



蹦床一周空翻连接动作评价指标的实验研究

危小焰, 邵俊梅

摘要: 蹦床动作中连接动作是成套动作技术的关键, 评价连接动作质量的指标在训练和科研中有重要的作用。采用影片解析方法对上海市男子蹦床队6名运动员的连接动作进行生物力学分析, 得出压网对垂直速度贡献率和相对压网效能指数可作为评价连接动作质量的可靠指标, 而且后者更为合理些。

关键词: 蹦床; 连接动作; 速度; 评价

中图分类号: G804.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2007)01-0065-03

On the Evaluation Indexes of One Somersault Connective Movement of Trampoline

WEI Xiao-yan, SHAO Jun-mei

(Shanghai Institute of P.E., Shanghai 200438, China)

Abstract: Connective movements are of the vital importance in set movements of trampoline. The indexes for evaluating the quality of connective movements play an important role in training and scientific research. A biomechanical study was made on the connective movements of the 6 athletes of Shanghai Men's Trampoline Team, using the methods of film analysis. The conclusion is: the rate of net-pressing to vertical velocity and the relative efficiency index of net-pressing can be used as the reliable indexes for evaluating the quality of connective movements, and the latter is more rational.

Key words: trampoline; connective movement; velocity; evaluation

蹦床运动是人体借助于网的弹性将身体弹跳到一定的高度并在空中完成各种复杂动作的过程。如何充分地利用网的弹性、实现各种动作的合理连接, 是提高运动成绩的关键环节。一周空翻动作是蹦床的基本技术动作, 是发展多周空翻转体高难度动作的基础。连接技术是蹦床成套动作技术的关键部分。在训练和技术分析中, 通常用离网与入网时重心垂直速度的差值与入网时重心垂直速度之比或压网深度来反映连接动作的质量, 但这两个指标能不能准确地反映出不同运动员的连接技术的优劣, 还没有生物力学的分析。本文通过力学分析找出能够更准确、全面反映连接动作质量的指标, 为今后的科研和训练提供理论基础。

1 研究方法

1.1 研究对象

上海市男子蹦床队队员6人, 其中高*为一级运动员。运动员基本情况见表1。

1.2 实验方法

1.2.1 拍摄方案

以上海市男子蹦床队6名运动员为研究对象, 用两台日本产JVC GR-DV L9800高速摄像机选取100场/s的拍摄速度进行定机、定点拍摄6人1套一周空翻动作连接各2次。快

表1 运动员基本情况

人数	性别	年龄(岁)	身高(m)	体重(kg)	训练年限(年)
6	男	14.7 ± 0.82	1.58 ± 0.05	48.5 ± 8.83	4

门为1/250s, 光圈调到最适状态。1号摄像机拍摄空中动作, 放置在与蹦床长轴垂直的17m处, 主光轴与运动平面垂直, 对准拍摄平面, 机高4.6m; 2号摄像机拍摄触网动作, 放置在1号摄像机的对面, 与1号摄像机在同一直线上, 摄距4.7m, 机高0.95m。

1.2.2 图像解析

运用上海体育学院运动生物力学教研室的计算机辅助分析系统(SBCAS图像解析系统)对一周类空翻连接动作进行图像解析。需要解析的图像包括为1号机拍摄的入网瞬间前、后共16幅及离网瞬间前后共16幅和2号机拍摄脚与网面接触点。原始数据采用数字滤波法进行平滑, 1号机采用的截至频率为8, 2号机采用的截至频率为6, 以获得

表2 入网、离网时重心垂直速度

	Vy(L) (m/s)	Vy(O) (m/s)	压网对重心垂直速度献率
俞**	-7.27 ± 0.18	7.28 ± 0.21	0.0006
高*	-6.79 ± 0.15	6.91 ± 0.12	0.0166
张**	-6.68 ± 0.18	6.71 ± 0.24	0.0053
阮**	-6.97 ± 0.21	7.02 ± 0.14	0.0080
陈**	-7.39 ± 0.31	7.38 ± 0.15	-0.0027
顾**	-6.43 ± 0.25	6.39 ± 0.37	-0.0064

注: Vy(L)表示运动员入网时重心的垂直速度, Vy(O)表示运动员离网时重心的垂直速度。垂直速度方向向上为正, 向下为负。

收稿日期: 2007-01-10

作者简介: 危小焰(1963~), 男, 副教授, 主要研究方向: 运动生物力学体育工程

作者单位: 上海体育学院 运动科学系, 上海 200438

所需的运动学参数。

1.2.3 数理统计

实验数据以EXCEL做数据库，用SPSS11.0统计软件处理，选用独立样本T检验， $p < 0.05$ 表示显著性差异， $p < 0.01$ 表示高度显著性差异。

2 结果与分析

2.1 入网、离网时的重心速度

6名运动员的入网、离网时重心速度，见表2。

根据机械能守恒定律，若在触网过程中人体内力不做功，人体以一定速度入网，与网接触一段时间后离网，离网时重心垂直速度至多等于入网时重心垂直速度。但实际上，在压网过程中，通过人体蹬伸做功，额外地增加了网的弹性势能的储备，离网时重心垂直速度是有可能大于入网时重心垂直速度的。离网时人体动能增加的这一部分能量是由压网过程中人体通过蹬伸做功贡献的。离网时重心垂直速度增值与入网时重心垂直速度的比值即为压网对重心垂直速度贡献率，可用下式表示：

$$\text{压网对重心垂直速度贡献率} = \frac{\text{离网时重心垂直速度} - \text{入网时重心垂直速度}}{\text{入网时重心垂直速度}}$$

根据机械能守恒定律，离网时人体动能等于若能体在最大腾空高度时的重力势能，即离网时重心垂直速度增值越大，则腾空高度增加越多。腾空高度是反映蹦床运动技术水平的重要指标之一，在蹦床成套动作中，若后一跳的腾空高度大于前一跳的腾空高度，反映出压网过程中人体内力做了有效功，人体对网的弹性势能利用率较好，即压网技术较好。由此可知，压网对重心垂直速度贡献率越大，压网过程中人体内力做功就越多，压网技术越好。

从表2中可看出，6名运动员中高*的压网对垂直速度贡献率最大，为0.0166，压网技术最好。陈**和顾**的压网对垂直速度贡献率小于0，压网技术较差，说明陈**和顾**在压网过程中，不但没有运用正确的压网技术增加网的弹性势能储备量，而且由于技术错误损失了更多的弹性势能。

因此，压网对重心垂直速度贡献率可作为评价压网技术的质量的一个指标。但从表中看到，当蹬网协同不佳时，会出现指标为负值现象，这是其不足之处。

2.2 压网深度

压网深度是运动员触网点的深度。

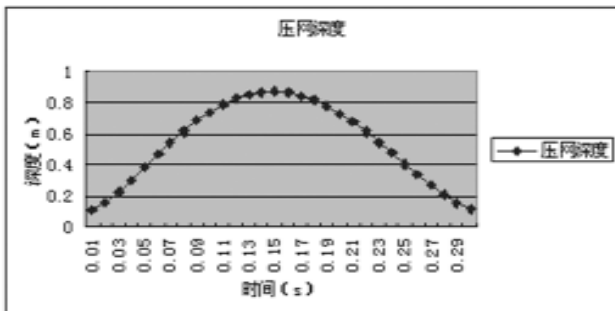


图1 压网深度与触网时间关系图

运动员落在网面的不同点时，网的弹性系数是不同的。人体在不同时刻，网面处于不同压网深度时的弹力是不同的，蹦床网的弹力(N)是关于压网深度(x)的一个函数，可用下式表示：

$$N = f(x)$$

压网深度越大，网的弹力越大。

弹力(N)在整个下压阶段所做的功(E)，就等于所有元功的代数和，可用积分表示为：

$$E = \int_0^{x_{\text{最大}}} f(x) dx$$

当压网深度最大时，网的弹性势能最大。

压网深度最大即最大压网深度，是指在一次压网过程中压网深度的最大值。

表3 6名运动员的最大压网深度

	体重(kg)	最大压网深度(m)
俞**	58	1.00 ± 0.03
高*	45	0.85 ± 0.06
张**	45	0.86 ± 0.04
阮**	58	1.00 ± 0.01
陈**	50	0.97 ± 0.06
顾**	40	0.80 ± 0.02

最大压网深度的大小意味着网面弹性势能储备量的多少，对运动员腾起高度起决定作用。在以往的研究中，最大压网深度一直作为衡量压网技术优劣的一个重要指标。

从表3中可以看出6名运动员中俞**和阮**的最大压网深度为1.00m左右，较其他运动员大，相比较之下，这两名运动员的体重也较大，说明体重是最大压网深度的决定因素之一，体重较大的运动员一般情况下比体重较轻的运动员的最大压网深度大。对于同一运动员，每一跳的最大压网深度可以反映该运动员在这一跳中的压网技术好坏，而对于体重相差比较悬殊的运动员，最大压网深度并不能真实地反映出他们压网技术的好坏。因此，用最大压网深度这一指标来评价不同体重蹦床运动员的压网技术存在一定的不合理性。

根据能量转化定理可知，网处于最大压网深度($x_{\text{最大}}$)时的弹性势能(E_s)是人体入网时的动能、入网后人体重力势能减少量及内力做功量之和，即

$$E_s = \frac{1}{2}mv_{\text{入网}}^2 + mgx_{\text{最大}} + E_{\text{内}}$$

$$E_s = \frac{1}{2}kx_{\text{最大}}^2$$

$$\frac{1}{2}kx_{\text{最大}}^2 = \frac{1}{2}mv_{\text{入网}}^2 + mgx_{\text{最大}} + E_{\text{内}}$$

由上式可知，最大压网深度的大小取决于运动员的体重、入网时的重心速度及入网后人体内力做功量。当人体质量、入网时重心垂直速度一定时，最大压网深度越大，则表明压网过程中人体内力做功量越大，即单位人体质量、入网时重心垂直速度的最大压网深度可以较客观地评价不同运动员的压网技术的优劣。人体质量与入网时重心垂直速度的乘积即为入网时人体垂直方向的动量。我们将单位人体质量、入网时重心垂直速度的最大压网深度定义为相对压网效能指数，可用下式表示：

$$\text{相对压网效能指数} = \frac{\text{最大压网深度}}{\text{入网时人体垂直方向的动量}}$$

即相对压网效能指数越大，说明压网技术越好。

由表4可以看出，6名运动员中，高*的相对压网效能指数最大，值为0.042，俞**、陈**、顾**的相对压网效能指数较小，说明高*内力做功较多，压网技术比较理想，俞**、陈**、顾**的压网技术存在一定问题。相对压网效



表4 6名运动员的相对压网效能指数

	体重(kg)	入网时重心垂直速度 (m/s)	最大压网深度(m)	相对压网效能指数
俞**	58	-7.27 ± 0.18	1.00 ± 0.03	0.0025
高*	45	-6.79 ± 0.15	0.85 ± 0.06	0.0042
张**	42	-6.68 ± 0.18	0.86 ± 0.04	0.0031
阮**	58	-6.97 ± 0.21	1.00 ± 0.01	0.0034
陈**	50	-7.39 ± 0.31	0.97 ± 0.06	0.0029
顾**	40	-6.43 ± 0.25	0.80 ± 0.02	0.0029

能指数所反映的压网技术优劣与压网对垂直速度贡献率所反映的压网技术优劣基本一致。

因此,相对压网效能指数可作为评价不同运动员的压网技术优劣的指标。和前面提到的压网对重心垂直速度贡献率相比,该指标不会出现负值,且更好理解,指标更有实际的物理意义。如果能获得蹦床网面的力学参数,就可以计算一定压网深度时的网内的弹性势能,用弹性势能与动能(或动能差值)之间比值,得到无量纲的相对效能指数,那就更有价值。这需进一步的实验工作。

3 结论

3.1 压网对重心垂直速度贡献率和压网效能指数均可作为评价运动员压网技术优劣的指标,但后者更合理些。

3.2 6名运动员中高*压网技术比较理想,陈**、顾**、阮**的压网技术存在一定问题。建议在今后的训练中注意把握入网蹬伸时机、加强下肢肌肉爆发力的训练。

参考文献:

[1] 罗炯等. 女子单人蹦床着网技术的生物力学分析[J]. 广州体育学院学报, 2003, (3): 32~34
 [2] 纪仲秋等. 运动生物力学[S]. 北京: 高等教育出版社, 2001, 6
 [3] 刘海元. 蹦床上男子单人两周类空翻基本难度动作连接技术

运动学特征的研究[J]. 西安体育学院学报, 2002, (1): 76~79
 [4] 罗炯. 运动生物力学原理在竞技蹦床中的应用[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2005, (1): 106-108
 [5] 宋杨. 浅论蹦床项目基本技术的训练[J]. 安徽体育科技, 2003, (2): 14~15
 [6] Yeadon, M.R. The biomechanics of twisting somersaults: Part 6. Aerial twist. Journal of Sports Sciences, 1993, 11,209-218
 [7] Ross H. Sanders. Effect of Ability on Twisting Techniques in Forward Somersaults on the Trampoline. Journal of Applied Biomechanics, 1995, 11,267-287
 [8] 任海鹰等. 黄健、米切尔蹦床屈体前空翻两周同时转体540度部分运动学参数比较分析[J]. 沈阳体育学院学报, 2002, (4): 13~14
 [9] 夏秀婷. 蹦床单个动作及成套动作技术环节分析[J]. 沈阳体育学院学报, 2002, (3): 22~23
 [10] 杨保健等. 蹦床训练几个问题的研究[J]. 中国体育科技, 2001, 增刊: 81~83
 [11] Inseong Hwang. Takeoff Mechanics of the Double Backward Somersault. International Journal of Sport Biomechanics, 1990, 6,177-186
 [12] 王延丽等. 蹦床运动员下肢肌肉力量与网上跳跃高度之间的关系研究[J]. 北京体育大学学报, 2005, (2): 197~199

(责任编辑: 何 聪)