

优秀攀岩运动员肘关节屈伸肌的力学特征

李江华, 葛耀军, 刘扬

(江西师范大学 体育学院, 江西 南昌 330022)

摘 要: 利用德国 Isomed2000 等速肌力测试系统, 在 60、120、180^(°)/s 的角速度下对 7 名运动员(1 人为优秀运动员, 6 人为普通运动员)肘关节屈、伸肌进行等速肌力测试, 并计算变异系数来评价他们左右手之间、屈伸肌之间的差异和平衡性, 为发现优秀攀岩运动员肘关节屈伸肌独特的生物力学特征, 为科学选材和训练指导提供依据。结果得到: 优秀运动员伸肌的峰力矩与普通运动员基本相当, 没有显著性差异, 但是左、右手屈肌峰力矩在 3 种角速度下均明显大于普通运动员($P<0.05$); 优秀运动员屈肌峰力矩出现的角度与普通运动员相比没有明显差异, 但是伸肌峰力矩出现的角度均在 36°左右, 明显小于普通运动员的 80°左右($P<0.01$); 无论是屈肌还是伸肌的峰力矩, 优秀运动员左手和右手之间没有显著性差异, 其变异指数都明显低于普通运动员($P<0.05$), 而普通运动员右手的屈肌峰力矩明显大于左手($P<0.01$); 无论是左手还是右手, 优秀运动员屈肌和伸肌峰力矩之间差异较小, 其变异指数都明显低于普通运动员($P<0.01$)。结果表明: 对于攀岩运动员的肘关节来说, 强有力的屈肌、收缩速度更快的伸肌, 以及左右手之间、屈伸肌之间肌力的平衡, 可能是在比赛中取得优异成绩的重要因素。

关 键 词: 运动生物力学; 等速肌力; 肘关节屈伸肌; 攀岩运动员

中图分类号: G804.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2014)01-0133-05

Mechanical characteristics of the elbow joint flexors and extensors of excellent rock climbers

LI Jiang-hua, GE Yao-jun, LIU Yang

(School of Physical Education, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: By using the Isomed 2000 isokinetic muscle strength test system made in Germany, the authors did an isokinetic muscle strength test on the elbow joint flexors and extensors of 7 climbers (1 excellent climber and 6 ordinary climbers) at the angular speeds of 60^(°)/s, 120^(°)/s and 180^(°)/s, and calculated coefficient of variation to evaluate the differences and balance between their left and right hands, and between their flexors and extensors. The authors tried to find out the unique biomechanical characteristics of the elbow joint flexors and extensors of the excellent rock climber, so as to provide a reference criterion for guiding scientific climber screening and training. The peak torques of the extensors of the excellent climber were basically the same as those of the ordinary climbers, there were no significantly differences, however, the peak torques of his left and right hand flexors, measured at the three angular speeds, were all significantly greater those of the ordinary climbers ($P<0.05$); the peak torque occurrence angles of the flexors of the excellent climber were not significantly different from those of the ordinary climbers, however, the peak torque occurrence angles of his extensors were all approximately 36°, significantly smaller than those of the ordinary climbers, which were approximately 80° ($P<0.01$); there were no significant differences between the excellent climber's left and right hands, no matter in terms of flexor peak torque or in terms of extensor peak torque, their CVs were all significantly smaller than those of the ordinary climbers ($P<0.05$), while

收稿日期: 2013-05-23

基金项目: 江西师范大学博士启动基金(2863)。

作者简介: 李江华(1972-), 男, 博士, 研究方向: 运动人体科学。

the peak torque of the right hand of the ordinary climbers was significantly greater than that of their left hand ($P<0.01$); the differences between the peak torques of the flexors and extensors of the excellent climber were small, no matter in terms of his left hand or in terms of his right hand, their CVs were all significantly smaller than those of the ordinary climbers ($P<0.01$). The results indicated the following: in terms of the elbow joints of a rock climber, powerful flexors, extensors with a faster contraction speed, as well as muscle strength balance between left and right hands and between flexor and extensor, are likely important factors for the rock climber to achieve an outstanding result in a competition.

Key words: sports biomechanics; isokinetic muscle strength; elbow joint flexor and extensor; rock climber

攀岩作为一项新兴的体育运动项目,近年来在全世界范围得到了迅猛的发展,由于其特有的魅力,不但引起了越来越多人的关注,而且已成功进入 2020 年奥运会项目候选名单。攀岩运动在我国起步相对较晚,专业性的理论研究也很少,但是其受欢迎程度却远远超过许多传统项目。根据李华帅^[1]对北京高校大学生的调查,有 99% 的学生喜欢攀岩运动,其原因是新鲜、刺激和有趣。攀岩是一项集技巧、难度和欣赏性为一体的运动项目,对上肢肌肉力量的依赖性较强,在运动过程中,攀岩运动员的上肢肌群很多时候要支撑整个身体的重量^[2],上肢做引体向上的能力往往是决定比赛胜负的关键因素,因此对运动员上肢肌群的研究是当前攀岩运动的热点。肘关节是人体大关节之一,肘关节肌群的性能与攀岩运动成绩直接相关。关于攀岩运动员肘关节屈伸肌一般的力学特征目前已经有了一些相关研究^[3-4],但是总体来说,由于缺乏对比研究,对于高水平的、特别优秀的攀岩运动员肘关节屈伸肌独特的力学特征,或者说区别于一般攀岩运动员的肘关节屈伸肌力学特征尚未见有相关报道,而这恰恰是运动选材和科学训练的关键。本研究通过对比优秀攀岩运动员与普通攀岩运动员的肘关节屈、伸肌峰力矩,峰力矩出现的角度及左右手、屈伸肌之间的平衡程度,试图发现优秀攀岩运动员的肘关节屈伸肌独特的力学特征,为科学选材和训练指导提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

男攀岩队员 7 名,年龄 20~23 岁,身高 170~180 cm,体重(61.14 ± 5.27) kg。其中一名特别优秀,水平明显高于其他运动员,并且在全国攀岩比赛中进入过前 3 名,称为优秀运动员;其余 6 名水平稍差,但也均在省级比赛中获得过优异成绩:4 名队员进入过前 3 名、另 2 名队员也获得过省级比赛的第 4 名和第 7 名,称为普通运动员。

1.2 研究方法

1) 等速肌力测试。

采用德国 Isomed2000 等速肌力测试系统对 7 名运动员进行肘关节屈伸肌力测试,测试过程严格按照测试系统的操作规程。运动员在测试前充分完成热身运动,先进行几次适应性练习,然后分别在 60、120、180^(°)/s 的角速度下测试屈、伸肌肌力。测试指标包括:左、右手肘关节屈肌峰力矩,峰力矩出现的角度和峰功率;左、右手肘关节伸肌峰力矩,峰力矩出现的角度和峰功率。由于“峰功率=峰力矩×速度”,在等速测试中,峰功率的唯一决定因素就是峰力矩。在统计过程中,发现峰功率与峰力矩确实保持了高度一致。因此,本研究主要对“峰力矩和峰力矩出现的角度”进行分析。

2) 变异系数的计算。

变异系数反映的是数据的变化程度^[5],为了反映运动员左、右手之间,屈、伸肌之间肌力的差异程度,本研究分别计算了它们的变异系数:

$$CV = s/\bar{x}$$

其中, CV 为变异系数, s 为标准差, \bar{x} 为平均数。CV 大则反映数据的变化程度大, CV 小则反映数据的变化程度小。

3) 统计学分析。

各数据以均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,均数比较使用 SPSS15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)进行单样本 T 检验、独立样本 T 检验和配对样本 T 检验,显著性水平为 $\alpha=0.05$,非常显著性水平为 $\alpha=0.01$ 。

2 结果及分析

2.1 肘关节屈肌峰力矩

如表 1 所示,无论是左手还是右手,优秀运动员的屈肌峰力矩在角速度为 60、120、180^(°)/s 的情况下均明显大于普通运动员。单样本 T 检验结果显示,除了右手在角速度 120^(°)/s 下没有出现显著性意义外,其余均有显著性意义或非常显著性意义。并且从表 1 中还可以看出,优秀运动员的左右手屈肌峰力矩在 3 种不同角速度下,都维持在 49 N·m 左右,没有出现太大的波动,而普通运动员右手屈肌峰力矩在 3 种不

同角速度的测试中均明显大于左手。配对样本 T 检验结果显示优秀运动员左、右手屈肌峰力矩在 3 种不同角速度下, 分别为(49.00 ± 1.00)和(48.66 ± 2.08) N · m, 非常接近, 差异没有显著性意义, 但是普通运动员左、

右手屈肌峰力矩分别为(33.81 ± 8.33)和(39.94 ± 8.70) N · m, 右手的峰力矩明显大于左手, 差异具有非常显著性意义($P < 0.01$)。

表 1 不同角速度下运动员肘关节屈肌峰力矩比较

被试者	n/人	左手			右手		
		60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s	60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s
优秀运动员	1	49.00 ¹⁾	48.00 ²⁾	50.00 ¹⁾	51.00 ¹⁾	48.00	47.00 ¹⁾
普通运动员	6	34.00±9.46	33.17±7.86	34.50±9.68	40.17±8.93	40.00±9.34	39.50±9.98

1)与普通运动员比较 $P < 0.05$; 2)与普通运动员比较 $P < 0.01$

2.2 肘关节伸肌峰力矩

如表 2 所示, 优秀运动员右手伸肌的峰力矩在角速度为 60、120、180 (°)/s 的情况下略大于普通运动员;

而左手伸肌的峰力矩则略小于普通运动员。 T 检验结果显示, 无论是优秀运动员与普通运动员之间, 还是运动员的左、右手之间, 伸肌的峰力矩均没有显著性差异。

表 2 不同角速度下运动员肘关节伸肌峰力矩比较

被试者	n/人	左手			右手		
		60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s	60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s
优秀运动员	1	47.00	45.00	42.00	51.00	52.00	47.00
普通运动员	6	50.33±5.28	46.33±8.50	47.25±10.05	48.85±5.49	43.33±8.33	35.25±7.76

2.3 肘关节屈肌峰力矩出现角度

如表 3 所示, 优秀运动员与普通运动员左右手屈肌的峰力矩出现的角度都随着角速度的上升, 呈下降

趋势, 并且它们之间在角速度为 60、120 和 180 (°)/s 的情况下均大致相当, 差异没有显著性意义($P > 0.05$)。

表 3 不同角速度下运动员肘关节屈肌峰力矩出现的角度比较

被试者	n/人	左手			右手		
		60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s	60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s
优秀运动员	1	89.00	77.00	61.00	87.00	80.00	66.00
普通运动员	6	89.67±5.32	74.00±25.79	64.75±25.59	85.50±18.12	77.83±11.60	71.50±14.61

2.4 肘关节伸肌峰力矩出现角度

如表 4 所示, 普通运动员左右手伸肌的峰力矩都出现在 80° 左右, 优秀运动员左右手伸肌的峰力矩都出现在 36° 左右, 配对样本 T 检验结果显示, 运动员左右手之间差异不明显, 没有显著性意义($P > 0.05$)。但

是, 优秀运动员与普通运动员之间, 则差异非常明显, 无论是在角速度为 60、120 (°)/s 还是 180 (°)/s 的情况下, 优秀运动员伸肌的峰力矩出现的角度均大大低于普通运动员, 单样本 T 检验显示差异具有显著性意义或非常显著性意义。

表 4 不同角速度下运动员肘关节伸肌峰力矩出现的角度比较

被试者	n/人	左手			右手		
		60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s	60 (°)/s	120 (°)/s	180 (°)/s
优秀运动员	1	35.00 ²⁾	33.00 ²⁾	35.00 ²⁾	35.00 ²⁾	36.00 ¹⁾	40.00 ¹⁾
普通运动员	6	81.17±14.72	73.00±9.09	76.25±5.91	75.83±13.96	73.67±28.81	86.75±28.93

1)与普通运动员比较 $P < 0.05$; 2)与普通运动员比较 $P < 0.01$

2.5 左、右手肘关节峰力矩及峰力矩出现角度的差异程度

无论是优秀运动员还是普通运动员, 在 60、120、180 (°)/s 3 种角速度下, 左、右手之间屈肌峰力矩、伸肌峰力矩、屈肌峰力矩出现的角度、伸肌峰力矩出现

的角度都会有一定的差异, 为了更好地反映它们左右手之间的差异情况, 分别计算了优秀运动员和普通运动员左右手之间这些指标的 CV。从表 5 中可以看出, 优秀运动员的屈肌峰力矩、伸肌峰力矩、屈肌峰力矩

出现的角度、伸肌峰力矩出现的角度,左、右手的 CV 都低于普通运动员,这意味着,无论是屈肌还是伸肌,

优秀运动员左、右手之间的峰力矩及峰力矩出现角度都更为接近,差异更小。

表 5 左、右手肘关节峰力矩及峰力矩出现角度的变异系数比较

被试者	n/人	屈肌峰力矩	伸肌峰力矩	屈肌峰力矩角度	伸肌峰力矩角度
优秀运动员	1	0.024±0.022 ¹⁾	0.080±0.022 ¹⁾	0.092±0.088	0.052±0.048
普通运动员	6	0.127±0.070	0.143±0.129	0.196±0.155	0.125±0.144

1)与普通运动员比较 $P<0.05$

2.6 肘关节屈、伸肌峰力矩及峰力矩出现角度的差异程度

与左右手之间的差异相类似,运动员同一只手的屈肌和伸肌的峰力矩以及峰力矩出现的角度也有差异,这种屈肌和伸肌之间的差异程度同样可以用 CV 来反映。如表 6 所示,优秀运动员左手和右手屈伸肌峰力矩的变异系数都明显低于普通运动员,而左手和右手屈伸肌峰力矩出现角度的变异系数则明显高于普通运动员,独立样本 T 检验显示差异均具有显著性或

非常显著性意义。这意味着:优秀运动员屈肌和伸肌之间的峰力矩大小更为接近,差异较小,普通运动员屈肌和伸肌之间的峰力矩则差异较大;而峰力矩出现角度则刚好相反,优秀运动员屈肌和伸肌之间差异较大。从表 3 和表 4 也可以看出,普通运动员屈肌和伸肌的峰力矩都出现在 80° 左右,但是优秀运动员屈肌的峰力矩出现在 80° 左右,伸肌的峰力矩却出现在 36° 左右,远远小于屈肌的峰力矩出现的角度。

表 6 肘关节屈、伸肌峰力矩及峰力矩出现角度的变异系数比较

被试者	n/人	左手峰力矩	右手峰力矩	左手峰力矩角度	右手峰力矩角度
优秀运动员	1	0.066 0±0.049 9 ²⁾	0.018 8±0.032 6 ¹⁾	0.521 5±0.122 5 ²⁾	0.548 7±0.208 2 ²⁾
普通运动员	6	0.254 5±0.208 8	0.183 9±0.112 2	0.189 3±0.163 9	0.170 3±0.167 3

1)与普通运动员比较 $P<0.05$; 2)与普通运动员比较 $P<0.01$

3 讨论

3.1 肘关节屈、伸肌峰力矩

上肢做引体的能力往往是决定攀岩比赛胜负的关键因素,因此屈肌力量的大小在一定程度上决定了攀岩运动员水平的高低。从表 1 中可以看出优秀运动员左右手的屈肌峰力矩在 60 、 120 、 180 ($^\circ$)/s 的角速度下均明显大于普通运动员,另外普通运动员的体重为 (62 ± 2.12) kg,优秀运动员的体重只有 56 kg,因此,在考虑了体重因素之后,优秀运动员屈肌的“相对”力量相对普通运动员来说就更大。

伸肌作为屈肌的拮抗肌,在攀岩运动中作用相对较小。如表 2 所示,优秀运动员右手伸肌的峰力矩在角速度 60 、 120 、 180 ($^\circ$)/s 的情况下略大于普通运动员;而左手伸肌的峰力矩则略小于普通运动员。但是,统计学检验结果显示,无论是优秀运动员与普通运动员之间,还是运动员的左、右手之间,伸肌的峰力矩差异均没有显著性。因此,根据表 1 和表 2 的结果,优秀运动员与普通运动员肘关节肌肉力量的差异主要体现在屈肌,而伸肌则差异不明显。

3.2 肘关节屈、伸肌峰力矩出现角度

与以往报道基本一致,肘关节屈肌峰力矩出现

的角度都在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间^[1],并且随着测试角速度的上升,都呈下降趋势,优秀运动员与普通运动员之间没有显著性差异(见表 3)。但是,在表 4 中可发现,优秀运动员的伸肌峰力矩出现的角度比普通运动员都要小得多,差异非常明显:普通运动员伸肌峰力矩出现的角度都在 80° 左右,而优秀运动员伸肌峰力矩却出现在 36° 左右。攀升速度对于攀岩运动取得优异成绩至关重要,而攀爬频率是决定速度的关键因素。优秀运动员的伸肌峰力矩出现的角度明显小于普通运动员,这意味着优秀运动员肘关节伸肌在较小的角度就达到了伸肌肌力的最大值,反映了优秀运动员肘关节伸肌收缩的速度明显比普通运动员快。这一收缩特征,明显有利于攀岩运动员攀爬频率和攀升速度的提高。

3.3 左右手之间、屈伸肌之间的平衡

变异系数(CV)反映的是数据的变化程度,CV 大则反映数据的变化程度大,CV 小则反映数据的变化程度小。从表 5 中可以看出,优秀运动员的屈肌峰力矩、伸肌峰力矩、屈肌峰力矩出现的角度、伸肌峰力矩出现的角度,左、右手的 CV 都低于普通运动员,这意味着,优秀运动员左、右手之间的峰力矩及峰力矩出现的角度差异更小;从表 1 来看,优秀运动员的左右

手屈肌峰力矩在 3 种不同角速度的情况下,都维持在 $50 \text{ N} \cdot \text{m}$ 左右,没有太大的差异,而普通运动员则出现了优势侧,他们右手屈肌峰力矩在 3 种不同角速度的测试中均明显大于左手。左右手臂力量的平衡对上肢用力占主导的运动项目非常重要,攀岩运动更是对上肢肌力的平衡有较高的要求,左右手的肌力一旦不平衡,在快速向上攀登过程中就会导致重心偏移,身体的稳定性下降,出现脚踩不准岩点或者滑脚的情况。因此,想要成为优秀的攀岩运动员,就必须注意左右手肌力的平衡练习。运动员在引体向上或负重引体向上练习时,特别要克服优势侧先行的现象(力量较大的手臂先拉上去),加强弱势侧力量的练习^[6]。

表 6 的结果显示,优秀运动员屈肌和伸肌之间的峰力矩大小同样更为接近,差异较小,而普通运动员屈肌和伸肌之间的峰力矩则差异相对较大。屈肌和伸肌在攀岩运动中是拮抗关系,屈肌和伸肌峰力矩关系到拮抗肌肌力的平衡,关节周围拮抗肌群间力量不平衡不但容易诱发运动损伤^[7],而且不利于关节发力时的稳定性。因此,运动员在大力发展主动肌肌力的同时,也应注意拮抗肌平衡能力的发展。

根据表 5 和表 6 的结果,从肌肉力量的角度来看,优秀运动员的左、右手之间和屈、伸肌之间变异相对较小,显得更为平衡;从峰力矩出现的角度来看,优秀运动员与普通运动员的左、右手之间,虽然 CV 的比较没有出现显著性差异,但是从数据上可以看出,无论是屈肌还是伸肌,优秀运动员左手与右手峰力矩出现的角度也更为接近,这也有利于运动员在快运攀登过程中保持身体平衡。然而优秀运动员屈肌和伸肌之间,无论是左手还是右手,峰力矩出现角度的 CV 均远大于普通运动员,这反映了优秀运动员屈肌和伸肌之间峰力矩出现的角度差异较大,这一结果从表 3 和表 4 也可以得到印证:普通运动员屈肌和伸肌的峰力矩都出现在 80° 左右,但是优秀运动员屈肌的峰力矩出现在 80° 左右,伸肌的峰力矩却出现在 36° 左

右。可见,造成优秀运动员屈肌和伸肌之间峰力矩出现的角度差异较大的主要原因是伸肌的峰力矩出现的角度明显较小,而伸肌这一力学特征对于攀岩运动的意义在前面已经讨论过,此处不再赘述。

相对于普通运动员,优秀运动员的肘关节屈肌的力量优势明显,伸肌的收缩速度较快;同时,优秀运动员左、右手之间,无论是屈肌还是伸肌,不但肌力差异更小,而且峰力矩出现的角度也更接近,显得更为平衡;另外,无论是左手还是右手,优秀运动员的屈、伸肌之间的肌力差异也同样较小。可见对于攀岩运动员的肘关节来说,强有力的屈肌、收缩速度更快的伸肌,以及左右手之间、屈伸肌之间肌力的平衡,可能是在比赛中取得优异成绩的重要因素。

参考文献:

- [1] 李华帅. 北京高校攀岩运动发展状况调查[J]. 岱宗学刊, 2011, 15(10): 72-74.
- [2] 田仙花. 对攀岩运动员不同负荷训练时上肢肌肉疲劳情况的肌电观察[J]. 吉林体育学院学报, 2007, 23(1): 84-87.
- [3] 俞小亚, 马楚虹. 优秀攀岩运动员肘关节屈伸等速肌力测试研究[J]. 四川体育科学, 2009, 9(3): 44-47.
- [4] 尤廷明, 马楚虹, 杨建伟, 等. 优秀攀岩运动员肘关节等速肌力评定[J]. 山西师大体育学院学报, 2011, 26(3): 123-126.
- [5] 李江华, 刘承宜, 徐晓阳, 等. 2006 多哈亚运会短距离游泳男运动员代谢组学研究[J]. 体育科学, 2008, 28(2): 42-46.
- [6] 袁鹏. 等速肌力评价柔道运动员伤后力量特征及应用[C]//第十四届全国运动生物力学学术交流大会, 2010: 136-140.
- [7] 董亮, 白雪冰. 攀岩运动员手部疲劳的原因及治法[J]. 长春中医药大学学报, 2009, 25(3): 434-435.