

手枪速射不同站位上肢运动学与肌电差异

——基于我国优秀运动员的个案研究

贾克涛¹, 武文强¹, 金波², 毛松华², 崔雨¹, 耿正洋¹

(1. 北京体育大学 中国田径运动学院, 100084 北京;
2. 国家体育总局 射击射箭运动管理中心, 100144 北京)

摘要: 目的: 探究我国优秀手枪速射运动员不同站位转体横向运枪过程中上肢运动学与肌电差异。方法: 采用 Qualisys 红外光点捕捉系统和 Delsys 无线肌电测试系统, 对运动员不同站位时间节奏、上肢关节角度、肌肉做功等进行分析。结果: ①运动员资格赛站位弹着密度 (129.54 mm) 小于决赛站位 (137.15 mm 和 214.65 mm); ②运动员决赛站位第1靶击发时间 (均为 1.50 s) 短于资格赛站位 (1.57 s), 各分段时间节奏对成绩影响不明显; ③各站位上肢转动均由肩关节主导, 躯干转动起统筹作用, 资格赛站位躯干转动 (3.14°) 大于决赛站位 (3.02° 和 3.00°), 上肢转动到位准确率更高, 枪口指向和腕关节变化更小; ④运动员决赛站位三角肌做功与资格赛站位差异显著 ($P < 0.05$), 各肌群协调用力一致性较差, 决赛2号位肌肉做功贡献率变化较大, 肌肉做功稳定性相对较差。结论: 运动员资格赛站位射击成绩稳定性好, 决赛站位还需加强各分段时间节奏的一致性, 增加躯干转动幅度, 提高肌肉用力的稳定性。

关键词: 手枪速射; 运动学; 站位; 肌电; 射击

中图分类号: G871.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2022) 04-0070-08

在射击项目中, 男子 25 m 手枪速射难度最大, 对动作一致性要求最高。运动员日常训练以资格赛站位居多, 动作定型也是在资格赛站位基础上建立的, 当决赛分配至其他站位后, 运动员的视觉和肌肉用力感觉发生变化, 会影响射击动作一致性, 不利于最终击发。

转体横向运枪是手枪速射项目的主体技术动作, 其动作变化对成绩影响最大, 上肢运动作为转体横向运枪动作的外在体现, 现有研究仍然较

少, 相关研究多集中于运动员上肢肌肉做功、枪口晃动轨迹、身体重心变化等方面^[1-4]。本研究基于运动员决赛站位射击动作调整问题, 以资格赛站位射击动作为标准, 对参加东京奥运会的一名优秀手枪速射运动员资格赛和决赛站位射击动作差异进行个案研究。在现有研究基础上, 通过访谈国家手枪射击队教练员, 选取时间节奏、上肢关节角度变化、持枪臂肌肉做功等指标, 分析运动员转体横向运枪过程中上肢运动学和肌肉做

收稿日期: 2021-12-15

基金项目: 国家体育总局射击射箭运动管理中心训练与监控服务项目“国家队运动员技术动作分析与监控服务”(HT2020-20)

作者简介: 贾克涛 (1997—), 男, 山东德州人, 在读硕士, 研究方向为射击技术分析。

文本信息: 贾克涛, 武文强, 金波, 等. 手枪速射不同站位上肢运动学与肌电差异: 基于我国优秀运动员的个案研究[J]. 河北体育学院学报, 2022, 36 (4): 70-77.

功变化,对比不同站位射击动作差异,为运动员技术训练提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以国家手枪射击队男子25 m手枪速射运动员Lxx为测试对象,对运动员不同站位转体横向运枪技术变化展开研究。运动员测试前24 h未进行大强度训练,无伤病、疲劳过度等问题,身体状况及运动能力良好。

表1 运动员基本信息

年龄/y	身高/cm	体重/kg	运动年限/y	运动等级	成绩
31	174	70	17	国际健将	亚运会冠军

1.2 实验法

根据手枪速射规则,运动员资格赛站位标示线与第3靶环靶中心垂直,决赛站位标示线分别与第2靶和第4靶环靶中心垂直,相邻两个站位标示线间隔0.75 m,运动员至少一只脚必须接触标示线。因此,本研究将射击站位分别命名为3号位、2号位、4号位(图1),运动员资格赛在3号位,决赛随机分配到2号位和4号位。本次测试要求运动员分别在资格赛站位和决赛站位完成4组4 s射击,以分析运动员不同站位上肢运动学与肌电差异。运动员双脚平行站立于各站位标示线上完成射击,射击口令参照最新版手枪速射规则,相邻两组射击间隔1分钟,相邻两个站位间隔2 min,各站位测试顺序为2号位、4号位、3号位。

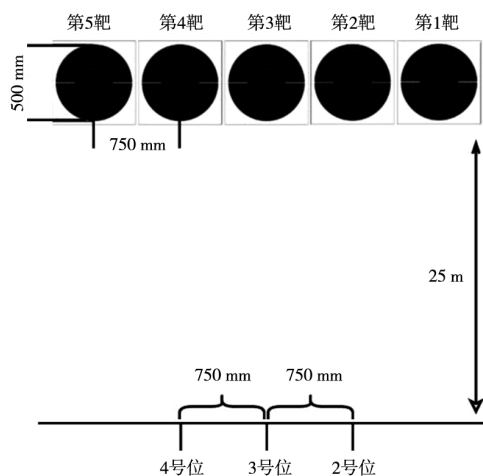


图1 运动员站位图

1.2.1 实验器材

瑞典Qualisys红外光点捕捉系统,包括红

外运动捕捉镜头、直径19 mm的红外反光标志球、L形框架和标定杆等,采集运动员上肢水平面运动学数据,采样频率200 Hz。美国Delsys无线肌电测试系统,包括16通道肌电传感器和1个肌电信号接收器,采集运动员上肢肌肉肌电数据,采样频率为1 000 Hz。

1.2.2 实验流程

(1) 测试开始前工作人员布置测试场地,7个红外运动捕捉镜头分布在运动员射击位置周围,不得影响运动员射击,使用L形框架在运动员射击站位进行标定,并将Qualisys红外光点捕捉系统与Delsys无线肌电测试系统同步。

(2) 粘贴肌电感受器前,对指浅屈肌、指伸肌、肱二头肌、肱三头肌长头、肱三头肌外侧头、三角肌前束、三角肌中束、三角肌后束、斜方肌中束9块肌肉皮肤表面进行剃除体毛、酒精擦拭处理,将肌电感受器粘贴在上述肌肉肌腹位置,并用肌贴固定。运动员身着紧身短袖,在左右侧肩峰点、第7颈椎、右侧桡骨小头、右侧肱骨外上髁、右侧桡骨茎突以及枪口两侧粘贴红外反光标志球。测试开始前运动员空枪预习2 min。

(3) 运动员进入测试场地,在射击位置面向镜头,双手侧平举,检查反光标志球有无遮挡,并采集运动员静态动作,随后开始正式测试。运动员连续、完整射击5个环靶,无超时、脱靶视为一次有效数据,每个站位采集4次有效数据。

1.2.3 数据处理

使用Qualisys Track Manager 2021.1对上肢运动学数据进行处理,获取左肩—右肩、左肩—右肩—右腕、右肩—右腕、右肩—右腕—枪口、右腕—枪口角度变化,分别表示躯干转动、右肩关节变化、右上肢转动、右腕关节变化、枪口变化。使用DelsysEMGworks Analysis4.7.9对原始肌电信号数据预处理后,获得运动员上肢肌肉活动积分肌电值。将所获得数据代入SPSS26.0进行配对样本t检验,对比运动员决赛站位与资格赛站位上肢运动学和肌电差异,采取均值±标准差(M±SD)统计。

2 研究结果与分析

2.1 成绩

手枪速射资格赛以大环计成绩,决赛以中靶数计成绩,9.7环以上为中一靶。无论是以大环

还是以中靶数计成绩,手枪速射比赛均对弹着散布,即弹着密度提出较高要求,弹着密度越小,运动员成绩稳定性越好。俄罗斯产 scatt 激光测试仪以最远 2 个弹着点之间的距离表示每组射击弹着散布直径,基于此,本研究将弹着散布直径作为弹着密度的评判标准,弹着散布直径越大,弹着密度越大,反之则弹着密度越小。

从 SIUS 25 m 激光电子靶系统获取弹着点坐标,计算最远两个弹着点的距离。弹着密度 3 号位 (129.54 mm) < 4 号位 (137.15 mm) < 2 号位 (214.65 mm), 2 号位弹着密度最大,平

均环值亦低于其他站位,4 号位平均环值最高,5 个靶位平均环值均大于 10 环。可见, Lxx 资格赛站位弹着密度小于决赛站位,资格赛成绩稳定性更好。

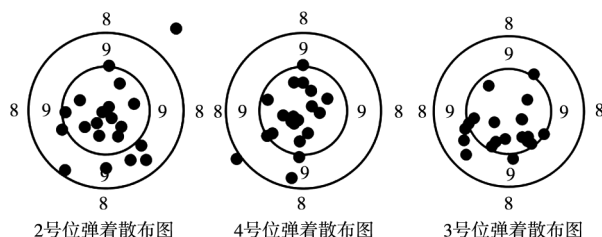


图2 不同站位弹着散布图

表2 不同站位射击成绩环

站位	第1靶	第2靶	第3靶	第4靶	第5靶
2号位	9.63±0.43	9.75±0.99	10.68±0.19	10.13±0.24	9.93±0.41
4号位	10.05±0.51	10.48±0.23	10.30±0.28	10.05±0.74	10.23±0.31*
3号位	10.08±0.16	10.38±0.23	10.30±0.19	10.08±0.13	9.68±0.19

注: *表示有显著差异, $P < 0.05$, 下同

2.2 时间节奏

2.2.1 第1靶击发时间

手枪速射完整技术动作通常分为第1靶纵向运枪和第2至5靶转体横向运枪两部分,环靶指示灯变化后,运动员纵向运枪至第1靶瞄区,稳定后击发,第1靶击发的质量直接影响后续射击动作的连贯性。从图3可看出,运动员3号位第1靶击发平均用时较长(1.57 s),2号位和4号位第1靶击发平均用时相对较短(均为1.50 s)。配对样本 t 检验结果发现,决赛站位与资格赛站位第1靶击发时间无显著差异($P > 0.05$),资格赛站位标准差小于决赛站位,资格赛站位第1靶击发时间稳定性更好。第1靶击发时间较长时,运动员瞄准时间更加充足,举枪速度较慢,停枪到位更加准确,前德国优秀速射运动员舒曼第1靶击发时间较长,通常大于1.60 s^[5],但此种射击风格后4靶时间较为紧张,比赛中处理不好极易脱靶。第1靶击发时间较短时,运动员有更多时间打好后面4靶^[6],但举枪速度过快,惯性作用导致上肢制动力矩加大,对肌肉力量控制的要求更高;力量控制不好,枪支进入理想瞄区较慢,运动员需要更长的时间调整枪口指向,影响后续射击动作的一致性。实际训练中,很少有人采用缩短第1靶击发时间的打法,通常第1靶击发时间控制在1.45—1.55 s较为合理^[7]。

从成绩来看,运动员3号位第1靶击发时间

较长,第1靶平均环值(10.08环)较高,2号位和4号位第1靶击发时间虽然相对合理,但平均环值(9.63环和10.05环)低于3号位,运动员由资格赛站位转为决赛站位后,第1靶击发时间减少,平均环值也有所下降。从以上数据可以看出,运动员资格赛站位射击倾向于较慢的举枪速度,停枪到位更准确,成绩稳定性更好。运动员决赛站位应适当延长第1靶击发时间,提高第1靶射击枪口到位准确率,合理分配后续各靶时间,以促进整体击发的流畅性。

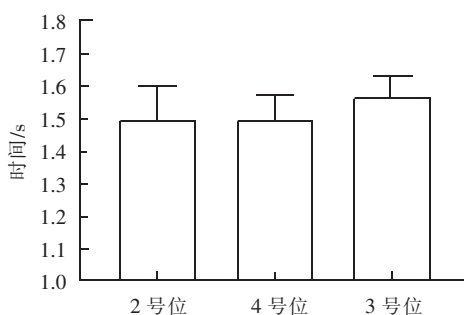


图3 不同站位第1靶击发时间

2.2.2 各分段时间节奏

转体横向运枪过程可分为 T1 (第1靶到第2靶)、T2 (第2靶到第3靶)、T3 (第3靶到第4靶)、T4 (第4靶到第5靶) 4个分段,各分段时间节奏是运动员转体横向运枪和瞄准击发协调配合的外在表现,具有明显的规律性。运动

员对时间把握不合理,在比赛中容易造成慌乱,甚至出现漏靶现象。目前,手枪速射时间节奏以匀速节奏和匀加速节奏为主,2011年规则修改后,运动员多采用稳定性好、弹着散布小的匀速节奏^[8],转体横向运枪各分段时间均匀,动作连贯,枪口到位准确。匀速节奏以各分段时间控制在0.56 s,总时间控制在3.74—3.84 s为宜^[7]。从表3可知,运动员2号位各分段时间均匀,一致性较好;4号位和3号位各分段时间变化较大,一致性较差;T1、T2分段用时较长,T3、T4分段用时较短,不同站位各分段时间均无显著差异($P>0.05$),各站位射击总时间较为合理。有研究认为人类可以感受到的最小时间间隔偏差为20—25 ms^[4],运动员4号位和3号位相邻分段时间相差较大,可以明显感受到节奏感的差异,前半段用时较长,后半段用时较短,射击

节奏倾向于匀加速节奏。2号位各分段时间均匀,射击节奏为匀速节奏。

陈玉霞^[9]认为2发子弹射击间隔一致性越高,10环命中率也越高。本研究中运动员2号位时间节奏一致性较好,各分段时间间隔稳定性好,但成绩低于3号位和4号位。通过访谈国家射击队教练员得知,运动员各分段时间节奏变化与手枪速射项目特点有关,手枪速射比赛过程复杂多变,各种因素对运动员生理、心理的影响不可避免,增加了比赛结果的不确定性^[10-13]。因此,各分段时间节奏对成绩的影响并不是绝对的,但高度一致的时间节奏有利于减少外界因素的干扰,提高不同站位和不同组别技术动作的一致性。运动员决赛4号位和资格赛站位各分段时间节奏一致性均有待加强。

表3 不同站位各分段时间间隔

s

站位	T1	T2	T3	T4	总时间
2号位	0.59±0.02	0.58±0.01	0.57±0.02	0.57±0.07	3.80±0.08
<i>P</i>	0.761	0.207	0.238	0.142	0.318
4号位	0.60±0.01	0.72±0.24	0.48±0.18	0.49±0.12	3.77±0.03
<i>P</i>	0.873	0.745	0.628	0.467	0.819
3号位	0.60±0.02	0.79±0.23	0.40±0.20	0.46±0.05	3.81±0.04

2.3 上肢关节角度变化

2.3.1 腕关节角度变化

作为枪与臂的结合点,腕关节的稳定性直接影响枪口指向。从图4可知,运动员各站位腕关节均有不同程度的变化,资格赛站位腕关节变化最小,2号位和4号位腕关节变化相对较大。配对样本 t 检验结果发现,4号位与3号位腕关节变化有显著差异($P=0.045$),4号位腕关节调整幅度明显较大。

手枪速射项目转体横向运枪可分为柔转、稳入、稍停响三个环节,第1靶枪响的同时,视力转向第2靶瞄区,在余光的主导下转体运臂,借助枪支跳动的力量,向左转体横向运枪至下一靶瞄区,利用枪口进入瞄区后短暂的相对稳定状态完成最后击发。这一过程中保持运枪动作平稳准确的主要关节是腕关节、肘关节、肩关节,其中,腕关节固定在稳入环节最为重要,手腕固定能有效减小枪支晃动幅度,控制枪口准确到位。上肢运枪不到位时,运动员会通过本体感觉的判断调整枪口指向,以进入理想瞄区击发。而枪口

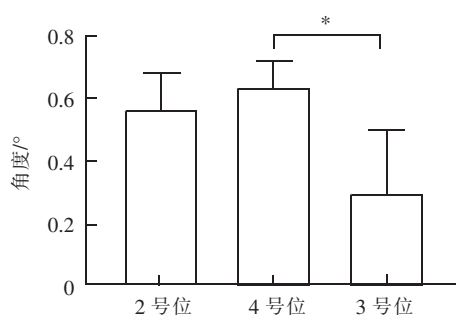


图4 转体横向运枪腕关节角度变化

指向的调整导致腕关节角度发生变化,且实际击发过程中影响枪口到位的因素众多,腕关节调整概率较高。运动员资格赛站位对腕关节的控制明显好于决赛站位,决赛站位腕关节调整幅度相对较大,枪口跳动的规律性遭到破坏,影响整个击发过程的流畅性。因此,运动员决赛站位应固定腕关节,控制枪口一步到位,果断击发。

2.3.2 肩关节角度变化

手枪速射运动员转体横向运枪过程以肩关节为支撑,通过臂、肩、腰、髋、踝整体协调用力

带动上肢从右向左运枪,依次射击后续环靶,肩关节的稳定性对运动员保持运枪动作平稳准确有重要影响。从表4可以看出,运动员不同站位转体横向运枪过程中,肩关节角度均有变化,站位越靠左,肩关节角度变化越明显,肩关节角度变化均大于躯干转动角度,各站位上肢的转动主要是肩关节角度变化所致。因此,运动员转体横向运枪倾向于肩关节主导,在躯干与肩关节共同作用下,带动上肢由右至左运枪。

肩关节作为上肢与身体连接的重点,其关节角度要求相对固定。有研究认为肩关节灵活性与射击平均环数成显著负相关^[14],肩关节稳定性越好,越有利于运动员取得好成绩。本研究并未发现这一现象,对运动员横向运枪过程中肩关节角度变化与平均环值进行相关性检验发现,相关性系数为0.093, $P=0.774$,肩关节角度变化与平均环值不具有相关性。4号位和3号位肩关节

角度变化较大,平均环值反而较高,肩关节活动并未对成绩造成影响。运动员资格赛站位躯干转动相对较大时,上肢运枪到位准确性更高,腕关节和枪口调整幅度更小。决赛站位则相反,枪与人体脱节,射击动作的整体性较差。可见,运动员转体横向运枪过程虽然以肩关节主导,但躯干转动在速射技术动作中起统筹作用,躯干转动幅度直接影响肩关节活动和上肢到位准确率,并间接影响腕关节稳定性。躯干转动幅度相对较大时,肩关节与腕关节稳定性较高,人与枪结合的整体性较好,射击动作一致性高,有利于枪支击发产生的后坐力通过手臂传导作用于整个人体,而不是仅凭手臂的力量抵御枪的震动,使枪口的跳动小而一致。因此,运动员决赛站位需适度增加躯干转动角度,减小肩关节活动,提高上肢转体横向运枪到位率,避免出现多余动作。

表4 上肢各部位角度变化

(°)

站位	躯干转动角度	肩关节角度变化	右臂转动角度	枪口角度变化
2号位	3.02±0.30	3.13±0.45	6.15±0.19	6.72±0.30
<i>P</i>	0.266	0.324	0.100	0.546
4号位	3.00±0.33	3.27±0.19	6.27±0.15	6.91±0.50
<i>P</i>	0.585	0.742	0.443	0.033*
3号位	3.14±0.31	3.22±0.32	6.35±0.23	6.66±0.15

2.4 肌肉做功

2.4.1 肌肉做功贡献率

手枪速射运动员肌肉做功个体差异显著。盛浩明^[15]、陈玉霞^[16]认为速射运动员肩袖肌群贡献率较高,是射击动作的主要参与肌肉。张建伟^[17]认为速射运动员手臂肌肉贡献率更高,更强调整体协调发力。Lxx不同站位持枪臂肌肉做功表现出相同的特点,肌肉做功大小依次为指伸肌>三角肌中束>三角肌后束>三角肌前束>肱三头肌外侧头>斜方肌中束>肱二头肌>指浅屈肌>肱三头肌长头,其中指伸肌和三角肌做功明显大于其他肌肉(图5)。

三角肌在转体横向运枪过程中起重要作用,肌肉做功总值最大,运动员不同站位持枪臂三角肌做功总贡献率均超过45%。其中三角肌中束是运动员转体横向运枪过程中维持上臂水平位的主要用力肌肉,三角肌前束使肩关节前屈并略旋内,三角肌后束使肩关节后伸并略旋外,三者共

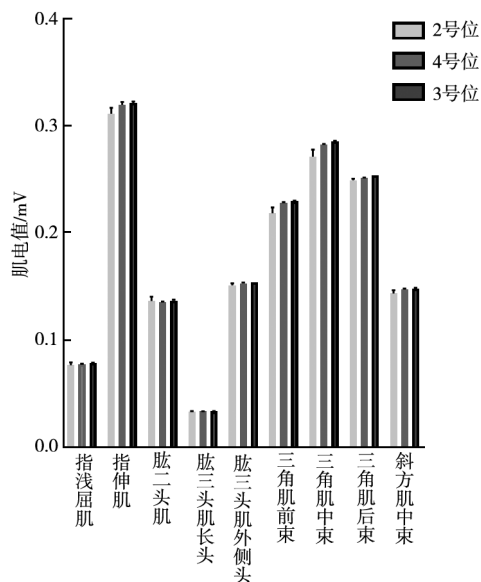


图5 不同站位肌肉做功积分肌电值

同维持肩关节稳定。指伸肌在持枪臂各肌群中做功最大,在射击过程中指伸肌与指浅屈肌协调发

力,在极短时间内完成压实扳机一、二道火,扣扳机击发,回松扳机一系列动作,指伸肌与指浅屈肌做功直接影响击发的一致性与击发节奏。本次测试中,运动员指伸肌做功明显大于指浅屈肌,通过运动员持枪臂腕关节角度数据可以发现,在整个持枪射击过程中,不同站位腕关节角度变化范围为 173° — 175° ,腕关节在射击过程中处于伸展状态,以保持视线与枪口平正。此外,肌肉共激活效应也会增加关节伸肌做功,有研究表明关节伸肌受关节屈肌的被动牵拉产生共激活效应,以抵消主动肌收缩产生的力,导致关节伸肌做功大于屈肌^[18-19]。持枪射击过程中运动员指伸肌和指浅屈肌均处于静力性收缩状态,扣扳机时指浅屈肌主动收缩,引起指伸肌的共激活效应,指伸肌做功大于指浅屈肌。

表5 不同站位射击肌肉贡献率 %

肌肉	2号位	4号位	3号位
指浅屈肌	4.82±0.11	4.76±0.01	4.80±0.01
指伸肌	19.55±0.19	19.64±0.10	19.58±0.06
肱二头肌	8.59±0.28	8.33±0.02	8.34±0.04
肱三头肌长头	2.10±0.04	2.06±0.01	2.05±0.01
肱三头肌外侧头	9.49±0.08	9.39±0.05	9.37±0.02
三角肌前束	13.74±0.16	14.01±0.02	13.99±0.03
三角肌中束	17.04±0.27	17.33±0.04	17.38±0.02
三角肌后束	15.66±0.16	15.42±0.07	15.47±0.01
斜方肌中束	9.00±0.13	9.05±0.01	9.01±0.02

2.4.2 肌肉做功一致性

手枪速射运动员对肌肉用力较为敏感,力量的控制贯穿整个动作过程,良好的肌肉用力稳定性和一致性是其取得好成绩的重要因素之一^[20]。在运动员转体横向运枪过程中,决赛2号位与资格赛站位三角肌前束、三角肌中束、三角肌后束、指伸肌、肱三头肌外侧头做功有显著差异($P<0.05$),决赛4号位与资格赛站位三角肌中束、三角肌后束、指浅屈肌、肱二头肌做功有显著差异($P<0.05$)。其中,决赛站位三角肌做功与资格赛站位差异最为显著,运动员改变站位后,转体横向运枪射击过程中极易引起三角肌做功变化。

肌肉做功贡献率反映了肌肉在该动作中发挥作用的大小,肌肉做功贡献率的差异程度能够表明运动员完成射击动作的一致程度^[21]。采用变异系数作为评价运动员肌肉做功贡献率变化的标

准,变异系数越小,肌肉做功贡献率变化越小,肌肉做功贡献率越稳定,变异系数可用肌肉做功贡献率标准差与均值的比值表示。如表7所示,4号位上肢各关节屈肌做功贡献率变化较小,3号位上肢各关节伸肌做功贡献率变化较小,3号位和4号位上肢肌肉做功贡献率稳定性明显好于2号位。可见,运动员资格赛站位与4号位肌肉做功贡献率一致性较好,2号位肌肉做功贡献率一致性相对较差,且2号位成绩稳定性明显低于其他站位,运动员2号位上肢各肌肉做功稳定性仍有待加强。

表6 肌肉做功配对样本t检验结果

肌肉	2号位—3号位	4号位—3号位
指浅屈肌	0.173	0.000**
指伸肌	0.044*	0.375
肱二头肌	0.841	0.023*
肱三头肌长头	0.358	0.354
肱三头肌外侧头	0.036*	0.129
三角肌前束	0.025*	0.069
三角肌中束	0.025*	0.014*
三角肌后束	0.008*	0.002*
斜方肌中束	0.069	0.187

注:**表示极显著差异, $P<0.01$

速射技术动作是多肌群协调用力的结果,枪、手、臂、体结合为一个整体,整个动作若有脱节或多余动作出现,会破坏原有技术动力定型,导致运动员根据枪口到位情况,调整肌肉收缩以使不同肌群动态协作重新趋于稳定^[23]。相应的,肌肉做功一致性也会出现差异。测试数据发现,运动员决赛站位持枪臂肌肉做功与资格赛站位差异显著,各站位肌肉力量控制的一致性较差。对于高水平运动员而言,射击过程中视觉作用逐渐弱化,各靶间射击多由本体感觉主导,肌肉力量的调整多与本体感觉的差异有关。本体感觉机能的提高可以有效增强神经对肌肉的控制,有研究表明本体感觉与手枪射击成绩显著相关^[23],本体感觉主导的射击,身体姿势调整更快,肢体支配更加精确。运动员可通过打密度、夜训、盲训等练习形式,排除视觉干扰,将精力集中在动作过程上,仅凭动作感觉射击,加深肌肉的内在本体感觉,提高不同站位肌肉做功的一致性水平。

表7 不同站位射击肌肉贡献率变化率

/%

站位	指浅屈肌	指伸肌	肱二头肌	肱三头肌长头	肱三头肌外侧头	三角肌前束	三角肌中束	三角肌后束	斜方肌中束
2号位	2.27	0.96	3.21	1.77	0.88	1.14	1.58	1.04	1.42
4号位	0.22	0.52	0.30	0.39	0.50	0.14	0.22	0.45	0.12
3号位	0.29	0.33	0.48	0.28	0.21	0.20	0.11	0.05	0.27

3 结论与建议

3.1 研究结论

(1) 手枪速射对弹着密度要求较高,运动员在资格赛站位弹着密度较小,决赛站位弹着密度较大,决赛4号位虽然平均环值较高,但资格赛站位成绩稳定性更好。

(2) 运动员决赛站位第1靶击发时间短于资格赛站位,不利于第1靶射击枪口准确到位,影响后续各靶时间分配。各分段时间节奏仅决赛2号位较稳定,3号位和决赛4号位稳定性较差,各分段时间节奏对成绩影响不明显,但稳定的时间节奏更有利于射击动作的一致性,运动员各站位时间节奏的一致性有待加强。

(3) 上肢转动不到位会影响腕关节角度变化,不同站位上肢的转动均由肩关节主导,肩关节角度变化大于躯干转动角度,但躯干转动较大时,上肢转动到位更准确,枪口指向和腕关节变化较小。运动员决赛站位应适当增加躯干转动角度,固定上肢各关节,通过躯干转动提高上肢运枪到位率。

(4) 三角肌和指伸肌是运动员转体横向运枪过程中的主要用力肌肉。改变站位后,三角肌做功差异最为显著。决赛2号位肌肉做功贡献率变化相对较大,肌肉用力稳定性较差,本体感觉有待进一步提高。

3.2 研究建议

手枪速射项目影响因素众多,对最佳技术动作的判定应建立在大量的数据积累之上。本研究样本量较少,仅基于运动员技术训练需要进行分析。后续相关研究还应不断增加样本量,以确定不同运动员最佳技术动作标准,探寻手枪速射运动员不同站位射击存在的共性问题,为广大教练员和运动员技术训练提供参考。

参考文献:

[1] 陈伟,卢德明,黄宗成.中国优秀手枪速射运动员的

技术研究[J].体育科学,1992(5):75.

- [2] WALMSLEY A, WILLIAMS L R T. Rapid-fire pistol shooting as a dynamic problem [J]. Perceptual and motor skills, 1994, 78(3): 1019.
- [3] HAWKINS R N. Effects of stance angle on postural stability and performance with national-standard air pistol competitors [J]. European journal of sport science, 2013, 13(5): 483.
- [4] KULING I A, KOHLRAUSCH A, JUOLA J F. Quantifying temporal ventriloquism in audiovisual synchrony perception [J]. Attention, perception & psychophysics, 2013, 75(7): 1583.
- [5] 毛松华,武文强,李若鹏.国家射击队男子手枪激光测试研究[J].中国体育科技,2017,53(4):83.
- [6] 骆彬.男子自选手枪速射项目中4秒时间的分配[J].上海体育学院学报,1992(S1):29.
- [7] 中国国家体育总局.射击[M].北京:人民体育出版社,1999.
- [8] 王宝宏.新规则下标准手枪速射项目技术的发展与训练[J].中国体育教练员,2012(4):60.
- [9] 陈玉霞.手枪速射运动员4s射击节奏研究[J].军事体育学报,2014,33(1):97.
- [10] 周志所.手枪速射“4秒”快速转动挺枪的打法[J].上海体育学院学报,1995(S1):85.
- [11] IHALAINEN S, MONONEN K, LINNAMO V, et al. Which technical factors explain competition performance in air rifle shooting? [J]. International journal of sports science & coaching, 2018, 13(1): 78.
- [12] FENICI R, RUGGIERI M P, BRISINDA D, et al. Cardiovascular adaptation during action pistol shooting [J]. Journal of sports medicine and physical fitness, 1999, 39(3): 259.
- [13] 胡媛,曹春梅,张可盈,等.射击项目运动成绩影响因素的综述[J].体育科学进展,2020,8(2):64.
- [14] 康铮,闫家明,杜丽.功能动作筛查与中国射击队女子50m口径步枪项目成绩的相关性[J].科学技术与工程,2021(7):2640.
- [15] 盛浩明.我国优秀男子手枪速射运动员射击技术的肌电研究[J].北京体育大学学报,2008,31(8): 1067.
- [16] 陈玉霞.手枪速射项目持枪臂肌肉贡献率研究

- [C]//第二届全国运动生物力学学术交流大会论文摘要汇编,2018:243.
- [17] 张建伟.中国速射项目世界冠军模型探索[J].青少年体育,2019(8):80.
- [18] 郑成.膝关节等速运动肌力与肌电参数的研究[D].武汉:武汉体育学院,2010.
- [19] 吴毅,杨晓冰,李云霞,等.膝关节屈肌和伸肌等速向心、等速离心及等长测试的研究[J].中国运动医学杂志,1996(3):193.
- [20] 刘敏.中国优秀手枪射击运动员持枪臂表面肌电特征及其训练监测系统的应用研究[D].太原:山西大学,2010.
- [21] 范洪彬,孙有平,季浏.基于表面肌电贡献率的上肢不同力量素质指标年龄、性别通用性研究[J].中国体育科技,2016(5):83.
- [22] 李齐茹,石玉琴,卢德明.我国高水平手枪慢射运动员瞄准技术的生物力学研究[J].成都体育学院学报,1996(3):51.
- [23] 杨念恩,李世昌,黄文英,等.本体感觉差异性特点及其神经机制研究[J].体育科学,2014,34(4):41.

Differences of Upper Limb Kinematics and EMG between Different Standing Positions of Rapid-Fire Pistol Shooting

——A Case Study of Chinese Elite Athletes

JIA Ketao¹, WU Wenqiang¹, JIN Bo², MAO Songhua², CUI Yu¹, GENG Zhengyang¹

(1. China Athletics College, Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

2. Shooting and Archery Management Center, General Administration of Sport of China, Beijing 100144, China)

Abstract: *Objectives:* To explore the differences of upper limb kinematics and electromyography (EMG) of Chinese elite rapid-fire pistol shooting athletes in the process of turning the body and moving the gun horizontally in different positions. *Methods:* Qualisys infrared light spot capture system and Delsys wireless EMG test system are used to analyze the time rhythm, upper limb joint angle and muscle work of Chinese elite rapid-fire pistol shooting athletes in different positions. *Results:* ①The standing position of impact density of athletes in qualification competition (129.54 mm) is less than that in the final competition (137.15 mm and 214.65 mm). ②The firing time of the first target in the final competition (all 1.50 s) is shorter than that in the qualification competition (1.57 s), and the time rhythm of each segment has no obvious effect on the performance; ③The rotation of the upper limbs in each standing position is dominated by the shoulder joint, and the rotation of the trunk plays an overall role. The rotation of the trunk in the qualification competition (3.14°) is greater than that in the final competition (3.02° and 3.00°). The accuracy of the rotation of the upper limbs in place is higher, and the changes of muzzle pointing and wrist joint are smaller. ④There is significant difference in the deltoid muscle work of athletes between the final competition and the qualification competition ($P < 0.05$). The consistency of coordination force of each muscle group is poor. The contribution rate of muscle work in position 2 of the final competition has changed greatly, and the stability of muscle work was relatively poor. *Conclusion:* The stability of shooting performance in the standing position of athletes in qualification competition is good. In the final standing position, it is necessary to strengthen the consistency of time rhythm in each segment, increase the range of trunk rotation and improve the stability of muscle force.

Key words: rapid-fire pistol shooting; kinematics; standing position; EMG; shooting