

# 奥运冠军龙清泉抓举技术三维运动学分析

王雷<sup>1,2</sup>, 杨世勇<sup>3</sup>, 陈锐<sup>1,4</sup>

(1. 福建师范大学体育科学学院, 福建 福州 350108; 2. 贵阳学院体育学院, 贵州 贵阳 550005;  
3. 成都体育学院运动系, 四川 成都 610041; 4. 宜宾学院体育学院, 四川 宜宾 644000)

**摘要:**为探寻优秀运动员抓举技术特征,运用三维运动学的方法对参加2013年全运会举重比赛运动员龙清泉抓举125 kg技术进行研究。结果表明:在提铃开始阶段先伸膝后展髋熟练掌握了正确的提铃技术;引膝阶段耗时0.08 s,膝关节仅回屈3 Deg,这一特征与传统引膝技术已有明显区别,且在不同优秀运动员身上反复出现,应引起重视;独特的引膝技术导致正反两方面的影响:反面影响为人杠重心间距偏大,正面影响为发力连贯性较好,杠铃速度提升比较大。发力阶段髋、膝关节角度变化一致且同时达到最大值,体现了优异的发力协调性。

**关键词:**抓举;运动生物力学;龙清泉

中图分类号:G884

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2015)04-0055-06

## A Three-dimensional Kinematic Analysis in Snatch Technology of the Olympic Champion Long Qingquan

WANG Lei<sup>1,2</sup>, YANG Shi-yong<sup>3</sup>, CHEN Rui<sup>1,4</sup>

(1. School of Physical Education and Sport Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China;  
2. College of Physical Education, Guiyang University, Guiyang 550005, China;  
3. Sports Department of Chengdu Sports University, Chengdu 610041, China;  
4. College of Physical Education, Yibin University, Yibin 644000, China)

**Abstract:** In order to find the snatch features of the excellent athlete, using the three-dimensional kinematic approach to participate in 2013 National Games weightlifting competition athletes 125kg snatch Long Qingquan technology research. The results showed that: at the beginning of the first exhibition of the hip extensor mastered the correct technique to mention the bell; reduce knee consuming stage 0.08s, Knee flexion 3Deg back only to 108.4Deg, reduce knee with traditional techniques are quite different; force stage hip and knee angle changes consistent and reaches its maximum at the same time, reflects the superior force coordination.

**Key words:** snatch; kinematics; Long Qingquan

龙清泉是2008年北京奥运会、2009年世界举重锦标赛、2009年第十一届全国运动会和2013年第十二届全国运动会举重56 kg级的冠军获得者。2016年巴西里约热内卢奥运会时龙清泉26岁,正处于奥运夺冠的黄金年龄<sup>[1]</sup>。本文运用三维运动学对其抓举技术进行分析,一方面可以总结归纳龙清泉的优秀技术动作特征,为其他教练员及运动员的训练工作提供有益参考。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

参加2013年第12届全国运动会男子举重比赛预赛阶段的我国优秀男子举重运动员龙清泉,其基本情况如表1。

表1 本研究运动员基本情况一览表

姓名	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	级别/kg	抓举/kg	挺举/kg
龙清泉	23	156	55.6	56	125	160

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 定点摄像测量法

2013 年 3 月 24 日于山东省淄博市体育中心体育馆,使用两台 SONY DCR - TVR11E 数码摄像机(如图 1),两机主光轴对准运动平面,拍摄距离 15 m,机高 1.5 m,拍摄频率为 50 帧/s,定点拍摄了龙清泉在第 12 届全运会男子举重 56 kg 级预赛中成功抓举 125 kg 的技术动作录像。

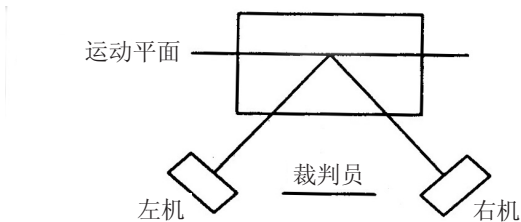


图 1 摄像机架机示意图

### 1.2.2 三维录像解析法

采用德国的 SIMI Motion 三维录像分析系统对所拍龙清泉在男子举重 56 kg 级比赛中成功抓举 125 kg

的技术动作录像进行解析,解析采样频率为 25 Hz。运用截断频率 6 Hz 的低通滤波方法对原始数据进行平衡处理。使用 PEAK 三维标定框架,建立 20 个身体环节标志点的三维解析模型。

### 1.2.3 数理统计法

对所有数据使用三维解析软件进行解析,并使用 Excel 软件进行制图。

### 1.2.4 抓举技术的阶段划分与时相确定

抓举是竞技举重比赛中的第一种举法。根据比赛规则,运动员须用一个连续不断的动作把杠铃从举重台上提起,并向上举至两臂完全伸直,两腿可做任何一种下蹲动作。完成动作时,运动员的臂、腿和躯干应完全伸直,两脚站在一条横线上,与躯干和杠铃成一平面,保持静止状态。

本文将从关节角度变化、速度、加速度变化、位移变化等 4 个方面来对龙清泉的技术进行分析。为清晰表述问题和更方便与前人研究进行横向比较,将龙清泉整个抓举技术中具有标志性的时间节点进行标注和说明,共标注出 6 个时相(图 2)和 5 个阶段。

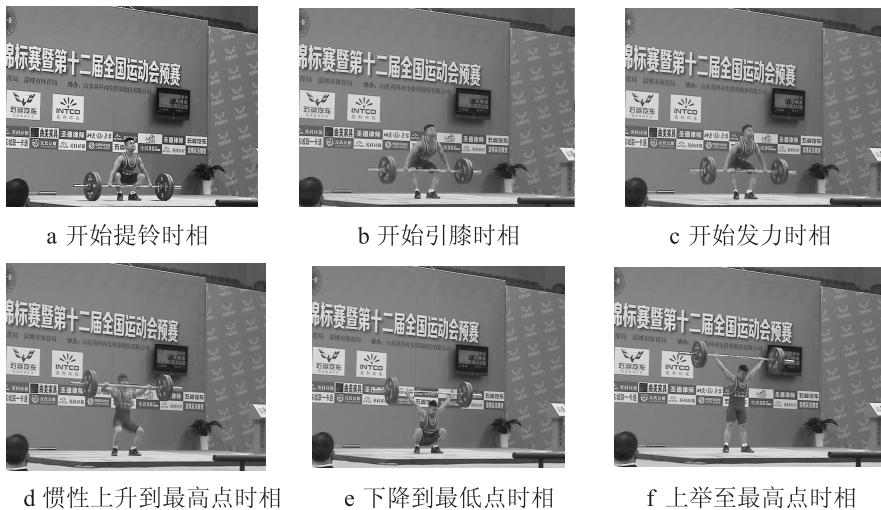


图 2 龙清泉抓举 125 kg 各经典时相图

6 个时相为:1)开始提铃时相:杠铃离开地面的那一时刻。2)开始引膝时相:提铃结束,膝关节角度增至最大的那一时刻。3)开始发力时相:运动员引膝完成之后膝关节角度最小的那一时刻。4)杠铃惯性上升至最高点时相:运动员发力杠铃随惯性上升至最高点时刻。5)下蹲至最低点时相:杠铃经过下蹲支撑阶段之后,人体屈髋屈膝直至杠铃回落至最低点的那一时刻。6)上举至最高点时相:杠铃经过上举

之后达到最高点那一时刻。每两个时相间构成一个时间阶段,共 5 个阶段。在这 5 个阶段中,发力阶段和下蹲支撑阶段是决定运动员试举成功率的关键,本文将对这两个阶段的相关数据进行重点分析。

## 2 技术数据分析与讨论

正确和熟练的技术是力量和其他必要素质得以

充分发挥的保证。除每个运动员都要遵循的技术原则外,还要依据运动员的个人特点,形成具有个人特点的技术。每个人技术上的特点便可以看作是技术细节。细节是不可忽视的,对每个运动员来说,动作技术只有体现了个人特点才能称得上是合理的。本研究将按照关节角度分析、速度与加速分析、位移数据分析等三个方面对龙清泉的技术动作进行特征论述。

2.1 关节角度分析

在抓举技术的完成过程中,不同技术阶段的各主要关节角度及角速度能够体现出运动员的发力顺序以及发力的协调性,进而能够对其进行技术诊断。根据抓举技术的动作特点,选取了膝关节、髋关节和肘关节角度作为研究的重点。

由图 3 可以看出,龙清泉的髋关节角度在 0.16 s

之前是没有增加的,而膝关节角度持续增大,说明提铃开始阶段的杠铃上升主要通过伸膝完成,而由伸髋才能带动的腰背部肌肉群并没有做功。髋关节角度在提铃后半阶段是逐步增大的,特别在 0.32 s 以后髋关节角速度增速明显加快,而膝关节角速度变化趋于缓慢说明在提铃后半阶段作用在杠铃上的力主要是由伸髋肌群提供。这符合提铃阶段先伸膝后展髋的技术要领,之所以要先伸膝后展髋是因为伸直膝关节的力量主要是靠股四头肌收缩,而伸直髋关节主要是靠大腿后面的股二头肌、半腱肌、臀大肌。两者比较起来伸膝肌的力量比伸髋肌的力量小。如果在提铃开始阶段伸髋肌群就参加工作,这样身体重心就会后移,使得伸膝关节时的重力矩增大,不利于提铃,说明龙清泉很好地掌握了提铃阶段膝关节和髋关节动作的要领。

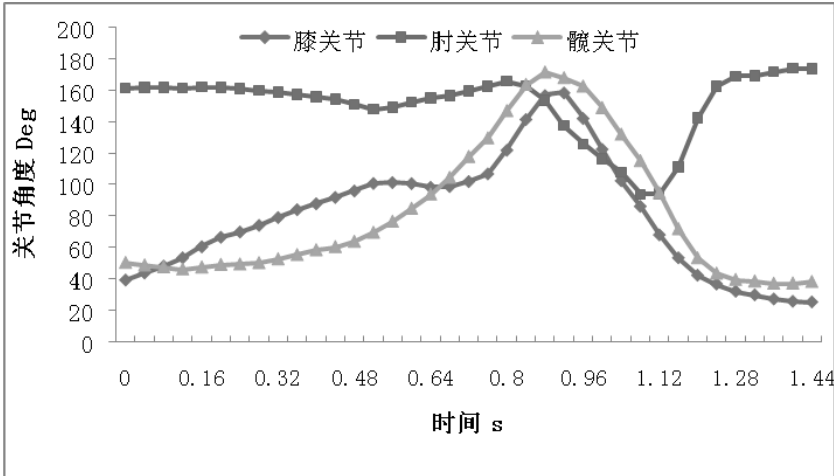


图 3 龙清泉抓举 125 kg 各关节角度变化曲线图

在第一步提铃结束,膝关节角度增至最大时,应连续不停地利用抬上体,即伸髋力量继续提铃,同时膝关节迅速回屈膝进入杠铃下,叫做引膝。引膝幅度大小各有利弊,同时也受体形特点和各部分肌肉发展水平的制约。引膝幅度大,能加大膝关节伸展的幅度,便于充分拉长腿部肌肉,能够发挥腿部肌肉力量。但因膝、踝关节回屈幅度偏大会致使制动时间延长,使速度下降较多,不利于动作的连贯性发挥。引膝幅度小,速度下降也少,但膝踝角太大,腿部肌肉未适度拉长,发力时不利于充分发挥腿部的蹬地力。在常规引膝技术中膝关节的回屈角度为 12 ~ 20 Deg<sup>[2]</sup>,而从表 2 可知,龙清泉膝关节回屈角度仅为 3 Deg,而髋

关节角度却增大了 17.3 Deg, 整个引膝阶段耗时为 0.08 s。这说明龙清泉在引膝阶段膝关节几乎处于静止状态,利用背部肌肉力量充分展髋带动杠铃持续上行。其引膝技术与传统技术动作相比已产生明显变化,却与石智勇<sup>[3]</sup>和伍超<sup>[4]</sup>的引膝技术颇为相似。这一技术特点在不同优秀运动员身上同时出现应当值得大家关注。龙清泉在引膝结束时膝关节角度只有 108.44 Deg, 小于高水平运动员的常规范围 115 ~ 143 Deg<sup>[5]</sup>,也小于参加 2012 年世界举重锦标赛的 9 位世界优秀选手的平均引膝角度 128.5 Deg<sup>[6]</sup>,引膝结束时较小的角度能够为发力阶段的伸膝提供更大的发力空间。这在后面杠铃速度的分析中也得到了印证。

表 2 龙清泉抓举 125 kg 关节角度的主要参数

阶断	开始提铃	开始引膝	开始发力	惯性上升到最高点
时间/s	0	0.56	0.64	1.12
膝关节角度/Deg	39.32	111.48	108.44	68.15
髋关节角度/Deg	50.33	76.74	94.05	94.92
肘关节角度/Deg	161.36	149.19	154.96	94.55

从图 3 可知,发力阶段按照关节角度变化情况又分为两个部分。第一部分是通过发力,伸膝、伸髋迅速使这两个关节角度达到最大值;第二部分是在发力后杠铃惯性上升到最高点期间运动员通过提肘、屈膝、屈髋,重心下降。从图 3 可以明显看出在开始发力的 0.64 s 之后,龙清泉膝关节、髋关节角度迅速增大,在 0.24 s 的时间内膝关节角度由 98.4 Deg 增加到 158.7 Deg,髋关节角度由 94.1 Deg 增加到171.7 Deg。从曲线图可以看出两者变化速度非常一致,且在同一时间达到了角度最大值,说明龙清泉身体发力时协调性很好,熟练掌握了发力阶段的动作要领。在发力阶段的第二部分杠铃利用惯性势能继续上升,此时肘关节、膝关节、髋关节角度同时减小,身体重心下降为后面的下蹲支撑做好准备。在该部分中龙清泉肘关节角度由 165.8 Deg 迅速减小到94.6 Deg,减小幅度达

到 71.2 Deg,说明龙清泉能够主动抬肘提升杠铃,同时利用反作用力加速身体重心下降。

2.2 速度与加速度分析

杠铃重心速度与加速度是衡量运动员力量素质与技术水平的重要指标,也是确保杠铃达到必要高度的先决条件。发力阶段中杠铃最大速度指标是抓举技术中贡献率最大的因子<sup>[7]</sup>。从表 3 可以看出龙清泉在开始发力时相杠铃速度为 1.13 m/s,在对比数据中位列中等,同样在合理技术指标范围之内。从杠铃速度最大值分析,龙清泉是 1.77 m/s,排在占旭刚和吴文雄之后位列第三位,杠铃速度提升比更是达到了 56.6 % 仅次于吴文雄。这充分体现了龙清泉发力阶段优异的力量与技术水平,同时也印证了前面所论述的在引膝结束时较小的膝关节角度带来的更大发力空间。

表 3 发力阶段龙清泉与其他优秀选手杠铃速度对比表<sup>[8-10]</sup>

姓名	发力开始时相杠铃速度值(m/s)	杠铃最大速度值(m/s)	速度提升比/%
龙清泉	1.13	1.77	56.6
石智勇	1.30	1.72	32.3
吴文雄	1.23	1.95	58.5
穆特鲁	0.97	1.35	39.1
占旭刚	1.30	1.86	43.1
肖建刚	1.08	1.53	43.7
马文广	1.38	-	-
吴数德	1.50	-	-
何灼强	1.04	1.54	48.1

在发力阶段杠铃惯性上升到最高点时杠铃速度为零,这时受重力作用杠铃会向下降落,产生负向速度,进入下蹲支撑阶段。根据迪伯特的研究,10 位世界优秀运动员在下蹲支撑阶段身体重心向下运动的最大加速度均超过了 9.8 m/s<sup>2</sup> 的重力加速度,而 26 名一般水平运动员则没有超过<sup>[5]</sup>。通过数据解析发现龙清泉在该阶段的重心加速度达到了 10.3 m/s<sup>2</sup>。从这一指标看,龙清泉的下蹲技术是合理的而且属于世界级水平。平均下蹲加速度之所以能够超过重力

加速度,一是因为发力后肩部的继续提带,杠铃以等大、反向的作用力作用于人体,使人体下蹲加快,二是与髋关节处于下肢快速上收,造成人体腾空有关。

根据图 4 和图 5 中龙清泉与石智勇的相关速度曲线对比发现,在支撑时石智勇重心下降速度制动时间更短,仅用 0.1 s 便达到人体与杠铃的速度同步,而龙清泉则为 0.15 s。这说明在支撑过程中石智勇能够提前介入对杠铃的有效控制,降低杠铃下砸力,

在这一点上龙清泉仍有提升空间。

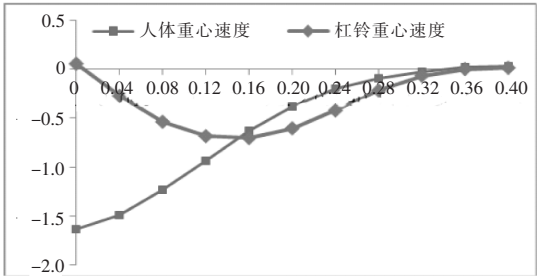


图4 龙清泉支撑阶段人、杠重心速度曲线图

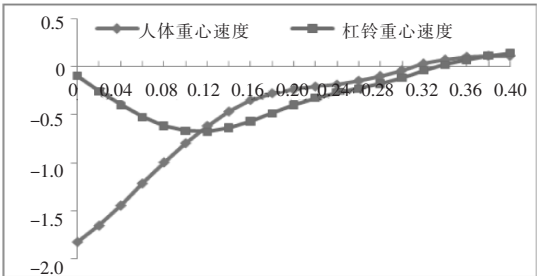


图5 石智勇支撑阶段人、杠重心速度曲线图<sup>[10]</sup>

2.3 相关位移分析

在抓举技术中有3个“距离指标”是诊断运动员技术水平的重要标准。第一是人杠重心间距,抓举技术中最为重要的“近”“快”“低”3个原则中,人杠重心间距是体现“近”最主要的指标,较小的间距能够减少阻力臂,更高效地将垂直方向的力作用于杠铃。第二是杠铃上升高度,抓举中运动员要想完成下蹲支撑动作,首要的前提就是需将杠铃提升到必要的高度位置。第三是杠铃回落距离,杠铃惯性上升到最高点后回落距离与下砸力直接相关,是关乎抓举成败的重要因素<sup>[11]</sup>。

2.3.1 人杠重心间距分析

在抓举的站法上,一般有人字、大八字、小八字和

平行4种,世界优秀运动员一般采取大八字或小八字站法<sup>[12]</sup>。通过录像观察发现龙清泉在开始提铃时采取了大家常用的“小八字”站法。这种站法能够最大限度地使小腿靠近杠铃,同时又能够保证在提铃时腿部肌肉的调动。龙清泉在开始提铃时相7.8 cm的人杠重心间距也证明了“小八字”站法的合理性。

提铃阶段的主要任务之一便是将杠铃提拉至更靠近身体重心的位置,减小阻力臂。根据表4可知虽然龙清泉在提铃开始后人杠重心间距一度减小至5.2 cm,但是在引膝和发力时其重心间距分别达到了10 cm和8.6 cm。这一数据虽然仍在合理指标范围之内<sup>[12]</sup>,但相对开始提铃时相不减反增,这与常规技术要求并不一致,且与其他运动员差距较明显。根据前面对其引膝技术的分析,认为导致这一问题的主要原因是由于龙清泉引膝幅度过小。在发力阶段龙清泉的人杠重心间距最大值达到了25.2 cm,数值在所有对比运动员中最大的,这说明龙清泉在人杠重心间距的控制上能有提升空间。

2.3.2 杠铃高度与回落距离分析

抓举中运动员要想完成下蹲支撑动作,首要的前提就是需将杠铃提升到必要的高度位置,这一位置既不宜过高更不宜过低。高度越高意味着运动员在举起同一重量的杠铃时做功会更多,不利于成绩的提高。此外,过高的杠铃高度还会增加下蹲支撑时杠铃的回落距离并增加杠铃下砸力。与此相反,杠铃高度如果不足,运动员则无法充分伸臂完成支撑动作,会直接导致动作失败。根据刘平的研究<sup>[7]</sup>,同一运动员抓举同一重量时,在其他指标不变的前提下杠铃高度下降幅度过大会导致动作失败。通过表5可知,龙清泉抓举时杠铃上升到最高点的位置为116.2 cm,与身高比值为72.6%,属于世界优秀选手的指标,同时也与其他两位奥运会举重冠军数值相当。

表4 龙清泉与其他优秀运动员人、杠重心间距数据对比表<sup>[3,8,13]</sup>

姓名	开始提铃时相	开始引膝时相	开始发力时相	最大值
龙清泉	7.8→5.2	→10	8.6	25.2
石智勇	10.2	7	6.9	17.3
廖 辉	7.1	7.2	1.9	10.1
伍 超	7.9	7.9	2.2	10.1
马文广	9	13	6	24
崔文华	—	—	10.1	11.1
何灼强	—	—	4	10
吴数德	9	5	2	15

表 5 三位奥运会举重冠军相关数据对比表

姓名	杠铃最高点与身高比值/%	杠铃回落距离/cm
龙清泉	72.6	14.1
占旭刚	73.4	—
石智勇	69.0	13.6

下蹲支撑是提铃过程的最后阶段。在这一阶段两腿屈曲,两脚着地,身体重心降至最低位置,臀部及大腿“坐”在小腿上。两臂在头上伸直支撑杠铃。下蹲支撑时杠铃的回落距离是影响抓举成功率的一个重要指标。在下蹲支撑过程中应始终使腰部肌肉收紧,做出挺胸塌腰的动作,这对下蹲支撑的稳定性有重要作用。根据王云德<sup>[14]</sup>的研究,世界最优秀运动员的抓举杠铃回落距离为 10 ~ 15 cm。从表 5 可知,龙清泉抓举时杠铃回落距离为 14.1 cm,属于世界级优秀选手的范围,体现了其优异的下蹲支撑技术。

3 结论与建议

1)提铃开始阶段的杠铃上升主要通过伸膝完成,而由伸髋才能带动的腰背部肌肉群并没有做功。髋关节角度在 0.32 s 以后髋关节角速度增速明显加快,提铃后半阶段作用在杠铃上的力主要是由伸髋肌群提供,符合提铃阶段先伸膝后展髋的技术要领。

2)引膝阶段耗时 0.08 s,膝关节回屈角度仅为 3 Deg,而髋关节角度却增大了 17.3 Deg,引膝阶段膝关节几乎处于静止状态,利用背部肌肉力量充分展髋带动杠铃持续上行。其引膝技术与传统技术动作相比已产生明显变化。这种引膝技术已经在数名世界级优秀运动员身上反复出现,应当引起教练员的充分重视和深入研究。

3)独特的引膝技术导致正反两个方面的影响:反面影响为人杠重心间距偏大,最大值达到25.2 cm,且发力开始时相人杠间距大于开始提铃时相;正面影响为发力连贯性较好,杠铃速度提升比较大。

4)发力阶段髋、膝关节角度变化高度一致,且在同一时间达到了角度最大值,证明了龙清泉极好的发力协调性和熟练的发力动作要领。杠铃速度最大值为 1.77 m/s,速度提升比为 56.6 %,杠铃最高点与身高比值为 72.6 %,指标均为合理值。

5)下蹲支撑时杠铃回落距离为 14.1 cm,人体重心加速度达到 10.3 m/s<sup>2</sup>,两项指标均属世界级优秀

选手范围。

参考文献

[1]杨世勇.奥运会举重冠军成绩增长规律的年龄特征研究[J].成都体育学院学报,1999(1):20.

[2]章旌红.举重提铃动作的运动力学分析[J].武汉体育学院学报,1999(4):95.

[3]王雷,杨世勇,艾康伟.奥运冠军石智勇抓举运动学分析[J].山东体育学院学报,2011(12):66.

[4]王举涛,李建英,苗苗.全国举重冠军伍超抓举 154kg 的技术特征分析[J].上海体育学院学报,2012(4):69.

[5]雷·G·迪伯特.高水平与一般水平举重运动员抓举技术的生物力学[J].体育与运动研究季刊,1982(3):23.

[6]ERBIL HARBIL. A Gender - Based Kinematic and Kinetic Analysis of the Snatch Lift In Elite Weightlifters in 69 - Kg Category[J]. Journal of Sports Science & Medicine, 2012(1):15.

[7]刘平,张贵敏,佟永典,等.我国优秀男子举重运动员抓举技术结构研究[J].体育科学,2005(1):22.

[8]张跃.何灼强创 117.5 公斤抓举世界记录的技术分析[J].体育科学,1989(9):15.

[9]张贵敏,张绍礼,张萍,等.我国优秀男子举重运动员技术监测分析[J].中国体育科技,2003(7):53.

[10]王雷.奥运举重冠军石智勇技术动作运动学分析[D].成都:成都体育学院,2007.

[11]GOURGOULIS, VASSILIOS, AGGELOUSSIS. Unsuccessful vs Successful Performance in Snatch Lifts: A Kinematic Approach [J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2009(2):56.

[12]郭廷栋.竞技举重运动[M].北京:人民体育出版社,1990.

[13]单信海,严政,张跃.崔文华抓举 200.5 kg 超世界记录的技术分析[J].北京体育大学学报,1999(4):49.

[14]王云德,卢德明,艾康伟,等.举重技术的生物力学特征[J].体育科学,1984(4):42.

[责任编辑 江国平]