

孙亦光 潘龙根 著

竞技体操基本动作的

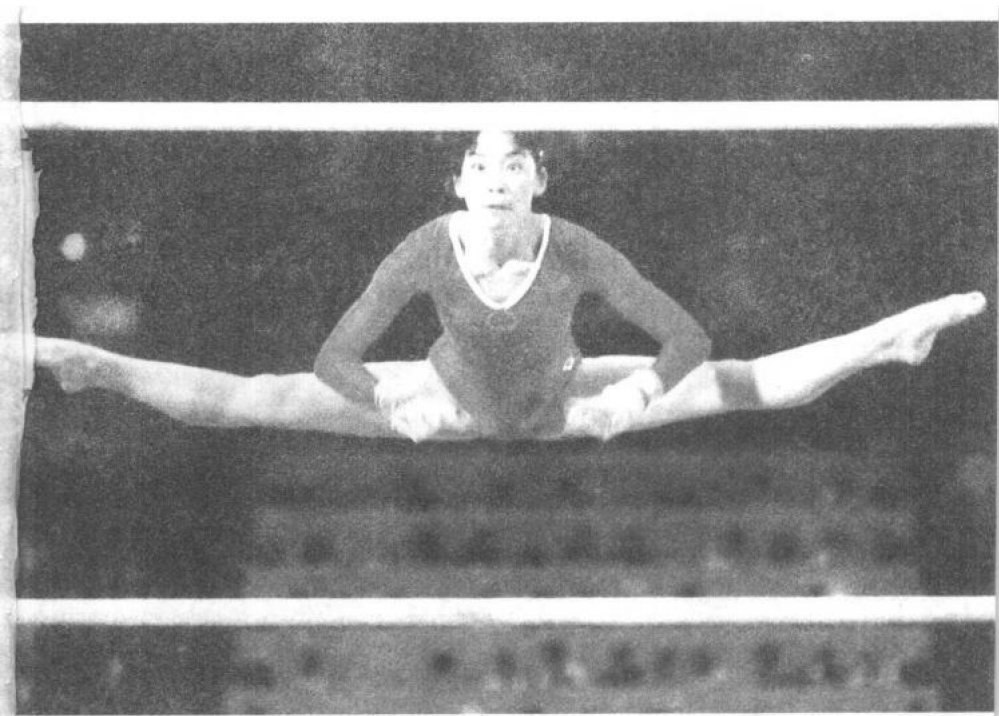
力学原理与教法



人民体育出版社

竞技体操基本动作的 力学原理与教法

孙亦光 潘龙根 著



人民体育出版社

(京)新登字 040 号

图书在版编目(CIP)数据

竞技体操基本动作的力学原理与教法/孙亦光, 潘龙根
著. - 北京: 人民体育出版社, 2000

ISBN 7-5009-1949-2

I. 竞… II. ①孙…②潘… III. 竞技体操-人体-运动-生物力学-研究 IV. G832.014.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14345 号

★

人民体育出版社出版发行

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店经销

★

787×1092 毫米 32 开本 5.125 印张 90 千字

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—3,150 册

★

ISBN 7-5009-1949-2/G·1848

定价: 10.00 元

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号(天坛公园东门)

电话: 67143708(发行处) 邮编: 100061

传真: 67116129 电挂: 9474

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行处联系)

前 言

器械体操不仅是竞技体操中的主要训练项目，也是体育院校体操教学中的主要内容。器械体操中的一些基本动作往往是高难技术动作的基础，搞好基本动作的教学，意义十分重大。为此我们把体操中的一些基本动作整理分类，对此进行力学分析，从人体结构特点、用力的时序来阐明教法依据，以供体育教师、教练员和其他体操工作者参考。为了便于阅读和使用，我们对动作未作过细的力学分析和繁琐的计算，力求深入浅出，让具有初中以上文化程度的人都可看懂。为帮助读者正确地理解、掌握有关的专业术语及概念，本书在动作陈述之前先简单介绍有关人体运动的一些力学基础知识、常用的计算公式和术语。由于水平所限，不妥之处，热切希望读者批评指正。

本书的出版得到北京体育师范学院“专著出版基金”的资助，在此表示衷心感谢。

著者

1999年12月

目 录

一、运动生物力学基础知识简介·····	(1)
二、器械体操基本动作的技术特点分类·····	(5)
三、各类动作的生物力学特征及动作名称 与教法·····	(6)
(一)人体屈伸类动作·····	(6)
(二)支撑摆动类动作·····	(51)
(三)大摆动振浪类动作·····	(71)
(四)推撑类动作·····	(80)
(五)静止类动作·····	(91)
(六)腾起类动作(各种起跳类动作)·····	(98)
(七)腾空类动作·····	(109)
(八)转体类动作·····	(128)
(九)各类动作的组合·····	(138)
后记·····	(158)

一、运动生物力学基础知识简介

(一)描述人体运动状态的几个基本物理量及其意义

1. 位置

人体(或环节)质心在空间坐标系中的坐标值叫做位置。 X 、 Y 、 Z 表示前后、左右、上下三个方向。

2. 位移

人体(或环节)质心位置的改变量叫位移,它从起始位置指向终了位置。 $\Delta X = X_2 - X_1$ 。

3. 速度

人体(或环节)质心位移的快慢程度叫速度,它的方向与位移方向相同。 $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $V_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$

11/11/2021

4. 加速度

人体(或环节)质心速度变化的快慢程度叫加速度, $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 其中表示速度大小的变化快慢叫做切向加速度用 $a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 表示速度方向变化快慢的叫做法向加速度用 $a_n = \frac{V^2}{R}$ (R 为曲率半径)表示。

5. 时间与时刻

取无限短的时间间隔叫“时刻”用 t (体育运动中通常可取 0.01 秒为时刻)表示。

两时刻间的间隔为时间, 用 $\Delta t = t_2 - t_1$ 表示。

(二)描述人体运动状态变化原因的 几个基本物理量及意义

1. 力

人体肌肉的收缩作用施于外界物体, 外界物体的反作用力, 使人体产生运动状态变化, 力的单位用牛顿表示:

1 公斤力 = 9.8 牛顿

力和质量加速度之间关系用牛顿第二定律表示

其瞬时关系： $F = ma$

2. 冲量与动量

人体受的外力作用和作用时间的积，称为人体受的冲量，人体质量（或环节质量）与运动速度的积称人体具有的动量，它们之间的关系可用动量定理表示，即：

$$F \Delta t = mv_2 - mv_1 = \Delta mv。$$

3. 线速度与角速度

人体（或环节）质心通过的曲线长度与所用时间的比值叫质心运动的线速度 $V_{\text{线}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ，单位是米/秒。

人体（或环节）质心转过的圆心角与所用时间的比值叫角速度 $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ ，线速度跟角速度之间有下列关系。

$V_{\text{线}} = \omega R$ ， R 为运动转动的半径，单位是弧度/秒（弧长等于半径时所对的圆心角大小定为一个弧度）； $360^\circ = 2\pi$ 弧度。

4. 转动惯量

表示转动惯性大小的量度叫转动惯量，用 I 表示， $I = mr^2$ 。人体质量与转动半径平方的积叫对该转

轴的转动惯量。单位是千克·米²。

5. 转动定律

转动物体的角加速度 β ，跟受的外部转动力矩成正比，跟转动物体的转动惯量成反比。

$$\beta = \frac{M}{I} \quad \text{或} \quad M = I\beta$$

角速度的变化快慢程度叫做角加速度。

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad \beta = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

6. 冲量矩与动量矩

人体受的外部转动力矩 M 与力矩作用时间 Δt 的乘积 $M\Delta t$ 叫做人体受的冲量矩，也叫角冲量。

人体转动时其动量 mv 与动量臂 r 的乘积叫动量矩，也叫角动量，用 h_0 表示， $h_0 = mvr$

$\because v = \omega r \quad \therefore h_0 = mr^2\omega \quad h_0 = I\omega$ 即转动惯量与角速度的乘积叫动量矩，它们有如下的关系（动量矩定理）。

$$M\Delta t = I\omega - I\omega_0 = \Delta I\omega$$

冲量矩等于动量矩的改变量，叫动量矩定理。

二、器械体操基本动作的技术特点分类

根据体操基本动作的技术特点我们把这些动作分为：

- (一)人体屈伸类动作；
- (二)支撑摆动类(上、下支撑摆动)动作；
- (三)躯体的鞭打动作；
- (四)推撑类动作；
- (五)静止类动作；
- (六)腾起类动作(各种起跳动作)；
- (七)腾空类动作(空中翻转,脱手再握类)；
- (八)转体类动作(地上和空中转体、转动)；
- (九)各类动作的组合。

三、各类动作的生物力学特征 及动作名称与教法

(一) 人体屈伸类动作

1. 利用身体快速屈伸动作达到三个目的

(1) 利用屈体后快速伸展或屈体增大身体运动速度达到腾空跃起的目的或改变速度的目的。

(2) 利用屈体后快速伸展中突然制动, 达到动量矩转移使身体某部位获得较大的速度或角速度完成各类的屈伸上动作。

(3) 利用屈伸悬垂摆动的能量, 快速伸展, 完成各类前上后上的动作。

2. 身体屈伸类动作的生物力学规律

屈伸类动作指屈体, 两大腿小腿并拢伸直依靠腹肌的收缩形成屈体动作, 然后快速向前上方蹬腿并快速伸展身体 (俗称蹬腿), 形成整个身体向前上运动的速度, 如图 1 所示。

(1)技巧

A. 技巧中仰卧屈伸起。

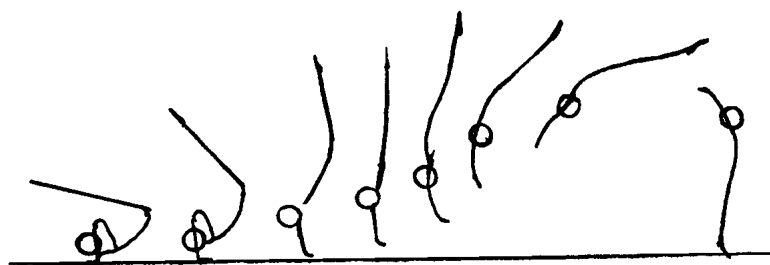


图 1

在蹬腿同时两手用力推撑地面,在背肌的收缩力和两臂的推撑力作用下,使身体产生向斜上方的加速度。由于腿部以髋为轴的转动与腰部的伸展动作的合运动是使人体总重心产生向斜上方的速度(即抛射速度),使人体向前上方腾起,在身体完全伸展的状态下经抛射运动轨迹腾空后落地站立(图 2)。

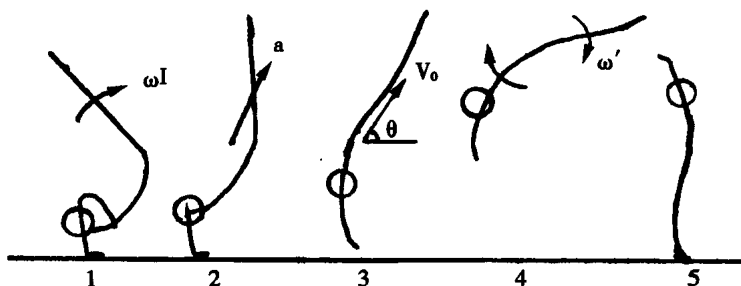


图 2

技巧中仰卧屈伸起的力学原理

①腿部的蹬伸产生转动动力矩使小腿以髋关节为轴的转动,由于下肢具有较大的质量,因此形成较大的动量矩。

②在身体展直同时,下肢动量矩由于人体的结构不可能沿原转动方向继续而被髋关节制动,使其动量矩向上体转移,此时再加上两臂的有力推撑,使人的整体产生向前上方向的运动速度。

③在抛射速度足够大的条件下,人体将腾起一定的高度,在腾空状态下人体又以总重心为轴,向翻转方向转动一角度使人体头胸部朝上,如图2中4,落地站立。

图2中 θ 为腾起角度, V_0 为腾起速度,当 V_0 的大小一定时, θ 角的大小决定腾空的高度是完成此动作的关键参数。

仰卧屈伸起的教法

①练习者由屈体仰卧开始,帮助者站在练习者的两侧,用手拉住练习者的手,当练习者快速打腿展髋时,提拉两臂、帮助成站立姿势。

②由高处向低处做屈伸起。

③在帮助下做完整动作。

保护与帮助

保护者跪立于练习者侧面,当练习者向前上方向展髋打腿时,一手托顶其腰部,另一手托肩,帮助

成站立姿势。

B. 技巧中头与手翻

头手翻动作跟仰卧屈伸起动作结构完全相同，所不同之处在于开始动作：一个由双脚蹬地两手撑地屈体开始，一个由屈体仰卧开始，而后继动作则完全相同，力学原理也一样，类似的动作还有屈体后滚翻成倒立。

头手翻的教法

由两臂上举直立姿势开始，上体迅速前屈，两腿稍屈蹬地，用两手和头的上前额撑地（头手成三角形），经屈体头手倒立，当臀部超过支撑垂面时，两腿猛力向前上方伸展髋关节，同时两手用力推离地面。身体腾空时，尽量保持后屈姿势，直至两脚落地成直立。

保护和帮助

保护者站在练习者侧后面，当其头手撑地呈屈体头手倒立姿势时，一手扶其肩，另一手托腰臀部，帮助完成动作。

教学方法

①由站立开始体前屈双手向前撑地成暂短屈体头手倒立。反复做。

②由高向低处做头手翻。

③帮助下在垫子上做头手翻(可一人或两人帮助)。

④独立完成(可在信号提示下练习)。

(2)双杠

A. 长振屈伸上

双手握杠屈体向前摆动,当摆过垂直部位后随身体前摆逐渐伸展身体,达完全展开1~5,当接近前摆极点时快速收腹成屈体悬垂。保持此姿势向后摆动,当摆过垂直部位后身体开始快速伸展两手用力拉杠7~11,尽力使身体伸展紧贴握点进行,借助回摆的能量使身体上升至双臂支撑状态12~15,如图3所示。

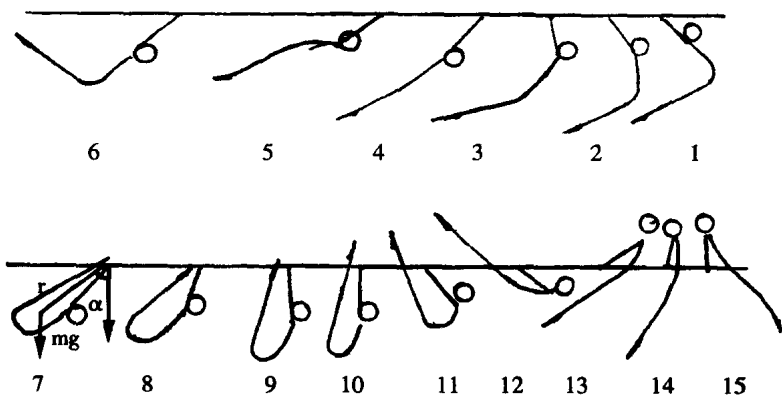


图3

长振屈伸上的力学原理

- ①利用屈体悬垂摆动的能量,其能量来源于身

体重心上摆的高度及收腹或屈体时腿部运动的动能。当屈体回摆至垂直部位时速度最大,产生对手臂最大的拉力,在此时机背肌主动用力伸展身体,两臂在拉伸同时用力下按,尽力保持身体沿握点去伸展,如图 3 中 12 所示。

②由于身体伸展及两臂的下压用力使展开的身体形成以握点为轴的转动如图中 13 所示,形成杠上的支撑姿势。 $M = mgy\sin\alpha$,其转动动力矩随 α 角的变化而减小,当 $\alpha = 0$ 时 $M = 0$ 如图中 7。

读者如有兴趣可用下式计算出屈伸摆动到最低位置时的最大速度 V 。(由 $Mgh = \frac{1}{2}MV^2$; M 为人体质量, h 为屈体悬垂摆动时重心最大高度可计算出 V) 再由下式计算出此时两臂受的拉力 F , $F = Mg(\frac{2h}{r} + 1)$, g 为重力加速度, r 为悬垂摆动时的重心半径。由于屈伸动作又增大两臂的拉力,若增大值为 F' , $F' = \frac{2mh}{\Delta t^2}(F' = ma \quad a = \frac{zh}{t^2})$ 式中 h 为蹬伸腿时身体重心上升高度。 Δt 为蹬伸时间,整个完成动作,两臂的拉力为 F 与 F' 的合力,再比较此力与人体重力大小知此力远大于重力,是完成此动作的首要条件,当然也必须具备快速收腹和保持屈体悬垂姿势的腹肌力量。因此长振屈伸上是体操初学者较难掌握的一个动作,它又是其他各类屈伸动作的基础动作。

B. 短振屈伸上

短振屈伸上的动作原理与长振屈伸上相同，只是开始姿势即为屈体悬垂，通常都是由双臂支撑后倒开始。

屈伸上教法

由杠中站立开始，两脚蹬地，同时两臂压杠，使臀部尽量向后上方摆起，然后直角悬垂向前摆动，并伸展身体。在前摆接近极点时，迅速收腹举腿，使两腿靠拢上体，当身体回摆臀部接近握点的垂直部位时，立即向前上方伸展髋关节，同时两手用力压杠上成支撑。

保护与帮助

保护者站在练习者侧面，当其由屈体悬垂回摆时，一手托其臀部，另一手托背，帮助上成支撑。

教学方法

①由站立悬垂开始，两脚蹬地向后上方跳起，直角悬垂向前摆，当接近极点时做收腹举腿动作。

②杠中站立悬垂，做跑动屈伸上。

③杠端面向内，做直角悬垂摆动屈伸上。

④在帮助下完成动作。

C. 后上成支撑

后上成支撑动作也是借助屈体悬垂的摆动，当摆至最低点时向后上方快速伸展身体，利用摆动增大的向心力，及伸展躯体的拉力作用于双杠，其两