

技巧啦啦操“直体后空翻一周转体 720°” 上抛及腾空动作运动学分析^①

李 波¹, 罗岗林², 尤 旭¹

1. 中国民航飞行学院 体育部, 四川 广汉 618307; 2. 武警警官学院 军事教育训练系, 成都 610213

摘要:通过文献资料法、专家访谈法、观察法、影像分析法、运动学分析法,选择恰当的运动学指标,对国内 3 支优秀技巧啦啦操队“直体后空翻一周转体 720°”上抛及腾空的完成情况进行了较全面的定量描述,研究表明:(1)在上抛阶段,各队用时存在差异,其垂直速度及重心上升位移大小不同,导致上抛完成质量的差异,也影响后续腾空动作的完成效果。(2)在腾空至最高点,腾空的时间和空间也相对存在不同,而尖子在整个翻转过程中总用时相近,所以导致各队的转体速度与节奏不一,由此提出训练学观点:一是应加强底座的力量素质训练,底座在上抛阶段时屈膝缓冲和抬肩伸肘应更加充分,用力方向的准确性以及队员之间配合的一致性应有所提高。二是尖子不要急于抬头翻转,应在脱手前积极伸膝、伸髋,梗头、引臂,在缓冲阶段时,底座应主动借助内力,有控制地进行缓冲,避免过度屈膝,应加大腾起角,在脱手后开始转体。尖子在腾空过程中还应注意姿态的控制。

关键词:技巧啦啦操;直体后空翻一周转体 720°;上抛及腾空动作;运动学

中图分类号: G833

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)06-0142-06

技巧啦啦操是指在音乐的伴奏下,以跳跃、翻腾、托举、抛接、金字塔组合等技巧性难度动作为主要内容,配合口号、啦啦操基本手位及舞蹈动作,充分展示运动员高超的技能技巧的团队竞赛项目^[1]。“直体后空翻一周转体 720°”是目前国内外高水平队在比赛中普遍采用的动作,完成质量的优劣直接影响比赛的成绩。近年国内只有 3 支队伍能够在比赛中正式选用“直体后空翻一周转体 720°”这一高难度动作,且动作质量不高,完成情况不稳定。从训练理论上,针对“直体后空翻一周转体 720°”的直接研究还未见报道,对于该动作上抛、腾空的相关技术研究成果也较少,而“直体后空翻一周转体 720°上抛及腾空”又是该技术的核心。因此,从训练学和竞赛学两方面都迫切需要对这一高难度动作的上抛、腾空进行研究。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

华东师范大学技巧啦啦操代表队(以下简称华东师大队)、武汉体育学院技巧啦啦操代表队(以下简称武体队)和成都体育学院技巧啦啦操代表队(以下简称成体队)完成的“直体后空翻一周转体 720°”上抛及腾空为研究对象,其中华东师大队、武体队的尖子为男生,成体队的尖子为女生。

1.2 主要研究方法

1.2.1 影像解析法

用两台高速摄像机,对华东师大队、武体队、成体队 3 支代表队的“直体后空翻一周转体 720°”抛接动

① 收稿日期: 2016-12-20

作者简介: 李 波(1983-),男,四川绵阳人,讲师,硕士研究生,主要从事体育教育与运动训练、航空体育训练研究。

作进行三维定点(如图 1)同步高速摄像, 摄像机型号: Basler A6, 拍摄频率为 100 fps, 机位设置如图 2, 机高 1.7 m, 使用 24 点放射状框架进行空间标定, 框架中心距离地面 1.7 m. 运用星高钛 3-D Signal TEC V1.0C 三维录像解析软件进行解析, 选用松井秀治人体模型(图 3), 各关节点原始数据经优化低通滤波器平滑处理, 滤波截断频率为 8 Hz. 解析一千余幅画面, 获得上万个三维运动学数据. 影像采集和解析流程见图 4. 数据精度为位移取小数点后三位, 角度取小数点后一位, 其它数据取小数点后两位.

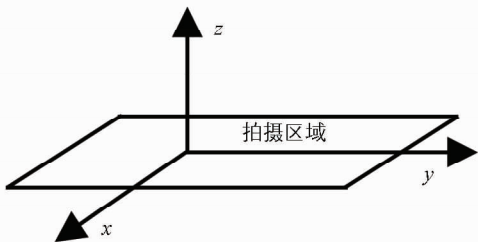


图 1 坐标图

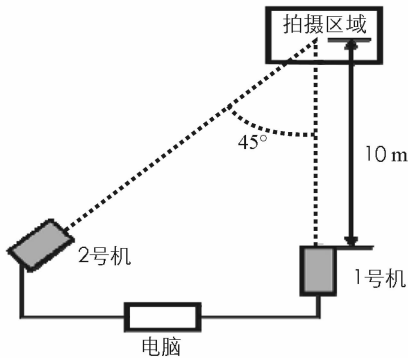


图 2 摄像机位置

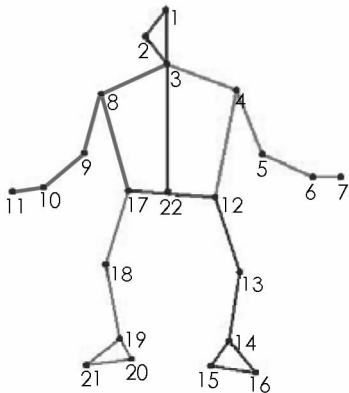


图 3 人体模式及关切点序号

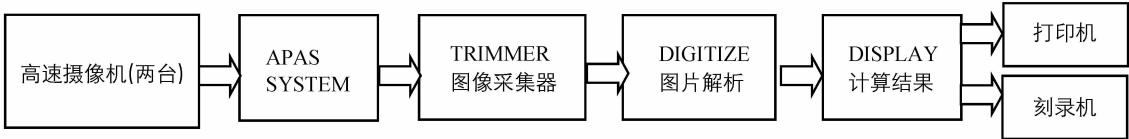


图 4 影像采集和解析流程

1. 2. 2 运动学分析法

将解析获得的运动学数据采用 EXCEL 软件根据不同的研究问题绘制成图表, 采用定性与定量相结合的方法对上述动作进行分析. 定性依据评分规则, 对完成情况进行定性判断, 发现技术的薄弱环节. 定量则采用三维高速摄影, 解析技术图像, 获取关键运动学参数, 依据技术原理, 结合个人特点, 通过纵向的前后对比和横向的多人比较进行定量分析.

1. 3 术语定义

根据《2010—2013 年全国啦啦操竞赛规则》可得知相关术语定义.
尖子: 在技巧动作或者抛掷时最上面的人.
底座: 是直接承受质量并与地面接触的人, 他与其他人提供支持, 并通过托、举、扔等方式帮助尖子完成技巧动作.

直体后空翻一周转体 720°抛接: 指尖子被底抛起后, 在空中完成直体后空翻一周转体 720°动作, 再由底座摇篮接的动作过程; 该动作为技巧啦啦操成套动作中抛接类 10 级难度动作之一.

2 研究结果

2. 1 直体后空翻一周转体 720°抛接动作

为了便于分析论证, 本研究根据直体后空翻一周转体 720°抛接动作(图 5)的结构特征, 将其分为上抛阶段(尖子上架后重心最低点至脱手瞬间)、腾空阶段(尖子脱手瞬间至被接瞬间)、摇篮接阶段(尖子接触底座手臂瞬间至缓冲最低点)3 个阶段. 本研究重点研究上抛阶段及腾空阶段, 选择适当的运动学参数对上抛阶段及腾空阶段完成情况逐一进行比较和判断.



图 5 直体后空翻一周转体 720 度抛接动作

表 1 各阶段时间分配及动作完成时间表

s

队伍名称	上抛阶段		腾空阶段		摇篮接阶段		总时间
	开始时刻	结束时刻	用时	结束时	用时	结束时	
华东师大队	0. 07	0. 49	0. 42	1. 69	1. 20	1. 97	1. 90
武体队	0. 06	0. 55	0. 49	1. 48	0. 93	1. 96	1. 90
成体队	0. 09	缺失	缺失	0. 88	缺失	1. 14	1. 05

总时间是尖子上架后重心最低点至被接、缓冲最低点的整个运动过程。从 3 支队在上抛阶段所用时间来看,前两支队的上抛时间相近,华东师大队在腾空阶段的时间大于武体队,说明华东师大队的腾空时间更长,华东师大队和成体队在摇篮接阶段的缓冲时间相近,而武体队的缓冲时间较长。

2.2 上抛阶段

上抛阶段是抛接过程的开始阶段,是指尖子上架后重心最低点至脱手瞬间的运动过程,为尖子脱手腾空提供了初始能量,本阶段着重以尖子的位移、速度、角度等参数进行研究。

2.2.1 上抛阶段尖子总重心的位移情况

在完成上抛阶段的动作过程中,尖子身体总重心在前后、左右、上下 3 个方向的位移特征,表明了其动作在本阶段的运动特点。由表 2 可知,从前后方向的位移来看,华东师大队从 0.585 m 到 0.472 m,其位移向后移动了 0.113 m,武体队从 0.267 m 到 0.212 m,位移向后移动了 0.055 m,说明两队尖子在被上抛过程中表现出轻微后倒。从身体总重心在左右方向上的位移来看,华东师大队从 1.167 m 到 1.390 m,向左移动了 0.223 m,武体队从 1.437 m 到 1.604 m,向左移动了 0.167 m,其变化幅度都较小,这表明尖子在完成动作过程中,身体向左晃动的幅度较小,同时表明在上抛阶段中尖子的水平速度也较小。

表 2 上抛阶段尖子总重心的位移表

m

队伍名称	开始状态(最低点)			上抛阶段(脱手瞬间)			总计		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
华东师大队	0.585	1.167	1.207	0.472	1.390	3.014	−0.113	0.223	1.807
武体队	0.267	1.437	1.189	0.212	1.604	2.968	−0.055	0.167	1.779
成体队	0.330	1.148	1.292	缺失					

注：*x*—前后方向、*y*—左右方向、*z*—上下方向。

从前两支队在上抛阶段前后方向上的位移来看,华东师大队大于武体队,说明尖子在被上抛过程中后倒较多;在左右方向上,华东师大队大于武体队,说明尖子在被上抛过程中向左移动的幅度较大;在上下方向上,华东师大队大于武体队,说明尖子在被上抛过程中向上运动的位移较大。

2.2.2 脱手瞬间主要运动学参数

在脱手瞬间人体重心的初速度和腾起角对动作的腾空高度和腾空时间具有直接影响。相比而言,武体队向后运动的速度大于华东师大队,而华东师大队在水平方向上的速度较大,同时在垂直方向上的速度也较大。另外,武体队在脱手瞬间髋、膝角度较大,说明姿态控制较好。

2.3 腾空阶段

腾空阶段是指尖子脱手瞬间至被接瞬间的运动过程,为尖子在腾空中顺利完成翻转提供时间和空间保

障. 本研究把腾空阶段分为翻转与展臂还原两个子阶段, 本阶段着重以尖子的位移、角度、时间等参数进行研究.

表 3 脱手瞬间尖子主要运动学参数

队伍名称	初速度/(m·s ⁻¹)			肩角/°		髋角/°		膝角/°		腾起角/°
	x/m	y/m	z/m	左	右	左	右	左	右	
华东师大队	0.41	0.51	4.85	97.9	110.6	134.8	145.6	143.0	113.2	85.0
武体队	0.74	-0.15	4.29	110.2	151.5	144.6	157.7	168.3	157.5	80.0

注: x —前后方向、 y —左右方向、 z —上下方向.

1) 翻转阶段

尖子在脱手后, 开始进行翻转, 从表 4 来看, 在开始翻转瞬间, 华东师大队的位移与武体队的位移差异显著. 当翻转到达最高点时, 华东师大队的位移、武体队的位移、成体队的位移均显著不同, 其中 3 支队尖子重心至地面的高度分别为 4.123,4.041,3.899 m, 华东师大队的数值最大, 说明华东师大队在最高点的重心最高. 同时, 华东师大队脱手后向上的位移为 1.109 m, 武体队为 1.073 m, 表明华东师大完成翻转空间更大.

表 4 腾空阶段位移表

队伍名称	脱手瞬间			最高点			重心上升	重心最高点至
	x/m	y/m	z/m	x/m	y/m	z/m	高度/m	地面高度/m
华东师大队	0.472	1.390	3.014	0.635	1.365	4.123	1.109	4.123
武体队	0.212	1.604	2.968	0.179	1.775	4.041	1.073	4.041
成体队		缺失		0.711	1.382	3.899	缺失	3.899

注: x —前后方向、 y —左右方向、 z —上下方向.

在最高点判断翻转姿态的主要关节角(左右肩角、左右髋角、左右膝角), 由表 5 可知关于肩角的数据情况, 武体队相对较小, 说明屈臂抱胸更加充分. 而关于其他关节的数据情况, 3 支队的关节角度都相对较大, 说明在腾空翻转时姿态控制较好.

表 5 最高点主要关节角度表

队伍名称	最高点瞬间角度					
	肩角		髋角		膝角	
	左	右	左	右	左	右
华东师大队	18.0	23.6	163.2	159.9	170.7	172.2
武体队	13.2	26.9	172.8	157.9	174.3	168.5
成体队	25.9	39.5	168.2	163.4	172.5	172.1

在整个翻转过程中, 翻转、转体时间和翻转角度如表 6 和图 6 所示. 华东师大队与武体队在各段的翻转用时相差不大, 说明两队翻转速度大小相近. 而在转体过程中, 两队在 0~90°的转体用时华东师大队大于武体队, 说明前者的转体速度较慢; 而在 90~630°的转体过程中, 两队的用时相差不大, 但华东师大队用时较少, 说明在此过程中华东师大队的转体速度较快; 而在 630~720°的转体用时, 华东师大队大于武体队, 说明在此过程中华东师大队的转体速度较慢.

表 6 翻转、转体时间表

队伍名称	翻转时间				转体时间							
	0~90	90~180	180~270	270~360	0~90	90~180	180~270	270~360	360~450	450~540	540~630	630~720
华东师大队	0.26	0.32	0.30	0.19	0.22	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.25
武体队	0.32	0.30	0.25	0.23	0.13	0.09	0.10	0.10	0.12	0.13	0.13	0.19

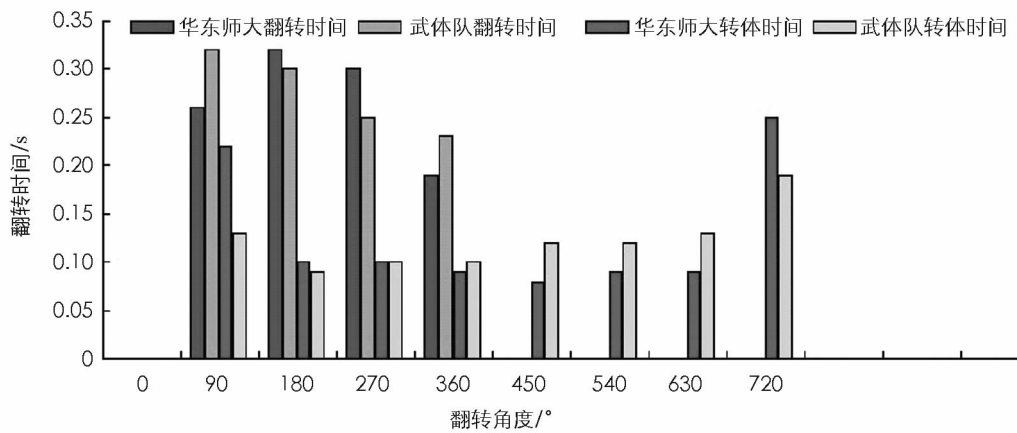


图 6 翻转、转体时间

2) 展臂还原阶段

身体重心处于最高点后,开始进入下降状态,屈臂抱胸的尖子继续翻转,由表 7 可知华东师大的打开下落时间最长,武体最短,同时在打开时刻华东师大的躯干角最大,成体最小.

表 7 展臂还原阶段相关参数表

队伍名称	打开时刻/s	被接时刻/s	打开下落时间/s	打开时刻躯干角/°
华东师大队	1. 18	1. 69	0. 51	50. 8
武体队	1. 19	1. 48	0. 29	39. 9
成体队	0. 57	0. 88	0. 31	36. 1

3 结论与建议

3.1 结 论

第一,在上抛阶段中,华东师大队的用时少于武体队,垂直速度大于武体队,重心上升位移又大于武体队,从而表明华东师大队对尖子的做功大于武体队.而对于尖子所受合力大小,武体队应在底座的力量素质、用力方向的准确性以及队员之间配合的一致性上有所提高.另外,在脱手瞬间,华东师大队的腾起角大于武体队,为尖子的翻转提供了更多的时间和更大的空间.

第二,在腾空最高点,华东师大队的数值最大,说明华东师大队在最高点的重心最高,腾空的时间和空间也相对较大;尖子在整个翻转过程中,华东师大队与武体队在各段的翻转用时相差不大,说明两队翻转速度的大小相近;而在转体过程中,两队的总用时也相近,由于武体队在脱手前已有转体动作,所以在 0~90°转体时,华东师大队转体速度慢于武体队;而在 90~630°的转体过程中,两队的用时相差不大,但华东师大队用时较少,在此过程中华东师大队的转体速度较快;而在 630~720°的转体时,由于华东师大队的腾空时间和腾空高度最大,而翻转速度还得与尖子腾空的高度相匹配,所以华东师大队的转体速度较慢.而 3 支队尖子在脱手瞬间的腾起角华东师大队最大.

第三,在脱手瞬间尖子(成体缺失)肩角较小,引臂不够充分,影响上体姿态,同时尖子髋角也较小,伸髋不够,特别是华师大有明显的分腿现象,对姿态的影响较大;而在重心最高点时,各尖子姿态控制较好.

3.2 建 议

1) 训练时应注意底座在上抛阶段时屈膝缓冲应更加充分,尖子在腾空过程中应注意姿态的控制.

2) 训练时应注意底座在上抛阶段抬肩伸肘时应更加充分.底座用力方向的准确性以及队员之间配合的一致性应有所提高,应在脱手前积极伸膝、伸髋、梗头、引臂,在缓冲阶段时,底座应主动借助内力,有控制地进行缓冲,避免过度屈膝.尖子在脱手瞬间不要急于抬头翻转,应加大一定腾起角,在脱手后开始转体.

3) 重视运动员的选拔工作.在搭配主底座时,应尽量考虑到两者身高、力量和臂长相近,站立于尖子体后的副底座身高相对较高,便于保护与帮助,而尖子身高与体重应相对较小为宜,便于动作的完成.

参考文献:

- [1] 国家体育总局体操运动管理中心. 2010—2013 年全国啦啦操竞赛规则 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2009.
- [2] 蒋仕延, 肖 迪. 第 12、13 届世界健美操锦标赛 3 人项目成绩对比分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(12): 141—145.
- [3] 黄楚姬. 啦啦操的概述与编排 [J]. 体育科技, 2003, 24(2): 40—43.
- [4] 袁尽洲. 对技巧女三膝抛直体后空翻两周下动作的动力学和动力学特征的研究 [J]. 西安体育学院学报, 1995, 11(1): 34—37.
- [5] 颜伟霞. 广西技巧女子三人轿抛后空翻 1080° 旋下的训练特征 [J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2010, 9(1): 60—62.
- [6] 赵秋爽. 技巧女子双人“甩浪转体 360 度成高单臂侧水平落肘水平”动作的运动学分析 [J]. 沈阳体育学院学报, 2002, 21(4): 21—22.
- [7] 李齐茹. 对四川省优秀跳水运动员三米板 405B 动作技术的生物力学诊断 [J]. 成都体育学院学报, 2002, 28(4): 83—85.
- [8] 李 宁, 桂 鹰. 对四川优秀女子跳水运动员 3m 板 107B 腾空阶段动作的生物力学诊断 [J]. 四川体育科学, 2007(3): 87—88.
- [9] 郝卫亚. 三米跳板跳水空中技术动作的三维运动学分析方法 [J]. 首都体育学院学报, 2005, 17(3): 63—65.
- [10] 王 海. 蹦床运动屈体两周早转后空翻动作技术研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2009.
- [11] 刘 兴, 于容容. 我国优秀女子蹦床运动员 2 周类空翻动作的关键技术环节研究 [J]. 中国体育科技, 2007, 43(3): 120—124.
- [12] 王瑞元. 运动生理学 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2002.

On the Throw, Vacant Motion Kinematics Analysis of Skills Lala in China's Excellent Team “Somersault Double Somersaults Twist 720°”

LI Bo¹, LUO Gang-lin², YOU Xu¹

1. Department of Physical Education, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307 China;

2. Department of Physical Education, Armed Police College of CAPF, Chengdu 610213, China

Abstract: This study has been done mainly through literature, expert interviews, observation, image analysis, kinematics analysis, to choose the appropriate kinematic indicators of domestic, three excellent skills in cheerleading exercise backflip week swivel 720 up and vacated the completion of forming a quantitative comprehensive description, it is concluded that 1) in up stage, teams with different teams, vertical velocity and gravity rising displacement is different in size, leading up quality difference, also affect the subsequent flight movement complete effect. 2) in the air to the highest point, the empty time and space are relatively different, and the top of the whole process in the reversal of the total use of the same time, resulting in the team's rotation speed and rhythm. In order to make the training point of view, 1) we should strengthen the power quality of the base; the base in the stage when the buffer should be knee up more fully, throwing stage should be more fully shoulder elbow; with the direction of the applied force between accuracy and consistency of the players should be increased. 2) best not to look up at the flip, should sell active knee extension, hip extension, stem end and an arm in the buffer stage, the base should be controlled by the active force, buffer, avoid excessive flexion; should increase certain flight angle, start off in turn; the top should pay attention to attitude control in the process of flight.

Key words: skills cheerleading; back somersault layout swivel 720°; throwing and jumping movements; kinematics