

挺举技术分析中的主要特征点数据指标

刘北湘

(成都体育学院 运动生物力学室, 四川 成都 610041)

摘 要: 通过对 31 例挺举技术数据进行分析, 探讨举重技术中的“近”、“快”、“低”、“准”技术原则, 以及挺举技术中的“两次发力”、“下砸力”等重要技术特征的量化途径。结果发现这些以前停留在理论探讨或定性描述的问题, 完全可以从杠铃重心、人体重心等主要特征点的运动学数据指标中进行定量分析。研究还提出了具体的量化及分析方法。

关 键 词: 运动生物力学; 举重; 挺举技术分析

中图分类号: G884.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2008)06-0091-05

Main characteristic data and indexes in the analysis of clean and jerk techniques

LIU Bei-xiang

(Sports Biomechanics Teaching and Research Room, Chengdu Sport University, Chengdu 610041, China)

Abstract: By analyzing and studying the technical data of 31 cases of clean and jerk, the author probed into such technical principles in weightlifting techniques as “near”, “rapid”, “low” and “accurate”, as well as the ways to quantify such important technical characteristics as “twice explosion of power” and “downward smash force”, and revealed that these issues probed into theoretically or described qualitatively in the past can be fully quantitatively analyzed by means of such main characteristic kinetic data and indexes as the center of gravity of the barbell and the human body. The author also put forward specific methods for quantification and analysis.

Key words: sports biomechanics; weightlifting; clean and jerk

运动技术分析(或称运动技术诊断)是以测量到的数据作为分析依据, 从中“解读”运动技术信息为运动训练实践服务。在举重技术分析中, 数据指标主要来源于影像测量, 其次是动力学测量。影像测量所得到的数据最为繁杂, 涉及以特征点为对象的位置、位移、速度、加速度等数据, 以关节(或环节)为对象的角度、度位移、角速度、角加速度等数据^[1-4]。仪器测量得到的是数据或以数据为依据绘制的各种曲线图, 研究人员的重要工作便是通过研究分析, 从这些数据或曲线图中正确“解读”出运动技术的信息为举重技术训练服务, 并且能让教练员、运动员“看得懂, 用得上”。但当前在解读运动技术信息方面, 存在许多盲目现象, 甚至有使用不当或故弄玄虚的情况。举重技术分析的基本目的是要发现被分析运动员当前技术上的特征或缺陷, 为其优化或改进运动技术服务。事实上有一些最能反映举重技术基本特征的数据指标适合

提供给教练员作为技术训练的参考, 例如“近”、“快”、“低”、“准”4项技术原则的量化指标, 挺举技术中“两次发力”、“下砸力”的量化指标等。以往对这些技术问题较多的是停留在理论讨论或定性描述上, 缺少针对性和实用性。如果能够通过数据分析进行定量研究, 必然能深化挺举技术分析工作。本文以特征点数据为突破口研究上述问题。

1 研究对象与方法

1) 研究对象。

举重运动员 18 人, 其中男子 13 人(运动健将 4 人、一级运动员 6 人、二级运动员 3 人, 级别 56~105 kg 级); 女子 5 人(运动健将 2 人、一级运动员 1 人、二级运动员 2 人, 级别 48~75 kg 级)。

2) 数据来源。

实验室数据: 在实验室条件下, 采用运动学测量

和动力学测量同步进行(外光源同步)。其中运动学测量采用 2 台 JVC9800 录像机做三维拍摄,用美国 APAS_2000 系统做数据处理;动力学测量采用美国 BERTEC 及瑞士 KILTLER 系统。各受试者均用其最好成绩的 90%重量完成动作,选择其中较好的一次进行数据处理,共得运动学及对应动力学数据 18 例。

比赛现场数据:在全国比赛、国际比赛现场用 2 台摄像机做三维拍摄,对象均为运动健将。对所拍资料进行录像解析,共得运动学数据 13 例。

2 结果与分析

本文讨论的运动学数据,其框架坐标按右手系,运动员在第一象限动作, X 代表左右方向, Y 代表前后方向, Z 代表垂直方向。

2.1 主要特征点的运动轨迹及位移

1) 杠铃重心、人体重心在垂直方向的运动轨迹。

举重技术主要在垂直方向产生较大的位移,因此通过杠、人重心在垂直方向的运动轨迹图,可以很清晰地划分动作技术阶段、获得各阶段的时间,这可为后面其它技术数据的分析提供依据。从中也可以解读出许多重要技术信息。

从轨迹曲线解读的一般技术信息:如图 1 所示,挺举动作过程可从轨迹图上清楚划分出 8 个基本动作阶段,即提铃过程 AB、下蹲接铃过程 BC、站起过程 CD、直立过程 DE、上挺预蹲过程 EF、上挺发力过程 FG、上挺下蹲过程 GH、站起过程 HI。根据运动阶段的划分可进一步获得各阶段动作持续时间及各阶段重心位置变化(位移)。以图 1 所示运动员为例得到其数据如表 1 所示。

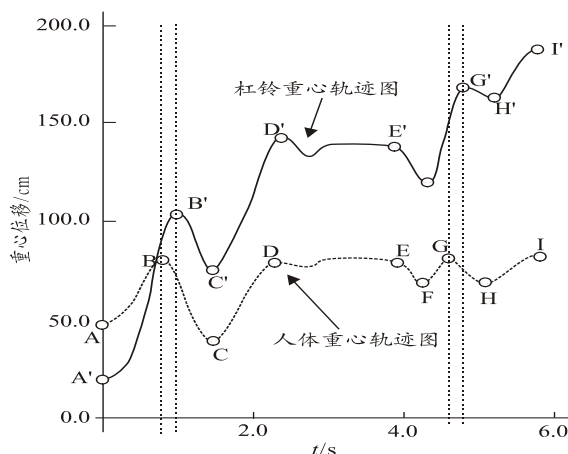


图 1 “杠/人”重心轨迹图(Z向)

从轨迹曲线解读的重要技术信息:(1)“快”的技术信息。我们注意到在提铃发力阶段、上挺发力阶段,杠铃重心和人体重心明显不是在同一时间达到最高点,人体重心要先于杠铃重心达到最高点。随后当人体开始向下运动时,杠铃还会继续向上运动一段时间。这个特征表明,运动员完成发力以后,趁着杠铃在惯性作用下继续向上运动的间隙,迅速向下降低身体重心以便为后续的撑铃动作做好准备。如果发力效果好,杠铃上升动量大,运动员获得的下蹲时间长,必然有助于后续撑铃动作的顺利完成。将此数据指标结合对应的速度、加速度数据可以准确分析“快”的技术原则贯彻情况。(2)“低”的技术信息:表 1 数据显示,提铃结束时杠铃和人体重心高度分别是 102.9 cm 和 78.5 cm,下蹲接铃时杠铃和人体重心分别是 73.0 cm 和 38.6 cm,其间杠铃重心下降了 29.9 cm,人体重心下降了 40.9 cm。这部分数据是评价运动员贯彻“低”的技术原则的量化指标。

表 1 运动员“杠/人”重心在垂直方向各动作阶段时间、位置

动作阶段 (过程)	t/s		位置变化/cm	
	过程	阶段时间	高度	位移
起始 A	0/0	/	20.0/47.0	/
提铃 AB	1.02/0.82 ¹⁾	1.02/0.82	102.9/78.5	82.9/31.5
下蹲接铃 BC	1.48/1.48	0.46/0.66	73.0/38.6	-29.9/-40.9 ²⁾
站起 CD	2.42/2.42	0.94/0.94	142.3/79.3	69.3/40.7
直立 DE	3.92/3.92	1.50/1.50	136.0/77.8	-6.3/-1.5 ³⁾
上挺预蹲 EF	4.32/4.32	0.40/0.40	119.1/68.0	-16.9/-9.8
上挺发力 FG	4.82/4.62 ¹⁾	0.50/0.30	165.1/79.4	46.0/11.4
上挺下蹲 GH	5.16/5.16	0.34/0.54	162.7/68.9	-2.4/-10.5
站起 HI	5.78/5.78	0.62/0.62	186.0/81.6	23.3/12.7

1)时间间隔为 0.20 s; 2)负值为向下运动; 3)取平稳后高度

2) 杠铃重心、人体重心在前后方向的运动轨迹。

在举重技术中,杠铃重心远离人体重心会形成过大的力矩,因此要求贯彻“近”的技术原则。在提铃和上挺过程中杠铃前、后方向的位置偏差还会造成前

掉或后掉失误,因此要求贯彻“准”的技术原则。这两点是评价举重技术优劣的重要指标。但在实际分析中如何量化这个指标?本文认为可以通过杠铃重心与人体重心在前后方向的轨迹图进行分析,同时在重要

的动作位置还可以计算出二者之间相隔的距离,以及杠、人重心轨迹整体的偏移情况。如图2所示,这是两名运动员在挺举过程中杠、人重心在前后方向的轨迹图。图2a所示运动员的杠、人重心轨迹几乎相伴而行,没有出现太大的间隔,符合“近”的技术原则。而且两条轨迹线在整个动作过程中几乎处于平行状态,这说明该运动员对杠铃的控制准确,杠铃整个运动过程在前后方向没有出现太大的偏移,符合“准”的技术原

则;而图2b所示运动员在提铃阶段的杠、人重心轨迹有较大的间隔(最大间隔为13.5 cm),这必然会造成提杠动作出现较大的阻力矩。在上挺阶段,杠、人重心运动轨迹都出现向后较大的移动,这说明上挺杠铃时向后方出现较大偏差(偏移量为21 cm),运动员为了支撑住杠铃得向后移动身体以保持人、杠协调。因此,从杠、人重心运动轨迹图上可以看出在贯彻“近”和“准”的技术原则方面,图2a要比图2b所示运动员好一些。

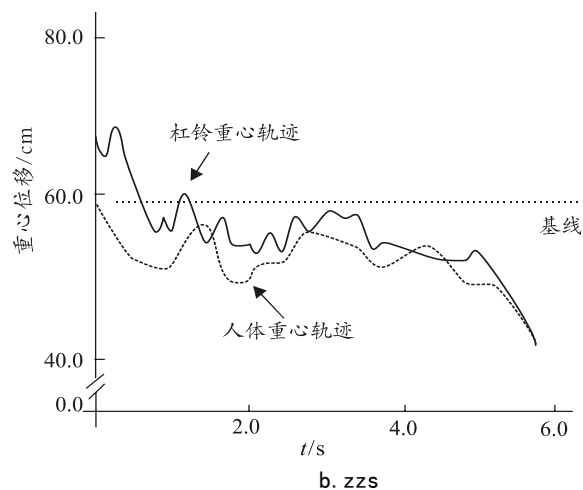
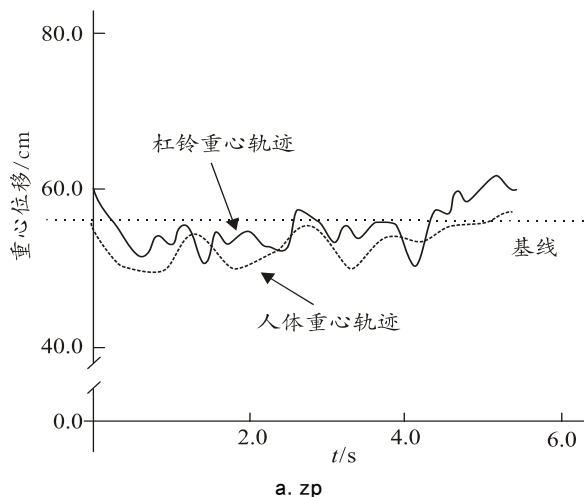


图2 “杠/人”重心轨迹图(Y向)

3) 杠铃重心、人体重心在左右方向的运动轨迹。

一般来说,挺举在左右方向发生较大偏移的情况很少,但有时也会因为用力不均发生向左或向右的偏离。借助杠、人重心在左右方向运动轨迹可以了解挺举过程左右用力均衡状况,这也是贯彻举重技术原则“准”的重要评价指标。比较图3a、3b,图3a所示运动员在左右方向的偏差较小(最大偏移<5 cm),而图3b所示运动员在上挺过程中,明显向其左侧发生了较大的移动(最大偏移达12.3 cm)。

2.2 主要特征点的运动速度及加速度

图4是杠铃重心、人体重心在垂直方向的速度曲

线图。解读速度曲线要比轨迹曲线困难,但是掌握了其规律仍然很容易读懂。由于在挺举8个运动阶段的特征位置,都存在速度趋于零的状态,因此在速度为零的位置做一条水平线,再配合轨迹图提供的运动过程时间数据,便能在速度曲线图上划分出各个运动阶段,如图4所示的A、B、C、D、E、F、G、H、I各点。(注意:前面说过,在提铃和上挺过程中,杠铃重心和人体重心不是同时达到最高点的,因此杠、人重心速度曲线不会同时趋零,本例将B、G两点分别绘制在两曲线的间隔处。)

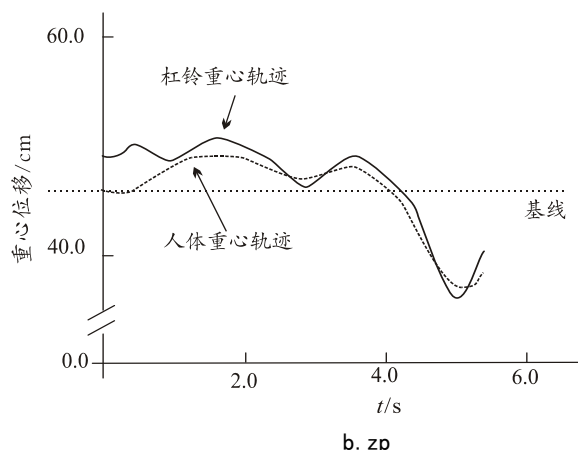
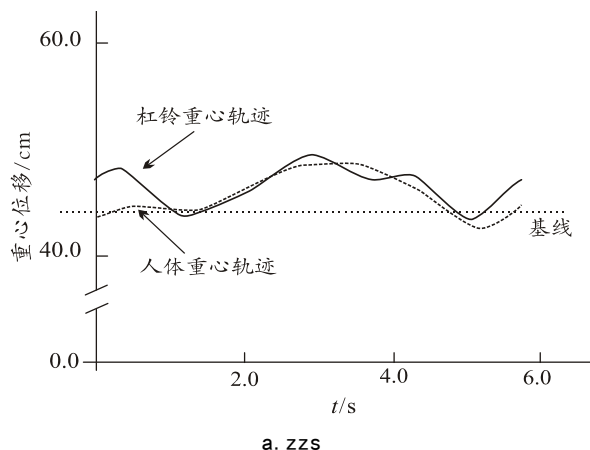


图3 “杠/人”重心轨迹图(X向)

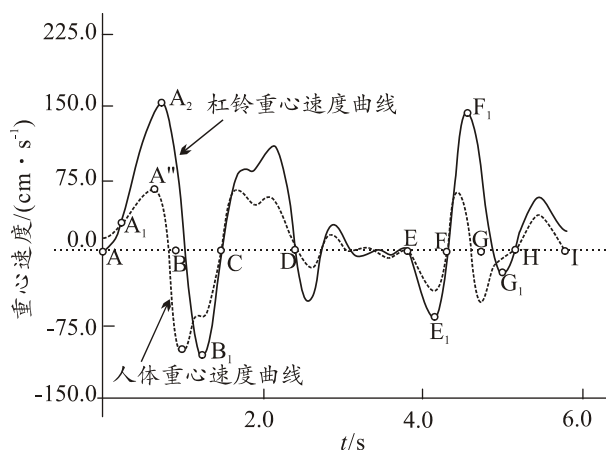


图 4 zzs “杠/人”重心速度曲线(Z向)

从速度曲线解读的一般技术信息：AB 段杠铃在提铃发力过程中速度逐步增加，发力结束时停止，然后杠铃在重力作用下速度逐步降低为零，提铃动作结束；BG 段杠铃做下落运动，速度向下增加达到最大(B₁点)，此后开始受到运动员的支撑力，速度降低直到为零(C点)；CD 段为运动员站起过程，杠铃速度向上达到最大后再下降为零；DE 段为运动员直立过程，杠铃速度变化不大，但随着运动员对杠铃进行的调整其速度有上下弹动情况；EF 段是预蹲过程，杠铃速度随运动员重心的下移而开始向下运动，在 E₁点开始受到支撑力使速度又减少到零(F点)；FG 段为上挺过程，F 到 F₁杠铃受到上挺发力作用使其速度增加，发力结束后杠铃速度再下降为零(G点)；GH 段是杠铃回落过程；HI 段是举起后的撑铃过程。在上述各个过程中，人体重心速度随之相应变化。

从速度曲线解读的重要技术信息：(1)两次发力信息：“发力”是现代举重技术最重要的概念，也是评价技术优劣的重要指标。挺举技术过程中，有两次发力过程会引起杠铃速度明显加大。第 1 次是在提铃过程中(AB 段)，从 A 到 A₁是提铃过膝，从 A₁到 A₂是提铃发力过程。第 2 次是在上挺过程中(FG 段)，从 F 到 F₁是上挺发力过程。从技术上说从 A₁到 A₂和从 F 到 F₁这两段速度曲线具有重要意义，它是分析评价运动员两次发力状况的依据。一般来说，这两段曲线上升幅度越高、上升过程的坡度越“陡”，说明其发力越大。但是在具体分析中，由于力是一个瞬间值，并不能说明太大的问题，因此采用发力冲量比较合理，冲量数据可以用在不同技术风格的运动员之间进行比较。以提铃发力阶段(A₁A₂段)为例计算上拉发力冲量如下：

$$C = Ft + mgt = m(V_2 - V_1) + mgt = 160 \times (1.53 - 0.23) + 160 \times 9.8 \times 0.56 = 1086(\text{Ns})$$

式中 m 为杠铃质量(160 kg)，本例计算得到在 A₁

到 A₂段运动员产生的上拉力冲量为 1086 Ns，该值除以时间便得到平均上拉力为 1939 N(即 198 kg)。该值与同步动力测量数据基本吻合。(2)下砸力信息：下砸力也常用做举重技术的评价指标，但在以往许多研究文章中，仅停留在文字描述上，很少看到有实际计算数据。本文分析认为，杠铃在上升过程中，速度由大变小到趋零，表示上升结束。然后在重力的作用下降落，其动量形成下砸力。从挺举技术理论上说，下砸力主要有两次，第 1 次发生在提铃后的撑铃阶段(即 BB₁段)，第 2 次发生在上挺后的撑铃阶段(即 GG₁段)。下砸力的计算应从速度为零位置到最大下落速度处，可依据动量定理进行。图 4 所示运动员上挺后采用的是下蹲式撑铃技术，从曲线图上观察，其提铃后撑铃所受到的下砸力要远远大于上挺后的撑铃。以其 BB₁段为例计算他所受到的平均下砸力：

$$D = \frac{m(v_2 - v_1)}{t} + mg = \frac{160 \times (1.06 - 0.15)}{0.24} + 160 \times 9.8 = 2175(\text{N}) \approx 222(\text{kg})$$

式中 m 为当时所举的杠铃质量(160 kg)。计算所得平均下砸力约为 222 kg，这个数据与同步动力测量数据基本吻合。(3)“快”的技术信息：“快”在挺举技术中有多种要求，如发力快、下蹲撑铃快等。以下蹲撑铃为例，要求运动员完成提铃后迅速降低重心完成撑铃动作。定量评价其下蹲速度除了前面谈到的时间数据以外，还可以从速度曲线上获得。图 5 是另一个运动员杠、人重心在提铃段(AB)的速度曲线图，将其与图 4 所示运动员比较(二者人体重心速度曲线的 A“B”段)，可以看出图 5 所示运动员的人体重心下降速度要明显快于图 4 所示运动员。

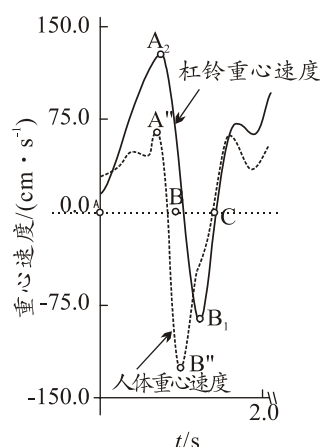


图 5 zp “杠/人”重心速度曲线(Z向 AB 段)

以上只分析了“杠、人”重心在垂直方向的速度曲线图，在前后方向、左右方向的速度曲线图同样可以解读许多挺举技术信息，本文不再逐一讨论。

图6是杠铃重心、人体重心加速度曲线图,为了帮助分清各段加速度的意义,特将杠铃速度曲线图同时绘制在其上以便对照。加速度表示的是速度变化的快慢,其值为正时表示加速运动,为负时表示减速运动(向下加速运动)。以提杠铃的AB段为例,杠铃在上提过程中,人、杠重心先是在AA₂段做加速运动,这段上的波峰表示加速运动的大小,它与运动员上提发力对应,到A₂点时表示加速运动结束。然后在A₂B段做减速运动,这段上的波谷表示减速运动的情况,到B点后加速度处于一个瞬间为零的状况。其它各段均可如此分析。从对AB段的分析中可以看到加速度曲线图更不易于理解。再加上从重心轨迹到重心加速度的计算经过了两次微分求导过程,数据会产生较大的变异。正因为这个原因,在举重技术分析中很少使用加速度数据,一般是作为其它数据的辅助资料。

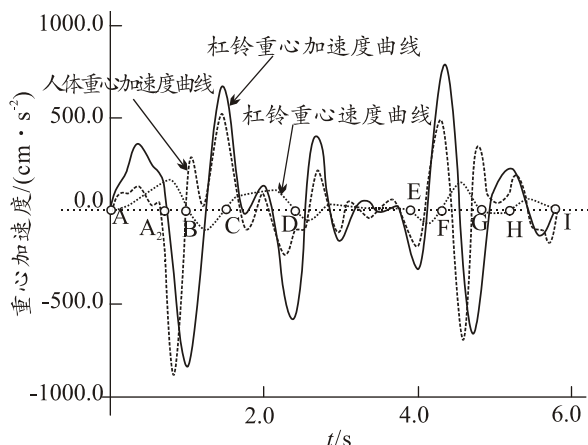


图6 “杠/人”重心加速度曲线(Z向)

除上述对杠铃和人体重心的分析外,还可以对其它一些特征点包括环节重心(头、上臂、前臂、手)、关节点(肩、肘、腕、髌、膝、踝)的运动状况进行分析,这主要是分析局部肢体某些技术细节问题,可根据实际需要进行选择。限于篇幅,本文不再逐一讨论。

举重技术中的“近”、“快”、“低”、“准”技术原则,以及挺举技术中的“两次发力”、“下砸力”等重要技术特征,可以从杠铃重心、人体重心等主要特征点的运动学数据指标中进行定量分析。对技术问题的量化,有助于深化挺举技术的分析评价,也有助于不同运动员技术特征之间的相互比较。本文使用的分析方法,可供挺举技术分析时参考。

参考文献:

- [1] 单信海. 韩文亮上挺技术的生物力学分析[J]. 西安体育学院学报, 2005, 22(2): 65-67.
- [2] 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, 39(7): 52-55.
- [3] 崔兆新, 石桂萍. 挺举中下蹲式与上挺式利弊分析[J]. 北京体育大学学报, 2000, 23(3): 408-410.
- [4] 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, 33(4): 95-96.

[编辑: 周威]