

## 排球运动员判断发球落点任务中视觉搜索模式分析

张铁民

(东北师范大学 体育学院, 吉林 长春 130024)

**摘 要:** 对比不同等级排球运动员对发球运动信息模式结构识别的差异, 探讨运动员在判断发球落点时的视觉搜索模式, 为高水平排球运动员认知加工优势特征提供行为和生理证据。以 41 名不同运动等级排球运动员为研究对象, 采用混合设计实验, 让被试者观看运动员发球动作的视频, 分别记录在观看正常发球动作结构、改变动作时间结构和改变动作空间结构条件下的行为指标和眼动数据。结果发现: 运动员判断发球落点时, 随着运动等级的提高, 运动员更偏向于采用速度行为策略; 运动员对发球运动信息进行视觉搜索是基于对运动信息模式结构特征识别的过程。在改变发球运动信息模式结构的时间特征条件下, 运动员采用注视次数少, 注视时间短, 眼跳距离小, 注视轨迹简单、规律并呈“线”状的视觉搜索模式; 在改变发球运动信息模式结构的时空特征条件下, 运动员采用注视次数多, 注视时间长, 眼跳距离大, 注视轨迹复杂、规律并呈“环”状的视觉搜索模式。结果表明: 3 种不同运动信息模式结构特征加工方式下的视觉搜索模式存在差异。

**关 键 词:** 运动心理学; 发球落点; 视觉搜索模式; 排球; 运动员

**中图分类号:** G804.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2016)06-0063-08

### An analysis of visual search patterns adopted in the task of volleyball players estimating served ball landing points

ZHANG Tie-ming

(School of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130012, China)

**Abstract:** By comparing differences in volleyball players of different sports ratings identifying served ball movement information pattern structures, the author probed into served ball landing point visual search patterns adopted by players, so as to provide behavioral and physiological evidence for high performance volleyball players to recognize and process advantageous characteristics. Basing the research objects on 41 volleyball players of different sports ratings, the author used a mixed design experiment, let the testees watch players serving movement videos, and respectively recorded the testees' behavior index and eye movement data under the conditions of watching normal serving movement structure, changing movement time structure and changing movement space structure. Results: When the players estimated served ball landing points, with the increase of sports rating, the players tended to adopt a speed strategy; a visual search conducted by the players on served ball movement information was a process based on identifying movement information pattern structure characteristics, under the condition of changing the time characteristics of served ball movement information pattern structure, the players adopted a visual search pattern with fewer fixation counts, a shorter fixation time, a smaller saccade amplitude, and a simple, regular and line-like fixation track; under the condition of changing the space characteristics of served ball movement information pattern structure, the players adopted a visual search pattern with more fixation counts, a longer fixation time, a bigger saccade amplitude, and a complicated, regular and ring-like fixation track. The results indicated that there were differences between visual search patterns adopted in the 3 different ways of processing movement information pattern structure characteristics.

**Key words:** sports psychology; served ball landing point; visual search pattern; volleyball; player

运动员视觉搜索模式是指运动员通过观察运动情景采集有用信息的搜索方式,主要以运动员观察运动情景时的注视次数、眼跳距离以及各个注视点连接所组成的注视轨迹为主<sup>[1]</sup>。近年来,研究者通过分析运动员的眼动指标和注视轨迹来探讨优秀运动员的视觉搜索模式已经形成了一定的研究基础,而“静眼搜索”模式被认为是一种最具经济效益的方式<sup>[2]</sup>。优秀运动员在预判运动情境任务时通常采用低注视频率,短眼跳距离,注视轨迹简单、集中、有规律性的视觉搜索模式。这种搜索模式能使运动员在视觉搜索过程中将注视点保持在信息来源点上,在运动经验的引导下对有效区域进行正确的视觉搜索,获得有效的信息线索,并在反复验证信息后,做出快速、准确的判断<sup>[3]</sup>。“静眼搜索”模式体现优秀运动员的视觉搜索能力,揭示运动员心理加工的过程和规律,实现对运动员信息加工即时、客观的测量。但 David<sup>[4]</sup>认为:“静眼搜索”模式虽然具有一定经济性,但对所有运动项目的运动员在判断运动情境任务时并不全有效。李安民等<sup>[5]</sup>通过让两组不同运动等级的乒乓球运动员观看发球动作的运动情景,结果发现专家组运动员判断发球落点任务时注视次数多、注视时间短、眼跳距离大、注视轨迹集中且有规律。这与“静眼搜索”模式正好相反,故将其命名为“平扫搜索”模式。为了进一步验证两种视觉搜索模式的存在和差异,宋淑英<sup>[6]</sup>通过让同一名被试者观看短道速滑运动员的比赛视频,并分别记录被试者对运动员启动加速、领滑、跟随滑行、超越和配合 5 种条件下视觉搜索模式的测量数据,发现被试者在注视次数上无显著性差异,但在注视时间上却存在高度显著性差异。由此可见:视觉搜索模式的差异并不反映运动员在视觉搜索方式上的经济性和有效性,而是运动员为了在运动情景任务中达到自身目标所需求的一种更为合理、有效的视觉搜索模式。

排球运动员判断发球落点的任务是基于视觉搜索活动的基础之上,是对运动信息进行加工而完成的认知过程。纵观已有研究,多数研究将发球情境作为刺激材料时仅为被试者提供一种单纯性的发球技术动作,这对于认定排球运动员的专项认知特征与规律缺乏全面性和客观性。在实际比赛过程中,发球运动员经常采用各种发球战术,使对方无法形成有效的组织进攻。如发球运动员在保持动作一致的情况下总会突然加快或减慢发球的速度造成对方接发球失误,或通过前排队员之间的跑动来掩盖发球的技术动作从而造成对方接发球失误。有研究者认为:这种发球策略是通过改变发球运动信息模式结构的时、空特征来实现的,即加快或减慢发球速度改变了发球的时间特征,利

用队员的掩护来遮挡改变了发球的空间特征<sup>[7]</sup>。针对此种情况,研究者采取了实验的方式发现了运动员的决策行为确实存在差异,有学者认为这可能是实验材料中的信息缺失所造成的<sup>[3]</sup>,也有学者认为可能是实验材料的任务难度所造成的<sup>[6]</sup>,但这也可能是运动员根据不同发球情景采取了不同视觉搜索模式所造成的。因为,在上述实验中发现,尽管发球材料被改变了,但专家预判的绩效仍然要显著好于新手,说明针对不同发球情景专家也采取了更为合理的视觉搜索模式进行应对。但是,关于这种合理的视觉搜索模式的探讨尚未见报道,如果不同发球运动情景下排球运动员视觉搜索模式的差异被揭示,则意味着可能要重新制定排球运动员发球认知训练的策略。本研究以不同级别男子排球运动员为测试对象,以排球发球视频作为刺激材料,通过改变发球视频的播放速度来改变发球动作的时间结构,在正常视频中删除部分内容来改变发球动作的空间结构,并将时间阻断范式和眼动记录技术相结合,通过对比不同等级排球运动员对发球运动信息模式结构识别的差异,探讨运动员在判断发球落点任务中的视觉搜索模式,更加全面、客观地评价排球运动员专项认知加工的特征与规律。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

被试者分为 4 组,即国家健将组、国家 1 级组、国家 2 级组,普通大学生组。健将组为某省队的 11 名男排队员,国家 1 级组为某高校高水平运动队 9 名男排运动员,国家 2 级组为某大学运动训练的 10 学生,普通大学生为某大学的 11 名全日制在校大学生。所有被试者平均年龄为 22.4 岁,平均身高为 1.87 m,身体无疾病,左右眼视力或矫正视力正常。

### 1.2 研究方法

#### 1) 实验材料的拍摄。

实验材料的拍摄在东北师范大学排球馆进行,由运动训练学生进行发球,按照跳发球、跳飘球、原地飘球的顺序进行,每种发球按照事先预定的落点位置进行发球,利用摄影机对整个发球过程进行全程录像。录像的位置设定为对方场区端线中间前 1.5 m 处,拍摄高度为 1 m。

#### 2) 刺激材料制作。

刺激材料的制作共分为两个步骤:(1)首先对发球视频进行裁剪,裁剪的时间从发球准备开始到手触球前为止,选取不同落点位置发球的 15 段视频片段,视频片段的时间长度约为 1 s 左右。(2)在裁剪好视频片段的基础上对发球视频进行处理,依据本研究的要求,通过改变发球信息的时间结构(将发球视频的播放速度

缩减 1/2), 改变发球信息的空间结构(将发球视频按照比例减少 1/2), 最终确定了 3 种发球的运动情景。发球视频的裁剪和处理都由“绘声绘影 9.0”处理, 首先将其分解成图片, 处理完图片后再将图片制作成视频。

### 1.3 实验程序

采用 4 运动等级 × 3 呈现形式 × 3 发球类型混合因素实验设计。

所有被试者坐在投影幕布前, 双手放置在反应键上, 两眼注视屏幕中的发球情景, 发球视频播放顺序为正常视频、改变时间结构的发球视频、改变空间结构的发球视频, 被试者根据发球信息中发球者的动作, 预判发球的落点, 并按下相应的反应键。

为了保证实验数据的准确性, 所有被试者均按照

设定的实验程序进行。对所有被试者讲解实验的目的和任务——所有被试者进行按键反应练习——对所有被试者进行按键反应测试——眼动仪进行矫正和调试——所有被试者进行正式测试。

### 1.4 数据采集和处理

行为和眼动数据由 E-prime2.0 和 Eye-Tracker6000 软件进行导出, 采用 SPSS19.0 进行数据的统计与处理。

## 2 结果及分析

### 2.1 行为数据结果

被试者预判不同发球情景时的反应时和准确性指标见表 1。被试者反应时和准确性进行的多元方差分析结果见表 2。

表 1 被试对发球落点判断行为指标测试结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

预判指标	呈现方式	发球类型	国家健将	国家 1 级	国家 2 级	普通大学生
准确性/%	正常视频	跳发球	90.13±7.41	83.92±6.34	75.12±5.76	37.74±3.41
		跳飘球	92.83±8.06	87.41±6.28	78.14±5.37	37.48±3.94
		原地飘球	95.21±7.94	90.32±7.91	81.31±5.98	38.01±3.86
	改变时间	跳发球	72.46±6.42	64.46±5.23	59.74±4.92	36.23±3.51
		跳飘球	76.92±6.54	68.18±5.63	62.37±4.97	37.83±3.15
		原地飘球	80.13±7.03	71.32±5.84	65.18±5.01	38.29±3.24
	改变空间	跳发球	79.36±7.24	70.15±6.78	63.31±4.52	35.84±3.74
		跳飘球	82.19±6.98	74.24±6.17	65.17±3.98	36.14±3.28
		原地飘球	85.14±7.38	78.95±5.91	69.37±4.28	36.97±3.83
反应时/ms	正常视频	跳发球	3 811±469.41	4 276±503.71	4 764±439.14	7 461±603.14
		跳飘球	3 473±493.17	3 931±497.46	4 372±519.64	7 449±614.58
		原地飘球	3 121±429.97	3 693±387.54	4 105±407.56	7 503±634.89
	改变时间	跳发球	4 673±425.67	4 982±409.49	5 346±416.87	7 501±598.45
		跳飘球	4 437±398.47	4 718±398.32	5 104±438.54	7 468±586.47
		原地飘球	4 236±416.87	4 574±412.36	4 964±397.24	7 468±576.94
	改变空间	跳发球	4 392±376.11	4 579±419.74	4 897±437.92	7 439±561.35
		跳飘球	4 167±368.94	4 318±401.78	4 627±409.35	7 503±548.19
		原地飘球	3 892±374.14	4 159±418.31	4 482±395.27	7 492±553.15

表 2 被试者行为指标方差分析

变异来源	因变量	df	均方	F	P	效果量
截距	反应时	1	1.37	26 739.82	0.000	0.937
	正确率	1	118.95	3 197.73	0.000	0.913
运动等级	反应时	3	1 321 520.31	25.37	0.000	0.183
	正确率	3	6.37	126.39	0.000	0.528
发球类型	反应时	2	467 372.47	6.38	0.000	0.086
	正确率	2	0.54	13.48	0.000	0.126
呈现形式	反应时	2	256 352.84	3.84	0.013	0.059
	正确率	2	0.03	5.53	0.001	0.034
运动等级×发球类型	反应时	6	26 736.47	0.47	0.731	0.017
	正确率	6	0.02	0.42	0.769	0.027
运动等级×呈现形式	反应时	6	265 837.38	0.94	0.208	0.062
	正确率	6	0.01	0.36	0.792	0.021
发球类型×呈现形式	反应时	4	321 938.47	4.23	0.007	0.063
	正确率	4	0.09	2.97	0.037	0.104
运动等级×发球类型×呈现形式	反应时	12	23 648.84	0.43	0.761	0.015
	正确率	12	0.01	0.32	0.857	0.018
误差	反应时	246	50 737.47			
	正确率	246	0.03			
总和	反应时	335				
	正确率	335				

## 1)反应时比较结果。

运动员判断发球落点反应时的多元方差分析结果显示:运动等级与发球类型交互作用不显著  $F=0.47$ ,  $P=0.731$ ; 运动等级与呈现形式交互作用不显著  $F=0.94$ ,  $P=0.208$ 。运动等级主效应显著  $F=25.37$ ,  $P=0.000$ ; 发球类型主效应显著  $F=6.38$ ,  $P=0.000$ ; 呈现形式主效应显著  $F=3.84$ ,  $P=0.013$ 。经事后检验分析得知:在运动等级、发球类型和呈现形式上都表现出国家健将级反应时显著短于国家1级、国家1级显著短于2级、国家2级显著短于普通大学生。排球运动员对跳发球落点判断的反应时显著长于跳飘球;跳飘球显著长于原地飘球。在正常视频刺激下运动员反应时显著短于改变空间结构条件下刺激视频;改变空间条件下显著短于改变时间条件下的刺激视频。

## 2)准确性比较结果。

运动员判断发球落点准确性的多元方差分析结果

显示:运动等级与发球类型交互作用不显著  $F=0.42$ ,  $P=0.769$ ; 运动等级与呈现形式交互作用不显著  $F=0.36$ ,  $P=0.792$ 。运动等级主效应显著  $F=126.39$ ,  $P=0.000$ ; 发球类型主效应显著  $F=13.48$ ,  $P=0.000$ ; 呈现形式主效应显著  $F=5.53$ ,  $P=0.001$ 。经事后检验分析得知:在运动等级、发球类型和呈现形式上都表现出国家健将级准确性显著高于国家1级、国家1级显著高于2级、国家2级显著高于普通大学生。排球运动员对跳发球落点判断的准确性显著低于跳飘球;跳飘球显著低于原地飘球。在正常视频刺激下运动员反应时的准确性显著高于改变空间结构条件下刺激视频;改变空间条件下显著高于改变时间条件下的刺激视频。

## 2.2 眼动数据结果

被试者预判不同发球情景时的注视次数、注视时间和眼跳距离指标结果见表3。以被试者的眼动指标为因变量进行多因素方差分析的数据处理结果见表4。

表3 被试者对发球落点判断眼动指标测试结果( $\bar{x} \pm s$ )

测视项	呈现方式	发球类型	国家健将	国家1级	国家2级	普通大学生
注视 次数	正常视频	跳发球	16.72±4.17	17.36±4.68	18.87±4.79	23.47±5.28
		跳飘球	15.18±4.02	16.84±4.24	18.19±4.52	23.52±5.37
		原地飘球	14.87±3.92	16.29±4.11	17.42±4.26	22.84±5.19
	改变时间	跳发球	15.31±3.83	16.38±3.18	17.84±4.36	22.32±5.09
		跳飘球	14.47±3.54	15.53±3.02	17.01±4.31	21.94±5.24
		原地飘球	13.49±3.28	14.84±2.89	16.32±4.03	21.98±5.53
	改变空间	跳发球	19.74±5.02	18.75±4.73	17.85±4.85	23.48±5.63
		跳飘球	18.93±4.84	18.12±4.28	17.03±4.18	23.64±5.39
		原地飘球	18.22±4.64	17.41±4.02	16.29±3.94	23.18±5.29
注视 时间 /s	正常视频	跳发球	0.264±0.034	0.253±0.035	0.246±0.038	0.192±0.023
		跳飘球	0.252±0.035	0.246±0.034	0.238±0.037	0.189±0.022
		原地飘球	0.242±0.033	0.239±0.031	0.228±0.031	0.190±0.023
	改变时间	跳发球	0.279±0.039	0.271±0.034	0.263±0.029	0.201±0.021
		跳飘球	0.268±0.037	0.263±0.033	0.252±0.030	0.203±0.022
		原地飘球	0.261±0.036	0.257±0.031	0.241±0.031	0.202±0.023
	改变空间	跳发球	0.253±0.037	0.268±0.037	0.277±0.033	0.202±0.022
		跳飘球	0.249±0.036	0.259±0.035	0.265±0.030	0.203±0.021
		原地飘球	0.236±0.034	0.246±0.031	0.258±0.027	0.202±0.020
眼跳 距离 /(°)	正常视频	跳发球	3.264±0.058	3.482±0.063	3.647±0.069	4.324±0.079
		跳飘球	3.148±0.051	3.264±0.061	3.539±0.066	4.348±0.081
		原地飘球	2.984±0.046	3.102±0.056	3.412±0.063	4.402±0.089
	改变时间	跳发球	3.103±0.048	3.298±0.051	3.498±0.063	4.294±0.082
		跳飘球	2.849±0.045	3.039±0.048	3.263±0.059	4.284±0.083
		原地飘球	2.698±0.044	2.849±0.050	3.038±0.047	4.318±0.081
	改变空间	跳发球	3.713±0.072	3.585±0.062	3.364±0.054	4.307±0.083
		跳飘球	3.487±0.071	3.271±0.061	3.157±0.051	4.295±0.080
		原地飘球	3.214±0.073	3.001±0.058	2.913±0.047	4.301±0.079

表4 被试者行为指标方差分析结果

变异来源	因变量	df	均方	F	P	效果量
截距	注视时间	1	13.64	1 469.15	0.000	0.982
	注视次数	1	4 827.47	1 257.78	0.000	0.934
	眼跳距离	1	748.53	2 745.92	0.000	0.948
运动等级	注视时间	3	3.37	16.37	0.000	0.813
	注视次数	3	16.34	21.85	0.000	0.824
	眼跳距离	3	74.48	28.65	0.000	0.872
发球类型	注视时间	2	4.82	43.73	0.000	0.863
	注视次数	2	19.74	32.95	0.000	0.851
	眼跳距离	2	82.05	27.95	0.000	0.869
呈现形式	注视时间	2	8.47	127.34	0.000	0.937
	注视次数	2	74.93	163.61	0.000	0.916
	眼跳距离	2	254.84	149.72	0.000	0.912
运动等级×发球类型	注视时间	6	0.01	0.517	0.697	0.142
	注视次数	6	1.93	0.892	0.495	0.027
	眼跳距离	6	2.98	0.347	0.813	0.011
运动等级×呈现形式	注视时间	6	0.03	2.94	0.039	0.373
	注视次数	6	31.92	43.85	0.000	0.879
	眼跳距离	6	5.23	2.57	0.046	0.068
发球类型×呈现形式	注视时间	4	0.01	0.135	1.643	0.049
	注视次数	4	1.37	0.173	1.519	0.021
	眼跳距离	4	2.53	0.056	11.958	0.006
运动等级×发球类型×呈现形式	注视时间	12	0.01	0.161	1.529	0.053
	注视次数	12	2.31	1.532	1.536	0.039
	眼跳距离	12	2.37	0.539	0.682	0.147
误差	注视时间	235	0.01			
	注视次数	235	2.25			
	眼跳距离	235	2.09			
总和	注视时间	287				
	注视次数	287				
	眼跳距离	287				

## 1) 注视次数比较结果。

运动员注视次数的方差分析结果显示：运动等级与呈现形式交互作用显著  $F=43.85$ ,  $P=0.000$ 。经简单效应分析得知：改变时间刺激视频呈现形式下国家健将级注视次数显著少于国家1级( $P<0.05$ )、国家1级显著少于国家2级( $P<0.05$ )；改变空间刺激视频呈现形式下国家健将级注视次数显著多于国家1级( $P<0.05$ )、国家1级显著多于国家2级( $P<0.05$ )。运动等级主效应显著  $F=21.85$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，国家健将级注视次数显著少于国家1级( $P<0.05$ )、国家1级显著少于国家2级( $P<0.05$ )、国家2级显著少于普通大学生( $P<0.05$ )。发球类型主效应显著  $F=32.95$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，运动员对跳发球的注视次数显著多于跳飘球( $P<0.05$ )；跳飘球的注视次数显著多于原地飘球( $P<0.05$ )。呈现形式主效应显著  $F=163.61$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，改变时间刺激视频显著少于正常刺激视频( $P<0.05$ )；正常刺激视频显著少于改变空间刺激视频( $P<0.05$ )。

## 2) 注视时间比较结果。

运动员注视时间的方差分析结果显示：运动等级与呈现形式交互作用显著  $F=2.94$ ,  $P=0.039$ 。经简单效应分析得知：改变时间刺激视频呈现形式下国家健将级注视时间显著长于国家1级( $P<0.05$ )；国家1级显著长于国家2级( $P<0.05$ )。改变空间刺激视频呈现形式下国家健将级注视时间显著短于国家1级( $P<0.05$ )、国家1级显著短于国家2级( $P<0.05$ )。运动等级主效应显著  $F=16.37$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，国家健将级注视时间显著长于国家1级( $P<0.05$ )、国家1级显著长于国家2级( $P<0.05$ )、国家2级显著长于普通大学生( $P<0.05$ )。发球类型主效应显著  $F=43.73$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，运动员对跳发球注视时间显著长于跳飘球( $P<0.05$ )；跳飘球注视时间显著长于原地飘球( $P<0.05$ )。呈现形式主效应显著  $F=127.34$ ,  $P=0.000$ 。经事后检验分析，改变时间刺激视频显著长于正常刺激视频( $P<0.05$ )；正常刺激视频显著长于改变空间刺激视频( $P<0.05$ )。

3)眼跳距离比较结果。

运动员眼跳距离的方差分析结果显示:运动等级与呈现形式交互作用  $F=2.57, P=0.046$ 。经简单效应分析得知,改变时间刺激视频呈现形式下国家健将级眼跳距离显著小于国家 1 级( $P<0.05$ ),国家 1 级显著小于国家 2 级( $P<0.05$ )。改变空间刺激视频呈现形式下国家健将级眼跳距离显著大于国家 1 级( $P<0.05$ )、国家 1 级显著大于国家 2 级( $P<0.05$ )。运动等级主效应显著  $F=28.65, P=0.000$ 。经事后检验分析,国家健将眼跳距离显著小于国家 1 级( $P<0.05$ )、国家 1 级显著小于国家 2 级( $P<0.05$ )、国家 2 级显著小于普通大学生( $P<0.05$ )。发球类型主效应显著  $F=27.95, P=0.000$ 。经事后检验分析,运动员对跳发球眼跳距离显著大于跳飘球( $P<0.05$ );跳飘球的眼跳距离显著大于原地飘球( $P<0.05$ )。呈现形式主效应显著  $F=149.72, P=0.000$ 。经事后检验分析,改变时间刺激视频显著小于正常刺激视频( $P<0.05$ );正常刺激视频显著小于改变空间刺激视频( $P<0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 排球运动员视觉搜索行为

快速的决策行为是优秀运动员良好视觉搜索能力的体现,对比赛胜负起着决定性作用。本研究发现在 3 种不同发球情境下的反应时和准确性指标都表现出明显的等级效应:随着运动水平的提升,排球运动员反应时和准确性也表现出更高的水平,说明优秀排球运动员无论面对何种发球情景,快速的反应和准确的判断是其运动技能表现的基础。因为,经过多年训练和比赛经验的积累,运动员对运动技能认知的知觉分化水平逐渐得到提高,从而在面对不同运动技能做出归类 and 评判时更加适应,并表现出快速、准确的反应<sup>[8]</sup>。另外,实验结果还发现,随着运动水平的提高,健将级与 1 级运动员之间对发球落点预判的准确性无显著性差异,说明只要达到一定训练时间和比赛经验的积累,就可以获取预判发球落点所需的相关知识。这一点虽然是优秀运动员所应具备的知觉能力,但是对于更高水平的排球运动员来讲似乎显得不那么重要,他们可能更多地关注如何提高预判发球落点的反应时。因为通过实验结果可以发现,健将级与 1 级运动员虽然准确性相一致,但是反应时却有着显著的差异,健将级可能更多去努力缩减预判的反应时间,为了能够争取更多的时间对运动技能进行操作。闫苍松<sup>[9]</sup>指出:优秀运动员可以提前进行信息加工,在预判阶段减少刺激反应的选择,减少所加工的信息总量,把更多的注意时间和注视分配到动作操作阶段,最终提高运动绩效。

因此,可以判定随着运动水平的提高,排球运动员预判发球落点的反应时和准确性会表现出更高的水平,但是当达到一定水平后,就会产生决策行为策略,即排球运动员可能更多的是采用速度行为策略。

实验结果还显示:发球情景呈现方式主效应显著,运动员预判不同发球情境时的绩效表现为:正常结构>改变空间>改变时间。这可能与不同发球情景中的认知负荷有关,认知负荷越大预判难度也越大,预判的绩效就会变得越差。因为,发球属于典型的防守型运动技能,时间是发球情境中的一个重要压力变量,对发球情境中知觉信息的感知时间越短,则时间压力就越大,认知的负荷也相应变大,导致预判绩效降低<sup>[7]</sup>。另外,实验结果还发现,在正常结构、改变空间和改变时间发球情境中,虽然随着运动水平的降低,运动员预判绩效都显著下降,但相比普通大学生高水平运动员仍然要好得多,说明尽管改变了发球情景信息,但是运动员仍然能够对其进行认知和加工,这可能是运动员对不同发球情景中信息模式的时、空结构进行识别的结果。因为,运动员对运动信息进行选择性的加工和获取是基于对运动信息模式结构进行识别的结果,运动员主要依据运动信息模式结构的时间和空间序列进行识别,而一个完整的运动技能即为一个运动信息模式结构序列。Williams 和 Smeeton<sup>[10]</sup>研究了篮球专家与新手对结构性与非结构性刺激材料的识别能力,结果发现专家识别绩效明显好于新手。对国际象棋的研究也发现:专家能够在 5 s 内识别棋盘中的 20 多枚棋子,当棋盘中的棋子被随机分布后,专家与新手的识别绩效无显著性差异。所以,本研究中运动员仍然能够快速识别被改变的发球情景是因为发球信息模式的时间和空间结构序列依然存在。而 Ripoll 等<sup>[11]</sup>认为:运动员对运动信息模式结构进行识别,实则是对运动信息模式结构的序列特征进行分析,一旦序列特征被匹配,刺激信息就会被识别。因此,排球发球运动信息模式也存在时间和空间二维特征。

#### 3.2 排球运动员视觉搜索模式

视觉搜索模式是指运动员通过观察运动情景采集有用信息的搜索方式,主要以运动员观察运动情景时的注视次数、注视时间、眼跳距离以及各个注视点连接所组成的注视轨迹为主。注视次数反映了刺激材料的难易程度,注视时间反映了对刺激材料加工的程度,眼跳距离反映了对刺激材料的搜索范围,注视轨迹反映了对刺激材料搜索的策略<sup>[1]</sup>。眼动数据显示:运动员在正常刺激情境下对发球落点进行预判时,国家健将级、1 级、2 级运动员的兴趣区注视点基本相同,主要集中在腰、肩、手臂、手腕部位,但搜索轨迹存在明

显差异。健将级运动员注视轨迹呈“线”型,1级运动员呈“环”型、2级运动员也呈现“环”型,但是有部分回视轨迹,而普通大学生则注视部位较多,注视轨迹复杂且无规律性。肖坤鹏和孙建华<sup>[12]</sup>通过对比国家2级运动员和普通大学生判断发球落点任务时,运动员将注视点主要集中在腰、肩、手臂、手腕区域,注视轨迹呈现一种“环”型的注视模式。本研究与该结果基本一致,国家1级和2级运动员在对发球落点进行预判时采用了“环”型的搜索模式,但在本研究中国家健将级却采用了“线”型的注视轨迹,注视轨迹更加清晰、简单、有规律。出现这种差异的原因可能是运动等级的差异所造成的,运动员搜索运动信息时的注视轨迹可能存在等级特征。本研究与已有对排球<sup>[12]</sup>、足球<sup>[2]</sup>、网球<sup>[13]</sup>运动员的研究结果一致,即有经验的运动员采用较长的注视时间、较少的注视点和较小眼跳距离的视觉搜索模式,这与对运动员注视轨迹的分析相吻合。随着运动等级的提高,运动员视觉搜索的注视点显著减少,搜索轨迹更加简单、集中、紧凑并具有一定规律性<sup>[14]</sup>。本研究发现不同运动等级排球运动员表现出独特的眼动特征,同时也验证了不同运动等级排球运动员之间对发球落点判断的视觉搜索模式存在差异的理论假设。

在比赛过程中,运动情景瞬息万变,运动员视觉搜索策略随着运动情景的变化和目标任务的不同也发生着快速变化。视觉搜索策略的改变必将引起运动员视觉搜索模式的改变。眼动结果显示:在改变发球运动信息时间模式结构条件下,运动员注视次数显著减少,注视时间显著增长,眼跳距离显著变小,并且随着运动等级的提高这种注视行为更加明显。通过对比运动员注视点发现:国家健将级、1级和2级运动员兴趣区注视点相同,主要集中在腰、肩、手臂3个部位,搜索轨迹基本都呈现“线”型轨迹,但是1级运动员带有回视轨迹,2级运动员回视轨迹较明显。这与正常刺激条件下运动员视觉搜索模式的研究结果不一致,造成这种差异的原因可能是改变发球运动信息的时间模式结构造成发球的动作速度加快,增加了运动员判断发球落点的时间压力负荷,导致运动员必须在短时间内迅速作出判断,而在经验的引导下运动员通过减少注视点、增长注视时间、缩短眼跳距离将注视保持在更加关键的信息点上,从而获得有效的信息线索,并作出正确的判断。Panchuk等<sup>[2]</sup>的研究发现:运动员在时间限制的条件下,通常会采用低注视频率和短眼跳距离的视觉搜索模式,这也被称为“静眼搜索(quiet eye)”。Seungha<sup>[15]</sup>通过眼动仪分析与研究排球运动员判断扣球手进攻模式和方向的视觉搜索模式,

结果发现:运动员主要通过注视扣球手的腰、肩、手臂来判断扣球的方向与落点。肩是运动员对扣球方向进行判断的关键信息点,腰是对扣球力量进行判断的关键信息点,手臂是对扣球落点进行判断的关键信息点。按照技术动作的结构特点,排球的发球和扣球技术动作结构基本相似,但是相对于判断扣球的落点和方向,判断发球落点的时间压力要小得多。

相对于正常发球运动信息刺激下,在改变发球运动信息空间结构特征条件下,运动员注视次数显著增多,注视时间显著减少,眼跳距离显著变大,并且随着运动等级的不断提高,排球运动员的这种注视行为更为明显。对运动员兴趣区注视点进行对比发现,运动员兴趣区注视点基本相同,兴趣区注视点主要集中在腰、肩、手臂、手腕部位,注视轨迹都呈重复的“环”型。国家1级和2级运动员带有回视的轨迹,2级运动员回视现象更明显。这与正常刺激条件下运动员视觉搜索模式也存在明显的差异,造成这种差异的原因可能是由于改变发球运动信息空间结构特征使得发球运动信息缺失,信息的缺失破坏了运动员视觉搜索的顺畅性,运动员本应该按照正常刺激条件下的信息点和轨迹进行搜索,但是将要对下一信息点进行搜索时发现运动情景改变为其他信息点的搜索情景,为了获取信息作出快速反应,运动员只能打乱原有的搜索信息轨迹,获取新的空间信息点和搜索轨迹来适应运动信息空间结构的变化。所以,迫于空间负荷的压力,运动员想要通过更多的信息点来获取有用信息只能通过减少注视的时间,增加注视的次数,对运动信息进行重复性的浅加工。所以,我们发现运动员在关键信息点之间呈“环”型轨迹反复的搜索和验证,从而获得信息线索,作出正确的判断。这一结果正好与王小春和周成林通过遮蔽信息线索来探索网球运动员判断发球落点时的眼动特征观点一致<sup>[13]</sup>:掩盖式遮蔽条件下网球运动员视觉搜索策略与正常条件下一样,背景式遮蔽条件下网球运动员注视关键信息点之间的转移次数显著多于掩盖式遮蔽条件下的次数。

通过实验研究发现,高水平排球运动员对发球落点进行预判时,在反应时和准确性指标上存在着明显优势。随着运动等级的提升排球运动员在对发球落点进行预判时更偏向于采用速度性行为策略,排球运动员对发球落点预判的视觉搜索模式存在明显的等级特征。对发球运动信息进行视觉搜索是基于对发球运动信息模式结构特征进行识别的过程,根据发球运动信息模式结构特征的改变,运动员能够迅速地调整视觉搜索模式。在改变发球运动信息模式结构时间特征条件下,运动员采用注视次数少,注视时间短,眼跳距

离小, 注视轨迹简单、规律并呈“线”状的视觉搜索模式; 在改变发球运动信息模式结构空间特征条件下, 运动员采用注视次数多, 注视时间长, 眼跳距离大, 注视轨迹复杂、规律并呈“环”状的视觉搜索模式。

### 参考文献:

- [1] YOUNG L, SHEENA D. Method & designs: survey of eye movement recording methods[J]. *Behav Res Methods Instrum*, 1975, 7(2): 224-397.
- [2] PETRAKIS E. Visual observation patterns of tennis teacher[J]. *Res Q Exe Sport*, 2006, 579(4): 254-259.
- [3] BILAIC M, LANGNER R, ERG M, et al. Mechanisms and neural basis of object and pattern recognition: a study with chess experts[J]. *Experimental Psychology, General*, 2010, 139(5): 728-742.
- [4] DAVID K. The persistent visual store as the locus of fixation memory in visual search tasks[J]. *Cognitive Systems Res*, 2011, 12(1): 102-112.
- [5] 李安民, 李晓娜. 乒乓球运动员发球落点判断过程中视觉搜索的眼动特征[J]. *上海体育学院学报*, 2011, 35(6): 12-15.
- [6] 宋淑英, 马国东. 短道速滑运动员不同临场决策视觉搜索特征的实验研究[J]. *天津体育学院学报*, 2011, 26(4): 287-289.
- [7] 肖坤鹏. 运动信息模式结构的时间和空间特征——基于排球发球落点判断的研究[J]. *吉林体育学院学报*, 2015, 31(4): 73-76.
- [8] 徐立彬, 李安民, 刘玉. 运动员技战术模式识别特征及神经机制研究进展[J]. *阜阳师范学院学报(自然科学版)*, 2013, 30(3): 64-67.
- [9] 闫苍松, 高磊. 运动中的选择性注意研究[J]. *广州体育学院学报*, 2006, 26(1): 43-45.
- [10] WILLIAMS A M, WARD P, SMEETON N J. Perceptual and cognitive expertise in sport: implications for skill acquisition and performance enhancement[J]. *Sport Exe Psychology*, 2004, 27(3): 58-69.
- [11] RIPOLL H, LATIRI I. Effect of exercise on coincident-timing accuracy in a fast ball game[J]. *Sport Sciencr*, 1997, 32(2): 573-580.
- [12] 肖坤鹏, 孙建华. 排球运动员接发球过程中视觉搜索特征研究[J]. *体育科学*, 2012, 32(9): 68-74.
- [13] 王小春, 周成林. 基于视觉线索遮蔽条件下的网球专家空间知觉预判: 来自眼动与 ERP 的证据[J]. *体育科学*, 2013, 33(11): 38-46.
- [14] DEREK T Y, MANN A, MARK W, et al. Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis[J]. *Sport Exe Psychology*, 2007, 29(4): 457-478.
- [15] SEUNGHA P. Anticipation and acquiring processes of visual cues on a spiker's attack patterns and directions as a function of expertise in volleyball players[J]. *Int Appl Sports Science*, 2003, 15(2): 51-63.

