

正三摇与单摇跳绳技术的生物力学分析

姚琼¹, 段全伟², 李辉²

(1.广州体育学院 武术系, 广东 广州 510500; 2.北京体育大学 北京 100084)

摘 要: 正三摇跳绳是在单摇、双摇跳绳的基础上发展而来, 是跳绳技术难度系数最高的动作之一。通过对正三摇和单摇跳绳技术动作的生物力学分析, 发现正三摇在蹬地阶段下肢关节活动幅度、蹬地力较单摇更大, 短时间内重心上升速度更快; 腾空阶段各关节有明显的屈, 滞空时间更长, 更利于绳子快速通过脚底; 落地缓冲阶段缓冲更充分, 地面作用力更大; 摇绳速度更快并呈现出一定的节奏变化。

关 键 词: 运动生物力学; 跳绳; 正三摇技术; 单摇技术

中图分类号: G804.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2017)05-0140-05

A biomechanical analysis of the clockwise triple-skip and single-skip rope skipping techniques

YAO Qiong¹, DUAN Quan-wei², LI Hui²

(1.Department of Wushu, Guangzhou Sport University, Guangzhou 510500, China;

2.Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

Abstract: The clockwise triple-skip technical move is developed on the basis of the single-skip and double-skip techniques, one of the moves with highest rope skipping technical difficulty coefficients. By carrying out a biomechanical analysis on the clockwise triple-skip and single-skip rope skipping technical moves, the authors revealed the following findings: , as compared with those of single-skip rope skipping, at the stamping stage, the clockwise tripe-skip rope skipping move had a larger low limp joint movement amplitude, a greater stamping force, and a faster center of gravity ascending speed in a short time; at the take-off stage, all the joints had obvious flexion, a longer hang time, which is conducive to the rope passing through the sole quickly; at the buffer stage, the clockwise triple-skip rope skipping move had more thorough buffering, a greater ground acting force, a faster rope swinging speed, and showed a certain change of rhythm.

Key words: sports biomechanics; rope skipping; clockwise triple-skip technique; single-skip technique

跳绳运动起源于我国, 有着上千年的历史^[1]。随着全民健身计划的实施, 越来越多的人参与到跳绳运动中, 中国跳绳运动迎来了发展的大好时机。2007 年 10 月在北京举行了首届全国跳绳裁判培训班, 制定并逐步完善跳绳竞赛规则, 并在广州举办了全国跳绳公开赛。我国跳绳运动的竞技化路线逐渐明朗^[2]。

跳绳是一项主要由摇法和跳法基本动作组成的运动, 摇法和跳法变化多样^[3], 其中以单摇、双摇、三摇为代表。跳绳的三摇跳技术是在单摇、双摇的基础上发展而来, 运动员跳起, 双手摇绳, 绳跃过头顶通过脚下绕过身体 3 周(1 080°), 为完成 1 次^[4]。在我国跳

绳运动竞赛规则中, 正三摇跳绳和单摇跳绳均属计数类比赛项目, 但正三摇跳绳要求连续完成, 连续完成次数多者获胜, 而单摇跳绳是在规定时间内完成次数多者获胜。本研究从生物力学的角度分析正三摇和单摇跳绳在不同动作阶段(蹬地阶段、腾空阶段和落地缓冲阶段)的特点, 为运动员、教练员提供参考。

1 研究方法

1.1 数据采集

本研究对测试对象进行了单摇跳绳和正三摇跳绳两个技术动作 33 次的拍摄, 参考现场教练员和专家的

意见, 选取其中 10 次技术动作进行分析。采用二维测试系统对动作技术进行拍摄^[5]。实验设备包括: 一架 Sony 常速摄像机, 用摄像机拍摄受试者完成单摇跳绳和正三摇跳绳的运动过程, 拍摄频率为 50 Hz。一台与摄像机相连接的电脑, 用于图像采集; 用 Kistler 三维测力台记录受试者完成单摇跳绳和正三摇跳绳力的变化过程。

正三摇跳绳的生物力学实验在北京体育大学科学实验中心进行。以 2008 年中国跳绳运动竞赛规则作为运动员完成动作的标准, 凡出现以下情况均判为失败: 单摇跳绳中双脚起跳腾空 1 次, 绳未经头部至双脚下环绕 1 周(即 360°); 正三摇跳绳中双脚起跳腾空 1 次, 绳未经头部至双脚下环绕 3 周(即 1080°)。

1.2 数据分析

力学测量记录的数据采用 Kistler 三维测力台力学解析系统进行解析; 采用 Excel 2003 对数字化信息进行有关的统计学处理。平面摄影拍摄的录像资料采用视讯影片解析软件进行解析; 采用 Qtools 软件对数字化信息进行有关统计学处理。

2 结果与分析

为了分析的便利, 本研究将跳绳动作分为 3 个阶段: 蹬地阶段(重心达到最低点开始, 重心上升直至双脚离开地面瞬间); 腾空阶段(从双脚离地瞬间开始直至双脚落地瞬间); 落地缓冲阶段(从落地瞬间开始, 重心下降直至重心达到最低点)。

2.1 蹬地阶段

1) 下肢关节角度。

正三摇蹬地阶段的左右髌角前大部分时间小于单摇, 而到最后基本一致, 近乎达到了 180°, 说明正三摇在蹬地阶段开始时, 髌关节前屈的程度较单摇更大。随着蹬地动作的进行, 髌关节角度逐渐增大, 最后几乎达到 180° 时跳起(见图 1)。整个蹬地过程, 髌关节的角度较单摇更大。

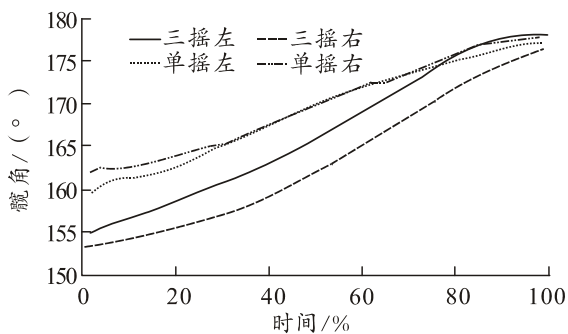


图 1 正三摇和单摇蹬地阶段髌角变化

正三摇蹬地阶段的膝角变化与单摇没有差异, 只是在最后一段时间里, 膝角略大, 说明正三摇在蹬地离地

的瞬间, 伸膝动作的幅度比单摇大, 导致这个差异的原因是为了能够获取更大的蹬力(见图 2)。

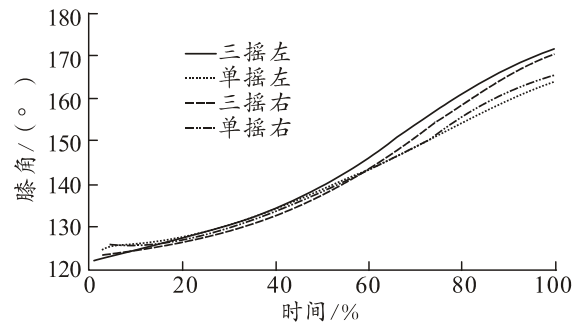


图 2 正三摇和单摇蹬地阶段膝角变化

人体自然直立时的踝角大约为 90°, 当踝关节角度大于 90° 时为跖屈, 小于 90° 时为背屈。正三摇蹬地阶段是从背屈开始的, 最后达到跖屈, 角度均略大于单摇(见图 3)。

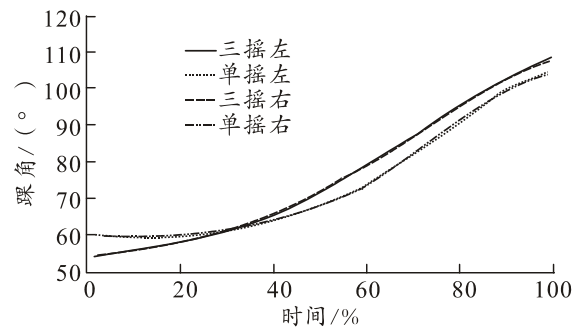


图 3 正三摇和单摇蹬地阶段踝角变化

综上所述可见, 正三摇蹬地阶段下肢各关节角度均由小变大, 且与单摇的变化一致, 但是正三摇蹬地阶段的时间相对要短。正三摇蹬地时的膝角与单摇无显著差异, 而髌关节与踝关节活动幅度均大于单摇, 说明正三摇蹬地阶段重心向上的速度较快, 在短时间内髌角、踝角从比较小的角度增加至较大角度, 有利于蹬力的增大。

2) 摇绳速度。

正三摇蹬地阶段摇绳速度明显大于单摇, 从动作的开始阶段摇绳的速度就很大, 在起跳之前绳子有个加速的过程(见图 4)。

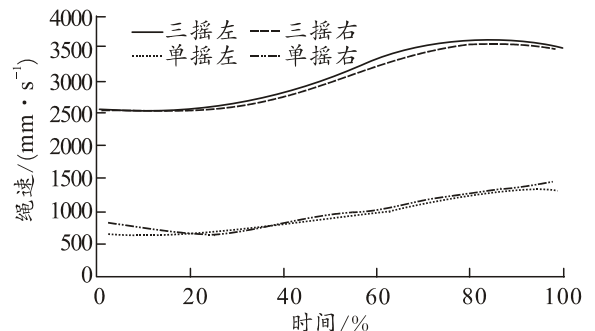


图 4 正三摇和单摇蹬地阶段绳速变化

3)动力学分析。

从单摇和正三摇蹬地阶段蹬地力变化过程(见图 5)可以发现,正三摇最大蹬力明显大于单摇。正三摇需要较大的蹬力和蹬地速度才能保证腾空高度。正三摇和单摇蹬地阶段蹬力的变化一致,都是由大变小。但是变小的速度不同,正三摇蹬力减小的较快,这有利于获得较好的蹬地效果,跳得更高。

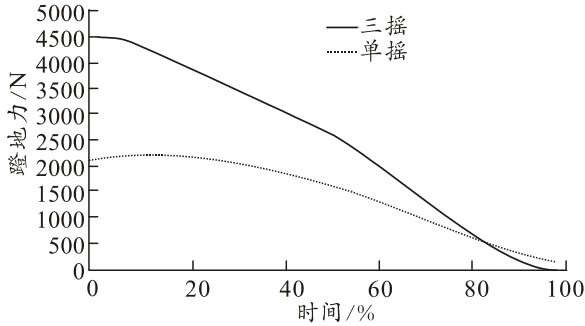


图 5 正三摇和单摇蹬地力变化

4)运动学与动力学结合分析。

随着下肢各关节角度的增加,正三摇与单摇蹬地阶段的蹬力都在逐渐减小。在蹬地开始时髌角、膝角和踝角变化的速度比较慢,而在蹬地的最后阶段膝角和踝角的变化速度明显加快,表现基本一致的。但在下肢各关节角差异不大的情况下,蹬地力表现出明显差异,造成这一差别的原因可能要通过肌肉的工作情况来说明。因此,完成正三摇主要是靠肌肉做功,要求全身肌肉很好的配合协调用力,使蹬地效果达到最好。

2.2 腾空阶段

腾空阶段要求绳子连绕身体 3 周且不能被身体阻断。腾空阶段是正三摇最为重要的阶段,此阶段动作的好坏直接影响整个动作的顺利完成。

1)下肢关节角度。

正三摇腾空阶段的髌角是先变小再变大,而单摇则是保持不变。左右侧髌角的变化基本一致(见图 6)。由此可以看出正三摇的空中动作是髌关节前屈,在腾空动作快要结束时髌关节伸。

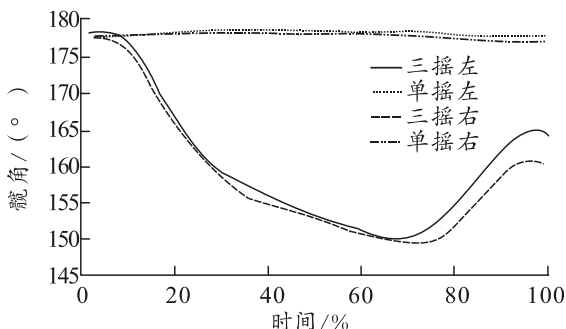


图 6 正三摇和单摇腾空阶段髌角变化

正三摇腾空阶段的左右膝角开始是稍增大,然后至最大值,再后很快变小,随后慢慢减小至最小值,最后又稍微增大,而后再次减小。单摇腾空阶段的膝角几乎保持不变(见图 7)。这说明正三摇腾空阶段的动作是刚离地时膝关节继续前伸,且开始阶段速度比较快,短时间内膝关节角度降低到很小,而后再慢慢后屈,关节角度减小。在腾空阶段的最后,膝关节前伸,关节角度增大,但增幅不大,膝关节仍保持微屈的状态,方便让绳子能够绕过脚底,并为最后的缓冲落地做准备。

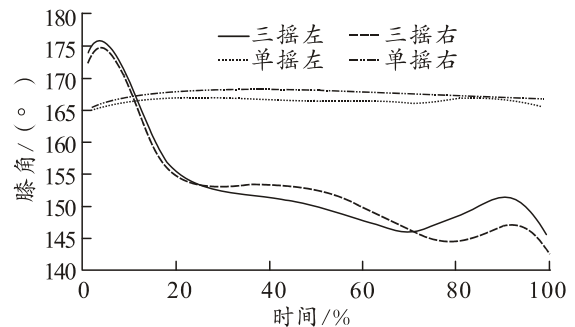


图 7 正三摇和单摇腾空阶段膝角变化

正三摇腾空阶段的左右踝角是刚刚离地时增至最大,然后保持一段时间后迅速减到最小,在将近落地的时候又迅速增大,表现出了微小的背屈动作。单摇腾空阶段的左右踝角基本保持不变(见图 8)。

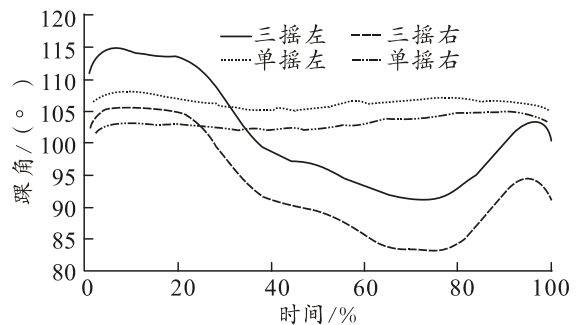


图 8 正三摇和单摇腾空阶段踝角变化

综上所述可见,髌角、膝角和踝角均先减小后增大,在落地前又稍稍减小,说明正三摇在腾空阶段髌关节前屈、膝关节后屈和踝关节背屈,使整个身体蜷缩起来,增大了脚与地面的距离,有利于绳子的 3 次通过。在落地前身体稍有展开是自然反应,是为了防止落地时损伤的发生。而落地前瞬间身体有收的动作,是为了在最后时刻增大身体与地面的距离,顺利完成动作。而单摇腾空阶段动作基本保持不变。

2)摇绳速度。

正三摇腾空阶段要求绳子 3 次绕过身体,由于时

间短，因此要求绳子的速度要快，但并不是整个过程都快，有一定的节奏变化，中途通过多次发力，第 1、3 圈绳速会稍快于第 2 圈绳速。而单摇动作腾空阶段的绳速只是简单地慢慢减小后又慢慢增大(见图 9)。

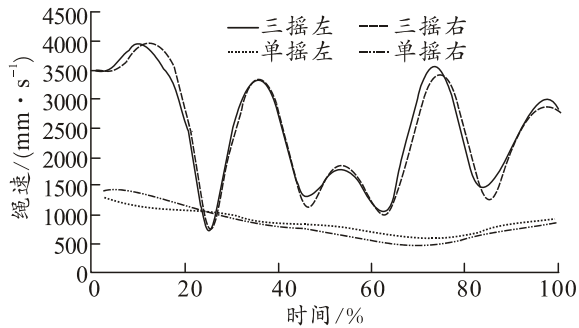


图 9 正三摇和单摇腾空阶段绳速变化

2.3 落地缓冲阶段

落地缓冲阶段是正三摇的最后阶段也是关键阶段，落地缓冲动作的好坏直接影响下一个动作的质量。

1) 下肢关节角度。

正三摇和单摇落地缓冲阶段的左右髌角变化基本一致，均由大变小，但正三摇动作的髌角变化幅度比单摇小。还有正三摇的髌角较小，说明髌关节前屈幅度更大(见图 10)。

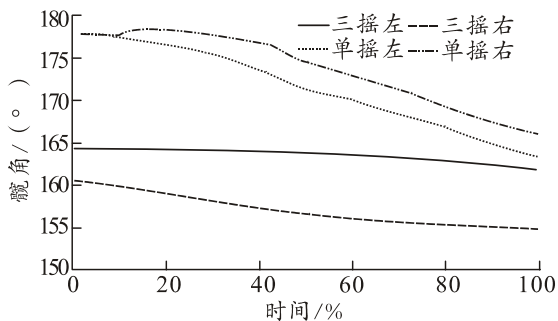


图 10 正三摇和单摇落地缓冲阶段髌角变化

正三摇和单摇落地缓冲阶段的左右膝角变化基本一致，均由大变小。但是正三摇膝角明显小于单摇，说明正三摇以屈膝的动作落地，更有利于保护膝关节和下次动作的起跳发力(见图 11)。

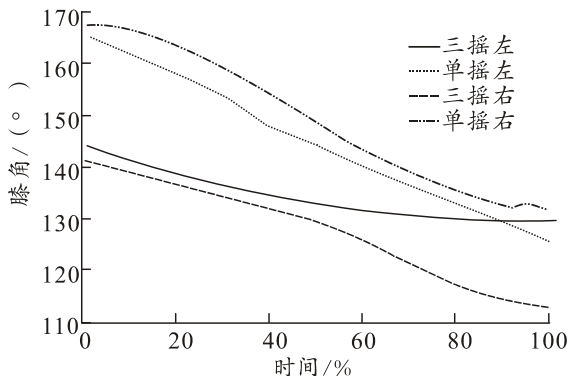


图 11 正三摇和单摇落地缓冲阶段膝角变化

正三摇和单摇落地缓冲阶段的左右踝角变化基本一致，均由大变小。左右侧的变化趋势基本一致，踝角变化略小于单摇(见图 12)。

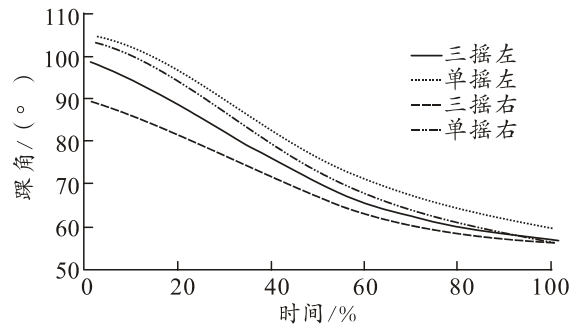


图 12 正三摇和单摇落地缓冲阶段踝角变化

综上所述可见，正三摇落地缓冲阶段下肢各关节角度变化与单摇基本相同，并没有表现出独有的特点，只是各关节角度均小于单摇。

2) 摇绳速度。

单摇绳速几乎没有变化，而正三摇则不同，落地缓冲阶段时要控制速度，需要降低绳子的速度以保证下一个动作的顺利发力(见图 13)。

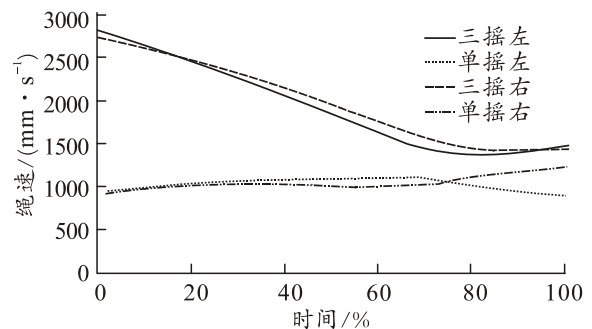


图 13 正三摇和单摇落地缓冲阶段绳速变化

3) 动力学分析。

正三摇落地缓冲阶段的地面作用力比单摇明显要大，且增大的比较快。造成这一差异的原因主要是腾空高度，正三摇腾空的高度较高，因此落地会产生较大的地面作用力(见图 14)。

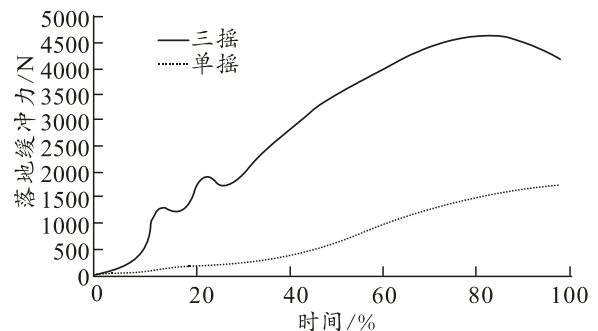


图 14 正三摇和单摇落地缓冲冲力变化

4)运动学与动力学结合分析。

随着下肢关节角度的减小,地面作用力的增大,正三摇和单摇在缓冲阶段基本一致,在运动学和动力学的变化趋势上没有实质性差异。但从大小上看,正三摇落地缓冲时下肢各关节角度及变化幅度小于单摇,地面作用力及变化幅度明显大于单摇。由此可见,在落地缓冲阶段,正三摇从关节角度方面减震的效果相对较小,地面作用力比较大,这就造成正三摇落地缓冲时对身体关节、骨骼和韧带等组织要求比较高,要注意缓冲,减少肌肉的承受力。

3 结论与建议

3.1 结论

1)正三摇蹬地阶段下肢各关节角度均由小变大,蹬地阶段的时间相对要短,说明正三摇蹬地阶段重心向上的速度较快,而在短时间内髋角从比较小增加至较大,有利于蹬地力的增大。

2)正三摇腾空阶段的髋角、膝角和踝角均先减小后增大,在落地前又略减小,说明正三摇在腾空阶段髋关节前屈、膝关节后屈和踝关节背屈,便于保持较长的滞空时间。

3)正三摇落地缓冲阶段各关节角度均小于单摇,随着下肢关节角度的减小,地面作用力与之相反。

4)正三摇摇绳的速度是完成该动作的重要因素之一。在起跳之前绳有加速过程,腾空阶段的绳速呈现多次加速和减速,且加速和减速的节奏变化快,落地缓冲阶段的绳速仍较快。

3.2 建议

1)正三摇在蹬地阶段的最大蹬力,主要是靠肌肉做功,因此需加强肌体肌肉良好配合与协调用力,以便在腾空阶段保持一定的高度及滞空时间,使得蹬地效果达到最好。

2)正三摇腾空的高度、滞空时间以及绳的速度,是完成正三摇的重要因素。因此在日常练习中可加强上下肢力量的配合练习;同时适当加重手腕力量的训练,如负重快速摇绳等内容。

3)正三摇在落地缓冲阶段要注意把握落地缓冲的动作要领,强调膝关节与踝关节的缓冲保护,使得身体骨骼肌肉所承受的力尽量减小,有利于正三摇跳绳动作的连续完成。

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.
- [4] 李辉. 对跳绳三摇技术的生物力学分析研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2011.
- [5] 刘北湘, 杨啸原. 影像测量数据在武术运动技术分析中的应用[J]. 成都体育学院学报, 2009, 35(4): 62-66.
- [6] 杨天祝. 对直立人体的某些生物力学分析[J]. 白求恩军医学院学报, 2003, 9(1): 131-132.

