

·运动人体科学·

我国优秀男子自由式摔跤运动员 膝、踝关节肌力矩峰值的特征

张丽艳¹, 李光欣²

(1.东北师范大学 体育学院, 吉林 长春 130024; 2.吉林大学 体育学院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 运用 ISOMed-2000 等速测试系统对备战伦敦奥运会的国家男子自由式摔跤运动员下肢膝关节、踝关节肌力矩进行测试与分析。结果发现: 1) 从力矩角度来看, 随着测试速度的增大, 重点与非重点运动员在膝、踝关节肌力特征中存在显著性差异($P<0.05$), 且屈肌和伸肌的力矩角度分别呈现不同的特征, 预示快速力量对下肢尤为重要; 2) 从峰力矩比值来看, 在低速运动下, 国家队重点运动员和非重点运动员均存在屈伸比的失衡, 即最大力量上存在屈伸肌群发展的不合理化现象($<50%$), 随着测试速度的增大, 虽然屈伸比值趋于合理($50\% \sim 80%$), 但整体上还是比较低; 3) 在膝关节两侧同名肌群的比较中同样存在不均衡现象, 尤其是伸肌的两侧差值较大; 4) 踝关节的肌力特征也存在类似的现象, 但屈肌明显不如伸肌力量。结果表明, 男子自由式摔跤运动员应加强左、右侧屈伸肌群的力量均衡性练习, 在踝关节上, 优先加强对屈肌的力量训练。

关键词: 运动生物力学; 肌力矩; 膝关节; 踝关节; 男子自由式摔跤; 优秀运动员; 中国
中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2013)04-0129-05

Characteristics of peak muscle torques of the knee and ankle joints of excellent men's freestyle wrestlers in China

ZHANG Li-yan¹, LI Guang-xin²

(1.School of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;

2. School of Physical Education, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: The authors tested and analyzed muscle torques of the lower limb knee and ankle joints of national men's freestyle wrestlers who prepared for the London Olympic Games by using ISOMed-2000 isokinetic test system, and revealed the following findings: 1) from the perspective of torque, with the increase of test speed, there was a significant difference ($P<0.05$) in the characteristics of muscle power of the knee and ankle joints between key and non key wrestlers, and the torque angles of flexor and extensor muscles presented different characteristics respectively, which means quick power is particularly important to low limbs; 2) from the perspective of peak torque ratio, in low speed motion, both key and non key wrestlers of team China had such a problem as that the ratio of flexion torque to extension torque was unbalanced, i.e. there was a sign of irrational development of flexor and extensor muscle groups in terms of maximum power ($<50%$); with the increase of test speed, although the ratio of flexion torque to extension torque tended to rational (in the range of $50\% - 80%$), it was low generally; 3) there was a sign of unbalance as well in the comparison of designation identical muscle groups at both sides of knee joints, especially, there was a big difference between extensor muscles at both sides; 4) there was a similar sign in the characteristics of muscle power of knee joints (refer to the text for details), but flexor muscle power is significantly weaker than extensor muscle power. The said findings indicated that men's freestyle wrestlers should practice more for the balance of power of flexor and extensor muscle groups at the left and right sides, and in terms of ankle joint, give priority to flexor muscle power training.

收稿日期: 2013-01-06

作者简介: 张丽艳 (1977-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向: 运动训练学。

Key words: sports biomechanics; muscle torque; knee; ankle; man free style wrestling; elite athletes; China

自由式摔跤是一项以扭摔、提抱、绞拌等动作为主要特征的运动项目,技能和体能在该项目运动员的训练中占有极其重要的位置。遗憾的是,由于人们对该项目运动员力量训练特征认识的不足,对其肌力的测试往往集中在上肢或颈部力量,如方方^[1]对男子自由式摔跤运动员的主要关节肌力进行了测试,其中主要包括上肢、颈部及腰腹力量的测试分析;Rubo J^[2]通过核磁共振技术对不同水平运动员的躯干力量进行了测试,证实了躯干力量是区分不同水平的重要预测变量;Eckenrode^[3]对肩关节的稳定性进行了研究,指出肩关节稳定性对该项目运动员的重要作用;而 Razasoltani A^[4]则对自由式摔跤运动员的颈部力量特征进行了分析。事实上下肢力量对该项目运动员有着更为积极的意义。因为,比赛场上各种动作的完成主要还得依赖运动员的脚步移动,以及下肢的支撑与稳定。正是基于这样的一种认识,本研究以运动员的膝关节和踝关节肌力为测试对象,分析不同测试角速度下的肌力特征,以回答下肢的不同力量形式表现,如究竟凸显的是最大力量还是快速力量?同侧肌群和异侧肌群的肌力是否均衡?从而推进这一问题的研究进展,也为训练实践提供进一步的依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

依据备战伦敦奥运会国家队员水平的划分,测试对象分为 A、B 两组, A 组为国家队重点运动员(9 人), B 组为国家队非重点队员(15 人),且两组的运动等级均为 1 级以上,除训练年限存在显著性差异以外,年龄、身高、体重等变量无显著性差异。同时,需要说明的是,由于该项目运动员按体重级别进行比赛,目前男子自由式摔跤主要分为 55、60、66、74、84、96、120 kg 等级别,体重的不同势必造成力矩峰值的极大差异。为此,考虑到体重的影响,本研究将“获取的肌力矩峰值除以测试时体重”的结果进行统计分析(即采用相对值),以消除体重的影响。

1.2 研究方法

在国家男子自由式摔跤队主教练的组织下,采用美国 ISOMed-2000 型多关节等速测力系统进行肌力测试,测试关节选取膝关节和踝关节。测试时,运动员至少体验 3 次,直至感觉可以完全发力,在不同速度测试时,时间间隔为 1 min,具体测试程序由专业测试人员完成。本研究中对获取的有关肌力数据进行统计与分析,主要是获取均值和相关百分比,并进行独立样本 *T* 检验,所有统计过程均在 excel 和 spss13.0 中完成。

2 结果与讨论

2.1 膝关节等速肌力特征

1) 膝关节屈伸肌群峰力矩角度。

“峰力矩角度”指在等速测试中测得的发挥最大峰力矩的关节角度,可以反映出肌肉运动的位置和范围^[5]。我国学者方方等^[6]采用 0°/s 和 180°/s 两种测试速度进行测试,给出了 180°/s 状态下的峰力矩角度值(左屈(33.50±1.79)°、右屈(31.92±1.35)°),左伸(59.92±8.19)°、右伸(62.50±7.34)°),并指出屈伸峰力矩角度之间存在显著性差异。从本研究的测试结果来看(表 1、表 2),在峰力矩角度上与方方的研究结果基本一致。

本研究显示,就屈肌群而言, A 组运动员的最大力矩角度偏小,左侧屈肌群在 180°/s 以后的 6 个速度下,峰力矩角度表现出显著性差异。这在一定程度上表明,优秀运动员屈肌群在支撑、固定膝关节角度和收腿时,能使膝关节的蹲屈角度控制在较小的范围内,即能够使自由式摔跤运动员在相对稳定的状态下来完成技术动作,其发力效果也相对牢靠和紧凑。就伸肌群而言,优秀运动员出现最大力矩的角度要大于一般运动员,可以从数据中看出,左侧膝关节的伸肌群在快速运动下存在多种速度的显著性差异,右侧膝关节也存在类似的情况,说明优秀运动员在做功距离上有较大的优势,其动作的幅度也相对较大。据此推测,不同水平的自由摔跤运动员在强对抗时的技术动作,快速力量就显得非常重要,这种差别集中反映在膝关节屈肌肌群跪撑、转移及攻防的各个阶段。

表 1 左侧膝关节屈、伸肌群峰力矩角度($\bar{x} \pm s$)对照 (°)

组别	测试角速度/(°·s ⁻¹)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
A 组(屈)	34.25±5.30	33.12±4.23	32.50±7.53	33.71±3.92	32.14±8.63	35.94±5.07	34.82±6.17	36.73±3.05
B 组(屈)	32.81±8.24	36.37±7.36	39.17±10.07 ¹⁾	45.80±11.08 ²⁾	45.92±12.13 ²⁾	52.03±9.72 ²⁾	45.35±6.02 ²⁾	44.53±4.39 ²⁾
A 组(伸)	57.92±8.19	59.33±4.38	61.14±5.23	61.37±3.09	57.45±3.28	58.01±6.52	59.53±4.18	55.26±3.17
B 组(伸)	58.41±10.31	61.45±7.20	57.50±6.46	53.07±11.32 ¹⁾	51.38±9.43 ¹⁾	50.03±5.19 ¹⁾	50.82±4.71	49.92±2.39

A 组与 B 组比较 1) *P*<0.05; 2) *P*<0.01

表2 右侧膝关节屈、伸肌群峰力矩角度 ($\bar{x} \pm s$) 对照

(°)

组别	测试角速度/(°·s ⁻¹)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
A组(屈)	31.92±1.35	29.57±3.13	30.05±4.32	31.52±4.62	32.17±4.21	35.52±3.26	37.48±4.27	39.15±4.34
B组(屈)	35.67±1.73	36.85±3.45 ¹⁾	38.07±7.94 ¹⁾	45.13±5.44 ¹⁾	44.82±9.25 ¹⁾	39.02±7.13	41.50±5.18	40.08±5.14
A组(伸)	61.31±3.34	62.05±3.62	62.51±7.38	64.25±5.78	63.51±6.52	61.15±7.53	59.27±6.34	60.88±4.74
B组(伸)	62.42±6.17	62.13±6.10	61.47±7.84	60.05±8.86 ¹⁾	58.23±10.04 ²⁾	57.21±5.67	57.58±5.77	55.32±5.76 ¹⁾

A组与B组比较 1)P<0.05; 2)P<0.01

2)膝关节屈伸肌群峰力矩比。

“屈伸肌群峰力矩比”(屈肌峰力矩/伸肌峰力矩,简称“屈伸比”)是衡量主动肌和拮抗肌相对均衡性的有效指标^[7],也可以有效地反映出运动员肌肉力量是否平衡,屈伸肌力的失衡不仅影响技术动作的发挥,更容易导致运动损伤的发生。夏骄阳^[8]曾对短道速滑运动员的膝关节屈伸肌群峰力矩比值进行统计分析,根据不同测试角速度下的力矩比值分析(50%~70%),提出了屈伸肌群在力量上的不平衡现象。同时,根据相关研究显示,膝关节的屈伸比一般为50%~80%,超出这个比例就容易导致伤病的发生^[9]。

通过表3可以看出,左侧屈伸比两组运动员存在不同的差异,尤其在不同速度之间差异较大,在低速状态下,两组运动员的屈伸比均显得比较低(<50%),依据前人相关研究,该值超出了安全阈值的界限,处于易受伤的比值范围,即肌肉力量上存在不平衡的特

征,而且这种特征主要体现在运动员的最大力量方面,因为低速测试主要反映的是运动员的最大力量;而在高速运动状态下,这种差异不显著,即快速力量的均衡性相对较好,但其比值范围也接近安全阈值的下限(50%),表明该项目运动员不同速度下的屈伸比值不够理想,需引起足够的重视,以防伤病的发生。

另外,从不同测试速度下的比例来看,A组运动员的屈伸比值显著高于B组运动员,处于相对合理的范围,而B组运动员相对偏低,不平衡现象尤为突出,右侧肌群对不同水平运动员之间的差异虽然不大,但整体特点与左侧趋于一致,表明虽然我国国家队重点运动员在膝关节的用力均衡性方面要好于非重点运动员,但存在相对比例偏低,最大力量上的不平衡性特征,进一步说明我国运动员需要加强多种运动速度下的屈肌群力量练习。

表3 膝关节屈伸肌(力矩)比值($\bar{x} \pm s$)

%

组别	测试速度/(°·s ⁻¹)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
左A	46.62±6.91	53.80±5.92	60.38±3.74	63.10±4.11	55.93±5.73	52.72±6.26	50.70±5.64	52.82±6.23
左B	44.34±6.73	45.50±7.24 ¹⁾	50.22±10.28	51.70±10.19 ¹⁾	45.40±8.51 ¹⁾	53.17±9.18	54.07±5.33	56.12±7.21
右A	43.96±6.81	49.62±5.57	59.93±4.58	56.61±6.31	58.70±8.14	51.80±5.98	59.23±7.81	52.94±8.23
右B	39.60±7.14	41.55±8.79	50.32±8.51	55.47±10.20	54.37±8.53	56.23±11.05	51.20±9.92	58.14±7.12

1)A组与B组比较 P<0.05

3)膝关节两侧同名肌群峰力矩比值。

两侧同名肌群峰力矩比值可以反映出两侧同名肌群的均衡性,国外相关研究显示,膝关节两侧同名肌群峰力矩比值一般在90%~110%以内^[10],超出这个比例将影响运动员的技术动作,并容易发生运动损伤。

由表4可见,我国优秀男子自由式摔跤运动员,两侧同名肌群在屈伸肌群上存在非常大的失衡性,在绝大多数测试速度下,其同名肌群的比值超出了90%~110%的范围,尤为突出的是伸肌的表现上,两组运动员伸肌的左右侧比值一般在65%~90%这一范

围之内,表明我国男子自由式摔跤运动员在膝关节的伸肌力量上存在一定的不平衡。同时还可以看出,左右两侧同名肌群的比值随着测试速度的增大呈现一定的规律性,就屈肌而言,当速度超过240°/s时,其比值越趋减小,而对于伸肌而言,在180°/s和240°/s时差值不大,处于合理范围之内,当超过240°/s时,其比值明显减小。这说明,该项目运动员随着速度的增大,屈伸肌群表现出了不平衡的现象,而且伸肌表现的尤为明显,这就势必影响技术动作完成的效果,不利于摔跤运动员连贯技术动作或绝招技术的完成。在未来一段

时间内,提高我国男子自由式摔跤运动员膝关节的伸肌力量是一项重要和艰巨的任务。

表 4 膝关节两侧(左/右)同名肌群峰力矩比值($\bar{x} \pm s$)

组别	测试速度/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
屈 A	97.81±6.10	95.33±5.14	90.72±6.25	88.30±5.13	87.00±5.38	84.62±8.35	82.61±9.12	85.50±7.53
屈 B	90.70±7.55 ¹⁾	88.15±5.64 ¹⁾	85.07±9.45	79.03±10.52	78.14±9.27	83.92±10.33	76.42±6.01	81.80±9.70
伸 A	75.90±6.49	78.32±5.19	90.86±5.21	92.80±4.97	74.50±5.63	71.20±6.56	76.82±7.71	70.33±6.54
伸 B	72.13±8.62	77.40±6.62	89.42±7.57	88.15±9.39	75.40±8.72	70.13±10.74	65.80±12.57	66.54±13.85

1)两组比较 $P < 0.05$

2.2 踝关节等速肌力特征

1)踝关节屈伸肌群峰力矩角度。

踝关节屈伸肌群峰力矩角度的大小在一定程度上也能够反映该项目运动员发力的技术特点, Daniel H 等^[11]对 18 名普通男运动员分两组进行踝关节肌力的测试,结果表明,峰力矩角度一般在 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 之间出现, 5° 之后肌力矩呈递减趋势。Taku W^[12]在对 8 名健康男性的测试中也发现了同样的结论。本研究对男子自由式摔跤运动员踝关节的测试来看,峰力矩角度在 $12.15^{\circ} \sim 29.15^{\circ}$ 之间,不同的测试速度下其峰力矩角度不一致。

表 5 显示, A、B 两组运动员在左右两侧屈伸肌群

峰力矩角度上无显著性差异,如以左侧为例,表现出一致性特征。但研究也发现,对于伸肌而言, A 组运动员在不同测试速度下的最大力矩角度要小于 B 组运动员;而对于屈肌而言, A 组运动员的力矩角度要大于 B 组运动员。这表明优秀运动员在蹬伸距离上要强于一般运动员,能够与膝关节一起作用于摔跤运动员的快速移动过程中,并增加了进攻距离,而屈肌角度大的特点这可能充分体现了摔跤技术的特点,因为运动员在对抗中要充分运用拌、摔等动作,踝关节的屈肌需要在大角度下发挥最大力量,从而达到先克敌制胜的目的。因此,这充分体现出了这一项目的用力特征。

表 5 左侧踝关节屈伸肌群峰力矩角度($\bar{x} \pm s$)

组别	测试速度/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
伸 A	12.15±4.32	12.73±5.10	13.07±4.15	13.24±8.37	12.60±6.44	13.85±5.15	14.16±7.82	14.93±6.42
伸 B	15.47±5.82	16.78±6.54	14.19±5.30	15.54±7.50	14.83±5.67	15.90±8.41	17.35±9.24	19.25±10.80
屈 A	24.13±7.16	24.55±7.09	25.04±6.42	25.90±5.43	26.30±7.52	26.53±5.47	27.08±6.42	29.15±7.33
屈 B	22.10±8.30	22.14±7.05	23.50±8.20	23.07±7.23	23.60±8.40	21.33±9.54	25.17±10.63	25.80±7.54

2)踝关节屈伸肌群峰力矩比值。

表 6 显示,我国男子自由式摔跤运动员的踝关节存在明显的肌力不足现象,尤其是踝关节的背屈肌群相对薄弱。有研究表明,一般而言,踝关节屈伸肌群峰力矩比值随测试速度增大而增大,其比值一般在 $35\% \sim 50\%$ ^[8],通过对男子自由式摔跤运动员的测试来看, A、B 两组运动员的屈伸肌群峰力矩比值随着速度

的增大呈现递减的特征,并在多种速度上存在屈伸比不平衡现象。这表明,我国自由式摔跤运动员的屈肌力量明显不如伸肌力量,随着测试速度的增大伸肌力量下降较慢,而屈肌力量下降较快,导致屈伸比呈递减趋势,这显然不利于运动员在对抗中勾、拌等动作的完成,也不利于技术动作的稳定发挥,即踝关节的支点作用不牢固,造成勾脚尖动作时,重心不稳现象的发生。

表 6 踝关节屈伸肌群峰力矩比值($\bar{x} \pm s$)对照

组别	测试速度/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
左 A	33.50±9.24	30.17±8.50	27.32±8.96	25.60±7.61	20.33±7.82	18.68±8.91	17.54±9.15	16.53±7.58
左 B	30.08±10.05	29.40±9.52	27.05±10.67	24.11±7.68	21.40±10.60	17.81±10.24	16.19±8.43	16.05±10.25
右 A	37.50±6.71	34.38±7.20	30.17±5.45	26.05±8.41	22.62±7.18	20.36±5.17	20.52±6.35	18.65±7.05
右 B	32.58±9.05	30.03±10.18	28.46±9.17	25.80±9.36	24.72±8.07	21.95±8.51	20.90±8.47	19.86±7.41

3)踝关节两侧同名肌群峰力矩比值。

表 7 表明, A、B 两组运动员除了在同侧屈伸肌力

矩比值上存在不平衡现象外,在异侧同名肌群的比值上也存在较大的不平衡现象,特别是在屈肌群的表现

上,两组运动员在8个测试速度下的所有比值上都小于90%,即异侧同名肌群的差距已超过10%,踝关节的屈肌是该项目运动员的一个薄弱点。从伸肌群的数据来看,优秀运动员的异侧同名肌群伸肌峰力矩要优于一般运动员,表明优秀运动员踝关节伸肌群力量平

衡方面的发展好于一般运动员,也好于自身的屈肌群。与膝关节相比,两侧踝关节同名肌群的峰力矩比值显得更加不均衡,绝大多数角速度下的比值小于90%,这既容易造成运动损伤的发生,也不利于技术动作的流畅发挥,加强针对性的力量练习更为重要。

表7 踝关节两侧(左/右)同名肌群峰力矩比值($\bar{x} \pm s$)

%

组别	测试速度/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)							
	60	120	180	240	300	360	420	480
屈A	86.81±5.13	83.21±4.23	86.51±5.62	85.36±6.22	81.05±4.24	79.23±5.64	80.31±6.26	87.04±6.32
屈B	83.22±6.52	84.52±6.07	80.02±6.73	77.30±9.20 ¹⁾	75.32±8.27	78.28±11.30	75.07±8.21	79.04±7.34 ¹⁾
伸A	86.72±5.45	87.15±5.60	92.54±6.35	94.83±5.21	78.20±5.14	76.33±5.72	80.92±8.54	87.22±6.32
伸B	82.13±7.32	78.61±5.72 ¹⁾	91.76±8.09	92.33±8.56	75.60±9.27	74.85±9.47	69.82±11.50 ¹⁾	65.19±8.27 ¹⁾

1)两组比较 $P < 0.05$

3 结论

1)两组运动员在不同测试速度中,随着测试速度的增大,其最大肌力矩的关节角度差异就越大,表明快速力量在不同水平运动员之间存在显著性差异,这在膝关节的肌力上表现尤为突出,可能预示该项目运动员对下肢快速力量的要求较高。

2)两组运动员在膝和踝关节峰力矩角度指标上存在显著性差异,优秀运动员用力角度相对较小,这进一步推测优秀运动员能够在较小范围内达到理想的用力效果,缩短动作的完成时间。

3)两组运动员在膝关节、踝关节屈伸肌群比值指标上存在明显差异($P < 0.05$),且两组运动员的屈伸比在很大程度上不在标准范围内(50%~80%),如膝关节的屈伸比,绝大多数已逼近标准范围的下限。为此,需加强同侧屈伸肌群力量训练的均衡性。

4)相比于同侧屈伸肌群,异侧同名肌群的比值更加不理想,两组运动员异侧同名肌群比值不均衡现象突出(即超过了10%的差距),尤其是运动员的踝关节的屈肌群,加强这些肌群的均衡性练习是重要任务之一。

参考文献:

- [1] 方方. 男子自由式摔跤运动员主要关节的肌力特征研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(6): 70-76.
- [2] Rubo J O, Takahashi H. The development of trunk muscles in male wrestlers assessed by magnetic resonance imaging[J]. J Strength Cond Res, 2007, 21(4): 1251-1255.
- [3] Eckenrode B J, Logerstedt D S, Sennelt B J. Rehabilitation and functional outcomes in collegiate wrestlers

following a posterior shoulder stabilization procedure[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2009, 39(7): 550-559.

[4] Razasoltani A, Ahmadi A, Nehzate-Khoshro M, et al. Cervical muscle strength measurement in two groups of elite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects[J]. Br J Sports Med, 2005, 39(7): 440-443.

[5] 余竹生, 李福轩, 凌子华, 等. 男子优秀摔跤运动员的踝关节肌力特征[J]. 上海体育学院学报, 1998, 22(1): 65-70.

[6] 方方, 李顶. 男子自由式摔跤运动员主要关节的肌力特征研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(6): 70-76.

[7] 华立君. 等速测试系统在体育科研中的应用[J]. 南京体育学院学报: 自然科学版, 2008, 7(4): 33-35.

[8] 夏骄阳. 我国速度滑冰优秀男子运动员膝、踝关节肌力特征的比较研究[J]. 体育科学, 2005, 25(8): 53-56.

[9] 金宗强, 李宗浩, 郭静如. 等速测力系统对膝关节肌研究进展[J]. 天津体育学院学报, 2001, 16(1): 47-50.

[10] 成鹏, 毕霞. 用等速测试指标评定膝关节的运动功能[J]. 中国康复理论与实践, 2002, 8(3): 191-192.

[11] Daniel H, Matthias O, Jan R, et al. Knee and ankle joint torque-angle relationship of multi-joint leg extension[J]. Journal of Biomechanics, 2011, 44: 2059-2065.

[12] Taku W, Hiroaki K, Yasuo K, et al. Effects of knee joint angle on the fascicle behavior of the gastrocnemius muscle during eccentric plantar flexions[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2009, 19: 980-987.