

• 体育教育训练学 •

## 赛艇运动员拉桨技术运动学特征及其相关肌肉 sEMG 分析

陈庆杰, 吴瑛, 伍颢

(上海体育学院 体育教育训练学院, 上海 200438)

**摘要** 通过表面肌电和高速摄像同步测试方法,揭示我国优秀赛艇运动员拉桨技术环节肌肉用力特征及其相应的运动学变化。结果显示:1)赛艇运动员拉桨时间为0.8 s,拉桨至与艇垂直时间占拉桨阶段的70%;2)拉桨环节肌肉活动顺序为股四头肌内侧面、股直肌、腓肠肌、背阔肌、肱二头肌、腹直肌;3)肌肉做功百分比大小顺序为肱二头肌>股四头肌内侧面>背阔肌>股直肌>腓肠肌>腹直肌,aEMG值为背阔肌>股四头肌内侧面>腓肠肌>肱二头肌>股直肌>腹直肌。提示:运动员拉桨前阶段占有较大的比重;背阔肌、股四头肌内侧面、肱二头肌在拉桨阶段起着重要的作用;运动员除躯干打开稍早外,技术动作比较规范稳定,肌肉用力协调。

**关键词** 赛艇运动员;拉桨技术;肌肉活动顺序;运动学特征;sEMG

中图分类号 G808 文献标志码 A

文章编号 1000-5498(2012)05-0081-05

**Analysis of Kinematics Features and the Relative Muscle sEMG of Drive Technique for a Rowing Racer** // CHEN Qingjie, WU Ying, WU Xie

**Abstract** The paper analyzes the kinematics features and the relative muscle sEMG in the phase of drive technique in rowing for the Chinese excellent rowing athlete. The results show that 1. It costs the athlete 0.8 second to drive and it covers 70% of the time to drive to be vertical with the boat. 2. The muscle activity sequence in drive are quadriceps femoris → rectus femoris → gastrocnemius → latissimus dorsi → biceps brachii → rectus abdominis. 3. The muscle load percentage are biceps brachii > quadriceps femoris > latissimus dorsi > rectus femoris > gastrocnemius > restus abdominis. aEMG results are latissimus dorsi > quadriceps femoris > gastrocnemius > biceps brachii > rectus femoris > rectus abdominis. The study implies a bigger percentage in the former phase of drive. At the same time, latissimus dorsi,

收稿日期:2012-03-10;修回日期:2012-05-23

基金项目:上海市科委重点科研项目(08490512900);上海市教委重点学科(第5期)建设资助项目(J51001)

第一作者简介:陈庆杰(1979-),男,山东临沂人,上海体育学院博士研究生,临沂大学讲师;Tel:15653993999, E-mail:cqj1516@163.com

通信作者简介:吴瑛(1957-),男,山东蓬莱人,上海体育学院教授,博士,博士生导师;Tel:(021)51253140, E-mail:wuying@sus.edu.cn

quadriceps femoris and biceps brachii play important roles in driving. Finally, the movements and muscles of the rowing racer are in coordination except for a slight open of his trunk.

**Key words** rowing racer; drive technique; muscle activity sequence; kinematics feature; sEMG

**Author's address** School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

赛艇是奥运会最传统的水上比赛项目之一,我国该项目在亚洲有一定的优势,在奥运会上也有不错的表现,但与欧美强队相比,仍有一定的差距,尤其是男子赛艇运动员与欧美国家运动员差距更为明显。有学者认为,缺乏对赛艇技术的深入理解和有效的技术训练手段,是当前我国赛艇训练实践中存在的主要问题<sup>[1]</sup>。

对于赛艇运动的研究,大部分集中在动力学和流体力学<sup>[2-4]</sup>以及划、回桨技术分析<sup>[5-8]</sup>等方面。这些研究对于了解赛艇运动的力学机制及制订技术指标的评价体系提供了重要参考依据;然而,对运动训练的实践而言,技术分析研究中所涉及的一些技术风格<sup>[9]</sup>和运动员之前的比较<sup>[5]</sup>仍不能为技术训练提供全面的指导。如果能深入地理解专项技术过程中相关肌肉的用力大小和协调方式,将为专项技术训练方案的制订提供可靠的理论支持。

目前采用表面肌电技术(sEMG)测量和分析人体运动肌肉的工作方式已被广泛应用。运用表面肌电技术对赛艇运动的研究,主要是集中在通过分析sEMG判断肌肉激活顺序、活动时长以及肌肉的协调性<sup>[10-12]</sup>等。这些研究对赛艇运动员力量训练技术的完善提供了理论支持,但以上研究仅限于运动员在测功仪上的测试,对赛艇运动员在水上进行测试的研究很少,尤其是缺乏运用运动学与肌电同步的方法测试赛艇运动员的水上拉桨技术。

本文运用遥测肌电测试法并结合运动学影像解析,对赛艇运动员拉桨环节的主要用力肌肉及其用力顺序、用力范围和主要用力肌肉之间的协调关系等进行研究,为赛艇运动员及教练员提供拉桨环节的技术支持。

### 1 研究对象与方法

#### 1.1 研究对象

我国6名优秀男子单人双桨赛艇运动员,运动等级为国家健将,年龄为(23±3)岁,身高为(192±2)cm,体重为(90.8±6.6)kg。

#### 1.2 实验方法

##### 1.2.1 测试仪器

2台SONY HDV高速摄像机(型号为HDR-FX1E),拍摄

频率为 25 帧/s (分场解析时频率为 50 Hz), 德国生产 Biovision16 导多功能肌电测量仪, 采样频率为 1 000 Hz。

### 1.2.2 测试肌肉

根据赛艇拉桨技术中关节活动形式以及肌肉的活动状态, 通过查阅资料、走访专家及教练员, 在本文中主要对腓肠肌、股直肌、股四头肌内侧头、背阔肌、腹直肌、肱二头肌进行测试。

### 1.2.3 实验步骤

用 2 台 SONY HDV 摄像机对赛艇技术中的拉桨环节进行定点、定焦平面拍摄: 一台摄像机摆放位置距拍摄水道 50 m, 摄像机的主光轴与运动平面垂直, 取景范围为 11 m, 摄像机镜头高度与摄影动作中心等高; 另一台摄像机距第 1 台摄像机水平距离 10 m 以同样方式摆放, 取景范围为 11 m, 取景范围与第 1 台交叉 3 m。要求受试者以与赛艇比赛相同的途中划速度 (34 桨/min) 划过拍摄中心点 (图 1)。利用德国产 SIMI<sup>®</sup> Motion 分析系统对所采集的运动学影像进行按场解析 (频率为 50 Hz), 得出各关节相关数据。通过角度计获取肘关节相关数据, 运动员各关节角度如图 2 所示。

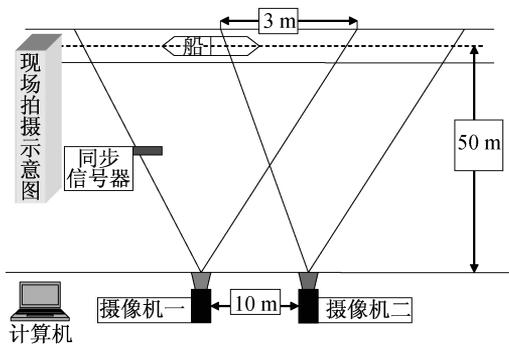


图 1 现场拍摄场地示意  
Figure 1. Shooting Scene

测试前, 先让受试者进行简单的热身运动, 采用 Biovision 多功能运动生物电测量与分析系统 (1000 Hz, Biovision Inc., Wehrheim, Germany) 采集 sEMG 数据。LT-301 型 Ag/AgCl

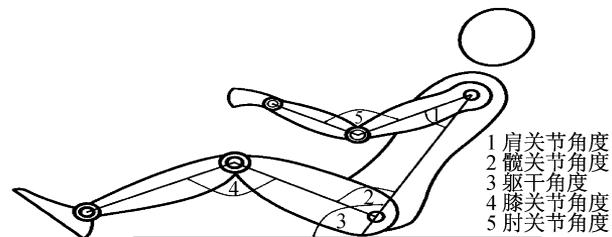


图 2 赛艇运动员各关节角度示意  
Figure 2. Joint Angle of Athlete

表面电极分别置于股直肌、股四头肌内侧头、腓肠肌、背阔肌、肱二头肌、腹直肌的肌腹部, 参考电极置于膝关节外上髁。由于拉桨技术环节肘关节角度不是在平面中变化的, 运用平面解析误差较大, 运用三维拍摄很难实现。为了更准确地测得肘关节角度, 在肘关节处加上角度计, 获得肘关节相关数据。测量过程中采用无线脉冲信号对角度计等进行外同步。在同步测试前对所测肌肉的 MVC 进行采集。应用 DasyLab10.0 对原始肌电信号进行带通滤波 (10~400 Hz)、整流, 获得肌电原始相关数据。

### 1.2.4 数据处理

得出的相关原始数据, 通过低通滤波法对其进行平滑处理, 截断频率为 8 Hz。对肌电原始数据进行处理, 得到包络线, 通过观察包络线的变化判断肌肉活动时序。计算拉桨环节各肌肉活动积分肌电 (IEMG) 和平均振幅 (aEMG), 以此说明肌肉运动单位募集情况。运用 Excel 2003 和 origin 7.0 对所获数据进行运算和制图。

## 2 研究结果

拉桨是船前进的主要动力环节, 拉桨动作包括转桨入水、蹬腿、躯干后倒、手拉桨、按桨、转桨出水阶段。在此我们把拉桨动作时相重新简单划分, 分为拉桨前阶段和拉桨后阶段。拉桨前阶段为拉桨入水开始至桨与舟艇垂直前阶段, 拉桨后阶段为拉桨与舟艇垂直后至拉桨出水阶段<sup>[1,5]</sup>。从表 1 可见, 赛艇运动员拉桨时间为 0.8 s, 拉桨至桨与舟艇垂直即拉桨前阶段的时间为 0.56 s。

表 1 赛艇运动员拉桨环节时间特征

Table 1 Time Characteristic of Athlete's Drive Technique of Rowing

类别	蔡××	安××	王××	龙××	何××	朱××	平均值±标准差
t/s	0.80	0.80	0.84	0.72	0.83	0.81	0.80±0.042
t <sub>1</sub> /s	0.58	0.61	0.48	0.54	0.58	0.57	0.56±0.045
(t <sub>1</sub> /t)/%	73.00	76.00	57.00	75.00	70.00	70.00	70.00±6.900

注: t 为拉桨总时间, t<sub>1</sub> 为拉桨至桨与舟艇垂直时间。

赛艇运动员拉桨开始与结束姿势的差异决定了拉桨技术是否规范, 运动员的身体姿态可以通过关节角度以及各关节的活动范围反映。从表 2 可见我国优秀男子赛艇单人双桨运动员拉桨各时刻身体姿态、拉桨开始和结束时刻, 拉桨至桨与艇垂直时刻, 肩关节、膝关节、髋关节、肘关节和躯干角度的情况以及拉桨阶段各关节角度活动的范围。

赛艇运动员拉桨阶段所测肌肉原始肌电图如图 3 所示, 观察发现, 运动员划桨周期明显, 拉桨阶段各肌肉肌电的基线平滑干净, 所测肌肉均出现明显的肌电信号且肌电信号协调有

序, 表明拉桨阶段肌肉有明显的收缩活动。

积分肌电 (IEMG) 是指肌肉在活动时间内肌电信号的面积。平均振幅 (aEMG) 是指积分肌电值与其时间的比值<sup>[13]</sup>。为了比较计算的需要, 本文对所测的每块肌肉平均振幅进行了标准化处理, 即各肌肉拉桨环节的平均振幅与其 MVC 的平均振幅的比值。计算所测肌肉做功百分比 (指在完成某一动作时一定时间内某一块肌肉的 IEMG 值占参与该动作中所测全部肌肉 IEMG 值总和的百分比<sup>[14]</sup>), 用于反映某块肌肉在完成动作中的相对比重或者重要性。

表 2 赛艇运动员拉桨环节身体各关节起止角度及最大角速度( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 2 Joint Angle and Angular Velocity of Athlete's Drive Technique of Rowing

类别	肩关节	膝关节	髋关节	肘关节	躯干
A	70.2 ± 7.5	46.7 ± 12.0	21.7 ± 3.9	178.2 ± 1.7	74.2 ± 5.1
B	-9.1 ± 7.6	164.1 ± 6.9	107.8 ± 5.2	85.9 ± 11.7	105.9 ± 3.8
C	43.3 ± 7.1	133.7 ± 13.4	79.6 ± 6.2	133.0 ± 27.9	94.7 ± 3.1
D	79.4 ± 8.0	117.4 ± 10.8	86.1 ± 5.7	91.4 ± 9.6	31.7 ± 4.9

注:A 为拉桨开始时刻的角度/(°),B 为拉桨结束时刻的角度/(°),C 为拉桨至桨与舟艇垂直时刻的角度/(°),D 为各关节角度活动范围/(°)/s。

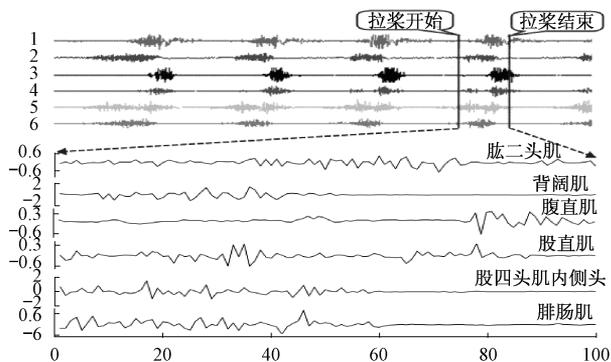


图 3 赛艇运动员拉桨阶段所测肌肉原始肌电图  
Figure 3. The Original EMG of Athlete's Muscle

拉桨技术环节所测肌肉做功百分比如图 4 所示。肌肉做功百分比大小次序为:肱二头肌 > 股四头肌内侧头 > 背阔肌 > 股直肌 > 腓肠肌 > 腹直肌。aEMG 值计算结果为:背阔肌 > 股四头肌内侧头 > 腓肠肌 > 肱二头肌 > 股直肌 > 腹直肌(图 5)。

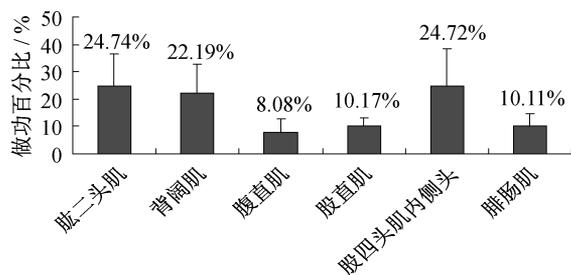


图 4 赛艇运动员拉桨技术环节肌肉做功百分比  
Figure 4. Athlete's Muscle Load Percentage of Drive Technique of Rowing

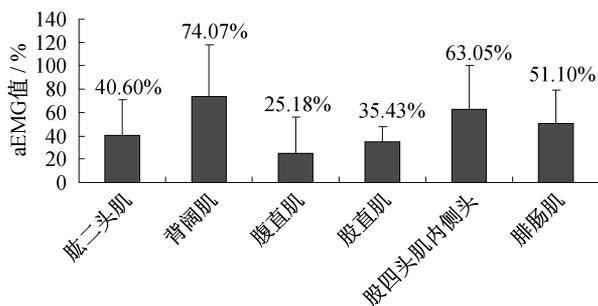


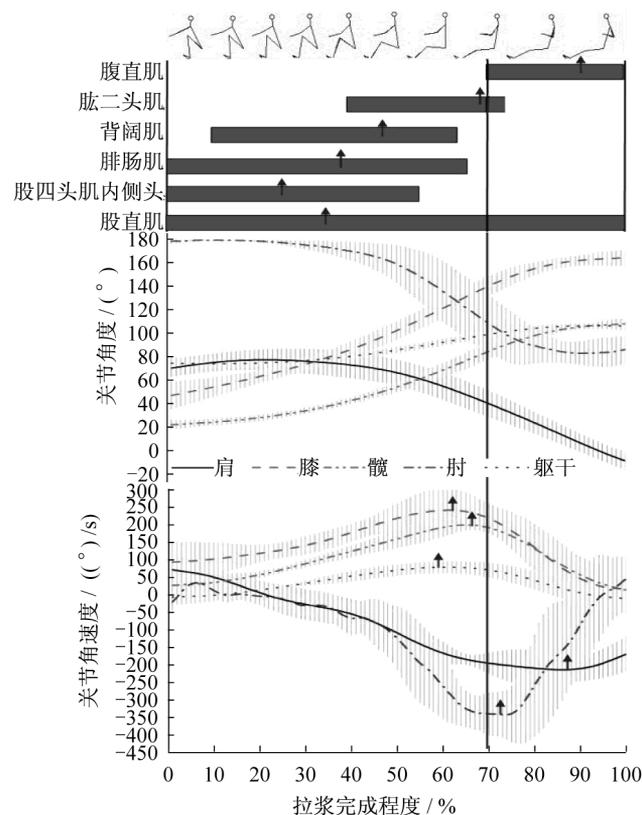
图 5 赛艇运动员拉桨技术环节 aEMG 值  
Figure 5. Athlete's aEMG of Drive Technique of Rowing

从图 6 可见拉桨技术环节肌肉活动顺序。赛艇拉桨技术环节肌肉活动顺序是由下肢躯干到上肢依次活动,股直肌、股

四头肌内侧头、腓肠肌在拉桨开始瞬间同时被最先激活,然后依次被激活的是背阔肌、肱二头肌、腹直肌。肌肉失活的顺序分别是股四头肌内侧头、背阔肌、腓肠肌、肱二头肌、股直肌、腹直肌。肌肉达到峰值的顺序为股四头肌内侧头、股直肌、腓肠肌、背阔肌、肱二头肌、腹直肌。

在拉桨技术环节,膝关节与髋关节角度变化呈接近平行的 2 条曲线。在拉桨开始(0%~30%)时关节角度变化均不明显,30% 后角度迅速变大,肘关节和肩关节角度在拉桨开始(0%~50%)变化不明显,在拉桨过半(50%~80%)开始迅速变小,而躯干角度一直处于平稳变大状态,拉桨至 80% 以后,除肩关节角以外,其他关节角度基本平稳。

在拉桨技术环节,膝、髋、躯干角速度在拉桨前阶段均先后达到了最大值,而肘关节和肩关节角速度在拉桨后阶段达到最大值,各个关节角速度达到最大值的顺序是躯干、膝关节、髋关节、肘关节、肩关节。



注:竖线代表拉桨至桨与舟艇垂直,↑代表峰值。

图 6 赛艇运动员拉桨技术环节肌肉活动、关节角度及角速度( $n=6$ )  
Figure 6. Athlete's Muscle Activity, Joint Angle and Angular Velocity of Drive Technique of Rowing

### 3 分析与讨论

#### 3.1 赛艇运动员拉桨环节运动学特征

从拉桨时间看,我国优秀单人双桨赛艇运动员拉桨阶段时间均为 0.8 s。拉桨开始至桨与舟艇垂直时的时间平均为 0.56 s,占拉桨全过程的 70%,拉桨后阶段占 30%,拉桨技术前阶段占很大的比重(表 1)。从角速度峰值看,优秀单人双桨赛艇运动员拉桨阶段,躯干、膝关节、髋关节角速度峰值均出现在拉桨前阶段,肘关节角速度峰值出现在拉桨前阶段与后阶段的临界位置,只有肩关节角速度峰值出现在拉桨后阶段,拉桨前阶段比拉桨后阶段所占比重更大(图 6)。

根据前人的研究结果<sup>[15-17]</sup>,单人双桨赛艇运动员在拉桨环节,桨入水时刻膝关节角为 40°左右,髋关节为 20°左右,躯干角为 110°左右;桨出水时刻膝关节角为 160°左右,髋关节角为 120°左右,躯干角为 70°左右。从表 2 可见,我国优秀单人双桨赛艇运动员拉桨开始阶段,拉桨至桨与艇垂直时刻以及拉桨结束时刻各关节角度,与前人的研究结果基本一致。

另外,结合表 2 和图 6,在整个拉桨过程中,运动员的身体姿态基本稳定,只有拉桨开始时膝关节角度差异性较大,拉桨至桨与舟艇垂直时膝关节与肘关节角度的差异性较明显,拉桨结束各关节角度差异性不大。拉桨开始动作是由运动员回桨结束后滑座回位以及身体的前倾引起的。拉桨至桨与舟艇垂直时膝关节与肘关节角度有较大差异,是由运动员技术风格以及上下肢力量决定的。下肢力量大的运动员膝关节蹬伸快,下肢力量小的运动员下肢蹬伸慢,下肢传递给上肢的力量小,这样上肢就要主动发力,肘关节角度变化较早,造成膝关节与肘关节角度有差异。在一个划桨周期内的拉桨阶段,运动员膝关节活动范围最大,躯干的活动范围最小。从表 2 可以看出,躯干的活动范围差异最大,运动员拉桨开始入水时身体姿态差异不大;然而,出水时各关节角度有较大差异,可以认为躯干关节活动范围差异主要是由运动员身体打开是否充分引起的。

#### 3.2 赛艇运动员拉桨环节肌肉工作特点

##### 3.2.1 用力肌肉

目前对表面肌电信号的分析主要集中在时域和频域。时域是将肌电信号看作时间的函数,其中时域分析主要包括 sEMG 信号的振幅、积分肌电值和均方根值。信号分析的目的在于通过研究 sEMG 信号的时频特征与肌肉结构特征、活动状态以及功能状态之间的关联性,探讨 sEMG 信号变化能有效反映肌肉结构特征、活动状态及功能状态<sup>[17-19]</sup>。

拉桨技术环节不同肌肉间的做功百分比存在差异,在所测肌肉中,背阔肌、股四头肌内侧头和肱二头肌在拉桨阶段起着尤为重要的作用,教练员应根据此特点有针对性地对运动员进行专项力量训练。这 3 块肌肉涵盖着上肢、躯干及下肢肌肉,进一步说明赛艇是全身肌肉协调用力配合完成的运动项目,所以教练员在注意重点肌肉训练的同时,应进行相应的肌肉协调性训练。

##### 3.2.2 肌肉活动顺序

赛艇运动是一项周期性运动项目,运动员必须具备良好的肌肉协调性,才能更好地完成技术动作。拉桨是赛艇完整技术动作周期中的动力阶段,是技术的关键<sup>[15]</sup>。同样,拉桨也是肌

肉相互协调用力配合完成的技术动作,必须具备肌肉协调用力的顺序,运动员才能更有实效地完成技术。

从关节角速度及速度看,在拉桨过程中动作是连续、协调、平稳的,没有突然加力或泄力现象,这样保证了桨对水的持续作用力。通过研究关节角速度发现,膝关节和髋关节角度及角速度变化曲线趋于一致,在角速度达到峰值前 2 个关节角速度曲线近乎平行,躯干角速度变化曲线在膝和髋关节角速度达到峰值前很稳定。拉桨技术环节要求运动员开始阶段腿部及时向斜后上方蹬伸,上体自然向船头打开,要赶上蹬腿速度,但避免躯干过早打开。从角速度变化曲线看,各个关节角速度达到最大值的顺序是躯干、膝关节、髋关节、肘关节、肩关节。躯干角速度峰值稍稍早于膝关节和髋关节,这说明运动员拉桨过程躯干打开稍早,下肢及躯干紧密结合的技术不够完美。

在桨柄运动到与船体垂直时,要求手臂积极屈臂牵拉上体继续向船首运动。从图 6 可以看出,在桨柄运动到与船体垂直后,有肱二头肌、腹直肌用力达到峰值,肱二头肌使肘关节屈,腹直肌控制躯干打开。从角速度与角度曲线看,肘关节与肩关节角速度峰值均出现在桨柄运动到与船体垂直后,肩关节和肘关节角度在桨柄运动到与船体垂直后持续迅速变小,即肘关节和肩关节角度在拉桨过半(50%~80%)后开始迅速变小,躯干角持续增大。这表明肩和肘关节能使上肢短时间内做出快速后拉动作以克服拉桨阻力,进而使双臂保持稳定的积极后拉。

从图 6 可知,附着在各关节的肌肉峰值出现时,各关节角变化很小,各关节角速度不是最大值,肌肉的峰值都在各关节角速度峰值之前出现。这充分说明各关节角速度最大时刻和各关节变化快的阶段并不是肌肉最用力阶段,这也再次证明拉桨前阶段尤为重要。拉桨前阶段是下肢和躯干主要发力阶段,所以在进行拉桨阶段力量训练时,应注重拉桨开始阶段以及下肢与躯干的肌肉力量训练。

研究发现,首先被激活的肌肉分别是股直肌、股四头肌内侧头、腓肠肌,然后,依次被激活的是背阔肌、肱二头肌、腹直肌。肌肉失活的顺序分别是股四头肌内侧头、背阔肌、腓肠肌、肱二头肌、股直肌、腹直肌。在拉桨至桨与舟艇垂直时,下肢肌肉基本失活,腹直肌被激活。拉桨开始时刻首先被激活的肌肉中,主要包括下肢和躯干的肌肉,这验证了拉桨过程中下肢的蹬伸与上肢的后倒紧密结合的观点。拉桨至桨与舟艇垂直后主要是腹直肌和股直肌参与运动。在拉桨环节运动过程中,无论从激活顺序还是肌肉用力达到峰值的先后顺序看,所测肌肉活动顺序是从下肢再到躯干到上肢激活或失活。

从拉桨动作的技术结构看,最先被激活的肌肉是股直肌、股四头肌内侧头、腓肠肌,这些被预先激活的都是下肢肌肉。赛艇拉桨开始的瞬间要求两脚用力蹬住脚踏板,两腿向后上方用力,这样就要求下肢用力,所以下肢肌肉先被激活。随着拉桨开始,上体由前倾状态逐渐向船首打开,以赶超蹬腿速度,这时伴随着躯干的后倒、躯干肌肉背阔肌被激活。随着上体向艇首运动,手臂的积极屈曲牵拉逐渐加强,上肢肱二头肌被激活,当桨柄运动接近于艇体垂直位置时,下肢和躯干肌肉基本失活,因为蹬腿和后倒动作结束。上体和两臂保持稳定的积极牵拉状态,这时肱二头肌保持持续发力,腹直肌随之被激活。股

直肌发力贯穿动作的始终,股直肌开始配合蹬腿的动作,蹬腿结束时股直肌与腹直肌控制上体不完全倒下。

另外,拉桨至桨与艇体垂直后只有腹直肌、股直肌继续用力,拉桨至桨与艇体垂直后下肢和躯干肌基本失活。这充分证明了在整个拉桨技术过程中,下肢和躯干的肌肉活动时间次序趋于一致。腿的蹬伸要与上体的后倒密切结合,腿部发力的瞬间,腿的蹬力迅速传到躯干,肌肉力量经过传递,手借助腿和躯干用力的惯性加速屈臂,完成拉桨。因此,所测肌肉活动顺序符合赛艇拉桨技术的动作特征,运动员拉桨过程中肌肉高度协调,完成了“力的有序传递”。运动员在拉桨过程中有较好的肌肉协调性和拉桨技术。教练员在赛艇专项力量训练中无论采取哪种练习手段,一定要考虑与赛艇专项运动的用力顺序相吻合。在运动员进行相关专项力量训练时,必须充分考虑肌肉用力顺序。

#### 4 结论与建议

##### 4.1 结论

在优秀男子赛艇单人双桨运动员拉桨环节,拉桨前阶段占很大的比重。我国运动员拉桨技术动作较为稳定。

运动员的背阔肌、股四头肌内侧头、肱二头肌在拉桨阶段起着重要的作用。

无论从激活顺序还是肌肉用力达到峰值的顺序来看,所测肌肉是从下肢到躯干再到上肢的活动顺序。

我国优秀赛艇单人双桨运动员在拉桨阶段除躯干打开稍早外,技术动作比较规范,肌肉协调,用力合理。

##### 4.2 建议

运动员在训练中应多注意肌肉协调性的练习,尤其是拉桨前阶段的身体肌肉练习。

在赛艇训练中,运动员应注重背阔肌、股四头肌内侧头和肱二头肌的力量训练。

在赛艇专项力量训练中,要与赛艇专项运动的用力顺序相吻合。在进行相关专项力量练习时,如果运动员存在技术问题,应充分考虑肌肉的用力顺序。

在技术方面,运动员拉桨时应避免上体躯干过早打开。

#### 参考文献

- [1] 陈小平. 中国赛艇训练关键问题研究[J]. 体育科学, 2011, 31(1): 56-62
- [2] 吴昊, 黄晓平, 路花丽. 优秀赛艇运动员有氧能力的再认识与实践[J]. 西安体育学院学报, 2005(4): 70-72
- [3] 宋应华. 赛艇运动员专项训练准备期和比赛后免疫机能的研究[J]. 西安体育学院学报, 2010(4): 460-462
- [4] 欧阳波, 王培勇, 沈杜, 等. 赛艇训练多参数遥测系统的研制[J]. 西安体育学院学报, 2005(4): 78-79
- [5] 杨银儿, 潘慧炬, 应春意, 等. 国内、外女子赛艇单人双桨划桨技术比较研究[J]. 中国体育科技, 2007, 43(4): 126-128
- [6] 任喜平, 潘慧炬. 优秀女子赛艇运动员划桨动作的运动学特征研究[J]. 中国体育科技, 2009, 45(1): 98-101
- [7] 梁海丹, 潘慧炬, 应春意, 等. 国内外优秀静水单人划艇运动员的划桨技术比较[J]. 山东体育学院学报, 2009, 25(12): 66-68
- [8] 周秀华. 赛艇回桨技术的分析与训练[J]. 湖北体育科技, 2004(4): 203-206
- [9] 李辉. 对赛艇两种划桨技术风格的比较分析[J]. 安徽体育科技, 2004(3): 36-39
- [10] 李圆圆. 对高水平赛艇运动员拉桨技术的神经—肌肉支配特征研究: 以 ConceptII 赛艇测功仪上的动作为例[D]. 上海: 上海体育学院体育教育训练学院, 2010: 13
- [11] 刘建红, 王奎, 周志宏, 等. 赛艇运动员递增负荷运动中股直肌、肱二头肌和背阔肌积分肌电定量分析[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(4): 473-474
- [12] Winter D A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement[M]. New York: John Wiley, 2009: 13-17
- [13] 王健. sEMG 信号分析及其应用研究进展[J]. 体育科学, 2000, 20(4): 57-60
- [14] 郭峰, 张日辉. 优秀女子拳击运动员后手直拳技术动作上肢肌肉表面肌电分析[J]. 沈阳体育学院学报, 2009, 28(4): 65-68
- [15] 国家体育总局. 中国体育教练员岗位培训教材[M]. 北京: 人民体育出版社, 1999: 71-72
- [16] Hartmann U, Wasser K. Peak Force, Velocity and Power during Five and Ten Maximal Rowing Ergometer Strokes by Female and Male Rowers[J]. Int J Sport Med, 1993, 14: 42-45
- [17] 罗炯, 金季春. 表面肌电的处理方法及在体育科研中的应用前景[J]. 山东体育学院学报, 2005, 21(2): 56-59
- [18] 孙有平. 基于 sEMG 的男子旋转推铅球运动员单支撑阶段肌肉用力特征研究[J]. 体育科学, 2010, 30(1): 44-50
- [19] 刘述芝, 吴瑛. 我国部分优秀男子跳远运动员起跳环节肌肉用力特征[J]. 上海体育学院学报, 2010, 35(2): 61-65