

全国体操教练员训练班

竞 技 体 操

(下册)



北京体育学院

一九八〇年九月

118113

9179

6:2

编者的话

为适应国内竞技体操的发展与援外工作的需要，国家体委于一九八〇年三月——六月委托北京体院举办了“全国体操教练员训练班”。任课教师有我院部分教师及特邀的我国一些著名体操教练员、裁判员和科研人员。本书即根据讲授的内容整理编辑而成。

本书包括理论和技术两部分。理论部分有选材、少年儿童的训练、高级体操运动员的训练、身体训练、心理训练、训练计划、竞赛的组织和裁判法等十八讲。技术部分有力学基本知识、技术分析、各项的技术、教法、舞蹈、自由体操的编排及音乐等十六讲。共三十四讲。通过这些内容可以了解到我国竞技体操发展的概况，世界竞技体操发展的趋势以及多年来在竞技体操教学训练理论和实践方面的许多宝贵经验和体会。

参加讲课的教师即本书的作者有：宋子玉、陆恩淳、夏德君、高健、白凤池、李世铭、张健、张永泰、廖润田、杨明明、王成、周济川、钱奎、陈宏群、陈孝彰、兰亚兰、陈贵德、郑馥荪、葛立文、王维俭、刘全谨、周家声、冯冀柏、刘荣增、欧文勤、黄孝瑛、毛元灿、田锡福、王丑麟、黄新河、陈碧英等三十一位同志。

本书由田锡福、王丑麟、黄新河负责整理编辑，田锡福主编。在整理编辑中，为保留各自的讲授特点和丰富内容，只对某些内容做了调整和文字加工，对观点之分歧未做任何统一。文内各讲的术语，尊重讲授者的意见仍采用讲课时的习惯用语。限于水平及时间仓促，定有许多不当之处，欢迎批评指正。

本书是在国家体委政治部、运动司(体操处)和北京体院直接领导下，并蒙国家体操集训队、八一队、北京队、国家体育科研所、北京东城体校等单位的大力支持下出版的。在此表示衷心感谢。

书中涉及我国许多优秀运动员成长的不宜公开的材料，只做国内参考，请勿外传。

第二部分

目 录

第一讲 力学基本知识及在体操中的运用 (田赐福)

- 一、力的基本概念及在体操练习中需要考虑的几种力..... (1)
- 二、直线运动..... (7)
- 三、旋转运动..... (10)
- 四、圆周运动与切线原理..... (13)
- 五、重力位能与转动动能..... (14)
- 六、斜抛运动..... (16)
- 七、平衡..... (18)

第二讲 单杠、高低杠某些动作的基本原理和两个动作的简要分析 (刘荣增)

- 一、几个基本的力学概念..... (21)
- 二、各种下摆方式的力学原理..... (25)
- 三、高低杠向后大回环技术介绍..... (27)
- 四、高低杠“正掏”技术的简单力学分析..... (31)

第三讲 男子跳马前手翻类高难空翻动作技术分析 (欧文勤)

- 一、第二腾空阶段技术..... (33)
- 二、扶马推手阶段技术..... (38)
- 三、踏跳和第一腾空阶段的技术..... (42)
- 四、结论..... (45)
- 五、起跳的动力学特征..... (45)

第四讲 技巧动作的技术分析 (欧文勤)

- 一、如何运用动量矩守恒定律..... (47)
- 二、空翻时制动起跳的运动学特征..... (49)
- 三、不同起跳技术的实例分析..... (50)
- 四、后手翻技术对制动起跳的影响..... (52)
- 五、制动起跳时肌肉工作的特点及动力学特征..... (52)

第五讲 单杠的技术与训练 (夏德君)

- 一、单杠在男子六项中的作用..... (55)
- 二、单杠的发展概况..... (56)

三、动作的分类和技术训练特点·····	(57)
四、训练安排·····	(65)
第六讲 双杠的技术与训练 (高 健)	
一、双杠的技术特点·····	(66)
二、双杠的动作分类·····	(67)
三、双杠的基本技术和教法·····	(68)
四、难新动作发展的主要步骤、方法和时机·····	(75)
第七讲 吊环的技术与训练 (廖润甜)	
一、吊环技术训练特点与动作分类·····	(79)
二、吊环基本技术与主要教法·····	(83)
三、难度动作的发展次序与年令的关系·····	(84)
四、发展难新动作的重要步骤、方方和时机·····	(84)
五、少年与成年技术训练上的区别·····	(85)
第八讲 鞍马的技术与训练 (陆恩淳)	
一、鞍马器械的演变·····	(86)
二、鞍马的特点·····	(86)
三、鞍马技术的发展·····	(87)
四、鞍马动作的分类·····	(89)
五、鞍马的基本技术及训练·····	(90)
六、训练计划·····	(99)
七、几点具体经验·····	(100)
第九讲 自由体操中的技巧技术与训练 (张永泰)	
一、自由体操的发展趋势·····	(101)
二、关于基本技术训练体会·····	(103)
三、关于发展难度的体会·····	(105)
四、关于“抄把”的体会·····	(106)
五、关于纠正动作错误的体会·····	(108)
六、关于能力训练与发展难度的关系·····	(108)
第十讲 男子跳马的技术与训练 (张 健)	
一、当前男子跳马的发展趋势·····	(109)
二、目前我国男子跳马水平及存在问题·····	(110)
三、跳马的基本技术及训练方法和手段·····	(111)
四、男子跳马的基本动作及训练手段·····	(115)
五、关于少年运动员的早期跳马训练·····	(117)
六、成年运动员跳马训练的要求及安排·····	(118)
第十一讲 高低杠的技术与训练 (周济川)	
一、高低杠技术发展趋势和今后训练的指导思想·····	(119)
二、高低杠的规划训练·····	(123)

三、高低杠的技术训练特点.....	(130)
四、高低杠动作分类及应抓哪些基本技术.....	(132)
五、基本动作和难度动作发展的顺序及其与年令的关系.....	(132)
六、难尖动作训练的特点.....	(134)
七、训练安排简介及注意事项.....	(137)
八、保护与帮助.....	(140)
九、教法作业.....	(142)
第十二讲 平衡木的技术与训练 (兰亚兰)	
一、平衡木训练特点和重要性.....	(147)
二、平衡木技术训练的特点.....	(147)
三、发展难度中应注意的问题.....	(152)
四、平衡木训练安排.....	(153)
五、基本功训练.....	(154)
第十三讲 女子跳马的技术与训练 (钱 奎)	
一、目前世界跳马概况及我国跳马存在的问题.....	(155)
二、跳马技术中几个环节的要求.....	(157)
三、介绍两个跳马动作的技术要领.....	(159)
四、对跳马教学的体会及想法.....	(161)
第十四讲 女子自由体操的创编 (刘全谨)	
一、女子自由体操编排的发展趋势.....	(163)
二、对女子自由体操创编的探讨.....	(164)
三、如何提高自由体操创编人员的艺术素质.....	(168)
第十五讲 女子体操运动员的午蹈训练 (刘全谨)	
一、体操运动员与午蹈演员或学员午蹈训练的区别.....	(170)
二、体操运动员的午蹈训练内容.....	(173)
三、体操运动员午蹈训练的课时比例.....	(175)
第十六讲 自由体操中的音乐 (周家声)	
一、音乐基本知识.....	(176)
二、关于自由体操音乐.....	(179)

第一讲 力学基本知识及在 体操中的运用

田 赐 福

在我们班的30位同志中，一些同志学过力学知识但已忘掉了许多，还有大部分同志没有学过力学知识。基于这种现状我们先从最基本的力学知识讲起逐渐转入动作的技术分析，因此我们把这一讲的题目叫做“力学基本知识及在体操中的运用”。又因为时间有限不允许系统讲授，所以只能把目前在技术分析中经常用到的一些基本力学概念和原理结合体操动作做一简单介绍。

我们开这一讲的主要目的是：

第一使大家对有关的力学基本知识有一个初步的了解。

第二是为了给学习技巧、跳马和器械体操技术分析打下一定的基础。

这就要求我们一方面注意掌握力学的基本概念和原理，另一方面必须注意这些力学概念及原理运用在体操技术分析中应该注意的问题。

我们总共讲七个方面的问题。

一、力的基本概念及在体操练习中需要考虑的几种力

（一）力的基本概念

1、什么叫做力：

在体操练习时，我们常常提到“力”这个概念。如“发力早了”“发力晚了”你用力了吗？”“我没劲了”！“劲”就是“力”等等。所有体操动作都需要用力去完成。因此明确了解力的作用特点是十分必要的。

那么什么叫做力呢？力就是物体间的相互作用，这种相互之间的作用使物体改变运动状态或发生形变。

让我们先研究一些有关的例子。如跳马推手时，运动员施力于跳马上，跳马也对运动员施加一个力，而使运动员转入腾空，这个力使运动员的运动方向和速度发生了变化。单杠空翻两周下要做沉肩技术，沉肩能突然增加对杠子的拉力，使杠子的反作用力增大，从而使两周下更高。这些例子表明力决不会单独作用。对于任何一个已知的力都有一个反作用力。由于力的作用，而使人体的运动速度、方向等发生变化亦即运动状态发生变化。又如用力轧弹板弹簧就被压缩，高低杠绷杠下时在卷压杠的一瞬间杠子就会向下凹。这表明力能够使器械发生形变。在前面这些例子中，在相互施力的物体间是有直接

接触的。但是，有的力也能不通过这种“直接接触”而起作用。如技巧中的各种空翻落地，各种器械上的下法落地等都是地球对运动员施一个力，运动员对地球也施一个力，但地球和人体并没有直接接触，而是通过重力场作用。（运动员的运动比地球的运动显著，是因为地球有大得多的惯性）。

体操动作都是通过力而使身体各部位的相互作用或使身体和体操器械相互作用而完成的。这些力的作用，可以使身体某一部位或全身改变运动状态或发生形变。

2、力的三要素：

物体运动状态的变化和形变叫做力的效应。力作用于物体时，其效应如何，取决于力的大小，方向和作用位置（作用点）这三个要素。在完成体操动作时我们经常说“劲小了”“过劲了”，这就是说力有大小之分。但是单独用大小不能把力完全地表示出来，力除了具有大小之外，它总是沿着特定的方向作用。如在双杠上完成前摆转体动作时，若成支撑则发力兜腿的方向可向前一些，而成倒立时发力兜腿方向则必须要向上，因此力除有大小外，还有方向。用力方向是决定体操动作技术的重要环节之一。此外可以看到同样大小及方向相同的力，如果作用在物体不同的部位，则产生不同的效应。如从一个人的背后推他，若推他的后腰正中部位则整个人体会向前运动。若推他的肩胛部位则上体就会转动。

可见力的作用效应是由力的大小、方向和作用点三个因素决定的。我们把力的大小、方向和作用点叫做力的三要素。

3、力矢量的表示法：

象力这样，既要用大小又要用方向才能完全地描述的物理量叫做矢量。用来表示力的矢量叫做力矢量。位移、速度、加速度等都是矢量。

而只有大小没有方向的物理量叫做标量，如质量、时间、长度、功等都是标量。

一个矢量可以方便地用一个箭头来表明。箭头的长度表示矢量的大小。箭头的指向

O —————→ A

表示矢量的方向。箭头的末端是力的作用点。

4、力的合成与分解的图示法：（互成角度的两个力）

求几个已知力的合力叫做力的合成。

例如在双杠上两个人用手提保护带帮助运动员做后空翻成支撑时，都用15公斤的力，如果这两个力互成 60° 角，用图解法求这两个力的合力时，则是以两个15公斤力的线段为邻边做一平行四边形，其对角线OA即表示所求的合力。经量度知其合力是26公斤。

因此在对两个互成角度的力进行合成时，这就要遵循力的平行四边形法则：作用于物体上的互成角度的两个力，它们的合力的大小和方向，可以用表示这两个分力的线段作邻边所画的平行四边形的对角线来表示。分力 F_1 和 F_2 的合力为 $F_{合}$ 。

如果 F_1 和 F_2 分别为40公斤和30公斤，当它们的夹角依次为 60° 、 90° 和 120° 时，用平



图 2

行四边形法则分别求出它们的合力的大小，所得的结果如（图3），比较不同夹角时合力的大小，可以看出，夹角越小合力越大，夹角越大合力越小。夹角为零时两力相加，为 180° 时两力相减。



图 3

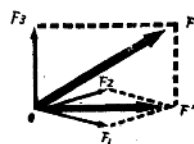


图 4

在体操中经常用到两个以上的力的合成。如果是两个以上的力作用于物体的同一点，则可先求出任意两个力的合力（ OF' ），然后以此合力与另一力（ OF_3 ）为邻边做平行四边形，其对角线（ OF ）即为这几个力的合力。（见图4）

力的分解：就是把一个力分解为两个或两个以上的分力，它们作用在同一点并分别作用在给定的方向上。

一个力究竟怎样分解，要根据所研究问题的具体情况，从分析这个力所产生的效果来决定。如做跳马时，在起跳的瞬间，两腿对助跳板的作用力（ P ）是向后下方。它产生一个向前上方的反作用力 $F_{合}$ ，这个 $F_{合}$ 可分解为推动人体向上运动的竖直分力 F_1 和向前运动的水平分力 F_2 （见图5）

在用平行四边形法则对体操动作进行技术分析时，若将一个力分解为两个力，则必须具备下列条件中的任一条件：

（1）已确定两个力的方向。（2）已确定一个力的方向和大小。（3）已确定一个力的方向和另一个力的大小。此外平行四边形法则除用于力矢量外还经常用于速度矢量的合成与分解上。

（二）在体操练习中需要考虑的几种力：

宇宙万物始终处于运动状态。人体的一切活动都表现于不同的运动状态。在做体操练习时，无论是做静力性动作或做动力性动作（如摆动、屈伸、回环等），都是处于很多力的作用下。如站立就有重力（ P ）和支撑反作用力（ F ）和肌肉的拉力。单杠或高低杠上的悬垂，就是在肌肉紧张用力和杠子摩擦力的作用下而成悬垂。在悬垂中，又有地球对人体的引力即重力的作用（向下）和单杠的支撑反作用力的相互作用。

人体所以能够运动：走、跑、跳及做各种简单和复杂的体操动作，就是由于有各种力的相互作用，影响人体运动的力包括有内力和外力两种。

1. 内力：是人体各部分相互作用时，身体内部所产生的力。

（1）肌拉力：主要是通过中枢神经系统的调节，使肌肉收缩而产生的拉力。肌肉的收缩与骨骼产生杠杆作用，从而使体身各部分产生运动。例如：髋、肘、腰的屈伸等。肘的屈伸是通过肘关节的肌群来完成的，屈肘时，是靠肱二头肌、肱肌、肱桡肌来实现的。伸肘时是靠肱三头肌来实现的。肌力的特点是：①它的作用点和反作用点，都

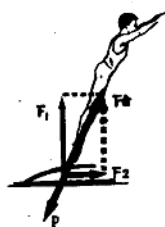


图 5

在人体内部。它若不与地面或器械发生作用时,就只能引起身体某一部分相对于另一部分的运动而不能改变身体重心的运动轨迹。如屈肘、举臂、体绕环、踢腿等。②肌力受高级神经活动的支配,是有意识的活动。

(2) 组织的被动阻力:是指肌肉、韧带、关节囊及内脏器官的阻力。例如:肩关节、髋关节的柔韧性不好时,就会影响动作的幅度和完成动作的准确性。但若过于松弛也会影响动作的力量和速度。所以在进行柔韧练习时,注意使关节的柔韧性要适当(度)。不能过硬也不能过软,要柔中有刚,刚中见柔。既要克服关节韧带的阻力,又不能使它过于松弛。内脏器官也影响运动。例如生、熟鸡蛋在转动时,生鸡蛋就转的慢,停的早。其原因就是有内摩擦,内部有被动阻力。在起跳时,为了克服内脏器官的阻力,就要求提气。提气能使肌肉紧张,膈肌上提,胸廓固定,而使内脏器官相对稳定,这有利于完成动作。

总之,在所有的内力中肌肉拉力是使人体产生运动变化的唯一主动动力,没有肌拉内力的作用就没有人体的任何运动变化。

2. 外力:凡是由外部加于人体的力,对人体来说都是外力。外力主要是反映人体同外界环境的相互作用。如:人与地球相互作用就产生重力;人与体操器械相互作用就产生了器械形变弹力;人与空气相互作用就产生了空气阻力。

竞技体操中的外力包括:

(1) 人体重力:

① 概念与作用:

人体受到地球的吸引力叫做人体重力。其大小就是人的体重。重力的方向永远是垂直向下的。因此在完成体操动作时,重力有时起动力作用,有时起阻力作用。

动力作用:如各种跳下,倒立下摆,高杠换握低杠等。一般人体由上向下运动时,重力起动力作用。

阻力作用:如起跳,由悬垂或支撑开始的起摆,低杠换握高杠,由下向上摆动等。一般人体由下向上运动时,重力起阻力作用。

② 人体重心:

A. 人体重心的概念:身体各部分重力的合力点叫做人体重心。人体重心是头、躯干、上臂、前臂、手;大腿、小腿、脚等各部位的重力的合力作用点,它在人体上仅仅是一个几何点,而不是一个实在的器官。人体站立时,身体总重心的位置一般是在髋关节横轴两大转子的连线正中线上4—5 cm处。(男子重心位置一般比女子高。男子重心大约在肚脐下4—5 cm处。)

B. 人体重心的特点:是它的可变性。因为人体是由许多骨与骨连接而成的杠杆系统,其形状可以千变万化,因此,人体的重心位置也随着千变万化。例如,两臂上举时重心就升高,一臂侧举时,重心就偏向侧举一边;体后屈时,重心就可能移在体外等。(见图6)



图6

C. 人体重心与技术的关系：人体重心对完成体操动作有极其重要的作用。在分析动作技术时，经常以身体重心为基础来进行研究，在训练中也经常要训练运动员学会掌握和运用重心的能力。如要完成各种静止动作就必须学会维持重心的平衡。要完成各种慢用力动作（如慢起倒立，倒立落下等）就要学会控制重心。女子平衡木的训练实质上就是培养运动员掌握、运用、控制人体重心的技术和能力。要学会移重心，才能使动作完成的优美感人。

人体运动的变化必须要有有力的作用，作用力若通过人体重心时，人体就做直线运动如垂直跳等。作用力若不通过人体重心时，人体就会做转动。人体腾空时，运动轨迹是以重心为准的。

因此，在体操中人体重心对完成各种用力动作，静止动作，摆动动作等都有着重要的影响

（2）支撑反作用力：

首先要了解牛顿第三定律——作用与反作用定律：

“两个物体间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，在同一条直线上。分别作用在两个物体上。”

牛顿第三定律告诉我们：

① 所有力的作用总是成对出现的，有作用力必有反作用力。如果我们知道了甲物体对乙物体的作用力的大小及方向，根据这个定律，就可知道乙物体对甲物体的反作用力的大小和方向。

② 作用力与反作用力是分别作用在两个物体上。不是作用在同一个物体上。

因此就不难看出，作用力与反作用力是成对、反相、作用在不同的物体上。因此，作用力越大，反作用力也就越大。在体操项目中许多动作是通过加大作用力，而使器械产生较大的反作用力为高质量完成动作创造条件的，特别是跳马，高低杠，单杠等项更为明显。

支撑反作用力：当人体用力作用于地面或器械时，地面或器械便产生一个大小相等，方向相反作用在人体上的力。这个力就叫支撑反作用力。支撑反作用力可分为：

① 静力支撑反作用力：是指人体在地面或器械上静止不动时，地面或器械对人体的反作用力。此力与人体体重大小相等，方向相反。

如人体站立时，作用力（体重）= 支撑反作用力（地面），所以人体保持静止状态。（如图 7 甲）体操中的倒立，直角支撑及各种造型都是静力支撑反作用力的结果。

② 动力支撑反作用力：是指人体在地面或器械上运动时地面或器械对人体的反作用力。此力在数值上等于人体的重力与惯性力的和。即： $R_1 = P + F$ 。惯性力的作用方向与运动物体的加速度方向相反。（如图 7 乙）

例如：半蹲在体重计上，两臂向上摆动，两腿伸直时，指计的读数就增加。其原因就是当两臂和上体用力向上时，就产生了一个向下的惯性力，这个力增加了对地面或器械

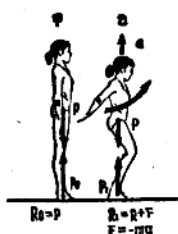


图 7

的向下压力,所以动力支撑反作用力也就增大,指计读数就增加。根据这一原理,在跳马起跳时,要迅速伸直膝,髋关节,两臂积极向前上摆动,起跳就会有力,在做双杠挂臂撑前摆上时,当两腿摆过杠下垂直面时,要用力向上兜腿。腿的快速向上运动,增加了两臂对双杠的压力,所以双杠对运动员的支撑反作用力也就增大,这有利于前摆上的完成。

当身体的某些环节向下运动时,由于减小了对地面或器械的压力,动力支撑反作用力就要减小(体重计试验)。所以在跳马落地和所有的下法落地时,肘关节、髋关节和两臂要迅速向下运动,这可减小向下的作用力,地面的支撑反作用力也小。所以迅速向下的缓冲落地技术,有利于增加落地的稳定性和减小受伤事故。

上述事例说明:在做体操动作中,身体某些环节的运动速度或方向突然改变时,支撑反作用力的大小和方向也必然要改变。当身体某些环节向上运动时,由于增加了对地面或器械的向下压力,支撑反作用力就增大。若身体某些环节向下运动时,由于减小了对地面或器械的压力,动力支撑反作用就减小。

动力支撑反作用力增加或减小的量值,等于运动环节的质量乘它的加速度($P=ma$)。

(3) 摩擦力:在做体操动作时,人体受到的地面或器械的表面阻力叫摩擦力。

在完成体操动作时,摩擦力有时起积极作用。如握杠时,由于摩擦力的作用,就有助于握住杠子。如果杠面或平衡木表面太滑,就要往手上或器械上涂镁粉,或鞋底擦松香粉,其目的是增大摩擦力。相反若摩擦力太大时,如杠面上的镁粉太多,就需打掉些镁粉。鞍马面太涩,就需用滑石粉涂在马的两面以减小摩擦力。

总之,对摩擦力要合理运用。

(4) 器械形变弹力:人体在体操器械上运动时,器械就会发生形变,器械在恢复形变时所产生的力叫做器械形变弹力。这个力是作用于人体上的。这种力在单杠、双杠、高低杠、助跳板上表现特别明显。充分利用器械形变弹力,有助于更好的完成动作。如高低杠的绷杠下,就是在腹部卷压杠后,依靠肌肉内力,充分利用杠子的弹力与反弹时间来完成的。特别是目前科学技术的发展,体操器械的弹力也进一步改善,(如助跳板自由体操板改成弹簧式),就更有利于完成动作。但必须学会和掌握好器械的弹性。

(5) 空气阻力:在做体操动作时,空气给予人的阻力叫空气阻力。正常情况下如果用13米/秒的最大速度运动时,身体表面所受空气阻力不超过1.2公斤,很少影响到完成动作。因此在分析体操动作时可以不注意它。但若在室外风特别大的情况下,就要注意空气阻力了。

总之:① 把力分为内力和外力是相对的。同样的一个力,可以表现为内力,也可表现为外力,要看参考物。如重力对人来说是外力,而对地球来说是内力。又如:弯屈臂,上臂肌群对整个身体来说是内力,而相对于前臂来说是外力。

② 内力与外力是互相作用,互相引起的。内力可以引起外力,外力也可以引起内力。在同一动作的不同阶段中,内外力对完成动作所起的作用也不同。

③ 在一切力当中只有肌拉力是人体唯一的主动动力。它可以改变外力,利用外力。只有在高级神经活动的支配下,肌拉力才能做各种各样的动作。

④ 在身体腾空时,外力能改变身体在空中的运动轨迹,而内力只能改变身体各部

分的相互关系，不能改变运动轨迹。

二、直线运动

(一) 几个基本概念：

物体的运动轨迹是一条直线的叫做直线运动。如山地面竖直跳上单杠或吊环，弹板的原地弹跳等都是直线运动。

1. 速度：在直线运动中表示物体运动快慢的物理量叫做速度。它等于物体通过的路程和通过这段路程所需时间的比值。通常用“V”来表示速度。

$$\text{速度 (V)} = \frac{\text{路程(s)}}{\text{时间(t)}}$$

从公式可知物体通过一定距离的时间越短，则速度越快。跳马中的助跑是为了起跳创造必要的速度。体操中的许多动作都需要速度要“快”，如：跳马要快跑、快起、快摆（臂）、快推（手）。吊环的高转肩、单杠的振浪技术，各个项目的屈伸动作，转体动作等都需要快速用力。在许多动作的联接技术上也要快。如技力中挂各种空翻的腿子，小翻，所挂空翻难度越高腿子小翻就越需要快。总之快速用力是完成许多体操动作的重要技术之一。快就是要有速度。

2. 加速度：表示物体速度变化快慢的物理量叫做加速度。加速度等于单位时间内速度的变化量。其公式如下：

$$\text{加速度 (a)} = \frac{\text{末速度(V}_t\text{)} - \text{初速度(V}_0\text{)}}{\text{时间(t)}}$$

对于仅仅由于重力作用而竖直下落的物体，它的加速度用“g”来表示。亦称重力加速度。

速度和加速度都有大小和方向，因此它们也是矢量。也可遵循平行四边形法则进行分解与合成。

3. 质量：表示物体所含物质多少的物理量叫做物体的质量。通常用“m”来表示。

例如，一辆摩托车比一辆自行车所含的物质多，所以质量也大。一辆满载货物的卡车比一辆空卡车所含的物质多，所以质量也大。一个大胖子比一个小孩子所含的物质多，所以他的质量也大。质量大就是m大。

要使质量大的物体由静止变成运动或由运动变成静止都比较困难。其原因是物体有惯性。静止的物体保持静止，运动的物体保持原来运动状态的这种性质叫做物体的惯性。一切物体在没有受到外力作用的时候，总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。这就是牛顿第一定律也叫惯性定律。物体惯性的大小是用质量“m”来量度的。一个物体的质量越大，它的惯性也越大，使之产生同样的加速度所需要的力也越大。

同样的一个力作用于不同质量的物体上时，所产生的运动状态也不同。推自行车时你能使它迅速加快，同样的力推摩托车时，就不会产生那么快的效果。

质量是物体所含物质的多少，是物体惯性的量度，是标量。

重量是地球对物体的吸引力的大小，是矢量。

(二) 牛顿第二定律——加速度定律：

只有在力的作用下才能使物体的运动速度加快或减慢即产生加速度。在物理学中确定作用力、物体的质量和加速度三者关系的定律就是牛顿第二定律：即 $F = ma$ 。这个式子说明：“物体运动的加速度，跟作用在它上面的力成正比，跟物体的质量成反比”。在体操练习中，人体质量(m)对同一个人来说是一个定值。所以加速度就跟力成正比。用力越大所产生的加速度就越大。如跳马的助跑，要想由静止很快地进入高速运动状态，就必须增大跑动的加速度，这就要增大后蹬力量，后蹬力量越大，加速度也就越大。所以要使助跑的速度快，就必须专门进行后蹬技术的训练。

(三) 动量定理：

我们先来研究两个实例：第一：两个质量不同的运动员以同样的速度迎面跑来。要挡住质量大的运动员比挡住质量小的运动员要困难。第二：如果两个质量相同的运动员，以不同的速度迎面跑来，要挡住哪个运动员容易呢？无疑挡住速度慢的运动员容易。描写运动的这一特性的物理量叫做动量。因此，我们把运动物体的质量 m 和它的速度 V 的乘积 mV 叫做动量。动量是研究质量与速度之间的关系。

在上面第一例中，质量大的运动员具有大的动量。因此，在阻挡时所包含的动量变化也比较大，阻挡较难。在第二例中，速度大的运动员具有大的动量，而当大的动量被阻挡时，所引起的动量变化也较大，因此较难阻挡。

冲量：一个力 F 与所作用的时间 t 的乘积 Ft 叫做冲量。冲量是研究作用力与作用时间之间的关系。它表示外力在一段时间内使物体动量发生变化的情况。或者说引起物体动量变化的原因就是冲量。既然物体的动量发生变化是由于力的冲量作用的结果，可见动量和冲量之间在数值上必然存在着一定的关系，反映这一关系的规律叫动量定理。

我们已知 $F = ma$ ，又知 $a = \frac{V_t - V_0}{t}$ ，把 a 代入 $F = ma$ 则得 $F = m \frac{V_t - V_0}{t}$

移项得 $Ft = mV_t - mV_0$ 。

式中 $mV_t - mV_0$ 表示动量的变化。

上式表示：“在某一时间内作用于物体上的冲量等于它的动量在同一时间内的变化”叫动量定理。这个定理表明，冲量不仅是动量发生变化的原因，而且在量上恰好是动量变化的量度。亦即物体所受的冲量越大，它的动量改变就越显著。

例如：运动员用力踏跳，从两脚接触踏板到离开踏板，需要一定的作用时间，这个踏跳力的平均力和作用时间的乘积就是踏跳时的冲量。

运动员在两脚接触板的一瞬间，有一个速度也就是有一个动量。而在离开板的一瞬间，它仍然有一速度，因而也有一个动量。为什么在踏跳中既有一个触板动量，又有一个离板动量呢？这就是因为在踏跳时有力，有作用时间的关系。一个力作用于物体作用一定时间后，就必然引起物体的动量发生变化，这个动量的变化在数值上等于冲量的大小。

现在我们来研究在冲量 Ft 中，若作用力为一定值时，力所作用的时间“ t ”在体

操练习中的作用:

1. 从 Ft 中可知: 作用时间越长, 冲量就越大, 引起的动量变化也就越大。因此在做体操动作时, 经常利用增加工作距离延长力所作用的时间来完成动作。例如做双杠“后空翻成支撑”时, 要把髋关节伸直, 肩角充分顶开, 以增大身体的工作距离, 使推手的作用时间增长。鞍马全旋。脚要往运伸, 髋要打开, 手要早撑, 晚放, 其目的也是通过增大身体工作距离来延长双手的支撑时间, 以便于调整身体的动量变化。技巧、跳马的起跳要充分伸直下肢关节。高低杠的腹弹技术要“闷一闷”再弹等等。都是利用增加身体有关部分的工作距离, 来延长力所作用的时间, 从而增大冲量。

2. 但是在体操练习中 t 值不能无限制地增长, 因为所有的体操动作都是在一定的时间、空间内完成的。只能在一定的距离内用力, 例如后蹬的工作距离就只限定在下肢关节的屈伸幅度之内。在一定的工作距离内, 只有用最短的时间通过才能获得较大的速度, 使人跳的高, 跑的快, 完成动作质量高。因此在许多体操动作中必须通过增加工作距离, 缩短作用时间去完成。要把每个动作的高度、幅度做到家。要用爆发力, 要用“脆劲”。

(四) 动量守恒定律:

在体操教学和训练中, 经常用到“制动”这个概念。那么什么叫制动呢?

制动就是在做体操动作时, 通过肌肉的用力来减慢身体某一部分的运动速度, 而使身体另一部分的运动速度增加。从而使动量得到重新分配。

如: 吊环的前摆上, 在兜腿后要有制动腿的动作; 跳马和技巧的空翻起跳, 在向上领臂后, 必须要有制动臂的动作; 高低杠上的绷杠下, 在绷离杠的一瞬间, 两腿必须要及时制动才能绷的既高又远。总之, 制动技术在体操中运用十分广泛。它是高质量完成体操动作的重要技术之一。它的理论根据就是动量守恒定律。

我们首先做一个简单的试验: 设有两个小球, 质量分别为 m_1 和 m_2 , 在同一条直线上向前运动, 速度分别为 V_1 和 V_2 , 且 $V_2 > V_1$, 经一段时间, 当第二个球追上第一个球时, 发生碰撞。碰撞后第二个球的速度减慢为 V_2' , 第一个球的速度加快为 V_1' , 也就是说小球 m_2 将一部分动量传递给了小球 m_1 。但是, 碰撞前两小球的总动量 $m_1 V_1 + m_2 V_2$ 和碰撞后两小球的总动量 $m_1 V_1' + m_2 V_2'$ 持保相等, (见图 8) 即:

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_1' + m_2 V_2'$$

$$\Sigma m_0 V_0 = \Sigma m_t V_t = \text{恒量}$$

上式说明: 在两个物体相互作用的过程中, 如果不受其他外力的作用, 那末某一物体的动量减少了, 另一物体的动量必然要增加, 它们变化的数量是相等的。这说明一部分动量从一个物体传递到另一个物体上去了。

因此动量守恒定律就是: 在一个力学系统内, 内力可以改变系统内各物体间的动量, 可将某一部分的动量传递给另一部分, 但不能改变整个系统的总动量。

动量守恒定律说明两个问题:

1. 在没有外力作用的条件下, 内力如何作用也不能改变物体的总动量。

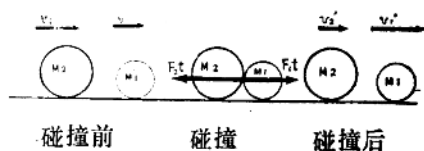


图 8

2. 内力可以引起身体各部分的动量变化。身体某部分动量的减少必然使身体另一部分的动量增加。这就是动量传递原理。

“动量传递”原理在体操练习中运用极为广泛。在分析动作技术时，通常我们把人体分成“腿”和“上体”两个部分。这两个部分的动量可以传递。减小腿的动量，就必然增加上体的动量。这很有利于完成动作。如单杠的“特卡切夫”，当前摆过杠前水平部位后，两腿必须急速、猛烈制动。制动使腿的动量减小，通过紧腰的传递，而加大了上体的动量，配合压杠带臂胸振，使上体立起而完成腾越技术。

这就说明，在做体操动作时，制动腿就能增加上体的动量，同理制动两臂，就能增加两腿的动量。合理地运用动量传递原理，对高质量完成动作，特别是完成各种下法和腾越类动作具有更加重要的意义。

在运用制动技术（动量传递原理）时，应注意：

1. 一般情况下要求制动动作要做的迅猛有力。但必须根据每个动作的不同技术要求，运用制动力量和掌握制动时间。

2. 要使“动量传递”的效果好，腰部必须要收紧。腰部松弛就会减小或失去动量传递的效果。因此必须加强运动员的腰部力量的训练。

3. 在做制动动作的同时，还需正确地配合压臂、梗头、急振上体等动作。

总之，在完成许多体操动作时，必须要合理地运用“动力传递”原理。

三、旋转运动

（一）力矩：

经验告诉我们，力可以使物体绕轴转动。但力使物体转动的效果，第一决定于力的大小和方向，第二决定于力对转轴之间的距离。

例如我们开关门窗时，如果作用力和转轴平行或通过转轴时，那么无论用多大的力也不能开关门窗。这说明只有在作用力不通过转轴，也不平行于转轴时，物体才能发生转动。推门时，力作用在离门轴较远的地方，用较小的力就可以推开门；若力作用在离门轴较近的地方，则要用较大的力才能把门推开。可见，力使物体转动的效果，不仅跟力的大小、方向有关，还跟力到转轴间的距离有关。在力学上把力的作用线到转轴的垂直距离叫做力臂，用 d 来表示。作用力 F 和力臂 d 的乘积 Fd 叫做力矩。用 M 来表示。则

$$M = Fd$$

上式表明，作用力越大，力到转轴的距离越大，则物体的转动效果也越大。因此，力矩是用来量度物体转动效应的物理量。

在分析动作技术时，由于受力情况不一样，对力矩的称呼也不同。由肌拉力引起的力矩叫肌肉拉力矩（肌肉拉力 $\times$ 肌力臂）；由重力引起的力矩叫重力矩（重力 $\times$ 重力臂）。重力矩 $M = Pd$ 。 P 值对同一个运动员来说是一个定值。所以 M 就与 d 成正比，即重力臂 d 越大，则重力矩 M 就越大。转动效果也就越好。如在单杠上自然下摆时，由水平部位做的前摆幅度就比由水平下任何一个部位做的前摆幅度大。亦即转动效果



图 9

大。(见图9)

在体操练习中,由于重力矩在不同的技术阶段中,起的作用不同,所以又可分为动力矩和阻力矩。人体由上向下运动时,重力矩起动力作用,所以此时要加大重力矩。人体由下向上运动时,重力矩起阻力作用,所以要设法减小重力矩。

(二) 角速度:

在直线运动中,用速度V评定物体转动的快慢。在转动中则是用角速度 ω 评定物体转动的快慢。

物体在单位时间内转动的角度叫角速度。若用Q表示转过的角度(又叫角位移),则

$$\omega = \frac{Q}{t}$$

在体操中经常用角速度来评定整个人体或人体的某一部分转动的快慢。如在相同时间内侧举左臂,第一次转过Q角举至斜下举,第二次转过Q'角举至侧平举,则第二次比第一次的角速度快。(见图10)

(三) 角加速度:

物体受到力矩的作用,就要发生角速度的变化。反映角速度变化快慢的物理量叫角加速度,用 β 表示

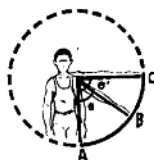


图10

$$\beta = \frac{\omega_t - \omega_0}{t}$$

(四) 转动惯量:

在直线运动中反映惯性的物理量是质量,在转动运动中反映转动惯性的物理量叫转动惯量。因此,所谓转动惯量,就是物体转动时,惯性大小的量度。通常用符号J来表示转动惯量。

$$J = m r^2$$

上式表示:就一个物体来说,它对转轴的转动惯量的大小等于该物体的质量与它的质量中心至转轴的半径平方乘积的总和。

物体转动惯量的大小由三个因素决定:

1. 物体的全部质量。即物体越重,转动惯量越大。例如一个60公斤的大人和一个40公斤的小孩学习单杠向后大回环,我们会感到对60公斤的人要用大的力帮助他回环。而对于40公斤的小孩则可用较小的力帮助他回环。我们就说前者转动惯量大,后者转动惯量小。因此所谓转动惯量大,是指物体较难转动,或转动起来以后又较难停止。反之则转动惯量小。

2. 物体全部质量的分布情况:质量越是集中在转动轴,转动惯量越小;质量越是分布在四周,转动惯量越大。如:直体后空翻比团身后空翻难做,因为直体空翻的质量分布离转轴远,转动惯量大。而团身空翻的腿和臂靠近转轴,转动惯量小,所以容易。因此,在转体360°或720°时两臂要尽量靠近身体纵轴。

3. 转轴的位置。转轴在人体的一端,转动惯量大,转轴靠近身体中心,转动惯量

小。因此，做单杠大回环就比腹回环难。

(四) 动量矩守恒定理：

动量矩守恒定理是研究空翻、空翻转体类动作的技术基础。为便于理解我们采取与直线运动的对比方法来进行学习。

前面我们已经学过：动量定理表达式 $Ft = mV_t - mV_0$ 。又知道力矩 M 相似于力 F ，转动惯量 J 相似于质量 m ，角速度 ω 相似于速度 V 。现在我们把动量定理的物理量符号，改用转动的物理量符号则可写成 $Mt = J\omega_t - J\omega_0$ 。这就是动量矩定理表达式。式中的力矩 M 和它的作用时间 t 的乘积 Mt 叫冲量矩。物体的转动惯量 J 和角速度 ω 的乘积 $J\omega$ 叫动量矩。 $J\omega_t - J\omega_0$ 是动量矩的变化量。这就是说：“物体受到力矩作用了一段时间以后，其动量矩的变化和所受的冲量矩相等”。这个结论叫做动量矩定理。

在动量矩定理所反映的问题中，有一个应当注意的特殊情况，就是如果物体所受合外力矩为零时，即 $M = 0$ 时，则 $Mt = 0$ 即冲量矩为零。所以

$$J\omega_t - J\omega_0 = 0$$

移项则： $J\omega_t = J\omega_0 = \text{恒量}$

上式表明，在转动中，如果物体所受合外力矩为零时，则物体的动量矩保持不变，这就是动量矩守恒定理。正如物体的线动量在没有外力作用下保持不变一样，物体的角动量在没有外力矩作用下也是不变的。

要使动量矩保持不变即 $J\omega_t = J\omega_0$ 为一常量。只有两种情况：

一种是转动惯量和角速度同时保持不变。

另一种是转动惯量和角速度同时改变，但乘积保持不变。

例如把一小球系在一细绳上，并把细绳固定在一直杆的一端，如果使小球绕杆转动，由于细绳在直杆上缠绕，小球逐渐靠近直杆。这时小球对直杆的转动惯量逐渐减小，而角速度则逐渐增大。即小球越转越快（见图11）。又如转椅试验。这种椅能绕纵轴转动（摩擦力极小）。让一人坐在椅子上，伸开两臂，手中握着很重的哑铃，摇动摇把使椅子和人一起以角速度 ω 转动，然后去掉摇力，也就没有外力矩的作用，此时椅子、人和哑铃的动量矩保持不变。如果人将两手紧抱胸前，转动就加快，再伸开两臂，转动又减慢。其原因就是两手紧抱胸前时，转动惯量变小，角速度就变大，转动就快。再伸开两臂时，转动惯量变大，角速度就变小，转动就慢。而动量矩不变。因此，要想改变角速度就必须改变转动惯量。这就说明要通过改变转动惯量的值去增大或减少转动角速度。

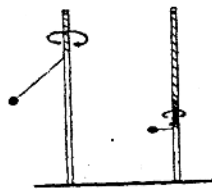


图11

又如团身后空翻，是绕身体横轴的一个翻转动作。运动员在起跳瞬时就取得了一定的动量矩。起跳后由于腿和臂离转轴较远，转动惯量大，所以转的慢。当到最高点时运动员一屈膝抱腿，身体质量靠近了转轴，转动惯量就减小，角速度就加大，翻转就快。当翻到脸朝下时，运动员一伸腿、举臂、转动惯量又增大，角速度减小，翻转就慢下来，为稳定落地创造了条件。

运动员在腾空时，如没有外力矩的作用，则起跳时所获得的动量矩等于转动时的动