



定向运动员现实场景图景识别的视觉搜索特征研究

Study on Visual Search Features of Picture Recognition of Orienteers in Realistic Scenes

郭丽敏, 杨万兰, 刘 阳*

GUO Limin, YANG Wanlan, LIU Yang*

摘要:目的:探讨现实场景中定向运动员在不同地图方位图景识别任务中的视觉搜索特征。方法:采用2(运动水平:专家、新手)×2(地图方位:正常、旋转)的混合实验设计,通过眼动追踪技术,分析不同运动水平的定向运动员在图景识别任务中的眼动差异。结果:1)专家组正确率显著高于新手组、反应时显著低于新手组;地图旋转条件下,专家组和新手组正确率均显著低于正常方位,反应时均显著高于正常方位。2)专家组注视频率显著低于新手组、眼跳频率显著高于新手组、注视热点更为集中,注视轨迹更为精准。3)在地图旋转条件下,专家组和新手组眼跳次数显著高于正常方位,注视频率显著低于正常方位;专家组眼跳频率显著低于正常方位,在关键兴趣区的注视时间显著高于正常方位,专家组重点关注地图指北标志和检查点说明表信息。结论:专家组在图景识别任务中具有专项认知优势,表现出“低注视频率、高眼跳频率、关键信息注视集中”的目标导向视觉搜索特征,具有较高的信息提取和匹配能力;地图方位影响定向运动员现实场景图景识别的行为绩效,指北标志和检查点说明表信息在地图旋转任务中具有重要的引导作用。

关键词:定向运动;图景识别;视觉搜索;地图方位

Abstract: Objective: To investigate the visual search patterns of orienteers in picture recognition task with different map orientations in realistic scenes. Methods: The mixed experimental design of 2 (skill level: expert, novice) × 2 (map orientation: standard, rotated) was used to analyze the disparities in eye movements of orienteers with different skill levels in picture recognition task through eye tracking technology. Results: 1) The expert group displayed significantly higher accuracy rate and significantly lower reaction time compared with the novice group. Under the rotated map condition, both the expert group and novice group exhibited significantly lower accuracy rates and longer reaction times than the standard orientation. 2) The expert group demonstrated significantly lower gaze frequency, higher saccades frequency, more concentrated gaze hotspot, and more precise gaze trajectories than the novice group. 3) Under the rotated map condition, the saccade frequency of both the expert group and novice group displayed a significantly higher number of saccades count and a reduced gaze frequency compared with the standard orientation. The expert group also exhibited lower saccades frequency and longer gaze time on key areas of interest compared with the standard orientation. The expert group placed greater emphasis on the information of the map north pointing sign and the checkpoint descriptions. Conclusions: The expert group has distinct cognitive advantages in picture recognition task, showing the goal-oriented visual search characteristics of “low gaze frequency, high saccade frequency, and focus on key information”, and has strong information extraction and matching abilities. Map orientation affects orienteers’ behavioral performance of picture recognition in realistic scenes. The information of north pointing sign and checkpoint descriptions plays an important guiding role in the rotated map task.

Keywords: orienteering; picture recognition; visual search; map orientation

中图分类号:G826 **文献标识码:**A

基金项目:

教育部人文社会科学研究一般项目(23YJAZH087);陕西师范大学高水平成果培育项目(2022BA002)

第一作者简介:

郭丽敏(2001-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为体育认知心理学, E-mail:guolimin0201@snnu.edu.cn。

*通信作者简介:

刘阳(1979-),男,教授,博士,硕士研究生导师,主要研究方向为体育认知心理学, E-mail:liuyang0330@snnu.edu.cn。

作者单位:

陕西师范大学,陕西 西安 710119
Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

定向运动(orienteeing)是指利用地图和指北针寻找目标、选择路线的体育项目(刘阳等,2016)。地图是定向运动项目的重要工具,快速识别地图符号并与现实场景中的地物信息相匹配是该项目的核心技术。图景识别是指个体将地图符号信息与实际地物信息相互匹配的认知过程(温锐等,2016)。在该过程中,定向运动员需要对二维平面的定向地图进行认知加工,在大脑中形成相应的三维地形(张文等,2023),完成地图认知并与实际地形进行表征,不断捕捉环境中的有用信息,从而完成目标搜索任务(Ellis et al., 1992)。同时,定向运动员在比赛过程中需要不断改变跑动方向,手中地图会随着身体的转动而发生方位改变,该过程中定向运动员需要随时对地图进行心理旋转的认知加工。因此,心理旋转能力可能会对定向运动员图景识别任务的表现产生影响。心理旋转是对客体或主体进行表象旋转的空间认知能力,是空间认知能力的重要组成部分(Tang et al., 2023)。已有研究发现,心理旋转能力制约了定向运动员的路线决策(宋杨等,2021),随着地图旋转角度的增大,定向运动员的路线决策效率降低(易妍等,2022)。心理旋转能力是否会影响定向运动员图景识别任务的行为表现和视觉搜索特征?本研究通过设计不同地图方位变量进行比较分析,进一步探究心理旋转与图景识别任务的关系。

在复杂的运动场景中,运动员需要依靠视觉快速地搜索有价值的信息,以便预测场上可能发生的情况并快速做出反应。目前,眼动追踪技术在运动领域中广泛应用,通过眼动设备记录运动员在运动过程中的各项眼动指标,包括对搜索区域的注视点、注视时间、注视转移等,有效反映运动员在视觉搜索过程中的认知调节活动(Li et al., 2018)。运动中的视觉搜索是指被试在复杂的运动情况下快速搜索其需要的信息并处理形成有用信息的过程(李诚,2021)。已有研究使用眼动追踪技术对运动员、教练员以及裁判员在各项目专项场景与非专项场景中的视觉搜索特征分析发现,不同的视觉搜索策略与注意资源的分配会影响运动员的行为绩效,与新手运动员相比,专家运动员具有更快的视觉信息加工速度(冯琰等,2011;熊旭磊,2021;张铁民,2016;Williams et al., 1998)。定向运动是一项对运动员空间认知能力要求较高的体育项目,运动员对地图及运动场景的视觉搜索策略在一定程度上能够反映出其在任务过程中的心理状态以及认知加工特征。采用眼动追踪技术分析定向运动员路线决策过程的研究发现,专家组具备丰富的专项经验,在完成识图决策任务时视觉搜索效率更高(朱瑜等,2011),表现出注视频率低、注视次数少、眼跳距离小的眼动特点,以及“自上而下”的目标任务注意特征和更为规律的视觉搜索策略(刘阳等,2022;唐思洁,2022)。但鲜见对图景识别任务及相关变量条件下视觉搜索特征的研究,且已有眼动研究多

在实验室场景中完成,刺激材料由电脑屏幕呈现,缺乏生态效度。本研究在现实自然场景中进行实验设计,符合定向运动项目特点,让被试身临其境,更接近定向运动的真实效度,可进一步丰富运动领域中的眼动研究范式。

基于此,本研究通过眼动追踪技术,探究不同水平定向运动员在不同地图方位条件下图景识别任务的行为表现以及眼动差异,总结专家运动员的视觉搜索特征。研究假设:在图景识别任务中,专家运动员具有专项认知优势,不同水平运动员受到地图方位的影响,表现出不同的视觉搜索特征。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

采用G*Power 3.1计算本实验所需要的样本量(Faul et al., 2009),统计效力 $1-\beta=0.9$,效应量Cohen's $f=0.25$ (中等),使用重复测量方差作为统计方法,计算得出所需被试最少为39人。本研究最初招募被试专家组25人,新手组28人,部分被试因客观原因在实验采集过程中的采样率较低,最终确定专家组和新手组各20人。专家组运动员技术等级均为国家二级及以上,年龄为(21.00±2.30)岁,持续训练年限为(6.07±1.03)年;新手组为体育专业学习过定向运动课程的学生,年龄为(20.00±2.14)岁,持续训练年限为(1.00±0.63)年。所有参与正式实验的被试双眼视力或矫正视力正常,无散光、色盲、色弱等,此前未参加过类似实验,实验前一天无熬夜、失眠等情况,且实验当天精神状态良好。所有被试均签署了知情同意书,研究得到陕西师范大学伦理委员会批准。

1.2 实验设计和材料

采用2(运动水平:专家、新手)×2(地图方位:正常、旋转)双因素混合实验设计,以运动水平为组间变量,地图方位为组内变量,考察不同水平定向运动员在不同地图方位图景识别任务中的行为表现以及眼动指标。

实验中的所有场景均为某校区中的场景,实验场景中的定向地图以及点位设置均由3名定向运动专家(国家高级制图员)制作并进行后期处理。前期准备阶段共制作70张相应场景的定向地图,经过实地考察和选择,在确保所有测试次不存在相互干扰的情况下,最终确定30张正式测试场景的定向地图(正常方位15张,旋转方位15张)与5张练习场景的定向地图作为实验材料(图1)。

1.3 实验仪器

实验过程中采用HC-210定向专业计时打卡系统记录被试的正确率和反应时,使用德国SMI眼镜式眼动仪(型号:ETG2w)采集眼动数据,采样率为60 Hz(双眼),追踪分辨率 $<0.1^\circ$,凝视精度为 0.5° ,追踪距离40 cm以上,追踪范围在水平 80° 、垂直 60° 范围内,记录被试在图景识别任务中处理视觉信息时的眼动指标。



图 1 刺激材料示例

Figure 1. Example of Stimulus

注: A. 正常方位; B. 旋转方位。



图 2 兴趣区划分示例

Figure 2. Example of Division of Area of Interest

1.4 实验流程

在实验前被试需填写基本情况调查表(包括性别、年龄、训练年限、运动员技术等级等信息)。1)测试现场宣读指导语:告知本次测试为图景识别,要求被试仔细识别地图,在保障正确率的前提下,最短时间内选出实景中与地图相对应的位置。2)练习阶段:被试首先熟悉电子计时打卡设备,能够快速熟练完成选项打卡,进行 5 个练习场景的判断,熟悉实验程序。3)正式实验阶段:首先对被试进行 3 点眼动校准,通过校准后,开始记录被试图景识别的眼动数据。正式测试场景共有 30 个点位,包括 15 个正常方位地图和 15 个旋转方位地图,要求被试仔细识别地图,用最短时间内选出实景中与地图所示相对应的正确点位,用电子计时打卡设备在正确点位选项上进行打卡,记录反应时间。

1.5 兴趣区划分

为探究不同水平定向运动员对地图和实景信息的视觉搜索特征,经与定向运动专家讨论,将测试场景兴趣区划分为定向地图区域和实景区域,定向地图进一步划分为地图主体区域、检查点说明表区域以及指北标志区域,实景区域进一步划分为正确点位、干扰点位以及无效区域(图 2)。

1.6 数据处理与统计

运用 BeGaze 分析软件对眼动仪所采集的眼动数据进行分析,采用 Excel 软件对行为学和眼动数据进行整理统计。使用 SPSS 26.0 对整理后的数据进行齐性检验,当 $P>0.05$ 时进行重复测量方差分析,使用 Greenhouse-Geisser 法对 P 进行校正,重复测量方差分析结果以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 行为学结果

2.1.1 正确率

组别主效应显著 [$F_{(1,76)}=53.89, P<0.01, \eta^2=0.42$], 新手组的正确率显著低于专家组(图 3); 地图方位主效应显著 [$F_{(1,76)}=9.90, P<0.01, \eta^2=0.12$], 被试在旋转方位中的正确率显著低于正常方位; 组别 \times 地图方位交互效应显著 [$F_{(1,76)}=5.11, P<0.05, \eta^2=0.06$]。进一步简单效应分析结果显示: 新手组在正常方位 [$F_{(1,76)}=46.01, P<0.01, \eta^2=0.38$] 和旋转方位 [$F_{(1,76)}=12.90, P<0.01, \eta^2=0.15$] 中的正确率均显著低于专家组; 正常方位中, 新手组 [$F_{(1,76)}=0.39, P>0.05, \eta^2=0.01$] 和专家组 [$F_{(1,76)}=14.62, P<0.01, \eta^2=0.16$] 的正确率均显著高于旋转方位。

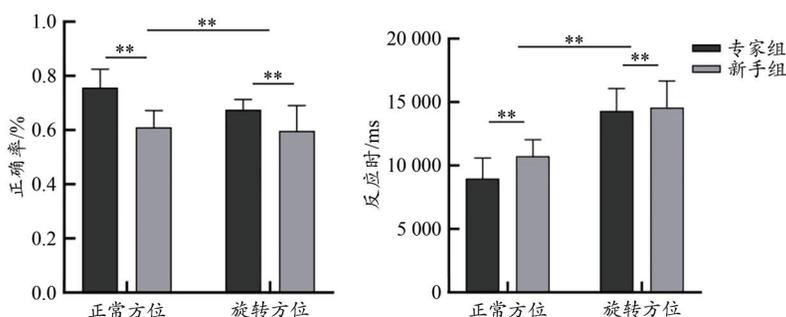


图 3 定向运动员图景识别任务的行为绩效结果

Figure 3. Behavioral Performance Results of Orienteers' Picture Recognition Task

注: $0.001<^{**}P<0.01$, 下同。

2.1.2 反应时

组别主效应显著 [$F_{(1,76)}=7.19, P<0.01, \eta^2=0.09$], 新手组的反应时显著高于专家组(图 3); 地图方位主效应显

著 [$F_{(1,76)}=143.25, P<0.01, \eta^2=0.65$], 被试在旋转方位中的反应时显著高于正常方位; 组别 \times 地图方位交互效应不显著 [$F_{(1,76)}=3.91, P>0.05, \eta^2=0.05$]。

2.2 整体眼动结果

2.2.1 眼跳次数

结果显示,组别主效应不显著 $[F_{(1,76)}=2.16, P>0.05, \eta^2=0.03]$;地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=23.10, P<0.01, \eta^2=0.23]$,正常方位中练习者的眼跳次数显著低于旋转方位(图4);组别 \times 地图方位交互效应不显著 $[F_{(1,76)}=2.34, P>0.05, \eta^2=0.03]$ 。

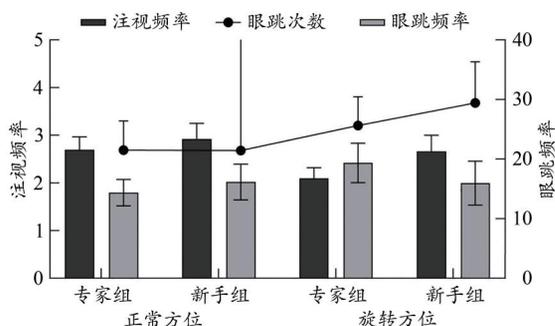
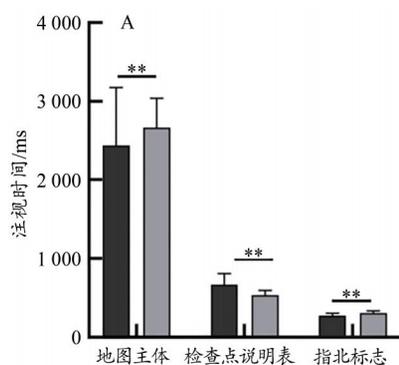


图4 定向运动员图景识别任务的整体眼动结果

Figure 4. Overall Eye Movement Results of Orienteers' Picture Recognition Task

2.2.2 眼跳频率

结果显示,地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=12.17, P<0.01, \eta^2=0.14]$;旋转方位中被试的眼跳频率显著低于正常方位(图4);组别 \times 地图方位交互效应显著 $[F_{(1,76)}=13.97, P<0.01, \eta^2=0.16]$ 。进一步简单效应分析结果显示:正常方位中,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=12.01, P<0.01, \eta^2=0.14]$,新手组在正常方位中的眼跳频率显著低于专家组;旋转方位中,专家组地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=26.11, P<0.01, \eta^2=0.26]$,专家组在正常方位中的眼跳频率显著高于旋转方位。



2.2.3 注视频率

结果显示,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=38.40, P<0.01, \eta^2=0.34]$,新手组的注视频率显著高于专家组(图4);地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=44.00, P<0.01, \eta^2=0.37]$,正常方位中被试的注视频率显著高于旋转方位;组别 \times 地图方位交互效应显著 $[F_{(1,76)}=7.05, P<0.05, \eta^2=0.09]$ 。进一步简单效应分析结果显示:新手组在正常方位 $[F_{(1,76)}=6.27, P<0.01, \eta^2=0.08]$ 和旋转方位 $[F_{(1,76)}=39.18, P<0.01, \eta^2=0.34]$ 中的注视频率均显著高于专家组;新手组 $[F_{(1,76)}=7.91, P<0.01, \eta^2=0.09]$ 和专家组 $[F_{(1,76)}=43.14, P<0.01, \eta^2=0.36]$ 在正常方位中的注视频率均显著高于旋转方位。

2.3 兴趣区眼动结果

2.3.1 图上区域兴趣区注视时间

地图主体区域结果显示,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=9.66, P<0.01, \eta^2=0.11]$,新手组的注视时间显著高于专家组(图5);地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=84.73, P<0.01, \eta^2=0.53]$,正常方位中被试的注视时间显著低于旋转方位;组别 \times 地图方位交互效应不显著 $[F_{(1,76)}=1.24, P>0.05, \eta^2=0.02]$ 。

检查点说明表区域结果显示,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=61.16, P<0.01, \eta^2=0.45]$,新手组的注视时间显著低于专家组(图5);地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=36.93, P<0.01, \eta^2=0.33]$,被试在正常方位中的注视时间显著低于旋转方位;组别 \times 地图方位交互效应显著 $[F_{(1,76)}=12.93, P<0.01, \eta^2=0.15]$ 。进一步简单效应分析结果显示,新手组在正常方位 $[F_{(1,76)}=8.93, P<0.01, \eta^2=0.11]$ 和旋转方位 $[F_{(1,76)}=65.15, P<0.01, \eta^2=0.46]$ 中的注视时间均显著低于专家组;新手组地图方位主效应不显著 $[F_{(1,76)}=3.08, P>0.05, \eta^2=0.04]$;专家组地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=46.77, P<0.01, \eta^2=0.38]$,专家组在正常方位中的注视时间显著低于旋转方位。

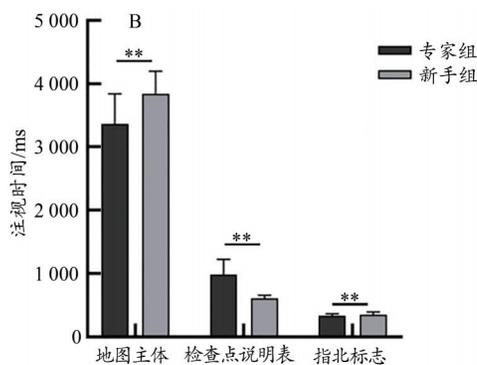


图5 定向运动员图景识别任务图上区域注视时间结果

Figure 5. Gaze Time Results of the Map Region in Orienteers' Picture Recognition Task

注:A. 正常方位任务; B. 旋转方位任务。

指北标志区域结果显示,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=7.13, P<0.01, \eta^2=0.09]$,新手组在正常方位中的注视时间显著高于专家组(图5);地图方位主效应显著 $[F_{(1,76)}=42.00, P<0.01, \eta^2=0.36]$,旋转方位中被试的注视时间显著高于正常方位;组

别 \times 地图方位交互效应不显著 $[F_{(1,76)}=1.81, P>0.05, \eta^2=0.02]$ 。

2.3.2 实景区域兴趣区注视时间

正确点位区域结果显示,组别主效应显著 $[F_{(1,76)}=286.67, P<0.01, \eta^2=0.79]$,新手组的注视时间显著低于专家组(图6);

地图方位主效应显著 [$F_{(1,76)}=7.18, P<0.01, \eta^2=0.09$], 正常方位中被试的注视时间显著低于旋转方位; 组别 \times 地图方位交互效应不显著 [$F_{(1,76)}=2.28, P>0.05, \eta^2=0.02$].

干扰点位区域结果显示, 组别主效应显著 [$F_{(1,76)}=30.51, P<0.01, \eta^2=0.29$], 新手组的注视时间显著高于专家组 (图 6); 地图方位主效应显著 [$F_{(1,76)}=6.50, P<0.05, \eta^2=0.08$], 被试在正常方位中的注视时间显著低于旋转方位; 组别 \times 地

图方位交互效应显著 [$F_{(1,76)}=5.39, P<0.05, \eta^2=0.07$]. 进一步简单效应分析结果显示, 新手组在正常方位 [$F_{(1,76)}=5.13, P<0.05, \eta^2=0.06$] 和旋转方位 [$F_{(1,76)}=30.77, P<0.01, \eta^2=0.29$] 中的注视时间显著高于专家组; 新手组中, 地图方位主效应显著 [$F_{(1,76)}=11.86, P<0.01, \eta^2=0.14$], 新手组在正常方位中的注视时间显著低于旋转方位; 专家组中, 地图方位主效应不显著 [$F_{(1,76)}=0.03, P>0.05, \eta^2=0.00$].

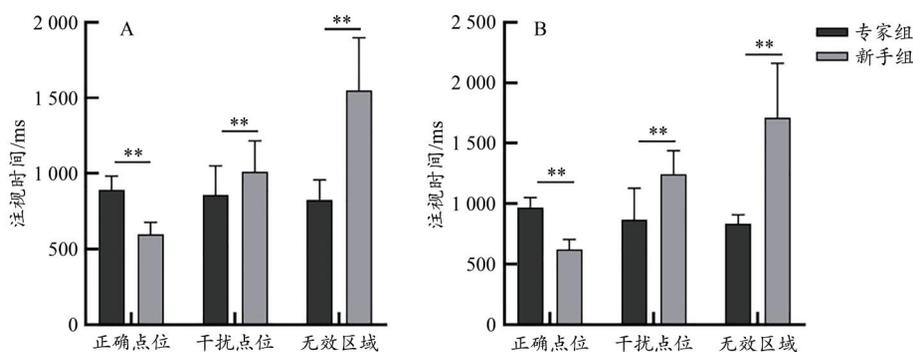


图 6 定向运动员图景识别任务实景区域注视时间结果

Figure 6. Gaze Time Results of the Realistic Scene Region in Orienteers' Picture Recognition Task

注: A. 正常方位任务; B. 旋转方位任务。

无效区域结果显示, 组别主效应显著 [$F_{(1,76)}=147.04, P<0.01, \eta^2=0.66$], 新手组的注视时间显著高于专家组 (图 6); 地图方位主效应显著 [$F_{(1,76)}=6.50, P<0.05, \eta^2=0.08$], 正常方位中被试的注视时间显著低于旋转方位; 组别 \times 地图方位交互效应不显著 [$F_{(1,76)}=1.26, P>0.05, \eta^2=0.02$].

2.3.3 注视热点

图 7 为专家组和新手组在不同地图方位图景识别任务中的注视热点图。在运动员注视扫描过的位置用绿色、黄色和红色突出显示, 颜色呈现的程度分别从绿色到黄色再到红色, 不同的颜色显示关注逐渐升高 (刁永锋等, 2014)。本研究发现, 专家组在不同地图方位任务中的注视热点较为集中, 主要集中于地图中的检查点位置、检查点说明表中的点位说明列、指北标志以及实景中的各个点位。随着地图的旋转, 专家组对指北标志的观察明显较正常方位任务时多, 同时对检查点说明表区域以及实景中不同点位的观察也有所增加。而新手组在 2 种任务场景中的注视热点相对较为分散。正常方位任务中, 新手组在实景中的注视热点主要围绕在点位与相关地物周围。旋转方位任务中, 新手组在地图上的注视热点较正常方位任务更加分散, 且对检查点说明表的观察增多, 对指北标志区域的观察并没有随着地图方位的变化而增多。

2.3.4 注视轨迹图

对不同水平运动员在不同地图方位下前 10 个注视点的分布特征进行逐个检查发现 (图 8), 不同水平定向运动员在不同地图方位的任务中注视轨迹有所不同。正常方位

任务中, 专家组的注视点分别落在定向地图中的各有效信息区域以及实景中的相应点位上, 大部分被试 (81%) 未首先对指北标志进行注视。新手组的注视轨迹均匀分布于地图中的检查点位置与实景中的点位之间, 同样大部分被试 (84%) 未首先对指北标志、检查点说明表等区域进行注视。旋转方位任务中, 专家组 (82%) 首先对指北标志进行注视。新手组 (87.2%) 对地图中的信息区域进行了较多的注视, 并且关注到了检查点说明表中的信息, 但对指北标志区域依旧没有观察。在实景中, 新手组 (78.8%) 不仅对放置的点位进行了观察, 对一些无关的地物同样进行了观察。

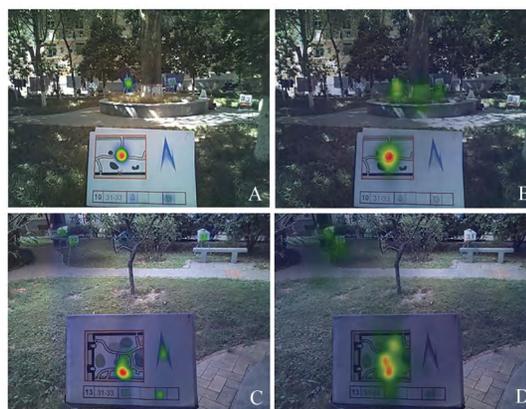


图 7 定向运动员图景识别任务注视热点图示例

Figure 7. Example of Gaze Hotspot Map in Orienteers' Picture Recognition Task

注: A. 专家组正常方位; B. 专家组旋转方位; C. 新手组正常方位; D. 新手组旋转方位。



图8 定向运动员图景识别任务前10个注视点的注视轨迹图示例

Figure 8. Example of Gaze Trajectory Maps of the First 10 Gaze Points in Orienteers' Picture Recognition Task

注:A. 专家组正常方位; B. 专家组旋转方位; C. 新手组正常方位; D. 新手组旋转方位。

3 讨论

3.1 定向运动员图景识别的行为学特征分析

在定向运动比赛过程中,运动员需要快速、准确读取地图和实景中的信息,并将其逐一匹配,本研究使用定向运动比赛专用地图,通过在现实场景中呈现不同方位的地图信息和实景点位,考察不同水平运动员的图景识别能力。结果发现,在不同地图方位的图景识别任务中,新手组的正确率均显著低于专家组,反应时均显著高于专家组。专家组具有专项认知优势,这与以往研究结论一致(刘阳,2017)。专家组由于多年的训练,专项技能趋向于自动化,能够快速提取地图上的形状、符号、颜色、图例注记等关键信息,并充分调动丰富的体育经验,灵活利用先验信息与其过去的经验相联系(Russell et al., 2022),从而更准确地做出判断。随着地图方位的变化,2组被试的行为绩效均下降,这可能是因为方位的旋转增加了认知负荷。在旋转方位图景识别过程中,被试需要对地图上的信息进行旋转,使心理表象地图与实际地形方位相互匹配,增加了额外的认知负荷(Wayne, 2018),需要花费更多的时间和精力。定向运动过程中,运动员需要不断折叠、旋转地图,快速地在地图和实景中提取有效信息并进行匹配(刘阳等,2018),反复多次的刻意训练使专家组定向运动员具备了较好的心理旋转能力。探究心理旋转能力对定向运动员图景识别的影响,了解运动员在图景识别过程中的心理旋转特征,可以有效指导专项心理训练,有利于提高专项竞技能力。

3.2 定向运动员图景识别的视觉搜索模式分析

视觉搜索模式是指人在寻找特定目标或信息时在视

觉场景中的注视和眼动模式(Cox et al., 2020)。定向运动员需要在复杂多变的自然环境中快速、准确搜集有效信息并做出相关决策,由于专项知识储备与临场经验个体差异,不同水平定向运动员在图景识别的视觉搜索过程中会采用不同的视觉搜索模式(王雪婷,2020)。本研究发现,在2种方位图景识别任务中,新手组注视频率均显著高于专家组,眼跳频率均显著低于专家组。本研究的假设得到验证,相对新手组,大量的实践和训练使专家组积累了丰富的图景识别经验,并且形成了更有效的认知模式,这种经验和认知模式使其更容易、更准确地识别关键视觉信息(周成林等,2010),在完成图景识别任务时表现出注视频率低、眼跳频率高、注视点集中的眼动特征,视觉搜索效率更高。而新手组受到专项经验与知识的影响,与专家组相比注视频率高、眼跳频率低、注视范围广,不能快速捕捉到关键信息。

随着地图方位的旋转,2组被试的眼跳次数增多、注视频率降低,专家组的眼跳频率降低,与研究假设一致,不同水平定向运动员受到地图方位的影响,表现出不同的视觉搜索特征。当定向地图方位与实景方位不一致时,运动员在识别地图的过程中需要对定向地图或对实景进行一定的旋转,使二者在大脑中相互重叠(刘传安等,2020)。因此需要通过多次对不同区域信息的注视,反复获得有关信息并进行判断,表现出眼跳次数增多、注视频率降低的注视特征。有研究表明,运动员水平越高、经验越丰富,心理旋转能力越强(冯甜,2019)。长期的训练增强了专家组在空间中的感知和控制,提高心理旋转

能力(Koopmann et al., 2017),使其能够在旋转方位任务中更快速、准确地识别图中的重要元素,眼跳频率有所降低,表现出了一定的专项认知优势。

注视轨迹分布特征分析发现,新手组被试的注视轨迹均匀分布于地图中的检查点位置与实景中的点位之间,并未首先对指北标志进行观察。专家组的注视点分别落在指北标志、检查点说明表等有效信息区域以及实景中的相应点位上,并且在旋转任务中首先对指北标志进行观察,表明专家组能够根据地图方位的变化改变视觉搜索模式,从而完成不同方位的图景识别任务。在日常训练过程中,将运动训练与空间感知结合起来,对运动员实施专项心理旋转训练,能够使运动员采取更有效的视觉搜索模式处理和理解空间信息,有助于改善图景识别能力,提高运动成绩。

3.3 定向运动员图景识别的注意分配分析

注意是最重要的的大脑认知功能之一(Yu et al., 2023),运动员在运动过程中捕获的视觉信息需要通过注意进行过滤,以保证利用有限的认知资源做出决策(Ruggeri et al., 2020)。眼动追踪可以量化认知任务完成过程中注意资源的分配,反映在被试完成任务过程中注视时间的比例上(Toth et al., 2019)。因此,通过定向运动员在不同兴趣区的注视时间,结合注视热点图能够反映不同水平定向运动员在图景识别过程中的注意分配特征。

本研究发现,新手组在地图主体区域和指北标志区域的注视时间显著高于专家组,在检查点说明表区域的注视时间显著低于专家组。专家组对刺激图像的信息搜索和记忆的认知能力更强,具有良好的空间认知能力,在不同方位条件下均能较好地捕捉到检查点说明表和指北标志等关键信息(宋杨等,2021)。旋转方位任务中,2组被试在地图中各兴趣区的注视时间均显著高于正常方位任务。当地图方位发生变化时,定向运动员需要花费较多的时间和精力处理地图信息;指北标志是定向运动员在运动过程中判断方位的主要信息区域,检查点说明表作为点位信息的补充说明,能够说明点位与相邻地物之间的方位关系,在旋转方位任务中被试会增加对以上兴趣区的注视。结合优秀定向运动员心理旋转优势的既往研究(易妍等,2022)以及本研究结果可以得出,专家组拥有较好的认知加工策略(Bethell-Fox et al., 1998),能够通过指北标志、检查点说明表等较快地判断方位,对定向地图中的有效信息进行快速处理和加工。

运动员识图的最终目的是用图,保障在自然场景中捕捉并选择正确的检查点(唐三林,2015)。因此,实景中的信息(如道路等线状符号)对被试的方位判断具有重要作用。本研究发现,不同方位任务中,专家组在正确点位的注视时间显著高于新手组,在干扰点位和无效区域的注视时间显著低于新手组。这是因为专家组具备更丰富

的知识和比赛经验,对重要的动觉信息具有更精细的知觉,能够快速而准确地从复杂的运动背景中捕捉正确点位等关键运动信息(孙文芳等,2018)。随着地图方位的旋转,2组被试在正确点位和无效区域的注视时间显著上升,新手组在干扰点位的注视时间显著高于正常方位。定向运动的场地中有多种地物与植被类型,旋转方位任务中,被试需要排除干扰,在复杂的实景中对多个点位进行判断,并对地图进行心理表象旋转,因此认知负荷有所增加(Feng et al., 2021),导致在相关兴趣区的注视增多。而专家组在长期的训练过程中强化了视觉搜索能力,更擅长处理高度分散的信息以及保持高度专注(Laffer et al., 2019),通过分析在不同兴趣区中的注视时间可以体现其对场景信息的加工效率具有一定的专项认知优势。

此外,对定向运动员在不同方位图景识别任务中的眼动数据进行提炼,通过注视热点图进一步验证了以上分析,专家组在图景识别任务中注视点多集中在指北标志、检查点说明表与正确点位等区域,呈现注视点集中的视觉分配特征,能够较快地从全局信息中有选择性地获取有效信息,并进行加工判断(Meneghetti et al., 2021)。新手组的注视点较为分散,在关键兴趣区投入的注意较少,未能采取有效的注意分配策略。注意合理分配可以过滤外界的大量信息,保证有限认知资源的高效运行,考察高水平运动员的视觉搜索特征有利于理解运动员的认知加工规律,为科学化训练、提高竞技成绩提供理论依据。

4 结论

1)图景识别过程中,运动水平(经验)与地图方位影响定向运动员的行为表现与视觉搜索特征。

2)图景识别过程中,新手组注视范围广、注视点分散,未能形成有效的视觉搜索模式。专家组具有专项认知优势,表现出“低注视频率、高眼跳频率、关键信息注视集中”的目标导向视觉搜索特征,具有较高的信息提取和匹配能力。

3)指北标志和检查点说明表信息在地图旋转条件下的现实场景图景识别任务中具有重要的引导作用,因此在训练过程中应加强对关键信息的学习与强化。

参考文献:

- 刁永锋,刘明春,杨海茹,2014.网络视频公开课程学习行为眼动实验研究[J].现代教育技术,24(11):81-87.
- 冯甜,2019.跳水运动员心理旋转的时空具身效应[D].上海:上海体育大学.
- 冯琰,周成林,2011.高水平击剑运动员视觉搜索优势的神经机制[C]//第九届全国体育科学大会论文摘要汇编(2).上海:中国体育科学学会:63.
- 李诚,2021.不同运动场景下大学生篮球运动员眼动特征研究[D].广州:广州体育学院.
- 刘传安,米靖,2020.定向越野识图过程与主要技术研究[J].山东体育学院学报,36(1):97-104.

- 刘阳,2017.定向运动选手识图的认知加工特征与技能训练研究[D].长春:东北师范大学.
- 刘阳,何劲鹏,2016.不同认知负荷下定向运动员情景识别特征及策略研究[J].沈阳体育学院学报,35(3):59-65.
- 刘阳,何劲鹏,2018.定向运动员识图过程中视觉搜索特征研究[J].中国体育科技,54(4):120-128.
- 刘阳,唐思洁,2022.识图方式与地图难度对定向运动员识图决策绩效与视觉搜索特征的影响[J].心理科学,45(6):1314-1321.
- 宋杨,唐思洁,张红,2021.心理旋转能力对定向运动选手识图效率的影响研究[J].体育学刊,28(4):125-130.
- 孙文芳,王馨悦,王长生,等,2018.专家运动员的视觉搜索特征:基于眼动研究的Meta分析[J].天津体育学院学报,33(4):321-328.
- 唐三林,2015.第47届国际军人定向越野锦标赛成绩分析及启示[J].军事体育学报,34(3):126-128.
- 唐思洁,2022.定向运动员识图空间认知特征研究[D].西安:陕西师范大学.
- 王雪婷,2020.高校不同水平足球运动员一对一防守时的视觉搜索特征研究[D].北京:北京体育大学.
- 温锐,马京振,朱燕,等,2016.定向运动地图的空间认知和设计表达研究[J].测绘与空间地理信息,39(5):23-26.
- 熊旭磊,2021.乒乓球运动员识别正手攻球技术阶段视觉搜索特征研究[D].大连:辽宁师范大学.
- 易妍,刘静如,张言,等,2022.不同认知负荷条件下定向运动员心理旋转能力的行为绩效及脑加工特征[J].体育学刊,29(2):136-144.
- 张铁民,2016.排球运动员判断发球落点任务中视觉搜索模式分析[J].体育学刊,23(6):63-70.
- 张文,宋杨,刘阳,2023.不同认知任务下定向运动员脑加工特征研究:来自fNIRS的证据[J].首都体育学院学报,35(2):180-186.
- 周成林,刘微娜,2010.竞技比赛过程中认知优势现象的诠释与思考[J].体育科学,30(10):13-22.
- 朱瑜,许翀,王一黔,等,2011.不同认知负荷场景中定向运动员视觉注意策略研究[J].中国体育科技,47(6):82-89.
- BETHELL-FOX C E, SHEPARD R N, 1988. Mental rotation: Effects of stimulus complexity and familiarity[J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 14: 12-23.
- COX A J, DAVIES A M A, 2020. Keeping an eye on visual search patterns in visuospatial neglect: A systematic review[J]. Neuropsychologia, DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2020.107547.
- ELLIS C, STRAUSS A L, CORBIN J, 1992. Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques[J]. Contemporary Soc, 21(1): 138-139.
- FAUL F, ERDFELDER E, BUCHNER A, et al., 2009. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses[J]. Behav Res Methods, 41(4): 1149-1160.
- FENG T, LI Y W, 2021. The time course of event-related brain potentials in athletes' mental rotation with different spatial transformations[J]. Front Behav Neurosci, DOI: 10.3389/fnbeh.2021.675446.
- KOOPMANN T, STEGGEMANN-WEINRICH Y, BAUMEISTER J, et al., 2017. Mental rotation of tactical instruction displays affects information processing demand and execution accuracy in basketball[J]. Res Quart Exerc Sport, 88(3): 365-370.
- LAFFER J C, COUTTS A J, FRANSEN J, 2019. Effect of skill level on allocation of visual attention in volleyball blocking [J]. J Mot Learn Dev, 7(2): 215-231.
- LI C Y, XUE J G, QUAN C, et al., 2018. Biometric recognition via texture features of eye movement trajectories in a visual searching task[J]. PLoS One, DOI: 10.1371/journal.pone.0194475.
- MENEGHETTI C, FERACO T, ISPIRO P, et al., 2021. The practice of judo: How does it relate to different spatial abilities? [J]. Spat Cogn Comput, 21(1): 67-88.
- RUGGERI P, NGUYEN N, PEGNA A J, et al., 2020. Interindividual differences in brain dynamics of early visual processes: Impact on score accuracy in the mental rotation task [J]. Psychophysiology, DOI: 10.1111/psyp.13658.
- RUSSELL S, JENKINS D G, HALSON S L, et al., 2022. How do elite female team sport athletes experience mental fatigue? Comparison between international competition, training and preparation camps [J]. Eur J Sport Sci, 22(6): 877-887.
- TANG Z L, LIU X Y, HUO H Q, et al., 2023. Eye movement characteristics in a mental rotation task presented in virtual reality [J]. Front Neurosci, DOI: 10.3389/fnins.2023.1143006.
- TOTH A J, CAMPBELL M J, 2019. Investigating sex differences, cognitive effort, strategy, and performance on a computerised version of the mental rotations test via eye tracking [J]. Sci Rep, DOI: 10.1038/s41598-019-56041-6.
- WILLIAMS A M, DAVIDS K, 1998. Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer [J]. Res Q Exerc Sport, 69(2): 111-128.
- WAYNE W, 2018. *Thought in Action: Expertise and the Conscious Mind*, by Barbara Gail Montero [J]. Aust J Philos, 96(2): 408-410.
- YU W W, ZHAO F, REN Z J, et al., 2023. Mining attention distribution paradigm: Discover gaze patterns and their association rules behind the visual image [J]. Comput Methods Programs Biomed, DOI: 10.1016/j.cmpb.2022.107330.

(收稿日期:2023-09-12; 修订日期:2023-10-26; 编辑:尹航)