

添加个人信息



北京体育大学学术型硕士（毕业）学位论文

# 不同水平体操运动员完成双杠支撑后摆手倒立的技术诊断

Technical Diagnosis of Different Levels of Gymnasts Completing Parallel Handstand

培养单位：北京体育大学

一级学科：体育学

二级学科：体育教育训练学

研究方向：体操

研 究 生：权俊超

指导教师：金逵副教授

二〇一八年十月三十一日

论文随机验证编号：BT514191251928

I

# 北京体育大学

## 学位论文版权使用授权书

本人完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校对本人递交的学位论文《不同水平体操运动员完成双杠支撑后摆手倒立的技术诊断》保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许在校内和与学校有协议的部门公布论文并被查阅和借阅。

本人授权北京体育大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☒，在 0 年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名： 权俊超

日期：二〇一八年十月三十一日

论文随机验证编号：BT514191251928

II

## 北京体育大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：本人所呈交《不同水平体操运动员完成双杠支撑后摆手倒立的技术诊断》是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明并致谢。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名： 权俊超

日期：二〇一八年十月三十一日

论文随机验证编号：BT514191251928

III

## 摘要

双杠支撑后摆手倒立是体操中颇具代表性的动作。在双杠项目中，该动作是体操运动员初学阶段必须掌握的基础动作，在双杠成套动作中大部分的难度动作都是经在支撑后摆成倒立的基础上完成。本研究通过结合三维摄像与表面肌电两种分析手段，分析体操双杠动作支撑后摆手倒立的各关节角度、角速度及表面肌电规律，并将分析结果反馈给教师和学生，为常规技术要领提供参考数据，将该研究方法运用到其他体操难度动作的训练中，为其他难度动作教学提供参考。

本研究以不同水平体操运动员完成双杠支撑后摆手倒立的技术诊断为研究对象，运用文献资料法、专家访谈法、实验法和对比分析法多种研究方法，统计分析并得出结论如下：

1、第一阶段前摆至最高点，两名运动员积分肌电与 EMG 最大值的规律几乎相同，主要的发力肌肉为三角肌前束、三角肌中束和肘肌，此时三角肌和肘肌分别起到固定和支撑作用。二级运动员孙某前摆高度不足、发力不集中。

前摆阶段肩角越大身体前摆高度越高，所获得的势能就越大。二级运动员孙某肩过度后倾且屈髋，因此髋关节和肩关节角较小。

2、第二阶段，通过积分肌电值和 EMG 最大值分析，三角肌发力大小由三角肌前束过渡到三角肌中束，该阶段三角肌前束、三角肌中束、肱桡肌、肘肌贡献率较大，一级运动员卢某三角肌除外，其他肌肉贡献率均低于 5%，动作更高效、省力。

第二阶段两名运动员均达到垂直位，但是两名运动员后摆角速度差别明显，二级运动员孙某髋关节角速度较大，后摆时身体姿态控制差。

3、第三阶段后摆至双杠水平面时，肩部前移，肱桡肌积分肌电值较大。两名运动员 EMG 最大值均超过 50%的肌肉有斜方肌、三角肌、肱桡肌、肘肌，此时肩带肌群和前臂肌群做功。二级运动员孙某后摆动不能顶住肩，后摆塌腰。

此阶段两者各角速度参数近似。二级运动员孙某后摆时肩部前移且塌腰，失去对摆动力度的准确把握，导致后摆动作变形。

4、倒立静止时，一级运动员卢某肌肉贡献率与各肌肉 EMG 最大值规律一致，主要发力肌肉是三角肌前束和肱桡肌，二级运动员孙某主要做功肌肉不集中，

论文随机验证编号：BT514191251928

倒立静止时手腕、前臂小肌肉群的调节不足。

倒立静止时，一级运动员卢某肩角充分打开，身体姿态控制极好。二级运动员孙某身体姿态控制稍差，摆成倒立静止时，髋关节和手臂调整次数多。两名运动员在后摆成倒立阶段，下肢各关节和肩关节角速度呈递减趋势。

关键词：体操；双杠；支撑后摆手倒立；表面肌电；三维摄像；技术诊断

## ABSTRACT

Stretching the handstand after the parallel bars is a representative action in gymnastics. In the parallel bar project, this movement is the basic movement that gymnasts must master in the beginner stage. In the parallel bar set movement, most of the difficult movements are completed on the basis of the support after being inverted. This study combines three-dimensional imaging and surface EMG to analyze the angles, angular velocities, and surface electromyography of the joints that are inverted after gymnastic parallel bars are supported. The results are fed back to teachers and students and provide routine technical guidance. With reference to data, this research method was applied to the training of other difficult gymnastic exercises to provide reference for teaching other difficult movements.

In this study, we use the techniques of literature data, expert interviews, experimental methods, and comparative analysis to study the technical diagnosis of inverted handstands with different levels of athletes. The statistical analysis and conclusions are as follows:

1. Before the first phase is set to the highest point, the two athletes have almost the same rule as the integrated EMG and the maximum value of the EMG. The main hair force muscles are the deltoid toe, the deltoid middle beam, and the elbow muscle. At this time, the deltoid muscles are Elbow muscles play a fixed and supporting role, respectively. The second-level athlete Sun Mou was hip flexed and his front swinging force was not concentrated.

The larger the shoulder angle in the front swing phase, the higher the front swing height is and the greater the potential energy obtained. The secondary athlete Sun Mou excessively leans back and flexes his hip, so the hip and shoulder angles are smaller.

2. In the second stage, through the analysis of the integrated EMG

value and the maximum value of EMG, the deltoid muscle force is transferred from the deltoid toe to the deltoid muscle beam. At this stage, the deltoid toe, the deltoid muscle and the diaphragm muscle, The contribution rate of the elbow muscles is relatively large, with the exception of the first-level athlete Lumou deltoid muscle. The contribution rate of other muscles is less than 5%, and the movements are more efficient and less labor-intensive.

In the second stage, both athletes reached the vertical position, but the two athletes had significant differences in the backswing angular velocity, and the secondary athlete Sun Mou had a large angular velocity in the hip joint and poor body posture control at the time of back swing.

3. When the third stage swings to the level of the parallel bars after the third stage, the shoulders move forward and the diaphragm muscles have higher integrated electromyographic values. Two athletes with EMG maximums of more than 50% had trapezius, deltoid, diaphragm, and elbow muscles, and the shoulder strap muscles and forearm muscles did work. The secondary athlete Sun Mou can't hold his shoulder when he accelerates backwards, and he slumps back.

At this time, the angular velocity parameters of the two are similar. The secondary athlete Sun Mou moved forward with the shoulders and then collapsed. He lost his accurate grasp of the swinging force, resulting in deformation of the backswing movement.

4. When standing still, the muscle contribution rate of the first-level athlete Lumou is consistent with the maximum EMG rule of each muscle. The main force is the deltoid muscle toe muscle and the diaphragm muscle. The second-level athlete Sun Mou is mainly involved in muscle distraction. When the wrist, forearm small muscle group adjustment.

When standing still, the first-level athlete Lumou's shoulders were fully opened, and his body posture was excellently controlled. Sun Mou, a secondary athlete, has poor control of his body posture and he has adjusted many times after being inverted. The two athletes were placed in an inverted phase in the back, and the angular velocity of each joint

and shoulder joint of the lower limbs showed a decreasing trend.

Key words: Gymnastics; Garallel bars; Parallel Handstand; Surface EMG; 3D Camera; Technical Diagnosis.



## 目录

1 前言 .....	3
1.1 选题依据 .....	3
1.2 研究目的与意义 .....	3
2 文献综述 .....	4
2.1 相关概念界定 .....	4
2.1.1 技术诊断 .....	4
2.1.2 三维摄像技术原理 .....	4
2.1.3 表面肌电 .....	4
2.2 关于双杠支撑后摆手倒立的研究 .....	5
2.3 运动生物力学在体操项目中的研究 .....	7
2.4 表面肌电图和三维摄像技术在体育中的应用研究 .....	9
3 研究对象与研究方法 .....	11
3.1 研究对象 .....	11
3.2 研究方法 .....	11
3.2.1 文献资料法 .....	11
3.2.2 专家访谈法 .....	12
3.2.3 测试法 .....	13
3.2.4 对比分析法 .....	17
3.3 研究技术路线 .....	17
4 结果与分析 .....	19
4.1 动作的阶段划分 .....	19
4.2 表面肌电分析 .....	20
4.2.1 第一阶段前摆至最高点表面肌电分析 .....	20

论文随机验证编号: BT514191251928

4.2.2 第二阶段后摆至双杠垂面表面肌电分析 .....	24
4.2.3 第三阶段后摆成倒立表面肌电分析 .....	27
4.3 各阶段关节角度、角速度分析 .....	33
4.3.1 第一阶段前摆至最高点各关节角度、角速度参数分析 .....	33
4.3.2 第二阶段后摆至双杠垂面各关节角度、角速度参数分析 .....	39
4.3.3 第三阶段后摆至与杠面平行时各关节角度、角速度参数分析 .....	42
4.3.4 后摆成倒立关节角度、角速度参数分析 .....	45
4.4 对二级运动员孙某技术诊断分析 .....	49
4.4.1 第一阶段前摆至最高点技术诊断 .....	49
4.4.2 第二阶段后摆至双杠垂面技术诊断 .....	49
4.4.3 第三阶段后摆至与杠面平行技术诊断 .....	49
4.4.4 后摆成倒立技术诊断 .....	50
5 结论与建议 .....	50
5.1 结论 .....	50
5.2 建议 .....	51
5.3 本研究不足之处及后续研究建议 .....	52
致谢 .....	53
参考文献 .....	54
附录 .....	56
个人简历 .....	60

# 1 前言

## 1.1 选题依据

双杠支撑后摆手倒立是体操中颇具代表性的动作。在双杠项目中,该动作是体操运动员初学阶段必须掌握的基础动作,在双杠成套动作中几乎所有的难度动作都是由支撑后摆成倒立的基础上完成。而且在高校体操教学中,双杠支撑后摆手倒立对于体育教育专业体操专项的学生来说是一大难关,就目前来看,学生掌握这个动作的时间普遍较长,且练习效果不理想。究其原因是教师对双杠支撑后摆手倒立的教学方法多以肉眼观察和传统教学为主,而这种肉眼观察和传统的教学经验是存在局限性的。随着时代的进步,三维摄像和肌电图技术被广泛应用于运动技术的分析诊断中,而这种三维摄像技术和肌电图技术能够弥补肉眼视觉和传统经验的不足,能够多角度、多元化的分析双杠支撑后摆手倒立技术。

从北京体育大学近三年来体操专项研究生就业情况来看,双杠支撑后摆手倒立是学生体操技术面试时的一大亮点,也是必备动作。虽然高校体操课程并没有将双杠支撑后摆手倒立作为重点教学内容,但是却激励着许多体操爱好者去尝试这个动作,而在高校体操教学中,能够把这个动作做好既对学生有一定的挑战性,同时也是对教师教学成果的认可。因此,做好双杠支撑后摆手倒立无论是对学生就业还是检验教师教学成果其意义不言而喻。

从中国知网搜索近二十年的文献中,对于三维摄像和肌电图技术,无论是运用于体操高水平训练还是体操教学中的文献仅有 26 篇,以此说明三维摄像和肌电图技术在竞技体操运动训练和体操教学领域未能全面运用。而竞技体操又是我国的强项,体操教学需应时代需求,因此将三维摄像和肌电图手段运用于双杠支撑后摆手倒立的教学和训练中是很有必要的。

## 1.2 研究目的和意义

在以往从力学角度研究该技术的基础上,采用肌电图和三维摄像对参与该动作的肌肉规律以及完成双杠支撑后摆手倒立各阶段的角度、角速度等进行科

学的数据分析,为常规要领提供更精确的科学依据。同时,运用三维摄像和肌电图手段对体操专项学生进行技术诊断分析,并将分析结果反馈给教师和学生,以期教学提供更具针对性和时效性的建议。

通过不同的角度和方法对体操单个技术动作的数据分析和研究,掌握该种对体操技术的诊断分析方法,并将该研究方法运用到其他体操难度动作训练中,对提高教学质量和提高体操训练的科学性具有一定的示范意义。

## 2 文献综述

### 2.1 相关概念界定

#### 2.1.1 技术诊断

观察人体运动时的动力原理和运动特点,对动作进行解析和评定。运用运动生物力学方法和原理分析运动技术的不足。同时结合个人特征针对性的进行训练,提高运动技术和运动成绩<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 三维摄像技术原理

人体快速运动时单靠人体视觉系统是无法准确判断某一瞬间动作的运行轨迹和各关节角度,此时需要借助图片记录呈现。而运动生物力学研究通常运用摄像方法对动作进行分析,摄像技术是生物力学中运用比较广泛的技术手段。三维摄像则是运用两台或者两台以上摄像机进行拍摄,对所获取图像、视频的信息以三维坐标计算,由此得出的数据更多元,能够分析各种结构复杂的技术动作。

#### 2.1.3 表面肌电

表面肌电信号是神经肌肉系统的生物电变化在皮肤表面加以引导、放大,并记录和显示所得到的一维时间序列信号。通常获得的信号是类似噪音的一种准随机信号,它不仅包括了多个运动单位电活动在时间和空间上的叠加,而且还附着着来自其他干扰的噪音信号。在形态上具有很强的随机性<sup>[2]</sup>。

---

[1] 李世明. 运动技术诊断学的概论性研究[J]. 鲁东大学学报. 2010, 10 (04): 373-379

[2] 曲峰. 运动员表面肌电信号与分形[M]. 北京体育大学出版社. 2008, 08

## 2.2 关于双杠支撑后摆手倒立的研究

沈在天等在《竞技体操技术动作与教法》中指出<sup>[3]</sup>，双杠支撑后摆手倒立动作可以提高学生的上肢力量和支撑摆动能力，该动作是体操运动员初学阶段必须掌握的基础动作，在双杠成套动作中大部分的难度动作都是经由支撑后摆成倒立的基础上完成。同时对支撑后摆手倒立技术进行解析，沈在天认为支撑后摆手倒立动作可划分为两个摆动过程，即支撑前摆部分和后摆部分，并提出前摆和后摆技术基本一致，强调后摆发力稍晚于前摆，支撑后摆手倒立的后摆技术尤为重要，支撑摆动技术要扎实。

刘志成在《竞技体操力学原理》中强调双杠后摆手倒立的重要性，指出近代体操中，双杠支撑后摆手倒立是双杠技术中非常重要的基本技术，在各种难度动作中许多动作是需要双杠倒立来过渡和连接的。认为支撑后摆成倒立时，要保证身体重力作用线位于两臂支撑的水平面。双杠倒立的使用主要在难度动作的过渡和连接，因此双杠倒立有时是在人体重心发生大幅度变化中完成的，有时又是以静止不动的倒立作为结束。因此支撑后摆手倒立技术虽然不难，但在双杠成套动作组合时又起到承上启下的作用，对该动作完成质量有着较高的要求。双杠倒立时可以运用手腕和手指的细微用力调控身体平衡，这种前臂和手腕的用力可以提供外力矩，同时身体小幅度的屈伸也可以用来配合手臂维持倒立的平衡<sup>[4]</sup>。

香玉采用生物力学原理对双杠支撑后摆手倒立技术以及练习方法进行研究，结合力学知识分析支撑后摆手倒立的动作原理，分别从动作形式和力学特点对双杠支撑后摆手倒立进行分析，强调肘关节的使用和手的控制作用。香玉认为支撑后摆手倒立依据动作形式可分为前后摆动两部分，前摆要求髋关节高度，后摆要匀速摆动；根据支撑后摆手倒立力学特点，结合肩部前移大小和摆动速度快慢，将支撑后摆手倒立分为两种不同技术类型；同时也强调肘关节在后摆时的控制作用；倒立静止时，手腕的控制作用也是至关重要的，前臂肌群配合身体各部位协调用力控制身体平衡。而在支撑后摆手倒立辅助练习方法中，双杠屈伸摆动可以加强上肢力量；靠墙摆倒立练习和推倒立能很好地帮助初学者培养倒立感觉；在保护下完成慢起倒立可以培养学生对动作的认知，帮助学

[3] 沈在天. 竞技体操技术动作与教法[M]. 人民体育出版社. 1989, 08

[4] 刘志成. 竞技体操力学原理[M]. 人民体育出版社. 1987, 02

生体会到该动作手腕和肩在保持身体平衡和稳定的重要性<sup>[5]</sup>。

于建成等对不同类型手倒立动作的肌电变化特征进行研究,运用表面肌电和高速摄像方法对垫上徒手倒立、双杠倒立和吊环倒立进行对比分析。在双杠倒立时分别对平衡 $0^{\circ}$ 、前倾 $8^{\circ}$ 和后倒 $5^{\circ}$ 的肌电变化特点进行对比分析,认为在手倒立失去平衡的过程中,腕关节和肩关节对调控身体平衡起到主导作用,因此在双杠手倒立训练时要重视手腕的主动调节和顶肩动作。练习过程中身体前倾时,手腕上挑及时压杠同时收肩控制平衡;倒立静止时,应注意顶住肩,强调顶肩、收腹,同时臀要收紧、手腕下压;当身体向后倾斜时,及时顶住肩同时腰部保持紧张<sup>[6]</sup>。

戴德正通过技术原理和力学方法对双杠支撑后摆手倒立的技术进行分析,并将分析结果与教学方法相结合,认为后摆时摆动速度和摆动半径决定动作完成的质量,摆动速度和肩关节的前移决定摆动半径的大小,摆动半径的不同也会直接导致运动过程中力矩的变化。而在倒立静止时强调注意肘关节和手指在调节身体平衡的重要作用<sup>[7]</sup>。

谭清川等运用力学原理和方法对双杠慢起肩倒立动作解析,并将所分析数据与技术要领相结合。认为支撑面是由各支撑点组成面积的总和,而支撑时的姿态决定人体的支撑面。练习该动作时一要减小身体重心的移动范围,这样才能在保持身体平衡的基础上完成该动作。因此,当支撑面积越大时,人体重心所能调整、活动的范围就越大。此时动作就愈加平稳、协调。谭青川提出体操运动中的动作组合是根据某一时期的比赛规则和要求来编排,动作组合的合理性和运动行为的目的性是相辅相成的。将运动生物力学方法运用到体操运动技术进行分析研究虽然取得进展,但对体操动作的肌肉力学分析依然是热门研究课题,对于体操项目来说,体操运动员肌肉力量训练和机能评定将成为今后重点研究领域。

综上所述,以往对双杠支撑后摆手倒立动作的研究多集中在教学和训练方法的改进,研究者大多根据力学原理结合技术动作分析研究,对该技术本身几乎采用了相同的力学分析方法。同时在辅助练习中训练方法大多是结合多年教学经验得出,训练效果也没有进行跟进研究,且近年来相关文献很少。本人

[5] 香玉. 双杠后摆手倒立的技术特点及辅助练习[J]. 内蒙古民族大学学报. 2012, 18 (02)

[6] 于建成, 王健, 徐冬青, 张薇, 史琳琳, 赵卫华. 不同类型手倒立动作的肌电变化特征分析[J]. 天津体育学院学报. 2006, 21 (06) : 528-530

[7] 戴德正. 双杠后摆手倒立的技术分析及教法[J]. 山东体育科技. 1987 (04) : 72-73

认为以往对支撑后摆手倒立的动作研究方法过于单一，可采用多种分析手段对体操技术诊断分析。

### 2.3 运动生物力学在体操项目中的研究

侯金倩在《体操单杠直角悬垂摆动屈伸上表面肌电特征分析》中采用生物力学原理进行分析，根据解剖原理将该动作分为四个阶段，并通过积分肌电、肌肉贡献率等指标结合各阶段技术要领进行对比分析。研究获取各个阶段肌肉放电数据，并提供更具有针对性和时效性的教学训练参考数据，研究表明单杠直角悬垂摆动屈伸上技术必须注意各阶段的主要做功肌肉要协调发力，练习时不仅要注意上肢和躯干的技术特点，还要注重其他小肌肉群的训练，髋关节的核心力量是完成该技术的重要因素，同时盆骨和脊柱的稳定性也尤为重要。但为使运动员左右两侧腹直肌的肌肉力量达到均衡，还应加强左侧腹直肌的力量练习<sup>[8]</sup>。

宋雅伟等对跳马前手翻直体前空翻转体动作运用力学原理和方法分析，以保持竞技状态的省级体操训练队运动员为测试对象，运用三维摄像技术获取该动作的空间指标、速度指标，并将所获取的数据与优秀体操运动员陆斌的数据进行对比分析。结果表明，踏跳阶段其他参加测试运动员踏跳垂直速度均小于陆斌，在第一腾空阶段，陆斌由于踏跳速度更快，因此第一腾空时间更短。而其他运动员无论是在扶马还是在推马阶段都用了较长时间。腾空阶段，其他运动员腾空时间均小于陆斌。通过主要关节扭转角数据分析，陆斌在整个转体过程中髋关节角的变化均小于其他运动员。而在踏板时，在保证蹬伸所需要条件的同时，适当减少膝关节角度，从而获得更大的垂直速度进一步缩短第一腾空时间；撑马时要积极主动，做出较大背弓；推手时要顶住肩，要求短促有力，而第二腾空时间的延长则需要身体各关节肌肉协调配合。腾空时尽量控制身体形态和用力方式<sup>[9]</sup>。

逢锦枝运用肌电图和高速摄影手段对不同运动形式双杠臂屈伸动作的肌电特征进行分析。测试运动员在双杠不同宽度条件下，完成臂屈伸动作的肌电特征。研究发现，双杠宽度较大时，支撑臂屈伸更有利于发展背阔肌，双杠宽度适中练习支撑臂屈伸对提高肱三头肌和胸大肌的训练效果有着显著提升，双杠

[8]侯金倩. 体操单杠直角悬垂摆动屈伸上表面肌电特征分析[D]. 哈尔滨师范大学. 2016, 06

[9]宋雅伟. 手倒立动作掌指分区的力学分析[J]. 北京体育大学学报. 2009, 03(03):119-122

宽度较窄时练习支撑臂屈伸对发展三角肌前束、斜方肌、挠侧腕伸肌有着明显效果,当双杠较宽时,做支撑臂屈伸对发展三角肌和肱挠肌力量的效果比较显著。在双杠宽度适中和宽度较窄的情况下做双杠支撑臂屈伸动作对肌肉的锻炼效果一般<sup>[10]</sup>。

邹静等运用运动生物力学原理对吊环十字支撑动作分析研究,同时采用肌电分析方法结合动作技术分析主要发力肌肉放电特点。吊环动作对主要发力肌肉要求较高,尤其是上肢肌群,在训练中进行肌电测试,将测试所得数据对比分析,从而确定主要发力肌肉最有效的训练方法,进而提高训练效果缩短掌握十字支撑技术的时间。辅助训练以上肢肌群力量训练为主<sup>[11]</sup>。

钱竞光等采用表面肌电图和同步摄像方法,对保持竞技状态的运动员进行鞍马全旋动作测试分析。将不同运动员各阶段所测试数据进行对比分析,同时将表面肌电数据与三维数据汇总并结合鞍马全旋技术要领分析。通过对运动学相关指标分析,运动员在完成全旋一周时单臂支撑所用时间和双臂支撑用时相近似,但单臂支撑动作在整个动作结构中所占比例较大。通过摄像数据发现运动员在完成鞍马全旋一周时,不同水平运动员足尖轨迹和肩部的轨迹各有不同。运动员的重心、足尖和肩部轨迹投影到水平面近似于圆时该运动员技术水平越高<sup>[12]</sup>。

岳卫亚等采用三维摄像技术手段对跳马高难技术跳马侧手翻直体侧空翻转体 $810^{\circ}$ 进行研究解析。测试所获得的运动学数据指标选择了在以往研究中很少用到的卡尔丹角和绝对角速度指标,这两种指标是相对较新的人体三维分析指标。根据所得卡尔丹角和角速度数据,紧密结合技术要领,揭示空翻转体动作的运动学特点。同时也为今后在研究其他运动领域或技术动作开拓了新的视野<sup>[13]</sup>。该研究为竞技体操的训练提供非常重要参考资料,教练员可根据测试数据以及自身多年带队经验为运动员训练提供更具有针对性的方法和建议,对跳马高难技术跳马侧手翻直体侧空翻转体 $810^{\circ}$ 提供先进的的理论和实践上的参考依据。

综上所述,体操跳马以及鞍马中的生物力学分析主要是利用表面肌电和三

[10]逢锦枝.不同运动形式双杠臂屈伸动作肌电特征分析[D].天津体育学院.2009,05

[11]邹静,李文寿.吊环十字支撑动作的力学和肌电研究[J].中国体育科技.1999,09(09):36-39

[12]钱竞光.体操动作技术研究中的测量方法[J].南京体育学院学报.2000,09(03):08-11

[13]岳卫亚,钱竞光,宋雅伟.卡尔丹角及其在跳马侧空翻转体轨迹中的应用—人体三维转动研究的新方法[J].中国体育科技.2009,09(05):40-45



维摄像手段,研究对象多为高难度动作,根据实验数据对肌肉发力规律以及速度、时间、空间都进行了分析。而在采用力学原理和多种技术手段对双杠教学动作研究较少。

## 2.4 表面肌电图和三维摄像技术在体育中的应用研究

华立君采用录像、测力、肌电三机同步的测试方法,对排球扣球起跳动作和专项力量进行综合研究。通过多种方法手段测试运动员扣球起跳动作,在生物力学基础上,从动力学、生物学以及运动学角度集合排球起跳技术要领综合分析。并获取该动作在运动学、动力学以及生物学相关数据,为排球教练员在训练实践中提供比较完整的数据参考。该研究根据解剖学原理将起跳技术划分成不同阶段,并对起跳时不同阶段对比分析,分析各个阶段的关联和不同,研究表明起跳不同阶段的时长是影响动作质量的关键因素。因而训练中要注意起跳时机和各阶段时间恰当结合。注意加强下肢主要发力肌群伸肌的超等长力量练习<sup>[14]</sup>。

周庆志运用运动解剖学原理和动作结构特点将网球反手击球技术划分为 4 个核心部位,并对网球运动员在挥拍击球时下肢肌肉进行测试分析,分析选取不同的能反映肌肉持续发力、瞬时最大力和肌肉发力占比等肌电分析指标。结合三项指标对网球反手击球下肢肌肉工作特征进行综合分析,同时将分析结果和建议反馈给两位测试运动员。陈固稳运用表面肌电图和三维摄像分析手段,对背向滑步推铅球技术进行测试解析。把相同运动阶段的运动学参数和肌电图学参数进行综合分析,这样能够更直观地将背向滑步推铅球规律展现出来。并在动作技术方面,提供了更具针对性、更直观的参考数据<sup>[15]</sup>,同时对教学训练提出建议。

罗冬梅等运用肌电记录仪、三维测力台以及三维摄像技术对女性蹲起动作进行实验研究。研究结果表明膝关节的活动范围是决定女性蹲起动作幅度大小的主要因素对于老年女性来说,膝关节在下肢关节活动中是最先受到限制的。研究发现女性完成蹲起动作的主要肌群是髋关节附近的肌群,随着年龄的增加这些肌肉的机能也会逐步下降,尤其在 50-59 岁之间是老年女性髋关节力量下

---

[14]华立君,宋吉锐.排球运动员下肢肌力与肌电特征的相关研究[J].沈阳体育学院学报.2007(04):68-71

[15]陈固稳.背向滑步推铅球的肌肉用力特征探讨[D].北京体育大学.2009,05

降和衰退的关键年龄段。因此对于女性来说,随着年龄的增长应加强下肢肌肉力量的锻炼和身体柔韧性练习<sup>[16]</sup>。

罗恒采用运动学方法和表面肌电方法对羽毛球杀球动作进行研究和分析。通过分析运动员的躯干内转角和各关节运动时的角速度等三维运动学数据,分析得到了腾空正手大力杀球的各阶段角度和角速度数据。认为羽毛球正手杀球不能仅仅依靠大力量才能打出高质量的杀球,对落点的控制才是最重要的。加强落点的控制就要注意各阶段角度和角速度的控制<sup>[17]</sup>。分析得出正手杀球并不只是力量大才能打出威胁球,要加强对落点的控制,即各阶段角度和角速度的控制。冯超采用表面肌电仪和三维定点摄像对足球掷界外球技术动作进行研究分析,主要研究肌肉持续发力特点和主要放电肌肉所占整体发力肌肉的比例,研究结果表明,掷远距离界外球的主要依靠上肢肌肉力量,尤其是三角肌和胸大肌,腰部配合手臂甩动,此时竖脊肌和腹直肌在做功肌肉中所占比例较高。因此要提高上肢快速摆动能力,加强主要发力肌肉力量练习<sup>[18]</sup>。

苏杨等采用表面肌电信号采集系统及 3M 不干涸导电凝胶表面电极对鞍马全旋进行同步测试。研究结果表明,在全旋的整个过程中,上肢肌肉放电极其显著,上肢力量的大小对该技术起到决定性影响,此时起到支撑和固定作用的是三角肌和背阔肌。肱三头肌放电较高,是因为在控制支撑角度变化时起主要作用。在双臂正撑阶段与全旋过程中肌肉发力特征相近似,此时胸大肌及肱二头肌在双臂反撑过程持续放电。而鞍马全旋一周时右侧胸大肌放电少于左侧胸大肌<sup>[19]</sup>。

马凌波运用三维测力台和红外光点摄像机对不同水平运动员完成健美操动作 c467 和 c477 进行测试分析。研究表明不同水平运动员在起跳时虽然动作基本一致,但从各测试数据结合起跳技术原理分析,发现不同水平运动员的转体动作性质不同。高水平运动员由于转体意识熟练而习惯性早转,水平较低的运动员则是由于自身能力有限而造成了过早转体<sup>[20]</sup>。从完成结果分析,不同水平运动员的起跳动作都非常标准,针对起跳技术,该研究对两种水平运动员主要存在的问题提出更具针对性的数据参考。

[16] 屈莎,罗冬梅. 女性蹲起动作下肢动作特征和肌肉工作特征的增龄性分析[J]. 北京体育大学学报. 2015, 06(06):60-65+76

[17] 罗恒. 羽毛球腾空正手大力杀球动作的生物力学分析[D]. 西安体育学院. 2011, 05

[18] 冯超. 足球掷界外球技术动作的生物力学特征分析[D]. 北京体育大学. 2012, 05

[19] 苏杨,任涛. 鞍马全旋运动的同步表面肌电分析[J]. 武汉体育学院学报, 2014, 12(12):71-78

[20] 马凌波. 不同水平竞技健美操运动员完成 c467 和 c477 的技术诊断[D]. 北京体育大学. 2009, 5

崔爱博等采用三维摄像的技术手段对冰上项目跳跃旋转技术进行剖析,同时将该动作各角速度作为重要研究点进行对比分析研究。结果表明花样滑冰运动员起跳时,要加强身体纵轴的转动惯量来获得更大角速度,由于在空中受到空气阻力的影响,角速度会降低,因此身体在空中时为增加身体转速应尽量使双腿和双臂贴近躯干,以减少空气阻力,加快转速,跳起的高度并不是决定转动周数的决定因素,还应注意起跳的角速度大小。起跳角速度越大转动越快,转动的周数越多<sup>[21]</sup>。

王丹彤运用三维摄像技术对 4 名羽毛球专项的二级运动员进行测试,并以各关节角度为主要分析点对正手扣杀技术进行对比分析。研究表明运动员在使用羽毛球正手扣杀技术时为了配合起跳动作,肩关节屈伸角度变小的同时大臂向躯干靠近,此时由于膝关节屈伸角的增大和肩关节屈伸角减小,直接增大了对地面的压力,进而从地面获得更大的反作用力。因此运动员用力蹬地时能够得到更大的起跳初速度<sup>[22]</sup>。

综上所述,表面肌电图和三维摄像技术在体育中的应用研究比较广泛,研究对象多为各个项目的基本动作。在体操项目的研究中集中在鞍马、吊环和单杠技术。相比其他项目,运用该技术在体操动作的研究多集中在竞技体操中的难度动作,针对体操基本动作和教学的相关研究很少。

### 3 研究对象与研究方法

#### 3.1 研究对象

本研究对象是不同水平运动员完成双杠支撑后摆手倒立的技术诊断。

#### 3.2 研究方法

##### 3.2.1 文献资料法

为了得到本研究的资料和数据,主要查阅了中国知网,中国硕士、博士数

[21]崔爱博,王凯,秦晓金.花样滑冰跳跃动作角速度的分析[J].冰雪运动.2007,04(02):29-31+42

[22]王丹彤.羽毛球正手扣杀技术的三维运动学研究[D].首都体育学院,2015,05

论文随机验证编号:BT514191251928

数据库, 北京体育大学图书馆, 搜索参阅情况如下: 在中国知网上以“生物力学”为主题在体育学科进行搜索, 共搜索到近十年来相同或相似的文献 2776 条, 以“肌电”为主题在体育学科进行搜索, 共搜索到近十年来相同或相似的文献 968 条, 以“三维摄像”为主题在体育学科进行搜索, 共搜索到近十年来相同或相似的文献 178 条, 而以“摆动手倒立”为主题进行检索, 共检索到 29 条结果, 而以“体操”和“肌电”为主题进行检索, 共检索到 46 条结果, 以“双杠”和“肌电”为主题进行检索, 共检索到 2 条相似结果, 以“肌电”和“体操”为搜索主题进行博硕论文检索, 检索到相同或相似的文献 6 条结果。最后对结果进行系统的整理、归纳与分析。

### 3.2.2 专家访谈法

确定研究方向后对北京体育大学体操教研室老师和有关竞技体操训练的专家进行咨询, 对支撑后摆手倒立技术特点进行深入分析。向运动生物力学教研室老师请教有关该技术动作的力学和运动学原理。向负责教学实验的老师 and 研究生寻求科学的测试方法和数据分析技术。

为了信息的可靠性、权威性, 选择为访谈专家的条件必须满足以下两个:

- (1) 教师职称为副教授级别以上。
- (2) 从事专业教学年限在 10 年以上。

通过导师的推荐、根据专家的实际教学经验的地理位置和本人各方面条件的限制, 选择了以下专家进行访谈, 专家的具体信息见下表 1

表 1 访谈专家的基本信息

姓名	单位	职称	从事专业教学年限
李吉	北京体育大学	副教授	25
华立君	哈尔滨师范大学	教授	12
张维强	哈尔滨师范大学	教授	35
李文记	山东师范大学	副教授	19

访谈形式: 面对面访问、电话采访。

### 3.2.3 测试法

#### 3.2.3.1 测试方案

时间：2017 年 7 月 13 日

地点：北京体育大学北体操馆

对象：选取竞技体育学院 2014 级体操国家一级运动员 1 名，教育学院 2015 级体操专项研究生（国家二级运动员）1 名。运动员具体信息见表 2。

表 2 测试运动员基本信息

姓名	性别	身高（厘米）	体重（千克）	年龄（岁）	运动年限（年）	运动等级
卢某	男	167	60	26	12	一级
孙某	男	176	73	25	7	二级

仪器：

Delsys 测试系统、笔记本电脑一台、摄像机两台、PEAK 框架一副。



图 1 表面肌电测试仪器

论文随机验证编号：BT514191251928



图 2 三维摄像测试仪器

### 3.2.3.2 测试指标:

- (1) 人体关节角度（髋关节角、肩关节角、肘节角）。
- (2) 人体各关节角速度。
- (3) 所测肌群的积分肌电值、EMG 最大值、肌肉贡献率。
- (4) 测试所选取肌肉的 MVC 值。

### 3.2.3.3 测试过程:

#### 三维摄像

(1) 测试仪器：两台摄像机进行同步拍摄，将 PEAK 框架作为标准框架，标尺，坐标支架。

(2) 测试动作：双杠支撑后摆手倒立动作全过程（支撑摆动至垂直面开始）。

(3) 仪器设备连接及参数设定：两台高速摄像机的放置与连接。

① 摄像机 A 放置在被测者右侧，距测试中心 4m 处，架子架设高度 90cm，摄像机镜头连线与被测者支撑摆动方向平行。

② 摄像机 B 放置在被测者正前方，距测试中心 4m 处，架子架设高度 90cm。

论文随机验证编号：BT514191251928



③用同步装备将其两台高速摄像机进行连接，拍摄频率是 50 帧每秒，两摄像机主光轴夹角在  $60^{\circ}$  - $90^{\circ}$  之间。



图 3 摄像机调试

(4) 图像采集：数据采集前，第一位被测者进行试拍摄，主要检查各测试仪器是否同步。

(5) 图像及数据处理：利用 Apas System 进行视频处理。先设定频率为 50HZ，其次确定 34 个打点位置，其中 10 个人体关节点，接着对 3D 文件进行滤过然后进行数据平滑；得出 34 个点了的运动学数据。

#### 表面肌电测试

(1) 测试的仪器：Delsys 无线表面肌电遥测系统。

(2) 测试肌肉：斜方肌、三角肌前束、三角肌中束、三角肌后束、肱二头肌、肱三头肌、肘肌、肱桡肌、腹直肌、竖脊肌、股直肌、臀大肌。

(3) 安排好表面肌电测试与摄像同步的测试员，确保 Delsys 测试系统与摄像机同步测试。

(4) 测试时被测者不可做多余动作。

(5) 现场记录要准确及时。

(6) 注意保护被测者和仪器。

以上操作均由北京体育大学运动生物力学专业研究生完成。

#### 3.2.3.4 具体测试流程：

(1) 向被测者说明测试动作和要求, 测试者进行准备活动。

(2) 连接各部分仪器, 同时通电, 运行几分钟, 调试仪器。

(3) 对被测者测试肌肉肌腹进行酒精擦拭, 由专业操作员贴电极片。

(4) 运动员上器械练习。

(5) 当测试人员喊开始时, 运动员开始做动作, 同时开启摄像机和肌电仪, 保证摄像机和肌电仪同步进行。

(6) 对被测试者进行测试, 根据需要, 及时更新电极片, 每次均要重新消毒贴电极贴片, 然后进行测试。

(7) 对运动员进行各肌肉 MVC 值测试。

(8) 依次对所有运动员进行测试, 每人测试三次, 每次间歇时间 2 分钟。

(9) 记录所有数据, 收集录像资料。



图 4 贴电极片





图5 MVC值测试

#### 3.2.3.5 测试注意事项:

使用表面肌电仪和多台摄像机进行同步测试,是非常复杂、较难操作的测试工作,测试环节应注意:

(1)测试指挥:多台设备同时进行测试时,各台设备操作员必须由测试指挥员统一指挥、确保同步测试。

(2)测试员:各测试员能够熟练操作仪器保证各测试系统同步进行,安排测试员统一指挥测试。

(3)预备性测试:开始测试前进行几次预备性测试,注意观察测试设备布置、测试场地情况、测试人员的站位、测试环境温度以及测试者的身体状态。

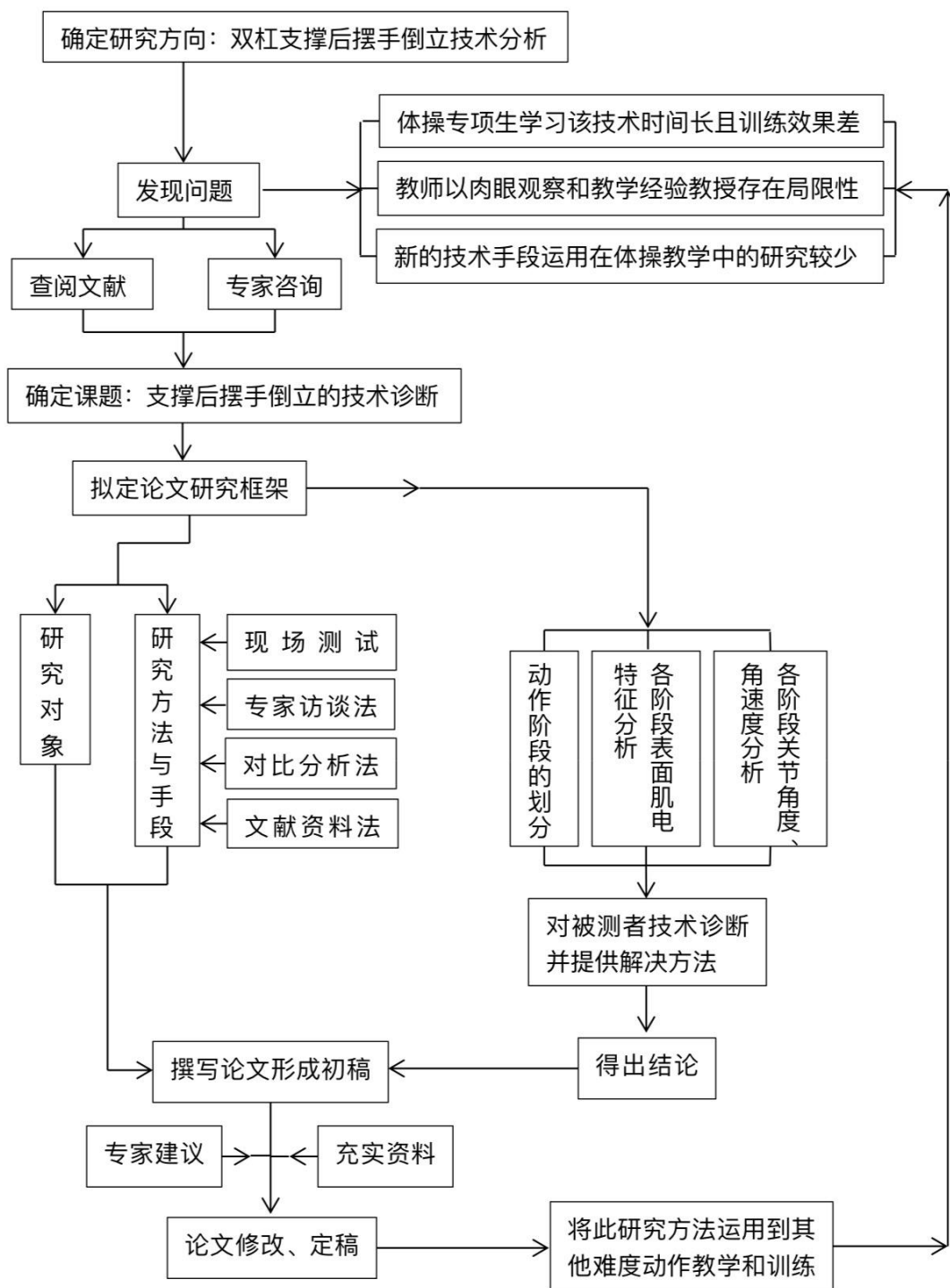
(4)测试记录:记录员要记录好测试过程中的各个程序和被测者个人信息。

#### 3.2.4 对比分析法

对不同水平体操运动员完成支撑后摆手倒立动作,采用表面肌电和各关节角度及角速度参数进行各个动作阶段的对比分析研究。

### 3.3 研究技术路线

论文随机验证编号: BT514191251928



## 4 结果与分析

### 4.1 动作的阶段划分

通过图书馆查阅的相关书籍和中国知网搜索相关文献,对北京体育大学体操教研室李吉副教授进行专家访谈,从技术结构和摆动特点分析,支撑后摆手倒立可分为前摆和后摆两个过程。运用运动解剖学结合技术要领及动作结构分析,后摆手倒立之前的前摆动作,髋关节高度要求高于第七颈椎。头部位于两杠的垂线上同时眼看杠的远端<sup>[23]</sup>;后摆摆过双杠垂直面后,不要过早发力,摆速均匀,这样就会有充分的时间考虑摆成手倒立所需力量的大小,对倒立位的把握更精确。

根据技术结构特点将支撑前摆至最高点作为该技术动作的第一阶段。通过体操教研室李翠玲副教授和竞技体育专业15级运动员的交流学习,得知在后摆阶段,由前摆最高点后摆至垂直面时,要求摆动速度均匀,后摆过手握点的垂线以后,向后上方摆腿,根据后摆发力特点,将支撑后摆至手握点垂线划分为第二阶段,第三阶段即由后摆至握点垂线开始,向后上摆至手倒立。

本研究是通过表面肌电和三维摄像方法,对该动作整个过程及特征时刻进行数据收集和对比分析,由于无法确定由垂直面向后上发力摆腿的具体时刻,同时为了得到后摆发力时人体各关节角度变化特点,因此将由握点垂线开始摆至躯干与杠面平行作为研究分析的特征阶段,将摆至与杠面平行作为特征时刻分析。支撑后摆手倒立技术,当后摆至接近倒立位时,根据身体对动作的感觉和判断适当减缓摆动力度。加强身体各关节肌肉控制,以保证准确摆成倒立并静止<sup>[24]</sup>。结合该技术要求,将第三阶段中由后摆水到平面开始至摆成倒立作为特征阶段进行分析研究。

因此运用解剖学原理结合技术要领将双杠支撑后摆手倒立划分为三个阶段。

第一阶段:由支撑垂直面开始前摆至最高点。

第二阶段:从前摆最高点后摆至双杠垂直面。

[23]孙亦光,盘龙根. 竞技体操基本动作的力学原理与教法[M]. 人民体育出版社. 2000, 06

[24]运动生物力学编写组. 运动生物力学[M]. 北京体育大学出版社. 2015, 05

第三阶段：摆成倒立，将由握点垂线开始摆至双杠水平面作为特征阶段；由双杠水平面摆至倒立作为特征阶段。

## 4.2 表面肌电分析

为方便对比分析以下表面肌电各参数均采用各表面肌电值与各肌肉 MVC 值的比值进行标准化处理。MVC 值是指在进行正式实验前对多块肌肉独立进行静力性最大自主收缩测试。MVC 值是实验者在测试前进行最大用力情况下肌肉的放电量。

### 4.2.1 第一阶段前摆至最高点表面肌电分析

#### 4.2.1.1 积分肌电值分析

积分肌电：

积分肌电是指肌电图曲线所包络的面积，其单位为  $\text{mv} \cdot \text{s}$ ，它在一定程度上反映了一定时间内肌肉中运动单位的放电总量，而运动单位的放电总量=参加工作的运动单位的数量 $\times$ 单个运动单位放电的电量<sup>[25]</sup>。

表 3 第一阶段积分肌电值 单位：EMG/MVC%

运 动 员	斜上 方束 肌	三 前 角 束 肌	三 中 角 束 肌	三 后 角 束 肌	肱肌 二 头	肱肌 三 头	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	2.43	87.50	107.8	3.30	11.4	7.37	6.59	50.8	15.6	18.3	4.94
孙	1.82	55.96	42.09	10.17	21.0	5.62	36.3	12.3	5.51	13.1	4.35

[25]曲峰.运动员表面肌电信号与分形[M].北京体育大学出版社.2008,08  
论文随机验证编号：BT514191251928

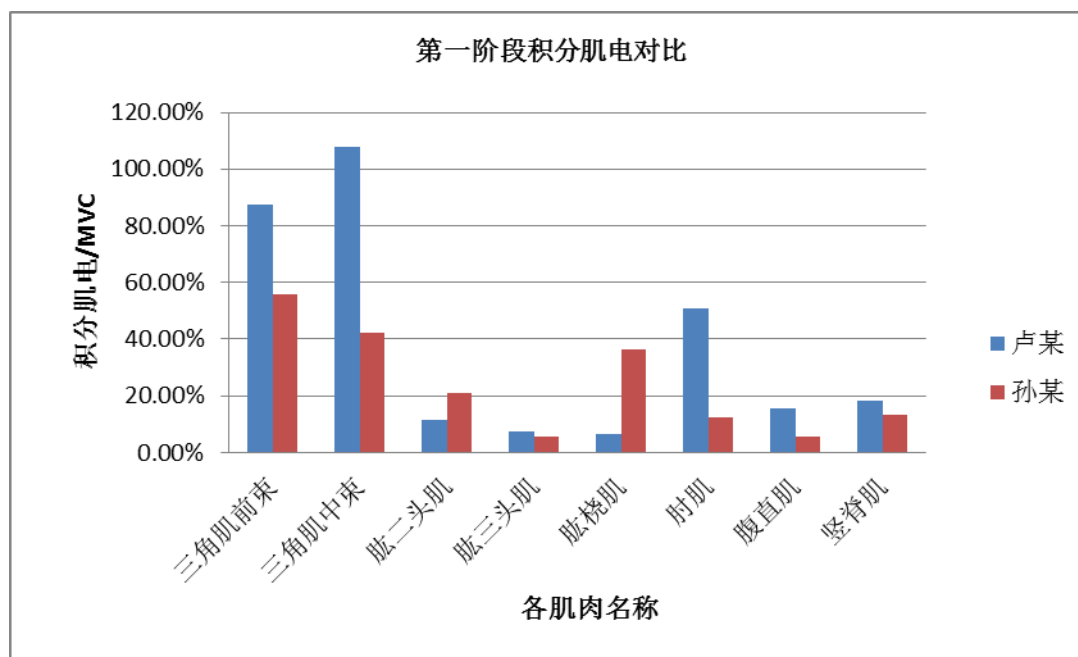


图6 第一阶段积分肌电值 单位: EMG/MVC%

图6显示,两名运动员在第一阶段各主要发力肌肉相近似,积分肌电值最大的为三角肌。以一级运动员卢某为例,各肌肉积分肌电由大到小依次为:三角肌、肘肌、竖脊肌、腹直肌、肱二头肌。其中肱三头肌、肱桡肌、臀大肌、斜方肌的积分肌电均低于该肌肉MVC值的百分之十。

说明在第一阶段,运动员前摆至最高点时,上肢以三角肌、肘肌发力最为显著,这是因为前摆时,髋部向前上方送出,肩角打开的同时,上体稍微向后移动,此时三角肌和肘肌分别起到固定和支撑作用。其次是竖脊肌和腹直肌,主要体现在前摆送髋,竖脊肌的收紧防止屈髋,保证前摆时发力集中。通过对比分析,运动员孙某主要发力肌肉中有肱桡肌,结合图14分析,前摆过程中孙某肘关节屈伸角为 $120^{\circ}$ ,此时肱桡肌分担了部分支撑力。孙某竖脊肌积分肌电仅5.1%,远低于卢某的15.67%,说明,前摆时腹部过于放松,腹肌和竖脊肌的用力不足,会出现屈髋、向前上的力不集中,甚至导致动作难以完成。

从前摆数据上看,卢某主要发力肌肉比较集中,各部分肌肉积分肌电差别明显,前摆各部分肌肉用力协调,动作更自然,孙某肌肉发力分散,肩部过于紧张,前摆不够充分。

#### 4.2.1.2 EMG 最大值分析

EMG 最大值:

论文随机验证编号: BT514191251928

EMG 最大值描述的是周期性数据的最大值，表示信号幅值的最大动态范围。反应肌肉的最大激活时刻，代表此时运动单位募集的数量和运动单位的放电达到协同的最高水平。

表 4 两者 EMG 最大值对比 单位: EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束 肌	三 角 肌 前 束	三 角 肌 中 束	三 角 肌 后 束	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	14.8	1495	236.0	51.8	171	72.6	163.	405	160	155	94.1	
孙	16.6	630.1	186.1	162.1	214	56.6	285	133	121	353	156	

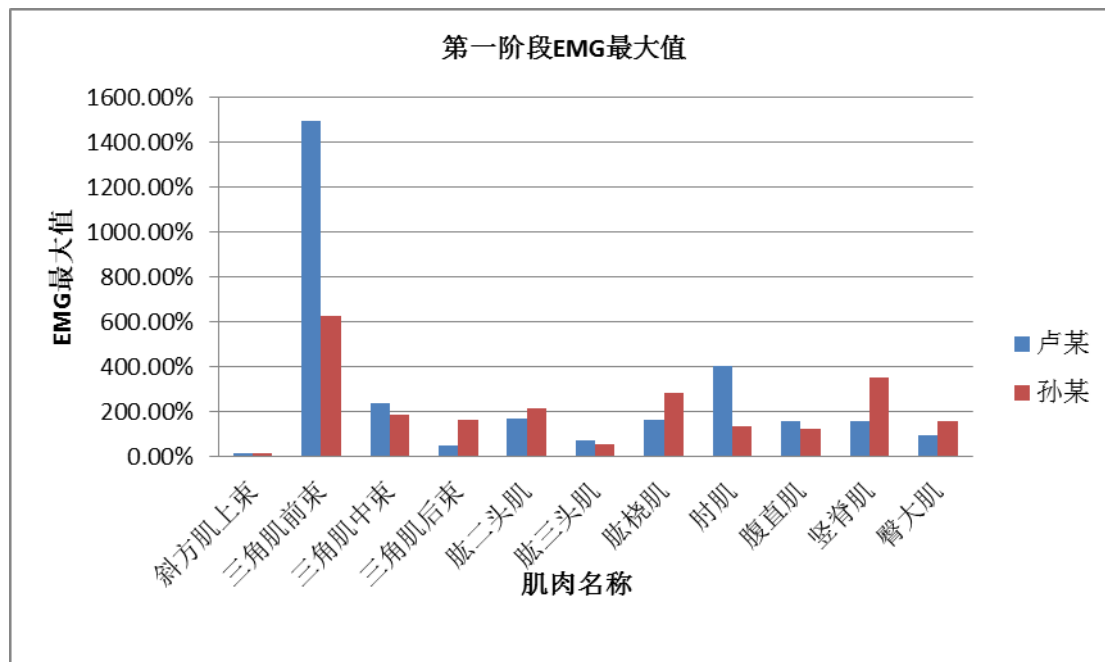


图 7 第一阶段 EMG 最大值 单位: EMG/MVC%

如图 6 和图 7, 该阶段 EMG 最大值与积分肌电规律几乎相同, 在前摆阶段主要的发力肌肉为三角肌前束、三角肌中束、肘肌, 这也说明, 在前摆阶段这几块肌肉持续做功时间较长, 瞬时做功也较大。数据显示孙某在第一阶段各肌肉贡献率很平均, 肌肉发力分散。

两名运动员数据存在局部差别, 孙某肱桡肌瞬时最大值为 285%, 远高于主要发力的肘肌, 肱二头肌瞬时 EMG 最大值较高, 这也说明屈肘动作对整个前摆过程肌肉发力的影响很大, 由于左右肘屈伸角度不相同, 所以在前摆时肩关节

论文随机验证编号: BT514191251928

不稳定, 孙某竖脊肌积分肌电仅 5.1%, 而 EMG 最大值为 353.67%, 表明竖脊肌发力不均, 摆动过程中髋关节出现了明显的屈伸动作, 髋关节的屈伸表明二次发力, 也抵消了前摆最高点时所获得的势能。

#### 4.2.1.3 肌肉贡献率分析

肌肉贡献率:

又称输入百分比, 反映了所选择通道振幅值占有所有通道振幅值总和 (100%) 的比例, 也称之为贡献率。但是需要注意的是, 在不同的动作阶段各肌肉的功能不同。阶段划分不同, 各肌肉的贡献率不同<sup>[26]</sup>。

表 5 两者贡献率对比 单位: EMG/MVC%

运动员	斜上 方束 肌	三前 角束 肌	三中 角束 肌	三后 角束 肌	肱二 头肌	肱肌 三 头	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	0.5	49.5	7.8	1.7	5.7	2.4	5.4	13.4	5.3	5.2	3.1
孙	0.7	27.2	8.0	7.0	9.3	2.4	12.3	5.8	5.2	15.3	6.8

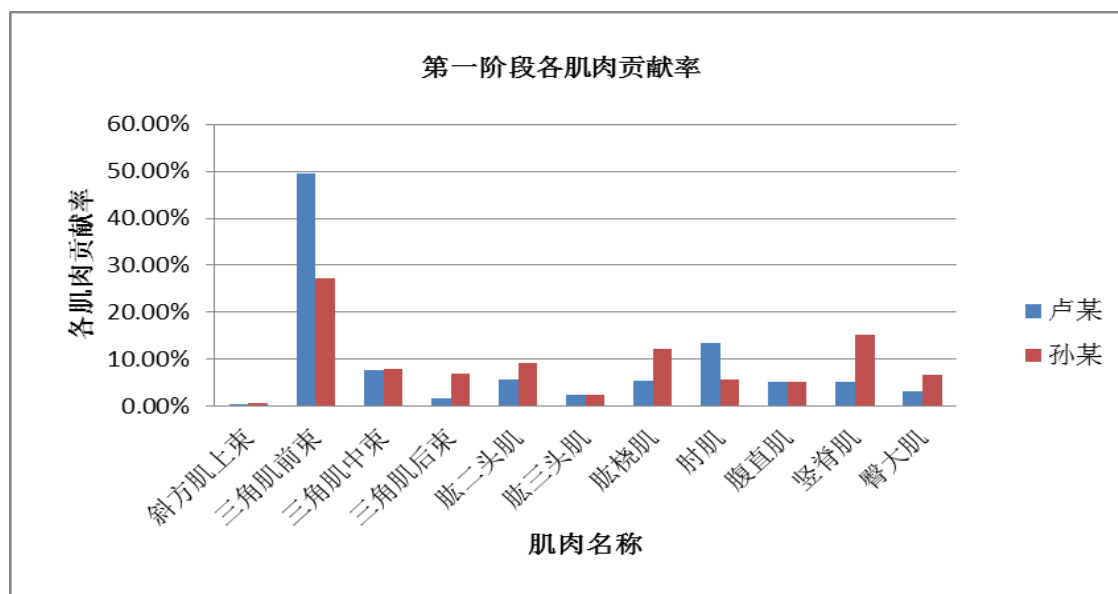


图 8 第一阶段各肌肉贡献率单位: EMG/MVC%

由图 8, 三角肌前束第一阶段肌肉贡献率最高, 卢某三角肌前束贡献率高达 49.51%, 孙某整个三角肌贡献率也达到 42.23%, 说明在前摆送髋阶段三角肌的

[26]李玉章.表面肌电在体育中的应用[M]. 复旦大学出版社. 2015, 05

固定作用最重要，尤其是三角肌前束的作用更为明显，因此前摆阶段的技术对运动员三角肌的力量要求较高，一级运动员卢某在完成前摆动时力量的使用集中在三角肌前束，且其他主要发力肌肉贡献率相对均衡，卢某在前摆阶段只有三角肌前束以及起主要支撑作用的肘肌贡献率大于 10%，而孙某肌肉贡献率大于 10% 的有三角肌前束、肱桡肌和竖脊肌，在前摆技术中竖脊肌只是起到控制身体姿态的辅助作用，肌肉贡献率过高不符合技术原理。

#### 4.2.2 第二阶段后摆至双杠垂面表面肌电分析

##### 4.2.2.1 积分肌电值分析

图 9 显示，两名运动员在第二阶段各主要发力肌肉积分肌电值最大的为三角肌，整个阶段两者的肌肉用力大小分布不均各有特点。该阶段卢某积分肌电最高的是三角肌，而肘肌达到 MVC 值的 40%，斜方肌用力较小。该阶段积分肌电低于该肌肉 MVC 值的 10% 的肌肉有肱二头肌、肱三头肌、肱桡肌、竖脊肌与臀大肌。孙某除了三角肌和肘肌，积分肌电高于该肌肉 MVC 值 10% 的肌肉分别是肱二头肌、肱三头肌和肱桡肌。

表 6 第二阶段两者积分肌电值对比 单位：EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束 肌	三 角 束 肌	三 角 束 肌	三 角 束 肌	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	10.36	60.87	145.80	11.63	1.15	4.46	3.83	41.90	7.62	1.36	0.86	
孙	8.37	93.29	92.28	18.06	30.10	12.90	40.8	11.20	0.84	6.97	3.20	



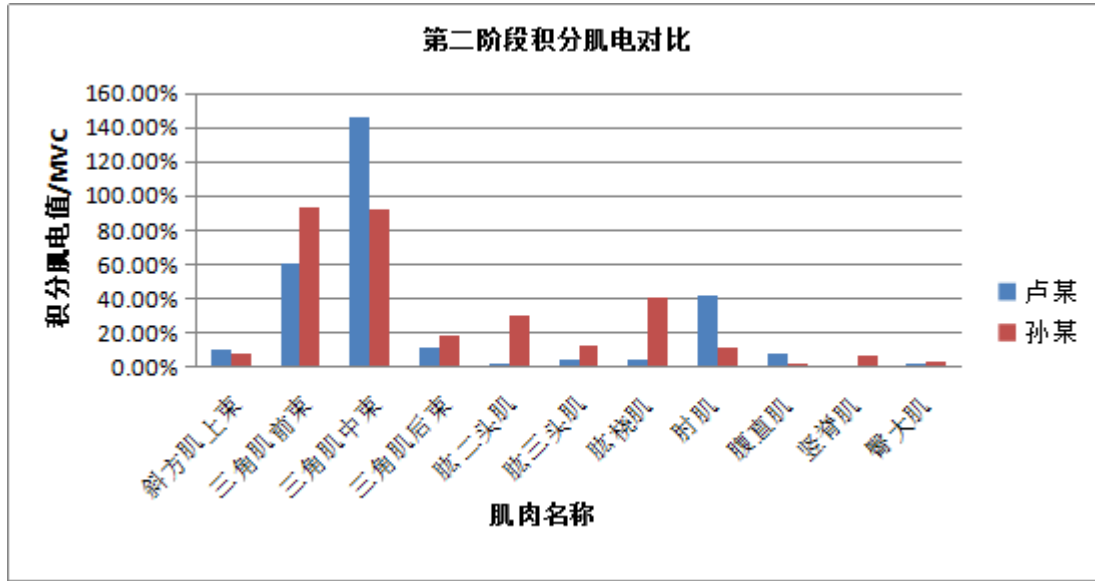


图9 第二阶段积分肌电值 单位：EMG/MVC%

说明在第二阶段后摆时，依然以三角肌、肘肌用力最为显著，结合第二阶段技术要点，后摆时充分利用前摆最高点所获得的势能，匀速后摆，因此后摆时在手臂支撑固定下身体自然下落，其他肌肉不主动发力。通过与第一阶段积分肌电对比分析，卢某斜方肌用力增加，且三角肌力量分配由三角肌前束过渡到三角肌中束，腹直肌由15.7%下降到7.62%，均体现了技术要求，三角肌中束积分肌电值的增加正是由于后摆时身体重力过渡到上肢，竖脊肌和腹直肌在第一阶段需要更多的收缩以保持前摆高度，而后摆时只需保持身体姿态的收缩强度。孙某三角肌前束和中束积分肌电值几乎相同，虽然三角肌前束积分肌电值减少，但幅度较小，后摆时肩部过于紧张，腹直肌在两个阶段的积分肌电均不足1%，动作表现为肩部过于紧张，躯干和下肢又过于松散，因此其主要发力肌肉积分肌电值比较分散，不能使各部位肌肉协调用力，动作效率较低。

#### 4.2.2.2 EMG 最大值分

两名运动员在瞬时肌肉力量最大值上差异明显，如图10，卢某EMG最大值高于100%的肌肉依次为：三角肌、肱桡肌、肘肌。孙某EMG最大值高于100%的肌肉依次为：三角肌、肱二头肌、肱桡肌、肱三头肌。

表 7 第二阶段 EMG 最大值分析 单位: EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束 肌	三 角 束 肌	三 中 束 肌	三 后 束 肌	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	74.7	873.3	335.2	171.9	31.0	24.8	282	238	74.4	13.5	5.8	
孙	91.1	749.9	203.3	154.6	329	154	223	77.0	5.1	85.7	65.0	

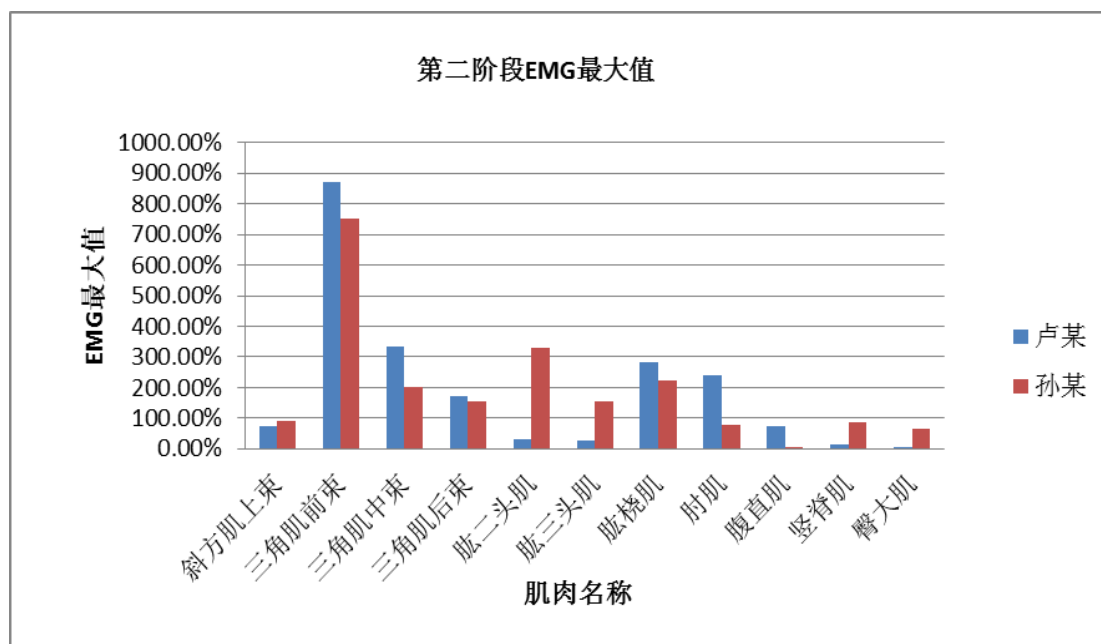


图 10 第二阶段肌肉放电最大值 单位: EMG/MVC%

与第一阶段相比, 两名运动员在第二阶段都有不同的瞬时发力肌肉, 卢某肱桡肌 EMG 最大值达到 282%, 但是积分肌电仅 3.83%, 整个过程中只是在后摆到垂直面产生了最大值, 主要是因为重心下落, 双手握杠支撑以及手腕控制的瞬时力量。孙某肱二头肌和肱桡肌 EMG 最大值分别为 329%和 223.30%, 但是积分肌电分别为 30.13%和 40.87%。说明在整个后摆过程中肱二头肌和肱桡肌始终在用力, 所以, 即使两名运动员在第二阶段肱桡肌 EMG 最大值近似, 但意义不同, 孙某肱桡肌的收缩伴随着整个后摆过程, 而卢某肱桡肌 EMG 最大值产生在后摆接近垂直面时。同时也说明一级运动员卢某在完成动作时肌肉做功的高效, 肌肉用力的时序更加科学合理, 技术娴熟的运动员完成动作更加省力。

#### 4.2.2.3 肌肉贡献率分析

该阶段肌肉贡献率与第一阶段相似, 三角肌贡献率最高。卢某肌肉贡献率

超过 10% 的有肱桡肌和肘肌，孙某为：肱二头肌和肱桡肌，结合积分肌电分析，卢某的肱桡肌并不是持续发力，而孙某不仅肱桡肌和股二头肌是持续发力，并且积分肌电也达到 30.13% 和 40.87%，说明孙某后摆时依然没有解决屈臂的问题，虽然从视频看来屈臂并不明显，但是屈臂动作破坏了技术结构，也使得肌肉不能协调用力，给接下来的动作带来负担。卢某三角肌除外，其他肌肉贡献率均低于 5%，这也充分表明技术娴熟的运动员对身体的控制、摆动节奏的把握更精准。

表 8 第二阶段各肌肉贡献率 单位：EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束 肌	三 角 肌	前 束 肌	中 束 肌	后 束 肌	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	3.5	41.1	15	8.1	1.5	1.2	13.3	11.2	3.5	0.6	0.3		
孙	4.3	35.1	9.5	7.2	15.4	7.2	10.4	3.6	0.2	4.0	3.0		

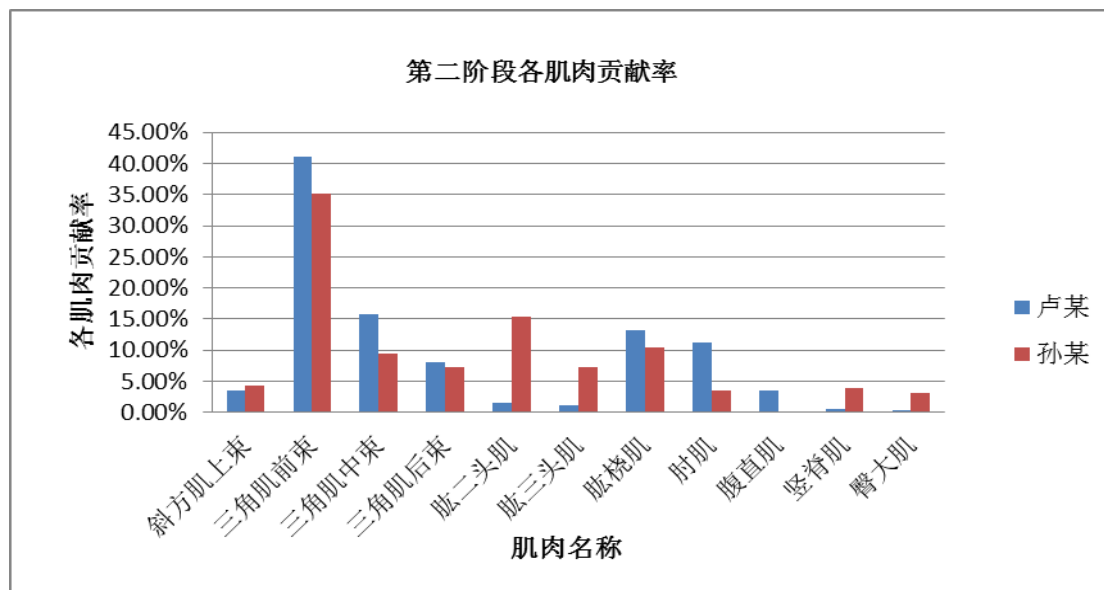


图 11 第二阶段肌肉贡献率 单位：EMG/MVC%

#### 4.2.3 第三阶段后摆成倒立表面肌电分析

##### 4.2.3.1 后摆至水平面积分肌电分析

论文随机验证编号：BT514191251928

图 12 显示，两名运动员在第三阶段后摆至水平面各主要发力肌肉积分肌电值最大的为三角肌、肱桡肌、肘肌、斜方肌，以一级运动员卢某为例，各肌肉积分肌电由大到小依次为：三角肌中束、三角肌前束、肱桡肌、肘肌、斜方肌上束，其中腹直肌、竖脊肌、臀大肌、肱三头肌积分肌电不足百分之一。说明在后摆过程中，以三角肌、肱桡肌、肘肌、斜方肌上束发力最为显著，后摆技术要求身体挺直，以肩关节为轴摆动，当摆过垂直面时，肩部前移，并迅速向后上方摆腿，同时两手握紧双杠维持身体平衡。此时三角肌和斜方肌和肱桡肌用力较大，一方面由于身体摆动时身体重心和力矩发生变化，三角肌起到固定作用；另一方面由于后摆开肩，斜方肌得到充分拉伸，而肩的前移除了三角肌的控制还配合手腕的控制，因此肱桡肌随着肩的前倾和双手紧握放电量持续增加。

表 9 第三阶段积分肌电值对比 单位：EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束	三 角 肌	前 束	中 束	后 束	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	10.90	34.87	87.55	9.77	1.32	0.94	15.2	12.9	0.65	0.23	0.38		
孙	8.94	21.24	48.05	10.71	4.37	5.90	22.9	5.10	0.41	7.54	0.67		

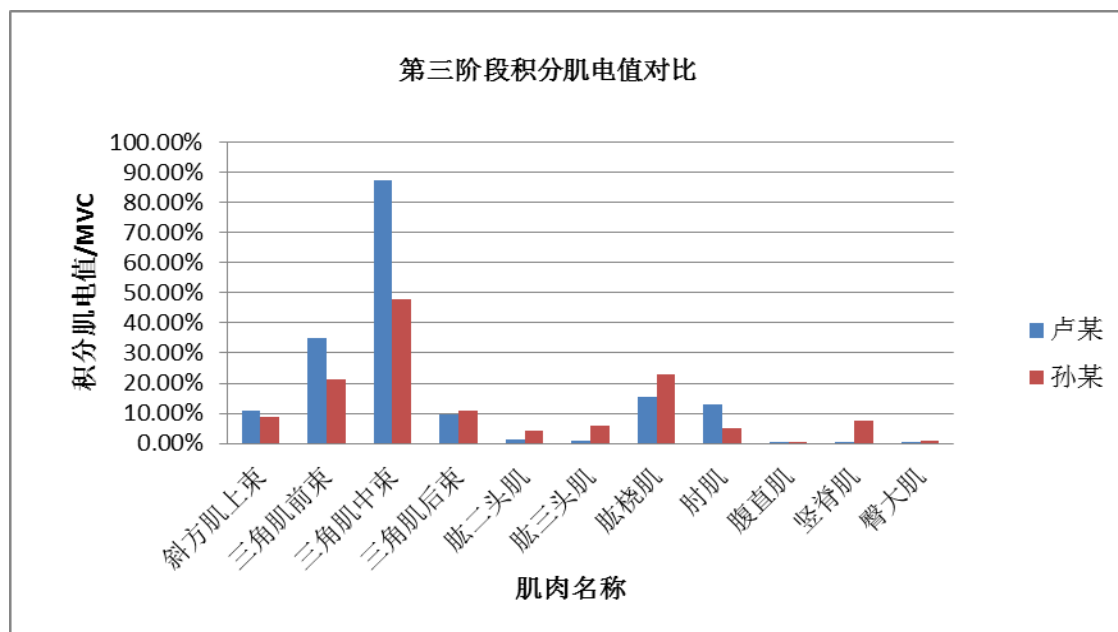


图 12 第三阶段积分肌电值 单位：EMG/MVC%

论文随机验证编号：BT514191251928

通过对比分析,两名运动员主要发力肌肉相似,结合三维摄像数据,由图 32,孙某后摆时肩前移角度较大,手腕用力大,因此肱桡肌积分肌电值较大,相比卢某高 7.7%。这说明孙某向后摆腿时发力过早,而斜方肌积分肌电值不足 10%也符合视频动作分析结果,即斜方肌拉伸不够,后摆时肩角仅为  $60^{\circ}$ ,远低于卢某肩角  $90^{\circ}$ ,此外三角肌力量不足对肩部前倾角度的控制也有一定影响。

#### 4.2.3.2 后摆至水平面 EMG 最大值分析

两名运动员在瞬时肌肉力量最大值上差异明显,与前两个阶段比,后摆阶段的主要发力肌肉较多,由图 13,两名运动员 EMG 最大值均超过 50%的肌肉有斜方肌、三角肌、肱桡肌、肘肌,卢某的肱二头肌、肱三头肌、腹直肌、竖脊肌、臀大肌均低于 20%,说明在此过程中,肩带和前臂肌肉起到主要作用。孙某 EMG 最大值超过 100%的还包括肱二头肌、肱三头肌、竖脊肌,其中肱二头肌和肱三头肌的 EMG 最大值超过卢某 90%,竖脊肌达到了 1097.55%、远高于卢某的 1.41%。

表 10 第三阶段 EMG 最大值对比 单位: EMG/MVC%

运 动 员	斜 方 肌	上 束 肌	三 角 肌 前 束	三 角 肌 中 束	三 角 肌 后 束	肱 二 头 肌	肌 肌 三 头 肌	肌 肌 肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	105.9	620.6	261.8	239.6	20.8	7.3	255.	79.3	13.4	1.4	4.1	
孙	137.7	716.2	295.9	185.9	112	116	274	60.2	5.0	1097	18.9	

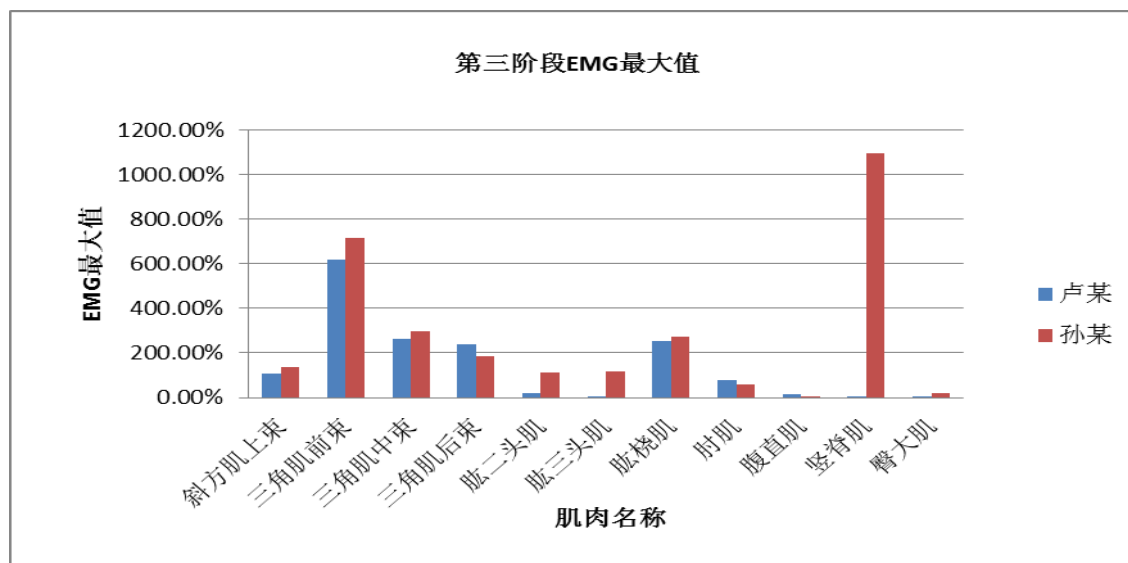


图 13 第三阶段 EMG 最大值对比 单位: EMG/MVC%

论文随机验证编号: BT514191251928

后摆技术要求后摆摆过双杠垂直面后，开始加速向后上方摆腿，此时腹直肌被拉长而竖脊肌也适当收缩。卢某竖脊肌 EMG 最大值仅 1.41%，后摆过程竖脊肌几乎没有发力，结合视频分析，卢某在第一阶段前摆技术好，获得足够势能的同时也为接下来的动作做好了铺垫。孙某肱二头肌和肱三头肌发力明显，这是因为屈臂造成的，其中左臂屈伸角为  $149^{\circ}$  右臂屈伸角为  $152^{\circ}$ ，竖脊肌的瞬时发力过大，说明在向后上方加速摆动时腰部突然发力，结合角度参数分析，孙某在摆至水平面时，左、右膝关节屈伸角为  $111^{\circ}$  和  $123^{\circ}$ ，稍屈膝分腿，下肢躯干的松散抵消了前摆阶段获得的势能，打破原有动作结构与节奏，后摆动力不足过分且塌腰，从而使竖脊肌瞬时发力过大，动作变形。

#### 4.2.3.3 后摆至水平面肌肉贡献率分析

由图 14，第三阶段卢某肌肉贡献率大于 10%的肌肉依次为三角肌前束、肱桡肌、三角肌中束与三角肌后束。孙某肌肉贡献率大于 10%的肌肉为竖脊肌、三角肌前束、三角肌中束、肱桡肌和三角肌后束。结合该阶段积分肌电和 EMG 最大值分析，卢某主要发力肌肉与摆动技术要求相吻合。

表 11 第三阶段肌肉贡献率对比 单位：EMG/MVC%

运动员	斜上方束肌	三角肌前束	三角肌中束	三角肌后束	肱二头肌	肱三头肌	肱桡肌	肘肌	腹直肌	竖脊肌	臀大肌
卢	6.6	38.6	16.3	14.9	1.3	0.5	15.9	4.9	0.8	0.1	0.3
孙	4.6	23.7	9.8	6.2	3.7	3.9	9.1	2.0	0.2	36.3	0.6

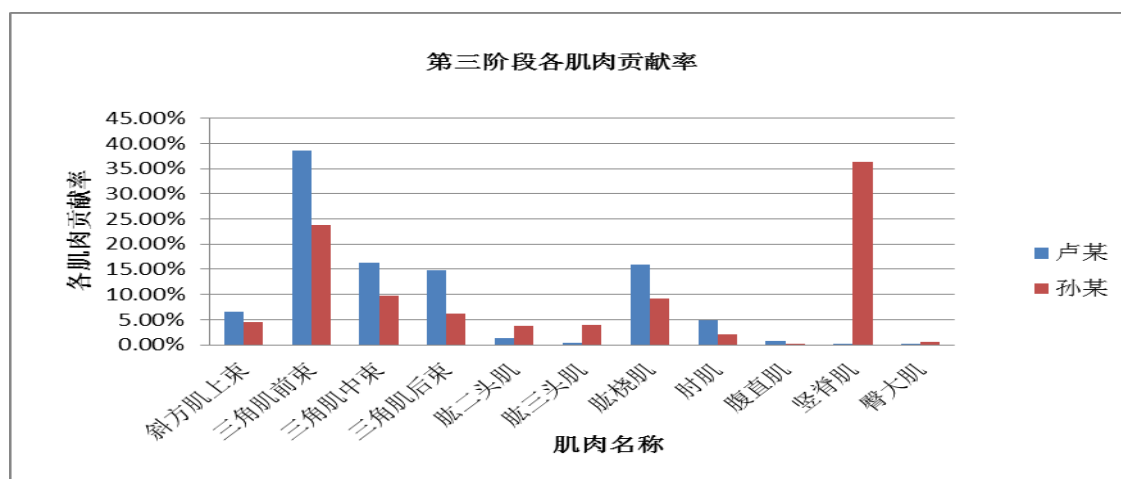


图 14 第三阶段各肌肉贡献率对比分析 单位：EMG/MVC%

论文随机验证编号：BT514191251928

孙某竖脊肌肌肉贡献率过高，后摆动力不足且靠塌腰后摆，打破原有动作结构与节奏。整个三角肌贡献率低于卢某 (30.06%)，说明后摆时肩部松弛，从而向后加速摆动时不能顶住肩，从而肩的位置前移。支撑摆动技术是以肩为轴的身体摆动，肩部位置的移动使人体重心下降，摆动半径也会发生变化。结合技术要领，此半径在上摆的过程中是逐渐缩小的，所以人体能够摆成手倒立。而过分的前倾和竖脊肌突然大力加速，使重心降低的同时转动半径相应变大，为接下来后摆成倒立增加了向上的力，从而不符合技术要求，也违背力学原理。

#### 4.2.3.4 倒立静止阶段 EMG 最大值分析

倒立阶段两名运动员在瞬时 EMG 最大值上出现明显差异，卢某肱二头肌、肱三头肌、腹直肌、竖脊肌、臀大肌均低于 20%，说明在此过程中，肩带和前臂肌肉起到主要作用。孙某 EMG 最大值超过 100%的还包括肱二头肌、肱三头肌、竖脊肌，其中肱二头肌和肱三头肌的 EMG 最大值超过卢某 90%，竖脊肌达到了 1097.55%，远高于卢某的 1.41%。这说明孙某在倒立静止阶段身体控制差，不能协调身体其他部位控制平衡，选取测试的每一块肌肉 EMG 最大值都高于卢某，表明孙某在倒立静止时不稳定，身体各部位肌肉调节力度不精确。而卢某倒立静止时主要利用三角肌前束和肱桡肌调节身体平衡，此时前臂肌群和手腕的调节对身体控制作用显著。这也说明倒立静止阶段前臂肌群和肩的调节作用非常重要。由图 39 和图 40，两名运动员髋关节角速度、躯干内转角速度一直小幅度变化，说明身体其他关节角度也在调节平衡。

表 12 倒立阶段 EMG 最大值对比 单位：EMG/MVC%

运 动 员	斜 上 方 束 肌	三 前 角 束 肌	三 中 角 束 肌	三 后 角 束 肌	肱 二 头 肌	肱 三 头 肌	肱 桡 肌	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	27.3	416.1	76.9	25.4	6.1	3.8	157	46.0	1.8	0.6	5.8
孙	277.8	709.0	342.1	257.0	55.5	122	232	89.1	4.5	815	30.5

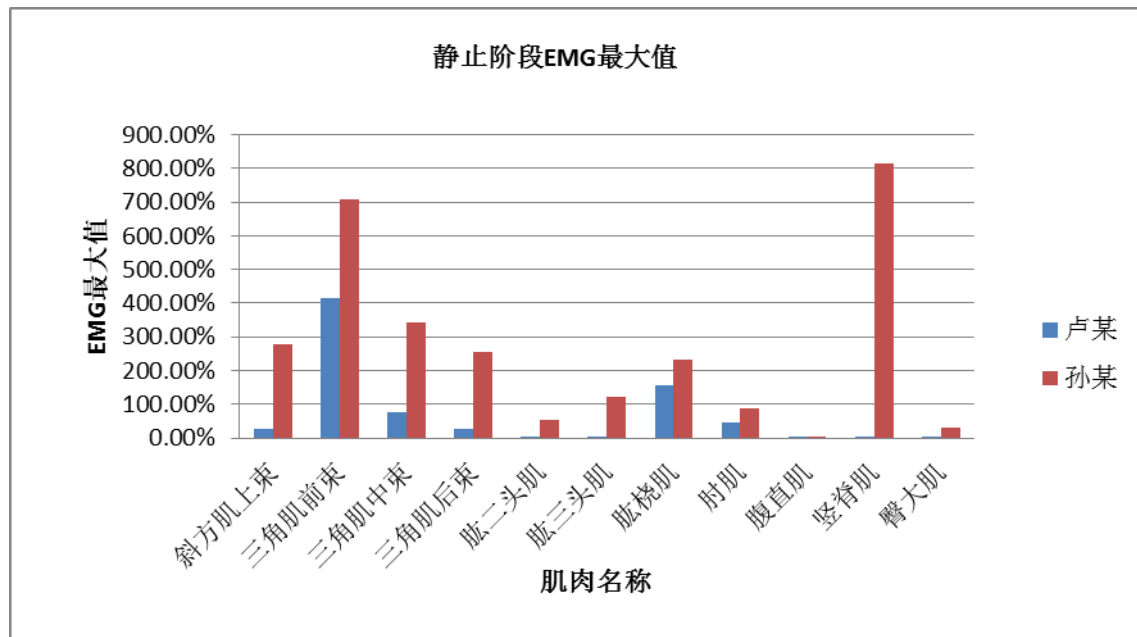


图 15 静止时刻肌肉放电最大值 单位: EMG/MVC%

## 4.2.3.5 倒立静止阶段肌肉贡献率分析

由图 16, 倒立静止阶段, 两者在身体控制上存在显著差异。卢某静止时肌肉贡献率与各肌肉 EMG 最大值规律一致, 而孙某参与调节身体的肌肉较多, 主要做功肌肉发力不够集中, 竖脊肌过度紧张。

表 13 摆成倒立时的各肌肉贡献率 单位: EMG/MVC%

运动员	斜上 方束 肌	三前 角束 肌	三中 角束 肌	三后 角束 肌	肱 二 肌	肱 三 头 肌	肱 肌 桡	肘 肌	腹 直 肌	竖 脊 肌	臀 大 肌
卢	3.6	54.2	10.1	3.3	0.8	0.5	20.6	6.1	0.2	0.1	0.8
孙	9.5	24.2	11.7	8.8	1.9	4.2	7.9	3.1	0.2	27.8	1.1



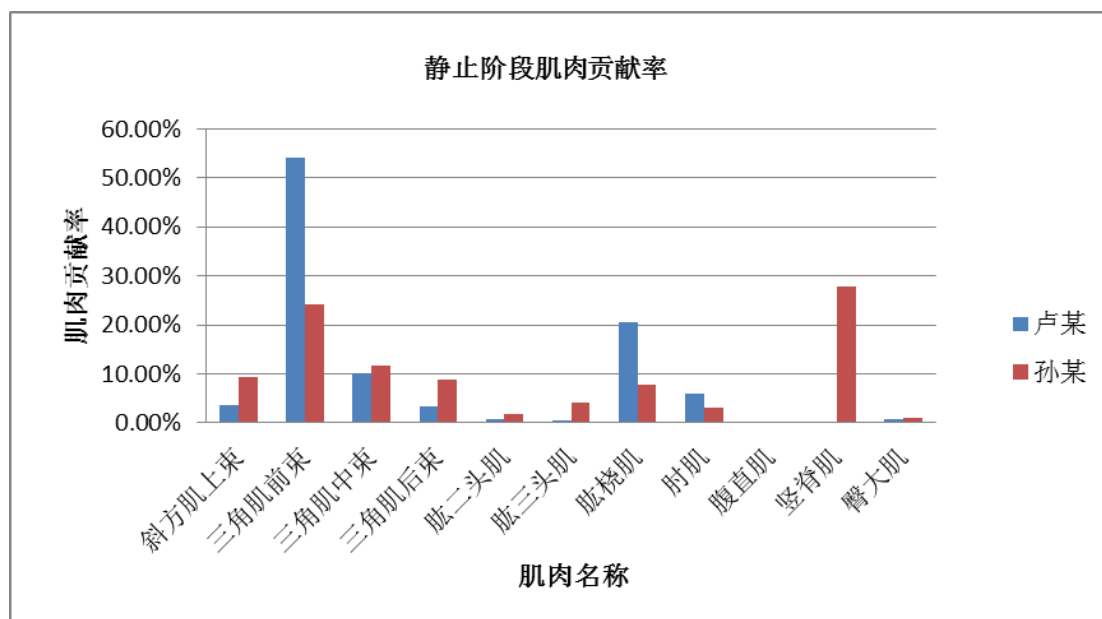


图 16 静止时刻的各肌肉贡献率 单位: EMG/MVC%

通过对比分析,孙某在倒立静止阶段竖脊肌肌肉贡献率高达 27.8%,由于孙某摆成倒立时在保护下完成,同时在倒立静止时调整次数较多,手腕、前臂小肌肉群的调节不够。在完成双杠手倒立时,运动员在控制全身肌肉的同时,应该重点强调如何加强手腕的控制和肱桡肌、三角肌前、后束的控制,而对其余肌肉的控制,按所得数据依次为臀大肌、腹直肌、斜方肌、竖脊肌。这就是说,在完成手倒立时,除对上肢加强控制外,对下肢肌肉臀大肌的控制也非常重要。

### 4.3 各阶段关节角度、角速度分析

#### 4.3.1 第一阶段前摆至最高点各关节角度、角速度参数分析

##### 4.3.1.1 角度类参数分析

图 21 表明,卢某前摆至最高点肩角  $120^{\circ}$ ,孙某仅  $64^{\circ}$ 。前摆最高点时卢某屈髋角  $27^{\circ}$ ,孙某屈髋角  $42^{\circ}$ 。支撑后摆手倒立的前摆阶段主要是以肩为轴的身体摆动,后摆过程中随着身体前倾,摆动时就会形成以肩为轴和以手腕为轴转动的力的合成,因此前摆阶段身体不会出现前倾和后屈,以肩为轴摆动时,前摆技术要求送髋至第七颈椎位置。卢某前摆至最高点时,肩角打开  $119^{\circ}$ ,

耻骨点高于第七颈椎，孙某肩角  $64^{\circ}$ ，耻骨与第七颈椎连线接近水平，但动作紧张不舒展。



图 17 卢某前摆至最高点



图 18 孙某前摆至最高点

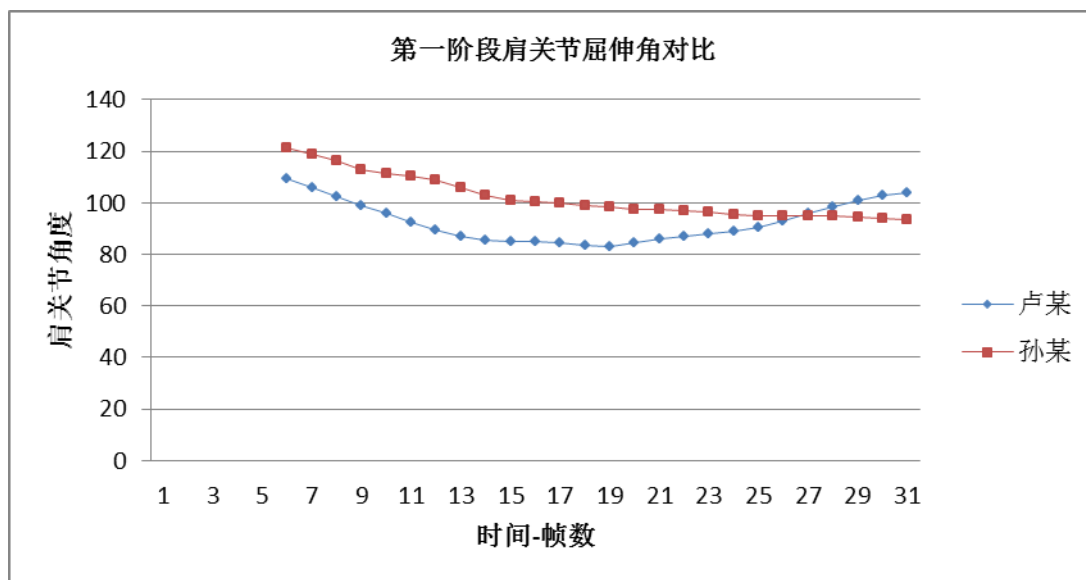


图 19 第一阶段肩关节角度对比 单位: °

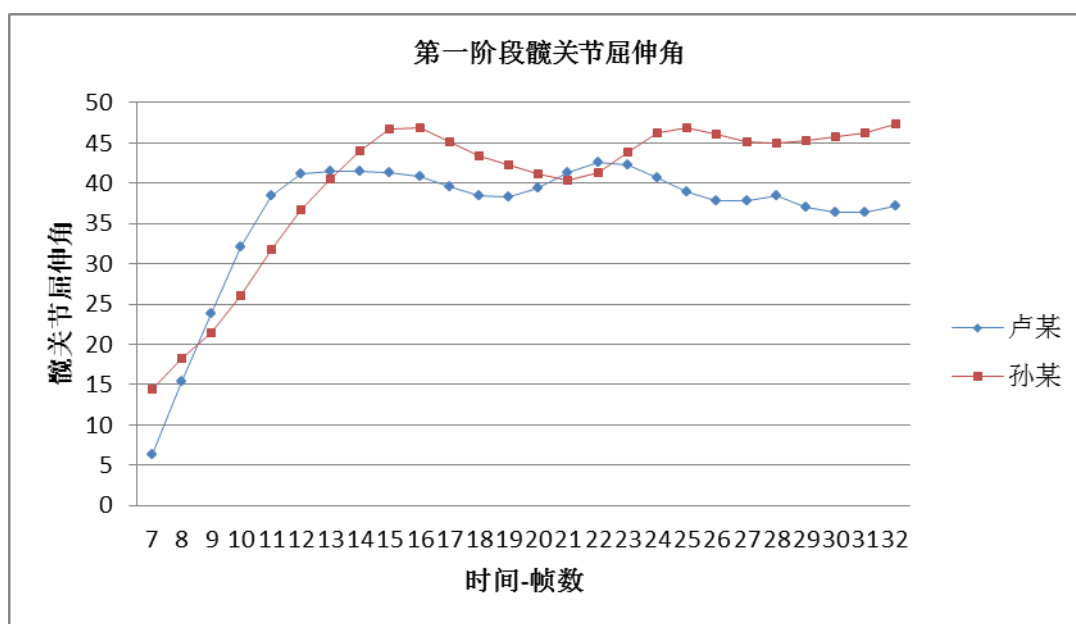


图 20 第一阶段髋关节角度对比 单位: °

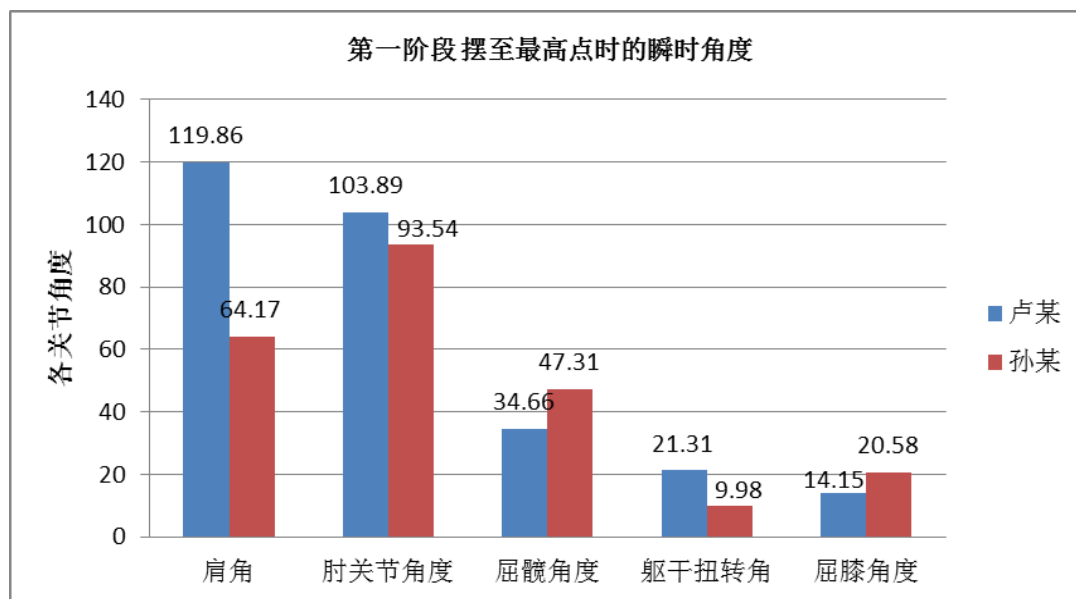


图 21 前摆至最高点时各角度对比 单位: °

从力学角度分析,摆动时肩部位置的变化以及屈髋,会直接导致身体重心和摆动半径的变化。从技术要领分析,此半径在上摆的过程中是逐渐缩小的,所以人体能够摆成手倒立。通过视图对比分析孙某前摆至最高点时明显后仰,同时肩角较小,摆动幅度小,髋关节没有送至前上方,前摆高度自然不足,直接导致摆动半径变大,对接下来的后摆动产生很大影响。当前摆后仰时,身体摆动就不再是以肩关节为轴,而是以肩为轴和以握点为轴转动的合成,这也不符合前摆阶段技术要求。

#### 4.3.1.2 角速度参数分析

图中数据截取的时间是由身体摆至双杠垂直面开始,足尖摆至最高点结束时刻,以肩为顶点,足尖与双杠垂直面的角速度,从图 25 可知,卢某前摆至最高点髋关节角速度为  $116^{\circ}/S$ ,孙某髋关节角速度为  $63^{\circ}/S$ ,结合图 17 和图 18,卢某前摆高度更高,摆动幅度更大,因此无论是高度和前摆速度,都为后摆阶段提供足够的势能。从技术角度分析,支撑后摆手倒立的前摆动作,要求充分打开肩角,髋部稍高于头部,孙某在第一阶段摆动高度符合技术要领,但是摆动时髋关节角速度和肩关节角速度较小。从下肢与躯干角参数进行分析,孙某的肩角和髋关节摆动幅度远远小于卢某,这也是限制前摆高度最重要的原因。

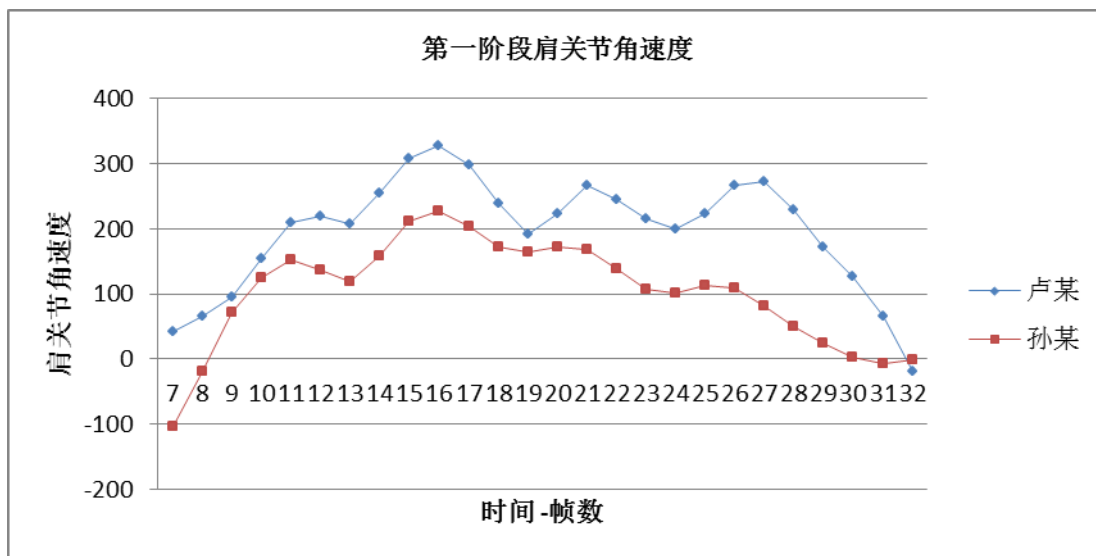


图 22 第一阶段肩关节屈伸角速度 单位: °/s

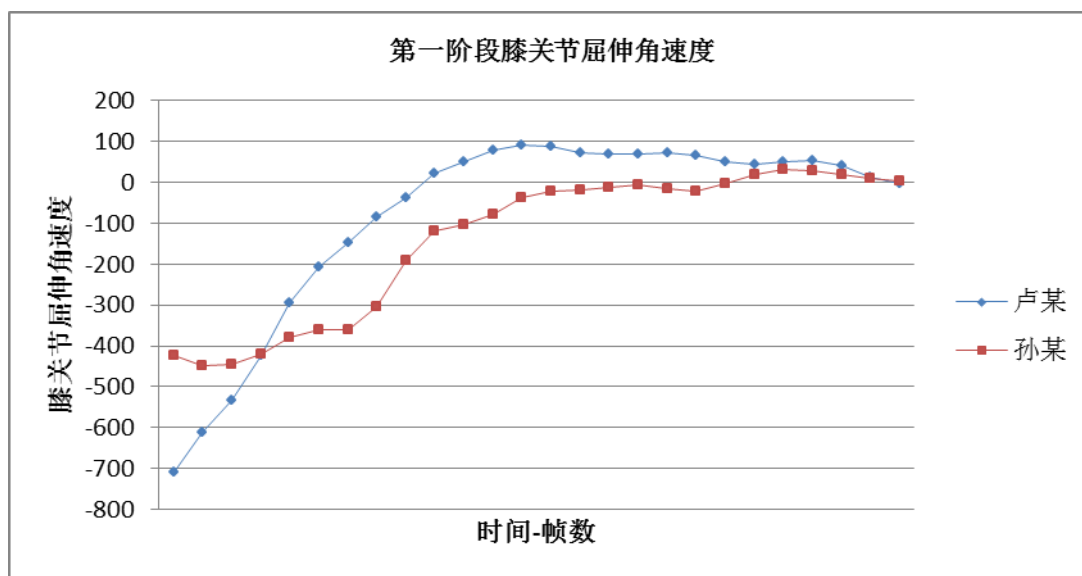
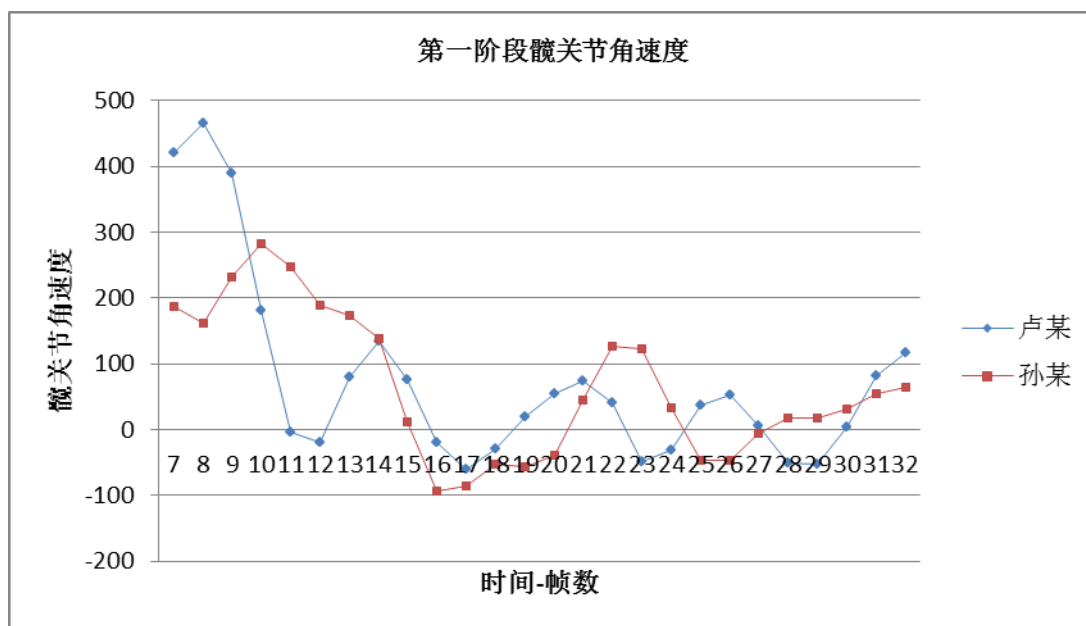
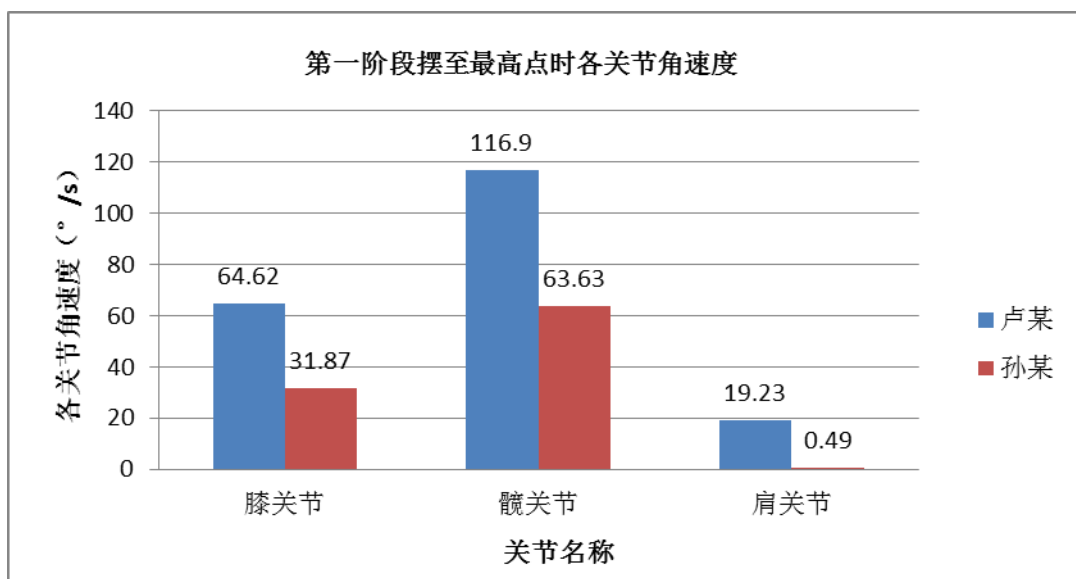


图 23 第一阶段膝关节屈伸角速度 单位: °/s

图 24 第一阶段髋关节角速度 单位:  $^{\circ}/s$ 图 25 前摆至最高点时各关节角速度 单位:  $^{\circ}/s$ 

结合图 25 角度类参数进行分析, 孙某前摆后仰, 使得摆动轴不再是以肩为轴, 摆动轴由以肩为轴变成了手腕与肩的合成, 因此身体的后仰也成为限制肩角角度的重要因素, 摆速也会因为身体后倾而抵消一部分, 即使这两名运动员都达到了前摆髋部向前上方送出的要求, 但是将各关节角度和角速度相关参数结合动作要领解析, 孙某在动作细节上的数据与技术要领吻合不足。前摆时要

锁住肩部，不能因为提高前摆高度而出现躯干后倾的情况，这样既不能增加前摆高度同时还会因为身体的后倾抵消前摆速度，前摆时注意肩角的充分打开，在练习支撑摆动时尽量将髋部向前上方送。因此两名运动员不仅仅是在在支撑前摆阶段所得势能和完成的动作质量存在差别，在摆动过程中一些细小的关节角度变化往往起到关键影响因素。

#### 4.3.2 第二阶段后摆至双杠垂面关节角度、角速度参数分析

##### 4.3.2.1 后摆至垂直面角度参数分析

由图 29，后摆至双杠垂直面时，两名运动员均达到垂直位，其中孙某前臂与双杠的角度即肘关节屈伸角为  $115^{\circ}$ ，说明在后摆过程中后仰角度调整。卢某肩角为  $12^{\circ}$ ，孙某肩角为  $21^{\circ}$ ，运动中卢某身体姿态控制较好。孙某屈髋角为  $19^{\circ}$ ，膝关节角为  $56^{\circ}$  这主要是因为孙某在后摆时姿态没有控制好，后摆技术要求以肩关节为轴，含胸梗头，收腹紧腰，摆速均匀。孙某后摆至垂直面时稍屈髋、屈膝，支撑摆动时身体控制能力差，对后摆成倒立的力度把控不足，过早发力，急于完成动作。



图 26 卢某第二阶段后摆至双杠垂直面





图 27 孙某第二阶段后摆至垂直面

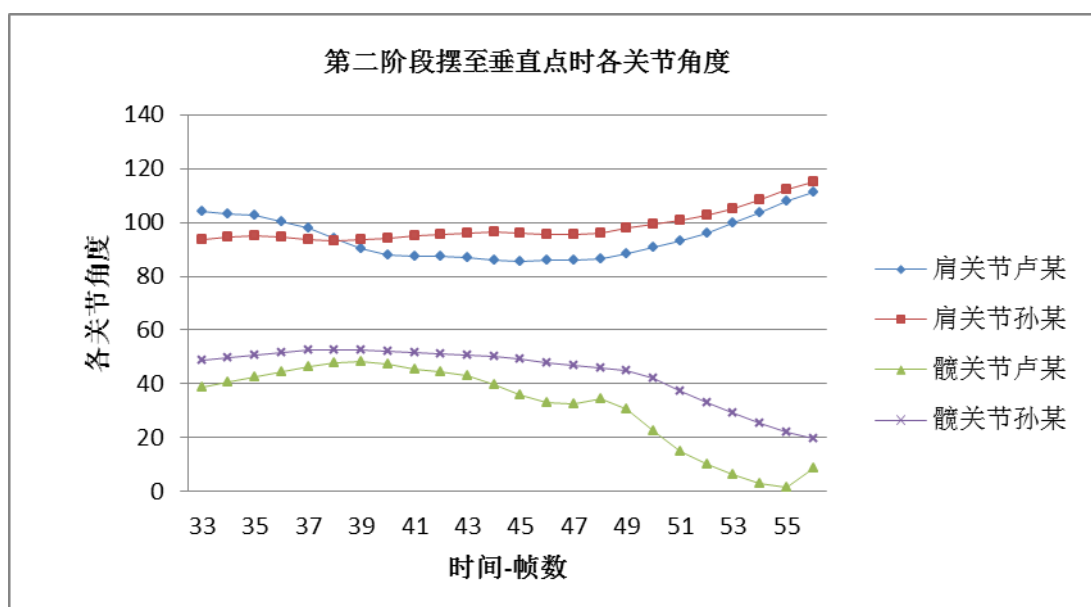


图 28 第二阶段摆至垂直点时各关节角度 单位: °



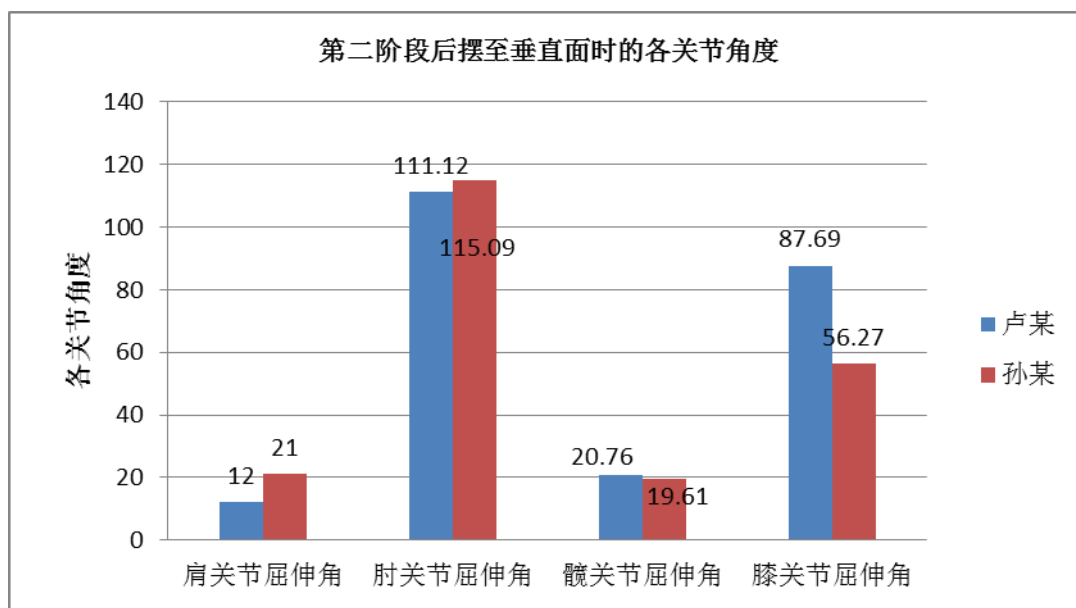
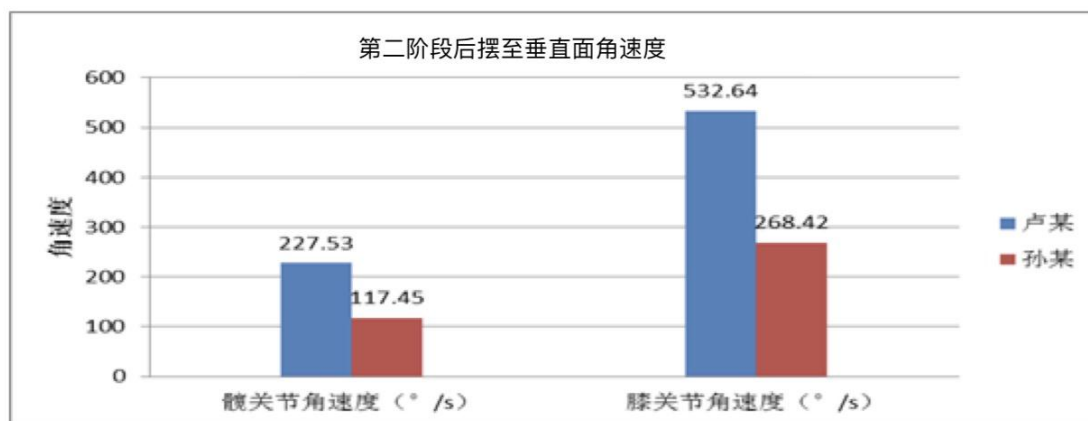


图 29 第二阶段后摆至垂直面时瞬时关节角度 单位: °

#### 4.3.2.2 后摆至垂直面角速度参数分析

图 30 数据是由前摆最高点后摆至双杠垂直面的角速度, 卢某后摆角速度与孙某差别明显, 从后摆技术角度进行分析, 支撑后摆手倒立后摆时手臂和握点近似垂线, 后摆的速度要均匀, 此时两名运动员髋关节角速度分别为  $227^{\circ}/\text{s}$  和  $117^{\circ}/\text{s}$ , 卢某的摆动角速度几乎是孙某的两倍, 结合第一阶段前摆角度分析, 一方面, 卢某由于前摆高度更高, 其获得更大的势能, 因此后摆时角速度更大; 另一方面, 孙某前摆时由于身体的后仰和姿态控制欠佳, 后摆时力量不够集中, 角速度较小。

图 30 摆至垂直面时的瞬时角速度 单位:  $^{\circ}/\text{s}$

### 4.3.3 第三阶段后摆至与杠面平行时各关节角度、角速度参数分析

#### 4.3.3.1 后摆至水平面角度参数分析

支撑后摆手倒立的后摆技术要求后摆时手臂和握点近似垂线，后摆的速度要均匀，防止过早发力，鞭打过快，从而能更好的把控摆动力度，准确找到倒立位置。但是通过视频分析初学者练习该动作时，后摆时身体形态常会出现各种变化。因此选取后摆阶段躯干摆至与杠面平行时作为特征时刻并对该特征时刻运动员的各类参数进行对比分析。



图 31 卢某后摆至躯干与杠面平行时



图 32 孙某后摆至躯干与杠面平行时

论文随机验证编号: BT514191251928

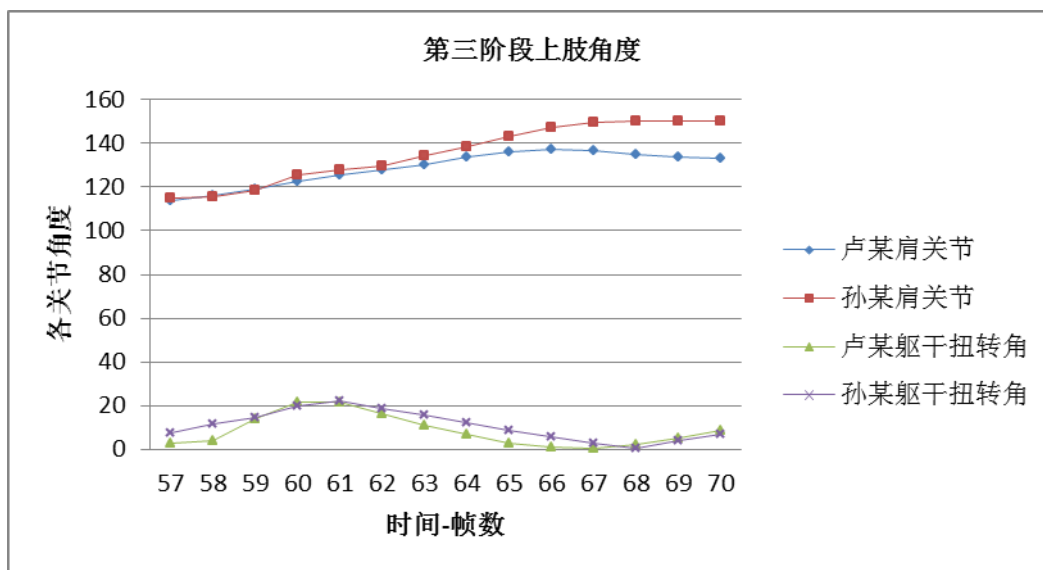


图 33 第三阶段上肢各关节角度 单位: °

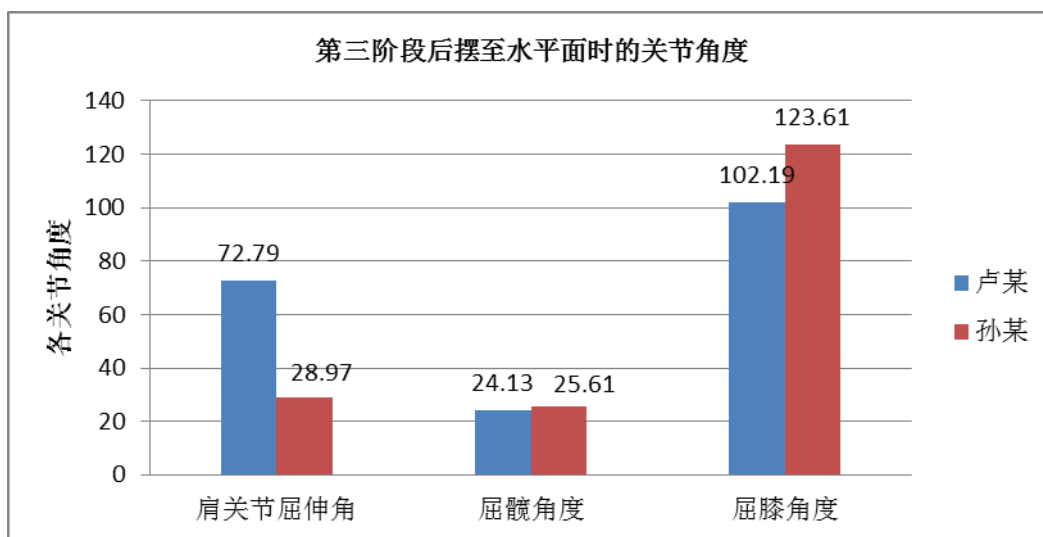


图 34 后摆至水平面时的各关节角度 单位: °

通过视频分析，两名运动员手臂与杠面的角度都大于  $90^\circ$ ，说明卢某和孙某后摆时肩都有前移，前者比后者前倾角小  $12^\circ$ ，支撑后摆手倒立根据肩前倾的大小可分为两种技术，第一种因为在保持身体平衡的基础上，前摆摆速较慢时，人体重心必须靠近手握点的垂线来完成动作，此时肩前移非常明显。另一种是依靠动力来弥补向下的重力，即加速后摆，后摆速度越快所获得向上的动量越大，也可以完成动作。两名运动员分别属于第几种后摆技术还要根据第三阶段的各关节的角速度分析判定。

两名运动员后摆时肩均有前移,符合后摆技术的要求。图 34 肩角数据显示,卢某为  $70^{\circ}$ ,孙某为  $38^{\circ}$ ,由于孙某手臂前倾角度更大,后摆至双杠水平面时肩角自然变小,身体重心较低。从屈髋角度来看,卢某在后摆至水平面时,髋关节保持挺直,身体姿态控制好,孙某左右髋屈伸角度分别为  $27^{\circ}$  和  $31^{\circ}$ ,膝关节与耻骨点和第七颈椎的连线并未在一条直线上,因此孙某在后摆时出现塌腰的现象。膝关节的角度反应了两名运动员的身体姿态,后摆过程中孙某屈膝角度比卢某大  $15^{\circ}$  左右,孙某屈膝较为严重。出现屈膝情况有两种原因,一种是后摆时过早鞭打发力,支撑后摆至双杠垂直面时后摆加速度太大,出现屈膝、塌腰问题,第二种即身体姿态没有控制好,后摆时没能做到含胸紧腰,控制好身体姿态。

#### 4.3.3.2 后摆至水平面角速度参数分析

由图 35,卢某角髋关节和肩关节角速度为  $59^{\circ}/s$  和  $297^{\circ}/s$ ,孙某髋关节和肩关节角速度为  $60^{\circ}/s$  和  $257^{\circ}/s$ ,数据显示两名运动员从双杠垂直面的摆至躯干与双杠水平面的角速度差别不大,因此两名运动员后摆速度相似。

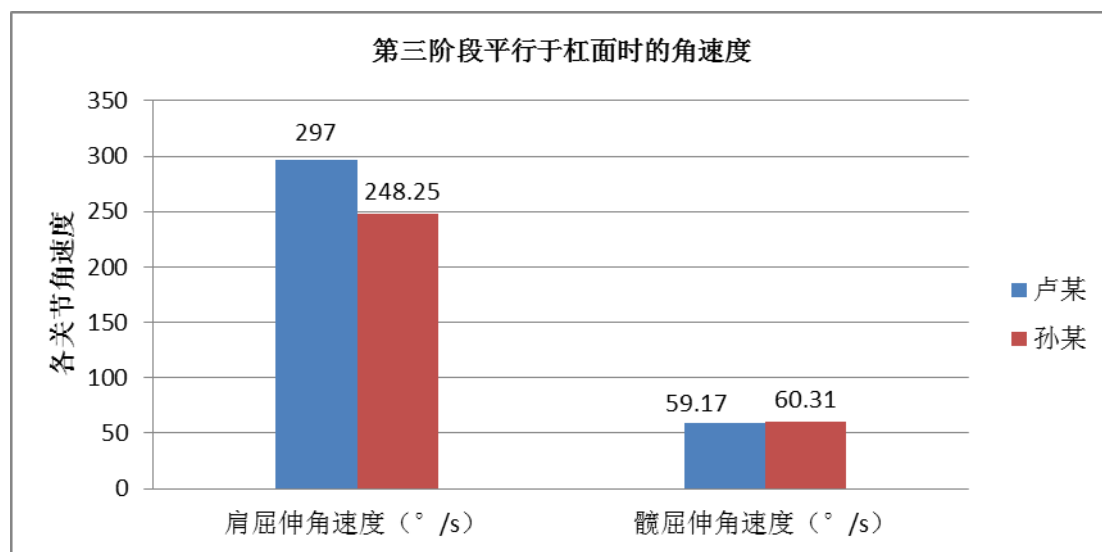


图 35 后摆至水平面时的角速度 单位:  $^{\circ}/s$

通过对比分析两名运动员躯干和双杠水平面的角速度,结合该阶段角度类分析结果,同时观察两名运动员正机位与侧机位的合成视频,其动作连贯,摆速均匀,后摆摆速近似,因此判定两名运动员均属于后摆速度快即第二种上摆技术。结合该阶段角度参数,孙某在后摆过程中肩部过度前移,但是摆动角速度较大,后摆技术要求摆过垂直面向后上方摆腿。因此,孙某后摆发力过早,

论文随机验证编号: BT514191251928

鞭打过快,没有掌握好摆动的力度,从而出现肩过度前移。身体前倾,导致摆动重心降低,摆动轴向前平移,摆动半径变大,从而失去对摆动力度的准确把握,不能协调身体各部位肌肉用力,从而导致后摆动作变形,出现塌腰,屈膝。

#### 4.3.4 后摆成倒立各关节立角度、角速度参数分析

##### 4.3.4.1 摆成倒立角度参数分析

图 38 显示,成支撑倒立静止阶段的各关节角度,成倒立时卢某肩角  $170^{\circ}$ , 屈髋角度  $5^{\circ}$ , 躯干内转角  $10^{\circ}$ , 孙某肩角  $172^{\circ}$ , 屈髋角度  $15^{\circ}$ , 躯干内转角  $9^{\circ}$ 。由于孙某是在保护下完成,因此在摆至倒立位时调整次数较多,选取时刻为静止时间最长时的各关节角度参数。



图 36 卢某倒立静止阶段





图 37 孙某倒立静止阶段

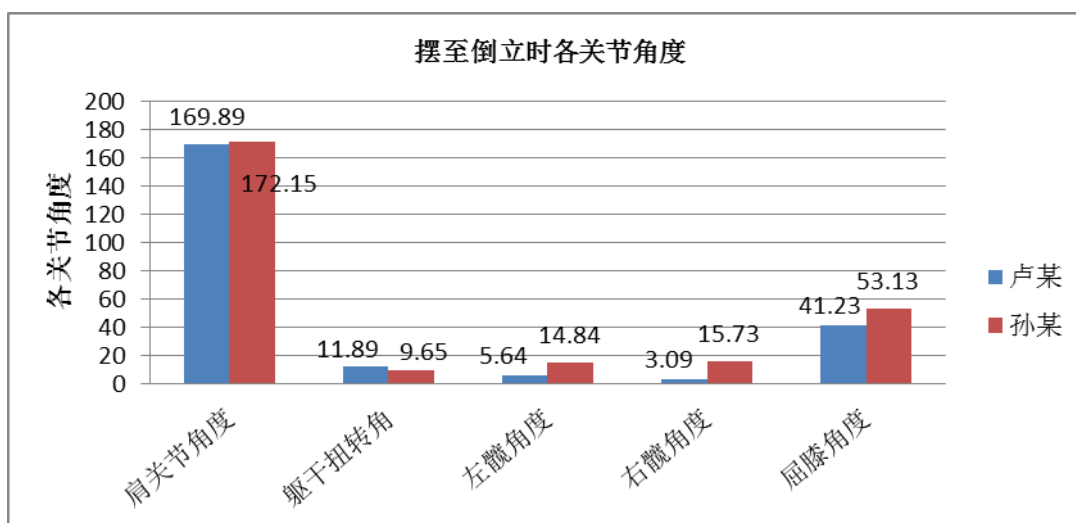


图 38 手倒立静止时刻的各关节角度 单位：°

卢某摆至倒立位静止阶段，躯干没有发生偏转，肩角充分打开。孙某摆至倒立位时肩角比卢某稍小，但在保护下逐渐调整，且屈髋 15°，并且在屈髋的同时塌腰，躯干内转角虽然只有 9°，但反复调整次数较多。因此孙某摆至倒立位时，肩角打开不够充分，腰肌没有收紧。而躯干内转角的变化是由于双臂和腕部调节失衡，肩关节和髋关节不能小幅度屈伸来控制身体。孙某手臂与杠面

的角度比卢某大，说明在后摆过程中肩的过度前移并未在后摆过程中完成调整。说明依靠摆速摆倒立的技术，在后摆向后上方摆腿时肩部不宜过度前移，以免增大或改变摆动半径，导致摆成倒立时失去对倒立位的准确判断。

后摆至双杠水平面时，虽然孙某后摆角度和角速度差异并不明显，但身体各关节产生较多角度，孙某左右髋屈伸角为  $27^{\circ}$  和  $31^{\circ}$ ，且左肘比右肘屈伸角大  $30^{\circ}$ 。这主要是因为孙某在支撑后摆阶段身体姿态没有控制好，出现了屈臂、屈髋、塌腰，后摆着急发力以及用力过猛。因此，孙某摆至倒立时，膝关节屈伸角  $15^{\circ}$ 。通过以上数据，可见孙某后摆时发力时机和身体控制不好，支撑后摆手倒立的基础是支撑摆动，前摆发力向前上送髋，后摆时要含胸梗头，收腹紧腰，摆速均匀，出现塌腰屈膝的情况，是孙某对后摆成倒立的力度把控不足，过早发力，着急完成动作，从而没有保持好身体的基本姿态。

#### 4.3.4.2 后摆成倒立时的角速度分析

由图 40，摆至倒立位时，卢某膝关节和髋关节角速度为  $26^{\circ}/s$  和  $24^{\circ}/s$ ，孙某为  $42^{\circ}/s$  和  $46^{\circ}/s$ ，在接近倒立位时后者摆速较大；由图 27 和 28，卢某髋关节和肩关节角速度为  $24^{\circ}/s$  和  $19^{\circ}/s$ ，孙某髋关节和肩关节角速度为  $46^{\circ}/s$  和  $42^{\circ}/s$ ，数据显示两名运动员从双杠垂直面的摆至躯干与双杠水平面的角速度差别不大，因此两名运动员后摆速度相似。

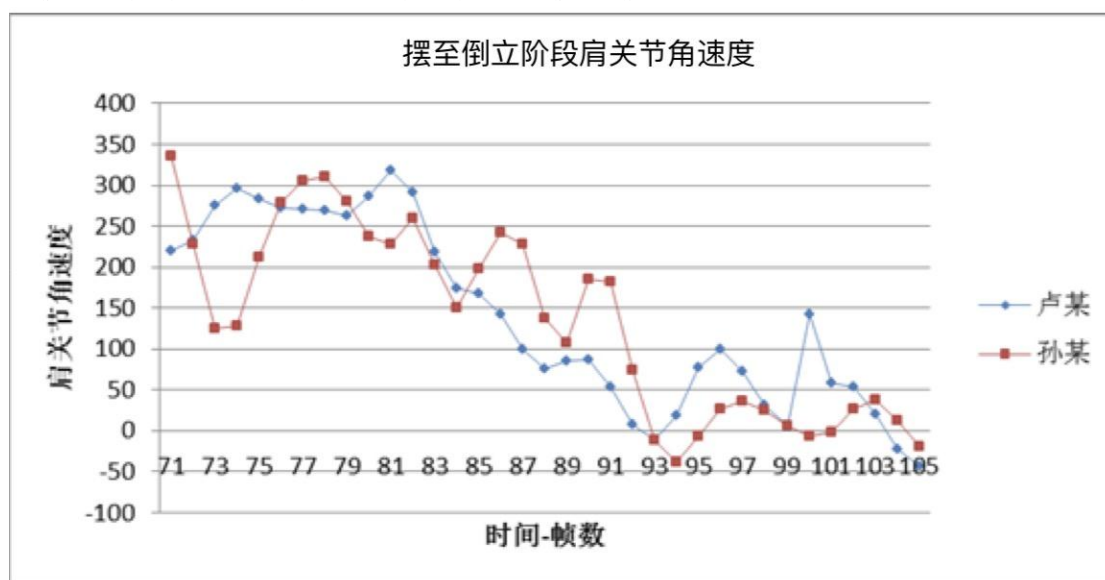


图 39 摆成倒立时的肩关节角速度 单位： $^{\circ}/s$

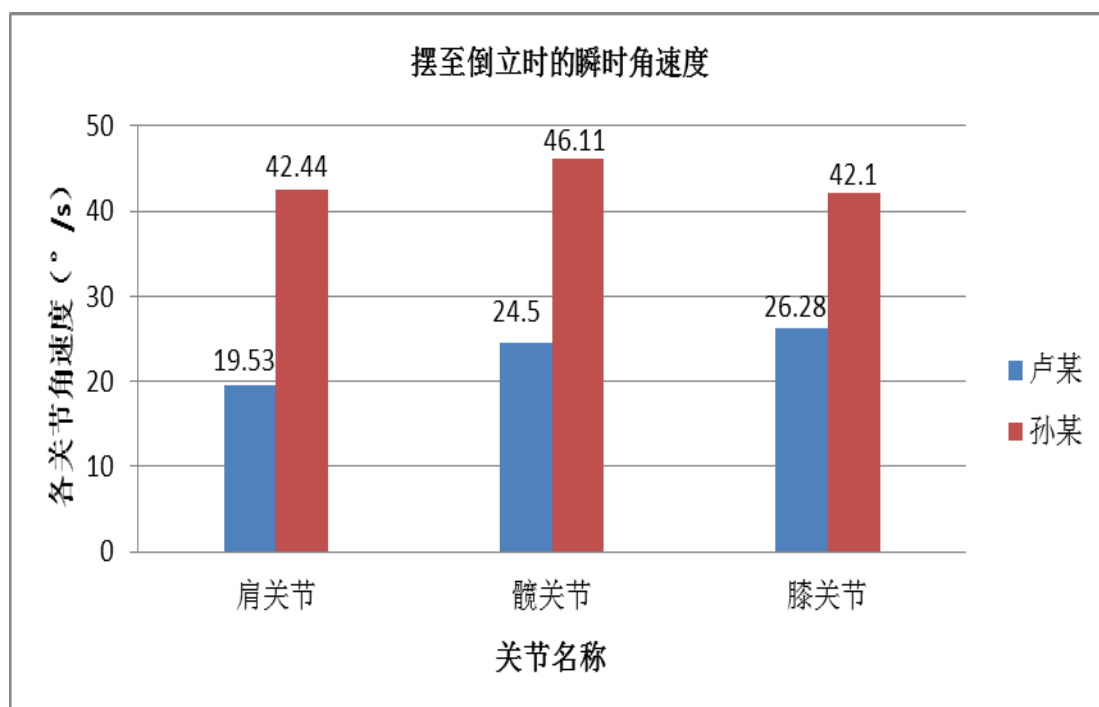
图 40 摆成倒立时的瞬时角速度 单位:  $^{\circ}/s$ 

图 38 和 40 显示, 两名运动员在后摆成倒立阶段, 下肢各关节和肩关节角速度呈递减趋势, 说明两名运动员在摆至接近倒立位时摆速减缓。卢某摆速明显减缓出现在肩角为  $142^{\circ}$ , 孙某出现在肩角为  $90^{\circ}$ , 孙某摆动速度下降早于卢某。卢某由垂直面摆至双杠水平面的角速度和摆至接近倒立位角速度近似, 充分说明卢某后摆速度均匀, 摆动力度控制精准。孙某摆速降低原因有以下几个方面: 首先, 以垂直面为起点摆至接近倒立位时, 肩屈伸角速度为  $177^{\circ}/s$ , 远小于卢某 ( $258^{\circ}/s$ ), 此时孙某手臂与杠面角度为  $129^{\circ}$ , 身体严重前倾, 导致摆动重心降低, 摆动轴向前平移, 摆动半径变大, 因此即使两名运动员有着相同的初速度, 但是由于孙某身体的过度前倾, 导致其后摆速度减缓; 另一方面, 孙某后摆时发力过早, 鞭打过快, 没有掌握好摆动的力度, 不能协调身体各部位肌肉用力, 导致身体姿态发生变化, 从而在向后上方摆动时, 身体肌肉没有绷紧, 向后上摆动的力不够集中, 进而影响摆动速度; 最后, 支撑后摆手倒立的前摆动作, 前摆高度要足够高, 这也是为接下来的后摆提供足够的势能, 孙某前摆高度不够, 前摆过程身体后倾, 摆速不足, 因此在前摆时所获得的动力势能不足。



## 4.4 对二级运动员孙某技术诊断分析

### 4.4.1 第一阶段前摆至最高点技术诊断

第一阶段前摆至最高点，主要的发力肌肉为三角肌前束、三角肌中束和肘肌，说明这几块肌肉无论是整个前摆过程还是瞬时都发挥了很大的作用，两者三角肌肌肉贡献率均高于 40%。这是因为前摆时，髋部向前上方送出，肩角打开的同时，重心向后移动，此时三角肌和肘肌分别起到固定和支撑的作用。二级运动员孙某前摆时腹肌和竖脊肌放松，前摆屈髋、向前上的力不集中，甚至导致动作难以完成。前摆肩角越大身体前摆高度越高，所获得的势能就越大，后摆速度越大。二级运动员孙某出现肩部过度后倾和屈髋动作时，髋关节角速和肩关节角速度较小，后摆速度小。

二级运动员孙某前摆屈髋，肌肉放电较分散，支撑摆动技术不扎实，应加强双杠支撑摆动练习，体会以肩为轴的支撑摆动，也可以加强对腰腹肌的控制；此外，肩关节的柔韧性也是影响前摆高度不足的重要因素，专项热身训练时可通过双人或单、双杠等体操器械提高肩部柔韧性。

### 4.4.2 第二阶段后摆至双杠垂面技术诊断

第二阶段后摆时，通过积分肌电值和 EMG 最大值分析，三角肌、肘肌用力最为显著。二级运动员孙某屈臂时，肱二头肌和肱三头肌瞬时发力较大。孙某三角肌前束和中束积分肌电值几乎相同，后摆时肩部过于紧张，腹直肌在两个阶段的积分肌电均不足 1%，动作表现为肩部过于紧张，躯干和下肢又过于松散，因此其主要发力肌肉积分肌电值比较分散，不能使各部位肌肉协调用力。

针对后摆屈臂问题，孙某在训练中应加强上肢力量素质练习，如靠墙倒立、利用高单杠做引体向上，也可以借助健身器械练习卧推，哑铃可以有效发展上肢小肌肉群力量素质；孙某后摆时肩过度紧张，可通过支撑摆动和双杠臂屈伸体会支撑摆动时手臂和肩带肌群发力特点；提高腰腹肌力量的训练方法有单杠悬垂举腿、正背面的两头起、双杠直角支撑等练习方法。

### 4.4.3 第三阶段后摆至双杠水平面技术诊断

第三阶段摆至双杠水平面时，以三角肌、肱桡肌、肘肌、斜方肌上束发力最为显著，肩部前移时前臂用力大，因此肱桡肌积分肌电值较大。二级运动员孙某肌肉贡献率大于 10%的肌肉依次是竖脊肌、三角肌前束、三角肌中束、肱桡肌、和三角肌后束。二级运动员孙某向后加速摆动时不能顶住肩，后摆动力不

足，塌腰后摆。三维摄像数据显示，二级运动员孙某前移角度较大，后摆塌腰。对摆动力度的把握不足，不能协调身体各部位肌肉用力，从而导致后摆动作变形，出现塌腰，屈膝。

该阶段对上肢肩带肌肉力量要求较高，孙某肩部前移明显，三角肌力量不足。因此，针对三角肌可采用双手持哑铃上举、持哑铃飞鸟练习。后摆肩部松弛，可通过靠墙摆倒立、垫上摆倒立推手顶肩练习，发展肩部肌肉力量，提高肩部肌肉群的控制能力，体会肩关节的稳固作用；后摆塌腰应加强靠墙倒立练习，原地提倒立练习，积极立腰、收腹。

#### 4.4.4 摆成倒立技术诊断

后摆成倒立时，二级运动员孙某主要做功肌肉不集中，倒立位判断不准确，倒立静止时屈臂、髋关节调整次数较多，身体姿态控制差，手腕、前臂小肌肉群的调节不够。

后摆倒立位判断不准确以及倒立不稳定，应加强徒手倒立练习，体会身体各部位关节和肌肉的控制方法；低双杠摆倒立和控倒立练习，可以加强手腕和前臂肌群对身体的控制；根据训练情况，可在保护下体会完整动作，帮助在双杠上准确摆至倒立位。好的训练习惯是自身训练态度决定的，坚持做好每一个体操基本动作，端正训练态度才是解决姿态问题的关键。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

5.1.1 第一阶段前摆至最高点，两名运动员积分肌电与EMG最大值规律几乎相同，该阶段主要的发力肌肉为三角肌前束、三角肌中束和肘肌，说明这以上肌肉无论是整个前摆过程还是瞬时都发挥了很大的作用，此时三角肌和肘肌分别起到固定和支撑的作用。二级运动员孙某前摆时腹肌和竖脊肌放松，会出现屈髋、向前上的力不集中。

一级运动员卢某前摆高度较高，所获得势能大，后摆速度快。二级运动员孙某前摆时肩部过度后倾、屈髋，肩关节角度小，后摆速度慢。

5.1.2 第二阶段后摆时，通过积分肌电值和EMG最大值分析，三角肌、肘肌用力最为显著，且三角肌力量分配由三角肌前束过渡到三角肌中束，两名运动员在

论文随机验证编号：BT514191251928

瞬时 EMG 最大值上差异明显，二级运动员孙某屈臂时，肱二头肌和肱三头肌发力较大。一级运动员卢某三角肌除外，其他肌肉贡献率均低于 5%，这也充分表明技术娴熟的一级运动员动作更高效、省力。

后摆时，两名运动员均达到垂直位，但是两名运动员后摆角速度差别明显，二级运动员孙某髋关节角速度较大，后摆时身体姿态控制差。

5.1.3 第三阶段摆至双杠水平面时，以三角肌、肱桡肌、肘肌、斜方肌上束发力最为显著，肩部前移时前臂用力大，因此肱桡肌积分肌电值较大。两名运动员 EMG 最大值均超过 50% 的肌肉有斜方肌、三角肌、肱桡肌、肘肌，此时肩带肌群和前臂肌群起到主要作用。二级运动员孙某向后加速摆动时不能顶住肩，后摆动力不足，塌腰后摆。

两名运动员后摆时肩部都有前移，二级运动员孙某前移角度较大，后摆塌腰。两者各角速度参数近似，肩部前移，导致摆动重心降低，摆动半径变大，失去对摆动力度的准确把握，从而导致后摆塌腰、屈膝。

5.1.4 倒立静止时，一级运动员卢某肌肉贡献率与各肌肉 EMG 最大值规律一致，主要发力肌肉是三角肌前束和肱桡肌，二级运动员孙某主要做功肌肉不集中，倒立静止时手臂和髋关节调整次数较多，手腕、前臂肌肉群调节不够。

一级运动员卢某肩角充分打开，身体与杠面垂直，身体姿态控制好。二级运动员孙某身体姿态控制差，成倒立后调整次数多。两名运动员在后摆成倒立阶段，下肢各关节和肩关节角速度呈递减趋势。

## 5.2 建议

5.2.1 注重强化主要发力肌肉练习，支撑后摆手倒立三个阶段对三角肌和肱桡肌要求较高，因为无论在摆动过程中还是在倒立静止阶段，对肩关节控制要求较高。因此除了支撑摆动练习，也可以借助器械针对性练习，比如做俯卧撑可以发展三角肌前束肌肉力量，持哑铃上举或者做飞鸟练习可以有效提高三角肌中束力量，也可以在低双杠练习倒立，提高身体各部位肌肉协调、控制能力。

5.2.2 将三维摄像和表面肌电分析手段运用到教学训练中，针对初学者和动作不规范的学生进行测试分析，通过三维摄像手段发现各关节角度存在的问题，而表面肌电分析可以精确捕捉到肌肉发力的时间点，发现主要做功肌肉力量是否欠缺，从而予以更直观的分析 and 指导，提高教学训练效果。

论文随机验证编号：BT514191251928

### 5.3 本研究不足之处及后续研究建议

由于本人对该技术动作体会不深，测试所得数据与各阶段动作技术要领的结合度不足；本文所测一级运动员卢某已退役多年，训练强度和竞技水平均有所下降，因此在与二级运动员进行对比分析时部分数据差别不显著。

由于实验条件和本人研究能力的原因，各阶段主要做功肌肉放电顺序和手腕部位的控制没有进行研究和分析，希望今后对支撑后摆手倒立动作完成更系统、全面的分析研究。

## 致谢

本文是在本人导师金逵副教授的悉心指导下由本人独立完成。论文的选题、测试设计、论文的撰写等各个方面都倾注了金老师的心血。由衷感谢本论文评审组张予南教授、李吉副教授和丁冬云老师在论文开题和撰写过程提出的宝贵建议。正是因为评审组的支持，我才得以接触新的研究方法。特别感谢生物力学教研室曲峰教授对本测试的指导，感谢测试操作员侯金倩、马沐佳和陆星辰的协助，感谢测试者卢英杰、孙庆浩、周立余和闫小凡的倾情相助！

感谢体操教研室的所有老师，教研室严肃的作风和严谨的治学态度对我的成长影响深远，感谢在困难时给予我鼓励的同学们。无论身在何处，体操教研室都是我的骄傲！

## 参考文献

- [1]李世明. 运动技术诊断学的概论性研究[J]. 鲁东大学学报. 2010, 10(04):373-379
- [2]曲峰. 运动员表面肌电信号与分形[M]. 北京体育大学出版社. 2008, 08
- [3]沈在天. 竞技体操技术动作与教法[M]. 人民体育出版社. 1989, 08
- [4]刘志成. 竞技体操力学原理[M]. 人民体育出版社. 1987, 02
- [5]香玉. 双杠后摆手倒立的技术特点及辅助练习[J]. 内蒙古民族大学学报. 2012, 03(02):120-121
- [6]于建成, 王健, 徐冬青, 张薇, 史琳琳, 赵卫华. 不同类型手倒立动作的肌电变化特征分析[J]. 天津体育学院学报. 2006, 11(06):528-530
- [7]戴德正. 双杠后摆手倒立的技术分析及教法[J]. 山东体育科技. 1987(04):72-73
- [8]侯金倩. 体操单杠直角悬垂摆动屈伸上表面肌电特征分析[D]. 哈尔滨师范大学. 2016, 06
- [9]宋雅伟. 手倒立动作掌指分区的力学分析[J]. 北京体育大学学报. 2009, 03(03):119-122
- [10]逢锦枝. 不同运动形式双杠臂屈伸动作肌电特征分析[D]. 天津体育学院. 2009, 05
- [11]邹静, 李文寿. 吊环十字支撑动作的力学和肌电研究[J]. 中国体育科技. 1999, 09(09):36-39
- [12]钱竞光. 体操动作技术研究中的测量方法[J]. 南京体育学院学报. 2000, 09(03):08-11
- [13]岳卫亚, 钱竞光, 宋雅伟. 卡尔丹角及其在跳马侧空翻转体轨迹中的应用—人体三维转动研究的新方法[J]. 中国体育科技. 2009, 09(05):40-45
- [14]华立君, 宋吉锐. 排球运动员下肢肌力与肌电特征的相关研究[J]. 沈阳体育学院学报. 2007(04):68-71
- [15]陈固稳. 背向滑步推铅球的肌肉用力特征探讨[D]. 北京体育大学, 2009, 5
- [16]屈莎, 罗冬梅. 女性蹲起动作下肢动作特征和肌肉工作特征的增龄性分析[J]. 北京体育大学学报. 2015, 06(06):60-65+76
- [17]罗恒. 羽毛球腾空正手大力杀球动作的生物力学分析[D]. 西安体育学院. 2011, 05
- [18]冯超. 足球掷界外球技术动作的生物力学特征分析[D]. 北京体育大学. 2012, 5
- [19]苏扬, 任涛. 鞍马全旋动作上肢肌肉表面肌电特征的分析[J]. 武汉体育学院学报. 2014, 12(12):71-78
- [20]马凌波. 不同水平竞技健美操运动员完成 c467 和 c477 的技术诊断[D]. 北京体育大学. 2009, 05
- [21]崔爱博, 王凯, 秦晓金. 花样滑冰跳跃动作角速度的分析[J]. 冰雪运动. 2007. 04(02):29-31+42
- [22]王丹彤. 羽毛球正手扣杀技术的三维运动学研究[D]. 首都体育学院. 2015, 05
- [23]孙亦光, 盘龙根. 竞技体操基本动作的力学原理与教法[M]. 人民体育出版社. 2000, 06
- [24]运动生物力学编写组. 运动生物力学[M]. 北京体育大学出版社. 2015, 05
- [25]曲峰. 运动员表面肌电信号与分形[M]. 北京体育大学出版社. 2008, 08

- [26]李玉章. 表面肌电在体育中的应用[M]. 复旦大学出版社. 2015, 05

## 附录

### 附录 1 专家访谈提纲

- 1、从技术角度分析，您认为支撑后摆手倒立可分为哪几个部分？（技术特点、动作结构等）
- 2、支撑后摆手倒立前摆阶段的技术特点和易犯错误有哪些？
- 3、支撑后摆手倒立在后摆阶段的技术要领和易犯错误有哪些？
- 4、后摆成倒立时，身体的哪些部位参与保持平衡的控制？（控制方法、起主要控制作用的部位和肌肉、与后摆技术结合等）
- 5、根据解剖学理论知识，支撑后摆手倒立动作阶段该如何划分？
- 6、不同运动阶段，练习者的身体姿态和运动轨迹如何？



附录 2 第一阶段前摆至最高卢某点各关节角度原始数据

时间帧数	左上臂屈伸角	右上臂屈伸角	左肘关节屈伸角	右肘关节屈伸角
7	13.28343086	2.703469668	97.04417353	109.6049029
8	10.4309146	3.547052558	94.52459602	106.0483352
9	7.500359085	4.864009151	91.78800971	102.5195259
10	3.824795593	6.761107432	89.55216994	99.0689372
11	1.781744346	9.855953542	88.21629019	95.718491
12	7.87445689	14.06718868	87.65139587	92.61366806
13	14.24086315	18.46039031	87.21494652	89.73613826
14	20.32649046	26.60895414	87.61663297	87.21266764
15	26.99187591	31.71184566	89.46999542	85.58391958
16	34.69965735	37.87720528	91.19060684	85.11813563
17	42.8679701	44.43144977	91.66873345	85.06931712
18	50.51764715	50.40459029	91.20081009	84.57570221
19	57.17781869	55.18725288	90.69068899	83.75655727
20	62.73390503	59.03791027	90.81610856	83.22667747
21	72.06576161	67.33463178	91.75930698	84.40019976
22	81.0890921	77.89532636	92.79711701	85.91260971
23	85.73905375	82.81110968	92.49402565	87.00264518
24	90.84120125	91.12741388	92.83030283	88.22219858
25	95.69314065	95.58206999	93.36610203	89.07911677
26	104.2320982	106.3676876	94.542225	90.51073305
27	109.5467214	110.9471318	96.67582581	92.90284054
28	114.4633601	114.3838176	98.75722111	95.85136473
29	117.5826626	116.9272609	99.71325332	98.59957481
30	118.9233694	118.2495866	99.55540693	100.876751
31	119.4956569	117.8649645	99.18095376	102.7491342
32	119.8678817	115.8674987	99.19056533	103.8955842

附录 3 第二阶段后摆至双杠垂面孙某各关节角速度原始数据

左肩屈伸角速度(°/s)	右肩屈伸角速度(°/s)	左肘关节屈伸角速度(°/s)	右肘关节屈伸角速度(°/s)
-52.03305144	-19.32137567	-157.9118794	-175.2487435
-148.7942789	72.75502798	-164.3698156	-150.4564396
-55.49674336	125.3813605	-176.4226181	-166.7001711
129.8785886	151.67044	-83.8950881	-217.9936852
269.4012678	136.4082415	29.25957662	-154.0183664
249.8409194	118.3919897	-9.858994288	-172.3090684
138.8528136	157.6442434	-128.5867362	-221.961139
80.34565744	212.6304371	-176.3045807	-215.4039954
127.5847741	228.3424547	-101.0619095	-155.8449274
198.3991689	204.0162685	-10.15916156	-108.6863818
203.4952475	172.6938352	2.99139298	-104.4167044
171.5859859	165.3277625	-22.56425741	-109.5987172
159.1047346	172.8883894	-28.0675042	-101.3711555
164.2218427	168.5649665	-10.95034479	-67.38851363
158.3810731	137.9094649	1.439887196	-41.04385319
141.8263411	107.5124011	4.130015929	-51.61537569
131.0072024	101.4873662	-3.579217833	-56.57780554
123.3380132	113.9435457	-12.58236601	-65.33682321
96.3943872	108.3764304	-20.09144022	-80.2974952
55.38938268	81.94176102	-23.55193087	-62.1450613
20.28155534	51.07409008	-28.81658591	-26.03039208

附录 4 各阶段肌肉贡献率

肌肉贡献率	斜方肌上束	三角肌前束	三角肌中束	三角肌后束	肱二头肌
第一阶段 孙某	0.72%	27.20%	8.03%	7.00%	9.27%
卢某	0.49%	49.51%	7.81%	1.72%	5.68%
第二阶段 孙某	4.26%	35.06%	9.51%	7.23%	15.40%
卢某	3.51%	41.10%	15.77%	8.09%	1.46%
第三阶段 孙某	4.56%	23.70%	9.79%	6.15%	3.73%
卢某	6.58%	38.56%	16.26%	14.88%	1.29%
静止阶段 孙某	9.47%	24.15%	11.65%	8.76%	1.89%
卢某	3.55%	54.20%	10.02%	3.31%	0.80%

附录 5 各阶段积分肌电

积分肌电	斜方肌上束	三角肌前束	三角肌中束	三角肌后束	肱二头肌
第一阶段孙某	0.02	0.56	0.42	0.10	0.21
卢某	0.02	0.88	1.08	0.03	0.11
第二阶段孙某	0.08	0.93	0.92	0.18	0.30
卢某	0.10	0.61	1.46	0.12	0.01
第三阶段孙某	0.09	0.21	0.48	0.11	0.04
卢某	0.11	0.35	0.88	0.10	0.01
静止阶段孙某	0.23	0.49	1.78	0.37	0.08
卢某	0.22	1.18	1.59	0.14	0.03

附录 6 各阶段 EMG 最大值

EMG 最大值	斜方肌上束	三角肌前束	三角肌中束	三角肌后束	肱二头肌
第一阶段 孙某	0.17	6.30	1.86	1.62	2.15
卢某	0.15	14.95	2.36	0.52	1.71
第二阶段 孙某	0.91	7.50	2.03	1.55	3.29
卢某	0.75	8.73	3.35	1.72	0.31
第三阶段 孙某	1.38	7.16	2.96	1.86	1.13
卢某	1.06	6.21	2.62	2.40	0.21
静止阶段 孙某	2.78	7.09	3.42	2.57	0.56
卢某	0.27	4.16	0.77	0.25	0.06

## 个人简历 在读期间发表的学术论文与研究成果

### 个人简历:

权俊超, 男, 1990 年 8 月出生。

2014 年 6 月, 毕业于哈尔滨师范大学体育科学学院体育教育专业, 获学士学位。

2015 年 9 月, 考取北京体育大学教育学院, 攻读硕士学位。

### 在读期间发表论文:

权俊超.影响运动员食物选择因素的审视研究[J].当代体育科技.2017.11(32):240-241