

● 体育与运动科学

高水平击剑运动员视觉反应时特征的研究

Research on Characteristics of Elite Fencers' Vision Reaction Time

付全

FU Quan

摘要:研究击剑运动员的视觉反应时特征,被试为国家击剑队,江苏击剑队和江苏体校击剑队员,共115名。用MANOVA分析不同运动等级、不同剑种对视觉反应时的影响。结果为:不同等级运动员的简单反应时和复杂2刺激反应时差异不明显;辨别反应时、复杂4刺激反应时和翻转反应时差异非常显著,且表现出运动水平越高,反应时间越短的特征。除简单反应外,其他所有类型反应的错误次数均表现出健将以上运动员少于健将以下运动员的显著特征。结果提示,高水平运动员在复杂反应任务中的优异表现更可能是源于心理上的优势,即更强的复杂信息识别和选择决策能力,以及快速适应环境变化的能力。随着反应难度的增加,佩剑运动员的错误反应次数明显高于重剑和花剑。重剑运动员在辨别反应和复杂2刺激反应任务中错误次数最少。花剑运动员在复杂4刺激和翻转反应任务中错误次数最少。充分反映项目特征对运动员心理特征的影响。

关键词:击剑;击剑运动员;反应时

中图分类号:G 804.8 **文章编号:**1009-783X(2010)05-0080-05 **文献标志码:**A

Abstract: This paper examined the characteristics of fencers' vision reaction time (RT). The subjects are 115 fencers from national fencing team, Jiangsu team and Jiangsu sports school. Grade and category were tested with MANOVA. The result indicated that there were very significant differences in identification RT, 4-stimulus selection RT and reversal RT across grades — the higher grade, the shorter RT, while not in the simple RT and 2-stimulus selection RT. The top two grade fencers made the fewer wrong responses than the third one in all type of RT test except simple RT. It was suggested that the elite fencers' excellent performance was as a result of their mental advantage — ability of identification and decision-making in complex situation and more effective adaptation in changing situation. The sabre fencers' wrong responses were significantly more than epee and foil fencers' along with RT test becoming difficult. The epee fencers' wrong responses were fewest in identification RT and 2-stimulus selection RT test, while the foil fencers' were in 4-stimulus selection RT and reversal RT. This indicated that the mental ability was affected by category in fencing.

Key words: fencing; fencer; reaction time

击剑运动是一项历史悠久的传统体育运动项目,其漫长的历史演进过程折射出了人类智慧和文明的发展。当其原始的自卫、猎食、战争以及决斗工具等功能被现代的比赛武器和规则所取代时,有一种核心的精神却一直被传承下来,那就是人类勇于战胜自然、战胜对手和战胜自我的精神。这种精神在现代击剑运动中集中体现在:运动员要通过长期的、艰苦的训练和比赛,不断提高自身的运动能力和技术、战术水平,不断挑战自身生理和心理极限,才能最终在比赛中获胜。选择适当的方法和切入点,对高水平击剑运动员的生理和心理特点进行深入

分析,无疑会对认识击剑运动的规律,提高训练水平提供帮助。在击剑比赛中,运动员的行动不断受到对手的激烈对抗,攻防转换瞬息万变,进攻机会稍纵即逝。运动员要获胜就必须在进攻、防守、还击、反还击的不断变化过程中,比对手判断更准确、反应更及时、动作更迅速。判断准确与否,反应是否及时无疑是衡量高水平击剑运动员的重要指标。视觉反应时正是这种重要指标的具体体现。由于击剑运动的鲜明特点,对击剑运动员反应时的研究也较早受到关注,但研究数量、深度和系统性明显不足。墙壮^[1]用CT-3A型反应时测定仪对不同项目少年运动员进行了测试,得出了击剑运动员的光反应速度比田径、羽毛球、排球、体操、篮球运动员的快。贝恩渤,等^[2]对我国女子花剑运动员反应时的研究表明:击剑运动员的视觉简单反应时在同年龄组的20百分位,综合反应时在同年龄组的15百分位。与一般人相比,击剑运动员表现出了简单反应快,组合反应能力强特点。刘晔^[3]用AcuVisions视觉动作反应测试系

收稿日期:2009- -

基金项目:国家体育总局奥运攻关课题(06045)。

作者简介:付全(1972—),男,黑龙江人,博士,副教授,研究方向为运动认知、心理测量与心理训练。

作者单位:首都体育学院,北京 100088

Capital Institute of Physical Education, Beijing 100088, China.

统对击剑运动员和普通大学生做了比较研究,结果显示击剑运动员的视觉动作反应速度和准确性优于普通大学生。很显然我们并不能满足并止步于已有的研究结论。高水平运动员的快速、连续、多变的动作背后可能有更深层的反应时特征和规律,不同剑种运动员的反应时也可能存在差异,因此,本研究假设不同运动等级、不同剑种运动员之间的反应时存在差异,而且这种差异可能通过更为复杂的反应时任务表现出来。为此,本课题以我国现阶段最高水平击剑运动员为对象,设计了系列反应时任务展开研究。

1 方法

1.1 被试

被试为国家击剑队、江苏省击剑队和江苏体校击剑队队员,共 115 人。根据研究需要,将被试按其已获得的运动员等级称号分为 3 组,即:国际健将组、健将组和健将以下组,包括一级和二级运动员,具体情况见表 1。

表 1 被试基本情况

运动等级	花剑	佩剑	重剑	合计	平均年龄
国际健将	9	5	8	22	25.82
健将	19	17	15	51	22.12
健将以下	8	14	20	42	17.33
合计	36	36	43	115	20.98

1.2 实验设备

研究采用自行设计的 BTL-QZ-V1.0 测试系统进行,测试系统已通过国家科技部专家评审组的鉴定。该系统在计算机上设计出不同类型的反应任务,让被试按照固定的程序和要求完成,可以得到简单反应时、复杂 2 刺激反应时、辨别反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时及相关指标。具体形式如下。简单反应:被试将左手食指放在 F 键上,预备信号后出现红色圆点时,尽快按下该键;右手食指放在 J 键上,预备信号后出现绿色圆点时,尽快按下该键。复杂 2 刺激反应:反应信号为随机出现的不同颜色圆点,对应键为 F—红色, J—绿色,当出现圆点时,尽快按下对应键。辨别反应:反应信号为随机出现的不同颜色,要求被试对其中的部分信号做出反应,对应键为 F—红

色,绿色不反应,当出现圆点时,尽快按下对应键。复杂 4 刺激反应:反应信号为随机出现的不同颜色,对应键为 F—红色, J—绿色, D—黄色, K—蓝色,当出现圆点时,尽快按下对应键。翻转反应时:反应信号为随机出现的不同颜色,对应键为 J—红色, F—绿色, K—黄色, D—蓝色,当出现圆点时,尽快按下对应键。

1.3 实验程序

测试程序为:①简单反应→②复杂 2 刺激反应→③辨别反应→④复杂 4 刺激反应→⑤翻转反应。正式测试前必须进行练习,以使被试明确测试要求,熟悉测试环境和熟练掌握操作方法。在被试测试结果较稳定的前提下,进入正式测试,每种类型反应时测试包括 5 组,共 60 次。前 4 种测试必须在练习后方可正式测试,但翻转反应时测试不能进行练习,要求被试在明确指导语后直接进入正式测试。测试过程严格控制休息时间:①②之间休息 1 min;②③之间休息 1 min;③④之间休息 3 min;④⑤之间休息 1 min。

1.4 研究设计

研究采用 3(运动等级)×3(剑种)的组间设计,重点考察不同水平、不同剑种运动员间的反应时特征,以及运动水平和剑种的交互作用。测试指标为简单反应时、复杂 2 刺激反应时、选择反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时,以及完成各种反应任务的错误次数。对实验结果采用多因素方差分析。

2 结果

2.1 不同类型反应时结果

不同等级和各剑种运动员的反应时结果见表 2。按运动等级计算各类型反应任务的平均反应时间(如图 1 所示),可以看出:所有运动员平均反应时随着反应任务难度的增大,反应时间不断延长。不同等级运动员的简单反应时和复杂 2 刺激反应时差异不明显;辨别反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时差异明显,且表现出了运动水平越高,反应时间越短的递进式特征。方差分析结果(见表 3)表明:运动等级主效应在辨别反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时 3 个变量上达到了非常显著的水平,在简单反应时和复杂 2 刺激反应时上差异不显著。剑种主效应及交互作用在所有变量上均不显著(如图 2 所示)。

表 2 不同类型反应时结果($\bar{X} \pm SD$)

运动等级	剑种	n	简单反应	辨别反应	复杂 2 刺激	复杂 4 刺激	翻转反应
国际健将	花剑	9	216.56±15.31	311.33±23.47	357.78±33.76	498.44±43.15	577.78±73.90
	佩剑	5	224.60±21.93	318.80±37.24	356.00±47.79	553.40±130.86	599.40±129.29
	重剑	8	234.75±25.76	331.62±44.67	373.75±50.82	550.25±101.01	605.75±103.06
健将	花剑	19	222.16±8.55	347.21±31.10	366.16±27.17	546.11±43.08	638.68±82.05
	佩剑	17	228.41±16.10	338.18±48.07	363.00±25.62	551.82±44.32	623.65±73.17
	重剑	15	226.53±20.05	327.13±42.76	366.80±41.20	570.27±64.58	661.00±108.68
健将以下	花剑	8	235.13±10.49	380.00±50.43	386.00±30.76	582.50±61.30	714.75±101.43
	佩剑	14	234.29±11.07	385.64±29.77	392.14±37.91	599.71±66.50	699.43±90.07
	重剑	20	227.25±17.31	348.50±38.70	363.30±20.94	586.10±53.74	639.30±125.88

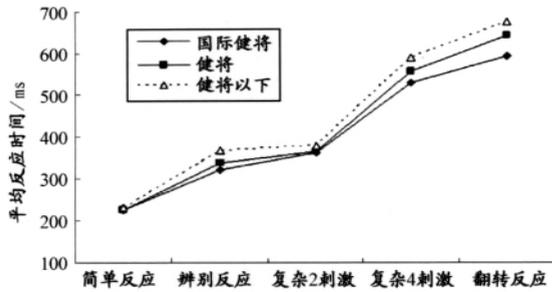


图 1 不同等级运动员不同类型反应时均值

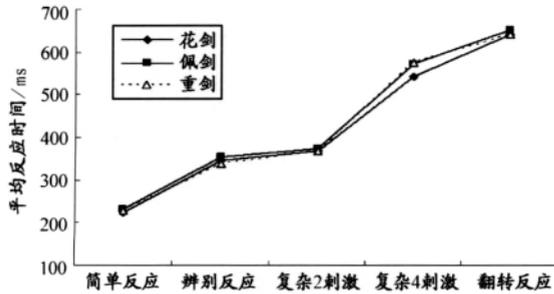


图 2 不同剑种运动员不同类型反应时均值

表 3 不同类型反应时均值方差分析结果

变异源	因变量	df	MS	F	效果量
运动等级	简单反应	2	532.424	2.045	0.037
	复杂 2 刺激	2	3138.124	2.831	0.051
	辨别反应	2	20246.957	13.276***	0.200
	复杂 4 刺激	2	22636.440	5.758**	0.098
	翻转反应	2	55192.068	5.649**	0.096
	简单反应	2	235.830	0.906	0.017
剑种	复杂 2 刺激	2	57.033	0.051	0.001
	辨别反应	2	1404.997	0.921	0.017
	复杂 4 刺激	2	7262.128	1.847	0.034
	翻转反应	2	623.477	0.064	0.001
	简单反应	4	441.182	1.695	0.060
	复杂 2 刺激	4	1979.696	1.786	0.063
运动等级 × 剑种	辨别反应	4	2647.606	1.736	0.061
	复杂 4 刺激	4	2763.294	0.703	0.026
	翻转反应	4	14569.908	1.491	0.053

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。

2.2 不同反应任务错误次数结果

表 4 不同反应任务错误次数结果

运动等级	剑种	n	简单反应	辨别反应	复杂 2 刺激	复杂 4 刺激	翻转反应
国际健将	花剑	9	0.44	1.56	2.22	3.22	5.78
	佩剑	5	0.20	0.40	3.40	8.20	6.80
	重剑	8	1.50	0.00	1.50	2.50	4.63
健将	花剑	19	0.37	1.32	2.00	3.58	6.53
	佩剑	17	0.35	0.71	2.47	4.06	7.82
	重剑	15	0.27	0.73	1.67	4.93	7.20
健将以下	花剑	8	0.75	1.75	2.87	4.88	8.75
	佩剑	14	1.07	1.64	5.71	8.07	11.79
	重剑	20	0.60	1.20	2.15	4.50	8.60

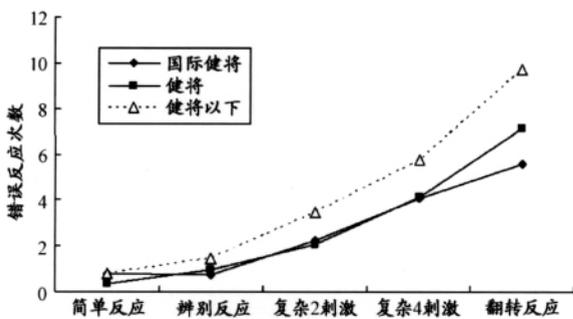


图 3 不同等级运动员不同类型反应任务错误次数

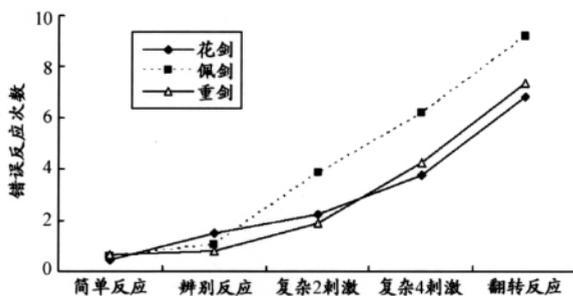


图 4 不同剑种运动员不同类型反应任务错误次数

表 4 和图 3 显示,随着反应任务难度的增大,所有运动员的错误反应次数逐渐增多,除简单反应外,其他所有类型反应的错误次数均表现出了健将以上运动员少于健将以下运动员的特征。重剑运动员在辨别反应和复杂 2 刺激反应任务中错误次数最少。花剑运动员在复杂 4 刺激和翻转反应任务中错误次数最少。方差分析结果(见表 5)表明,运动等级主效应在辨别反应、复杂 2 刺激、翻转反应错误次数上非常显著,剑种主效应在辨别反应、复杂 2 刺激和复杂 4 刺激错误反应次数上非常显著,图 4 显示随着反应难度的增加,佩剑运动员的错误反应次数明显高于其他 2 个剑种。运动等级和剑种在复杂 2 刺激错误反应次数上交作用显著。简单效应检验表明,在佩剑运动员中,健将以下运动员的错误反应次数显著高于健将以上运动员。

总体而言,除简单反应任务外,高水平运动员表现出了反应时间短、错误次数少的显著特征。

3 讨论与分析

3.1 运动等级间的差异分析

研究结果表明:在简单反应任务中,高水平击剑运动员无论是在平均反应时间还是在错误反应次数上均未表现出优势,

而随着反应难度的增加,运动等级间的差异越来越明显,高水平运动员不仅反应快,而且错误少。结果验证了研究假设。简单反应时在人群间是否存在差异,这在以往的研究中可以看到不同的结论。邱宜均等^[4]用自制的视反应时测试仪对 64 名优秀短跑运动员和 75 名普通大学生进行了简单反应时的测定,结果发现男女优秀短跑运动员的视简单反应时优于普通大学生。柳起图等^[5]对射击运动员和普通中学生进行的研究表明,优秀运动员的简单反应时优于业余体校运动员,业余体校运动员优于普通中学生。陈舒永等^[6]用自制了反应时测试仪对 80 名业余运动员和 20 名普通人测定了他们手和脚的简单反应时间。结果表明,反应时间在运动员和普通人之间无显著差异。李志林^[7]用 RS-B 型反应时、动作时测定仪对各年龄阶段具有代表性的乒乓球运动员 341 名和普通大、中、小学生 466 名进行了反应时的测定,结果表明在健将级、一级、二级、三级共 4 个等级的男女乒乓球运动员中,男子健将级运动员与一级运动员在简单反应时上差异不显著。张力为等^[8]对 37 名乒乓球男运动员和 12 名普通大学生进行了测试,结果表明运动水平不同的各组人在各反应时指标上均无可靠差异。程勇民等^[9]对 107 名青少年羽毛球运动员的研究也表明,优秀组与一般组在简单反应时上也未表现出差异。

越来越多的研究表明,在控制了年龄因素后不同群体间简单反应时的差异并不显著。在单一刺激对应单一反应的条件,个体的反应时间主要包含了感觉器官产生神经兴奋的时间、神经传导的时间和肌肉收缩的时间,需要大脑进行信息加工的时间很少。对同样经过选拔后进行专业击剑训练的运动员来说,简单反应时没有显著差异也是在预期之中。由此我们可以推论用简单反应时作为高水平运动员的选材指标是不合适的,这一点可以从文献^[10]得到支持。

相比之下,更为有意义的是本研究中不同等级的运动员在辨别反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时 3 个变量上都表现出了非常显著的差异(见表 3)。辨别反应要求被试对其中一种颜色反应,另一种颜色不反应,即运动员要在一个抑制条件下,快速对目标刺激作出反应。运动员作出反应前要在大脑中做一个判别。在简单反应时差异不显著的情况下,高水平运动员在辨别反应任务中又快又准说明了优秀运动员在对刺激信息的识别速度上存在着明显优势。在复杂 2 刺激反应任务中,反应时均值没有运动等级间的差异,但错误反应次数差异却极为显著(如图 3 所示,见表 5)。在复杂反应任务中,被试完成反应需要对刺激进行判别后再进行一个匹配和选择反应动作的过程。健将以上组运动员在反应速度接近的情况下,表现出了高度准确的特征。而在难度更大的复杂 4 刺激反应任务中,反应时随运动等级的变化呈现了明显的递进式延长。这种显著的递进式差异特征充分体现了高水平运动员在复杂信息的识别和选择行动上的速度优势。翻转反应时是最具特殊性的指标,它是在被试完成 200 次以上的反应后,将刺激和对应的反应键调换,是考察被试打破固有反应模式,建立新的刺激—反应联接的转换速度。在这一指标的平均反应时间和错误次数上运动等级间同样表现出了递进式显著性差异。

表 5 不同类型反应任务错误反应次数方差分析结果

变异源	因变量	df	MS	F	效果量
运动等级	简单反应	2	2.705	1.498	0.027
	复杂 2 刺激	2	25.772	8.313***	0.136
	辨别反应	2	6.264	5.631**	0.096
	复杂 4 刺激	2	28.440	1.843	0.034
	翻转反应	2	120.318	5.146**	0.088
剑种	简单反应	2	0.762	0.422	0.008
	复杂 2 刺激	2	35.229	11.364***	0.177
	辨别反应	2	6.993	6.287**	0.106
	复杂 4 刺激	2	78.547	5.090**	0.088
	翻转反应	2	35.520	1.519	0.028
运动等级×剑种	简单反应	4	2.124	1.176	0.042
	复杂 2 刺激	4	8.644	2.788*	0.095
	辨别反应	4	1.079	0.970	0.035
	复杂 4 刺激	4	32.803	2.126	0.074
	翻转反应	4	8.261	0.353	0.013

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。

有学者^[11]提出,由于年龄与反应时关系密切,随着年龄的增加反应速度加快的趋势明显,因此,在评定不同运动项目、不同水平运动员的反应速度时,如果被试的年龄不同,则应将年龄作为协变量作协方差分析。本研究并未将年龄作为协变量进行方差分析,原因有二:1)反应时间与年龄的高度负相关主要集中在儿童少年时期。曾凡辉等^[12]的研究表明,我国儿童少年的光、声简单反应时在 7 到 17 岁阶段随年龄的增长成绩不断提高,15 岁以后显著性差异消失,趋向稳定。而本研究中年龄最小的健将以下组平均年龄是 17.33 岁。2)高水平击剑运动员的成长具有显著的年龄特征,即最佳成绩出现在 24 岁左右,剑龄在 9 到 15 年^[13]。如果控制了年龄因素去考察不同等级运动员的反应时,必然会把运动等级间可能存在的本质差异也同时掩盖掉。

本研究结果中不同等级运动员在简单反应时上没有差异,进一步佐证了高水平运动员在复杂反应任务中的优异表现更可能是源于心理上的优势。由此可以推论,高水平击剑运动员具有更强的复杂信息识别和选择决策能力,在环境信息发生变化时适应更快。在击剑比赛中则表现为:对对手进攻意图、真假动作的识别更准确,复杂决策更有效,适应对手变化更及时。那么,高水平运动员的优势是遗传影响更多,还是训练的贡献更大呢?曾振毫^[14]曾就不同训练方法对乒乓球运动员的反应时影响进行了研究,结果表明运动员的简单反应时无可靠变化,但选择反应时得到了明显提高。曾凡辉等^[12]认为简单反应时主要受遗传的影响,而被动反应时和综合反应时经后天训练能有一定程度的提高。Lupinacci 等^[15]的研究也提示进行积极身体活动的中老年人其简单反应时和选择反应时(即复杂反应时)比同年龄不进行体育锻炼的人快。也有研究^[16-17]表明,中等强度的锻炼可以提高反应能力由此可以推论,简单反应时可能受遗传因素的影响较大,辨别反应时、复杂反应时和翻转反应时受训练因素影响较大。高水平击剑运动员在平时训练中进行的大量辨别性和选择性的动作练习对复杂反应任务完成效果的组间优势作了巨大贡献。此外,Deary 等^[18]的研究发现选择反应时与智力存在中度相关($r=0.49$)。

运动等级的优势不仅表现在反应时间上,在错误反应次数上也表现得尤为明显(如图 3 所示)。除简单反应外,健将以下运动员在其他所有反应任务中的错误次数均高于另外 2 组;运动水平越高,错误反应次数变化的斜率越小。这表明在复杂反应任务中,高水平击剑运动员在快速反应的同时,并非以丧失准确性为代价。

3.2 剑种间的差异分析

剑种之间的差异,没有表现在反应时间上(如图 2 所示),而是表现在错误反应次数上。从图 4 和表 5 可以看出,佩剑运动员在复杂 2 刺激和复杂 4 刺激错误反应次数上明显高于其他 2 个剑种。这充分体现了佩剑比赛的特点。佩剑是既可以劈又可以刺的武器。在实战中,以劈中得分居多。有效部位是躯干,头部及手臂。佩剑比赛讲究击中优先权,先攻击而击中者得分,被攻击者须先作出有效抵挡动作后再进攻击中才有效。佩剑运动员动作幅度较大,速度也最快。这些特点是导致佩剑运动员错误反应次数较多的原因。另外,交互作用的简单效应检验表明,在复杂 2 刺激错误反应次数上,健将以下运动员的错误次数显著高于健将及以上运动员。这说明高水平佩剑运动员会在追求快速决策的过程中,能把错误次数控制在较低水平。相比之下,重剑比赛中,运动员全身都是有效部位,无优先裁判权,故运动员在比赛时比较谨慎,重视时机的选择,因此,重剑运动员在辨别反应和复杂 2 刺激反应任务中错误次数最少。花剑是完全刺击武器,只有剑尖刺中才有效,有效击中部位是躯干,因此,对技术、战术要求尤为讲究。从而表现出反应任务越复杂,错误反应次数越少的相对优势。

需要强调的是,本研究的结果不是在一般的“专家—新手”范式下看到的差异。而是在包括了我国全部最高水平击剑运动员的情况下,对经过专业训练的运动员进行比较的结果,因此,研究结果对认识高水平击剑运动员生理、心理特征具有重要的理论意义,同时对高水平运动员的训练实践提供了重要的思路。尽管短时间内我们还不能证明运动员的反应时优势与运动水平孰先孰后,还是互为因果,但有一点我们可以确认,即在运动员由一般水平向高水平发展,以及由高水平向顶尖水平跨越过程中,复杂反应能力的提高是至关重要的。据此,我们可以在高水平训练阶段有针对性地设计出复杂反应的训练方法并付诸实践,从而验证其对比赛能力提高的效果。另一方面,也可以通过本研究的方法筛选出复杂反应能力强的运动员,对其将来的运动成绩进行预测,并进行追踪观察。

4 结论

1)不同等级运动员的简单反应时和复杂 2 刺激反应时差异不明显;辨别反应时、复杂 4 刺激反应时和翻转反应时差异非常显著,且表现出了运动水平越高,反应时间越短的特征。除简单反应外,其他所有类型反应的错误次数均表现出了健将以上运动员少于健将以下运动员的显著特征。高水平运动员在复杂反应任务中的优异表现更可能是源于心理上的优势,即更强的复杂信息识别和选择决策能力,以及快速适应环境变化

的能力。

2)随着反应难度的增加,佩剑运动员的错误反应次数明显高于其他 2 个剑种。重剑运动员在辨别反应和复杂 2 刺激反应任务中错误次数最少。花剑运动员在复杂 4 刺激和翻转反应任务中错误次数最少。充分反映了项目特征对运动员心理特征的影响。

参考文献:

- [1] 墙壮. 不同项目少年运动员的反应时[J]. 江苏体育科技, 1984(4): 39-40.
- [2] 贝恩渤, 邱宜均. 对中国击剑队女子花剑运动员心理咨询与心理训练的研究[J]. 武汉体育学院学报, 1994, 28(1): 37-44.
- [3] 刘晔. 对击剑运动员视觉动作反应能力的分析[J]. 福建体育科技, 1998, 17(1): 44-46.
- [4] 邱宜均, 贝恩渤. 优秀运动员个性特征研究[R]. 武汉: 武汉体育学院教务处, 1984: 23-46.
- [5] 柳起图, 韩潮. 射击运动员反应速度研究初探[J]. 心理科学通讯, 1985(4): 23-28.
- [6] 陈舒永, 杨博民, 韩昭. 不同肢体的反应时和运动时间[J]. 心理学报, 1986, 18(1): 1-7.
- [7] 李志林. 乒乓球运动员反应速度和动作速度的发展特征及其评价的研究[J]. 体育科学, 1991, 11(6): 25-11.
- [8] 张力为, 毛志雄. 乒乓球运动员反应时与运动技能水平关系的探讨[J]. 体育科学, 1994, 14(1): 87-91.
- [9] 程勇民, 王跃平, 梁成谋. 羽毛球运动员的反应时与竞技能力[J]. 浙江体育科学, 2006, 28(2): 60-63.
- [10] Mickeviciene D, Motiejūnaitė K, Skurvydas A, et al. How do reaction time and movement speed depend on the complexity of the task[J]. Education Physical Training Sport, 2008, 69: 57-62.
- [11] 马启伟, 张力为. 体育运动心理学[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 1998: 285-360.
- [12] 曾凡辉, 王路德, 邢文华. 运动员科学选材[M]. 北京: 人民体育出版社, 1992: 138-155.
- [13] 桂平. 我国击剑运动员年龄阶段特征与运动成绩关系的研究[J]. 中国体育科技, 1997, 33(2): 58-61.
- [14] 曾振毫. 有序训练与无序训练对提高乒乓球运动员判断应答能力的作用之研究[J]. 体育科学, 1990, 10(3): 21-29.
- [15] Lupinacci N S, Rikli R E, Jones J, et al. Age and physical activity effects on reaction time and digit symbol substitution performance in cognitive active adults[J]. Research Quarterly for Exercise and Sport, 1993(64): 144-150.
- [16] Davranche K, Hall B, McMorris T. Effect of Acute Exercise on Cognitive Control Required During an Eriksen Flanker Task[J]. Journal of Sport & Exercise Psychology, 2009, 31(5): 628-639.
- [17] Zemková E, Miklovi P, Hamar D. There is a relationship between intensity of exercise and reaction time on laterally concordant and discordant stimuli[J]. Acta Kinesiológica 2009, 3(1): 59-63.
- [18] Deary I, Der G, Ford G. Reaction time and intelligence differences: a population based cohort study[J]. Intelligence, 2001, 29(5): 389-399.