

男子短跑运动员髌、膝关节等速肌力的特征及其与竞技表现的相关性

王新娜¹, 王泽峰², 杨贤罡³, 何文捷⁴, 李建新³

(1. 河北体育学院, 石家庄 050041; 2. 国家体育总局体育科学研究所, 北京 100061;
3. 河北省体育科学研究所, 石家庄 050031; 4. 国家体育总局体育信息中心, 北京 100061)

摘要:目的: 揭示不同水平男子短跑运动员髌、膝关节力矩的特点及其与竞技表现之间的关系。方法: 选取13名男子短跑运动员(6名一级运动员和7名二级运动员), 采用ISOMED2000等速肌力系统测试运动员髌、膝关节屈、伸肌的向心等速肌力。结果: ①全体运动员右侧髌关节屈肌在60°/s时的相对峰力矩与个人最好成绩之间呈显著负相关($r = -0.615, P < 0.05$); ②一级运动员双侧髌关节屈肌在60°/s和180°/s时的相对峰力矩均显著高于二级运动员($P < 0.05$); ③一级运动员左侧髌关节屈肌在60°/s和180°/s时的峰力矩对应角度显著小于二级运动员($P < 0.05$); ④全体运动员髌关节的屈伸肌峰力矩比值在60°/s和180°/s时分别为0.50—0.52和0.48—0.51, 低于膝关节相对应的0.60—0.61和0.67—0.70。结论: 快速有力的屈髌前摆可能是区分短跑运动员水平的关键因素; 相比膝关节, 髌关节更应作为短跑运动员力量发展的重点; 加强屈髌肌群的力量训练, 可能是短跑运动员提高100米成绩和预防损伤的有效途径。

关键词: 短跑运动员; 屈髌肌群; 相对峰力矩; 峰力矩对应角度; 屈伸肌峰力矩比值

中图分类号: G804.6

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596(2021)06-0074-08

短跑是典型的速度型项目, 其运动成绩主要受腾空期下肢快速摆动的能力、支撑期承受地面反作用力冲击的能力以及股后肌群力量的影响^[1-2]。近些年我国短跑项目飞速发展, 最主要的原因来自于对短跑技术认识的转变。早期认为下肢后蹬所产生的支撑反作用力是短跑的动力来源, 强调将下肢尤其是膝关节的充分蹬伸和蹬直作为要点^[3]。20世纪80年代后以Carl Lewis、Maurice Greene为代表的美国短跑运动员, 以髌为轴进行下肢的快速摆动, 后蹬只作为摆动运动的继

续^[3-4]。不同技术强调的要点不同导致力量训练的侧重点也存在差异。早期技术将伸膝肌群的力量训练作为重点^[3,5], 现代技术则注重髌关节屈、伸肌群的力量训练和协调发展, 以及屈膝肌群在完成快速屈膝的同时还要积极参与伸髌过程^[3,5]。

髌、膝关节是起跑阶段下肢蹬伸过程产生能量的主要关节^[6-8]。膝关节屈、伸肌群的力量对短跑运动员成绩的提高具有重要影响^[9]。同时屈髌肌群的力量与百米成绩存在较高相关性, 屈髌肌力的显著下降可能是途中跑技术稳定的限制因

收稿日期: 2021-05-26

基金项目: 国家体育总局体育科学研究所基本科研业务费课题(基本16-48)

作者简介: 王新娜(1971—), 女, 河北沧州人, 教授, 博士, 研究方向为体育教学与训练。

通讯作者: 王泽峰(1966—), 男, 河北秦皇岛人, 研究员, 博士, 研究方向为运动生物力学。

文本信息: 王新娜, 王泽峰, 杨贤罡, 等. 男子短跑运动员髌、膝关节等速肌力的特征及其与竞技表现的相关性[J]. 河北体育学院学报, 2021, 35(6): 74-81.

素^[10-11]。以往有研究采用等速肌力测试对各种水平的短跑运动员髌、膝关节的力量特征进行研究^[12-16],但缺乏不同水平短跑运动员间的比较研究,且以不同项目运动员之间的比较为主。本研究旨在通过比较不同水平短跑运动员之间髌、膝关节的等速肌力测试指标,揭示不同水平短跑运动员髌、膝关节力矩的特点及其与短跑成绩的关系,为短跑运动员的科学化训练提供理论依据。

系,为短跑运动员的科学化训练提供理论依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选取13名男子短跑运动员为研究对象,其中一级运动员6名,二级运动员7名。收集其100米项目个人最好成绩(personal best, PB)。

表1 研究对象基本情况

研究对象	身高/cm	体重/kg	年龄/年	100米PB/s
一级运动员(n=6)	179.17±5.49	67.17±6.68	21.83±1.47	10.71±0.23
二级运动员(n=7)	183.86±6.31	73.29±7.43	19.86±0.69**	11.25±0.32*

注:*表示不同等级运动员之间具有显著性差异, $P<0.05$;**表示不同等级运动员之间具有非常显著性差异, $P<0.01$

1.2 研究方法

采用德国D&R公司的ISOMED2000等速肌力系统测试短跑运动员髌、膝关节的肌力。测试流程严格按照ISOMED2000等速肌力系统的要求进行。测试时间为赛前专项训练阶段,运动员无明显疲劳和伤病情况。

运动员在测试前进行充分热身,正式测试时先进行2次练习来熟悉测试过程,随后分别以 $60^{\circ}/s$ 和 $180^{\circ}/s$ 两种速度,两侧髌、膝关节各进行全力屈伸5次,组间间隔为60s。测试指标包括相对峰力矩(relative peak torque, PT/BM)、峰力矩对应角度(angle of peak torque, APT)和屈伸肌峰力矩的比值(flexors to extensors ratio, F/E)。

统计结果均采用平均数±标准差的形式表示。相同速度下左右侧之间和同侧不同速度之间

的比较采用配对样本T检验,不同等级运动员之间采用Mann-Whitney U检验进行比较。相对峰力矩与PB之间的相关分析采用Person系数进行描述。显著性水平定为 $P<0.05$ 。

2 研究结果

2.1 不同速度和不同水平下膝、髌关节屈伸肌的PT/BM

表2和表3显示,全体运动员左、右侧膝关节屈、伸肌的PT/BM在 $180^{\circ}/s$ 时均显著低于 $60^{\circ}/s$ 时($P<0.05$)。髌关节屈、伸肌的PT/BM在两种收缩速度时的差异同膝关节。速度为 $60^{\circ}/s$ 时,仅髌关节屈肌的PT/BM右侧显著高于左侧($P<0.05$)。一级运动员在 $60^{\circ}/s$ 和 $180^{\circ}/s$ 时双侧髌关节屈肌PT/BM均显著高于二级运动员($P<0.05$)。

表2 运动员膝关节屈、伸肌的PT/BM

研究对象	动作	Nm/kg			
		左侧 $60^{\circ}/s$	右侧 $60^{\circ}/s$	左侧 $180^{\circ}/s$	右侧 $180^{\circ}/s$
运动员(n=13)	屈	1.87±0.23	1.85±0.17	1.62±0.19*	1.62±0.15*
	伸	3.10±0.55	3.13±0.48	2.35±0.42*	2.44±0.34*
		$P=0.002$	$P=0.021$	$P=0.028$	$P=0.334$
		$F=-11.037$	$F=-11.650$	$F=-7.755$	$F=-8.951$
一级运动员(n=6)	屈	1.95±0.16	1.91±0.13	1.67±0.13	1.59±0.09
	伸	3.26±0.55	3.24±0.39	2.52±0.34	2.53±0.31
		$U=11.500$	$U=12.000$	$U=13.000$	$U=18.000$
		$Z=-1.359$	$Z=-1.286$	$Z=-1.151$	$Z=-0.431$
二级运动员(n=7)	屈	1.80±0.28	1.81±0.19	1.58±0.23	1.64±0.19
	伸	2.96±0.55	3.03±0.55	2.21±0.45	2.37±0.38
		$U=16.000$	$U=17.000$	$U=13.000$	$U=17.000$
		$Z=-0.714$	$Z=-0.571$	$Z=-1.143$	$Z=-0.571$

注:*表示同侧不同速度之间具有显著性差异, $P<0.05$;#表示相同速度下左、右侧之间具有显著性差异, $P<0.05$;&表示不同水平运动员之间具有显著性差异, $P<0.05$ 。表3-7同

表3 运动员髌关节屈、伸肌的 PT/BM

研究对象	动作	Nm/kg			
		左侧 60°/s	右侧 60°/s	左侧 180°/s	右侧 180°/s
运动员 (n=13)	屈	2.25±0.30	2.45±0.27 [#]	1.95±0.30 [*]	2.06±0.39 [*]
	伸	4.68±0.99	4.83±0.85	4.12±0.77 [*]	4.15±0.71 [*]
		P=0.088	P=0.058	P=0.011	P=0.133
一级运动员 (n=6)	屈	2.44±0.21	2.66±0.15	2.15±0.11	2.34±0.33
	伸	5.14±0.70	5.06±0.65	4.32±0.67	4.28±0.50
		U=6.000	U=0.000	U=4.000	U=6.000
二级运动员 (n=7)	屈	2.09±0.29 ^{&}	2.28±0.22 ^{&}	1.78±0.31 ^{&}	1.82±0.26 ^{&}
	伸	4.28±1.07	4.64±1.00	3.96±0.87	4.04±0.88
		U=10.000	U=17.000	U=19.000	U=20.000
		Z=-1.571	Z=-0.571	Z=-0.286	Z=-0.143

2.2 不同速度和不同水平下膝、髌关节屈、伸肌的 APT

表4和表5显示,全体运动员左侧膝关节伸肌的 APT 在 180°/s 时显著小于 60°/s 时 ($P <$

0.05), 而右侧膝关节屈、伸肌的 APT 在 180°/s 时均显著小于 60°/s 时 ($P <$ 0.05)。一级运动员左侧髌关节屈肌的 APT 在 60°/s 和 180°/s 时均显著小于二级运动员 ($P <$ 0.05)。

表4 运动员膝关节屈、伸肌的 APT

(°)

研究对象	动作	APT (°)			
		左侧 60°/s	右侧 60°/s	左侧 180°/s	右侧 180°/s
运动员 (n=13)	屈	38.33±6.59	37.20±7.34	35.27±16.54	28.68±6.40 [*]
	伸	66.77±3.03	65.38±4.18	62.87±3.47 [*]	61.15±3.27 [*]
		P=0.324	P=0.696	P=0.118	P=0.797
一级运动员 (n=6)	屈	36.87±5.69	36.60±7.37	36.80±23.93	27.28±6.34
	伸	67.58±3.16	65.57±4.06	63.92±4.96	61.23±4.58
		U=17.000	U=20.000	U=17.000	U=16.500
二级运动员 (n=7)	屈	39.59±7.48	37.71±7.87	33.96±8.11	29.87±6.68
	伸	66.07±2.96	65.23±4.60	61.97±1.23	61.07±1.97
		U=15.000	U=18.000	U=16.000	U=16.000
		Z=-0.858	Z=-0.429	Z=-0.714	Z=-0.714

表5 运动员髌关节屈、伸肌的 APT

(°)

研究对象	动作	APT (°)			
		左侧 60°/s	右侧 60°/s	左侧 180°/s	右侧 180°/s
运动员 (n=13)	屈	28.58±6.00	26.76±4.96	31.28±7.90	31.45±8.10
	伸	70.38±10.22	69.68±9.81	70.63±7.64	70.43±7.57
		P=0.782	P=0.706	P=0.507	P=0.919
一级运动员 (n=6)	屈	24.13±3.40	26.48±4.66	26.77±6.10	30.47±3.12
	伸	69.20±10.68	67.30±11.41	71.63±5.12	71.25±7.70
		U=2.000	U=19.000	U=4.000	U=15.000
二级运动员 (n=7)	屈	32.40±5.06 ^{&}	27.00±5.56	35.14±7.48 ^{&}	32.30±11.02
	伸	71.40±10.55	71.73±8.57	69.77±9.65	69.73±7.99
		U=19.000	U=17.000	U=20.000	U=15.000
		Z=-0.286	Z=-0.571	Z=-0.143	Z=-0.857

2.3 不同速度和不同水平下膝、髌关节 F/E 值 节的 F/E 值在 180°/s 时均显著高于 60°/s 时
表 6 和表 7 显示, 全体运动员左、右侧膝关 (P<0.05)。

表 6 运动员膝关节的 F/E 值

研究对象	左侧 60°/s	右侧 60°/s	左侧 180°/s	右侧 180°/s
运动员 (n=13)	0.61±0.07	0.60±0.07	0.70±0.10*	0.67±0.10*
	P=0.001	P=0.131	P=0.001	P=0.131
	F=-5.321	F=-2.769	F=-5.321	F=-2.769
一级运动员 (n=6)	0.61±0.07	0.60±0.07	0.67±0.12	0.64±0.07
	U=18.000	U=20.000	U=12.500	U=13.500
	Z=-0.429	Z=-0.143	Z=-1.216	Z=-1.076
二级运动员 (n=7)	0.62±0.08	0.61±0.08	0.73±0.09	0.70±0.11
	U=18.000	U=20.000	U=12.500	U=14.000
	Z=-0.429	Z=-0.143	Z=-1.216	Z=-1.003

表 7 运动员髌关节的 F/E 值

对象	左侧 60°/s	右侧 60°/s	左侧 180°/s	右侧 180°/s
运动员 (n=13)	0.50±0.10	0.52±0.09	0.48±0.07	0.51±0.11
	P=0.370	P=0.001	P=0.370	P=0.001
	F=0.577	F=0.699	F=0.577	F=0.699
一级运动员 (n=6)	0.48±0.08	0.53±0.08	0.51±0.08	0.55±0.10
	U=17.500	U=11.500	U=11.500	U=9.000
	Z=-0.501	Z=-1.361	Z=-1.361	Z=-1.719
二级运动员 (n=7)	0.51±0.12	0.51±0.10	0.46±0.06	0.47±0.10
	U=17.00	U=11.000	U=11.000	U=9.000
	Z=-0.572	Z=-1.431	Z=-1.431	Z=-1.714

2.4 膝、髌关节屈伸肌的 PT/BM 与 PB 的相关性 (r=-0.615, P<0.05), 其余条件下的髌关节
表 8 显示, 所有运动员右侧髌关节屈肌在 屈肌 PT/BM 与 PB 间均表现出显著相关趋势
60°/s 时的 PT/BM 与 PB 之间呈中等程度负相关 (P<0.1)。

表 8 膝、髌关节屈伸肌 PT/BM 与 PB 间的相关系数

不同屈伸肌	左侧 60°/s		左侧 180°/s		右侧 60°/s		右侧 180°/s	
	r	P	r	P	r	P	r	P
髌关节屈肌	-0.488 [⊗]	0.091	-0.509 [⊗]	0.076	-0.615*	0.025	-0.536 [⊗]	0.059
髌关节伸肌	-0.133	0.664	0.015	0.962	0.035	0.910	-0.036	0.906
膝关节屈肌	-0.116	0.706	-0.254	0.402	-0.318	0.289	0.292	0.334
膝关节伸肌	-0.118	0.700	-0.324	0.280	-0.169	0.582	-0.043	0.890

注: * 表示 PT/BM 与 PB 之间具有显著相关, P<0.05; ⊗ 表示具有趋势, P<0.1

3 分析与讨论

3.1 短跑运动员膝、髌关节屈伸肌相对峰力矩的特征及其与运动成绩的相关性
峰力矩 (peak torque, PT) 是指关节运动

过程中相应肌群收缩产生的最大力矩, 代表肌群的最大肌力, 是等速测试中的黄金指标之一。由于体重对肌肉力矩存在影响^[17], 本研究选取相对峰力矩 (PT/BM) 进行分析。本研究中随着角速度的增加, 双侧髌、膝关节的屈、伸肌

PT/BM 相应减少,反映出肌肉张力与肌肉收缩速度成反比^[18-19]。

相同速度下膝关节屈、伸肌的 PT/BM 在左、右侧之间和不同等级运动员之间均不存在差异。选取既往研究中男子短跑运动员相同速度下的 PT/BM 进行对比,男子短跑运动员在 60°/s 时膝关节屈、伸肌的 PT/BM 分别为 1.93 Nm/kg 和 3.19 Nm/kg,在 180°/s 时分别为 1.58 Nm/kg 和 2.30 Nm/kg^[20]。男子短跑运动员(包括 1 名国际健将和 6 名一级运动员)在 60°/s 时左侧膝关节屈、伸肌的 PT/BM 分别为 2.43 Nm/kg 和 3.43 Nm/kg,右侧分别为 2.74 Nm/kg 和 2.94 Nm/kg^[16]。二级以上水平青少年男子短跑运动员在 60°/s 时左侧膝关节屈、伸肌的 PT/BM 分别为 2.30 Nm/kg 和 3.31 Nm/kg,右侧分别为 2.59 Nm/kg 和 2.93 Nm/kg^[15]。本研究中膝关节的 PT/BM 低于既往研究数据,突出表现在屈肌,可能主要与成绩水平的差异有关,提示提高膝关节的力量水平可能有利于短跑运动成绩的提高,应着重加强腘绳肌的力量训练。

髌关节方面,男子短跑运动员(包括 1 名国际健将和 6 名一级运动员)在 60°/s 时左侧髌关节屈、伸肌的 PT/BM 分别为 2.14 Nm/kg 和 2.16 Nm/kg,右侧分别为 2.21 Nm/kg 和 2.79 Nm/kg^[16],优秀短跑、跨栏、三级跳运动员(包括男 16 人、女 14 人)在 60°/s 时髌关节屈、伸肌的 PT/BM 分别为 2.94 Nm/kg 和 3.90 Nm/kg,在 180°/s 时分别为 2.75 Nm/kg 和 3.71 Nm/kg^[14]。本研究中的运动员主要表现为屈髌肌的快速力量较弱,同时一级运动员髌关节屈肌的 PT/BM 显著高于二级运动员。所有运动员,右髌屈肌慢速收缩时的 PT/BM 与 PB 之间呈中等程度负相关,表明右髌慢速收缩的肌力越大,成绩越差,与不同水平运动员之间髌关节屈肌峰力矩的差异现象相一致。双侧髌关节屈肌在快、慢速收缩时的力矩与运动成绩之间的相关性均具有显著趋势,这与和运动员成绩水平相对应的技术特点和用力方式有关。此外短跑成绩涉及诸多身体部位进行的多维运动^[21],单纯的快速屈髌力量可能对短跑成绩的贡献率较小。现代短跑技术突出髌关节屈肌群的力量,即屈髌摆腿的重要性。采用核磁共振技术对比牙买加短跑运动员 Asafa Powell(前世界纪录保持者,PB 为

9.77 s) 和日本短跑运动员 Nobuharu Asahara(前日本纪录保持者,PB 为 10.02 s),发现前者髌腰肌的横截面积近乎后者的 2 倍。髌腰肌是重要的屈髌肌群,发达的髌腰肌能够在起跑时快速有力地提拉大腿,形成爆发式的起跑技术。这种起跑技术既确保了落地时长,又能从地面获得较强的反作用力。本研究中的运动员同时存在屈髌肌群力量较差和两侧不平衡的问题,需要在训练实践中有意识地侧重发展,尤其是左侧的屈髌肌群。

3.2 短跑运动员膝、髌关节屈伸肌峰力矩对应角度的特征

APT 对于日后训练中动作的纠正具有指导意义。本研究中运动员的起跑预备姿势均为左脚在前、右脚在后。短跑运动员在起跑时,前(左)腿膝关节的主要任务是伸膝进行后蹬,后(右)腿需要在起跑一刹那伸膝然后迅速转为屈膝进行前摆。因此起跑预备姿势时膝关节的角度应当包括膝关节屈、伸肌的 APT,以便快速高效地发挥前腿伸膝和后腿由伸膝迅速转为屈膝的作用。Harland 等研究认为在 100 米起跑预备姿势时,运动员前腿膝关节角度的合理范围为 90—110°,后腿膝关节角度为 115—135°^[22]。我国优秀 100 米短跑运动员苏炳添在预备姿势时,前、后腿的膝关节角度分别为 $97.55 \pm 2.87^\circ$ 和 $119.60 \pm 5.39^\circ$ ^[23]。由于膝关节的 APT 定义为小腿与大腿沿线之间的夹角,因此在 60°/s 时,屈、伸肌峰力矩对应的膝关节夹角(即大腿与小腿之间的夹角)分别为 132—144°和 108—121°,高于既往研究的水平。过大的膝关节角度会限制后蹬起跑器过程中膝关节的伸展幅度,缩短作用时间,减少运动冲量的产生。

在起跑中,前腿髌关节主要完成伸髌,后腿髌关节主要在起跑一刹那完成伸髌,然后迅速转变为屈髌进行前摆。为了快速高效地发挥前(左)腿伸髌和后(右)腿由伸髌迅速转为屈髌,起跑预备姿势时髌关节的角度应当包括屈、伸肌的 APT,过大的髌关节角度会限制起跑瞬间髌关节的伸展幅度,缩短作用时间,减少冲量的产生^[24]。PB 分别为 10.74 ± 0.21 s 和 10.03 ± 0.14 s 的男子短跑运动员在预备姿势中,前腿的髌关节角度分别为 $44.9 \pm 3.3^\circ$ 和 $37.6 \pm 0.6^\circ$,后腿的髌关节角度分别为 $62.6 \pm 3.7^\circ$ 和 $71.2 \pm 5.6^\circ$ ^[25]。苏炳添在预备姿势时,前、后腿的髌

关节角度分别为 $46.1 \pm 2.1^\circ$ 和 $74.2 \pm 1.8^\circ$ ^[23]。本研究中,一级运动员左侧屈髌肌群的 APT 均小于二级运动员,提示一级运动员在屈髌过程中左侧更快达到峰力矩,右侧也表现出相同趋势。结合相同收缩速度时不同水平运动员间相对峰力矩的显著差异,提示在伸髌后转变为屈髌前摆的过程中,高水平运动员能够以更大的力矩和更早的时间达到峰值,这一特点符合现代短跑以髌为轴进行快速摆动的技术要求。

3.3 不同速度和不同水平下膝、髌关节屈伸肌峰力矩的比值

F/E 值是指等速运动测试中,屈、伸两组肌群峰力矩的比值。不同速度下的 F/E 值可以反映出肌肉力量分配的协调程度,以及运用专项技术动作过程中肌力分配的合理性^[26]。合理的 F/E 值对于保持关节稳定性和预防损伤具有重要意义^[27]。

由于膝关节的 F/E 值代表腓绳肌(hamstring)与股四头肌(quadriceps)峰力矩的比值,故常采用 H/Q 值进行表示。本研究中双侧膝关节的 F/E (H/Q) 值随收缩速度加快而增大。由于收缩速度与屈、伸肌的峰力矩同样均呈反比,反映出屈肌快速力量的下降幅度小于伸肌,提示了腓绳肌较股四头肌更适应快速向心收缩方式。国家和北京短跑运动员强、弱侧膝关节的 H/Q 值在 $60^\circ/\text{s}$ 时分别为 0.59 和 0.61,在 $180^\circ/\text{s}$ 时分别为 0.69 和 0.69^[20]。男子短跨运动员的 H/Q 值在 $60^\circ/\text{s}$ 时为 0.60^[12]。二级以上水平青少年男子短跑运动员左、右侧膝关节的 H/Q 值在 $60^\circ/\text{s}$ 时分别为 0.71 和 0.86^[15]。世界优秀短跑运动员的 H/Q 值可以达到 0.8—1.0^[28]。本研究中短跑运动员膝关节的 F/E (H/Q) 值在 $60^\circ/\text{s}$ 时为 0.60—0.61,在 $180^\circ/\text{s}$ 时为 0.67—0.70,低速收缩时处于参考范围内而高速收缩时低于范围最低值,更远低于世界优秀水平^[26],该现象可能是制约短跑成绩提高的重要因素之一,同时易造成腓绳肌拉伤和膝关节损伤,原因可能与训练水平、训练方式与技术认知的差异有关。通过侧重发展腓绳肌的快速收缩力量,以提高快速收缩时的 F/E (H/Q) 值,可能是本研究中运动员提高成绩和预防伤病的关键点之一。

本研究中运动员髌关节的 F/E 值在 $60^\circ/\text{s}$ 时为 0.50—0.52,在 $180^\circ/\text{s}$ 时为 0.48—0.51,远低于膝关节的 F/E 值。优秀短跑、跨栏、三级跳远运动员髌关节的 F/E 值在 $60^\circ/\text{s}$ 和 $180^\circ/\text{s}$ 时分别为 0.76 和 0.67^[14],高于本研究水平。虽然髌关节的 F/E 值在左、右侧之间无差异,但与膝关节的 F/E 值随速度加快而增大有所不同,不同速度之间没有显著性差异。由于髌关节屈、伸肌的 PT 同样随速度加快而减少,相比较膝关节,在进行快速收缩时屈髌肌群力量的下降幅度大于伸肌,提示本研究中的运动员屈髌肌群的快速力量尤其偏弱。在训练实践中,重点发展髌关节的意义可能要大于膝关节。

4 结论与建议

(1) 本研究中的一级和二级短跑运动员,膝关节的力量左、右侧相对平衡,其中屈肌的力量水平一般。屈、伸肌的力量分配正常,在快速收缩时与更优秀的运动员存在较大差距。建议加强屈膝肌群,尤其是快速力量的训练,也有助于减少膝关节损伤的风险。

(2) 本研究中的一级和二级短跑运动员,髌关节的力量左、右侧相对不平衡,整体水平较差,其中以屈肌的快速力量最为突出。屈、伸肌的力量分配处于低水平,快速收缩时最为明显。建议重点加强屈髌肌群快速力量的训练,侧重加强弱(左)侧髌关节。

(3) 高水平运动员主要体现出髌关节更高水平的屈肌相对峰力矩和更小的屈肌峰力矩对应角度,这一特征有利于髌关节屈肌进行更加快速高效的屈髌前摆动作,有利于起跑过程中的充分加速。着重加强屈髌肌群的力量训练,可能是提高短跑运动成绩的有效途径。

参考文献:

- [1] HUNTER J P, MARSHALL R N, MCNAIR P J. Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running[J]. *Journal of Biomechanics*, 2004, 37(9):1439.
- [2] BRAZIL A, EXELL T, WILSON C, et al. Lower limb joint kinetics in the starting blocks and first stance in athletic sprinting[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2017, 35(16):1629.

- [3] 黄达武. 短跑技术理论研究热点综述[J]. 体育学刊, 2009, 16(3): 77.
- [4] BEZODIS I, SALO A, KERWIN D. Joint kinetics in maximum velocity sprint running[C]//Proceedings of the xxvth symposium of the international society of biomechanics in sports, 2007: 59-62.
- [5] 姜迪, 郭文俊, 袁鹏. 力量素质促进女子短跑运动员专项技术完善的相关分析[J]. 成都体育学院学报, 2013, 39(9): 73.
- [6] CHARALAMBOUS L, IRWIN G, BEZODIS I N, et al. Lower limb joint kinetics and ankle joint stiffness in the sprint start push-off[J]. Journal of Sports Sciences, 2012, 30(1): 1.
- [7] DEBAERE S, DELECLUSE S, AERENHOUTS D, et al. From block clearance to sprint running: characteristics underlying an effective transition [J]. Journal of Sports Sciences, 2013, 31(2): 137.
- [8] BEZODIS N E, SALO A I, TREWARTHA G. Lower limb joint kinetics during the first stance phase in athletics sprinting: three elite athlete case studies [J]. Journal of Sports Sciences, 2014, 32(8): 738.
- [9] 苑玲伟, 董慧娟. BIODEX-II 型等速测力仪检测男性短跑运动员各关节肌力的灰色关联分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(42): 8299.
- [10] MURPHY A J, WILSON G J. The ability of tests of muscular function to reflect training-induced changes in performance[J]. Journal of Sports Sciences, 1997, 15(2): 191.
- [11] WILSON G J, MURPHY A J, WALSHE A. The specificity of strength training: the effect of posture[J]. European journal of applied physiology and occupational physiology, 1996, 73(3-4): 346.
- [12] 潘启强. Cybex II⁺ 测试中膝关节腘绳肌与股四头肌力矩峰值比率问题初探[J]. 体育科学, 1992, 12(1): 61.
- [13] 张贵敏, 于树祥, 张萍. 运动员髌、膝、踝伸屈肌力矩的测试分析[J]. 体育科学, 1995, 15(2): 40.
- [14] 刘世敏, 张跃, 赵君军. 广东省优秀短跑、跨栏、三级跳运动员髌关节肌肉力量的等速测试研究[J]. 成都体育学院学报, 2001, 27(1): 79.
- [15] 葛卫忠, 张庆来, 李世森, 等. 青少年男子短跑运动员膝关节等速肌力特征研究[J]. 天津体育学院学报, 2005, 20(6): 72.
- [16] 赵焕彬, 王海涛, 刘建国, 等. 男子短跑运动员上下肢关节力矩的研究[J]. 中国体育科技, 2006(1): 23.
- [17] 成鹏, 毕霞, 杨红. 膝关节等速测试中角度和时间因素的研究[J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(1): 64.
- [18] 姜迪, 袁鹏, 郭文俊. 女子短跑运动员力量特征的等速测试研究[J]. 体育与科学, 2012, 33(6): 76.
- [19] IOSSIFIDOU A N, BALTZOPOULOS V. Peak power assessment in isokinetic dynamometry[J]. European Journal of Applied Physiology, 2000, 82(1-2): 158.
- [20] 李国平, 陈晓鸣, 张维娜. 用等速测力法评定优秀运动员股四头肌和腘绳肌力量和耐力[J]. 中国运动医学杂志, 1988, 7(3): 143.
- [21] SLAWINSKI J, DUMAS R, CHEZE L, et al. Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase[J]. Journal of Sports Sciences, 2013, 31(3): 256.
- [22] HARLAND M J, STEELE J R. Biomechanics of the sprint start[J]. Sports Medicine, 1997, 23(1): 11.
- [23] 马杰, 王泽峰, 代强. 我国男子百米运动员苏炳添起跑加速技术研究[J]. 山东体育学院学报, 2017, 33(2): 92.
- [24] BEZODIS N E, SALO A I T, TREWARTHA G. Relationships between lower-limb kinematics and block phase performance in a cross section of sprinters[J]. European Journal of Sport Science, 2015, 15(2): 118.
- [25] CIACCI S, MERNI F, BARTOLOMEI S, et al. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters [J]. Journal of Sports Sciences, 2017, 35(13): 1270.
- [26] GREEN B, BOURNE M N, PIZZARI T. Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis [J]. British Journal of Sports Medicine, 2018, 52(5): 329.
- [27] DAUTY M, MENU P, FOUASSON-CHAILLOUX A, et al. Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements [J]. Muscles, Ligaments and Tendons Journal, 2016, 6(1): 116.
- [28] 成鹏, 毕霞, 糕红红, 等. 速度对膝关节屈肌和伸肌等速离心收缩力矩的影响[J]. 中国临床康复, 2002(4): 488.

Characteristics of Isokinetic Muscle Strength of Hip and Knee Joints of Male Sprinters and Its Correlation with Competitive Performance

WANG Xinna¹, WANG Zefeng², YANG Xiangang³, HE Wenjie⁴, LI Jianxin³

(1. Hebei Sport University, Shijiazhuang 050041, China; 2. China Institute of Sport Science, Beijing 100061, China;

3. Hebei Institute of Sport Science, Shijiazhuang 050031, China;

4. China Institute of Sport Information Center, Beijing 100061, China)

Abstract: *Objectives:* This paper reveals the characteristics of hip and knee torque of male sprinters at different levels and its relationship with competitive performance. *Methods:* Thirteen male sprinters (6 first-class athletes and 7 second-class athletes) were selected to test the centripetal isokinetic muscle strength of hip and knee flexors and extensors by using ISOMED2000 isokinetic muscle strength system. *Results:* ① There was a significant negative correlation between the relative peak torque of right hip flexor at 60°/s and personal best performance ($r = -0.615$, $P < 0.05$); ② The relative peak torque of bilateral hip flexors in first-class athletes at 60°/s and 180°/s was significantly higher than that in second-class athletes ($P < 0.05$); ③ The corresponding angle of peak torque of left hip flexor in first-class athletes at 60°/s and 180°/s was significantly lower than that in second-class athletes ($P < 0.05$); ④ At 60°/s and 180°/s, the peak torque ratios of flexor and extensor muscles of all athletes' hip joints were 0.50–0.52 and 0.48–0.51 respectively, which were lower than the corresponding 0.60–0.61 and 0.67–0.70 of knee joints. *Conclusion:* Fast and powerful hip flexion and forward swing may be the key factor to distinguish the level of sprinters; compared with knee joint, hip joint should be the focus of strength development of sprinters; strengthening the strength training of hip flexor muscle group may be an effective way for sprinters to improve 100 m performance and prevent injury.

Key words: sprinter; hip flexor muscle group; relative peak torque; corresponding angle of peak torque; peak torque ratio of flexor and extensor