



王保成 主 编
李 侃 张贵敏 副主编

力量训练 与运动机能 强化指导

陕西人民教育出版社

前 言

力量训练与运动机能的恢复和强化,是竞技体育提高运动成绩的关键因素,是现代运动训练中教练员最关注的问题。我们编著这本“力量训练与运动机能强化指导”,是为了提高和普及现代力量训练与运动机能恢复强化的理论与方法,推动我国竞技体育的迅速发展。

本书运用现代运动生理学、解剖学、生物力学、运动训练学等方面的最新理论与科研成果,系统地阐述了现代力量训练的理论、方法和手段,同时,介绍了运动机能恢复和强化的药理学方法、营养学方法、生理学方法与心理学方法。本书内容翔实,观点新颖,与运动实践紧密结合。在编写过程中,我们力求知识性与指导性相结合,既考虑提高,又兼顾普及,力求反映当代力量训练与机能强化的最新研究成果。

本书注重实用性,是广大教练员、体育教师、体育运动爱好者和体育院校学生从事运动训练,提高训练水平,创造优异运动成绩的得力助手。

本书由王保成任主编,张贵敏、李佩任副主编。参加本书撰写的有(以姓氏笔画为序):王保成、王金贵、王兴林、李佩、李振斌、李桦、邴玉昌、吴庆、林明、张贵敏、张欣铭、袁运平、程万才。

由于编著者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1993年7月

1993/10

目 录

第一部分 力量训练的理论与方法.....	(1)
第一章 肌纤维与肌肉收缩.....	(1)
一、骨骼肌的生理解剖	(1)
二、肌肉收缩的生物力学特征	(18)
三、决定和影响肌肉力量的各种因素	(31)
第二章 力量的特征与分类	(41)
一、力与人体的机械运动.....	(41)
二、力量素质的概念与分类.....	(46)
第三章 力量训练的基本理论	(55)
一、运动训练中的适应、负荷和应激原理	(55)
二、影响力量练习效果的训练学因素.....	(68)
三、力量训练中的练习负荷与肌肉工作方式.....	(79)
四、力量训练阶段的划分.....	(83)
五、肌肉工作的能量供应.....	(86)
六、青少年力量训练应注意的问题.....	(89)
第四章 力量训练的方法与手段	(96)
一、力量训练方法的分类与简介.....	(96)

二、各种力量练习方法的比较	(104)
三、力量训练计划中练习强度与重复次数的控制与确定方法	(109)
四、发展力量素质的训练方法与手段	(112)
第五章 力量的诊断与评定	(139)
一、力量诊断与评定方法的选择	(139)
二、力量的诊断与评定	(141)
三、力量的自我监督	(154)
第六章 举重运动员的力量训练	(162)
一、竞技举重的发展特点	(162)
二、举重运动对人体的生理学影响	(165)
三、举重训练的手段与分类	(179)
四、举重训练的负荷特征	(188)
五、举重运动员的技术训练	(197)
六、举重运动员发展力量的主要方法	(211)
第七章 专项运动力量训练方法简介	(222)
一、田径运动员的力量训练	(222)
二、游泳运动员的力量训练	(248)
三、体操运动员的力量训练	(255)
四、篮球、排球运动员的力量训练	(264)
第二部分 提高运动能力的非训练手段与方法	(274)
第八章 提高运动能力的营养学方法	(274)
一、运动员的营养与膳食	(274)
二、专项运动项目的营养特点	(289)
三、运动员竞赛期的营养特点	(321)
四、提高运动能力的营养学强化方法	(325)
第九章 提高运动能力的药理学方法	(359)
一、刺激剂	(360)
二、抑制剂	(365)

三、利尿剂	(369)
四、合成类固醇	(371)
第十章 提高运动能力的生理学方法	(382)
一、补充氧气	(383)
二、血液兴奋剂	(387)
三、肉毒碱	(392)
四、碱性盐	(394)
五、磷酸盐	(399)
第十一章 提高运动能力的心理学方法	(402)
一、唤起与心理机能	(404)
二、精神训练及心理学强力手段	(407)
三、心理兴奋手段	(409)
四、心理镇静手段	(410)

第一部分 力量训练的理论与方法

第一章 肌纤维与肌肉收缩

任何体育运动项目都是依靠骨骼肌的收缩与舒张而实施的，任何运动训练都离不开肌肉力量训练。认识和研究肌肉收缩的机制，是力量训练的前提和基础。

一、骨骼肌的生理解剖

(一)肌纤维的结构

人体约有40%是骨骼肌，另外还有5—10%是平滑肌和心肌。骨骼肌中75%是水，20%是蛋白质，其余5%是由无机盐和其它物质，包括高能磷酸化合物、尿、乳酸、矿物质钙、镁、磷、各种酶、色素、 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、氨基酸、脂肪和糖等

身体的骨骼肌是由直径10—80微米的大量骨骼肌纤维所组成。肌纤维排列成束，表面有肌束膜包绕。许多肌束聚集在一起构成一块肌肉，表面包以结缔组织的膜称肌外膜。肌外膜对肌肉起着支持和保护作用。每块肌肉的中间部分称肌腹，两端称为肌腱。肌腱直接附着在骨骼上，非常坚韧，本身没有收缩能力。

1. 肌膜：肌膜是肌纤维的细胞膜。肌膜是由称作浆膜的细胞膜和在它外面的一个薄的纤维的物质层所组成。在肌纤维的两端，纤维层与腱纤维合到一起，它们再集合成束，形成肌腱，最后附着至

骨骼上。

2. 肌原纤维: 肌原纤维由肌纤蛋白丝和肌凝蛋白丝组成。每条肌纤维由含有数百至数千条肌原纤维。每一条肌原纤维又具有并排排列着大约 1500 条肌凝蛋白丝和两倍于它的肌纤蛋白丝。粗肌丝是肌凝蛋白(myosin), 细肌丝是肌纤蛋白(actin)。这些肌丝是高分子蛋白质聚合体, 担负着肌肉的收缩功能。应该注意的是, 肌凝蛋白丝和肌纤蛋白丝互相间插在一起, 因此, 肌原纤维呈现交替排列的明带和暗带。参看图 1—1。

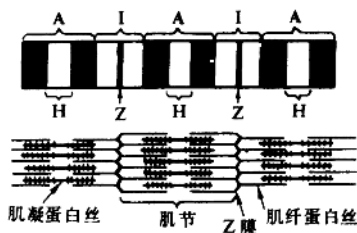


图 1—1 肌节中肌凝蛋白丝和肌纤蛋白丝的排列

明带只含肌纤蛋白丝, 因为它们对偏光是等向性的(isotropic), 所以称为 I 带, 暗带含肌凝蛋白丝和与肌凝蛋白相重叠的肌纤蛋白丝的末端, 因为它们对偏光是非等向性的(anisotropic), 所以称 A 带。肌凝蛋白丝的旁边有许多小的突起, 这些突起就是所谓的横桥。横桥几乎沿整个肌凝蛋白丝的表面向外突出。该处是引起肌肉收缩的肌纤蛋白丝与横桥之间的相互作用的位置。

从图 1—1 中可以看出, 肌纤蛋白丝附着到所谓的 Z 膜(或称 Z 线)上, 肌纤蛋白丝由 Z 膜向两侧伸展, 与肌凝蛋白丝互相间插。

在两个相临的 Z 膜之间的肌原纤维部分(或是整个肌纤维)称为一个肌节。当肌纤维处于正常完全牵张的静止长度时, 一个肌

节的长度大约是2.0微米。在此长度时,肌纤蛋白丝完全与肌凝蛋白丝重叠,并且使肌纤蛋白丝之间刚好互相重叠。在此长度时,肌节能够产生最大收缩力量。

当肌纤维被牵张到超过它静止时的长度时,则在A带的中心露出一个明亮的区域,该区就称为H带,如图1—1所示。肌纤维内所有的肌原纤维排列都很整齐,因此,可以看到肌纤维有明暗相间的横纹。所以骨骼肌也叫横纹肌。

3. 肌浆:肌原纤维悬于叫做肌浆的基质中。肌浆是由通常的细胞内成份组成。肌浆液含有大量钾、镁、磷酸盐和蛋白酶。

4. 肌质网:肌浆内有丰富的内质网,在肌纤维内就称肌质网。该网具有特殊的组织结构,对控制肌肉的收缩极为重要,特别是快收缩类型的肌肉内含有大量的肌质网。这表明该结构在引起肌肉快速收缩上是很重要的。

肌质网组成纵管,与肌原纤维呈平行排列。另外,还可以看到,每个纵管的两端都终止于终末池,它们呈球状结构,与小管的主体完全不同。

5. 横管系统:T小管,除肌质网外,每条肌纤维还有另外一套复杂的小管系统,称为横小管或T小管。这些小管的方向与肌原纤维垂直,而肌质网则是与之平行的。

(二)肌肉的特性

1. 肌肉的物理特性。

肌肉具有伸展性、弹性和粘滞性。肌肉在外力作用下(牵拉或负重)可被伸长的特性称伸展性。当外力取消后,肌肉又能恢复原状的特性叫弹性。粘滞性是由于肌浆内各分子之间的相互摩擦所产生。由于肌肉具有上述种物理性质,所以肌肉不是完全的弹性体,而是一个粘弹性体。

因而,肌肉的展长程度和外力并不成直线关系,而是负重逐渐增大,其长度的增加程度反而逐渐减少。当外力除去后,肌肉也不是即刻恢复其原有长度。这种现象是由于肌肉粘滞性形成的内阻

力的缘故。温度下降时，粘滞性增加，内阻加大；温度升高时，粘滞性降低，内阻减小。肌肉内阻力的大小，影响肌肉伸长或缩短的速度。

2. 肌肉的生理特性

(1) 兴奋性和收缩性

肌肉具有兴奋性和收缩性，肌肉在刺激作用下能产生兴奋的特性叫兴奋性。当兴奋时肌肉能产生缩短反应的特性叫收缩性。肌肉的兴奋性和收缩性是紧密联系而有不同的两种基本生理过程。肌肉兴奋必然引起肌肉收缩。肌肉的兴奋在前，收缩在后，两者不是同一性质的过程。

(2) 全或无定律

单个肌纤维的收缩遵循“全或无”的规律，即超过阈刺激强度时能引起肌纤维收缩，但强度加大其收缩大小不变；未达到阈刺激强度的刺激不能引起肌肉收缩。但在整体情况下，人体中一块肌肉

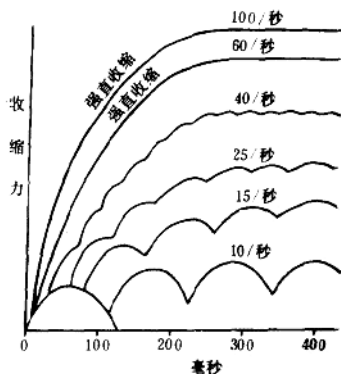


图 1—2 波总和与强直收缩

是由许多肌纤维组成的。如果给这块肌肉以阈刺激，则只能引起那

些兴奋性最高的肌纤维兴奋,这时肌肉的收缩很小。随着刺激强度加大,逐渐动员愈来愈多的肌纤维产生兴奋,肌肉收缩反应也逐渐增大。当刺激强度最适宜时,整个肌肉中的肌纤维都被动员,肌肉表现出最大收缩。

(3) 肌肉收缩的总和

总和是指把单个肌肉收缩加在一起以形成强有力的协同性的肌肉运动。一般来讲,总和有两种方式:①. 增加运动单位的数目,使之同时发生收缩;②. 增加运动单位的收缩速度。前者称为多数运动单位的总和,后者称为波的总和(或称空间总和和时间总和)。

图 1—2 表示波总和的原理,左下角表示单个肌肉收缩,随后是在不同频率时,相继发生的肌肉收缩。在活体中,肌肉收缩受中枢神经系统支配。从中枢神经系统沿运动神经中的神经纤维向肌肉传来的冲动是成排、成串的。当肌肉接受一系列彼此间隔时间很短的连续的兴奋冲动或刺激而发生的持续性缩短状态,叫强直收缩。

肌肉强直收缩的力量(图中收缩曲线的高度),在一定范围内随着刺激频率和刺激强度的增加而增加,反而使强直收缩曲线的高度降低。这就告诉我们,力量训练的负荷要适宜。

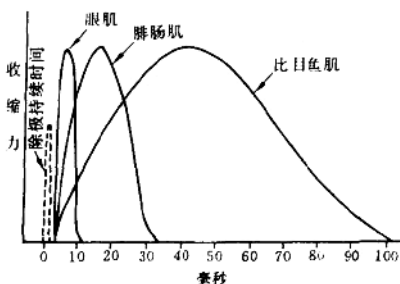


图 1—3 不同类型肌肉等长收缩的持续时间

维金斯基将引起肌肉最大强直收缩的刺激称为良性刺激,将使强直收缩减弱的那些过频、过强的刺激称为劣性刺激。

在肌肉收缩的特殊神经支配机制中,一般既增加冲动频率,也增加运动单位同时兴奋的数目。显然,肌肉的神经支配,是影响肌肉收缩力量大小的关键因素。这是力量训练中很重要的问题,然而却往往没有引起人们足够的重视。

(三)肌纤维的类型

骨骼肌并不是具有相同代谢和机能性质的同类肌纤维的集群。根据肌纤维收缩与代谢的特征,可以把肌纤维分为不同的类型。

图 1—3 表示三种不同类型骨骼肌的等长收缩:眼肌收缩的持续时间少于 1/100 秒,腓肠肌约 1/30 秒,比目鱼肌约 1/10 秒。有意义的是,肌肉收缩的持续时间是与各肌肉的机能相适应的。因为眼球运动必须很快才能使眼注视到一个特定的目标上;腓肠肌必须有中等的收缩速度,才能使机体有足够的速度进行跑和跳;比目鱼肌则主要与支持身体、对抗重力的慢反应有关。

目前,流行的肌纤维分类方法,将人体骨骼肌纤维分为慢肌纤维(I型)和快肌纤维(II型)。II型快肌纤维双可分为 II_a(快红肌), II_b(快白肌)及 II_c三个亚型

1. 慢肌纤维:慢肌纤维以 SO 表示,代表慢的收缩速度和有氧代谢特征,称为 I 型。慢肌纤维以长期性有氧再合成 ATP 的能量转换系统占优势,肌凝蛋白三磷酸腺苷酶的活性较快肌纤维低,收缩速度较慢,糖酵解能力较低。然而,慢肌纤维中含有丰富的线粒体,周围的毛细血管较多,肌浆内含有大量的肌红蛋白(肌红蛋白这种物质与红细胞内的血红蛋白相似,它能与氧结合并将氧贮存在肌细胞内,供给线粒体的需要)。线粒体内高浓度的线粒体酶保证了持续性有氧代谢的需要。所以,慢肌纤维适合于长时间有氧运动。

2. 快肌纤维:快肌纤维以 FG 表示,称为 II 型。快肌纤维的肌

凝蛋白三磷酸腺苷酶的活性较高,具有大量的肌质网,它可以非常迅速地释放和回收钙离子,快肌纤维有一个短期性糖酵解系统转换能量,故肌肉能快速有力地收缩。通常,快肌纤维在持续时间短,大强度的活动中被激活,能量几乎完全依靠无氧代谢提供。肌纤维的这种代谢和收缩能力,对急动、急停,及其加速运动是非常重要的。因为在这些运动的某一时刻需要快速的能量供应,这只有通过无氧代谢才能完成这种供能。

人类的快肌纤维还有亚型,这类肌纤维被认为介于快与慢两类肌纤维的中间型,它有快的收缩速度,而有氧和无氧能量转变系统的能力均为中等,故把这类肌纤维称为快收缩氧化——酵解型纤维,以 FOG 表示,又称为 I₁ 型。除 I₁ 以外, I 型纤维中还存在 I₂ 和 I₃ 两个亚型。与 I₁ 类纤维相比, I₂ 纤维有较高的无氧能力。I₃ 纤维十分罕见,是一种未分化的纤维,它涉及神经再植或运动单位转化。

各类肌纤维的主要形态,机能及代谢特征,请参看表 1—1。

表 1—1 各种肌纤维类型的主要形态、机能及代谢特征

特 征	I 型	I ₁ 型	I ₂ 型
收缩速度	慢	快	快
肌凝蛋白 ATP 酶活性	低	高	高
ATP 产生的来源	氧体磷酸化	氧体磷酸化	无氧酵解
糖酵解酶活性	低	中	高
线粒体数目	多	多	少
毛细血管	多	多	少
肌红蛋白含量	高	高	低
糖元含量	低	中	高
纤维直径	小	中	大
疲劳速率	慢	中	快

(依 Astrand, Work Physiology, 1977)

3. 不同专项运动员肌纤维的比例

对竞技体育各专项运动员的肌肉活检研究证明,那些已达到高度训练水平的专项运动员的肌纤维具有明显的肌纤维分布模式,(参看表1—2和图1—4)某种类型肌纤维呈现出适应性肥大。高水平耐力运动员的肌肉中慢肌纤维明显占优势;而在短跑运动中获得成功的运动员,其肌肉中快肌纤维占优势,那些既需速度也需耐力的项目(中跑)运动员,慢肌纤维的比例在短、长跑运动员之间,快肌纤维与慢肌纤维的百分组成接近相等;以爆发力为主的某些运动员,如投掷、跳远、跳高等项目的运动员肌肉中快肌纤维与慢肌纤维也是如此。高水平专项运动员肌纤维类型百分组成与运动成绩之间的对应关系,应引起注意和研究。

表 1—2 短、中、长跑运动员慢肌纤维%及
慢肌纤维面积%的比较

专项		性别	人数	慢肌纤维 (%)	慢肌纤维面积 (%)	专项成绩
短跑	Collnick(1972)	男	1	26.0	21.9	100 码 9"3
	Costrill(1976)	女	2	27.4	28.6	100 米 11"4
		男	2	24.0	23.5	100 米 10"5
中跑	Gollnick(1972)	男	1	55.0	58.9	800 米 1'50"1
		男	1	47.0	38.1	800 米 2'8"1
	Costrill(1976)	女	7	60.0	60.4	800 米 1'51"5
		男	75	1.0	46.5	1500 米 4'14"4
	Costrill(1976)	男	18	61.8	62.1	
	Komi(1977)	男	6	55		
长跑	Gollnick(1972)	男	1	75.0	80.1	6 哩 28'15"
		男	1	70.0	60.9	
	Costrill(1976a)	男	5	69.4	62.3	5000 米 14'9"
	Costrill(1976b)	男	14	79.0	82.9	6 哩 27'58"8
	Komi(1977)	男	8	78.0		

(依王步标、华明译文资料)

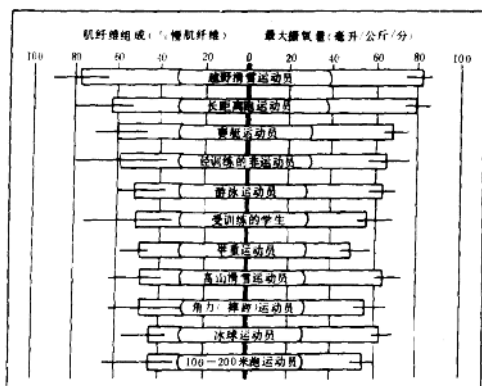


图 1—4 不同项目运动员肌肉中%慢肌纤维(左侧)和最大摄氧量(右侧)。

以肌肉体积而言,耐力项目运动员的慢肌纤维呈现正常大小,但爆发力项目运动员的肌肉变大,特别是快肌纤维增大更为明显,可比同年龄的耐力运动员或素无训练者大 45%。这是因为爆发力力量训练引起肌纤维中的收缩成份肌纤蛋白、肌凝蛋白肌丝增大,以及肌糖元含量明显增加的缘故。

(四)肌肉的神经支配

1. 感觉部分——感觉感受器

神经系统的大部分活动是由各种感觉感受器(听觉、视觉、触觉和本体感受器等)发出的感觉体验所引起的。各种感觉可以引起一个相应的即刻反应,或者它的记忆可以在脑中贮存几分钟,几周几年,然后在将来某一个时刻帮助决定机体的反应。

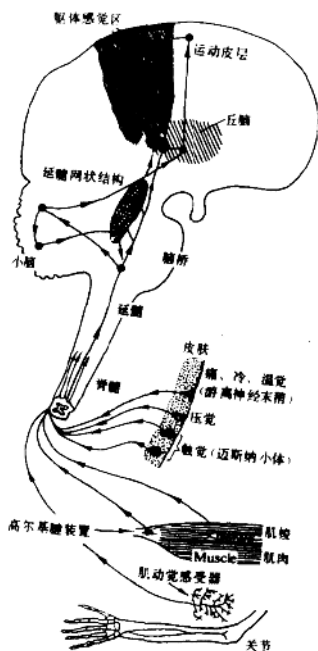


图 1—5 神经系统的躯体感觉轴

图 1—5 表示感觉系统的一部分——躯体部分，该部分传递来自所有身体表面和深部组织各感受器的感觉信息。此信息通过脊神经进入神经系统，可以传导到神经系统的所有各节段。

2. 运动部分——效应器

神经系统最重要的根本任务就是控制机体运动。这是通过控制：①全身骨骼肌的收缩；②内部器官平滑肌的收缩；③机体许多

部分的外分泌和内分泌腺的分泌活动来实现的。这些活动统称之为神经系统的运动机能,而肌肉和腺体则称之为效应器,因为它

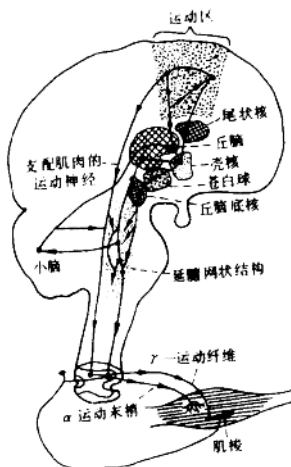


图 1—6 神经系统的运动轴

们是根据神经信号的指令而行使功能的。神经系统中直接向肌肉和腺体组织传出的信号的那些部分,叫做神经系统的运动部分。

图 1—6 表示神经系统控制骨骼肌收缩的运动轴。与此轴并行活动的是另一个相似的控制平滑肌和腺体的系统,叫做植物神经系统。由图 1—6 可以看出,骨骼肌可接受中枢神经系统许多不同水平的控制。每一个不同的区域,在控制机体的活动中,各有其自己的特异性作用,低级部位主要与机体对感觉刺激的自主性即刻反应有关,高级部位主要与大脑思维过程所控制的精细运动有关。

3. 运动神经系统的机构

图1—7是调节运动活动模式程序的神经系统的各层次的图解,图中的每一个方块代表一个主要的神经层次。箭头表示神经冲动沿运动神经(传出神经)和感觉神经(传入神经)传导的方向。插入的圆说明运动系统的基本调节机制,在这一密闭的圆系统里,来

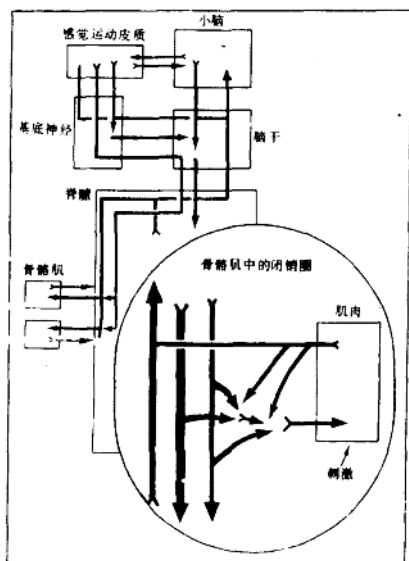


图1—7 运动控制神经系统方块图

注:各部位之间的连线表示运动和感觉的神经元。椭圆形插图表示肌肉与脊髓之间

自肌肉的感觉冲动经感觉神经传递到运动神经元,冲动再由运动神经元传送到肌肉。

从脑下行抵达脊髓神经元的神经束有二:一是锥体束与锥体外束;锥体束(又称皮层脊髓束)中的神经纤维传导冲动到达脊髓是用直接通路把脑和脊髓联系起来,这些冲动最终是兴奋;二是运动神经元;运动神经元控制骨骼肌。锥体外束中每个下行神经束是