

不同水平运动员阿拉 c 杠生物力学对比分析

周慧子

南京体育学院研究生部, 江苏 南京 210014

[摘要] 阿拉 c 杠难度在舞蹈啦啦操中区别于其他动作, 具有研究独特性。对啦啦操难度中阿拉 c 杠的技术分析显得极为关键, 不同水平运动员的技术存在差异。运用 simimotion 高速运动捕捉系统和测力台, 对某体院 2 名舞蹈啦啦操运动员的阿拉 c 杠难度技术动作进行生物力学分析, 为啦啦操难度中阿拉 c 杠难度训练提供科学的理论依据。

[关键词] 阿拉 C 杠; 生物力学; 旋转角度

DOI: 10.33142/fme.v3i4.6652

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

Biomechanical Comparison and Analysis of Ala C Bar of Athletes of Different Levels

ZHOU Huizi

Graduate Department of Nanjing Sport Institute, Nanjing, Jiangsu, 210014, China

Abstract: The difficulty of the Ala C bar is different from other movements in dancing cheer-up, and it has its own research uniqueness. The technical analysis of the Ala C bar is very important in the difficulty of cheer-up. There are differences in the techniques of different level athletes. Using the simimotion high speed motion capture system and dynamometer, this paper makes a biomechanical analysis of the difficult technical movements of the Ala C bars of two dancing cheerleaders in a gymnasium, and provides a scientific theoretical basis for the difficulty training of the Ala C bars in the cheering difficulty.

Keywords: Ala C bar; biomechanics; rotation angle

引言

一直以来舞蹈啦啦操中阿拉 C 杠旋转难度类动作是判断啦啦操运动员技术水平高低的重要指标, 对运动员阿拉 c 杠的难度价值进行提升, 就成为提高啦啦操运动员水平的重要手段之一。如何提高阿拉 c 杠技术动作价值, 改进并提高阿拉 C 杠旋转技术, 也因而成为现阶段各运动员在啦啦操训练中急需解决的问题之一。研究在舞蹈啦啦操旋转类身体难度动作中选取国内外啦啦操运动员高频采用的阿拉 C 杠旋转类技术难度对某体育学院啦啦操队两名优秀啦啦操运动员的上述动作进行科学化研究, 并于此前相关研究进行对比分析, 试图揭示阿拉 C 杠技术动作的技术特征, 以作为教练员进行科学训练, 提高训练效益的辅助。

1 测试对象与方法

1.1 测试对象

受试者为某体育学院啦啦操队的两名运动员(表 1): 受试者甲(身高 1.66m, 体重 57kg)练习阿拉 c 杠时长不到一年, 阿拉 c 杠技术掌握情况相对薄弱, 不太稳定; 受试者乙(身高 1.66m, 体重 58kg)啦啦操队现役运动员, 全国啦啦操锦标赛冠军队队员。2 名受试者主力腿为右腿, 旋转方向与主力腿同侧。选择舞蹈啦啦操中旋转难度阿拉 c 杠技术动作进行测量。

表 1 受试者基本情况

姓名	性别	身高/cm	体质量/kg	年龄/岁	训练时间/年
受试者甲	女	166±1.25	58±2.25	21	1
受试者乙	女	167±2.58	60±2	21	3

1.2 研究方法

1.2.1 测试仪器

应用红外高速运动捕捉系统(Simi Motion AnAlYsis RAptor-4, USA), 全程采集(从预备阶段到转体结束阶段)受试者完成转体动作时的运动学数据; 应用 Kistler 9281CA (瑞士) 三维测力台同步采集受试者动力学数据(主要是地面反作用力及相关指标)。

1.2.2 测试方案

测试时受试者穿着实验所需绿色紧身衣和红色紧身衣, 以及佩戴相应颜色的头套、袜子和专业驼色舞蹈鞋, 在完成专项热身之后进入测试。测试时, 受试者听到实验人员指令之后上台(测力台)并呈预备姿势, 而后完成舞蹈啦啦操阿拉 c 杠技术动作。旋转动作开始时, 受试者主力腿上步至另一测力台, 并在此完成旋转动作。测试中要求受试者尽力发挥最高水平。采集完成之后, 选取其中完成质量最佳的 3 次进行研究。(图 1, 图 2)



图 1 受试者受试者乙完成的阿拉 c 杠难度



图 2 受试者受试者甲完成的阿拉 c 杠难度

1.2.3 数据处理

数据处理使用 Motion Analysis 自带 Cortex2.1 软件进行原始数据解析,对解析所得的人体三维坐标数据采用 Butterworth 四阶数字低通滤波法进行平滑,截断频率选择为 13Hz 以获取运动学和动力学数据。

1.2.4 访谈法

访谈的人群包括有执裁经历的舞蹈啦啦操裁判,专业体育院校生物力学方面的专家和教授。针对阿拉 c 杠的动作技术特点各方面进行访谈。

1.2.5 数理统计法

对测试数据报告的分析、筛选,用 SPSS11.5 软件系统进行数据处理和图表的制作,选用 KS 检验 (Kolmogorov-Smirnov test) 对各分析数据进行正态性检验,根据分析数据的分布特征选用适宜的统计推断方法。

2 结果与分析

依次从三个层面分别是时间,角度和受力情况对不同水平运动员甲乙的阿拉 c 杠技术动作进行分析。将阿拉 c 杠拆分为三个阶段,依次为预备转体蹬伸阶段、踝关节蹬伸阶段和膝关节蹬伸阶段。首先将人体受力情况和时间之间的关系做一个对比分析,其次依次对阿拉 c 杠三个阶段的受力情况和角度变化情况做一个对比分析;以上为此篇文章结果与分析的一个总体思路。

2.1 不同水平运动员阿拉 c 杠三个阶段的受力情况

以下分别从三个方向上的力分别是 z 轴, x 轴和 y 轴对阿拉 c 杠三个阶段的受力情况进行分析。z 轴为人体垂直于冠状轴平行的力, x 轴为人体水平朝右方向上所受到的力,而 y 轴为人体在矢状轴方向所收到的力。

2.1.1 阿拉 c 杠预备转体蹬伸阶段的受力情况

不同的旋转难度动作虽在身体动作形式上有所差别,但是其起动阶段的动作节奏却基本一致。受试者甲阿拉 c 杠预备蹬伸阶段第一圈是在 620 帧时在图中已用红色虚线标记出;预备蹬伸阶段第二圈是在 725 帧时在图中已用绿色虚线标记出;预备蹬伸阶段第三圈是在 830 帧时在图中已用橙色虚线标记出。以上是受试者甲在阿拉 c 杠预备蹬伸阶段三圈的受力情况,从中可知受试者甲在 Fz 轴也就是垂直于地面的力,三圈不够平稳且略显波动,三圈之间的差值也有 482.1N,可见受试者甲在阿拉 c 杠预备阶

段主力腿施加给地面的压力存在波动不够稳定,主力腿控制不到位受力不均匀。在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力,三圈之间的差值也有 126.7N,可见受试者甲在阿拉 c 杠预备阶段身体前后重心存在些许波动,但并未出现大幅度波动还算稳定。在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力,三圈之间的的差值波动较大,动力腿每圈施加的动力不够均匀,动力腿控制不够导致每圈力值波动较大。

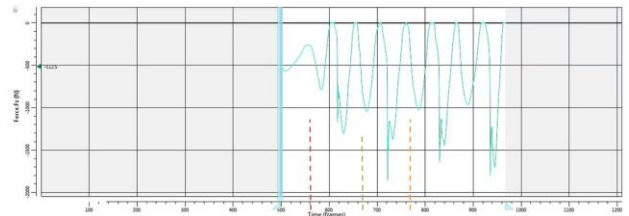


图 3 受试者甲 z 轴受力图

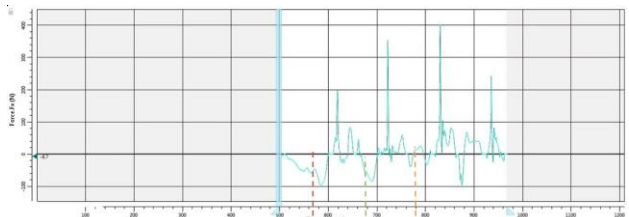


图 4 受试者甲 x 轴受力图

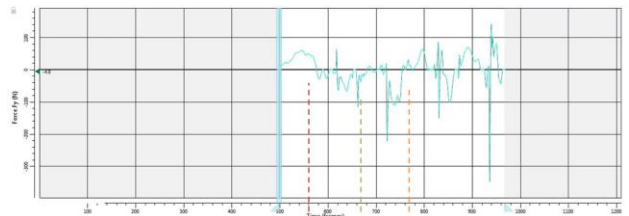


图 5 受试者甲 y 轴受力图

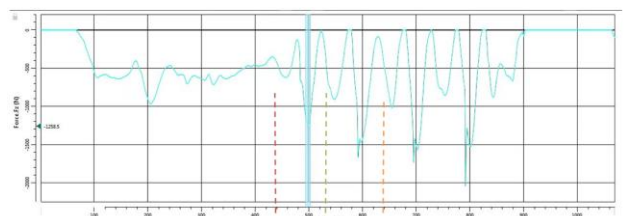


图 6 受试者乙 z 轴受力图

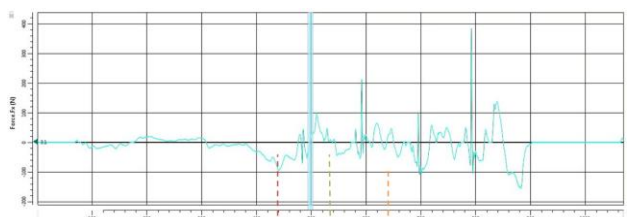


图 7 受试者乙 x 轴受力图

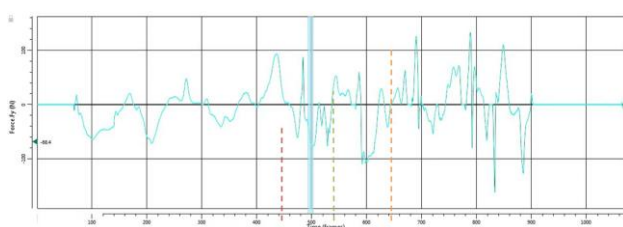


图8 受试者乙 y 轴受力图

受试者乙阿拉 c 杠预备蹬伸阶段第一圈是在 490 帧时在图中已用红色虚线标记出；预备蹬伸阶段第二圈是在 585 帧时在图中已用绿色虚线标记出；预备蹬伸阶段第三圈是在 690 帧时在图中已用橙色虚线标记出；以上是受试者乙在阿拉 c 杠预备蹬伸阶段三圈的受力情况，从中可知受试者乙在 Fz 轴也就是垂直于地面的力，三圈比较平稳波动较小，三圈之间的差值只有 41.8N，可见受试者乙在阿拉 c 杠预备阶段主力腿施加给地面的压力存在波动较小相对来说比较稳定，主力腿控制较稳定力量比较到位。而受试者乙在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力，三圈之间的差值只有 13.3N，可见受试者乙在阿拉 c 杠预备阶段身体前后重心几乎无波动，一直处于相对稳定的位置。受试者乙在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力，三圈之间的的差值略有波动，动力腿每圈施加的动力相对均匀，最后一圈动力腿控制不够导致力值波动较大。

受试者乙与受试者甲对比来看阿拉 c 杠预备蹬伸阶段 Fz 轴二者之间的差值为 440.3N，可见受试者乙在主力腿支撑控制力方面是强于受试者甲的，重心波动比受试者甲平稳；阿拉 c 杠预备蹬伸阶段 Fx 轴二者之间的差值为 113.4N，可见受试者甲身体在前后重心这块的波动要远远大于受试者乙，受试者乙几乎是无波动的很平稳，而受试者甲身体则容易前后晃动，失去控制，需要多加核心的练习。阿拉 c 杠预备蹬伸阶段 Fy 轴二者之间的差值为 120N，可见受试者甲在动力腿预备摆动阶段重心相对于受试者乙更容易被带偏，还是要加强动力腿的控制。

2.1.2 阿拉 c 杠踝关节蹬伸转体阶段受力情况

受试者甲阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段第一圈是在 680 帧时在图中已用红色虚线标记出；第二圈是在 790 帧时在图中已用绿色虚线标记出；第三圈是在 890 帧时在图中已用橙色虚线标记出；从中可知受试者甲在 Fz 轴也就是垂直于地面的力，三圈之间的差值也只有 37.5N，受试者甲在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段主力腿施加给地面的压力有些许波动但总体来说还算稳定。而受试者甲在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力，三圈之间的差值有 14.7N，可见受试者甲在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段三圈波动较小，在身体前后重心的控制方面还是相对平稳的。受试者甲在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力，三圈之间的的差值是 25N 波动都保持在两位数，说明受试者甲在踝关节

蹬伸阶段无论是前后左右还是垂直于地面的重心都是相对稳定的。

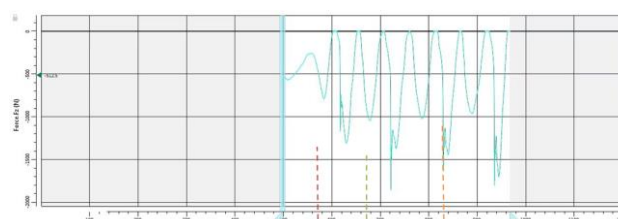


图9 受试者甲 z 轴受力图

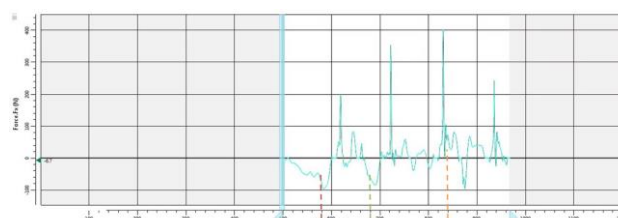


图10 受试者甲 x 轴受力图

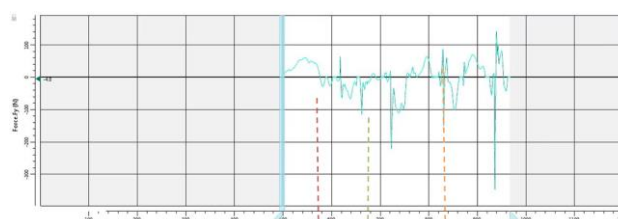


图11 受试者甲 y 轴受力图

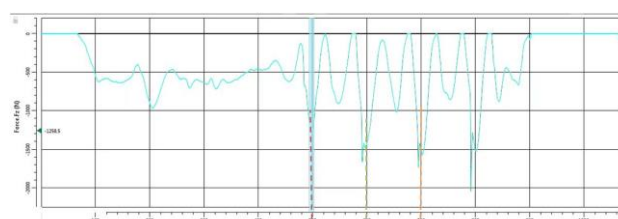


图12 受试者乙 z 轴受力图

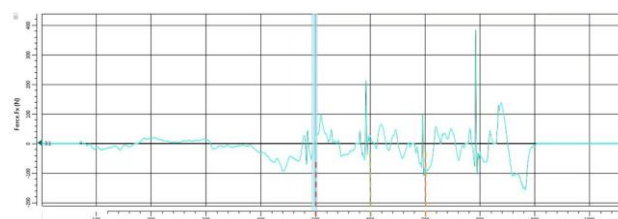


图13 受试者乙 x 轴受力图

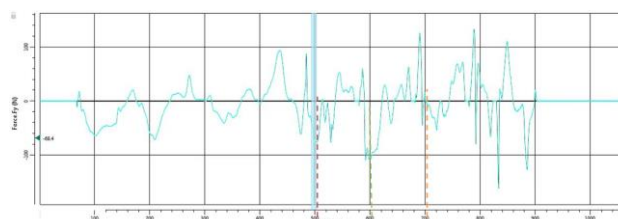


图14 受试者乙 y 轴受力图

受试者乙阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段第一圈是在 550 帧时在图中已用红色虚线标记出;第二圈是在 658 帧时在图中已用绿色虚线标记出;第三圈是在 755 帧时在图中已用橙色虚线标记出;从中可知黄某在 Fz 轴也就是垂直于地面的力,三圈之间的差值有 53.3N,可见受试者乙在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段主力腿施加给地面的压力波动幅度不大,控制力在线相对稳定。而受试者乙在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力,三圈之间的差值只有 5.2N,受试者乙在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段身体前后重心几乎无波动,踝关节的力量控制的比较到位。在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力,三圈之间的的差值仅有 14.7N,踝关节蹬伸时左右方向的重心也很平稳,几乎无波动,每圈之间的差值也较小,动力腿的控制和力量都很出色。

受试者甲与受试者乙对比来看在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段 Fz 轴上二者之间的差值为 15.8N,可见二者在踝关节蹬伸时垂直于地面的力都相对平稳;在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段 Fx 轴上二者之间的差值为 9.5N,受试者乙比起受试者甲在前后重心受力方面更加稳定些,踝关节的力量和控制力更加到位。在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段 Fy 轴上二者之间的差值为 10.3N,由此可见不仅在前后重心,在左右的重心中受试者乙力的波动都更加的稳定。应该说在阿拉 c 杠踝关节蹬伸阶段,受试者甲和受试者乙在踝关节的力量和控制上都相对出色,应继续相应练习,使每圈之间的差值越来越小。

2.1.3 阿拉 c 杠膝关节蹬伸转体阶段受力情况

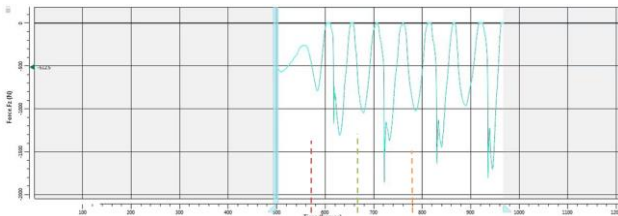


图 15 受试者甲 z 轴受力图

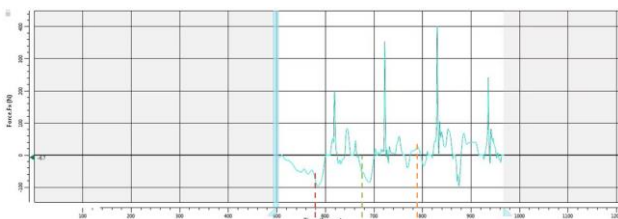


图 16 受试者甲 x 轴受力图

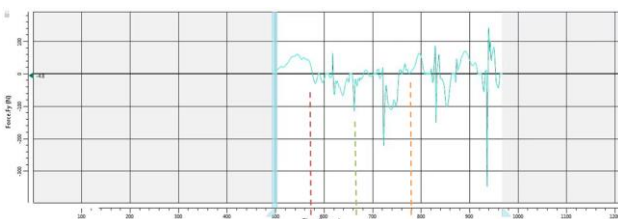


图 17 受试者甲 y 轴受力图

受试者甲阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段第一圈是在 630 帧时在图中已用红色虚线标记出;第二圈是在 735 帧时在图中已用绿色虚线标记出;第三圈是在 840 帧时在图中已用橙色虚线标记出;

以上是受试者甲在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段三圈的受力情况,从中可知受试者甲在 Fz 轴也就是垂直于地面的力,三圈之间的差值也有 28.2N,受试者甲在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段主力腿施加给地面的压力有些许波动但总体来说还算稳定。而受试者甲在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力,三圈之间的差值有 52.7N,可见受试者甲在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段身体第一圈与第二圈之间几乎无波动,但第二圈与第三圈之间却存在些许波动,受试者甲身体前后的重心不够稳定。受试者甲在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力,三圈之间的的差值波动较大,在膝关节蹬伸时动力腿容易不受控制,导致每圈左右重心力值波动较大。

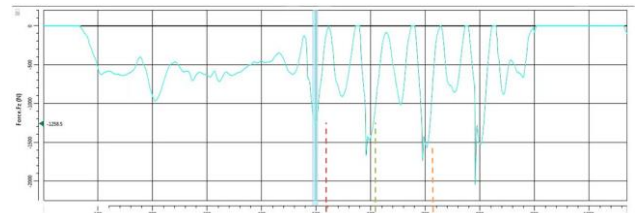


图 18 受试者乙 z 轴受力图

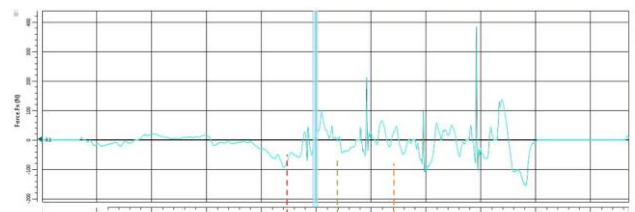


图 19 受试者乙 x 轴受力图

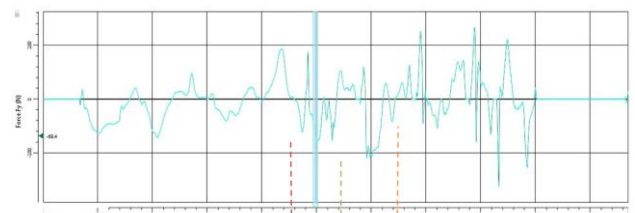


图 20 受试者乙 y 轴受力图

受试者乙阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段第一圈是在 500 帧时在图中已用红色虚线标记出;第二圈是在 590 帧时在图中已用绿色虚线标记出;第三圈是在 695 帧时在图中已用橙色虚线标记出;从中可知受试者乙在 Fz 轴也就是垂直于地面的力,三圈之间的差值有 312.4N,可见受试者乙在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段主力腿施加给地面的压力存在些许波动,受试者乙膝关节蹬伸时每次膝关节蹬的力

不够稳定, 还需增加膝关节的控制能力。而受试者乙在 x 轴方向也就是人体水平朝右的力, 三圈之间的差值有 97.8N, 可见受试者乙在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段身体前后重心移动较大, 在膝关节蹬伸时由于力量不足容易前后晃动, 需要在每一次膝关节蹬伸时稳住重心, 通过训练提高相应的腿部力量。受试者乙在 y 轴方向也就是人体矢状轴方向上的受力, 三圈之间的差值仅有 27.4N, 受试者乙在膝关节蹬伸时左右方向的重心相对稳定与平衡, 动力腿控制的很好, 所以每圈之间的差值也较小。

受试者乙与受试者甲对比来看在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段 Fz 轴上二者之间的差值为 284.2N, 可见受试者甲在膝关节蹬伸方面的力量是强于受试者乙的, 重心波动比受试者乙平稳, 且比受试者乙更加稳定; 在阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段 Fx 轴上二者之间的差值为 45.1N, 可见受试者乙身体在前后重心这块的波动要大于受试者甲, 两者的波动都不是很大, 在膝关节蹬伸阶段二者在前后重心这边的控制还是相对稳定的。阿拉 c 杠膝关节蹬伸阶段 Fy 轴上二者之间的差值为 53.1N, 可见受试者甲在动力腿膝关节摆动阶段左右重心不稳, 相对于受试者乙动力腿的控制不够, 不够稳定, 还是要加强动力腿的摆动控制在膝关节蹬伸时。

2.2 不同水平运动员阿拉 c 杠三个阶段的角度情况

2.2.1 阿拉 c 杠预备转体阶段的角度情况

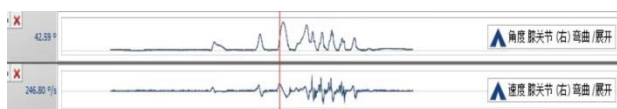


图 21 受试者甲预备阶段主力腿膝关节角度

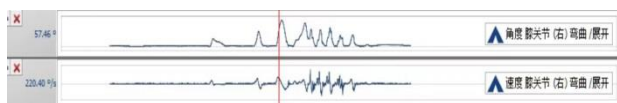


图 22 受试者乙预备阶段主力腿膝关节角度

从图中可以看出受试者甲在阿拉 c 杠预备阶段膝关节弯曲的角度为 42.59°, 膝关节弯曲的速度为 246.80°/ms。而受试者乙在阿拉 c 杠预备阶段膝关节弯曲的角度为 57.46° 而膝关节弯曲的速度为 220.40°/ms。受试者乙在阿拉 c 杠预备阶段膝关节比受试者甲多弯曲了 14.87°, 而受试者甲膝关节弯曲的速度比受试者乙快了 26.4°/ms; 证明首先受试者乙主力腿的力量是强于受试者甲的因此膝关节弯曲的角度数值会偏大些, 预备阶段膝关节角度越大在后面膝关节蹬伸阶段的重心就会更容易稳些, 因此受试者甲还需进行更多增加主力腿力量的练习。而受试者甲膝关节弯曲的速度快于受试者乙, 证明受试者甲的主力腿力量不足以支撑受试者甲去控制自己膝盖弯曲的速度, 导致速度会过快不稳, 从而导致每圈的受力不均匀。

2.2.2 阿拉 c 杠踝关节蹬伸转体阶段角度情况



图 23 受试者乙踝关节蹬伸角度



图 24 受试者甲踝关节蹬伸角度

从图中可以看出受试者乙在阿拉 c 杠踝关节蹬伸转体阶段踝关节蹬伸的角度为 76.77°, 而受试者甲在阿拉 c 杠踝关节蹬伸转体阶段踝关节蹬伸的角度为 57.84°, 受试者甲与受试者乙角度的差值为 18.93°, 也就是受试者乙比受试者甲踝关节多立了 18.93°, 在踝关节力量这方面受试者乙是强于受试者甲的, 受试者甲应当多加强踝关节的练习, 加强主力腿踝关节蹬伸的力量, 自然阿拉 c 杠每圈的受力也会相对平稳些。以上数据也可说明蹬伸技术决定了运动员离地后所能达到的高度, 进而影响着后继高难动作的完成。所以, 蹬伸技术影响着动作完成的质量。^[1]

2.2.3 阿拉 c 杠膝关节蹬伸转体阶段角度情况



图 25 受试者甲 膝关节蹬伸角度



图 26 受试者乙 膝关节蹬伸角度

从图中可以看出受试者乙在阿拉 c 杠膝关节蹬伸转体阶段主力腿膝关节蹬伸的角度为 84.73°, 而受试者甲在阿拉 c 杠膝关节蹬伸转体阶段主力腿膝关节蹬伸的角度为 79.6°, 受试者甲与受试者乙的角度差值为 5.13°, 受试者乙比受试者甲在膝关节蹬伸转体阶段多立了 5.13°, 主力腿膝盖更趋于直立, 因此受试者乙在此阶段主力腿的受力会更大更平稳, 膝关节和整体的姿态都更加标准。

2.3 阿拉 c 杠人体重心压力轨迹与时间之间的关系

人体主体压力重心轨迹在此表示测试者在测力台 (Kistler 9281CA) 上的一个重力波动图, 此图展现的是阿拉 c 杠每次蹲立对地面产生的压力与其每次的时间间隔。此图横坐标代表的是时间单位毫秒 (ms), 纵坐标代表的是力单位 (N)。阿拉 c 杠技术主要分为两个部分分别是蹲和立, 因此测力台主要测出的力的大小就是受试者在蹲和立的过程中的压力大小。

如图所示同样是三圈, 受试者甲比受试者乙所用时间微长 20±50ms。从阿拉 c 杠主力腿蹲时的用时来看: 可以发现受试者乙每次主力腿蹲的时间间隔相差不大, 都保持在 40±10ms 左右, 相对来说较为稳定; 受试者甲三次主力腿蹲的时间保持在 50±15ms, 每次主力腿蹲的时间略有波动, 且跟受试者乙相比较, 受试者甲每次主力腿蹲的时间都略微

缓慢些,每圈主力腿蹲比受试者乙要多用 $10 \pm 5\text{ms}$ 左右时间。

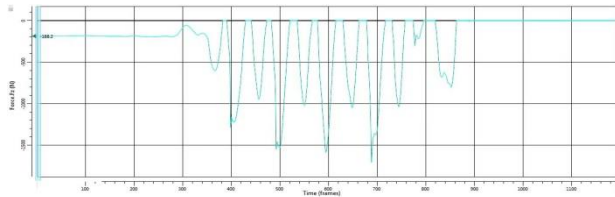


图 27 受试者乙重心波动图

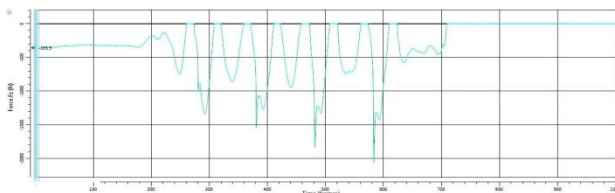


图 28 受试者甲重心波动图

从阿拉 c 杠立脚蹠时的用时来看:受试者乙时间普遍保持在 $40 \pm 10\text{ms}$;受试者甲立脚蹠时长总体保持在 $38 \pm 5\text{ms}$,受试者甲的脚蹠控制力较为薄弱,其控制的时间会上下浮动;可以总结出受试者甲在阿拉 c 杠立脚蹠时比受试者乙用时短些,说明主力腿支撑的力量相对来说弱一些,由此看来,最好的阿拉 c 杠主力腿蹲立时间为 $40 \pm 10\text{ms}$ 。

从纵坐标的受力情况来看,图中呈现出略有规律的波动轨迹。受试者乙蹲时受力总体来看上下幅度不大,比较平稳,未产生晃动,保持在 $1000\text{N} \pm 10\text{N}$,每圈的差值都保持在 $10\text{N} \pm 10\text{N}$;受试者甲三圈受力波动较大,不太稳定差值在 $100\text{N} \pm 10\text{N}$,可以看出受试者甲和受试者乙相对比,受试者甲波动较大,且蹲时受力比受试者乙小,证明受试者甲的稳定性差于受试者乙,支撑腿蹲的力量没有到位,蹲的幅度较小,正常阿拉 c 杠蹲时受力应保持 $1000\text{N} \pm 10\text{N}$ 。从图中可以看出受试者乙(图 29)蹲的幅度明显大于受试者甲(图 30)。

从阿拉 c 杠立时的受力来看:受试者乙每圈之间差值在 $100\text{N} \pm 10\text{N}$,总体来说是上下浮动不大,比较平稳未产生晃动;受试者甲三圈波动较大,呈现一个递进的状态,差值在 $200\text{N} \pm 100\text{N}$,且每次受力上下幅度也较大,受试者甲相比受试者乙来说稳定性较差立脚蹠时受力不均衡,立脚蹠不够充分,从图中可以看出在立脚蹠时受试者乙(图 31)主力腿伸直而受试者甲(图 32)主力腿微微弯曲并未立脚蹠充分;因此阿拉 c 杠立脚蹠时的受力应该保持在 $1500 \pm 20\text{N}$ 左右。



图 29 受试者乙阿拉 c 杠主力腿蹲



图 30 受试者甲阿拉 c 杠主力腿蹲



图 31 受试者乙立脚蹠



图 32 受试者甲立脚蹠

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 在阿拉 c 杠整个过程中,蹬地、摆臂、摆腿动作是否协调,将直接影响重心的移动,技术动作越稳定,人体主体压力重心轨迹的波动也趋于稳定,不会产生明显的波动。人体动作技术阿拉 c 杠和重心越稳定,那么阿拉 c 杠每个阶段所需的时间间隔也相对稳定。由此看来练习的时间越长,技术动作越娴熟,相对蹲和立时的受力以及时间都相对稳定一些,不会产生太大的波动。

(2) 对于阿拉 c 杠这个技术动作来说,主力腿的力量,膝关节和踝关节的角度以及速度都会影响阿拉 c 杠技术动作的稳定性。阿拉 c 杠预备蹬伸阶段膝关节弯曲的角度越大后面蹬伸阶段的重心就会越来越趋于平稳。主力腿力量越大,越容易控制角速度,阿拉 c 杠也会越稳定。

3.2 建议

(1) 建议教练员或运动员在日常训练阿拉 c 杠技术动作时,可分成三个阶段的练习。一是阿拉 c 杠预备转体蹬伸阶段,二是阿拉 c 杠踝关节蹬伸转体阶段,三是阿拉 c 杠膝关节蹬伸转体阶段。在这三个阶段的训练中可根据文章中所提供的科学的力和角度方面的数据和数值,在每个阶段根据实际情况对运动员采取针对性训练,包括腿部力量的训练,踝关节方面力量的训练等等,可以有效地提高运动员阿拉 c 杠技术动作的完成度和完整性。

(2) 建议多增加主力腿的力量训练极为重要,可做一些列如负重跑,或单腿控制核心等动作。多注意身体重心的平稳,确保各阶段蹬伸角度的充分,蹬伸时的角速度也要注意不能过大或过小以防影响阿拉 c 杠的完成质量。

【参考文献】

- [1]魏永敬,王广亮.“腾空外摆莲 360°接提膝独立”起跳阶段的生物力学分析[J].石家庄学院学报,2020,22(06):117-121.
- [2]王依依,邱颖俊.花球啦啦操中阿拉 C 杠稳定性训练研究[J].中国学校体育(高等教育),2016,3(12):76-79.
- [3]刘爽.舞蹈啦啦操旋转难度动作训练的实验研究[D].吉林:吉林体育学院,2015.
- [4]左溢.舞蹈啦啦操挥鞭转难度动作训练的优化研究[D].成都:成都体育学院,2013.

[5]朱宏.我国舞蹈啦啦操难度动作演变及其发展趋势的研究[D].北京:北京体育大学,2012.

[6]李芷璇.舞蹈啦啦操中“阿拉C杠”难度动作训练方法的探析[J].当代体育科技,2019,9(26):54-55.

[7]杨智卉,宋雅伟,樊晓丹.肘关节屈曲对提携角变化的影响[J].四川体育科学,2018,37(02):22-25.

[8]宋博.优秀男子横拍乒乓球运动员反手下旋拉球技术动作的生物力学分析[D].河北:河北师范大学,2020.

[9]李博,吴东方,唐海英,等.古典芭蕾挥摆腿技术动作的运动学剖析[J].武汉体育学院学报,2009,43(12):50-53.

作者简介:周慧子(2000-),女,江苏扬州人,硕士在读,南京体育学院研究生部,研究方向:体育教学。