

不同运动等级散打运动员鞭腿技术的运动学特征分析

刘国立^{1a}, 李杰², 马世坤^{1a,1b}, 袁点^{1a}, 苏健蛟^{1a,1b}

(1.武汉体育学院 a.武术学院;b.东北亚民族传统体育研究中心,武汉 430079;

2.北京体育大学 中国武术学院,北京 100084)

摘要: 探寻不同运动等级散打运动员在使用鞭腿技术动作时,下肢关节运动学特征所出现的差异与运动等级之间的关系,为优化鞭腿技术动作及其击打效率提供理论依据.运用三维红外运动捕捉系统和地面测力系统,对23名不同运动等级散打运动员鞭腿技术的运动轨迹进行采集.将运动轨迹进行划分为4个时刻和3个时段,分别对每个时刻和时段上运动学特征的差异进行比较.不同运动等级运动员鞭腿技术的运动形式符合鞭打动作特点,支撑腿和进攻腿各关节的活动度具有显著性差异.优秀组鞭腿技术的击打目标位置更靠近身体前方的中线位置,启动时段更短,动作速度在启动时段和回收时段更快.优秀运动员通过加大躯干和支撑腿绕纵轴转动幅度使身体重心前移,来提升技术动作的启动速度;通过加大进攻腿膝关节的屈曲来缩短肢体转动半径,来加快击打时段大小环节的传递速度;通过支撑腿关节屈伸的活动度和动作位移稳定重心平衡,来优化鞭腿技术在回收时段的动作流畅性.

关键词: 运动等级;鞭腿技术;动作特征

中图分类号: G852

文献标志码: A

散打运动作为中华武术重要的组成部分,自1979年开始试点比赛.近年来,随着武术工作标准化年和武术散打新规则的出台,“标准”和“规范”成为散打运动走向成熟的标志^[1].虽然还在饱受“失去传统特色”和“技术结构欠均衡发展”的争议之中,但是其快速发展的步伐已成为不争的事实^[2].目前,拳、腿、摔3大技术结构均衡发展已成为项目发展的主旋律^[3].由于在比赛中腿法技术成为了主要的得分手段,对比赛胜负起到了关键性的作用^[4].尤其是鞭腿技术动作特点是动作幅度小,突然性强,打击范围广,踢击力量强^[5],且具有易攻难防,击打部位广泛,与其他技术结合具有衔接性好,动作连贯性强等特点现已经成为比赛中得分较高的技术动作和决定比赛胜负关键的技术动作.然而,在比赛中不同运动等级运动员鞭腿技术的使用情况、得分率等表现的千差万别.运动等级不仅影响着鞭腿技术的运用效果,同时也成为诱发下肢关节急性运动损伤风险的主要因素^[6-7].有研究认为,武英级散打运动员启动时间快于一级运动员^[8],优秀运动员鞭腿技术的运动学及主要参与肌群的生物学规律优于普通人群^[9],以及健将级运动员双侧下肢关节等速肌力及稳定性显著优于一级运动员^[10].因此,找出优秀和普通运动鞭腿技术的运动轨迹进行比较运动学特征所表现出来的差异,是从根本上来优化鞭腿技术的训练方法,快速提升击打效率的关键所在.

鉴于此,本研究提出散打运动员鞭腿技术运动学特征的差异与运动等级存在相关性,同时运动学特征差异也将是影响鞭腿技术击打效率的重要因素的研究假设.为检验假设,本研究在实验室条件下,运用3D红外运动捕捉系统,对不同运动等级运动员鞭腿技术的运动轨迹进行采集,通过分析软件找出不同运动等级之间鞭腿技术运动学特征的差异.结合著者执教经验,梳理出运动等级与运动学特征之间的变化规律,为散打教练员优化鞭腿技术的训练方法、提升击打效率,降低或预防下肢关节急性损伤风险等提供理论参考且显得尤

收稿日期:2021-12-23;修回日期:2022-01-09.

基金项目:国家社科基金(17BTY110);国家体育总局武术研究院项目(WSH2019A004);武汉体育学院中青年科研团队资助(21KT12);武汉体育学院东湖学者计划资助(2018).

作者简介:刘国立(1971-),男,山东菏泽人,武汉体育学院讲师,研究方向为武术散打教学与训练,E-mail:447255602@qq.com.

通信作者:苏健蛟(1979-),男,河南周口人,武汉体育学院副教授,博士,研究方向为民族传统体育与健康促进,E-mail:34658224@qq.com.

其重要,同时对散打运动项目的科学化、规范化以及国际化发展将起到积极作用。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选取武汉体育学院散打队和湖北省散打队男子运动员 23 名为本受试对象,其优秀组运动员 11 名(一级及以上),普通组运动员 12 名(二级)详情见文献[11]。

1.2 测定仪器与设备

采用英国生产的 VICON Nexus 2.2 三维运动捕捉系统^[12-13],包括型号为 T40s 摄像头(400 万像素,8 个)和直径为 14 mm 的 Marker 球(39 个),采样频率为 200 Hz;采用瑞士 Kistler 9260AA 型号三维测力系统 2 块;其他用品包括:散打脚靶、皮尺、卡尺、胶带、剪刀和实验服装等^[14]。

1.3 Marker 球粘贴、坐标及建模流程

详情见文献[11]。

1.4 测试方法

准备部分:首先打开运动捕捉系统和测力系统等设备及测量仪器进行预热与标定,击打方向参照实验室的全域坐标和测力台方位而设定,击打高度根据受试者躯干的得分部位而设定。告知受试者实验流程、注意事项及其填写实验知情同意书,再让受试者进行 15 min 慢跑、拉伸等热身活动,更换服装以及测量建模所需的身体各个环节长度值,Marker 球粘贴完成后,让受试者熟悉测试流程^[11]。

测试过程及动作质量划分依据详见文献[15]。A 级为好动作,B 级为一般或失败动作,最终每名受试者选定 5 次 A 级动作为分析动作。

1.5 时刻(Event)和时段(Phase)设定

设定左支撑脚离地为准备时刻;右进攻脚离地为上步时刻;右进攻腿膝关节最大伸展为击打时刻;回收后右进攻脚触及测力台面为回收时刻。4 个时刻之间的 3 个时段依次称为:启动时段、击打时段、回收时段。

1.6 数据处理

通过数模转换器将采集到的运动学原始信号与测力系统进行同步传输,利用 VICON Nexus 2.2 系统内置的 Lowpass Filter 函数对运动学数据进行滤波、删补轨迹等技术处理。受试者下肢关节的角度和动作时间、动作位移、动作速度等参数值,均采用 VICON Polygon 3.5.1 软件进行分析^[11]。定义髋关节的伸展、外展、外旋,膝关节的伸展,踝关节跖屈、外翻、外旋为负方向^[15]。文中的关节角度为采集数据的平均值,动作时间、动作位移、动作速度值为采集数据最大值的平均值^[11],采集数据分别用 Microsoft Excel 进行前期处理和 IBM SPSS Statistics 22.0 后期统计分析,优秀组和普通组采用独立样本 T 检验的方法进行组间对比分析和共变量处理,显著性水平设为 0.05,结果用平均值和标准差表示。

2 研究结果与分析

2.1 髋关节角度特征

在 4 个时刻对髋关节测量的结果见表 1。

2 组支撑腿髋关节的运动方向相同。在上步表现为伸展、外展和外旋,击打表现为伸展、外展和内旋,回收时段表现为屈曲、内收和外旋。优秀组在启动时段的和回收时段的屈曲角度相对普通组较大,在统计学上具有显著性差异,其他时刻 2 组之间髋关节活动度虽存差异,但是不显著。

2 组进攻腿髋关节的运动方向相同。在上步表现为过伸展、外展和外旋,击打表现为屈曲、外展和内旋,回收表现为伸展、内收和外旋。普通组在上步的内收、击打、回收时刻伸展为 $(11.53 \pm 8.20)^\circ$ 相对较大,在统计学上具有显著性差异。

2.2 膝关节角度特征

在 4 个时刻对膝关节测量的结果见表 2。2 组支撑腿膝关节的运动方向相同,均为屈曲、伸展和伸展。优秀

组在上步和击打相对普通组较大,但在统计学上不显著.2组进攻退膝关节的运动方向相同,均为屈曲、伸展和屈曲.普通组在上步的伸展相对较大,在统计学上具有显著性差异;其他时段2组之间存差异,但不显著.

表1 髋关节角度的 t 检验结果Tab. 1 List of t -test results of hip angles

时刻	动作	支撑腿			进攻腿		
		优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t	优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t
准备	屈曲	24.56±9.82	24.56±9.82	—	4.03±10.44	4.03±10.44	—
	内展	-22.79±4.73	-22.79±4.73	—	-15.31±7.13	-15.31±7.13	—
	内旋	8.39±9.04	8.39±9.04	—	6.47±9.36	6.47±9.36	—
上步	屈曲	44.76±7.93	39.77±5.70	0.000*	-15.78±9.13	-14.90±8.31	0.292
	内展	-21.10±3.81	-21.55±5.50	0.168	-14.35±6.78	-4.58±6.72	0.024*
	内旋	-8.95±7.52	-7.74±10.80	0.059	-4.80±10.71	-2.04±9.91	0.088
击打	屈曲	-4.93±15.79	-4.26±8.95	0.258	37.39±21.18	44.61±23.61	0.035*
	内展	-49.43±10.33	-46.52±6.92	0.089	-54.58±10.48	-54.54±6.43	0.281
	内旋	8.02±10.78	10.75±8.26	0.221	29.96±20.34	32.66±21.18	0.154
回收	屈曲	22.19±19.06	20.84±14.29	0.040*	16.12±9.25	11.53±8.20	0.002*
	内展	-29.42±8.77	-27.74±8.03	0.271	-13.55±7.93	-13.36±4.77	0.400
	内旋	-6.40±8.72	-7.64±9.73	0.026	7.72±12.17	5.82±11.30	0.180

注:以中立位零度算法设定关节的0°位;“*”表示为 $P < 0.05$,下同.

表2 膝关节屈曲角度均值的 t 检验结果一览表Tab. 2 List of t -test results of the knee angle(°)

时刻	支撑腿			进攻腿		
	优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t	优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t
准备	42.53±10.62	42.53±10.62	—	14.81±11.11	14.81±11.11	—
启动	51.88±10.67	48.16±10.28	0.366	113.29±20.09	115.48±10.77	0.321
击打	22.52±7.63	19.83±6.21	0.177	6.81±11.08	3.51±7.09	0.045*
回收	17.83±7.35	16.22±7.73	0.452	12.94±9.54	10.43±9.28	0.069

2.3 踝关节角度特征

在4个时刻对踝关节测量的结果见表3.2组支撑腿踝关节的运动方向相同.在上步时刻为跖屈、内翻和外旋,击打为背屈、外翻和外旋,回收为跖屈、内翻和外旋.普通组上步的跖屈、击打的外翻相对较大,在统计学上具有显著性差异.2组进攻退踝关节的运动方向相同,在上步时刻为背屈、内翻和外旋,击打为跖屈、外翻和内旋,回收为跖屈、内翻和外旋.优秀组上步的背屈、外翻相对较大;普通组上步的外旋、击打的外翻、回收的内翻相对较大,在统计学上具有显著性差异.

2.4 动作时段位移特征

对进攻脚的动作位移进行测量(图1).比较发现,2组的动作位移在所有时段的方向相同,但是大小存在差异.优秀组在击打时段偏左位移(0.46 ± 0.19)m,回收时段的向后位移(0.45 ± 0.08)m,相对普通组较大;普通组在回收时段的向上位移(1.22 ± 0.10)m相对优秀组较大,在统计学上具有显著性差异.

2.5 动作时段时间特征

对进攻的动作时间进行测量(图2).比较发现,2组的动作时间在所有时段均存在差异.优秀组在启动时段的动作时间为(0.32 ± 0.05)s相对较短,在统计学上具有显著性差异.

表 3 踝关节角度均值的 t 检验结果一览表

Tab. 3 List of t -test results of ankle angles

时刻	动作	支撑腿			进攻腿		
		优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t	优秀组角度/(°)	普通组角度/(°)	t
准备	背曲	10.58±6.09	10.58±6.09	—	18.30±7.03	18.30±7.03	—
	内翻	2.35±4.14	2.35±4.14	—	-1.17±2.60	-1.17±2.60	—
	内旋	-17.14±17.28	-17.14±17.28	—	-1.08±11.26	-1.08±11.26	—
启动	背曲	-0.75±4.98	-3.32±8.49	0.046 *	24.41±5.70	19.12±7.27	0.000 *
	内翻	5.80±4.01	5.47±2.78	0.038 *	-0.38±2.91	-0.10±1.90	0.003 *
	内旋	-31.01±14.22	-29.57±11.53	0.098	-5.47±11.54	-6.90±12.37	0.045 *
击打	背曲	19.99±5.21	18.19±3.97	0.185	-51.43±30.96	-59.08±37.35	0.190
	内翻	0.46±3.98	-0.33±2.73	0.010 *	-5.42±4.40	-5.82±2.64	0.037 *
	内旋	-8.23±14.13	-3.43±14.88	0.371	20.77±12.10	25.19±12.82	0.311
回收	背曲	10.93±7.61	9.94±3.92	0.376	-7.98±7.85	-16.52±37.45	0.066
	内翻	2.64±4.41	2.17±2.70	0.064	0.51±3.92	0.56±2.12	0.027 *
	内旋	-19.37±14.70	-16.22±14.62	0.336	-10.72±15.72	-10.42±12.65	0.296

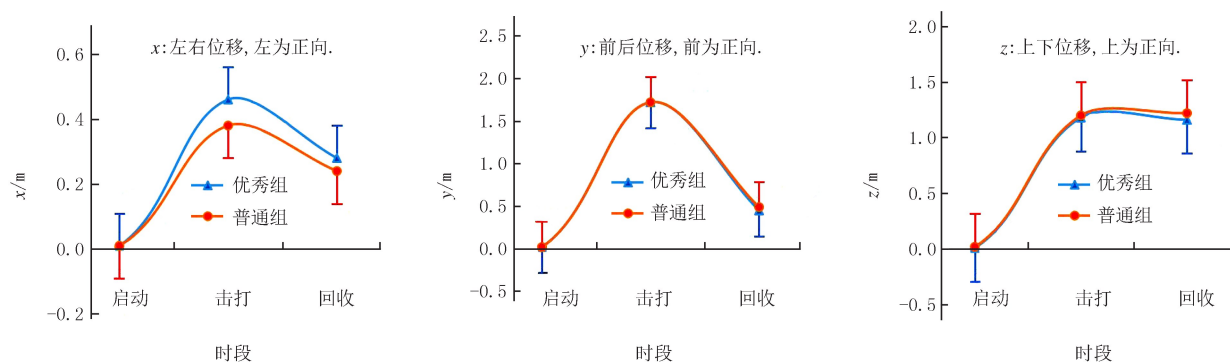


图1 进攻脚动作位移的 t 检验示意图

Fig.1 t -test diagram of motion displacements of the attacking foot

2.6 动作时段速度特征

由图 1 和图 2 的数据可得进攻脚在各个时段的平均速率(图 3).比较发现,2 组的速率在所有时段均存在差异.优秀组在启动时段的动作速率为(1.27±0.76)m/s,回收时段为(3.96±1.00)m/s,相对较快,在统计学上具有显著性差异.

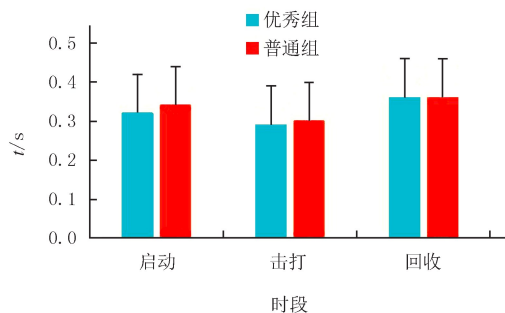


图2 动作时间的 t 检验示意图

Fig.2 t -test diagram of action time

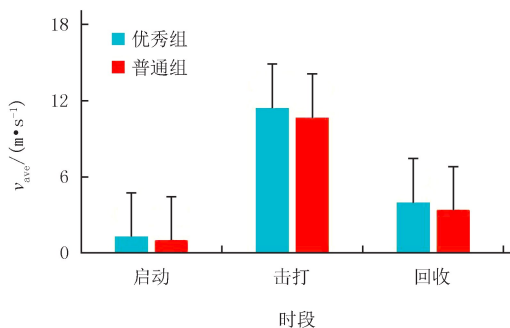


图3 动作速度的 t 检验示意图

Fig.3 t -test diagram of motion speeds

3 讨论

通过对受试者的鞭腿技术运动轨迹比较发现,2组之间的运动形式均符合鞭打动作形式.随着支撑腿向前快速滑步时身体重心的前移,以支撑脚掌为支点,躯干和支撑腿绕纵轴迅速进行外旋运动,进攻腿形成以大腿带动小腿绕额状轴进行内旋运动.由于躯干和支撑腿加速与制动的传递,进攻腿膝关节在最大屈膝后,小腿迅速进行伸展并形成击打动作.击打过程中,受躯干和支撑腿制动传递的影响,进攻小腿迅速出现反向、屈膝运动.整个运动过程都是遵循以躯干和支撑腿为鞭杆的大环节,带动以进攻腿为鞭身、以脚背部为鞭梢的小环节^[15]依次进行加速与制动,使动量矩向末端环节传递^[16]的运动过程.虽然2组技术动作的运动轨迹在整个运动过程中一致,但是支撑腿和进攻腿各关节的活动度却出现了较大差异.其中,优秀组在启动时段支撑腿髋关节伸展、外旋相对较大,普通组在回收时段的屈曲相对较大,两组之间均出现了显著性差异.有学者认为,躯干和下肢关节绕轴转动符合人体解剖结构,支撑腿先要外展,才有利于进攻腿的动作完成^[11,17].本测试结果显示,优秀组踝关节在启动和击打时段的外旋较大与普通组内翻外翻、跖屈背屈变向运动较大的结果,也再次验证了支撑腿外展有利于进攻的结论,同时也是2组在启动时段运动学特征出现最大差异之处.通过比较2组进攻腿的关节活动度时发现,优秀组在启动瞬间踝关节的背屈与普通组在击打瞬间膝关节的伸展同样出现了显著性差异.也有研究认为,不同运动等级运动员鞭腿技术在击打过程中,身体重心的稳定性和动量矩传递的流畅性,不仅受限于下肢肌群肌力的影响,更受限于技术动作运动学特征的影响,以及人体纵轴和额状轴的相对转动惯量与肌肉对人体骨杠杆的动量矩^[12,18].因此,上述前期研究结论也为了本研究诊断2组之间关节活动度的差异与动量矩传递的合理性提供了重要理论借鉴.通过对下肢关节活动度与动作的位移、时间、速度等变量因素进行叠加发现,优秀组在击打和回收时段的动作位移相对较远,动作时间却又少于普通组.结合优秀组动作速度快于普通组的测试结果综合分析来看,优秀组支撑腿和躯干在绕轴转动时,下肢关节的活动度更有利于进攻腿动量矩的传递.为此,本研究认为下肢关节活动度的差异是导致2组之间鞭腿技术运动学特征出现差异的重要因素.这与本研究提出的研究假设吻合.

人体在做下肢鞭打技术动作时,应该遵循环节运动顺序原理,即大环节带动小环节.这样不仅有利于动量矩的传递,且能充分动员各个环节的发力效果^[9,19].通过对本测试结果分析发现,2组之间产生差异的重要因素,正是因受大小环节传递时关节活动度差异的影响.由于人体解剖结构,支撑腿先要外展,才有利于进攻腿技术动作的完成^[11].优秀组在启动时段躯干和下肢绕纵轴外旋相对较大、致使身体重心前移,不仅有利于减轻进攻腿在启动蹬地瞬间的自身阻力,而且更有利于各个环节的发力效果.有学者认为,保持鞭腿技术运动在过程中身体重心的稳定与平衡,需要下肢关节通过屈伸或回旋的运动方式进行调节.然而在调节过程中,某一环节的加速转动,必然是由另一环节转速相对减小所致^[20].受身体大小环节加速与制动传递差异的影响,普通组在击打和回收时段进攻腿髋、膝关节的过度伸展,及其支撑腿髋、膝关节由伸展向屈曲的活动度过大.这样虽然起到了稳定身体重心的作用,但是对动量矩向末端环节传递的流畅性却带来了不利影响.健将级运动员双侧下肢关节等速肌力及稳定性显著优于一级运动员,尤其健将级运动员支撑腿良好的支撑平衡调节能力,对下肢肌力传导表现更加显著^[21].这是本研究解释普通运动员通过关节活动度来调节身体平衡的理论基础.再结合动作位移和速度的测试结果来看,优秀组在回收时段肢体分布离转轴较近,下肢关节活动度较为稳定且动作速度也较快,与肢体的质量分布离转轴越近,其转动半径越小,其转动惯量就小^[20,22],力矩就越大,动作速度就越快.因此,本研究认为在鞭腿技术使用过程中,各环节之间相互传递的流畅程度成为抑制动作速度的关键,也是本研究从运动学层面,来解释优秀组与普通组鞭腿技术运动学特征出现差异的重要依据.

4 结论与建议

不同运动等级运动员鞭腿技术的运动学特征差异较为显著.优秀运动员通过加大躯干和支撑腿绕纵轴转动幅度致使身体重心前移,从而提升了技术动作的启动速度;通过加大进攻腿膝关节的屈曲来缩短肢体转动半径,加快了击打时段身体大小环节的传递速度;通过减小支撑腿各关节屈伸的活动度和技术动作位移来稳定身体重心平衡,改善鞭腿技术在回收时段的动作流畅性.这些是优秀组和普通组散打运动员鞭腿技术运

动力学特征出现差异的重要因素。

建议教练员在平时进行鞭腿技术训练时,结合运动员的技术等级、技术类型、动作特点等个体情况设计不同的训练方案。尤其是在制定普通运动员的训练方案时,首先需要通过专项力量练习,来提升躯干和支撑腿绕纵轴的转动速度;通过增加支撑腿向前滑步与移动中进攻腿下肢肌群的抗阻练习,来提升膝关节的屈曲和增加大小环节的传递速度;通过移动中身体负重练习和支撑腿的平衡练习,来调节身体重心平衡和改善技术动作的流畅性,提升动作质量及其在实战中的击打效率。

参 考 文 献

- [1] 苏健蛟.第十一届全运会男子散打比赛中腿法运用效果分析[J].体育研究与教育,2012,27(1):94-96.
SU J J.Analysis on the application effect of the leg method in men's Sanda competition in the 11th National Games[J].Sports Research and Education,2012,27(1):94-96.
- [2] 苏健蛟,白南燮,张颖慧.大武术观视域下散打运动在韩国开展现状调查分析[J].中华武术(研究),2017,6(1):72-77.
SU J J,BAI N X,ZHANG Y H.Investigation and analysis on the present situation of Sanda in Korea from the perspective of grand martial arts[J].Chinese Wushu(Research),2017,6(1):72-77.
- [3] 倪红莺,朱瑞琪,李俊峰.武术散打新旧规则下散打技术运用状况的对比分析[J].北京体育大学学报,2005,28(11):1567-1569.
NI H Y,ZHU R Q,LI J F.Comparative research on the current situation of application of Sanda technique under the new and old edition of Sanda rules[J].Journal of Beijing University of Physical Education,2005,28(11):1567-1569.
- [4] 董彦玉.武术散打竞赛规则修改对技术导向的作用及影响[D].北京:北京体育大学,2012.
DONG Y Y.The effect and influence of the revision of Wushu Sanda competition rules on technical orientation[D].Beijing:Beijing Sport University,2012.
- [5] 李岷芮.女子散打后高鞭腿技术动作的生物力学分析[D].长春:吉林体育学院,2016.
LI M R.Biomechanical analysis of the technical movement of high whip leg after female Sanda[D].Changchun:Jilin Institute of Physical Education,2016.
- [6] 周小青,张冬琴.我国散打优秀与普通组运动员技术运用特征对比研究[J].北京体育大学学报,2014,37(2):121-124,130.
ZHOU X Q,ZHANG D Q.A comparative study on technique characteristics between elite Sanda Athletes and general Sanda Athletes in China[J].Journal of Beijing Sport University,2014,37(2):121-124,130.
- [7] 苏健蛟,张颖慧.鞭腿击打不同类型目标引发膝关节运动损伤的危险时刻分析[J].西安体育学院学报,2017,34(6):762-768.
SU J J,ZHANG Y H.Biomechanics analysis of danger of knee-joint sports while whip leg hitting different kinds of targets[J].Journal of Xi'an Physical Education University,2017,34(6):762-768.
- [8] 张江龙.散打弧线型进攻动作技术的运动生物力学特征分析[D].广州:广州体育学院,2014.
ZHANG J L.Analysis of biomechanical characteristics of Sanda arc attack technique[D].Guangzhou:Guangzhou Institute of Physical Education,2014.
- [9] 陈玉民.优秀男子散打运动员鞭腿技术运动学分析及表面肌电特征研究[J].成都体育学院学报,2014,40(5):63-66.
CHEN Y M.Kinematics and sEMG characteristics of excellent male Sanda athletes"side leg kick" skill[J].Journal of Chengdu Sport University,2014,40(5):63-66.
- [10] 马飞飞.不同速度模式下膝关节屈伸肌力比对平衡能力及膝关节活动度的影响[D].北京:北京体育大学,2016.
MA F F.The influence of the ratio of knee flexion and extension muscle strength on the balance ability and knee joint mobility under different speed modes[D].Beijing:Beijing Sport University,2016.
- [11] 曹佩芳,苏健蛟.鞭腿技术引发踝关节外侧副韧带急性损伤风险的运动学特征分析[J].西安体育学院学报,2021,38(2):219-225.
CAO P F,SU J J.Kinematic feature analysis of the risk of acute injury of the lateral collateral ligament caused by whip leg[J].Journal of Xi'an Physical Education University,2021,38(2):219-225.
- [12] 张颖慧,丁昊阳,苏健蛟.运动性疲劳对横踢技术动作特征及其击打速度的影响研究[J].武汉体育学院学报,2020,54(6):87-94.
ZHANG Y H,DING H Y,SU J J.Research on influences of exercise fatigue on movement characteristics and strike speed of turning kick[J].Journal of Wuhan Institute of Physical Education,2020,54(6):87-94.
- [13] 苏健蛟,张颖慧,马世坤.不同级别优秀散打运动员鞭腿技术动作特征及其对击打速度的影响[J].武汉体育学院学报,2018,52(1):87-94.
SU J J,ZHANG Y H,MA S K.Effects of hitting velocity of different level Sanda Athletes;Whip-leg movement[J].Journal of Wuhan Institute of Physical Education,2018,52(1):87-94.
- [14] 苏健蛟.鞭腿击打不同类型目标时踝关节运动危险性的生物力学分析[J].武汉体育学院学报,2015,49(10):62-68.
SU J J.Biomechanical analysis of ankle movement risk when whip-kick hitting different types of objects[J].Journal of Wuhan Institute of Physical Education,2015,49(10):62-68.
- [15] 苏健蛟,张颖慧,卢煜,等.不同疲劳程度下跆拳道运动员横踢动作时踝关节运动学特征的共变量分析[J].中国运动医学杂志,2020,

39(12):924-931.

SU J J,ZHANG Y H,LU Y,et al.The covariate analysis of kinematic characteristics of taekwondo athletes'ankle joints in turning kick with different fatigues[J].Chinese Journal of Sports Medicine,2020,39(12):924-931.

[16] 胡宗祥,刘学贞.跆拳道横踢技术中各环节配合的生物力学分析[J].北京体育大学学报,2008,31(1):64-66,81.

HU Z X,LIU X Z.The biomechanics analysis on trunk sport at horizontal-kicking of taekwondo[J].Journal of Beijing Sport University,2008,31(1):64-66.

[17] 张美珍,刘瑞端,郭浩,等.纵跳测试评价方法的比较研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2021,49(1):101-107.

ZHANG M Z,LIU R R,GUO H,et al. Comparison of three different vertical jump tests[J].Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition),2021,49(1):101-107.

[18] 刘存忠,李玉刚,严发本.武汉体育学院优秀男子散打运动员鞭腿技术动作髋、膝关节速度和角度特征分析[J].武汉体育学院学报,2009,43(7):87-90.

LIU C Z,LI Y G,YAN F B.Characteristic analysis of hip and knee joint speed and angle of whip leg skill movements of Sanda players of Wuhan Institute of P.E[J].Journal of Wuhan Institute of Physical Education,2009,43(7):87-90.

[19] 毛爱华,王思远,王亚君,等.我国优秀女子空手道组手运动员体能特征[J].河南师范大学学报(自然科学版),2020,48(3):110-117.

MAO A H,WANG S Y,WANG Y J,et al. Physical fitness characteristics of Chinese elite female karate Athletes[J].Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition),2020,48(3):110-117.

[20] 张勇.散打鞭腿技术动作转动特征分析[J].南京体育学院学报(自然科学版),2010,9(2):88-89,106.

ZHANG Y.Analysis on characteristics of action of whipping-kick in Sanda kongfu[J].Journal of Nanjing Institute of Physical Education (Natural Science),2010,9(2):88-89.

[21] 王聚龙,刘存忠,王宏.优秀散打运动员下肢关节等速肌力特征研究[J].武汉体育学院学报,2019,53(1):92-97.

WANG J L,LIU C Z,WANG H.Characteristics of lower extremities isokinetic strength in elite Sanda Athletes[J].Journal of Wuhan Institute of Physical Education,2019,53(1):92-97.

[22] 苏健蛟,马世坤,崔怀猛.优秀散打运动员鞭腿“击中”和“击空”技术动作的生物力学特征分析[J].北京体育大学学报,2019,42(10):147-156.

SU J J,MA S K,CUI H M.Biomechanics analysis of hit and miss punch by whip leg in excellent Sanda Athletes[J].Journal of Beijing Sport University,2019,42(10):147-156.

Analysis of kinematic characteristics of whipping technique in sanda athletes with different sports levels

Liu Guoli^{1a}, Li Jie², Ma Shikun^{1a,1b}, Yuan Dian^{1a}, Su Jianjiao^{1a,1b}

(1a. College of Wushu; b. Research Centre for Northeast Asian Ethnic Traditional Sports, Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China; 2. China Wushu School, Beijing Sports University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper explores the variable relationship between kinematic characteristics of lower limb joints and movement levels of sanda athletes with different movement levels when using flagellate technique, so as to provide theoretical basis for optimizing the movement and impact efficiency of flagellate technique. Using 3D motion capture system and infrared force measurement and control system on the ground, about 23 different sports level sanda athletes and track players were observed technically. Trajectory is divided into 4 times and 3 periods, respectively for each time and period the kinematics characteristics of the differences in comparison. The results showed that the movement forms of the flagellate technique in the 2 groups were in line with the characteristics of the whipping action, and the range of motion of each joint of the supporting leg and the attacking leg showed significant differences. The striking point of the flagellate technique in the excellent group was parallel to the median line of the trunk, while the stability of the center of gravity in the ordinary group was relatively poor during the recovery period. The action time of the excellent group was lower than the ordinary significantly. The action speeds at starting and the recovery period of the excellent group were higher than the ordinary significantly. Excellent athletes, by increasing their trunk and support leg longitudinal axis rotation range to make the body center of gravity forward, improve the starting speed of the technical movement. By increasing the flexural angle of the knee joint of the attacking leg, the rotation radius of the limb is shortened. Thus the transmission speed of the big and small links in the hitting period is accelerated. The center of gravity balance is stabilized by the motion and movement displacement of the supporting leg joint, thus improving the movement fluency of the flagellum technology during the recovery period.

Keywords: motion level; Flagellum technology; movement characteristic

[责任编辑 杨浦 刘洋]