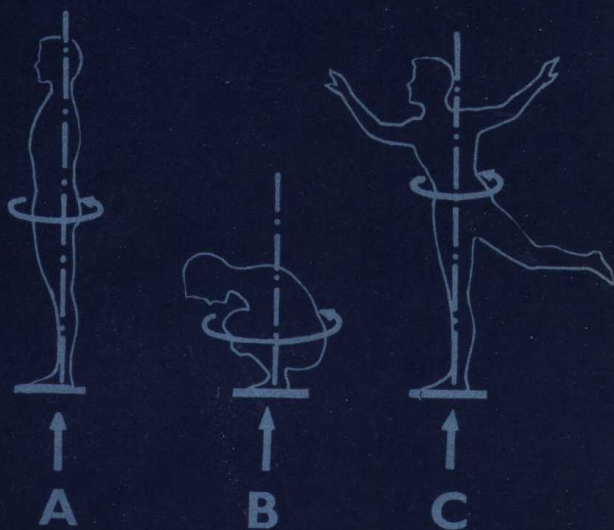


运动生物力学



人民体育出版社



运动生物力学

程国庆 编著



人民体育出版社



2 041 7726 5

运 动 生 物 力 学

程国庆 编著

*

人民体育出版社出版

冶金印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 1/32 241千字 印张11 $\frac{20}{32}$

1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷

印数1—7,300册

统一书号: 7015·1790 定价: 0.93元

*

责任编辑: 骆勤方 封面设计: 鹿逊理

目 录

前 言	1
第一章 绪论	3
一、关于运动生物力学	3
二、运动生物力学的任务和内容	4
三、运动生物力学的研究方法	5
四、运动生物力学的指导思想	6
第二章 人体运动器官概述	9
第一节 骨和骨连结	9
一、骨的构造和机能	9
二、骨连结的形式及其机能	13
三、躯干骨及其连结	19
四、四肢骨及其连结	24
第二节 肌肉系统	40
一、肌肉的形态构造	41
二、肌肉的生理特性	45
三、肌肉的工作	51
四、上肢肌	55
五、下肢肌	68
六、躯干肌	81
第三章 运动动作	87
第一节 运动动作的机制	87
一、动作结构	88
二、运动动作的解剖学特征	108
三、运动动作的生理学特征	112

第二节 运动动作的分类	117
一、单一动作	118
二、动作结合	135
三、不固定动作	141
第三节 运动动作的发展	144
一、运动动作发展的标志	144
二、运动动作发展的规律	147
第四章 某些运动项目的动作分析	160
第一节 田径运动	160
一、跑	161
二、起跑	171
三、跨栏跑	177
四、急行跳高	182
五、急行跳远	194
六、撑竿跳高	201
七、三级跳远	207
八、推铅球	211
九、掷铁饼	219
十、掷标枪	227
第二节 体操运动	233
一、直臂悬垂	233
二、十字支撑	237
三、手倒立	241
四、屈臂屈体慢起手倒立	247
五、团身后空翻	251
六、直体后空翻转体 720°	255
七、悬垂摆动	260

八、吊环的助跑摆荡·····	263
九、屈伸上·····	268
十、向后大回环·····	272
第三节 球类运动·····	280
一、篮球·····	280
二、排球·····	297
三、足球·····	306
四、乒乓球·····	321
第四节 其它·····	334
一、游泳·····	334
二、速度滑冰·····	351

前 言

运动生物力学同运动生理学、运动解剖学、运动医学一样，是体育专业的基础理论科学，它直接为体育运动实践服务，解决运动技术中有关的理论与实际问题。

这部运动生物力学，是为体育院系的学生、体育教师、教练员和广大体育工作者而编写的，作为学习本专业科学知识的一部参考书籍。

这部书是作者在授课过程中，不断积累和搜集了一些资料，吸取国外有关科学成就，并通过自己的研究和实践而编写出来的。

运动生物力学是一门比较年轻的科学，在学科体系和内容方面还不够完整和统一。我们的看法是，运动生物力学首先必须阐述清楚运动动作，不但要从力学角度阐述动作结构，而且要从解剖学和生理学角度阐述完整的运动动作机制的概念。其次，它既然是体育专业的一门基础理论科学，就应当密切地联系实际，深入到各运动专项中去，分析动作技术。

更重要的问题是，作为一门自然科学，必须用辩证唯物论观点作指导，从而使学科的体系和内容建立在正确的观点和思想方法的基础上。本学科涉及的知识领域较广，应当阐述的运动项目又很多，由于作者的水平所限，书中提到的一

些理论和观点还不够成熟之处，欢迎广大读者批评指正。同时希望广大体育工作者共同努力，使这门科学更加充实和完善，为攀登世界体育高峰做出贡献。

本书脱稿以后，蒙苏品、龚镇雄同志细心审阅，并提出一些宝贵意见；书中的插图由于振洲和韩金斗两位同志绘制，在此一并表示诚挚的感谢。

程 国 庆

一九七八年十二月于长春

第一章 绪 论

一、关于运动生物力学

为体育运动的理论与实践服务的运动生物力学，是一门从自然科学角度来阐述和研究人体运动的科学，它应用力学、解剖学、生理学，以及运动技术等方面的知识来研究运动动作和专项运动技术。因此，它不仅是体育的基础理论科学，也是体育的专业理论科学。

运动生物力学还是一门比较年轻的科学，在本门学科的体系上和内容上还不够十分完整和统一。有些学者侧重于研究运动动作的一般规律，有些则侧重于对某些专项的技术理论进行探讨和研究，还有些侧重于解决研究的方法问题。

在学科的名称上也不统一。美国原来叫做人体运动学(Kinesiology)，最近又改叫运动生物力学(Sports Biomechanics)。日本叫做身体运动学。苏联也叫做运动生物力学(Биомеханика Физических Упражнений)等等。此外，也还有和这门科学很接近的学科，如动力解剖学、运动力学等，它们则是从解剖学角度或力学角度来阐述人体运动的原理。所有这些学科，也都为体育提供了丰富的理论和实践依据。

取外国之长，走自己的路，这是迅速发展我国科学事业

的重要途径。我国的体育工作者，应当通过自己的研究和实践，在吸取国外先进科学技术成果的基础上，不断总结经验，建立起我国的运动生物力学的专业理论体系，为体育事业的大干快上，赶超世界先进水平贡献力量。

二、运动生物力学的任务和内容

运动生物力学是研究人体运动的科学。它首先应当研究最基本的运动动作的原理及其规律，然后是研究各专项的运动动作及其技术原理，还应当研究提高运动技术和发展运动动作的途径。因此，它的具体任务是：

1. 研究体育运动最基本的手段，即运动动作，研究运动实践中形形色色的运动动作的千差万别的原因；

2. 研究引起运动的诸因素，即内因、外因及其相互作用的规律；

3. 研究运动动作本身的规律，以及运动动作的发展规律；

4. 研究各项运动的特点和技术原理，充实和丰富运动技术的理论，并运用这些理论去指导运动实践；

5. 在分析各项运动的技术原理的同时，应当找出运动动作的关键部分，指出完成动作的要领，并评价出运动动作的难度，从而指导运动训练。

运动生物力学应当包括以下内容：

1. 阐述由动作的空间特征和时间特征，以及诸力相互作用特点所构成的动作结构；

2. 阐述由动作的生理学特征和解剖学特征，以及动作结构所构成的完整的运动动作机制的概念；

3. 阐述完成运动过程中内外力的相互作用规律以及内力的主导作用；

4. 根据由简单到复杂，由特殊到一般的原则，从千差万别的动作中找出它们的共同特征和规律性，把运动动作进行分类，然后再由一般到特殊，运用这些规律的有关知识去分析各专项的运动动作；

5. 阐述动作技巧和动作结构的发展规律，动作结构与动作目的之间的关系，改变和发展动作结构的条件及其意义；

6. 从联系实际和为体育运动实践服务出发，运动生物力学还应当阐述各专项运动的技术原理，即从动作结构、外力相互作用特点、肌肉工作特点、动作的关键和要领等诸方面进行分析，最后所导出的结论，应当有助于指导运动实践。

三、运动生物力学的研究方法

方法问题也是一个重要问题。随着科学技术的进展，随着新的研究方法的出现，各个科学领域都要不断地向前发展。

伟大的生理学家巴甫洛夫说过，人们常说，科学的发展须有动力，这要依靠方法上的成就。方法每向前迈进一步，我们也就能随之提高一步，这样就能给我们打开更为广阔的眼界，让我们看到前所未有的事物。事实正是如此。显微镜的发现使人们对生物体构造的认识从肉眼下解放出来，看到了细胞的结构。电子显微镜的出现，使人们对微观构造的认识几乎达到了分子结构的程度，现在已进入了分子生物学的

时代。

运动生物力学也是一样。十九世纪以前，对人体运动的研究只限于观察、描述和应用尸体解剖的材料。十九世纪中叶以后，发明了照相术，对研究人体的运动起了很大作用。接着又采取摄制连续动作照片，这不但能记录动作的阶段，而且可以记录动作的轨迹。当发明了电影以后，对运动动作的分析和研究就更为方便了。近些年来，又把一些电子仪器和其它现代科学技术应用到人体运动的研究中来，这就能使我们在很短的时间内得到非常精确的数据。例如，人体重心的测定就是这样。对比之下，过去的方法简直是相形见绌了。

但是，技术方法问题只不过是个手段问题，它要靠正确的思想方法去指导。因此，在工作中还应当注意以下几个问题：

1. 从调查研究入手，通过实践和认识，运用运动生物力学的一般规律去分析和解决运动过程中的具体矛盾；
2. 学会分析和解决矛盾的方法，从复杂的运动中抓住主要矛盾与矛盾的主要方面，找到解决矛盾的办法，促进发展；
3. 把理论知识同实践经验结合起来，不断总结经验，提高认识，以促进体育科学的发展。

四、运动生物力学的指导思想

研究运动生物力学应以辩证唯物主义作为指导思想。

从这一指导思想出发，本学科的基本内容是分析和研究人体的运动在不同条件下各种矛盾的发展变化规律，其核心

则应当是人体在体育运动时内外环境条件相互作用的规律。在体育运动实践中，从实际出发，认识这些规律，并在不断实践的过程中验证和运用这些规律，使我们的认识不断的深化和完善，从而达到增强体质和攀登运动技术高峰的目的。

遵循上述指导思想，在学科的具体内容中应当贯彻以下几个基本观点。

1. 发展变化的观点

在体育运动过程中，运动动作本身是不断发展的。这个发展，既包括动作技巧的发展，也包括动作结构的发展。

动作技巧的发展，是从不会到会，从不熟练到熟练的过程。动作结构的发展则遵循另外的规律，根据各个运动项目而有所不同。一般来说，当旧的动作结构已经不能适应技术发展的要求时，就应产生新的动作结构。

2. 内因是依据和外因是条件的观点

人体在一定条件下所进行的体育活动，是有机体与环境之间各种内外因素相互作用的结果。这中间，外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因是通过内因发生作用的。

在完成具体的运动动作时，在内外力的相互作用中，内力是起主导作用的，没有肌肉的内力便没有人体的运动，因此，在人体运动中必须充分发挥肌肉内力的作用。

外力是人体运动的条件，是客观存在的。外力是通过内力发生作用的，单纯的外力并不能引起人体的运动，但是也不能够忽视在具体条件下外力的主导作用。

3. 对立统一的观点

事物总是一分为二的，对立统一的规律是宇宙的根本规律。

在人体运动过程中，可以把作用于人体的诸外力分为两

种力，即对运动起正效果的动力和对运动起负效果的制动力。

任何一种外力，在不同的情况下，都可以成为动力，也可以成为制动力。因此，根据具体分析，对运动有利的外力要充分的利用它、加大它；对运动不利的外力要尽量的克服它、减小它。

4. 机能决定形态的观点

形态（构造）和机能的关系也是对立统一的关系。

就某一段具体时期的条件来看，有什么样的构造就有什么样的机能，是构造决定着机能。但是，从历史地看，发展变化地看，则是机能决定着构造。

人体的构造和机能是相互依存，相互制约的。当人体进行体育活动时，新的机能经常同旧的构造发生矛盾斗争，结果是构造发生了变化，产生了新的构造，出现了暂时的统一或平衡；在新的条件下，还要发生矛盾斗争，矛盾推动着构造和机能的不断发展变化。因此，它们的关系应当是机能决定构造，构造影响机能；在一定条件下，构造又可以局部地或暂时地决定机能。一般地说来，机能是比较活跃的、易变的因素，而构造则是相对稳定的因素。

第二章 人体运动器官概述

运动生物力学是涉及到几门学科知识领域的综合性科学。因此，在阐述人体的运动之前，本应对人体的构造和机能比较有比较系统的介绍。但是，人体的构造和机能是包括人体解剖学和人体生理学两门科学知识的内容，这里只能就与本学科直接有关的人体运动器官进行概括的介绍，做为研究运动动作和分析各项运动的基础。

第一节 骨和骨连结

高等脊椎动物的骨骼，分为躯干骨和四肢骨两大部分。

脊柱是躯干骨的中轴部分，头骨则是它的延续部分，肋骨以及主要由肋骨组成的胸廓都与脊柱直接相连。

四肢骨也与脊柱相连，这个连结是由肢带骨来形成的，游离肢骨则不直接与脊柱相连。

一、骨的构造和机能

成年人全身有 206 块骨，其中绝大部分是成对的，它们互相结合起来构成骨骼。

(一) 骨的形态

骨的形态是各种各样的。全身骨骼，按其形态可以分为

三类：即长骨、短骨和扁骨。

长骨是一径长于其它两径。中间部分叫骨干，呈圆柱形或三棱形。两端部分肥大叫骨骺。这种骨组成四肢的基础，并执行由肌肉引起运动的杠杆机能。

短骨是三个径略等。这种骨位于身体要求坚固和柔软较强的部位，例如手骨和足骨。

扁骨是两个长径，一个短径，形成板状。这种骨分布于有重要器官的腔壁，如颅骨。

此外，也还有形状不规则的骨。

全身的每一块骨，都有一定的形状和大小。骨的形态取决于它的机能，即机能决定着形态，这一点在种系发生过程和个体发生过程都是一致的。环境条件和劳动决定着骨的生成和发展，在相同或近似的条件下，骨具有一定的相似之点。肌肉的工作条件对骨的形态构造影响也是很显著的。从种系发生上看，不同动物的骨骼有很大的差异性，从个体发生上看，体格强壮的人和身体瘦弱者相比较，骨骼的差别也很大。

（二）骨的构造

每一块新鲜的骨，除了构成骨的骨组织以外，外表都覆盖着骨膜，内部包含着骨髓，同时有神经和血管通过。所以，作为一个器官的骨，是上述各种组织的综合。骨组织是主要的，是起决定性作用的主导组织，它决定着骨的机能（图1）。

骨的外围部分比较结实和致密，称为骨密质。在骨密质的里层，骨则呈海绵状结构，这部分称为骨松质。

骨密质和骨松质都由骨板所组成。骨板是一种很小的结构，直径只有2—3微米，是由骨细胞和间质组成的。

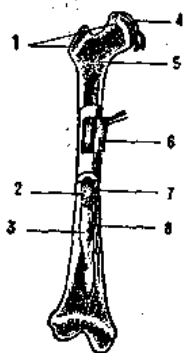


图1 长骨的构造
1—骺软骨 2—骨髓
3—骨髓腔 4—关节
面软骨 5—骨松质
6—骨膜 7—骨干
8—血管

骨密质的结构比较复杂，从它的横断面上可以看到同心分布的骨板，成为不同直径的、一层套一层的封闭圆柱，这种结构系统就叫做哈佛氏系统（骨板系）。哈佛氏系统的中心有一个管，叫做哈佛氏管，血管分布于其中。骨板里的纤维向各个方向分布，并以一定的角度互相交错。骨密质的这种结构，使骨具有高度的坚固性。

各哈佛氏系统之间的间隙，也被骨板填满，这些骨板叫做间板系统。哈佛氏系统和间板系统的里外也被两层骨板所包绕，即构成骨密质的外层

和内层，它们叫做外环骨板系统和内环骨板系统。所有这些结构特点，都和骨密质的高度坚固性相联系着。

骨松质位于骨的内部，骨板相互重叠，形成骨小梁。骨小梁以各种角度相错综，使骨松质形成海绵状。

骤然看来，骨松质中骨小梁的分布和排列似乎是杂乱无序的。但是进一步观察和研究证明，骨小梁的分布和排列方向，是同受力的方向相适应，即完全与压力线和张力线相一致（图2）。

骨的这种构造，是用最少的材料



图2 骨松质
小梁的配布