

正双摇跳绳协调性的生物力学分析

高荣 张晓 戴通

云南民族大学 云南 昆明 650031

摘要: **目的:** 运用三维运动捕捉技术, 通过分析不同频率下正向双摇跳绳的运动学及动力学参数, 从生物力学角度初步探究正双摇跳绳的协调性。 **方法:** 选取 5 名具有跳绳训练与比赛经历人员, 采集其在不同频率的正向双摇跳绳连续动作, 并进行相关参数计算处理。 **结果:** 1. 在正向双摇跳绳过程中, 绳两次过脚分别在腾空上升早期时和下降后期; 2. 正双摇跳绳随着频率增加, 表现为摇绳速度逐渐增大, 起跳高度逐渐降低; 3. 正双摇跳绳协调性体现为上肢摇绳配合下肢蹬地, 且第一周发力摇绳几乎同步于发力蹬地。

关键词: 正双摇; 跳绳; 重心高度; 协调性

Biomechanical Analysis of Coordination of Positive Double Swing Rope Skipping

Rong Gao Xiao Zhang Tong Dai

Yunnan Minzu University, Yunnan, Kunming, 650031

Abstract: Objective: Using three-dimensional motion capture technology, through analyzing the kinematics and dynamics parameters of forward double swing skipping rope at different frequencies, to explore the coordination of forward double swing skipping rope from the perspective of biomechanics. Methods: five people with rope skipping training and competition experience were selected to collect their forward double swing rope skipping continuous movements at different frequencies, and the relevant parameters were calculated and processed. Result: 1. In the process of forward double swing rope skipping, the rope passed the foot twice in the early stage of ascent and the late stage of descent respectively; 2. as the frequency increases, the speed of rope swing increases and the take-off height decreases; 3. the coordination of positive double swing rope skipping is reflected in that the upper limb swings the rope and the lower limb kicks the ground, and the power swing rope is almost synchronized with the power kick in the first week.

Keywords: Positive double rolling; Rope skipping; Height of center of gravity; Coordination

1 引言

跳绳这项运动存在于我国已经有千年的历史了, 从唐代起跳绳运动被称为“透索”, 随后在宋、明、清也有各自的叫法, 直至民国时期才被称为“跳绳”。跳绳是指由单人、双人或多人使用一条、两条或数条绳索做环摆运动, 单人或多人在其间做各种跳跃动作的运动项目^[2], 其动作关键要由手摇绳和脚蹬地跳跃两个动作的配合来完成。摇法、跳法形式多种, 从事跳绳时, 要控制手腕摇绳的速度, 而且也要控制下肢的跳跃动作, 通过上下肢协调配合以此来完成连续的跳绳。随着国家体育的兴起, 摇绳位置的多变、各种跳跃步伐以及单摇和双摇等的变化, 跳绳越来越成为人们喜欢的一项体育项目。跳绳作为复合运动链的周期运动, 它是全面健身活

动中心推广的项目之一, 也是竞技体育重要的协调性训练手段^[4]。其中正向双摇跳绳, 既能彰显运动者能力水平, 同时也兼具观赏性, 竞赛性, 同时还能改善少年儿童的大脑功能^[5]。同样, 正向双摇跳绳在体能训练中, 常被作为训练手段经使用, 是加强身体素质, 提高心肺功能较为有效的一种跳绳形式。

在对于跳绳运动的生物力学分析中大多数趋向于下肢的分析, 而跳绳是一项需要摇和跳高度协调配合来完成的。尤其双摇对于单摇而言, 双摇跳绳更需要摇绳和跳跃动作的协调配合。想要完成连续双摇动作, 不仅需要起跳有一定的高度、摇绳有一定的速度, 也更需要二者协调配合, 合理发力、减力, 处理好这些关系, 才可以进行多个连续完整的双摇。目前, 多数研究是针对跳绳对促进身体协调性的作用展开的。而从生物力学角度对双摇跳绳协调性进行探究的相对较少。李春梅运用圆周运动的原理, 通过文献法、数据分析法、录像研究法等深入研究跳绳, 认为跳绳是一个圆周运动, 所以需要有一个初速度, 使得绳具有做圆周运动的基础, 在结合李辉对三摇跳绳的动作分析中, 在人在起跳阶段时, 以握住绳柄处为中心, 围绕身体画圆, 在人体将要离地时, 速度最大, 在蹬地阶段的发力是相当重要的。本文

作者简介:

高荣(1997-), 女, 汉族, 山西忻州人, 云南民族大学在读硕士研究生, 研究方向: 体育人文社会。

张晓(1999-), 女, 汉族, 河南商丘人, 云南民族大学在读硕士研究生, 研究方向: 体育人文社会。

戴通(1998-), 男, 汉族, 江西抚州人, 云南民族大学在读硕士研究生, 研究方向: 体育教学。

主要利用三维捕捉系统和三维测力台,对正双摇跳绳摇绳与跳跃动作的运动学与动力学参数进行采集,主要通过分析手腕发力与脚蹬地发力时间差来了解其协调性,以期对跳绳的学习、训练和指导提供一定的理论依据和参考。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

忻州师范学院体育系跳绳队 5 名男生(年龄 21~23,无任何疾病史)。具有三年以上的训练和竞赛经历,且实验前身体机能处于良好状态。

2.2 研究方法

(1)文献资料法。通过中国知网、权威的期刊和书籍等查阅文献资料,了解近几年来跳绳在生物力学方面的研究成果,收集大量资料,为论文的写作奠定基础。

(2)实验法。实验器材:Vicon V5 三维运动捕捉系统(13 个摄像头),采集频率为 100Hz,和三维测力台(瑞士产 Kistler9286BA),采集频率为 1000Hz,以及节拍器,PVC 胶皮绳(两个绳柄末端以及绳中左右距离 15 厘米处粘贴反光条)。实验方法:按照 Vicon V5 三维捕捉系统的要求进行空间标定,如图 1。对实验对象进行相关体格参数测量、标志点粘贴(全身粘贴 39 个 Marker 反光球标志点),并建立受试者及跳绳的三维静态模型,如图 2。

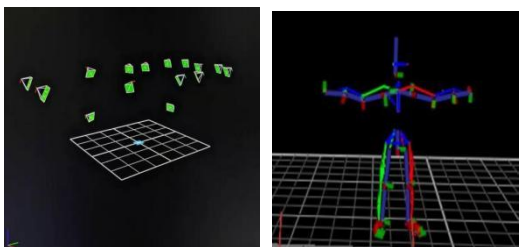


图 1 三维捕捉系统空间标定 图 2 受试者及跳绳的三维静态模型

受试者进行充分热身准备后,持绳站在三维测力台上,在记录员的提示下,跟随节拍器,分别进行频率为 80、90、100、110、120 次/分钟的正向双摇跳绳动作的三维捕捉(通过节拍器进行提示)。每种频率采集 20-30 个周期。

数据处理:对拍摄视频进行检查,观看视频动作过程,在 Vicon 系统中对存在有缺少标记点的部位进行补点操作。采用 Vicon Nexus 将数据导出,利用 Excel 对相关数据进行分类整理。每人每个频率选取 5 个周期,共计 125 个周期作为分析数据来源。

利用 SPSS 对各个数据进行统计学分析,不同频率之间比较采用配对样本 t 检验,数值表示为 $\bar{X} \pm SD$ 。

3 结果与分析

3.1 正向双摇跳绳运动的周期划分

跳绳运动是绳子一直连续绕身体做近似圆周运动。跟单摇有异的是,正向双摇需要人体在一次腾空时,绳

子连两次通过脚下,即绕过身体两周(720°),连续双摇需要不断重复此过程。为了更好的对双摇摇绳动作进行分析,将一个运动周期(绳绕体两周 720°)作为一个完整动作,如图 3 所示,结合三维测力台受力情况,将跳绳运动的一个周期分为三个阶段,蹬地起跳(力台力值第一次等于自身重力时力值开始增大到最大后逐渐减少为 0 的一段时间)、腾空(力值为 0 的一段时间)、落地缓冲(力值从 0 增大到等于重力时)三个阶段。

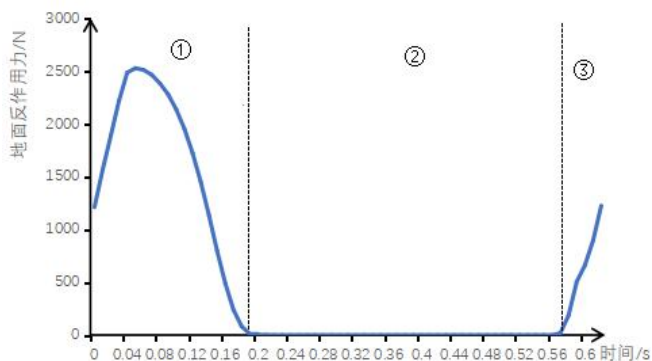


图 3 双摇摇绳动作进行分析

注:①为蹬地阶段②为腾空阶段③为落地缓存阶段

3.2 正双摇跳绳速度的变化情况

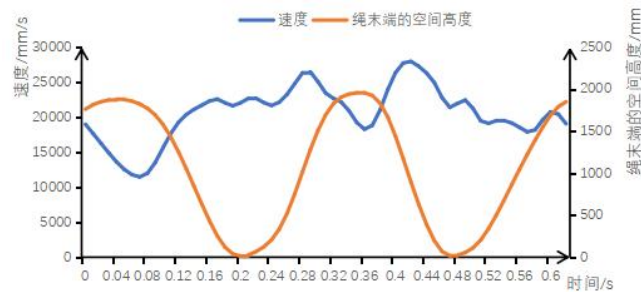


图 4 速度和绳末端空间高度的变化曲线

注:(1)区为双摇的第一圈(2)区为双摇的第二圈

在正向双摇跳绳中的一个完整周期里,一次腾空过程中绳需要两次过脚,需要较快的速度,但是其中绳速却不是一直在增加,而是存在一定的变化规律。

由图 4 可以看出,正双摇跳绳过程中,绳绕体两周的速度变化呈现相近规律。在身体前方有一个加速下降阶段,而后减速过脚,背后又有一个较小加速,然后减速越过头顶。而且,第二圈的最大速度要大于第一圈。本文认为身体前方的加速是上肢主动发力摇绳,是为了保证绳能及时过脚,体后的小加速是为了保证绳能继续维持圆周运动。而过脚与越过头顶的两次减速,既是一种挥摆动作,也是为紧接着的发力加速做准备。

3.3 绳过脚时期的分析

正双摇跳绳需要在每次跳跃的腾空阶段,绳两次过

脚底。腾空阶段包括上升与下降两部分。如图 5 所示，正双摇跳绳频率无论是 80 次/分还是逐渐增加到 120 次/分都是在上升初期完成第一次过脚，在下降后期完成第二次过脚。也就是脚刚离地即完成了第一次过脚，而即将落地时完成第二次过脚。脚刚离地完成第一次过脚，为在有限的腾空时间内完成第二次过脚争取了时间，腾空结束前完成第二次过脚有利于与下一次跳跃的有效衔接。

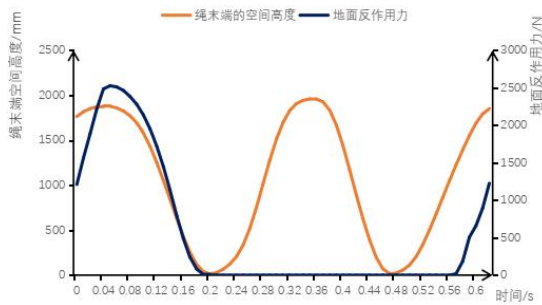


图 5 重心高度与绳末端的空间高度变化曲线

注：I 为绳第一次过脚 II 为绳第二次过脚

3.4 不同频率正双摇跳绳蹬地和腾空的情况分析

分析数据可知，随着正双摇跳绳频率的增加，离地高度呈降低趋势，腾空高度降低意味着腾空时间缩短。要保证每次腾空均完成两次过脚，就需要加快摇绳。这就需要上肢有足够的爆发力能给跳绳以足够的加速。同样，随着正双摇跳绳频率增加，调整机会越来越少，需要摇绳与跳跃具有更好的协调性。

随着正双摇跳绳频率的增加，每个周期经历的时间越来越短。由表 1 看出，随着频率增加，腾空时间和着地时间均有显著减少，但着地时间减少幅度更大。说明正双摇跳绳随着频率增加，不仅需要上肢快速摇绳，同样需要下肢快速等地完成起跳。同时，随着频率增加，需要适当降低起跳高度，加快摇绳速度，从而使摇绳与跳跃协调配合完成整个双摇周期以及与后续周期的衔接。

表 1 不同频率正向双摇跳绳着地和腾空时间的变化

频率	80 次/ min	90 次/ min	100 次/ min	110 次/ min	120 次/ min
着地 时间 (s)	0.35± 0.04	0.30± 0.04	0.27± 0.04#	0.26± 0.07#*	0.19± 0.05# *
腾空 时间 (s)	0.37± 0.04	0.36± 0.01	0.35± 0.02	0.33± 0.03#	0.30± 0.01#

注：#表示与 80 频率相比 P<0.05，*表示与 90 频率相比 P<0.05。

3.5 脚蹬地和发力摇绳时间差变化情况分析

蹬地阶段，蹬地是否充分直接影响起跳高度，是影响双摇能否完成的重要因素。亢建国等人运用三维捕捉系统，通过实验法研究单摇失误动作分析中，提出将体前的发力摇绳视为功能性摇绳。同样，本文将正向双摇跳绳第一圈的绳在体前的发力视为一个周期的起动力点，而发力摇绳的时机是影响双摇完成的因素之一。

本文通过绳速的变化来反应上肢的发力，速度增大说明发力摇绳，速度减小就是不发力，类似于随挥。以落地后地面反作用力第一次大于重力开始为发力蹬地开始。如表 3.2 所示，在频率为 80 次/分到 120 次/分时，均为脚蹬地发力在前，绳加速在后。尽管 80 次/分时，蹬地与绳加速时间差最大，为 0.117±0.04s，而且与其他频率相比有显著差异。但是，综合人类反映速度和上肢发力到跳绳末端加速时差，本文认为，正双摇跳绳协调性表现为上肢摇绳几乎同步于下肢发力蹬地。

表 2 脚蹬地和手腕发力时间差的变化

频率	80 次/m in	90 次/m in	100 次/ min	110 次/m in	120 次/ min
时间 差 (s)	0.117± 0.04	0.061± 0.05	0.072± 0.04	0.073±0. 04	0.06±0. 04#

注：以脚蹬地在前为“+”，手腕发力在前为“-”，#表示与 80 频率相比 P<0.05。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 在正向双摇跳绳过程中，绳两次过脚分别在腾空上升早期时和下降后期。(2) 正双摇跳绳随着频率增加，表现为摇绳速度逐渐增大，起跳高度逐渐降低。(3) 正双摇跳绳协调性体现为上肢摇绳配合下肢蹬地，且第一周发力摇绳几乎同步于发力蹬地。

4.2 建议

(1) 在练习双摇跳绳时，第一周摇绳发力与蹬地同步进行，根据频率和起跳高度调整和控制摇绳速度。(2) 协调性是涉及人体多个系统的综合功能表现。在后续研究中，可以增加肌电、脑电、仿真模拟等方法手段，对正双摇跳绳协调性进行综合分析研究。

参考文献：

- [1] 李颜敏.跳绳运动的起源与发展探究[J].安徽体育科技,2015(4):57-59.
- [2] 邱丽玲.中国跳绳竞赛项目设置与竞赛方法研究[D].北京:北京体育大学, 2009.
- [3] 咸春东.对花样跳绳动作内容及其基本动作教学方法与步骤的研究[D].北京体育大学,2015.