性维生素的吸收,影响食物的味道。

我国一般人的膳食习惯是高糖膳食,一般来说脂肪不至于过多。但是,据1959~1964年对我国运动员膳食进行的调查,发现膳食中脂肪含量较高:以热量计,脂肪发热量占总热量的30~40%左右,以重量计,蛋白质、脂肪、糖三者的比例为1:1.1~1.9:1.5~3.9,脂肪的比例比一般人的要求还高。1974年曾测定我国一个田径队运动员的血脂含量,发现运动员的血脂比一般人还高。据分析,造成膳食中脂肪过多的原因主要是吃猪肉过多或有的运动员主食吃得少,付食吃得多,因而影响三者的比例。

糖是运动员的重要热量来源,在膳食中占的比例最高。在膳食供应充分的情况下,有的运动员还喜欢在膳食之外吃大量糖来“补充营养”,这是没有必要的。据最近国外报导,大量吃糖对身体有不良影响,可使体内血液循环量增加,血液的粘度增高,血钾含量降低,从而使心脏的功能下降。加拿大学者做过这样的研究:将曲棍球运动员分成三组,第一组不限制饮食,第二组按规定逐渐增加饮食中的含糖量,第三组则不供给含糖的甜食。经研究一年,结果发现第三组人(即不供给糖的一组)的运动能力和抗疲劳能力都提高了63%,第二组人(即增加饮食中含糖量的组)上述两方面的能力都有很大下降,第一组人的变化不大。实验的结论是多吃糖对运动能力没有好处。

上述实验的结论可能还不十分成熟,需进一步研究,但是这个问题可以引起我们的

重视；即不能片面强调糖对人体的好处。而忽略糖过多的不良影响。

蛋白质对运动员来说是十分重要的。因为剧烈的运动活动使体内蛋白质分解加速，排出增加，此外蛋白质还对机体的力量素质和神经反应有特殊营养功用。所以运动员膳食中的蛋白质量应较高。目前认为一般运动员每天每公斤体重应摄取蛋白质2克。据北京运动医学研究所的研究，体操运动员每天每公斤体重需1.92克，篮球运动员需2.24克，儿童少年运动员需要量较高，每天每公斤体重为3克。

三、维生素

维生素在运动员营养中的重要性，已经日益突出。目前国内外的许多科学研究证明，合理增加维生素的供给量，可以改善机体的工作能力，提高运动成绩。

但是近几年来研究发现，经常应用过多的维生素不但不能改善机体的工作能力，而且会发生不良影响。因为维生素对改善机体运动能力的作用是有一定条件的：只有当体内维生素较缺乏时，它才充分发挥作用，若机体内的维生素已经满足，再进一步增加摄入量也不会发生作用。由于机体对维生素的利用有一定限度，当摄取维生素量超过了利用能力，多余的就会从体内排出。此外，长期摄取过多的维生素，还会使体内维生素的分解代谢加强，当一旦膳食中的维生素较少时，便容易发生维生素缺乏症。同时平时训练中摄取过多的维生素，会使训练所引起的体内生化变化减弱，从而降低训练效果。所以，长期摄取超过实际需要的维生素，对身体是没有好处的。因此，在运动员平常训练的膳食中，维生素的供给量要符合运动员的需要量，没有必要超过，更不应当另外服用维生素。应用大量维生素来提高运动成绩，只有在比赛时才有意义。

关于维生素的需要量，不同的运动项目有所不同，一般来说，维生素B和维生素C，与机体活动的关系最大，这两种维生素的需要量同运动强度和能量消耗有一定的比例，总的来说，长时间的耐力性项目，对维生素B和C的需要量较高。

四、合理的膳食制度

膳食制度包括饮食时间、饮食质量和饮食的分配。

良好的膳食制度有利于营养物质的消化吸收，预防由于饮食紊乱引起的消化系统疾病，从而促进身体机能的提高。定时进餐，饮食有节，不喝酒与不吃刺激性大的食物，对保证身体健康和运动能力是十分重要的。不按时进餐和暴饮暴食，往往是引起肠胃病的主要原因。

制定运动员的膳食制度时，应注意以下几点。

1. 进食的时间必须与训练或比赛的时相相适应——运动后应有一定的休息时间才能进食，进食后也要有适当的休息时间才可运动。运动时，体内血液比较集中于运动器官，胃肠系统处于相对缺血和抑制状态，这时进食则不能很好消化，因此一般认为运动结束后应当休息30分钟以上再进食，大运动量训练后应当休息45分钟以上。进食后应休息1.5~2.5小时才可剧烈运动，因为进食后的一定时间内，胃肠道中食物充，盈横膈上顶，影响呼吸，不利于运动。若这时进行运动，不仅影响食物的消化，而且可引起腹痛和呕吐。

2. 三餐食物质量的分配——一日三餐，食物的热量和质量应根据运动员一天的活动情况，主要是根据进行剧烈活动的时间来安排。一日三餐的分配原则是：运动前的一

餐，食物的量不宜过多，但须有一定的热量，食物要易于消化并含有较多的糖、维生素和磷，少含脂肪和纤维素；运动后的一餐可吃得较多；晚餐不宜吃得过多，也不宜吃难消化和有刺激性的食物，以免影响睡眠。

假如剧烈运动是在午前进行的，则三餐的热量分配应为：早餐30—35%，午餐35~40%，晚餐25~30%；若剧烈运动的时间是在下午，则午餐的热量应减少为30~35%，适当增加早餐和晚餐的热量。

3. 膳食制度若有变化，应采取逐步改变的办法，使机体逐渐适应。

五、正确的选择食物和烹调加工

为运动员选择食物，应当从营养观点出发，选择富含营养成份和符合运动员需要的食物，而不追求“时鲜”或“名贵”的食物。有的食物价钱很贵，但没有多少营养价值。食物过于精细，其营养成份也受影响，如精白米、精白面的营养价值就不如一般面粉和大米。

食物要多样化，不但付食要多样化，主食也要多样化，最好在一餐中吃几种主食，这可充分利用食物的互补作用。

此外，还要注意食物的酸碱性。食物在体内经消化吸收后可形成具有不同酸碱性物质，有的为酸性，有的为碱性，有的为中性。因而，也可以将食物分为“酸性”、“碱性”以及“中性”三类。如青菜、豆付等是碱性食物；肉类、米、面粉等主食是酸性食物；水果、大豆、鸡蛋等是中性食物。酸性食物可使体内酸性物质增多，降低血中碱的储备，不利于运动活动，机体容易疲劳。而碱性食物则与此相反。因此，运动员不宜多吃酸性食物，要多吃碱性食物，要注意食物的酸碱平衡。

食物的烹调加工要做到使食物容易消化，又要避免损失营养素，还要注意食物的色、香、味，以增进食欲。

不同的食物有不同的加工方法，如肉类、蛋类，豆类以及粮食要充分加热，这有利于蛋白质的消化吸收，而蔬菜中的维生素最易受热破坏，因此要急火快炒，或做成凉菜。

六、比赛期的营养特点

比赛时期，机体处于高度紧张状态，能量消耗很大，但由于精神紧张，可能出现食欲下降、消化不良等现象。因此，必须注意运动员比赛期的营养，以保证在比赛时发挥最大的潜力，并在比赛后迅速恢复体力。在整个比赛时期，各种营养素的供给量应比平时高，尤其要增加糖、蛋白质、维生素B₁、维生素C和磷的供给量。

1. 赛前饮食

比赛前几天，就应提高膳食质量，供给较多的营养素，提高体内的储备量，以利于运动能力的提高。如在进行超长跑等时间较长的运动时，由于体内消耗较大，可引起血糖下降。为了防止血糖降低，可以预先增加糖的供给量，提高体内的糖元储备。有人曾做过试验，测定10名食用普通膳食的体院学生的肌糖元含量，为每公斤肌肉含17.7克，而让他们食用含糖丰富的膳食三周后，其肌糖元含量增加为每公斤肌肉35.2克。由此可见，增加糖的供给，可以增加体内的糖元储备。近年来，国外还应用一种所谓“糖元充填法”，即在比赛期前若干天，先吃低糖膳食几天，使体内糖储备耗尽，然后再吃几天高糖膳食，使体内糖储备处于超量恢复状态。但是这种方法可能会打乱原来的饮食制度和习惯，因此还值得研究。

平常膳食中维生素不足的，赛前也应提高供给量；维生素B₁可增至每日5—10毫克，维生素C可增至每日250毫克，并应在赛前一周就开始增加。

比赛前的一餐要特别注意，应吃易于消化吸收、发热量高而体积不大的食物。食物中要富含糖和维生素C，不宜吃肥肉、韭菜、干豆及粗杂粮等不易消化、含纤维素多和容易产气的食物。食量要恰当，不要过多，也不可过少，以吃七、八成饱的程度为宜。进食的时间，宜在比赛前2.5—3小时。

为了提高比赛时的运动能力，可在赛前服用糖（葡萄糖或蔗糖）和维生素。

关于赛前吃糖的时间，过去国外的资料提出，吃糖的时间与运动项目有关；短时间的运动项目（持续时间不超过30—40分钟以上）如短跑、中距离跑等，应在赛前15分钟内吃，长时间的运动项目（持续时间在40分钟以上）如长跑、足球等，则在赛前1.5—2小时内吃，强调在赛前30—90分钟内不能吃糖，认为这时间内的血糖水平较低，不利于运动。但是，据北京运动医学研究所1975年的研究，正常人在服糖后15—30分钟，血糖水平上升到高峰，在服糖后60—90分钟，血糖虽有下降趋势，但仍都在正常范围内，到服糖后120分钟，血糖又上升至服糖前水平或略高于服糖前水平。因此，他们认为不必过分强调赛前30—90分钟内不能吃糖。

关于吃糖的量，成年人一般为80—100克，不宜过多。据北京运动医学研究所的研究，服糖量达到每公斤体重2克时，就易出现胃部不适、恶心、头晕等不良反应。这是因为运动时胃吸收葡萄糖的量有一定限度（不大于50克/小时），大量葡萄糖入胃，有一定的渗透吸水作用，影响胃的排空，故产生不良反应。因此，赛前一次服糖过多，将对运动产生不良影响。

维生素C的服用量是150—200毫克。由于维生素C是在服后30—40分钟发生作用，因此短时间的运动项目应在赛前30—40分钟时服，长时间运动项目则在起赛前服。

必须指出，只有重大比赛时，才有必要服用糖和维生素C，一般的比赛和平时训练不应服用。

2. 赛中饮食

在进行马拉松跑、公路自行车等运动量较大、持续时间较长的运动项目时，常需在途中供给饮料。

途中供给的饮料，应当温热，量小而热量高，富含糖和维生素C，易吸收，味道好，略带酸味以解渴，而且是运动员所习惯或喜好的。

途中饮料的成份，一般是葡萄糖、维生素C、少量的蔗糖、氯化钠以及磷酸钠、果汁和水等。具体配方可灵活掌握，下面介绍几种配方供参考。

- | | |
|--------|--------|
| 1. 鲜桔水 | 500毫升 |
| 葡萄糖 | 250克 |
| 氯化钠 | 16克 |
| 水 | 1500毫升 |

（北京运动医学研究所）

- | | |
|--------|-------|
| 2. 果子汁 | 250毫升 |
| 氯化钠 | 8克 |

葡萄糖	125克
水	1000毫升

(北京体育学院)

3. 蔗糖	200克
葡萄糖	200克
水果汁	160毫升
维生素C	2克
磷酸钠	8克
氯化钠	4克
水	1000毫升

(北京体育学院)

除特殊饮料，最好还备有白开水和淡盐水，以便运动员随意选用。

途中饮料对运动员来说并不是必需的，只有在感到虚弱或饥饿时才饮用，而且每次饮食量不宜太多（不超过200毫升），饮食的次数也不宜过多。途中饮料用的杯子最好是纸杯或塑料杯。根据实践经验，马拉松比赛的途中饮料站的地点，可在15000米处设第一站，以后每隔5000米设一站。

3. 赛后饮食

对运动量大、持续时间长、体力消耗较大的运动员，在比赛后及时服用100克葡萄糖或蔗糖，对促进肝糖元的贮备，预防肝的脂肪浸润有良好作用。此外，比赛后两三天内的膳食，应象比赛前的饮食一样，多供给糖、维生素和蛋白质，少吃脂肪。

七、运动员的饮水卫生

人体在进行运动活动时，不仅消耗大量热能，同时也丧失大量水份，特别是天热时丧失的更多。据研究，在武汉夏季进行足球大运动量训练后，排汗达3000毫升左右，在北京夏季进行长跑训练后，排汗量为2130—3495毫升。

体内的水份丧失，会影响生理机能和工作能力。当失水占体重的4—5%时，肌肉工作能力下降约20—30%，当失水至体重10%时，则会造成循环衰竭。运动员应当及时补充体内丧失的水份。

但是，在剧烈运动中或运动后，运动员不应一次饮水过多，大量水份一下子进入体内，会对身体造成不良的影响。首先，大咽水份进入血液，使血液稀释，血量增加，因而加大了心脏的负担。血液中过多的水份要由肾脏排出，因而增加肾脏的负担量。同时，水份的排出，还导致盐分的损失。其次，大量饮水后由于不能马上吸收，水在胃中贮留，稀释胃液，影响消化和食欲；如继续运动，水在胃中晃动，使人不舒服，并可引起呕吐。因此，运动员饮水时必须注意卫生。）

运动员最好在平时饮食中注意有足够的水份，在运动时尽量不喝或少喝，有时虽然感到口渴，但并不是体内真正缺水，而是由于运动时口腔和咽喉粘膜的水份蒸发和尘埃刺激以及唾液分泌减少，因而造成口渴感。这样的口渴不应多喝水，可以嗽口以解除渴感。

在天热和出汗多的情况下，应补充水份，但要少量多次，据研究，人体每小时最多约能吸收0.8升水，所以每小时内饮水不能超过1升，每次150—200毫升为宜，每次应间隔15分钟左右，以免胃肠中存留过多水份。此外，运动中不宜喝凉水。

第四讲 女子体育卫生

第一节 概 述

妇女经常参加体育锻炼不仅可以促进身体的发育，增进健康并可使身体各部协调发展。特别是通过锻炼能使腹肌、腰背肌和盆底肌力得到增强，且对妇女的妊娠和分娩亦为有利。

在人体生长发育的各方面，既存在年龄的特点，也有性别的差异。因此，在研究女子的身体发育，进行体育教学和运动锻炼时以及进行体格检查时均应考虑到女子的生理解剖特点，以便采取正确的方法，以提高健康水平和运动成绩。

第二节 女子的生理解剖特点与体育卫生

一般说来从初生开始女孩的身高、体重、胸围均比同年龄的男孩小，以后随着年龄的增长到10岁以前，男女孩身体发育没有明显的差别，接近于平行。到11—14岁期间，女孩发育加快，到17—18岁后则不及同年龄男孩的增长速度。在安排运动内容及运动量时要考虑这些特点。

一、女子体型发育的特点

1. 外形丰满

女子皮下脂肪较厚，骨盆变宽，臀部宽大，但肩宽较男子小3—4cm，这种体型与男子双肩宽阔的上宽下窄体型相比在负重和耐受力上均不及男子。由于女子骨盆宽大，下肢较短，使身体重量偏于下方故重心较男子略低，此特点对平衡运动有利，但对发挥速度、跳跃能力则又有不利的一面（女子速度仅为男子速度的86%，跳跃能力仅及男子跳跃能力的76%）。所以女子适宜进行平衡木、自由体操等项目，而做两臂支撑、悬垂和大幅度的摆动动作的能力则较差。

2. 四肢长度与各种围度的性别差异

(1) 女子四肢长度均较男子为短，各部位差的比例又不尽相同，如女子小腿明显地比男子短（仅为男子小腿长度的89%），因而女子步幅就不及男子大，所以在训练中就必须依靠加快频率来弥补步幅较小的不足，以解决训练或比赛中的速度问题，从这个角度来说很容易造成疲劳。

(2) 青春发育期后，女子除腰围比较大之外，其它围度如胸、头、臂、腿围均比男子的数值为小。尽管女子乳房发育，皮下脂肪较厚但其实际胸围小故胸腔容积及肺容量均比男子为小，由于四肢围度较小（因肌肉较男子细弱）因而臂力、腿力亦较男子小，故负重较小，耐力较差且容易产生疲劳。

3. 女性骨盆

骨盆由骶、尾、髌骨构成，除容有膀胱直肠外，还有内生殖器官（子宫、输卵管、卵巢及韧带）及盆腔内的软组织等。女性骨盆体大而轻且一般至15岁时发育到成年人的

大小，故在15—16岁以前（骨盆尚未完成骨化之前）不可多做负重过大或经常做不对称的负重练习，以免影响骨盆的正常发育，但也不能消极地适应。

4. 皮下脂肪的厚度

成年人一般为0.5—0.8cm。女子皮下脂肪较厚（约相当于男子皮下脂肪厚度的273.1%）。脂肪有较好的保温作用，这对参加坚持长时间的水中活动和冬天运动项目如游泳、滑冰、滑雪等都是有利的。而且脂肪还可是人体的能量储备，经常进行新陈代谢，释放能量供人体需要。

二、运动器官

1. 骨骼特点：

骨骼是人体最坚固的部分，但女子比男子骨骼细而弱，重量亦轻。骨骼表面的粗隆、结节等突出部分比男子为小（因附着其上的肌肉细弱的缘故）。所以女子骨骼的抗断、抗压和抗弯的能力均比男子差。

女子脊柱各个椎间软骨（椎间盘）相对地较男子为厚，所以腰部活动的范围较大，做弯腰的动作比男子有较大的优越性。

2. 女子的关节囊、韧带等比较薄，弹性较好，关节活动的范围相对地比男子大。这一特点使女子从事舞蹈、艺术体操和武术动作时，动作幅度大而且稳定，增添了动作的优美。总括女子骨骼系统的结构与机能都比较弱，限制了参加过度剧烈的运动。

3. 肌肉的特点

女子肌肉与男子相比较细弱，肌肉重量为男子的80—90%而肌肉力量仅为男子的70—80%。骨骼肌是人体完成各种运动的动力，但好，因其肌肉横断面小、肌力小，故较男子耐力差容易疲劳，疲劳的消除时间也长。所以女子肌肉力量需要加强锻炼。

三、血液循环及呼吸系统机能的特点

1. 血液循环系统的机能特点

（1）血液机能：女子的血量少于男子（男子约占体重的8%，女子约为7%），红细胞的数量和血红蛋白的数值均低于男子。所以女子的运输氧（O₂）和二氧化碳（CO₂）的能力均较差，这可能是造成女子最大吸氧量水平较低，限制女子参加长时间耐力性训练的原因之一。

（2）心脏血管系统机能特点：这方面的机能状态直接影响着人体的活动能力。女子心脏的重量约比男子轻10—15%，容积亦小，心脏收缩力量与每搏输出量均比男子为小。因此，女子常以增加心跳频率来增加心脏的每分输出量，所以安静时女子的脉搏、心率均稍快（比男子每分钟约增快8—10次），由于这些特点，在参加运动训练和比赛时不能同男子强求一致，跑的距离不宜太长，应注意循序渐进。

2. 呼吸系统机能特点

女子胸腔比较窄小，最大吸氧量较低，呼吸深度较男子为小，呼吸频率也快，所以好，呼吸动作的特点是浅而快，故在耐力训练中不及男子。加之，女子又以胸式呼吸为主，因此对上肢负重或做支撑动作、悬垂动作是有一定限制的。但当腹肌紧张时要靠胸式呼吸，则此又为女子之所长。

四、月经期的体育卫生

1. 月经周期的形成和调节:

月经周期是指健康的成年妇女的子宫内膜,发生周期性的脱落和修复过程而言。由于在周期性变化中出现子宫内膜脱落及血管遭到破坏而形成月经(正常周期一般为28天左右)。

月经的形成是受卵巢内产生的女性激素支配的。卵巢内的原始卵泡每月成熟一个,成熟卵泡中的卵子成熟后从卵巢排出(排卵日期是在下次月经前的十四天左右),排卵前卵泡产生雌激素,此激素可刺激子宫内膜逐渐增厚(增生期变化)。排卵后卵泡形成黄体,黄体除继续产生雌激素外,又同时产生一种孕激素,使子宫内膜更加变厚且松软(分泌期变化),如此卵子未受孕则黄体在十天后萎缩而停止产生雌激素和孕激素,增厚的子宫内膜失去了激素的支持作用,逐渐萎缩坏死脱落出血形成月经。此后又有新的卵泡发育、成熟、排卵产生激素,而形成了周期性的变化。

月经周期(子宫内膜)变化是受卵巢激素支配的,但卵泡的发育成熟、排卵、黄体的形成和萎缩等又受大脑皮层、丘脑下部及脑垂体的影响和作用,所以月经周期(子宫内膜周期)是一个复杂的内分泌的调节过程。

2. 月经期的体育卫生

首先应当明确月经周期是妇女正常的生理现象,因而无须人为的、不适当的提出各种清规戒律;另一方面此期确实又是一个特殊阶段,因而也不能盲目地否认其特殊性。一般来说,女子在月经期没必要禁止从事体育活动,只要不是严重的痛经,血量过多或功能性子宫出血的患者,在经期适当地活动尤其是对从事体育工作的妇女是有益无损的。因为体育活动可提高和增进人体的一般机能状态,调整兴奋与抑制使心情舒畅,且能改善血液循环功能,加上腹肌、盆底肌的收缩和放松所起到的按摩作用,可有利于经血的排出。

月经期能否照常训练或参加比赛这是在女子体育卫生中一个很重要的问题。这与女运动员的运动年限及个人特点有关。有的材料调查有些多年从事体育训练的女运动员在经期可以照常训练甚至参加比赛,仅有少数(约20%左右)在近期出现不同程度的痛经、经血量改变或是月经周期的改变。但从远期效果观察对运动能力无何明显地不良影响。当然对一般女运动员(特别是在青春前期)在经期的训练还是要加强医务监督、循序渐进,逐渐加大运动量,促进运动员逐渐适应。一般在月经期训练量和强度均应适当减小,因为在月经期内生殖器官充血绵软、韧带较松,如用力过猛、腹压过大、负重过大则容易造成经血量多或子宫位置的改变。

在女子体育卫生中,根据激素对月经周期的调节机制,为了保证参加比赛,使月经来潮时间避开比赛日期,常使用激素以人工调整月经周期使其推后或提前。一般认为提前比错后为好,因为月经后人体处于较好的机能状态,大多数运动员用药后能发挥一定的技术水平,亦能无不良反应。但此法对于月经周期不规律或青春前期运动员还是要予以注意的。

关于游泳训练经期下水问题:一些人认为经期不能下水,因为如处理不当易造成感染或因冷水刺激而形成痛经或月经不调。但近年来应用消毒阴道栓在经期下水训练和参加比赛的亦屡见不鲜。但对这样的问题不应只从训练计划出发,也不能只考虑近期影响,而应从长远考虑,并且要因人而异。

第五讲 运动性疾病

第一节 过度训练

过度训练又叫过度疲劳，是连续疲劳积累所引起的一种病理状态。

一、原因

1. 训练方法不当。训练中未遵守循序渐进和系统性的原则，过多采用与身体训练水平不相适应的运动量；如大运动量训练持续过久运动量增加过快，缺乏全面训练的“单一”训练等。这是过度训练的主要原因。

2. 比赛过多，比赛之间缺乏足够的休息。

3. 伤及病后身体衰弱，过早参加紧张的训练。或运动量增加过快。

4. 生活制度遭到破坏，劳逸结合得不好，使运动员在训练后得不到充分的休息。

5. 饮食营养差，也是促使过度训练形成的一种重要因素。

6. 各种心理因素，如：思想不愉快，工作学习中的挫折，失恋，家庭纠纷，等等都是过度训练的诱发因素。

二、征象

过度训练的征象是多种多样的，依过度疲劳程度不同而有差异。在过度训练的早期，运动员常表现出不愿意参加训练，睡眠不好，食欲减退，头昏，无力，记忆力减退，运动能力降低，运动成绩下降；少数人可有心情烦躁，容易激动。

出现上述征象后，若未引起注意，未采取必要的措施，过度训练会进一步发展。表现出失眠、头痛、活动时容易疲乏和出汗、体重持续下降等症状，同时还可能出现各器官、系统机能失调的现象。

在循环系统方面，主要表现为心悸，心前区不适感；脉搏一般增快，但有的减慢；血压常常升高，有时也会异常降低；心律不齐，出现期前收缩或阵发性心动过速；甚至产生心脏扩大（特别是右心扩大和心肌劳损，出现病理杂音和心功能不全的现象（心跳、气短、浮肿等）；心血管机能试验（如联合机能试验）负荷后，脉搏、血压恢复过程大多缓慢，并出现不良反应；心电图检查也往往出现异常改变（见本书医务监督部分）；血液化验，少数人血红蛋白降低，白细胞总数增多，淋巴细胞减少。

在呼吸、消化、泌尿等系统方面，常表现出肺活量和最大通气量下降，有时反应出胃肠机能紊乱（腹痛、腹胀、腹泻和便秘），运动时右季肋部疼痛，肝脏肿大。有的有尿排不完的感觉，尿液检查有蛋白、红细胞，甚至出现管型。

此外，全身过度训练合并局部劳损，如关节、骨、软骨、韧带及肌肉劳损，而且劳损轻重与全身过度训练征象的轻重常常是平行的。女运动员往往出现月经紊乱。

上述过度训练的征象，同训练与否、训练量的大小有密切关系。在过度训练的早期，多数运动员的自觉症状仅在大运动量训练后出现症状持续时间也较短。若病情进一步发展，则在中小运动量训练以后，甚至休息时症状也不减轻。

在诊断本病时，应详细了解运动员的训练计划、运动史、病史，并作机能试验和临

床检查,以便与其他疾病(如神经官能症、肝炎、肺结核等)鉴别。

三、处理

关键在于早期发现,及时处理。在过度训练的早期,只要调整训练计划,减少运动量,改变训练的内容和方式(例如对速度反应不佳应多练些耐力项目;适当减少专项训练,辅以全面训练和放松性练习注意休息,增加睡眠,即可得到纠正。

如果未能早期发现,病情有了进一步发展,必要时应停止训练(一般不需要完全停止训练),调整生活制度,进行温水浴,恢复按摩和医疗体育(如太极拳、气功等),并由医生根据病情进行药物治疗如维生素B、维生素C、维生素D、葡萄糖、镇静剂、激素等。

过度训练经过正确处理,轻者2~3周可好,较重者需要2~3个月,严重者往往需要半年以上。病愈后恢复训练时,要逐步增加运动量。

四、预防

主要预防方法是合理安排运动量。在制订训练计划时,要考虑到运动员机体的可接受性与个人特点。青少年运动员应加强身体全面训练,遵守循序渐进原则,对训练水平高的运动员,训练量的安排要注意节奏性,大中小运动量要有有机地配合。遵守生活制度,注意劳逸结合,摄取富有维生素的饮食,生病时不要参加训练和比赛,加强医务监督工作,以便及时预防过度训练。

第二节 低血糖症

正常人血糖维持在一定的水平(80~120毫克)。当血糖低于50~60毫克%时,可出现一系列症状成为低血糖症。

运动时肌肉收缩要消耗能量,而能量主要来源于体内糖的氧化,因而消耗的是体内的糖。长时间剧烈运动时,由于血内葡萄糖大量消耗,可产生低血糖症。此病多发生于长跑、超长跑、长距离滑冰、滑雪和自行车等项运动比赛过程中或结束后。

一、原因

运动中发生的低血糖症,主要是由于长时间剧烈运动时体内血糖大量消耗和减少,皮质调节糖代谢的机制紊乱所造成的。赛前饥饿、赛前情绪过分紧张或身体有病,都是引起本病的重要诱因。

二、征象

病员感到非常饥饿,极度疲乏,头晕,心跳,面色苍白,出冷汗较重者可出现神志模糊,语言不清,四肢发抖,躁动不安或精神错乱(如赛跑者返身向相反方向跑),甚至惊厥、昏迷。检查时,脉搏快而弱,血压或无明显变化,或昏倒前升高而昏倒后降低,呼吸短促瞳孔扩大,若查血,则血糖明显降低(50毫克%以下)。

三、急救

使病员平卧,保暖。神志清醒的可给他喝浓糖水或姜糖水,并吃少量食品,一般短一段时间后即可恢复。若昏迷,可针刺或用指掐人中、百会、涌泉、合谷等穴,并迅速请医生处理。这时若能静脉注射50%葡萄糖溶液50~100毫升,提高血糖浓度,就会使病情

迅速好转。

四、预防

平时没有锻炼基础，或患病未愈，或空腹饥饿的时候，不要参加长时间的剧烈运动（如万米跑、马拉松赛跑、长距离滑冰等）。马拉松赛跑时应准备一些含糖的饮料，供运动员途中饮用。

第三节 运动性贫血

血液中红细胞数及血红蛋白量低于正常数值，称为贫血，贫血可由各种病因引起，是一种症状，而不是独立的疾病。

成熟红细胞的寿命约120天，机体在正常情况下，每天都有一定数量红细胞在新生与衰亡，两者之间维持着动态平衡，使血中红细胞数与血红蛋白量保持在相对稳定的水平。一旦这种平衡受到破坏，即能引起贫血。

运动员在训练过程中如果生理负担量过大，则可导致血红蛋白含量减少。这种因运动引起的血红蛋白量降低，称为运动性贫血。运动性贫血的诊断标准是男运动员的血红蛋白低于12克%，女运动员的血红蛋白低于10.5克%。本病的发生率，女性高于男性，年龄小的运动员高于年龄长的。据北京运动医学研究所报告，儿童、青少年运动员的发病率为15.9%，成年运动员为5%左右，但前者的贫血程度较轻。

一、原因

运动性贫血的原因，目前尚不完全清楚，但它与大运动量训练有关。根据国内外文献报告，其主要原因如下。

1. 蛋白质和铁的摄入量不足——运动训练时，由于肌肉增长使蛋白质需要量也增加，由于血清铁含量增加使铁的需要量增加，所以如果食物中蛋白质和铁的摄入量没有适应增加，以满足增加了的需要，机体将发生蛋白质或铁不足，即可引起运动性贫血。

有时食物中虽不缺乏蛋白质和铁，但由于运动员有偏食、零食习惯，或训练后食欲差立即进食影响了正常饮食的摄入量，或者因慢性腹泻、蛔虫等病影响了这些营养素的吸收，也可导致本病。

2. 红细胞破坏增加——运动训练时，脾脏收缩，由脾释放的溶血磷脂能使红细胞的脆性增加，红细胞膜的抵抗力因而减弱，加上剧烈运动时血流加速，红细胞与血管壁的撞击猛烈，容易引起红细胞破裂，使红细胞的新生与衰亡之间的平衡遭到破坏，从而导致运动性贫血。

3. 渗透压的改变——由于运动时大量的排汗，运动后一次大量喝水，随着汗液排出的盐份并没有得到补充，因此造成了血浆中盐类渗透压的下降，出现贫血，促使贫血的发生发展。

此外，加大运动量常可使引起贫血的原发病（如痔出血、月经过多、风湿症等）加重，因而使贫血明显。

二、征象

运动性贫血发病缓慢，其临床征象系由于血红蛋白减少使血液运送氧的机能不足，从而引起全身各器官、组织缺氧所致。主要症状有头昏，头痛，乏力，易倦，记忆力减

退，食欲差，运动后心悸，气促主要特征为皮肤和粘膜苍白，心率快，心尖部收缩期吹风样杂音，及反甲表现。血液检查，主要是血红蛋白量减少，男病员在12克%以下，女病员在10.5克%以下，部分病员的红细胞数低于正常数值，男的低于400万/立方毫米，女的低于350万/立方毫米。

三、处理

减小运动量，必要时应停止训练。饮食宜富于营养，采用含蛋白质和铁较多的食物（肉类、干果类和绿色蔬菜含铁较多）。口服硫酸亚铁，每日3次，每次0.3克，饭后服用，对缺铁性贫血有较好的效果。为了促进铁的吸收，可以同时服用维生素C和胃蛋白酶合剂。若有引起贫血的原发疾病，则应针对原发病进行治疗，才能取得很好的疗效。

四、预防

预防运动性贫血的重要环节和是安排好运动量和强度，遵守循序渐进和个别对待原则。膳食要富于营养，对于进行大运动量训练的运动员可给以预防性补充铁。克服偏食、零食的习惯。合理安排训练的时间，使运动与进食之间有一定休息间隔。

第四节 运动中腹痛

运动时，特别是中长跑、马拉松跑、竞走和自行车运动，有时会发生腹痛。

一、原因

1. 胃肠痉挛——胃肠痉挛引起的腹痛，轻者钝痛、胀痛，重则有阵发性绞痛。饭后过早参加运动，运动前吃得过饱，喝得过多（特别是冷饮过多），空腹锻炼（胃酸或冷空气对胃的刺激）等，都可能引起胃痉挛，其疼痛部位在上腹部；运动前吃了产气或难消化的食物（如豆类、薯类、牛肉），腹部着凉或蛔虫刺激等，可引起肠痉挛等，其疼痛部位多在周围；宿便刺激也可引起肠痉挛其疼痛部位多出左下腹部。

2. 肝脾淤血——肝脾血肿胀，增加肝脾被膜张力，产生牵扯疼痛或胀痛。肝病在右季肋部，脾痛出左季肋部。一般，肝脾血的原因如下。

（1）准备活动不够，开始时速度过快——由于内脏器官功能还没有提高到应有的活动水平就加大了运动强度，特别是心肌力量较差时，搏动无力，影响静脉血回心，下腔静脉压力上升，肝静脉回流受阻，从而引起肝脾血肿胀。

（2）呼吸节律紊乱——剧烈运动时，破坏了均匀的、有节奏的呼吸肌疲劳；膈肌疲劳后减弱了它对肝脏的“按摩”作用；同时由于呼吸短浅，胸内压上升，下腔静脉血流受阻等——这些因素都可使肝脾发生血肿胀。

3. 腹直肌痉挛——夏季进行剧烈运动，由于大量排汗丧失盐分，水盐代谢失调，加上疲劳，可引起腹直肌痉挛。这种腹痛多发生在运动后期，疼痛部位比较表浅。

4. 腹部慢性疾病——慢性肝炎、溃疡病或慢性阑尾炎患者参加剧烈运动，由于病变部位受到牵扯、振动等刺激，即可产生疼痛。这种腹部的部位，同病变部位一致。

二、处理

运动中发生腹痛时，一般只要减低速度，加深呼吸，按压疼痛部位（或弯着腰跑一段），疼痛即可减轻，以至消失。如疼痛仍不减轻甚至反而加重，就应停止运动。口服十滴水或普鲁苯辛（每次一片）针刺或用指点揉内关、足三里、大肠俞等穴，都能缓解

腹痛，可以试用。若为腹直肌痉挛，则可进行局部按摩，做背伸动作拉长腹肌，如果上述措施均不见效，就应请医生处理。

三、预防

合理安排膳食，饭后须经过1~2小时以后才可进行剧烈运动，经常参加体育锻炼，提高身体的机能水平；运动前作好准备活动，运动中注意呼吸节律；夏季运动要适当补充盐分。对于各种慢性疾病引起的腹痛，应就医检查，彻底治疗。在疾病未愈以前，应在医生的指导下进行体育活动。

第五节 运动后血尿

血尿是一个重要的临床症状。在剧烈运动后，某些运动员可能出现肉眼或显微镜下的血尿，称为运动后血尿。

一、原因和分类

引起运动后血尿有多种原因，总的来说，可以分为下述三类。

1. 器质性疾病所引起的血尿——常见的疾病为泌尿系结石、肾小球肾炎、泌尿系感染。这种病人的血尿严重程度，一般与运动量无明显关系，同时还有病变本身特有的一系列症状，经过详细询问病史及检查，不难确诊。但是无痛性的微小结石或透光结石，容易被忽略，剧烈运动时它能损伤泌尿道粘膜而产生血尿，与运动有明显关系，诊断时要注意。

2. 外伤性血尿——运动时腰部受到钝物打击或摔倒，造成肾脏直接挫伤或间接损伤，可以引起运动后血尿。一般说来，这类病人的诊断不很困难，但当外伤史不明显或间隔一段时间时，容易造成诊断上的困难。

3. 运动性血尿——其特点为运动后骤然出现血尿，血尿的明显程度往往与运动量大小及训练强度有密切关系；除血尿外，不伴随其他特异症状和体征；男运动员多见，尤以跑跳运动员为多见，其中长跑运动员和三级跳远运动员则更多见；肾功能检查、血液检查及X线检查均正常；运动中止后，血尿迅速消失，一般不超过三天；预后良好，对身体健康无不良影响。

运动性血尿的发生原理尚不十分清楚，可能与下列因素有关：

①与肾周围缓冲振动的脂肪过少有关。国外有人报道，由于肾周围缓冲振动的脂肪减少，运动时可致肾脏的位置明显下降，使肾静脉与下腔静脉之间的角度加大，而致使肾静脉压升高、血细胞渗出。

②可能是在直立位下用力踏地和跳跃以及腰部猛烈屈伸，造成肾被挤压或肾血管的被牵扯、扭曲，使肾静脉压力增高，引起红细胞渗出所致。

③与膀胱壁的磨损有关。

二、处理

对每例运动后血尿均应作仔细的问诊和检查，明确诊断。不要把具有病理改变的运动后诱发的血尿当作运动性血尿处理，以免延误治疗。出现肉眼血尿时，不论有无主诉均应中止运动，作有关检查。对无任何主诉的镜下血尿的运动员，应减小运动量，采取边训练边检查的方法，尽力作出明确的诊断。

器质性疾病引起的血尿和外伤性血尿，应针对病因进行积极治疗，一般不能进行正常训练。运动性血尿诊断成立之后，可以参加训练，但要安排好运动量，加强医务监督，并由医生根据情况给以适当治疗（如反复发作和镜下血尿持续不消失者可用止血药，伴有身体机能下降者可用三磷酸腺苷和维生素B₁₂等）。

第六讲 运动损伤

在体育运动过程中所发生的。

在体育运动过程中所发生的损伤，称为运动损伤。运动损伤学的主要目的是：预防及治疗运动损伤，并通过统计方法，总结损伤发生的原因，治疗效果及健康恢复的时候等。以协助改进运动条件，改善教学训练方法，提高运动成绩。

第一节 运动损伤的特点及分类

一、特点

1. 运动损伤与体育运动项目，甚至与个别技术动作有着密切的关系，因此除了包括一般损伤的内容外，还有它特殊的损伤。如：网球肘、乒乓球腕、足球踝等。病名的本身反应了项目和技术动作的特点。

2. 根据统计和经验证明，运动损伤中严重的创伤很少，大都属小创伤，因此容易被忽视，或由于种种原因而得不到即时处理。

二、分类

一般按创伤症状表现的缓急分为急性及慢性两种。

1. 急性创伤：由一次外伤所致，其发生有一定的偶然性。

2. 慢性创伤：

(1) 由于急性创伤处理不当，或休息时间过短而转为慢性；

(2) 由于局部训练过度逐渐发生。如：疲劳性骨膜炎，慢性腱鞘炎，软骨劳损等。

在运动创伤中，急性创伤较少，慢性较多，而且多与运动项目的特点有密切关系，即所谓运动专项多发病。从医疗、预防及愈后的角度来看，防治慢性运动创伤，在医务监督工作中的意义很大。我们如果能够掌握慢性创伤的发生及演变规律，改进训练，避免其发生，就可大大减少创伤发病率。此外慢性创伤早期诊断好较困难，易被忽视，一旦诊断明确，治疗又属不易，因此必须引起注意。

第二节 运动损伤的基本原因及其预防

要防治运动创伤，首先应查明造成损伤的原因，从而才能有的放矢的采取对策。造成运动损伤的原因是多方面的，据目前国内有关运动损伤原因的综合研究材料，可将运动损伤的基本原因归纳为以下几个方面。一般认为运动损伤的发生大都不是偶然的，是由内因（潜在原因）及外因（直接原因）决定的，有一定的规律性。掌握好这种规律，可以把运动创伤的发生率降到最低限度。

一、潜在的原因

据北医运动医学研究所1010例运动创伤统计，发现运动项目与受伤部位及受伤性质之间有明显的关系。

(体操常见的受伤部位及伤种有：肩(肩袖损伤及肱二头肌长头肌腱鞘炎)。膝(髌骨软骨病)腰(腰肌劳损、椎板骨折、棘突骨膜炎)、腕(创伤性肌腱鞘炎)。篮球即(骨软骨病、半月板撕裂)、踝(距排前韧带拉伤)。

为什么有这样的规律？这是由以下两个潜在因素决定的：

1. 由人体某些部位的生理解剖特点决定的，人体某些环节比较薄弱，容易受伤，客观上存在潜在的致伤因素。
2. 运动项目本身的技术特点，也就是完成某一项目或动作对人体的特殊要求，在反复训练中，使局部负担量过大，从而造成损伤。

根据以上两个因素采取必要的预防措施是很重要的，消除以上两个致伤潜在因素最好的方法是：

- (1) 加强易伤部位的准备活动(专项辅助活动)。
- (2) 加强易伤部位的肌力练习。
- (3) 根据专项易患病的特点，恰当安排运动量，避免过多的易伤动作的练习。

以上讲的是发生损伤的客观存在的内在因素，内因要通过外因才能起作用，由于人体的某些部分解剖生理弱点，与运动动作对身体的特殊要求，只能说有发生外伤的可能，但不一定都发生外伤。事实上，有不少运动员经过多年训练成绩稳步提高而未发生外伤。因此分析起来，发生损伤还有其直接的外在的因素，即主观的原因。

二、直接原因

1. 对预防运动损伤的意义认识不足，有的人有一些错误思想如：“运动损伤难免论”，“运动损伤不过是些小伤小病，关系不大”，“不伤出不了成绩”，等等，因此在教学训练过程中，不积极预防运动损伤，发生损伤后也不认真分析研究总结经验。

有极少数是由于思想上、体育道德上的极端错误而引起的。

2. 缺乏准备活动或准备活动不正确

(1) 准备活动的作用

- a. 克服内脏器官的惰性，加速内脏器官的动员能力及适应性，使机体更快地进入工作状态。
- b. 提高机体的代谢能力，使体温升高，从而提高肌肉韧带的弹性和伸展性，加大运动幅度，提高肌肉工作能力。
- c. 使关节滑液增加，并增加关节软骨厚度，从而提高了关节的灵活性，亦有利于预防损伤。

(2) 如何做好准备活动

a. 以混合型准备活动为好，所谓混合型准备活动即包括一般性准备活动与专门性准备活动。前者主要是通过身体各部位的活动以提高中枢神经系统和内脏器官的适应性。后者是为了更好地促使动作条件反射的形成，并使人体逐渐达到专项活动时所需要的幅度和力量。

b. 准备活动必须有针对性,对活动时负担较大的和易伤的部位特别要做好准备活动。

c. 准备活动的安排要有科学性。

d. 机体兴奋性较低时或气温较低,肌肉韧带较僵时,准备活动更要充分。

3. 训练水平不够

训练水平包括一般身体训练,专项技术训练等等。由于缺乏全面身体训练,身体素质不好,将影响技术训练,同时也易造成损伤。

在身体素质的几个方面,有人研究认为,对损伤威胁最大的是柔韧性不好。其次是力量,因为肌肉力量的大小,对关节的稳定性有很大影响。再者是耐力,因耐力差则疲劳时控制身体的能力下降而致伤。

根据体委科研所1974年对国家男排肩部柔韧性的调查发现,肩关节柔韧性好的,损伤发生率低,反之则高。

此外,由于专项技术训练水平低,而造成技术上的缺点和错误动作,也是损伤发生的重要原因。如:北京体院对一年级学生运动损伤原因的调查发现,技术动作不正确占各项原因中的第一位(23.8%)另外,有人对足球运动损伤进行了调查,发现技术水平越低,发生损伤越多,优秀运动员的损伤较少。

4. 局部负担量过大

运动量安排不当,尤其是局部负担量过大,是在运动训练中,特别是在专项训练中造成损伤的主要原因。如对第三届全运会武术运动员的损伤调查表明,局部负担量过大是各项原因的第一位(28.9%)据过去全国十二所体院64名体操教师对体操课中产生运动损伤的基本原因分析,运动量安排不当是主要原因。

曾有一个女子篮球队,为了加快发展下肢力量,在一段时间里过多地安排了跳跃、跨杠铃等练习,使下肢局部负担过重,结果使全队几乎都发生了髌骨劳损。

在一般体育教学课中,也存在局部负担量的问题。例如,某中学有一次体操安排了三项内容,前两项是单杠的悬垂支撑动作,第三项是支撑跳跃。有的学生在进行第二项内容时,已感到上肢疲劳,当进行第三项内容时,其中一个学生就因上肢无力而摔倒,造成右前臂骨折。从表面看,这次课既有悬垂支撑,又有跳跃,似乎是全面的。但实质上所有内容对上肢肩带的负担都很重,这就造成上肢局部负担过大。

加强易伤部位和相对较弱部位的训练,提高它们的机能,是预防损伤的一种积极手段。例如,为了预防腰部损伤,应加强腰腹部肌肉的训练。腰部肌肉易受损伤,从某种意义上讲,腹肌是腰背肌的对抗肌而且是相对较弱的。腹肌力量不足,易使脊柱过度后伸而致腰部损伤,因此,在进行腰背肌训练时,也要注意腹肌的训练。

预防膝关节损伤,必须加强大肌肉力量的训练,不仅注意股四头肌,也要注意大腿后面的肌群,它们对增强膝关节的稳定性和保护膝关节也有重要作用。

在发展肌肉力量的同时,要注意发展肌肉的伸展性,这可防止肌肉拉伤。

为了预防关节扭伤,就要增强关节周围的肌肉和韧带,以加强关节的稳定性。有应用专门器械练习来增强关节稳定性的方法,如增强踝关节的内面、凸面和斜面三种跳板用木板或水泥制成。

练习时，先不负重在各种斜面上做跳跃动作；先在凹面或凸面上练习，后在斜面上练习，因前者的难度较小；以后，可负重进行练习。

由于在不同斜面上做跳跃动作，踝关节和膝关节周围的肌肉、韧带受到不同力量的刺激，相应得到锻炼，增强了机能，所以力量、协调性、平衡感觉和适应能力都可提高。

5. 身体机能状况不良

睡眠或休息不好，带伤带病或伤病初愈，以及身体疲劳时，生理机能都相对较低，肌肉力量较弱，动作的协调性下降，在这些情况下如不适当地进行减量或降低练习的难度和强度，就很容易致伤。

6. 教学、训练和比赛的组织方法上有缺点。

这方面的问题包括是否遵守教学训练和比赛的原则问题，也包括组织方法上的问题，前者如是否遵守循序渐进、个别对待以及比赛的年龄分组等问题；后者如一个教师负责的学生过多，或进行器械练习时没有指导教师，缺乏必要的保护，场地上运动员过多，没有或不遵守运动场地分区（如任意穿越投掷区或在非投掷区进行投掷，滑冰时不按规定的方向滑行等）。此外，在教学上缺乏细心的教导和正确的示范动作，允许没有训练的学生参加剧烈的比赛，比赛的日程安排不当，比赛时间临时更动等，都可成为致伤的原因。

7. 场地设备上的缺点

场地不平，有碎石杂物，跑道过硬，过滑，砂坑过硬或坑沿太高，或坑内有杂物，踏板与地面不平齐，器械表面不平，有裂缝或生锈器械年久失修，器械的大小、重量与运动者的年龄、性别等不适应，器械的安装不牢固或安放不妥当，这些缺点都可能引进运动损伤，此外，缺乏必要的护具，运动时衣服不合适（如穿制服做器械体操），鞋子过大或过小，或穿皮鞋进行球类活动等，也容易引起损伤。

第三节 伤后功能训练

一、概念及意义

伤后功能训练，即伤后进行适当的锻炼，以促进损伤的愈合和保持伤部肌肉关节的正常功能。

意义：

1. 改善伤部的循环。
2. 防止组织粘连、关节囊和网带挛缩，避免关节僵硬或活动受限。
3. 保持神经和肌肉的紧张度，防止骨质疏松及肌肉萎缩。
4. 保持身体各器官系统的良好机能状态，维持正常的健康水平。

一个经常从事运动的人，突然停止运动，常常会引起身体机能紊乱，从而诱发一些疾病，如：神经衰弱、便秘、腹泻等，这是由于中断系统训练后，原来建立的各种条件反射性联系受到了破坏，造成神经系统的紊乱，而神经系统的紊乱，则会导致机体其他各个器官系统的正常机能，而出现异常症状，这也就是“运动员停训综合症”。而功能锻炼则可避免上述机能的紊乱，保持一定的训练状态，使之能更快地过渡到正规训练。

二、运动员的伤后功能训练问题

在运动训练中，我国有不少运动员经过合理的正确的伤后训练，边练边治，练治结合，结果伤情改善，并且在恢复正常训练后还创造了良好成绩。但是，伤后训练的安排是一项细致、复杂、严肃的工作，目前还比较缺乏经验。这里将需要注意的问题概述如下。

(一) 尽量保持全身训练和未受伤部位的训练(如上肢受伤练下肢，下肢受伤练上肢)，以免伤后训练水平、机能状态、健康情况下降。对未损伤部位的训练，应注意负担量要适当，不要单纯以加大未损伤部位的训练量来代替受伤部位的功能和负荷。

(二) 对已伤部位要根据伤情合理安排锻炼内容和局部负担量。安排时，要注意循序渐进和个别对待。

急性损伤的早期，伤区可暂不活动，以便促使急性症状(如出血肿胀、剧烈疼痛等)消退。一旦症状减轻，就应及早开始活动，进行功能锻炼。待基本痊愈后，才能进入正常的训练。

一般来说，急性损伤在伤后24—48小时即可开始进行活动。轻伤、不同中者，可提早些；损伤较重、肿胀和出血明显者，则可稍晚些。对慢性损伤与劳损者施行合理的伤后训练是最适宜的。经验证明只要根据伤情坚持系统的、有计划的功能锻炼，并配合治疗，均能使伤情好转。在安排训练时，首先要弄清损伤的性质与程度、受伤机转局部组织解剖结构的特点和弱点，然后考虑局部负担量。应当减少或停止那些会加重伤势的练习，加强那些能克服局部解剖结构上的弱点和提高局部肌肉、关节机能的练习。要循序渐进，要从形向伤情轻的动作开始，逐步过渡到专项训练进入专项训练后，也要循序渐进，并应插入具有一定强度的功能练习。运动量的大小，以练习后不引起明显疼痛，经一晚休息后原有症状不见加重为宜。一般待训练5—7天后，若无不良反应，才可开始加量。

训练计划最好由教练员、运动员、医生三结合商讨制订，交运动员试行，密切观察伤处反应，根据情况变化不断修停。

(三) 功能锻炼——主要是加强伤部有关肌肉的力量练习和关节功能练习，是伤后训练的重要内容，其目的在于发展伤部周围肌肉的负担能力，提高组织结构的适应性，恢复关节、肌肉的正常功能。

在力量练习的内容安排上，不但要锻炼原动肌，也要锻炼对抗肌不但要锻炼大肌群，也不能忽视有关小肌肉群的锻炼。在练习方式上，可静力性和动力性练习相结合，一般以静力性练习开始，然后逐步结合动力性练习，先进行不负重练习，再逐渐增加负重练习。

(四) 加强伤后训练的医务监督——在每次训练前，应做好准备活动，对伤部要使用保护支持带(如带护膝、护踝、护腕)，或用胶布、绷带固定支持，以加强伤部的稳固性，防止再度受伤。经常注意伤部的反应，如疼痛肿胀的情况、肌肉反应(有无发紧、发硬)、关节灵活程度等，若有不良反应，就应即时检查，调整运动量和训练内容。训练前和训练后应开展自我按摩或相互按摩。

运动心理学介绍

吴友莹 编

今天我不是讲课，而只是宣传一下什么是心理学和运动心理学，什么是心理训练。运动心理学是心理学的一个分支。所以先讲心理学是研究什么的。

第一讲 心理学是研究什么的，运动心理学是研究什么的。

顾名思义心理学是研究心理的。心理学是研究人的心理现象的科学。

什么是人的心理现象？现在我念一段运动员的自述，请大家注意听，看哪些地方涉及到了人的心理。

“在新兴力量运动会上，我获得了跳远亚军，当我登上领奖台时，看着冉冉上升的五星红旗，听到庄严激动的国歌，回忆起敬爱的周总理在出国前夕的亲切教导，想到全世界都知道中国人民不再是“东亚病夫”了，……不禁激动得流下了幸福而又自豪的眼泪。我紧握拳头，暗暗地发出誓言：下定决心，勤学苦练，克服困难，以更优秀的成绩，为国争光。”

这里所说的看着、听到、想到、激动、下决心自觉克服困难等，就是人的心理现象。人的心理现象也称为心理或意识。

不难看出，心理现象是大家熟悉的，心理学就是研究这些心理现象的一门科学。

心理学从两个方面来研究人的心理现象，一个方面是心理过程，另一个方面是个性心理特征（见下表）。

		认识（感觉、知觉、表象、思维）
人的心理现象	{	心理过程 { 情感
		{ 意志
		个性心理特征：兴趣、能力、性格、气质

（一）心理过程

最基本的心理过程是认识过程。如前面念到的：“看着冉冉上升的五星红旗”。“听到庄严激动的国歌”。这里看着、听到是通过眼睛看、耳朵听得到来，还可以用鼻子闻到不同的气味，用手摸触到物体的冷热、软硬。看到、听到、嗅到、触到就是心理学中称为的感觉、知觉。感知是最简单的心理过程。人们看到、听到、嗅到的都可以保存下来，必要时可以回忆起来，回忆时可以在头脑中重现出过去感知的事物，如运动员讲到“想到周总理的亲切教导”，这在心理学上叫记忆。而头脑中出现了周总理的形象，这在心理学上叫表象。人们利用已有的感知材料，在头脑中进行分析、综合、抽象、概括，从而对事物的本质和内在联系、规律有了一定的认识，这在心理学上叫思维。如运动员从看到、听到的，而认识到在国际比赛上获得奖章的意义：“全世界都知道中国人民不再是东亚病夫了”，这是思维的结果，思维属于认识的高级阶段。感觉、知觉、思维等是在我们生活中经常发生的心理现象，心理学上统称为认识过程。

人作为一个主体，在认识客观事物时决不会无动于衷，总会产生各种各样的情感。如上面提到的运动员，在认识到这次胜利的重大意义的同时，激动得流下了热泪。这种激动是情感的表现，各种情感也是大家熟悉的，如听到审判四人帮，我们感到高兴，可是想到四人帮的罪恶，我们非常愤恨。这些高兴、愤恨等等称为情感。

人在与周围环境相互作用时，不仅认识事物，产生情感，而且人还可以反作用于周围环境。人们有意识地反作用于现实的活动称为意志行动，而在行动中下定决心，制定计划和克服困难等内部过程称为意志。

认识、情感、意志都有它发生、发展和完善的过程，所以称为心理过程。认识、情感和意志三种心理过程，简称为知、情、意。这叫三分法。

知、情、意三个过程彼此有区别，但它们又是密切联系的。情感、意志随认识而产生，如前面的例子，可以明确看到这一点。“知之深，爱之切”也说明了认识对情感的影响。情感、意志也影响认识。如大家热爱本职工作，决心精通本职工作的业务，作一个精通业务的领导干部。正是由于对工作的热爱和有决心成为懂业务的干部，促使大家认真听课，努力来认识有关体育的各部门理论课。

认识、情感意志统称心理过程，是心理学研究的一部分。

任何人都心理过程的三个方面。但不能说人的心理活动都是一样的，而在不同的人的身上有不同的表现。现在讲心理学研究的另一部分内容。

(二) 个性心理特征

个性心理特征是一个人在心理活动中所表现出来的比较经常和稳定的特点，也就是平常所说的一个人的精神面貌。“人心不同，各如其面”，人们之间在心理面貌上是互不相同的。如有的人活泼，有的人沉静，有人暴躁，有人安祥，有人急性子，有人慢性子，这是在性情和脾气方面的差异，心理学上称为气质方面的差异。有的人爱好文学，有人喜欢体育，有人喜欢音乐，这是兴趣上的差异。有的人写作能力强，有人擅长画画，有人则组织能力强，这是能力方面的差异。在对人和对事以及对对自己态度方面，人们表现出热忱、豪爽、谦虚、朴实、勤恳，以及懦弱、冷淡、轻浮、骄傲、懒惰等特点，这是性格方面的差异。兴趣、能力、气质、性格构成个性心理特征，每个人的个性心理特征是各不相同的，为什么呢？因为每个人都有自己所特有的大脑，都有自己所特有的社会地位、生活条件和教育条件，都有自己所特有的个人成长历史和生活经历。所以每个人都有自己的个性心理特征。个性心理特征是心理学研究的另一部分内容。

归纳起来，心理学是研究人的心理，人的心理可分为心理过程和个性心理特征两个方面。应该指出，这两个方面是不可分割的互相联系的，个性心理特征是通过心理过程形成的，没有对外界事物的认识，就不能产生情感和意志，个人的兴趣、能力、性格也就不可能形成。同时已经形成的个性心理特征又制约着心理过程，在心理过程中表现出来，如通过感知、思维认识事物，产生了情感，有了兴趣，培养了能力；能力兴趣不同，对事物的认识也就不同。所以这两部分是既有区别而又不可分割的两个方面。心理现象的两个方面是紧密相连的，构成了人的心理现象的极端丰富性和复杂性。恩格斯在“自然辩证法”中称思维着的精神为“地球上最美丽的花朵”。的确人的心理现象是绚丽多彩的，欢迎各位同志进一步来认识这朵美丽的花朵。

运动心理学研究什么呢？运动心理学是研究人在运动活动中心理活动规律的科学。通常包括下面几个方面的内容：

(一) 运动活动中的心理。运动活动的内容是多种多样的，因而在运动活动中的心理活动也是极其复杂的。运动活动中的心理包括一般心理：包括从事运动活动时所产生的感觉、知觉、表象的特点，如肌肉运动感觉、空间知觉、时间知觉以及各种专门化的知觉，运动表象的特点；也包括运动中思维的特点，如战术思维的直观性，灵活性，高速度等；也包括运动中情绪、意志特点。除了一般心理以外，运动活动中心理还包括各项运动的心理特点，如赛跑、足球、游泳、体操等项的心理特点。

以上所述是运动心理学研究内容的一个方面，运动心理学研究的另一方面是运动员的个性心理特征。

(二) 运动员的个性心理特征

前面讲了个性心理特征是包括兴趣、能力、气质、性格。体育活动能促进运动员个性心理特征的形成和发展，如提高能力，培养勇敢、顽强的意志等；长期从事某项体育活动也能改变和发展某些气质的特点。现在国内外都开始重视运动员高级神经活动类型的研究。神经类型特点的外部表现就是气质。气质类型又分为胆汁质、多血质，粘液质，抑郁质。

胆汁质的人具有强烈的情感，易于爆发，在语言表情和动作上表露很明显，行动敏捷。大多数是热情而性急的人。

多血质的人对一切事物容易发生情感，也很快地表现在外部行为上，但情感不强烈，容易变化，动作也是敏捷的，多是一些活泼好动，喜欢社交的人。

粘液质的人在情感上不易激动，情感很少向外流露，动作缓慢。大多数是沉着稳重善于忍耐的人。

抑郁质的人不易爆发情感，也很少外露，但情感一旦爆发则是强烈而持久的，动作慢。多是情感深厚而沉默的人。

国外研究表明优秀运动员神经类型属于强型的多，特点是神经过程具有较高的平衡性和灵活性。这些类型特点决定了运动员一系列心理特点：反应速度、思维的敏捷性、动作的可塑性等。另外也认为不同项目对运动员神经类型有不同的要求；如球类，要求神经过程有较高的灵活性，举重、射击要求就不太高。

形成战术、技术风格时也要考虑运动员神经类型，如乒乓球中以打快攻为主和以防守为主的运动员神经类型是不同的。苏联认为运动员独特的技术、战术风格是否与个人神经类型相适应，是运动员在专项中能否取得优异成绩的重要条件之一。

运动心理学研究运动员个性，既有利于培养全面发展的人，又利于因材施教更好地发挥运动员特点，取得好成绩。

(三) 运动心理学也要研究体育运动教学训练和竞赛中的心理学问题，如技能、技巧形成的心理特点，动作的反应，学习中的动机，运动表象的作用，赛前心理状态，运动员的心理训练等等。

应该说运动心理学在我国还是一个空白，许多问题有待我们去研究、认识。运动心理学的理论研究工作需要积极开展，在这方面很需要体委各级领导的关怀和支持。

第二讲 心理训练

目前提出心理训练问题，什么是心理训练，心理训练包括哪些内容，心理训练的方法是什么……等等。看来有不同的认识，众说不一，现就我们的认识来讲。

(一) 什么是心理训练

有人认为心理训练仅仅是为了比赛；有的人则认为就是指自我暗示和放松训练。这些认识是不全面的。我们认为心理训练可以从广义和狭义两个方面来理解。

从广义上讲，心理训练就是有意识、有目的地对运动员的心理施加影响的过程。从这个概念出发，心理训练的内容就比较广泛，如运动员的动机，运动员的意志训练，运动员各种心理品质的培养（注意力集中、转移、分配和各种专门化知觉等的培养）。

从狭义上讲，心理训练就是采用一定的方法和手段以形成运动员良好的心理状态的过程。如赛前运动员过分紧张，我们采用调节呼吸，转移注意力的方法，使运动员消除过分的紧张。

不论从广义还是狭义来看，心理训练都是对人的心理活动施加影响，而人的心理是脑的机能，可以简单地说心理训练是对运动员大脑进行有目的的系统训练。训练的目的在于培养和发展运动员在紧张的比赛和训练中所必需的心理品质和个性心理特征，并使运动员学会控制和调节自己的心理状态，取得比赛的优异成绩。

(二) 心理训练的分类

分为一般心理训练和准备具体比赛的心理训练两种。

1. 一般心理训练；主要任务有三：

①培养运动员对运动训练有良好的动机。培养运动员的动机包括：使运动员深信自己有很大的能力，提出远大的目标，发扬队的优良传统和集体精神，正面树立运动荣誉感（宣传取得的成就，适当的鼓励等），集体讨论当前训练的主要任务，在运动员之间及运动员和所有工作人员之间建立良好的相互关系，发挥优秀运动员、教练员及其最亲近的助手的模范作用。

②培养运动员对运动训练的良好态度。首先是对运动量的态度。有时运动员从生理机能方面已具备经受大运动量的能力，但往往在心理上准备不足。心理上怕经受不了大运动量负荷，其表现为：运动员怕自己坚持不下来，或者怕在大运动量训练之后至下次训练或比赛之前得不到恢复等等。在大运动量训练处于高潮时，与运动员的疑心和担忧进行斗争是心理训练的重要环节。第二是对待训练制度的态度。它包括训练、睡眠、休息、营养、恢复手段以及群众性的文娱措施。在训练时很好地组织运动员生活，能使运动员情绪饱满地投入比赛。第三对训练中可能出现的心理紧张的准备。训练中可能要出现难以忍受的各种体验：如渴、无力、失眠后的烦恼，要使运动员深信自己能忍受这种体验，并经受住这些体验。

③发展和提高运动员的心理品质及个性心理特征。具体表现在改善知觉过程尤其是专门化知觉（水感、球感、时间感）；发展注意力，培养注意力的稳定性及注意的转移和分配；发展快速和准确识记动作的能力，在训练中会利用运动表象，提高思维的敏捷性和灵活性；发展情绪和意志品质。这些心理品质是在掌握运动技术和战术的过程中逐渐发展的，但是为了大大发展这些方面的品质，必须在运动员训练过程中有目的的进行

安排。一般心理训练也称为“长期心理训练”。

2. 准备具体比赛的心理训练。主要任务是使运动员对该次具体比赛形成最佳的心理准备状态，在比赛中运动员能有效地、可靠地控制和调节自己的行为 and 情绪。这种训练有时也称为“短期心理训练”。

这时心理训练的主要内容为：①教会运动员利用各种各样的方法来控制和调节自己的行为 and 情绪。②科学分析比赛中对手及运动员本人的情况，确定参加比赛目的，树立信心。这时主要引导运动员把注意力集中在为达到比赛目的所采取的具体手段上，不要过多地考虑比赛的胜、败，也就是把注意指向于比赛的进程，而不指向于比赛结果。

这类心理训练，由于时间阶段的不同又可以分为若干种心理训练。近来许多运动员非常重视完成比赛动作前的直接心理训练。如田径中的跳高、跳远、投掷，举重，体操，艺术体操，技巧，跳水，射击，花样滑冰等项目的运动员。这时直接心理训练分为三个阶段。①点名前阶段（准备活动结束到裁判员点名前），②点名后阶段（裁判员点名后到准备开始比赛），③准备比赛阶段（进入准备比赛姿势到开始比赛动作）。一般内容为：点名前阶段进行念动训练，想自己将要作的动作；点名后主要是通过呼吸练习、自我暗示以保持镇静战斗的情绪；准备比赛阶段主要集中于开始动作。

特别值得注意的是，在准备具体比赛的心理训练中形成比赛前的定势是很重要的。定势就是指完成活动前心理的准备状态，这时赛前的定势的内容不应该是比赛成绩，而是取得比赛的过程，即考虑作什么，怎样作，什么时候作，而不想去比赛的结果。

从上述心理训练的任务中可以看出，心理训练的作用就在于：有助于加快运动员各种心理品质及个性心理特征的培养和发展过程；采用心理训练的各种方法和手段，使运动员学会在极度紧张的比赛和训练条件下能有效地控制自己心理状态。

随着现代运动的发展，专家们越来越注意优秀运动员心理训练问题。因为在实际比赛中双方在战术、技术及其它方面势均力敌的情况下，决定性胜负起决定性作用的往往是心理因素，因此国外很重视心理训练。苏联把心理训练视为高水平现代化训练的主要因素之一，与技术、战术、身体训练并列运动训练的主要内容。有的人则认为心理训练在整个运动中的比重应占30%，运动员的成功率，70%归于其他方面，而30%属于心理训练。美国游泳教练认为：作为一个现代教练员，必须同时是一个心理学家、生理学家和生物力学家，首先应该是一个心理学家，这些都说明心理训练、心理学在体育运动中的作用已为国际体育界所公认。但在我国刚开始注意心理训练，心理训练的理论、方法等都需要进行研究，尤其是心理训练与思想政治教育的关系，更有待从理论和实践上加区别，以利心理训练工作的开展。

(三) 心理训练的具体方法

心理训练的方法很多，如意志训练，注意力集中的训练，转移注意力的各种方法等等。我主要讲三种：

1. 念动训练：也称为想象训练或回忆训练。

念动训练主要是运动员有意地、积极地利用自己头脑中已形成的运动表象进行训练的一种方法。什么叫表象呢？就是在记忆中所保持的客观事物的形象。如讲到天安门，大家头脑中就出现天安门的形象，运动表象就是在记忆中所保持的动作形象。如讲

到太极拳中的“白鹤亮翅”，大家头脑中就出现了这个动作的形象。运动表象有时也称动作表象，运动表象是综合表象，它包括视觉成分，也包括动觉成分。如，当我们回想起一百公尺起跑的形象时，对自己蹲踞式起跑，好象在旁边看到了自己，这是运动表象的视觉成份，同时也会感到全身有些紧张，这是运动表象的动觉成份。因此在念动训练中，运动员注意力要集中，在头脑里详细“描绘”将要做的动作时，运动员不仅是要在头脑中“看见”这个动作，而且也完成这个动作所使的劲（用的力量）有体会，即应产生完成该动作的动觉表象，通过这种视觉、动觉结合的运动表象的回忆，能达到巩固和改进动作的目的，我国运动员采用过的“想功”，俗称“过电影”类似这种方法。现在体操中广泛采用这个方法取得了很好的效果。

为什么呢？因为当我们产生一种动作表象时，总是伴随着实现这种动作的神经冲动，大脑皮层的相应中枢就会产生兴奋，原有的暂时联系会恢复起来，这种兴奋会传至相应的肌肉引起难以觉察的动作，这种产生运动表象时所引起的运动反应，称作观念运动反应，也叫念动动作。这点已经有科学实验的证明，如请运动员作赛跑的表象或手提琴家作演奏的表象，同时记录运动员腿上和手提琴家手臂上的肌肉电流，可以看出在有表象活动时，肌肉电流都有明显的增强。这种现象是在19世纪中叶法国著名化学家舍夫列利和英国的物理学家法拉第依同时在不同的地点独立发现的。我们现在当场作一个实验。用一根线系上一个螺丝钉，线缠在食指或是用大拇指夹住线，使钉子垂悬不动时，集中注视钉子。心里想，钉子左右摆动，左右摆动……但不能有意识地摆动手。心里想着钉子摆动，果真钉子开始摆动，这时心里再想“摆动得再大些，再大些”，随着这些暗示，钉子会摆得越来越大。当左右摆动一定程度后，就要想“向前后摆动”，前后摆动之后，就想“划圆圈，划圆圈”。只要注意集中，钉子就会随着我们的暗示摆动。（大家实际作十分钟）

在实践中也会有这样的例子，如运动员在平衡木上担心自己可能会掉下来，一般说他会掉下来；比赛时，前面运动员掉下来了，往往影响后面的运动员；我们骑自行车骑得很稳，当骑到田埂时旁边有水，你想可别掉下来，就掉下来了；站在很高的地方时，只要你想到要掉下来，就会感到腿软，你会很快使自己离开这个地方。因为由于掉下去的表象会引起相应掉下去的运动反应。

现在运动训练中就利用这种运动反应，称为念动训练。

2. 生物反馈训练

生物反馈训练又称为“内脏学习”或“自主神经学习”。这种方法就是使人们能够知道自己身体内脏等活动的信息，了解它们活动的情况从而控制它们。这种方法对消除过度紧张、恐惧和焦急心情很有作用，对治疗一些疾病也有作用。运动员在比赛和训练时，出现了情绪紧张等现象，这些现象必然在生理方面有所反应，特别是植物神经系统控制的各部分发生变化，如心率加快、毛细血管扩张、血压升高等。这时可以使用现代仪器显示出生理变化的各种信号，告诉运动员在紧张的情况下一些主要生理反应，并使运动员经过反复训练学会如何控制自己的反应，进而消除紧张，这正是生物反馈训练所起的作用。

这种方法的效果要经过较长时间的训练才能显示出来，因为要对植物性神经系统进

行调节和控制，时间太短是不行的。美国运用这种方法比较多。

3. 心理自我调整训练

心理自我调整训练就是借助词与词相适应的形象，人们对自己施加影响。如讲：一块酸的柠檬，就流口水。这种心理自我调节平日生活中也有，如早上照镜子，“脸色白，可能有什么病”。这时语言可以是自我说服也可以是自我暗示，随着这种暗示，人们会产生不同的反应。心理自我调整训练方法很多，现介绍三种。

A. 自我暗示和放松训练

舒尔茨1932年出版了《自我暗示和放松训练》一书。

他去过印度了解瑜伽学说，回国后，他在治疗病人过程中常常利用催眠暗示。每次治疗后，他要求病人把自己在催眠时的感觉和体验写成书面报告。分析了许多病人的自我报告后，他发现一条规律，即那些不知为什么，不自觉地对自己重复了大夫用过暗示语的病人，比那些在催眠时完全消极的病人恢复得快些、好些。舒尔茨决定将催眠暗示的程序变成能由准确语言表达的若干句子，并教会病人自己利用这些暗示公式，以便消除疼痛和恢复健康后能保持一个好的自我感觉。这样舒尔茨创立了独特的自我暗示方法，称为自我暗示和放松训练。

自我暗示和放松训练(AT)由两部分组成：第一(低级)部分和第二(高级)部分。

低级部分主要是消除神经紧张，为了镇静，并保持有机体的正常机能。高级部分的任务则是把人引入自我暗示和放松的境界，这时人们产生一种独特的好象自己要消除疼痛的体验。掌握第一部分要3个月，每天要10~30分钟，第二部分要8个月。

世界上很快承认了第一部分的方法，第二部分需要时间很多，掌握的仅是一些专家。

舒尔茨的第一部分，只有7个公式，称为经典式的公式。后来在各国得以推广，并根据自己情况，各国创立了许多方法，但多是从经典公式演变来的。

自我暗示和放松训练的第一部分公式

- ① 我非常安静
- ② 我的右(左)手或脚感到很沉重
- ③ 我的左(右)手或脚感到很暖和
- ④ 心跳得很平稳、有力
- ⑤ 呼吸非常轻松
- ⑥ 腹腔丛感到很暖和
- ⑦ 前额凉丝丝的很舒服

舒尔茨的功绩在于：他用了简单而容易引起身体感觉的一般语言，每个人都可以作到。

但舒尔茨是针对病人的，对运动员来说，尤其是优秀运动员能很好地放松自己的肌肉，所以必须根据运动员特点进行专门的自我暗示训练。现在类似的训练方法很多，如西德的高化放松训练，东德的积极疗法，日本的自律训练，美国的研讨训练，苏联的少年放松训练法等。现介绍苏联1973年形成的心理思维训练。

- A. 心理思维训练。分为放松部分和动员部分
进行姿势：仰卧、坐势，呼吸采用腹式呼吸。
放松部分：主要放松手臂、腿、腰、颈、脸。

- 公式：① 我放松、安静了。
② 我的两臂完全放松、暖和。
③ 我的腿完全放松、暖和。
④ 我的躯干完全放松、暖和。
⑤ 我的颈部完全放松、暖和。
⑥ 我的脸完全放松、暖和。

掌握这部分可以起到消除疲劳、恢复体力、克服恐惧的作用：

第一，消除疲劳，恢复体力。根据国外研究表明，大运动量训练后，进行五分钟的心理自我调整训练的效果几乎和平时休息一小时相同。

第二，克服恐惧，消除紧张。赛前运动员紧张，原因各种各样，如没有信心，想破纪录，责任重大，有领导、亲人参观……等等。

为了克服恐惧、消除紧张，一般是在比赛前一周，运动员先放松入静，然后默想将进行的比赛的主要细节，或是回忆最紧张的一次比赛，这时必然心跳加快，情绪激动，不能安静，也不能放松。再利用上面的公式放松入静后，再想有关比赛的情况，如此反复进行，经过多次练习，就能在想到紧张比赛的情景时，不激动了，能比较冷静地对待比赛。这种方法称为脱敏训练。在体操、花样滑冰、跳水、跳伞等项目完成危险动作之前进行这样的训练可以消除害怕、恐惧心理。

第三，有助于掌握技术。在放松入静后，采用念动训练，回忆所要作的动作，可以改进动作。

为什么这种训练能起这些作用，机制是什么？

① 当大脑处于半睡半醒状态，“打盹”时，对语言及其相应的形象特别敏感。

通过呼吸、自我暗示、放松、安静后，人逐渐入静，进入“打盹”状态，但不能睡着。这时大脑神经细胞处于兴奋性较低的状态，对语言和语言一起产生的形象的感受性提高。这已由许多事实证明。甚至能利用语言影响和调节植物性神经系统的活动。如重复“心跳越来越慢”的自我暗示语，可以使心跳变慢。

② 大脑与骨骼肌的相互关系的特点。大家都知道，当心理紧张时，骨骼肌不由自主的紧张，甚至人们不能控制。如赛前紧张发抖，肌肉发硬，说不出话。而当大脑放松时，骨骼肌自然放松。

大脑与骨骼肌的关系是双向的，就是信号不仅从大脑传至肌肉，信号也从肌肉传至大脑。从运动器官向大脑传递神经冲动，不仅向大脑报告身体情况，并且也是引起大脑兴奋的刺激。因此，肌肉活动积极，从肌肉往大脑传递的冲动就多，大脑就更兴奋。有时准备活动就能起这种作用，有经验的运动员作准备活动时善于使大脑也兴奋起来。肌肉越放松，向大脑传递冲动就少，大脑就放松，兴奋性降低，人就进入打盹状态。运动员能很好放松肌肉，因此能很快掌握这种训练方法。

③ 集中注意力。心理思维训练时，要求注意能指向所选择的客体。首先是指向自

己身体各个部分或呼吸，如上面公式中的“我的脸部放松了”……，这时注意就是指向脸，不再去注意别的。但一般注意集中时就容易产生紧张，在思维训练中要求注意集中但不能紧张。这种高度集中注意于所要求的客体上的技能，以后可以用来改进技术。

动员部分

自我暗示不仅可以放松，而且也可以使有机体积极活动起来，顺利地完成任务。有机体的活动是受中枢神经系统支配的，但我们内脏器官大部分是受植物性神经系统支配的，特别是运动员紧张训练和比赛时，有机体超过了平时习惯的工作强度，这时机体力量的增加主要是交感神经起作用。植物性神经系统又称自主神经系统。在正常情况下，它的作用几乎是不受我们意志控制。而心理思维训练主要任务就是要教会运动员有意识地控制调节植物性神经系统的活动，有意识地控制自己心理状态。

如何增强交感神经的紧张度呢？换句话说也就是如何动员自己进入一定的兴奋水平呢？

对运动员多次观察表明，如果运动员合理地利用自己的最佳战斗状态公式，就可以提高交感神经系统的紧张度到必要水平。

①什么是最佳战斗状态：这是每个运动员可能都有过的一种特别的、非常好的状态，在这种状态下，运动员做什么都好，很自然，也不特别费力。如篮球运动员在这种情况下，几乎所有的球都能投进篮圈，跑的运动员就如背上长了翅膀，举重运动员举起最重的重量就如小孩玩玩具等。这时大脑非常清醒，工作起来果断、准确，身体也灵活有力，自己感到轻松、愉快，充满信心。大家可能看出最佳战斗状态与平常我们讲竞技状态基本上是一个概念，但有一点不同，竞技状态就如是一个塔，而最佳战斗状态是这个塔顶上的最高点。

最佳战斗状态包含三种成份：

第一成份：身体的。身体成份就是指运动员身体素质、技术与有机体的感觉的结合。如游泳运动员是水感更清楚，跑的运动员则感到跑比走还轻松，球类运动员的球感等。这种成份能影响心理，如体操运动员在吊环上十字撑10秒，他就有信心。有时候运动员，不善于用语言明确地表达出自己的感觉。那末今后应该让运动员有意识地记住自己运动成绩比较好时的身体感觉。

第二成份：情绪的。情绪可以是积极的、消极的。情绪兴奋水平就是指激动的力量，一般分为高、中、低三个水平，激动很厉害就说情绪兴奋水平很高。对运动员来讲，情绪兴奋水平过高、过低都不行，应该是适宜的兴奋水平。测量情绪兴奋水平一般用测脉搏的方法，如有仪器，可测皮肤电、心率等。每分钟多少次脉搏适宜，因项目、运动员不同而不同。作为一个运动员，尤其是进行心理训练的运动员，应经常知道自己的脉搏。

第三成份：思维的。与前两者有联系，情绪就是对事物有了认识才产生的。这里强调思维成份应是目的和手段。如目的：十环，手段：技术动作。这时不应注意目的，而要注意手段。

根据苏联材料，最佳战斗状态中三种成份比例因项目、因人而异。

如射击：身体10%，情绪70%，思维20%

举重： 50% 40% 10%

②最佳战斗状态的公式

让运动员回想最好的一次比赛，把自己身体、情绪、思维（想的内容）的情况写出来，列出几条，并征求教练员意见。举跳水运动员的例子：

如 我很轻松——自己的体重也感觉不出来
我头脑清醒
我情绪很好
每次跳之前，我只注意开始动作。

然后在比赛、训练中检验这几条的效果，有效的就保留下来，形成运动员最佳战斗状态公式的内容。公式的语言要精练，是运动员平时习惯用语，这种公式不是很快能找到，运动员、教练员、心理学工作者要很好的配合。

③利用最佳战斗状态的公式

当运动员放松，入静，让运动员想自己的公式，就能很快动员起来，投入比赛。

现在我们实践中让运动员回忆自己一次最成功的比赛和动作，也能达到动员的作用。

运动员如果每天用动员的公式动员自己，经过反复练习，这种公式就象纳入运动员心理活动一样，成为动员运动员有机体机能作用的不可缺少的一部分。运动员可以轻松经常处于最佳战斗状态进行训练和比赛，运动成绩则有可能稳定地、逐步地提高。

从上面的内容来看心理自我调整方法很多，但主要就是利用语言（自我暗示、他人暗示）及与词一起产生的形象，人们对自己施加影响。经过反复训练，人们就能有意识地控制自己心理状态，根据这个原理和我国传统的气功，将我们采用的方法介绍如下。

C. 心理调整控制法

基本动作：

呼吸 腹式呼吸（正式不要逆式）。

要求：慢（15秒一呼一吸），细、匀。

肌肉放松：手臂、颈、背部、腰、腿。（渐进、有意放松）

注意集中（意守）：先跟呼吸，后守丹田。

暗示：自我暗示，他人暗示

热感：发热

在基本动作掌握后，根据运动员个人特点进行（略）

4. 进行心理调整训练时注意的几个问题

① 讲清道理

这种方法很简单，不用仪器，不用药物，只靠“静坐”“冥想”就能收到效果，人们一般不太相信。因此在实际训练之前，要讲清道理，要了解心理调整训练的心理和生理机制，要相信它能起作用。尽管目前有关的科学论据不太多，但实践证明了有效果，一些研究成果也有一定的说服力。我们要运用已有的科研成果和实际效果进行宣传教育。

② 根据需要进行训练

有些运动员比赛时，从来不过分紧张，能够发挥自己水平，也能控制自己心理状态，成绩比较稳定，这样的运动员不需要进行训练。运动员比赛时情绪紧张、失常、不能发挥自己水平、失眠……等等，这样的运动员则要进行训练。

③不能操之过急，要持之以恒

心理自我调整训练也是一种训练过程，是通过词和表象去间接支配植物性神经的过程，它作用的首先不是身体，而是有机体的神经、心理，所以要求系统进行训练，应在思想上形成心理自我调节是必要的和舒适的概念，就如运动员早操和准备活动一样。这样坚持下去才能有效果。

④ 开始时最好由有经验的人领做，先学会基本动作后，然后自行掌握，一般1~2周掌握基本动作。