

足球高踢技术动作下肢环节链 的生物力学特征分析^①

李 晔

成都体育学院 足球运动学院, 成都 610041

摘要: 目的: 探讨大学足球校队足球运动员与一般健身者在执行足球高踢动作时, 整个动作下肢各肢段及关节活动范围, 为足球教学人员及教练员的课堂教学提供参考. 方法: 采用 Qualisys 运动图像拍摄及解析系统(瑞典)获取足球高踢动作摆动腿各肢段运动学参数. 拍摄频率 100 帧/s, 数字摄像机将摄取到反光球反射的模拟讯号, 透过视讯与模拟讯号处理器, 将模拟讯号转换成数字信号, 进而获得相应运动学参数. 结果: ①在相近的时相阶段, 足球运动员大腿肢段后摆最大角度、小腿肢段后摆最大角度、足肢段后摆最大角度均显著大于一般健身者; ②高踢过程中, 足球运动员膝关节总活动范围与一般健身者并无差异, 前者踝关节活动度范围显著大于一般健身者; ③足球运动员与一般健身者执行高踢动作的总时间、足踢最大高度、下肢各肢段达到最大后摆时间、最大角度峰值、最大后摆角速度及最大前摆角速度等参数发生的时间与一般健身者无差异. 结论: 与一般健身者相比, 足球运动员是通过增加下肢肢段的后摆角度, 从而获得较快的肢段速度.

关键词: 足球高踢; 下肢, 关节运动学, 活动度

中图分类号: G804

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)08-0063-07

足球是由跑、跳、掷、踢等特定动作组成的技术结构非常复杂的运动. 在足球的多种不同技巧中, “踢”是最为重要且最基本的动作, 踢的动作可以延伸成为射门、带球、传球等. 近年来, 已经有许多的学者针对“踢”进行了研究, 其中包含踢球球速、踢球脚与支撑脚运动表现^[1-3]. 研究中经常被使用的一种技法是利用脚背踢球, 这种动作的目的通常是产生较快的球速, 或者可以把球传得更高、更远^[3]. 为了达到快速的动作, 运动时身体肢段间常会作些快速抛射动作, 其目的是使肢段末端(手或足)的速度达到最大, 其执行模式是一种由近到远鞭打动作, 其技术特征是近端肢段先开始转动, 接着远程肢段才开始旋转, 而当近端肢段达到最大角速度后, 接着远程的肢段才达到最大的角速度^[4]. 由于快速动作都是在短时间内完成, 不论是肢段末端或是抛出的物体都具备很高的速度, 因此, 肌肉收缩带动骨骼系统而产生力矩(或内力), 在此过程中扮演着至关重要角色^[5-6].

Taishu Nakamura 等^[7]研究发现, 运动训练中受试者下肢各关节的角速度明显加快, 当球与脚接触瞬间, 脚尖与踝关节的线速度也比对照组大, 故可认为肌肉强度与踢球表现可借由训练得到改善; K. Murakami 等^[2]指出运动员使用惯用脚踢球可得到较快的球速, 其原因因为惯用脚比非惯用脚在肢体间的动作与下肢各肢段速度的转换有较佳的运动表现; Keiko Sakamoto 曾提出^[8]踢动作是一种击打模式, 它类似于跑步动作的变化以及走路模式下的改变, 较大的不同处在于其施力是在摆荡的肢段, 而非提供支撑的肢段, 且最后力量产生的阶段, 主要是在膝关节伸展时的活动; Samuel Fraser^[9]研究足球运动中以脚背方式踢球的腿部肢段动作, 发现其依循一种连续性的运动模式, 也就是说在髋关节屈曲后、膝关节再接续伸展. 目前国内对足球“踢”动作的研究文献不多, 张庭然等^[10]招募 12 名受试者对地面球、1/2 膝关节高、膝关节高

① 收稿日期: 2018-01-01

作者简介: 李 晔(1976-), 男, 副教授, 主要从事足球教学与训练.

3 种位置进行脚背正面射门和空踢研究, 结果发现脚背正面射门击球点高度越低球速越快, 故脚背正面射门想要获取更快球速就应该在球高度处于较低位置时将球踢出, 而支撑腿受到的地面反作用力与踢出球的球速无关; 邵义峰等^[11]对脚背内侧、脚背正面、脚内侧及脚背外侧 4 种踢球动作的摆动腿生物力学特征进行了研究, 发现 4 种基本踢球方式摆动腿的摆动时间、幅度及速度均表现出不同的特点, 后摆阶段摆动腿肌群的兴奋程度表现出了较好的一致性, 而前摆阶段摆动腿肌群的兴奋程度表现出了较大差异性。

综合上述学者关于足球“踢”的相关文献, 主要集中于如何使脚尖跟脚背在与球接触时, 能得到最大速度与加速度, 以期使球产生最快的飞行速度, 且球的摆放位置多数放在场地草坪上呈静态方式, 对于足球运动员在执行足球高踢动作时, 整个动作过程中下肢各肢段运动学及关节的活动范围是如何变化的研究相对较少, 本研究希望弥补这方面不足, 为足球教学人员及教练员的课堂教学提供一定的参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

20 名年轻健康男性自愿参与本次研究, 其中 10 名属一般健康受测者(平均年龄 (23.15 ± 1.76) 岁、平均身高 (170.43 ± 5.45) cm), 另外 10 名属校足球队队员(平均年龄 (21.68 ± 1.47) 岁、平均身高 (173.56 ± 5.57) cm、球龄平均 (5.62 ± 1.47) 年)。所有受测者实验前经体检均无神经、肌肉或骨骼方面的疾病。实验开始时, 首先量测各受测者的人体形态指标, 含身高、体质量以及左、右侧大腿的长度(股骨大转子到外侧上髁处)和左、右侧小腿的长度(外侧关节线到外侧脚踝位置), 为了避免误差值的产生, 这些量测动作将由同 1 名施测者进行。

1.2 研究方法

1.2.1 研究工具

采用运动图像采集及分析软件(Vicon Motion Systems, Oxford Metrics, UK), 抓取反光球在空间中的位置, 取样频率 200 Hz。此系统包含 6 架摄影机及一组计算机, 经由软件计算与转换可获得下肢各关节的运动学参数。

1.2.2 实验程序

1) 实验前的培训工作。由于本研究中的对照组为普通健康大学生, 其中绝大多数无踢足球的经历, 为了确保实验的顺利进行, 在正式实验前聘请了一位足球教练对该组学生进行高踢球动作培训(踢足球运动员以高远传球的形式将球尽可能踢高踢远)。整个培训时间一周, 每天一次课(下午: 15:00—16:00), 直到每位受试者熟悉掌握高踢球动作要领为止。

2) 为获取下肢各肢段的空间位置, 研究将 15 个反光球贴于下肢特定的解剖位置, 包含左右髂前上棘、骶椎、左右大腿外侧、左右膝关节旋转轴外侧、左右小腿外侧、左右踝关节外侧、左右足跟及左右第五跖骨处。

3) 实验进行前先对受试者说明试验步骤与方法, 并进行适当的热身动作后, 于各特定位置粘贴反光球, 粘贴完成后, 量取个人的人体测量资料。因实验室空间有限, 为避免足球离地后, 碰撞实验室其他器材, 造成仪器损坏, 本研究提供一颗有颜色的气球, 将其固定置放于跑道上, 当作一个可使受测者沿着矢状面执行踢击的目标物, 这个目标物的主要用途是为使受试者能更逼真地完成高踢动作。

4) 正式实验时, 受测者沿着跑道上的红线前进, 用惯用脚脚背踢击目标物, 顺势完成高踢动作。先经过几次练习以及熟悉动作过程, 后获取 10 次高踢动作, 经由反光球在空间的位置坐标变化值换算各肢段空间位置及关节角度变化, 每位受试者选取踢球完成后脚趾端高度达到最高的那次资料作为正式数据用于随后的统计分析。

1.2.3 数据初始处理

本研究只探讨下肢在矢状面内运动学特征, 故将大腿与小腿肢段的角度定义为该肢段的长轴与铅垂线的夹角(大腿角为 θ_i ; 小腿角为 θ_s), 当肢段长轴与铅垂线重合时为计为 0 度, 肢段往前摆动时的角度为正值, 往后摆动时的角度为负值; 足肢段的角度(θ_f)为长轴与水平线夹角, 足肢段往上摆动时的角度为正值、往下摆动时的角度为负值, 将各肢段的角度作时间微分即可获得各肢段角速度; 膝关节的角度(θ_k)为大腿

肢段与小腿肢段的夹角，踝关节的角度为小腿肢段与足肢段的夹角(θ_A)减掉 90 度，正值为背屈，负值为跖屈(图 1)。

1.2.4 数理统计法

使用 SPSS13.0 统计分析软件对 2 组受试者的大、小腿、足三支段及膝关节、踝关节在整个高踢周期中角度变化及各肢段、关节角度达到极值时的时间差异等指标进行统计分析，所有指标的统计学显著水平定为 $\alpha=0.05$ 。

2 研究结果

2.1 大腿支段角度特征分析

由表 1 可知：

1)大腿、中腿及足三支段角变化范围几乎呈现相同的规律，即足球运动员变化角度比一般健身者明显要大($p<0.05$)，依次表现为：大腿肢段足球运动员与一般健身者分别为(160.25 ± 20.48)°，(117.89 ± 18.57)°，小腿肢段角分别为(200.68 ± 31.47)°，(170.25 ± 28.26)°，足段角分别为(224.21 ± 35.12)°，(170.01 ± 34.26)°。

2)最大后摆瞬间，大腿、小腿及足支段角同样表现一致，即足球运动员显著大于一般健身者，对应值分别为：大腿：足球运动员与一般健身者分别为(-37.47 ± 8.66)°，(-16.19 ± 12.74)°($p<0.05$)；小腿：足球运动员与一般健身者分别为(-112.47 ± 19.57)°，(-80.58 ± 24.66)°($p<0.05$)；足：足球运动员与一般健身者分别为(-138.62 ± 20.17)°，(-96.13 ± 32.16)°($p<0.05$)。

3)足与球碰撞瞬间，足球运动员大腿肢角段明显的比一般健身者向后摆动角度大((-15.13 ± 8.03)°对(-3.77 ± 6.64)°， $p<0.05$)；而小腿肢段角足球运动员与一般健身者差异无统计学意义((-29.37 ± 9.65)°对(-28.91 ± 10.14)°， $p>0.05$)；足支段角与大腿支段角规律相似，足球运动员与一般健身者相比差异具有统计学意义((-38.01 ± 15.51)°对(-24.77 ± 12.94)°， $p<0.05$)。

4)足与球碰撞分离(结束瞬间)，足球运动员大腿、小腿及足三支段角与一般健身者相比差异无统计学意义(大腿：足球运动员与一般健身者分别为(122.02 ± 19.47)°对(120.41 ± 28.54)°， $p>0.05$)；小腿：足球运动员与一般健身者分别为(91.65 ± 27.25)°对(89.87 ± 23.21)° $p>0.05$)；足：足球运动员与一般健身者分别为(80.44 ± 31.08)°对(79.66 ± 24.03)°， $p>0.05$)。

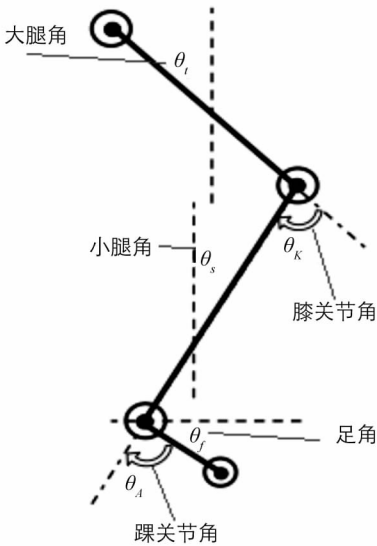


图 1 下肢肢段角及关节角定义图

表 1 高踢周期内大腿、小腿及足关键时相支段角特征统计表

部位	指标	足球运动员	一般健身者	T 检验
大腿 支段 θ_t	最大后摆瞬间/°	-37.47 ± 8.66	-16.19 ± 12.74	$p<0.05$
	碰球瞬间/°	-15.13 ± 8.03	-3.77 ± 6.64	$p<0.05$
	结束瞬间/°	122.02 ± 19.47	120.41 ± 28.54	$p>0.05$
	变化范围/°	160.25 ± 20.48	117.89 ± 18.57	$p<0.05$
小腿 支段 θ_s	最大后摆瞬间/°	-112.47 ± 19.57	-80.58 ± 24.66	$p<0.05$
	碰球瞬间/°	-29.37 ± 9.65	-28.91 ± 10.14	$p>0.05$
	结束瞬间/°	91.65 ± 27.25	89.87 ± 23.21	$p>0.05$
	变化范围/°	200.68 ± 31.47	170.25 ± 28.26	$p<0.05$
足 支 段 θ_f	最大后摆瞬间/°	-138.62 ± 20.17	-96.13 ± 32.16	$p<0.05$
	碰球瞬间/°	-38.01 ± 15.51	-24.77 ± 12.94	$p<0.05$
	结束瞬间/°	80.44 ± 31.08	79.66 ± 24.03	$p>0.05$
	变化范围/°	224.21 ± 35.12	170.01 ± 34.26	$p<0.05$

注：各肢段角“变化范围”为肢段的最大角度与最小角度差。

2.2 下肢各肢段角速度变化特征分析

表 2 显示：

1)大腿肢段角速度在动作开始时，足球运动员的起始角速度与一般健身者差异无统计学意义((−4.21±2.03) rad/s 对 (−3.79±1.61) rad/s, $p>0.05$)，当高踢球结束时，足球运动员角速度显著大于一般健身者((1.27±0.41) rad/s 对(0.26±0.55) rad/s, $p<0.05$)；足球运动员在高踢周期中角速度第一峰值显著高于一般健身者((9.87±0.68) rad/s 对(8.11±1.87) rad/s, $p<0.05$)，第二个峰值同样表现为足球运动员显著高于一般健身者((7.84±1.62) rad/s 对(5.45±1.31) rad/s, $p<0.05$)，差异具有统计学意义。

2) 小腿肢段的角速度在动作开始时，足球运动员与一般健身者差异无统计学意义((−2.09±1.44) rad/s 对(−2.27±1.19) rad/s, $p>0.05$)，在高踢动作结束时，足球运动员角速度与一般健身者同样差异无统计学意义((−0.82±0.47) rad/s 对(−0.91±0.74) rad/s, $p>0.05$)；第一峰值出现在小腿后摆，足球运动员最大角速度显著大于一般健身者((−12.27±2.81) rad/s 对(−7.56±2.88) rad/s, $p<0.05$)，第二峰值出现向前加速阶段，足球运动员角速度显著大于一般健身者((24.05±2.85) rad/s 对(18.61±3.09) rad/s, $p<0.05$)，差异具有统计学意义。

3) 足肢段角速度曲线与小腿表现基本类同，在踢球开始时，足球运动员的角速度与一般健身者差异无统计学意义((−8.29±2.67) rad/s 对(−8.31±3.15) rad/s, $p>0.05$)，当踢球结束时，足球运动员角速度与一般健身者差异仍不具有统计学意义((−0.84±0.63) rad/s 对(−0.91±1.74) rad/s, $p>0.05$)；第一峰值(极小值)，足球运动员显著高于一般健身者((−14.06±2.15) rad/s 对(−10.17±3.11) rad/s, $p<0.05$)，第二峰值(极大值)，足球运动员显著高于一般健身者((26.62±4.14) rad/s 对(17.58±5.13) rad/s, $p<0.05$)，差异具有统计学意义。

表 2 高踢周期内大腿、小腿及足关键时相支段角速度特征统计表 rad/s

类别	指 标	足球运动员	一般健身者	T 检验
大腿角速度	碰球瞬间	−4.21±2.03	−3.79±1.61	$p>0.05$
	结束瞬间	1.27±0.41	0.26±0.55	$p<0.05$
	第一峰值	9.87±0.68	8.11±1.87	$p<0.05$
	第二峰值	7.84±1.62	5.45±1.31	$p<0.05$
小腿角速度	碰球瞬间	−2.09±1.44	−2.27±1.19	$p>0.05$
	结束瞬间	−0.82±0.47	−0.91±0.74	$p>0.05$
	第一峰值	−12.27±2.81	−7.56±2.88	$p<0.05$
	第二峰值	24.05±2.85	18.61±3.09	$p<0.05$
足角速度	碰球瞬间	−8.29±2.67	−8.31±3.15	$p>0.05$
	结束瞬间	−0.84±0.63	−0.91±1.74	$p>0.05$
	第一峰值	−14.06±2.15	−10.17±3.11	$p<0.05$
	第二峰值	26.62±4.14	17.58±5.13	$p<0.05$

2.3 下肢各关节角度变化

表 3 显示：

1) 高踢周期内，足球运动员的膝关节变化范围与一般健身者差异无统计学意义((91.25±17.13)°对(87.19±18.41)°, $p>0.05$)；动作起始时，足球运动员的起始角度与一般健身者差异无统计学意义((18.24±10.54)°对(20.77±17.01)°, $p>0.05$)；当高踢结束时，足球运动员的膝关节角度显著大于一般健身者((35.01±16.58)°对(17.47±19.09)°, $p<0.05$)，差异具有统计学意义；整个高踢动作周期内，足球运动员膝关节最大屈曲角度与一般健身者差异无统计学意义((91.52±12.54)°对(86.89±20.14)°, $p>0.05$)。

2) 高踢周期内，足球运动员踝关节变化范围显著大于一般健身者((41.16±8.99)°对(31.36±11.08)°, $p<0.05$)，动作起始时，足球运动员踝关节起始角度显著大于一般健身者((−9.77±7.14)°对(−2.93±6.13)°, $p<0.05$)，差异具有统计学意义；当高踢结束时，足球运动员的踝关节角与一般健身者差异无统计学意义((−4.63±5.12)°对(−3.59±2.74)°, $p>0.05$)。整个高踢动作周期内，足球运动员踝关节(23.40±7.39)%达到最大的跖屈角度((−37.13±11.02)°)；一般受测者的踝关节角度在高踢开始时

为 $(-2.93\pm5.13)^{\circ}$ ，在高踢周期，足球运动员最大跖屈角度显著大于一般受试者 $((-37.13\pm11.02)^{\circ}$ 对 $(-21.10\pm17.53)^{\circ}$ ， $p<0.05$)，差异具有统计学意义。

表 3 高踢周期膝、踝关节角变化特征统计表

类别	指 标	足球运动员	一般健身者	<i>T</i> 检验
膝关节角 θ_k	起始瞬间/ $^{\circ}$	18.24±10.54	20.77±17.01	$p>0.05$
	结束瞬间/ $^{\circ}$	35.01±16.58	17.47±19.09	$p<0.05$
	最大屈曲角/ $^{\circ}$	91.52±12.54	86.89±20.14	$p>0.05$
	变化范围/ $^{\circ}$	91.25±17.13	87.19±18.41	$p>0.05$
踝关节角 θ_A	起始瞬间/ $^{\circ}$	-9.77±7.14	-2.93±5.13	$p<0.05$
	结束瞬间/ $^{\circ}$	-4.63±5.12	-3.59±2.74	$p>0.05$
	最大屈曲角/ $^{\circ}$	-37.13±11.02	-21.10±17.53	$p<0.05$
	变化范围/ $^{\circ}$	41.16±8.99	31.36±11.08	$p<0.05$

2.4 下肢段时空特征分析

表 4 显示：

- 1) 足球运动员与一般健身者在执行高踢动作的总时间差异无统计学意义 $((0.561\pm0.058)$ s 对 (0.542 ± 0.084) s， $p>0.05$)；高踢达最大高度两者差异无统计学意义 $((1.27\pm0.33)$ m 对 (1.19 ± 0.57) m， $p>0.05$)。
- 2) 在高踢周期中，足球运动员与一般健身者大腿肢段达到最大后摆时间差异无统计学意义(分别为高踢周期的 $(23.15\pm2.11)\%$ 、 $(21.13\pm4.18)\%$ ， $p>0.05$)；足球运动员小腿肢段达到最大后摆为高踢周期的 $(34.87\pm3.15)\%$ ，一般受测者为 $(32.69\pm5.79)\%$ ，差异无统计学意义；
- 3) 足球运动员足肢段后摆最大角度发生时为高踢周期 $(34.62\pm6.15)\%$ ，而一般受测者为 $(32.47\pm4.16)\%$ ，差异无统计学意义；足球运动员后摆最大角度第一峰值及第二峰值出现时间与一般健身者差异无统计学意义(分别 $(41.63\pm5.14)\%$ 对 $(43.58\pm4.14)\%$ 、 $(78.69\pm10.14)\%$ 对 $(76.14\pm9.32)\%$)，足球运动员与一般健身者小腿后摆最大角速度出现时间差异无统计学意义 $((22.15\pm3.06)\%$ 对 $(19.89\pm5.08)\%$ ；
- 4) 足球运动员达到最大前摆角速度发生时间与一般健身者差异无统计学意义 $((56.06\pm5.33)\%$ 对 $(57.14\pm5.58)\%$)；在踢球周期的 $(14.89\pm4.21)\%$ 时，足球运动员足角速度降到极小值，而在踢球周期的 $(51.88\pm4.15)\%$ 达到最大值，一般受测者的出现时间分别是 $(13.46\pm1.75)\%$ 及 $(53.74\pm5.62)\%$ ，两者差异无统计学意义；
- 5) 足球运动员在高踢周期的达到最大屈曲角度与一般受测者差异无统计学意义 $((42.94\pm2.51)\%$ 对 $(41.80\pm6.12)\%$)；足球运动员在高踢周期的达到最大跖屈角度时间与一般受试者差异无统计学意义 $((23.65\pm7.39)\%$ 对 $(24.38\pm5.16)\%$)。

表 4 高踢周期中下肢段关键时相出现的所占动作周期时间百分比统计表

指 标	足球运动员	一般健身者	<i>T</i> 检验
高踢动作总时间/s	0.561±0.058	0.542±0.084	$p>0.05$
高踢动作所达最大高度/m	1.27±0.33	1.19±0.57	$p>0.05$
大腿最大后摆角出现时间/%	23.15±2.11	21.13±4.18	$p>0.05$
小腿最大后摆角出现时间/%	34.87±3.15	32.69±5.84	$p>0.05$
足最大后摆角出现时间/%	34.62±6.15	32.47±4.16	$p>0.05$
大腿角速度第一峰值出现时间/%	41.63±5.14	43.58±3.66	$p>0.05$
大腿角速度第一峰值出现时间/%	78.69±10.14	76.14±9.32	$p>0.05$
小腿向后最大角速度出现时间/%	22.15±3.06	19.89±5.08	$p>0.05$
小腿向前最大角速度出现时间/%	56.06±5.33	57.14±5.58	$p>0.05$
足段角速度下降至最小值时间/%	14.89±4.21	13.46±1.75	$p>0.05$
足段角速度下降至最大值时间/%	51.88±4.15	53.74±5.62	$p>0.05$
膝关节最大屈曲角出现时间/%	42.94±2.51	41.80±6.12	$p>0.05$
踝关节最大跖屈角出现时间/%	23.65±7.39	24.38±5.16	$p>0.05$

3 分析与讨论

相关学者研究指出^[12-14],为了向前快速射门或远距离传球,足球运动员腿部会尽量往后作拉摆动作,让下肢运动速度增加以产生更大的力量.本研究结果表明,足球运动员大腿、小腿或足肢段的活动度明显大于一般受试者,但由于向前踢的最大角度值并无差异,因此造成活动度较大的原因是足球运动员在踢球时大腿往后伸展、小腿往后屈曲以及足肢段跖屈时的角度显然大于一般受试者,这使得肢段后摆角度较大,也就是腿部尽量往后做拉摆动作.另一方面,由于足球运动员与一般受试者高踢动作的时间基本相等,约 0.5 s 左右,但活动角度相对较大,这会使下肢肢段的角速度较大,故足球运动员下肢比一般健身者产生更大的力量与运动速度,促使球被踢飞得更快更远.

此外,踢击脚除具备高的摆动速度外,支撑脚的稳定度也相当重要,若没有稳定的支撑脚,不论踢击脚的速度多快,也无法达到准确传球或是射门的要求,关于支撑脚稳定度的影响,有待于未来进一步研究,厘清支撑脚在踢球过程中的重要性.本研究观察关节角度的变化发现,足球运动员在膝关节角度达到最大伸展状态时的时间比一般健身者有明显的提前趋势,这是因为足球运动员膝关节曲屈角度比一般受试者大,且由最大曲屈角度到最大伸展的时间较短,使得膝关节的角速度较快,相对的在末端速度也会比较快,也就是说当足肢段碰到球时,足球运动员的足肢段速度较快,可使球的飞行速度较快.当膝关节达到最大伸展后,不论足球运动员或是一般健身者,其膝关节角度均会再度呈现曲屈,而在踢击脚脚尖达到最高位置时,足球运动员的膝关节曲屈角度比一般受试者大.这是由于当膝关节开始伸展时,为避免膝关节在达到最大伸展角度后过度伸展,拮抗肌群会开始作用以避免受伤,这是一种保护机制,这种现象不论在足球运动员或是一般受试者都有发现,但是足球运动员的曲屈角度较大,我们推估是因为足球运动员的腿后肌群肌力比一般受试者强,可以在大腿前侧肌群收缩时,维持膝关节的稳定.踝关节的角度变化方面,足球运动员为了增加踢击时的速度,在踢球动作初期会使踝关节的跖屈角度达到最大,在踢球后则与一般受试者类似.

4 结 论

足球高踢动作中,足球运动员踢击脚的大腿、小腿及足肢段活动度均显著大于一般健身者,由于向前踢的最大角度值两者无差异,故活动度增大的部分在大腿后伸、小腿往后屈曲及足肢段跖屈角度.足球运动员与一般健身者高踢动作周期时间基本相等,下肢肢段的角速度显著高于一般健身者,从而产生更大的力量与更快的足末端速度.

参考文献:

- [1] SHAN G, ZHANG X. From 2D Leg Kinematics to 3D Full-Body Biomechanics-the Past, Present and Future of Scientific Analysis of Maximal inStep Kick in Soccer [J]. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol, 2011, 3(1): 23.
- [2] MURAKAMI K. Kinetic Characteristics of Kicking Motion Between Soccer Players with or Without Groin Pain from Motion Analysis of Inside-Kick [J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2017, 20: 27.
- [3] BROWN A M, ZIFCHOCK R A, HILLSTROM H J. The Effects of Limb Dominance and Fatigue on Running Biomechanics [J]. Gait Posture, 2014, 39(3): 915-919.
- [4] SAKAMOTO K, NUMAZU N, HONG S, et al. Kinetic Analysis of Instep and Side-foot Kick in Female and Male Soccer Players [J]. Procedia Engineering, 2016, 147: 214-219.
- [5] NAITO K, FUKUI Y, MARUYAMA T. Energy Redistribution Analysis of Dynamic Mechanisms of Multi-Body, Multi-Joint Kinetic Chain Movement During Soccer Instep Kicks [J]. Hum Mov Sci, 2012, 31(1): 161-181.
- [6] NAITO K, FUKUI Y, MARUYAMA T. Multijoint Kinetic Chain Analysis of Knee Extension During the Soccer Instep Kick [J]. Hum Mov Sci, 2010, 29(2): 259-276.
- [7] NAKAMURA T, MIYOSHI T, SATO S, et al. Differences in Soccer Kicking Type Identified Using Principal Component Analysis [J]. Sports Engineering, 2017(2): 1-11.

[8] SAKAMOTO K, SASAKI R, HONG S, et al. Comparison of Kicking Speed between Female and Male Soccer Players [J]. Procedia Engineering, 2014, 72(11): 50—55.

[9] FRASER S, HARLAND A, DONOVAN P, et al. Development of an End-Effector to Simulate the Foot to Ball Interaction of an Instep Kick in Soccer [J]. Procedia Engineering, 2012, 34: 284—289.

[10] 张庭然, 罗 炯. 不同高度脚背正面射门动作的生物力学特征 [J]. 体育学刊, 2015, 22(1): 123—129.

[11] 部义峰, 李世明, 秦玉鹏, 等. 不同踢球方式摆动腿的运动学与肌电信号特征研究 [J]. 体育科学, 2007, 27(12): 27—32.

[12] CATHY M. Craig, Julien Bastin and Gilles Montagne. How Information Guides Movement: Intercepting Curved Free Kicks in Soccer [J]. Human Movement Science, 2011, 30: 931—941.

[13] SINCLAIR J, HOBBS S J. Bilateral Differences in Knee and Ankle Loading of the Support Limb During Maximal Instep Soccer Kicking [J]. Science & Sports, 2016, 31(4): 73—78.

[14] SAKAMOTO K, GEISLER G, NAKAYAMA M, et al. Kinematics of the Foot Joint in Female Soccer Players During the Ball Impact Phase of Kicking [J]. Procedia Engineering, 2010(2): 2549—2554.

On Biomechanical Characteristics of Lower Extremities on High Kick in Soccer Players

LI Pan

School of Football, Chengdu Sport Institute, Chengdu 610041, China

Abstract: To explore each segment of entire lower extremities and their joint range of motion of the soccer player in school soccer team and amateur players, some proposal has been given on the soccer teachers and coaches. Quality motion image capture and analysis have been used in the obtaining the kinematic parameters of each segment of swing legs during high kick, the sample frequencies was 100 frame/s, by means of the transfer of the optical message of digital camera, the related kinematic parameters have been obtained. Results show that, 1) the maximal angle of back swing of hip segment, calf segment, and foot segment of soccer players were significantly larger than that of the amateur players during the similar phase; 2) during high kick, there was no difference in the entire knee joint range of motion between soccer players and amateur players, the ankle joint range of motion in soccer players was significant larger than that of the amateur players; and 3) there were no significant difference in entire time, maximal height of kick, the time of reaching maximal back swing of each segment, maximal peak angle, and maximal angular velocities of back and forward swing during high kick between soccer and amateur players. It is concluded that comparison with the amateur players, the improvement of segment velocities is dependent on the increase of angle of back swing of lower extremity in soccer players.

Key words: high kick; lower extremities; joint kinematics; range of motion

责任编辑 胡 杨