

## 尸体环节参数的活体修正方法

陈志伟<sup>1</sup>, 苑文燕<sup>2</sup>

(1. 厦门大学体育部, 厦门 361005; 2. 北京师范大学公共体育教研部, 北京 100875)

**摘要:** 活体测定人体环节参数至今仍是运动生物力学研究中的一个困难问题, 该文描述了一种简单而易行的方法对人体环节参数进行个体修正, 得到一套有效的环节重心比, 以替代目前在运动技术分析中所使用的数据。

**关键词:** 环节参数; 重心; 测量误差

**中图分类号:** G804.6; G80-32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0000(2000)04-0044-02

### MODIFICATION OF THE DEAD BODY SEGMENT PARAMETERS FROM LIVING SUBJECTS

CHEN Zhiwei<sup>1</sup>, YUAN Wen-yan<sup>2</sup>

(1. Dept of Physical Education, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

(2. Dept of Physical Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** In the studying of biomechanics of sports, it is still a subtle problem to determine human body segment parameters from living subjects. We are trying to provide a simple and convenient method to modify the given segment mass center parameters for specific objects. The induced segment mass center proportions may be applied to take technical analysis for different sports activities.

**Key Words:** segment parameters; mass center; measure error

在运动生物力学的研究和运动技术分析中<sup>[1]</sup>, 了解人体总重心位置及其变化规律是十分重要的。目前世界上广泛使用的环节法来求人体在运动中的重心位置<sup>[2,3]</sup>, 即通过人体各环节的重量和重心位置等环节参数求总重心。然而对活体测定人体环节参数的工作在许多生物力学研究中仍是一件困难的事。我国一直是沿用国外的数据和资料来分析中国运动员的技术。近年来我国已建立一套中国人自己的重心参数, 但在运动生物力学的研究中使用的很少。并且由于体型上的差异, 所得到的总重心数据与被研究者的真实数据相差较大, 不可避免地降低了定量计算的准确性和研究工作的实际价值。因此, 有必要提供较准确的个体化参数。本文描述了一种简单易行的方法, 对尸体环节参数进行个体修正, 统计出一套比较可靠的活体环节参数, 来替代目前在运动技术分析中所使用的数据。

### 1 方法理论

本方法的思想来源于数理统计学中的优化问题,

其目的是对现有的尸体环节参数进行个体修正。利用一维平衡板, 通过总重心的位置和已知的环节重量比(环节重量/体重)求各环节长度比(环节重心到环节近侧关节中心的长度/环节长度), 从而得到适用于个体的活体环节长度比。

#### 1.1 利用平衡板确定身体总重心位置

受试者先在平横板上做一动作, 根据公式(1)求出总重心位置(图 1)。

$$X_{11} = \frac{(R_2 - R_1)L}{M} \quad (1)$$

其中  $R_1$  是空板时磅秤的读数,  $R_2$  是受试者在板上时磅秤的读数,  $L$  是平衡板的长度,  $M$  为受试者体重。



图 1 受试者仰卧平衡板

为了确定各环节的重心, 让受试者身体改变一个姿势, 同理可得到第二个总重心位置  $X_2$ 。再变换一个动作, 则得到第三个总重心位置  $X_3$ 。依此类推, 受试者做 20 个动作, 则得到 20 个总重心位置。

有资料证明<sup>[3]</sup>,由一定环节移动,能产生一系列总重心,但反过来,不能由已知的总重心位置确定出唯一的环节重量(A)和重心位置(B)。即不同重量与重心组合的A、B和A、B都能产生同一个总重心位置。虽然不能通过总重心来单独确定所测环节的重量和重心,但我们要确定身体在运动时的总重心位置和轨迹,并在解析仪上分析电影图片。因为有无数的A和B可以与A和B(真实的)同样地产生一个总重心,因此可以利用总重心得出一套与真实的所测环节重量和重心完全等效的各环节重心的参数,根据这套参数能正确地确定出身体运动时的总重心位置和轨迹。

1.2 等效环节参数的确定

根据重心合成的原理,身体总重心等于各环节重量比与各环节重心位置坐标之积的和,即其中

$$X_j = \sum_i p_i x_{ji} \quad (2)$$

X<sub>j</sub> 对应为第j个动作时人体的总重心坐标, p<sub>i</sub> 为i环节的重量比, x<sub>ji</sub> 对应为第j个动作时i环节的重心坐标,它等于(关节远侧坐标值- 关节近侧坐标值) · r<sub>i</sub> + 关节近侧坐标值。其中 r<sub>i</sub> 为i环节的长度比,如果受试者在平衡板上做了20个动作(j= 20),就可以建立20个方程式(2)。

在式(2)中,总重心 X<sub>j</sub> 为实测值,  $\sum_i p_i x_{ji}$  为总重心估计值。因此它们之间的误差 δ<sub>j</sub> 由下方程式给出:

$$\delta_j = X_j - \sum_i p_i x_{ji} \quad (3)$$

选取 p<sub>i</sub> 为目前使用的一种环节重量比参数。由上式来确定未知的环节长度比 r<sub>o</sub>。

为了使实测值与估计值之差为最小,根据最小二程法原理<sup>[4]</sup>,即估计值的最可信赖值在使误差平方和为最小的条件下求出,即

$$\delta_j^2 = \sum_j (X_j - \sum_i p_i x_{ji})^2 \quad (4)$$

达到最小值。

现求满足上述要求的值 r<sub>o</sub>。为此对  $\sum_j \delta_j^2$  求偏导数,并令其为零,有

$$\frac{\partial \delta_j^2}{\partial r_i} = 0 \quad (5)$$

利用这种求极值的方法,将以上误差方程(4)转化为有确定解的方程组,并解此方程组得到待求的环节长度比 r<sub>o</sub>。此环节长度比在方程中所选用的尸体环节重量比,组成了一套活体等效环节参数。

2 计算实例

选取一田径运动员为受试对象,实验步骤:a)测量

其体重;b)记下平衡板的原始数据;c)选取15个田径项目中有代表性的动作,受试者在平衡板上做这些动作,记下每次动作的磅秤读数,并同时摄影;d)用影片解析仪获取各关节坐标值。

采用菲舍尔的尸体环节重量比参数作为已知,计算工作由计算机进行,所得结果与菲舍尔的尸体环节参数见表1。

表1 环节参数表

环节名称	等效环节参数		菲舍尔环节参数	
	重量比	长度比	重量比	长度比
头	0.070 6	*	0.070 6	*
躯干	0.427 0	0.38	0.427 0	0.44
上臂(单)	0.033 6	0.49	0.033 6	0.47
前臂(单)	0.022 8	0.49	0.022 8	0.42
手(单)	0.008 4	*	0.008 4	*
大腿(单)	0.115 8	0.45	0.115 8	0.44
小腿(单)	0.052 7	0.37	0.052 7	0.42
足(单)	0.017 9	0.44	0.017 9	0.44

注: \* 表示手的心位置定在中指第三掌骨小头;头的重心位置定在耳廓的上缘。

让受试者在平衡板上再做5个动作,分别用等效环节参数和菲舍尔的尸体环节参数计算总重量与实例总重心值比较(见表2)。

表2 总重心位置

单位: cm

动作	实测	等环环节参数计算		菲舍尔环节参数计算	
	总重心	总重心	差值	总重心	差值
动作1	122.67	122.55	0.12	118.67	4.00
动作2	132.67	132.82	- 0.15	131.89	0.78
动作3	119.01	118.90	0.11	118.36	0.65
动作4	129.67	129.88	- 0.19	129.35	0.32
动作5	114.33	114.34	- 0.01	114.42	- 0.11

从表1中可看出,用本方法修正所得个体等效环节重心比与菲舍尔的尸体环节重心比相差较大。表2说明用等效环节参数所计算的重心值,比用菲舍尔的尸体环节参数计算的重心值更接近实测值。如能提高实验条件,降低实验误差,所得参数修正值会更加精确。

此方法简单易行,可以用来对优秀运动员进行个体测量,得出该运动员的等效环节参数,专门用于其图片分析,使电影图片分析的精确度提高一步。也可以对优秀运动员进行个体测量,得出该运动员的等效环节参数,专门用于其图片分析。

参考文献:

[1] Hay JG. The bio-mechanics of sports techniques[M]. Second edition New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1978

[2] Vaughan CL, Andrews JG, Hay JG. Selection of body segment parameters by optimization methods[J]. Trans of the ASME, 1982, 104(1): 38~ 44

[3] 陈志伟. 踝关节小腿三头肌非线性回归方程的探讨[J]. 体育科学, 1992, 12(3): 80~ 83

[4] 陈传璋. 数学分析[M]. 北京: 人民教育出版社, 1982.

