



张坤和 TOM 的横踢技术运动生物力学比较分析

毛浓选

摘要: 设置靶模具和信号灯, 运用两台 CASIO-EXFH25 摄像机对两名国际级散打和泰拳选手后横踢动作进行同步拍摄, 采用 APAS 系统(美国)进行三维视频图像解析, 用 Megwin Me6000 表面肌电同步肌肉活动信号, 对中泰横踢技术各运动环节支撑腿和进攻腿腕、膝、踝关节速度和角度变化特征, 肌肉动员顺序、肌电特征进行对比分析, 寻找差距, 揭示技术动作内在规律, 以期为鞭腿技术动作的教学、训练提供科学依据。

关键词: 横踢技术; 支撑腿; 进攻腿; 角速度; 肌电

中图分类号: G808 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2017)02-0054-06

DOI: 10.12064/ssr.20170210

Comparative Analysis of Sports Biomechanics of Zhang Kun and Tom's Cross Kick

MAO Nongxuan

(Xi'an Physical Education University, Xi'an 710068, China)

Abstract: setting target mold and signal lamp, the author used two CASIO-EXFH25 cameras for the synchronized shooting of the two international level sanda and Thai boxing athletes Zhang Kun and Yeop Jireugi (Tom). APAS system (US) was used for 3D video image analysis. With Megwin Me6000 surface electromyographic synchronous signal of muscle activity, the paper makes a comparative analysis of the velocity and angle variation characteristics of the hip, knee and ankle of the supporting and attacking legs, muscle mobilization order and myoelectric features at the different movement stages. The aim of the study is to find the gap and reveal the inherent law of the technical movements so as to provide scientific reference for the teaching and training of the whip leg technical movements.

Key Words: cross kick; supporting leg; attacking leg; angular velocity; EMG

横踢腿是中国散打及泰拳运动的核心技术动作, 具有攻击距离长, 腰腹扭转预摆加速, 肌肉做功时间长, 攻击力度大, 运用方法灵活多变等技术特点。是在同场格斗对抗比赛中得分率最高, 重创对手的重要技法之一, 横踢腿——散打称为鞭腿, 泰拳称为横扫腿。除了国家武管中心定期举办的中泰对抗赛外, 国内商业赛事也如雨后春笋般的发展起来, 大批顶尖级泰拳选手涌入中国, 以其凌厉凶悍的膝技、横扫踢腿法, 使中方队员吃尽了苦头, 比赛互有胜负, 结果却令人深思。为了确保散打项目的优势地位, 除了在训练上狠下功夫之外, 对散打基本动作的科学研究工作, 提高科学化训练水平是当前需要解决的主要问题。本文运用生物力学手段, 解析两位国际级散打和泰拳队员横踢技术的生物力学特征, 对其各运动环节速度、角度、肌力、肌肉动员顺序及击打效果进行量化对比分析, 寻找其运动规律, 旨在为散打鞭腿动作科学化训练提供理论依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

表1 运动员基本情况

Table I Basic Information of the Athletes

姓名	年龄 /岁	身高 /cm	体质量 /kg	运动年限 /年	运动 等级
张坤(中国)	24	176	75	10	国际健将
TOM(泰国)	25	175	74	11	泰王杯冠军

1.2 实验方法

1.2.1 测试仪器

CASIO-EXFH25 摄像机两台, 拍摄频率为 120 Hz, 在两个机位可以同时拍到位置设置同步灯一个。拍摄距离 15 m, 镜头离地面 1.3 m, 两机夹角 80°, 同步灯亮起的第

收稿日期: 2017-01-07

基金项目: 陕西省体育局 2017 年备战第十三届全运会散打项目重点运动员科技攻关与服务(陕体办发[2016]12 号)。

作者简介: 毛浓选, 男, 副教授, 硕士。主要研究方向: 体育教育训练学。E-mail: 414270802@qq.com。

作者单位: 西安体育学院, 西安 710068。



一副图像在两个摄像机里同时出现,以此达到拍摄动作技术的同步。采用美国的艾里尔公司的 APAS 系统(美国)运动生物力学分析系统对获得视频图像进行解析,三维 DLT 辐框架进行定标,测试中选取 28 个框架点进行标定。肌电测试仪器: Megwin Me6000 表面肌电。击打模具: 特制球形沙袋模具。

1.2.2 测试方法

队员佩戴肌电测试设备,预备姿势站在悬吊状态下球形沙袋模具的正前方,沙袋中心部位依据中横踢技术的高度标示出击打点,沙袋模具与悬吊绳结合处设置一红色信号灯,信号灯由测试人随机控制,灯亮后,队员立即由预备姿势开始完成后横踢技术动作,直到还原到原始位置,对这一过程进行数据采集。

1.3 数据采集

横踢击打效果评定:运用沙袋受到击打后的摆动幅度来衡量击打效果,通过反复的预实验,选定沙袋模具重量为 20 kg。

横踢击技术数据采集:两位测试人员分别有效测试后横踢技术动作 6 次,由教练员、运动员综合评定两位受试者技术发挥最好的一次技术动作,进行运动学数据分析。

同步肌电数据采集:使用 Me6000 表面肌电记录运动过程中肌肉的表面肌电图(s EMG),同时一台摄像机(卡西欧 E-FH25)同步记录下动作的视频,摄像机的拍摄频率为 120 Hz,从同步获得的视频影像中得到横踢动作技术阶段的特征画面,以此来确定动作的时间以及与肌肉活动之间的关系。表面肌电标定记录方法:实验前,分别测定所选择肌肉的最大随意等长收缩(Maximal Voluntary Isometric contraction, MVIC)状态下的肌电信号,将实测肌电幅度(RMSact)除以最大自主收缩时肌电幅度(RMSmax),将比值定义为 RMS%。

2 结果与分析

2.1 横踢技术动作结构与阶段划分

鞭腿和横扫腿技术是中国散打与泰拳运动中的核心技术动作,都属于横向踢击腿法,其使用方法、击打效果、动作路线基本相同,因此本文研究中统称为横踢技术。依据踢击部位不同分为低、中、高 3 种横踢技术,本文研究选用正架(左势)右腿的中横踢技术作为研究对象。由于两个技术动作略有差别,为了便于比较分析,将这一踢击过程划分为几个重要的时刻,即: F₁ 灯亮时刻, T₁ 右脚蹬地、左脚踝关节内旋、重心转移至支撑腿时刻, T₂ 右脚离地时刻, T₃ 右腿膝关节角度增大时刻, T₄ 右小腿或者脚背腿打击沙袋时刻, T₅ 右腿还原落地时刻。依据动作结构划分为 5 个阶段, a(F₁-T₁): 预备阶段, A(T₁-T₂): 重心前移启动阶段, B(T₂-T₃): 提膝送髋阶段, C(T₃-T₄): 转髋扣膝、击中沙袋阶段, D(T₄-T₅): 收腿还原落地阶段。

2.2 中泰横踢技术击打效果的比较分析

击打效果评价基本上是运用击打的力量、速度以及作

用时间来衡量,为了更能真实的反映中泰横踢技术的击打效果,选用特制沙袋模具受力后在三维摆动幅度、完成动作所用时间来评定,测试数据如表 2、表 3。

表 2 沙袋摆动最大位移特征

Table II Maximum Displacement Characteristics of Sandbag Swing

	X/cm	Y/cm	Z/cm
TOM	49.12	36.12	24.21
张坤	40.21	27.12	18.03

表 3 横踢技术在各技术环节上的时间特征

Table III Time Characteristics of Cross Kick Skill at the Different Technical Points

	a 阶段/s	A 阶段/s	B 阶段/s	C 阶段/s	D 阶段/s	总时间/s
TOM	0.26	0.22	0.14	0.06	0.30	0.96
张坤	0.39	0.24	0.15	0.09	0.39	1.26

通过表 2 可以看出中泰横踢技术沙袋在 3 个维度上的位移幅度差异显著,分析认为,在对技术动作的理解与训练要求上,鞭腿技术要领(中国武术教程)“大腿带动小腿屈膝前摆、扣膝绷脚、向前挺膝鞭甩小腿、力达脚背或小腿下端”强调踢击腿各技术环节的动作方法;横扫腿技术要领:“抬腿、送胯、垫脚拧腰、胫骨扫出”,强调送髋拧腰、下肢与腰腹肌肉力量的有序协调配合,对技术动作的要求不同,产生的击打效果也不同。

在信号灯亮预备开始到踢击动作完成,整体用时横扫腿技术明显小于散打鞭腿技术,在各个技术关键点耗时来看,在 a、C、D 阶段差异显著。分析认为,散打技法有:拳打、脚踢、贴身摔、接腿摔,3 种技法相生相克,拳腿摔衔接属于异项转换,技术复杂,可直接接对方踢击腿摔,踢击后可接贴身摔,技法体系攻守平衡,对技法的运用要求不同。泰拳技法有:拳、腿、膝、肘,比赛过程注重动作击打的实际效果,站位高,快启快以及有跳跃性膝肘进攻,基本属于技法同项转换,衔接流畅,对技术动作的启动、还原有较高的要求。

通过表 2、3 的分析比较,泰拳横扫腿法击打效果明显优于散打鞭腿技术。同时发现建立在“相生相克”传统哲学思想上的散打技术体系攻守平衡更加科学合理。但是矛盾的两面总是对立统一的,拳谚云“进攻就是最好的防守”、“一力降十会”、“天下武功唯快不破”,对格斗功力和速度的重要性有很好的诠释。散打运动倡导拳腿摔均衡发展,胜负的判定有打点计分和“ko”获胜两种,高位横踢往往也是运动员获得胜利的杀手锏,提高散打鞭腿的击打效果,泰拳横扫腿技术有很好的借鉴价值。

2.3 中泰横踢技术髋关节速度特征与分析

表 4 及图 1、2 可以看见, T₂ 时刻(右脚离地)至提膝送髋阶段(B 阶段)中泰队员无明显差异性,说明这一运动环节技术特征很接近。在右腿离开地面的瞬间,髋关节有很较大的向上和向前加速度, B 阶段在 X 轴髋关节速度有一个明显的下降过程,从 1.7 m/s 下降到 0.5 m/s, Z 轴方向有一个突然加速的过程,从 0.5 m/s 增加到 1.7 m/s, 提膝送跨到达一定的位置后,向上、向前的运动趋势停止,



动量横向转移,与运动状态提膝送髋或者拧腰转髋技术相吻合,到达 T_3 时刻髋关节3个方向的线速度均降低到最低值,有突然制动的特征。照动量传递的基本原理,当一个环节把动量传递给另一个环节时,只有通过合理有序的制动,降低这个环节运动的线速度或者转动的角速度,才可以将动量有效地传递给另一个环节,在膝关节角度增大这一时刻则需要髋关节相对固定或者突然制动,将提膝送髋获得的动量传递到膝关节。在 T_3 时刻髋关节3个方向的速度散打队员显著大于泰拳队员,说明在这一时刻制动效果差,如髋的较大移动造成与有效的后续发力点产生了较大偏差,对膝关节获得有效的动量产生一定的影响。

表4 横踢技术髋关节速度参数

		X/m·s ⁻¹	Y/m·s ⁻¹	Z/m·s ⁻¹	3D/m·s ⁻¹
T ₂ 时刻	TOM	1.71	1.41	0.51	2.27
	张坤	1.69	1.48	0.49	2.29
B阶段髋合速度最大时刻	TOM	0.52	1.51	1.82	2.42
	张坤	0.48	1.42	1.67	2.24
T ₃ 时刻	TOM	0.19	0.32	0.21	0.42
	张坤	0.35	0.40	0.37	0.64
C阶段髋合速度最大时刻	TOM	0.95	0.70	0.62	1.33
	张坤	0.57	0.60	0.47	0.95
T ₄ 时刻	TOM	0.61	-0.28	-0.31	0.73
	张坤	0.57	-0.21	-0.27	0.66

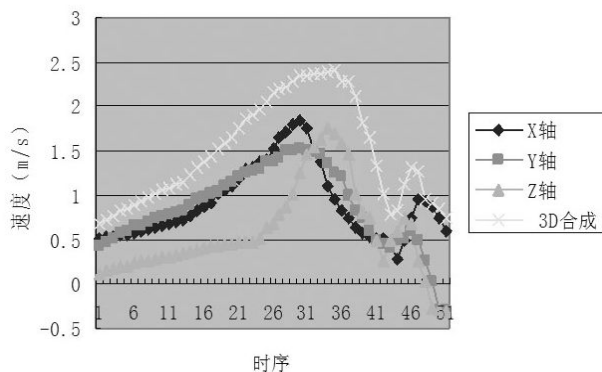


图1 TOM 髋关节速度曲线特征

Figure 1 Velocity Curve Characteristics of Tom's Hip

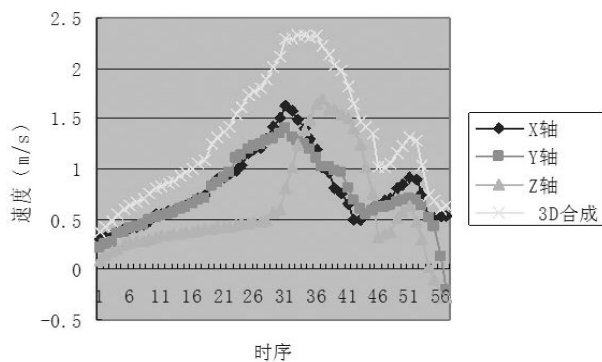


图2 张坤髋关节速度曲线特征

Figure 2 Velocity Curve Characteristics of Zhang Kun's Hip

在 T_3 到 T_4 时刻的C阶段(接触击打目标),出现了髋关节最大合速度峰值,髋速度显著增加,此时右脚早已离地,右下肢属于开放链运动,右髋速度的增加只有依靠躯干、髋部肌肉扭转发力,说明右腿膝关节角度增大至右小腿或者脚背腿打击沙袋时刻,腰腹肌以及髋部有着突然的二次发力,在后面肌电分析中也得到了证实,本研究出现的髋速度改变的情况与刘存忠^[12]研究结果相一致。在C阶段泰拳队员髋关节速度明显大于散打队员,分析认为,除了与左右方向躯干扭转的力量存在一定的差异之外,散打队员在 T_3 时刻速度较大有关,大小腿屈曲到最小角度并马上伸展之际制动不足,等需要髋关节二次发力时,髋部已偏离了合理的发力位置,躯干扭转的力点和有效力臂发生了很大的改变,并且由于打击速度、高度、力度的要求,中国散打队员髋的二次发力不足,造成散打队员此刻髋合速度的相对较低。

2.4 中泰横踢技术膝关节速度特征与分析

通过表5及图3、4发现膝关节速度在提膝送髋(T_2 - T_3)阶段无明显的差异性。C(T_3 - T_4)转髋扣膝击打阶段,向前和横向的速度突然增加,在垂直方向的速度下降明显,中泰散打队员的X、Z膝速度出现较大的差异。分析认为,在击打沙袋前的瞬间,躯干和髋部肌肉有明显的二次发力,髋部的扭转以及膝关节内扣,水平横向的速度加大,膝关节在达到一定击打高度后,内扣旋转将垂直运动的动量转化为移动横向动量,膝速度达到了峰值。因此有序、有力的髋部制动和腰腹肌肉爆发式用力为右膝的横向速度提高做出了很大的贡献。

表5 横踢技术膝关节速度参数

		X/m·s ⁻¹	Y/m·s ⁻¹	Z/m·s ⁻¹	3D/m·s ⁻¹
T ₂ 时刻	TOM	1.21	2.71	1.92	3.53
	张坤	1.19	2.81	1.87	3.57
T ₃ 时刻	TOM	2.21	2.91	2.10	4.21
	张坤	2.12	2.84	2.24	4.19
C阶段膝合速度最大时刻	TOM	3.72	1.42	3.60	5.36
	张坤	3.07	1.51	3.18	4.67
T ₄ 时刻	TOM	1.04	0.42	0.67	1.30
	张坤	0.82	0.52	0.85	1.29

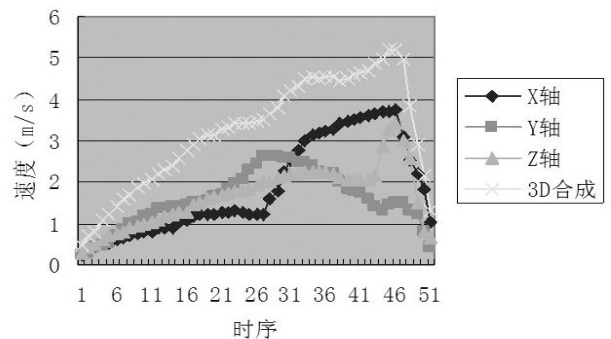


图3 TOM 膝关节速度曲线特征

Figure 3 Velocity Curve Characteristics of Tom's Knee

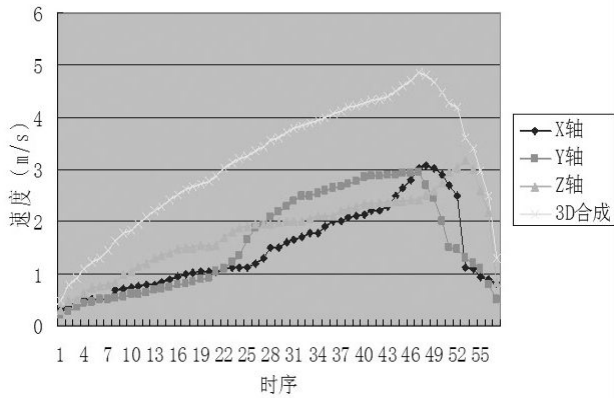


图4 张坤膝关节速度曲线特征

Figure 4 Velocity Curve Characteristics of Zhang Kun's Knee

T₄时刻,发现膝关节的速度快速下降,该速度下降说明大腿的运动在C阶段出现速度的峰值后出现了明显的制动,该制动的目的就是将大腿获得的转动动量最大程度地传递给小腿,为最后的打击创造条件。该时中泰队员膝关节的3个方向的速度虽不一致,但不具有显著性差异,说明散打队员膝关节也具有很好的制动效果。

2.5 中泰横踢技术膝、踝关节角度特征

从表6看出,在完成横踢腿技术过程中支撑腿有明显的蹬伸发力动作,以踝关节为轴向内有较大幅度的旋转,中泰队员在各技术环节中有不同程度的差异性,在C(T₃-T₄)阶段泰拳队员膝关节增加了14°,用时0.07s,散打队员增加了6°左右,用时0.09s,泰拳队员在该阶段支撑腿膝关节获得较大的角速度,角速度的变化反映出该阶段用力程度,在该阶段的强势发力,使得踢击腿的转动轴更加稳固,减少了在垂直轴线上能量损耗,为躯干和髋关节转动动量更加流畅地传至击打侧,增加打击高度和力量做出进一步的贡献。泰拳队员支撑腿向内旋转的角度略大于散打队员,支撑脚踝关节的内旋可以很好地加大打击侧髋旋转的距离,支撑脚的内旋依靠小腿腓肠肌有力的收缩,提高了支撑侧踝、膝、髋的高度进而提高打击侧髋的高度,为增加打击速度奠定基础。在T₃时刻膝关节速度增大,散打队员击打腿膝关节角度明显小于泰拳队员,照转动惯量力学知识判断,膝关节角度小,其转动惯量小,那么意味着下肢在后续整体移动过程中,小腿的击打速度更快。本研究认为完成横踢腿动作是全身各运动环节在速度、力量、节奏上有序统一的动量组合,当鞭打腿的膝关节角度太小时,造成了下肢总体转动相对较快,髋部发力不充分,当下肢转动的惯量达到一定程度后,只有依靠膝关节张力“挺膝”增大踝关节的击打速度,动作表象是依靠膝关节发力的“弹踢”现象。

另外,膝关节屈曲较多股四头肌被过度拉长,造成肌肉阻力臂的加大,影响了肌肉收缩做功,肌肉本体感受器的敏感程度受到影响。也是散打鞭腿穿透力不强,有力使不出的主要原因。

表6 横踢技术膝、踝关节角度参数

Table VI Angle Parameters of Knee and Ankle of Cross Kick Skill

		支撑腿膝 关节角度/°	支撑脚在水平 面与X轴夹角/°	支撑脚在垂直方 向与地面夹角/°	鞭打腿 膝角/°
T ₂	TOM	145.1	-12.10	4.32	151.2
时刻	张坤	146.2	-11.2	3.21	153.6
T ₃	TOM	155.33	17.10	10.10	68.24
时刻	张坤	156.20	18.24	11.54	60.12
T ₄	TOM	169.2	22.2	17.5	145.2
时刻	张坤	162.4	21.2	13.14	148.3

2.6 中泰横踢技术踝关节速度特征与分析

从表7及图5、6中可以看出,通过髋膝环节的动量传递在C阶段(小腿鞭打沙袋的瞬间),3个维度上的合速度增加到最高峰值,中泰队员在X轴和Z轴速度相差达到0.9~1.5m/s,这一结果在前面几个技术环节的分析中得到了验证。在T₄时刻膝关节运动高于髋关节,两腿夹角相对固定的,踝关节在垂直方向上和向前的运动突然受到一定程度的限制,整体能量转换为横向运动,在T₄时刻踝关节在X轴上接触沙袋的瞬间达到了最大值,将整个运动环节能量聚集在横向这一个面或者一个点上,完成最后的一击。

表7 横踢技术踝关节速度参数

Table VII Ankle Velocity Parameters of Cross Kick Skill

		X/m·s ⁻¹	Y/m·s ⁻¹	Z/m·s ⁻¹	3D/m·s ⁻¹
T ₂ 时刻	TOM	1.64	0.72	2.02	2.69
	张坤	2.46	0.89	1.90	3.23
T ₃ 时刻	TOM	2.67	4.24	6.68	8.35
	张坤	2.32	3.89	6.04	7.54
C阶段踝合速度最大时刻	TOM	5.75	5.02	7.78	10.89
	张坤	4.86	4.63	6.21	9.14
T ₄ 时刻	TOM	6.75	3.14	2.72	7.92
	张坤	5.87	3.10	2.30	7.02

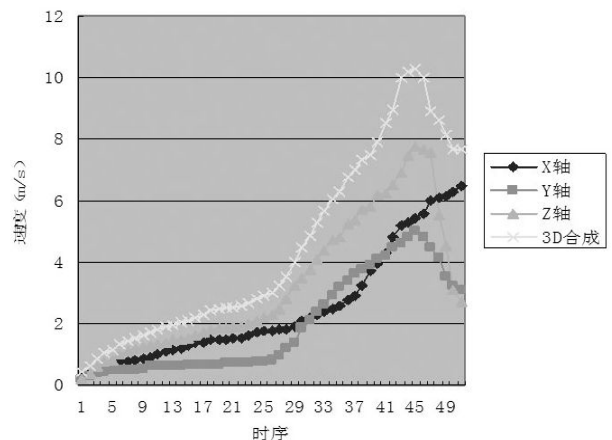


图5 TOM 踝关节速度曲线特征

Figure 5 Velocity Curve Characteristics of Tom's Ankle

2.7 中泰横踢技术在各技术环节上的肌电特征与分析

从图7、8及表8各运动环节肌电图来看,中泰队员横踢腿技术肌肉动员与发力顺序、肌肉力量有明显的差异

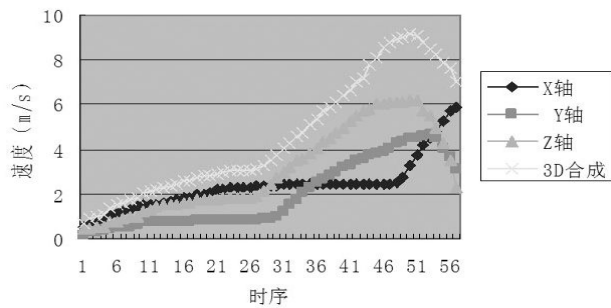


图 6 张坤踝关节速度曲线特征

Figure 6 Velocity Curve Characteristics of Zhang Kun's Ankle

性。在 B 阶段(T_2 - T_3)泰拳队员是击打腿和腰腹肌肉先动员,借助右腿蹬地的反作用力,在技术环节上表现出有明显向前送髋动作,髋部带动膝关节,右侧躯干和下肢形成良好的肌肉牵张反射,增大了肌肉力量。散打队员支撑腿肌肉先动员,击打腿蹬地获得反作用力,完成大小腿折叠获得较高的速度, T_3 时刻髋关节制动不足,髋关节发力不明显,在 C 阶段(击打阶段)依靠下肢惯量和膝关节张力获得踝关节击打时刻的加速度。泰拳队员在 C 阶段支撑腿爆发式蹬地发力,为鞭打腿提供稳固的支撑和旋转轴,右侧腹直肌、右侧腹外斜肌二次发力,将全身力量集中在击打沙袋这一瞬间爆发出来。

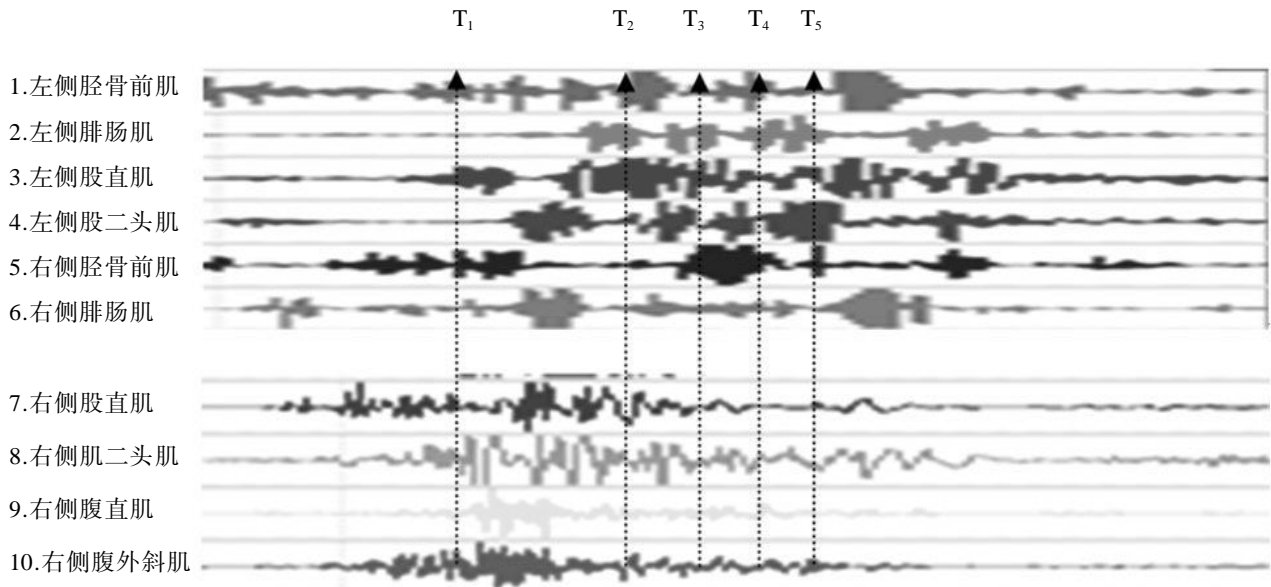


图 7 张坤鞭腿肌电图

Figure 7 EMG of Zhang Kun's Whip Leg

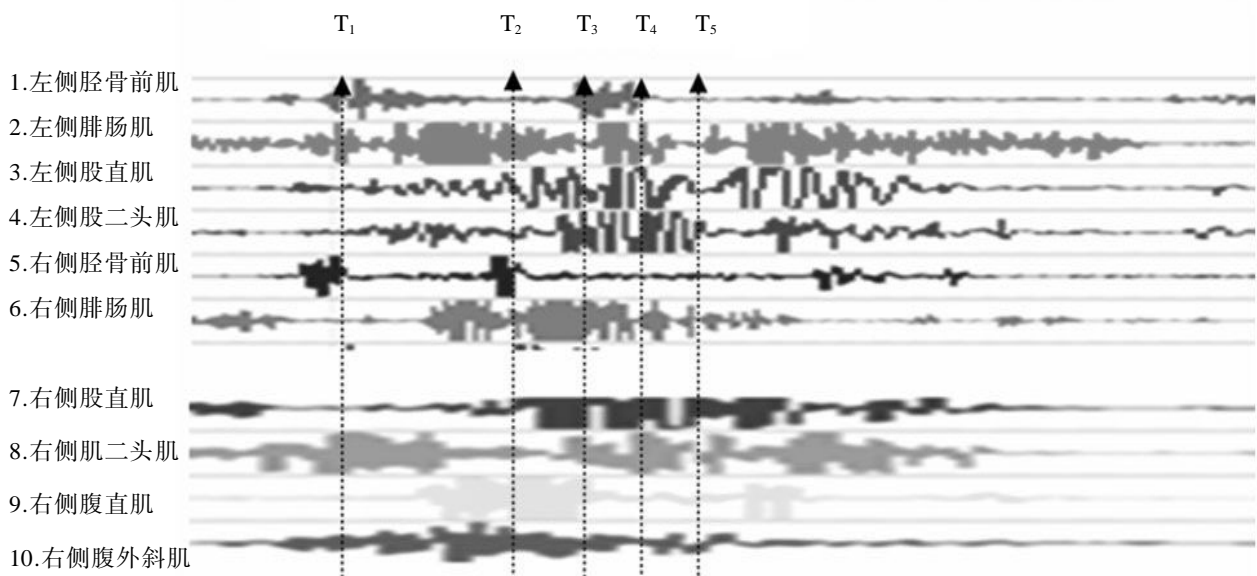


图 8 TOM 鞭腿肌电图

Figure 8 EMG of Tom's Whip Leg



表 8 横踢技术各环节表面肌电 RMS%

Table VIII Surface Myoelectric RMS% at the Different Technical Points of Cross Kick

	A 阶段 (T ₁ -T ₂)		B 阶段 (T ₂ -T ₃)		C 阶段 (T ₃ -T ₄)		D 阶段 (T ₄ -T ₅)	
	TOM	张坤	TOM	张坤	TOM	张坤	TOM	张坤
左侧胫骨前肌肉	15.71%	18.57%	8.86%	14.86%	25.71%	15.71%	6.00%	9.00%
左侧腓肠肌	26.00%	12.60%	17.00%	28.40%	46.00%	21.20%	18.20%	24.00%
左侧股直肌	12.20%	16.40%	30.00%	34.00%	50.00%	24.00%	14.20%	18.80%
左侧股二头肌	5.25%	9.75%	19.50%	25.75%	70.00%	42.50%	37.50%	43.75%
右侧胫骨前肌肉	11.71%	12.43%	6.14%	13.71%	6.43%	26.43%	4.43%	4.86%
右侧腓肠肌	25.80%	27.60%	36.80%	15.60%	32.00%	16.40%	18.40%	8.40%
右侧股直肌	19.20%	16.80%	14.40%	9.00%	21.00%	15.80%	36.00%	7.60%
右侧股二头肌	30.00%	27.50%	50.25%	22.25%	30.25%	23.50%	30.00%	10.25%
右侧腹直肌	10.00%	10.25%	25.50%	17.75%	77.50%	23.00%	35.00%	13.00%
右侧腹外斜肌	12.33%	8.33%	63.33%	25.33%	80.00%	34.33%	28.67%	12.67%

注:RMS%=RMSACT/ RMSMAX.

在 D 阶段,泰拳队员右侧股直肌、股二头肌、腹直肌有持续发力的过程,加长了击打腿力的作用时间,增加了横踢击打穿透力。另外击打瞬间高度的肌肉紧张也是防止肌肉挫伤的主要因素,也是泰拳选手实战踢击“凶悍”和无所顾忌主要原因。散打队员踢击瞬间肌紧张程度不高,击打后又迅速抽腿撤离的习惯,这主要与散打技术体系以及强调防止接腿摔有一定的关系。合理的技术动作结构、科学的肌肉动员发力顺序、强大的腰腹肌以及下肢肌肉力量是构成横踢腿技术的重要因素。

3 结论

3.1 将横踢技术按照运动环节划分为 a 预备、A 重心前移、B 提膝送髋、C 转髋扣膝击打、D 收腿还原 5 个阶段;泰拳队员击打效果优势明显,表现为沙袋摆动幅度大和完成动作时间短。

3.2 髋、膝关节速度在 B(T₂-T₃)阶段,中泰队员技术特征相近,提膝送髋获得较大的合速度。在 T₃ 时刻髋关节有突然制动现象,泰拳队员髋速度下降显著,在 C 阶段伴随腰腹髋关节二次发力,在 X、Z 方向膝、髋速度明显大于散打队员。因此有序、有力的髋部制动和腰腹肌爆发式用力,为膝关节横向速度提高做出了重大的贡献。

3.3 支撑腿在 C 阶段泰拳选手有爆发式蹬伸动作,膝夹角增长了 14°,用时 0.07 s,散打队员增加了 6°,用时 0.09 s,同时踝关节内旋角度大于散打队员,对击打腿获得更快的速度有一定的帮助。击打腿夹角在 T₃ 时刻散打队员明显小于泰拳队员,分析认为膝关节过度屈膝增大了股四头肌阻力臂,影响了肌肉收缩做功,不利于动量的传输,当下肢转动的惯量达到一定程度后,只有依靠膝关节张力“挺膝”增大踝关节的击打速度。

3.4 送髋动作, 右侧肢体形成良好的肌肉牵张反射。散打队员支撑腿肌肉先动员,通过蹬地与提膝获得较高的髋膝速度,在 C 阶段腰腹肌发力不明显。泰拳队员在 C 阶段支撑腿蹬地以及右侧腰腹肌爆发式发力, 并且 D 阶段击打

腿有持续发力的现象。另外击打瞬间高度的肌紧张也是防止肌肉挫伤的主要因素。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 刘存忠,李玉刚.我国优秀男子散打运动员鞭腿进攻肢体的打击速度与位移特征分析[J].武汉体育学院学报,2007,41(3):73-76.
- [3] 苏健蛟.鞭腿击打不同类型目标对支撑腿膝关节损伤的危险因素变量分析[J].沈阳体育学院学报,2015,34(3):126-131.
- [4] 李映琳.跆拳道不同横踢腿技术下肢关节和击打力的运动力学比较分析[J].韩国体育科学,2012,21(2):1345-1354.
- [5] 阴晓林.散打鞭腿动作的运动力学分析[D].上海:上海体育学院,2013.
- [6] 李岷芮.女子散打后高鞭腿技术动作的生物力学分析[D].沈阳:沈阳体育学院,2015.
- [7] 刘存忠.武术散打鞭腿动作二次发力特征剖析[J].成都体育学院学报,2014,40(3):65-68.
- [8] 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.
- [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.
- [10] 刘存忠,陈婷婷.散打鞭腿技术进攻腿三维运动学与表面肌电特征同步研究[J].广州体育学院学报,2010,30(6):68-71.
- [11] 王健.S EMG 信号分析及其应用研究进展[J].体育科学,2000,20(4):56-60.
- [12] 吴瑛,刘海瑞,张庆文,等.我国优秀男子拳击运动员后手直拳击打环节相关肌群的 EMG 特征及其运动学分析[J].中国体育科技,2012(2):57-62.
- [13] 全国体育院校教材委员会.中国武术教程[M].北京:人民体育出版社,2004.

(责任编辑:何聪)